

간벌이 삼나무와 편백 채종원의 토양 특성 및 종자 생산력에 미치는 영향

이임균^{1*} · 강영제² · 김찬수³ · 김영걸¹

¹국립산림과학원 산림환경부, ²국립산림과학원 산림생산기술연구소, ³국립산림과학원 난대산림연구소

Effects of Thinning on Soil Properties and Seed Productivity in Seed Orchards of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*

Lee, Im-Kyun^{1*}, Young-Jae Kang², Chan-Soo Kim³ and Young-Kul Kim¹

¹Department of Forest Environment, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

²Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-820, Korea

³Warm Temperate Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Seogwipo, 697-050, Korea

ABSTRACT: This study was conducted to investigate the effects of thinning on soil properties and seed productivity in the 25-year-old *Cryptomeria japonica* and 30-year-old *Chamaecyparis obtusa* seed orchards in which thinning had been performed 4 years prior to the study. To this end, soil properties, cone and seed characteristics, seed production (kg/ha), and nutrient contents in seeds and cones were studied by 4 different thinning intensities (0, 20, 40, and 60%). Soil properties were not significantly different between the two orchards. Meanwhile, electric conductivity, total nitrogen, and K⁺ concentration in the soil of *C. obtusa* seed orchard were significantly different among 4 different thinning intensities ($p < 0.05$), while only Ca²⁺ concentration in the *C. japonica* seed orchard was different ($p < 0.05$). In the *C. obtusa* seed orchard, cone productivity increased with the increase of thinning intensities ($p < 0.05$), whereas that in the *C. japonica* seed orchard did not show any significant differences. Both of the two seed orchards showed a tendency that seeds become bigger and heavier with the increase of thinning intensities, but any significant differences were not found. Seed production (kg/ha) in the *C. obtusa* seed orchard significantly increased with the increase of thinning intensities, while that of the *C. japonica* seed orchard decreased. Nutrient contents in seeds and cones did not show any significant differences among different thinning intensities in both of the two seed orchards.

Key words: *Chamaecyparis obtusa*, *Cryptomeria japonica*, Seed orchard, Seed productivity, Thinning intensity

서 론

간벌 작업은 임분 관리를 하고 있는 인공 조림지 혹은 천연림에서 가장 일반적으로 실시되는 조림 작업 중 하나이다. 일반적으로 간벌은 경쟁목들의 감소로 단목당 양분 공급량이 증가하여 잔존목들에게 양분 공급 측면에서 잠재적으로 영향을 미치게 되며, 간벌이 양분 유효도를 변화시키는 정도는 간벌 강도에 따라 달라진다 (Carlyle 1995). 간벌 실시 후, 임분은 구성목들이 공간을 효과적으로 이용할 수 있기 때문에 생장이 자유롭게 이루어지며, 임관 확장의 요구에 부응하기 위하여 양분 공급원인 낙엽층과 토양에 대한 의존도가 점차 커지게 된다. Miller (1981)는 양분이 제한되어 있는 임지에서 간벌 이전에는 양분 결핍 현상을 보이던 수목들이 간벌이 실시된 이후에는 임분 내부적으로 순환되는 양분량이 증가됨으로써 임관 폐쇄 이후 과대 성장하는 경향이 있다고 하였다. 따라서 간벌이 임분

내 양분 유효도에 미치는 영향에 관한 정보들은 잔존목들의 성장률 혹은 임분 내 양분 상태 등과 밀접한 관계에 있으므로 매우 중요하다 할 수 있다.

임분을 어떻게 관리해야 하는가를 결정하기 위해서는 먼저 임분 내 임목의 성장 상태와 임분 밀도 등과 같은 임분의 개황을 파악해야 한다. 또한 개체군별 동태 과정 및 임분 내 양분 변화를 연구하기 위해서는 대상 식물의 성장 과정을 단계별로 분석하는 것이 필요한데, 구과 생산 및 종자 생산량의 추정, 자연조건 하에서의 종자 생산의 효율성 조사, 아생과 유수를 거쳐 성체로 되는 생활사에 미치는 다양한 환경 요인의 조사 등이 그것이다(홍선기 등 1991).

지금까지 간벌과 관련된 연구는 간벌 이후의 수목의 성장 반응과 간벌 임지에서의 시비 적용(Donald 1987, Valinger 1992), 그리고 간벌 임지에서 발생할 수 있는 미기상적 또는 생리적인 변화 및 생산량과 수분 이용 효율과의 관계(Cregg et al. 1990, Ginn et al. 1991) 등에 집중되어 왔다. 또한 구과 생산과 종자

* Corresponding author; Phone: +82-2-961-2608, Fax: +82-2-961-2629, e-mail: iklee@foa.go.kr

생산에 미치는 여러 가지 요인들에 대한 보고도 많은데, 橋詰 (1986)는 구과 및 종자 생산은 수목의 흉고직경과 수관 면적에 의하여 영향을 받는다고 하였으며, Norio와 Okitsu (1988)는 참나무속 임분의 종자 생산량은 흉고직경의 차이와 밀접한 관계가 있음을 보고하였다. 또한 잣나무를 대상으로 종자 생산과 종자 특성에 대해서는 일부 연구가 수행되어 왔으나(이재선 등 2002), 삼나무와 편백의 경우, 우수한 종자 생산을 목적으로 하는 채종원의 형태로 관리되는 임분이 제주 지역에만 위치하고 있어 이들 두 수종에 대한 종자 생산과 갱신 과정에 대한 체계적인 연구가 거의 전무한 실정이다.

5 × 5 m의 열간 간격으로 조성되는 채종원의 경우에도 채종목들의 수령이 10~15년에 이르게 되면 대개 1차 간벌(50%)을 실시하게 되는데, 간벌을 통한 공간 확보의 궁극적인 목표는 종자 생산량 증진과 충실 종자 생산량 확대에 있으므로 인위적으로 결정된 강도의 간벌 이후에 간벌 임지를 대상으로 한 계속적인 연구 즉, 인공 간벌을 실시한 후 언제부터 간벌 효과가 나타나는지 혹은 임지나 채종목들에게서 어떠한 방식으로 간벌 효과가 나타나는지에 대한 구명을 통해 수종별 적정 간벌 강도 등을 결정하여야 할 것이다.

따라서 본 연구는 삼나무와 편백 채종원의 수종별 적정 임분 밀도 관리의 기초 자료를 마련하여 구과 및 종자 생산력을 예측하고 최적의 간벌 계획 등을 용이하게 하기 위하여 간벌 후 4년이 경과된 임지를 대상으로 수종별 그리고 간벌 강도별로 토양의 화학성, 종자 및 구과 생육 특성, ha당 종자 생산량, 그리고 종자와 구과의 양분 등을 조사, 비교하였다.

재료 및 방법

조사지 개황

본 연구는 제주도 서귀포시 상호동(33°18' N, 126°34' E) 소재 산림청 국립산림과학원 난대산림연구소의 삼나무(1974년 채종원 지정)와 편백 채종원(1969년 채종원 지정)에서 실시되었다 (Fig. 1). 각 임분의 임령은 편백이 30년 그리고 삼나무가 25년 생이었으며, 조사 지역의 평균 고도는 해발 540 m, 연평균 강수량은 약 3,000~3,094 mm, 그리고 연평균 기온은 8.8~10.5°C 이었다. 방위는 편백 채종원은 북서향, 그리고 삼나무 채종원은 북동향이었다. ha당 임분 축적량은 두 채종원 모두 200 m³ 이상의 높은 축적을 보여주고 있으며, 비교적 낮은 밀도임에도 축적량이 높아서 각 채종목의 생장이 매우 좋음을 나타내었다.

조사지의 하층 식생으로는 팽팡나무(*Ilex crenata*), 사스레피나무(*Eurya japonica*), 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis*), 청미래덩굴(*Smalix china*), 자귀풀(*Aeschynomene indica*), 조개풀(*Arthraxon hispidus*), 새(*Arundinella hirta*), 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*), 곱취(*Ligularia fischeri*) 등이 우점하였다. 그리고 조사지의 지형은 대체적으로 환경사 지역이 폭넓게 위치하고 있으며, 토양은 화산회 건조 산림 토양으로 구성되어 있다.

본 조사지는 채종원산 종자 확보를 목적으로 1994년 3월에

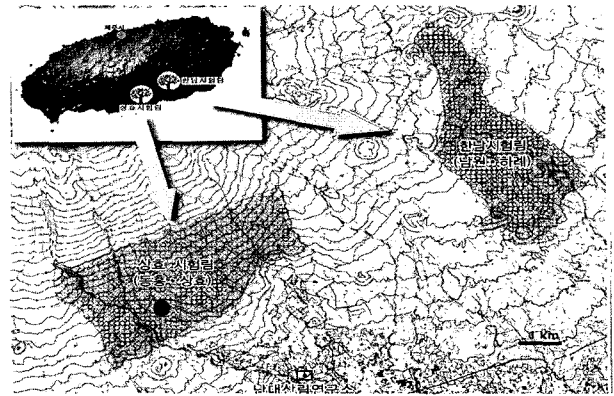


Fig. 1. Location of the study sites (●) in Seogwipo city, Jeju Province.

간벌 강도(0, 20, 40, 그리고 60%)를 달리하여 간벌을 실시한 후 4년이 경과되었다. 각 임분에 대한 조사는 20 m × 30 m의 조사구를 수종별로 12개씩 설치(처리당 3반복)하여 수고와 흉고직경을 조사하였으며, 조사 결과를 토대로 각 조사구별로 8본의 조사목을 선정하였다.

종자 및 구과분석

삼나무와 편백 각각 96본의 조사목을 대상으로 1998년 5월 1일에 방위별 개화량을 조사하였고, 1998년 9월 26일에는 같은 방법으로 구과 결실량을 조사하여 수종별 구과 생존율을 구하였다. 또한 조사구내 구과에서 생산되는 종자의 양을 산출하기 위해서 간벌 강도별로 900개의 당년생 구과를 채취하여 구과 분석을 실시하였다. 채취된 구과를 실험실로 옮겨 구과수와 구과 생중량을 측정 후, 항온기에 넣고 70°C에서 3시간 동안 건조시킨 다음 구과 건조량을 측정하였다. 또한 구과에서 종자들이 완전히 탈중시킨 후 L당 종자 중량, 실중, 순량율, 그리고 g당 립수 등을 조사하였으며, 조사구에서 생산된 종자를 ha 단위로 환산하여 ha당 종자 생산량을 구한 후, 수종별로 비교하였다.

토양의 화학성 및 종자와 구과의 양분 분석

토양은 각 조사구별로 3점을 채취하여 (각 1 kg) 수분 함량을 측정하였고, 나머지는 음건시켜 2 mm 체로 친 다음 화학성 분석에 사용하였다. 분석 항목은 pH (H₂O), 유기물 함량, 전기 전도도, 전질소, 유효태 인산, 치환성 염기 (Ca, Mg, Na, K), 그리고 양이온 치환 용량 (C.E.C.) 등이었으며, 분석법은 농업기술연구소(1988)에 준하여 실시하였다.

종자와 구과에 포함되어 있는 양분의 함량을 분석하기 위해 종자와 구과를 탈이온수로 세척한 후 60°C로 향량이 될 때까지 건조하고 이를 Cutting Mill로 분쇄하여 각각의 시료 0.2 g을 Block digester tube에 넣고 H₂O₂ 5 mL와 H₂SO₄ 5 mL로 용해하였다. 용해액을 deionized water를 이용하여 50 mL로 mess-up한 후 질소와 인은 자동 이온 분석기(Bran-Luebbe autoanalyzer)로,

K⁺ 과 Ca²⁺은 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometer)로 각각 분석하였다.

통계 분석

간벌 강도에 따른 토양의 화학적 특성 및 종자 및 구과의 특성, 그리고 종자와 구과 내 양분 함량 등의 모든 자료는 SAS (1988)를 이용하여 통계 분석을 실시하였으며, 수종간의 차이가 인정될 경우 5% 유의 수준에서 t-test를, 처리간의 차이가 인정될 경우에는 Duncan's multiple range test를 통하여 평균간의 차이를 구하였다.

결과 및 고찰

토양의 화학적 특성 변화

간벌 처리 후 4년이 경과된 임지를 대상으로 토양 분석을 실시한 결과는 Table 1과 같다. 수종간에는 통계적으로 유의적인 차이가 없었으나 편백 채종원에서는 전기 전도도, 전질소, 그리고 토양 내 칼륨 농도가 간벌 강도(0, 20, 40, 60%)에 따라 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내었으며, 삼나무는 토양 내 칼슘 농도에서만 간벌 강도에 따라 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내었다.

유효태 인산의 경우, 두 수종 모두에서 간벌 강도에 따른 유의적인 차이가 없었는데, 이와 같은 결과는 라디아타소나무 임지에서의 간벌은 토양 내 질소 무기화율이나 유효태 인산에는 거의 영향을 미치지 않았다고 한 Carlyle (1995)의 연구 결과와 일치하는 것이다. 이와 같은 결과로 볼 때, 같은 시기에 간벌을 실시하더라도 그 효과가 나타나는 시기나 정도는 수종별로 다를 수 있었으며, 편백 채종원은 간벌 강도가 강해질수록 임지의 토양 환경이 점차 개선되고 있는 경향을 보였으나 삼나무 채종원의 경우에는 간벌에 의한 토양 개량 효과가 편백에

비해 늦게 나타나는 것으로 판단되었다.

일반적인 제주 산림 토양의 토양 pH는 6.0(정진현 등 2002) 정도인데 비해 두 수종 모두 조사구의 토양 pH는 이보다 낮은 결과를 나타내었는데 여기에는 매년 채종원을 대상으로 시비되는 산성 복합 비료 (pH<6.0)의 영향도 있을 것으로 판단된다. 또한 질소와 유기물 함량은 다른 지역에 비해 3~7배 정도 높았으나 유효태 인산의 함량이 상대적으로 적어 다소의 양분 불균형 현상을 나타내고 있다. 채종원 표토의 유효태 인산 함량이 적은 이유는 토심이 대체로 낮아 채종목 뿌리의 수직 분포 또한 낮으므로 주로 토심이 깊고 모암층 주변에 분포하는 인산의 흡착 능력이 떨어지기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 제주도 토양의 특성상, 채종원을 대상으로 한 비료의 종류를 고품 복합 비료에서 인산 등의 단일 비료로 점차 개선해 나가는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

구과 생육 특성

간벌 강도에 따른 수종별 구과 결실량을 조사한 결과 (Fig. 2), 편백이 삼나무에 비해 대체적으로 단목당 구과 결실량이 많은 것으로 나타났으며, 편백 채종원에서는 간벌 강도가 강해질수록 구과 결실량이 많아졌으나 (p<0.05), 삼나무 채종원에서는 간벌 강도에 따른 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 삼나무 채종원에 비해 개체들간의 양분 경쟁이 심하고 임관이 삼나무임지에 비해 옹폐했던 편백 채종원에서는 간벌에 의한 수광량의 증가로 토양 내 양분 환경의 개선이 삼나무에 비해 보다 큰 것으로 사료된다.

또한 방위별로는 편백은 동-북향에서, 그리고 삼나무는 남-서향에서 각각 구과 결실량이 많은 것으로 나타났는데, 이와 같은 결과는 조사구의 일출 혹은 일몰 방향과 일치하므로 수광량과 같은 환경적인 영향에 의한 것으로 사료된다. 구과 생산이

Table 1. Chemical properties of surface soil (0~20cm depth, n=3) by thinning intensity in seed orchard of *Chamaecyparis obtusa* and *Cryptomeria japonica*

Species	Thinning intensity (%)	Soil pH (H ₂ O)	O.M. (%)	E.C. (μs/cm)	T.N. (%)	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. cations (meq./kg)				C.E.C. (meq./kg)
							K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	0	5.09a±0.24	22.00a ±3.51	76.0a± 9.11	0.68a ±0.11	3.05a±0.89	1.41a±0.31	2.70a±0.75	0.70a±0.17	0.24a±0.06	9.2a±2.33
	20	5.13a±0.31	22.51a ±4.68	75.1a± 3.65	0.53a ±0.09	3.12a±0.54	1.21a±0.17	2.33a±0.58	0.68a±0.31	0.18a±0.09	8.6a±1.87
	40	5.11a±0.43	23.58a ±2.04	78.2a± 6.88	0.85ab±0.19	2.46a±0.38	1.33a±0.31	3.12a±0.97	0.79a±0.28	0.23a±0.03	10.3a±3.11
	60	5.20a±0.29	25.08a ±6.11	88.2b±10.28	1.14b ±0.28	3.05a±0.79	2.13b±0.44	3.21a±1.02	0.74a±0.19	0.22a±0.07	12.1a±3.58
<i>Cryptomeria japonica</i>	0	5.08a±0.18	23.93a ±5.25	88.4a± 9.55	0.71a ±0.19	4.07a±1.01	2.31a±0.29	1.70a±0.55	0.55a±0.25	0.22a±0.05	9.1a±2.17
	20	5.07a±0.32	21.27a ±4.84	88.5a±11.25	0.68a ±0.08	3.45a±0.85	1.88a±0.33	2.14a±0.94	0.56a±0.09	0.34a±0.09	9.4a±1.97
	40	5.13a±0.25	25.08a ±3.88	91.4a± 8.78	0.85a ±0.21	3.25a±0.67	2.14a±0.41	3.25b±0.75	0.48a±0.11	0.39a±0.15	12.3a±4.01
	60	5.22a±0.38	27.21ab±5.61	89.8a±15.24	0.96a ±0.33	3.95a±0.94	1.99a±0.54	2.99b±0.87	0.66a±0.14	0.33a±0.07	10.4a±3.25

Values followed by the same letter among treatments are not significantly different at p=0.05.

많다는 것은 종자 생산이 많은 것과 같으므로 유구과가 성숙한 구과와 종자로 발달하는데 영향을 미치는 요인들은 수목 생장과 관계가 있는 몇몇 변수들과 관련지어 생각하여야 할 것이다 (홍선기 등 1991).

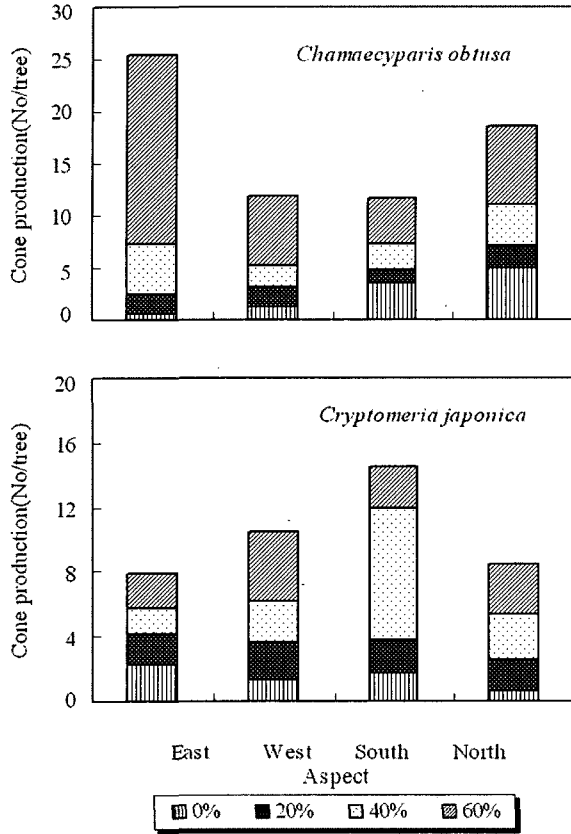


Fig. 2. Cone production (No/trees) by aspect and thinning intensity in seed orchard of *C. obtusa* and *C. japonica*.

또한 간벌 임지에서 생산된 구과를 대상으로 수분 함량과 건조량을 조사한 결과 (Fig. 3), 두 수종 모두에서 간벌 강도에 따른 유의적인 차이가 없었다. 구과 내 수분 함량에 있어서는 편백이 삼나무에 비해 1.3~1.5배 정도 많았으나 건조량에서는 반대로 삼나무가 편백에 비해 건조량이 1.3배 가량 많은 것으로 나타났다. 구과 건조 시 (70°C, 3시간), 구과에 포함되어 있던 수분은 건조되지만 종자 내의 수분은 거의 유실되지 않으므로 위와 같은 결과는 편백이 종자에 비해 구과 내에 수분 함량이 많아 양분 함량 또한 높을 가능성이 크고 삼나무는 구과에 있어서 종자가 차지하는 수분량이 상대적으로 높아 종자에 의한 번식 즉, 발아율이 높거나 발아 후의 생육 속도가 빠를 가능성이 높음을 의미하는 것이다.

종자 품질조사 및 ha당 종자 생산량

간벌 처리구에서 생산된 종자를 대상으로 품질 조사를 실시한 결과는 Table 2와 같다. 두 수종 모두 간벌 강도가 강해질수록 종자가 크고 무거워지는 경향을 보였으나 통계적인 유의차는 나타나지 않았다 ($p>0.05$). 그러나 간벌 강도에 따라 종자가 대체적으로 크고 무거워지는 경향을 보인 만큼 적정량의 시비를 통해 보다 더 품질이 우수한 종자를 생산할 수도 있을 것으로 판단된다.

또한 각 수종별로 간벌 강도를 달리 한 조사구에서 채종한 종자를 대상으로 ha당 종자 생산량을 구한 결과는 Fig. 4와 같다. 편백과 삼나무 채종원 모두 간벌 강도에 따라 통계적으로 유의성이 ($p<0.05$) 인정되었으나, 편백 처리구에서는 간벌 강도가 강해질수록 종자 생산량이 증가한 반면, 삼나무 채종원에서는 간벌 강도가 강할수록 ha당 종자 생산량이 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 수종 자체의 특성에 기인한 것으로 판단되나 편백이 삼나무에 비해 간벌 효과가 빨리 나타나고 있음을 암시하는 것일 수도 있으므로 장기적이고 지속적인 monitoring이 필요할 것으로 판단된다.

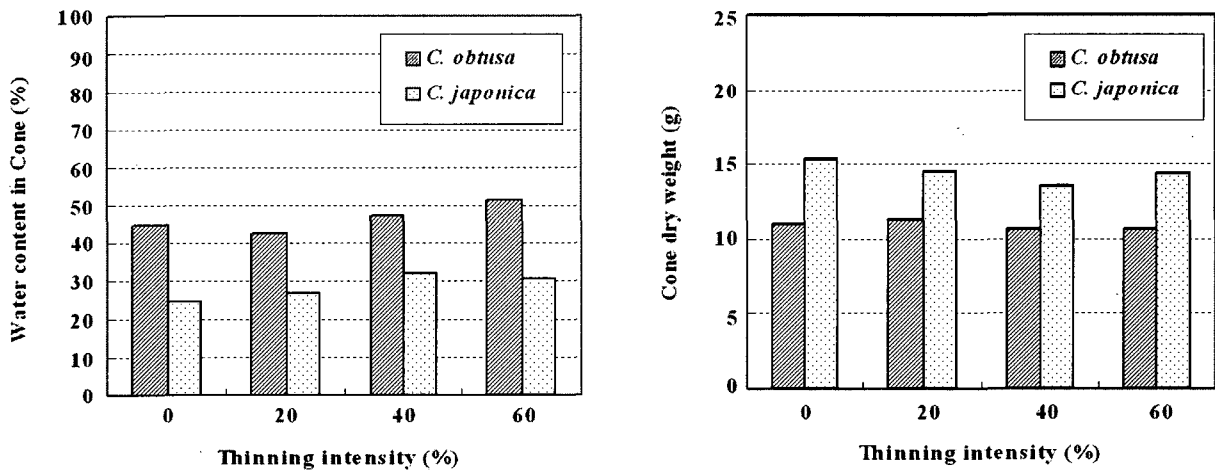


Fig. 3. Water content (%) and dry weight (g) of cone by thinning intensity in seed orchard of *C. obtusa* and *C. japonica*.

Table 2. Seed qualities (n=8) by thinning intensity in seed orchard of *C. obtusa* and *C. japonica*

Species	Thinning intensity (%)	No. of cone per liter	Weight per liter (g)	Weight per 1,000 seeds (g)	Seed purity (%)	No. of seeds per gram
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	0	11.4 ± 1.54a	286.3 ± 21.48a	2.02 ± 0.41a	96.3 ± 2.88a	495 ± 47.54a
	20	9.4 ± 0.85a	275.4 ± 19.24a	2.11 ± 0.24a	95.2 ± 3.52a	474 ± 28.14a
	40	10.1 ± 1.16a	274.4 ± 31.55a	2.09 ± 0.33a	97.4 ± 2.75a	478 ± 39.47a
	60	9.6 ± 0.87a	261.5 ± 11.08a	2.14 ± 0.28a	97.2 ± 3.56a	467 ± 31.11a
<i>Cryptomeria japonica</i>	0	10.5 ± 1.31a	208.7 ± 31.17a	3.99 ± 0.19a	94.5 ± 2.11a	251 ± 17.14a
	20	11.1 ± 0.98a	201.8 ± 21.08a	4.07 ± 0.27a	95.6 ± 3.05a	246 ± 25.31a
	40	9.6 ± 1.04a	199.3 ± 19.89a	4.21 ± 0.26a	96.1 ± 1.97a	238 ± 30.15a
	60	10.4 ± 1.11a	199.5 ± 22.11a	4.22 ± 0.34a	96.3 ± 3.88a	237 ± 19.67a

Values followed by the same letter among treatments are not significantly different at $p=0.05$.

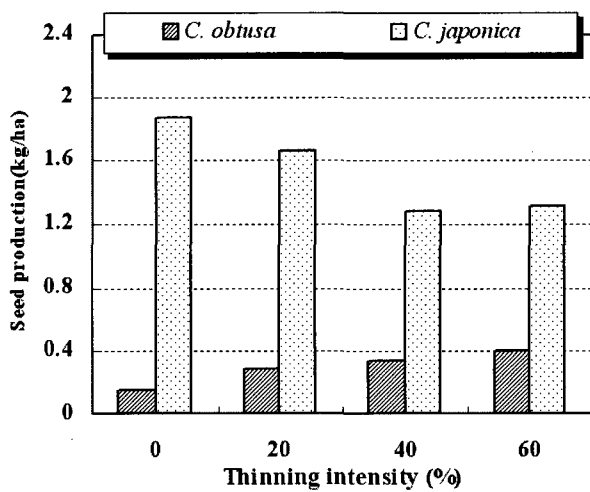


Fig. 4. Seed production (kg/ha) by thinning intensity in seed orchard of *C. obtusa* and *C. japonica*.

일반적으로 구과 생산량의 증감은 부위별 양분 분배율의 변화 및 잎의 이용 효율의 감소와 깊은 관련이 있다(Valinger 1993). Linder와 Troeng (1981)에 따르면, 구과 생산을 위해서는 상당한 양의 에너지가 요구되는데, 이는 잎의 이용 효율의 증가와 구과 생산량의 감소간에는 1년 정도의 시기 차이가 있는 것으로 설명될 수 있다고 하였다. 총실 종자율 또한 종자 임성의 년차 변동 및 중간 교잡에 의해 차이가 있으며, 질병 및 기상 변동이 종자 생산성에 미치는 영향이 있으므로 이를 단기간 내에 정확하게 파악하는 것은 대단히 어렵다(홍선기 등 1991). 그리고 Valinger (1993)가 45년생 구주소나무 임지를 대상으로 간벌을 실시한 결과, 간벌 초기에는 구과 및 종자의 생산이 급격히 증가하였지만 점차 시간이 경과될수록 생산량이 감소하는 경향을 보였다고 한 만큼, 정확한 간벌 효과는 오랜 기간에 걸쳐 검증 받아야 할 것으로 판단된다.

종자와 구과의 양분 분석

처리구별 종자와 구과에 대한 양분 분석을 실시한 결과는 Fig. 5와 같다. 수종간에만 통계적인 유의성이 있었으며($p<0.01$), 종자에 있어서는 질소와 인을 포함한 양분 모두 삼나무가 편백에 비해 양분량이 2배~5배까지 높았다. 전체 양분의 80~85%가량을 차지하는 질소와 인의 경우 편백은 구과에서, 그리고 삼나무는 종자에서 함량이 높았으며, 칼륨은 두 수종 모두 구과가 종자에 비해 2배 이상 높았다.

일반적으로 칼슘과 질소는 임상 내에 비교적 풍부하게 존재하고 있는 양분이다. 김동엽(1996)은 칼슘은 다른 양분들과는 달리 임령이 각기 다른 임분에서도 그 양은 비슷하게 유지되며, 임상 내에 존재하는 질소는 노령 임분보다는 유령 임분에 더 많이 존재하는 경향이 있다고 보고한 바 있는데, 이는 본 연구 결과와 일치하는 것이다. 또한 편백은 구과에서, 종자로의 양분 이동이 많지 않은데 비해 삼나무는 질소와 인의 양분 이동율이 높은 것으로 나타났는데, 종자에 대한 이러한 주요 양분의 축적은 발아율과 발아후의 임목의 생육 속도에도 영향을 미치고 있는 것으로 사료된다. 특히 편백의 경우, 종자 정선 후 남게 되는 구과들도 양분 분석 결과, 상당량의 양분들을 포함하고 있는 것으로 나타났으므로 이러한 구과들의 비료화 가능성도 높다 할 수 있다.

적 요

간벌 후 4년이 경과된 삼나무와 편백 채종원(제주도 서귀포시 상효동)을 대상으로 간벌 효과를 구명하고자 간벌 강도별(0, 20, 40, 60%)로 토양의 화학적 특성, 구과 및 종자 특성, ha당 종자 생산량, 그리고 종자와 구과 내 양분 함량 등을 조사하였다. 간벌 강도별로 토양 분석을 실시한 결과, 수종 간에는 통계적으로 유의적인 차이가 없었으나 편백 채종원에서는 전기전도도, 전질소, 그리고 칼륨 농도 등에서 간벌 강도에 따라 유의

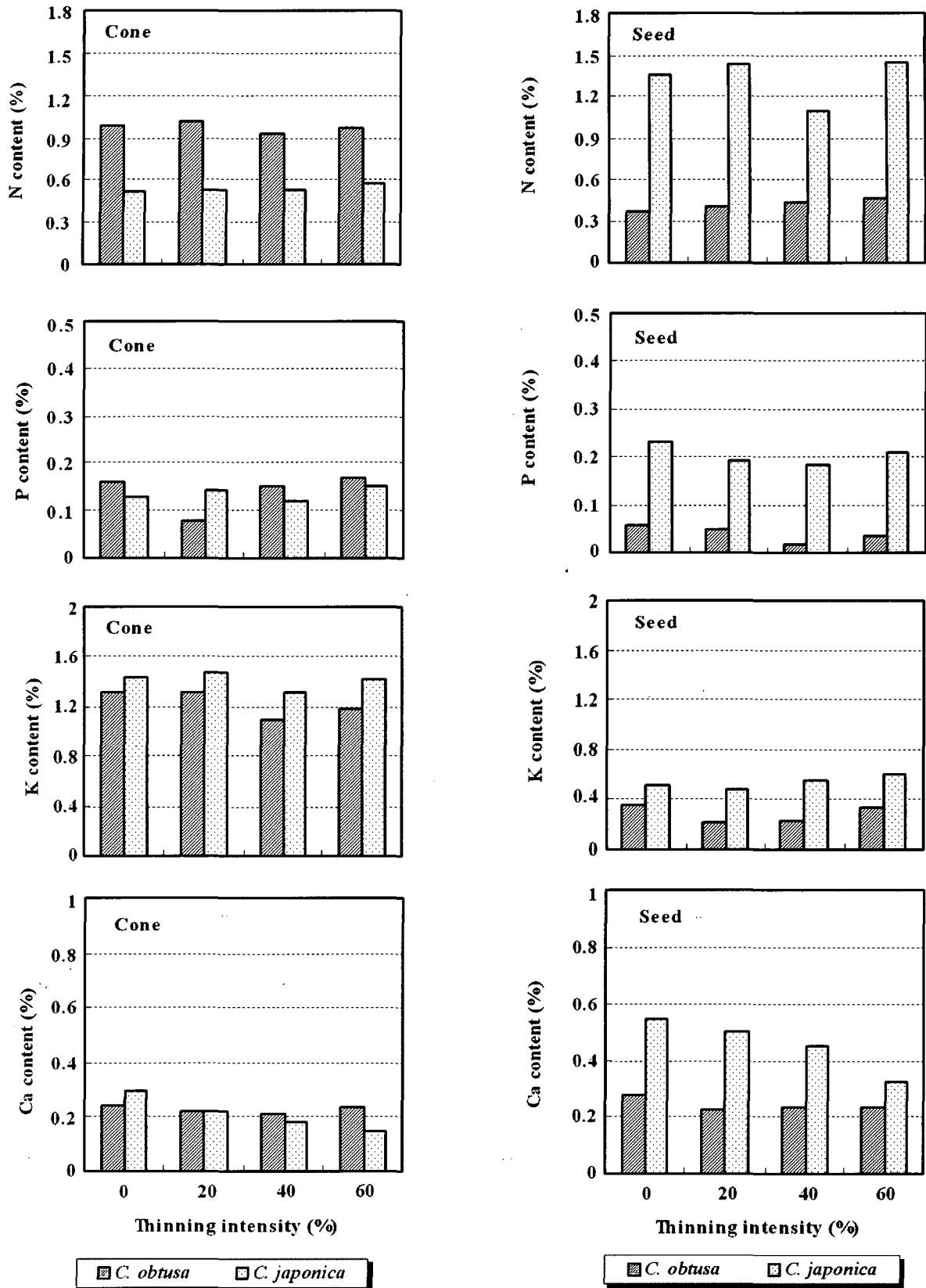


Fig. 5. Nutrient contents (%) in cone and seed by thinning intensity in seed orchard of *C. obtusa* and *C. japonica*.

적인 차이($p<0.05$)가 나타났으며, 삼나무 채종원에서는 칼슘 농도에서만 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타냈다. 한편, 편백 채종원에서는 간벌 강도가 강해질수록 구과 결실량이 많아졌으나 ($p<0.05$), 삼나무 채종원에서는 간벌 강도에 따른 차이가 없었다. 아울러, 두 수종 모두 간벌 강도가 강해질수록 종자가 크고 무거워지는 경향을 보였으나 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 또한 ha당 종자 생산량에 있어서도 편백과 삼나무 채종원 모두 간벌 강도에 따라 고도의 유의성($p<0.01$)이 인정되었다. 편백 채종원에서는 간벌 강도가 강해질수록 종자 생산량이 증가한 반면, 삼나무 채종원에서는 간벌 강도가 강해질수록 종자 생산량이 감소하는 경향을 보였다. 종자와 구과 내 양분 함량의 경우 두 수종 모두 간벌 강도에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문을 작성하는데 데이터 분석 및 그래픽 작업에 도움을 준 국립산림과학원 산림생태과 김래현 선생님께 감사의 말씀을 전합니다.

인용문헌

- 김동엽. 1996. 집약적인 벌채로 인한 미국 사시나무림 내 양분의 분포, 순환 및 가용성의 변화. 한국임학회지 85(4): 656-666.
- 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청 농업기술연구소 450p.
- 이재선, 송재모, 송정호, 배찬호, 한상억, 박유현, 허성두. 2002. 잣나무의 수형 조절(IV) - 간벌과 단간이 종자 생산과 종자특성에 미치는 영향. 한국임학회지 91(3): 247-253.
- 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6): 694-700.
- 홍선기, 방재욱, 임영득. 1991. 리기다소나무(*Pinus rigida* Mill) 이차림의 구과 및 종자 생산량 추정. 한국생태학회지 14(4): 361-370.
- Carlyle JC. 1995. Nutrient management in a *Pinus radiata* plantation after thinning: the effect of thinning and residues on nutrient distribution, mineral nitrogen fluxes, and extractable phosphorus. Can J For Res 25: 1278-1291.
- Cregg BM, Hennessey TC, Dougherty PM. 1990. Water relations of loblolly pine trees in southeastern Oklahoma following precommercial thinning. Can J For Res 20: 1508-1513.
- Donald DGM. 1987. The application of fertilizer to pines following second thinning. S Afr J For 14: 13-16.
- Ginn SE, Seiler JR, Cazell BH, Kreh RE. 1991. Physiological and growth responses of eight-year-old loblolly pine stands to thinning. For Sci 37: 1030-1040.
- Linder S, Troeng E. 1981. The seasonal course of respiration and photosynthesis in strobili of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). For Sci 27: 267-276.
- Miller HG. 1981. Forest fertilization: some guiding concepts. Forestry 54: 157-167.
- Norio I, Okitsu S. 1988. Variation of first-year acorn production of *Quercus acutissima* in relation to DBH. J Jap For Soc 70(12): 540-543.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT™ Guide for personal computers, Version 6 edition. Cary, NC, SAS Institute Inc. p 378.
- Valinger E. 1992. Effects of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* trees. Scand J For Res 7: 219-228.
- Valinger E. 1993. Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Scots pine trees: total annual biomass increment, needle efficiency, and aboveground allocation of biomass increment. Can J For Res 23: 1639-1644.
- 橋詰準入. 1986. 自然林におけるブナ科植物の生殖器官の生産と散布. 種子生態 16(17): 421-434.

(2006년 3월 21일 접수; 2006년 6월 28일 채택)