

잣나무 造林地內 土壤 微小 節肢動物相에 關한 研究

4. 날개응애의 群集分析

Soil Micro-arthropods Fauna in Plantations
of the Korean White Pine (*Pinus koraiensis*)

4. Community Analysis of Oribatid mites (Cryptostigmata)

權寧立 · 尹敬源

Young-Rib Kwon and Kyeong-Won Yun

ABSTRACT This study investigated the soil oribatid mite community at plantations of the Korean white pine, planted in different years. The soil samples(10×10×5 cm) were taken monthly from June 1988 to July 1989, and soil microarthropods in the sample were extracted using the Tullgren funnel for 72 hours. The diversity indices decreased at the older plantation sites with the maximum point in January and the minimum in September. The richness indices showed the maximum point in June and the minimum in May. The dominance indices increased at the older plantation and showed the maximum point in April, May, the minimum in January. The indices of aggregation of Oribatid mites species showed concentrated distribution in the average 1.9. The older plantation, the more indices increase. The seasonal variation of the indices tended to be greatest in April, August and at lowest in January. The richness indices was positively correlated with shannon-wiener, evenness indices. The dominance, aggregation indices was negatively correlated with shannon, evenness, richness indices.

KEY WORDS Oribatid mites(Acari: Cryptostigmata), Korean white pine, Community analysis.

초 록 잣나무 人工造林地의 植生과 林床 土壤에 棲息하는 날개응애類의 群集指數를 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다. 種多樣度의 Shannon-Wiener index와 均等度指數는 造林年數가 經過할수록 낮아지는 傾向이었으며 1월에 最高値를, 9월에 最低値를 나타냈다. 種豐富度指數는 6월에 最高値를, 5월에 最低値를 나타냈다. 優占度指數는 造林年數가 經過할수록 增加하는 傾向이고 4월과 5월에 最高値를, 1월에 最低値를 나타냈다. 集中度指數는 平均 1.9로서 집중분포를 나타냈으며, 造林年數가 經過할수록 增加하는 傾向이고, 4월과 8월에 最高値를 1월에 最低値를 나타냈다. 群集指數간의 相關關係에 있어서는 高度의 有意성이 認定되었으며 豐富度指數와 Shannon-Wiener, 均等度指數는 正의 相關關係가 優占度, 集中度指數와 Shannon-Wiener, 均等度, 豐富度指數는 否의 相關 關係가 認定되었다.

검색어 날개응애, 잣나무 조림지, 군집분석

土壤動物의 組成과 分布는 定性的 또는 定量的으로 대단히 複雜하고 場所에 따라 많은 差異를 보이고 있다. 이들은 棲息地의 自然的인 環境要因의 變化 뿐만 아니라 人爲的인 攪亂要因에 의한 影響을 받고 있다. 특히 날개응애류는 環境의 變化에 매우 敏感하여 土壤의 自然度를 나타내는 指標로 活用되기도 한다(青木 1980, 青木과 原田 1985, 崔 1984).

土壤環境의 自然度를 測定하는 指標 中에서 MGP分析方法은 날개응애의 高次分類方式에 따라 生殖門과 肛門의 接合 또는 分離 與否에 의해서 接門類(macropylina)와 離門類(brachypylina)로 分類하고, 離門類는 翼狀突起의 有無에 따라 다시 無翼類(gymnonota)와 有翼類(pononota)로 나누어지는데, 이를 基礎로 하여 青木(1983)은 날개응애의 大分類에

의한 3群 즉 接門類(macropylina; M群), 無翼類(gymnonota; G群), 有翼類(poronota; P群)로 날개응애의 群集構造를 分析하는 MGP分析 方法을 提示한 바 있다.

본 研究는 自然林을 皆伐하고 잣나무를 造林했을 때 造林年數의 經過에 따라 土壤生態系의 重要한 몫을 擔當하고 있는 土壤中 微小節肢動物의 群集과 環境條件에 대한 動物들의 變化에 대해서 調査하였던 바, 前報에서는 날개응애種의 構成(權과 崔 1992), 날개응애類의 季節的 變動(權等 1992), 土壤微小節肢動物의 種類와 分布(權 1993)들을 報告하였다. 本報에서는 날개응애類의 群集 指數를 利用하여 生態的 群集 分析을 실시한 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

調査地域의 概要

調査地域은 京畿道 南楊州郡 水洞面 水山里(37°40'~37°45'N, 127°15'~127°27'E) 一帶로 傾斜가 급하고 地勢가 比較的 緩한 지역이다. 全體的으로는 참나무類를 비롯한 落葉樹林으로 이루어져 있으며 10餘年生 소나무가 散在하고 있었다.

自然落葉樹林을 造林年度 前年の 가을에 皆伐하여 除去한 後 다음 해 봄에 5年生 잣나무 苗木을 平均 1.83 m 間隔의 正方形으로 심었다. 調査한 林齡은 造林後 3, 5, 15, 25, 50, 60年이었다.

각 調査地域別의 具體的인 概要는 前報(權과 崔 1992, 權 1993)와 같다.

試料의 採取 및 處理

土壤中에 棲息하는 날개응애類의 群集을 分析하기 위해서 土壤試料를 採取하였다. 土壤採取는 各 調査地마다 400 m²(20 m×20 m)의 區域을 設定하고, 1988年 6月부터 1989年 5月까지 每月 1回씩 設定된 地域內에서 採取하였다. 土壤採取 機構는 가로 세로 높이 10×10×5 cm(500cc)의 합식 各통을 使用하였다. 各 調査地마다 中心點과 4개의 頂點部에서 試料를 採取하였으며, 合計 5個가 한 區의 標本이 되도록 하여 2,500cc씩 土壤을 採取하였다. 採取한 土壤은 實驗室로 옮겨 tullgren funnel에 넣어 72時間 동안 動物을 抽出하였다. 抽出된 動物은 80% ethyl

alcohol에 固定하여 slide 標本을 만들어 光學 顯微鏡을 利用하여 同定하였다.

날개응애類의 群集指數

날개응애類의 群集을 分析하기 위하여 指數는 다음과 같은 式으로 計算하였다.

A. 多樣度指數(diversity index)

a. Shannon-Wiener index (Shannon 1949, Margalef 1968)

$$H' = -\sum(n_i/N)\log(n_i/N)$$

(N: 總個體數, n_i: 種當個體數)

b. Evenness index(Pielou 1966)

$$E = H'/\log S$$

(H': Shannon-Wiener index, S: 總種數)

c. Richness index(Margalef 1958)

$$D = (S - 1)/\log N$$

(S: 總種數, N: 總個體數)

B. 優占度指數(dominance index)

Simpson's index(Simpson 1949)

$$d = \sum(n_i/N)^2$$

(N: 總個體數, n_i: 種當個體數)

C. 集中度指數(agggregation index, Gunnarsson 1980)

$$\lambda = \sqrt{S^2/\bar{X}}$$

(S²: 標本の 分散, \bar{X} : 標本の 平均)

集中度指數는 날개응애類를 한 種으로 간주하고 計算하였다.

種에 대한 同定은 Balogh(1972), Krantz(1978), Ehara(1980)의 檢索表 및 記載에 따랐다. 本 研究에서 群集分析한 날개응애類는 29,256個體 109種이었으며 調査地의 月別 個體數 및 種數는 표 1과 같다. 調査期間中の 氣象은 표 2와 같다.

날개응애類와 調査地 環境과의 相關關係에 있어서는 날개응애 種數와 造林年度에서 有意性이 認定되었으며 平均氣溫, 降雨量, 海拔, 傾斜, 植物種數에서 有意性이 認定되지 않았다(표 3).

Table 1. Seasonal changes in individual and species number of oribatid mites at six different sites
(no./samples)

Years after transplanting	1988						1989						Total
	Jun.	Jul.	Aug.	Sep	Oct.	Nov	Dec.	Jan	Feb	Mar.	Apr.	May	
3	889 (42)	187 (26)	215 (22)	479 (28)	286 (28)	261 (29)	272 (33)	191 (24)	286 (25)	339 (25)	253 (19)	217 (21)	3,985
5	415 (43)	269 (36)	226 (30)	205 (25)	246 (31)	257 (41)	406 (38)	296 (38)	590 (37)	242 (37)	226 (29)	163 (25)	3,541
15	894 (40)	518 (34)	288 (30)	537 (33)	257 (26)	303 (22)	296 (22)	351 (29)	493 (27)	177 (19)	285 (25)	152 (18)	4,551
25	672 (38)	398 (28)	469 (32)	350 (23)	315 (25)	540 (35)	634 (29)	513 (27)	860 (26)	920 (31)	1,112 (33)	1,911 (28)	8,694
50	828 (31)	380 (30)	320 (26)	416 (21)	184 (23)	367 (24)	612 (32)	120 (18)	262 (20)	682 (30)	357 (21)	339 (22)	4,867
60	546 (32)	714 (31)	439 (22)	192 (20)	397 (25)	98 (25)	162 (22)	95 (20)	51 (12)	136 (22)	563 (22)	225 (19)	3,618
Total	4,244	2,466	1,957	2,179	1,685	1,826	2,482	1,566	2,542	2,496	2,796	3,007	29,256

number of species is in the parenthesis

Table 2. Meteorological conditions of Namyangju near Sudong area during the period this experiment was carried out

	Air temperature (°C)						D.C.		Prec.		Irrad.
	Mean		Maximum		Minimum		(°C)		(mm)		(hr)
	Mean	Avg.	Mean	Avg.	Mean	Avg.	Mean	Avg.	Mean	Avg.	Mean
1988 Jun.	22.7	23.3	28.3	28.4	17.0	16.2	11.3	12.2	77.4	98.1	216.3
Jul.	24.9	25.1	28.3	29.4	21.6	21.0	6.7	8.4	412.0	366.2	96.4
Aug.	26.9	26.6	32.1	30.2	21.6	20.9	10.5	9.3	44.5	308.0	200.0
Sep.	20.5	20.5	26.1	26.0	14.8	14.2	11.3	11.8	24.6	121.4	202.2
Oct.	12.4	13.4	19.6	19.1	6.0	6.8	13.6	12.3	10.0	56.8	227.3
Nov.	2.9	5.3	9.1	10.5	-3.5	-1.1	12.6	11.6	19.8	39.5	199.8
Dec.	-3.0	-2.2	3.2	3.2	-7.3	-7.3	10.5	10.5	15.6	18.1	16.8
1989 Jun.	0.5	-6.1	4.8	-1.2	-3.6	12.3	8.4	11.1	52.0	25.4	145.9
Feb.	1.4	-3.0	6.7	1.9	-3.8	-8.3	10.5	10.2	31.5	9.3	179.6
Mar.	5.8	4.1	11.4	10.0	0.0	-1.5	11.4	11.5	114.1	35.5	201.9
Apr.	11.4	12.0	19.3	18.0	3.2	3.9	16.1	14.1	18.9	66.3	250.7
May	16.7	18.0	23.5	24.0	10.0	10.0	13.5	14.0	51.6	91.8	231.7

D.C.; Diurnal change Irrad.; Irradiation Mean, Monthly Prec. ; Precipitation Avg. , Average (1980-1987)

Table 3. Correlation coefficients between environmental factors and the number of oribatid mites collected from the sudong plantation

Factor Number	Mean temperature	Precipitation	Number years after transplanting	Sea level	Inclination	Number of plant species
Individual	0.315	0.120	0.230	-0.777	-0.175	0.409
Species	0.431	0.430	-0.901*	0.183	0.136	0.356

*: Significant at the 0.05 probability level

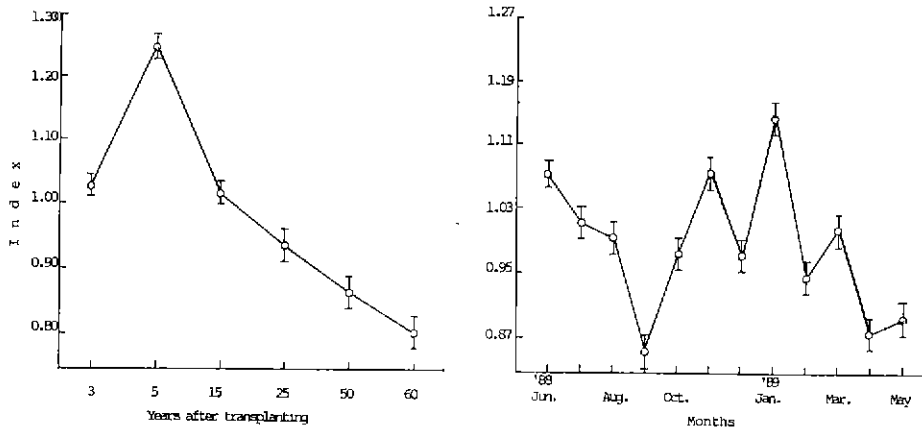


Fig. 1. Shannon index of Oribatid mites at plantations of the Korean white pine.

結果 및 考察

잣나무 造林年數의 變化에 따른 卵類의 種多樣性 變化는 統合된 環境속에서 일어나는 生態系內的 生物的 非生物的 構成要素의 安定성과 聯關이 되어 있기 때문에 卵類의 多樣성을 測定하는 것은 MGP分析 方法과 함께 群集分析에 重要한 指標로 活用될 수 있다고 생각된다(金과 玄 1989).

種多樣度는 群集構造를 表現하는 것으로서 높은 種多樣度는 같거나 거의 같은 種들이 매우 豊富하게 있는 境遇를 말하는데 이는 매우 複雑한 群集을 나타낸다는 것을 意味하며, 여러 種이 移動, 먹이망, 飽食關係, 競爭, 生物的 地位分割 등을 包含한 個體群의 相互作用이 複雑하고 多樣하다는 것을 나타낸다. 이에 반해서 낮은 種多樣度는 群集이 적은 種으로 構成되어 있거나 단지 몇몇 種만이 豊富하게 있을 때를 意味한다. 따라서 群集의 安定度에 대한 尺度는 群集의 構成成分이 어떠한 방해에 의해서도 影響을 받지 않는 群集構造의 能力을 표시한다. Odum (1971)도 群集의 安定성과 關聯하여 천이가 進行됨에 따라 種多樣도와 均質度는 增加하는 傾向을 보인다고 하였다.

그림 1의 Shannon-Wiener index는 각 造林地에서 卵類 群集의 多樣도를 나타낸 것인데, 잣나무 造林後 5年 地域에서 가장 높고 60年 地域에서는 낮으나 3年 地域을 除外하고는 造林年度가 經過할수록 낮아졌다. 造林後 3年 經過地에서 낮았는데

이러한 原因은 造林 以前에는 人爲的인 干渉이 거의 없는 自然的인 狀態에서 多樣도가 높았으나 造林을 위한 伐木으로 인해서 地上部 環境이 크게 바뀌게 되고 잣나무를 造林함으로써 地下部 環境이 破壞된 影響으로 3年 經過地에서 낮은 것으로 생각된다. 山林의 造成年度가 經過할수록 種多樣度 指數가 낮아지는 結果에 대해서는 原田(1988)도 人工林은 林床環境의 單純化를 維持하며, 卵類에 種造成의 貧弱化를 만들고 있다고 하였다. 본 調査地域에서는 60年이 經過하였으므로 그 期間동안 土壤環境이나 地上의 植生環境도 완전히 잣나무林 特性이 形成된 것으로 생각된다. 土壤에 棲息하는 動物 특히 卵類도 그곳에 적응하는 種들로만 定着하여 安定化 되었으리라 믿어지며 原田(1988)이 지적한 人工造林地의 特性이 나타났기 때문에 造成年度가 經過할수록 種多樣度 指數가 낮아졌다고 생각된다. 또한 잣나무 造林의 經過 期間에 따라 種多樣度 指數가 낮아지는 結果와 優勢度 構成이 달라지는 結果와도 關聯이 있다고 생각된다. 優勢도는 잣나무 造林年度가 經過될수록 有機物의 부숙정도와 부숙과정에서 유출되는 化學物質의 影響에 의해서 달라진다고 생각된다. 우점종이 차지하는 比率은 造林後 3年 地域에서 5種(64.7%), 5年 地域에서 4種(36.9%), 15年 地域에서 4種(59.4%), 25年 地域에서 4種(66.8%), 50年 地域에서 3種(63.3%), 60年 地域에서 1種(58.6%)으로 나타났고, 弱勢種은 3年 地域에서 55種, 5年 地域에서 54種, 15年 地域에서 49種, 25年 地域에서

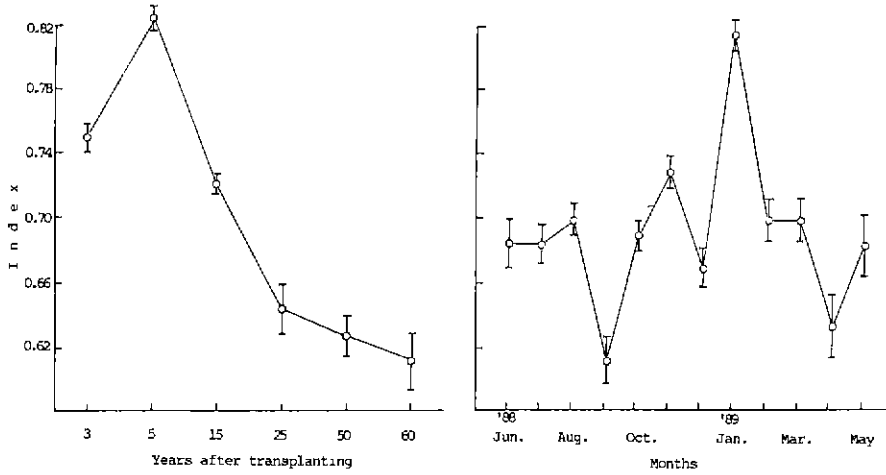


Fig. 2. Evenness index of Oribatid mites at plantations of the Korean white pine.

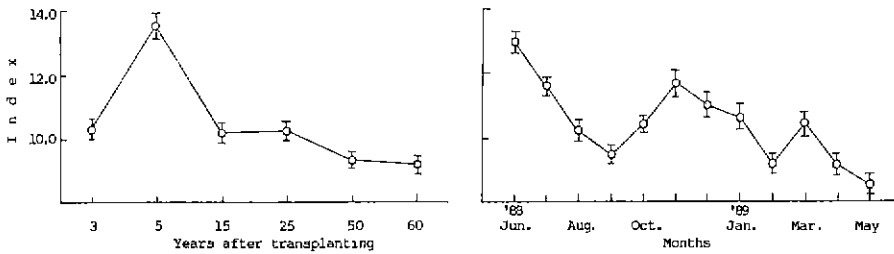


Fig. 3. Richness index of Oribatid mites at plantations of the Korean white pine.

52種, 50년 地域에서 47種, 60년 地域에서 40種으로 나타났다. 造成初期에는 우점종과 약세종이 많고 造林의 經過期間이 점차 經過함에 따라 우세종과 약세종이 적어지는 반면 중세종수는 增加하는데(권과 최 1992) 이러한 傾向値는 造林初期에 比較的 심한 교란을 받았다가 造林年度가 經過될수록 날개응애류는 식생의 特性에 적응하는 群集으로 安定化되어 가는 것으로 생각되어 종다양도 지수에 영향을 미쳤으리라고 사료된다.

季節別로는 '89年 1월에 가장 높고 '88年 9월에 가장 낮은 것으로 나타났다. 1월의 低溫으로 個體數는 減少하나 種數는 減少하지 않기 때문에 1월에 種多樣度가 가장 높게 나타난 것으로 思料되며, 9월에 가장 낮은 것에 대해서는 7월의 많은 降雨와 8月 以後의 持續되는 가뭄의 影響으로 種數는 減少했으나 環境의 惡條件에서도 適應하는 少數種에 해

당되는 응애類의 個體數가 增加되어 種數는 적고 個體數는 增加했기 때문인 것으로 생각된다(표 2).

種의 均等度指數(그림 2)도 Shannon 指數와 같은 結果로 나타났는데, 均等度와 Shannon의 多樣度는 다같이 높은 값을 갖게 되었을 때 우점종의 空間的인 集中性이 낮다. 豐富度指數(그림 3)도 地域別로는 Shannon 指數, 均等度 指數와 같은 傾向으로 나타 났다. 月別로는 '88年 6월에 높고 '89年 5월에 낮게 나타났다. 이러한 結果는 날개응애類의 個體數가 6 월에 높고 5월에 種當個體數는 가장 높으나 種數가 가장 낮게 나타났기 때문인 것으로 생각된다. 種의 豐富度는 物理化學的인 外部교란이 가해지면 稀少 種의 種數가 減少하고 少數種의 優點에 대한 重要 性이 높아진다. 다시 말하면 優點種의 集中化가 일 어나서 種數는 적고 個體數는 많아진다고 Odum (1971)도 報告한 바 있다.

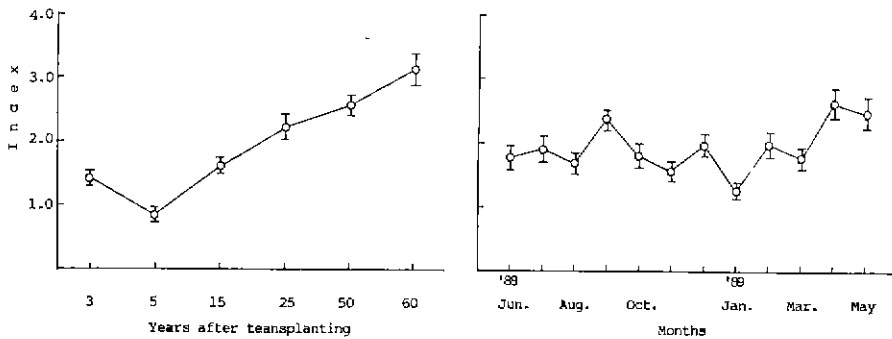


Fig. 4. Dominance index of Oribatid mites at plantations of the Korean white pine.

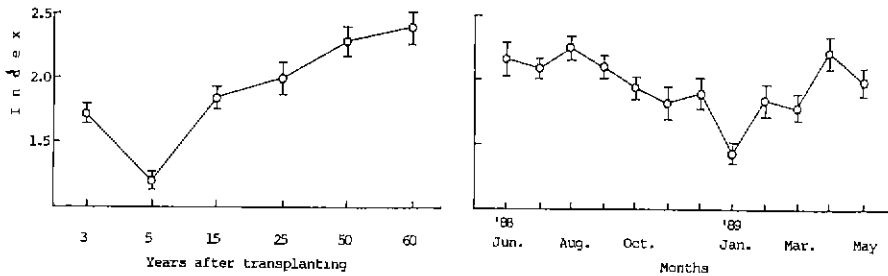


Fig. 5. Aggregation index of Oribatid mites at plantations of the Korean white pine.

Table 4. Correlation coefficients between the each index

Index	Shannon	Evenness	Richness	Dominance
Evenness	-0.9819**	-		
Richness	0.9555**	0.9099**	-	
Dominance	-0.9587**	-0.9614**	-0.8347*	-
Aggregation	-0.9942**	-0.9803**	-0.9406**	-0.9654**

*: Significant at the 0.05 probability level

** : Significant at the 0.01 probability level

優点度指數가 높으면 群集은 少數種으로 構成되어 있음을 뜻하며, 優点度指數가 낮으면 여러 種이 分配하여 차지하고 있다는 것을 意味하는데 優点度指數는 그림 4에서 보는 바와 같이 造林後 60年인 地域에서 가장 높고 5年인 地域에서 가장 낮으나 3年인 地域을 除外하고는 造林年度가 經過할수록 增加하는 傾向으로 나타났다.

季節別로는 4月과 5월에 높고 1월에 가장 낮은 것으로 나타났다. 優点度は 種多樣도와 反比例 하는 것으로 나타났는데(표 4), 이러한 結果는 Whittaker

(1965)의 報告와도 一致한다.

Gunnarsson(1980)의 정의에 의한 날개응애類의 集中度指數를 그림 5에 나타냈다. 集中度指數는 Fisher의 分散指數를 Gunnarsson이 變形한 것인데 날개응애類의 全體를 한 種으로 간주하고 計算했다. 실제 分散/平均(V/m)의 값이 1이면 分布는 random 分布이고 1以上이면 集中分布를 하는 것인데 平均 1.9以上으로서 集中分布를 나타내고 있다. 地域別 集中度指數를 보면 6個 地域 모두에서 날개응애類는 1.224~2.411의 指數를 나타내고 있어 역시 集中分布하는 것을 알 수 있다. 造林年度別 集中度指數는 60年 地域에서 가장 높고 5年 地域에서 가장 낮으나 3年 地域을 除外하고는 날개응애의 集中度는 造林年度가 經過할수록 增加하는 傾向으로 나타났다. 月別 集中度指數는 4月과 8월에 가장 높고 1월에 가장 낮았다. 이러한 原因은 4월의 일교차가 크고 일사량이 많았으며, 8월에 氣溫이 가장 높고 1월에 가장 낮은 것의 影響으로 생각된다(표 2). 造林年度가 經過할수록 增加하는 傾向에 대해서는 그림 4의 優占度指數가 造林年度의 經過에 의해서 높아지는 結果

와도 高度의 定의 相關이 認定되어 서로 關聯이 있다고 생각된다(표 4).

種多樣度, 豐富度, 均等度指數의 關係로 볼 때 有機物 分解에 重要한 役割을 하는 응애류 群集의 特性은 잣나무 造林 以前의 自然狀態에서는 多樣性이 높으나(최 1984) 벌목 직후 造林으로 地面 環境에 큰 影響을 미친 後에는 5年을 頂点으로 회복되다가 잣나무가 成長할수록 多樣性은 낮아지는 環境을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

引用 文 獻

- 青木淳一. 1980. 土壤動物學. 東京, 北京館. 814pp.
- 青木淳一. 1983. 三つの 分類群의 種數 および 個體數의 割合による ササラダニ群集의 比較(MGP分析). 橫濱國大環境研記要. **10**(1): 171 - 176.
- 青木淳一, 原田洋. 1985. 環境保全林의 形成と 土壤動物群集(特に ササラダニ群集의 變化). 橫濱國大環境研記要. **12**: 125-135.
- 金亨勳, 玄在善. 1989. 造林年度가 다른 잣나무 造林地 土中 蟎類의 群集의 季節的 變動에 관한 研究. 韓應昆誌 **28**: 201-209.
- 崔星植. 1984. 光陵地域의 土壤微小節肢動物相 分析에 관한 研究. 圓光大論文集 **18**: 185-235.
- 原田洋. 1988. ササラダニ類의 生態分布に 關する研究 1. 本州中部地域を中心として. 橫濱國大環境研記要. **15**: 119-166.
- 權寧立, 崔星植. 1992. 잣나무 造林地內 土壤微小節肢動物相에 關한 研究 1. 날개응애種의 構成. 韓應昆誌 **31**(1): 10-22.
- 權寧立, 黃昌周, 朴建鎬, 崔奉柱, 崔星植. 1992. 잣나무 造林地內 土壤微小節肢動物相에 關한 研究 2. 날개응애類의 季節的 變動. 靑雲李萬相博士回甲紀念論文集 335-353.
- 權寧立. 1993. 잣나무 造林地內 土壤微小節肢動物相에 關한 研究 3. 土壤微小節肢動物의 種類와 分布. 韓應昆誌 **32**(2): 168-175.
- Ehara, S. 1980. Illustrations of the mites and ticks of Japan. Zenkoku noson kyoiku kyokai, Tokyo, pp562 (in Japanese).
- Balogh, J. 1972. The Oribatid Genera of the world. 188pp+71 pls.
- Krantz, G. W. 1978. A manual of Acarology. 509pp.
- Gunnarsson, B. 1980. Distribution, abundance and population structure of Protura in two woodland soils in southwestern Sweden. *Pedobiologia*. **20**: 254-262.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. syst.*, v. 111, P. 36-71.
- Margalef, R. 1968. *Perspectives in ecology theory*. Chicago, 111P.
- Odum, E. 1971. *Fundamentals of ecology*(3rd ed.). Saunders and Toppan. 574pp.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.* **13**: 131-144.
- Shannon, C. E. 1949. The mathematical theory of communication. (In, Shannon, C. E. & W. Weaver, *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press pp. 29-125)
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163-688.
- Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science*. **147**: 250-60.

(1995년 2월 3일 접수)