

ORIGINAL ARTICLE

## 번행초의 대량번식을 위한 종자처리가 발아력에 미치는 영향

강점순 · 박은지 · 김소희 · 허 유 · 박영훈 · 최영환 · 손병구 · 임우택<sup>1)</sup> · 서정민<sup>2)</sup>\*

부산대학교 원예생명과학과, <sup>1)</sup>안동대학교 응용화학과, <sup>2)</sup>부산대학교 바이오환경에너지학과

### Effect of Seeds Treatment on Germinability of *Tetragonia Tetragonides* Seeds

Jum-Soon Kang, Eun-Ji Park, So-Hee Kim, You Heo, Young-Hoon Park,  
Young-Whan Choi, Beung-Gu Son, Woo-Taik Lim<sup>1)</sup>, Jeong-Min Suh<sup>2)</sup>\*

Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

<sup>1)</sup>Department of Applied Chemistry, Andong National University, Andong 760-749, Korea

<sup>2)</sup>Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

#### Abstract

*Tetragonia tetragonides* is a medicinal plant native to ocean sand soil of southern provinces and has significant effects on the prevention and curing of gastroenteric disorders. Despite of its popularity, supply of the plant has never met the level of demand because of the absence of an adequate culturing method.

The present study, thereby, was conducted for classifying the plants with geographically different characteristics, studying growth habits, developing a new culturing method and establishing a large scale propagation system of selected superior individual plants. The study was also aimed for revealing optimum conditions for seed treatment, fertilization, and efficient culturing system and thereby, for utilizing the plant as a new income source for rural communities.

The seed was elongated with size of 2.6 mm (width) × 1.8 mm (length). No difference in seed size was observed depending on different inhabitate. Each flower produced about 4.5~4.8 seeds. Germination rate was high for seeds matured for 40 days after fertilization, but deceased to 50% for seeds matured only for 20 or 30 days.

Seed dormancy lasted 6 months and seed storage at humid 5°C facilitated germination. Mechanical obstruct of seed germination was due to seed coat and removal of seed coat enhanced the germination rate. Optimum temp. for seed storage was 5°C, and high germination rate was maintained for 350 days. However, for stratification condition or at room temperature, germination was significantly reduced as storage time increased

Optimum treatment of plant growth regulators was soaking in GA<sub>3</sub> 250 mg/L for 1 hr. The priming treatment with 50 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> at 20°C for two days improved the seed germination with 10% compared to non-treated control.

The treatment of 20% NaOCl for 3 hr. improved the seed germination rate up to 10% and 1 day ahead.

**Key words** : *Tetragonia tetragonides*, Seeds treatment, Germination rate, Fertilization, Seed dormancy

Received 20 November, 2013; Revised 27 January, 2013;

Accepted 17 February, 2014

\*Corresponding author : Jeong-Min Suh, Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

Phone : +82-55-350-5436

E-mail : suhjm@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서 론

변행초(*Tetragonia tetragonides* Pall.)는 갯상추 또는 뉴질랜드 시금치로 불리지고 있고, 우리나라 중부 이남의 바닷가 모래사장이나 바위틈에서 자라는 다육질의 다년초로서, 일본 중국 동남아 호주 뉴질랜드 남미 등에서 서식하고 있다(Lee 등, 2008). 변행초는 생체를 샐러드해서 먹거나 데쳐서 나물로 먹는 식용작물로 쓰이지만 위암, 위염, 위궤양, 위산과다, 소화불량 등 갖가지 위장병에 치료 및 예방효과가 높은 약초이기도 하다. 최근 한방약제 중에 포함되어 있는 다당류의 약리활성을 이용한 암의 치료 및 예방이 중요시되고 있다(Choi 등, 2008; Kato 등, 1985).

변행초는 여러 가지 기능성 물질과 약리효능이 풍부하여(Lee 등, 2008; Mori와 Kinsho, 1988; Singn와 Schmidt, 1898) 의약품, 건강보조식품 및 다양한 기능성 제품이 개발된다면 신소득 작물로 각광을 받을 수 있을 것이다.

전 세계적으로 대체의학과 기능성 식품에 대한 관심이 증가하면서 이에 대해 개발, 투자를 한창 진행 중에 있으며, 세계 시장규모가 700억 달러라는 거대시장을 형성하고 있다. 중국은 한약재의 생산 종류만 12,807종, 재배면적 38만 ha, 약재 생산기지 600여개, 연간 200여종의 한약재를 7.7억불 수출하고 있는 상태이다.

우리나라의 경우 일부 품목을 제외한 대부분의 한약재가 국제경쟁력이 약하여 수입량이 지속적으로 증가하고 있으며 수입의존도가 49%이상이다. 따라서 국내 약용재배 농가의 보호와 경쟁력을 확보하기 위해서는 국내자생종 중에서 외국에 비해 비교우위에 있는 약초를 개발하고 이를 재배시키는 노력이 필요하다.

남부지방의 바다 모래에서 자생하는 변행초를 옛날에는 ‘바다의 상추’라고 할 정도로 귀하게 취급되었으며, 위장병의 예방 및 치료효과가 뛰어난 약초이다. 이와 같이 변행초는 약리효능이 우수하여(Aoki 등, 1982; Bar와 Schmidt, 1988; Kato 등, 1985; Kemo 등, 1979; Mori와 Kinsho, 1988; Okuyama와 Yamazaki, 1983; Singn와 Schmidt, 1989) 그 수요가 급증하고 있으나, 재배법이 개발되지 않아 수요를 충족시키지 못

하고 있다.

이와 같이 변행초도 자연채취에 의한 소량생산만으로는 약효와 품질의 동등성을 유지하기가 매우 어렵고 안전수급 조절이 불가능하기 때문에 재배화 기틀을 다질 수 있는 대량번식법 확립이 절실하다. 이러한 시대적 요구 사항이 높음에도 불구하고 변행초의 대량번식과 관련된 국내외적으로 연구는 그다지 많지 않았다.

따라서 본 연구는 변행초의 지역적 고유한 번식특성을 분류하고, 생육습성을 구명하여 재배화를 위한 대량번식 체계를 확립하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 자생지별 종자특성 검정

변행초 대량번식 체계를 확립하기 위하여 경북 포항, 부산 다대포 및 제주도 서귀포 해안가 등 3지역을 중심으로 변행초의 종자특성을 검정하였다. 조사항목은 한 화기당 종자수, 과실형태, 종자중량, 횡단직경 및 종단직경, 천립중 및 종자색을 조사하였다.

### 2.2. 종자성숙 일수가 종자중량에 미치는 영향

본 실험에 사용된 변행초는 종자는 포항일대의 해안 자생지에서 수집한 종자를 부산대학교 온실에서 4리터 플라스틱 포트에 파종하여 실험에 사용하였다. 사용된 상토는 농우바이오의 식물세계를 사용하였고, 재배방법은 농시표준법에 준하여 실시하였다. 실험목적은 변행초 종자가 개화수분 후 종자발육 정도를 추적하여 수확적기를 진단할 수 있는 종자성숙일수를 확립하고자 하였다. 이를 위해 개화 후 1일, 3일, 5일, 7일, 9일, 12일, 15일, 18일, 22일, 25일, 30일, 35일, 40일 및 50일 경과한 변행초 종자 30립을 3반복으로 채취하여 종자 생체중을 측정하였다.

### 2.3. 수분 후 성숙일수가 종자발아력에 미치는 영향

수분 후 성숙일수가 종자 발아력에 미치는 영향을 조사하기 위해 4리터 플라스틱 포트에 파종하여 온실에서 생육시킨 변행초를 이용하였다. 개화수분 후 일수 즉 종자의 발육일수가 20일, 30일, 40일, 50일 경과한 종자를 각각 채종한 후 발아력을 검정하여 발아력을 극대화시킬 수 있는 최적 채종일수를 구명하

고자 하였다. 발아실험은 50립의 종자를 3반복으로 광조건의 20℃ 및 25℃ 항온기에서 치상하여 실시하였다.

**2.4. 과피 및 발아공 정단 제거가 발아에 미치는 영향**

배의 신장을 기계적으로 억제하고 있는 자엽과 종피(발아공 정단) 및 과피가 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 번행초 종자의 발아공 정단을 면도날을 이용하여 3 mm 절단하였다. 과피 제거는 핀셋을 이용하여 배나 자엽이 손상되지 않도록 주의 깊게 제거하였다. 이들 종자를 20℃ 및 25℃에 50립의 종자를 3반복으로 치상하여 발아력을 검정하였다.

**2.5. 휴면성 검정 및 저장조건 확립**

채종한 종자의 적정 저장조건을 구명하고, 휴면을 타파시킬 수 있는 저장조건을 확립하고자 모주에서 완전성숙 종자를 채종하여 수분함수량이 7%을 유지하도록 음건시킨 후 5℃ 저온습윤처리(층적처리), 5℃ 냉장고 저장 및 실온에서 1일, 15일, 30일, 50일, 70일, 90일, 120일, 150일, 200일, 250일, 300일, 350일간 각각 저장하여 광조건의 23±2℃ 항온기에서 발아력을 비교하였다. 저온습윤처리는 25 × 35 × 20 mm 플라스틱 용기에 모래와 종자를 혼합하고 이어서 수분을 공급하여 종자의 함수율을 22% 유지하도록 처리하였다.

**2.6. 생장조절제 처리에 의한 휴면타파 효과**

휴면중인 번행초 종자를 휴면타파에 식물생장조절제 처리 효과를 검정하기 위해 gibberellic acid(GA<sub>3</sub>), 6-benzylaminopurine(BAP) 및 kinetin를 사용하였다. 각각의 식물생장조절제의 처리 농도는 GA<sub>3</sub>는 50 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L, 500 mg/L 및 1,000 mg/L였고, BAP와 kinetin은 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L 및 500 mg/L였다. 식물생장조절제 종자 처리방법은 생장조절제의 종류 및 농도별로 조제된 처리용액 50 mL에 20 g의 번행초 종자를 넣고 밀봉하여 20℃에서 1시간 동안 침지하였다.

침지 후 종자표면에 잔존하고 있는 식물생장조절제를 제거하기 위해 증류수로 2분간 종자를 수세하여 발아실험에 이용하였다.

발아실험은 직경 9 cm의 페트리디쉬에 흡습지(Whatman

No. 2) 1장을 깔고 50립의 종자를 3반복으로 치상하였다. 발아율 조사는 종자를 치상한 후 20일까지 1일 간격으로 하였으며, 유근이 종피를 뚫고 1.0 mm 이상 신장된 것을 발아한 것으로 하였다. 발아속도를 나타내기 위한 최종발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일수(T<sub>50</sub>)는 아래 공식에 의해 산출하였다.

$$T_{50} = T_i + \frac{(N+1)/2}{(N_j - \Xi)} \times (T_j - T_i)$$

- N: 발아조사 마감시간까지 발아된 종자수의 합계
- N<sub>i</sub>: N에 대한 50% 직전까지 발아된 종자수의 합계
- N<sub>j</sub>: N에 대한 50% 직후에 발아된 종자수의 합계
- T<sub>i</sub>: N<sub>i</sub> 시점까지 소요된 발아기간
- T<sub>j</sub>: N<sub>j</sub> 시점까지 소요된 발아기간

**2.7. 화학적 파상제 처리에 의한 종자 발아성**

종자파상 처리에 사용한 화학제는 Acetone, KOH, NaOH, NaOCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, MTOH 였으며, 농도는 20%(v/v)였다. 파상 처리시간은 30분, 1시간, 3시간, 5시간, 7시간으로 달리하였다. 파상 처리는 100 mL의 비커에 종자를 20 g 넣고 처리용액을 50 ml 공급하였다. 파상 처리된 종자는 증류수에 1분간 수세하여 실온에서 12시간 건조시킨 다음 일장(18시간 광, 6시간 암) 조절된 20℃ 항온기에서 발아력을 검정하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 종자특성**

번행초의 원산지는 뉴질랜드이나 중국, 일본, 남아시아, 오스트레일리아, 남아메리카 등지에도 분포하고 있는 다년생 속근초이다. 우리나라의 경우 중부 이남의 바닷가 모래사장이나 바위틈 같은 곳에서 자라는데 따뜻한 곳에서는 여러 해 동안 살지만 추운 지방에서는 겨울철에 고사하는 특징을 가지고 있다. 우리나라 번행초 자생 군락지의 과실 및 종자 특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 자생지에 관계없이 종자의 형태는 원추형이었다. 또한 과일과 종자 크기는 자생지역에 의한 차이가 크지 않았고, 대략적으로 종단길이는 9.7 mm 내외 횡단직경은 6.7 mm 정도였다.

종자형태는 신장형이었고, 자생지에 관계없이 중

자는 2.6 mm(횡단길이) × 1.8 mm(종단 직경)크기였다. 화기당 종자수도 4.5~4.8개 착생하였고, 종자색깔은 짙은 갈색을 나타내었다. 천립중은 68.4 g이었다.



Fig. 1. *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze plant at flowering stage in greenhouse.

### 3.2. 종자성숙 일수가 종자중량에 미치는 영향

수분과 수정을 끝낸 종자는 세포분열과 신장을 위한 수분의 흡수로 종자중량은 증가하게 되고, 배유나 자엽에는 저장양분이 축적하게 된다(Khan, 1992). 개화수분 후 종자가 발육하는 과정 중 종자중량 변화를 조사한 결과는 Fig. 2에서 나타내었다.

변형초 종자는 수분 직후 중량은 0.62 mg 이었고, 15일째에는 151 mg을 보이다가 35일째까지 종자중은 지속적으로 증가하였다. 따라서 변형초 종자의 생리적 성숙 시점은 개화수분 후 35일까지였고, 그 이후 50일째까지는 흡수된 수분이 탈수되면서 종자중이 감소하였고, 종자색은 다갈색으로 전환되는 형태적 성숙기였다(Fig. 2). 따라서 변형초서 종자의 수확시점은 40~50일 정도가 좋을 것으로 예측되었다.

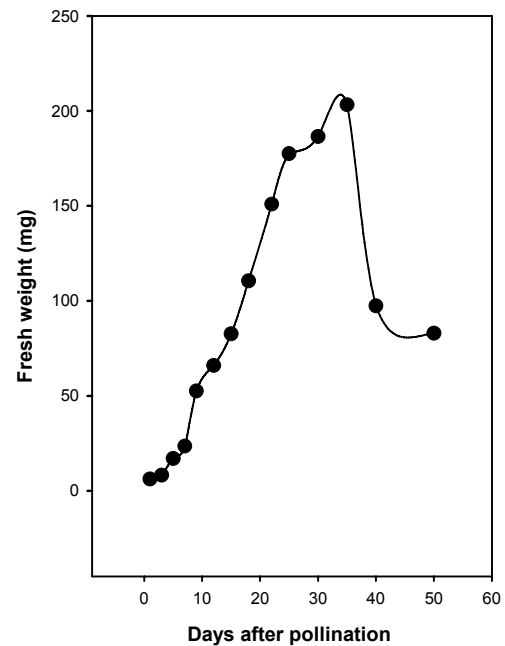


Fig. 2. Changes in seed fresh weight of maturity days in *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze days after anthesis.

### 3.3. 수분 후 성숙일수가 종자발아력에 미치는 영향

변형초 종자는 개화수분후의 종자성숙일수에 따라 발아율에는 큰 차이가 있었다. 20°C에서 발아시킨 20일간 성숙된 변형초 종자의 발아율은 23.6%에 불과했으나, 40일과 50일간 성숙된 종자는 76.7% 및 73.3%의 발아율을 보였다. 본 실험에서 개화수분 후 20일과 30일간 성숙된 종자에서 발아율이 낮았던 원인은 20일째는 생리적 성숙이 완성되지 못했던 시기에 수확됨으로써 저장양분의 부족에 의한 것으로 추정되며, 30일째는 건물중이 최고에 도달하여 생리적으로는 성숙되었으나 배아 자엽이 형태적으로 미숙하여 발아율이 낮았던 것으로 해석된다.

Table 1. Morphological characteristics of *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze seeds in Korea

Location	Fruit size (mm)		Seed size (mm)		No. of seeds/flower	Seed type	Seed color	1000 seed weight (g)
	Length	Diameter	Length	Diameter				
Pyowang	9.7	6.7	2.6	1.8	4.5	Reniform	Dark brown	68.36

이에 반해 40일 성숙 종자는 형태적 성숙이 완성되어 높은 발아 잠재력을 보였다. 또한 개화수분 후 40일간 성숙된 종자는 다른 성숙일수에 채취된 종자에 비해 빠른 발아속도를 보였다. 이러한 결과는 성숙일수를 달리한 종자를 25℃에서 발아시킨 경우에서도 유사한 결과를 얻었다. 변형초의 경우 무한화서로써 개화기가 4월부터 11월까지 장기간에 걸쳐 이루어지므로 개화기 차이에 의해 채종 시에는 성숙종자와 미숙종자가 혼재되어 있으므로 대량번식으로 재배화로 연결되기 위해서는 충실종자의 확보뿐만 아니라 미숙종자에서 발아증진 방안도 모색되어야 할 것이다. 일반적으로 건조저항성 종자들의 채종적기는 종자 건물중이 최고에 도달하는 시기인데 변형초에서 우량종자를 채종할 수 있는 최적 종자성숙일수는 40일 이었다 (Table 2).

**Table 2.** Effect of days after anthesis(DAA) and germination temperatures on percent germination and T<sub>50</sub> of *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze seeds in Korea

Days after anthesis (DAA)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
<i>Germinated at 20 °C</i>		
20	23.6	8.87
30	46.6	8.23
40	76.7	7.12
50	73.7	7.21
LSD(0.05)	2.2	0.4
<i>Germinated at 25 °C</i>		
20	19.6	8.62
30	48.2	7.55
40	72.3	6.68
50	71.2	6.54
LSD(0.05)	3.4	0.3
Significance		
DAA(A)	*** <sup>z</sup>	***
Germination temp. (B)	***	**
A × B	***	*

<sup>z</sup> \*, \*\*, \*\*\* significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

### 3.4. 과피 및 발아공 정단 제거가 발아에 미치는 영향

배의 신장을 억제하는 기계적 장벽이 발아에 미치는 영향을 보고자 종자의 과피제거 및 발아공 정단을

제거하여 그 효과를 조사하였다(Table 3). 발아온도에 관계없이 과피와 발아공 정단을 제거하여 배 신장을 억제하는 기계적 장벽을 제거하면 발아율이 향상되었다. 그 효과는 발아공 정단을 제거한 것보다 과피를 제거한 처리에서 현저하였다.

과피를 제거한 종자는 20℃와 25℃의 발아온도에서 발아율이 증진 될 뿐만 아니라 발아촉진 효과도 있었다. 과피를 제거하여 20℃와 25℃에서 발아시킨 변형초 종자는 50% 발아에 소요되는 일수 즉 T<sub>50</sub>이 무처리 종자에 비해 3.1일 조기발아 하였다.

배 신장을 억제하는 물리적 저항요인은 과피와 배유로 대별될 수 있다. 배유나 자엽의 유연화는 배에서 생성되는 지베렐린에 의해 촉진되며(Karssen 등, 1989) 고온 및 산소공급은 지베렐린 생성을 촉진하여 배유의 유연화를 촉진시키지만 ABA, 삼투압 및 저온은 배유의 유연화를 지연시켜 발아를 억제시킨다(Watkins와 Cantliffe, 1983).

**Table 3.** Effect of removal seed coat, de-micropylar tip on percent germination and T<sub>50</sub> of *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze seeds

Seed treatment	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
<i>Germinated at 20 °C</i>		
De-coated	88.4 a z	3.01 c
De-micropylar tip	82.4 a	3.42 b
Intact	70.7 b	6.12 a
<i>Germinated at 25 °C</i>		
De-coated	90.2 a	2.78 c
De-micropylar tip	88.0 a	3.34 b
Intact	72.2 b	5.88 a

<sup>z</sup> Means in columns with each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05

종자에서 종피는 발아억제 물질의 함유, 수분흡수 및 공기교환의 억제, 배생장의 기계적 장벽으로 작용하여 발아에 관여한다(Karssen 등, 1989). 과피의 물리적 저항은 발아직전까지 지속되며(Karssen 등, 1989), Watkins와 Cantliffe은 배유정단을 5 mm 제거하면 발아촉진 효과가 뚜렷하나, 종피를 제거하면 그 효과가 미약하다고 하였다(Watkins와 Cantliffe, 1983).

그러나 본 실험에서는 발아공 정단보다 과피를 제거함으로써 발아율이 향상되었고, 발아도 촉진되었다. 따라서 변형초에서 과피의 기계적 장벽이 발아 억제에 주된 요인이었고, 자엽의 기계적 저항은 부가적인 장벽으로 작용하는 것으로 추정된다.

### 3.5. 휴면성 검정 및 저장조건 확립

변형초를 연중재배하기 위해서는 휴면타파 기술 확립이 선행되어야 한다. 변형초 종자의 적정 저장조건을 구명하고, 휴면을 타파시킬 수 있는 저장조건을 확립하고자 모주에서 완전성숙 종자를 채종하여 수분함수량을 7%로 음건시킨 후 5°C 저온습윤저장(층적처리), 5°C 냉장고 저장 및 실온에서 350일간 저장하여 시기별 발아력을 비교하였다(Table 4).

변형초의 발아율은 저장방법에 따라 큰 차이가 있었고, 저장기간, 저장방법 및 이들 요인 상호간에도 유의성을 보였다. 특히 수확 후 저장기간에 따라 발아율과 발아속도에 현저한 차이를 보였다.

변형초는 채종직후 발아율이 12.6% 불과하여 휴면 상태였으나, 저장기간이 경과할수록 휴면이 타파되어 발아율이 상승되었다. 특히, 5°C 저온습윤저장은 저장 15일 경과하면서 휴면이 서서히 타파되었고, 저장 30일 이후부터 90일째까지는 발아율이 72%의 상승하였다. 그러나 저장 120일 이후부터는 발아율이 48% 이하로 급격하게 감소되었다. 이러한 원인은 저온습윤 처리에 의해 휴면은 타파되었으나, 높은 종자함수율(22%)로 인해 저장기간이 경과하면서 과도한 호흡에 의한 저장양분의 소모로 발아율이 감소한 것으로 해석된다.

5°C에서 저장은 50일부터 63% 발아하여 휴면이 서서히 타파되었다. 뿐만 아니라 350일간 저장하여도 76% 이상의 높은 발아율을 유지하였다. 반면 실온에서 저장된 종자는 50일부터 56% 발아하여 휴면이 서서히 타파되었다. 실온에서 저장기간이 길어지면 발아율이 감소하였고 350일 저장된 종자의 발아율은 58%에 불과하였다.

**Table 4.** Effect of stratification storage periods on percent germination and T<sub>50</sub> of *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze seeds. Seeds were light-germinated at 23°C for up to 20 days

Storage periods (days)	Storage conditions					
	Stratification		5°C		Room temp.	
	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
0	12.6	7.89	12.4	7.89	12.4	7.89
15	47.6	6.12	25.3	6.83	28.3	6.61
30	74.7	6.37	39.3	6.43	35.3	6.71
50	73.0	6.42	63.0	6.68	56.0	7.78
70	76.6	5.87	63.6	6.92	61.6	7.94
90	72.6	5.48	76.4	7.12	67.6	7.81
120	48.6	5.76	72.6	6.78	62.3	7.30
150	42.2	5.47	75.4	7.68	66.6	8.53
180	45.2	5.67	78.0	7.04	68.3	8.12
200	48.2	5.83	72.8	6.83	63.2	8.34
250	49.4	5.78	80.5	6.67	60.3	7.88
300	52.4	5.42	78.6	7.06	64.4	8.22
350	50.8	5.58	76.6	7.12	58.3	8.44
Significance			Germination		T <sub>50</sub>	
Storage conditions (SC)			***		**	
Storage periods (SP)			***		***	
SC x SP			**		**	

<sup>z</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.01$  or  $0.001$ , respectively.

발아속도도 저장기간에 따라 차이가 있었다. 채종 직후 종자는 최종발아율에 대한 50% 이상 발아하는데 소요되는 일수(T<sub>50</sub>)는 7.8일 이었고, 70일째의 저온 습윤저장 종자는 T<sub>50</sub>이 2일 정도 단축되어 조기발아 하였다.

채종직후 종자에서 발아가 지연되는 원인은 배의 구조적인 미숙으로 유근이 배유세포층을 뚫고 신장할 수 있는 물리적 힘의 약화(Karssen 등, 1989)와 배유 조직의 미발달로 인한 배 성장에 필요한 영양급원의 제한(Watkins와 Cantliffe, 1983)과 종자 내에 발아억제물질이 축적됨으로써 종자휴면을 유기하고, 이는 곧 발아지연으로 연결된 것으로 해석된다.

일반적으로 미숙종자들은 모주 식물체로부터 이탈되면, 배가 미성숙하여 크기가 작고 분화가 완전히 이루어지지 않기 때문에 일정기간 후숙 처리에 의해서 발아가 가능하다. 그러나 변형초는 자생지에서 채종 직후 발아율이 12%에 불과하였고, 50일 이후부터 50% 이상 발아하여 휴면기간이 약 50일 정도로 판단되었다(Table 4).

저온습윤저장은 30일부터 휴면이 타파되어 발아율 잠재력도 높았을 뿐만 아니라 발아속도는 다른 처리에 비해 단축되어 조기발아 하였으나, 120일 이후부터 발아율이 감소하는 단점이 있었다. 저장종자가 발아력을 상실하는 원인은 원형질을 구성하는 단백질의 변성과 호흡으로 인한 저장양분의 소모이며, 이에 관여하는 요인은 저장온도와 종자함수율이라고 알려져 있다(Bradford, 1986).

따라서 실온저장에서 종자수명이 급격하게 상실된 원인은 5℃ 저장에 비해 고온조건이었고, 이는 곧 호흡상승을 주도함으로써 저장양분의 소모에 의한 것으로 해석된다. 변형초 종자를 장기간 저장을 위해서는 낮은 종자함수율로 5℃ 저온저장이 최적 조건으로 판단된다. 종자수명은 작물 고유의 유전적 성질에 따라 단명종자, 상명종자, 장명종자로 구별되는데, 변형초는 상명종자로 해석된다.

3.6. 생장조절제 처리에 의한 휴면타파 효과

변형초는 높은 약리효능을 보유하고 있어 그 수요가 지속적으로 증가하고 있으나, 대량번식 체계가 확립되지 않아 자연채취에 의존하고 있으며, 자연채취

는 수요를 충족시키기에는 한계가 있다.

따라서 변형초를 재배식물화 하기 위해서는 강건한 묘 생산과 직결되는 발아증진 방안이 확립되어야 할 것이다. 이미 식물생장조절물질을 이용한 종자처리 는 휴면타파, 불량조건에서 발아증진 및 유묘생장 촉진에 유용하다고 알려져 있다(Bcklehurst 등, 1983; Davis 등, 1990; Haissig, 1972; Pyzik와 Orzolek, 1986).

**Table 5.** Effect of plant growth regulators (PGRs) on percent germination and days to 50% of the final germination percentage (T<sub>50</sub>) of *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze seeds at 23 °C

Plant growth regulators <sup>z</sup>	Conc. (mg/ℓ)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Untreated		44.3	8.10
GA <sub>3</sub>	50	66.3	7.20
	100	68.8	6.59
	250	74.4	6.64
	500	66.1	6.86
	1000	71.2	6.56
BAP	25	62.6	7.51
	50	62.3	7.66
	100	61.6	7.96
	250	38.3	7.55
Kinetin	500	35.0	7.40
	25	59.3	7.73
	50	54.6	7.80
	100	51.3	7.36
	250	42.3	7.10
	500	29.6	7.45
Significance			
Plant growth regulators (PGR)		*** y	***
Concentration(CC)		**	**
PGR x CC		**	*

<sup>z</sup> Seeds were soaked with different plant growth regulators and their concentrations at 20 °C for 1 hr. After soaking seeds were washed for 2 min and then light-germinated at 23 °C for up to 20 days

<sup>y</sup> \*, \*\*, \*\*\* Significant at P ≤ 0.05, 0.01 or 0.001, respectively.

이러한 목적으로 변형초를 몇 가지 식물생장조절제 종류 및 농도를 달리한 용액에 종자를 침지하여 발아촉진 효과를 비교하였다(Table 5). 식물생장조절제 처리에 의한 발아율과 발아속도는 식물생장조절제 종류 및 농도에 따라 큰 차이가 있다. GA<sub>3</sub> 처리는 처리

농도에 관계없이 66% 이상 발아하여 무처리 종자의 44%에 비하여 20% 전후의 발아증진 효과가 있었고, 발아속도(T50)도 무처리 종자에 비해 약 1.2일 정도 빨랐다.

적정 식물생장조절제 및 처리수준은 GA<sub>3</sub> 250 mg/L 농도에서 1시간 침지처리한 종자는 74.4%의 높은 발아율뿐만 아니라 발아균일성도 향상되었다. 사이토키닌 BAP와 kinetin은 비교적 저농도인 25 mg/L에서 발아율이 높았으며, 100 mg/L 수준까지 무처리 종자에 비해 발아증진 효과가 있었다. 그러나 250 mg/L 이상의 농도에서는 오히려 발아율이 감소하였다. BAP와 kinetin의 두 처리간 발아율은 유의차가 없었으나, BAP가 kinetin 보다 조기 발아하는 경향이 있었다.

종자 발아에 지베렐린은 일차적으로 관여하며, 시토키닌은 단독으로 발아를 촉진시키지 못하나 지베렐린이 존재할 때 발아촉진의 상승효과를 가진다고 하였다. 변형초에서 GA<sub>3</sub> 처리에 의해 발아가 촉진된 원인은 배 또는 종피에 존재하는 ABA, coumarin, phenolic acid 등 발아억제 물질의 활성을 저하시키고, 저장양분 분해 효소의 활성(Watkins와 Cantliffe, 1983)에 의해 발아가 증진된 것으로 해석된다.

### 3.7. 화학적 파상제 처리에 의한 발아촉진

종자가 발아하기 위해서는 유근정단이 견고한 배유층과 종피를 통과할 수 있는 물리적인 힘이 필요하다. 따라서 종자 휴면성과 종피의 기계적 장벽을 극복하기 위해 강산과 강알칼리를 처리하여 종피를 연화시키는 종자처리 방법이 실용적으로 이용되고 있다. 이러한 기술을 근거로 변형초 종피의 기계적 저항성을 감소시키기 위해 화학적 파상제에 침지하여 인위적으로 종피를 연약화시킨 후 변형초에서 발아성을 향상시킬 수 있는 최적 화학제의 종류 및 처리시간을 구명하고자 하였다(Table 6).

KOH를 이용한 종자파상 처리는 처리농도와 처리시간에 관계없이 6% 이하의 발아율을 보였고, HCl 또한 처리시간에 관계없이 8% 미만의 낮은 발아율을 보여 변형초에서 발아율 향상시킬 수 있는 적당한 화학적 파상제는 아니었다. 강산성인 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 30분간 파상처리는 60.7% 발아하여 무처리의 75.6% 보다 14%의 발아율이 낮았고, 처리시간이 5시간과 7시간으로

**Table 6.** Effect of chemicals scarification and organic solvent seed treatment on the percent germination and T<sub>50</sub> of *Tetragonia tetragonides* (Pall.) Kuntze. seeds at 20 °C

Seed treatment <sup>z</sup>	Soaking time (hour)	Germination (%)	T <sub>50</sub> (days)
Chemicals concentration (20%)			
Acetone	0.5	82.7	2.82
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		60.7	4.09
HCl		2.0	2.86
KOH		1.3	4.83
NaOCl		82.0	4.32
NaOH		71.3	4.24
MTOH		81.3	2.86
Acetone	1	82.7	3.63
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		73.3	5.28
HCl		0.0	-
KOH		1.3	-
NaOCl		84.3	4.36
NaOH		76.7	4.76
MTOH		81.3	2.35
Acetone	3	84.7	3.87
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		54.7	4.79
HCl		1.3	1.87
KOH		6.0	2.86
NaOCl		85.4	3.42
NaOH		73.3	4.42
MTOH		81.3	3.35
Acetone	5	77.3	5.35
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		24.0	5.62
HCl		0.0	-
KOH		8.0	9.13
NaOCl		83.2	3.43
NaOH		85.3	4.73
MTOH		83.2	3.65
Acetone	7	62.6	4.22
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		1.3	5.83
HCl		0.0	-
KOH		15.3	4.65
NaOCl		85.1	3.51
NaOH		83.7	3.97
MTOH		85.3	3.65
Untreated		74.6	4.22
		Germination	T <sub>50</sub>
Significance			
Chemicals (A)		*** <sup>y</sup>	***
Soaking time (B)		***	***
A × B		**	**

<sup>z</sup> Seeds were soaked with different chemicals scarification and their concentrations at 20 °C for 1 hr. After soaking seeds were washed for 2 min and then light-germinated at 20 °C for up to 10 days

<sup>y</sup> \*, \*\*, \*\*\* Significant at  $P \leq 0.05, 0.01$  or  $0.001$ , respectively.



길어질수록 발아율이 24%와 1.3%로 급격하게 감소되었다. 이러한 원인은 처리기간이 경과하면서 종피 연화는 촉진되었으나, 종자의 유근정단에 손상을 받아 발아력이 상실된 것으로 해석된다.

강알카리인 NaOH 처리에서는 처리시간에 따라 약간의 차이는 있으나 단시간 처리(30분, 1시간)에서는 무처리보다 발아율이 낮았으나, 오히려 3~7시간 처리가 무처리보다 발아율이 10% 이상 향상되는 경향을 보였고, 50% 발아에 소요되는 일수도 무처리보다 빨랐다.

유기용매인 acetone과 MEOH 처리에서는 처리시간에 관계없이 무처리보다 발아율이 높았고, acetone는 30분간 처리에 의해 82.7% 발아하였고, 50% 발아에 소요되는 일수는 2.82일 무처리보다 2.2일 빨랐다. 그러나 처리시간이 5시간 이상 경과하면 발아율이 77%와 66%로 감소하였다. MEOH 처리는 처리시간에 관계없이 무처리보다 10% 높은 발아율을 보였고, T<sub>50</sub>도 무처리에 비해 빨랐다.

따라서 변행초에서 MEOH 처리는 화학적 파상제로의 가치가 인정되었다. 유기용매의 종자처리는 특히 경피종자에서 그 효과가 인정되며, 경피종자는 종피를 구성하는 큐티클층이 발달하여 공기와 수분이 배내로의 이동을 제한함으로써 발아하지 않거나 휴면 중인 종자가 대부분이다. 경피종자에 유기용매를 처리하면 유기용매들이 침투성이 좋아 종피를 통과하여 수분과 공기유동 통로를 제공하고, 또한 유기용매들이 휘발되면서 종자내에 존재하는 발아억제물질을 불활성 시킴으로서 발아가 촉진되는 것으로 해석된다.

NaOCl를 이용한 파상처리는 다른 파상제에 비해 전반적으로 높은 발아율을 보였고, 발아속도 또한 단축되어 조기발아 하였다. NaOCl를 이용한 파상처리는 처리시간을 연장하더라도 다른 파상제에서 흔히 나타나는 급속한 종자활력 감퇴현상이 나타나지 않았다. 또한 고농도로 처리하더라도 발아율이 저하되는 현상도 낮았다. 발아율을 향상시킬 수 있는 NaOCl 최적 처리조건은 20% 농도로 3시간 처리였는데, 무처리 종자보다 발아율이 10% 높았고, 50% 발아에 소요되는 일수는 1일 정도 빨랐다.

변행초에서 발아율을 증진시킬 수 있는 최적 파상제 처리조건은 20%의 NaOCl 용액으로 3시간 처리였다.

#### 4. 결론

변행초는 개화수분 후 40일 성숙된 종자에서 발아율이 높았으나, 20일나 30일 성숙종자에서는 50% 미만으로 저조하였다. 변행초 종자의 휴면성은 6개월 정도였으며, 변행초 휴면타파에는 5℃에서 습윤저장이 좋았다. 변행초 종자의 발아의 기계적 장벽은 종피에 있었으며, 종피를 제거하면 발아가 촉진되었고 발아율을 향상되었다.

변행초의 적정 저장조건은 5℃ 저장이었고, 저장 350일 후에도 높은 발아율을 유지하였으나, 저온습윤(stratification)이나 실온저장은 저장일수가 길어지면 발아력이 급속히 감소되었다. 변행초에서 발아율을 향상시킬 수 있는 적정 식물생장조절제 및 처리수준은 GA<sub>3</sub> 250 mg/L 농도에서 1시간 침지처리였다.

변행초 종자는 경피로써 종피의 기계적 장벽이 발아를 억제하였다. 따라서 화학적 파상제인 NaOCl를 20% 용액에 3시간 처리하면 무처리보다 발아율을 10% 향상시킬 수 있었고, 발아속도는 1일 정도 빨랐다.

#### 감사의 글

본 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

#### 참고 문헌

- Aoki, T., Takagi, K., Hira, T., Suga, T., 1982, Two naturally occurring acyclic diterpene and norditerpene aldehydes from *Tetragonia tetragonoides*, *Phytochemistry*, 21(6), 1361-1363.
- Bar, T., Schmidt, R., 1988, Synthesis of a cerebroside having a (4E, 8E)-sphingadienine moiety from *Tetragonia tetragonoides*. *Liebigs Ann, Chem*, 669-674.
- Bradford, K. J., 1986, Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions, *HortScience*, 1105-1112.
- Bcklehurst, P. A., Rankin, W. E., Thomas, T. H., 1983, Stimulation of celery seed germination and seedling growth with combined ethephon, gibberellin and polyethylene glycol seed treatments, *Plant Growth Regulat*, 195-202.
- Choi, H. J., Park, M. R., Kang, J. S., Choi, Y. W., Jeong,

- Y. K., Joo, W. H., 2008, Antimicrobial activity of four solvent fractions of *Tetragonia tetragonioides*, *Cancer Prevention Research*, 34(3), 205-211.
- Davis, T. D., Eells, J. E., Walsler, R. H., 1990, Emergence, growth and freezing tolerance of tomato seedlings grown from uniconazole-treated seeds, *HortScience*, 312-313.
- Haissig, B. E., 1972, Meristematic activity during adventitious root primordium development : Influences of endogenous auxin and applied gibberellic acid, *Plant Physiol*, 886-892.
- Karssen, C. M., Haigh, A., Toorn, P., Weges, R., 1989, Physiological mechanisms involved in seed priming. In recent advances in the development and germination of seed (R.B. Taylorson, ed.), Plenum Press, 269-280.
- Kato, M., Takeda, T., Ogihara, Y., Shimizu, M., Nomura, T., Tomita, T., 1985, Studies on the structure of poly-saccharide from *Tetragonia tetragonioides*. I., *Chem. Pharm. Bull.*, 3675-3680.
- Kemo, M. S., Bueden, R. S., Brown, C., 1979, A new naturally occurring flavanone from *Tetragonia expansa*, *Phytochemistry*, 1765-1766.
- Khan, A. A., 1992, Preplant physiological seed conditioning, *Hort. Rev.*, 131-181.
- Lee, M. A., Choi, H. Y., Kang, J. S., Choi, Y. W., Joo, W. H., 2008, Antioxidant activities of the solvent extracts from *Tetragonia tetragonioides*. J., *Life Sci*, 18(2), 220-227.
- Mori, K., Kinsho, T., 1988, Synthesis of anti-ulcerogenic cerebroside isolated *Tetragonia tetragonioides*, *Liebigs Ann. Chem.*, 807-814.
- Pyzik, T. P., Orzolek, M. D., 1986, The effect of plant growth regulators and other compounds in gel on the emergence and growth of tomato seedling in a cool potting medium. *J. Hortic. Sci.*, 89-94
- Okuyama, E., Yamazaki, M., 1983, The principles of *tetragonia tetragonioides* having Anti-ulcerogenic Activity. II. Isolation and structure of Cerebrosides, *Chem. Pharm. Bull.*, 31(7), 2209-2219.
- Singh, N. P., Schmidt, P. R., 1989, Syntheses of a sphingadienine moiety containing cerebroside from *tetragonia tetragonoides* with antiulcerogenic activity, *J. Carbohydr. Chem.*, 199-216
- Watkins, J. T., Cantliffe, D. J., 1983, Mechanical resistance of seed coat and endosperm during germination of *Capsicum annum* at low temperature, *Plant Physiol.*, 146-150.