한국토양비료학회지 44권 6호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 44, No. 6, 1144-1149 (2011)

보문

참나무림내 천연발생한 잣나무 치수의 지상부 현존량 및 양분분포

지동훈* · 변재경 · 정진현 · 이명종[1]

국립산림과학원 산림수토보전과, [1]강원대학교 산림자원학과

Aboveground Biomass and Nutrient Distribution of Korea Pine (*Pinus koraiensis*) Advance Growth in Deciduous Oak Forests

Dong-Hun JI*, Jae-Kyoung Byun, Jin-Hyun Jeong, and Myong-Jong Yi[1]

Division of Soil and Water Conservation, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea
[1]Department of Forest Resource, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

The occurrence of Korean pine (*Pinus koraiensis*) advance growth has been noticed in the deciduous oak forest being adjacent to the mature Korean pine plantation. the korean pine seedlings in the forest were regenerated naturally from harvested and transported Korean pine seeds and cones by rodents, mainly red squirrels. Mongolian oak (*Quercus bariabilis*), which formed dominant overstory, had close-to-normal distributions of height, diameter and age classes. Korean pine, which dominated the understory, had the reverse J-shaped height, diameter and age distributions that are expected of a shade tolerant species. Growing in the summer shade of the oak, Korean pine seedling had slow, but steady height growth during the past four decades. Total biomass of Korean pine seedling ranged from 2,835-8,541 kg ha^{-1} and biomass allocation of Korean pine seedling was follows : stem (with bark) > foliage > branches > roots. Korean pine seedlings allocated more biomass to foliage and branches compare to planted Korean pine. The smaller root/shoot ratio of Korean pine seedling in the site is to believed to be result of competition for light. Contents of N and K for Korean pine seedling were greatest in foliage follow by branches, stem ad roots, while content of P was greater in the order of foliage > roots > stem > branches.

Key words: Korean pine seedlings, Biomass, Nutrient distribution

서 언

잣나무 (*Pinus koraiensis S. et Z.*)는 우리나라뿐만 아니라 시베리아의 동북부, 만주 및 일본의 북부 지방에 분포하고 있으며 100여종의 소나무속 수종 가운데 유일하게 한국산이라는 종명을 가진 주요 조림수종이다.

잣나무는 내한성이 강한 수종으로 표고 100-1,900 m사이에 분포하는 한대수종으로 토심이 깊고 비옥적윤한 토양에서 왕성한 생장을 하는 상록침엽교목이며, 일반적으로 목재의 심재부는 엷은 홍색, 변재부는 옅은 갈색을 띠며, 비틀림이나 수축, 팽창이 적고 적당한 강도와 통직성, 매끄럽고 균일한 나뭇결과 좋은 건조성으로 고급 목재로 인정받고 있는 경제수종이다 (Ding, 1988; Lee, 2002; Li et al., 1988; Yang and Wu, 1986). 종자는 비산되지 못하고 조류나 설치류등의 동물이 잣구과나 피잣을 먹이로 채취하여 운반, 산포함으로써 잣나무 인공조림지 주변 산림의 하층에는 전생치수로서 잣나무 치수가 천연 발생하게 된다 (Lee, 2002). 특히 잣나무 치수는 잣나무 모수림 하에서는 두꺼운 침엽수 임상과 임내 광선의 부족 등으로 치수 발생이 어렵지만 잣나무림 주변의 활엽수림에서는 임상유기물의 분해가 빠르고 임내로의 입사광량이 많기 때문에 잣나무 치수의 발생이 용이하다 (Hayashida, 1989).

이와 같이 설치류에 의한 잣나무 인공조림지 주변의 산림 내에서 잣나무 치수의 발생은 성공적인 잣나무 천연갱신의 가능성을 시사해 주고 있다. 또한, 기존의 벌채를 통해 인공조림에 의한 단순림을 조성하는 방법은 비용의 경제성이나 생태환경적인 측면에서도 바람직하지 않다는 지적이 많으며, 잣나무의 천연림 상태는 순림보다는 천연 활엽수와 혼효림을 이루고 있다는 사실 (Lee, 1977; Lim, 1990)을 감안하면, 설치류에 의해 잣나무 인공조림지 주변에 천연발생하는 잣나무 치수를 적절히 혼효림으로 유도하는 것은 잣나무의 천연갱신 가능성을 시사하고 있다.

본 연구에서는 현재 인공조림된 잣나무 순림 주변의 참

접수 : 2011. 11. 25 수리 : 2011. 12. 16
*연락저자 : Phone: +8229612637
E-mail: goon76@forest.go.kr

나무림내 천연 발생한 잣나무 치수의 생장과 지상부 현존량 및 양분분포를 파악하여 잣나무와 참나무 혼효림의 산림관리에 필요한 기초정보를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

조사지 개요 조사대상지는 강원대학교 연습림내 산록 상부에서 능선에 걸쳐 분포하고 있는 굴참나무가 우점하는 활엽수 혼효림으로 근접하고 있는 Ⅷ영급의 잣나무 인공림으로부터 설치류등에 의해 종자가 옮겨져 잣나무 치수가 발생한 임분이다. 연구대상 조사지는 4개소로 표고는 320-360 m의 범위에 있고 토양은 갈색약건토양이며, 토심은 56-70 m이다. 사면방향은 조사임분 모두 W270°-W280°의 범위에 있는 서사면이며 경사도는 30-34°의 범위에 있다. 조사지 위치는 Fig. 1과 같다.

조사지의 상층 임관은 참나무 (64-100 %)가 우점하고 있으며 신갈나무 (20-36 %), 떡갈나무 (18 %)등 3가지 참나무류로 구성되어 있다. 중층에서는 물박달나무, 신갈나무, 떡갈나무, 산벚나무 및 천연발생 잣나무가 출현하였다. 잣나무 치수 이외의 하층식생은 생강나무, 참싸리, 노린재, 산딸기, 개옻나무 등이 소수 존재할 뿐 양적인 면에서의 비중은 높지 않다.

조사지의 연 평균 기온은 10.9℃이며 1월과 7월에 각각 최저와 초고 기온을 나타냈으며 동결기간은 3 (12-2월)개월간이었다. 연평균 강수량은 1266.8 mm이며 7-8월에 연 강수량의 50 %가 집중하고 있다. 조사대상지의 임분 개요는 Table 1과 같다.

시료채취 및 현존량 추정 조사 대상 임분 내 4곳에 각각 10×10 m 정방형의 조사구를 설치하고 조사구내의 전 임목에 대하여 매목조사를 실시하였으며 근원직경은 버니어 캘리퍼스를 사용하여 측정하였다. 지상부 현존량은 조사구 밖의 인접한 곳에서 직경급이 서로 다른 38본을 선정하여 절단하였으며 절단한 후 줄기, 가지, 잎, 고사지로 나누고 생중량을 현지에서 측정하였다. 또한, 각 기관별로 중량환산 및 양분분석용 시료를 채취하여 실험실로 운반한 후 건조기에 넣어서 항량이 될 때까지 건조시켰다. 건조한 시료는 상대 성장식을 구하는데 이용하였으며 이 후 각 기관별 양분분석에 제공하였다.

현존량 추정은 벌도한 38본에 대하여 근원직경 (RCD)을 독립변수 (X)로 하고 각 기관별의 건중량을 종속변수 (Y)로 하는 상대 성장식 $Y=aRCD^b$를 조제한 후 매목조사의 결과를 적용하여 추정하였다. 독립변수는 흉고직경외에 수고를 포함시키는 $DBH^2 \cdot H$ 또는 $DBH \cdot H$ 등의 변수를 이용할 수도 있으나 (Kim et al., 1996; Song and Lee, 1996), 매목 조사시 수고 측정이 정확하지 않을 경우 추정오차가 클 수 있다

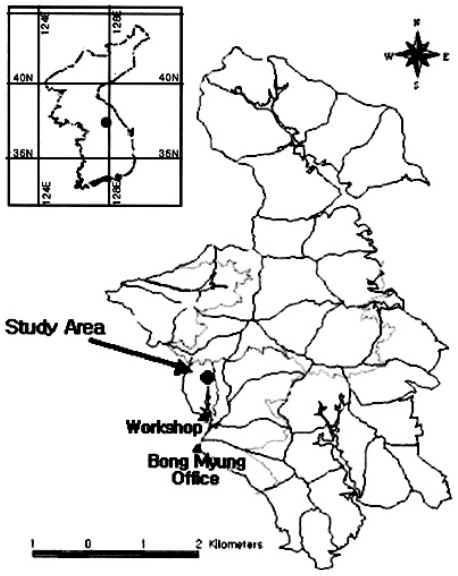

Fig. 1. Location of study area.

Table 1. General description of the study sites.

Site		Height			DBH†, RCD‡			Density	Basal area
		Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.		
		m			m			tree ha^{-1}	m^2 ha^{-1}
Site 1	*Pinus koraiensis*	1.64	0.05	7.4	2.81	0.1	11.2	4900	6.3
	Q. variabilis	11.7	8	16	20.2	13.8	27.8	700	23.4
Site 2	*Pinus koraiensis*	0.85	0.07	4.4	1.60	0.1	6.4	4300	2.3
	Q. variabilis	13.6	8	16	21.7	15.2	27.5	800	30.4
Site 3	*Pinus koraiensis*	1.05	0.07	5.5	1.92	0.2	7.3	4600	3.3
	Q. variabilis	12.7	4	17	19.4	5.8	27.7	1000	33.5
Site 4	*Pinus koraiensis*	1.43	0.06	5.5	2.56	0.1	10.5	3800	4.8
	Q. variabilis	12.9	4.5	17	21.4	4.3	33.7	1100	46.8

†DBH, Diameter at breast height, *Q. variabilis* ‡RCD, Root collar diameter, *Pinus koraiensis*.

(Yi, 1998; Whittaker and Marks, 1975). 따라서 본 연구에서는 현지 조사시의 생력성도 고려하여 근원직경을 독립변수로 하는 현존량 추정식을 도출하였다.

양분분석 양분분석은 각 기관별 시료를 분쇄기로 분쇄하여 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘을 분석하였다. 질소는 Kjeldahl법으로 분석하였고, 인은 Automated Ion Analyzer (Quik Chem AE, Lachat Ins., USA)로 분석하였으며 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 HNO_3–$HClO_4$의 혼합산으로 습식분해한 후 Atomic Absorption Spectrophotometer (AA-6800, Simadzu, Japan)로 측정하였다 (NIAST, 2000). 각 성분의 분석값은 건조중량에 대한 백분율 (%)로 나타냈다. 토양 pH는 1:5의 토양 현탁액에 대하여 pH-meter를 이용하여 측정하였고 토성은 비중계법, 유기물은 Tyurin법, 전질소는 Kjeldahl법, 유효 인산은 Lancaster법, 양이온 치환용량은 Brown법을 이용하여 측정하였다 (NIAST, 2000).

결과 및 고찰

토양의 이화학적 특성 각 화학적 성질은 조사지간에 큰 차이는 보이지 않았다 (Table 2). 우리나라 산림토양의 평균 pH는 A층이 5.48, B층이 5.52의 약산성 (Jeong et al., 2002)인데 비해 조사 임분의 pH는 A층이 4.99–5.13, B층이 5.12–5.30으로 우리나라 산림 토양 평균보다 낮았으나, Kwon (1982)이 보고한 경기도 잣나무 임분의 pH 4.5–5.0보다는 약간 높은 경향을 나타내고 있다. 우리나라 침엽수 생육범위가 pH 4.8–5.5, 활엽수는 pH 5.–6.5 (Lee, 2000)임을 감안할 때 이 범위내에 있다. 유기물 함량은 A층과 B층에서 각각 26–32 g kg^{-1}과 10–20 g kg^{-1}의 범위로 강원지역 산림토양의 평균 49.3 g kg^{-1}, 23.3 g kg^{-1} (Jeong et al., 2002)보다 낮았으며 특히 A층에서 현저히 낮았다. 치환성 양이온의 경우 일반적으로 산림토양에서 Ca>Mg>K>Na순으로 감소하는 결과 (Jeong et al., 2002; Kawada, 1989)와 달리 Ca와 Mg의 순위가 달랐다. 전질소도 전국과 강원도 A층의 평균 0.19 및 0.21 %보다 현저히 낮은 경향을 보였다.

토성은 모든 조사 임분에서 A층은 양토, B층은 사질양토이었으며, 모래의 함량이 가장 많았으며 점토는 조사 임분4를 제외하고 층위간의 차이는 보이지 않았다. 모래 함량은 우리나라 전국 평균 및 강원도 평균보다 높았으며 점토함량은 크게 낮았다. 이상과 같이 본 조사 대상 임분은 전반적으로 우리나라 및 강원도 산림의 평균적인 토양의 이화학성에 비하여 불리한 입지조건하에 있는 것으로 파악되었다.

직경 및 수고별 본수분포 각 조사지내 직경급별 본수와의 관계를 보면, 직경분포에서 2 cm 이하에 집중되어 있으며 12 cm이하였다. 또한, 직경급이 낮을수록 본수가 많아 뚜렷한 역 J자형을 나타냈다. 수고급별 본수분포의 관계도 직경분포와 유사한 경향을 나타냈다. 전체적으로 8 m 이하의 범위에 있었으며 역 J 자형을 나타냈다. 일반적으로 인공식재된 임분에서는 직경이나 수고의 분포는 처음에는 정규분포의 형태를 나타내지만, 점차 생장함에 따라 변화한다. 변화상태는 직경과 수고에 있어서 서로 다르며 직경은 상대밀도가 높을수록 개체의 출현빈도는 역 J자형, 수고는 정규분포를 거쳐 J자형을 나타낸다. 그러나 본 조사 대상지의 수고와 본수밀도 관계는 역 J자형 나타내어, 수평적 공간분포에 대한 종간 경쟁이 아직 일어나지 않고 있다고 생각된다.

지상부 현존량 지상부 현존량을 추정하기 위해 직경급을 달리 하여 벌도한 38본의 기관별 중량과 직경과의 상대성장 관계를 Table 3에 나타냈다. R^2값은 고사지에서 0.62로 낮았으나 전체적으로 R^2값이 0.9이상으로 현존량 추정에 적합하다고 생각된다.

기관별 상대 성장식과 매목조사의 결과로부터 각 조사임

Table 2. Soil Characteristics of the study sites.

Site	Horizon	Texture	Sand	Silt	Clay	pH	OM†	T-N	Avail. P_2O_5	CEC‡	Exch. Cation			
											K	Na	Ca	Mg
			---------- % ----------			1:5	g kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	$cmol_c$ kg^{-1}	--------- $cmol_c$ kg^{-1} ---------			
1	A	L	49.26	41.75	8.99	5.13	25.7	0.124	10.80	11.00	0.27	0.10	0.38	0.61
	B	SL	56.66	34.67	8.67	5.28	16.5	0.099	4.54	10.12	0.15	0.09	0.57	0.63
2	A	L	46.98	44.35	8.67	5.02	30.8	0.130	22.63	14.30	0.17	0.08	0.43	0.49
	B	SL	45.56	47.70	6.74	5.12	14.5	0.074	11.84	13.64	0.21	0.19	0.42	0.86
3	A	SL	55.28	37.66	7.06	5.00	32.5	0.108	5.44	13.64	0.24	0.12	0.60	0.42
	B	SL	60.08	32.86	7.06	5.30	9.9	0.034	6.70	13.20	0.45	0.17	0.49	1.07
4	A	L	55.38	37.24	7.38	4.99	27.0	0.111	12.20	16.06	0.33	0.16	0.87	0.64
	B	SL	50.98	36.50	12.52	5.13	19.8	0.080	22.50	15.84	0.13	0.17	0.70	0.66

†OM, Organic matter ‡CEC, Cation exchange capacity.

분 내 잣나무 치수의 지상부 현존량을 Table 4에 나타냈다. 총 현존량은 2.8 Mg ha^{-1}에서 8.5 Mg ha^{-1}의 범위이며 각 임분의 기관별 현존량의 크기는 임분1과 4는 줄기>잎>가지>뿌리의 순서였으며, 임분2는 잎>줄기>가지>뿌리, 임분3은 줄기=잎>가지>뿌리의 순서이었다. 임분1과 4는 Yi (1998)와 Kwon (1982)의 유령 임분에서의 결과와 동일한 경향이었으며, Han (2001)과 Yi (1998)의 장령의 인공림에서 가지 현존량이 잎 현존량보다 많은 결과와는 다른 경향이었다. 줄기는 각각의 임분별 총 현존량의 32 %를 차지하고 있었으며 잎은 0.9-2.6 Mg ha^{-1}로 총 현존량의 29-33 %를 차지하였고, 가지는 23-26 %의 범위를 차지하였다. 각 임분 전체의 현존량 중 잣나무 치수가 차지하는 비율은 1.0-4.1 %로 매우 낮았는데 상층임관의 광 차단으로 인해 생장량이 저조하기 때문으로 생각된다.

양분분포 잣나무 치수의 각 기관별 현존량과 그에 대한 양분농도의 관계로부터 각 임분의 양분량을 구하였다. N의 총 함유량은 18.9-53.6 kg ha^{-1}, N의 총 함유량은 2.5-7.2 kg ha^{-1}, K는 10.89-30.83 kg ha^{-1}의 범위였다. N은 당년잎 부분에서 5.29-14.04 kg ha^{-1}로 가장 높게 나타났으며, 그 다음은 2년잎, 1년잎, 2년이상잎의 순서로 동화기관인 잎에 가장 많이 함유되어 있었으며, 고사지가 가장 낮게 나타났다. P와 K 또한 N과 마찬가지로 당년잎에서 가장 높게 나타났고 고사지에서 가장 낮은 수치를 보였다 (Table 5). 이는 비슷한 지역의 인공조림지에서 보고된 (Yi, 1998) 유령임분의 함유량보다도 현저히 낮은 수준이었다.

한편, 양분축적량의 각 기관에 대한 분배율을 보면, 각 양분의 가관 분배율의 크기는 N과 K에서는 잎>줄기>뿌리>가지의 순서였으며, P에서는 잎>뿌리>줄기>가지의 순서로 나타났다 (Fig. 2). 이와 같은 경향은 잎에 가장 많은 양분을 함

Table 3. Allometric regressions† of dry weight on diameter of Korean pine advance growth.

Components		a	b	R^2
Stem		0.0491	2.4547	0.9619
Branch	Current	0.0436	1.6980	0.9308
	1yr	0.0510	1.7584	0.9280
	2yr	0.0304	1.9469	0.9502
	>2yr	0.0063	2.8162	0.9755
	Dead	0.0014	2.4209	0.6200
Needle	Current	0.1665	1.9183	0.9491
	1yr	0.0841	1.9665	0.9618
	2yr	0.0344	2.1859	0.9429
	>2yr	0.0425	2.0572	0.8873
Root		0.0660	2.1416	0.9454

†Regression models of the form $Y=aX^b$, the X and Y indicate RCD(mm) and dry weight(g), respectively.

Table 4. Above-and below-ground biomass accumulation (kg ha^{-1}) of Korean pine advance-growth in study sites.

Components		Site 1		Site 2		Site 3		Site 4	
		kg ha^{-1} (%)							
Stem		2766.70	(32.4)	877.44	(31.0)	1338.67	(31.7)	2149.89	(32.7)
Branch	Current	98.87	(1.2)	39.83	(1.4)	54.25	(1.3)	72.83	(1.1)
	1yr	148.67	(1.7)	58.82	(2.1)	80.67	(1.9)	110.04	(1.7)
	2yr	195.36	(2.3)	72.99	(2.6)	102.57	(2.4)	146.73	(2.2)
	>2yr	1712.99	(20.1)	478.94	(16.9)	784.58	(18.6)	1354.62	(20.6)
	Dead	68.16	(0.8)	21.87	(0.8)	33.15	(0.8)	52.87	(0.8)
Needle	Current	948.44	(11.1)	357.47	(12.6)	500.40	(11.8)	710.81	(10.8)
	1yr	587.06	(6.9)	218.01	(7.7)	307.21	(7.3)	441.58	(6.7)
	2yr	610.08	(7.1)	211.41	(7.5)	307.94	(7.3)	466.18	(7.1)
	>2yr	435.61	(5.1)	157.25	(5.5)	224.53	(5.3)	329.86	(5.0)
Root		968.79	(11.3)	340.51	(12.0)	492.50	(11.7)	738.03	(11.2)
Total		8540.73	(100.0)	2834.57	(100.0)	4226.47	(100.0)	6573.44	(100.0)

Table 5. Above-and below-ground nutrient content (kg ha^{-1}) of the tree components Korean pine advance growth in study sites.

Components		Site 1			Site 2			Site 3			Site 4		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
		kg ha^{-1}											
Stem		5.53	1.08	4.15	1.75	0.34	1.32	2.68	0.52	2.01	4.30	0.84	3.22
		(10.3)	(15.0)	(13.5)	(9.3)	(13.6)	(12.1)	(9.8)	(14.3)	(12.8)	(10.5)	(15.3)	(13.8)
Branch	Current	0.28	0.03	0.10	0.11	0.01	0.04	0.15	0.02	0.05	0.20	0.02	0.07
		(0.5)	(0.4)	(0.3)	(0.6)	(0.5)	(0.4)	(0.6)	(0.4)	(0.3)	(0.5)	(0.4)	(0.3)
	1yr	0.42	0.04	0.15	0.16	0.02	0.06	0.23	0.02	0.08	0.31	0.03	0.11
		(0.8)	(0.6)	(0.5)	(0.9)	(0.7)	(0.5)	(0.8)	(0.7)	(0.5)	(0.8)	(0.6)	(0.5)
	2yr	0.55	0.06	0.20	0.20	0.02	0.07	0.29	0.03	0.10	0.41	0.04	0.15
		(1.0)	(0.8)	(0.6)	(1.1)	(0.07)	(0.7)	(1.1)	(0.8)	(0.7)	(1.0)	(0.8)	(0.6)
	>2yr	4.80	0.51	1.71	1.34	0.14	0.48	2.20	0.24	0.78	3.79	0.41	1.35
		(8.9)	(7.1)	(5.6)	(7.1)	(5.7)	(4.4)	(8.0)	(6.4)	(5.0)	(9.3)	(7.4)	(5.8)
	Dead	0.19	0.02	0.07	0.06	0.01	0.02	0.09	0.01	0.03	0.15	0.02	0.05
		(0.4)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.3)	(0.2)	(0.4)	(0.3)	(0.2)
Needle	Current	14.04	1.40	7.78	5.29	0.53	2.93	7.41	0.74	4.10	10.52	1.05	5.83
		(26.2)	(19.5)	(25.2)	(28.0)	(21.0)	(26.9)	(27.1)	(20.3)	(26.1)	(25.8)	(19.2)	(24.9)
	1yr	8.69	0.87	4.81	3.23	0.32	1.79	4.55	0.45	2.52	6.54	0.65	3.62
		(16.2)	(12.1)	(15.6)	(17.1)	(12.8)	(16.4)	(16.6)	(12.4)	(16.0)	(16.0)	(11.9)	(15.4)
	2yr	9.03	0.90	5.00	3.13	0.31	1.73	4.56	0.46	2.53	6.90	0.69	3.82
		(16.8)	(12.5)	(16.2)	(16.6)	(12.4)	(15.9)	(16.7)	(12.5)	(16.1)	(16.9)	(12.6)	(16.3)
	>2yr	6.45	0.64	3.57	2.33	0.23	1.29	3.32	0.33	1.84	4.88	0.49	2.70
		(12.0)	(8.9)	(11.6)	(12.3)	(9.2)	(11.8)	(12.2)	(9.1)	(11.7)	(12.0)	(8.9)	(11.5)
Root		3.66	1.64	3.29	1.29	0.58	1.16	1.86	0.83	1.67	2.79	1.25	2.51
		(6.8)	(22.7)	(10.7)	(6.8)	(22.9)	(10.6)	(6.8)	(22.8)	(10.6)	(6.8)	(22.7)	(10.7)
Total		53.62	7.20	30.83	18.90	2.52	10.89	27.33	3.65	15.73	40.79	5.49	23.45
		(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

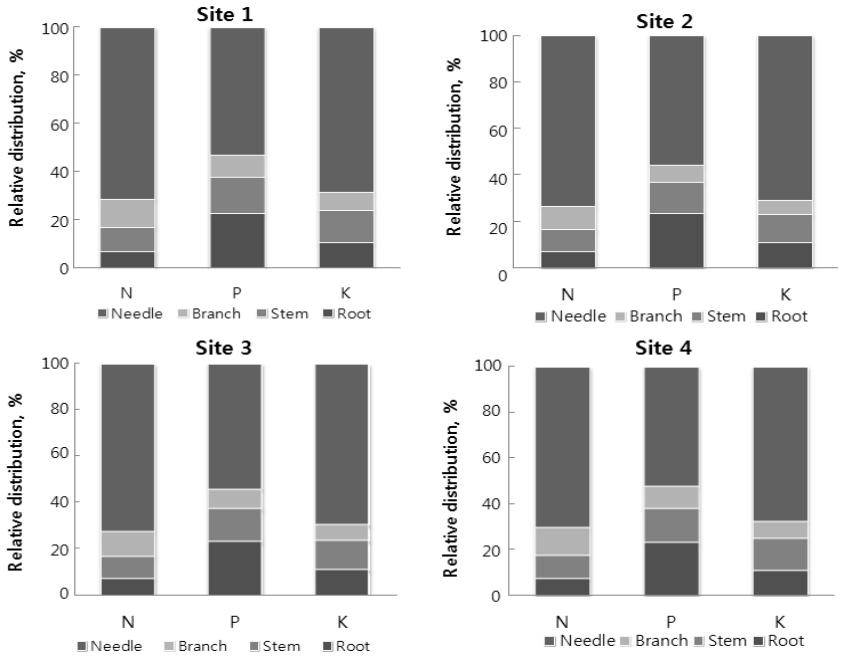

Fig. 2. Relative distribution of above- and below-ground nutrient content in Korean pine advance growth tree components in the study sites.

유한 유령임분의 결과와는 동일하며, 줄기에 가장 많은 장령임분과는 다른 경향을 나타냈다.

이와 같이 본 조사 임분은 임목생육에 불리한 토양조건하에 있으며, 천연 발생한 잣나무는 상층의 참나무림에 의해 낮은 광조건하에서 느린 생육을 하고 있으나 수고생장은 계속되고 있으므로 적절한 수준의 양분 환경조성과 상층임관의 소개 및 잣나무의 밀도 조절 등 적절한 산림관리를 통하여 바람직한 침·활 혼효림으로 유도할 필요가 있다고 사료된다.

요 약

잣나무는 우리나라의 대표적인 조림수종으로서 종자가 비산하지 못하고 조류나 설치류등의 동물에 의해 운반, 산포됨으로써 잣나무 인공조림지 주변 산림의 하층에 잣나무 치수가 천연 발생하게 된다. 조사 임분 내에서는 직경급, 수고급별 분포에서 역 J자형을 나타내는 음수의 잣나무가 상층의 참나무림에 의해 낮은 광환경과 토양의 비옥도가 낮은 조건하에서 생육하고 있다. 조사 임분은 비교적 온도가 높고 건조한 남서사면이지만 상층의 참나무림 임관에 의해 완화되며, 따라서 잣나무 종자의 발아나 치수를 보호하는 미세 입지환경을 제공 할 수 있을 것으로 생각된다. 잣나무 치수의 전체 현존량은 잣나무 인공림에 비해 높았으며 참나무림 하부의 낮은 광 환경에서도 적응하는 것으로 생각된다. 각 기관별 질소와 인의 농도는 인공 잣나무림 및 혼효하는 참나무림의 각 기관별 농도보다 낮았으며 양분량도 현존량에비해 상대적으로 적었다. 이들 양분은 일반적으로 식물의 성장에 필요한 주요 성분이므로 잣나무와 활엽수 혼효림의 시업에 있어서 지조부는 임상에 존치 시키는 것이 유리할 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

Ding, B. 1988. The correlation between seasonal growth of Korean pine and climate factors. Northern Forest silviculture and management. IUFRO Symposium Proceedings. p.Ⅱ: 69-74.

Han, S.K. 2001. Biomass, nutrient distribution and litterfall in unthinned Korean white pine (*Pinus koraiensis*) plantation. Master's Thesis, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.

Hayashida, M. 1989. Seed Dispersal by Red Squirrels and Subsequent Establishment of Korean pine. Forest Ecol. Manag. 28:115-129.

Jeong, J,H., K.S. Koo, C.H. Lee, and C.S. Kim. 2002. Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. Jour. Korean For. Soc. 91:694-700.

Kawada, H. 1989. Forest soil science. Hakubun Publisher. Tokyo. 399pp.

Kwon, T.H. 1982. Studies on biomass productivity of *pinus koraiensis* in different-aged plantations. Master's Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.

Kim, J.S., Y.H. Son, J.H. Lim, and Z.S. Kim. 1996. Aboveground biomass, N and P distribution, and litterfall in *Pinus rigida* and *Larix leptolepis* plantations. Jour. Korean For. Soc. 85:416-425.

Lee, C.Y. 2000. Forest Soil Environmentology. 2nd ed. p. 65-66. Bosung Culture Publisher, Seoul.

Lee, K.Y. 1977. The variation of *Pinus koraiensis Sieb. et Zucc.* in Mt. Jiri. Jour. Korean For. Soc. 34:1-14.

Lee, W.S. 2002. Abundance and growth of naturally regenerated Pinus Koraiensis wildlings in four different forest types. Ph. D. Thesis, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.

Lim, J.H. 1990. Studies on the ecological characteristics of natural stands in *Pinus koraiensis*. Korea University, Seoul, Korea.

Li, J., H. Zhan, and C. Liu. 1988. Regeneration and Management of the Korean Pine Forest in the Lesser Xingan Mountains of Northeast China. Northern Forest Silviculture and management. IUFRO Symposium Proceedings. pp.Ⅲ :1-5.

NIAST. 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

Song, C.Y. and S.W. Lee. 1996. Biomass and net primary productivity in natural forests of *Quercus mongolica* and *Quercus variabilis*. Jour. Korean For. Soc. 85:443-452.

Whittaker, R.H. and P.L. Marks. 1975. Methods of assesing terrestrial productivity. p 55-118 in H. Lieth and R.H. Whittaker, ed. Primary productibity of the biosphere. Springer-Verlag, NY.

Yang, H. and Y. Wu. 1986. Tree composition, age structure and regeneration strategy of the mixed broad-leaved Korean pine (*pinus koraiensis*) forest in Changbai Mountain Reserve. The temperate forest Ecosystem. Institute of Terrestrial Ecology.

Yi, M.J. 1998. Changes in aboveground biomass and nutrient accumulation of the Korean-pine (*Pinus koraiensis*) plantation by stand Age at Kangwondo province. Jour. Korean For. Soc. 87:276-285.