

식물생장조절물질이 산뽕나무 종자의 발아 및 유묘생장에 미치는 영향*

송민정 · 김경훈 · 허영진

일송환경복원(주)

Effects of Plant Growth Regulators on Seed Germination and Seedling Growth of Mountain Mulberry Seeds (*Morus bombycis* Koidz)*

Song, Min-Jeong · Kim, Kyung-Hoon and Hur, Young-Jin

Il Song ERT., CO., Ltd.

ABSTRACT

This is the fundamental research on restoring damaged vegetation areas in the vicinity of DMZ using local native plant species. This research is aimed at identifying effective plant growth regulators (PGR) for seed germination and seedling growth of mountain mulberry, and developing effective methods for managing its germination and growth. Mountain mulberry seeds were collected from the regions in the DMZ vicinity, and tests with seven treatments using four PGRs including GA₃, kinetin, ABA and NAA, were conducted. The germination rate was calculated in two different ways of both in a growth chamber and in a greenhouse after seven days observation, and the growth characters such as leaf width/length, seedling width/length and fresh/dry weight, have been surveyed in a greenhouse for three months. Although in the growth chamber the highest germination rate was shown at a group with the kinetin treatment, it was not significantly different to that of the control group. Groups with ABA or NAA presented relatively low germination rates. As for the greenhouse test, the germination rates of all groups ranged 20~30% without significant difference each other, the reason of which might be due

* 본 연구는 환경부 환경산업선진화기술개발사업 “DMZ일원 훼손지역의 자생종 활용 생태복원기술 개발”의 지원으로 수행되었음(과제번호 2014000130001).

First author : Song, Min-Jeong, Il Song ERT., Co., Ltd.,
Tel : +82-31-898-4971, E-mail : ssongstella@hanmail.net

Corresponding author : Hur, Young-Jin, Il Song ERT., Co., Ltd.,
Tel : +82-31-898-4971, E-mail : yjh1925@hanmail.net

Received : 4 January, 2016. **Revised** : 17 February, 2016. **Accepted** : 27 January, 2016.

to low absorption by the effect of a soil drench method used in this study. The entire growth characters with the treatments of $2.15\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of kinetin and $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of GA_3 were significantly different to the control. NAA treatment only showed better growth of seedling width compared to the control. Consequently, the most effective PGRs for the germination and growth of mountain mulberry near the DMZ was kinetin. Further research on examining the most effective concentration of them was needed.

Key Words : *Ecological restoration, Native plant species, Germination improvement, Seedling growth enhancement.*

I. 서 론

일본에서는 목본식물을 이용한 비탈면 녹화가 광범위하게 시행되고 있으며, Yoshida(2015)는 조기 수림화를 위하여 종자로부터 발아되어 정착할 수 있는 녹화용 목본식물 혼파의 중요성을 강조한 바 있다. 그러나 국내에서 녹화용으로 사용되고 있는 목본종은 참싸리, 낭아초, 자귀나무 등의 콩과 식물 몇 종 만이 주로 사용되고 있어 녹화 대상지의 환경적 특성에 부합하는 식물종의 다변화가 필요한 실정이다. Kim(2015)은 콩과식물에 국한되어 있는 녹화용 목본종에서 탈피하여 참나무류, 단풍나무류, 뽕나무, 오리나무, 물푸레나무 등의 활용가능성을 제시한 바 있는데, 백두대간보호구역, DMZ(De-militarized Zone)일원, 국립공원과 같은 자생식물의 중요성이 높은 곳에서는 녹화용 자생목본종의 활용가능성에 대한 연구가 절실하다고 하였다. Knapp and Rice(1994)는 복구대상지역에서 채취한 종자를 사용하여 복구하는 것이 바람직하며, 그 이유를 유전적 변이도 적고 지역 적응성도 우수하기 때문이라고 분석하여, 자생종을 이용하는 식생복원의 필요성을 뒷받침하였다. Nam et al.(2007)은 재래 목본 식물을 비탈면 녹화에 이용하기 위한 초본류와의 배합시 배합비율 조절이 필요하다고 연구한 바 있으며, Hur et al.(2010)은 국내에서 비탈면 녹화용으로 사용되고 있는 여러 가지 목본 종자의 발아촉진을 위한 침지 처

리에 대하여 연구한 바 있으나, 자생종을 이용한 종자 발아향상에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

산뽕나무(*Morus bombycis*)는 아시아 전역에 자생 또는 재배되고 있는 뽕나무 과에 속하는 낙엽 활엽 교목으로(Sa et al., 2004), 뽕나무 과의 종자는 아무런 처리를 하지 않고 발아 실험하였을 때 종자의 휴면배아와 불투수성 종피로 인해 결과가 일정하지 않을 수 있다(Barbour et al., 2008). 또한 완전히 익은 과실에서 종자를 정선해야 발아가 잘되며, 추파 시에는 종자에 별다른 처리를 하지 않아도 발아 가능하지만 춘파 시에는 $0.6\text{-}5^\circ\text{C}$ 의 온도로 30-120일간 층적저장이 이루어져야 발아율이 향상된다(Lamson, 1990).

종자의 휴면은 종자 내부적으로는 종피와 배의 구조적 및 화학적인 원인, 외부적으로는 광, 온도, 수분 등으로 발생할 수 있는데, 경실종자는 종피나 과피에 기계적 또는 화학적 종피 처리를 하여 휴면을 타파시키고, 저온층적 처리는 종피와 배에 존재하는 발아억제 물질과 발아촉진 물질의 균형을 조절 하여 휴면을 타파시킨다. 또한 ABA와 페놀화합물과 같은 발아억제 물질에 의한 휴면인 경우에는 gibberellic acid류나 cytokinin류에 의한 침지처리로 타파시킬 수 있다고 알려져 있다(Watkins and Cnatliffe, 1983; Khan and Ungar, 1986; Bevilacqua et al., 1987; Kelly et al., 1992; Kim et al., 2005). 그 예로 gibberellic acid류의 한 종류인 GA_3 는 무늬둥글레의 휴면타파에 사용되며(Rhie et al., 2014), 섬

오갈피나무는 휴면타파를 위해 cytokinin의 한 종류인 kinetin을 사용한다(Ko et al., 2003).

본 연구는 훼손지역에서 산뽕나무를 생태복원용 수종으로 활용하기 위한 기초연구로써 DMZ 인근 지역에서 채집한 산뽕나무의 종자발아 및 육묘에 어떤 식물생장조절물질 처리가 효과적인지 알아보고, 산뽕나무 종자발아 및 육묘기술 개발을 위해 실시하였다.

II. 연구방법

1. 종자 채집

본 연구에 사용된 산뽕나무 종자는 DMZ 일원인 강원도 화천군 화천읍 일대(38°09'45"N, 127°44'44"E)에서 채집하였다. 채집된 산뽕나무 종자의 크기는 약 1.5×2.0(mm×mm)였고(Figure 1), 천립중은 약 1.23g이었다.

2. 호르몬 처리

식물생장조절물질에 의한 산뽕나무 종자의 발아율 및 유묘 성장 변화를 알아보기 위해 MB cell(USA)사의 gibberellic acid(GA₃), naphthalene acetic acid(NAA), abscisic acid(ABA), kinetin을 구입하여 처리하였다. 농도는 뽕나무를 이용한 선행연구인 Bae(1996)와 Mohammed and Ryu(1988)

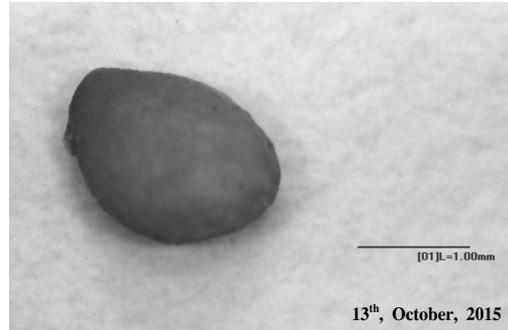


Figure 1. *Morus bombycis* Koidz seed used in this study (Photo by USB microscope; UM12, Microlinks technology Co. Ltd., Taiwan).

를 참고하여 설정하였으며, 처리구의 명명 및 성장조절제의 농도는 Table 1에 표시하였다. 대조구(C)는 증류수를 사용하였다.

3. 발아 및 육묘환경

1) 성장상 실험

두 장의 filter paper(90mm, Whatman, USA)를 간 90mm 페드리디쉬(SPL Lifesciences Co. Ltd, Korea)에 식물생장조절 물질을 6mL씩 관수한 후 각각 20립씩 파종하고, 형광등이 설치된 성장상(DS-52G4P, 다솔과학, Korea)에서 발아시켰다. 그 후, 격일로 2mL의 증류수를 추가 관수하였으며, 파종 후 7일까지의 발아율을 지

Table 1. Treatments of plant growth regulators (PGR) used in this study including gibberellic acid (GA₃), naphthalene acetic acid (NAA), abscisic acid (ABA), kinetin, and the concentrations of the PGRs for each treatment.

Treatment	PGR	Concentration (mg·L ⁻¹)
G1	GA ₃	3.46
G2	GA ₃	10
G+K	GA ₃	3.46
	Kinetin	2.15
K	Kinetin	2.15
A	ABA	20
N	NAA	200

켜보았다. 이때 생장상의 조건은 20°C의 항온상태에서 광주기 12시간, 상대습도 60%로 유지되었다.

2) 하우스 실험

충북 청주시 상당구 낭성면에 소재한 가로 6m×세로 35m 크기의 이중피복 비닐하우스에서 상토(꽃상토, 참그로(주), Korea)를 가득 채운 묘목용 50공 육묘트레이(50cm×25cm×11cm, L×W ×H)에 지하수를 흠뻑 관수한 후 종자의 3-4배 되는 깊이로 구멍을 내어 파종 하였다. 물은 하루 한번 매일 15분씩 스프링클러로 관수되었다. 발아율 조사까지의 하우스 평균 기온은 약 22°C였으며, 생장을 측정하기 까지 평균기온은 약 15°C였다.

4. 발아율 조사

생장상에서 파종한 산뽕나무의 유근이 종피를 뚫고 나와 2mm정도 되었을 때 발아했다고 가정하여 매일 발아율을 기록하였으며, 또한 하우스에서 파종한 산뽕나무 종자는 상토 표면으로 배축이 2mm정도 보였을 때 발아했다고 가정하며 발아율을 매주 기록하였다.

5. 유묘 생장 특성 조사

파종 후, 3개월 차에 산뽕나무 유묘의 수고와 줄기 직경을 측정하고, 가장 큰 잎인 배축으로부터 3~4째 잎을 이용(단, N 처리구는 1~2번째 잎 이용)하여 엽장과 엽폭을 측정하였다. 또한 지상부(배축을 기준으로 위쪽; 줄기, 잎)와 지하부(배축을 기준으로 아래쪽; 뿌리)로 나누어 생체중과 건물중을 초정밀저울(AX224KR, OHAUS Co. Ltd., USA)을 이용하여 측정하였다.

6. 통계분석

발아율 실험은 4반복, 생장특성 조사는 5반복으로 이루어졌으며, 실험측정 결과의 통계분석은 SPSS Ver. 12.0(SPSS Inc.) 프로그램으로 일

원배치분산분석을 실시하여 유의성을 검정하였고, 처리 간 비교를 위해 Duncan의 다중범위검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 발아율

1) 생장상 실험

파종 후 7일차의 Kinetin을 처리한 산뽕나무 종자가 대조구보다 높은 발아율을 나타냈다(Figure 2). Dunlap and Morgan(1977)은 상추종자에 kinetin을 처리하면 자엽의 성장을 촉진시켜 발아를 촉진시킨다고 했으며, 여러 연구에서 kinetin을 포함한 cytokinin류는 종자 내생의 발아억제물질인 ABA의 작용을 상쇄시켜 α-amylase 생합성의 억제를 회복시키며, 세포분열을 촉진시켜 종자의 발아를 향상시킬 수 있다(Khan, 1968; Herrera-Teigeiro et al., 1999; Hwang et al., 2008)고 밝혔다.

GA₃의 단독처리는 대조구보다 발아율을 감소시켰으나 유의적인 차이는 없었다. GA₃는 종자 발아에 있어 저온에 의한 휴면을 단축시키거나 타파시킴으로 종자 발아를 촉진시키는 것(Kim and Um, 1995; Yoon et al., 1999)으로 알려져 있고, Kim et al.(2005)은 GA₃가 종자의 저

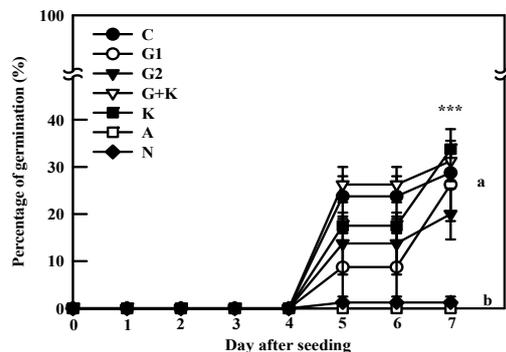


Figure 2. Percentage of germination of *Morus bombycis* Koidz seeds treated several plant growth regulator in growth chamber. Significant at ***p=0.001(n=4).

장양분 분해를 촉진시켜 발아를 촉진시킬 수도 있음을 시사했다. 하지만 본 실험에서 GA₃의 효과는 없었으며, 다양한 농도 실험을 통해 GA₃의 효과를 재검정할 필요가 있다고 판단된다.

NAA와 ABA를 각각 처리했던 산뽕나무의 종자는 발아하지 않았다. NAA가 속한 Auxin류는 원래 종자 발아 촉진에는 무관한 것으로 보고되었다(Khan and Tao, 1978). 또한 Lee(2014)는 ABA가 식물의 대사 과정 중 종자의 휴면, 기공 개폐, 유묘 성장, 물 부족 스트레스 과정에 있어 중요한 조절역할을 담당한다고 보고하였다. NAA와 ABA 모두 발아촉진에는 기능이 없기 때문에 본 실험에서 발아하지 않았던 것으로 사료된다.

2) 하우스 실험

하우스 육묘시의 성장조절물질 처리가 산뽕나무 종자의 발아율에 미치는 영향을 알아보았다. 성장상에서의 발아율 실험과는 달리 모든 처리구의 발아율이 20~30% 나타났으며, 유의성이 인정되지 않았다(Figure 3). 이는 성장상 실험과는 다른 관수방법에 의한 차이인 것으로 사료된다. Park(2003)은 두상관수의 경우 상부에서 하부로 물이 이동하여 각종 성분들의 배지 내 축적이 비교적 낮고, 저면관수식은 하부에서

상부로 물이 이동하여 배지 표면에서 수분이 증발하면서 각종 성분들이 포트에 남아 배지 내 축적이 비교적 높아지므로 관수방법에 따라 생장에 차이가 생길 수 있다고 보고하였다. 실제로 무늬 등글레의 휴면타파를 위해 GA₃를 두상관수한 처리구, 면도칼로 표피에 상처를 내어 관수한 처리구 그리고 주사로 직접 주입한 처리구 세 가지로 나누어 실험한 결과 두상관수한 처리구만 휴면타파가 이루어지지 않았다(Rhie et al., 2014). 본 실험에서는 스프링클러에 의한 두상관수식을 이용했기 때문에 성장조절물질들이 물의 이동과 함께 포트 밖으로 배출되어 발아율 차이를 나타내지 않은 것으로 사료된다.

2. 산뽕나무 유묘 성장변화

모든 처리구가 비슷한 엽면지수(Leaf index; leaf length/leaf width)를 가졌지만 G2처리구는 엽장과 엽폭 모두 처리구 중 가장 길었고, 수고와 직경 모두 높은 값을 나타내었으며 이는 대조구보다 약 2배 높은 값이었다(Table 2). Choi and Lee(1995)는 고추냉이 종자에 GA₃를 처리하면 유묘의 유근, 하배축 및 입병의 길이를 증가시킨다고 했다. Gibberellic acid의 대표적인 기능은 세포 분열 및 확장, 그리고 특히 절간 신장을 조절하는 것이며(Kang et al., 1985), G처리구들은 이러한 gibberellic acid의 기능으로 대조구보다 높은 값을 나타낸 것으로 판단된다. K 처리구는 G2처리구 다음으로 가장 높은 값을 보였다. Kinetin과 같은 cytokinin류는 잎의 노화, 정부우세성, 엽록체 생합성, 안토시아닌 생성 그리고 세포분열과 싱크-소스 관계의 조절 등을 포함하는 식물의 발달과정과 환경적 반응에 관여한다(Hutchinson and Kieber, 2002). Shah(2007)는 본 실험과 같은 농도의 kinetin을 처리한 흑종초(black cumin plants)가 대조구(deionized water)보다 엽면적, 엽수 그리고 지상부 길이 모두 증가했다고 보고했다. ABA는 토마토와 벼 유묘에서 성장억제 역할을 한다고 보고되었다(Shon et al.,

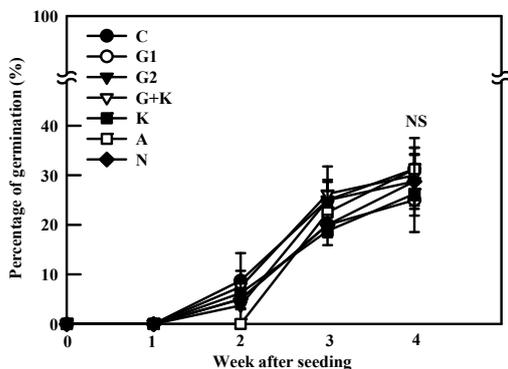


Figure 3. Percentage of germination of *Morus bombycis* Koidz seeds treated several plant growth regulator in green house. No significant(n=4).

Table 2. Measurements of leaf width and length, leaf index, and seedling width and length seedlings of *Morus bombycis* by seven treatments of four plant growth regulator including gibberellic acid (GA₃), naphthalene acetic acid (NAA), abscisic acid (ABA) and kinetin.

Treatment	Leaf width (mm;LW)	Leaf length (mm;LL)	Leaf index (LW/LL)	Seedling width (mm)	Seedling length (mm)
C	21.4±0.80 ^z e ^y	27.3±0.66 d	0.78±0.02	1.2±0.02 cd	31.4±1.29 d
G1	26.4±0.68 d	32.1±0.90 c	0.82±0.02	1.1±0.05 d	44.3±2.63 c
G2	40.2±1.74 a	46.9±1.71 a	0.86±0.04	2.0±0.23 a	61.3±2.21 a
G+K	31.6±0.83 c	40.2±2.27 b	0.79±0.04	1.5±0.22 bc	54.7±1.24 b
K	36.5±0.55 b	45.9±0.84 a	0.80±0.02	1.8±0.10 ab	52.9±1.47 b
A	29.6±1.96 cd	40.2±2.33 b	0.74±0.06	1.5±0.04 bc	54.4±0.98 b
N	10.0±0.63 f	13.2±1.27 e	0.77±0.03	1.0±0.00 d	18.5±2.23 e

^z Mean±S.E. (Standard error)

^y Each different letter indicate statistically different group by Duncan's test(p<0.001, n=5)

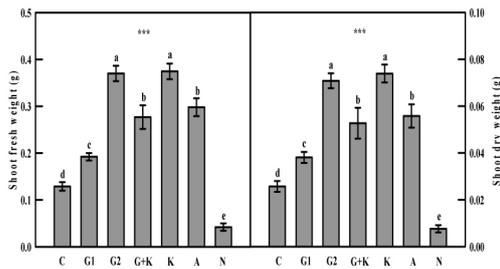


Figure 4. Shoot fresh and dry weight of *Morus bombycis* Koidz seedlings treated several plant growth regulators. Significant at ***p=0.001(n=5).

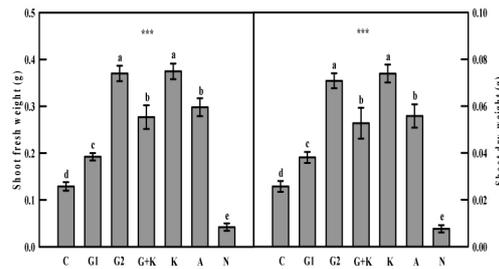


Figure 5. Root fresh and dry weight of *Morus bombycis* Koidz seedlings treated several plant growth regulators. Significant at ***p=0.001(n=5).

1993; Vu et al., 2015). 하지만 본 실험에서는 A 처리구가 대조구보다 유의적으로 생장이 증가했다. 호르몬 반응이 식물에 따라 다르게 나타나므로 상반된 결과가 나온 것이라 판단되며, 추가적인 연구가 필요할 것이라 사료된다. N처리구는 유의적으로 가장 낮은 성장특성 측정값을 가졌으며, N처리구를 제외한 모든 처리구의 잎은 본엽 3~4매 단계까지 발달 하였으나, N처리구는 본엽 1~2매 단계로 다른 처리구들에 비해 생장이 느렸다(data not shown). Lee and Lee(1997)는 NAA와 같은 Auxin계열인 IBA 처리시 구절초의 엽장과 엽폭을 현저히 감소시켰다고 했는데, Auxin계열은 산뽕나무에서도 엽

장, 엽폭을 감소시키는 것으로 추측할 수 있다.

발아율 향상에서도 가장 효과적이었던 kinetin은 지상부의 생체중을 대조구보다 약 2.9배, 지하부의 생체중을 약 2.5배 증가시키며 모든 처리구에 있어서 가장 성장량을 증가시켰다(Figure 4 and 5). Kinetin을 외생적으로 처리하면 건물량 생산 뿐만 아니라 엽면적의 확장, 엽록소의 축적, 그리고 색소체 형태형성이 촉진된다(Pospíšilová et al., 2000; Davies, 2010). 또한 Synková et al. (1997)은 kinetin은 광합성 요인들을 결정하는데 중요한 역할을 한다고 보고했다. 실제로 본 실험과 같은 농도로 처리된 흑종초(black cumin plants)는 대조구보다 광합성속도가 높았으며,

건물중이 대조구보다 1.4배 증가했다(Shah, 2007). 앞서 생장특성에 높은 값을 보였던 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 GA_3 처리는 지상·지하부의 생장 역시 증가시켰다. Gibberellic acid은 토마토 유묘의 광합성을 증진시켰다(Arteca and Dong, 1981)는 보고가 있다. 본 실험에서의 결과를 뒷받침하기 위해 추후 광합성 측정실험이 필요할 것으로 보인다. A처리구 또한 대조구보다 높은 지상 지하부의 생장률을 나타내었다. 일반적으로 ABA는 식물의 지상·지하부의 생장을 억제한다고 알려져 있다(Munns and Cramer, 1996). Auxin의 처리는 콩나물의 뿌리를 짧게 하고 무게와 줄기직경을 증가시킨다는 보고(Lee and Chung, 1982)가 있었으나 본 실험에서 같은 Auxin계열인 NAA의 처리는 줄기직경과 무게 모두 감소시키는 결과를 나타내었다. 이는 식물 중에 따라 ABA와 Auxin의 반응 기작이 다른 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구는 자생종을 활용한 훼손지 복원을 위한 기초연구로써 산뽕나무의 종자발아 및 유묘 생장에 효과적인 식물생장조절제를 알아보고, 복원 시 자생종을 활용하는 효과적인 산뽕나무의 발아 및 유묘 기술로 이용하고자 실시하였다.

산뽕나무 종자의 발아율을 증가시키기 위해서는 kinetin을 사용하는 것이 긍정적이며, ABA와 NAA를 사용하는 것은 발아율을 억제시키므로 부정적이었다. 하우스에서 파종 시 관수방법을 적절히 택하여 식물생장조절물질의 침출을 방지하는 것이 처리효과를 증대시킬 수 있을 것이다. 유묘를 생산하고자 할 때는 GA_3 와 kinetin의 처리가 효과적이며, NAA의 사용은 생장을 억제하였다.

따라서, kinetin의 사용이 산뽕나무의 종자발아 및 유묘 생장에 가장 좋은 처리 방법이라 판단되며 산뽕나무를 복원에 본격적으로 활용하

기 위해서는 발아 및 유묘 생장에 가장 적합한 농도를 찾는 실험이 추가적으로 필요한 것으로 판단된다.

References

- Arteca, RN and CN Dong. 1981. Increased photosynthetic rates following gibberellic acid treatments to the roots of tomato plants. *Photosynthesis Research*. 2(4): 243-249.
- Bae, KS. 1996. Effect of Hormonal regulations on activity of Amylase in the germination of Mulberry seeds. *Research Bulletin of institute of Agricultural and Life Resources*. 5: 33-39. (in Korean with English summary)
- Barbour, JR · RA Read and RL Barnes. 2008. *Morus L. The woody plant seed manual*, Forest Service USDA Agri.Handbook. pp. 728-732.
- Bevilacqua, LR · F Fossati and G Dondero. 1987. Callose in the impermeable seed coat of *Sesbania punicea*. *Ann. Bot.* 59: 335-341.
- Choi, SY and KS Lee. 1995. Effect of plant growth regulators on the germination and seedling growth of *Wasabia japonica* Matsum seeds. *Korean J. medicinal Crop Sci.* 3(2): 111-115.
- Davies, PJ. 2010. *The plant hormones: Their nature, occurrence, and functions*. Plant Hormones. Springer Netherlands. pp. 1-15.
- Dunlap, JR and PW Morgan. 1977. Reversal of induced dormancy in lettuce by ethylene, kinetin and gibberellic acid. *Plant Physiol.* 60: 222-224.
- Herrera-Teigeiro, I. · LF Jimenez-Garcia and JM Vazquez-Ramos. 1999. Bezyladenine promotes early activation of p34 (cdc2)-like kinase(s) during maize germination seed *Sci. Res.* 9: 55-62.

- Hur, YJ · MH Kim · GW Cha and TY Ahn. 2010. The Influence of Germinations in Soaking Treatment of *Rhus chinensis*, *Lespedeza cyrtobotrya* and *Lespedeza cuneata*. J. Korean Env. Res. Tech. 13(2): 42-51. (in Korean with English summary)
- Hutchinson, CE and JJ Kieber. 2002. Cytokinin signalling in *Arabidopsis*. Plant Cell. 14: 547-559.
- Hwang, HJ · JM Lee · SY Kim and GW Choi. 2008. Seed germination in lettuce affected by light quality and plant growth regulators. Journal of Bio-Environment Control. 17(1): 51-59. (in Korean with English summary)
- Kang, KK · YW Kwon and CY Yoo. 1985. Effect of applied GA₃ and paclobutrazol, an inhibitor of GA biosynthesis, on the growth of internodes and panicle of the rice plants. Korean J. Crop Sci. 30(4): 471-480.
- Kelly, KM · J van Staden and WE Bell. 1992. Seed coat structure and dormancy. Plant Growth Regulation 11: 201-209.
- Khan, AA and KL Tao. 1978. Phytohormones, seed dormancy and germination. In: Letham D.S.
- Khan, AA. 1968, Inhibition of gibberellic acid-induced germination by abscisic acid and reversal by cytokinins. Plant Physiol. 43(9): 1463-1465.
- Khan, MA and IA Ungar. 1986. Inhibition of germination in *Atriplex triangularis* seeds by application of phenols and reversal of inhibition by growth regulators. Bot. Gaz. 147: 148-151.
- Kim, GT and TW Um. 1995. Effect of gibberellic acid treatment on germination a study for the utilization of wild herbaceous species. Kor. J. Environ. Ecol. 9: 56-61. (in Korean with English summary)
- Kim, HS · H Kang and IS So. 2005. Effect of several plant growth regulators on seed germination of *Prunus yedoensis* Matsumura. J. Subtropical Agri & Biotech., Cheju Nat'l Univ. 20(1): 103-112. (in Korean with English summary)
- Kim, KH. 2015. Development of Ecological Methods Using Native Species in DMZ Vicinities. Proceedings of International Symposium of "Seed Treatment and Use for Ecological Restoration on Degraded Areas near DMZ"
- Knapp, EE. and KJ Rice. 1994. Starting from seed; genetic issues in using native grasses for restoration. Ecological Rest. 12: 40-45.
- Ko, HJ · CK Song and NK Cho. 2003. Growth of seedling and germination characteristics of *Acanthopanax koreanum* NAKAI. Korean J. Medicinal Crop Sci. 11: 46-52. (in Korean with English summary)
- Lamson, NI. 1990. *Morus rubra* L., red mulberry. In: Burns RM, Honkala BH. tech. coords. Silvics of North America. Volume 2, Hardwoods. Agric. Handbook 654. Washington, DC: USDA Forest Service: 470-473.
- Lee, JH. 2014. ABA signal transduction pathway in plants: ABA transport, perception, signaling and post-translational modification. Journal of life science. 24(2): 196-208. (in Korean with English summary)
- Lee, JS and UJ Lee. 1997. Effect of growth regulators on plant regeneration and seedling growth of *Chrysanthemum zawadskii* in vitro. J. Nat. Sci. Inst. Soeoul Women's Univ. 1-6. (in Korean with English summary)
- Lee, SH and DH Chung. 1982. Studies on the effects of plant growth regulator on growth and nutrient compositions in soybean sprout. J.

- Korean agricultural chemical society. 25(2): 75-82. (in Korean with English summary)
- Mohammed, EF and KS Ryu. 1988. Effect of growth regulators on the dormancy of mulberry (*Morus alba* L.) winter buds in Taegu. Korean Journal of sericultural science. 30(2): 75-83.
- Munns, R and GR Cramer. 1996. Is coordination of leaf and root growth mediated by abscisic acid? Opinion. Plant Soil. 185: 33-49.
- Nam, UJ · NC Kim · MH Cho · I Gil · SH Lee and JH Lee. 2007. Study on the Vegetation Change of the Road-side slopes Restored by Native Herbs and Woody Plants -Centered with Monitoring Survey-. J. Korean Env. Res. Tech. 10(4): 70-82. (in Korean with English summary)
- Park, DS. 2003. Effect of nutrient solution concentration, irrigation system and growth retardant on the growth and flowering of potted chrysanthemum. Master's dissertation. Suncheon Univ. (in Korean with English summary)
- Pospíšilová, J · H Synková and J Rulcová. 2000. Cytokinins and water stress. Biol. Plant. 43: 321-328.
- Rhie, YH · SY Lee · JY Park and KS Kim. 2014. Scarification and gibberellic acid affecting to dormancy breaking of variegated solomon's seal (*Polygonatum odoratum* var. pluriflorum 'Variegatum'). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(3): 296-302. (in Korean with English summary)
- Sa, JH · YS Jin · IC Shin · TH Shim and MH Wang. 2004. Photoprotective effect and antioxidative activity from different organs of *Morus bombycis* Koidzumi, Kor. J. Pharmaco-
cogn. 35(3): 207-214. (in Korean with English summary)
- Shah, SH. 2007. Effect of kinetin spray on growth and productivity of black cumin plants. Russian Journal of Plant Physiology. 54(5): 702-705.
- Shon, TK · SC Lee and KU Kim. 1993. Biochemical effects of ABA and GA₃ on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Agricultural research bulletin of Kyungpook national university. 11: 31-41. (in Korean with English summary)
- Synková, H · K van Loven and R Valcke. 1997. Increased content of endogenous cytokinins does not delay degradation of photosynthetic apparatus in tobacco. Photosynthetica. 33: 595-608.
- Vu, NT · HM Kang · YS Kim · KY Choi and IS Kim. 2015. Growth, physiology, and abiotic stress response to abscisic acid in tomato seedlings. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 56(3): 294-304.
- Watkins, JT and DJ Cantliffe. 1983. Hormonal control of pepper seed germination. Hort-Science. 18: 342-343.
- Yoon, ST · DJ Lee and YH Kim. 1999. The technology for increasing seed viability by priming treatment and plant growth regulators in medicinal plants. Kor. J. Int. Agri. 11(1): 85-95. (in Korean with English summary)
- Yoshida, H. 2015. Practice of nature restoration on engineered slopes and the problem using native plant seeds in Japan. Proceedings of International Symposium of "Seed Treatment and Use for Ecological Restoration on Degraded Areas near DMZ"