

리기다 소나무(*Pinus rigida* Mill) 二次林의 毬果 및 種子 生産量 推定

洪善基 · 方在旭* · 林暎得**

廣島大學 綜合科學部 生物圈科學研究科

忠南大學校 生物學科*

仁川教育大學 科學教育科**

Ecological Studies on the Estimation of Cone and Seed Production of Secondary Pitch Pine Forest

Hong, Sun-Kee, Jae-Uk Bang* and Young-Deuk Rim**

Department of Environmental Studies, Hiroshima University.

Department of Biology, Chungnam Nat'l University.*

*Department of Sci. Edu., Incheon Teacher's College***

ABSTRACT

The cone and seed production of pitch pine were investigated at two areas(Songtan and Yangdong) located in Kyounggi province. By means of formulas derived from both the regression analysis between the number of seeds and cone length, and between $D^2 \cdot H$ and number of cones, cone and seed production were estimated.

The correlation coefficient value between the number of seeds and cone length was high($r=0.6134$).

The cone and seed production of pitch pine has a high relationship to the variables- DBH, tree age, and height of tree.

The cone production of pitch pine forest estimated by the formula

$$\text{Log}(O+S+Y+C)=0.581 \text{Log}(D^2 \cdot H) - 1.317$$

was 965,832 /ha in 1985~1986, 850,852 /ha in 1986~1987 at Songtan, and 462,794 /ha in 1985~1986, 916,965 /ha in 1986~1987 at Yangdong.

緒 論

리기다소나무는 자생력과 갱신력이 다른 소나무보다 우세하며 솔잎혹파리와 같은 충해에 강할 뿐 아니라 건조지와 습지에서도 잘 견디기 때문에 砂防造林의 중요한 樹種으로 이용되어 왔

다. 따라서 리기다소나무는 소나무 및 잣나무를 비롯한 타 구과식물과 더불어 山林綠化 및 二次林의 景觀構造 유지에 중요한 역할을 담당하고 있다.

個體群 動態過程 및 更新을 연구하기 위해서는 대상식물의 생장과정을 단계별로 분석함이 필요하다. 毬果生産 및 種子生産量의 推定, 자연조건하에서 종자생산의 효율성 조사, 芽生과 幼樹를 거쳐 成體로 되는 생활사에 미치는 多様な 환경요인의 조사 등이 그것이다.

따라서 毬果生産 및 種子生産量의 推定은 개체군 동태 및 갱신을 이해하는데 가장 기본적인 다. 소나무속의 종자 생산과 갱신에 관해서는 구과식물의 분포가 다양한 北美과 北유럽에서 많이 연구되었으며(Brender, 1958; Grime and Jeffrey, 1965; Hatcher, 1966; MacAthur, 1966; Ying *et al.*, 1985), 일본에서는 Inoue(1958), Rim and Shidei(1973,1974)가 *Pinus densiflora*와 *P. thunbergii*의 種子生産과 갱신 과정을 각각 연구한 바 있으며 최근 鈴木(1979,1981) 및 山本와 堤(1979,1985b)등에 의하여 다양한 조사지별로 소나무屬에 대한 갱신 연구가 진행되어 오고 있다.

구과 생산과 종자 생산에 미치는 여러 가지 요인들에 관한 보고도 많은데 Baker(1959), Daniel *et al.*(1979)는 싹이 分化하여 種子가 형성될 때까지 영향을 미치는 要因들을 調査하였고, Downs *et al.*(1944)와 橋詰(1986) 및 Matthews(1963)은 구과 및 종자 생산은 수목의 흉고 직경과 樹冠 면적에 의하여 영향을 받는다고 하였으며, Iketake와 Okitsu(1988)는 참나무屬 임분의 종자 생산량을 조사한 결과 흉고 직경의 차와 밀접한 관계가 있음을 보고하였다. Okitsu와 Mizoguchi(1990)는 *Pinus pumila*의 毬果生産은 幹의 크기 및 根元 直徑과 年枝 伸張 生産量과 關係가 있다고 보고한 바 있다.

Rim and Shidei(1973), Kira and Shidei(1977)는 일본의 *Pinus densiflora*와 *P. thunbergii*의 구과 생산은 樹木의 흉고 직경 면적 및 樹高와 밀접한 관계가 있음을 밝혀내고, 상대성 장식에 의해 구과 생산량 및 임분 생산량을 추정 보고한 바 있다. Chang and Yoshida(1973)는 흉고 면적에 의한 상대 성장 이론을 도입한 현존량 추정식을 이용하여 임목의 最高生産力期와 최적별채기를 도출한 바 있다. 따라서 수목의 흉고 면적은 생산량 추정에 유용한 변수로써 이용되고 있다.

본 연구는 소나무의 갱신과정이 二次林의 景觀構造 형성에 미치는 영향을 밝히기 위한 기본 자료로써 인위적 교란이 강한 리기다소나무 二次林의 구과 생산 및 종자 생산량을 추정하고자 한다.

材料 및 方法

조사지 수목조사 및 樹木別 구과 계산

1986年 5月 경기도 일대 2개 지소를 선정하여 인근 주민의 협조로 2차림내 리기다소나무 조림지를 선정(Fig. 1)하여 조사구별로 10×10 m²의 방형구를 두 개씩 설치하여 樹木別 每木調査를

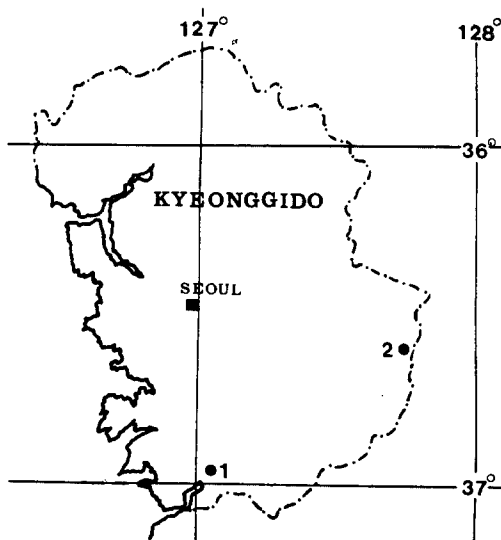


Fig. 1. A map of investigated areas map
1: Songtan, 2: Yangdong

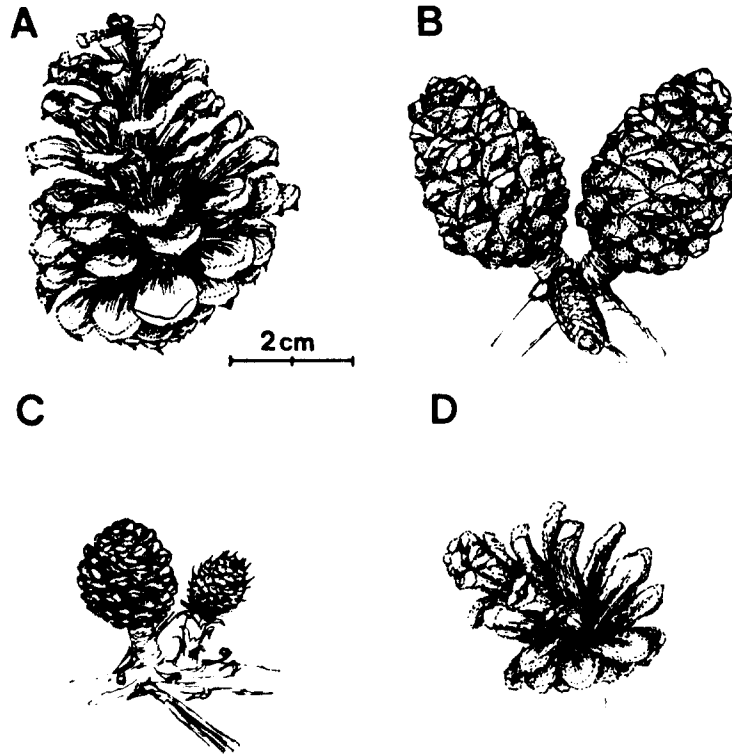


Fig. 2. A figures of cones of *Pinus rigida*.

A:old cone, B:young cone, C:conelet, D:serotinous cone

하였다.

방형구내의 리기다소나무들의 毬果를 old cone, serotinous cone, young cone, conelet로 각각 구분(Fig. 2)하여 계산하였다. Old cone은 1985年 以前까지 생산된 구과로써 리기다소나무의 특징인 樹脂의 영향으로 계속 가지에 붙어있는 구과이다. Serotinous cone은 樹脂의 영향으로 완전히 개과되지 않거나 일부만이 開果되는 구과이다. Young cone은 當年 종자생산이 가능한 구과로써 암록색을 띠고 있다. Conelet는 來年에 종자 생산이 가능한 구과로써 대개 小枝의 끝부위에 존재하며 암록색을 띠고 있는 구과이다.

計算한 資料를 토대로 수목간, 수목내의 毬果生産에 미치는 요인을 알아보기 위하여 樹木의 成長에 關聯된 4개의 변수와 毬果數 사이의 회귀분석을 하여 지소별로 비교하였다. 또한 종자생산능력이 있는 old cone, young cone, serotinous cone, conelet를 합하여 total cone으로 定하고 毬果生産量의 推定은 회귀분석에 의한 相對成長關係式을 利用하였다.

본 연구에 필요한 자료는 통계분석용 소프트웨어 StatView SE+graphics(ver. 1.03, 1989)와 SYSTAT 5(ver. 5.1, 1990)을 이용하여 Macintosh II si computer(Apple社)로 분석하였다.

毬果의 分析

毬果에서 생산할 수 있는 種子의 수를 산출하기 위해서 임분 수령에 관계없이 300개의 young cone을 採取하여 毬果分析을 實施하였다.

毬果를 항온기에 넣고 40℃에서 48時間 동안 완전히 건조시킨 다음 開果된 150개의 毬果를 선택하여 種子의 수와 毬果의 무게, 長直徑, 길이 및 鱗片의 數를 측정하고 이들의 상관관계를 비교하였다. 長直徑과 길이의 測定은 캘리퍼스를 利用하였으며, 鱗片內의 種子의 調査에는 니퍼, 핀셋, 計數器등을 利用하였다.

測定前에 이미 放出된 種子의 수는 鱗片 밑에 있는 種子의 痕迹을 利用해 그 數를 推定하여 加算하였다. 種子의 數, 毬果의 무게, 長直徑, 길이 및 鱗片의 수 사이의 상관계수를 비교하여 毬果內의 種子數와 關係가 있는 變數를 찾아냈다.

結果 및 考察

리기다 소나무 毬果의 特性

調査된 毬果의 長直徑範圍는 2.5~6 cm, 길이는 3~7 cm, 무게는 3.20~25.43g이고, 毬果當 鱗片數와 種子數는 각각 69~169개(평균 119.08), 28~170개(평균 114.98)였다(Table 1). 리기다 소나무의 毬果內 種子數를 추정하는 變因을 알아보기 위해 종자수와 구과의 변수에 대한 부분상관계수를 계산한 결과 Table 2와 같이 구과 길이와의 상관계수가 타변수보다 높은 값을 보였다($r=0.6134$, $r^2=0.3762$, $p<0.001$).

따라서 本 林分의 종자수를 추정하는 要因으로 구과의 길이가 적절할 것으로 생각된다. 구과이 길이와 무게와의 상관은 Rim과 Shidei(1973)의 *P. thunbergii*($r=0.79$)와는 달리 낮게 나타났다. 毬果別 鱗片數當 種子의 生産能力 즉 充實種子率은 *P. densiflora*의 경우 35%(Rim and Shidei, 1973), *P. thunbergii*는 32%(Rim & Shidei, 1973), 77% 및 82.8%(Kazuyoshi & Isumi, 1991), *Pinus resinosa*의 경우 80%(Lyons, 1956)인데 비해 *P. rigida*는 45%로 나타났다.

Table 1. The statistical analysis of variables configuration of pitch pine cones (n=150).

	Min / Max	Mean	SD
No. of seed	28 / 170	114.98	25.1381
No. of scale	69 / 169	119.08	15.0554
Weight	3.2 / 25.43	10.4517	4.1639
Length	3 / 7	5.136	0.7624
Diameter	2.5 / 6	4.6853	0.7241

Table 2. The correlation coefficient value between several measurements and cones.

	Diameter	Length	Weight	No. of scale	No. of seed
Diameter	—				
Length	0.7670*	—			
Weight	0.7823*	0.8398*	—		
No. of scale	0.3552*	0.4055*	0.3569*	—	
No. of seed	0.4964*	0.6134*	0.5144*	0.5441*	—

* $p<0.001$, DF=149.

Table 3. The analytical configurations of cones in individual.

		Songtan(n=76)	Yangdong(n=56)
Old cone	Min /Max	0 /135	0 /165
	Mean	18.684	24.768
	SD	24.66	37.502
Serotinous cone	Min /Max	0 /56	0 /57
	Mean	9.355	11.893
	SD	11.505	13.237
Young cone	Min /Max	0 /37	0 /19
	Mean	4.421	2.875
	SD	6.688	4.032
Conelet	Min /Max	0 /25	0 /26
	Mean	3.895	5.696
	SD	5.186	5.752

充實種子率은 種子稔性의 年次變動 및 중간교잡에 의해 차이가 있으며 질병 및 기상변동이 종자 생산성에 미치는 영향이 있으므로 정확하게 파악하는 것은 어렵다.

Table 3는 방형구내의 수목개체별 구과의 수를 분석한 것이다. 송탄의 경우 수목 개체당 old cone이 평균 18.7개, serotinous cone이 9.4개, young cone이 4.4개, conelet는 3.9개인데 반하여, 양동읍분은 각각 24.7개, 11.9개, 2.9개, 5.7개를 나타냈다. 毬果生産은 種子生産과 直接的인 關係가 있기 때문에 毬果의 生産이 많다는 것은 結局 種子의 生産이 많다는 것과 같다고 할 수 있다. ㅍ이 毬果와 種子로 發達하는데 영향을 미치는 要因은 樹木成長과 關係가 있는 少數의 變數와 關聯을 지을 수 있다.

2. 毬果生産과 種子生産에 影響을 주는 要因分析

Table 4는 리기다 소나무 임분의 수목성장에 관한 4개의 變數들의 기본자료이다. 두 지소 모

Table 4. The analytical configurations of several tree variables in investigated areas.

		Songtan(n=76)	Yangdong(n=56)
Tree age(yr)	Min /Max	3 /26	7 /31
	Mean	12.9079	16.3750
	SD	7.4030	5.6200
Height(cm)	Min /Max	110 /990	275 /1010
	Mean	590.0395	160.950
	SD	308.104	160.950
D.B.H(cm)	Min /Max	0.7 /16	2.2 /20.1
	Mean	7.1020	10.6036
	SD	4.8754	3.8100
Cover size(cm ²)	Min /Max	1266.06 /224309.52	4185.38 /176884.08
	Mean	51875.77	62997.91
	SD	51637.33	33067.67

Table 5. The correlation coefficient values between several tree variables and total cone numbers in all investigated areas (n=132).

	Cover size	Tree age	Height	DBH	D ² · H	Total cone
Cover size	—					
Tree age	0.7854*	—				
Height	0.7231*	0.8987*	—			
DBH	0.7994*	0.9430*	0.9012*	—		
D ² · H	0.7617*	0.9094*	0.8267*	0.9266*	—	
Total cone	0.4826*	0.6529*	0.5624*	0.6492*	0.6885*	—

*p<0.001. DF=131.

두 조림지내에서 종자 분산에 의한 갱신과정이 일어나고 있었으며, 최소 3~7년생의 幼樹가 조사되었다. 본 자료로 볼 때 양동과 송탄의 임분은 아직 어리기 때문에 구과 및 종자의 생산력이 활발할 것으로 추정되었다. Table 5는 리기다 소나무의 old cone, serotinous cone, young cone, conelet의 생산과 수목의 성장에 관련된 4개의 變數를 회귀분석에 의해 해석한 것이다.

毬果와 種子生産은 直徑과 밀접한 관계가 있으며, 一定限度의 흉고 직경까지 증가하지만 그 후 일정해지다가 서서히 감소하는 경향이 있다는 報告가 있는데(Downs and MacQuilkin, 1944; Baker, 1950; Grano, 1957; Rim and Shidei, 1974; Daniel *et al.*, 1979; Parker and Peet, 1984), 본 조사에서는 若齡의 林分인 관계로 평균 흉고직경이 송탄 7.10 cm, 양동 10.60 cm이었으므로 계속 증가하는 추세를 보이고 있었으며 흉고직경과 구과 및 종자의 생산은 밀접한 관계를 보이고 있다($r=0.6492$).

Fig. 3은 흉고직경과 구과 생산과의 상관관계를 나타낸 것이다. 흉고직경 2.5 cm 이상 12.5 cm 이하에서 구과의 생산수는 적지만 많은 수의 수목 개체가 그 범위내에 포함되어 있음을 볼 수 있다. 앞으로의 생산 추세는 계속 증가할 것으로 보인다.

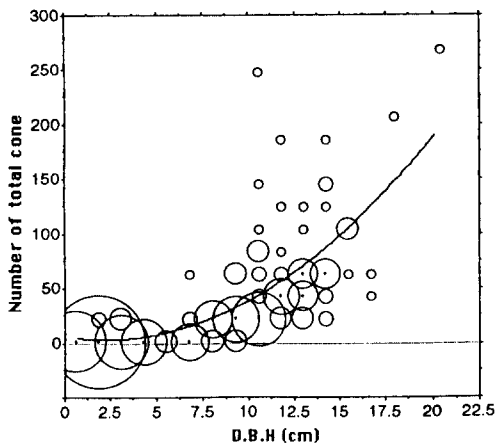


Fig. 3 Relationship between DBH and total cone in pitch pine forest. Scale of circles show the quantity of individual tree.

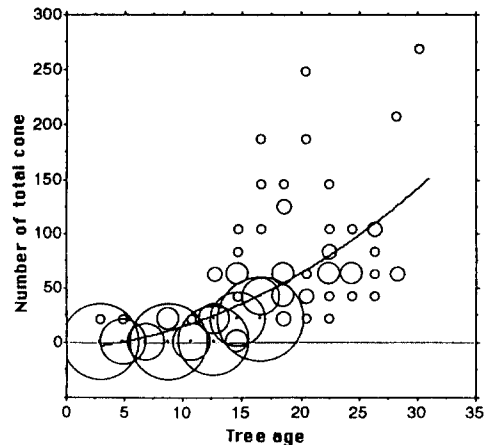


Fig. 4. Relationship between tree age and total cone in pitch pine forest. Scale of circles show the quantity of individual tree.

Baker(1950)와 Daniel *et al.*(1979)는 毬果植物의 種子生産이 가능한 樹齡과 種子가 많이 生産되는 樹齡을 조사하여 初期(10~20年), 中期(20~40年), 末期(40~60年)의 毬果植物로 나누었는데 그 이론에 따른다면 리기다소나무의 경우는 초기에 해당하는 10~20年生의 樹木에서 구과의 생산수가 많아지게 된다. Fig. 4는 樹齡과 구과수와의 상관관계를 나타낸 것으로 20年生 以下의 樹木에서 구과수가 밀집되어 있음을 보여주고 있다. 毬果生産과 樹高에 대해서는 연구된 자료가 많지 않으나 Matthews(1963)은 구과 및 종자 생산과 수고와의 관계를 설명한 바, 樹高가 어떤 높이 이상 높아지면, 樹高가 구과 및 종자 생산에 미치는 영향은 흉고 직경보다 낮다고 보고한 바 있다. 그러나 본 조사에서의 林分과 같이 若齡인 경우, 그 樹高는 아직 最高에 도달하지 않았으므로, 樹高가 증가하면 毬果의 수도 증가하는 단계에 있다고 본다(Fig. 5, $r=0.5624$).

수관의 면적은 林內 수관경쟁을 유발하므로 구과생산과 종자생산에 필요한 광합성량을 결정한다(Baker, 1950; Daniel *et al.*, 1979). 단위면적당 수목의 밀도도 수목간에 수관경쟁을 일으킴으로써 (Park and Kim, 1985), 결국 구과 및 종자생산량의 增減을 유발한다.

본 조사에서는 두 조사지소의 林分이 아직 若齡인 관계로 위의 보고와는 일치하지 않았으나 ($r=0.4825$) 즉 단위면적당 개체수 밀도가 높은 송탄지소의 구과생산량이 높았다(Table 4).

Fig. 6은 수관면적과 구과수와의 상관관계를 나타낸 것으로 수관면적 증가에 따른 구과수의 증가가 보이지 않는다. 즉, 본 林分에서의 구과 생산은 수관 면적 증가에 관계없이 생산이 지속되고 있음을 알 수 있다.

毬果生産과 種子生産의 推定

이상의 분석결과와 같이 毬果의 생산은 흉고직경과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서 상대성장에 의해 구과생산을 추정하기 위한 식을 유도하기 위한 변수로 흉고직경을 도입하였다. 또한 수목성장에 관련된 변수로 樹高를 도입, $D^2 \cdot H$ 로 하여 회귀식의 정확도를 높이도록 하였다. $D^2 \cdot H$ 와 구과수와의 상관관계를 산출한 결과 $0.6885(r^2=0.474, n=132, F=117.1527, p<0.001)$ 으로써 타 변수와의 상관보다 높게 나타남을 알 수 있었다.

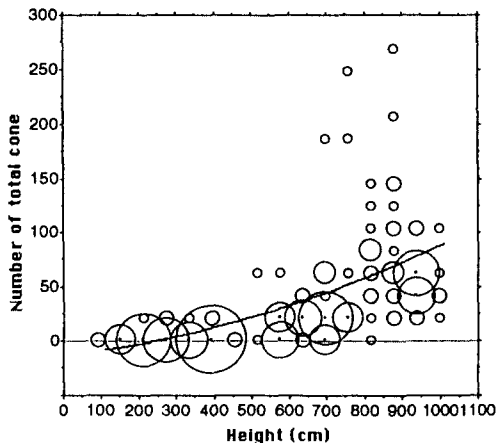


Fig. 5 Relationship between height and total cone in pitch pine forest. Scale of circles show the quantity of individual tree.

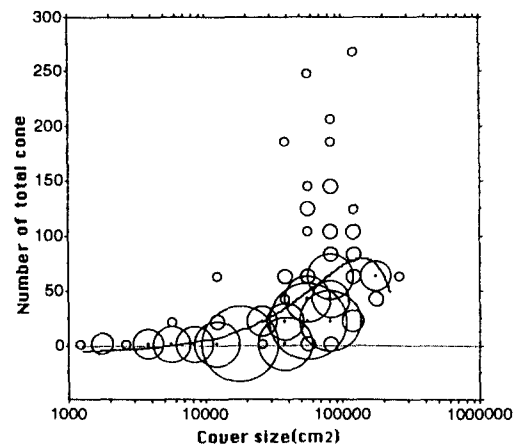


Fig. 6. Relationship between cover size and total cone in pitch pine forest, Scale of circles show the quantity of individual tree.

따라서 구과생산을 추정하기 위해 $D^2 \cdot H$ 의 변수를 도입하여 相對生長式을 만들었다. $D^2 \cdot H$ 와 구과수에 각각 對數를 취하여 두 변수 사이에 회귀분석을 한 결과 (Fig. 7)는 다음식과 같다.

$$\text{Log}(O+S+Y+C) = 0.581 \text{Log}(D^2 \cdot H) - 1.317 \quad (r^2=0.6454) \quad \dots\dots\dots (1)$$

의 식이 도출되었다. 여기서 $O+S+Y+C$ 은 개체수별 구과수의 합을 의미한다. 이 식의 유의성을 알아보기 위해 분산분석을 한 결과 $F=214.7399$ 였다. 따라서 $F=214.7399 > F(1, 118) (0.01) = 6.85$ 의 값을 보였다. 따라서 위 식은 통계적으로 유의한 식, 즉, 구과수에 대한 설명력이 있는 식이라 할 수 있다. 위 식에 의하여 두 조사 지소의 개체별 구과 생산량을 계산한 결과 송탄은 평균 11.642개, 양동은 34.602개, 따라서 송탄 442.40개/200 m^2 (22, 120/ha), 양동 968.84개/200 m^2 (48, 442/ha)의 구과가 생산됨을 알 수 있었다.

또한 리기다 소나무의 毬果內 種子數는 다음식에 의해서 算出할 수 있다. 앞서 150개의 毬果를 분석하여 각각의 毬果에서 生産할 수 있는 종자의 總數를 조사한 결과 종자의 數와 毬果의 길이와의 相關이 타 변수에 비하여 높음을 알게 되었고($r=0.6134$), 따라서 이 두 변수를 이용하여 선형회귀식을 만들었다.

$$SN = 20.224 X + 11.1098 \quad (r^2=0.3762) \quad \dots\dots\dots (2)$$

이 식의 유의성 검정을 위해 분산분석을 한 결과 $F=89.2579$ 였다. 따라서 $F=89.2579 > F(1, 118) (0.01) = 6.63$ 이므로 유의한 식이라 할 수 있다. 여기서 SN는 구과별 종자수이고, X는 毬果의 길이(cm)를 나타낸다. (1)에서 산출된 개체별 구과수에 (2)에서 산출된 구과당 종자수를 대입하면 개체별 종자의 생산을 추정할 수가 있다. 따라서 (1)과 (2)식을 利用하여 송탄과 양동지역의 리기다 소나무의 種子生産량을 推定해 보면 Table 6과 같다.

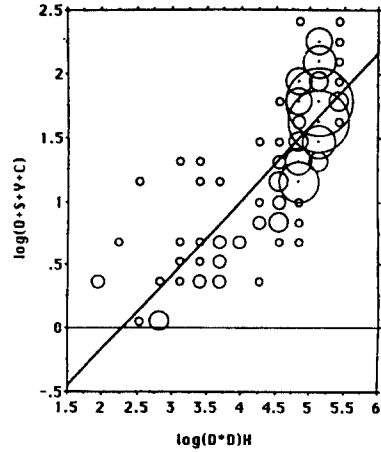


Fig. 7. Relationship between $\text{Log}D^2 \cdot H$ and $\text{Log}(O+Y+S+C)^*$ in investigated areas ($y=0.581x - 1.317, r^2=0.6454, r=0.8033, p<0.001$). Scale of circles show the quantity of individual tree. * $O+Y+S+C$ means total cone of old cone, young cone, serotinous cone, conelet, respectively.

Table 6. The comparisons of seed production estimated in investigated area.

	Songtan	Yangdong
Old cone	4,081,790 /ha(81,635*)	3,986,931 /ha(79,738*)
Serotinous cone	2,043,769 /ha(40,875*)	1,914,417 /ha(38,288*)
Young cone(1985-1986)	965,832 /ha(19,316*)	462,794 /ha(9,255*)
Conelet(1986-1987)	850,852 /ha(17,017*)	916,965 /ha(18,333*)

* Production of seed on quadrats area (200 m^2).

Young cone을 1985년부터 종자 생산된 구과, conelet를 1986년부터 종자 생산된 구과라고 볼 때 종자생산에 큰 변동이 있음을 추정할 수가 있다. 구과식물의 구과 및 종자생산의 변동요인은 기후요인에 의한 受粉(pollination)能力的 喪失 등을 생각할 수 있다. 그러나 리기다소나무의 경우는 다른 소나무屬과는 달리 樹脂를 많이 포함하고 있어 종자를 정상적으로 산포할 수 없는 serotinous cone의 존재가 중요한 요인이 되지 않을까 사료된다.

摘 要

리기다소나무의 更新過程을 밝히는데 필요한 기본작업으로써 毬果 및 종자의 생산량을 조사하였다. 이 종자의 수와 구과 길이 사이의 相關關係, 수목의 성장에 관련된 變數중 $D^2 \cdot H$ 와 구과 수 사이의 回歸式에서 얻어진 相對成長式을 이용하여 구과 생산 및 종자 생산을 추정하였다. 구과내의 종자수와 구과 길이의 상관계수는 0.6134로 나타났다.

수목의 높이, 흉고직경, 수령에 대한 구과와 종자의 생산을 조사한 바 본 조사지역의 리기다소나무林分은 그 생산량이 계속 증가할 것으로 사료되었다.

도출된 식($\text{Log}(O+S+Y+C)=0.581 \text{Log}(D^2 \cdot H)-1.317$)에 의해서 추정된 송탄과 양동지소의 구과생산량은, 송탄의 경우 1985~1986년에 965, 832개/ha, 1986~1987에 850, 852개/ha 였으며, 양동은 462, 794개/ha, 916, 965개/ha였다.

引用文獻

- Baker, F.S. 1950. Principles of silviculture. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Brender, E.V. 1958. A 10-years record of pine seed production on the Hitchiti Experimental Forest. J. Forestry 56:408-410.
- Chang, N.K., H.B. Kim, I.H. Oh and M.A. Chang. 1990. Studies of forest structure and productivity in Korea - Models of maximum productivity and optimum cutting time of the forests by annual ring growth analysis - Korean J.Ecol. 13(3):191-202.
- Daniel, T.W., J.A. Hellima and F.S. Baker. 1979. Principles of silviculture. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Downs, A.A. and W.E. Macquilkin. 1844. Seed production of southern Appalachian oaks. J. Forestry 42:913-920.
- Futai K. and N.Isamm. 1991. Regression analysis for the estimation of a sound seed ratio on *Pinus thunbergii*. J.Jpn. For. Soc. 73:211-215.
- Grano, C.X. 1975. Indices to potential cone production of loblolly pine. J.Forestry 55:890-891.
- Grime, J.P. and D.W. Jeffrey. 1965. Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. J. Ecol. 52:621-642.
- Hatcher, R.J. 1966. Yellow birch regeneration on sacrificed seed beds under small canopy openings. Forestry Chronicle 42:351-358.
- Inoue, Y. 1958. Studies on the special type of the middle forest system of Akamatsu. Bull.

- Kyushu Univ. Forestry 30:103-125.
- 木村 允. 1976. 陸上植物群落の生産量測定法, 生態學研究法講座 Ⅷ, 共立出版, 東京, 112 pp.
- Kira T. and Shidel T. 1977. Primary productivity of Japanese forests-Productivity of terrestrial communities. JIBP Synthesis Vol. 16. Univ. Tokyo Press, Tokyo, 213-245 p.
- Lyons, L.A. 1956. The seed production capacity and defficiency of red pine cones. Can.J. Bot. 34:27-36.
- MacArthur, J.D. 1966. Comparative survial and growth of fine conifers ridge planted on a wet site. Forestry Chronicle 42:143-148.
- Matthews, J.D. 1963. Factors affecting the production of seed by forest trees. Forestry Abstracts 24:1-13.
- Norio I. and S. Okitsu. 1988. Variation of first-year acorn production of *Quercus acutissima* in relation to DBH. J.Jpn. For. Soc. 70(12)540-543.
- Okitsu, S. amd T. Mizoguchi, 1990. Relation between cone production and stem diameter and stem elongation of *Pinus pumila* Regal of Japanese high mountains. Jpn.J. Ecol. 40:49-55.
- Park, B.K. and O.K. Kim. 1985. Crown competition on the relation of crown width to diameter at breast height of trees. Kor, J.Ecol. 8(4):197-200.
- Parker, A.J. and R.K. Peet. 1984. Size and age structure of conifer forest. Ecol. 65:1685-1689.
- Richter, F.I. 1939. Early flower production among the pines. J.Forestry 37:935-938.
- Rim, Y.D. and T. Shidei. 1973. A study on the seed production of Japanese red pine and black pine(1). Bull. Kyoto Univ. Forestry 45:43-51.
- Rim, Y.D. and T. Shidei. 1974. A study on the seed production of Japanese red pine and black pine(2). Bull. Kyoto Univ. Forestry 46:75-84.
- Suzuki, E. 1979. Regeneration of *Tsuga sieboldii* forest. 1. Dynamics of development of a mature stand revealed by stem analysis data. Jpn. J. Ecol. 29:375-386.
- Suzuki, E. 1981. Regeneration of *Tsuga sieboldii* forest. 2 Temperate conifer forests of Kubotaniyama and its adjacent area. Jpn.J. Ecol. 31:421-434.
- 橋詰準人. 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.
- 山本進一. 堤 利夫. 1979. ヒノキ人工林における天然性ヒノキ稚樹の個体群動態(1). 林内における當年生稚樹の死亡過程. 日林誌. 61:287-293.
- 山本進一. 堤 利夫. 1985. ヒノキ人工林における天然性ヒノキ稚樹の個体群動態(5). 實生の發育と生存過程. 日林誌 67:427-433.
- Ying, C.C., J.C. Murphy and S. Anderson. 1985. Cone production and seed yield of Lodgepole Pine grafts. Forestry Chronicle. 1985:223-228.