

하천 제방 비탈면 녹화용 자생 지피식물의 종자발아 특성에 관한 연구*

조용현¹⁾ · 김은수²⁾ · 강희경³⁾ · 정용문¹⁾

¹⁾ 공주대학교 조경학과 · ²⁾ 공주대학교 조경학과 대학원 · ³⁾ 공주대학교 원예학과

A Study on Characteristics of Seed Germination of Native Plants for Revegetation on the Slope of River bank*

Cho, Yong Hyeon¹⁾ · Kim, Eun su²⁾ · Kang, Hee Kyoung³⁾ and Cheong, Yong Moon¹⁾

¹⁾ Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University,

²⁾ Dept. of Landscape Architecture, Graduate School of Kongju National University,

³⁾ Dept. of Horticulture, Kongju National University.

ABSTRACT

To investigate the attributes of seed germination of the plants for greening of river bank slope, low-temperature treatment, chemical treatment, plant hormones treatment, and stratification were conducted using the seeds of 6 herbs growing naturally around river banks, such as *Setaria glauca* and *faberii*, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*, *Miscanthus sinensis*, *Pennisetum alopecuroides*, *Lespedeza cuneata* and the seeds of 3 shrubs, such as *Lespedeza bicolor.*, *Rosa multiflora*, *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora*. The findings are as follows.

In case of herbs, *Setaria glauca* and *faberii*. have stone seeds. In the treatment with H₂SO₄, they were germinated through dormancy breaking, even though there were some differences depending on immersion time, and the germination rate of *Setaria faberii* was a bit higher than that of *Setaria glauca*. The germination rate of *Imperata cylindrica* var. *koenigii* was low in the treatment with GA₃, NAA, and the plant hormone, but the seed germination rate has improved and the germination rate of

* 본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”으로 지원받은 과제임.

First author : Cho, Yong Hyeon, Dept. of Landscape Architecture, Kongju National University,
Tel : +82-41-330-1446, E-mail : yhcho@kongju.ac.kr

Corresponding author : Kim, Eun su, Dept. of Landscape Architecture Graduate school of Kongju National University,
Tel : +82-41-330-1452, E-mail : mriversm@nate.com

Received : 16 February, 2012. **Revised** : 25 March, 2012. **Accepted** : 26 March, 2012.

Miscanthus sinensis and *Pennisetum alopecuroides* showed the improved seed germination rate in low temperature treatment. In case of *Lespedeza cuneata* and *bicolor*, the leguminous plants, the treatment with H_2SO_4 was most effective for the improvement of seed germination and the decrease in germination time. Only *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora*, the rose among 3 woody plants showed the seed germination rate above 50% without any additional treatment. Thus, it was thought to be appropriate for greening. *Rosa multiflora* showed the attribute of germination in a dark condition at low temperature through stratification, despite its low germination rate.

Based on the results as above, with respect to the greening using directly collected seeds, *Miscanthus sinensis*, *Pennisetum alopecuroides*, and *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora* are suitable for greening, because they do not need any additional treatment, and *Lespedeza cuneata* and *bicolor* are also suitable for greening because it is possible to improve the germination rate and reduce the germination time through the treatment on the seeds before sowing.

Key Words : *Setaria glauca*, *Setaria faberii*, *Imperata cylindrica* var. *koenigii*, *Miscanthus sinensis*, *Pennisetum alopecuroides*, *Lespedeza cuneata*, *Lespedeza bicolor*, *Rosa multiflora*, *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora*.

I. 서 론

하천정비사업은 과거부터 여름철에 집중되는 강수와 부족한 수량문제를 해결하기 위해 하천의 치수와 이수 목적을 위하여 하천의 양안에 제방을 쌓거나 하천 선형을 직선으로 변경시키는 하천구조를 변화시키는데 중점을 두어왔다(박상길 등, 2001). 특히 1960년대에 들어서면서 급속한 산업발달로 인한 도시화, 각종 국토개발과 더불어 하천에 대한 개발과 관리의 필요성이 대두되기 시작한다. 이후 홍수예방을 위해 통수기능 강화를 목적으로 선형의 하천을 직선으로 변경시키고 하천의 양안에는 높은 제방을 쌓았으며 일정량의 수량을 확보하기 위한 댐과 보 등 인공구조물들이 하천 내에 설치하였다. 이 중에서 하천의 제방은 홍수를 예방하기 위해 만든 중요한 치수안전을 위한 시설물로서(김혜주, 2008) 제방사면 보호에 획일적으로 콘크리트 블록이나 돌망태를 주로 이용해 왔다. 이러한 하천제방공사나 큰물터(고수부지)공사에서는 대규모 표토교란이

함께 이루어지면서 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida* L. var. *trifida*)이나 돼지풀(*Abrosia artemisiifolia* L.) 또는 가시박(*Sicyos angulatus* L.)이나 미국쑥부쟁이(*Aster pilosus* Wild) 등의 생태계교란야생식물이 급속히 번지는 결과가 초래되기도 한다(환경부, 2009). 이처럼 전국의 대부분 하천이 하천 고유의 공간적 특성과, 하천에서 살아가는 동·식물에 미치는 영향을 충분히 고려하지 못한 인공적이고 획일화된 하천 정비는 생물서식처를 파괴시키고 생물이동의 단절을 초래해 하천생태계가 교란되고 자연하천의 경관성, 친수성 등의 환경기능이 급격히 축소되어 하천의 황폐화를 초래하였다. 이에 치수상 지장이 없는 범위에서는 하천의 환경생태적인 측면을 고려하여 제방 호안 설치 시 빠른 피복 및 종 다양성을 위하여 자연식생유도에만 의존하지 않고 하천 고유 식물종의 식물도입이 고려되어야 할 것이다(김원식, 2009). 더욱이 최근에 들어 자연형 하천 정비에 대한 사회적 요구에 따라 하천 생태계를 보전하고 복원하는 사업이 시행되면서부터 하천식생에 긍정

적 가치를 부여하여 인식도 바뀌고 있다(최정권, 2002).

이러한, 제방 비탈면녹화에 이용되는 식물은 제방 비탈면의 경사와 비옥도, 토양 심도 등 물리적 환경조건과 피복의 지속성, 유지관리의 용이성을 고려할 때 시공하는 지역에 인접한 초지에서 직접 종자를 채취하는 것이 바람직하고 특정 지역의 환경적 특성을 살리기 위한 방안이기도 하다.

다만, 하천제방 사면에는 주기적으로 제초작업이 행해지기 때문에 목본류의 빈도는 낮으며 하안이나 큰물터의 식생과 달리 유수의 영향을 직접적으로 받지 않고 초기에 조성된 식물 중, 인접 주변의 식물군락, 제방 축조 후의 연도 그리고 제초 빈도에 영향을 받게 된다(박상길, 2001). 또한 하천 제방부와 도로 주변의 사면은 토양 환경의 척박함과 수분 조건의 불리함은 물론 지속적인 환경교란 조건에 의해 적절한 인공 식생의 조성이 어렵다고 지적되어 왔다(안영희·정연택, 2005). 이러한 하천제방에는 다소 건조한 하천변에 분포하는 종을 도입하고 하천변 식생지의 조성시 유사한 하천을 대상으로 목표 종의 군락구조를 조사하여 단일 종이 아닌 식물 군락 도입이 필요하다(김원식, 2009).

일반적으로 대규모 면적의 제방사면 녹화에는 인력시공에 비해 공사비가 저렴하고 시공이 용이한 기계를 이용한 분사과종공법이 사용되고 식물 재료는 초기조성속도가 빠른 외래도입초종 위주로 혼파하여 조성하여 왔다. 그러나 하천의 제방사면 녹화에 지역적 식생특징을 고려한 자생식물을 이용한다면 본래 자연 상태의 하천제방이 가지고 있는 모습과 기능에 가깝게 할 수 있고, 자생식물은 오랜 세월동안 우리나라의 기후 풍토에 생리 생태적으로 적응되어 왔기 때문에 인위적인 녹화의 재료로 이용하더라도 환경적응성이 높아 관리가 쉽다는 특징을 갖는다(안영희·이택주, 1997).

하지만, 국내에서 제방 비탈면에 이용되는 자

생식물의 발아특성, 파종방법, 파종효과 등에 대한 연구는 미흡한 실정이고 연구되어 있는 식물 종류는 한정되어 있다. 때문에 대부분의 하천 제방 비탈면과 각종 공사들로 인한 비탈면녹화에 이용되는 녹화용 식물로서 주로 해외에서 수입된 한지형 초본류가 주를 이루고, 자생하는 초본류 들조차 중국에서 수입되어 시판되는 종자들이 이용되고 있다. 이러한 국내 비탈면 녹화용 종자수입량은 2010년 기준 3만톤으로 연간 약 3000억 원에 이른다. 이로 인한 경제적 손실, 생태계 교란 등의 문제들뿐 아니라 국내 자연환경복원에 사용되는 종자를 수입에 의존한다는 것은 훼손된 기능회복을 위한 생태복원녹화라는 관점에서 매우 심각한 문제이다. 이처럼 수입된 종자 대신 자생종을 이용한 녹화의 장점으로 볼 때 하천에서 자생하고 있는 식물은 지역의 강수량, 기온, 일조 등의 기후와 하천이라고 하는 특수한 성장환경에 적합한 수종으로 볼 수 있기 때문에 이러한 하천 주변에 자생하는 식물을 녹화용 자생식물로 개발하면 외래도입종을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

이를 위해서는 무엇보다도 효율적인 하천의 생태복원을 위한 다양한 제방 비탈면 녹화용 자생식물의 선정과 발아특성과 같은 자생식물에 대한 기초연구가 필요하다.

따라서, 본 연구의 목적은 하천 제방부 주변에서 흔하게 자생하는 식물종을 대상으로 하천의 주변 자연경관과 조화될 수 있고 생태적 복원이 이루어질 수 있도록 녹화용 식물의 선정과 선정된 종의 발아실험을 통해 해당식물의 발아 특성을 알아보고 개선방법을 검토함으로써 하천 주변에서 채취한 자생식물의 종자를 활용한 녹화방법 개선을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

실험에 사용될 초본 식물종은 전국적으로 자

연스러운 하천주변에서 흔히 발견되는 종들 중에서, 그리고 목본 식물종은 하천 제방사면에 가장 흔히 심겨지는 종들 중에서 선정되었으며, 파종 공법의 개발이 필요한 것으로 식재업자들에 의해 추천된 종들로 선정되었다.

최종적으로 본 연구에서는 하천 제방주변에 자생하는 지피식물 중 금강아지풀(*Setaria glauca* (L.) P.Beauv.), 가을강아지풀(*Setaria faberii* Herrm.), 락(Imperata cylindrica var. koenigii), 참억새(*Miscanthus sinensis* Andersson.), 수크령(*Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng.), 비수리(*Lespedeza cuneata* G.Don) 등 초본 6종과 싸리(*Lespedeza bicolor* Turcz.), 조팝나무(*Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora* Nakai), 찔레(*Rosa multiflora* Thunb) 등 목본 3종을 실험식물로 선정하였다. 공시종자들은 2010년 6월부터 2011년 10월까지 충남 예산군 인근지역에서 직접 채종하여 그늘에서 5일 이상 자연건조 후 밀폐용기에 넣어 5°C의 냉장고에 보관하며 사용하였다.

공시종자의 크기, 무게를 알아보기 위하여 자연건조 후 손으로 종피를 제거하고 무작위로 20립의 종자를 선별하여 버니어캘리퍼스와 전자저울(OHAUS TD200)을 이용하여 측정하였다. 크기와 무게는 식물종별로 3회 실시하여 평균을 조사하였다. 본 연구에서 사용된 종자의 특성을 측정한 결과는 표 1과 같다.

2. 실험방법

종자 발아 실험은 2010. 11. 10~2011. 12. 24까지 실시하였다. 공시종자는 정선을 한 다음 저온처리, 화학약품 처리, 층적처리 등의 처리구별로 직경 9cm의 petri dish에 여과지 2매를 깔고 각 종자당 50립씩 3반복 완전임의 배치하였다. 발아실험의 조건은 25°C(R.H. 70%), 16시간/8시간의 광·암주기조건 상태의 인큐베이터 내에서 여과지가 마르지 않도록 수시로 증류수를 공급하고 실험은 치상 후 2주 동안 시행하였다.

발아율 조사는 유근이 2mm 이상 자란 것을 발아

종자로 판정하였고 평균발아일수(mean germination time, MGT)는 다음의 식을 이용하여 산출하였다.

$$MGT = \sum(t_i n_i) / N$$

여기서 t_i 는 치상 후 조사일수, n_i 는 조사당일의 발아수, N 은 총 발아수이다.

통계 프로그램 SPSS 18.0을 이용하여 Duncan의 다중검정법으로 처리간의 유의성을 검정하였다.

1) 저온처리

정선된 종자를 직경 9cm의 petri dish에 여과지 2매를 깔고 50립씩 3반복으로 충분한 증류수를 공급하고 발아실험과 동일한 조건의 25°C(R.H. 70%) 항온조건, 16시간·8시간의 광·암주기조건인 인큐베이터를 이용하여 24시간 흡습 후 3°C의 냉장고에서 3일, 5일, 7일간 저온처리 후 동일한 조건의 인큐베이터를 이용하여 발아실험을 진행하였다.

2) 화학적 처리

① KNO₃ 0.2%, H₂O₂ 0.3% 용액 8ml를 각각 증류수 대신 petri dish에 분무하였다.

② 공시종자를 식물호르몬 Kinetin, NAA, GA₃ 100ppm용액에 1시간 침지 후 흐르는 물에 세척하여 치상하였다.

③ 경실종자인 금강아지풀, 가을강아지풀, 비수리, 싸리, 찔레는 종피연화처리를 위해 H₂SO₄ 95%용액에 침지시간 10분, 20분, 30분으로 달리 하여 침지 후 흐르는 물로 5회 세척하여 치상하였고, KOH은 20%용액에 30분간 침지 후 24시간 동안 10여 차례 수세하여 치상하였다.

3) 층적처리

찔레의 경우 모든 처리구에서 발아를 하지 않아 배후면에 의한 휴면여부를 알아보기 위해 밀폐용기에 수세한 습윤한 모래사이에 찔레 종자를 넣어 3°C의 냉장고에 40일, 60일, 80일간 층적처리를 실시하였다.

Table 1. Attributes of the tested seeds.

Scientific name	Length(mm)	Width(mm)	weight of 1000 seeds(g)	Seed-gathering Time
<i>Setaria glauca</i> (L.) P.Beauv.	2.9	1.9	2.88	2011. 10. 15~22
<i>Setaria faberii</i> Herrm	2.5	1.4	2.38	2011. 10. 15~22
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	1.0	0.3	0.27	2010. 06. 03
<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss	2.6	0.9	0.83	2010. 11. 11
<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.	2.1	1.1	1.83	2010. 10. 04
<i>Lespedeza cuneata</i> G.Don)	1.7	1.0	1.40	2010. 10. 22
<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	3.1	1.9	6.74	2010. 10. 22
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> Nakai	2.1	0.2	0.06	2011. 05. 27
<i>Rosa multiflora</i> Thunb	3.9	2.1	5.60	2010. 11. 07

III. 연구결과 및 고찰

1. 금강아지풀(*Setaria glauca* (L.) P.Beauv.)

금강아지풀의 발아특성은 표 2와 같다. 본 실험에서 금강아지풀은 가을강아지풀과 함께 대조구에서 전혀 발아하지 않았다. 이는 경실종자로 인한 종피의 불투과성 또는 종자의 휴면성 때문인 것으로 생각된다. 김진석 등(1996)은 금강아지풀을 3개월간 실온건조 저장하는 것이 최고 96.7%의 발아율로 조사되어 실온건조하는 방법이 휴면타파에 효과적이고 금강아지풀과 유사한 강아지풀은 가을강아지풀과 동일한 저온습윤 저장에서 휴면이 가장 빨리 타파되어 4개월째 각각 65%, 85%의 발아율을 나타내었다고 보고하였다. 또한, 김진석 등(1993)은 금강아지풀의 경우 휴면타파처리 후 저온습윤 또는 저온건조 조건에서 보관하더라도 발아력에는 변함이 없는 것으로 연구되었다.

선행연구에 비해 낮은 발아율이 나타난 것은 실험에 사용된 종자의 채취시기와 비교적 짧은 건조기간이 휴면타파에 효과가 없었기 때문일 것으로 추측된다.

하지만 H₂SO₄처리에서 침지시간에 따른 발아율의 유의차는 없었지만 최고 발아율 25.3%와 평균발아일수 5일로 나타나 발아율은 낮았지만

H₂SO₄처리에 의한 금강아지풀 종자의 발아율 향상효과가 있다는 것을 알 수 있었다.

2. 가을강아지풀(*Setaria faberii* Herrm.)

가을강아지풀의 발아특성은 표 3과 같다. 가을강아지풀도 금강아지풀과 마찬가지로 대조구에

Table 2. Germination characteristics of *Setaria glauca* (L.) P.Beauv.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	0	-
Low 3 days temperature treatment (3°C)	0	-
5 days	1.3 b*	7.0 b
7 days	0	-
KNO ₃	0	-
H ₂ O ₂	2.0 b	10.3 a
Kinetin	0	-
NAA	0	-
GA ₃	1.3 b	6.0 b
H ₂ SO ₄ 10 minute	25.3 a	4.7 c
20 minute	22.7 a	5.0 c
30 minute	24.0 a	4.5 c
KOH	2.0 b	7.0 b

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

Table 3. Germination characteristics of *Setaria faberii* Herrm.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	0	-
Low temperature treatment (3°C)	3 days	0
	5 days	2.7 d*
	7 days	0
KNO ₃	0	-
H ₂ O ₂	0	-
Kinetin	0	-
NAA	0	-
GA ₃	1.3 d	4.0 b
H ₂ SO ₄	10 minute	27.3 b
	20 minute	38.7 a
	30 minute	19.3 c
KOH	0	-

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

서 전혀 발아하지 않았고 H₂SO₄처리에 의해 발아율이 향상되는 경향을 나타내었다. 금강아지풀에 비해 평균발아일수는 차이가 없었지만 침지시간에 따라 유의차가 나타났다. 10분의 침지처리에서는 금강아지풀과 유사한 27.3%의 발아율을 보였으나 20분 침지처리에서는 보다 높은 38.7%의 발아율을 보였다. 하지만 30분 침지처리에서는 19.3%로 금강아지풀에 비해 발아율이 낮았다. 이와 같은 결과는 동일한 형태의 경실종자지만 가을강아지풀이 H₂SO₄처리 시간 증가에 따라 금강아지풀에 비해 발아율이 낮아져 발아율의 차이가 있는 것으로 나타났으며 평균발아일수는 가을강아지풀이 금강아지풀 보다 1~2일 정도 더 소요된 것으로 발아율과는 다른 경향을 보였다.

이러한 결과는 앞에서 언급된 김진석 등(1996)의 선행연구를 통해 강아지풀과 함께 4개월간 저온습윤 저장하는 것이 휴면타파에 효과적이고 저온건조에서는 발아속도가 늦고 초기 발아율이 낮

아지는 경향이 있었으나 50%이상 발아력은 유지되었고, 김진석 등(1993)은 금강아지풀, 강아지풀, 가을강아지풀 순으로 휴면성이 강한 경향이 있다 하였다. 본 연구에서 H₂SO₄처리에 의한 발아율은 30분 침지처리를 제외하고 금강아지풀보다 높은 발아율을 보여 가을강아지풀이 H₂SO₄처리에 보다 효과적이었다.

3. 띠틈(*Imperata cylindrica* var. *koenigii*)

띠의 발아특성은 표 4와 같다. 띠틈 종자도 대조구에서 발아율이 2%로 낮았다. KNO₃, H₂O₂, Kinetin처리도 대조구와 차이가 없었고 저온처리에서는 8%로 발아율이 약간 상승하였다. 다른 처리에 비해 식물호르몬 NAA와 GA₃처리에서 14%의 발아율을 보여 다른 처리에 비해 발아율이 가장 향상되었다. 김석현(2004)은 25.5°C에서 18%의 발아율과 남광우(2004)는 정선방법에 따라 30°C에서 최대 28%의 발아율을 보고하였고 임재홍 등(1999)은 25°C에서 86%의 높은 발아율로 나타나 서로 상이한 연구결과가 보고되었다. 본 실험에서는 김석현(2004)의 연구에서 25.5°C에서 조사된 18%의 발아율과 2분간 농황산처리

Table 4. Germination characteristics of *Imperata cylindrica* var. *koenigii*.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	2.0 c*	3.2 c
Low temperature treatment (3°C)	3 days	4.0 bc
	5 days	8.0 b
	7 days	6.0 bc
KNO ₃	0	-
H ₂ O ₂	4.0 bc	5.1 b
Kinetin	4.0 bc	3.1 c
NAA	14.0 a	3.1 c
GA ₃	14.0 a	3.3 c

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

가 30%를 넘지 않았다고 조사된 발아율에 비해 낮지만 식물호르몬 NAA와 GA₃처리도 띠의 발아율 향상에 효과가 있었다. 하지만 식물호르몬 Kinetin처리에서는 발아율 개선효과가 나타나지 않았다. 추후 다른 종류의 식물호르몬과 침지시간, 농도 등이 띠 종자의 발아에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다.

또한, 발아율 향상에 효과가 있는 농황산처리와 식물호르몬처리를 단독으로 실시하는 것보다 농황산처리 후 식물호르몬처리를 병행하는 것이 발아율 향상에 더욱 효과적일 수 있을 것으로 추측된다.

4. 참억새(*Miscanthus sinensis* Andersson.)

참억새의 발아특성은 표 5와 같다. 참억새는 띠와 더불어 일본에서도 도로변 녹화용으로 사용되는 대표적 수종으로 발아실험 결과 대조구에서 74%의 비교적 높은 발아율을 보였다. 실험에서 참억새는 여러가지 전처리에서 통계적으로 발아율의 유의차는 없었다. 저온처리시 평균발아일수가 1~2일 증가해 저온처리는 참억새종자의 발아에 부의작용을 하는 것으로 나타났다. 발아율

향상에는 H₂O₂ 처리구가 88%로 가장 높은 발아율을 보였으나 유의차는 없었다. 평균발아일수에서는 식물호르몬 NAA처리와 저온처리가 대조구에 비해 늘어났으며 KNO₃처리에서는 발아율의 감소뿐 아니라 평균발아일수의 증가에도 적지만 영향을 주었다.

이러한 결과는 이종석 등(2007)의 연구에서 참억새의 대조구 발아율이 88%로 나타났고, Benomyl 수화제 7% 용액에 의한 침지처리가 최대 발아율이 90%로 본 실험과 유사한 결과를 보였고 전기성 등(1999)은 대조구의 발아율이 33%로 본 연구에 비해 낮게 나타났다.

반면, 김태구(2003)의 한지형잔디를 대상으로, 황판금(2005)은 라벤더를 대상으로 다른 처리에 비해 KNO₃처리가 발아율이 높게 조사되어 발아율 증진에 효과적인 것으로 보고하였으나 본 실험에서 KNO₃처리는 오히려 발아율이 50%낮아진 20%로 가장 낮았으며, Kinetin처리도 54%로 대조구에 비해 낮았다. 이러한 결과는 같은 벼과 식물인 수크령과 관목인 조팝나무에서도 참억새와 같이 전혀 발아하지 않거나 낮아지는 경향을 보였다. 따라서, KNO₃처리는 처리방법과 농도에 따라 처리효과가 상반되었다.

Table 5. Germination characteristics of *Miscanthus sinensis* Andersson.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	74.0 ab*	3.1 ef
Low temperature treatment (3°C)	3 days	5.3 a
	5 days	5.0 ab
	7 days	4.7 abc
KNO ₃	20.7 d	3.9 cde
H ₂ O ₂	88.0 a	3.8 def
Kinetin	54.0 c	3.4 def
NAA	74.7 ab	4.2 bcd
GA ₃	82.0 ab	3.0 f

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

5. 수크령(*Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng.)

수크령의 발아특성은 표 6과 같다. 수크령도 참억새와 마찬가지로 대조구에서 비교적 양호한 52%의 발아율을 보여 종자가 휴면을 하지 않는 것을 알 수 있었다. 정연택(2004) 25°C의 광·암 조건에 별도의 처리 없이 발아율이 96%로 높았고, 최규창 등(1999)은 발아상의 온도와 무관하게 80%이상의 높은 발아율을 보고하였고, 임채신 등(2010)은 수크령과 유사한 적수크령의 발아율을 23%로 수크령에 비해 낮은 것으로 보고하였다. 본 연구에서 발아율이 향상된 저온처리의 경우 3일간의 처리에서 대조구에 비해 30% 향상된 84%로 발아율이 가장 높게 나타났고 평균발

Table 6. Germination characteristics of *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	52.0 c*	7.7 c
Low temperature treatment (3°C)	3 days	84.0 a
	5 days	76.0 ab
	7 days	70.0 b
KNO ₃	10.0 e	9.0 a
H ₂ O ₂	34.0 d	8.8 ab
Kinetin	64.0 bc	6.5 d
NAA	54.0 c	8.3 b
GA ₃	72.0 ab	7.3 c

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

아일수는 대조구에 비해 2일 증가하였지만 처리 기간이 증가할수록 단축되는 경향을 보였다.

하지만, 안영희 등(2005)은 15일, 30일, 45일간 5°C에서 저온처리한 결과 광·암조건에서 평균 90%이상의 발아율과 저온처리 기간이 증가 할수록 평균발아기간이 길어진다고 하였다.

또한, KNO₃처리에서는 대조구에 비해 발아율이 낮게 조사되었고 동일한 벼과의 참새종자에서 발아율이 향상된 H₂O₂처리가 수크령은 대조구에 비해 감소되어 동일한 벼과 식물이지만 종자발아에 서로 다른 영향을 주었다.

식물호르몬 GA₃처리에서만 효과가 있었고 나머지 Kinetin처리와 NAA처리는 대조구와 차이가 없었다.

정연택(2004)의 연구에서는 수크령의 평균발아일수가 0.5일로 본 실험의 7.7일의 기간보다 상당히 짧은 기간에 발아하는 것으로 상이한 결과를 보였다.

선행연구와 본 연구 모두 수크령의 발아율이 정도차이는 있었지만 휴면하지 않고 양호한 발아율을 나타내어 하천복원시 종자를 이용한 녹화에

Table 7. Germination characteristics of *Lespedeza cuneata* G. Don.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	2.0 e*	4.0 f
Low temperature treatment (3°C)	3 days	16.7 c
	5 days	12.0 cd
	7 days	12.0 cd
KNO ₃	6.0 de	7.0 a
H ₂ O ₂	2.0 e	6.0 cde
Kinetin	4.0 e	5.5 e
NAA	6.0 de	5.6 e
GA ₃	12.7 cd	6.5 abcd
H ₂ SO ₄	10 minute	31.3 b
	20 minute	94.0 a
	30 minute	88.0 a
KOH	12.0 cd	5.8 de

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

사용가능성이 높은 초종으로 평가된다.

6. 비수리(*Lespedeza cuneata* G. Don)

비수리의 발아특성은 표 7과 같다. 초본성의 콩과식물인 비수리도 경실종자로 인해 대조구에서 대부분 발아하지 않아 2%의 매우 낮은 발아율을 보였다. 전 처리를 통한 발아율 향상은 저온처리와 GA₃와 KOH처리에서 낮은 발아율 증가를 보였고 발아율 증가에 가장 효과적인 처리방법은 H₂SO₄처리로 20분간 침지 후 발아율이 94%로 높았다. H₂SO₄처리에서 침지시간에 따라 각각 10분에 31.3%, 30분에 88%로 조사되어 20분간 H₂SO₄처리하는 것이 발아율 향상에 가장 효과적이었다. 또한, 평균발아기간 단축에도 효과가 있었다.

하지만, 전기성 등(1999)은 저온저장 후 42%의 발아율을 보고하였고, 허영진 등(2010)과 김남춘 등(2002)은 3주간의 변온조건에서, 김남

춘(1997)은 30°C에서 발아율을 각각 52.2%와 48.67%, 85%로 보고하여 본 연구결과보다 월등히 높았다.

선행된 서형민(2004)의 연구에서 싸리와 비수리의 종자는 마쇄에 의한 처리가 종자의 발아율이 발아초기 최소 60%이상, 최종 발아율이 대부분 100%에 가깝게 조사되어 마쇄처리에 의한 종자 처리도 발아율 향상에 효과적이고 종자자체의 활력이 높아 1년간 장기 저장 했을 때 활력이 크게 감소하지 않았다.

7. 싸리(*Lespedeza bicolor* Turcz.)

싸리의 발아특성은 표 8과 같다. 싸리도 비수리와 같은 종자형태의 콩과식물로 대조구에서 전혀 발아하지 않았고 비수리에 비해 저온처리에서도 효과가 나타나지 않고 KOH처리와 H₂SO₄처리를 제외한 대부분의 처리에서 발아하지 않았다. 윤중서(2001)의 연구에서는 싸리와 유사한 참싸리가 상온, 15°C/25°C, 20°C/30°C, 25°C/35°C의 변온조건에서 각각 47.33%, 60.67%, 60.67%, 48%로 상온과 25°C/35°C의 변온조건에서는 종자의 부패율이 높아지면서 발아율이 낮아지는 경향이 있었고, 이병태 등(2006)의 연구에서는 참싸리가 30°C/18°C의 변온 조건에서 15일 경과 후 약 68%의 비교적 양호한 발아율을 보였다. 이로 미루어 항온조건보다 변온에 의해 싸리류의 휴면 타파에 효과적인 것으로 생각된다. 또한, 전기성 등(1999)은 싸리와 죽제비싸리를 24시간 침지처리 후 각각 66%와 74%의 발아율을 보고하였고, 허영진 등(2010)은 증류수를 이용한 침지처리에서, 서동욱(2009)은 세균배양액을 이용한 분주법으로 각각 최고 96.7%와 88.9%의 높은 발아율을 보고하였다. 본 연구에서는 KOH처리에서 12%의 발아율과 3.2일의 평균발아일수로 나타났고, H₂SO₄처리는 10분간 침지하여 97.3%의 높은 발아율과 2.6일의 평균발아일수로 나타나 휴면타파에 H₂SO₄처리가 가장 효과적인 방법이었다. 또한, 최

Table 8. Germination characteristics of *Lespedeza bicolor* Turcz.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	0	-
Low temperature treatment (3°C)	3 days	-
	5 days	-
	7 days	-
	7 days	-
KNO ₃	4.0 c*	3.5 cd
H ₂ O ₂	0	-
Kinetin	4.0 c	4.0 bc
NAA	4.0 c	4.5 ab
GA ₃	4.0 c	3.5 cd
H ₂ SO ₄	10 minute	98.7 a
	20 minute	97.3 a
	30 minute	97.3 a
KOH	12.0 b	3.2 d

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

충호 등(2007)은 콩과식물인 자귀나무에 대해 2분간 열탕(95~100°C)처리를 통해 71.3%의 발아율 향상 효과를 보고하였다. 이는 다른 콩과식물의 발아율 향상을 위해 적용이 가능할 것이다.

8. 조팝나무(*Spiraea prunifolia* for. *simpliflora* Nakai)

조팝나무의 발아특성은 표 9와 같다. 조팝나무는 휴면을 하는 일반적인 수목종자들과 다르게 별도의 처리 없이 실험종들 중에서 가장 높은 78%의 발아율을 보였으며, 7일간 저온처리 후 발아율이 87.3%까지 향상되었고, 평균발아일수도 2일 단축된 1.9일이었다. 이와 같은 결과는 저온 저장한 조팝나무의 발아율이 78%로 조사된 결과(전기성 등, 1999)와 일치하는 것으로 저온처리가 조팝나무 발아율 향상에 효과적이란 것을 알 수 있었다. 한편 김남춘 등(2002)은 조팝나무와 유사한 당조팝나무는 변온조건에서 전혀 발아

Table 9. Germination characteristics of *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora* Nakai.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	78.0 ab*	3.9 bc
Low temperature treatment (3°C)		
3 days	70.7 bc	2.1 d
5 days	80.0 ab	2.2 d
7 days	87.3 a	1.9 d
KNO ₃	0	-
H ₂ O ₂	77.3 abc	4.0 bc
Kinetin	68.0 bc	3.7 c
NAA	62.0 c	4.8 a
GA ₃	80.0 ab	4.5 ab

* The same letters in each column are not significantly different at 5% level by Duuncan's multiple range test.

하지 않아 본 연구결과와 차이가 있었다.

식물호르몬 NAA처리에서는 대조구에 비해 발아율이 떨어지고 정상적인 발아에 비해 유근(幼根)의 발달이 억제되고 유아(幼芽)만 성장하여 발아 후 다른 처리에 비해 생장이 더디고 정상적인 생육이 불량한 것으로 생육에 지장을 주는 것으로 평가되었다. 또한, KNO₃처리에서 발아율이 낮아진 참억새와 수크령과 같이 발아에 부정적 영향을 주어 전혀 발아하지 않아, 일반적으로 다른 식물종의 발아율 향상에 효과적인 것으로 알려진 KNO₃처리가 오히려 농도와 처리방법에 따라 발아율을 낮추었다.

9. 찔레(*Rosa multiflora* Thunb.)

찔레종자의 발아특성은 표 10과 같다. 찔레종자는 저온처리, 화학적처리, 식물호르몬처리에서 전혀 발아가 되지 않는다. 더욱이 찔레 종자 역시 종피가 두껍고 딱딱한 경질종자지만 본 연구에서 경질 종자의 발아율 향상에 효과가 있는 것으로 나타난 H₂SO₄처리로도 전혀 발아 하지 않아 단순히 두껍고 단단한 종피에 의한 휴면이 아닌 미숙배에 의한 휴면으로 발아 되지 않은 것으로

Table 10. Germination characteristics of *Rosa multiflora* Thunb.

Treatment	Final germination (%)	Mean germination time (days)
Control	0	-
Low temperature treatment (3°C)		
3 days	0	-
5 days	0	-
7 days	0	-
KNO ₃	0	-
H ₂ O ₂	0	-
Kinetin	0	-
NAA	0	-
GA ₃	0	-
H ₂ SO ₄ stratification (3°C)		
10 minute	0	-
20 minute	0	-
30 minute	0	-
KOH	2.0	10.0
Sand stratification (3°C)		
40 days	0	-
60 days	0	-
80 days	12.0*	-

* : Germination rate of *Rosa multiflora* Thunb. seed during the sand stratification period at 3°C

추측된다. 이러한 미숙배 종자에 대해 권우생(2001)은 배의 후숙처리 효과를 통해 배가 신장하고 종피가 벌어져 발아가 가능하도록 모래와 종자를 배수가 잘 되도록 층적하여 햇볕이 들지 않는 서늘한 장소에 놓고 적당한 관수로 저장상의 온도를 조절하여 일정기간이 지나면 배 신장과 함께 종피가 벌어져 발아하는 '개갑처리'가 필요하다고 하였다. 본 실험에서도 미숙배의 배 성장에 효과적인 노천매장과 동일한 효과의 습윤한 모래를 이용하여 각각 40일, 60일, 80일간 층적처리를 실시하였다. 40일과 60일간 처리한 후 25°C에서 치상한 결과 전혀 발아가 되지 않았으나 80일 처리에서는 저장기간 동안 3°C의 냉장고 내에서 처리종자의 12%가 발아하였다. 이는 찔레 종자의 발아에 있어서 광이 없고 3°C의 저온 조건에서도 발아가 가능하다는 것을 알 수 있었다.

또한 층적처리는 일반적인 임목종자의 노천매장법과 같은 효과를 나타내고 처리 기간이 짧으면 발아율이 낮거나 발아하지 않고 반면 처리 기간이 너무 길면 본 실험과 같이 파종 전에 발아되어 파종이 불가능하게 되는 것을 알 수 있었다.

따라서, 켈레종자의 발아특성은 농촌진흥청 원예연구소(1998)의 연구와 같이 켈레종자의 채종시기와 저온 및 GA_3 , KOH 처리, 저장방법, 층적처리 기간, 처리온도 등에 관한 면밀한 실험이 필요할 것이다.

실험을 통해 저온에서 발아가 가능한 켈레종자의 특성을 이용하여 기온이 낮아 일반적인 녹화시공이 어려운 겨울철이나 이른 봄철 녹화공사에 이용이 가능할 것으로 추정된다.

IV. 적 요

하천 주변에 흔하게 자생하는 지피식물을 이용한 하천 제방 비탈면 녹화를 위한 종의 선정과 종자발아특성에 관한 연구를 통해 효율적 녹화시공을 위한 자생 지피식물에 대한 기초 정보를 얻고자 실시하였다. 또한 자생 지피식물을 이용한 비탈면 녹화시에 외래종에 비해 낮은 피복 속도를 개선하기 위해 발아기간을 단축하고 발아율향상을 위한 파종 전 처리를 통해 밝혀진 선정된 종의 휴면타파와 발아율 개선효과는 다음과 같다.

1. 전국의 들과 밭, 길가 등에 흔히 볼 수 있는 금강아지풀과 가을강아지풀은 경실종자의 형태로 휴면성이 있어 파종 전 처리가 필요한 것으로 나타났다. 전처리로는 10~30분간 95%의 H_2SO_4 처리에서 20%이상으로 휴면타파에 효과가 있었다.

2. 참억새와 수크령은 하천주변에 흔히 자생하고 별도 처리 없이도 각각 74%, 52%로 비교적 높은 발아율을 보였고, 참억새의 경우 빠른 평균 발아일수로 녹화용 초종으로 이용가능성이 높은 자생 식물로 판단된다. 또한 참억새는 H_2O_2 처리를 통해 88%까지 발아율이 향상되었고 수크령은

3일간의 단기저온처리로 84%까지 발아율이 향상되어 가장 효과적인 파종 전 처리방법이다.

그러나, 일반적으로 발아율 향상에 도움이 되는 KNO_3 처리에서는 참억새와 수크령의 발아율 감소뿐 아니라 평균발아일수도 지연에도 적지만 영향을 주는 것으로 나타났다. 수크령도 참억새처럼 종자가 휴면하지 않고 발아율이 양호하여 하천복원시 종자를 이용한 녹화에 사용 가능성이 높은 초종으로 판단된다.

3. 띠는 발아율 향상은 낮지만 NAA 와 GA_3 처리구에서 14%의 발아율로 무처리 2%에 비해 발아율 상승효과가 있었다. 하지만 종자의 크기가 매우 작고 종피에 털이 있어 정선이 까다롭고 발아율이 낮아 비탈면 녹화에 사용하기 위해서는 이러한 문제점이 개선되어야 할 것이다.

4. 콩과인 비수리와 싸리 종자도 강아지풀류와 같은 경실종자로 95%의 H_2SO_4 처리가 종자발아에 매우 효과적인 처리방법이었다. 비수리는 싸리와 다르게 침지시간에 따른 발아율이 차이가 있으나 20분간 H_2SO_4 처리 후 94%의 높은 발아율을, 싸리는 10~30분간 모두 97.3%이상의 높은 발아율을 나타내었고 빠른 평균발아일수로 파종 전 H_2SO_4 처리 후 녹화에 사용하는 것이 효과적일 것이다.

5. 조팝나무는 다른 목본류와 다르게 별도의 처리 없이 초본류와 비슷한 78%의 높은 발아율을 나타냈고 저온처리를 통해 발아율이 87.3%로 향상되어 초본류와 유사한 발아특성을 보였다. 하지만, 식물호르몬 NAA 처리에서는 다른 처리구에 비해 비정상적으로 유근(幼根)의 발달을 억제하고 유아(幼芽)를 발달시켜 발아율이 낮고 발아 후 생장이 불량하였다. 더욱이 KNO_3 처리에서는 전혀 발아하지 않아 두가지 처리방법은 조팝나무 종자 발아에 효과적이지 않았다.

6. 미숙배에 의한 휴면을 하는 켈레종자는 3°C에서 80일간의 층적처리 과정에서 12%의 발아율을 나타내어 암조건과 3°C의 저온에서도 배성숙을 마치면 발아할 수 있다는 사실을 알 수 있었

다. 이러한 질레종자의 발아특성을 이용하여 기온이 낮아 일반적인 녹화공사가 어려운 겨울철과 이른 봄철 비탈면 녹화공사에 이용할 수도 있을 것으로 추측된다.

7. 일반적으로 종자발아촉진에 효과적인 것으로 알려진 KNO_3 처리가 본 연구의 처리방법에 의해 참억새, 수크령, 조팝나무의 종자발아를 오히려 억제하였다. 특히 조팝나무의 경우 KNO_3 처리에서 전혀 발아하지 않아 적합하지 않은 처리방법이다.

8. 동일한 식물종을 이용한 발아율실험에서 선행된 연구와 다양한 차이는 사용된 종자의 채취 시기, 해당년도의 기후, 보관방법, 채취장소, 종자의 충실 여부 등 다양한 요인들에 따라 차이가 있을 것이다. 종자의 처리방법도 중요하지만 사용된 종자의 이력도 발아율에 상당한 영향을 미치는 것으로 추측된다.

본 연구의 한계점으로는 발아율 향상을 위한 처리방법이 세분화되지 못하였고 실험실내 인큐베이터에서만 이루어진 실험으로 노지포장의 발아율, 다른 종자들과 배합을 통한 중간 경쟁, 잡초에 의한 피압에 견딜 수 있는지를 알아보기 위한 노지포장 실험이 필요하다. 향후 녹화용 지피식물의 파종공법 개발 연구에서는 이러한 한계점들의 보완이 필요하다.

인 용 문 헌

- 권우생 · 이장호 · 이명구. 2001. 개갑 인삼종자의 발아 적정 저온감응기간. 한국인삼연초연구원 24(4) : 167-170.
- 김남춘 · 윤증서 · 배선우 · 손원주 · 정성철. 2002. 비탈면 조기수립화를 위한 녹화용 식물의 활용에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지. 5(6) : 72-85.
- 김남춘. 1997. 주요 초본식물의 비탈면 파종적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(2) : 62-72.
- 김석현. 2004. 갈대와 띠 종자의 정선기술 개발. 한국잔디학회지 18(1) : 29-36.
- 김원식. 2009. 한강 하천 제방 호안공법에 따른 식생분포 특성 연구. 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위논문.
- 김진석 · 김태준 · 유창모 · 조광연. 1993. 강아지풀 종자의 종별 발아특성에 관한 연구. 한국잡초학회. 13(1) : 27-28.
- 김진석 · 김태준 · 조광연. 1996. 강아지풀 종류별 종자발아특성과 제초반응 차이. 한국잡초학회지. 16(3) : 187-193.
- 김태구. 2003. 한지형 잔디류의 발아촉진을 위한 종자처리효과. 밀양대학교 석사학위논문 p.10.
- 김혜주. 2008. 자연형하천계획 · 설계. 태림문화사. p.122.
- 남광우. 2004. 몇 가지 미세 야생식물의 정선기술. 경상대학교 석사학위논문. p.20.
- 농촌진흥청 원예연구소. 1999. 시험연구보고서. 1998. p.203.
- 박상길 · 김상두 · 김가야. 2001. 동천하구의 친자연형 하천공법에 관한 연구. 도시연구보 11(1) : 65-73.
- 서동욱. 2009. 녹화용 자귀나무. 참싸리. 비수리. 낭아초와 안고초의 발아에 미치는 세균의 영향. 단국대학교 석사학위논문. p.17.
- 서형민. 2004. 직파조립을 위한 파종립의 종자처리에 관한 연구. 건국대학교 대학원. 박사학위논문. p.12. p.35.
- 안영희 · 이택주. 1997. 자생식물대백과. 생명의 나무.
- 안영희 · 정연택. 2005. 녹화용으로 유망한 자생화본과 식물의 발아 특성에 관한 연구. 한국녹지환경디자인학회 1(1) : 24-30.
- 윤증서. 2001. 온도에 따른 녹화용 식물의 발아율. 단국대학교 석사학위논문. p.16.
- 이종석 · 한승원. 2007. 제주도 자생 참억새의 종

- 자발아에 관한 연구. 한국환경복원기술학회지 10(1) : 11-14.
- 임재홍 · 김동욱 · 장성완. 1999. 비탈면녹화용 몇 가지 자생식물의 종자발아특성. 한국환경복원기술학회지. 2(3). p.28.
- 임채신 · 오주열 · 석용철 · 김도한. 2010. 채종시기 및 GA3처리가 적수크령 종자의 발아율 향상에 미치는 영향. 농업생명과학연구. 44(6) : 1-7.
- 전기성 · 우보명. 1999. 사면 녹화용 외래초종과 재래 목초본식물의 적정 파종량 및 혼파비에 관한 연구(1). 한국환경복원기술학회지. 2(2) : 33-42.
- 정연택. 2004. 녹화용 자생 화본과 식물개발을 위한 자생지 및 발아특성에 관한 연구. 중앙대학교 석사학위논문. p.12.
- 최규창 · 이춘석. 1999. 자연형 하천 식생복원을 위한 달뿌리풀, 물억새, 솔새, 수크령의 녹화방법에 관한 연구. 한국환경복원기술학회지. 2(2) : 70-77.
- 최정권. 2002. 도시하천의 생태적 보전과 복원. 도시문제 37(4) : 42-55.
- 최충호 · 서병수 · 김선영 · 박우진. 2007. 열탕처리시간이 자귀나무 종자의 수분흡수 및 발아에 미치는 영향. 한국자원식물학회지. 20(4) : 267-271.
- 허영진 · 김민호 · 차고운 · 안태영. 2010. 붉나무 · 참싸리 · 비수리 종자의 침지 처리가 발아에 미치는 영향. 한국환경복원기술학회지 13(2) : 42-51.
- 환경부. 2009. 생태계교란야생동식물자료집 p.99.
- 황판금. 2005. 라벤더 종자발아에 미치는 온도, 광 및 Priming 처리의 영향. 고려대학교 석사학위논문. p.20.