미나리 종자번식 체계 확립을 위한 최적 채종단계, 층적처리 및 종자 세척방법 구명

배은지¹ · 나해영^{1,2*}

¹목포대학교 원예과학과, ²목포대학교 자연자원개발연구소

Optimum Seed Maturity, Stratification and Washing Method for Establishment of Seed Propagation System in Water Dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC).

Eunji Bae¹, and Haeyoung Na^{1,2*}

¹Major in Horticultural Science, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

²Mokpo National University Nature Resource Institute, Muan 534-729, Korea

Abstract : The influence of seed maturity, stratification, and seed washing method on seed germination were investigated for establishment of seed propagation system in dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC). Seed germination rate was increased as period of the seed ripening increased, especially the seed over 40 days after flowering showed the highest germination rate. The optimum period of cold stratification treatment to promote seed germination was about 8 weeks. The seed treated by a cold wet stratification with sand exhibited higher germination rate compared to the seed treated by a cold wet stratification without sand. The stratified seeds that were stored in the ground having fluctuating temperature were improved up to 19%, while stratification stored under constant temperature(4°C) did not improve germination rate. In addition, 8 weeks of stratification period under fluctuating temperature in the ground was most effective. Sodium hypochlorite, vital oxide, and distilled water were used as chemicals to remove the germination inhibitor of seed coat. Water washing of seed coat after soaking in 0.5% sodium hypochlorite and 0.0005% vital oxide for three minutes and 60 minutes respectively could effectively remove the germination inhibitors in the seed coat.

Keywords : Flowering, Germination inhibitor, Germination rate, Seed coat

서 언

미나리(*Oenanthe stolonifera* DC)는 인도차이나 원산으로 우리 나라뿐만 아니라 동남아시아, 중국, 일본 등 다양한 기후 지역에 분포하고 있다(Ahn et al. 2010). 약 30여 가지의 자생종이 알려져 있는데 식물학자들은 다양한 기후대에 분포되어 있는 이들을 같은 종으로 취급하고 있다(Lee 2002). 미나리 속 식물들 중에는 독성을 가져 섭취할 수 없는 것들도 있으나 미나리는 독성이 없어 식용이 가능하다. 이러한 미나리

는 각 마디에서 뿌리가 발생하여 한번 심으면 계속 생육하는 다년생의 성질을 가진다(Lee 2003). 또한 적응력이 커서 다습한 토양이나 수중에서 잘 자라 재배가 용이하다(Moon et al. 2004). 미나리는 K, Fe, Ca, P, S, Mg등의 풍부한 무기질이 포함되어 있어 현대인들에게 건강식품으로 각광받고 있는 실정이다(Ahn et al. 2010). 또한 여러 가지 효능을 갖는데, 중금속을 흡수하여 해독작용을 하고 간 기능을 향상시키며 변비와 고혈압에 효과적 이다(Park et al. 2002). 생식으로 복용하게 되면 영양소를 잘 보존한 채로 섭취할 수 있기 때문에 신선채소로서 높은 가치를 인정 받고 있다. 이러한 미나리는 현재 담수 상태의 논에서 영양번식방법으로 재배되고 있다(Lee 2002). 그러나 담수재배는 병해충 발생이 많고 바이러스 감염 시 제거하기 어렵다(Moon & Schneider 1996). 또한

*Corresponding author (E-mail: somerze@mokpo.ac.kr, Tel: +82-61-450-2371, Fax: +82-61-452-0140)

(Received on May 26, 2015. Revised on June 23, 2015.

Accepted on June 23, 2015.)

담수의 특성상 청결한 재배과정을 유지하기 어려우며 특히 수확 후 선별, 세척 및 포장의 복잡한 과정을 거쳐 상품으로 생산되기 까지 열악한 환경에서 많은 노동력과 시간이 요구된다. 그럼에도 불구하고 미나리는 다양한 요리에 사용되는 향신채소이므로 수요가 많고 소비형태가 다양해짐에 따라 연중생산 되고 있는 실정이다(Song & Kwon 1990). 이러한 미나리를 연중 청정한 상태로 재배 및 수확을 가능하게 하기 위해서는 영양 번식에서 종자번식으로의 전환이 필요하다. 만약 영양번식을 이용한 담수재배에서 종자번식을 이용한 밭 재배 및 수정재배로의 전환이 가능하다면 종자를 이용한 플러그 묘를 이용하여 묘 생산과 재배 및 수확과정에서 기계화 및 자동화가 가능하여 미나리 생산의 생력화가 이루어질 것이다. 플러그 묘를 이용한 수정재배와 청정재배가 이루어진다면 악성노동환경에서 많은 노동력과 시간을 투입하지 않고 고품질의 청정한 미나리 생산이 가능할 것이다. 이러한 결과는 소비의 형태를 더욱 다양화 시킬 수 있을 뿐 아니라 더러운 곳에서 자란 미나리라는 소비자의 인식을 변화게 하여 소비량이 증대될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 주년 생산 및 청정재배가 가능한 종자 번식체계를 확립하고자 미나리 종자의 최적 채종단계 구명과 층적처리 방법 및 세척방법을 연구하였다.

재료 및 방법

공시재료로 2012년 9월 13일 목포대학교에서 자가 채종한 미나리(*Oenanthe stolonifera* DC) 종자를 2일 동안 음건한 후 밀봉하여 냉장저장 한 후 사용하였다. 이후 2012년 11월 2일에 종자를 모래와 함께 섞어 습도를 유지한 후 플라스틱 통에 넣어 층적처리를 시작하였다. 목포대학교 부속농장 노지를 50cm 깊이로 판 후 층적처리 한 종자를 매장하였으며, 층적처리 후 모래로부터 종자만을 분리하여 흐르는 미온수로 갈색물이 나오지 않을 때까지 수세처리 하였다. 세척된 종자는 상온에서 2일간 음건하였다. 2013년 5월 22일 비닐하우스 내에서 파종 후 2013년 6월 10일 발아율을 조사 하였다. 직사광선을 피하기 위해 차광막을 이용하였으며, 관수는 상토의

표면이 마르지 않게 저면 관수 하였다. 공시토양은 일반적으로 유통되고 있는 비옥도가 낮은 토양 (바이오 상토, 흥농 종묘(주))을 사용하였으며, 시험 전 토양의 화학성을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

채종단계

최적 채종단계 구명을 위한 개화 일수에 따른 미나리 종자의 발아율조사는 개화 후 15, 20, 30, 40일 된 종자를 채종하여 모래와 함께 층적처리하고 각각 4℃저장고와 50 cm 깊이의 노지에 8주 동안 저장한 후 실시하였다.

층적처리

층적처리 유무에 따른 발아율 조사는 개화 후 40일된 종자를 채종하여 사용하였다. 모래와 함께 혼합하여 층적처리 된 종자는 50 cm 깊이로 판 노지에 매장한 후 12주 동안 저장하였으며, 층적처리를 하지 않은 실험구는 채종 직 후 바로 밀봉하여 4℃ 저장고에 12주 동안 저장 하였다. 12주 동안 각각의 조건에서 저장한 후 세척 및 음건의 과정을 거쳐 발아율을 조사하였다. 층적처리 기간에 따른 발아율 조사는 개화 후 40일 된 종자를 채종하여 층적처리 한 후 4℃저장고와 노지에서 2, 4, 8, 12주 동안 저장하였다. 층적처리가 끝난 종자는 각각 다른 시기에 꺼내어 미온수로 수세처리 한 후 2일 동안 음건 처리하고 para film으로 밀봉하여 4℃저장고에 저장 하였다. 이 후 같은 시기에 파종하여 발아율을 조사하였다.

종자세척

세척방법 및 시간에 따른 미나리 종자의 발아율 조사는 개화 후 40일된 종자를 채종하여 모래와 함께 4℃저장고에서 12주 동안 층적처리 한 후 증류수와 0.5, 1.0, 2.0% Sodium Hypochlorite 그리고 0.00025, 0.0005, 0.001% Vital oxide를 이용하여 3, 15, 60분 동안 진탕 배양기에서 세척한 후 흐르는 미온수에서 갈색 물이 나오지 않을 때까지 씻어 2일 동안 음건한 후 발아 실험을 진행 하였다. 발아조사는 어린 잎이 2개 이상 나온 상태를 발아한 것으로 간주하여 조사하였다 (Fig. 1). 실험 결과는 통계분석용 프로그램인 SPSS statistics

Table 1. Chemical properties of the artificial soil before the experiment.

pH (1:5)	EC (dS/m)	Organic matter (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Extractable cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
				K	Ca	Mg	
5.4	0.2	10	143	0.17	3.1	0.6	7.58

Fig 1. A. The water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC) in plug tray after sowing. B. Seedling growth in plug tray at 60 days after sowing.

(Statistical Package for Social Science, version 12.0, SAS Inc.)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 통해 5% 유의수준에서 각 처리간 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

채종단계

미나리 종자의 최적 채종단계 및 층적처리 기간을 구명하기 위해 개화 후 15, 20, 30, 그리고 40일에 수확한 종자를 (Fig. 2) 8주 동안 층적처리하여 각각 4℃ 저장고와 노지에 저장한 후 개화일수에 따른 발아율을 조사한 결과 개화 후 40일에 수확한 종자의 발아율이 72%로 가장 높게 나타났으며 15, 20, 30일에 수확한 종자의 발아율은 각각 6.7, 16.0, 42.7%로 수확시기가 늦어질수록 발아율이 증가하는 것을 확인하였다 (Fig. 3). 종자가 성숙할수록 발아율은 증가하였으나 개화 후 30일이 경과하면 이미 식물체로부터 탈리가 시작되고 개화 후 40일 이상이 되었을 때는 종자의 80% 이상이 탈리되어 채종량이 급속하게 감소 되었다(Fig. 2). 종자의 숙기는 품질 및 채종량에 중요한 영향을 미치며 특히 건전묘의 생산에도 크게 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Choi et al. 1982, Ekpong 2009, Kim et al. 2014). 따라서 종자의 성숙이 진행

될수록 발아율과 건전묘의 생산은 증가하지만 채종량이 급격히 감소하는 미나리 종자의 특성을 연구하여 종자의 탈립성을 감소시키면서 숙기 및 채종량을 확보할 수 있는 방법을 찾는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

층적처리

개화 후 20, 30, 40일에 채종한 종자를 노지에 층적처리 한 후 파종한 결과, 4℃ 저장고 항온 조건에서 층적처리 하였을 때 보다 발아율이 더 증가하였다(Fig. 3). 종자 층적처리는 3~5℃의 습윤상태에서 30~120일 정도 저장하였을 때 지베렐린이 증가하고 발아억제물질인 ABA 등이 감소하는 등 휴면이 타파되어 종자가 발아할 수 있는 조건이 갖추어진다고 보고된 바 있다(Paul et al. 1973, Ross & Bradbeer 1971). 또한 무 종자의 경우 개화 30일이 경과하여야 저온처리의 효과가 나타났는데 미나리의 경우도 같은 경향을 나타내었다(Han & Lee 1985). 층적처리 과정을 간소화하기 위해 층적처리 유무에 따른 발아율을 조사한 결과 모래 혼합하여 층적처리를 한 처리구가 모래와 혼합하지 않고 바로 저온저장한 처리구보다 19% 향상되었다. 산채종자의 경우 저온습윤 층적처리를 실시한 경우 발아까지 걸리는 단축시킬 뿐 아니라 발아율을 향상시켰다는 보고가 있다(Kim et al. 1988, Park

Fig. 2. Seeds abscission increasing in according to seed maturity process (A) 15days, (B) 20days, (C) 30days, (D) 40days after flowering.

Fig 3. Germination rate in relation to period after flowering and storage condition. Values are the 15 replicate analyses in each of the experiments followed by standard error.

Fig 4. Germination rate in relation to storage with sand or without sand for 12 weeks in 4°C chamber. Values are the 15 replicate analysis in each of the experiment followed by standard error.

et al. 1998). 미나리도 아직 품종화되지 않아 산채종자와 같은 야생종의 특성을 가지고 있기 때문에 층적처리 후의 발아 양상은 일부 산채종자와 비슷한 경향을 보이는 것으로 생각된다. 채종된 종자는 모래와 함께 저온 습윤조건에서 층적처리를 한 후 모래와 함께 세척하기 때문에 세척 과정에서 모래가 종피에 상처를 만든다. 따라서 배가 종피를 쉽게 뚫을 수 있는 조건을 만들고, 또한 수세 과정에서 종피 억제 물질이 제거되어 발아율을 향상 시킨 것으로 사료된다. 층적처리의 효과는 온도 및 환경에 영향을 받으며 외부환경요인에 따라 종자 발아 또는 그 이후의 생육에도 영향을 미치며 층적처리 기간

도 작물마다 다르다고 보고되었다(Conversa & Elia 2009, Kim et al. 2014). 개화 후 40일된 종자를 2, 4, 8, 12주 동안 모래와 함께 층적처리하여 4°C 저장고와 노지에 각각 저장한 후 발아율을 조사한 결과 4°C 항온 조건보다 노지의 변온 조건이 발아율을 더 향상시켰으며, 특히 8주 동안 노지에 저장하였을 때 발아율이 가장 높았다(Fig. 5, 6). 사과나 인삼종자의 경우 일정기간 이상 종자를 저온에 저장하여야만 내생 지베렐린의 함량이 증가하여 발아를 가능하게 하는데 미나리의 경우도 휴면을 타파하기 위해서는 일정 기간의 저온에 노출 되는 것이 필요하였다. 그리고 저온 조건도 항온보다는 변온

Fig. 5. Seeds stratification with sand (A) and without sand (B) for 12 weeks in 4°C chamber.

Fig. 6. Germination rate in relation to period after storage period and storage condition. Values are the 15 replicate analyses in each of the experiments followed by standard error.

이 발아율을 향상시키는 것으로 확인되었다(Kwon & Lee 1997). 또한 같은 속의 *O.conioides*와 *O. aquatic* 종자도 항온보다는 변온에서 발아율이 25%이상 증가하였다고 보고되었으며, 이는 본 연구 결과와 일치하였다(Jensch & Poschlod 2008).

종자세척

효과적인 종자 세척 방법을 구명하기 위해 층적처리 한 종자를 증류수와 sodium hypochlorite로 세척한 후 발아율을 비교한 결과 sodium hypochlorite로 세척하였을 때 발아율이 향상되었다. 특히 0.5% sodium hypochlorite로 3분동안 침지한 후 흐르는 물에 세척하였을 때 발아율이 가장 높았다(Fig. 7). Ku (1993) 등은 sodium hypochlorite를 참깨, 무, 배추,

고추 종자의 소독제로 사용 하였을 때, 발아율이 향상되고 각종 균의 출현율이 현저히 낮게 나타났다고 보고한 바 있다. 또한 sodium hypochlorite를 사용하여 벼 종자를 세척하였을 때도 유묘 출현율이 향상될 뿐 아니라 90%이상의 소독효과를 나타내었다고 보고되었다(Shin et al. 2014). 하지만 미나리의 경우 sodium hypochlorite의 효과는 인정되나 고농도(2.0%이상)로 세척할 경우 발아율이 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 7). 그리고 vital oxide로 세척한 후 발아율을 조사한 결과 sodium hypochlorite 처리와 비슷한 경향을 나타내었으며, 특히 0.0005% vital oxide로 60분동안 침지한 후 세척하였을 때 발아율이 93%로 가장 효과적이었다(Fig. 8). 따라서 sodium hypochlorite와 vital oxide는 미나리 종자의 종피에 부착된 발아억제물질을 제거하는데 효과적인 세척제로

Fig. 7. Germination rate in relation to sodium hypochlorite concentration and imbibition period. Values are the 15 replicate analyses in each of the experiments followed by standard error.

Fig. 8. Germination rate in relation to vital oxide concentration and imbibition period. Values are the 15 replicate analyses in each of the experiments followed by standard error.

생각된다.

본 연구의 결과는 미나리의 영양번식을 이용한 담수재배에서 종자번식을 이용한 청정재배로의 전환을 가능하게 할 수 있으며, 아직 작물화되지 않은 산채종자의 발아의 특성을 연구하는데 활용가능 할 것으로 기대된다.

적 요

미나리의 종자번식체계를 확립을 위해 종자의 최적 채종단계 구명과 층적처리 방법 및 세척방법을 구명하고자 연구를

수행하였다. 미나리 종자는 성숙한 종자일수록 발아율이 향상되었으며, 특히 개화 후 40일에 채종된 종자의 발아율이 가장 높았다. 또한 층적처리를 8주동안 실시하였을 때 가장 효과적이었다. 모래를 이용하여 층적처리된 종자가 모래와 혼합하지 않고 수확한 종자를 바로 저온저장한 종자보다 발아율이 높았으며, 층적처리한 종자를 변온조건인 노지에 매장하여 저장하였을 때 4℃저장고에 향온 저장하였을 때보다 발아율이 19% 향상되었다. 그리고 층적처리된 종자를 노지에 매장하여 8주 동안 변온저장하였을 때 발아율이 가장 높았다. 종피의 발아억제물질은 0.5% sodium hypochlorite와

0.0005% vital oxide를 각각 3분과 60분 동안 침지한 후 세척하였을 때 가장 효과적이었다. sodium hypochlorite의 경우 0.5~1.0% 용액으로 약3~5분 동안 세척하였을 때 발아율이 향상되었고, 2.0% 용액으로 세척하였을 때는 발아율이 저하되는 경향을 나타내었다. 또한 vital oxide 0.0005%의 농도로 60분 동안 세척하였을 때 발아율이 향상되었다.

사 사

본 연구는 농림축산식품부 종자변식을 이용한 미나리 주년 생산과 유통체계 확립 및 종자 산업화 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Ahn BK, Moon YH, Kwon YR, Lee JH. 2010. Applications of agro-based materials for water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC) organic farming. Korean J. Organic Agr. 18: 83-92.
- Choi KS, Om YH, Yu CJ, Ohta Y. 1982. Studies on germination ability of pepper seeds at low temperature. II. Effects of maturity and storage of pepper seeds on the germinability at low temperature. Korean J. Breed. Sci. 14: 57-69.
- Choi YJ, Won DC, Chung HD. 2003. Effects of soil EC on emergence rate, seedling growth, and physiological disorders of leafy and root vegetable crops, and diminishing effect of soil EC level by washing with water or manure adding. J. Korean Soc. Hort. Sci. 44: 575-581.
- Conversa G, Elia A. 2009. Effect of seed age, stratification, and soaking on germination of wild asparagus (*Asparagus acutifolius* L.). Sci. Hortic. 119: 241-245.
- Ekpong B. 2009. Effects of seed maturity, seed storage and pre-germination treatments on seed germination of cleome (*Cleome gynandra* L.). Sci. Hortic. 119: 236-240.
- Han GS, Lee KH. 1985. The effect of low temperature treatment at the different ripening stages of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds on bolting. J. Korean Soc. Hort. Sci. 26: 1-6.
- Jensch D, Poschlod P. 2008. Germination ecology of two closely related taxa in the genus *Oenanthe*: fine tuning for the habitat? Aquat. Bot. 89: 345-351.
- Kim BY, Lee BY, Kim KD. 1987. Research on breeding seedlings in water dropwort. II. Effects of pretreatment with some water dropwort seed germination temperature and light. Korean J. Hort. Sci. Technol. 28: 289-299.
- Kim BY, Lee BY, Kim KD. 1987. Research on breeding seedlings in water dropwort. III. Study on seed germination inhibitor of the water dropwort. Korean J. Hort. Sci. Technol. 28: 309-315.
- Kim SH, Hong BH, Min TK, Kim JO. 2014. Sam go seed science. Hyangmunsa, Seoul, pp.223-256.
- Ku JH, Yu SH, Lee HB. 1993. Effect of sodium hypochlorite treatment on incidence of seed-borne fungi in several crop seeds. J. Agri. Sci. Chungnam Nat. Univ. Korea 20: 18-24.
- Kwon WS, Lee JM. 1997. Change of cytokinins and gibberellin contents during low temperature storage of dehisced ginseng seeds. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38: 111-115.
- Lee BY. 2002. Water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC) in Korea. Sanhae, Seoul, pp.16-20.
- Lee JM. 2003. Sin go vegetables horticulture an itemized discussion. Hyangmunsa, Seoul, pp.408.
- Moon BJ, Schneider R.W. 1996. Pathogenicity of *Pythium* species associated with seed and seedling rot in water-seeded rice. Korean J. Plant Pathol. 12: 402-406.
- Moon W, Kim JK, Lee JW. 2004. Horticulture crop science I- vegetables. Knou. Seoul, pp.418.
- Park JS, Shin JD, Han SS, Yoon DJ. 2002. Phytoremediation technology with using water celery (*Oenanthe stolonifera* DC.) to clean up heavy metals in the contaminated wastewater. Korean J. Environ. Agr. 21: 122-129.
- Park KW, Lee GP, Park KW, Jeong JC. 1998. Seed morphology of thirty Korean wild green species and effect of seed stratification on germination. J. Korean Soc. Hort. Sci. 39: 129-134.
- Paul KB, Patel CS, Biswas PK. 1973. Changes in endogenous growth regulators in loblolly pine seeds during the process of stratification and germination. Physiol. Plant. 28: 530-534.
- Ross JD, Bradbeer JW. 1971. Studies in seed dormancy. V. The content of endogenous gibberellins in seeds of *Corylus avellana* L. Planta. 100: 288-302.
- Shin DB, Goh JD, Lee BC, Kang IJ, Kang HW. 2014. Use of sodium hypochlorite for the control of bakanae disease in rice. Res. Plant Dis. 20: 259-263.
- Song KS, Kwon YJ. Analysis of the volatile constituents of *Oenanthe stolonifera* DC. J. Korean Soc. Food Nutr. 19: 311-314.