

새포아풀(*Poa annua* sp.)의 종자휴면과 발아특성

김태준* · 송재은 · 최정섭 · 조광연

한국화학연구원 농약활성연구실

Seed Dormancy and Germination Characteristics of Annual Bluegrass (*Poa annua* L.)

Kim, Tae-Joon* · J. E. Song · J. S. Choi · K. Y. Cho

Agrochemical Research Team, Korea Research Institute of Chemical Technology

ABSTRACT

Two types of annual bluegrass have been reported, and those consist of annual type (*Poa annua* ssp. *annua*) and perennial type (*Poa annua* ssp. *reptans*). As a weed, annual bluegrasses are commonly found in putting greens and fairways in many golf courses. Due to its strong competitiveness such as tremendous seed reproduction rate a year, prostrate growth habit, and no herbicide availability, annual bluegrasses have been considered as one of the most hard-to-control weeds in turf management systems. A growth chamber study was conducted to determine seed dormancy and to understand seed germination characteristics of annual bluegrass (*Poa annua* ssp. *annua*). Freshly harvested seeds showed 80 and 55% germination at 30 and 35°C, respectively, indicating that the optimum temperature of annual bluegrass is 30°C. However, the seed germination occurred only under light condition at any given temperature. This result demonstrated that light is prerequisite for the seed germination, and no primary dormancy of annual bluegrass seed exists. Secondary seed dormancy induced by unfavorable temperatures and dark condition was broken through 4 to 6 wk-storage at 4°C with moisture, and the stored seeds germinated at 20°C even under the dark. In red and far-red light trial, fresh seeds resulted in 40% germination under red while no seed germination occurred under far-red light condition, indicating that phytochrome Pr and Pfr could be related to annual bluegrass seed germination. When the far-red light replaced the red the germination was recovered, but this reversibility did not reach to the germination level under the red light only. This result implied that other lights than red and far-red would play an important role on seed germination of annual bluegrass.

Key words: annual bluegrass, phytochrome, seed dormancy, seed germination, temperature

*corresponding author. Tel : 042-860-7439

E-mail : tjkim@pado.kRICT.re.kr

서 언

화본과(*Poaceae*)에 속하는 새포아풀은 그 생태형에 따라 동계일년생(*Poa annua* ssp. *annua*)과 다년생(*Poa annua* ssp. *reptans*)으로 구분되며 특히 골프장의 페어웨이나 그린에서 심각하게 문제가 되는 잡초로 알려져 있다(Denoeden, 1998; Uva 등, 1997). 새포아풀은 중일성 개화반응을 지닌 식물로 생장기간 중 어느 때나 개화하여 연중 다량의 종자생산이 가능하고 낮게 생육하는 습성을 지니고 있어 예취작업에 견딜 수 있다는 등의 강한 생태적 경쟁성과, 아직까지 효과적인 화학적 방제가 불가능하다는 등의 이유로 그 방제는 오랜 동안 해결되지 못한 숙제로 여겨지고 있다. 잔디와 유사한 생육 특성을 지닌 새포아풀은 잔디로서의 이용을 고려할 수도 있겠으나, 얇은 뿌리의 생장으로 인하여 고온과 건조에 견디는 능력이 약하고 연중 형성되는 화서로 인한 미관적인 단점이 최대의 약점이다(Johnson과 White, 1998).

잔디밭에 새포아풀의 침입은 관리가 소홀한 지역이나, 물리적 또는 병에 의해 발생하는 빈 공간을 통해 이루어진다. 지금까지 새포아풀의 방제를 위해 발아 전(preemergence) 또는 발아 후(postemergence) 처리용 제초제가 효과적이라는 보고가 있지만, 장기적 측면에서 완전한 방제수단이 되지 않는 실정이다(Beard 등, 1978; Goss 등, 1980; Hall과 Carey, 1991). 따라서, 잔디밭에서 새포아풀의 효과적인 관리는 침입 후의 방제보다는 계획적이고 집약적인 관리에 의한 예방이 최선의 방법이 될 것이다. 이러한 방법에는 조성 당시에 최적의 잔디밀도를 형성하는 것 이외에 적정의 잔디밀도를 유지하기 위한 비료와 수분의 관리, 그리고 통기성 향상 등의 재배적 기술 등을 포함한다(Danneberger, 1993).

잡초방제에 있어 문제잡초의 종자발아 및 그

생태에 관한 사항은 효과적인 방제계획을 세우는 데 매우 중요한 정보를 제공한다(Hartzler 등, 1999). 예를 들면, 문제잡초의 발아생리를 파악하고 이해함으로써 연중 적절한 시기에 효과적인 관리계획을 수립할 수 있을 뿐만 아니라, 실제포장에서 문제잡초의 출현시기를 예측함으로써 정확한 제초제의 처리시기를 결정할 수 있을 것이다.

다양한 생태형들이 존재하는 새포아풀은 종자발아 및 개화반응에 있어서도 그 종류에 따라 큰 폭의 변이를 가지고 있다. Gibault (1966)는 새포아풀 종자는 7°C와 35°C에서 발아가 가능하다고 하여 비교적 넓은 온도범위에서 발아할 수 있다는 것을 제시하였고, Naylor와 Abdalla(1982)는 서로 다른 지역에서 수집한 새포아풀 종자의 발아율이 20°C 조건에서 0~100%의 변이를 보여 온도에 대한 종자발아율이 생태형에 따라 서로 다르다는 것을 보고한 바 있다. 하지만 아직까지 국내에 발생하는 새포아풀의 종자발아에 관한 구체적인 연구내용은 없는 실정이다.

본 실험은 대전 근교에서 채종한 새포아풀 종자의 휴면 여부를 알아보고 종자발아에 미치는 온도와 광의 영향 및 복토깊이에 따른 발아율 등을 알아보고자 수행하였다. 본 실험의 결과는 국내에 발생하는 새포아풀의 종자발아에 관한 기초적 이해를 통해 새포아풀의 효율적 방제와 장기적이고 합리적인 예방적인 관리계획을 위한 기초정보를 제공할 것이다.

재료 및 방법

1999년 늦은 7월 대전광역시 유성 근교 길가에서 채종한 새포아풀 종자를 실내에서 약 2주 동안 음건한 다음 정선하여 실험에 사용하였다. 수행한 모든 발아실험은 5반복으로 하여 2회 반복 수행하였다.

발아에 미치는 온도 및 광의 영향

종자의 휴면 여부와 발아최적온도 및 광 발아성 정도를 알아보기로, 직경 5cm의 플라스틱 샤프레에 2장의 여과지(Whatman No. 2)를 깔고 새포아풀 종자를 50립씩을 파종한 다음 적당량의 수분을 공급하고 파라필름(Whatman)으로 밀봉하였다. 밀봉한 샤프레를 24시간 주기의 광 조건과 암 조건인 20, 25, 30, 35℃의 생육상에 치상하고 1주일 후에 발아한 종자를 조사하였다. 실험에 사용한 광은 형광등으로 광량은 약 $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ 이었고, 암 조건은 샤프레를 알루미늄 호일을 사용하여 빛을 차단함으로써 유지하였다.

저장조건에 따른 발아율의 변화

저장조건이 새포아풀의 종자발아에 미치는 영향을 알아보기로 정선된 새포아풀 종자를 실온 건조, 저온건조, 저온습윤, 고온건조 상태로 보관한 다음 2~10주(2주 간격) 후에 광과 암 조건의 20℃ 생육상에서 상기와 동일한 방법에 의해 발아실험을 실시하였다. 습윤상태는 직경 9cm의 샤프레에 여과지 5장을 깔고 건조종자를 넣은 다음 적당량의 증류수를 공급하여 종자에 수분을 충분히 흡수시키고 그 위에 다시 2장의 여과지를 덮고 파라필름으로 샤프레를 밀봉하였다. 저온보관은 4℃의 냉장고를, 고온보관은 40℃로 조절된 건조기를 이용하였다.

광의 가역반응과 phytochrome의 역할

광의 가역반응은 30℃의 생육상에서 알미늄 호일로 빛이 차단된 암조건에 샤프레를 1주일간 치상한 다음 광 조건으로 변환하고 2일 후에 발아율을 조사하였다. Phytochrome의 영향은 종자가 파종된 샤프레를 적색광(660nm)과 원적색광(730nm) 조건의 30℃ 생육상에 치상하고 1주일 후에 각 광 조건에서의 발아율을 조사, 비교하였다. 이때, 치상 1주일 후에 각각의 광을 교호로 처리하여 적색광과 원적색광의 가역반응을

함께 알아보았다. 적색광과 원적색광은 LED Plant Radiation System(주, 좋은인상)을 샤프레로부터 5cm 높이에 설치하였으며 그 각각의 광량은 약 420과 $11 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ 이었다.

종자발아에 미치는 토양심도의 영향

직경 9cm인 원형 플라스틱 포트에 적당량의 사질양토를 채우고 실온건조 상태에 보관중인 종자와 4℃의 냉장고에 2주간 저온습윤 처리된 종자 각 100립씩을 토양표면에 파종한 다음 0, 2.5, 0.5, 1.0, 2.0cm 높이로 복토하였다. 각 포트는 30℃인 광 조건의 생육상에 치상하고 1주일 후에 발아된 개체수를 조사하였다. 수분의 공급은 토양의 교란을 방지하기 위하여 저면관수하였고 각 포트는 수분의 증발을 줄이기 위해 유니랩으로 밀봉하였다.

결과 및 고찰

발아에 미치는 온도와 광의 영향

채종 후 약 2주간 음건한 새포아풀 종자의 발아력은 온도와 광에 의존적 반응을 보였다(Fig. 1). 새포아풀 종자는 비교적 고온인 30~35℃ 조건에서 높은 발아력을 나타내었으나(최적온도 30℃), 저온 조건인 25와 20℃에서는 발아력이 현저하게 감소하였다. 하지만, 암 조건에서는 온도에 관계없이 전혀 발아하지 않아 새포아풀 종자의 발아에는 광이 필수적인 요인임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 새포아풀 종자의 1차 휴면은 존재하지 않는다는 의미로서 자연상태에서 봄 또는 가을의 저온기에 형성되어 토양에 떨어진 종자는 즉시 발아할 수 없으나, 여름의 고온기에 형성된 종자는 수분과 광 조건만 주어진다면 언제든지 발아할 수 있을 것으로 생각된다. 30℃의 암 조건에서 일주일간 치상한 샤프레를 광 조건으로 변환한 후의 발아력은 광 조건에서의 발아력과 차이가 없어 광의 가역반응은 완전하였다(Fig. 2). 이상의 결과로,

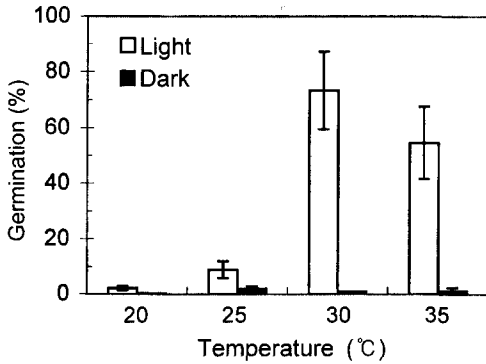


Fig. 1. Optimum temperature and light effect on seed germination of annual bluegrass. A inflorescence light was used, and the light intensity was 100 mmol/m²/sec.

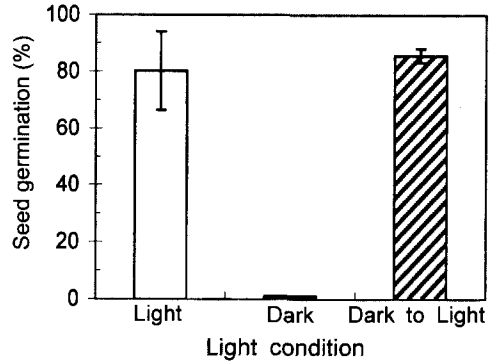


Fig. 2. Effect of dark to light transition on annual bluegrass seed germination at 30°C. A inflorescence light with 100 mmol/m²/sec was used.

새포아풀 종자의 1차 휴면은 존재하지 않으며 종자발아에 불량 환경인 암 조건 또는 저온에 의해 2차 휴면이 유지되는 것으로 판단된다.

저장조건에 따른 발아율의 변화

Fig. 1에서 새포아풀 종자발아의 최적온도는 비교적 고온인 30°C임을 알았다. 하지만 연중 개화와 종자생산이 가능한 새포아풀 종자가 봄 또는 가을의 저온기에 발아가능성 및 광의 요구성이 절대적인가라는 점은 의문이다. 이러한 의문은 예를 들면, 저온기인 봄과 가을에 생성된 종자와 여름기에 생성되어 토양에 매립되어 암 조건 하에 존재하는 종자의 발아 가능성 여부

등을 포함한다. Fig. 3은 서로 다른 저장조건이 광과 암 조건의 저온(20°C)에서 새포아풀 종자의 발아에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 새포아풀 종자를 고온건조, 실온건조 및 저온건조 상태로 저장한 종자는 20°C의 광과 암 조건에서 전혀 발아하지 않았다. 하지만, 저온습윤 상태에 저장된 종자는 유의한 발아 촉진 효과가 있어 6 주간의 저장 후에는 20°C의 광 조건에서 약 60%의 발아율을 나타내었다. 더욱이 저온습윤 상태에 저장된 종자는 암 조건에서도 발아하였는데, 10주간의 저장에 의해 약 12% 정도의 발아가 가능하였다. 이는 비교적 낮은 발아율이지만, 저장 전의 종자가 최적 온도인 30°C일지라

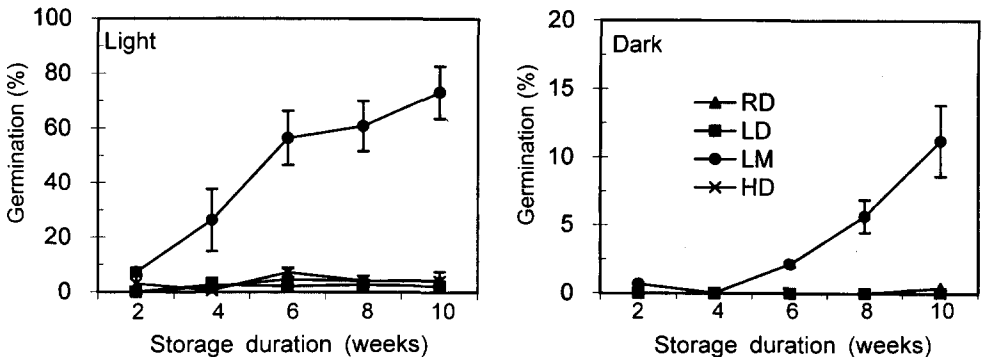


Fig. 3. Seed germination of annual bluegrass under light and dark condition at 20°C. The seeds stored in each different condition: RD, room temperature dry; LD, low temperature dry; LM, low temperature moisture; HD, high temperature dry. See materials and methods for more details.

도 암 조건에서는 전혀 발아할 수 없었던 점 (Fig. 2)을 고려하면 새포아풀 종자발아에 있어 온도와 광 요구성은 저온습윤의 저장에 의해 타파될 수 있다는 것을 의미한다 하겠다.

따라서, 자연조건에서 형성되어 토양 속으로 유입된 새포아풀 종자는 겨울 또는 가을의 저온습윤 시기를 거친 후에 광 요구성과 온도 요구성이 극복됨으로써 저온기인 암 조건에서도 발아할 수 있는 것으로 판단된다. 실제로 새포아풀이 가을과 봄에 가장 많이 발생한다는 보고 (Denoeden, 1998)는 이러한 사실을 뒷받침하고 있다. 따라서, 새포아풀의 방제를 위해 유의해야 할 시기는 종자발아를 위한 광과 온도 요구성을 극복하는 봄과 가을이 될 것이며, 이 시기에 방제를 위한 제초제를 비롯한 기타 재배적 수단들이 집중적으로 고려되어야 할 것으로 생각된다.

종자발아에 미치는 토양심도의 영향

Table 1은 실온건조와 2주간 저온습윤 처리된 종자의 복토깊이에 따른 30℃에서의 발아율을 조사한 결과이다. 실온건조 종자의 경우, 무복토(0cm)에서의 발아율이 82%였던 반면 0.25~5.0cm 복토된 종자들은 그 깊이에 관계없이 전혀 발아하지 않아 실온건조 상태로 보관된 종자의 발아에는 광이 절대적인 영향을 미친다는 Fig. 1의 결과를 실제 토양에서 재확인하였

다. 한편, 2주간 저온습윤 상태로 저장된 종자의 경우에는 무복토에서의 발아율이 93%로서 가장 높기는 하였지만 복토가 되었을 경우에도 깊이에 따라 20~30% 정도의 종자가 발아하였고 복토가 깊어질수록 발아율은 다소 감소하는 경향이였지만 그 통계적 유의성은 인정되지 않았다(Table 1). 따라서 새포아풀 종자의 광 요구성은 2주간의 저온습윤저장에 의해 부분적으로 극복되는 것으로 판단된다.

광의 가역반응과 phytochrome의 역할

Fig. 2에서 새포아풀의 종자발아에는 광이 절대적임과 광의 가역반응이 완전하게 존재하고 있음을 알았다. 따라서 광발아종자에 일반적으로 관여한다고 알려진 phytochrome에 대한 영향을 알아보기 위하여 적색광(660nm)과 원적색광(730nm)이 새포아풀 종자발아에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 발아 최적 온도인 30℃에서 적색광 조건에서의 발아율이 약 40%이었으나 원적색광 조건에서는 전혀 발아하지 않아 새포아풀의 종자발아에는 Pr(phytochrome red)와 Pfr(phytochrome far-red) 형태가 관여하고 있었다. 하지만, 적색광 조건에서의 발아정도가 형광등 조건에서의 발아율인 83%(Fig. 2)에는 미치지 못하였고, 적색광과 원적색광의 가역반응이 완전하지 않아 새포아

Table 1. Effect of burial depths on seed germination of annual bluegrass in a growth chamber at 30℃ with a inflorescent light.

Soil depth (cm)	Seed germination (%)	
	RD ^z	LM
0	81.7±2.5	93.7±5.5
0.25	- ^y	31.0±1.7
0.5	-	27.3±9.1
1.0	-	22.7±4.6
2.0	-	26.3±4.2

Data represents each mean and standard error. ^zRD, room temperature dry; LM, low temperature moisture.

^yNo seed germination occurred.

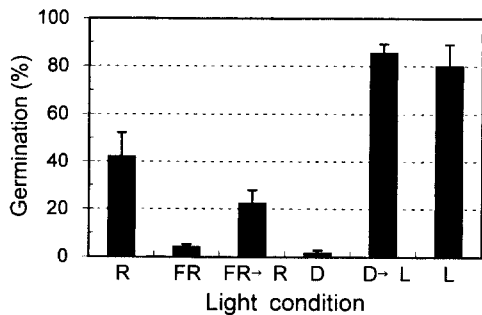


Fig. 4. Red and far-red light effect on annual bluegrass seed germination in a growth chamber at 30℃. Red and far-red light exposed for this experiment were 420 and 11 mmol/m²/sec, respectively. See materials and methods for more details.

풀의 종자발아에는 적색광과 원적색광 이외의 광이 함께 관여하고 있다는 것으로 해석되며 이에 대한 추가실험이 필요하리라 생각된다.

일반적으로 식물의 canopy는 토양표면에 도달하는 광질의 변화를 초래하는 것으로 보고되어 있다(Danneberger, 1993). 즉, 식물의 canopy는 자연광 중에서 대부분의 파장영역을 흡수 또는 반사하고 원적색광(730nm) 영역의 파장만을 통과시키기 때문에 토양표면에는 원적색광의 양이 상대적으로 많아진다. 이러한 현상은 잔디에 의해 형성된 canopy에서도 동일하게 적용되어 잔디의 밀도가 높고, 예취의 높이가 높아질수록 토양표면에 도달하는 원적색광이 상대적 양이 많아지게 된다. 따라서 한지형 잔디인 경우, 새포아풀 종자의 주된 발아 시기인 가을과 봄에 잔디의 밀도를 높게 유지하고 예취의 길이를 길게 하는 등의 재배적 관리기술은 토양표면에 도달하는 원적색광의 상대적 양을 많게 하여 새포아풀의 발생량을 경감시킬 수 있는 효과가 있을 것으로 생각된다.

요 약

생태형에 따라 동계일년생(*Poa annua* ssp. *annua*)과 다년생(*Poa annua* ssp. *reptans*)으로 구분되는 새포아풀은 특히 골프장의 페어웨이나 그린에 연중 발생하여 세계적으로 그 방제가 어려운 잡초로 알려져 있다. 새포아풀의 종자의 휴면성과 온도 및 광에 대한 영향을 알아보고자, 생육상에서의 발아 실험을 수행하였다. 새로이 수확된 종자는 형광등 조건의 30과 35℃에서 각각 80과 55%의 발아율을 보여 새포아풀 종자의 1차 휴면은 존재하지 않으며 발아 최적 온도는 30℃임을 알았다. 하지만 온도에 관계없이 암 조건에서는 전혀 발아하지 않아 새포아풀 종자의 발아에는 광이 필수적 요인임을 알았다. 발아에 적합하지 않은 온도 또는 암 조건에 의해 유기되는 2차 휴면성은 저온습윤저장

에 의해 타파되어, 약 2~4주간 저장한 종자는 저온 조건인 20℃와 암 조건에서도 발아가 가능하였다. Phytochrome 실험에서 적색광 조건에서의 발아율은 약 40%였지만, 원적색광 조건에서는 전혀 발아하지 않아 종자의 발아에는 Pr과 Pfr 형태의 phytochrome이 관여하고 있었다. 하지만, 적색광에서의 발아율이 형광등 조건에서의 발아율에는 이르지 못하였고, 적색광과 원적색광의 교호처리 실험결과 그 가역성이 완전하지 않아 새포아풀의 종자발아에는 Pr과 Pfr 이외의 phytochrome이 동시에 관여하는 것으로 해석되었다. 이러한 결과는 자연상태에서 새포아풀의 종자의 발생양상과 그 빈도를 예측하는 데 기초적인 정보를 제공할 것이다.

참고문헌

1. Danneberger, T. K. 1993. Turfgrass ecology and management. G. I. E. Inc. Cleveland. 201p.
2. Dernoden, P. H. 1998. Use of prodiamine as preemergence herbicide to control annual bluegrass in kentucky bluegrass. HortScience 33(5):845-846.
3. Gibeault, V. A. 1966. Investigation on the control of annual meadow-grass. J. Sports Turf Res. Inst. 42:17-40.
4. Hartzler, R. G., D. D. Buhler, D. E. Stoltenberg. 1999. Emergence characteristics of four annual weed species. Weed. Sci. 47:578-584.
5. Johnson, P. G. and D. B. White. 1998. Inheritance of flowering pattern among four annual bluegrass (*Poa annua* L.) genotypes. Crop Science 38(1):163-168.
6. Naylor, R. E. I. And A. F. Abdalla. 1982. Variation in germination behaviour. Seed Sci. Technol. 10:67-76.
7. Uva, R. H., J. C. Neal, and J. M. Di-Tomaso. 1997. Weeds of the Northeast. pp. 78-79. Cornell University, Ithaca, NY.