

마름(*Trapa japonica* FEROV.)종자의 발아특성에 관한 연구

최정섭* · 김진석* · 임희경* · 박현희* · 조광연*

Study on the Seed Germination Characteristics of *Trapa japonica* FEROV.

Choi, J.S.*, J.S. Kim*, H.K. Lim*, H.H. Kwak* and K.Y. Cho*

ABSTRACT

In this study, germination characteristics and effect of some chemicals on germination of *Trapa japonica* FEROV. seeds were investigated to obtain a fundamental data for controlling them.

When the seeds were stored at low temperature for at least 3 months, their dormancy was completely released with a germinability of above 90%. However, those stored under the room or high temperature condition were never germinated. Germination was best at constant temperature of around 25°C or at alternate temperature of 25/15°C (12 hr-day/12 hr-night), and was not dependent on light. They could germinate though planted at the depth of 15 cm, but their initial growth were suppressed with increase of planting depth, especially above 10 cm depth. Germinability was lost when the fresh weight was decreased more than 30%, indicating that the seed is sensitive to dehydration. The freezing at -20°C for 1 hr didn't affect germination, but 5 hr treatment completely killed them. Their germination was inhibited by 100% at 100 ppm ABA and slightly inhibited above 25 ppm of butachlor, whereas pyrazosulfuron-ethyl and bensulfuron-methyl didn't inhibit the germination at the concentration of 100 ppm. Taken together, dehydration treatment is likely to control *T. japonica* physically and herbicide treatment to inhibit germination may not be recommendatory.

Key words : Germination, *Trapa japonica*, Water chestnut

緒 言

수생식물에는 근경이 길게 뻗으면서 마디에서 수염뿌리가 생기고 원추형의 원줄기를 가진 식물(갈대, 달뿌리풀, 부들), 잎은 수면위에 있고 뿌리는 수면아래에서 옆으로 길게 뻗는

식물(연꽃, 수련), 뿌리에 잔털이 많아 식물체가 물 속에 떠있는 식물(개구리밥, 부레옥잠, 생이가래), 뿌리가 땅 속으로 들어가 지하경이 되는 식물(물수세미, 물부추), 이끼류 등으로 구분하고 있다^{13,19)}.

수중생태계에 있는 수생식물군락의 변화는 물리·화학적 및 생물학적 요인(광, 온도, 물의

* 한국화학연구소 스크리닝연구부(Korea Research Institute of Chemical Technology)

(1997. 10. 30 접수)

투명도, 산소, pH, 무기양분, 중금속 등)의 상호작용에 의해 지배된다¹⁶⁾.

마름, 마나리, 연꽃 등과 같은 몇 종의 수생식물들은 열대 및 아열대지방에서 주요한 채소작물로 재배되고 있기도 하나⁶⁾ 대부분은 그렇지 않다. 수생식물이 작물과 함께 서식하게 되면 광, 산소, 양분 등에 대한 경합이 이루어지게 되어 작물의 광합성 효율을 떨어지게 한다¹⁹⁾. 물고기의 서식처가 되기도 하지만 과다할 경우 부영양화가 일어나 수질악화의 주요한 원인이 되기도 하고 유독성 물질을 분비하여 서식생물에 악영향을 미치기도 한다. 수로에 과다하게 존재하면 물의 이동을 저해하고 호수 등에 미관을 해치기도 한다. 따라서 이들 수생식물들은 환경보전적인 측면을 고려하여 물리·화학적 또는 생물학적 방법을 통해 적절한 방제가 이루어져야 한다¹⁵⁾.

마름(*Trapa sp.*)은 마름과에 속하는 수생식물로서 뿌리가 진흙 속에 있고 원줄기는 수면까지 자라며, 끝에서 많은 잎이 사방으로 퍼져 빠른 속도로 수면을 달는 1년생 식물이다. 개화시기는 7-8월이며 그 열매는 뼈대같이 딱딱하고 양끝은 불반침이 변하여 가시처럼 되며 가시 끝부분에 밑을 향한 가시가 있다^{5,10)}. 열매 내부에 1개의 무배유 종자가 있고 자엽에 전분이나 단백질 등을 포함한다. 인도, 극동아시아 및 중국 등지에서는 작물로 간주하는데 열매를 식용으로 이용한다. 우리 나라에서는 관상용, 식용, 약용 등으로 이용되고 있다¹⁸⁾.

그동안 우리나라에서 마름을 식용으로 이용한 적이 있지만 산업화로 인해 현재 거의 이용하고 있지 않은 상태에서 방치되어 최근 저수지나 호수에 급격히 번식되고 있어 미관을 해치는 것은 물론, 수운의 감소를 초래하고 수중생태계에 악영향을 끼치고 있으며 식물이 썩을 경우 수질을 악화시킬 우려가 높아 어떠한 수단으로든 방제가 필요한 상황이다. 인도 등에서는 마름을 포함한 많은 수생식물을 잡초로 취급되어 방제의 필요성에 대하여 심각하게 인식하고 있다¹⁷⁾.

마름종자는 규모의 산소결핍 조건하에서도

발아할 수 있으며, 유묘도 산소결핍하에서 매우 양호한 생육을 할 수 있는 것으로 알려져 있다¹⁹⁾. 또한 방제하기가 매우 어렵고 번식속도가 매우 빠르기 때문에 마름을 수생잡초로 재인식하여 방제를 하지 않는다면 수중생태계를 악화시킬 것으로 추측된다.

그러나 지금까지 우리 나라에서는 마름에 대한 연구보고가 거의 없는 실정이며, 외국의 경우에도 몇가지 생물학적 방제를 시도해 본 것^{11,12,13)} 외에는 마름방제에 대한 보고가 거의 없으며 일반적인 생리, 생태에 관한 연구면 있는 정도이다^{4,12,13,14,16,20)}.

따라서 본 연구에서는 여러 가지 수생잡초 중에서 마름의 효과적인 방제를 위한 기초자료를 얻고자 마름종자의 발아특성을 조사하고 몇 가지 화합물에 대한 반응을 조사하였다.

材料 및 方法

1. 실험재료

1996년 10월 1일 충남 논산의 아개울 저수지에서 채취해 온 마름종자를 수세한 후 물에 가라앉은 것만을 골라 실험재료로 사용하였으며 물위에 뜬 것은 미성숙종자로 구분하였다.

2. 저장조건별 발아

선별한 성숙종자를 저온담수, 저온습윤, 저온건조, 실온건조 및 고온건조 조건으로 저장하면서 2주 간격으로 꺼내어 발아 실험하였다. 여기서 저온은 4℃, 실온은 25℃, 고온은 40℃를 의미하며 담수는 종자를 물 속에 침지한 것, 습윤은 습기가 있는 상태로 저장된 것을 말한다. 저온건조의 경우는 종자를 채취하여 습기를 제거한 후 통기가 없는 플라스틱 통에 보관하였다. 발아실험은 사각플라스틱 통(150cm²)에 솜을 깔고 증류수 100ml을 부은 다음 균일한 크기의 종자를 15개씩 3반복 치상하여 30/20℃(12시간 광주기) 조건의 생육상에 두고 2주 후에 발아율을 조사하였다.

3. 온도, 광, 매물심도가 발아에 미치는 영향

온도가 발아에 미치는 영향을 알기 위해서는 휴면이 타파된 종자를 10~40℃까지 5℃ 간격으로 조정된 항온조건 (12시간 광주기)과 주·야간의 온도가 각각 20/10, 25/15, 30/20, 35/25℃(12시간 광주기)인 변온조건에서 발아 속도 및 발아율을 조사하였다.

광이 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해서는 저온습윤상태로 저장중인 종자를 12시간 광주기의 조건과 암조건하에서 발아 시험하였다.

매물심도에 따른 발아효과를 보기 위해서는 끈적한 눈흙을 담은 사각플라스틱 포트에 휴면타파된 종자를 토양표면으로부터 0, 1, 2, 3, 5, 10, 15cm 깊이로 재식한 후 발아율 및 초기 생육상황을 조사하였다.

4. 건조, 냉동, 화학물 처리가 발아에 미치는 효과

건조는 종자를 실온조건에 두면서 자연적으로 일어나도록 하였다. 즉 종자 중에서 크기가 균일한 것을 선발하여 각각의 무게를 측정된 후 실온에 둔 다음 1일 간격으로 수분감소율을 측정함과 동시에 일정개체씩 취하여 25/15℃(12시간 광주기) 조건의 생육상에서 발아 시험하였다. 이때 수분감소율은 종자의 최초 무게로부터 치상적전의 무게를 재한 값을 증발된 수분의 양으로 간주하고 % 단위로 나타내었다.

냉동처리의 경우에는 휴면 타파된 종자를 -20℃의 냉동고에 넣은 다음 1시간 간격으로 꺼내어 생육상에서 발아율을 조사하였다.

발아억제효과를 보기 위한 화학물 처리의 경우 pyrazosulfuron-ethyl과 bensulfuron-methyl 50 ppm을 기준으로 1/4배, butachlor와 ABA는 100 ppm을 기준으로 1/4배씩 희석한 용액에 종자를 침지시킨 상태에서 발아율을 조사하였다.

結果 및 考察

1. 저장조건별 발아

마름종자의 휴면존재 여부와 어느 저장조건

에서 휴면타파가 가장 빠른지를 알기 위하여 실험한 결과는 Fig. 1에서와 같다. 저온담수, 저온습윤 및 저온건조의 저장조건에서는 저장 3개월 후에 대부분 휴면타파 되었지만, 실온건조 및 고온건조 조건에 저장된 것은 전혀 발아되지 않았다. 휴면을 타파시키는 저장조건에서는 저장 1개월 후부터 발아하기 시작하여 저장 2개월 후에는 50% 이상의 발아율을 나타냈으며, 3개월 후에는 저온담수, 저온습윤, 저온건조에 저장한 것이 각각 93.3%, 97.8%, 91.1%의 발아율을 나타내었다. 또한 발아속도에 있어서는 저온건조와 저온습윤조건에 저장된 것이 비슷한 경향을 보였고, 저온담수조건에서는 약간 늦은 것으로 나타났다.

한편 물에 뜨는 미성숙종자의 경우에는 3개월 후에도 10% 미만의 발아율을 나타내었으며 발아유기물질(GA, IAA)을 처리하여도 발아되지 않았다(데이터 미제시).

이들의 결과로 볼 때 성숙되지 않은 종자는 발아 자체가 불량하지만 성숙된 마름종자는

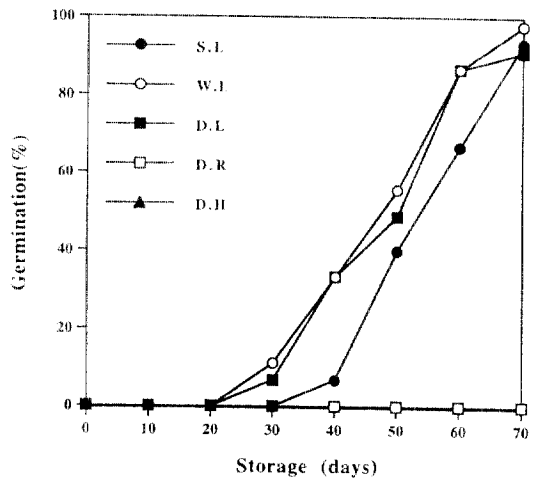


Fig. 1. Effect of various storage conditions on the dormancy release of *Trapa japonica* seeds. The seeds were germinated at 30℃-day/20℃-night of 12 hr photoperiod for 2 weeks. Data represent the means of 3 replicates. S : submerged condition, W : wetting condition, D : drying condition. L : low temperature(4℃), R : room temperature(25℃), H : high temperature(40℃)

발아율이 양호하되 휴면이 있고 이를 타파하기 위해서는 습기가 있는 저온에 3개월 정도 두는 것이 필요하였다. 이는 가을에 성숙하는 종자의 일반적인 휴면성과 동일한 경향이다⁹⁾.

2. 온도, 광, 매물심도가 발아에 미치는 영향

온도, 광, 매물심도 등 몇 가지 환경조건이 발아에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험한 결과는 다음과 같았다.

온도실험의 경우 35°C 항온조건에서는 전혀 발아가 되지 않았다(Fig. 2. A). 30°C 이하의 온도조건에서부터 발아되었는데 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C에서는 각각 24.4%, 66.7%, 91.1%, 91.1%, 80%의 발아율을 보여 20°C 및 25°C에서 가장 양호하였다. 발아속도의 경우 20, 25, 30°C에서는 6일째에 처음 발아가 시작되었지만 15°C에서는 8일째, 10°C에서는 12일째부터 발아되는 경향을 보였다. 한편 변온조건에서는 25/15°C 조건에서 발아율이 가장 양호하고 5일째에 처음 발아하여 2일만에 발아가 완료되는 특징을 보였다(Fig. 2. B). 30/20°C 및 20/10°C 조건에서는 각각 9일, 12일째 발아가 완료되었으며, 35/25°C에서는 다른 조건에 비해 상대적으로 낮은 발아율을 나타내었고 발아된 이후의 유포상태도 매우 불량하였다. 전반적으로 변온조건은 항온조건에서보다 발아율이 다소 낮은 흥미로운 결과를 보였다. 이들의 결과로 볼 때 35°C 이상의 고온은 박음종자의 발아에 치명적인 영향을 끼치며 발아에 적당한 온도는 25°C 전후일 것으로 판단되었고 변온보다는 항온조건이 보다 유리한 것으로 생각되었다. 이러한 특성은 자연상태에서 자라는 박음의 생육조건을 잘 내면하는 것으로 보인다. 즉 수중에서 생육하는 동안에 일종의 수온은 30°C 이상이 될 가능성은 매우 희박하고 수온의 일교차도 심하지 않을 것이기 때문이다.

광이 발아에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 3과 같았다. 광조건에서는 80%, 암조건에서는 88.8%의 발아율을 나타내어 광의 유·무에 의한 차이는 심하지 않았고 오히려 암조건

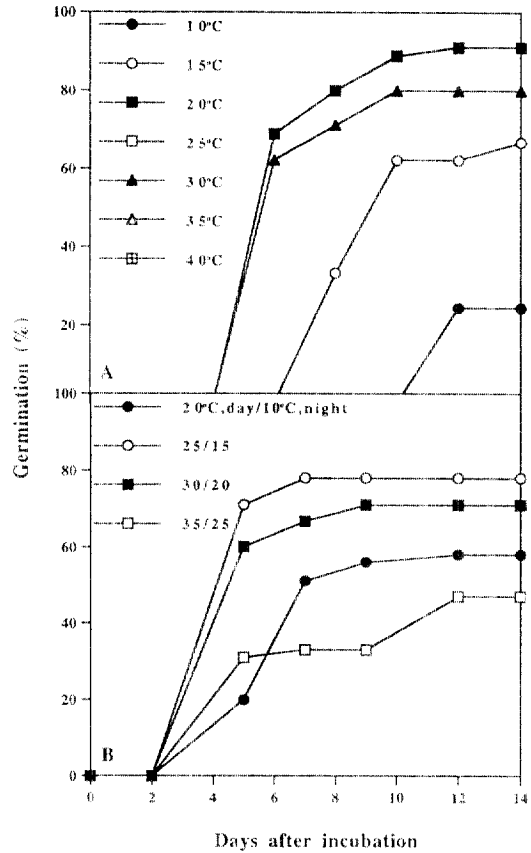


Fig. 2. Effect of temperature on the germination of *Trapa japonica* seeds. Effect of various constant (A) or alternate temperature regimes (B) on the germination of non-dormant *Trapa japonica* seeds. Germination was determined after incubation for 2 weeks at the given temperature with 12 hr photoperiod.

에서의 발아율이 약간 높은 경향이었다. 이는 발아할 때 물의 깊이에 따라서는 빛의 투과가 상당히 차단된 조건임으로 이러한 조건에서도 발아를 잘해야만 하는 일종의 적응전략인 것으로 추측된다.

매물심도가 발아에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 지표면에 두거나 (0cm) 1cm의 매물심도에서는 각각 90, 86.7%의 발아율을 나타냈으며, 2~15cm까지는 65~83%의 발아율을 나타내 매물경도가 높아짐에 따라 발아율이 약간 감소하는 듯한 경향을 보였지만 전체적으로 볼 때 큰 영향은 없는 것 같았

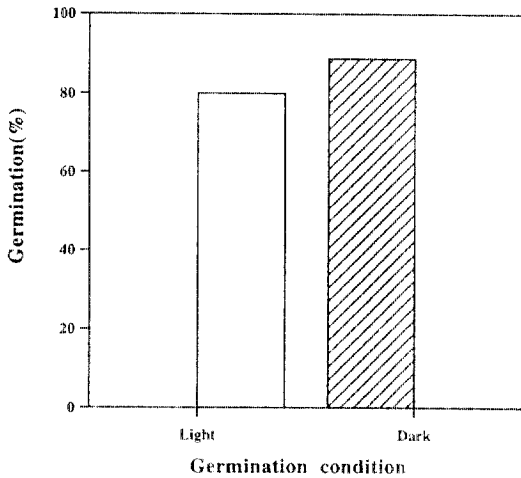


Fig. 3. Effect of light on the germination of non-dormant *Trapa japonica* seeds. Seeds were incubated in the continuous dark(Dark) or the 12hr photoperiod (Light) at 30°C-day/20°C-20°C-night for 2 weeks.

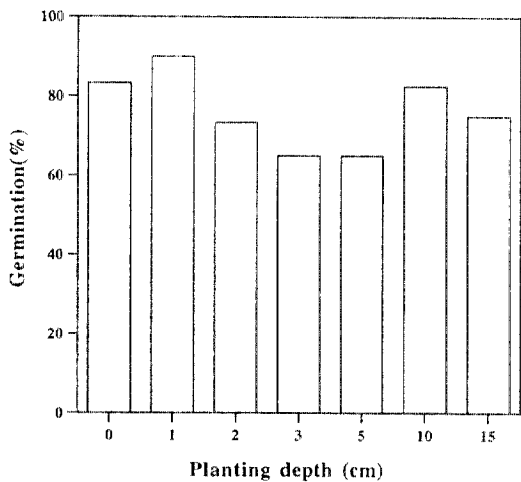


Fig. 4. Effect of planting depth on the germination of non-dormant *Trapa japonica* seed. Seeds were planted in a pot filled with puddled paddy soil at different depths and germinated in greenhouse for 4 weeks.

다. 그러나 10, 15cm의 매몰심도에서는 정상적으로 생육하여 수면위로 올라온 개체가 25% 이하였다. 이의 결과에 의하면 마름종자 발아의 경우 토양중 매몰심도에 따른 영향은 크지 않겠지만 10cm 이하로 매몰될 경우 발아는 가능하더라도 초기생육이 어려울 것으로 판단되

었다. 실제 연못에서는 성숙된 종자가 자연적으로 떨어져 수면 아래로 서서히 낙하하기 때문에 토양중에 깊이 매몰될 가능성은 매우 희박할 것이며 따라서 성숙종자는 그 이듬해에 대부분 발아하여 성장한다고 보여진다.

3. 건조, 냉동, 화학물 처리가 발아에 미치는 효과

마름종자의 발아를 물리적 또는 화학적인 방법으로 억제시킬 수 있는지의 가능성을 보기 위하여 건조, 냉동, 화학물질처리를 실시해 보았다.

종자를 실온에서 1일 간격으로 풍건시켜 수분감소율이 13.4%, 20.9%, 29.9%인 종자를 치상하였을 때 발아율은 각각 28.9%, 11.1%, 8.9%를 나타내었다(Fig. 5). 즉 3일 정도 실온조건에 두어 30% 정도 수분감소가 일어나면 거의 발아하지 못했던 것으로 보아 마름종자는 종자내 수분감소가 매우 빠르게 이루어짐을 알 수 있었고 수분감소가 종자의 발아에 큰 영향을 미치는 것으로 보였다. 마름종자의 껍질이 매우 딱딱하고 견고하지만 종자 윗부분 즉 줄기와 연결되어 있던 자리에 개구부(開口部)가 있고 이를 통해서 유근이 돌출되는데 이 부분을 통해 종자내의 수분감소가 주로 이루어지

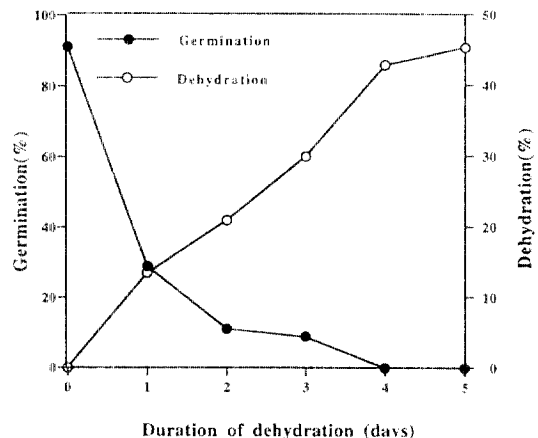


Fig. 5. Effect of dehydration on the germination of *Trapa japonica* seed. The tested seeds were naturally air-dried at room temperature. Germination was determined as in Fig. 1.

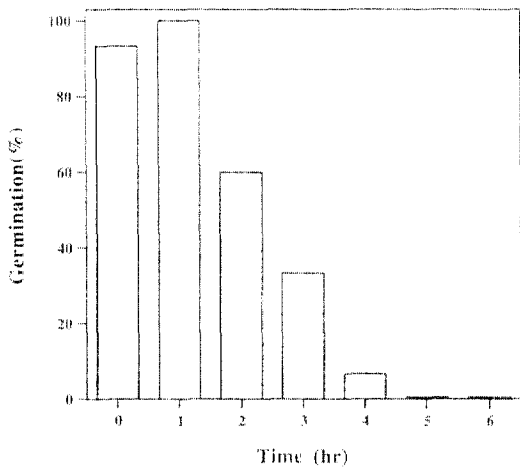


Fig. 6. Effect of freezing on the germination of non-dormant *Trapa japonica* seeds. The tested seeds were frozen at -20°C for the indicated duration and germinated as in Fig. 1.

는 것으로 생각된다. 메꽃²⁾, 재첩매자기²⁾, 향문자⁸⁾, 미³⁾의 경우 수분감소율이 50% 정도 되어야 발아력이 상실되었던 것으로 보아 마름증상은 상대적으로 건조에 의한 것으로 판단되었다. 이러한 성질은 마름의 물리적 방제에 이용될 수 있는 하나의 특성이 될 수 있을 것으로 생각된다.

냉동처리의 경우 처리 1시간까지는 전혀 영향이 없다가 2, 3, 4시간 후에는 각각 60.6, 33.3, 6.7%의 발아율을 보여 냉동처리 시간이 지남에 따라 발아율이 감소하다가 5시간 이후에는 전혀 발아되지 않았다(Fig. 6). 이는 라플자²⁾에 비해 냉동처리에 대한 둔감한 특징을 보였고 실제 현장에서 동결기라 하더라도 -20°C 의 수준에 중자가 노출되어 있을 가능성은 매우 낮기 때문에 월동중에 자온 자체로 손상을 입을 것 같지는 않다. 그러나 건조상태의 경우는 발아력에 다른 영향을 미칠 것으로 생각되며 이를 검증하기 위해서는 추후연구가 필요하다고 여겨진다.

물리적 발아억제처리는 시간과 노력면에서 한계성이 있으므로 보다 효율적으로 발아억제를 하려면 화학물질을 처리하여야 할 것이다. 현재 토양처리형 제초제중에 많이 쓰이고 있는

Table 1. Effect of several chemicals on the germination of *Trapa japonica* seed¹⁾

Chemicals	Concentration (ppm)	Germination (%)
Pyrazosulfuron-ethyl	50	0
	12.5	0
	3.13	0
	0.78	0
Bensulfuron-methyl	50	0
	12.5	0
	3.13	0
	0.78	0
Butachlor	100	13.4
	25	6.6
	6.25	0
ABA	100	100
	25	66.6
	6.25	0

butachlor와 독성이 매우 낮은 것으로 알려진 sulfonyl urea계 화합물들과 강한 발아억제효과를 가지는 ABA를 가지고 어느 농도에서 발아억제 효과가 있는지를 알아보았다(Table 1). 그 결과 pyrazosulfuron-ethyl과 bensulfuron-methyl은 발아억제효과가 전혀 없었다. ABA 25ppm에서는 33.4%의 발아율을 보이고 100ppm에서야 발아가 완전히 억제되었고 butachlor는 25ppm 이상의 농도에서 강력한 발아억제효과를 보였다. 화합물이 따라 다르겠지만 발아억제효과를 보이는 이들 농도(100ppm 내외)는 이동성을 고려해 볼 때 높은 농도임으로 사용이 불가능할 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 발아억제를 위해서 화학물을 처리하는 전략은 의미가 적으며 보다 실질적인 방제를 위해서는 저장부 생육억제 또는 묘사를 유망시키도록 하는 전략이 바람직할 것으로 판단된다. 따라서 수중생태계에 낮은 영향을 미치면서 마름만을 선택적으로 방제할 수 있는 효과적인 제초제의 개발 또는 생물적 방제방법의 활용이 요구된다.

摘 要

마름의 효과적인 방제를 위한 기초자료를

연고자 마름종자의 발아특성을 조사하고 건조, 냉동 및 화합물처리가 발아에 미치는 영향을 조사하였다.

1. 휴면은 저온담수, 저온습윤 및 저온건조의 저장조건에서 용이하게 타파되었으며, 저장 3개월 후에 90% 이상의 발아율을 나타내었지만 실온 및 고온건조 조건에 저장된 것은 전혀 발아되지 않았다.
2. 25℃ 내외의 항온조건과 25/15℃의 변온조건에서 발아속도 및 발아율이 양호하였으며 변온조건보다는 항온조건이 다소 유리한 것으로 나타났다.
3. 광의 유·무는 마름종자의 발아에 큰 영향을 미치지 않았다.
4. 마름종자의 배물깊이는 발아에 큰 영향이 없었지만 10cm 이상의 배물깊이에서는 발아 후 초기생육이 불량하였다.
5. 수분감소가 마름종자의 발아에 큰 영향을 미쳤으며 3일 정도 실온 자연조건에 두어 30% 정도 수분감소가 일어나면 전혀 발아하지 못했다.
6. 냉동 1시간 처리까지는 발아에 전혀 영향이 없었고, 이후 냉동시간이 경과함에 따라 발아율이 감소하여 냉동처리 5시간 이후에는 전혀 발아되지 않았다.
7. ABA는 100ppm 농도에서 발아를 완전히 억제시켰고, butachlor는 25ppm 이상의 농도에서 경미한 발아억제효과를 나타냈지만, pyrazosulfuron-ethyl과 bensulfuron-methyl은 발아억제효과가 전혀 없었다.

參 考 文 獻

1. Agrawal, A. and H.Y.M. Ram. 1995. In vitro germination and micropropagation of water chestnut(*Trapa* sp.). *Aquatic Botany*. 51 : 135-146.
2. 조광연 외. 1993. 농약스크리닝(I). 과학기술처 연구보고서. pp.181-185.
3. 조광연 외. 1994. 농약스크리닝(II). 과학기술처 연구보고서. pp.95-99.

4. Cozza, R., G. Galanti, M.B. Bitonti, and A.M. Innocenti. 1994. Effect of storage at low temperature on the germination of the waterchestnut (*Trapa napus* L.). *Pyton Horn*. 34(2) : 315-320.
5. 大瀧 末男·石戸 忠. 1980. 日本水生植物圖鑑. 北隆館.
6. Fritz, D., H. Ortmeier, and H. Habegger. 1992. Aquatic vegetables to be cultivated in ponds and marshes. *Acta Horticulturae*. 318 : 179-186.
7. 황인택·최정섭·김성운·홍경식·조광연. 1994. 새섬매자기(*Scirpus planiculmis*)의 출아특성과 재초제 스크리닝을 위한 구경의 보관방법. *한국잡초학회지*. 14(4) : 252-257.
8. 김진석·신욱균·김태준·조광연. 1994. 향부자 괴경의 출아특성과 재초제에 대한 반응. *한국잡초학회지*. 14(2) : 120-127.
9. 김진석·황인택·조광연. 1996. 저장조건이 잡초종자의 휴면타파와 이차휴면 유도에 미치는 효과. *한국잡초학회지*. 16(3) : 200-209.
10. 이창복. 1979. 대한식물도감. 향문사.
11. Lee, Y.H. and L.S. Leu. 1991. Laboratory fungicidal screening against *Sclerotium rolfii* and *Rhizoctonia solani* isolated from the diseased *Trapa taiwanensis*. *Plant Protection Bulletin, Taiwan*. 33(2) : 218-222.
12. Leu, L.S., Y.H. Lee, A.H. Cheng, and S.C. Chen. 1991. Pathogenity and control of *Sclerotium rolfii* on *Trapa taiwanensis*. *Plant Protection Bulletin, Taiwan*. 33(2) : 180-187.
13. LU, ZQ., J. Zhu, and Y.B. Liu. 1988. A preliminary report on *Macroteles purpurata* Kuoh et LU. *Insect Knowledge*. 25(2) : 89-90.
14. Madsen, J.D. 1993. Waterchestnut seed production and management in Watervliet reservoir, New York. *Journal of Aquatic Plant Management*. 31 : 271-272.
15. McKsongsee, L. and K.S. Sripen. 1987. Anthocyanin of *Trapa* spp. *Proceeding of 11th Asian Pacific Weed Science Society Conference*. 1

: 349-353.

16. Menegus, F., L. Cattaruzza, L. Scaglioni, and E. Ragg. 1992. Effects of oxygen level on metabolism and development of seedlings of *Trapa natans* and two ecologically related species. *Physiologia Plantarum*, 86(1) : 168-172.
17. Oki, Y. and J.B. Petersen. 1992. Integrated management of aquatic weeds in Japan. *Integrated Management of Paddy and Aquatic Weed in Asia*. Proceedings of a International Seminar, Tsukuba, Japan.
18. Papastergiadou, E. and D. Babalonas. 1992. Ecological studies on aquatic macrophytes of a dam lake Kerkimi, Greece. *Archiv für Hydrobiologie Supplementband Monographische Beitrage*, 90(2) : 187-206.
19. Sharma, S.N. and H.P. Singh. 1989. Angiospermic aquatic weed flora of Varanasi region. *Indian Journal of Agricultural Research*, 23(2) : 81-87.
20. 송주택 · 정현배 · 김병우 · 진희성. 1989. 한국식물대보감(상, 하권). 제일출판사.
21. Symoens, J.J. 1988. *Vegetation of inland waters*. Kluwer Academic Publishers. pp.31-32.
22. Tsuchiya, T. and T. Iwakuma. 1993. Growth and leaf life-span of a floating-leaved plant, *Trapa natans* L., as influenced by nitrogen flux. *Aquatic Botany*, 46 : 317-324.