

식재밀도에 따른 강송의 Biomass 생산 및 배분 특성¹

이돈구², 권기철², 김영환²

Biomass Production of *Pinus densiflora* forma *erecta* Uyeki by Planting Density and Its Allocation Characteristics¹

Don Koo Lee², Ki-Cheol Kwon² and Yonghuan Jin²

요 약

식재밀도에 따른 강송(*Pinus densiflora* forma *erecta* Uyeki)의 biomass 생산 및 배분 특성을 구명하기 위하여 경기도 수원시 소재 서울대학교 칠보연습림내 12년생 강송 조림지를 대상으로 본 연구를 수행하였다. 식재밀도가 1.0m×1.0m, 1.8m×1.8m, 3.0m×3.0m인 강송 조림지에서 각각 6본, 5본, 4본씩 표본목을 선정하여 부위별로 생중량을 측정하고 식재밀도에 따른 임분의 biomass 현존량 및 배분 특성을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약된다. (1) ha당 biomass 현존량은 1.8m×1.8m의 식재밀도에서 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 1.0m×1.0m, 3.0m×3.0m의 식재밀도 순으로 나타났다. (2) 식재밀도가 높을수록 가지와 침엽이 차지하는 biomass 현존량의 비율은 감소하였다. (3) 당년생 가지와 줄기의 경우 밀도가 낮을수록 수분함량이 점차 증가하는 경향을 보이나 침엽과 전년생 가지의 경우는 줄어드는 경향을 보였다. (4) 식재밀도가 높을수록 최대광합성부위가 위쪽에 나타났다.

ABSTRACT

This study was conducted to examine biomass production and its allocation characteristics by the planting density for 12-year-old *Pinus densiflora* forma *erecta* Uyeki plantation located in Chilbo Experimental Forest of Seoul National University in Suwon, Kyonggi-do. Different sample trees were selected for harvest by the planting density as follows; six trees from 1.0m×1.0m, five trees from 1.8m×1.8m, four trees from 3.0m×3.0m. Stem, previous year branches, current year branches, previous year needles and current year needles were weighed respectively with the stratified clipping method, and biomass production and its allocation characteristics were analyzed : (1) Total biomass of the above-ground was the highest at the planting density of 1.8m×1.8m and followed by 1.0m×1.0m. (2) The higher the planting density was, the lower the ratio of biomass in branches and needles. (3) As the planting density decreased, the moisture contents of stem and current year branches increased but those of needles and previous year branches decreased. (4) Maximum photosynthetic layer appeared in the upper portion of the tree at higher density plantation.

Keywords : *Pinus densiflora* for. *erecta*, planting density, biomass

¹ 접수 1999년 3월 25일 Received on March 25, 1999.

² 서울대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Seoul Nat'l. Univ., Suwon 441-744, Korea

서론

소나무는 일부 고산지역을 제외하고는 한국 전역에 걸쳐 분포하고 있는 우리나라의 대표적인 침엽수종이다. 이 중 강원도와 경북 울진, 봉화지역에서 자생하고 있는 곧은 소나무를 강송(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)이라고 하며(홍 등, 1990), 훌륭한 목재자원으로써 근래에 들어 중요 조림경제수종으로 추천되고 있다.

근래에 들어와 삼림생태계에 대한 물질생산적 측면의 연구는 무한히 재생가능한 대체에너지원으로서의 활용 가능성 및 생태계의 여러 가지 속성을 파악할 수 있는 종합적인 정보를 제공할 수 있다는 점에서 많은 진전을 보이고 있으며(박과 김, 1989), 소나무 임분에 대해서도 biomass 현존량과 순생산량(김과 윤, 1972; 이, 1985) 및 물질 현존량 추정식(박과 김, 1989; 김 등, 1998)에 관한 연구가 많이 이루어져 있다. 그러나 아직 소나무 조림지에서 임분밀도에 따라 생산량과 배분이 어떤 특성을 가지고 변화하는가에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았는데, 임분밀도에 따른 생산량의 차이와 배분특성을 이해함으로써 조림시 경영목적에 적당한 식재밀도를 결정할 수 있을 것으로 기대된다.

이에 본 연구의 목적은 경기도 수원시 소재 서울대학교 칠보산연습림에 식재된 12년생 강송 조림지를 대상으로 식재밀도에 따른 수직층위별 biomass 생산량과 지상부의 각 부위별(줄기, 가지, 잎) biomass 배분 특성을 알아보는 것이다.

재료 및 방법

2.1 조사지 현황

본 연구가 이루어진 조사지는 경기도 수원시에 위치한 서울대학교 부속 칠보연습림내에 식재된 12년생 강송 조림지이다. 조사대상지는 정방형으로 식재간격을 3가지(1.0m×1.0m, 1.8m×1.8m, 3.0m×3.0m)로 하여 식재되었다. 이 지역의 토성은 양토에 해당되고 평지에 조림되어 있어 수목의 생장에 양호한 조건을 갖추고 있다.

2.2 조사방법

1998년 7월 식재간격이 1.0m×1.0m, 1.8m×1.8m, 3.0m×3.0m로 되어 있는 강송 조림지에서 각각 6본, 5본, 4본을 선정하여 벌목한 후, 각 임목의 수간을 지상부 20cm부터 시작하여 1m 간격으로 자르고 각 부위별(줄기, 가지, 침엽)로 생중량을 측정하였다. 이 때, 가지와 침엽은 당년생과 전년생을 구분하여 따로 기록하였다. 또한 가지와 잎의 수분함량을 측정하기 위해 건조기로 80℃에서 48시간동안 건조하였고, 이 자료를 토대로 각 부위의 건조량을 계산하였다.

결과 및 고찰

3.1 밀도에 따른 강송의 생장 및 biomass

식재밀도에 따른 12년생 강송의 생장 및 biomass 현존량을 표 1에 나타내었다. 개체목의 평균 흉고직경 생장량은 1.0m×1.0m의 식재밀도와 1.8m×1.8m의 식재밀도를 비교하였을 때 약 50% 정도 차이가 나지만, 1.8m×1.8m의 식재밀도와 3.0m×3.0m의 식재밀도간 차이는 10% 가량으로써 비교적 작았다. 수고의 경우는 식재밀도가 낮을수록 다소 낮아지는 경향을 보였는데, 이것은 높은 식재밀도에서 강송이 광의 확보를 위해 수평생장보다는 수직생장 위주로 생장전략을 가졌기 때문으로 생각된다(Salisbury와 Ross, 1992).

표 1에서 단목당 평균 biomass 현존량을 보면 식재밀도가 낮을수록 증가하고 있으나, ha당 임분 biomass 현존량은 1.8m×1.8m의 식재밀도에서 최대치를 보이고 있다. 밀도에 따른 ha당 임분 biomass 현존량 차이를 보면 1.0m×1.0m의 식재밀도와 1.8m×1.8m의 식재밀도의 차이는 거의 나타나지 않고 있지만, 1.8m×1.8m의 식재밀도와 3.0m×3.0m의 식재밀도간 차이는 50% 이상 크게 나타나고 있다. 한편 식재밀도에 따른 광합성부의 비율을 보면 1.0m×1.0m의 식재밀도에 비교하여 1.8m×1.8m의 식재밀도와 3.0m×3.0m의 식재밀도는 비슷한 경향을 보이고 있으며, 광합성부에 높은 비중을 두고 biomass 생산을 하고 있다. 이러한 결과는 일반적으로 임분밀도가 높아질수록 직경생장과 수관부 생장이 감소하는 반면

수고생장은 거의 영향을 받지 않는다는 기존의 연구결과들(Bormann, 1965; 김, 1967; 김 등, 1989; 이, 1997)과 일치하는 것이다.

일반적으로 조림지의 임분 biomass는 천연림보다 더 높은 것으로 알려져 있다(이와 박, 1986). 온대지방에서 소나무류의 현존량을 보면, Ovington(1962)은 16년생 소나무 조림지의 지상부총량이 104.7tons/ha이라 하였으며, 강과 광(1998)은 남한강 유역의 소나무 자연림이 녹지자연도가 7등급에서 91.4tons/ha, 8등급에서 307.12tons/ha인 것으로 보고하였다. 본 연구에서 12년생 강송 조림지의 지상부 현존량은 1.0m×1.0m에서 175.80tons/ha, 1.8m×1.8m에서 192.38tons/ha, 그리고 3.0m×3.0m에서 94.30tons/ha로서 임분의 biomass 총량이 다른 연구결과와 비교하여 높지는 않으나, 아직 조사임분의 영급이 낮을 것을 고려하면 앞으로 좀 더 많은 축적을 보일 수 있을 것으로 기대된다.

3.2 밀도에 따른 부위별 수분함량의 차이

표 2는 식재밀도에 따른 각 부위별 수분함량의 차이를 나타낸 것이다. 당년생 가지와 줄기의 경우 식재밀도가 낮을수록 수분함량이 점차 증가하는 경향을 보이는 반면 잎과 전년생 가지의 경우는 줄어드는 경향을 보이고 있어 낮은 임분밀도가 강송의 성장에 유리함을 알려주고 있다. 이와 유사한 연구로 Sucoff와 Hong(1974)은 방크스소나무 임분에서 임분밀도가 낮아지면 잎의 수분포텐셜이 더 높게 유지됨으로써 임목의 수분상태가 양호해진다고 보고한바 있다.

3.3 밀도에 따른 수직층위별 생중량 분포

밀도에 따라 수직층위별로 가지와 잎의 건중량이 분포하는 양상을 조사한 결과 식재간격이 1.0m×1.0m인 경우 광합성부는 2.65m부터 시작하여 4m 부근에서 최대를 나타낸 반면, 1.8m×1.8m는 광합성부가 2.43m에서 시작하여 3m 부근에서 최대를 나타내고 있었다(그림 1

Table 1. Dry weight of *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki by planting density

Planting density	DBH (cm)	Height (m)	Stand biomass (tons/ha)	Biomass(kg)					
				Above ground total	Stem	Previous year branches	Current year branches	Previous year needles	Current year needles
1.0m×1.0m	6.28 ±1.02	5.08 ±0.31	175.80	9.78 ±5.53 (100%)	4.71 ±2.32 (48.13%)	3.12 ±1.90 (31.93%)	0.68 ±0.66 (7.00%)	0.61 ±0.31 (6.21%)	0.66 ±0.34 (6.73%)
1.8m×1.8m	9.40 ±2.48	5.02 ±0.41	192.38	34.94 ±28.25 (100%)	5.90 ±1.96 (16.89%)	20.40 ±19.93 (58.40%)	2.47 ±2.45 (7.06%)	2.51 ±1.09 (7.19%)	3.66 ±2.82 (10.46%)
3.0m×3.0m	10.53 ±1.07	4.34 ±0.10	94.30	44.41 ±6.74 (100%)	10.02 ±0.75 (22.57%)	22.45 ±3.99 (50.56%)	2.53 ±0.54 (5.70%)	4.88 ±0.57 (10.99%)	4.52 ±0.89 (10.19%)

Table 2. Moisture content(%) of each organs by planting density

Organ	Planting density		
	1.0m×1.0m	1.8m×1.8m	3.0m×3.0m
Current year branch	54.69	63.00	65.24
Previous year branch	27.03	24.12	22.58
Stem	45.07	57.28	61.88
Current year needles	64.78	63.26	62.18
Previous year needles	56.94	54.02	52.89

과 그림 2 참조). 3.0m×3.0m의 경우는 1.42m에서 광합성부가 시작되어 2m 부근에서 최대를 나타내고 있었는데, 이상을 종합하면 식재밀도가 높아질수록 광합성부가 위쪽에서 형성되고 있음을 알 수 있다. 이와 유사한 연구로, Satoo(1970)는 낙엽송 조림지에서 식재밀도가 낮을수록 광합성부가 더 아래쪽부터 형성되는 경향이 있다고 보고하였다.

한편, 3.0m×3.0m의 식재밀도에서 1.9m±0.5m내 전년생 가지의 건중량은 26.8kg으로 전년생 가지 전체건중량(32.68kg)의 82%를 차지하여 가지와 잎의 생산이 어느 한 부위에 집중적으로 편중되는 경향을 보여주었다. 따라서 용재생산을 위해서는 어느 정도의 밀식이 필요할 것으로 생각된다.

결론

식재밀도에 따른 12년생 강송의 biomass 생산 및 배분 특성을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 1.8m×1.8m의 식재밀도에서 ha당 biomass 현존량이 최대치를 보이고 있으나, 식재밀도가 높을수록 가지와 잎이 차지하는 biomass 현존량의 비율이 현저하게 감소하므로 조림지에서 단기간내 목질 biomass를 최대로 생산하거나 조림지의 지속적인 관리가 어려운 경우에는 1.0m×1.0m의 식재밀도가 적절한 것으로 생각된다. 둘째, 식재밀도가 너무 낮으면 큰 가지가 많이 나오므로 통직한 목재를 생산하기 위해서는 식재당시 1.8m×1.8m 이하의 식재밀도가 적당한 것으로 생각된다.

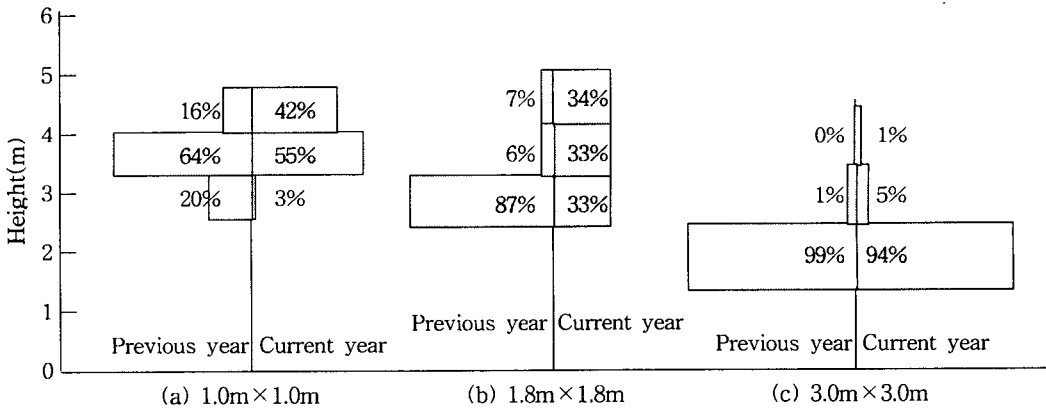


Fig. 1. Vertical biomass distribution of branches in *Pinus densiflora* for *erecta* plantation by planting density

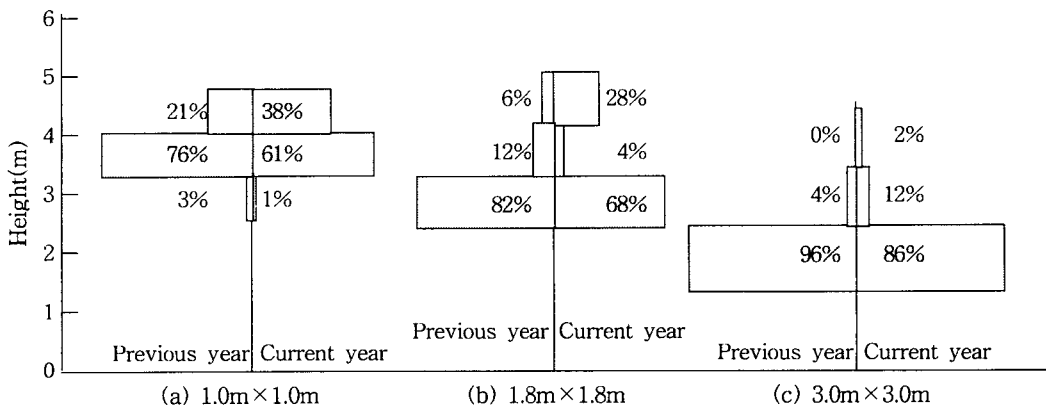


Fig. 2. Vertical biomass distribution of needles in *Pinus densiflora* for *erecta* plantation by planting density

인용문헌

1. 강상준, 팍애경. 1998. 상대성장법에 의한 남한강 유역 삼림의 생산량 및 생산성 비교. 임산에너지 17(1) : 8 - 22.
2. 김동춘. 1967. 일본잎갈나무임분의 수확과 생장에 관한 연구. 임시연보 13 : 1 - 62.
3. 김영환, 이돈구, 孟憲宇. 1998. 백두산 동북부 소나무 천연림 biomass 추정모델. 임산에너지 17(1) : 23 - 29.
4. 김종원, 김도경, 김일현, 박승걸, 김태욱. 1989. 잣나무 조림지 간벌에 관한 연구(I) -식재밀도와 일차간벌 강도가 수목생장과 그 특성에 미치는 영향-. 임연연보 38 : 56 - 69.
5. 김준호, 윤성모. 1972. 삼림의 생산구조와 생산력에 대한 연구 -II. 춘천지방의 소나무림과 신갈나무림의 비교. 한식지 15 : 1 - 8.
6. 박인협, 김준선. 1989. 한국산 4개 지역형 소나무천연림의 물질 현존량 추정식에 관한 연구. 한림지 78(3) : 323 - 330.
7. 이수옥. 1985. 강원도산 소나무천연림생태계의 Biomass 및 Net Primary Production에 관한 연구. 한림지 71 : 74 - 81.
8. 이수옥, 박관화. 1986. 한국의 소나무 및 참나무 천연림 생태계의 Biomass 및 유기 Energy 생산에 관한 연구. 임산에너지 6(1) : 46 - 58.
9. 이종희. 1997. 중부지방 낙엽송 조림지의 간벌시기 추정. 충북대학교 농학석사학위논문. 42pp.
10. 홍성천, 변수현, 김삼식. 1990. 원색한국수목도감. 계명사. 310pp.
11. Bormann, F. H. 1965. Changes in the growth pattern of white pine trees undergoing suppression. Ecology 46 : 269 - 277.
12. Ovington, J. D. 1957. Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. Ann. Bot. N.S. 21 : 287 - 314.
13. Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992. Plant Physiology. 4th ed. Wadsworth Publ. 682pp.
14. Satoo, T. 1970. Primary production in a plantation of Japanese larch. J. Jap. For. Soc. 52(5) : 154-158.
15. Sucoff, E. and S. G. Hong. 1974. Effects of thinning on needle water potential in red pine. For. Sci. 20 : 25 - 29.