

편백(*Chamaecyparis obtusa*)이 편백 식재림의 하층식생에 미치는 Allelopathy 효과

곽승훈 · 길봉섭*

원광대학교 대학원 생물학과, 사범대학 과학교육과*

Allelopathic Effect of *Chamaecyparis obtusa* on Understory Vegetation in *C. obtusa* Plantation

Kwak, Seung-Hoon and Bong-Seop Kil*

Department of Biology, Graduate School and

Department of Science Education*, Wonkwang University

ABSTRACT

The understory vegetation of a *Chamaecyparis obtusa* plantation is relatively sparse at a valley in Sangkwan-myŏn, Wanju-gun, Chŏnbuk, Korea, and that of the pure *C. obtusa* plantation is more sparse than in the *C. obtusa-Larix leptolepis* plantation.

In order to investigate the causes of this difference, this study was carried out both in the field and in the laboratory. Total of 109 taxa, comprising 90 genera and 53 families, were identified in the plantation. But the average number of species above 10% frequency was only 27, and both the number of species and plants per quadrat in the pure *C. obtusa* plantation were lower than those in the *C. obtusa-L. leptolepis* plantation.

Light intensity, soil pH, and the difference of soil minerals were supposed to be parts of the causes. Soils, litter extracts of *C. obtusa* and *L. leptolepis*, and leachates collected by vermiculite beneath *C. obtusa* canopy for 1 year were tested for the effect on germination and seedling growth of both inside species and outside species in the laboratory. Germination and seedling growth of outside species were more suppressed than those of inside species.

Therefore it was found that allelopathic effect of *C. obtusa* would be responsible for the sparse understory vegetation in the *C. obtusa* plantation.

Key words : Allelopathic effect, *Chamaecyparis obtusa*, Inside species, Outside species, Litter, Leachate, Bioassay

서 론

Allelopathy 효과는 종에 따라 차이가 있으나 많은 종에서 증명되고 있으며, 침엽수의 경우에도 많은 종 사이에서 매우 일반적으로 나타나는 현상이다(Rice 1984). 특정 종의 allelopathy 작

용 가능성에 대한 연구의 대부분은 야외 조사 때문에 시작되었는데, 그러한 종은 나지에 의해 둘러 싸이거나, 수관하에 다른 종을 거의 갖지 않으며, 또는 다른 어떤 방법으로 타식물을 억제하는 능력을 보인다(Newman and Rovira 1975).

국내에서는 침엽수 중에서 특히 소나무과(Pinaceae)에 관한 연구 보고가 많았다. Lee와 Monsi(1963)가 소나무(*Pinus densiflora*)의 각 부분 추출액과 소나무 토양에는 소나무림내에 드물게 존재하는 식물들에게 유독한 물질이 들어 있다는 것을 밝혔고, Kil과 Yim(1983)은 소나무의 allelopathy 효과를 더욱 확실하게 규명하였다. 또한 곶술(김과 길 1984, 길 등 1989), 리기다 소나무(노와 길 1986, 길 1988), 개잎갈나무(방과 길 1986), 잣나무(길 등 1991)에도 allelopathy 효과가 있음이 차례로 밝혀졌다.

그러나 측백나무과(Cupressaceae)식물의 allelopathy 효과에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 상태로서, Adams와 Hagerman(1977), 그리고 Adams(1979)가 *Juniperus scopulorum*의 terpenoid 변화를, 노(1991)가 측백나무를 연구하였다.

편백(*Chamaecyparis obtusa* (S. et Z.) Endl.)은 일본 원산의 측백나무과 목본으로서(이 1980), 일본에서는 본주에서九州에 걸쳐 산지에 자생하고, 또 널리 식림되고 있으며(奥山 1977), 독특한 향기와 색조의 우아함이 일본인의 감각에 알맞아 옛부터 궁전이나 신사의 건축재로도 사용되어 왔다(堀田 등 1989). 국내에는 1904년에 도입되어 중부 이남 지역에서 조림되기 시작하였으며(조 1989), 공업용, 관상용, 약용으로 이용되고 있고, 향기가 독성을 가지고 있다(송 등 1974).

淸野(1988)는 편백 인공림의 하층식물 군락과 피도, 출현종수의 동태에 영향을 주는 요인들로 광상태와 건습조건을 들었으며, 구와 이(1991)는 남부지방 편백 인공림의 하층식생이 유사함을 발견하고, 그 유사성을 편백림내에서 환경조건에 대한 내성을 가진 종이 천이되어 안정된 공통종이 증가하였기 때문인 것으로 추정하였다.

그러나 편백식재림의 종조성이 화학물질과 관계된다는 명백한 보고가 없으므로, 물리화학적 요인외에 편백에서 방출되리라고 추정되는 화학물질이 편백식재림의 하층식생에 미치는 영향을 밝히고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

조사지 개황

조사지는 전북 완주군 상관면 죽림리 죽림온천의 서쪽 계곡, 해발 170m에 위치하고 있으며, 방위 130°, 경사각 28°, 동서 최대길이 68m, 남북 최대길이 27m로서, 약 35년 전에 조성된 후 15년 전부터는 관리되지 않고 있어 드나드는 사람이 거의 없는 곳이다. 현재는 편백 422그루, 편백 고사목 10그루, 일본잎갈나무(*Larix leptolepis*) 44그루로 구성되어 있으며, 일부분은 편백과 일본잎갈나무가 혼합 식재되어 있다. 편백과 일본잎갈나무의 평균 DBH는 각각 11.72cm, 14.36cm이며, 수고는 약 25m이다. 지표면의 평균 조도는 직사광의 약 13%에 불과하였다.

하층식생 조사

조림지의 편백과 일본잎갈나무는 거의 등간격으로 식재되어 있기 때문에, 수간 사이를 한 번 (1.5 × 1.6m)으로 하여 순편백림 425방형구, 편백-일본잎갈나무림 132방형구, 총 557방형구로 나누어서 각 방형구의 지표면 조도를 측정하고, 밀도와 빈도를 산출하였다. 또한 하층식생 조사

에서 얻은 자료를 사용하여 조도에 따른 출현종수와 개체수를 비교하였다.

실험식물

식생조사 자료를 바탕으로 하여 식재립내에 출현한 종을 임내종(inside species)으로, 출현하지 않은 종을 임외종(outside species)으로 구분하여 사용하였다 (Kil and Yim 1983). 즉, 임내종으로는 이질풀(*Geranium nepalense* subsp. *thunbergii*), 망초(*Erigeron canadensis*), 제비꽃(*Viola mandshurica*), 뱀딸기(*Duchesnea chrysantha*), 좁깨잎나무(*Boehmeria spicata*), 갈퀴덩굴(*Galium spurium*), 주름조개풀(*Oplismenus undulatifolius*), 마(*Dioscorea batatas*), 뱀무(*Geum japonicum*), 개모시풀(*Boehmeria platanifolia*), 노박덩굴(*Celastrus orbiculatus*), 담쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*), 팽이밥(*Oxalis corniculata*), 닭의장풀(*Commelina communis*) 등 14종을, 임외종으로는 수크령(*Pennisetum alopecuroides*), 소리쟁이(*Rumex crispus*), 쇠무릅(*Achyranthes japonica*), 질경이(*Plantago asiatica*), 비름(*Amaranthus mangostanus*), 박주가리(*Metaplexis japonica*), 갯신나물(*Agrimonia pilosa*) 등 7종을 사용하였다.

토양에 의한 생물정량 및 토양분석

순편백림, 편백-일본잎갈나무림, 그리고 인공림 동쪽 경계선에서 5m 떨어진 오동(*Paulownia coreana*) 밑의 A₁층 토양을 각각 5곳에서 채취하여 pH, 유기물, P, Ca, K, Mg, N 함량을 분석하였으며, 장소별로 실험실에서 혼합한 후, 1회용 화분(직경 8cm, 높이 7.5cm)에 담아 종자를 각각 20립씩 파종하고 매일 20ml의 증류수를 주었다. 그리고 4주일 후 수확하여 발아효과, 유식물의 길이를 측정하였다.

Litter 추출액 및 leachate에 의한 생물정량

식재립내에서 채취한 부식 중의 litter 200g에 증류수 1,000ml를 부어(Kil and Yim 1983) 실온에서 24시간동안 놓아둔 후, 질석을 담고 종자 20립씩 파종한 1회용 화분(직경 8cm, 높이 7.5cm)에 눈금 0.149mm의 표준망체로 litter를 제거한 추출액을 매일 20ml씩 주었으며, 대조군은 동량의 증류수를 주었다.

Leachate에 의한 실험은 4개의 플라스틱 화분(58×18×15cm)에 질석을 담아 순 편백림내에 나란히 놓고, 2개는 그대로 방치하여 leachate가 흡수되도록 하였으며, 다른 2개는 화분 10cm위에 비닐막을 설치하여 leachate의 흡수를 차단하였다. 1년(1992. 6. 6~1993. 6. 5)후 화분을 실험실로 가져와 질석을 1회용 화분에 나누어 담았다. 각각 20립씩의 종자를 파종하고 매일 20ml의 증류수를 주었다.

4주일 후 수확하여 발아수와 유식물의 길이를 측정하였다.

Litter의 휘발성 물질에 의한 생물정량

식재립내에서 부식 중인 편백과 일본잎갈나무의 litter를 채취하여 유리 수조(1,700ml)내에 각각 30g씩 넣은 후, 증류수를 8ml씩 주고 수용체식물 종자를 50립(단, 박주가리는 30립)씩 파종한 petri dish(직경 12cm)를 놓았다. 그리고 litter에 의해 흡수되어 손실되는 수분의 공급을 위해 50ml의 증류수를 담은 비이커(100ml)를 함께 놓았다. 수조의 입구는 vinyl wrap으로 봉하였으며, 대조구에는 litter를 넣지 않았다. 파종 10일 후 발아수와 유식물의 길이를 측정하였다.

모든 실험은 4반복하였으며, 화분에는 5일 간격으로 20ml씩의 Hoagland용액(Hoagland and

Arnon 1950)을 주었다. 상대발아율(relative germination ratio; RGR)과 상대신장율(relative elongation ratio; RER)의 계산은 노와 길(1986)의 방법을 따랐다.

결과 및 고찰

하층식생 조사

식재림의 내부는 수관이 폐쇄되어 있어 지표면 조도가 외부 조도의 13%에 불과하여 어두운 곳으로서, 아까시나무가 북쪽 중앙 부분을, 은사시나무가 북서쪽 부분을, 그리고 참느릅나무가 동쪽 부분을 외부로부터 지하경의 번식에 의하여 다소 침투하고 있었지만, 그 크기들이 매우 왜소하였으며, 하층식생은 거의 발달되어 있지 않았다. 9월 중순의 관찰에 의하면 인공림의 남쪽 경계 바로 안쪽에 존재하여 직사광선을 많이 받을 수는 있지만, 편백의 수관하에 위치한 개모시 풀들은, 7번 방형구와 8번 방형구 사이에서 편백의 수관하에 있지 않으면서 거의 직사광선을 받지 못하는 것들보다 훨씬 크기가 작았고 9월 중순에 이미 잎이 시들어 마르고 있었다. 또 505번 방형구에는 높이 8m의 산뽕나무 한 그루가 남쪽 방향으로 기울어져 자라고 있었는데, 편백의 수관하에 있는 잎들은 수관 밖의 잎들과는 달리 이미 색이 변하여 시들고 있었다.

하층식생을 조사한 결과 순편백림에서는 50과 86속 89종 3아종 10변종 1품종, 편백-일본잎갈나무림에서는 45과 72속 70종 2아종 8변종, 총 53과 90속 94종 3아종 11변종 1품종, 109종류가 확인되었다.

출현 식물 종의 빈도 분포는 Table 1과 같다. 순편백림에서는 94.17%가 빈도 20%이하였으며, 빈도 40%이상인 종은 없었다. 그러나 편백-일본잎갈나무림에서는 80%가 빈도 20%이하였고, 빈도 40%이상인 종은 6.25%에 해당하였다. 출현 식물 종의 밀도 분포는 Table 2와 같다. 순편백림에서는 91.26%, 편백-일본잎갈나무림에서는 76.25%, 그리고 전식재림에서는 88.08%가 방형구당 밀도 0.4이하로서, 빈도와 밀도 모두 매우 낮았다.

전체 빈도가 10%이상인 종은 모두 27종 뿐으로서, 대부분의 종들이 빈도 10%이하, 밀도 0.4 이하였다. 청가시덩굴과 청미래덩굴의 빈도가 가장 높았고, 밀도는 김의털아재비, 돌나물, 은사

Table 1. Frequency distribution of the undergrowth in *Chamaecyparis obtusa* plantation

Class of frequency	A (%)	B (%)	C (%)
0.1~10.0%	78.64	60.00	95.15
10.1~20.0%	15.53	20.00	3.05
20.1~30.0%	2.91	7.50	1.26
30.1~40.0%	2.91	6.25	0.18
40.1~50.0%	0	3.75	0.36
50.1~60.0%	0	1.25	0
60.1~70.0%	0	0	0
70.1~80.0%	0	1.25	0

A: Pure *Chamaecyparis obtusa* plantation,
B: *Chamaecyparis obtusa*-*Larix leptolepis* plantation,
C: A+B.

Table 2. Density distribution of the undergrowth in *Chamaecyparis obtusa* plantation

Class of density	A (%)	B (%)	C (%)
0.01~0.40	91.26	76.25	88.08
0.41~0.80	3.88	11.25	5.50
0.81~1.20	3.88	3.75	4.58
1.21~1.60	0.97	3.75	1.84
1.61~2.00	0	0	0
2.01~2.40	0	3.75	0
2.41~2.80	0	0	0
2.81~3.20	0	1.25	0

A, B and C are the same as in Table 1.

시나무의 순이었으나, 은사시나무는 인공림 외부로부터 지하경에 의하여 침투한 종이었다. 27종 중 순편백림에서의 빈도가 편백-일본잎갈나무림에서보다 더 높은 종은 물봉선, 으름 등 6종, 밀도가 더 높은 종은 쥐똥나무, 물봉선 등 9종 뿐으로서, 대부분의 종들이 순편백림에서 더 낮은 빈도와 밀도를 나타내었다 (Table 3).

방형구당 종류밀도는 순편백림 6.48, 편백-일본잎갈나무림 10.21, 전식재림 7.36이었으며, 출현개체수는 순편백림 16.58개체, 편백-일본잎갈나무림 27.11개체, 그리고 전식재림 19.07개체로서 매우 낮은 값들을 나타내었는데, 순편백림의 경우 3개 방형구에서는 식물체를 발견할 수 없었다. 따라서 본 인공림은 하층식물의 분포 및 생육에 매우 부적합한 곳이며, 순편백림이 편백-일본잎갈나무림보다 더 부적합하다는 것을 알 수 있다. 그러나 양치식물의 빈도와 밀도가 높은 것으로 보아 토양 수분 부족이 그 원인은 아닌 것으로 사료된다.

Table 3. Frequency and density of the undergrowth above 10% frequency in *Chamaecyparis obtusa* plantation

Species	A		B		C	
	F(%)	D	F(%)	D	F(%)	D
<i>Smilax sieboldii</i>	39.76	0.77	70.45	2.26	47.04	1.12
<i>Smilax china</i>	37.41	0.77	56.82	1.45	42.01	0.93
<i>Dryopteris chinensis</i>	36.00	1.01	42.42	1.32	37.52	1.09
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	26.12	0.50	26.52	0.36	26.21	0.47
<i>Impatiens textori</i>	26.59	1.05	19.70	0.42	24.96	0.89
<i>Orixa japonica</i>	19.06	0.35	42.42	0.86	24.60	0.47
<i>Akebia quinata</i>	25.65	0.79	15.15	0.38	23.16	0.69
<i>Galium dahuricum</i>	17.18	0.28	37.88	0.70	22.08	0.38
<i>Dennstaedtia wilfordii</i>	19.06	0.27	26.52	0.38	20.83	0.30
<i>Paederia scandens</i>	13.88	0.32	41.67	1.04	0.47	0.49
<i>Celastrus orbiculatus</i>	16.47	0.27	31.06	0.76	19.93	0.38
<i>Festuca parvigluma</i>	12.47	1.09	38.64	3.08	18.67	1.56
<i>Cayratia japonica</i>	16.00	0.28	27.27	0.43	18.67	0.32
<i>Cornus controversa</i>	18.59	0.31	17.42	0.22	18.31	0.29
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	11.29	0.17	29.55	0.52	15.62	0.25
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	19.06	1.44	0	0	14.54	1.10
<i>Dioscorea batatas</i>	8.47	0.12	34.09	0.58	14.54	0.23
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	13.88	0.29	15.91	0.28	14.36	0.29
<i>Corydalis ochotensis</i>	15.06	0.37	8.33	0.11	13.46	0.31
<i>Boehmeria platanifolia</i>	10.35	0.16	21.97	0.73	13.11	0.30
<i>Sedum sarmentosum</i>	11.53	1.08	16.67	2.11	12.75	1.32
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	6.59	0.24	30.30	2.14	12.21	0.69
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	13.41	0.25	7.58	0.21	12.03	0.24
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i>	8.24	0.10	24.24	0.36	12.03	0.16
<i>Liriope spicata</i>	9.65	0.20	14.39	0.26	10.77	0.22
<i>Oxalis corniculata</i>	10.59	0.31	10.61	0.26	10.59	0.30
<i>Rosa multiflora</i>	9.20	0.15	14.39	0.27	10.41	0.18

A, B and C are the same as in Table 1. F: frequency, D: density per quadrat.

식재림의 하층식생에 미치는 광량의 영향을 알아보기 위하여 조도계(Takemura electric works)를 이용하여 각 방형구의 지표면 조도를 측정하였다. 순편백림의 평균 상대조도율은 인공림 외부의 10.85%, 편백-일본잎갈나무림은 18.06%로서 80%이상의 광선이 수관에 의하여 차단되고 있으며, 순편백림의 차단율이 더 높았다. 상대조도율에 따른 출현 종수와 개체수의 비율은 Table 4와 같다.

조도의 상승에 따라 출현 종수가 증가하는 경향을 보이고 있어 광량이 종의 분포에 큰 영향을 준다고 할 수 있다. 그러나 순편백림의 출현 종수는 모든 조도대에서, 개체수는 상대조도율 15% 이하에서 편백-일본잎갈나무림보다 낮았다. 이것은 광량 이외에 순편백림의 또 다른 요인들이 하층식물의 식생 발달에 억제 요인으로 작용하고 있음을 의미한다. 상대조도율 15%이상에서는 순편백림의 출현 개체수가 더 많은데, 이것은 편백-일본잎갈나무림이 132방형구 중 8방형구(0.06%)가 외부와 경계를 이루고 있으나, 순편백림은 445방형구 중 92방형구(20.67%)가 외부와 경계를 이루고 있어 광량이 많아진 반면에, 편백의 영향이 감소되었기 때문으로 사료된다.

Table 4. Number of species and individuals according to relative light intensity in *Chamaecyparis obtusa* plantation

Relative light intensity (%)	Number of species		Number of individuals	
	A	B	A	B
5.1~10.0	5.46	13.33	15.42	33.33
10.1~15.0	6.58	10.96	16.86	43.02
15.1~20.0	8.59	8.60	25.29	23.38
20.1~25.0	8.43	10.13	23.07	22.32
25.1~30.0	10.00	10.55	36.67	26.18
30.1~35.0	12.00	16.50	59.00	44.50
35.1~40.0	12.50	—	41.00	—

A and B are the same as Table 1.

토양분석

순편백림, 편백-일본잎갈나무림, 그리고 식재림의 동쪽 경계선으로 부터 5m 떨어진 오동 밑에서 각각 채취한 A₁층 토양의 분석 결과는 Table 5와 같다.

식재림내 토양은 pH 4.8로서 외부 토양의 pH 6.6에 비하여 낮았는데, 이 값은 충북 단양의 측백나무림, 소나무림, 떡갈나무림 (노 1991), 경기도 용암산의 참나무림 (박과 김 1985), 경남 창원지역의 습원 (이 등 1985)보다 낮은 것이다. 그러나 전북 장안산 (김 1987)과는 비슷하였다.

Table 5. Chemical properties of the soils from different sites

Site	pH (1:5)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K	Ca	Mg	NH ₄ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)
A	4.8	5.8	121	0.81	2.0	0.4	53.2	34.2
B	4.8	5.2	229	0.63	2.0	0.5	66.6	14.0
C	6.6	5.7	35	1.23	11.3	1.5	43.2	18.0

A, B: Soils of pure *Chamaecyparis obtusa* and *Chamaecyparis obtusa-Larix leptolepis* plantation, respectively, C: Soil underneath *Paulownia coreana* plants outside the plantation. O.M. : Organic matter. The values are means of 5 samples.

식재림내 토양의 산성화는 편백과 일본잎갈나무의 영향때문으로 사료되는데, 산성토양은 식물의 N, Ca, Mg, P, K, S 등의 이용도를 감소시키고, 특히 Ca과 Mg, K 등의 염기 용탈을 심화시킨다(조 등 1975). 따라서 식재림내 토양의 낮은 Ca, Mg 값은 이와 관련이 있는 것 같다. 유기물 함량은 서로 비슷하였고, P₂O₅와 NH₄-N 값은 식재림내 토양이 더 높았다. 순편백림 토양과 편백-일본잎갈나무림 토양은 P₂O₅와 NO₃-N 값을 제외하고 큰 차이가 없었다. 따라서 순편백림과 편백-일본잎갈나무림의 하층식생 차이는 토양의 화학적 성질에 의해 큰 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

토양에 의한 생물정량

식재림내에 출현한 모든 종을 임내종으로, 출현하지 않은 종을 임외종으로 구분하고, 빈도 10%이하의 임내종 5종과 임외종 5종을 순편백림 토양과 인공림 외부 토양에서 실험하여 인공림 외부 토양에서의 실험값과 비교한 결과는 Table 6과 같다.

밭아에서는 5% 수준에서 유의한 경우는 적었으나 임내종인 제비꽃과 갈퀴덩굴을 제외한 모든 종이 억제되었다. 이것은 순편백림 토양이 밭아를 억제시킬 수 있다는 것을 의미하는 것이며, 임내종과는 달리 임외종의 밭아가 모두 억제된 것은 임외종이 순편백림 토양에 내성을 갖고 있지 않다는 것을 시사하는 것이다. 신장생장에서는 전체적으로 10종 중에서 4종이 촉진되고 6종이 억제되었으나, 임내종은 갈퀴덩굴만이 억제된 반면, 임외종은 모두 억제되는 경향을 보였다. 이 결과 또한 임외종이 순편백림 토양에 내성을 갖고 있지 않음을 보여 주는 것이다.

임내종 11종을 순편백림 토양과 편백-일본잎갈나무림 토양에서 실험하여 비교한 결과, 11종 중에서 7종이 밭아 억제되고 3종이 촉진되었으며, 5종의 신장생장이 억제되고 6종이 촉진되어 순편백림 토양에서 밭아가 다소 억제되는 경향을 보였다 (Table 7).

편백-일본잎갈나무림 토양에 대한 편백림 토양의 밭아억제 경향은 종조성에 관한 식재림내 하층식생의 조사 결과를 뒷받침할 수 있는 것으로서, 순편백림 토양이 순편백림의 낮은 종조성에 한 원인이 됨을 알 수 있다.

Litter 추출액에 의한 생물정량

지표면에서 부식 중인 편백 litter의 추출액에 의한 임내종 6종과 임외종 6종을 실험한 결과, 밭아의 경우 임내종과 임외종 사이에 큰 차이를 보이지는 않았으나, 임외종인 짚신나물은 편백 litter 추출액에서 밭아되지 않았다. 신장생장은 5% 수준에서 유의하지는 않았으나 임내종에서

Table 6. Relative germination ratio (RGR) and relative elongation ratio (RER) of receptor plants grown on the pure *Chamaecyparis obtusa* plantation soil to those on the soil out of the plantation

Inside species	R G R	R E R	Outside species	R G R	R E R
<i>Geranium nepalense</i>			<i>Pennisetum alopecuroides</i>	82.43	91.24
subsp. <i>thunbergii</i>	48.65 ^a	131.40	<i>Rumex crispus</i>	50.98	85.29
<i>Viola mandshurica</i>	148.00	144.52 ^a	<i>Achyranthes japonica</i>	68.65	55.09
<i>Duchesnea chrysantha</i>	79.55	157.04 ^a	<i>Plantago asiatica</i>	41.09	90.18
<i>Boehmeria spicata</i>	26.67 ^a	138.02	<i>Amaranthus mangostanus</i>	92.86	80.43
<i>Galium spurium</i>	121.62	84.17			

^a Significantly different at 5% level.

Table 7. Relative germination ratio (RGR) and relative elongation ratio (RER) of inside species grown on the pure *Chamaecyparis obtusa* plantation soil to those on the *Chamaecyparis obtusa*-*Larix leptolepis* plantation soil

Species	R G R	R E R	Species	R G R	R E R
<i>Erigeron canadensis</i>	107.64	72.59	<i>Galium spurium</i>	187.50	118.61
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	58.33	111.17	<i>Boehmeria spicata</i>	57.14	108.95
<i>Dioscorea batatas</i>	105.33	96.85	<i>Oxalis corniculata</i>	68.18	77.47
<i>Geum japonicum</i>	80.00	92.81	<i>Commelina communis</i>	100.00	134.57
<i>Boehmeria platanifolia</i>	63.64 ^a	118.56	<i>Duchesnea chrysantha</i>	83.33	109.11
			<i>Celastrus orbiculatus</i>	92.86	99.01

^a Significantly different at 5% level.

2종이 억제된 반면, 임외종은 질경이를 제외한 5종이 억제되어 임외종이 억제작용을 받는 경향을 나타내었다(Table 8). *Pholistoma auritum* (Parker and Muller 1979), *Lencaena leucocephala* (Chou and Kou 1986), 담배 (Hussain *et al.* 1979) 등의 실온에서 인위적으로 건조시킨 litter가 수용체 식물의 발아 또는 신장생장을 억제시킨다는 연구 결과가 있었으나, 본 실험에서는 임외종의 신장생장이 크게 억제되지는 않았다. 이것은 본 실험에서는 자연상태에서 부식 중이며, 수분을 함유한 litter를 채취하여 자연상태 이외의 조건에 의한 화학적 변화를 최소화하기 위해 채취한 후 수 시간내에 추출액 제조에 사용하여서, 추출액의 농도가 상대적으로 낮았기 때문으로 사료된다. 그리고 토양에 의한 실험에서도 임외종의 신장생장이 억제되는 경향을 보였는데, 이것은 부분적으로나마 litter의 영향 때문인 것으로 사료된다.

Table 8. Relative germination ratio (RGR) and relative elongation ratio (RER) of receptor plants grown in pot with *Chamaecyparis obtusa* litter extracts

Inside species	R G R	R E R	Outside species	R G R	R E R
<i>Viola mandshurica</i>	114.29	97.05	<i>Plantago asiatica</i>	102.78	112.02
<i>Oxalis corniculata</i>	118.75	75.16	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	104.62	92.34
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	100.00	104.41	<i>Amaranthus mangostanus</i>	120.59	91.53
<i>Boehmeria platanifolia</i>	54.17	103.98	<i>Metaplexis japonica</i>	90.00	79.64
<i>Dioscorea batatas</i>	150.00	102.78	<i>Agrimonia pilosa</i>	0.00 ^a	0.00 ^a
<i>Geum japonicum</i>	88.89	88.86	<i>Achyranthes japonica</i>	95.59	92.57

^a Significantly different at 5% level.

편백과 일본잎갈나무의 litter 추출액에 의한 실험에서는 편백 litter 추출액에 의하여 짚신나무의 발아가 크게 억제되고 소리쟁이의 발아가 크게 촉진되었다. 5% 수준에서 유의한 경우는 적으나 13종 중에서 편백 litter 추출액에 의하여 각각 5종씩 억제 그리고 촉진되었으며, 신장생장은 8종이 억제되고 5종이 촉진되어 편백과 일본잎갈나무 litter 추출액에 의한 실험에서는 서로 큰 차이를 나타내지 않았다 (Table 9).

Leachate에 의한 생물정량

5% 수준에서 유의하지는 않았으나, 임내종의 발아가 7종 중에서 1종만 억제된 반면, 임외종은 5종 중에서 4종이 억제되었다. 신장생장은 임내종의 경우 억제된 종이 없었으나, 임외종은 5종

Table 9. Relative germination ratio (RGR) and relative elongation ratio (RER) of receptor plants grown in pot with *Chamaecyparis obtusa* litter extracts against *Larix leptolepis* litter extracts

Species	R G R	R E R	Species	R G R	R E R
<i>Commelina communis</i>	133.33	98.02	<i>Plantago asiatica</i>	87.76	105.52
<i>Oxalis corniculata</i>	96.08	94.62	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	100.00	91.38
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	100.00	91.13	<i>Metaplexis japonica</i>	101.28	100.36
<i>Boehmeria platanifolia</i>	121.88	93.81	<i>Agrimonia pilosa</i>	17.65 ^a	87.71
<i>Dioscorea batatas</i>	69.24	102.76	<i>Achyranthes japonica</i>	98.68	97.54
<i>Duchesnea chrysantha</i>	109.52	87.31	<i>Rumex crispus</i>	243.75 ^a	102.26
<i>Geranium nepalense</i> subsp. <i>thunbergii</i>	100.00	105.13			

^a Significantly different at 5% level.

중에서 2종이 억제되었다 (Table 10). 임내종 중에서는 뱀딸기의 발아가 억제되었고, 임외종 중에서는 짚신나물의 발아가 크게 억제되었다. *Celtis* (Lodhi and Rice 1971), 리기다소나무 (길 1988), 소나무 (Kil and Yim 1983), 그리고 4종의 아열대 벼과식물 (Chou 1989)의 leachate가 수용체식물의 발아나 생장 또는 두가지 모두를 억제시킨다는 연구 결과가 있었으나, 본 실험에서는 발아와 신장생장의 촉진 또는 억제현상이 거의 5% 수준에서 유의하지 않았다. 이것은 생물정량시 인공광우 등에 의해 모은 인위적인 leachate를 계속 공급한 실험에서와는 달리 손상되지 않은 편백으로부터 자연상태에서 모은 leachate를 사용하여 leachate내에 존재하는 억제물질의 농도가 상대적으로 낮았고, 또 증류수를 공급하여 그 농도가 희석되었기 때문으로 사료된다. 그리고 손으로 절단하여 얻은 인위 litter (artificial litter)의 성분이 자연 litter (natural litter)의 성분과 다르듯이 (Attiwill *et al.* 1978), 인위 leachate와 자연 leachate의 성분은 서로 다를 것으로 여겨진다. 또한 allelopathy 작용을 가진 화학물질이 많은 식물종의 조직에 존재한다 할지라도 그 존재가 allelopathy 효과가 반드시 일어날 것을 의미하는 것은 아니다 (Zimdahl 1987). 그러나 자연상태에서 손상되지 않은 식물체로부터 단 1년 간에 걸쳐 얻은 leachate를 사용한 본 실험에서 임내종인 제비꽃과 개모시풀의 발아 촉진, 뱀딸기의 발아 억제, 그리고 임외종인 짚신나물의 발아 억제 및 생장 촉진 등은 편백 leachate의 allelopathy 효과를 입증하는 것이다. 또한 임내종이 7종 중 2종의 발아가 억제되고 신장생장이 모두 촉진된 반면, 임외종은 5종 중 4종의 발아가 억제되고 2종의 신장생장이 억제되어 임내종보다는 임외종이 더 많은 억제작용을 받는

Table 10. Effect of *Chamaecyparis obtusa* leachate on receptor plants

Inside species	R G R	R E R	Outside species	R G R	R E R
<i>Viola mandshurica</i>	138.46	135.31	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	91.69	88.03
<i>Duchesnea chrysantha</i>	47.57	123.02	<i>Achyranthes japonica</i>	89.17	94.65
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	98.06	124.46	<i>Metaplexis japonica</i>	87.06	102.94
<i>Boehmeria platanifolia</i>	233.33	142.53	<i>Plantago asiatica</i>	102.13	111.47
<i>Dioscorea batatas</i>	100.00	127.55	<i>Agrimonia pilosa</i>	16.67 ^a	119.42
<i>Celastrus orbiculata</i>	101.79	101.90			
<i>Oxalis corniculata</i>	116.67	103.46			

RGR: Relative germination ratio, RER: Relative elongation ratio.

^a Significantly different at 5% level.

Table 11. Effect of volatile substances of *Chamaecyparis obtusa* and *Larix leptolepis* litter on germination and seedling growth of receptor plants

Species	A		B	
	R G R	R E R	R G R	R E R
<i>Achyranthes japonica</i>	82.95	90.93	77.27	95.15
<i>Amaranthus mangostanus</i>	96.23	95.97	96.23	92.25
<i>Oxalis corniculata</i>	119.28	88.59	90.36	91.31
<i>Plantago asiatica</i>	101.91	97.92	104.46	93.93
<i>Metaplexis japonica</i>	94.88	91.60	104.82	100.94

A: *Chamaecyparis obtusa* litter, B: *Larix leptolepis* litter, RGR: Relative germination ratio, RER: Relative elongation ratio.

경향을 보이고 있다. 이것은 편백의 leachate가 본 식재림의 하층식생에 영향을 줄 수 있음을 시사하는 것으로서, 약 35년 간에 걸쳐서 조성된 본 식재림에서는 leachate의 효과가 더 클 것으로 사료된다.

Litter 추출액에 의한 실험과 비교해 볼 때, 임내종의 발아율은 서로 비슷하였고 신장 생장은 leachate에 의하여 오히려 촉진되는 현상을 보였으나, 임외종은 litter 추출액에 의하여 신장생장이 다소 억제되었고, leachate에 의하여 발아가 억제되었다.

Litter의 휘발성 물질에 의한 생물정량

발아에서는 쇠무릅과 비름이 편백과 일본잎갈나무 litter의 휘발성물질에 의하여 약간 억제되었고, 반면에 질경이는 양쪽 실험구에서 모두 약간 촉진되었다. 신장생장에서는 비록 대조구와의 차이가 적으나 편백 litter의 휘발성 물질에 의하여 모두 억제되었고, 일본잎갈나무 litter의 휘발성물질에 의해서도 박주가리를 제외하고 모두 억제되었다. 편백 litter에 의해서는 실험식물 5종 중에서 3종이 발아가 억제되어 발아 억제 또는 촉진 현상이 뚜렷하지는 않았으나, 신장생장에서는 5종 모두 대조구 값보다 낮아 억제 현상을 나타내었다. 그리고 일본잎갈나무 litter에 의해서도 비슷한 경향을 나타내었으며, 신장생장의 억제율은 비슷하였다 (Table 11).

이상의 편백 litter와 leachate에 의한 실험에서는 비록 5% 수준에서 유의한 경우가 적었으나 임외종의 발아 또는 신장생장이 억제되는 경향을 보였는데, 이것은 편백의 allelopathy 가능성을 보여주는 것이며, 또한 편백의 allelopathy 효과가 다른 환경요인, 특히 부족된 광량과 함께 편백 식재림의 빈약한 하층식생의 한 원인이 될 수 있음을 시사하는 것이다.

적 요

전북 완주군 상관면 죽림리에 위치한 편백 식재림의 하층식생은 식재림 외부보다 출현종수 및 개체수가 매우 적으며, 인공림내에서도 순편백림이 편백-일본잎갈나무림보다 더 적다. 빈도 10% 이상인 종은 109종류 중에서 27종 뿐이었고, 청가시덩굴과 청미래덩굴의 빈도가 가장 높았다. 식재림내의 지표면 조도와 토양을 분석한 결과, 광량의 부족과 토양의 낮은 pH, 그리고 토양 무기물의 차이가 빈약한 하층식생의 원인으로 추정되었다. 그리고 종에 따라 다르나 토양을 이용한 실험실에서의 생물정량으로 임외종의 발아와 신장 생장이 더 억제되는 경향을 보였고, 편백 litter 추출액과 leachate에 의한 생물정량에서도 임외종의 발아와 신장생장이 억제되는 경향

을 보였다. 따라서 litter와 leachate를 통한 편백의 allelopathy 효과가 적어도 부분적으로나마 본 식재림의 빈약한 하층식생의 한 원인이 될 수 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

- 구관효 · 이강녕. 1991. 편백 인공림의 식생구조에 관한 연구. 한국임학회지 80:393-407.
- 길봉섭. 1988. 리기다소나무의 Allelopathy 효과. 한국생태학회지 11:65-76.
- 길봉섭 · 김두영 · 김영식 · 이승엽. 1991. 잣나무의 천연화합물질이 다른 식물에 미치는 독성작용. 한국생태학회지 14:149-157.
- 길봉섭 · 오석훈 · 김영식. 1989. 곰솔에 들어있는 생장억제물질의 작용. 한국생태학회지 12:21-35.
- 김귀순 · 길봉섭. 1984. 곰솔 수용추출액이 식물에 미치는 알레로패티 효과. 기초과학연구지 3:38-45.
- 김창환. 1987. 전북 장안산의 삼림식생형과 그 구조. 원광대학교 석사학위논문. 58p.
- 노범진. 1991. 측백나무의 알레로패티 효과. 원광대학교 박사학위논문. 85p.
- 노범진 · 길봉섭. 1986. 리기다소나무의 독성물질이 다른 식물에 미치는 영향. 기초과학연구지 5:19-27.
- 박봉규 · 김미림. 1985. 방위에 따른 낙엽의 분해율과 토양 미생물에 관한 연구. 한국생태학회지 8:31-37.
- 방기섭 · 길봉섭. 1986. 개잎갈나무(*Cedrus deodara*)의 allelopathy 효과. 기초과학연구지 5:28-34.
- 송주택 · 박만규 · 김용철. 1974. 한국자원식물총람. 국책문화사. 1272p.
- 이종운 · 김원 · 박희천. 1985. 창녕지역 습원의 생태학적 연구. 1. 식생과 환경요인. 한국생태학회지 8:171-176.
- 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사. 990p.
- 조무연. 1989. 원색한국수목도감. 아카데미서적. 498p.
- 조백현 · 조성진 · 김광식 · 김문규 · 김정기 · 맹도원 · 손창구 · 엄대익 · 육창수 · 임선옥 · 장남일 · 하호성 · 박천서. 1975. 신제 토양학. 향문사. 268p.
- 清野嘉之. 1988. ヒノキ人工林の下層植物群落の被度, 種數の動態に影響を及ぼす 要因の解析. 日本林學會誌 70:455-460.
- 奥山春季. 1977. 寺崎日本植物圖譜. 平凡社. 1165p.
- 堀田滿 · 諸方健 · 新田あや · 星川清親 · 山崎耕宇. 1989. 世界有用植物事典 植物編. 平凡社. 1499p.
- Adams, R. P. and A. Hagerman. 1977. Diurnal variation in the volatile terpenoids of *Juniperus scopulorum* (Cupressaceae). Am. J. Bot. 64:278-285.
- Adams, R. P. 1979. Diurnal variation in the terpenoids of *Juniperus scopulorum* (Cupressaceae)-summer versus winter. Am. J. Bot. 66:986-988.
- Attiwill, P. M., H. B. Guthrie and R. Leuning. 1978. Nutrient cycling in a *Eucalyptus oblique* (L'Herit) forest. I. Litter production and nutrient return. Aust. J. Bot. 26:71-79.

- Chou, C. H. 1989. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. IV. Comparative phytotoxic nature of leachate from four subtropical grasses. J. Chem. Ecol. 15:2149-2159.
- Chou, C. H. and Y. L. Kou. 1986. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. III. Allelopathic exclusion of understory by *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. J. Chem. Ecol. 12:1431-1448.
- Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Stn. Cir. 347p.
- Hussain, F., H. A. Qureshi and I. Begum. 1979. Allelopathic effects of tobacco (*Nicotiana rustica* L.) litter on maize (*Zea mays* L.) and mustard (*Brassica campestris* L.). Pak Tobacco III(1):17-20.
- Kil, B. S. and Y. J. Yim. 1983. Allelopathic effect of *Pinus densiflora* on undergrowth of red pine forest. J. Chem. Ecol. 9:1135-1151.
- Lee, I. K. and M. Monsi. 1963. Ecological studies on *Pinus densiflora* forest. 1. Effects of plant substances on the floristic composition of the undergrowth. Bot. Mag. 76:400-413.
- Lodhi, M. A. K. and E. L. Rice. 1971. Allelopathic effects of *Celtis laevigata*. Bull. Torrey Bot. Club 98:83-89.
- Newman, E. I. and A. D. Rovira. 1975. Allelopathy among some British grassland species. J. Ecol. 63:727-737.
- Parker, V. T. and C. H. Muller. 1979. Allelopathic dominance by a tree-associated herb in a California annual grassland. Oecologia(Berl.) 37:315-320.
- Rice, E. L. 1984. Allelopathy, 2nd ed. Academic Press, Orlando, Florida. 422p.
- Zimdahl, R. L. 1987. Allelopathy. FAO Plant Prot. Bull. 35:70-74.

(1993년 12월 18일 접수)