

Weed & Turfgrass Science was renamed from formerly both Korean Journal of Weed Science from Volume 32(3), 2012, Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25(1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26(2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea found in 1981 and 1987, respectively.

변온조건에서 켄터키 블루그래스 신품종 15종류의 발아특성 및 일일 발아패턴 비교

김경남*

삼육대학교 과학기술대학 원예학과

Comparison of Germination Characteristics and Daily Seed Germinating Pattern in 15 New Cultivars of Kentucky Bluegrass Grown under Alternating Temperature Conditions

Kyung-Nam Kim*

Dept. of Horticulture, College of Science and Technology, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

ABSTRACT. Research was initiated to investigate early establishment characteristics and germination pattern of Kentucky bluegrass (KB, *Poa pratensis* L.). Fifteen cultivars were evaluated under alternative conditions (8 hours light at 25°C and 16 hours dark at 15°C). Significant differences were observed in germination characteristics and germination pattern among KB cultivars. A final germination percentage differed in cultivars, being 75.25 to 89.50%. The first germination was initiated between 6 and 9 DAS (days after seeding). As for the first germination percentage, 'Brilliant' and 'Midnight II' produced 14.50% and 23.00%, respectively, while the others were most below 5%. Days to 75% germination were between 15.08 and 28.80 DAS. 'Excursion', 'Midnight II', 'Odyssey', 'Midnight' and 'Courtyard' were fastest. The slowest cultivar was 'Voyager II', being over 28 DAS, which were 13 to 14 days slower than the fastest ones. Considering the first germination percentage, days to the first germination, days to 75% germination, and germination pattern, 'Midnight II', 'Excursion' and 'Midnight' were regarded as excellent cultivars under alternative conditions. From this study, information on differences in germination characteristics and patterns would be practically useful for a golf course construction when established with KB.

Key words: Cumulative germination rate, Days to the first germination, Days to 75% germination rate, *Poa pratensis*

Received on Feb. 26, 2014; Revised on Mar. 21, 2014; Accepted on Mar. 25, 2014

*Corresponding author: Phone) +82-2-3399-1731, Fax) +82-2-3399-1741; E-mail) knkturf@syu.ac.kr

© 2014 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 & #160; (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, & #160; and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

켄터키 블루그래스(*Poa pratensis* L.)는 북위 50도 유라시아 지역이 원산지로서 현재 전 세계적으로 temperate 및 subartic 기후대에서 많이 사용되고 있는 대표적인 초종이다(Beard and Beard, 2005; Huff, 2003). 생육적지는 서늘하고 다습한 기후대(cool-humid climate) 지역으로 이런 기후대에서 정원, 묘지, 공원, 경기장 및 골프장 등에 광범위하게 이용되고 있는 고품질 잔디이다(Murphy et al., 1997).

일본, 미국 및 유럽에서는 골프장 및 경기장에 켄터키 블루그래스 또는 켄터키 블루그래스 위주의 혼합식재(mixture)가 일반적으로 사용되고 있다(Adams and Gibbs, 1994; Hanson et al., 1969; Kim et al., 1998; KOWOC, 1999). 우리나라에서도 골프장 및 경기장에 많이 이용되고 있는데 이는 연중 지속적으로 잔디 엽색 및 품질이 양호하며, 디벗(divot) 피해 시 회복력이 빠르고, USGA 지반 등 적절한 지반에 조성 시 여름 고온기에 하교현상(summer drought) 없이 유지가 가능하기 때문이다. 특히 잔디 깎기 후 품질

이 우수해서 잔디문양 효과가 뛰어나 월드컵 축구대회 등 TV 중계 시 시각적인 홍보 효과를 극대화시키는 장점도 있다(Kim, 2012; Korea Sport Sci. Institute, 1998).

국내에서는 1990년대 중반 이후 한지형 잔디조성이 증가하면서 켄터키 블루그래스 초종도 점점 더 많이 보급되고 있다. 하지만 이 초종은 발아속도가 대단히 느린 특성으로 인해 성공적인 잔디밭 조성을 위해서는 최적의 생육 환경 조건에서 모래 위주의 지반에 4-6개월 정도의 양생 기간이 반드시 필요하다(KOWOC, 2000a). 또한 2002년 월드컵축구대회를 위한 경기장 조성 및 최근 신설 골프장이 증가하면서 신품종 켄터키 블루그래스에 대한 수요가 확대되고 있는 실정이다(KOWOC, 2000b). 신품종으로 조성된 켄터키 블루그래스 잔디밭이 증가함에 따라 이들 품종을 이용한 연구의 필요성도 점점 늘어나고 있다.

켄터키 블루그래스 품종을 많이 개발하고 있는 미국에서는 품종 등록 후 수년간 체계적으로 광범위하게 연구를 진행하면서 실무에 응용하고 있다(NTEP, 1994, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002). 최근 들어 크리핑 벤투그래스(*Agrostis stolonifera* L.)(Kim et al., 2010, 2011; Kim and Jung, 2008), 퍼레니얼 라이그래스(*Lolium perenne* L.)(Kim, 2010, 2013c; Kim and Jung, 2009), 툴 웨스큐(*Festuca arundinacea* Schreb.)(Kim, 2008, 2009) 및 화인 웨스큐류(Kim, 2013b; Kim and Park, 2010) 초종을 이용한 조성관련 연구는 활성화되고 있다. 하지만, 켄터키 블루그래스를 이용한 연구(Lee et al., 2001a, 2001b; Shim et al., 2000; Shim and Jeong, 2002)는 일부 있지만, 신품종을 이용한 연구논문은 아직 충분하지 않다. 특히 성공적인 골프장 시공을 위해 필요한 조성관련 기본특성 조사에 대한 연구는 더욱 부족한 실정이다.

골프장 시공 시 대면적의 잔디밭을 성공적으로 조성하기 위해서는 종자파종 후 초기에 단기간에 균일 피복을 시키는 것이 대단히 중요하다(Kim, 2013a). 하지만 켄터키 블루그래스는 한지형 잔디 중 발아속도가 가장 느린 초종이다. 실제로 국제종자검정협회(International Seed Testing Association, ISTA)에서 제시하는 변온조건에서 수행한 연구에서 퍼레니얼 라이그래스는 치상 후 1주 만에 발아율 90%에 도달하였지만, 켄터키 블루그래스는 4주 지나서야 90%에 도달하였다(Kim and Nam, 2003). 최근 잔디육종 기술이 향상되고 고품질 품종이 많이 개발되면서 켄터키 블루그래스 품종간 초기발아 및 발아세 차이도 크게 나타나고 있다(Bonos et al., 2000). 때문에 켄터키 블루그래스 종자의 표준 발아환경인 변온조건(Jeon, 1997)에서 이들 신품종에 대한 발아특성 및 조성관련 기본특성 조사는 필요하다.

본 실험은 ISTA 변온 환경에서 최근 국내에 많이 이용

Table 1. Cultivar and source of turfgrass entries used in the study.

Cultivars	Source
'Awesome'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Beyond'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Blacksburg II'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA
'Brilliant'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA
'Courtyard'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Excursion'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Midnight'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA
'Midnight II'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA
'Moonlight'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA
'Nudestiny'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Nuglade'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Odyssey'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Perfection'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Rugby II'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
'Voyager II'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA

되고 있는 켄터키 블루그래스 신품종의 초기 발아특성 및 발아패턴을 파악해서 잔디밭 조성 시 실무에 응용할 수 있는 기초 자료를 파악하고자 수행되었다.

재료 및 방법

공시재료

공시재료는 켄터키 블루그래스 중 국내 골프장 및 경기장에 많이 사용하고 있는 'Blacksburg II' 및 'Midnight' 품종과 최근 많이 이용되고 있는 신품종을 포함해서 전체 15종류이었으며 각 품종과 구입처는 Table 1과 같다. 종자 확보는 모두 외국에서 수입 직전 종자검정 결과 양호한 종자를 확인 후 수입하였다. 국내 수입후 조성현장에서 사용중인 종자를 확보 후 종자보관은 영하 30°C로 유지되고 있는 냉동고에 저장 후 실험에 사용하였다.

발아실험

발아실험은 국제종자검정협회 요구조건인 ISTA 변온환경에서 수행하였다. ISTA 변온환경 조건은 교호적으로 광과 온도 등의 생육 환경 조절이 가능한 생육상(growth chamber)을 이용하였다. 오전 9시부터 오후 5시까지 8시간 동안 광 조건으로, 그리고 오후 5시부터 다음날 오전 9시까지 16시간 동안 암흑 조건으로 하였다. 이때 발아상의 온도는 광조건 시 25°C, 암흑조건 시 15°C로 유지하였다(Anonymous, 1964).

잔디종자는 사알레 위에 여과지 2매를 깔고 그 여과지 위에 품종 별로 100립을 치상하였다. 실험에서 처리구 반복은 4반복이었으며, 전체 치상 종자는 400립 이었다. 본 실험에서 발아기간은 잔디발아시험 검정 시 최대 기간인 30일 기준으로 수행하였다(The Lawn Institute, 1991a).

발아특성조사

발아율 조사는 치상 후 1일 간격으로 총 30회 조사를 하였다. 조사 시 발아기준은 지상부 엽 조직이 10 mm 정도 자랐을 때를 기준으로 하였다. 공시품종의 최종 발아율은 치상 후 30일째 조사한 누적 발아율을 이용하였다. 또한 초기 발아특성 및 발아패턴은 치상 후 일일 발아율(daily germination percentage) 및 누적 발아율(cumulative germination percentage) 데이터를 분석하였고, 이 때 데이터는 품종별 4반복 평균값을 이용하였다. 발아상의 시험구 배치는 공시 15 종류의 품종 처리구를 난괴법 4반복으로 배치하여 실험을 수행하였다. 통계분석은 SAS (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

품종별 발아력

본 실험에 사용된 켄터키 블루그래스 종자의 발아력을 나타내는 최종 발아율은 공시 품종에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다. ISTA 변온 환경에서 공시 15 품종의 최종 발아율은 75.25-89.50% 사이로 나타났다(Table 2). 즉 공시 품종 모두 켄터키 블루그래스 종자발아 기준인 75% 이상으로(Turgeon, 2005). 발아력에는 이상이 없는 종자이었다.

종자 발아력이 가장 우수한 품종은 'Odyssey' 품종으로 최종 발아율이 89.50% 이었다. 반대로 최종 발아율이 가장 저조한 품종은 Voyager II 품종으로 75.25% 이었다. 또한 'Excursion' 및 'Midnight II' 품종도 최종 발아율이 88% 이상으로 'Odyssey' 품종과 함께 우수한 품종으로 판단되었으며 이들 초종 간에는 유의성은 없었다. 'Awesome', 'Beyond', 'Midnight', 'Nudestiny' 및 'Rugby II' 품종의 발아율은 84-86% 사이로 나타났고, 나머지 'Brilliant', 'Courtyard', 'Moonlight', 'Nuglade' 및 'Perfection' 품종은 발아율이 81-84% 정도로 나타났다. 하지만 'Blacksburg II' 품종의 발아율은 이들 품종보다 유의하게 낮은 76.50% 이었다.

본 연구에서 켄터키 블루그래스 종자의 발아적인인 ISTA 변온 환경에서 품종 간 최대 14.25% 정도의 발아율 차이

가 있었다. 공시 품종 15종류는 모두 외국에서 수입 직전 종자 검정 결과 양호해서 수입되어 실무적으로 국내 골프장에서 많이 이용되고 있는 종자였다. 따라서 켄터키 블루그래스 품종 간에 나타난 다양한 종자 발아력의 차이는 잔디종자 수입 후 국내유통 및 보관과정에 따라 실무 현장에서 발아율 차이가 크게 나타날 수 있는 것으로 추정되었다.

잔디종자의 품종간 발아력 차이는 다양한 초종에서 보고되고 있다. Kim and Jung (2008)은 골프장 그린에 이용되고 있는 크리핑 벤투그래스 종자를 이용한 실험에서 크리핑 벤투그래스 품종 간 최대 36.75% 정도의 차이를 보고하였다. 그리고 톨 웨스큐(Kim, 2008) 및 퍼레니얼 라이그래스(Kim and Jung, 2009)에서도 품종간 각각 10.25% 및 27.75% 정도 차이가 나타나는 것으로 알려져 있다.

또한 Kim and Park (2010)은 레드 웨스큐(*Festuca rubra* L. ssp. *rubra* Gaud.), 쉽 웨스큐(*F. ovina* L.), 추잉스 웨스큐(*F. rubra* L. ssp. *commutata* Gaud.), 및 하드 웨스큐(*F. ovina* ssp. *longifolia* Thuill.)를 이용한 화인 웨스큐 발아특성 비교 실험에서 품종간 최대 41.75% 정도 발아력 차이가 있다고 보고하였다. 즉 외국에서 종자생산 후 종자검정 결과 발아율이 우수한 품종일지라도 국내 실무현장에 식재 할 때는 품종에 따라 종자 발아율이 크게 저하될 수 있으므로 켄터키 블루그래스 잔디발 조성 시점에 시공에 활용할 수 있는 종합적인 발아력 검정을 실시해서 피종하는 것이 적절하다고 판단되었다.

품종별 발아특성 및 발아패턴

치상 후 일일 및 누적 발아율 그래프에서 ISTA 변온 환경에서 자란 켄터키 블루그래스 종자의 품종별 발아 특성 및 발아패턴을 각각 비교하면 다음과 같다. 'Awesome' 품종은 치상 후 8-9일 사이 최초 발아가 시작되어 치상 후 9일째 일일 발아율이 1.75% 이었다(Fig. 1). 이후 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 14일과 15일 사이였으며, 치상 후 20일과 21일째 누적 발아율은 각각 74.50% 및 76.50%에 도달하였다. 즉 ISTA 변온 환경에서 켄터키 블루그래스 종자의 발아율 요구 기준인 75%에 도달(Turgeon, 2005)한 것은 치상 후 20.25일 이었다. 이것은 75% 발아율 도달기간이 15.08일로 가장 빨랐던 'Excursion' 품종에 비해 5.17일 늦는 것으로 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 중간 정도로 나타났다(Table 2, Fig. 2).

'Beyond' 품종은 치상 후 6-7일 사이 발아가 시작되어 치상 후 7일째 일일 발아율이 2.75%로 나타났고, 치상 후 11일과 12일 사이 누적 발아율이 50%에 도달하였다. 그리고 치상 후 21일과 22일 누적 발아율이 각각 74.50% 및 76.00%로 나타났다. 즉 종자의 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 3주가 지난 21.33일이었다. 이것

은 75% 발아율 도달기간이 가장 빨랐던 'Excursion' 품종에 비해 약 1주일 정도-6.25일 늦는 것을 의미하며, 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 중간 정도에 해당되는 것이었다.

'Blacksburg II' 품종의 발아패턴은 다른 품종에 비해 대단히 느리게 나타났다(Fig. 1). 즉 최초 발아는 치상 후 7-8일 사이에 시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율은 1.00%로 나타났는데 이것은 최초 발아율이 23.00%인 'Midnight II' 품종에 비해 22.00% 정도 상당히 낮은 수준이었다. 누적 발아율 50%는 치상 후 17일과 18일 사이에 도달하였다. 그리고 치상 후 28일과 29일 누적 발아율이 각각 74.75% 및 76.50%로 나타났다. 즉 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 4주가 지난 28.14일이었다. 이것은 75% 발아율 도달기간이 가장 빨랐던 'Excursion' 품종에 비해 13.06일 늦는 것으로 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 가장 느린 품종 중 하나였다. 이 품종은 미국 동부 버지니아주의 퍼팅 그린에서 수집한 유전자원으로 육성 및 개발된 품종으로 고밀도의 우수한 특성을 갖고 있다(Alderson and Sharp, 1995). 하지만 본 실험결과 초기 발아특성은

상당히 느린 품종으로 판단되었다.

'Brilliant' 품종은 'Blacksburg II' 품종에 비해 발아패턴이 좀 더 빠르게 진행되었다. ISTA 변은 환경에서 치상 후 6-7일 사이에 최초 발아가 시작되어 치상 후 7일째 일일 발아율이 14.50%로 나타났다. 'Brilliant' 품종의 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 11일과 12일 사이였고, 치상 후 3주 후인 21일째 켄터키 블루그래스 종자의 발아율 요구 기준인 75%에 도달하였다. 이것은 75% 발아율 도달 기간이 가장 빨랐던 'Excursion' 품종에 비해 5.92일 늦는 것으로 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 중간 정도로 판단되었다.

'Courtyard' 품종은 치상 후 7-8일 사이 최초 발아가 시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율이 1.25% 이었고, 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 11일과 12일 사이였다. 그리고 치상 후 16일과 17일째 누적 발아율은 각각 74.00% 및 76.25%에 도달해서 치상 후 16.44일 만에 75% 발아에 도달하였다. 즉 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 2주가 조금 지나서였다. 이것은 75% 발

Table 2. Germination characteristics of 15 cultivars in Kentucky bluegrass (KB) grown under ISTA conditions.

Cultivars	Germination characteristics under ISTA conditions ^a						
	First germination			Days to the 50% germination	Days to the 75% germination		Final germination percentage ^e (%)
	Days to the first germination	Germination percentage ^b (%)	Difference (%) ^c		Days	Difference ^d	
KB 'Awesome'	8-9	1.75 de	21.25	14-15	20.25 bc ^f	5.17	85.00 ab
KB 'Beyond'	6-7	2.75 de	20.25	11-12	21.33 bc	6.25	85.00 ab
KB 'Blacksburg II'	7-8	1.00 e	22.00	17-18	28.14 a	13.06	76.50 c
KB 'Brilliant'	6-7	14.50 b	8.50	11-12	21.00 bc	5.92	83.25 b
KB 'Courtyard'	7-8	1.25 e	21.75	11-12	16.44 cd	1.36	82.50 b
KB 'Excursion'	7-8	6.25 c	16.75	10-11	15.08 d	0.00	88.50 a
KB 'Midnight'	6-7	4.75 cd	18.25	10-11	16.42 cd	1.34	84.75 ab
KB 'Midnight II'	7-8	23.00 a	0.00	10-11	15.85 d	0.77	89.00 a
KB 'Moonlight'	7-8	6.25 c	16.75	11-12	20.85 bc	5.77	83.00 b
KB 'Nudestiny'	7-8	4.00 cd	19.00	12-13	18.00 cd	2.92	84.50 ab
KB 'Nuglade'	7-8	2.00 de	21.00	13-14	23.25 b	8.17	81.00 bc
KB 'Odyssey'	6-7	0.25 e	22.75	11-12	16.07 cd	0.99	89.50 a
KB 'Perfection'	7-8	1.50 de	21.50	14-15	21.60 bc	6.52	81.50 bc
KB 'Rugby II'	7-8	0.75 e	22.25	12-13	19.66 c	4.58	85.50 ab
KB 'Voyager II'	8-9	3.00 d	20.00	21-22	28.80 a	13.72	75.25 c
Range	6-9	0.25-23.00	0.00-22.75	10-22	15.08-28.80	0.00-13.72	75.25-89.50
Difference (max- min)	3	22.75	22.75	12	13.72	13.72	14.25

^aISTA: alternative conditions of 8hr light at 25°C and 16hr dark at 15°C.

^bGermination percentage on the first day.

^cDifference from the greatest cultivar in terms of the first germination percentage.

^dDifference from the fastest cultivar in terms of days to the 75% germination.

^eGermination percentage at 30 days after seeding.

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

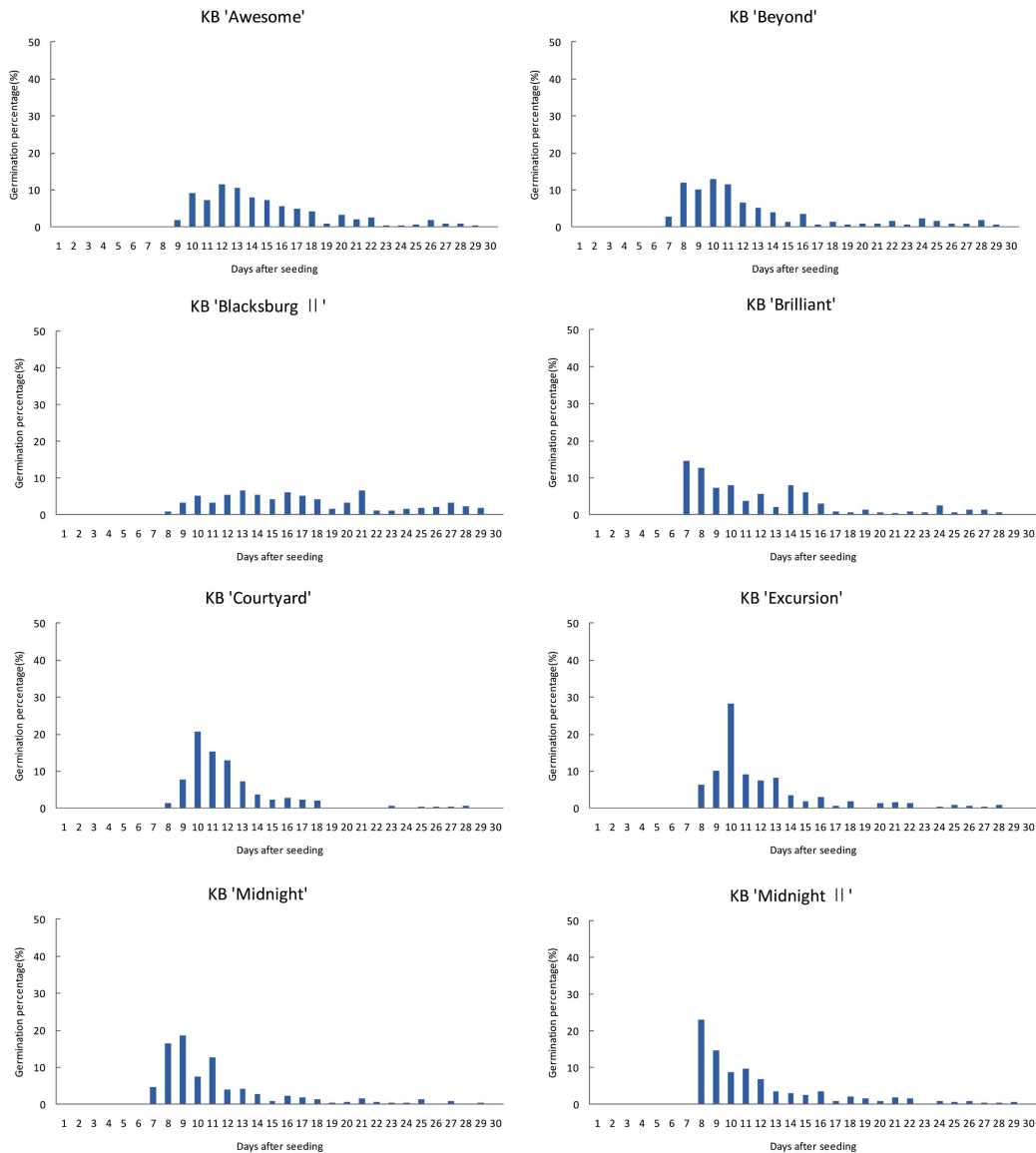


Fig. 1. Daily seed germination percentage of 15 cultivars of Kentucky bluegrass (KB) under alternative conditions of 8hr light at 25°C and 16hr dark at 15°C.

아울 도달 기간이 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종에 비해 1.36일 정도 차이를 의미한다. ‘Courtyard’ 품종은 전체 공시 품종 중 발아속도가 우수한 품종으로 판단되었다.

‘Excursion’ 품종은 치상 후 7-8일 사이 처음으로 발아가 시작되어 8일째 일일 발아율이 6.25%로 나타났다. 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 10일과 11일 사이였다. 그리고 치상 후 15일과 16일 누적 발아율이 각각 74.75% 및 77.75%로 나타나서, 켄터키 블루그래스 종자의 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 2주가 조금 지나서였다. 즉 ISTA 변온 환경에서 치상 후 15.08일 만에 발아율 75% 수준에 도달하였고, 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 가장 빠른 품종이었다. 이것은 동일한

변온 환경에서 75% 발아 속도가 28.80일로 가장 느린 ‘Voyager II’ 품종보다 13.72일 더 빠른 것을 의미한다.

‘Midnight’ 품종은 초기 발아가 대단히 빠르게 진행되는 품종이었다. 치상 후 6-7일 사이 최초 발아가 시작되어 치상 후 7일째 일일 발아율이 4.75%로 나타났고, 치상 후 10일과 11일 사이 누적 발아율이 50%에 도달하였다. 치상 후 16일, 17일째 누적 발아율이 각각 74.25% 및 76.00%로 나타나서 켄터키 블루그래스 종자의 발아율 요구기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 2주가 조금 지나서였다. 즉 치상 후 16.42일 만에 발아율 75% 수준에 도달하였는데, 이것은 75% 발아 속도가 가장 빠른 ‘Excursion’ 품종보다는 1.34일 정도 차이가 있었지만, 75% 발아 속도가

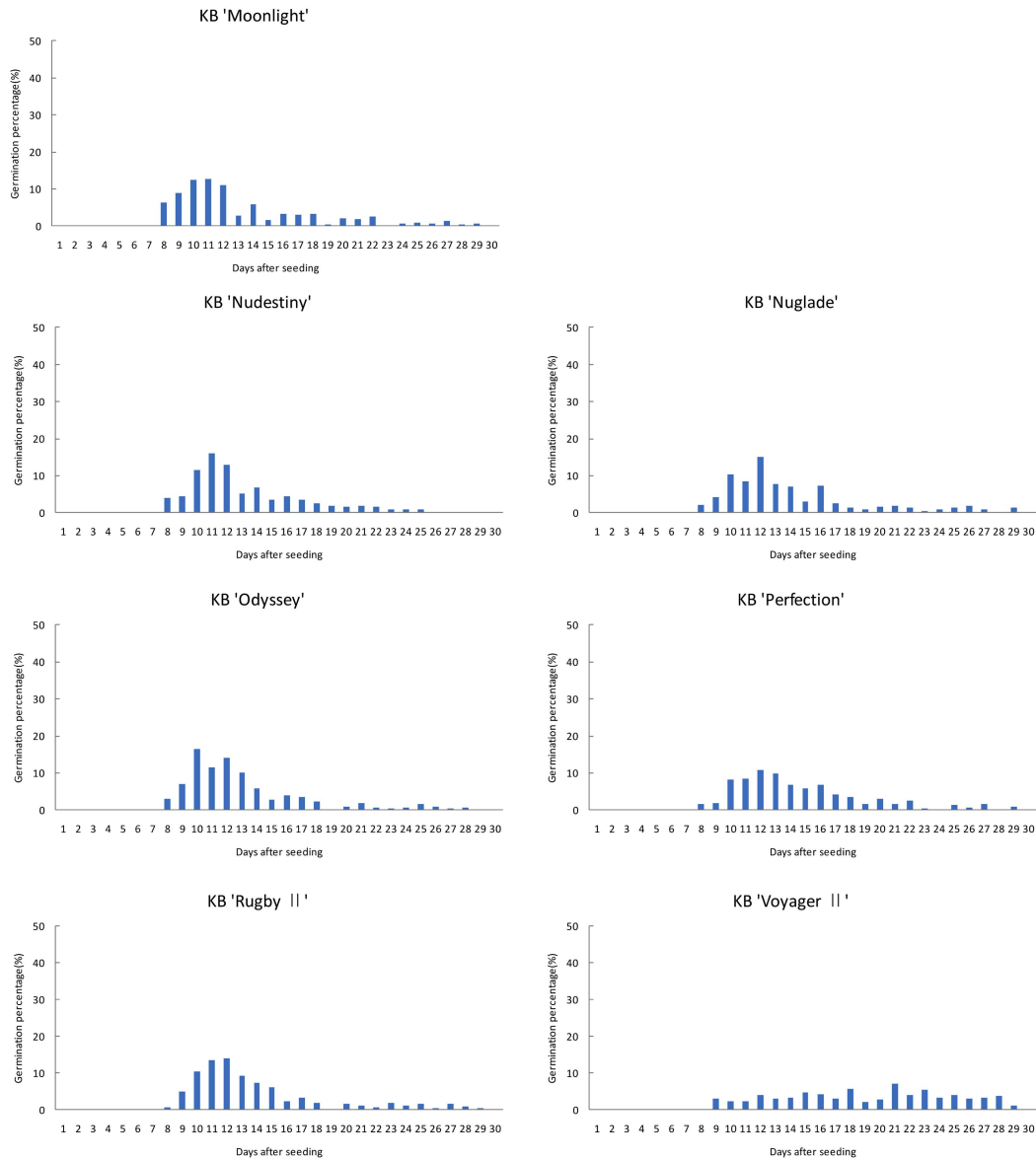


Fig. 1. Daily seed germination percentage of 15 cultivars of Kentucky bluegrass (KB) under alternative conditions of 8hr light at 25°C and 16hr dark at 15°C. (continued)

가장 느린 ‘Voyager II’ 품종보다는 12.38일 빠른 것을 의미한다. 전체적으로 ‘Midnight’ 품종은 발아속도가 우수한 품종으로 판단되었다. 특히 이 ‘Midnight’ 품종은 단위생식으로 개발된 품종 중 하나(apomictic plant)로 조성 후 시각적 잔디품질이 대단히 우수한 품종으로 알려지고 있다(Alderson and Sharp, 1995).

‘Midnight’ 품종의 개량종으로 최근 많이 이용되고 있는 ‘Midnight II’ 품종의 초기 발아패턴은 ‘Midnight’ 품종과 유사하였지만, 발아 후기로 갈수록 ‘Midnight’ 품종보다 발아속도가 좀 더 빠르게 나타났다. 최초 발아는 치상 후 7-8일 사이 시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율이 23.00%로

공시 15 품종 중 최초 발아율이 가장 높았다. 또한 누적 발아율 50%는 치상 후 10일과 11일 사이에 도달하였다. 이것은 전체 공시 품종 중 ‘Excursion’, ‘Midnight’ 및 ‘Midnight II’ 세 품종의 50% 도달 속도가 가장 빠른 것을 의미한다. 그리고 치상 후 15일과 16일째 누적 발아율이 각각 72.00% 및 75.50%로 나타났다. 즉 중자 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 15.85일로 75% 발아율 속도가 가장 빠른 ‘Excursion’ 품종과 비슷하게 나타났다. 이것은 75% 발아 속도가 28.80일로 가장 느린 ‘Voyager II’ 품종보다는 12.95일 더 빠른 것을 의미한다. 전체적으로 ‘Midnight II’ 품종은 발아속도가 우수한 품종으로 판단되었다.

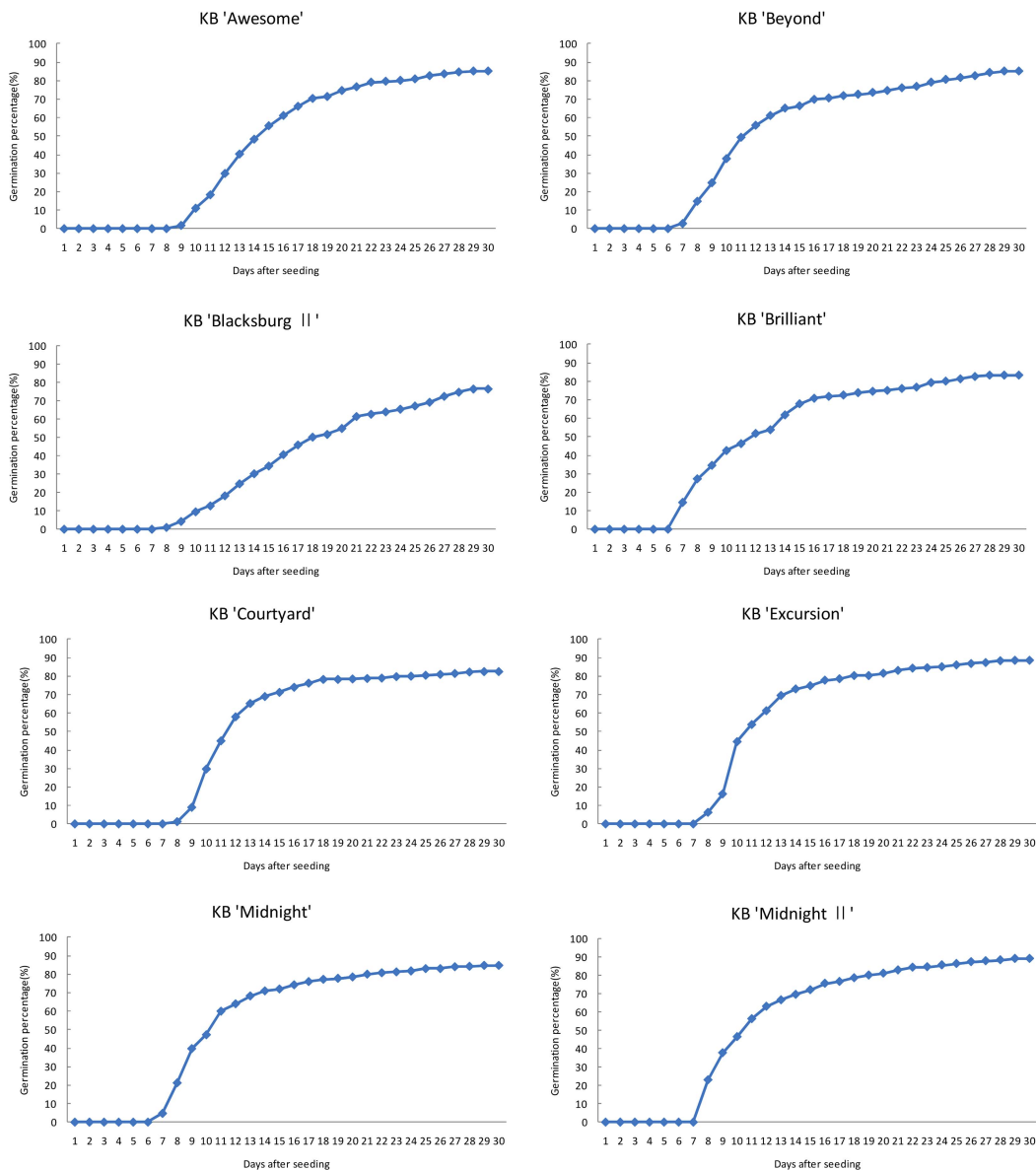


Fig. 2. Cumulative seed germination percentage of 15 cultivars of Kentucky bluegrass (KB) under alternative conditions of 8hr light at 25°C and 16hr dark at 15°C.

‘Moonlight’ 품종의 경우 최초 발아는 치상 후 7-8일 사이에 시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율이 6.25% 이었고, 이후 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 11일과 12일 사이였다. 그리고 치상 후 20일과 21일 누적 발아율이 각각 73.50% 및 75.25%에 도달하였다. 즉 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 20.85일-거의 3주 정도 소요되었다. 이것은 75% 발아율 도달 기간이 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종에 비해 5.77일 늦는 것으로 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 중간 정도에 해당되었다.

‘Nudestiny’ 품종의 최초 발아는 치상 후 7-8일 사이에

시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율이 4.00% 이었고, 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 12일과 13일 사이였다. 그리고 켄터키 블루그래스 종자의 발아율 요구 기준인 75%는 치상 후 18.00일 만에 도달하였다. 이것은 75% 발아율 도달 기간이 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종에 비해 2.92일 늦었지만, 가장 느린 ‘Voyager II’ 품종보다는 10.80일 정도 더 빠른 것이었다. 전체 공시 15 품종 중 ‘Nudestiny’ 품종은 발아속도가 중상 수준에 해당되는 것으로 판단되었다.

‘Nuglade’ 품종의 경우 치상 후 7-8일 사이에 발아가 시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율은 2.00% 이었고, 누적

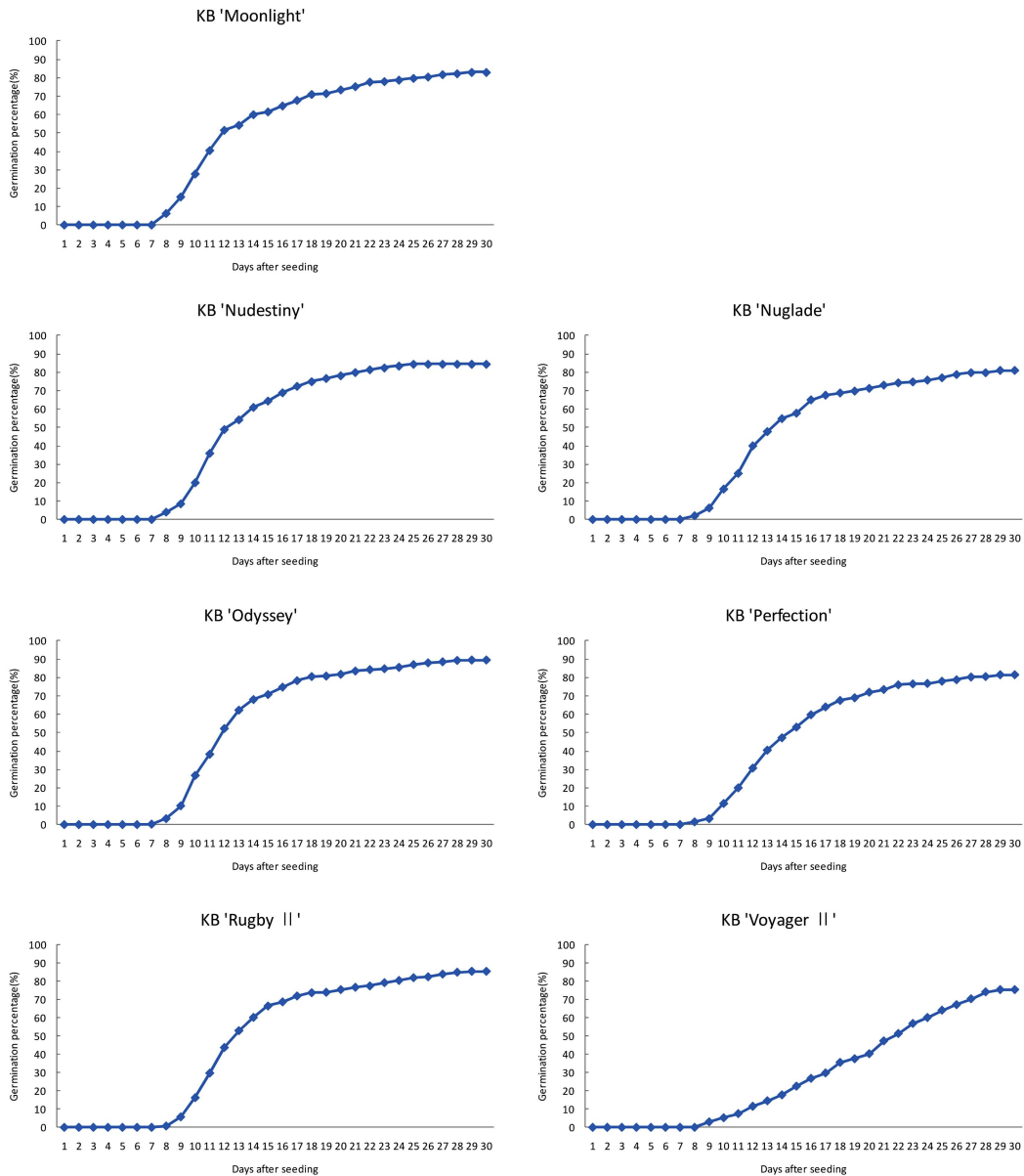


Fig. 2. Cumulative seed germination percentage of 15 cultivars of Kentucky bluegrass (KB) under alternative conditions of 8hr light at 25°C and 16hr dark at 15°C. (continued)

발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 13일과 14일 사이였다. 그리고 치상 후 23일과 24일 누적 발아율이 각각 74.75% 및 75.75%에 도달하였다. 즉 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 23.25일로 치상 후 3주 조금 지나서였다. 이것은 75% 발아율 도달 기간이 15.08일로 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종에 비해 8.17일 늦는 것으로 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 중하 정도에 해당되었다.

‘Odyssey’ 품종은 치상 후 6-7일 사이에 발아가 시작되면서, 치상 후 7일째 0.25%로 최초 발아율이 낮았다. 이것은 최초 발아율이 가장 높은 ‘Midnight II’ 품종에 비해

22.75% 정도 낮은 것을 의미한다. 이후 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 11일과 12일 사이였다. 그리고 치상 후 16일과 17일 누적 발아율이 각각 74.75% 및 78.25%에 도달하였다. 즉 켄터키 블루그래스 종자의 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 16.07일로 나타났다. 이것은 변온에서 75% 발아율 도달 기간이 15.08일로 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종에 비해 0.99일 정도의 차이였고, 75% 발아 도달 기간이 가장 느린 ‘Voyager II’ 품종보다 12.73일 정도 더 빠른 것을 의미한다. 공시 15 품종 중 ‘Odyssey’ 품종은 발아속도가 우수한 품종으로 사

료되었다.

‘Perfection’ 품종은 치상 후 7-8일 사이 발아가 시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율이 1.50% 이었고, 이후 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 14일과 15일 사이였다. 그리고 치상 후 21일과 22일째 누적 발아율이 각각 73.50% 및 76.00%에 도달하였다. 즉 종자 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 3주 정도 지난 21.60일이었다. 이것은 75% 발아율 도달 기간이 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종에 비해 거의 1주일 정도인 6.52일 늦는 것으로 전체 공시 15 품종 중 발아속도가 중간 정도로 나타났다.

‘Rugby II’ 품종은 최초 발아가 치상 후 7-8일 사이 시작되어 치상 후 8일째 일일 발아율이 0.75%로 나타났고, 이후 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 12일과 13일 사이였다. 그리고 치상 후 19일과 20일째 누적 발아율은 각각 74.00% 및 75.50%에 도달하였다. 즉 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 19.66일이었다. 이것은 75% 발아율 도달 기간이 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종보다 4.58일 늦는 것으로 전체 공시 15 품종 중 발아속도는 중상 수준에 해당되는 것으로 판단되었다.

‘Voyager II’ 품종의 발아패턴은 ‘Blacksburg II’ 품종처럼 발아패턴이 대단히 느리게 나타났다(Fig. 1). 치상 후 8-9일 사이 발아가 시작되면서 치상 후 9일째 일일 발아율이 3.00% 이었고, 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 21일과 22일 사이였다. 그리고 치상 후 28일과 29일 누적 발아율이 각각 74.00% 및 75.25%에 도달하였다. 즉 종자 발아율 요구 기준인 75%에 도달한 것은 치상 후 4주 지난 시점인 28.80일이었다. 이것은 75% 발아율 도달 기간이 가장 빨랐던 ‘Excursion’ 품종에 비해 거의 2주 정도 느린 13.72일 차이가 있는 것을 의미하며, 전체 공시 15 품종 중 ‘Voyager II’ 품종의 발아속도는 ‘Blacksburg II’ 품종과 함께 가장 낮은 수준의 품종으로 나타났다.

종합적으로 켄터키 블루그래스 종자의 발아특성 및 발아패턴은 품종에 따라 상당히 다르게 나타났다. 전반적인 발아패턴은 ISTA 변온환경에서 공시 품종 모두 최초 발아는 치상 후 6-9일 사이에 시작되었으며, 공시 15 품종의 최초 발아율은 대부분 5% 이내로 나타났다. 하지만, ‘Brilliant’, ‘Excursion’, ‘Midnight II’ 및 ‘Moonlight’ 품종의 최초 발아율은 6.25-23.00% 사이로 다른 품종보다 높게 나타났다. 특히 이중 ‘Brilliant’ 및 ‘Midnight II’ 품종의 최초 발아율은 각각 14.50% 및 23.00%로 최초 발아력이 왕성하게 나타났다(Table 2).

종자과종 시 초기 발아속도가 빠를수록 잔디밭 조성에는 대단히 유리하다(Watschke and Schmidt, 1992). 본 실험에서 발아특성 및 일일 발아패턴의 종합분석결과 ‘Midnight

Table 3. Classification of 15 cultivars in Kentucky bluegrass grown under ISTA conditions according to the establishment rate during the early growth stage.

Turf establishment rate under ISTA conditions ^a	Cultivars
Very high	‘Midnight II’, ‘Excursion’, ‘Midnight’
High	‘Odyssey’, ‘Courtyard’
Medium to high	‘Nudestiny’, ‘Rugby II’
Medium	‘Awesome’, ‘Moonlight’, ‘Brilliant’, ‘Beyond’, ‘Perfection’
Low to medium	‘Nuglade’
Low	‘Blacksburg II’, ‘Voyager II’

^aISTA: alternative conditions of 8hr light at 25°C and 16hr dark at 15°C. Classification of turfgrass establishment rate was based on the overall consideration of the first germination percentage, days to the first germination, days to 75% germination, and germination pattern in the study.

II’, ‘Excursion’, ‘Midnight’, ‘Odyssey’ 및 ‘Courtyard’ 품종이 실무적으로 잔디조성 측면에서 우수하며, 이중 ‘Midnight II’, ‘Excursion’ 및 ‘Midnight’ 품종이 가장 우수한 것으로 판단되었다(Table 3).

한지형 잔디 중 켄터키 블루그래스의 조성속도는 가장 느린 것으로 알려져 있다(Beard, 1973; Fry and Huang, 2004). 골프장 등 실무 현장에서 켄터키 블루그래스의 발아는 과종 후 2주 지나 발아가 진행되면서 기준 발아율인 75% 발아율은 4-6주 정도 되어야 충족되는 것으로 인식되고 있다(The Lawn Institute, 1991b). 하지만 본 실험결과 켄터키 블루그래스 종자의 기준 발아율인 75% 발아율 도달속도는 15.08-28.80일 사이로 품종에 따라 거의 2주 정도 차이가 나타났다. 켄터키 블루그래스 잔디밭 조성 시 초기 2주 정도의 발아속도 차이는 잔디생장 및 생육과정에서 분얼 2배 이상이 늦게 출현하는 것을 의미한다. 이것은 실무적으로 지역 및 계절에 따라 차이가 있겠지만, 일반적으로 18홀 골프장에서 잔디밭 완공 시기가 4-6주 정도 차이가 나타날 수 있는 것을 의미한다.

즉 본 연구를 통해 밝혀진 켄터키 블루그래스 품종의 다양한 발아특성 및 발아패턴은 골프장 조성 시 실무 현장의 컨셉에 적합한 켄터키 블루그래스 품종 선정 시 유용하게 활용될 수 있으리라 판단된다. 왜냐하면 잔디과종 후 우점 및 경합 정도가 다르게 나타날 수 있기 때문에 개체 보다는 전체 집단적으로 최적의 효과를 얻을 수 있는 시기에 비닐 및 차광막 등 멀칭 제거, 시비, 예초 등의 후속 관리조치가 효율적으로 이루어지는 것이 중요하다. 이 때 초종 및 품종 간 최초 발아일, 초기 발아율과 일일 및 누적 발아패턴 등의 조성특성관련 정보가 실무에서 기

초 자료로 꼭 필요하다.

기존의 켄터키 블루그래스 잔디에 대한 연구(Kim, 2005; Kim et al., 2003; Kim and Nam, 2003; Kim and Shim, 2003; Lee et al., 2001b) 결과는 조사 간격이 주로 1주 간격으로 실시된 반면, 본 실험은 신품종을 대상으로 1일 간격으로 조사한 결과이기 때문에 실무응용 측면에서 훨씬 더 중요하다. 또한 켄터키 블루그래스 품종 별 조성속도 파악을 통해 골프장 등 대규모 면적에 잔디 시공 후 홀별 정확한 완공시기 예측으로 개장일 등 합리적인 운영계획도 가능할 수 있다.

따라서 본 연구를 통해 밝혀진 켄터키 블루그래스의 다양한 품종의 발아특성 및 발아패턴은 골프장 조성 시 개개 현장의 컨셉에 적합한 품종 선정 시 실무적인 기초자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

요 약

본 연구는 켄터키 블루그래스의 발아특성 및 발아패턴을 파악하고자 시작하였다. 공시재료는 국내에서 최근 많이 이용되고 있는 15 종류의 신품종을 이용하였으며, 발아실험은 변온조건에서 수행하였다. 켄터키 블루그래스 종자의 발아율, 발아패턴 및 발아특성은 품종에 따라 유의한 차이가 나타났다. 최종 발아율은 75.25-89.50% 사이로 품종 간 최대 14.25% 정도 차이가 나타났다. 켄터키 블루그래스는 치상 후 6-9일 사이에 발아가 시작되었으며 품종 간 최대 3일 정도의 차이가 나타났다. 최초 발아율은 0.25-23.00% 사이로 품종 간 차이가 컸지만, 대부분 5% 이내였다. 하지만 ‘Brilliant’ 및 ‘Midnight II’ 품종은 각각 14.50% 및 23.00%로 최초 발아율이 대단히 왕성한 품종이었다. 켄터키 블루그래스 종자의 기준 발아율인 75% 도달기간은 치상 후 15.08-28.80일 사이였다. 기준발아율 도달기간이 가장 빠른 종류는 ‘Excursion’, ‘Midnight II’, ‘Odyssey’, ‘Midnight’ 및 ‘Courtyard’ 품종이었고, 가장 느린 품종은 28.80일로 나타난 ‘Voyager II’ 품종이었다. ‘Voyager II’ 품종의 발아 특성은 가장 우수한 품종군에 비해 각각 13-14일 정도 느린 것이었다. 종합적으로 발아특성 및 발아패턴의 결과를 고려할 때 ‘Midnight II’, ‘Excursion’ 및 ‘Midnight’ 품종이 가장 우수한 것으로 판단되었으며, 품종 간 이러한 발아특성 비교 데이터는 골프장 등 잔디밭 조성 시 실무적인 기초 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

주요어: 누적발아율, 최초발아소요일수, 발아율 75% 도달속도, *Poa pratensis*

Acknowledgements

This research was supported by the academic research fund of Sahmyook University in 2014.

References

- Adams, W.A. and Gibbs, R.J. 1994. Natural turf for sports and amenity: Science and practice. Cambridge: CAB International, UK.
- 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. Proc. Assn. Offic. Seed Analysts 54(2):1-112.
- Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 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.
- Bonos, S.A., Meyer, W.A. and Murphy, J.A. 2000. Kentucky bluegrasses make comeback on fairways, roughs. Golf Course Mgt. 68:59-64.
- 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 A.A. Hanson and F.V. Juska (Eds.), Turfgrass science. ASA, Madison, WI, USA.
- Huff, D. R. 2003. Kentucky bluegrass. pp. 27-38. In M.D. Casler and R. R. Duncan (Eds.), Turfgrass biology, genetics, and breeding. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Jeon, W.B. 1997. Regulation for international seed testing association (I). Kor. J. of Turfgrass Sci. 11:211-264. (In Korean)
- 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. J. Turfgrass Sci. 23(1):23-34. (In Korean)
- Kim, K.N. 2010. Comparison of germination characteristics and

- daily seed germinating pattern in 8 new cultivars of perennial ryegrass grown under alternative and natural room temperature conditions. Kor. J. Turfgrass Sci. 24(2):79-87. (In Korean)
- Kim, K.N. 2012. STM Series I-Introductory turfgrass science. 2nd ed. Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N. 2013a. STM Series III-Turfgrass establishment. 2nd ed. Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N. 2013b. 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. 2013c. Comparison of seed germinating vigor, early germination speed and germination peak time in perennial ryegrass cultivars under different germination conditions. Weed Turf Sci. 2(3):274-282. (In Korean)
- Kim, K.N., Bae, Y.H., Cho, C.U. and Park, S.H. 2010. Germination characteristics and daily seed germinating pattern in new varieties of the third generation of creeping bentgrass grown under ISTA conditions. J. Kor. Env. Res. Reveg. Tech. 13(4):30-41. (In Korean)
- Kim, K.N., Choi, J.S. and Nam, S.Y. 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. 44:539-544. (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 Jung, K.W. 2009. Germination characteristics and daily seed germinating pattern of 8 new varieties of perennial ryegrass under alternative conditions required by ISTA. J. Kor. Env. Res. Reveg. Tech. 12(3):72-82. (In Korean)
- Kim, K.N., Kwon, O.D., Shim, S.R., Yoon, J.S. and Park, S.H. 2011. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in new cultivars of the third generation of creeping bentgrass grown under alternative and natural room temperature conditions. Asian J. Turfgrass Sci. 25(1):1-10. (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. (In Korean)
- Kim, K.N. and Park, S.H. 2010. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in fine-textured fescues. Kor. J. Hort. Technol. 28:567-573. (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. 44:991-997. (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. of Natural Sci. of Sahmyook Univ. 3(3):51-60. (In Korean)
- Korea Sport Sci. Institute. 1998. Establishment and maintenance of turfgrass ground. Korea Sport Sci. Inst., Seoul, Korea. (In Korean)
- KOWOC (Kor. Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup). 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. (In Korean)
- KOWOC. 2000a. 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. (In Korean)
- KOWOC. 2000b. Guidelines to the establishment and maintenance of the turfgrass ground of 2002 world cup soccer stadium. Kor. Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan. (In Korean)
- Lee, J.P., Kim, S.J., Seo, H.Y., Han, I.S., Lee, S.J. et al. 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)
- Murphy, J.A., Bonos, S. and Perdomo, P. 1997. Classification of *Poa pratensis* genotypes. Intl. Turf. Soc. Res. J. 8:1176-1183.
- NTEP (National Turfgrass Evaluation Program). 1994. National Kentucky bluegrass test-1990. Progress report 1993. NTEP No. 94-6, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1996. National Kentucky bluegrass test-1990. Final report: 1991-95. NTEP No. 96-11, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1997. National Kentucky bluegrass test-1995. 1996 Progress report. NTEP No. 97-4. National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1998 National Kentucky bluegrass test-1995. Progress report 1997. NTEP No. 98-5. National Turfgrass Federation,

- Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1999. National Kentucky bluegrass test-1998. Progress report 1998. NTEP No. 99-8. National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2000. National Kentucky bluegrass test-1995. Progress report 1999. NTEP No. 00-12. National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2001. National Kentucky bluegrass test-2000. Progress report 2000. NTEP No. 01-10. National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2002. National Kentucky bluegrass test-2001. Progress report 2000. NTEP No. 02-1. National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agric. Res. Ctr., Beltsville, MD, 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. of the Kor. Inst. of 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. of the Kor. Inst. of Landscape Architecture 28(2):61-70. (In Korean)
- The Lawn Institute. 1991a. 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.
- The Lawn Institute. 1991b. Cultivars. LISTS 113-154. 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.
- Watschke, T.L. and Schmidt, R.E. 1992. Ecological aspects of turf communities. Agron. Monogr. 32:129-174. In D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (Eds.), Turfgrass. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.