

森林의 生産構造와 生産力에 대한 研究\*  
Ⅲ. 리기다소나무와 리기테다소나무의 比較

金 俊 鎭

(서울대학교 自然科學大學 植物學科)

Studies on the Productivity and the Productive Structure of the Forests  
III. Comparison between the Productivity of *Pinus rigida* and of *Pinus rigitaeda* Plantation

Kim, Joon Ho

(Department of Botany, College of Natural Sciences, Seoul National University, Seoul)

ABSTRACT

A comparison between the productivity of *Pinus rigida* which is native in the Eastern United States, and *P. rigitaeda* which is F<sub>1</sub> hybrid between *P. rigida* and *P. taeda*, has been established. For each tree the diameter at breast height (D) and the height of tree (H) were measured in three years. The standard sample trees were felled down and then weighed each organ. From obtained data the allometric relation between  $D^2H$  and dry weight of the trunk ( $Ws$ ), the branches ( $Wb$ ) and the leaves ( $Wl$ ) of *P. rigida* were approximated by

$$Ws=0.0592 (D^2H)^{0.837}$$

$$Wb=0.0065 (D^2H)^{0.999}$$

$$Wl=0.0447 (D^2H)^{0.690}$$

and those of *P. rigitaeda* were approximated by

$$Ws=0.0522 (D^2H)^{0.843}$$

$$Wb=0.0037 (D^2H)^{1.117}$$

$$Wl=0.0207 (D^2H)^{0.856}$$

From the above, the standing crops of above ground of *P. rigida* were estimated to be as much as 16.93-34.35 ton dry matter per ha. and those of *P. rigitaeda* were 20.45-45.55 ton per ha. Annual net production was appraised at 8.07-9.35 ton/ha·yr in *P. rigida* and at 11.59-13.41 ton/ha·yr in *P. rigitaeda* (1.0 : 1.4). It is assumed that high productivity of *P. rigitaeda* stand compared with *P. rigida* was resulted from an increase of the leaf amount with age. Photosynthetic ability under the saturated light of the current and the old leaves of *P. rigida* were respectively 2.62 and 0.06 mg CO<sub>2</sub>/g. d. wt. ·hr and those of *P. rigitaeda* were 1.17 and 0.96 mg CO<sub>2</sub>/g.d. wt. ·hr. Respiration of the current and the old leaves at 25°C were 1.00 and 0.90 mg CO<sub>2</sub>/g. d. wt. ·hr. in *P. rigida* and 0.90 and 0.45 mg CO<sub>2</sub>/g. d. wt. ·hr in *P. rigitaeda*. It is assumed that photosynthetic longevity of *P. rigitaeda* leaves was vigorously maintained longer than that of *P. rigida*.

\*이 研究는 産學協同財團에서 支給된 研究費에 의하여 이루어졌음을 감사드립니다.

緒 論

리기다소나무(*Pinus rigida*)는 원래 미국 東部の 척박한 砂地에 자라는 나무이었는데 20세기 초에 韓國에 導入된 이래 이제는 넓은 面積에 造林하고 있다. 이 나무는 在來種 소나무(*P. densiflora*)에 비하여 왕성하게 자랄 뿐 아니라 耐蟲性이 강한 특징이 있다(Hyun and Ahn, 1959). 그런데 前報(金, 1971)에서 실제로 12~14년생 리기다소나무의 生産力을 測定하였던 바 年純生産量이 5 ton/ha·hr로서 다른 樹種에 비하여 기대한 것보다 낮음을 알았다. 한편 리기테다소나무(*x P. rigitaeda*)는 리기다소나무와 테다소나무(*P. taeda*)와의 F<sub>1</sub>雜種인데 그 種子가 韓國에 導入되었고 또 1954년 이래 韓國에서 體系的으로 交配·育苗하게 되었다. 이 나무는 生長速度가 빠르고 耐寒性이 강하다(Hyun and Ahn, 1959).

이 論文에서는 리기다소나무와 리기테다소나무의 同令林에서 相對生長法(Hozumi, 1963; Kan et al, 1965; Kira and Shidei, 1967; Nomoto, 1964; Shidei, 1960; Tadaki, 1965; Tadaki et al., 1967, 1970; 金, 1969, 1970)을 적용하여 現存量과 生産力을 비교하고, 生産力 差가 생기는 原因을 光合成, 呼吸 및 生産構造를 밝히므로서 物質生産의 立場에서 해석하였다.

調 査 地

이 研究는 忠南林業試驗場(忠南大德郡儒城面所在)내의 리기다소나무(*Pinus rigida*)와 리기테다소나무(*x P. rigitaeda*) 造林地의 林木을 이용하여 이루어졌다. 平坦한 林地에 2×2m 간격으로 兩樹種을 4列씩 교대로 配列하여 심었고 林木密度는 2500本/ha이었다. 植樹한 후 每木調査를 6년부터 8년까지 3개년간 반복하였다. 調査終了年度에는 樹冠이 큰 리기테다소나무나 그것이 작은 리기다소나무는 隣接한 나무거리 서로 接하고 있었다. 林床에는 새(*Arundinera hiruta*)가 自生할 뿐이었고, 落葉은 주변의 농가에서 끊어 갔으므로 봄에 개화한 雄花만 林床에 남아 있을 정도로 有機物의 堆積은 적었다.

調 査 方 法

前報(金, 1971)의 方法에 따라 3년간 永久方形區 內의 固有林木에 대하여 每木調査를 가을에 실시한 후 秋중년의 10월 중순에 徑級이 고루 分散되도록 標準木을 골라서 伐木하여 幹, 枝, 葉을 分離하고 이들의 乾燥量을 얻었다. 이들의 材料를 기초로 하여 相對生長法에 따라 現存量을 算出하고, 1年間의 増分을 生産力으로 간주하였다.

光合成材料는 樹高의 1/2보다 윗쪽에 붙은 健全한 잎

을 따서 同化箱에 서로 잎이 겹치지 않도록 배열하여 infrared gas analyzer (Horiba ASTA No.2)로 CO<sub>2</sub>의 減量을 測定하였다. 여기에 발표하는 光合成과 呼吸은 7월에 측정 한 결과이다.

生産構造는 Monsi und Saeki (1953)에 따라 伐木한 標準木 中에서 胸高直徑과 樹高가 平均値에 가까운 나무를 골라서 地面으로부터 0, 0.3, 1.3, 2.3...의 層으로 切斷하고 各層을 光合成部와 非光合成部로 區分한 후 乾燥量으로 換算하여 生産構造圖를 作成하였다.

結 果

1. 光合成과 呼吸

光—光合成曲線은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 飽和光에서 리기다소나무의 當年生葉은 光合成이 2.62 mgCO<sub>2</sub>/g. d. wt. ·hr인데 비하여 前年生葉은 0.06 mgCO<sub>2</sub>로서 거의 光合成이 일어나지 않았다. 그러나 리기테다소나무의 當年生 또는 前年生葉의 光合成은 각각 1.17 mgCO<sub>2</sub>/g. d. wt. ·hr 또는 0.96 mgCO<sub>2</sub>로 양자가 비슷하였다. 當年生

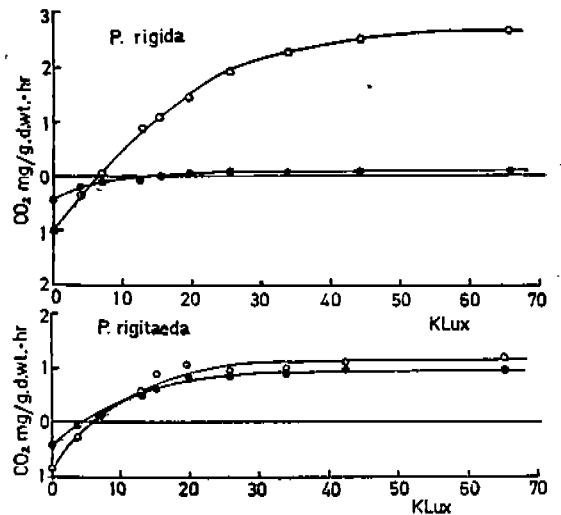


Fig. 1. Light-photosynthetic curves of *P. rigida* and *P. rigitaeda* with relation to leaf age. Solid circles are 2 year-old leaves and open ones current leaves.

葉의 光合成은 리기다소나무가 리기테다소나무보다 2배나 높았지만 그대신 전자의 잎의 光合成壽命은 짧은 것으로 생각되었다. 한편 當年生과 前年生의 葉量比는 리기다소 나무에서 3 : 2이었고, 리기테다소나무에서 1 : 1이었다.

呼吸量은 리기다소나무의 當年生葉에서 1.0 mgCO<sub>2</sub>/g. d. wt. ·hr, 前年生葉에서 0.90 mgCO<sub>2</sub>이었고, 리기테다소

나무의 당년생엽에서 0.9 mgCO<sub>2</sub>, 전년생엽에서 0.45 mg CO<sub>2</sub>를 보였다. 이것으로 보아 리기다소나무의 잎 중에서 2/3는 光合成을 하지 않고 왕성한 呼吸을 하여 物質을 消費하는 것을 알 수 있다. 그러나 리기다소나무의 모든 잎은 호흡량이 적어서 물질의 소비가 적은 것으로 해석된다.

가지의 吸量呼은 리기다소나무의 경우 1.13—1.23 mg CO<sub>2</sub>/g.wt.·hr인데 비하여 리기타다소나무에서는 0.73—0.83 mgCO<sub>2</sub>로서 후자가 65~74%나 낮았다(Table 1).

2. 生産構造

두 樹種의 標準木 중에서 胸高直徑과 樹高가 平均値에 近似한 나무를 골라서 1m 간격으로 切斷하여 Monsi und Saeki (1953)의 방법에 따라 生産構造圖를 作圖한 것

Table 1. Photosynthesis and respiration of leaves and branches of *P. rigida* and *P. rigitaeda*

Organ	Age	Respiration mg CO <sub>2</sub> /g.d. wt.·hr	Photosynthesis mg CO <sub>2</sub> /g.d. wt.·hr
<i>P. rigida</i>			
Leaves	current	1.00	2.62
	2-years	0.90	0.06
Branches	current	1.23	—
	2-years	1.13	—
<i>P. rigitaeda</i>			
Leaves	current	0.90	1.17
	2-years	0.45	0.96
Branches	current	0.83	—
	2-years	0.73	—

이 Fig. 2이다. 이 林木은 苗木을 심은 후 한 번도 가지치기를 하지 않은 것이다. Fig.2에서 보던 리기다소나무의 光合成部는 頂端에서 地上 1.3m 높이까지 점점 증가되어서 마치 狹葉植物의 生産構造와 닮아 있었고, 리기타다소나무는 樹高의 1/2 높이(지장 2.3~4.3m)에 最大光合成部가 集中되어 있고 그 밑에는 잎이 적어서 廣葉植物과 같은 生産構造를 보였다. 그런데 觀察한 바에 따르면 리기타다소나무의 가지는 開張性이며 葉序도 營성하게 붙어 있어서 林床의 相對照度는 8~10%에 이르렀다. 이것은 葉面이 적으며 狹葉植物과 닮은 生産構造를 갖은 리기다소나무와 同一하게 光線의 透入이 일어난 것이다.

3. 現存量

標準地 내에서 測定한 胸高直徑의 年齡경과에 따른 生長을 Table 2에 표시한다. 리기다소나무의 胸高直徑은 1.1~1.2 cm/년의, 리기타다소나무의 그것은 1.1~1.4 cm/년의 生長速度를 보였다. 前報(金, 1971)에서 12~14년 생 리기다소나무의 胸고직徑이 0.3~0.4cm/년인데 비하면 여기에서 재료를 사용한 나무의 生長은 훨씬 빨랐다.

伐木한 각 標準木에서 얻은 胸高直徑(D), 樹高(H), 幹重(Ws), 枝重(Wb) 및 葉重(Wl)을 이용하여 D<sup>2</sup>H를 算出하고 이것을 變數로 하여 Ws, Wb 및 Wl의 값을 兩對數方眼地에 묘사하면 Fig. 3, 4 및 5와 같이 된다. D<sup>2</sup>H~Ws, ~Wb 및 ~Wl 關係는 두 樹種에서 直線性이 비교적 좋았다. 위의 結果를 사용하여 相對生長式을 誘導한 結果 리기다소나무에서는

$$Ws = 0.592(D^2H)^{0.837} \quad (1)$$

$$Wb = 0.0065(D^2H)^{0.983} \quad (2)$$

$$Wl = 0.0447(D^2H)^{0.690} \quad (3)$$

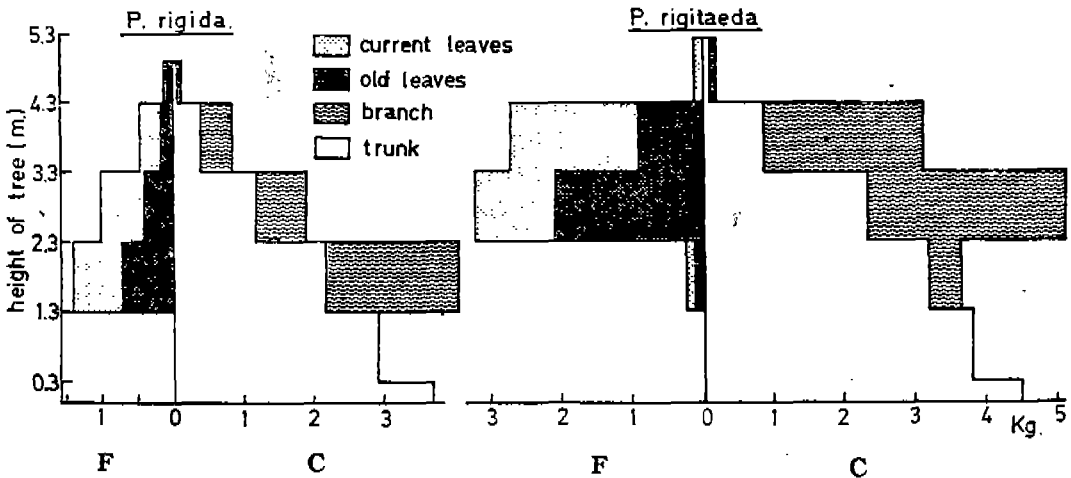


Fig.2. Productive structures of the representative single tree in *P. rigida* and *P. rigitaeda* plantations. F indicated photosynthetic system and C non-photosynthetic one.

Table 2. Annual changes in DBH (cm) of *P. rigida* and *P. rigitaeda* in sample area

Plant number	<i>P. rigida</i>			<i>P. rigitaeda</i>		
	6 years	7 years	8 years	6 years	7 years	8 years
1	6.5	8.4	9.2	6.4	8.0	8.9
2	4.8	6.4	7.3	7.2	8.3	9.1
3	6.7	8.3	9.2	8.2	9.4	10.8
4	3.8	5.3	6.5	7.5	8.9	11.2
5	2.9	3.8	4.5	9.1	10.6	11.9
6	5.7	6.8	7.8	6.7	8.5	10.2
7	5.6	6.2	6.7	4.9	6.1	7.1
8	9.6	10.8	11.1	6.2	7.2	8.2
9	7.0	8.1	9.2	4.8	6.1	7.3
10	5.3	5.5	6.7	6.5	7.7	8.6
11	5.9	7.3	8.5	5.7	6.8	7.6
12	4.8	5.6	6.5	1.9	2.5	—
13	6.4	7.7	8.9	8.6	9.9	11.0
14	5.0	5.8	6.3	7.3	9.0	10.4
15	7.2	8.6	11.0	3.7	3.9	—
16	7.2	8.0	8.8	9.2	10.7	12.0
17	3.1	4.5	5.6	4.0	4.7	—
18	5.3	6.8	8.1	6.2	7.8	8.5
19	7.2	8.4	9.2	6.1	7.3	8.3
20	7.5	9.6	11.3	8.6	9.7	10.8
21	7.3	8.6	9.9	—	—	—
22	6.8	7.6	8.8	5.7	7.0	7.8
23	5.9	7.2	7.8	8.4	10.0	11.3
24	7.6	9.0	10.5	11.1	12.5	13.6
25	4.1	5.4	6.4	3.5	4.8	5.3
26	6.5	8.0	9.4	8.8	10.4	11.7
27	7.3	8.8	10.0	7.6	9.4	10.8
28	6.7	8.1	9.5	8.1	9.8	11.0
29	10.0	11.2	12.5	6.7	8.5	10.2
30	7.3	8.6	9.9	6.5	7.8	8.8
31	7.2	8.3	10.1	7.6	9.1	10.7
32	—	—	—	10.4	11.0	11.8
mean	6.3	7.5	8.6	7.3	8.4	9.8

리기다테다소나무에서는

$$Ws = 0.0522(D^2H)^{0.843} \quad (4)$$

$$Wb = 0.0037(D^2H)^{1.117} \quad (5)$$

$$WI = 0.0207(C^2H)^{0.855} \quad (6)$$

를 얻었다.

標準地所 내의 林木의 現存量은 單木에서 얻은  $D^2H$ 를 해당하는 相對生長式에 代入하여  $Ws$ ,  $Wb$  및  $WI$ 를 計算한 후 표준지소 내의 全林木의  $Ws$ ,  $Wb$  및  $WI$ 를 合計

하고 다음 林木密度를 감안하여 ha당의 現存量으로 換算하였다. 그리고 地上部의 現存量( $Wi$ )은  $Wi = Ws + Wb + WI$ 로 구하였다. 이들의 結果를 Table 3에 종합한다. 여기에서 리기다소나무의  $Ws$ 의 現存量은 10.6~21.6 ton/ha로서 年27~48%의,  $Wb$ 는 31~51%의,  $WI$ 는 23~28%의 增加率을 보였는데, 리기다테다소나무의  $Ws$ 는 12.3~22.8 ton/ha로서 24~29%의,  $Wb$ 는 29~37%의,  $WI$ 는 40~51%의 增加率을 나타냈다. 이것으로 보아  $Ws$ 와  $Wb$

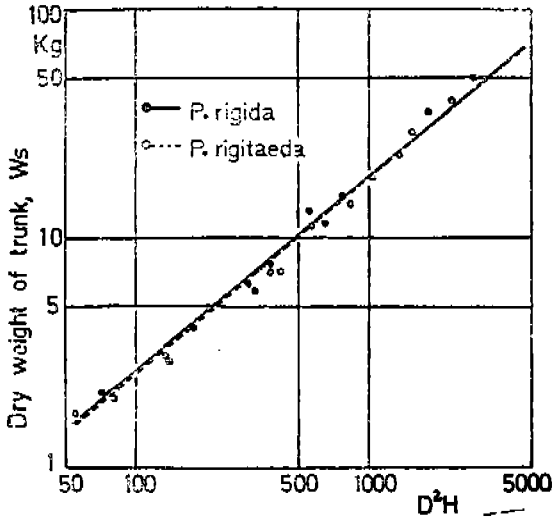


Fig. 3. Allometric relation between trunk weight ( $W_s$ ) and  $D^2H$  per tree. These relations are approximated by Eq. (1) in *P. rigida* and by Eq. (4) in *P. rigitaeda*.

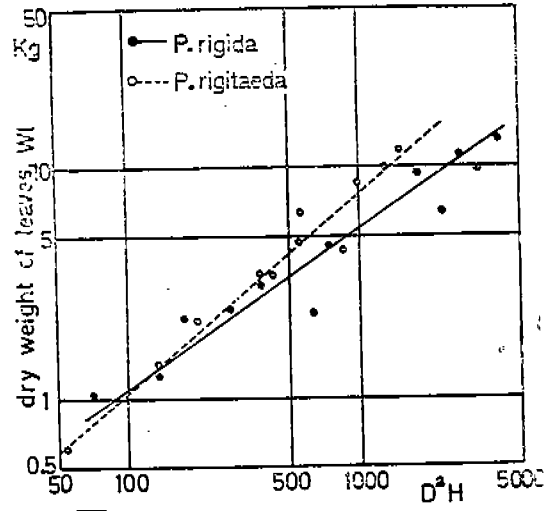


Fig. 5. Allometric relation between leaf weight ( $W_l$ ) and  $D^2H$  per tree. These relations are approximated by Eq. (3) in *P. rigida* and by Eq. (6) in *P. rigitaeda*.

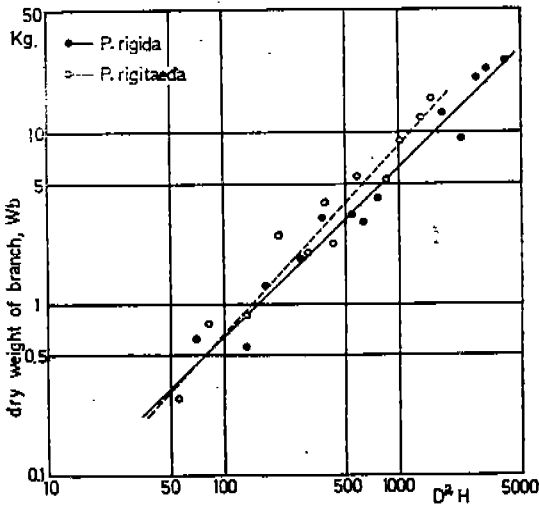


Fig. 4. Allometric relation between branch weight ( $W_b$ ) and  $D^2H$  per tree. These relations are approximated by Eq. (2) in *P. rigida* and by Eq. (5) in *P. rigitaeda*.

의 증가율은 리기다소나무에서,  $W_l$ 의 그것은 리기타다소나무에서 큰 것을 알 수 있다. 이 實驗에서 얻은 地上部現存量은 리기다소나무에서는 16.93—34.35ton/ha, 리기타다소나무에서는 20.45—45.55ton/ha를 얻었다. 이 結果는 前報(金, 1971 및 1972)의 2150本/ha의 密度를 가진 12~14년생 리기다소나무의 地上部現存量인 76.74—

88.18 ton/ha 보다는 적고 938 本/ha의 밀도를 가진 天然林 소나무의 지상부 현존량인 26.17—38.83 ton/ha와는 近似하였다.

소나무類의 現存量은 立地와 年齡에 따라 달라서 砂丘에 造林한 *P. nigra*는 68ton/ha(Wright and Will, 1958)만치 적은 경우도 있었지만 같은 種을 適地에 심었을 경우는 165 ton/ha(Ovington, 1957)이었고, *P. sylvestris*는 92—158 ton/ha(Ovington, 1957, 1965; Ovington and Madgwick, 1959; Westlake, 1963)이었고, *P. radiata*는 166—304 ton/ha(Will, 1964) 등 現存量에는 실한 變化를 볼 수 있다, 이에 비하여 여기서 얻은 結果는 木樹種이 幼齡林이었으므로 적은 값을 보였을 것이다.

4. 地上部の 生産力

年純生産力은 各器官별 現存量의 1年間 增加量으로 표시하였다. Table 3에 地上部の 年純生産力을 종합하여 표시한다. 리기다소나무의 지상부 순생산력은 8.07—9.35 t/ha·yr이며, 리기타다소나무의 그것은 11.59—13.41 t/ha·yr로서 후자가 전자보다 30%나 생산력이 높았다. 리기다소나무와 리기타다소나무의 각 器官에 대하여 生産力을 비교하여 보면,  $W_s$ 는 양자 사이에 차이가 없었고,  $W_b$ 는 후자가 약 1.5배,  $W_l$ 는 후자가 약 3배나 높았다. 前報(金, 1971, 1972)의 12~14년생 리기다소나무의 生産力은 5.0—5.5 ton/ha·yr로서 여기에서 얻은 6~8년생보다 적었고, 소나무의 天然林은 12.7 ton/ha·yr로서 여기에서 얻은 結果와 거의 같았다.

Table 3. The standing crops and the productivities of *P. rigida* and *P. rigitaeda*

	Age (year)	Trunk (Ws)	Branches (Wb)	Leaves (Wl)	Terrestrial (Wt)
<i>P. rigida</i> ,					
Standing crops (ton/ha)	6 (t <sub>6</sub> )	10.60	2.65	3.68	16.93
	7 (t <sub>7</sub> )	15.70	4.19	5.11	25.00
	8 (t <sub>8</sub> )	21.60	6.10	6.65	34.35
Productivity (ton/ha·yr)	(t <sub>7</sub> -t <sub>6</sub> )	5.10	1.54	1.43	8.07
	(t <sub>8</sub> -t <sub>7</sub> )	5.90	1.91	1.54	9.35
<i>P. rigitaeda</i>					
Standing crop (ton/ha)	6 (t <sub>6</sub> )	12.30	4.19	3.96	20.45
	7 (t <sub>7</sub> )	17.40	6.61	8.13	32.14
	8 (t <sub>8</sub> )	22.80	9.35	13.40	45.55
Productivity (ton/ha·yr)	(t <sub>7</sub> -t <sub>6</sub> )	5.10	2.32	4.17	11.59
	(t <sub>8</sub> -t <sub>7</sub> )	5.40	2.74	5.27	13.41

論 議

앞에서 얻은 결과는 리기다소나무보다 리기테다소나무의 現存量이 17~25% 많았고 生産力은 30%나 높았음을 보여 주었다. 그 原因을 살펴보면, 葉量에서 리기테다소나무는 리기다소나무보다 3배나 많았기 때문에 光合成에 의하여 많은 物質生産을 하였던 것으로 믿어진다. 이처럼 리기테다소나무는 많은 잎을 지니고 있고 또 生産構造가 廣葉型인데도 가지가 開張성이며 葉序가 엉성하게 配列되어 있으므로 葉量이 적은 리기다소나무만 치 下部의 葉도 비교적 많은 광선을 받을 수 있었다. 光合成能力을 보면 리기다소나무의 當年生葉의 光合成은 높았지만 前年生葉은 7월에 이미 그 能力이 소실되었다. 그러나 리기테다소나무의 前年生葉은 當年生葉과 비슷한 光合成能力을 유지하였으므로 많은 物質을 生産하는데 이바지하였을 것으로 보인다. 한편 리기다소나무의 呼吸은 光合成能力이 없는 前年生葉을 포함해서 가지나 잎에서 상당히 높이 유지되었지만 리기테다소나무의 呼吸은 낮게 유지되었으므로 物質의 消費가 적어서 生産力을 높이는데 이바지하였으리라 생각된다.

結論적으로 리기다소나무보다 리기테다소나무의 生産力이 높은 原因은 잎의 光合成壽命의 延長, 葉·枝의 呼吸의 低下, 葉量의 增大 및 不利한 生産構造에도 불구하고 가지의 開張性으로 인한 效果的인 光線의 透入 등을 구비하고 있는데서 찾아볼 수 있었다.

摘 要

1. 리기다소나무와 리기테다소나무의 6~8년생 造林地의 林木에 대하여 現存量 및 生産力을 比較하고 그 差

가 생기는 原因을 光合成, 呼吸 및 生産構造의 立場에서 檢討하였다.

2. 光合成能力은 리기다소나무의 當年生葉과 前年生葉에서 각각 2.62 및 0.06 mgCO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr이었고, 리기테다소나무의 그것은 각각 1.17 및 0.96 mgCO<sub>2</sub>/g.d.wt·hr로서 전자의 前年生葉의 光合成壽命이 짧았다.

3. 呼吸量은 리기테다소나무가 리기다소나무보다 적었고, 특히 후자의 前年生葉은 光合成能力이 없었음에도 호흡량이 많았다.

4. 生産構造는 리기테다소나무가 廣葉植物型을 보였지만 그 樹冠은 開張성이어서 樹冠 밑까지 많은 光線이 透入되었다.

5. 地上部의 現存量은 리기테다소나무가 리기다소나무보다 20~30% 많았고, 특히 葉量이 40~50%나 많았다.

6. 地上部의 年純生産力은 리기테다소나무가 리기다소나무보다 30% 높았고, 특히 잎의 生産力은 전자가 후자보다 3배나 높았다.

參 考 文 獻

Hebb, E. A. and R.M. Burns. 1975. Slash pine productivity and site preparation on Florida Sandhill sites. *USDA Forest Serv. Res. Paper*, SE 135 : p. 8.  
 Hozumi, K. 1963. Allometry in higher plants with special reference to the relations concerned with DBH. *Seicho* 2 : 1-18.  
 Hyun, S. K. and K. Y. Ahn. 1959. Principal characteristics of *Pinus rigitaeda*. *Research Rep. Inst. Forest Genetics* 1 : 35-50.  
 Kan, M., H. Saito, and T. Shidei. 1965. Studies of the Productivity of evergreen broad leaved forests. *Bull. Kyoto Univ. Forests*. 37 : 55-75.

- 金俊鎬, 1969. 忠南地方의 主要 松나무 品種의 生産力 比較 研究 I. 相對 生長法에 의한 松나무 品種間의 生産力 推定에 대한 研究. 公州師大, 과학교육연구, 2: 1—10.
- \_\_\_\_\_. 1970. 陸上 植物의 生産力 推定을 위한 相對 生長法의 利用에 대하여, 식·회·지, 13: 47—55.
- \_\_\_\_\_. 1971. 森林의 生産構造와 生産力에 대한 研究 I. 리기다소나무 造林地에 대하여. *Ibid.* 14: 155—162.
- \_\_\_\_\_. 1972. Ditto. II. 春川地方의 소나무림과 신갈나무림의 比較. *Ibid.* 15: 71—78.
- Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. *Jap. Jour. Ecol.* 17: 70—87.
- Monsi, M. and T. Saeki. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. Jour. Bot.* 14: 22—52.
- Nomoto, N. 1964. Primary productivity of beech forest in Japan. *Ibid.* 18: 385—421.
- Ovington, J. D. 1957. Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. *Ann. Bot. N. S.* 21: 287—314.
- \_\_\_\_\_, and H.A.I. Madgwick. 1959. Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of Scots pine. *For. Sci.* 5: 344—355.
- \_\_\_\_\_. 1965. Organic production, turnover and mineral cycling in woodlands. *Biol. Rev.* 40: 295—336.
- Shidei, T. (ed) 1960. Studies on the productivity of the forest I. Essential needle-leaved forests of Hokkaido. Kokusaku plup Ind. Co. p. 100, Tokyo.
- Tadaki, Y. 1965. Studies on production structure of forest VII. The primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. *Jap. Jour. Ecol.* 15: 142—147.
- \_\_\_\_\_, N. Ogata, and Y. Nagatomo. 1967. Ditto. XI. Primary productivities of 28-year old plantations of *Cryptomeria* of cuttings and of seedlings origin. *Bull. Goont. For. Exp. Sta.* 199: 47—65.
- \_\_\_\_\_, K. Hatiya, K. Tochiki, H. Hiyouchi, and U. Matsuda. 1970. Primary productivity of *Abies veitchii* forest in the subalpine zone of Mt. Fuji. *Ibid.* 229: 1—22.
- Westlake, D. F. 1963. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.* 38: 385—425.
- Will, G. M. 1964. Dry matter production and nutrient uptake by *Pinus radiata* in New Zealand. *Commonwealth For. Rev.* 43: 57—70.
- Wright, T. W. and G. W. Will. 1958. The nutrient content of Scots and Corsican pines growing on sand dunes. *Forestry* 31: 13—25.

(1976. 9. 9. 접수)