

자연실온 및 변온조건에서 제3세대 크리핑 벤투그래스 신품종의 발아특성 및 일일 발아패턴 비교

김경남^{1*} · 권오달¹ · 심상렬² · 윤중서³ · 박소향⁴

¹삼육대학교 과학기술대학 원예학과, ²청주대학교 이공대학 환경조경학과

³단국대학교 대학원 환경조경학과, ⁴삼육대학교 대학원 환경원예학과

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

Kyoung-Nam Kim^{1*}, O-Dal Kwon¹, Sang-Ryul Shim², Jung-Seo Yoon³, and So-Hyang Park⁴

¹Dept. of Horticulture, College of Science and Technology, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

²Dept. of Environmental Landscape Architecture, College of Science and Engineering, Cheongju University, Cheongju 360-764, Korea

³Dept. of Environmental Landscape Architecture, Graduate School, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

⁴Dept. of Environmental Horticulture, Graduate School, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

ABSTRACT. This study was conducted to investigate early germination characteristics and germination pattern of new cultivars of creeping bentgrass (CB, *Agrostis palustris* Huds.) under natural room temperature conditions and to analyze differences between alternative and natural conditions. Seven cultivars of CB were tested in the study. Daily and cumulative germination patterns were measured and analyzed on a daily basis. Significant differences were observed in germination pattern, days to the first germination, days to 50% germination, days to 85% germination, and germination rate among cultivars under different environments. The first germination in all entries was initiated between 4 and 5 days after seeding (DAS) under alternative conditions, while between 6 and 8 DAS under natural conditions, being 2 to 3 days later as compared with that of alternative conditions. As for the first germination percentage, it was generally 5 to 25% under alternative conditions. However, ‘Penn A-1’, ‘Penncross’, and ‘Penn A-4’ cultivars showed a vigorous germination, producing 50 to 70%. Under natural room temperature conditions, it was 5 to 10% for the most entries, except ‘Penncross’, ‘L-93’, and ‘Penn A-4’ cultivars which vigorously produced 20 to 50%. Days to the 50% germination in CB resulted in 4 to 10 DAS under alternative conditions, while 6 to 15 DAS under natural conditions, being 2 to 5 days later than under alternative conditions. Days to the 85% germination were 5.90 to 11.75 DAS under alternative conditions and 7.95 to 12.50 DAS under natural conditions. ‘Penn A-1’ and ‘L-93’ were the fastest cultivars under alternative and natural conditions, respectively. Regardless of the temperature conditions, the longest cultivar in germination was ‘T-1’, being over 11 DAS. In-depth comparative data on germination characteristics and germination patterns among CB cultivars would be usefully applied for a practical CB turf establishment in golf course construction etc.

Key words: Cumulative germination rate, Days to the first germination, Days to 50% germination rate, Days to 85% germination rate, ISTA(International Seed Testing Association)

서 론

국내 골프장 그린은 크리핑 벤투그래스(*Agrostis palustris* Huds.) 위주로 조성되어 있으며, 퍼팅 그린에 이용되고 있는 크리핑 벤투그래스 종류에는 영양번식용 및 종자번식용 품종이 있다(Kim, 2005). 현재 퍼팅 그린에 주로 사용

*Corresponding author; Tel: +82-2-3399-1731

E-mail : knkturf@syu.ac.kr

Received : April 19, 2011, Revised : April 29, 2011, Accepted : May 11, 2011

되고 있는 종류는 종자 번식용 품종이다. 종자 번식용 크리핑 벤투그래스 품종 중 문헌적으로 초기에 이용된 것은 'Seaside' 품종이다. 이 품종은 오랜 세월 해변의 자연 환경 조건에 서식한 종류로 개체 간 유전적 변이가 크기 때문에 우수한 품종은 아니었다(Hanson et al., 1969). 하지만, 그린키피에게 인기가 있어 1920년대 중반부터 1970년대 후반까지 많이 이용되었다.

자연 교잡종인 'Seaside' 품종 이후 최초 개량된 종자 번식용 품종은 'Pennncross' 품종이다. 1955년에 등록된 이 품종은 펜실베이니아 주립대의 Burt Musser가 개발한 품종으로 1950년대 후반부터 그린키피에게 우수한 품종으로 인식되기 시작하였다(Anonymous, 1998). 또한 이 품종은 1950년대 이전에 사용하였던 품종에 비해 전반적으로 유전적인 특성이 우수하여 답압 및 병·해충에 대한 내성이 강하고, 디벗(divot) 피해 시 회복속도가 빠른 특성으로 인해 오늘날 전 세계 한지형 골프장 그린에 가장 많이 이용되고 있다. 물론 국내에서도 전체 퍼팅 그린의 약 80% 정도가 'Pennncross' 품종으로 조성되어 있다(Tae et al., 2006).

1970년대 이후 미국에서는 골프 대중화, PGA(Professional Golf Association) 투어 확대 및 온대 남부 지역에서 한지형 그린 선호 등 여러 가지 골프 산업의 환경 변화로 인해 볼 구르기가 빠르고 여름 고온에 적응력이 강한 그린을 선호하게 되었다(Kim, 1997; Warnke, 2003). 즉 기존의 대표 품종인 'Pennncross'에 비해 잔디 밀도가 더 높은 신 품종에 대한 요구도가 증가하였다. 이러한 시대 변화에 맞추어 1980년대 중반부터 'Cobra', 'Pennlinks', 'Putter', 'SR1019'('Providence') 및 'SR1020' 등의 품종이 개발되었다. 그리고 1990년대에는 제3세대 신품종인 'Cato', 'Crenshaw', 'L-93', 'Penn A-1', 'Penn A-2', 'Penn A-4', 'Penn G-2', 'Penn G-6', 'Southshore', 'T-1' 및 'Alpha'('T-2') 등 다수의 품종들이 계속해서 개발되었다(Anonymous, 1996; Brauen et al., 1993; Duich, 1988; Engelke et al., 1994, 1995; Hurley et al., 1994; Liskey, 1997; Robinson et al., 1991; Skolgley et al., 1991).

이러한 신품종으로 조성한 퍼팅 그린은 기존 'Pennncross' 그린에 비해 대부분 엽폭이 좁고, 줄기가 수직 방향으로 성장하므로 고밀도의 잔디밭이 가능하며, 또한 그린 스피드도 빠르고 퍼팅 품질도 상당히 향상되었다(Kim, 2004). 하지만, 퍼팅 품질이 높아진 반면 예초 회수 및 예고를 적절하게 조절하지 않으면 지상부가 옷자라서 퍼팅 표면의 품질이 떨어지는 단점도 있다. 또한 시비프로그램도 기존 그린과 다르므로 잔디밭 조성 및 관리 시 유의해야 한다(Anonymous, 1997).

국내에서는 1990년 중반 이후 이들 신품종에 대한 관심과 함께 2000년대 들어 신설 골프장에 많이 이용되기 시

작하였으며, 신품종으로 조성된 코스에 증가함에 따라 이들 품종을 이용한 연구의 필요성도 늘어나고 있다. 신 품종을 개발한 미국에서는 품종이 등록되면 수년간 여러 지역에서 체계적으로 광범위하게 연구를 진행하면서 실무에 응용하고 있다(NTEP, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001, 2002). 하지만, 국내 기후 조건에서 신품종을 이용한 연구논문은 잔디밭 조성 후 특성 차이를 비교한 일부 논문(Lee et al., 2003, 2007; Tae et al., 2006)을 제외하면 아직 충분하지 않다. 특히 신품종으로 성공적인 골프장 조성 시 필요한 기본 특성조사에 대한 연구는 더욱 부족하다(Kim et al., 2010; Kim and Jung, 2008).

대규모 면적의 골프장 공사 시 성공적인 잔디밭 조성을 위해서는 발아특성이 우수해서 파종 후 초기 단기간에 균일피복이 될 수 있는 품종을 확보하는 것이 대단히 중요하다(Kim, 2007). 한지형 잔디 중 발아속도가 가장 빠른 종류는 페레니얼 라이그래스(*Lolium perenne* L.)이고, 가장 느린 종류는 켄터키 블루그래스(*Poa pratensis* L.)이다. 국제 종자검정협회(International Seed Testing Association, ISTA)에서 제시하는 변온 환경에서 수행한 연구에서 켄터키 블루그래스는 4주 경과 후 발아율 90%에 도달하지만, 페레니얼 라이그래스는 치상 후 1주 만에 발아율 90%에 도달한다(Kim and Nam, 2003). 크리핑 벤투그래스의 조성속도는 켄터키 블루그래스보다는 빠르지만, 페레니얼 라이그래스보다는 느리다(Kim, 2005; Turgeon, 2005). 하지만 동일한 초종일지라도 품종에 따라 발아특성 및 발아패턴 차이가 나타나기 때문에(Kim, 2008, 2009, 2010; Kim et al., 2010; Kim and Jung, 2008; Kim and Park, 2010), 크리핑 벤투그래스 품종에 대한 조성 관련 기본 특성 연구는 필요하다.

크리핑 벤투그래스 종자의 발아검정은 ISTA에서 요구하는 15~25°C 사이의 변온 조건에서 실시한다(Jeon, 1997). Kim et al.(2010)은 변온 환경에서 크리핑 벤투그래스의 최초 발아는 4~5일 사이 시작되며 발아율 85% 도달은 5.95~11.75일 사이 나타난다고 보고하였다. 하지만 정규 18홀(hole) 골프장의 면적은 지형, 코스길이 및 폭, 홀 간격, 조정 수목 종류 및 크기, 식재면적, 연못, 호수 등에 따라 차이가 있지만 일반적으로 700,000~800,000 m² 정도 되는 대규모 면적이다(Beard, 1982). 이러한 대 면적에 잔디를 식재할 경우 15~25°C 사이의 변온환경 조건에서 적기 파종을 할 수 면적은 일반적으로 전체 코스면적의 20~40% 정도만 해당되며, 나머지 홀은 현장 공정 스케줄에 따라 식재를 하는 경우 적기 파종을 할 수 없다. 이러한 이유로 골프장에서 대부분 식재지역은 생육적온보다 저온 또는 고온 등의 부적합한 환경에서 파종을 할 수 밖에 없다. 따라서 크리핑 벤투그래스 종자 발아의 표준 환경인 ISTA 변온환경뿐만 아니라, 일반 자연환경에서도 품종에 대한 발

Table 1. Cultivars of creeping bentgrass used in the study and their seed source.

Treatment No.	Cultivar	Source
1	'Alpha'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
2	'L-93'	Lofts Seed, Inc., Bound Brook, NJ, USA
3	'Penn A-1'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA
4	'Penn A-4'	Turf-Seed, Inc., Hubbard, OR, USA
5	'Penncross'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
6	'Pennlinks II'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA
7	'T-1'	Jacklin Seed Company, Post Falls, ID, USA

아특성 및 조성관련 특성 조사는 필요하다. 또한 변온 및 일반 자연 환경에서 실시한 데이터 비교는 실무적으로 절대적으로 중요하다.

한지형 잔디 중 켄터키 블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스 및 톨 웨스큐에서 변온 및 다른 온도 조건에서 발아특성을 조사 비교한 데이터는 보고되고 있지만(Kim, 2009, 2010; Kim and Nam, 2003), 크리핑 벤투그래스에 대한 비교 데이터는 없는 실정이다.

본 실험은 자연 실온 환경 조건에서 기존 표준형 품종인 'Penncross' 품종을 포함해서 최근 국내에서 많이 이용되고 있는 3세대 신품종인 'Alpha', 'L-93', 'Penn A-1', 'Penn A-4' 및 'T-1' 품종 간 발아특성 및 발아패턴을 조사하고 변온 및 자연실온 조건에서의 그 차이점을 비교 분석해서 잔디밭 조성 시 실무에 활용할 수 있는 기초 자료로 활용하고자 시작하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시재료는 국내에서 골프장 그린 조성 시 대표적으로 많이 사용하고 있는 'Penncross' 품종과 최근 신설 골프장에 이용하고 있는 6개의 신품종을 포함해서 전체 7종류로 하였다. 본 실험에 사용한 7품종은 'Alpha'('T-2'), 'L-93',

'Penn A-1', 'Penn A-4', 'Penncross', 'Pennlinks II' 및 'T-1'이었다(Table 1).

발아실험

크리핑 벤투그래스(*Agrostis palustris* Huds.) 잔디 초종의 발아기준 환경은 15~25°C의 변온환경이다(Anonymous, 1964). 하지만 골프장 등 대규모 시공현장에서 온도조건이 15~25°C 사이에 적기 파종을 할 수 있는 면적은 극히 일부이고, 나머지 대부분 면적은 발아적온이 아닌 시기에 공사가 진행된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 실무현장의 상황을 고려해서 온도가 5~25°C로 유지되고 있는 실온 환경(room temperature conditions)에서 수행하였다(Table 2).

발아실험에 사용한 종자는 샤알레에 여과지 2매를 깔고 품종별로 100립을 치상하였다. 공시 품종의 종자는 모두 외국에서 수입 직전 종자검정 결과 양호한 판정으로 나타나 국내에 수입되어 실무적으로 골프장에 이용되고 있는 종자를 확보해서 이용하였다. 그리고 실험에서 반복은 4반복으로 하였고, 전체 치상 종자는 400립이었다. 본 실험에서 발아기간은 잔디 발아시험 검정 시 최대 기간인 30일 기준으로 수행하였다(The Lawn Institute, 1991).

발아특성 조사

발아율 조사는 치상 후 1일 간격으로 총30회 조사를 하

Table 2. Turfgrass entries, environmental conditions, replication, experiment period, and investigation frequency in the study.

Items	Description for germination experiment
CB cultivars ^z	'Alpha', 'L-93', 'Penn A-1' 'Penn A-4', 'Penncross', 'Pennlinks II', 'T-1'
Environmental conditions	natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C
No. of seeds each replication	100 seeds
Replication	4
Experiment period	30 days
Investigation frequency	daily

^z CB: creeping bentgrass.

였다. 조사 시 발아 기준은 지상부 엽 조직이 5 mm 정도 자랐을 때를 기준으로 하였다. 공시 품종의 최종 발아율은 치상 후 30일째 조사한 누적 발아율을 이용하였다. 또한 품종별 발아특성 및 발아패턴은 치상 후 일일 발아율(daily germination rate) 및 누적 발아율(cumulative germination rate) 데이터를 분석하였고, 데이터는 품종별 4반복 평균값을 이용하였다.

발아상의 시험구 배치는 공시 7종류의 초종 처리구를 난괴법 4반복으로 배치하여 실험을 수행하였다. 통계분석은 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였고(SAS Institute, 1990), 처리구 평균간 유의성 검정은 DMRT(Duncan's Multiple Range Test) 5% 수준에서 실시하였다. 그리고 자연실온과 변온 환경에서 발아특성 데이터 비교는 ISTA 조건에서 수행한 데이터를 활용해서 비교 분석하였다(Kim et al., 2010).

결과 및 고찰

품종별 발아력

본 실험에 사용된 크리핑 벤프그래스 종자의 최종 발아율은 발아 환경 및 품종에 따라 통계적으로 유의한 차이

가 있었다. 자연 실온 환경에서 최종 발아율은 품종에 따라 ISTA 변온 환경과 약간의 차이가 있었다. 실온 조건에서 공시 품종의 최종 발아율은 55.00~98.50% 사이였다(Table 3). 이 때 발아가 가장 양호한 품종은 'L-93' 및 'Penn A-1' 품종으로 최종 발아율은 98.50% 이었다. 반대로 최종 발아율이 가장 저조한 품종은 'Pennlinks II' 품종으로 55.00% 이었다. 그리고 나머지 'Alpha', 'Penn A-4', 'Penncross' 및 'T-1' 품종의 발아율은 모두 크리핑 벤프그래스의 기준 발아율인 85% 이상으로 나타났다.

잔디종자 수확 후 종자검정 시 정상적인 크리핑 벤프그래스 품종의 발아율은 85% 이상 요구되고 있다(Turgeon, 2005). 본 실험에서는 'Pennlinks II' 품종을 제외한 공시 품종은 모두 발아율이 최소 88.50% 이상으로 양호하였다. 하지만 크리핑 벤프그래스 전체 7품종 간 최대 43.50%, 그리고 'Pennlinks II' 품종을 제외한 우수 품종 간에도 최대 10% 정도의 차이가 나타났다. 이러한 결과는 수확 후 동일한 조건으로 보관된 종자일지라도 유통과정 중 환경조건에 따라 발아율 차이가 크게 날 수 있는 것을 의미한다.

이러한 잔디 품종 간 발아력 차이는 크리핑 벤프그래스와 다른 초종에서도 보고되고 있다. Kim et al.(2010)은 ISTA 변온 조건에서 크리핑 벤프그래스 종자의 기준 발

Table 3. Germination characteristics of 7 new cultivars in creeping bentgrass grown under natural conditions.

Cultivars	Germination characteristics under natural conditions ^z								
	Days ^y to the first germination		First ^x germination percentage (%)	Days ^y to the 50% germination		Days ^y to the 85% germination		Difference ^w	Final germination percentage (%)
	ISTA	Natural		ISTA	Natural	ISTA	Natural		
1. 'Alpha'	4~5	6~7	8.75 cd ^v	5~6	8~9	7.37 b	9.80 b	1.85	92.25 ab
2. 'L-93'	4~5	6~7	46.25 a	5~6	7~8	6.34 bc	7.95 c	0.00	98.50 a
3. 'Penn A-1'	4~5	6~7	3.00 d	4~5	7~8	5.90 c	9.02 bc	1.07	98.50 a
4. 'Penn A-4'	4~5	6~7	21.50 b	4~5	7~8	6.17 bc	9.52 bc	1.57	97.25 a
5. 'Penncross'	4~5	6~7	50.50 a	4~5	6~7	6.23 bc	7.97 c	0.02	98.25 a
6. 'Pennlinks II'	4~5	7~8	3.00 d	9~10	14~15	NA ^u	NA	NA	55.00 c
7. 'T-1'	4~5	6~7	11.75 c	5~6	8~9	11.75 a	12.50 a	4.55	88.50 b
Range	4~5	6~8	3.00~50.50	4~10	6~15	5.90~11.75	7.95~12.50	0.00~4.55	55.00~98.50
Difference (max - min)	0	1	47.50	5	8	5.85	4.55	4.55	43.50

^z natural conditions: natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C.

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

Data for ISTA: adapted from Kim etc.(2010).

^x First germination percentage(%): germination percentage on the first day germinated from seeds in each cultivar.

^w Difference: difference from the fastest cultivar ('L-93') in terms of days to the 85% germination under natural conditions.

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

^u NA: not applicable.

아울인 85%를 충족하는 우수 품종 간에 최대 10.75% 정도의 차이가 있다고 보고하였다. 또한 한지형 툴 웨스큐 (*Festuca arundinacea* Schreb.) 종자를 이용한 연구에서도 품종 간 최대 10.25% 정도 차이가 나타났다(Kim, 2008). 발아속도가 빠른 초종인 페레니얼 라이그래스 품종을 이용한 연구에서도 품종 간 최대 27.25% 정도 차이가 나타났다(Kim, 2010). 즉 외국에서 종자생산 및 수확과정에서 종자검정 시 발아율이 우수한 품종일지라도 수입해서 국내 실무 현장에 적용할 때는 최종 종자 발아율이 저하될 수 있으므로 잔디밭 시공 시점에 발아시험을 통해 종자검정을 실시해서 시공하는 것이 바람직하다.

또한 동일한 품종이라도 환경조건에 따른 발아율 차이는 켄터키 블루그래스, 페레니얼 라이그래스 및 툴 웨스큐와 같은 다른 한지형 잔디에서도 보고되고 있다(Kim and Nam, 2003). 즉 크리핑 벤프그래스 종자의 최종 발아율은 생육 환경에 따라 품종별로 크게 차이가 날 수 있기 때문에 잔디밭 조성 시 적절한 품종 선택과 더불어 식재 지역의 생육환경 분석은 대단히 중요하다(Beard, 1973).

품종별 발아특성 및 발아패턴 비교

치상 후 일별 및 누적 발아율 그래프에서 크리핑 벤프그래스 종자의 품종별 발아특성 및 발아패턴을 각각 비교하면 다음과 같다. 자연 실온 환경에서 'Alpha' 품종의 발아패턴은 ISTA 변온 환경에 비해 최초 발아일, 50% 발아율 속도 및 85% 발아율 도달 속도가 2~3일 정도 늦게 나타났다. 'Alpha' 품종의 최초 발아는 ISTA 변온 환경보다 2일 늦은 치상 후 6~7일 사이로 치상 후 7일째 최초 일일 발아율은 8.75%이었다(Table 3, Fig. 1A). 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 8일과 9일 사이로, ISTA 변온 보다 3일 정도 늦은 것이었다. 그리고 치상 후 9일과 10일째 누적 발아율은 각각 69.00% 및 89.00%이었다(Fig. 1B). 즉 크리핑 벤프그래스 종자의 기준 발아율인 85%에 도달한 것은 치상 후 9.80일로 ISTA 변온에 비해 2.43일 늦었다. 또한 이것은 자연 실온 환경에서 85% 발아율 도달 속도가 가장 빨랐던 'L-93' 품종에 비해 1.85일 늦는 것으로(Table 3) 전체 공시 품종 중 발아속도가 중간정도 수준으로 판단되었다.

자연 실온 환경에서 'L-93' 품종의 발아패턴은 ISTA 변온 환경에 비해 최초 발아일, 50% 발아율 속도 및 85% 발아율 도달 속도가 1~2일 정도 늦게 나타났다. 'L-93' 품종의 발아가 처음으로 시작된 것은 ISTA 변온 환경보다 2일 늦은 치상 후 6~7일 사이로 치상 후 7일째 최초 일일 발아율은 46.25%이었다(Table 3, Fig. 1A). 이것은 전체 공시 7품종 중 최초 발아율이 50.50%로 나타난 'Penncross' 품종 다음으로 높은 것을 의미한다. 누적 발

아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 7일과 8일 사이로, ISTA 변온 보다 2일 정도 늦은 것이었다. 그리고 치상 후 7일과 8일째 누적 발아율은 각각 46.25% 및 86.75%이었다(Fig. 1B). 즉 크리핑 벤프그래스 종자의 기준 발아율인 85%에 도달한 것은 치상 후 7.95일로 ISTA 변온에 비해 1.61일 정도 늦었다(Table 3). 또한 이것은 전체 공시 7품종 중 'L-93' 품종이 자연 실온 환경에서 85% 발아율 도달 속도가 가장 빠른 것을 의미한다.

자연 실온 환경에서 'Penn A-1' 품종의 발아패턴은 ISTA 변온 환경에 비해 최초 발아일, 50% 발아율 속도 및 85% 발아율 도달 속도가 2~4일 정도 늦게 나타났다. 'Penn A-1' 품종의 최초 발아는 ISTA 변온 환경보다 2일 늦은 치상 후 6~7일 사이로 치상 후 7일째 최초 일일 발아율은 3.00%이었다(Table 3, Fig. 1A). 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 7일과 8일 사이로, ISTA 변온 보다 3일 정도 늦은 것이었다. 그리고 치상 후 9일과 10일째 누적 발아율은 각각 84.75% 및 95.00%이었다(Fig. 1B). 즉 크리핑 벤프그래스 종자의 기준 발아율인 85%에 도달한 것은 치상 후 9.02일로 ISTA 변온에 비해 3.12일 늦었다. 또한 이것은 자연 실온 환경에서 85% 발아율 도달 속도가 가장 빨랐던 'L-93' 품종에 비해 1.07일 늦는 것으로(Table 3) 'Penn A-1' 품종은 전체 공시 품종 중 발아속도가 중간정도 수준으로 판단되었다.

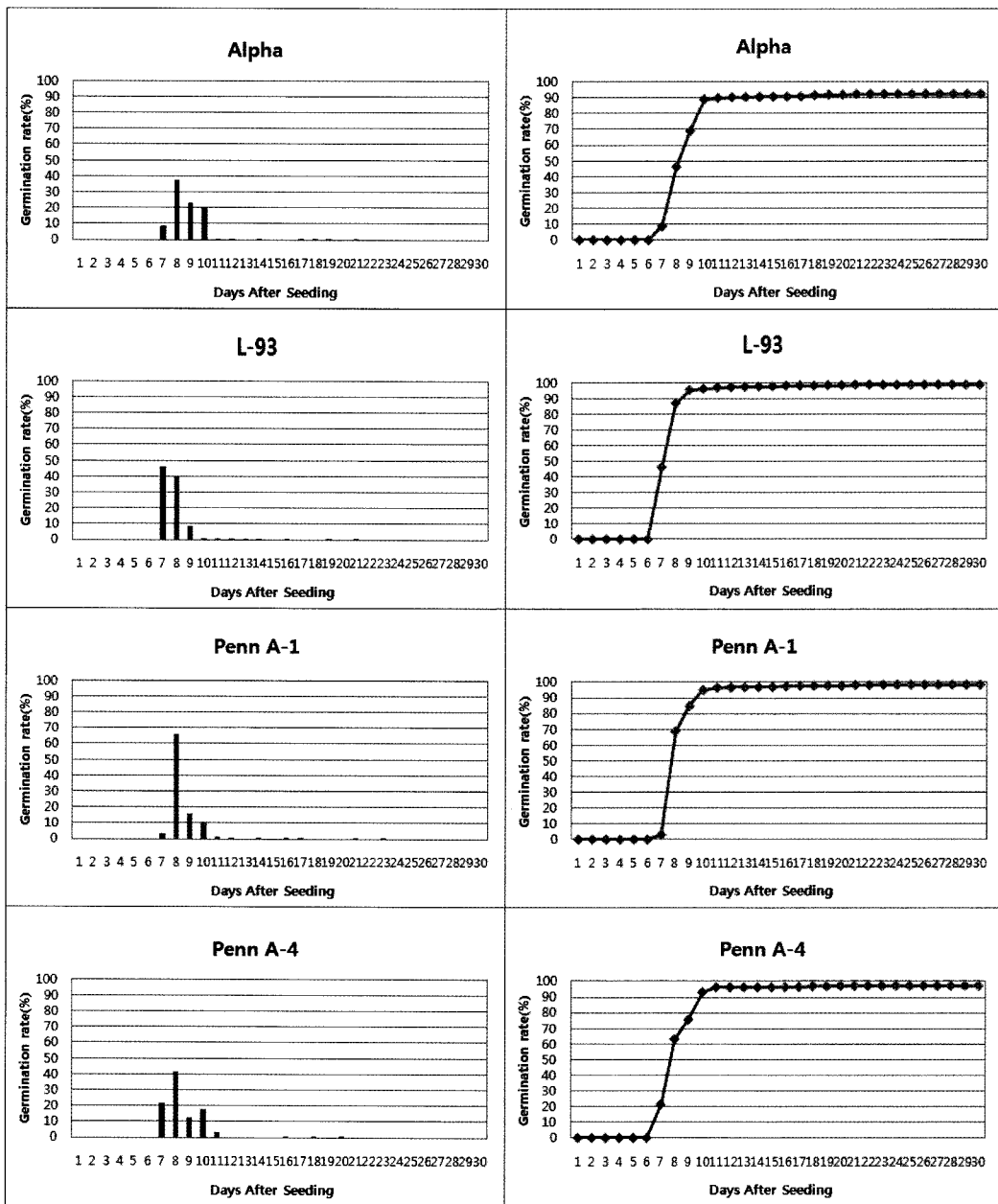
자연 실온 환경에서 'Penn A-4' 품종의 발아패턴은 ISTA 변온 환경에 비해 최초 발아일, 50% 발아율 속도 및 85% 발아율 도달 속도가 2~4일 정도 늦게 나타났다. 'Penn A-4' 품종의 발아가 처음으로 시작된 것은 ISTA 변온 환경보다 2일 늦은 치상 후 6~7일 사이로 치상 후 7일째 최초 일일 발아율은 21.50%이었다(Table 3, Fig. 1A). 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 7~8일 사이로, ISTA 변온 보다 3일 정도 늦게 나타났다. 그리고 치상 후 9일과 10일째 누적 발아율은 각각 75.75% 및 93.25%이었다(Fig. 1B). 즉 크리핑 벤프그래스 종자의 기준 발아율인 85%에 도달한 것은 치상 후 9.52일로 ISTA 변온에 비해 3.35일 정도 늦었다. 또한 이것은 자연 실온 환경에서 85% 발아율 도달 속도가 가장 빨랐던 'L-93' 품종에 비해 1.57일 늦는 것으로(Table 3) 'Penn A-4' 품종은 전체 공시 품종 중 발아속도가 중간정도 수준으로 판단되었다.

자연 실온 환경에서 'Penncross' 품종의 발아패턴은 ISTA 변온 환경에 비해 최초 발아일, 50% 발아율 속도 및 85% 발아율 도달 속도가 1~2일 정도 늦게 나타났다. 'Penncross' 품종의 최초 발아는 ISTA 변온 환경보다 2일 늦은 치상 후 6~7일 사이로 치상 후 7일째 최초 일일 발아율은 50.50%이었다(Table 3, Fig. 1A). 이것은 전체 공시 7품종 중 'Penncross' 품종의 최초 발아율이 가장 높은 것을 의미한

다. 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 6일과 7일 사이로, ISTA 변은 보다 2일 정도 늦은 것이었다. 그리고 치상 후 7일과 8일째 누적 발아율은 각각 50.50% 및 85.75%이었다(Fig. 1B). 즉 크리핑 벤프그래스 종자의 기준 발아율인 85%에 도달한 것은 치상 후 7.97일로 ISTA 변은에 비해 1.74일 늦었다. 또한 이것은 자연 실온 환경에서 85% 발아율 도달 속도가 가장 빨랐던 ‘L-93’ 품종과 0.02일 차이로(Table 3) ‘Penncross’ 품종은 ‘L-93’ 품종과 같이 전체 공시 품종 중 발아속도가 가장 빠른 것으로

판단되었다.

자연 실온 환경에서 ‘Pennlinks II’ 품종의 발아패턴은 ISTA 변은 환경에 비해 최초 발아일, 50% 발아율 및 85% 발아율 도달 속도가 3~5일 정도 늦게 나타났다. ‘Pennlinks II’ 품종의 발아가 처음으로 시작된 것은 ISTA 변은 환경보다 3일 늦은 치상 후 7~8일 사이로 치상 후 8일째 최초 일일 발아율은 3.00%이었다(Table 3, Fig. 1A). 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 14일과 15일 사이로, ISTA 변은 보다 5일 정도 늦은 것이었다. 그리고



(A) Daily germination rate

(B) Cumulative germination rate

Fig. 1. Daily (A) and cumulative seed germinating pattern (B) in 7 new cultivars of creeping bentgrass grown under natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C.

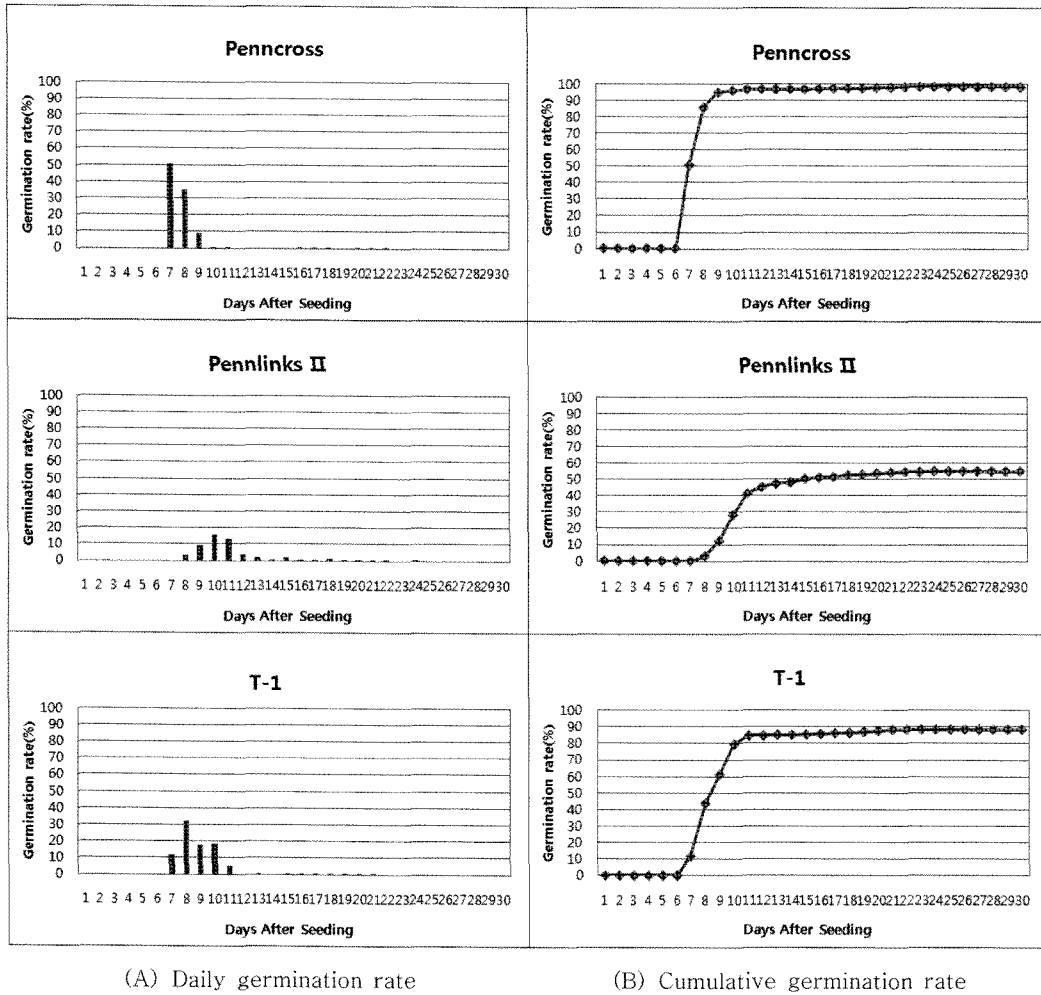


Fig. 1. Daily (A) and cumulative seed germinating pattern (B) in 7 new cultivars of creeping bentgrass grown under natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C. (continued)

치상 3주 후 누적 발아율은 54.25%, 치상 후 24일 경과 시 누적 발아율은 55.00%, 그리고 치상 후 24일 이후로는 발아가 더 이상 진행되지 않았다(Fig. 1B). 따라서 ‘Pennlinks II’ 품종의 발아율 85% 도달 기간은 분석할 수 없었다.

다른 품종에 비해 Pennlinks II 품종의 발아 특성이 불량한 이유는 저장 및 유통 중에 종자의 발아력이 쇠퇴하였기 때문이라 추정되었다. 일반적으로 잔디종자의 생존력(viability)은 시간이 경과함에 따라 감소하게 되는데, 특히 수확 후 고온 및 다습 환경에 저장 또는 장기간 노출 시 이로 인한 호흡작용 증가 및 저장양분 감소로 인해 발아력이 급격하게 감소될 수 있다(The Lawn Institute, 1991).

자연 실온 환경에서 ‘T-1’ 품종의 발아패턴은 ISTA 변온 환경에 비해 최초 발아일, 50% 발아율 속도 및 85% 발아율 도달 속도가 1~3일 정도 늦게 나타났다. ‘T-1’ 품종의 최초 발아는 ISTA 변온 환경보다 2일 늦은 치상 후 6~7일 사이로 치상 후 7일째 최초 일일 발아율은 11.75%

이었다(Table 3, Fig. 1A). 누적 발아율이 50%에 도달한 것은 치상 후 8일과 9일 사이로, ISTA 변온 보다 3일 정도 늦었다. 그리고 치상 후 12일과 13일째 누적 발아율은 각각 84.75% 및 85.25%이었다(Fig. 1B). 즉 크리핑 벤프그래스 종자의 기준 발아율인 85%에 도달한 것은 치상 후 12.50일로 ISTA 변온에 비해 0.75일 늦었다. 또한 이것은 자연 실온 환경에서 85% 발아율 도달 속도가 가장 빨랐던 ‘L-93’ 품종에 비해 4.55일 정도 늦는 것으로(Table 3) ‘T-1’ 품종은 전체 공시 품종 중 발아속도가 가장 느린 것으로 판단되었다.

종합적으로 크리핑 벤프그래스 종자의 발아특성 및 발아패턴은 발아환경 및 품종에 따라 상당히 다르게 나타났다. 자연 실온 환경에서 최초 발아는 ISTA 변온 환경보다 2~3일 늦은 6~8일 사이에 시작되었다. 이러한 차이는 크리핑 벤프그래스의 경우 생육적온이 15~24°C이기 때문에 5~25°C 사이의 자연 실온 조건에 비해 ISTA 변온조건

Table 4. Classification of the establishment rate during the early stage of growth in 7 new cultivars of creeping bentgrass grown under natural conditions.

Class in turf establishment rate	Temperature conditions ²	
	ISTA ¹	Natural
Very high	'Penn A-1'	'L-93', 'Penncross'
High	'Penn A-4', 'Penncross', 'L-93'	'Penn A-1'
Medium	'Alpha'('T-2')	'Penn A-4', 'Alpha'('T-2')
Low	'Pennlinks II', 'T-1'	'Pennlinks II', 'T-1'

¹ISTA: alternative conditions of 8-hr light at 25°C and 16-hr dark at 15°C.

Natural: natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C.

²Data for ISTA: adapted from Kim etc.(2010).

(15~25°C)에서 발아가 훨씬 더 빠르게 진행된 것으로 추정되었다(Fry and Huang, 2004).

공시 품종의 최초 발아율은 자연 실온 환경에서 3.00~50.50% 사이로 나타났는데, 이것은 최초 발아율이 5.50~71.25% 인 ISTA 변온보다는 다소 낮았다(Kim et al., 2010). 자연 실온 환경에서 크리핑 벤프그래스의 발아율 50% 도달기간은 6~15일 사이로 ISTA 변온 보다 2~5일 정도 늦게 나타났다. 또한 발아율 85% 도달기간도 ISTA 변온에 비해 약 1~4일 정도 느린 치상 후 7.95~12.50일 사이에 도달하였고, 공시 품종 간 약 5일 정도의 차이가 있었다. 공시 재료 중 가장 빠른 종류는 'L-93' 품종이었고, 반대로 가장 느린 종류는 'T-1' 품종이었다. 이러한 생육환경에 따른 품종 간 차이는 교배 및 품종 개량 시 사용한 유전 형질의 특성 차이로 나타나는 것으로 추정되었다.

잔디밭 종자 파종 시 초기 발아 속도가 빠를수록 잔디밭 조성에는 유리하다(Kim, 2007; Watschke and Schmidt, 1992). ISTA 변온 조건에서 우수 품종은 'Penn A-1'을 포함해서 'Penn A-4', 'Penncross' 및 'L-93' 품종으로 알려져 있다(Kim et al., 2010). 그리고 5~25°C 사이의 자연실온에서는 'L-93', 'Penncross' 및 'Penn A-1' 품종이 실무적으로 잔디 조성 측면에서 가장 우수한 것으로 나타났다(Table 4). 특히 Penn 계통의 'Penn A-1', 'Penn A-4' 및 'Penncross' 품종이 우수한 것은 품종 개발 시 여러 개체 간의 교배과정(random crossing)과 줄기 성장 속도가 빠른 특성 때문으로 나타난 것으로 판단되었다(Alderson and Sharp, 1995).

조성속도 측면에서 ISTA 변온에서 우수 품종이었던 'Penn A-4' 품종은 온도 조건이 다른 자연환경에서는 중간정도 수준의 품종으로 나타났다. 즉 동일한 초종이나 품종일지라도 생육 환경 조건에 따라 성장 및 적응능력이 달라질 수가 있는 것이다(Kim and Nam, 2003).

잔디 종자의 발아율은 온도 조건에 따라 달라질 수 있는데 생육환경이 서로 다른 환경에서 성장한 퍼레니얼 라

이그래스는 최고 4.25%, 그리고 켄터키 블루그래스는 20.7%에서 76.4% 까지 차이가 크게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Kim, 2010; Kim and Nam, 2003). 즉 종자 발아율은 환경에 따라 품종별로 차이가 크게 날 수 있기 때문에 잔디밭 조성 시기에 해당 지역의 생육환경 분석은 반드시 필요하다(Beard, 1973; Turgeon, 2005).

본 실험을 통해서 크리핑 벤프그래스 품종 간 최초 발아율, 50% 발아속도 및 85% 발아속도 등 발아패턴은 생육 환경 및 품종에 따라 차이가 크게 나타나고 있다. ISTA 변온 환경에 비해 자연 실온 환경에서 'L-93' 및 'Penncross' 품종은 1~2일, 'T-1' 품종은 1~3일, 'Alpha' 품종은 2~3일, 'Penn A-1' 및 'Penn A-4' 품종은 2~4일 그리고 'Pennlinks II' 품종은 3~5일 정도 늦게 나타났다. 즉 대규모 면적의 골프장을 조성할 경우 파종 시 환경조건에 따라 크리핑 벤프그래스 품종의 발아패턴이 크게 달라질 수 있는 것이다. 또한 골프장에 활용되고 있는 크리핑 벤프그래스 품종은 잔디밀도에 따라 세분화되고 있다. 이중 'Penncross' 품종은 표준형(standard low density), 'L-93' 품종은 개량형(improved moderate high density), 그리고 'Penn A-1' 및 'Penn A-4' 품종은 초고밀도형(ultra density) 품종 군에 속한다(Brilman, 2008). 따라서 이러한 분류특성과 함께 본 실험에서 밝혀진 이들 품종의 발아특성은 골프장 조성 시 개개 현장의 조성 컨셉에 적합한 품종 선정 시 유용하게 활용될 수 있으리라 판단된다.

요 약

본 실험은 자연 실온 환경에서 크리핑 벤프그래스 신품종의 초기 발아특성 및 발아패턴을 조사하고, 그리고 변온 및 자연실온 환경에서의 그 차이점을 비교 분석해서 실무 시공에 응용할 수 있는 기초자료를 파악하고자 시작하였다. 공시재료는 크리핑 벤프그래스 7품종이었으며, 일일 발아패턴 및 누적 발아패턴을 1일 간격으로 조사하

였다. 크리핑 벤투그래스 종자의 발아율, 발아패턴 및 발아특성은 온도 조건 및 품종에 따라 차이가 크게 나타났다. 공시 품종 모두 최초 발아는 ISTA 변온환경에서 치상 후 4~5일 사이에 시작되었지만, 자연 실온 환경에서는 대부분 품종이 ISTA 변온보다 2~3일 늦은 6~8일 사이에 시작되었다. 최초 발아 시 발아율은 ISTA 변온에서 일반적으로 5~25% 정도였고, 'Penn A-1', 'Penncross' 및 'Penn A-4' 품종의 최초 발아율은 50~70% 정도로 초기 발아가 대단히 왕성하였다. 하지만 자연 실온 환경에서 최초 발아율은 일반적으로 5~10% 정도였으며, 'Penncross', 'L-93' 및 'Penn A-4' 품종은 20~50% 정도로 초기 발아 특성이 대단히 왕성하였다. 크리핑 벤투그래스에서 발아율 50% 도달 기간은 ISTA 변온에서는 치상 후 4~10일 사이에 나타났고, 자연실온에서는 품종에 따라 ISTA 변온보다 2~5일 정도 늦은 치상 후 6~15일 사이에 나타났다. 발아율 85% 도달 기간은 ISTA 변온에서는 치상 후 5.90~11.75일 사이였으며, 가장 빠른 종류는 'Penn A-1' 품종이었다. 하지만 자연 실온에서는 ISTA 변온보다 다소 늦은 치상 후 7.95~12.50일 사이였고, 가장 빠른 종류는 'L-93' 품종이었다. 그리고 온도 조건에 관계없이 기준 발아율 도달 기간이 가장 느린 품종은 ISTA 변온 및 자연 실온에서 각각 11.75일 및 12.50일로 나타난 'T-1' 품종이었다. 본 실험 결과 나타난 이러한 발아특성 비교 데이터는 골프장 등 잔디밭 조성 시 실무적인 기초 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

주요어: 누적 발아율, 최초 발아 도달일수, 50% 발아율 도달일수, 85% 발아율 도달일수, 국제종자검정협회

감사의 글

본 논문은 2011학년도 삼육대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Alderson, J. and W.C. Sharp. 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.
- Anonymous. 1996. The new Penn Pals. Tee-2-Green Corp. Technical publication:96-01NPP. Tee-2-Green Corporation, Hubbard, OR, USA.
- Anonymous. 1997. The superintendent's guide to better creeping bentgrass greens. Seed Research of Oregon, Inc., Corvallis, OR, USA.
- Anonymous. 1998. Penn Pals portfolio. Tee-2-Green Corp. Technical publication:98-10-PPC. Tee-2-Green Corporation, Hubbard, OR, USA.
- 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.
- Brauen, S.E., R.L. Goss, and A.D. Brede. 1993. Registration of 'Putter' creeping bentgrass. Crop Sci. 33:1100.
- Brilman, L.A. 2008. Classification of creeping bentgrass cultivars. Golf Course Management 76(5):80.
- Duich, J.M. 1988. Pennlinks creeping bentgrass. Tee-2-Green Corp. Technical publication:88-02-PL. Tee-2-Green Corporation, Hubbard, OR, USA.
- Engelke, M.C., V.G. Lehman, C. Mayes, P.F. Colbaugh, J.A. Reinert, and W.E. Knoop. 1994. Registration of 'Cato' creeping bentgrass. Crop Sci. 35:589-590.
- Engelke, M.C., V.G. Lehman, W.R. Kneebone, P.F. Colbaugh, J.A. Reinert, and W.E. Knoop. 1995. Registration of 'Crenshaw' creeping bentgrass. Crop Sci. 35:589.
- Fry, J. and B. Huang. 2004. Applied turfgrass science and physiology. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, USA.
- Hanson, A.A., F.V. Juska, and G.W. Burton. 1969. Species and varieties. Agron. Monogr. 14:370-409. In A.A. Hanson and F.V. Juska (eds.), Turfgrass science. ASA, Madison, WI, USA.
- Hurley, R.H., V.G. Lehman, J.A. Murphy, and C.R. Funk. 1994. Registration of 'Southshore' creeping bentgrass. Crop Sci. 34:1124-1125.
- Jeon, W.B. 1997. Regulation of International Seed Testing Association(ISTA) (I). Kor. Turfgrass Sci. 11(3):211-264.
- Kim, K.N. 1997. The development history of turfgrass in golf course putting green during the past 100 years and recommendation of new varieties for the 21st century. Horticulture World 2(1):18-24.
- Kim, K.N. 2004. A study on the development history and characteristics of the third generation of new varieties for creeping bentgrass in golf course putting greens. Korea Golf Industry Show 2004. pp. 151-171.
- Kim, K.N. 2005. STM series I: Introductory turfgrass science. Sahmyook University Press. Seoul, Korea.
- Kim, K.N. 2007. STM series III: Turfgrass establishment. Sahmyook University Press. Seoul, Korea.
- Kim, K.N. 2008. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in varieties of coarse-textured tall fescue under ISTA. J. Nat. Sci. Sahmyook Univ. 12(2):25-36.
- 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.
- Kim, K.N. 2010. Germination characteristics and daily seed germinating pattern of 8 new varieties of perennial ryegrass under alternative and natural room temperature conditions. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):79-87.
- Kim, K.N., C.U. Cho, Y.H. Bae, and S.H. Park. 2010. Germination characteristics and daily seed germinating pattern in new varieties of the third generation of creeping bentgrass under ISTA conditions. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 13(4):30-41.
- Kim, K.N. and K.W. Jung. 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. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 11(5):79-91.
- Kim, K.N. and S.H. Park. 2010. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in fine-textured fescues. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(4):567-573.
- Kim, K.N. and S.Y. Nam. 2003. 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. Turfgrass Sci.* 17(1):1-12.
- Lee, H.S., B.S. Hong, K.D. Kim, and H.S. Tae. 2007. Comparison of spring growth characteristics of creeping bentgrass (*Agrostis palustris* Huds.) cultivars. *Kor. Turfgrass Sci.* 21(2):155-161.
- Lee, H.W., D.Y. Jeong, and S.R. Shim. 2003. Growth characteristics of creeping bentgrass cultivars. *Kor. Turfgrass Sci.* 17(2, 3):87-97.
- Liskey, E. 1997. What's available in creeping bentgrasses for putting greens. *Grounds Maintenance* January pp. G9-G6.
- NTEP. 1995. National bentgrass test-1993 Putting green. 1994 Progress report. NTEP No. 95-3, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1996. National bentgrass Test-1993 Putting green. 1995 Progress report. NTEP No. 96-1, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1999. On-site evaluation of creeping bentgrass for putting greens-Progress report 1998. NTEP No. 99-3, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2000. On-site evaluation of creeping bentgrass for putting greens-Progress report 1999. NTEP No. 00-8, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2001. On-site evaluation of creeping bentgrass for putting greens-Progress report 2000. NTEP No. 01-17, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2002. On-site evaluation of creeping bentgrass for putting greens-Final report 1998-2001. NTEP No. 02-11, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- Robinson, M.F., L.A. Brilman, and W.R. Kneebone. 1991. Registration of 'SR1020' creeping bentgrass. *Crop Sci.* 31:1702-1703.
- SAS Institute, Inc. 1990. SAS/STAT user's guide, Version 6 4th ed., SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- Skogley, C.R., M.F. Robinson, and L.A. Brilman. 1991. Registration of 'Providence' creeping bentgrass. *Crop Sci.* 31:1701-1702.
- Tae, H.S., H.S. Lee, G.M. Ahn, and J.B. Kim. 2006. Comparison of growth characteristics of creeping centgrass (*Agrostis palustris* Huds.) cultivars in summer. *Kor. Turfgrass Sci.* 20(2):147-156.
- The Lawn Institute. 1991. Seed. LISTS pp. 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.
- Warnke, S. 2003. Creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.) pp. 175-185. In M.D. Casler, A.A. and R. R. Duncan (eds.), *Turfgrass biology, genetics, and breeding*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Watschke, T.L. and R.E. Schmidt. 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.