

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32(3), 2012, and formerly 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.

한국잔디 종자의 발아특성과 발아율 향상을 위한 다양한 전처리 방법의 비교

한정지^{1*} · 이광수¹ · 박용배¹ · 양근모² · 배은지¹

¹국립산림과학원 남부산림자원연구소, ²단국대학교 녹지조경학과

Comparison of Germination Characteristics and Various Pre-treatment Methods for Enhancing Germination on Zoysiagrass

Jeong-Ji Han^{1*}, Kwang-Soo Lee¹, Yong-Bae Park¹, Geun-Mo Yang², and Eun-Ji Bae¹

¹Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea

²Department of Green Landscape Architecture Science, Dankook Univ., Cheonan 330-714, Korea

ABSTRACT. Zoysiagrass seeds had low germination or lack of germination uniformity under natural condition. To improve the final germination percentage of zoysiagrass seeds, we investigated the methods of proper pre-treatment to enhance germination rate of zoysiagrass. Seeds were subjected to the testa scarification and four types of seed priming methods, namely, hydro priming (distilled water), osmotic priming (polyethylene glycol -0.5 MPa, -1.0 MPa, -2.0 MPa), halo priming (Potassium nitrate 100 mM, 200 mM, 400 mM), and solid matrix priming (seed : microcel-E : distilled water = 4:1:8) with and without 25% KOH treatment in the testa. The scarification improved the germination rate and reduced the germination time. Osmotic priming (PEG -0.5 MPa) with scarification were significantly increased the seed germination rate and decreased MGT, and T₅₀. Seed germination rate obtained by osmotic priming (PEG -0.5 MPa) with scarification increased above 60% in comparison with natural condition. Conclusively, scarified and primed zoysiagrass seed germinated more rapidly and uniformly in the study. The present results suggested that PEG priming treatment with KOH treatment prior to sowing could improve germination percentage, and this method makes us establish the early zoysiagrasses in the field.

Key words: Cumulative germination rate, Dormancy, Germination rate, Priming, Scarification

Received on August 28, 2014; Revised on September 16, 2014; Accepted on September 17, 2014

*Corresponding author: Phone) +82-55-760-5026, Fax) +82-55-759-8432; E-mail) stop0511@hanmail.net

© 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.

서론

한국잔디는 고온 다습한 기후조건하에서도 생육이 잘되며 초엽이 강건하고 저비용 요구도와 내환경성이 우수하여(Bae et al., 2010; Emmons, 1995; Ming and Kim, 2000), 최근 주목을 받고 있다. 특히, 일본에서는 한국잔디가 품질 및 관리 면에서 장점이 커 총 잔디 재배 면적의 70% 이상을 차지하고 있다(Jang et al., 2011). 한국잔디를 이용한 잔디밭 조성에는 종자파종 방법과 영양번식 방법이 있다(Woo

et al., 2004). 한국잔디는 주로 종자의 휴면성 때문에 잔디밭 조성 시 조성 비용과 관리가 많이 소요되는 멧장에 의한 영양 번식에 의존하여 왔으며(Jeon et al., 2001), 영양번식 방법의 종류에는 sodding, stolonizing, 그리고 plugging 등이 있다(Volterrani et al., 2007). 영양체를 이용한 잔디밭 조성 시 이미 조성된 잔디밭과는 달리 토양이 노출되어 있어 표토의 유실량이 많고, 이를 보완하기 위해 잔디가 빨리 피복되어야 하는 조건이 따른다(Woo et al., 2004). 현재 제니스와 같은 종자형 품종이 국내에 도입되어 이용되고

있지만(Cho et al., 2007), 종자형 품종의 다양성이 필요한 실정이다. 또한 종자형 품종을 선별하기 위해서는 품종간 발아력 테스트를 통해 발아율이 높은 잔디종자를 선별한 후 종자전처리 방법을 이용하여 발아율을 높이는 방법적인 연구가 필요하다.

종자가 적합한 온도, 습도, 산소 및 광조건에도 불구하고 발아가 되지 않는 경우도 있는데 이것은 종에 따라 정도의 차이는 있지만 종자가 가진 휴면성 때문이다(Copeland and McDonald, 1985). 잔디 종자의 휴면은 배 휴면과 종피 휴면에 의해 발생하며, 파종 전 적절한 종자처리를 가하지 않으면 발아가 저조해지는 특성을 가지고 있다(Kang et al., 2005). 종자 전처리에는 물리적 처리, 화학적 처리, 생리적 처리가 있다. 물리적 및 화학적 처리는 주로 종피의 불투수성이나 종피 내 발아억제물질이 함유되어 휴면이 발생했을 때 열이나 기타 물리적 자극 및 화학물질 등을 적용함으로써 이를 제거하는 방법이며, 생리적 처리는 주로 배 휴면 종자에 적용하는 방법이다(Choi, 2012). 종피 연화와 프라이밍 처리는 발아하는데 요구되는 시간을 단축시키고 발아율을 증가시키는데 매우 효과적이다. 많은 종자에서 종피의 일부를 제거시키거나 부숙시켜 투수성을 높여 발아를 촉진하는 화학약품으로는 황산(H₂SO₄), 수산화칼슘(Ca(OH)₂), 차아염소산나트륨(NaOCl) 등이 이용되고 있다(Wada and Reed, 2011). 잔디 종자의 종피를 약화시키기 위한 방법으로 Jang et al. (2005)은 NaOCl처리에 의해 발아율을 향상시켰다고 보고하였으며, Min (2002)은 주로 강산이나 알칼리를 이용하여 왔으며, 현재 실용화되고 있는 것은 25~30% KOH용액에 30~40분간 처리한 다음 수세하여 음건한 후 파종한다고 보고하였다.

프라이밍은 파종 전에 수분을 가하여 종자가 발아에 필요한 생리적인 준비를 갖추게 함으로써 발아의 속도와 균

일성을 높이는 것으로, 많은 원예 및 농업작물에서 입증되어 왔다(Kang et al., 1997; Farooq et al., 2006). 프라이밍은 처리되는 물질의 조제방법이나 종류에 따라 Hydro 프라이밍, Osmotic 프라이밍, Halo 프라이밍, Solid matrix 프라이밍 등으로 분류된다. 물을 이용한 Hydro 프라이밍은 Harris (1992)에 의해 처음 제안되었으며, 처리가 간편하고 비용이 저렴하다는 장점이 있다(Li et al., 2011). Osmotic 프라이밍은 한계 수분 처리를 위하여 PEG (polyethylene glycol) 용액 등을 이용한다. PEG는 Heydecker (1973) 등이 처리제로 처음 사용하였는데, 가격이 비싸고 처리 후 종자로부터 제거하기 힘들며, 용존산소량이 적은 단점이 있으나(Michel and Kanfmann, 1973; Mexal et al., 1975), 쉽게 수분 퍼텐셜을 조정할 수 있어 기본적인 프라이밍 처리에 많이 사용된다(McClendon, 1981). Halo 프라이밍은 파종 전 염 용액에 종자를 침지하여 불량환경에서 발아율과 묘발생을 향상시키기 위한 방법이다(Afzal et al., 2008). 발아촉진 처리제로 사용되는 염의 종류에는 KNO₃, K₃PO₄, MgSO₄, Ca(NO₃)₂ 등이 있다. Solid matrix 프라이밍(SMP)은 고체 미세분말, 물, 종자를 일정비율로 혼합하여 종자의 수분흡수를 조절하여 발아력을 향상시킬 수 있는 종자처리이다. 처리 후 종자표면에 부착되어 있는 고체 미세분말은 토양 입자의 매트릭 성질과 비슷하여 쉽게 토양과 혼합되기 때문에 반드시 제거하지 않아도 되는 이점이 있다(Kang, 2004).

한국잔디의 종자변식은 종자가 갖고 있는 휴면에서 파생되는 문제점으로 인하여 이용에 제한을 받고 있는 실정으로 종자를 이용하여 잔디를 조성하기 위해서는 파종 전처리를 통해서 휴면을 타파시키고 발아력을 향상시키는 기술이 개발되어야 한다. 따라서 본 연구는 한국잔디의 종자를 선정하여, 종자 발아 전처리 방법에 따른 종자발아특성을 조사하였다. 즉, KOH에 의한 종피 제거 후 다양한 프

Table 1. Cultivar, acquiring method, source, and physical characteristics of grasses entries used in the study.

Cultivars	Acquiring method	Source	Length (mm)	Width (mm)	1,000 seeds weight (g)
<i>Zoysia japonica</i> 'Z1070'	home seed production	SFRRC ^a , Jinju, Korea	3.24±0.03 ^b	1.26±0.08	0.60±0.02
<i>Zoysia japonica</i> 'Z1075'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	4.09±0.06	1.37±0.06	0.73±0.04
<i>Zoysia japonica</i> 'Z1089'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	2.66±0.11	1.10±0.04	0.55±0.03
<i>Zoysia sinica</i> 'ZN2039'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	7.87±0.14	1.64±0.04	1.43±0.16
<i>Zoysia sinica</i> 'ZN2139'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	7.11±0.12	1.47±0.02	1.09±0.03
<i>Zoysia sinica</i> 'Z2148'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	6.87±0.09	1.42±0.06	1.16±0.05
Medium-leaved zoysiagrass 'Z6011'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	3.30±0.04	1.39±0.00	0.70±0.02
Medium-leaved zoysiagrass 'Z6028'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	5.32±0.13	1.43±0.04	0.75±0.01
Medium-leaved zoysiagrass 'Z6074'	home seed production	SFRRC, Jinju, Korea	5.7±0.09	1.73±0.07	1.02±0.01

^aSouthern Forest Resources Research Center.

^bMean ± Standard error.

라이밍 방법을 적용하여 잔디 종자의 발아에 미치는 영향을 알아보고, 한국잔디를 조성하는데 유용한 종자 전처리 방법을 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

잔디 종류별 발아특성 비교

공시 재료는 남부산림과학원 자원보존포에서 자가채종된 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.) 3종('Z1070', 'Z1075', 'Z1089'), 갯잔디(*Zoysia sinica* Hance.) 3종('ZN2039', 'ZN2139', 'Z2148'), 중지(medium leaf type zoysiagrass) 3종('Z6011', 'Z6028', 'Z6074')의 총 9종류를 사용하였다(Table 1). 종자 확보를 위해 한국에서 잔디 유전자원을 수집하여, 남부산림자원연구소 잔디유전자원 보존원에서 2년 이상 적응시킨 후 종자를 채집하였다. 종자를 확보한 후 5°C의 냉장고에서 7개월간 보관한 후 실험에 사용하였다.

발아 실험은 잔디 종자를 KNO₃ 0.2% 용액에 3일동안 침지한 후 흐르는 물에 12시간 수세하여 실시하였다. 온도 및 광처리는 식물생장상(DS52G4P, Dasol Scientific Co. LTD., Hwaseong, Korea)에서 20°C, 16시간 암조건, 35°C, 8시간 광조건을 처리하였다. 발아 특성을 조사하기 위해 90×15 mm disposable petri dish에 필터페이퍼(Whatman No. 2) 2장을 깔고 잔디 종자를 처리별로 50립씩 4반복으로 파종하였다. 관수는 매일 2 mL의 증류수로 오전과 오후에 나누어 2회에 걸쳐 총 4 mL의 수분을 보충하였고, 발아율 조사는 치상 후 1일 간격으로 총 25일간 조사를 하였다. 누적 발아율 데이터는 초중별 4반복 평균값을 이용하였다.

들잔디 종자 전처리 방법에 따른 발아특성 비교

종자 발아율 검정 결과를 바탕으로 들잔디 종자 중 발아율이 우수한 품종 'Z1075'를 선발하여 여러 가지 종자 전처리에 따른 발아특성을 조사하였다. 공시 재료는 2013년 6월 남부산림자원연구소 잔디자원 보존포에서 채취된 들잔디(*Zoysia japonica* Steud. 'Z1075') 종자를 5°C의 냉장고에서 10개월간 보관한 후 실험에 사용하였다.

전처리가 종자 발아에 미치는 영향을 파악하고자 종피 연화 처리와 프라이밍 처리를 실시하였다. 종피 연화 처리에 사용한 약품은 25% KOH였으며 30분간 침지 후 흐르는 물에 12시간 수세하였다. 그 후 단일 프라이밍 처리와 종피 연화 처리 후의 2차 처리로서의 프라이밍 효과를 알아보기 위해 Hydro 프라이밍, Osmotic 프라이밍, Halo 프라이밍, 그리고 Solid matrix 프라이밍의 방법으로 3일 동안 침지 후 종자를 흐르는 물에 6시간 수세하였다(Table 2). Hydro 프라이밍은 증류수를 사용하였고, Osmotic 프라이밍

Table 2. Pre-treatments applied to seeds of *Zoysia japonica* 'Z1075'.

Treatment code	KOH	Priming		
		Method	Substrate	Concentration
P1		Hydro priming	Distilled water	-
P2		Osmotic priming	Polyethylene glycol (PEG-6000)	-0.5 MPa
P3				-1.0 MPa
P4				-2.0 MPa
P5	Untreated			100 mM
P6		Halo priming	Potassium nitrate	200 mM
P7				400 mM
P8		Solid matrix (SM) priming	Microcel E	4:1:8
P9		Hydro priming	Distilled water	-
P10		Osmotic priming	Polyethylene glycol (PEG-6000)	-0.5 MPa
P11				-1.0 MPa
P12				-2.0 MPa
P13	Treated			100 mM
P14		Halo priming	Potassium nitrate	200 mM
P15				400 mM
P16		Solid matrix (SM) priming	Microcel E	4:1:8

은 polyethylene glycol (PEG)을 이용하여 -0.5, -1.0, -2.0 MPa의 3 농도로 처리하였다. Halo 프라이밍은 KNO₃를 이용하여 100, 200, 400 mM의 3농도로 처리하였다. Solid matrix 프라이밍 처리는 종자:microcel E:증류수의 무게비로 4:1:8로 하였다. 온도 및 광처리는 식물생장상(DS52G4P, Dasol Scientific Co. LTD., Hwaseong, Korea)에서 20°C, 16시간 암조건, 35°C, 8시간 광조건을 처리하였다. 발아특성을 조사하기 위해 90×15 mm disposable petri dish에 필터페이퍼(Whatman No. 2) 2장을 깔고 잔디 종자를 처리별로 50립씩 3반복으로 파종하였다. 관수는 매일 2 mL의 증류수로 오전과 오후에 나누어 2회에 걸쳐 총 4 mL의 수분을 보충하였고, 발아율 조사는 치상 후 1일 간격으로 총 19일간 조사를 하였다.

조사 시 발아기준은 유근이 1 mm 정도 자랐을 때를 기준으로 발아율, 평균 발아일수, 평균 발아속도 및 최종 발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일수를 조사하였고(Coolbear et al., 1984; Hartmann and Kester, 1983; Ellis and Roberts, 1981), 계산식은 다음과 같다.

발아율(Percent germination: PG) = (N / S) × 100 (N: 총 발아수; S: 총 공시 종자수)

평균 발아일수(Mean germination time: MGT) = $\sum (Ti \times Ni) / N$ (Ti: 치상 후 조사일수; Ni: 조사당일 발아수; N, 총발아수)

평균 발아속도(Mean daily germination: MDG) = N / T (N: 총 발아수; T: 총 조사일수)

50% 발아소요일수, T_{50} (Days to reach at 50% seed germination) = $Ti + [((N + 1) / 2 - Ni) / (Ni - Nj)] \times (Ti - Tj)$ (N: 발아조사 종결일까지의 총 발아수; Ni: N에 대한 50% 직전까지의 총 발아수; Nj: N에 대한 50% 직후까지의 총 발아수; Ti: Ni 시점까지 소요된 발아기간; Tj: Nj 시점까지 소요된 발아기간)

통계 분석

실험 결과는 SAS (Statistical Analysis System, V. 9.1, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 T검정 및 Duncan 다중검정으로 통계적 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

잔디 종류별 발아력

들잔디 유전자원 ‘Z1070’, ‘Z1075’, ‘Z1089’의 최종 발아율은 각각 34%, 61%, 14%로 계통간에 최대 47% 정도의 발아율 차이를 보였다. 갯잔디류인 ‘ZN2039’, ‘ZN2139’, ‘Z2148’의 최종 발아율은 각각 25%, 87%, 61%로 계통 간 최대 62% 정도의 발아율 차이를 보였다. 그리고 중지 계통인 ‘Z6011’, ‘Z6028’, ‘Z6074’의 최종 발아율은 각각 49%, 1.5%, 25%였으며 계통간 최대 47.5%의 발아율 차이를 나타내었다. 잔디종자의 계통간 발아력 차이는 다양한 한지형 잔디에서 많이 보고되고 있으며 본 실험에서도 유사하게 나타났다 (Kim and Jung, 2008; Kim, 2009, Kim and Park, 2010).

들잔디 종자 전처리 방법에 따른 발아특성

공시 재료의 무처리 시 발아율은 $34.0 \pm 6.1\%$ 였고, 평균발

아일수는 $9.1 \pm 0.7\%$, 평균발아속도는 1.2 ± 6.1 일, 50% 발아소요일수는 8.3 ± 0.8 일이었다(Table 3). 단일 프라이밍 처리와 종피 연화 후의 프라이밍 처리를 이용한 각각의 전처리별 발아특성 결과는 종피 연화 유무 및 프라이밍 방법에 따라 현저한 차이가 있었다.

KOH에 의한 종피 연화 처리 후 프라이밍 처리는 단일 프라이밍 처리에서 보다 발아율, 평균발아일수(MGT), 평균발아속도(MDG) 및 50% 발아소요일수(T_{50})가 유의적으로 우수한 결과를 나타내었다. 단일 프라이밍 처리에서는 평균발아율이 79.3%였고, 종피 연화 처리 후 프라이밍 처리에서의 발아율은 92.6%로 13.3%가 낮았다. 또한 평균발아일수(MGT)와 50% 발아소요일수(T_{50})는 종피 연화 처리 후 프라이밍 처리에서 각각 2.9일, 3.1일을 단축시켰다. 난지형인 한국잔디 종자의 휴면을 타파하기 위해서는 25~30% KOH용액에 30분간의 종피 연화처리가 효과 있으며(Kim, 1995; Yeam et al., 1985), 이것은 KOH가 종자 cuticle층의 기계적 보호기능이 완화되어 수분 및 가스의 투과성을 증가시켜 발아율을 증가시키기 때문이다(Cutler et al., 1982). 하지만 Kang et al.(2008)은 한지형 잔디의 경우 KOH 처리는 농도가 높아지고 시간이 길어질수록 발아력이 급격하게 저하되어 종자의 발아력 증진을 위한 프라이밍 화학제로는 적당하지 않다고 보고하였다.

들잔디 종자의 자연 발아율은 34.0%(Table 3), 들잔디 종자에 종피 연화 처리를 하지 않고 프라이밍 단독 처리에서는 70.7~87.3%의 발아율을 보였으며, 종피 제거 처리 후 프라이밍의 2차 처리는 87.3~96.7%의 발아율을 보였다(Table 4). 이는 종피연화 및 프라이밍 처리에 의한 처리는 무처리 종자보다 54~62% 이상의 발아증진 효과를 나타낸 것으로 종피 연화 처리에 의한 일정 수준 향상이 그대로 프라이밍 효과에 이어지는 것으로 판단된다.

발아율은 종피 연화 처리를 하지 않고 단일 PEG처리만 하였을 때 -0.5 MPa에서 72.0%, -1.0 MPa에서 74.7%, -2.0 MPa에서 70.7%로 가장 낮았으나 종피연화 처리 후 PEG -0.5,

Table 3. Germination properties of *Zoysia japonica* ‘Z1075’ seeds with or without KOH treatment. (Controls under alternative conditions of 8hr light 35°C and 16hr dark at 20°C).

Treatments	Germination (%)	MGT ^a (days)	MDG ^b (days)	T_{50} ^c (days)
Control	34.00±6.11 ^d	9.13±0.68	1.21±6.11	8.33±0.84
KOH untreated + priming	79.25±1.51	7.96±0.44	0.48±0.01	7.58±0.35
KOH treated + priming	92.58±0.78	5.11±0.16	0.41±0.00	4.46±0.12
T-test ^e	**	***	***	***

^aMean germination time.

^bMean daily germination.

^cDays to reach at 50% seed germination.

^dMean ± Standard error.

*, **, *** significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively. NS=not significant

Table 4. Germination properties of *Zoysia japonica* 'Z1075' seeds by various pre-treatments. (Controls under alternative conditions of 8hr light 35°C and 16hr dark at 20°C).

KOH (A)	Priming (B)	Germination (%)	MGT ^a (days)	MDG ^b (days)	T ₅₀ ^c (days)
Untreated	Distilled water	80.00±3.46 ^{d e-g^e}	5.22±2.57 cd	0.48±0.02 b-d	6.99±0.37 bc
	PEG -0.5 MPa	72.00±4.16 h	9.50±0.69 a	0.53±0.03 a	9.06±1.00 a
	PEG -1.0 MPa	74.67±1.76 gh	9.50±0.54 a	0.51±0.01 ab	9.21±0.86 a
	PEG -2.0 MPa	70.67±2.91 h	9.65±0.39 a	0.54±0.02 a	9.21±1.04 a
	KNO ₃ 100 mM	86.00 ±3.06 c-f	7.03±0.20 bc	0.44±0.02 c-f	6.04±0.10 cd
	KNO ₃ 200 mM	87.33±2.91 b-e	6.97±0.48 bc	0.43±0.01 d-f	6.13±0.32 cd
	KNO ₃ 400 mM	84.00±3.06 d-f	6.85±0.21 b-d	0.45±0.02 c-e	5.92±0.09 c-e
	Seed:Microcel E:water (4:1:8)	79.33±1.33 fg	8.94±0.70 ab	0.48±0.01 bc	8.08±0.86 ab
Treated	Distilled water	87.33±0.67 b-e	5.01±0.20 cd	0.43±0.00 d-f	4.38±0.17 ef
	PEG -0.5 MPa	96.67±1.76 a	5.06±0.15 cd	0.39±0.01 f	4.18±0.25 f
	PEG -1.0 MPa	92.67±0.67 a-c	5.91±0.29 cd	0.41±0.01 f	5.22±0.30 d-f
	PEG -2.0 MPa	94.67±1.33 ab	6.50±0.30 cd	0.40±0.01 f	5.36±0.22 d-f
	KNO ₃ 100 mM	91.33±2.40 a-d	4.47±0.31 d	0.42±0.01 ef	4.23±0.11 f
	KNO ₃ 200 mM	94.67±0.67 ab	4.68±0.10 cd	0.40±0.00 f	4.22±0.12 f
	KNO ₃ 400 mM	88.67±2.40 b-d	4.76±0.13 cd	0.43±0.01 ef	4.28±0.11 f
	Seed:Microcel E:water (4:1:8)	94.67±0.67 ab	4.48±0.01 d	0.40±0.00 f	3.84±0.06 f
F-test ^f	A	***	***	***	***
	B	*	**	**	***
	A*B	***	NS	***	*

^aMean germination time.^bMean daily germination.^cDays to reach at 50% seed germination.^dMean ± Standard error.^eMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p = 0.05$.^f*, **, *** significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively. NS=not significant

-1.0, -2.0 MPa에서는 각각 96.7, 92.7, 94.7%의 높은 발아율을 나타내었다. 이는 PEG 단일 처리에서는 잔디 종자 종피의 수분투과성이 낮아 발아율이 낮았던 것으로, PEG처리 시에는 종피 연화 처리가 필수적인 것으로 판단된다. 특히, 종피 연화 처리 후 2차 프라이밍 처리로서 PEG -0.5 MPa에서 발아율이 96.7%로 가장 높았으나 농도에 따른 유의차는 없었다. 지금까지 발아 촉진을 위해 PEG와 같은 액체 삼투용액에 종자를 침지시키는 프라이밍 처리가 널리 이용되어왔으나 높은 점성으로 인해 용존산소가 부족되어 대립종자인 대두, 콩 및 옥수수 등에서는 발아력 증진에 그다지 효과적이지 못했다. 또한 처리 과정중과 처리 후 종자가 손상되어 발아력이 저하되는 경우가 많다는 보고가 있어 왔으나(Khan, 1992), 잔디 종자에 있어서는 발아력 증진에 매우 효과적인 것으로 판단된다. PEG는 종자의 배 발아에 영향을 미치지 않을 정도로 불활성화 상태로 존재하여 독성을 나타내지 않으며 비교적 분자의 크기가 커

(McDonald, 2000), 종자의 배로 직접 흡수되지 않고 침지하는 동안 종자의 수분 흡수를 억제하여 침중 중 수분흡수에 의한 발아를 방지할 수 있다(Bae et al., 2014). 평균발아일수는 단일 PEG -0.5, -1.0, -2.0 MPa 처리에서 각각 9.5, 9.5, 9.7일로 가장 길게 나타났는데, 발아율 결과와 비교해 보았을 때 이는 부정적 조건에 의한 발아 지연으로 판단된다. 반면에 종피 연화 처리 후 PEG -0.5, -1.0, -2.0 MPa 처리에서는 각각 5.1, 5.9, 6.5일로 단일 PEG처리에서 보다 3.2~4.4일정도 평균발아일수를 단축시켰다.

발아율이 높은 종자일수록 평균발아일수가 짧게 나타났는데 이는 일정 기간까지의 발아율을 나타내는 발아세가 종피 연화 처리 후 프라이밍 처리 종자에서 높게 나타났음을 의미한다. 평균발아속도(MDG)도 종피 연화 처리 후 PEG처리에서 가장 빨랐으며 농도에 따른 차이는 없었다.

한편, KNO₃를 처리하였을 경우, 농도가 증가함에 따라 발아율이 증가하다가 400 mM 이상의 농도에서는 종피 연

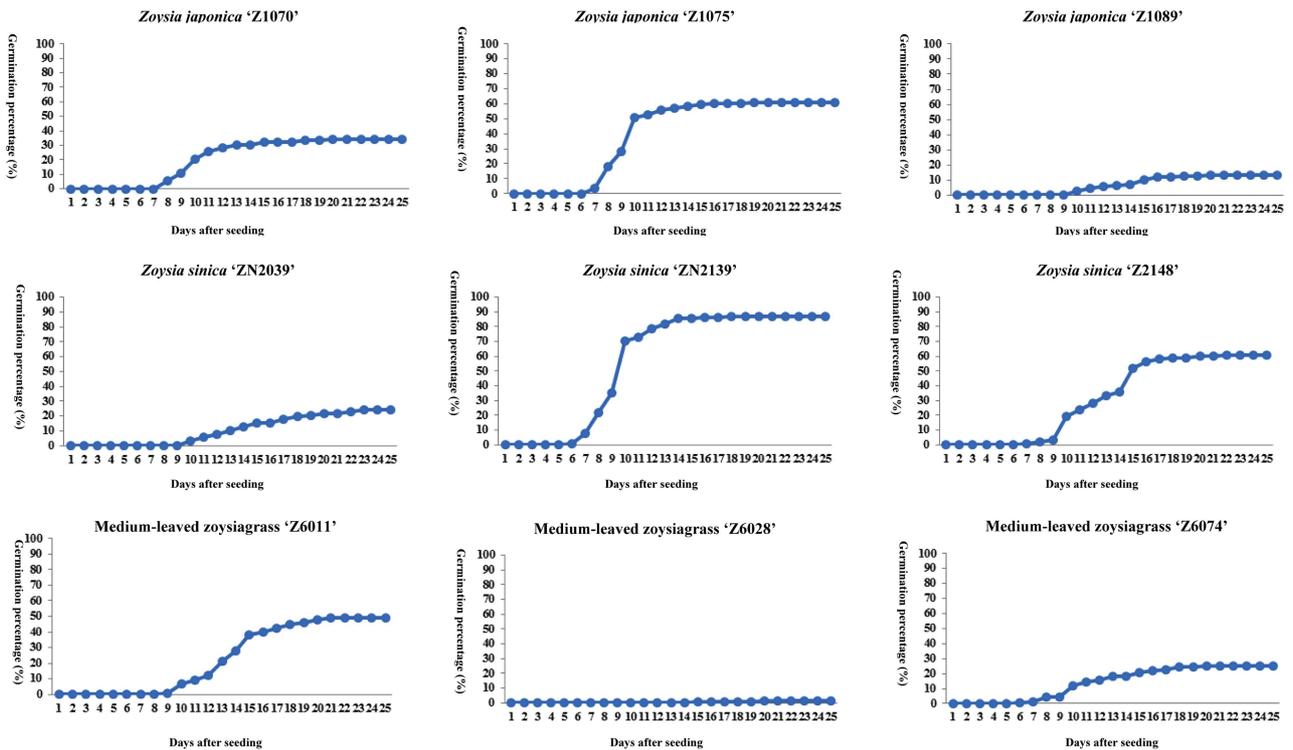


Fig. 1. Cumulative seed germination percentage of seed grasses with the treatment of 0.2% KNO₃ controls under alternative conditions of 8hr light 35°C and 16hr dark at 20°C.

화처리 유무에 관계 없이 오히려 발아율이 감소하였다. 종자에 대해 처리제의 높은 농도와 긴 처리기간의 적용은 발아율을 감소시키고 발아소요일수를 늘어나게 하므로 적정 농도와 적정 처리기간의 설정이 필요하다. 이전 연구들은 종자의 발아와 초기 생장에 있어 KNO₃의 효과는 긍정적이라고 하였는데 본 연구의 결과도 유사한 결과를 나타내었다(Cetinbas and Koyuncu, 2006; Chang and Lee, 2007; Ghassemi and Esmaeilpour, 2008).

종피 연화 처리 후, Hydro 프라이밍, Osmotic 프라이밍, Halo 프라이밍, Solid matrix 프라이밍의 모든 처리에서 대조구보다 높은 발아율 및 짧은 평균발아일수(MGT), 50% 발아소요일수(T₅₀)를 나타내었다. 결과적으로 종피 연화와 프라이밍 처리를 병행하여 처리하는 방법이 발아율을 증가시키는 효과적인 방법으로 조사되어 효과적으로 휴면을 타파한 것으로 보인다. 종자 프라이밍에 사용되는 처리제는 작물의 종류에 따라 발아증진 효과가 다르게 나타나므로 그 작물에 맞는 처리제를 선발하는 것이 무엇보다 중요하다. 적정 프라이밍 처리제는 일정한 수분퍼텐셜을 유지하면서 종자에 독성을 주지 않아야 하며, 발아잠재력을 극대화시켜야 하는데 한국 들잔디에서 적용될 수 있는 최적 프라이밍 처리제는 PEG -0.5 MPa 이었다. 본 실험의 결과

를 바탕으로 파종하기 전 종자에 종피 연화 및 프라이밍 처리를 함께 처리함으로써 잔디밭을 빠르게 조성시킬 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

들잔디 종자의 발아를 향상시키기 위해서, 적정 종자 전처리 방법을 조사하였다. 종자들은 종피 연화 및 4가지 프라이밍 처리, 즉, 종피에 KOH 처리 유무에 따른 Hydro 프라이밍(중류수), Osmotic 프라이밍(폴리에틸렌 글리콜 -0.5 MPa, -1.0 MPa, -2.0 MPa), Halo 프라이밍(질산칼륨 100 mM, 200 mM, 400 mM)과 Solid matrix 프라이밍(종자:microcel-E:중류수 = 4:1:8) 방법을 조합하였다. 종피 연화는 발아율을 향상시키고 발아소요일수를 단축시켰다. 종피 연화 처리 후 Osmotic 프라이밍(PEG -0.5 MPa)에서 발아율이 유의적으로 증가하였고, MGT, T₅₀이 감소하였다. 종자 발아율은 자연상태와 비교하여 60% 이상 증가시켰다. 결론적으로, 종피연화와 프라이밍 처리한 잔디종자는 더 빠르고 균일하게 발아를 하였다. 현 연구를 통해 KOH처리와 PEG 프라이밍 처리는 파종 시 발아율을 향상 시켜 초기 잔디 조성을 빠르게 할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 누적발아율, 휴면, 발아율, 프라이밍, 종피연화

Reference

- Afzal, I., Rauf, S., Basra, S.M.A. and Murtaza, G. 2008. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. *Plant Soil Environ.* 54:382-388.
- Bae, E.J., Park, N.C., Lee, K.S., Lee, S.M., Choi, J.S., et al. 2010. Distribution and morphology characteristics of native zoysiagrasses (*Zoysia* spp.) growing in South Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 24:97-105. (In Korean)
- Bae, K.H., Ko, M.S., Kim, N.Y., Song, J.M., Kim, Y.J., et al. 2014. Effects of priming and ultra sound on seed germination from *Ardisia crenata* Sims, an ornamental plant. *Kor. J. Nature Conservation* 8:1-7. (In Korean)
- Cetinbas, M. and Koyuncu, F. 2006. Improving germination of *Prunus avium* L. seeds by gibberellic acid, potassium nitrate and thiourea. *Hort. Sci.* 33:119-123.
- Chang, Y.D. and Lee, C.H. 2007. Effect of storage duration, temperature and priming treatment on seed germination of *polygonatum odoratum* var. *pluriflorum*. *Kor. J. Plant Resources.* 20:481-489. (In Korean)
- Cho, Y.S., Ahn, S.H., Yang, G.M. and Choi, J.S. 2007. Establishment speed of 'Zenith' zoysiagrass by plugging. *Kor. Turfgrass Sci.* 21:9-22. (In Korean)
- Choi, C.H. 2012. Effect of temperature and various pre-treatments on germination of *Hippophae rhamnoides* seeds. *Kor. J. Plant Res.* 25:132-141. (In Korean)
- Coolbear, P., Francis, A. and Grierson, D. 1984. The effect of low temperature presowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *J. Exp. Bot.* 35:1609-1617.
- Copeland, L.O. and McDonald, M.B. 1985. Principles of seed science and technology. Burgess Publishing Co., Minneapolis, USA. pp. 103-120.
- Cutler, D.F., Alvin, K.L. and Price, C.E. 1982. The plant cuticle. pp. 1-32. Academic press. London, UK.
- Ellis, R.A. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9:373-409.
- Emmons, R.D. 1995. Turfgrass science and management. Delmer Publishers. NY, USA. pp. 50-51.
- Farooq, M., Barsa, S.M. and Wahid, A. 2006. Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. *Plant growth regulation.* 49:285-294.
- Ghassemi, G.K. and Esmailpour, B. 2008. The effect of salt priming on the performance of differentially matured cucumber (*Cucumis sativus*) seeds. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca.* 36:67-70.
- Hartmann, H.T. and Kester, D.E. 1983. Plant propagation principles and practices. 4th ed. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Harris, D. 1992. The effects of manure, genotype, seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *Sorghum bicolor* (L.) moench in semi-arid Botswana. *Soil Till. Res.* 40:73-88.
- Heydecker, W., Higgins, J. and Gulliver, R.L. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature.* 246:42-44.
- Jang, Y.S., Heo, S.I., Choi, S.R. and Wang, M.H. 2005. Effect of various pretreatment on germination in *Zoysia japonica*. *Kor. Turfgrass Sci.* 19:125-130. (In Korean)
- Jang, D.H., Park, N.I., Yang, S.W. and Sim, G.Y. 2011. Present situation of zoysiagrass (*Zoysia* spp.) culture, sod production, and bland by prefecture in Japan. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25:229-236.
- Jeon, B.S., Kang, J.H., Cho, S.C., Kwon, H.S. Ryu, Y.S., et al. 2001. Presown seed treatments to promote seed germination of zoysiagrass (*Zoysia japonica*). *Kor. J. Plant Res.* 14:175-181. (In Korean)
- Kang, J.S. 2004. Effect of osmotic and solid matrix priming to improve germination and early growth of carrot and onion seed. *J. Bio Environ. Cont.* 13:135-142. (In Korean)
- Kang, J.S., Son, B.G., Cho, Y.W., Lee, Y.J., Kim, Y.C., et al. 2008. Effect of seed priming on the enhancement of seed germination in cool season turfgrass. *J. Life Sci.* 18:1096-1105. (In Korean)
- Kang, K.S., Ahn, C.K., Lee, J.W., Choi, Y.W., Son, B.G., et al. 2005. Effects of seed coat scarification on improved germination in Korean lawngrass. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21:75 (Abstr.). (In Korean)
- Kang, N.J., Ok, J.Y., Lai, C.J. and Kang, S.M. 1997. Changes of seed proteins related to low temperature germinability of primed seeds of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 38:342-346. (In Korean)
- Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 13:131-181.
- 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.* 23:23-34. (In Korean)
- Kim, K.N. and Jung, K.W. 2008. Comparison of seed germination vigor, early germination characteristics, germination speed and germination peak time in new varieties of the third germination of creeping bentgrass under different growing conditions. *J. Kor. Env. Res. Reveg. Tech.* 11:79-91. (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, T.J. 1995. Irreversible pregermination stages for primed zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.) seed production. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36:391-400. (In Korean)
- Li, J., Yin, L.Y., Jongsma, M.A. and Wang, C.Y. 2011. Effects of light, hydropriming and abiotic stress on seed germination, and shoot and root growth of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*). *Industrial crops and products.* 34:1543-1549.
- McClendon, J.H. 1981. The osmotic pressure of concentrated solution of polyethylene glycol 6000, and its variation with temperature. *J. Exp. Bot.* 32:861-866.
- McDonald, M.B. 2000. Seed priming. In Black M and Bewly, J.D. (eds.). *Seed technology and its biological basis.* CRC Press LLC. Boca Raton, Florida. USA. pp. 287-325.
- Mexal, J., Fisher, J.T., Osteryoung, J. and Patrick Reid, C.P. 1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implication in plant-water relations. *Plant Physiol.* 55:20-24.
- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51:914-916.
- Min, B.S. 2002. Treatment techniques for improving a germination of turfgrass seed. M.S. thesis, Yonsei Univ., Seoul, Korea. p. 6. (In Korean)
- Ming, L.C. and Kim, D.H. 2000. *Agrobacterium* mediated transformation of Korean lawngrass (*Zoysia japonica*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:455-458. (In Korean)
- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT Statistical Software. Version 9.1 SAS publishing Cary, NC, USA.
- Volterrani, M., Grossi, N. Lulli, F. and Gaetani, M. 2007. Establishment of warm season turfgrass species by transplant of single potted plants. *Acta Hort.* 783:77-84.
- Wada, S. and Reed, B.M. 2011. Optimized scarification protocols improve germination of diverse *Rubus germplasm*. *Sci. Hort.* 130:660-664.
- Woo, K.J., Yang, G.M. and Choi, J.S. 2004. Effect of 11 pre-emergence herbicides on vegetative establishment of zoysiagrass (*Zoysia japonica*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22:216-222. (In Korean)
- Yeom, D.Y., Murray, J.J., Portz, H.L. and Joo, Y.K. 1985. Optimum seed coat scarification and light treatment for the germination of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.) seed. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 26:179-185. (In Korean)