

잣나무의 樹型 調節 (Ⅲ)¹

- Ⅲ齡級 以下 人工林에서 잣과 木材 生産을 위한 樹型 -
李在善² · 宋定鎬³ · 朴文漢⁴ · 韓相億⁴

Crown Shape Control of *Pinus koraiensis* S et. Z. (Ⅲ)¹

- Crown Shape Types for Seed and Timber Production
from the Trees under Age Class III -

Jae-seon Yi², Jeong-ho Song³, Moon-han Park⁴ and Sang-urk Han⁴

要 約

採種園 관리를 위해 개발된 여러 수종의 다양한 수형 조절 방법의 검토 및 이미 수형 조절 작업을 받은 16년생 접목 잣나무의 성장 조사와 I영급~Ⅲ영급 조림지 임목의 성장 조사를 통하여 잣나무 인공림에서 잣과 목재를 생산할 수 있는 수형과 그 조절 방법을 제시하였다. 제 1형은 I~Ⅱ영급에 잣 생산만을 위해 적용할 수 있는 방법으로 지상 1m 정도의 힘센 生枝를 포함하여 1m 정도 간격으로 4~5마디까지 남기고 斷幹하되 각 마디에 3~4개의 一次枝를 輪生으로 배치하는 變則主幹型이고, 제 2형은 잣과 목재 생산을 함께 도모하는 Ⅱ영급~Ⅲ영급에 적용이 가능한 방법으로 힘센 첫 생지 (지표에서 4m~8m)의 아래 부분은 無節 主幹으로 성장시키고 그 위는 1m 정도 간격으로 최고 4~5마디까지 남기고 단간하되 각 마디에 3~4개의 일차지를 윤생으로 배치하는 변칙주간형이며, 제 3형은 목재 생산만을 위해 枝下高가 9m를 넘는 잣나무를 強度의 가지치기로 主幹型을 이루게 하여 끈고 빠른 주간의 성장을 도모하는 방법이다.

ABSTRACT

To improve nut production and timber quality in a plantation, crown shape controls were suggested for Korean white pines (*Pinus koraiensis*) under age class III through the analyses of the crown shape controls for seed orchard trees in several species, of crown status of controlled and uncontrolled trees in a Korean white pine seed orchard, and of growth characteristics of plantation trees under age class III.

For nut production from the small trees less than 8 m, modified leader type can be applied by cutting the central leader and all branches below 1 m and keeping 4~5 nodes with 3~4 whorled branches a node locating 1 m apart.

Trees with a 4~8 m long trunk below the first living branch are shaped into trees for nut and timber production, which have a 4~8 m long knotless stem and a modified leader type crown with 4~5 nodes with 3~4 whorled branches a node at a distance of 1 m.

Trees, showing the first living branch at or above 9 m from the surface, are pruned severely for timber production and result in a central leader type containing two fifths of the initial crown.

It is advisable to remove the leader and the branches when collecting cones or after/during October

¹ 接受 1999年 1月 19日 Received on January 19, 1999.

² 강원대학교 산림과학대학 임학과 Department of Forestry, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

³ 강원대학교 대학원 임학과 Department of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

⁴ 임업연구원 임목육종부 Forestry Research Institute, Department of Tree Breeding, Suwon 441-350, Korea.

to take advantage of easy labor and little resin while cutting. After stem cut, branches showing apical dominance are to be cut to control height when necessary. The removal of the uppermost node may be needed to control the crown shape several years after the initial stem-cut.

Key words : *Pinus koraiensis*, *crown shape control*, *modified leader type*, *open-center-natural form*, *vase form*, *seed production*

서 론

잣나무는 1970년대의 화전 정리 사업 때부터 우리나라의 주요 조림 수종으로 선정되어 전국적으로 확대 조림되어 왔다. 조림된 면적은 1970년대에 매년 17,000~55,000헥타, 1980년대에 매년 9,000~16,000헥타, 1990년대에는 매년 6,000~14,000헥타이며 1997년에는 약 5,800헥타가 조림되어 단일 수종으로는 우리나라에서 가장 넓은 인공림을 갖고 있다 (산림청, 1973, 1978, 1983, 1988, 1993, 1997, 1998). 1970년 이후 조림된 잣나무림을 1998년 12월 현재로 영급별로 구분한다면, I영급 (1~10년)은 87,000헥타, II영급 (11~20년)은 170,000헥타, 그리고 III영급 (21~30년)은 300,000헥타로 추정된다. 그러나, 특정 여건의 조림지 (관광지, 소규모 사유림 등)를 제외하고는 조림 후 사후 관리가 거의 없는 상태이므로 실제로는 조림면적보다 적으며, 목재의 가치 또한 저하되어 있다. 따라서 현 단계에서라도 자원화를 위해서는 적극적 무육 사업이 시도되어야 할 것이다.

잣의 연간 생산량은 1970년대 후반부터 430~1,580톤으로 생산량의 폭이 매우 크며, 1997년에는 약 1,000톤의 잣이 생산되었다 (산림청, 전 계서). 잣 생산 林家의 수익은 잣 생산량에 비례하는 것이 아니라 豊凶에 따른 회소성의 원칙이나 중국산 잣의 수입량에 따라 주로 결정됨으로써 생산이 균일하고 안정된 수입원으로 이용되기에는 많은 어려움이 있다. 잣나무림 소유 임가의 소득은 435톤이 생산된 1992년에는 킬로그램 당 5,770원이며, 최대 생산년인 1994년에 2,750원이었다 (산림청, 전계서). 물가와 임금의 상승을 생각하면 이러한 가격의 급격한 등락은 임가에 커다란 부담일 수밖에 없고, 마침내는 잣 수확을 포기하기에까지 이르게 된다. 또한, 구과 채취를 위한 등목의 위험성 때문에 작업을 회피하고 있는 실정이며, 고임금을 요구하게 된다. 구과 채취의 기체화를 위한 연구가 진행되고 있으나 아직 초기 단계에 머무르고 있다 (강화석 등, 1994a, 1994b; 이재선과 송정호, 1998; 이재선 등, 1993).

잣나무 採種園은 강원도 춘천시 서면과 강릉시 왕산면에 39헥타와 30헥타가 조성되었고, 충청북도 충주시 상모면에 22헥타가 조성되었다. 채종원은 OECD (Organization for Economic Co-operation & Development)에 의하면 “우량한 종자의 지속적인 생산과 용이한 채취가 이루어지도록 외부 유전 정보의 이입이 제한되는 고립된 장소에 유전적으로 우수성이 인정된 임목들로 조성되어 관리되는 숲”이다 (Feilberg and Soegaard, 1975). 이들 채종원이 생산하는 잣은 1990년부터 연간 2,000kg 이상에 이르고 있다. 임목육종연구소 (현 임업연구원 육종부)는 이들 채종원에서 결실을 촉진하고 특히 종자 채취를 용이하게 하기 위해 斷幹에 의한 수형 조절을 실시하였다. 임목육종연구소 (1989)는 낙엽송의 수형 조절법을 제시하였으나, 잣나무에 대하여는 체계적 수형 조절 방법이 알려져 있지 않다. 수형 조절은 슬래쉬소나무 (Gansel, 1977; Varnell, 1969), *Picea glauca* (M.) Voss (Nienstaedt, 1981), 테다소나무 (Gerwig, 1987), 잣나무 (An et al., 1992)와 몬티올라 잣나무 (Hoff and Coffen, 1982)에 실시되었는데 수종에 따라 종자 생산이 증가되거나 감소하였지만, 구과 수집과 임목 관리에는 모두 도움이 된다고 하였다.

따라서 채종원에서 시도되는 여러 수종의 수형 조절 방법을 잣나무 인공림 I영급~III영급 임분에 적절히 적용하면, 잣나무림의 잣 생산을 증진시키고 채취를 용이하게 하여 지속적이고 균일한 수익을 도모할 수 있을 것이다. 1997년 11월 21일에 일어난 국제주제금융 위기는 ‘생명의 숲 가꾸기 운동’을 탄생시켜 이에 의한 산림내 임목의 자원화는 가속화될 것이며, 특히 방치되고 있는 잣나무 유령림에 이 운동을 활용하면 목재 생산과 잣 생산을 함께 도모하는 수형 조절림으로 용이하게 전환할 수 있을 것이다. 산주가 기피하던 숲의 무육은 물론 수형 조절이 가능한 지역은 이를 실시함으로써 구과 채취를 용이하게 하여 산주의 주기적 소득을 보장하는 기회를 제공할 수 있게 될 것이다. 또한 수형 조절 작업으로 일정

한 모양의 일제림이 유도된다면 기계화 작업의 가능성을 높일 수 있을 것으로 예측된다.

본 연구에서는 강원도 춘천시 서면 덕두원리에 설치된 수형 조절 잣나무를 관찰하고, 강원대학교 산림과학대학 부속 연습림 내 I영급~III영급의 잣나무 조림지 임목의 성장을 조사하고 일반과수의 수형 조절과 비교하여 종자 생산과 목재 생산을 위해 I영급~III영급의 임목을 가꾸는 방법을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

강원도 춘천시 서면 덕두원리 소재 잣나무 채종원의 수형 조절을 받은 잣나무와 받지 않은 나무 각 20본의 수형과 수관 頂端部의 성장 상태를 조사하였다. 이 채종원은 1982년에 조성된 접목 채종원으로 1996년에 수형 조절을 위해 3~4마디를 남기고 지상 2m~2.5m 수간 상단부가 절단되었고 變則主幹型 (김정호 등, 1993)으로 유도되고 있다. 채종원은 조성시 5m×5m로 식재되어 일반 조림지보다는 훨씬 낮은 임목 밀도로 조성되었는데 현재도 조림지의 밀도를 그대로 유지하고 있다. 여기에서 조사된 항목은 수고, 흉고 직경, 수관폭 (장폭과 단폭), 마디의 수 및 마디 당 가지의 수이다. 수간 절단면 위로 성장한 마지막 마디에 있는 구과가 달리는 가지의 형상에 대해서는 가지의 길이와 分枝角을 조사 비교하였다.

강원도 춘천시 동산면 봉명리 소재 강원대학교 산림과학대학 부속 연습림에서 잣나무 I영급 (9년생), II영급 (19년생) 및 III영급 (27년생)의 3개의 임분에서 각 40본씩 성장과 수형을 조사하였다.

조사된 항목은 흉고 직경, 수고, 지상에서 첫 번째 마디 (대개 枯死)까지의 높이 및 지상에서 첫 번째 살아있는 마디까지의 높이이다. I영급에 대하여는 각 마디의 가지 수, 主幹의 각 마디 길이 및 수관폭을 추가로 조사하였다.

위의 각 조사 항목은 직경 테이프, 낚싯대 모양 측고기 및 대형 분도기로 실시하였으며, 조사는 1998년 10월 중순부터 11월 중순에 이루어졌다.

결 과

채종원에서 수형 조절을 받은 잣나무와 받지 않은 잣나무 각 20 본에 대하여 임목 특성을 조사한 결과는 표 1과 같다. 채종원의 대상 잣나무 식재 지역은 경상도 24도, 방위는 동남향이었다.

표 1의 각 조사항목에서 調節木과 非調節木은 흉고직경을 제외한 모든 형질에서 차이를 보였다. 마디 수와 수고에서의 차이는 단간이 있었으므로 당연하겠으나, 나머지 형질에서는 차이가 예상되지 않았었다. 또한 잣나무는 마디 당 3~7개의 가지를 형성하는 것으로 보인다. 1996년에 수형 조절을 받은 나무와 받지 않은 나무의 정단부 특성은 표 2에서 보는 바와 같은데, 모든 조사 항목에서 조절목과 비조절목 사이에 통계적 유의성이 인정되지 않았다.

표 1에 나타난 수관폭에서의 차이는 수형 조절로 일어난 것이 아니라 이미 수형 조절 전에 차이가 있었던 것으로 생각되며, 지속적인 관찰이 요구되나 앞으로 수형 조절 작업이 없다면 조절목은 비조절목과 유사한 수관 정단부 형상을 보일 것으로 생각된다.

Table 1. Several tree characters surveyed at the Deokduwon clonal seed orchard.

Characters	Controlled ^{a)}		Non-controlled ^{b)}	
	Avg. ± S. D.	Range	Avg. ± S. D.	Range
Height (m) *	4.75±0.58	3.8~6.2	5.20±0.59	4.3~6.5
D. B. H. (cm)	14.40±3.03	9.2~18.6	14.80±2.43	10.9~20.4
Crown width (long) (m) *	4.79±1.02	2.8~6.9	5.50±0.77	3.9~6.8
Crown width (short) (m) **	3.96±1.16	1.7~6.5	4.90±0.76	3.3~6.2
No. of nodes **	5.90±1.42	4.0~9.0	16.20±2.30	11.0~20.0
No. of branches per node **	4.00±0.66	3.0~5.5	4.92±0.79	3.8~6.8

^{a)} : Crown-controlled grafted trees by stem-cut in 1996 at the age of 16.

^{b)} : Uncontrolled grafted trees of the same age as the controlled trees.

* and ** : Different between two kinds of trees at the significance level of 5% and 1%, respectively.

Table 2. Characters of top shoots surveyed at the Deokduwon seed orchard.

Characters	Controlled ^{a)}		Non-controlled ^{b)}	
	Avg. \pm S. D.	Range	Avg. \pm S. D.	Range
Terminal main shoot (cm)	42.8 \pm 18.77	12~70	48.5 \pm 14.24	30~79
Terminal lateral shoot (cm)	32.3 \pm 13.43	10~52	33.6 \pm 10.10	24~50
Subterminal main shoot (cm)	33.3 \pm 3.43	20~50	31.3 \pm 4.20	12~46
Subterminal lateral shoot (cm)	21.3 \pm 7.83	9~35	23.8 \pm 9.11	8~34
Main shoot of subterminal lateral shoot (cm)	32.9 \pm 15.37	8~50	36.8 \pm 3.19	25~53
Branching angle of terminal lateral shoots (°)	44.7 \pm 14.44	30~70	45.5 \pm 20.34	20~80
Branching angle of sub-terminal lateral shoots (°)	64.4 \pm 14.52	40~85	56.8 \pm 22.01	25~93

^{a)} and ^{b)}: As in table 1.

Table 3. Several tree characters surveyed at the plantations under age class III.

Characters	Age class I			Age class II			Age class III		
	Avg.	Range	S. D.	Avg.	Range	S. D.	Avg.	Range	S. D.
Height below the first branch (m)**	0.25	0.08~0.66	11.08	4.3	2.0~5.8	0.89	6.1	4.0~9.5	1.16
Height below the first living branch (m)**	0.25	0.08~0.66	11.08	5.3	3.9~7.0	0.85	7.9	6.2~11.0	1.15
Height (m)**	2.28	1.4~2.7	0.34	12.2	9.5~15.5	1.30	16.9	12.0~20.0	2.23
D. B. H. (cm)**	2.41	1.2~4.0	0.78	15.8	11.5~23.5	3.84	20.4	12.5~31.5	3.84

** : Different among the age classes at the significance level of 1%.

각 영급별 조림지 임목의 성장 내용은 표 3과 같다. 모든 특징에서 영급간 큰 차이가 인정되었다. 지상에서 첫째 마디까지의 높이는 II영급에서는 4.3m, III영급에서는 6.1m이었는데 이들은 모두 고사되어 있었다. II영급~III영급에 대한 첫 번째 생枝까지의 높이는 3.9m~11.0m이었다. 표에는 나타내지 않았으나 I영급에서 각 마디 당 가지의 수는 2~7개 (평균 4)였고, 주간의 각 마디의 길이는 16cm~33cm (평균 24.4cm)였다.

고 찰

우량 종자 확보를 위한 낙엽송 수형 조절에서는 主幹型 (圓錐型), 變則主幹型 (圓筒型)과 開心型 (盃型)이 제시되었다 (임목육종연구소, 1989). 그러나, 주간형은 수고가 높아질 가능성이 크므로 수형 조절의 의미가 사라지기 쉬우며, 잣나무는 더욱이 낙엽송과 달리 수관 아래 부분의 가지

에는 着果가 거의 일어나지 않아 주간형의 효과는 매우 적을 것으로 생각된다. 덕두원 채종원에서 변칙주간형으로 유도되었는데, 아래 가지에 구과가 달리는 것은 아주 드물었다. 따라서 잣 생산을 위한 수형은 변칙주간형이나 개심형 (배형)이 적당할 것으로 생각된다.

낙엽송에서 변칙주간형과 개심형을 위한 단간은 주지 배치를 고려하여 수고 4m 전후를 하되 그 부위의 직경이 5cm 전후가 합당하다고 하였다. 一次枝를 輪生으로 배치할 때는 마디 당 가지의 수를 넷으로 하면서 마디의 간격은 1m를 대체적 목표로 하고, 互生으로 배치할 때는 각 마디에 하나의 가지를 남기면서 마디의 간격은 50cm 전후로 유도하도록 권장하였다. 또한 가지의 수가 많으면 마디의 간격은 넓히며, 특히 가지의 착생 상태를 고려하여 조절하여야 한다고 주의하였다.

果樹에 적용되는 수형과 특징을 보면 그림 1과

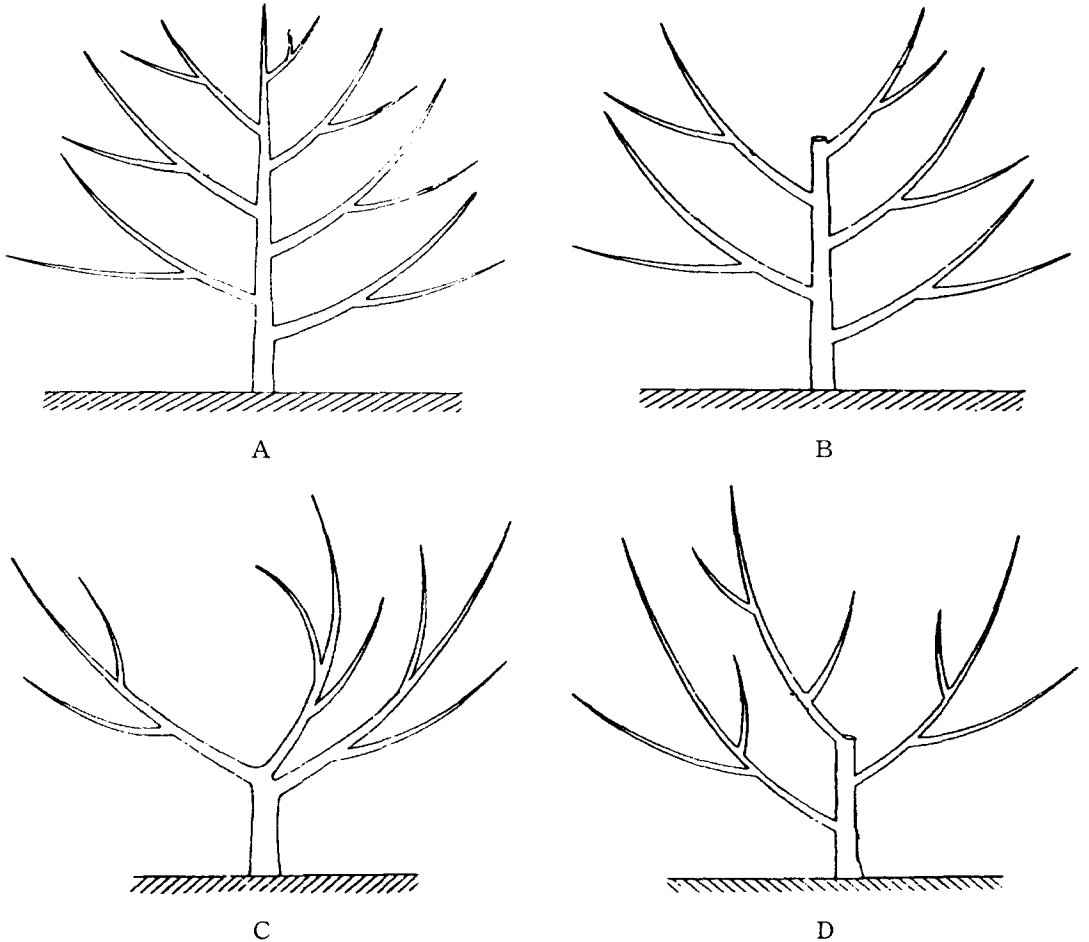


Fig. 1. Several crown forms for fruit trees (Kim et al, 1993).

A. Central leader type : very close to natural growth characteristics. B. Modified leader type : improved central leader type for better sunlight and low height. C. Vase form : short stem with 3 to 4 whorled branches at the same height. D. Open-center-natural form : improved vase form with 2 to 4 alternative but very close branches.

같다 (김정호 등, 1993). 낙엽송의 종자 확보를 위해 제시된 개심형은 그림 1에 따르면開心自然型이며 盃狀型과는 다르다. 김정호 등 (1993)의 분류를 따르기로 하나 배상형은 배형이라 하는 것이 타당할 것으로 생각되어 본고에서는 수형을 주간형, 변칙주간형, 자연개심형 및 배형으로 나누기로 한다.

가지가 불규칙하게 발생하는 낙엽송과 달리 잣나무는 각 마디에 3~7개의 마디가 돌려나고 있어 (표 1), 낙엽송과는 수형 조절 방법이 달라야 할 것이다. 나무의 수형대로 키우는 주간형은 수고 조절이 되지 않으므로 과수에서도 왜생 수종

에만 적용되고 있고 교목으로 자라는 잣나무에는 적합하지 않다. 단간 2~3년 후에는頂芽優性 때문에 제일 윗 마디의 여러 가지는 옆으로 퍼지지 않고 모두 주간과 예각을 이루어 자라나므로 (An et al., 1992), 배형이나 자연개심형은 실제로 매우 이루기가 어렵다. 또한 결실을 위해서는 많은 양의 枝條와 잎이 필요하므로 몇 개의 가지만 남기는 두 수형은 부적절할 것으로 생각된다. 변칙주간형은 단간에 의해 수고를 낮춘 후 나무의 着枝習性を 살리어 수형을 조절함으로써 잣나무에는 가장 적절한 방법일 것이다. 특히 목표로 하는 수고를 정한 후 그보다 한 마디 위를 추가

로 남기고 단간하면, 몇년 후 정아 우성을 보이는 제일 윗 마디를 제거함으로써 수관폭의 증대를 도모하고 정아 우성의 출현도 늦출 수 있어 수형 조절이 매우 유리할 것으로 생각된다.

현재까지 여러 수종에서 보고된 수형 조절의 내용을 살펴보면 아래와 같다.

Zobel 등 (1958)은 최초로 수형조절에 의해 침엽수 종자 생산을 증대할 수 있다고 하였으나, Fowler (1965)는 방크스소나무에서 암꽃의 개화 위치 때문에 수형 조절에 의해 자가 수정의 기회가 증대된다고 우려하였다. 歐洲 적송 접목묘의 암꽃의 개화 증진을 위해 주지와 측지의 1/3 정도를 2월에 제거하였고 (Melchoir & Heitmueller, 1961), 10년생 슬래쉬소나무는 매년 전정시 암꽃이 달린 가지의 40%가 손실되었다 (Varnell, 1969). 이러한 감소는 매년 전정한 수고 4.6~6.1m (6~10년생) 미송에서도 보고되었다 (Copes, 1973). Matheson & Willcocks (1976)는 8m 부위를 단간한 라디아타소나무의 경우 4년 후 비조절목보다 2배의 많은 구과를 생산하였으며, 단간과 전정은 채종원의 종실 생산 수명과 구과 생산량을 증가시킬 수 있다고 주장하였으나, 어린 나무는 전정에 대한 개화와 결실 반응이 늦다고 하였다. Gansel (1977)은 슬래쉬소나무에 수형조절을 실시하고 6년간 구과 생산량을 조사하였는데, 가계간의 구과 생산량 차이가 매우 심하다고 하였다. Nienstaedt (1981)는 15년생 수고 3~6m의 *Picea glauca* 접목묘 채종원의 나무에서 종자 증산을 위해서는 정단에서 3~4마디를 제거하는 것이 가장 적합하며, 절단 후 여러 개의 가지가 정단 우성을 보여 반복적 전정이 필요하다고 하였다. Gerwig (1987)는 테다소나무 접목묘를 접목 다음 해부터 5년간 수형을 조절하여 수형 조절목의 수고는 4.5m로 비조절목은 6.9m로 가꾸었으며, 6년째는 수고 차를 3m로 높이었다. 테다소나무는 2차와 3차 신초 생장이 있으므로 미송 (Copes, 1973)과 달리 전정이 다음해 성장에 영향을 주지 않았으나, 단간은 결실에 영향을 주므로 겨울 또는 이른봄보다는 금년 채집할 구과 바로 위의 당년 성장지를 한 여름에 자르는 것을 권장하였다. 해마다 나무를 관찰 후 목적하는 수고를 정하고 전정을 실시하는 것이 좋다고 하였다. 이 수형 조절에서 단간으로 해마다 30%~50%의 착과 손실이 있었으나, 이는 수고가 낮아져 구과 채집 가능 기간을 상당히 연장시키므로

조기의 손실을 충분히 보상할 수 있다고 주장하였다. 또한 전정을 중지하고 전정의 효과가 지속되는가 수고의 차이가 계속 유지되는가를 조사할 필요가 있다고 하였다.

수형 조절은, 수고가 낮아짐으로써 관리의 효율성과 구과 채취의 용이성 등은 여러 보고에서 일치하나 착과 증진은 수종, 전정 강도, 전정 시기 및 개체 유전자형에 따라 많은 차이가 있다. 2클론 울타리형 채종원과 실내 화분묘 채종원을 제안하면서, 수형 조절은 착과지의 비율을 증가시키는데 의의가 있으므로 격년으로 실시하는 것이 바람직하고, 앞으로 수형 조절은 적용할 나무의 적절한 크기 및 전정 방법과 강도에 중점을 두어 연구가 수행되어야 한다고 하였다 (Ross and Pharis, 1981).

잣나무의 착과수는 흉고 직경, 수관 체적 및 주간의 분지수와는 정의 상관성이 있었으나, 수고, 樹冠長 및 수관의 形狀比 (수관폭/수관장)와는 상관성이 없었다 (전상근과 노유희, 1983). 13년생 잣나무 채종원의 종자 증산을 위해 실시한 7년간 시험에서 수형 조절목은 비조절목보다 40% 증산을 보였으며, 수고가 낮아져 높은 작업 효율을 보였다 (An et al., 1992). 여기서 수형은 생장 활동 개시 약 1개월 전에 주간을 절단하고 절단 부위 아래 첫 마디에 3~7개의 가지를 남겨 배형으로 유도되었다. 잣나무 채종원에서 6월말~7월말에 약 47%의 낙과가 관찰되었는데, 이것은 화분 부족으로 일어난 것으로 인공수분으로 개선이 가능하였으며, 30년생까지는 밀도 0.8정도가 이루어지는 3m×3m가 적합하다 하였다 (Wang et al., 1992). *Pinus monticola* 채종원의 정단 부위가 부러진 나무는 정상목보다 약 2배의 많은 구과를 생산하였는데 (Coffen and Bordelon, 1981), 이는 Ross and Pharis (1981)에 의하면 착과지의 수가 많아져 일어난 것으로 설명될 수 있을 것이다. 이 관찰에서 정단이 부러져 생기는 分枝가 아래쪽에 있을 때보다 윗쪽에 있을 때 구과 생산량이 많아 4.6m 이상에 분지가 일어나면 15~18년생에서는 정상목보다 약 4배의 증산을 보였고 24~29년생에서는 44%의 증산을 보였다. 이는 성숙에 도달한 후에는 어릴수록 정단 절단 효과가 높은 것으로 판단된다. 분지는 등목 인부나 새에 의해 일어난 것으로, 분지에 의해 착과 증진뿐 아니라 화분 생산 또한 증가되었다. 이것은 전상근과 노유희 (1983)의 결과와도 일치한다. 분지 위

치가 위로 올라갈수록 구과수가 증가하는 것으로 보아 전년 성장 주지를 전정하는 것이 바람직한 것으로 보이며, 전정횟수는 수고를 고려하여 결정하는 것을 권하였는데 이러한 사실에 근거하여 그들은 다음해 몬티콜라잣나무 채종원 관리법을 제안하였다 (Hoff and Coffen, 1982). 그 요지는 수고가 3m에 이르면 마지막 마디 위 25cm 부분을 생장기간에 절단하고, 그 부위에서 2~3개의 주간이 분지하도록 유도한 후 매년 정아 우성을 보이는 가지만을 제거하는 것이다. 이재선과 송정호 (1998)는 잣나무에서 이러한 단간이 측지의 성장을 도모하기 위해 필수적임을 보였고, 일정한 수형과 수관폭에 이르기까지는 정아 우성을 보이는 가지를 지속적으로 제거하여야 한다고 하였다.

표 3에 나타난 것을 보면 II영급과 III영급 임목은 지표에서 첫 생지까지의 높이가 3.9~11.0m이다. 우리의 관상상 幹長 3.6m (12자) 목재를 많이 사용하므로 4~8m 위에 수관을 재구성하면서 그 아래 부분의 가지를 제거하여 옹이없는 목재가 되도록 수형을 조절하는 방법을 고려하여 볼 수 있다. 수관의 높이는 II영급과 III영급 모두 7~9m이다. 표 2에서 보면 연간 길이 자람이 30~50cm이므로 잣 채취 인부의 등목과 일광 투입을 고려하여 수관 높이를 4~5m로 조절하는 것이 적당할 것으로 생각된다. 따라서 마디는 1m 간격으로 하고 총 4~5개의 마디를 만들며 각 마디에는 3~4개의 輪生枝를 남겨두도록 한다. 이때 각 윤생지는 아래 위 마디가 서로 어긋나게 위치하도록 선택하여야 할 것이다. 따라서 수형은 변칙수간형이 된다. 표 2에서 조절목과 비조절목의 정단 특성에 차이가 없는 것으로 나타나 수형 조절이 일어나더라도 비정상적인 가지의 출현은 없을 것이다. 변칙수간형으로 유도하려는 수형 조절을 위한 첫해의 단간 작업은 노동력을 고려해 10월 이후에 실시하는 것이 바람직할 것이다. 더욱이 성장기의 단간은 수지의 양이 많아 틈질에 많은 어려움이 있을 것으로 판단된다. 단간 후의 전정은 정아 우성을 보이는 가지만을 제거하거나 또는 오래 동안 해오던 구과 채취시 착과지를 함께 깎아내리는 방법을 겸용하여 가지의 발달과 경제성을 함께 도모하도록 한다. 침엽수의 정단부를 절단한 2~3년 후, 재발하는 정아 우성 현상을 인돌초산 (IAA)을 절단면에 사용하여 수년간 지연시킬 수 있었는데 (Toda et al., 1963; Toda & Akasi, 1965), 이러한 방법은 일

단 수형이 형성된 후에 개화와 결실을 촉진할 수 있어 앞으로 연구가 있어야 할 것이다.

III영급에서는 첫 생지까지의 지하고가 9m를 넘는 나무도 자주 발견되었는데, 이러한 나무는 수형 조절을 받더라도 登木이 어려워 잣 생산을 위한 나무로는 부적절하므로 밀도 조절시 제거하거나 高價의 無節材로 가꾸기 위해 수고의 2/5 정도만 남기는 강도의 가지치기를 실시하는 것이 바람직할 것이다 (김도경, 1995).

표 3에서 수령 9년 잣나무는 수고가 2.28m이고, 지표에서 첫 마디까지의 높이는 25cm이다. 표에는 나타내지 않았으나 각 마디의 가지의 수는 평균 4개(범위 2~7, 표준편차 0.75)이고, 주간의 각 마디의 길이는 평균 24.4cm(범위 16~33, 표준편차 3.63) 이었다. 조림시의 간격(1.8m×1.8m)을 그대로 유지하고 있었고, 수관 밀도는 약 0.3이었으며 하층에는 초본과 관목이 무성하여 심한 경쟁이 있다고 판단된다.

Hoff and Coffen (1982)은 몬테콜라잣나무의 단간은 수고가 3m 정도일 때로 권장하였는데 이때의 수령을 보고하지 않았으나, 제시된 사진을 검토하여 보면 6~8년생 정도로 잣나무보다 수고생장이 더 빠른 것으로 판단된다. 마지막 마디 위 25cm 부분을 생장기간에 절단하고, 그 마디에서 2~3개의 주간이 분지하도록 유도한 후 매년 정아 우성을 보이는 가지만을 제거하여 수형을 배형으로 구성하도록 권하였다.

이러한 방법이 I영급~II영급 잣나무에도 가능할 것으로 보이며 이를 변형하여 다음과 같은 방법을 제시한다. 먼저, 공기와 햇빛이 임내에 들어 토양유기물의 분해를 촉진하도록 1m 정도에 힘센 생지를 포함하여 3~4개의 가지를 갖는 마디를 남기고 그 아래 부분의 가지는 모두 제거한다. 생지 위에 1m 정도 간격으로 4~5마디를 남기고 단간하되 각 마디에 3~4개의 一次枝를 윤생으로 배치한다. 작업 후 2~3년은 수관의 폭이 커지도록 방치하였다가 정아 우성을 보이는 제일 윗 마디의 모든 가지를 다시 잘라 주면 3~4마디를 갖는 변칙수간형이 될 것이다. 이 때는 Matheson and Willcocks (1976)가 지적한 것처럼 어린 나무는 수형 조절에 대한 개화 결실 반응이 민감하지 않음으로 수고가 5m~8m에 이르는 15년생까지가 적당할 것으로 생각된다. 그러나, 덕두원 채종원과 같은 점목묘는 단간 시기가 앞당겨질 수 있을 것이다. 이것은 대부분의 수종

에서 접목묘가 실생묘보다 개화시기가 빠르기 때문이다 (Wright, 1976).

앞의 제시된 방법들을 표 4에 나타낸다.

이러한 수형 조절은 수관 밀도를 고려하여야 할 것인데, 중국 잣나무에서 채종원의 구과 생산은 사면, 비옥도 및 산지와 상관성이 있었으며, 임관 밀도는 0.5가 적합하였고 이 이상이 되면 생산이 점차 감소하여 간벌이 필요하였다 (Chi, 1994). 잣나무 채종원에서의 많은 낙과는 화분 부족으로 일어난 것으로 5m×5m나 4m×4m 식재 간격보다는 30년생까지는 밀도 0.8정도가 이루어지는 3m×3m가 적합하다 하였다 (Wang et al., 1992). 우리나라의 잣나무 식재는 대개 1.8×1.8m로 이루어지므로 II영급이나 III영급 임분을 이러한 정도의 울폐도로 유지하기 위해서는 밀도 조절 작업이 있어야 할 것이다. 따라서, 1차 잣 생산림 조성은 1) 피압목, 2) 고사목, 3) 목재 가치가 낮은 나무 및 4) 피해목 등을 제거하고 0.5~0.8의 밀도로 시작하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

이러한 수형 조절은 현존 잣나무림을 대상으로 제시되는 것이므로 연구와 실제 사업에 있어 특히 다음과 같은 사항들이 앞으로 연구된다면 그 효과를 높일 수 있을 것이다. 즉, 잣 채취의 기계화가 수행되기 용이한 수형 조절 방법, 합리적

인 밀도 수준, 나무아래 식재할 수 있는 단기 소득 자원의 개발, 다산성 계통의 육종, 단간 또는 전정 시기와 방법 등이다. 또한 많은 수종에서 접목묘가 실생묘보다 개화결실이 빠르므로 이러한 비교 연구가 필요할 것이다 (Wright, 1976).

결 론

많은 수종의 수형 조절, 잣나무 수형 조절목과 비조절목의 성장 및 인공 조림지 잣나무의 성장 상태를 조사·분석하여 잣과 목재 생산을 위한 수형과 그 조절 방법을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 수고 5~8m의 나무의 경우 지상 1m 정도의 힘센 생지가 있는 마디를 포함하여 1m 정도 간격으로 4~5개의 마디까지 마디당 3~4개의 가지를 남기고 단간하여 변칙주간형으로 유도한다.

둘째, 생지까지의 지하고 4m~8m의 나무의 경우 생지 아래의 가지는 모두 제거하고, 생지 위에는 1m 정도 간격으로 4~5개의 마디를 남기고 단간하며, 각 마디에는 3~4개의 1차지를 윤생으로 남기어 변칙주간형으로 유도한다.

셋째, 생지까지의 지하고 9m 이상의 나무는 수고의 2/5정도만 남기고 강도의 가지치기를 하여 주간형으로 유도한다.

Table 4. Guidelines of crown shape control for nut and timber production at the Korean white pine plantation trees under age class III.

Purpose	Seed	Seed, timber	Timber
	Height : 5~8 m	Height below the first living branch : 4~8 m	Height below the first living branch > 10 m
Crown shape	Modified leader type	Modified leader type above straight stem	Central leader type
Stem-cut height	4~5 m	4~8 m	Not applicable
No. of nodes remained	4~5	4~5	Not applicable
Node distance	1 m	1 m	Not applicable
No. of branches per node	3~4	3~4	Not applicable
Branching type	whorled	whorled	Natural
Remarks	1) Cut stem and prune when collecting cones or during/after October. 2) Remove the branches showing apical dominance anytime when necessary. 3) Cut the uppermost node to overcome apical dominance when the crown has a wide, expected shape.		

넷째, 단간이나 전정은 구과 채취시나 9월 말 이후에 하며, 구과를 채취하지 않는 해에는 정아 우성을 보이는 가지만 절단하여 수형을 조절하되 수관의 크기나 형상이 목적하는 수준에 이르면 최상부의 마디를 제거하여 3~4개의 마디만을 남긴다.

인 용 문 헌

1. 강화석·김상현·이재선·이귀현. 1994a. 잣 수확의 기계화 연구(I) - 잣송이의 물리적 성질 -. 한국농업기계학회지 19(1) : 9-16.
2. 강화석·김상현·이재선. 1994b. 잣 수확의 기계화 연구(II) - 잣나무 가지의 전단 특성 -. 한국농업기계학회지 19(1) : 17-21.
3. 김도경. 1995. 잣나무의 강도 가지치기에 의한 고가우량재 생산방법. 임업연구원 임업정보 49 : 47-49.
4. 김정호·김종천·고광출·박홍섭·김규래·이재창. 1993. 과수원에총론, 향문사. pp.140-142.
5. 산림청. 1973, 1978, 1983, 1988, 1993, 1997, 1998. 임업통계연보.
6. 이재선·송정호. 1998. 잣나무의 수형 조절(II) - 각 영급의 수관 정단부의 성장 특성 비교 -. 강원대학교 임과대학 연습림 학술림연구지 18 : 54-65.
7. 이재선·장준근·한상익. 1993. 잣나무의 수형 조절 (I) - 2령급과 3령급의 수관 정단부의 성장 특성 비교 -. 강원대학교 임과대학 연습림 연구보고 13 : 65-73.
8. 임목 육종연구소. 1989. 채종원의 육성관리 지침 - 낙엽송을 중심으로 -. pp.1-38.
9. 전상근·노유희. 1983. 잣나무에 있어서 수형이 결실량에 미치는 영향. 한국임학회지 62 : 19-23.
10. An, Z., X. Wang and W. Wang. 1992. A study on pruning in *Pinus koraiensis* seed orchards. In Seed Orchard Techniques, (Ed.) Shen, X., Beijing Science & Technology Publishing Co., Beijing, China. pp.201-207.
11. Chi, J. 1994. Investigations on provenance of clones, density, site condition and cone yield in Chinese fir seed orchard. In Seed Orchard Techniques for High Genetic Quality and Am-

- ple Production of Seeds, (Ed.) Shen X., China Forestry Publishing Co., Beijing, China. pp.40-45.
12. Coffen, D.O. and M.A. Bordelon. 1981. Stem breakage effect on cone and pollen production in *Pinus monticola* (Dougl.). Res. Note INT-312, Intermountain For. & Range Expt. Station, Ogden, UT, USA. pp.1-7.
13. Copes, D.L. 1973. Effect of annual leader pruning on cone production and crown development on grafted Douglas-fir. Silvae Genet. 22 : 167-173.
14. Feilberg, L. and B. Soegaard. 1975. Historical review of seed orchards. In Seed Orchard, (Ed.) Faulkner, R., Forestry Commission Bulletin 54, Her Majesty's Stationary Office, London, UK. pp.1-8.
15. Fowler, D.P. 1965. natural self-fertilization in three jack pines and its implications in seed orchard management. For. Sci. 11(1) : 55-58.
16. Gansel, C.R. 1977. Crown shape in a slash pine seed orchard. Proc. 14th South. Forest Tree Improvement Conf., June 14-16, 1977, Gainesville, FL, USA. pp.144-151.
17. Gerwig, D.M. 1987. Annual top pruning as a crown management technique in a young loblolly pine seed orchard to reduce height and still produce flowers. Proc. 19th South. Forest Tree Improve. Conf., June 16-18, 1987, College Station, Texas, USA. pp.208-215.
18. Hoff, R.J. and D.O. Coffen. 1981. Stem breakage effect on cone and pollen production in *Pinus monticola* (Dougl.). Res. Note INT-312, Intermountain For. & Range Expt. Station, Ogden, UT, USA. pp.1-6.
19. Hoff, R.J. and D.O. Coffen. 1982. Recommendations for selection and management of seed orchards of western white pine. Res. Note INT-325, Intermountain For. & Range Expt. Station, Ogden, UT, USA. pp.1-7.
20. Matheson, A.C. and K.W. Willcocks. 1976. Seed yield in a radiata pine seed orchard following pollarding. N. Z. J. For. Sci. 6(1) : 14-18.

21. Melchoir, G.H. and H.-H. Heitmueller. 1961. Increasing the number of flowers in grafts of *Pinus sylvestris* by pruning. *Silvae Genet* 10(6) : 180-186.
22. Nienstaedt, H. 1981. Top pruning white spruce seed orchard grafts. *Tree Planters' Notes*. 32 : 9-13.
23. Ross, S.D. and R.R. Pharis. 1981. Recent development in enhancement of seed production in conifers. *Proc. 18th Meet. Canadian Tree Improve. Assoc., Part 2 : Symp. Seed Orchards and Strategies for Tree Imprve.*, Aug. 17-20, 1981, Duncan, British Columbia, Canada. pp.26-38.
24. Toda, R. and T. Akasi. 1965. Preventing upward curving of limbs of topped seed-trees by growth substance treatment. Effects observed at the end of the third growing season. *J. Jap. For. Soc.* 47(4) : 148-150.
25. Toda, R., T. Akasi and H. Kikuti. 1963. Preventing upward curving of limbs of topped seed-trees by growth substance treatment. *J. Jap. For. Soc.* 45(7) : 227-230.
26. Varnell, R.J. 1969. Female-strobilus production in a slash pine seed orchard following branch pruning. *Proc. 10th South. Conf. Forest Tree Improve.*, June 17-19, 1969, Houston, Texas, USA. pp.222-228.
27. Wang X., Z. An, W. Wang, and P. Wu. 1992. Study on increasing th fertilized cone rate of *Pinus koraiensis* in a clonal seed orchard. *In Seed Orchard Techniques*, (Ed.) Shen, X., Beijing Science & Technology Publishing Co., Beijing, China. pp.208-213.
28. Wright, J.W. 1976. *Introduction to forest genetics*. Academic Press, New York, USA. pp.201-202.
29. Zobel B.J., J.C. Barber, C.L. Brown and T.O. Perry. 1958. Seed orchards - their concept and management -. *J. For.* 56(11) : 815-825.