

솔잎혹파리 被害赤松林의 生態学的 研究 (I)*¹

任慶彬*² · 李景宰*² · 金用植*²

Ecological Changes of Insect-damaged *Pinus densiflora* Stands in the Southern Temperate Forest Zone of Korea (I)*¹

Kyong Bin Yim*² · Kyong Jae Lee*² · Yong Shik Kim*²

Thecodiplosis japonensis is sweeping the *Pinus densiflora* forests from south-west to north-east direction, destroying almost all the aged large trees as well as even the young ones. The front line of infestation is moving slowly but ceaselessly northwards as a long bottle front. Estimation is that more than 40 percent of the area of *P. densiflora* forest has been damaged already, however some individuals could escapes from the damage and contribute to restore the site to the previous vegetation composition.

When the stands were attacked by this insect, the drastic openings of the upper story of tree canopy formed by exclusively *P. densiflora* are usually resulted and some environmental factors such as light, temperature, litter accumulation, soil moisture and offers were naturally modified. With these changes after insect invasion, as the time passes, phytosociologic changes of the vegetation are gradually proceeding.

If we select the forest according to four categories concerning the history of the insect outbreak, namely, non-attacked (healthy forest), recently damaged (the outbreak occurred about 1-2 years ago), severely damaged (occurred 5-6 years ago), damage prolonged (occurred 10 years ago) and restored (occurred about 20 years ago), any directional changes of vegetation composition could be traced these in line with four progressive stages.

To elucidate these changes, three survey districts; (1) "Gongju" where the damage was severe and it was outbreaked in 1977, (2) "Buyeo" where damage prolonged and (3) "Gochang" as restored, were set, (See Tab. 1). All these were located in the south temperate forest zone which was delimited mainly due to the temperature factor and generally accepted without any opposition at present.

In view of temperature, the amount and distribution of precipitation and various soil factor, the overall homogeneity of environmental conditions between survey districts might be accepted. However this did not mean that small changes of edaphic and topographic conditions and microclimates can induce any alteration of vegetation patterns.

Again four survey plots were set in each district and inter plot distance was 3 to 4 km. And again four subplots were set within a survey plot. The size of a subplot was 10m x 10m for woody vegetation and 5m x 5m for ground cover vegetation which was less than 2 m high. The nested quadrat method was adopted.

In sampling survey plots, the followings were taken into account:

- (1) Natural growth having more than 80 percent of crown density of upper canopy and more than 5 hectares of area.
- (2) Was not affected by both natural and artificial disturbances such as fire and thinning operation for the past three decades.
- (3) Lower than 500 m of altitude
- (4) Less than 20 degrees of slope, and
- (5) Northerly sited aspect.

An intensive vegetation survey was undertaken during the summer of 1980. The vegetation was divided into 3

* 1 Received for Publication on June 5, 1981.

* 2 서울대학교 農科大学, College of Agriculture, Seoul National University, Suwon, Korea.

categories for sampling; the upper layer (dominated mainly by the pine trees), the middle layer composed by oak species and other broad-leaved trees as well as the pine, and the ground layer or the lower layer (shrubby form of woody plants). In this study our survey was concentrated on woody species only.

For the vegetation analysis, calculated were values of intensity, frequency, covers, relative importance, species diversity, dominance and similarity and dissimilarity index when importance values were calculated, different relative weights as score were arbitrarily given to each layer, i.e., 3 points for the upper layer, 2 for the middle layer and 1 for the ground layer. Then the formula becomes as follows;

$$R.I.V. = \frac{3(IV \text{ upper L.}) + 2(IV \text{ middle L.}) + 1(IV \text{ ground L.})}{6}$$

The values of Similarity Index were calculated on the basis of the Relative Importance Value of trees (sum of relative density, frequency and cover). The formula used is;

$$S.I. = \frac{2C}{S_1 + S_2} \times 100 = \frac{2C}{100 + 100} \times 100 = C (\%)$$

Where: C = The sum of the lower of the two quantitative values for species shared by the two communities.

S_1 = The sum of all values for the first community.

S_2 = The sum of all values for the second community.

In Tab. 3, the species composition of each plot by layer and by district is presented. Without exception, the species formed the upper layer of stands was *Pinus densiflora*. As seen from the table, the relative cover (%), density (number of tree per 500 m²), the range of height and diameter at breast height and cone bearing tendency were given.

For the middle layer, *Quercus* spp. (*Q. aliena*, *serrata*, *mongolica*, *acutissima* and *variabilis*) and *Pinus densiflora* were dominating ones.

Genus *Rhododendron* and *Lespedeza* were abundant in ground vegetation, but some oaks were involved also.

(1) Gongju district

The total of woody species appeared in this district was 26 and relative importance value of *Pinus densiflora* for the upper layer was 79.1%, but in the middle layer, the R.I.V. for *Quercus acutissima*, *Pinus densiflora*, and *Quercus aliena* were 22.8%, 18.7% and 10.0%, respectively, and in ground vegetation *Q. mongolica* 17.0%, *Q. serrata* 16.8% *Corylus heterophylla* 11.8%, and *Q. dentata* 11.3% in order.

(2) Buyeo district.

The number of species enumerated in this district was 36 and the R.I.V. of *Pinus densiflora* for the upper layer was 100%. In the middle layer, the R.I.V. of *Q. variabilis* and *Q. serrata* were 8.6% and 8.5% respectively. In the ground vegetative 24 species were counted which had no more than 5% of R.I.V. The mean R.I.V. of *P. densiflora* (totaling three layers) and averaging four plots was 57.7% in contrast to 46.9% for Gongju district.

(3) Gochang-district

The total number of woody species was 23 and the mean R.I.V. of *Pinus densiflora* was 66.0% showing greater value than those for two former districts. The next high value was 6.5% for *Q. serrata*. As the time passes since insect outbreak, the mean R.I.V. of *P. densiflora* increased as the following order, 46.9%, 57.7% and 66%.

This implies that *P. densiflora* was getting back to its original dominant state again. The pooled importance of Genus *Quercus* was decreasing with the increase of that for *Pinus densiflora*. This trend was contradicted to the facts which were surveyed at Kyonggi-do area (the central temperate forest zone) reported previously (Yim *et al.* 1980). Among Genus *Quercus*, *Quercus acutissima*, warm-loving species, was more abundant in the southern temperature zone to which the present research is concerned than the central temperate zone. But *vice-versa* was true with *Q. mongolica*, a cold-loving one. The species which are not common between the present survey and the previous report are *Carpinus cordata*, *Betula davurica*, *Wistaria floribunda*, *Weigela subsessilis*, *Gleditsia japonica* var. *koraiensis*, *Acer pseudosieboldianum*, *Euonymus japonica* var. *macrophylla*, *Ribes mandshuricum*, *Pyrus calleryana* var. *fauriei*, *Tilia*

amurensis and *Pyrus pyrifolia*.

In Figure 4 and Table 5, Maximum species diversity (maximum H'), Species diversity (H') and Evenness (J') were presented. The Similarity indices between districts were shown in Tab. 5. Seeing Fig. 6, showing two-dimensional ordination of polts on the basis of X and Y coordinates, A_i plots aggregate at the left site, B_i plots at lower site, and C_i plots at upper-right site. The increasing and decreasing patterns as to Relative Density and Relative Importance Value by genus or species were given in Fig. 7. Some of the patterns presented here are not consistent with the previously reported ones (Yim, *et al*, 1980).

The present authors would like to attribute this fact that two distinct types of the insect attack, one is the short war type occurring in the south temperate forest zone, which means that insect attack went for a few years only, the other one is a long-drawn was type observed at the temperate forest zone in which the insect damage went on continuously for several years. These different behaviours of infestation might have resulted the different ways of vegetational change. Analysing the similarity indices between districts, the very convincing results come out that the value of dissimilarity index between A and B was 30%, 27% between B and C and 35% between A and C (Table 6). The range of similarity index was obtained from the calculation of every possible combinations of plots between two districts. Longer time isolation between communities has brought the higher value of dissimilarity index. The main components of ground vegetation, 10 to 20 years after insect outbreak, become to be consisted of mainly Genus *Lespedeza* and *Rhododendron*. Genus *Quercus* which relate to the top dominant state for a while after insect attack was giving its place to *Pinus densiflora*. It was implied that, provided that the soil fertility, soil moisture and soil depth were good enough, Genus *Quercus* had never been so easily taken over by the resistant species like *Pinus densiflora* which forms the edaphic climax at vast areas of forest land. Usually they refer *Quercus* to the representative component of the undisturbed natural forest in the central part of this country.

忠南·全北地方 赤松林의 遷移過程을 研究하기 위하여 솔잎혹파리의 被害持續期間에 따라 被害極基地 (5年前에 被害發生)인 公州(A), 被害持續地(10年前에 被害發生)인 扶餘(B), 被害回復地(20年前에 被害發生)로서 高敏地域(C)을 調査地域으로 設定하고, 各 調査地域別로 環境要因과 植生狀態를 調査하여, 環境要因과 植生狀態, 森林群集의 比較, 植物相의 變化 等を 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 林分이 솔잎혹파리被害로부터 回復되어 감에 따라 植生構成에 變化가 오고 代償樹種으로 發達된 참나무類의 相對優點值가 減小되었다. 그러나 本 調査地域內에서는 상수리나무의 相對優點值가 다른 참나무類보다 높았다.

2. 솔잎혹파리被害가 持續됨에 따라 森林群集의 種構成狀態가 점차 多樣하여진다. 그후 被害가 回復됨에 따라 林分의 種構成狀態는 單純化되는 것으로 나타났다.

3. 相對密度 및 相對優點值의 相對值에 依한 植生遷移를 綜合分析한 結果 솔잎혹파리被害의 極甚에서 優點種을 이루던 참나무類가 被害로부터 回復되어감에 따라 그 값이 減少되고, 싸리類, 진달래類 등이 下層植生을 形成하는 森林群集으로 變化하여 갔다.

4. 植生에 미친 土深, 土壤含水量, 有機物含量, 그리고 有機物層의 두께는 本 調査對象地의 범위내에 있어서는 거의 같은 것으로 思料되었고 年平均降水量과 溫度도 類似하였다고 본다.

緒 論

우리나라 赤松林에 대한 솔잎혹파리의 被害는 1929年 高木³⁾에 의해 發生이 報告된 후, 被期에는 그 加害程度가 심하지 않고 潛在狀態에 있었다. 그후 昨年 數年以來 그 被害가 激甚하게 계속적으로 全國에

擴大되고 있다. 솔잎혹파리의 被害가 發生되면 赤松林은 이때까지 가졌던 環境條件의 變化로 生態的 構造에 變化가 온다.

任等⁴⁾(1980)은 京畿道地方의 赤松林을 솔잎혹파리의 被害持續期間의 長短을 基礎로 해서 無被害地, 被害先端地(1~2年前에 被害發生), 被害極甚地(被害發生後 5年 經過), 被害持續地(被害發生後 10年 經過)의

4個 속성으로 나누어 植物社会学的인 变化를 調査 報告하였다. 本 研究은 上述論文에 이어지는 것으로, 이곳에서는 忠淸南道, 全羅北道の 赤松林을 被害極 基地, 被害持續地, 被害回復地로 나누어, 環境要因 과 植生狀態와의 關係, 森林群集의 構造变化, 植物 相의 变化 等を 調査分析 하였다.

材料 및 方法

솔잎혹파리의 被害持續期間에 따른 忠南, 全北地方 赤松林의 遷移分析을 위하여 被害極基地로 公州, 被害持續地로 扶餘, 被害回復地로 高敞을 設定하였다. 被害持續期間은 林業試驗場 山林病虫害發生子察 年報⁽⁴⁾를 基礎로 하여 定하였다. 調査地域의 位置와 솔잎혹파리被害의 發生時期는 表 1 과 그림 1 에 보인다.

標本抽出法은 한 地域에 4個의 調査區를, 그리고 한 調査區에는 5個의 小 調査區를 設置하여 總 12 個 調査區, 그리고 60個의 小 調査區(3 地域×4 調査 區×5 小 調査區)로 된 Nested quadrat method로 하였다. 기타의 調査區의 設定條件은 前報⁽⁵⁾와 同一하다.

環境要因調査와 植生調査 그리고 森林群集의 構成 分析으로는 種多樣度(H'), 類似度指數(S. I.), 相異 度指數(D. I.)를 計算하였다.

本 研究에 있어서 Succession stage는 솔잎혹파리 被害發生後의 時經過에 따라 3 段階로 区分하였다.

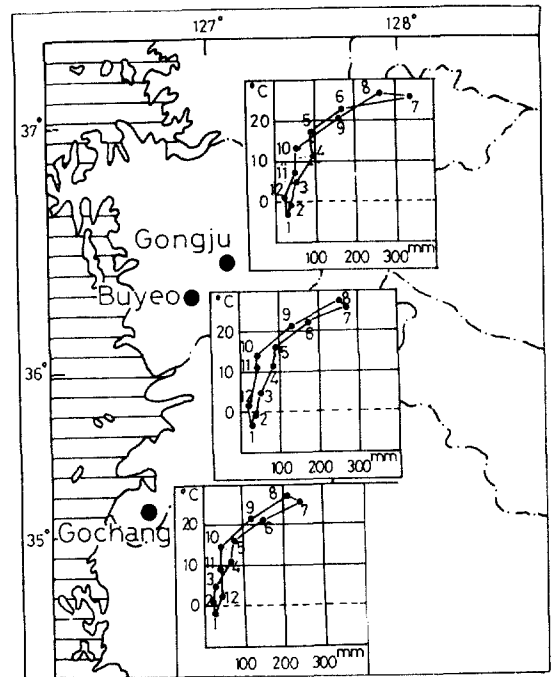


Fig. 1. Location map and climograph of investigated districts

Tab. 1. The location of *Pinus densiflora* stands studied and year of pine gall midge outbreak.

District	Plot	Location	Year of outbreak
Gongju (A)	1	Danmiri, Inmyeon, Gongjugun	1977 (severely damaged)
	2	Bongjeongri, Inmyeon	
	3	Juhongri, Inmyeon	
	4	Guamri, Inmyeon	
Buyeo (B)	1	Joleongri, Eunsanmyeon, Buyeogun	1973 (damage prolonged)
	2	Daeyangri, Eunsanmyeon	
	3	Hongsanri, Eunsanmyeon	
	4	Obunri, Eunsanmyeon	
Gochang (C)	1	Nodongri, Gochangeub, Gochanggun	1960 (restored)
	2	Japori, Sinrimmyeon	
	3	Yulgokri, Gochangeub	
	4	Wolamri, Gochangeub	

結果 및 考察

1. 環境要因調査

調査地域別, 調査區別 環境要因의 內容은 그림 1과 表 2에 보인다. 調査地域別 30年間 月平均 氣温과 降水量에 의한 Climograph의 形態에 있어서는 地域間에 有意인 差異가 보이지 않는다. 公州地域의 各 調査區의 位置는 調査區 1, 3은 各各 北西 및 北斜面이며, 調査區 2, 4는 모두 北東 斜面에 位置한다. 10~15°의 傾斜度를 보이며, 海拔高는 140~220m이다(表 2). 土性은 砂質壤土로 土深은 中程度이다. 被害持續地로 分類한 扶餘地域의 各 調査區는 北東斜面인 調査區 2를 除外하고 모두 北西斜面에 位置한다. 傾斜度는 10~15°이고, 海拔高는 60~200m이고, 土性은 砂質壤土이다. 被害回復地인 高敞地域의 各 調査區는 모두 北西斜面에 位置하며, 5~10°의 傾斜度를 나타내고, 海拔高는 60~140m이다. 土性은 砂質壤土이며, 土深은 中程度이다. 以上과 같이 調査地域別 各 調査區는 主로 北向斜面의 海拔高 200m以下の 緩慢한 傾斜面에 位置하고 있다. 土壤水分量의 地域別 平均値는 被害極甚地인 公州

가 18.2%, 被害持續地인 扶餘는 21.3%, 被害回復地인 高敞이 19.5%로서 相互類似하다. 土壤有機物含量은 公州 6.4%, 扶餘 8.4%, 高敞 5.8%의 값으로 扶餘가 多小 높은 편이다. 그리고 落葉層의 두께는 公州 2.8cm, 扶餘 3.0cm, 高敞 2.4cm로 高敞이 약간 낮은 값을 보인다. 大体로 虫害를 받은 赤松林은 初期에 大量落葉이 있게 되고 이것이 地表를 덮어 當分間 土壤含量을 增加시켰을 것이고, 同時에 土壤有機物의 含量도 增加시켰을 것이다. 그러나 이 상태가 오래 繼續되지는 못한 것으로 나타났다. 測定値로서는 中間의 差가 微弱하다. 이러한 傾向은 前報⁵⁾와 같다.

Beals⁽¹⁾等(1964)은 美國 Indiana州의 Wayne county의 不過 80acre범위 內的 林地를 6個의 土壤型으로 나누고 그곳에 나타나는 植生을 調査하고 density와 dominance(basal area)를 計算하고 또 geographic homogeneity에 對한 chisquare test또는 importance value를 쓴 similarity係數 等으로 植生構造의 差異를 주로 土壤水分條件에 關聯시켜 發表하고 있다. 本研究에 있어서는 調査地域과 調査區사이의 相當한 거리가 있으나 모두 우리나라 溫帶林 南部에 位置하고

Tab. 2. Environmental gradient of investigated plots by district.

District	Plot	Aspect	Slope (°)	Altitude (m)	Soil texture	Soil depth	Water content (%)	Organic compound content(%)	Depth of litter (cm)
Gongju	1	NW	10	140	sandy loam	medium	18.8	7.1	3.9
	2	NE	15	160	do.	do.	17.7	5.5	2.8
	3	N	15	220	do.	do.	17.9	6.6	2.1
	4	NE	15	140	do.	do.	18.5	6.4	2.2
	Mean			14	165		18.2	6.4	2.8
Buyeo	1	NW	15	200	sandy loam	deep	22.2	8.1	3.6
	2	NE	10	60	do.	do.	22.3	10.8	3.9
	3	NW	10	80	do.	medium	20.2	7.4	2.4
	4	NW	15	120	do.	shallow	20.6	7.2	2.2
	Mean			13	115		21.3	8.4	3.0
Gochang	1	NW	10	140	sandy loam	shallow	18.2	4.7	1.9
	2	NW	5	60	do.	medium	18.6	5.5	2.1
	3	NW	5	120	do.	do.	21.4	7.8	2.8
	4	NW	15	140	do.	do.	19.8	5.2	2.7
	Mean			9	115		19.5	5.8	2.4

溫度, 降水量, 傾斜, 方位 등이 類似하고 同時에 土壤水分條件도 비슷해서 어떤 土壤因子에 關聯시킨 植生構造의 相関分析은 될 수 없었다. 森林植生의 內容을 土壤因子에 關聯시킨 것에 Buck⁽³⁾(1964)의 報告가 있는데 土壤因子는 微氣象과 關係가 깊어서 森林構造에 差異를 招來한다고 하였다. 또 Schnell等⁽⁴⁾(1977)은 美國 Oklahoma州에 있어서 樹種分布樣式에 대한 Factor analysis를 해서 土壤條件, 氣象條件이 樹木分布에 미치는 影響을 報告하고 있다.

Shafi等⁽⁵⁾은 環境이 좋아질 수록 種間競爭은 甚해지고, 反대로 不良할 수록 種內競爭이 더 甚해진다고 報告하였다. 本研究에서는 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 소나무의 落葉이 增加하고 아울러 光條件, 土壤條件 등의 環境變化가 있어 처음에는 種間競爭이 있게되나, 赤松이 被害로 부터 回復됨에 따라 그 葉量이 增加하고 그후 種內競爭으로 바뀌어지는 것으로 思料된다.

2. 植生調査

(1) 調査地域內的 植生狀態

公州, 扶餘 및 高敞等 3個地域에 對한 各調査區의 植生을 上層, 中層 그리고 下層의 3個立體層(林冠層)으로 나누고 그 構成樹種과 特히 上層林冠을 構成하는 主樹種인 소나무에 대하여서는 樹高(H), 胸高直徑(D), 被度, 密度(株數/500m²), 樹幹의 屈曲度, 球果着生量 등을 調査하였다. 이것을 表3에 要約해서 提供한다.

表4와 같이 公州地域의 出現樹種總數는 26種이고 上層樹冠의 소나무 相對優占值는 79.1% 이었다. 中層樹冠에서는 상수리나무의 相對優占值가 22.8%로 優勢種을 이루며, 소나무와 갈참나무가 각각 18.7%, 10.0%의 값을 보인다. 下層植生의 경우 갈참나무 17.0%, 졸참나무 16.8%, 개암나무 11.8%, 떡갈나무 11.3% 등의 순이었다. 樹種別 平均優占度는 소나무 46.9%, 상수리나무 16.9%의 값을 보이고, 他樹種은 모두 10% 以下로 나타났다.

扶餘地域의 出現樹種總數는 36種이고 上層樹冠의 소나무 相對優占值는 100%이었다. 中層樹冠에서는 굴참나무와 졸참나무가 각각 8.6% 및 8.5%로 優勢種을 이루며, 진갈나무, 갈참나무, 밤나무 등이 出現한다. 下層植生은 졸참나무, 진달래가 주를 이루며 相對優占值가 5%以下인 樹種은 24種이었다. 平均相對優占值는 소나무가 57.7%로 公州地域보다 增加한 反面에 졸참나무가 5.2%를 차지하며 소나무

以外的 樹種은 平均相對優占值의 減少傾向을 보인다.

高敞地域의 出現樹種總數는 23種이다. 소나무의 平均相對優占值가 66.0%로 다른 두地域보다 높고, 졸참나무가 6.5%일뿐 다른 21個樹種은 5%미만의 값을 보인다. 調査區1에서 있어 中間林冠을 구성하는 갈참나무와 소나무의 相對優占值는 各各 26.7% 및 26.2%였고 調査區2의 中層林冠은 소나무와 청미래의 相對優占值가 各各 23.4%, 19.1%였다.

(2) 調査地域間 比較

表4에서와 같이 被害極甚地인 公州地域은 上層에서는 소나무의 相對優占值가 79.1%로 優勢種을 이루나, 中層에서는 상수리나무의 그값이 22.8%, 下層에서는 갈참나무 및 졸참나무의 값이 각각 17.0%, 16.8%로 優占種을 이루고 있다. 被害持續地인 扶餘는 上·中層에서 소나무의 相對優占值가 各各 100%, 19.7%로 優占種을 이루고 있다. 下層에서는 졸참나무 14.2%, 진달래 13.2%, 갈참나무가 9.1% 등의 순으로 侵入한 것으로 나타났다. 被害回復地인 高敞地域은 소나무의 相對優占值가 上·中·下層에서 各各 96.4%, 40.7%, 25.2%로 各層에서 모두 優占種을 차지하고 있다. 下層에서 졸참나무가 16.4%, 진달래 10.7%, 싸리가 10.4%로 他樹種보다 높은 값을 보인다. 위와같은 현상은 솔잎혹파리의 被害가 回復되어 감에 따라 소나무의 葉量增加에 따른 環境變化가, 代償樹種으로 侵入된 他樹種에 對해 크게 作用하였다고 推論된다.

調査地植生의 屬別 그리고 참나무類의 樹種別 相對優占值의 變化가 그림2에 보인다. 被害極甚地(公州)에서 回復地(高敞)로 갈수록 소나무의 相對優占值는 점차 增加하는 反面 참나무屬의 相對優占值는 점차 減少하고 있다. 싸리屬과 진달래屬은 약간의 變異幅을 보이거나 뚜렷한 變化는 나타나지 않았다. 기타 樹種은 被害持續地인 扶餘에서 增加하였다가 回復地인 高敞에서 다시 減少한다. 이것은 扶餘地域은 被害가 公州地域보다 4~5年前에 發生, 光條件과 같은 中層以下의 植生의 種數와 相對優占值가 公州地域보다 큰 값을 나타낸다고 思料된다. 솔잎혹파리의 被害가 回復됨에 따라 참나무屬中 상수리 나무의 相對優占值의 減少가 有意的으로 顯著하였다. 優占值가 相對的인 값을 고려할 때 떡갈나무의 減少도는 認할 수 있었다.

그림 3은 소나무와 참나무屬의 相對被度, 相對密度, 相對頻度, 相對優占值에 依한 Phytograph 이다. 被害極甚地인 公州에서 被害回復地인 高敞으로 갈

Tab. 3. Species composition of surveyed plots by layer

District	Plot	Upper layer	Middle layer	Ground layer
Gongju	1	<i>P. densiflora</i> H = 8-11 m, D = 20-24 cm Cover = 84% density = 154/ 500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = little	(main); <i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus serrata</i> (Sub-); <i>Quercus aliena</i> , <i>Quercus</i> <i>variabilis</i> , <i>Pinus densiflora</i>	<i>Quercus aliena</i> , <i>Corylus</i> <i>heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> <i>Quercus serrata</i> , <i>Smilax china</i> , <i>Rhododendron schlippenbachii</i>
	2	<i>P. densiflora</i> H = 4-5 m, D = 6-10 cm cover = 94.5% density = 125/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = little	(main); <i>P. densiflora</i> (sub-); <i>Quercus dentata</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Quercus</i> <i>aliena</i>	<i>Quercus serrata</i> , <i>Quercus</i> <i>aliena</i> , <i>Quercus dentata</i> , <i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>
	3	<i>P. densiflora</i> H = 6-8 m, D = 6-10 cm cover = 95.8% density = 125/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = medium	(main); <i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus variabilis</i> , <i>Quercus</i> <i>aliena</i> , <i>Pinus densiflora</i>	<i>Quercus aliena</i> , <i>Quercus</i> <i>serrata</i> , <i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> , <i>Pinus</i> <i>densiflora</i>
	4	<i>P. densiflora</i> H = 5-8 m, D = 6-8 cm cover = 92.7% density = 127/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = little	(main); <i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Pinus</i> <i>densiflora</i>	<i>Lespedeza bicolor</i> , <i>Quercus</i> <i>serrata</i> , <i>Quercus dentata</i> , <i>Quercus aliena</i>
Buyeo	1	<i>P. densiflora</i> H = 8-10 m, D = 16-20 cm cover = 100% density = 87/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = medium	(main); <i>Quercus mongolica</i> , <i>Quercus variabilis</i> , <i>Styrax</i> <i>obassia</i> , <i>Pinus densiflora</i>	<i>Quercus serrata</i> , <i>Rhodo-</i> <i>dendron mucronulatum</i> , <i>Viburnum wrightii</i>
	2	<i>P. densiflora</i> H = 8-15 m, D = 20-30 cm cover = 100% density = 34/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = medium	(main); <i>Pinus densiflora</i> , <i>Quercus serrata</i> (sub-); <i>Castanea crenatu</i> , <i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus aliena</i>	<i>Quercus serrata</i> , <i>Lespedeza</i> <i>bicolor</i> , <i>Rhododendron mucro-</i> <i>nulatum</i> , <i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>

District	Plot	Upper layer	Middle layer	Ground layer
	3	<i>P. densiflora</i> H = 6-8 m, D = 6-10 cm cover = 100% density = 127/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = little	(main); <i>Pinus densiflora</i> , <i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Quercus aliena</i>	<i>Quercus aliena</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Pinus densiflora</i> , <i>Lespedeza bicolar</i>
	4	<i>P. densiflora</i> H = 10-12 m, D = 20-30 cm cover = 100% density = 186/500m ² stem: mostly straight amount of cone bearing = little	(main); <i>Quercus variabilis</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Pinus densiflora</i>	<i>Quercus aliena</i> , <i>Quercus dentata</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Lespedeza bicolar</i>
Gochang	1	<i>P. densiflora</i> H = 8-10 m, D = 14-18 cm Cover = 91.7% density = 92/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = little	(main); <i>Quercus aliena</i> , <i>Pinus densiflora</i> (sub-); <i>Stewartia koreana</i> , <i>Quercus serrata</i>	<i>Quercus aliena</i> , <i>Lespedeza maximowiczii</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i>
	2	<i>P. densiflora</i> H = 6-8 m, D = 16-18 cm cover = 98.3% density = 105/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = little	(main); <i>Pinus densiflora</i> (sub-); <i>Quercus acutissima</i> , <i>Quercus serrata</i>	<i>Pinus densiflora</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Lespedeza bicolar</i>
	3	<i>P. densiflora</i> H = 6-8 m, D = 8-12 cm cover = 98.6% density = 88/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = little	(main); <i>Pinus densiflora</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Castanea crenata</i> , <i>Alnus hirsuta</i>	<i>Pinus densiflora</i> , <i>Lespedeza bicolar</i> , <i>Quercus serrata</i>
	4	<i>P. densiflora</i> H = 6-8 m, D = 16-22 cm cover = 100% density = 58/500m ² stem: mostly crooked amount of cone bearing = moderate	(main); <i>Pinus densiflora</i>	<i>Quercus serrata</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Lespedeza bicolor</i> , <i>Pinus densiflora</i>

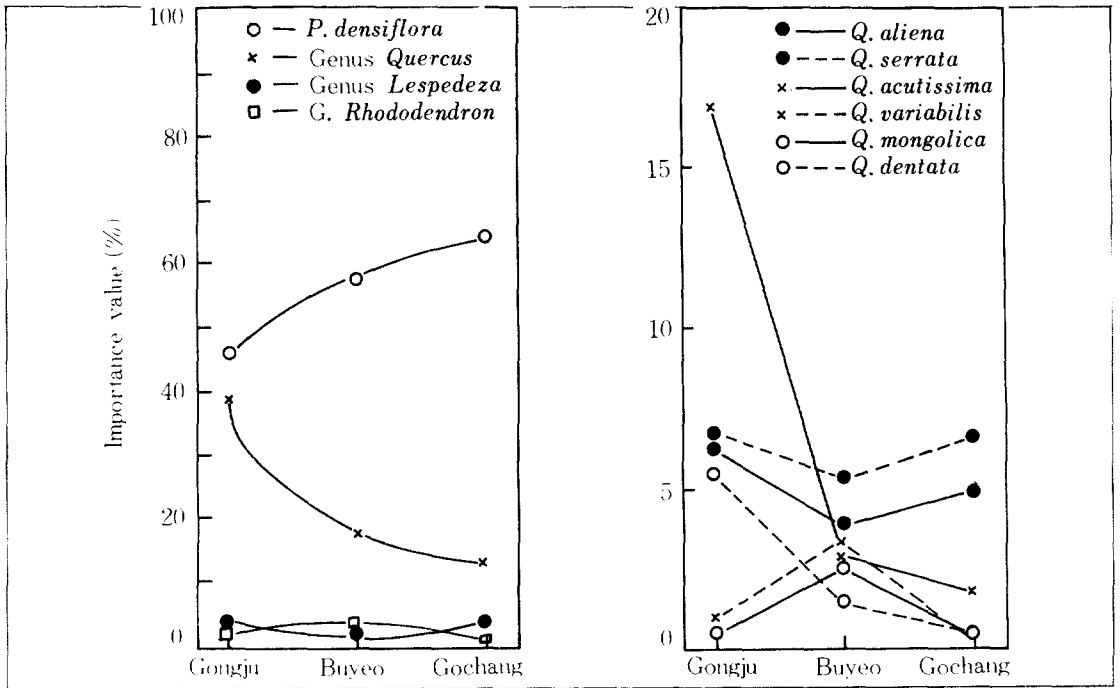


Fig. 2. Changes of importance value in due course of plant succession.

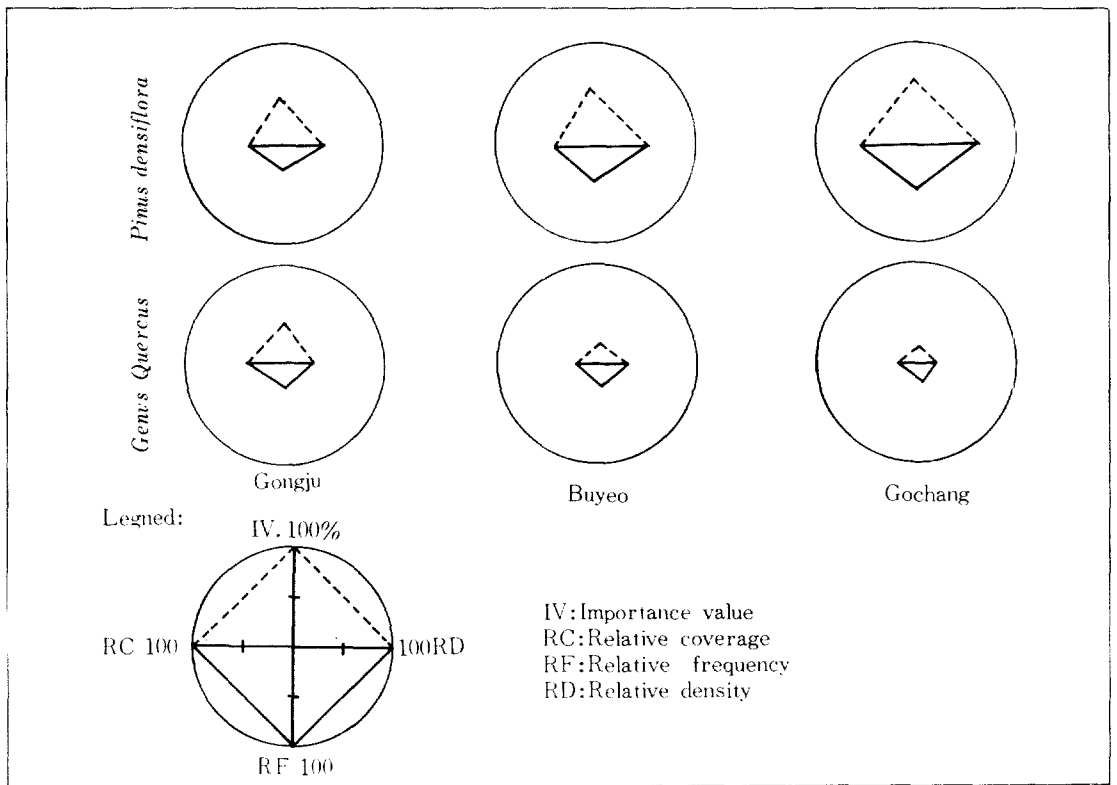


Fig. 3. Phytophag of *Pinus densiflora* and Genus *Quercus* at investigated districts.

수목, 소나무의 相對被度, 相對密度, 相對頻度에 依한 針葉樹의 三角形의 크기는 增加하는 反面에 참나무屬은 減少하는 傾向을 보인다. 그림에서 보이듯이 참나무屬의 相對優占値는 相對被도와 相對密度가 相對頻度보다 큰 影響을 주는 것을 알 수 있다. 이것은 솔잎혹파리被害와 相關없이 참나무屬은 赤松林內 下層植生으로 고르게 分布하다가, 上層인 소나무의 被害가 發生되면 環境條件의 變化가 생겨 中層을 構成하는 優占種으로 發達된다고 思料된다.

3. 森林群集의 構成分析

(1) 種多樣性

表 5 와 그림 4 는 調査地域別의 出現植生種數, 個體數, 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度를 보인다. 種數에서는 被害極甚地인 公州가 26種, 被害持續地인 扶餘가 37種, 被害回復地인 高敞이 26種으로 扶餘가 公州보다 被害가 오랫동안 持續되어 侵入한 種數가 增加되었으나, 高敞에서는 被害가 回復되어 그 數가 減少되었다. 個體數는 公州가 1,686株, 扶餘가 1,596株, 高敞은 1,540株로 被害가 甚한 地域에 侵入한 闊葉樹의 個體數는 被害의 回復에 따라 減少하는 傾向이 있는 것 같다. 種多樣度는 公州 0.8831, 扶餘 0.9124, 高敞 0.8184로서 被害의 時經過에 따른 傾向은 前報⁵⁾의 報告와 비슷하다. 즉 遷移系列로 初期, 發展期, 成熟期로 区分할 때 種多樣度는 점차 增加하다가 成熟期에 이르러 減少한다. 最

大種多樣度는 公州 1.1913, 扶餘 1.3680로 增加하다가 高敞 1.1514로 減少하였다. $H_{max} = \log s$ 의 式을 볼때 最大種多樣度는 種數와 對數函數關係에 있다. 均在度는 1에 가까운 값을 가질 수록 種別個體數가 均一한 狀態로서, 公州가 0.7435, 扶餘가 0.6655로 減少하였다가 高敞 0.7115로 增加된다. 또한 優占度는 1에서 均在도를 뺀 값이다.

이와 같이 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 生態的 條件이 變化되어 種多樣性이 增加되었다가, 被害가 回復됨에 따라 減少됨을 알 수 있다.

(2) 類似度指數

그림 5 는 各 調査區間 類似度指數 및 相異度指數를 보인다. 表 6 은 調査地域別 類似度指數를 나타내고 있다. 表에서 보이듯이 類似度指數의 平均値는 公州와 扶餘群集間은 69.5%, 公州와 高敞群集間은 65.0%, 扶餘와 高敞群集間은 72.9%의 값을 보인다. 扶餘와 高敞群集間의 값이 가장 크고, 公州와 高敞群集間의 값이 가장 작다. 이러한 種構成狀態는 被害持續地인 扶餘와 被害回復地인 高敞地域은 共通種이 많이 나타남을 뜻하고, 被害極甚地인 公州와 回復地인 高敞地域은 앞의 群集들보다 共通種이 적음을 뜻한다.

그림 6 은 各 調査區를 相異度指數에 依하여 2次元 座標化한 것이다. 그림에서 보이듯이 被害回復地인 高敞地域 調査區 4 (C-4)에서 被害極甚地인 公州地域 調査區 3 (A-3)으로 進行하는 傾向을 보인다. 進行過程中 被害回復地인 高敞(C), 被害持續地인 扶餘(B), 被害極甚地인 公州(A)로 갈 수록 相異度指數에 依한 相對的 距離는 점차 멀어지는데, 이는 前報의 結果와 같다.

(3) 植物相의 變化

그림 7 은 調査地域別 相對優占値의 相對值로서 植物相의 變化過程을 보이는 것이다. 被害極甚地인 公州, 被害持續地인 扶餘, 被害回復地인 高敞으로 옮겨갈 수록 相對密度와 相對優占値의 相對值에 있어서 소나무는 增加傾向에 있는 反面에, 참나무類는 減少하는 傾向을 보인다. 싸리屬은 扶餘에서 相對密度는 增加하나, 相對優占値는 減少하였다. 高敞에서는 扶餘와 反對로 相對密度는 減少한 反面에 相對優占値는 增加되었다. 이것은 扶餘에서 싸리類의 單位面積當의 株數가 增加되었으나, 大部分이 下層에 出現하여 相對優占値가 減少된 것이다. 高敞에서는 單位面積當의 싸리類의 株數가 減少하였지만, 大部分이 中層에 出現하여 相對優占値는 增加된 것이다. 진달래屬은 싸리屬과 反對의 傾向을 나타내어 相對密度

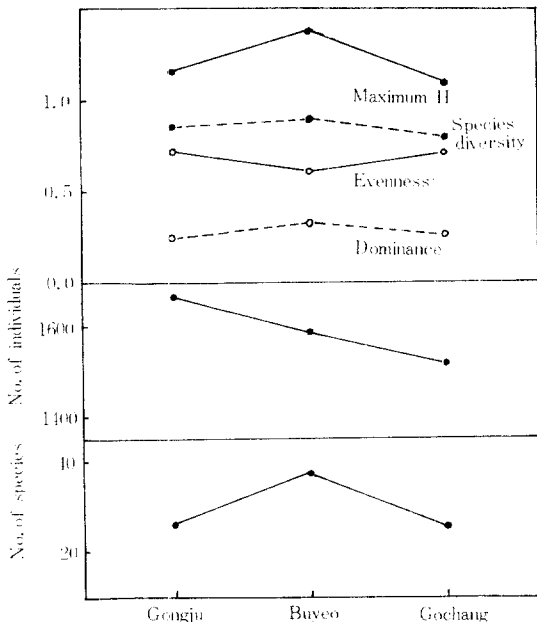


Fig. 4. Changes of various diversity values

Tab. 5. Values of various diversity by district and plot

District	Plot	Number of species	Number of individuals	Species diversity (H')	Maximum H' (H' max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
Gongju	1	16	1,793	0.9381	1.2041	0.7791	0.2209
	2	13	1,259	0.8868	1.1139	0.7961	0.2039
	3	14	1,867	0.8301	1.1461	0.7242	0.2758
	4	20	1,825	0.8774	1.3010	0.6744	0.3256
			26	1,686	0.8831	1.1913	0.7435
Buyeo	1	25	1,724	0.9827	1.3979	0.7029	0.2971
	2	24	1,526	0.8469	1.3802	0.6136	0.3864
	3	19	1,891	0.7883	1.2788	0.6165	0.3835
	4	26	1,256	1.0316	1.4150	0.7291	0.2709
			37	1,596	0.9124	1.3680	0.6655
Gochang	1	18	1,297	0.9124	1.2553	0.7268	0.2732
	2	14	1,646	0.7606	1.1461	0.6636	0.3364
	3	10	1,737	0.7449	1.0000	0.7449	0.2551
	4	16	1,480	0.8558	1.2041	0.7107	0.2893
			26	1,540	0.8184	1.1514	0.7115

Dissimilarity index (%)

		A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-4		
Similarity index (%)	C-3	36.3	23.6	20.8	41.7	39.8	34.0	38.1	38.8	36.7	40.0	45.8	A-1	
	C-2	78.1	24.3	26.7	37.3	26.0	28.7	25.8	29.5	33.1	30.5	35.0	A-2	
	C-1	84.0	79.6	19.1	31.5	32.4	20.6	21.4	29.4	27.9	36.3	36.4	A-3	
	B-4	70.5	67.8	67.7	37.5	28.8	28.2	26.1	35.0	29.9	36.6	36.6	A-4	
	B-3	70.6	71.0	72.1	72.4	23.9	23.7	22.8	29.0	32.8	31.3	31.3	B-1	
	B-2	72.3	71.2	78.6	75.6	79.2	16.2	20.3	26.5	23.0	21.5	21.8	B-2	
	B-1	78.2	78.5	77.0	73.5	79.7	83.8	20.8	24.4	21.4	28.8	27.7	B-3	
	A-4	68.7	68.7	67.2	71.0	77.2	76.4	76.1	27.6	27.9	29.0	29.1	B-4	
	A-3	63.4	63.4	70.1	65.0	73.6	71.8	71.2	62.5	32.3	32.2	29.5	C-1	
	A-2	63.6	63.3	72.1	70.6	78.6	79.4	67.6	68.5	80.9		20.4	16.0	C-2
	A-1	65.0	69.5	66.9	70.5	74.2	71.3	74.0	62.7	73.3	75.7		21.9	C-3
		54.2	60.0	63.3	61.2	61.9	66.0	60.2	58.3	79.2	76.4	63.7		
	C-4	C-3	C-2	C-1	B-4	B-3	B-2	B-1	A-4	A-3	A-2			

Legend : A : Gongju B : Buyeo C : Gochang

Fig 5. Similarity and dissimilarity index between plots included in an ordination analysis

는 被害가 回復됨에 따라 增加하나 相對優占値는 減少한다. 기타樹種은 相對密度, 相對優占値의 相對値가 모두 扶餘에서 增加되나, 高敞에서는 減少하였다. 前報¹⁵에서 無被害地인 安城, 被害先端地인 龍仁,

被害極基地인 加平地域으로 갈 수록 相對密度와 相對優占値의 相對値에 있어서 소나무는 減少하는 反面, 참나무屬은 增加한다고 報告하였다. 이것은 被害極基地인 公州, 被害持續地인 扶餘, 被害回復地인

Tab 6. Similarity index between districts

District	Range of similarity index (%)	Average similarity index (%)
Gongju (A) - Buyeo (B)	58.3 ~ 79.4	69.5
Gongju (A) - Gochang (C)	54.2 ~ 72.1	65.0
Buyeo (B) - Gochang (C)	67.2 ~ 78.6	72.9

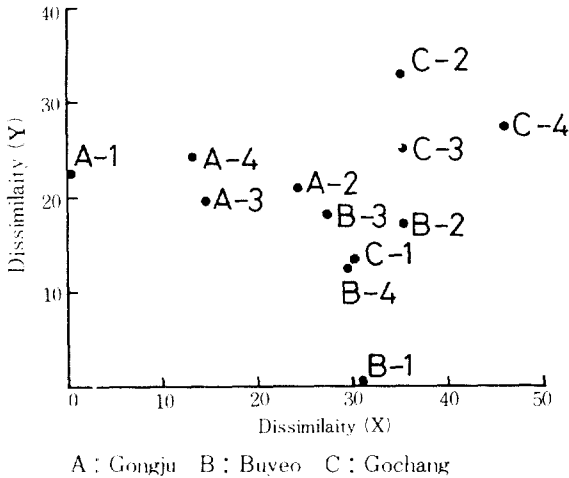


Fig. 6. Two-dimensional ordination of plots on the basis of X and Y coordinates.

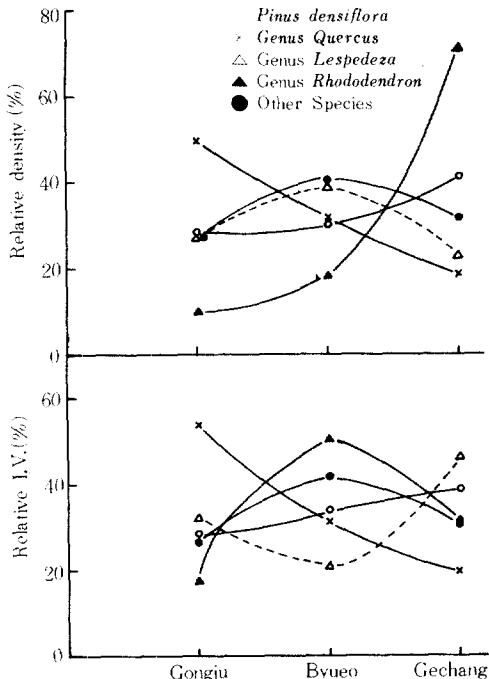


Fig. 7. Change of relative density and relative importance value.

高蔽으로 갈 수록 相對密度와 相對優占値의 相對値가 소나무는 增加하는 反面, 참나무屬은 減少하는 傾向을 나타내는 本研究와는 다른 結果를 보이고 있다. 이러한 理由는 被害持續地인 扶餘는 8年間, 加平은 15年間 被害가 持續되어 被害期間의 差異에 기인된다고 思料된다.

結 論

忠南 · 全北地方의 송일혹파리의 被害持續期間에 따른 調査地域別 環境要因과 植生狀態를 調査 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 송일혹파리의 被害가 持續됨에 따라 土壤水分含量, 土壤有機物含量, 落葉層 두께가 增加되는 傾向을 보였으며, 그 後에 被害가 回復됨에 따라 減少하는 것으로 나타났다.
2. 송일혹파리의 被害로 부터 回復되어 감에 따라 소나무의 相對優占値는 增加하는 反面에 참나무類의 相對優占値는 減少하는 것으로 나타났다. 特別 本 調査地域間에는 참나무類中 상수리나무의 相對優占値가 有意的이었다.
3. 송일혹파리被害가 持續됨에 따라 森林群集의 種多樣性은 增加되며, 被害로 부터 回復됨에 따라 다시 減少하는 것으로 나타났다.
4. 調査地域間의 類似度指數에 의하면 被害極基地和 回復地의 값이 가장 작고, 持續地와 回復地의 값이 가장 크게 나타났다.
5. 植物相의 變化를 分析한 結果 소나무가 優占種을 이루는 本 調査地域內에서 송일혹파리의 被害가 回復됨에 따라, 極基地에서 優占種을 차지하던 참나무類가 減少하며 싸리類, 진달래類 등이 下層植生을 形成하는 森林群集으로 變化해 갔다.

引用文獻

1. Beals, E. W. and J. B. Cope. 1964. Vegetation and soils in an eastern Indiana woods. Ecology 45 (4):777-792.

2. Bray, J. R., and J. T. Crutis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monograph* 27:325-349.
3. Buck, P. 1964. Relationships of the woody vegetation of the Wichita Mountains wild life refuge to geological formations and soil types. *Ecology* 45(2):336-344.
4. Cox, G. W. 1972. *Laboratory Manual of General ecology*. Wm. C. Brown Company, 232 pp.
5. Crutis, J. T., and R. P. McIntosh, 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
6. Hulburt, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
7. Preston, F. W. 1948. The commonness and rarity of speies. *Ecology* 29:254-283.
8. Schnell, G. D. 1977. Factor analysis of tree distributor patterns in Oklahoma. *Ecology* 58(6): 1345-1355.
9. Shafi, M. I., and G. A. Yarraton, 1973. Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary (post-fire) succession. *Ecology* 54(4): 879-902.
10. Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 188.
11. Veno, P. A. 1976. Successional relationships of five Florida plant communities. *Ecology* 57:498-508.
12. Whittaker, R. H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains, *Ecol. Monograph* 26:1-80.
13. 高木五六, 1929. 恐るべき赤松の新害虫 発生す. 朝鮮山林会報 53: 43-44.
14. 中央林業試験場, 1971~1979. 山林病虫害発生豫察 年報.
15. 任慶彬, 朴仁協, 李景宰, 1980. 京畿道地方 赤松林의 植物社会学的 研究, 韓林誌 50: 56-71