

겨우살이의 종자의 기주목 접종 및 유묘 활착기술

김철우^{1,2} · 이재선^{3,*}

¹강원대학교 대학원 임학과, ²국립산림과학원, ³강원대학교 산림환경과학대학 산림자원학과

Germination and Seedling Induction of *Viscum album* var. *coloratum* (Kom.) Ohwi after Artificial Inoculation on the Branch of Host Plants

Chul-Woo Kim^{1,2} and Jae-Seon Yi^{3,*}

¹Department of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

²Forest Genetic Resources Department, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Republic of Korea

³Department of Forest Resources, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

Abstract

Berries of Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum* [Kom.] Ohwi) contained one seed, which have, in general, one or two embryos but very rarely three embryos. Mucilaginous substances in berries may help them adhere to the branches of host trees. It was observed that seeds need more than one and half years to develop into normal and healthy seedlings from the time of inoculation. Many factors such as adhesion of berry, thickness of host branch, orientation of haustorial root, etc. influenced the successful development of mistletoe plants. Through the application of six-year observation results on the germination of seeds and growth of seedlings, about 80% of germination rate for mistletoe seeds and 61% of survival ratio for germinated seeds, which is more than 23 times higher in natural conditions, were obtained after inoculation of seeds on the one-year-old branches of *Malus pumila* var. *dulcissima* and *Quercus mongolica* trees. The technological aspects of the success can be applied to other host plants and provide a critical clue to an artificial propagation system, for this medicinally valuable genus. This is the first successful report on artificial inoculation and plant development of Korean mistletoe.

Key Words: *Viscum album* var. *coloratum*, haustorium, cultivation, viscosin, infection

서론

국내의 겨우살이(*Viscum album* var. *coloratum* [Kom.] Ohwi)는 빛이 잘 들어오는 능선에 분포하는 신갈나무림에서 대부분 발견되는 상록다년생 기생식물로 굴참나

무, 밤나무, 돌배나무, 배나무, 느릅나무 및 박달나무 등에서도 소수가 발견된다. 그러나 기주식물에 수분과 양분을 전적으로 의존하는 완전기생식물이 아니라 스스로 광합성 능력을 가지고 있는 반기생식물이다(Visser 1981). 겨우살이류는 우리나라, 일본, 타이완, 중국, 유럽

Received: April 26, 2013. Revised: May 15, 2013. Accepted: May 15, 2013.

Corresponding author: Jae-Seon Yi

Department of Forest Resources, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea
Tel: 82-33-250-8312, Fax: 82-33-259-5619, E-mail: jasonyi@kangwon.ac.kr

및 아프리카 등지에 분포하며, 이 중 우리나라에 자생하는 꼬리겨우살이과 식물은 모두 4속 5종류로 동백나무겨우살이(*Korthalsella japonica* [Thunb.] Engl.), 꼬리겨우살이(*Loranthus tanakae* Franch. & Sav.), 참나무겨우살이(*Taxillus yadoriki* [Siebold ex Maxim.] Danser), 붉은겨우살이(*Viscum album* f. *rubroauranticum* [Makino] Ohwi), 및 겨우살이(*Viscum album* var. *coloratum* [Kom.] Ohwi)이다 (KNA 2007).

국내 및 국외에서 겨우살이에 대한 연구(Bloksma et al. 1979; Franz et al. 1981; Khwaja et al. 1986; Ribéreau-Gayon et al. 1986; Doser et al. 1989; Hajto et al. 1990; Kuttan and Kuttan 1992; Bocci 1993; Schink 1997; Yoon 1997; Choung 1999; Park 1999; Jang and Na 2000; Lee 2002; Lee 2003; Choi et al. 2004; Jeon 2004; Jung 2004; Seong 2004)는 대부분 구성성분과 그 효과에 대한 것으로 항암에 관련된 주요 성분은 렉틴(lectin)과 비스코톡신(viscotoxin)이다. 유럽산 겨우살이(*Viscum album* L.)에서 추출한 성분인 렉틴과 비스코톡신은 유럽에서 암 치료용 주사제로 개발되어 사용되고 있으나 현재 국내에는 한국산 겨우살이를 이용하여 개발된 주사제가 없으므로 유럽에서 주사제를 수입하고 있다.

우리나라는 약용 겨우살이의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 일부가 야생채취로 얻어지고 있다. 일부 연구자들에 의해 보고된 겨우살이의 자생지는 대부분 높은 해발고의 산 정상부에 분포하며, 겨우살이의 기주목에서의 착생 위치는 대부분 수고 7-10 m 이상이다 (Seong 2000; Park et al. 2003). 채취를 위해서는 직접 등목을 해야 하는 작업의 위험성 때문에 채취자가 자주 기주목을 벌목하므로 자생지 및 생태계 파괴 등의 문제를 일으키고 있다.

겨우살이의 인공적 재배 기술을 확립하기 위한 소수의 시도가 있었으나(Seong 2000; Lee 2010), 겨우살이가 발근하여 기주에 활착하는데 결정적 역할을 하는 겨우살이 유근(흡수근)의 출아 및 성장기작에 대한 구명이 이루어지지 못한 것이 현재까지 겨우살이의 인공재배를 위한 기술이 개발되어지지 못한 중요한 이유로 사료된다.

본 연구는 겨우살이 종자 유근의 발생 및 기생근의 기주목에 고정 등을 포함하는 일련의 기주목 착근과정을 조사 분석함으로써 현재까지 인공재배가 어려운 겨우살이를 대량 접종하여 재배할 수 있도록 하는데 필요한 기초자료와 기술을 제공하려 한다. 본 보고는 겨우살이 종자의 기주식물 인공접종과 유묘 활착에 대한 최초의 성

공적 보고이며, 이러한 겨우살이 인공접종기술은 여러 종류의 기주식물에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

재료 및 방법

종자의 형태적 특성

2009년에 강원도의 홍천, 양구, 화천, 인제, 원주, 정선 등에서 수집한 겨우살이 종자를 사용하였다. 대부분의 겨우살이 기주목은 신갈나무이며, 소수의 기주목으로 굴참나무, 밤나무, 박달나무, 느릅나무, 돌배나무 및 배나무 등이 관찰되었다. 100개의 충실한 과실을 골라 길이와 폭을 측정하였고, 이들 종자에 대한 배의 길이와 폭을 측정하였다.

종자의 성숙, 발아 특성 및 어린 식물체의 발달

2005년부터 2010년까지 시기별로 자생지에서 생육하는 겨우살이의 꽃과 과실을 관찰하여 종자의 발달과 성숙 등을 관찰하였다. 2007년 3년생 신갈나무를 화분에 이식한 후 2008년 2-3월에 겨우살이 종자를 접종하여 발아, 활착 등 어린 식물체의 발달과 성장을 4년간 조사하였다. 총 160개의 배를 가제 및 테이프를 이용하여 가지에 부착하였다.

활착을 증대를 위한 인공재배

실험대상 기주식물은 강원도 춘천시 신북면 소재 강원대학교 부속과수포지의 사과나무 5개체와 대학구내의 신갈나무 4개체를 선발하였다. 사과나무의 수령은 20년이 넘는 것으로 간주되며, 신갈나무는 5-10년생이었다.

실험에 사용된 겨우살이 종자는 2009년 1월에서 2월에 강원도의 홍천, 양구, 화천, 인제, 원주, 정선 등에서 채취하였고 완전히 성숙하고 충실한 과실을 선별하여 냉장고(4-10°C)에 보관하였다. 이때 종자의 수분 유지를 위해 점액질의 과육을 제거하지 않은 상태로 식품보관용 지퍼백에 넣어 보관하였다.

겨우살이 종자의 접종은 기주목의 1년생 가지에 동년 3월 16일과 17일에 특수 위치고정장치방법(Yi and Kim 2011)을 이용하였으며, 접종 전 과실의 점액질 부분을 제거하고 종자만 기주식물의 줄기에 고정하였다. 과육이 있는 상태로 기주식물의 가지에 접종하게 되면 과실이 구형이고 때로 터진 과육의 끈적끈적한 성질 때문에 유근의 위치고정이 매우 어려워진다. 종자의 접종은 선발된 기주식물의 1년생 가지만을 대상으로 하였다.

Table 1. Characteristics of fruit and embryo of Korean mistletoe

Fruit (mm)		One embryo in seed (mm)		Two embryos in seed (mm)	
Length	Width	Length	Width	Length	Width
8.74±0.55	8.38±0.51	5.73±0.39	3.94±0.20	5.68±0.28	4.46±0.24

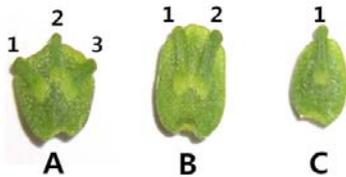


Fig. 1. Number of embryos of Korean mistletoe seed (A: Three, B: Two and C: One).

결 과

종자의 형태적 특성

겨우살이 과실(과육 포함)은 길이 8.74 mm, 폭 8.38 mm로 구형에 가까웠고, 과육을 제거하고 종자 내에 배가 1개 있는 것과 2개 있는 것을 나누어 크기를 측정하였다(Table 1). 1개의 배를 갖는 경우는 배의 길이가 5.73±0.39 mm로 2개의 배를 가질 때의 5.68±0.28 mm 보다 큰 경향이 있었으나, 종자의 폭에서는 2개의 배를 가질 경우가 4.46±0.24 mm로 1개의 경우의 3.94±0.20 mm보다 넓었다. 배가 3개 있는 것은 매우 드물었으며, 모양만을 Fig. 1에 보여준다(Table 1, Fig. 1).

종자는 하나의 배를 포함하는 것이 일반적이다. 그러나 겨우살이는 하나의 종자가 1개, 2개 또는 3개의 배를 가지나 대부분은 1개 또는 2개를 보유한다. 본 연구에서 조사한 100개의 종자 중 36%는 1개의 배, 62%는 2개의 배, 2%는 3개의 배를 가진 것으로 조사되었고, 이는 채집지나 종자의 수에 따라 매우 다르게 나타날 수도 있을 것이다. 겨우살이 종자의 배는 기주식물의 가지에 각각 활착하게 되면 뿌리를 내리게 되는데 이것은 흡수근, 기생근 또는 흡기(haustorium)라고 하며 일반 식물의 유근에 해당하는 기관이다.

Fig. 1의 1, 2와 3은 겨우살이 종자내의 배이다. 종자의 바깥에 나와 있는 배의 부분은 생장하여 기주식물의 수피에 접하며 기주식물의 줄기에서 영양분을 흡수할 수 있는 뿌리를 생성한다. 종자의 안쪽에 있는 배 부분은 흡기의 생장 및 기주식물의 수피 안쪽으로 뿌리를 침투시켜 활착하는데 필요한 영양분을 배유에서 흡수하며 겨우살이 잎과 유아가 분화되는 곳이다.

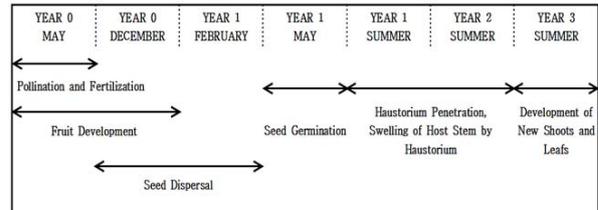


Fig. 2. Development of Korean mistletoe seedling on host plants.

어린 식물체의 일반적 발달 과정

겨우살이는 암수 딴그루이며, 암꽃과 수꽃은 모두 4등분 되어 벌어진다. 5월중 겨우살이의 수꽃은 벌어지면서 화분을 비산시키고 암꽃은 꽃잎이 벌어지면서 수분을 위해 점액성의 물질을 분비한다. 수분이 이루어지면 점액성 물질은 사라지고 과실이 발달하기 시작한다.

종자의 발아와 유묘의 성장 과정의 차이는 *Viscum* 속의 분류학적 구분을 위한 중요한 자료를 제공할 수 있으므로, 한국산 겨우살이에서 이러한 과정을 세밀히 관찰하여 기록하려 하였으며 이를 취합하여 요약한 시기별 과정은 Fig. 2에 보였다.

한국산 겨우살이 어린 식물체의 시기적 발생과정은 아래와 같다.

- 수분은 대부분 5월중에 완료되며 이후 수정이 일어나는 것으로 보인다.
- 종자는 5월에서 12월까지 발달한다.
- 다음해 1-2월에 종자가 산포된다. 과피가 여하한 물리적 작용에 의해 터지게 되면 과육의 점액성 물질에 의해 기주목에 종자가 붙게 된다(Peter et al. 1986).
- 떨어진 겨우살이 종자 중에 기주식물의 활착이 가능한 부위에 도달한 종자는 당년 5월 중에 발아하기 시작한다.
- 1년차에 흡기가 발달하여 기주식물 줄기의 수피를 뚫고 들어가면서, 배유가 시들며 없어지고 흡기와 접한 부분의 가지의 수피가 팽대하기 시작한다. 1년차 말부터 2년차에 녹색의 흡기의 하늘 쪽으로 1-2 mm 정도의 아주 작은 자엽이 관찰된다.
- 2년차에는 1년차에 관찰된 자엽이 발달하여 장타원



Fig. 3. Growing process of Korean mistletoe seedlings.

형의 어린 잎처럼 자라며, 2개의 자엽사이에서는 어린 정아가 발달하여 자라기 시작한다. 정아는 보통 2개 정도가 발달하며 기주목의 가지는 더욱 팽대한다.

- 3년차에는 흡기가 기주식물의 줄기에 완전히 침투한 것으로 보이며, 집중부위의 가지의 직경이 다른 부분보다 1.5-2.0배 크게 관찰된다. 새로운 잎이 발생하여 자라며 2개의 잎 사이에서 어린 줄기가 발달되어 자란다 (Fig. 3).

Fig. 3은 겨우살이 종자를 집중한 후 4년간 동일한 부위의 동일한 식물체를 관찰하여 촬영한 사진이다. (A)는 겨우살이 종자의 배유이며 배의 유근(흡기)이 성장하여 기주식물에 활착하는데 필요한 영양분으로 쓰이고 (B)처럼 퇴화한다. 그러나 (B)의 내부의 하늘을 향한 쪽에는 자엽과 유아가 있다. 집중 당년부터 기주식물의 줄기에 겨우살이의 뿌리가 활착하여 비대부분(C)이 관찰되며, 이러한 모양을 보이는 경우는 완전히 활착된 것으로 판단된다. 집중 후 2년차 초기에 완전한 겨우살이 개체(D)가 나타나지만, 자엽이 발달한 장타원형의 어린 잎 사이에 정아가 보이는데 정아는 1년차에도 돋보기로 관찰이 가능하다. 3년차 초기에 2마디의 가지를 보이는 개체(E)가 관찰되며 마지막 마디의 작은 잎 사이에는 어린 눈이 있다.

기생근의 발달 특성과 활착

사과나무와 신갈나무에 대한 겨우살이 종자의 집중 실험에서 집중 후 1-2개의 배를 가지고 있는 종자의 배가 어떤 방향으로 성장하는지 조사하였다. 총 100개의 종자를 집중하였는데, 여기서 160개의 배가 발달하였으며 그 성장을 관찰한 결과 수피를 향하여 발달한 흡기는 9.4%로 15개에 불과하였다(Table 2). 이는 겨우살이의

Table 2. Successful adhesions of Korean mistletoe embryos

Number of seeds	Number of embryos	Number of embryos grown to bark
100	160	15

흡기는 기주식물의 수피를 인지해서 성장하지 않는 것을 의미하며, 배의 성장 방향 즉 흡기의 발생 방향이 일정하지 않다는 것을 알려주는 것이다. 이와 같은 겨우살이 흡기의 발달특성이 자연상태 또는 인위적 집중에서 활착율이 낮을 수밖에 없는 이유 중의 하나로 보인다 (Table 2).

겨우살이의 종자의 점액질 과육은 과피가 손상을 입게 되면 종자가 식물들의 가지에 부착할 수 있도록 도움을 준다(Peter et al. 1986). 부착한 후 점액질이 마르면서 종자는 기주식물의 줄기 표면에 달라붙어 활착이 가능하도록 고정된다. 자연상태에서 겨우살이 종자의 기주목 활착율이 낮은 요인은 다양한 각도에서 검토되어야 할 과제이다.

활착율 증대를 위한 인공재배실험

이미 발표된 겨우살이의 재배와 관련된 연구결과를 보면, 겨우살이의 인공재배시 종자의 활착율은 매우 낮은 것으로 나타났다(Seong 2000; Lee 2010). 기주식물에 종자를 집중할 때 집중위치가 활착율을 높이는데 매우 중요한 요인이라는 실험에서 얻은 결과를 이용하여 인위적인 조절 실험을 하였는데, 그 방법은 특수 위치고정장치방법(Yi and Kim 2011)에 따랐다.

기주식물의 1년생 가지를 재배 기주 가지로 선정

겨우살이의 흡기는 성장하여 기주식물의 가지에 활착되는데 기주식물의 수피가 흡기가 침투할 수 없는 조건(두꺼운 수피나 면이 고르지 않은 수피 등)을 가지고 있다면 이 흡기는 수피안으로 침투하기 매우 어렵다. 본 실험에서는 집중 전년도에 성장한 1년생 가지만을 실험 대상으로 사용하였다. 흡기의 생존율이 3% 이하로 낮았지만 수피가 두꺼운 3년 이상의 줄기보다 1-2년생의 줄기에서 생존율이 높다는 실험결과(Seong 2000)를 보면, 1년생 가지는 수피가 매우 얇으므로 흡기가 기주식물의 줄기에 침투하는데 적당한 조건을 갖고 있다고 사료된다. 또한 자연상태에서 상층림에 생육중인 16-22년생 겨우살이와 기주식물의 가지의 수령을 비교하였을 때 4년 이하의 수령 차이가 나는 것을 확인할 수 있었고, 하층림의 1년생 겨우살이의 기주의 가지 수령을 조사한 결과

그 수령은 1-3년생이었다(Table 3).

흡기의 성장방향에 따라 기주식물의 수피에 접하도록 흡기의 위치 고정

겨우살이의 흡기는 기주식물의 수피를 인지하여 생장하지 않으므로 활착율을 높이기 위해서는 흡기의 발생 방향에 따라 흡기가 기주식물의 수피에 접하도록 인위적으로 조절해 주어야 한다(Yi and Kim 2011) (Table 4, 5, Fig. 4).

Fig. 4는 사과나무와 신갈나무 기주식물에 완전히 활

착한 후 성장하고 있는 3년생 겨우살이이다.

본 실험에서 사과나무에는 나무 당 10-17개의 종자를 접종하였고, 신갈나무에는 10-12개의 종자를 접종하였다. 발아는 접종한 후 2-3주부터 시작되었는데 사과나무 및 신갈나무에서 각각 78.5% 및 79.6%의 발아율을 나타내었다(Table 4, 5). 이는 Kim et al. (2008)의 환경조건 및 성장조절제를 처리한 실험보다 높은 발아율이다.

발아하여 착근한 어린 식물 중에 접종 3년차에 사과나무 및 신갈나무에서 각각 65.3%와 60.7%의 생존율을 나타내었다(Table 4, 5). 이는 소나무, 두충나무, 은사시나무, 산수유 및 황백나무는 0%와 뽕나무, 산사나무, 모과나무, 굴참나무 및 살구나무는 2% 미만 발아하였다는 Seong (2000)의 결과보다 매우 높은 활착율을 보이는 것이다.

Kim et al. (2008)은 빛, 온도 및 성장조절물질을 처리하여 발아율을 조사한 결과, 명배양 처리구에서 35%, 25°C 처리구에서 40%, 인돌초산 처리구에서 23.8%, 그리고 에틸렌 처리구에서는 48.8%의 발아율을 나타냈다. 본 연구에서는 인위적인 처리(빛, 온도, 성장조절물질 등) 없이 자연상태에서도 약 80%의 발아율을 나타냈는

Table 3. Age relationship between mistletoe and host plant

Individual trees of overstory	1	2	3	4	5
Host plant (years)	18	21	22	19	24
Mistletoe (years)	16	17	18	18	22
Individual trees of understory	1	2	3	4	5
Host plant (years)	2	3	1	1	2
Mistletoe (years)	1	1	1	1	1

Table 4. Germination rate of seeds and survival rate of seedlings of Korean mistletoes inoculated on *Malus pumila* var. *dulcissima*

Content	Control	Individuals tested					Mean
		1	2	3	4	5	
Number of seeds tried	50	12	16	10	17	16	-
Number of seeds germinated	38	10	13	7	12	14	-
Germination rate (%)*	76.0	83.3	81.3	70.0	70.6	87.5	78.5
Number of plants survived	1	9	8	4	9	6	-
Survival rate (%)**	2.6	90.0	61.5	57.1	75.0	42.9	65.3

*Germination rate (%)=(Number of seeds germinated/Number of seeds tried)x100; **Survival rate (%)=(Number of seedlings survived/Number of germinated seeds)x100.

Table 5. Germination rate of seeds and survival rate of seedlings of Korean mistletoes inoculated on *Quercus mongolica*

Content	Control	Individuals tested				Mean
		1	2	3	4	
Number of seeds tried	50	11	12	10	12	-
Number of seeds germinated	38	9	10	7	10	-
Germination rate (%)*	76.0	81.8	83.3	70.0	83.3	79.6
Number of plants survived	1	5	6	4	7	-
Survival rate (%)**	2.6	55.6	60.0	57.1	70.0	60.7

*Germination rate (%)=(Number of seeds germinated/Number of seeds tried)x100; **Survival rate (%)=(Number of seedlings survived/Number of germinated seeds)x100



Fig. 4. Seedlings of Korean mistletoe on *Malus pumila* var. *dulcissima* (1 and 2) and on *Quercus mongolica* (3 and 4).

데, Kim et al. (2008)의 실험에서는 오히려 인위적인 처리로 인해 겨우살이 종자의 발아율이 저해된 것으로 보인다. 인위적인 처리로 기내에서 발아율을 높으려면 여러 가지의 다양한 조건에 의한 실험이 더 이루어져야 할 것이며, 기내에서의 실험은 겨우살이 종자의 발아율보다는 발아속도를 증가 시키는 방향으로 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

고 찰

국내 및 국외에서 겨우살이류에 대한 연구는 주로 성분과 이용에 대한 것이 대부분이며, 번식과 재배에 대한 연구는 매우 부족한 상태이다. 이용에 중심을 둔 다양한 성분분석과 제품 개발 등의 산업화를 위한 노력에 앞서 원자재의 확보가 급선무이며 이를 위해서는 번식과 재배에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다. 그러나 겨우살이의 희소성과 종자 채집의 어려움 등은 이러한 연구를 어렵게 하는 이유 중의 하나이다.

겨우살이 종자는 Table 1에서 나타난 것처럼 구형이며 포도, 토마토 등과 같은 장과 또는 액과(berry)이다. 과육에 해당되는 부위는 점액질로 되어 있으며 이것이 겨우살이과(Loranthaceae)의 식물이 나무에 기생할 수 있는 실마리이다(Visser 1981).

배가 2-3개씩 관찰되는 다배현상은 침엽수의 종자에

서 주로 관찰되는 것으로 활엽수에서는 매우 드문 현상이다(Singh and Johri 1972). 본 연구에서 아주 드물지만 3개의 배를 가진 종자도 발견된 것은, 이 종이 배의 발달에 있어 어떠한 과정으로 발생하는지 흥미로운 해부학적 및 유전적 연구 소재가 될 것으로 보인다. 다배 발생은 동일한 배가 등분되거나 출아 등에 의해 발생하기도 하지만 주심배 등에 의해 발생할 수도 있기 때문이다. 전자에 의하면 각각의 배가 유전적 동질성을 갖지만 후자의 경우 그렇지 않게 된다(Hartmann et al. 1990).

자연상태에서 겨우살이 종자의 기주목 활착율이 매우 낮으므로 이에 대한 분석이 요구되며, 다양한 장소에서 다년간의 연구를 통해 분석된 내용은 다음과 같다.

1) 종자가 성숙하면 대부분은 땅바닥에 떨어지고 일부가 주위의 다른 나무들의 가지에 떨어지면서 붙는다. 땅에 떨어진 종자들은 퇴화한다.

2) 겨우살이 종자가 조류 등의 먹이 또는 몸체에 붙어 이동되어 번식하더라도 종자가 다른 나무의 가지에 부착될 확률은 매우 낮다.

3) 활착에 성공하기 위해서는 종자가 기주목의 3년생 이하의 가지 윗부분에 떨어지는 것이 유리하다. 수종마다 수피의 특성이 다를 수 있으나 4년생 이상의 가지는 두꺼운 수피 때문에 겨우살이 종자의 흡기가 침투하기 어려울 것으로 보인다.

4) 가지에 부착하더라도 겨우살이 종자의 흡기가 기주식물 가지의 수피 방향으로 성장해야 하며, 공중(가지의 반대쪽)으로 성장하면 이내 고사하게 된다.

5) 대부분의 종자는 활착이 유리한 기주식물의 가지에 부착되지 못하며, 활착하기 좋은 기주식물의 줄기에 부착이 되어도 동물(가지에 붙은 겨우살이 종자를 동물들이 이동하면서 부딪쳐 떨어뜨림)이나 비(겨우살이의 점액질 물질은 마르면 딱딱해져 기주식물에 붙어 있지만 수분이 공급되면 다시 점액질로 바뀌므로 수피에서 이탈함) 등에 의한 유실이 일어날 수 있다.

위와 같은 여러 요인들로 겨우살이 종자는 자연상태에서 매우 낮은 활착율을 나타내는 것으로 판단된다. 이에 근거하여 인공재배실험을 사과나무(*Malus pumila* var. *dulcissima*)와 신갈나무(*Quercus mongolica*)에서 실시하였는데, 사과나무를 실험대상으로 선정할 이유는, 1) 유럽에서는 오래전부터 사과나무에 겨우살이를 재배하여 추출한 항암물질을 천연 항암제(주사제)로 이용해 오고 있어 안정성이 있다고 인정되며, 2) 수형조절이 용이하여 수고를 낮출 수 있음으로 겨우살이 접종, 재배, 관리 및 수확에 큰 이점이 있고, 3) 현재까지 국내에서 여러 가지 종을 기주식물로 사용하여 시험하였으나 사과나무를 기

주식물로 이용하지 않았으며 또한 접종 성공 사례가 없다는 등이다. 신갈나무를 선정한 이유는 강원도 지역에 자생하는 겨우살이 기주목의 대부분이 신갈나무이므로 겨우살이가 활착하여 성장하는데 가장 적합한 조건을 가지고 있는 임목으로 판단되었기 때문이다. 대규모적 사업을 위한 기주식물의 선택은 매우 중요한 것으로 이는 다양한 목본식물을 대상으로 실시할 필요가 있으며, 앞으로 더 많은 연구와 토론이 요구된다. 특히, 기내에서의 실험은 발아율보다는 일시에 다수의 묘목을 얻을 수 있으며 관리를 용이하게 하는 발아속도의 증가에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 사료된다. 앞으로 본 연구에서 이용된 사과나무의 선정 사유에 근거하여 적절한 수종을 활용한다면 보다 효과적 결과가 얻어질 수 있을 것이다.

결론

최근까지 겨우살이에 대한 연구의 대부분은 생리활성과 항암효과에 대한 연구였으며 겨우살이의 인공재배에 대한 여러 시도가 있었지만 매우 저조한 활착율을 보여 실질적 재배기술을 제시하지는 못하였다. 본 연구는 겨우살이 흡기(또는 유근)의 발달기작이 기주식물 활착에 가장 중요한 역할을 하는 것을 밝혔고 이를 인공재배에 적용하였다. 그 첫째는 1년생 정도의 얇은 수피에 집중하며, 둘째로 흡기가 기주식물 쪽으로 발달하도록 인위적으로 조절하는 것이었는데 이러한 조절에는 특수하게 개발된 위치조정장치가 매우 효과적이었다. 겨우살이 종자를 사과나무와 신갈나무에 접종하여 인위적으로 조절하였을 때 자연상태에서의 활착율 3%에 비해 80%의 높은 활착율을 보였고, 이 중 60% 이상이 생존하였다. 접종 당년에는 퇴화한 듯이 보이는 어린 자엽을 가진 기생근이 전체 식물처럼 관찰되었으며, 2년차에 식물의 형태를 갖추었다. 이러한 결과는 다양한 겨우살이류가 여러 가지의 기주식물에서 인공적으로 번식될 수 있다는 결과를 보여주는 최초의 성공적 보고이다.

참고문헌

Bloksma N, Van Dijk H, Korst P, Willers JM. 1979. Cellular and humoral adjuvant activity of mistletoe extract. *Immunobiol* 156: 309-318.

Bocci V. 1993. Mistletoe (*Viscum album*) lectins as cytokine inducers and immunoadjuvant in tumor therapy. A review. *J Biol Regul Homeost Agents* 7: 1-6.

Choi SY, Chung SK, Kim SK, Yoo YC, Lee KB, Kim JB, Kim JY,

Song KS. 2004. An antioxidant homo-flavoyadorinin-b from Korean Mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*). *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 279-282.

Choung BY. 1999. Study of Biological Activity components of Korean and European mistletoe. MS thesis. Seoul Womens University, Korea.

Doser C, Doser M, Hülsen H, Mechelke F. 1989. Influence of carbohydrates on the cytotoxicity of an aqueous mistletoe drug and of purified mistletoe lectins tested on human T-leukemia cells. *Drug Res* 39: 647-651.

Franz H, Ziska P, Kindt A. 1981. Isolation and properties of three lectins from mistletoe (*Viscum album* L.). *Biochem J* 195: 481-484.

Hajto T, Hostanska K, Frei K, Rordorf C, Gabius HJ. 1990. Increased secretion of tumor necrosis factors alpha, interleukin 1, and interleukin 6 by human mononuclear cells exposed to beta-galactoside-specific lectin from clinically applied mistletoe extract. *Cancer Res* 50: 3322-3326.

Hartmann HT, Kester DE, Davies FT Jr. 1990. Plant propagation: principles and practices (5th ed). Prentice-Hall, Inc, New Jersey, USA, pp 70-72.

Jang CS, No KS. 2000. Anti-Diabetic Effect of *Viscum album* Lectin. *Korean J Biomed Lab Sci* 6: 151-157.

Jeon YH. 2004. Study on the immunostimulant activity of the extract of Korean mistletoe fruits to activate macrophages in mice. MS thesis. Konyang University, Korea.

Jung JH. 2004. Adjuvant effect of Korean mistletoe lectins on the induction of systemic and mucosal immunity by intranasal immunization. MS thesis. Handong Global University, Korea.

Khawja TA, Dias CB, Pentecost S. 1986. Recent studies on the anticancer activities of mistletoe (*Viscum album*) and its alkaloids. *Oncol* 43 Suppl 1:42-50.

Kim SW, Ko SM, Liu JR. 2008. In vitro Seed Germination and Callus Formation on Flower Bud of Korean Mistletoe (*Viscum album* L. var. *coloratum* [Kom.] Ohwi). *Korean J Plant Biotech* 35: 47-53.

Korean National Arboretum. 2007. Korean Plant Names Index, p 47. (in Korean)

Kuttan G, Kuttan R. 1992. Immunomodulatory activity of a peptide isolated from *Viscum album* extract (NSC 635 089). *Immunol Invest* 21: 285-296.

Lee BD. 2010. Host Specificity of Mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum* [Kom.] Ohwi) and Its Artificial Cultivation. Ph.D thesis. University of Seoul, Korea.

Lee GP. 2002. Identification and Purification of Lectin from Induced Callus in Korean Mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*). MS thesis. Dongguk University, Korea.

Lee SJ. 2003. The screening of biological activities for Korean viscum sp. classified by host trees. MS thesis. Kangwon National University, Korea.

Park SM. 1999. Isolation and Characterization of Biological Activity High Molecular Substances from *Viscum album* var.

Mistletoe Germination and Seedling Induction

- coloratum*. MS thesis. Seoul Womens University, Korea.
- Park CH, Park CG, Bang KH, Park HW, Seong NS. 2003. Plant Growth and Anatomical Characteristics of Korean Mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum* [Kom.] Ohwi). Korean J Medicinal Crop Sci 11: 122-126.
- Peter J, Donald M, Robert O, Richard D. 1986. Characteristics of viscin from the seed of dwarf mistletoe. Bot Gaz 147: 156-158.
- Ribéreau-Gayon G, Jung ML, Baudino S, Sallé G, Beck JP. 1986. Effects of mistletoe (*Viscum album* L.) extracts on cultured tumor cells. Experientia 42: 594-599.
- Schink M. 1997. Mistletoe therapy for human cancer: the role of the natural killer cells. Anticancer Drugs 8 Suppl 1:S47-S51.
- Seong K. 2004. Antiangiogenic mechanisms of Korean mistletoe lectin. MS thesis. Sungkyunkwan University, Korea.
- Seong NS. 2000. Technical development for the utilization and cultivation of Korean mistletoe. Ministry of Agriculture and Forestry, Korea.
- Singh H, Johri BM. 1972. Development of gymnosperm seeds. In: Seed biology (Kozłowski TT, ed). Academic Press, New York, USA, pp 22-77.
- Visser J. 1981. South african parasitic flowering plants. Juta and Co, Cape Town, South Africa, pp 1-177.
- Yi JS, Kim CW. 2011. Apparatus for position fixing of mistletoe seeds. Korean Intellectual Property Office. Patent Number 10-1087173.
- Yoon TJ. 1997. Studies on the biological activities of lectin purified from Korean mistletoe (*Viscum album* var. *coloratum*) extracts and its characterization. Ph.D thesis. Konkuk University, Korea.