

白鷺와 왜가리의 集團繁殖에 의한 森林土壤 및 草本層 構造의 變化¹

文炯泰² · 南美淑² · 趙三來²

Changes of Forest Soil and Herb Layer Composition by Group Breeding of Herons¹

Hyeong-Tae Mun², Mi-Sook Nam² and Sam-Rae Cho²

要 約

강원도 橫城 鴨谷리의 白鷺와 왜가리 集團棲息이 森林生態系에 미치는 영향을 조사하였다. 이 지역은 1973년부터 天然記念物 248호로 지정되어 보호되고 있는 곳으로 1995년 조사에 의하면 700개체 이상의 白鷺와 왜가리가 棲息하는 것으로 관찰되었다. 鳥類의 集團棲息으로 교목인 잎갈나무들이 대부분 그사하였고, 실생에 의한 보충은 일어나지 않았다. 서식처 잎갈나무군락의 토양 營養鹽類 함량은 對照區 잎갈나무군락에 비해 현저히 높았다. 이것은 주로 조류의 排泄物, 樹冠層과 둥지에서 떨어진 잎과 가지의 분해에 起因하는 것으로 판단되었다. 集團棲息地의 교목이 枯死함에 따라 林床에 투과되는 광량이 증가하여 초본층의 식물종이 對照區와 현저한 차이가 있었다. 富營養化 된 서식지에는 환삼덩굴, 가지여뀌, 떠느리배꼽, 닭의장풀, 애기똥풀, 바랭이, 도깨비바늘, 마 등이 優點하는 것으로 조사되었다. 집단번식지와 대조구 잎갈나무군락의 관목층과 초본층의 유사도 지수는 각각 0.36, 0.07이었다.

ABSTRACT

Community structure and soil properties of larch forest which are used for breeding site by herons were studied at Apgogri, Hoengsung, Kangwon Province. This site has been protected as a Natural Monument(No. 248) from 1973, in Korea. Herons have used this habitat from February to October every year. In 1995, more than 700 herons were observed in this habitat. Most of the larches died due to group breeding of herons, and no larch saplings were found at forest floor. Nutrient contents of soil in this habitat were much higher than those in control plot(non-breeding site). This must be due to the addition of faeces from herons and of thin twigs and other organic materials from the canopy and bird nests. Species composition of herb layer in this habitat was quite different from that in control plot. Breeding site was dominated by *Humulus japonicus*, *Persicaria fauriei*, *Persicaria perfoliata*, *Commelina communis*, *Chelidonium majus* var. *asiaticum*, *Digitaria sanguinalis*, *Bidens bipinnata*, *Dioscorea batatas* which are indicator species of soil eutrophication. Similarity index of shrub and herb layer between the breeding site and control site was 0.36 and 0.07, respectively.

Key words: breeding site, eutrophication, herons, nutrients, similarity index, species composition

¹ 接受 1996年 5月 6日 Received on May 6, 1996.

² 공주대학교 자연과학대학 생물학과 Dept. of Biology, Kongju National University

緒 論

水系の 富營養化 과정은 잘 알려져 있는 현상으로 부영양화에 따른 식물성플랑크톤의 群集 구성의 변화가 뚜렷하고 水界生態系 전반에 걸쳐 해로운 효과를 나타내기 때문에 이에 대한 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다(Jakucs, 1991). 그러나 최근에는 대기오염물질에 의한 陸上生態系의 토양의 富營養化가 중요한 문제로 대두되고 있다(Bell, 1994).

一次遷移 과정에서는 천이가 진행됨에 따라 토양의 營養鹽類 함량이 증가하기 때문에(Crocker and Major, 1955; Crocker and Dickson, 1956), 森林土壤의 부영양화는 자연적인 현상으로 볼 수 있다. 그러나 이러한 자연적인 현상 이외에도 삼림의 衰退에 따른 유기물의 첨가와 분해, 특정한 樹種의 조림, 완전 伐木, 그리고 대기오염물질 특히 질소산화물의 降下에 의해 토양이 부영양화될 수 있다. 부영양화가 된 지역이나 인위적으로 영양염류를 첨가한 지역에서는 下層植生의 변화가 隨伴되며, 지역에 따라서는 원래의 초본식물이 사라지고 부영양화된 토양에서 유리한 일부 種에 의해 그 지역이 우점되기 때문에 種多樣性의 변화를 초래하기도 한다(Bell, 1994; Tilman, 1982; Mun and Whitford, 1989).

우리 나라에는 봄부터 여름에 걸쳐 白鷺와 왜가리가 집단으로 번식하는 場所가 강원도 횡성군 압곡리 등 천연기념물로 지정된 지역이 6개소 있으며, 이 밖에도 소규모로 번식하는 지역이 전국에 산재하고 있다(元, 1975). 白鷺와 왜가리가 森林의 樹冠層에 둥지를 만들고 서식하면 나무들은 점차 活力이 떨어지고 결국 枯死하게 되며, 또한 이들의 排泄物이나 다른 여러 가지 요인으로 토양 성질의 변화가 예상된다(Mun and Cho, 1996). 이러한 지역에서는 優占樹種의 보충이 거의 일어나지 않기 때문에 樹冠層이 衰退함에 따라 삼림이 荒廢化되고, 백로와 왜가리는 다시 인접 지역으로 번식지를 옮겨 점차적으로 삼림의 훼손면적이 늘어나는 경우도 있고 일부 지역에서는 도래하는 백로와 왜가리의 수가 감소하게 된다.

본 연구는 江原道 橫城郡 鴨谷里의 白鷺와 왜가리 집단번식지인 잎갈나무(*Larix gmelini* var. *principisruprechtii*) 군락과 그와 인접한 주변에

위치하면서 이들 조류가 서식하지 않는 잎갈나무 군락의 初本층 構造와 토양의 化學的 특성을 조사 비교하여 鳥類의 집단번식으로 인한 토양의 富營養化 정도 및 그로 인한 식물군락의 변화를 파악하여 조류의 집단번식으로 훼손된 삼림생태계를 復原하기 위한 基初資料를 얻는데 그 목적이 있다.

調查地의 概況

본 연구의 調查地所는 행정구역상 江原道 橫城郡 鴨谷里에 있는 잎갈나무림으로 95% 이상의 교목이 枯死木이었다(Fig. 1). 이 지역의 白鷺 및 왜가리 集團繁殖地는 1973년에 天然記念物 第248號로 지정되어 보호되고 있다. 서식처는 산의 下部에 국한되어 있으며, 둥지를 만들 나무가 줄어들어 따라 관목상의 물푸레나무나 떡갈나무 등에도 둥지를 만들고 있다. 우점수종인 잎갈나무의 95%가 枯死하였기 때문에 草本層의 발달이 顯著하며, 초본식물의 생육상태도 매우 양호하였다.

白鷺와 왜가리는 2월 초순경부터(왜가리) 3월 초순경에(백로) 우리 나라에 渡來하여 번식을 마친 후 9월말부터 10월에 걸쳐 남쪽으로 이동하는 철새들이다(元, 1975). 본 조사지소에서 1995년 4회에 걸쳐 조사한 자료에 의하면 대규모의 중대 백로, 왜가리, 쇠백로 이외에도 황로 등이 일부 관찰되었다(Table 1). 對照區로는 서식지와 인접하면서 조류가 서식하지 않고 조사구의 잎갈나무

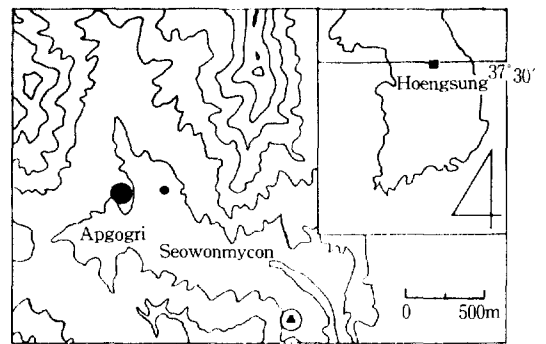


Fig. 1. A map showing the study area. Large closed circle and open circle with triangle indicate the breeding site of herons and control site, respectively. Small closed circle indicate the location of the branch of Seowon Elementary School.

Table 1. Observed number of individuals in each species of herons at Apgogri, Hoengsung, Kangwon Province in 1995.

Species	Observation date			
	March 18	May 27	June 21	July 15
<i>Ardea cinerea</i> (왜가리)	110	310	200	132
<i>Egretta alba modesta</i> (중대백로)		250	208	224
<i>Egretta garzetta</i> (쇠백로)		200	195	142
<i>Bubulcus ibis</i> (황로)		12	13	10
Total number	110	772	616	508

와 흉고직경이 비슷한 잎갈나무 조림지를 선정하였다.

調査 方法

1995년 8월에 集團繁殖地와 對照區의 잎갈나무 군락에서 관목층은 5m×5m의 방형구를 각각 10개씩, 그리고 초본층은 1m×1m 방형구를 각각 20개씩 추출하여 층별 구조를 조사하였다. 관목은 출현종의 頻度, 被度 및 密度를, 그리고 초본식물은 빈도와 피도를 산출하여 重要值를 구했다. 조사 자료를 이용하여 관목층과 초본층의 類似度指數를 계산하였다(Sorensen, 1948).

土壤은 0-15cm 깊이에서 채취하였다. 1점의 토양을 채취할 때에는 반경 2m 이내에서 5지점의 토양을 모아 하나로 합하였으며, 서식지와 대조구에서 임의로 각각 10점씩 채취하였다. 토양은 실험실로 가져온 다음 陰乾시켜 2mm 체로 친 후 分析에 사용하였다. 토양의 酸度는 토양: 증류수를 1:5로 하여 1시간 동안 진탕시킨 후 상등액의 pH를 pH meter로 측정하였고, 유기물함량은 600℃의 전기로에서 4시간 동안 태운 후 灼熱消失量으로 측정하였다. 토양의 全窒素는 micro Kjeldahl법으로 측정하였고, 토양의 有效磷은 NH₄F로 추출한 후 발색시켜 比色 定量하였다(Allen *et al.* 1974). 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 원자흡광도계로 定量하였다(Wilde *et al.*, 1979). Total-Sulfur는 Bradsley and Lancaster(1960)에 따라 분석하였다. 서식지와 대조구 토양의 분석 자료는 모두 t-검정을 실시하였으며, 유의수준 5%를 기준으로 판정하였다.

結果 및 考察

토양성질의 비교

繁殖地와 對照區 잎갈나무군락의 토양 성질을

Table 2. Comparisons of soil properties between the breeding site and the control site at Apgogri, Hoengsung(mean±S.D.)

Soil properties	Breeding site	Control site
Organic matter(%)	32.2±4.20***	11.4±2.76
Soil pH	4.3±0.07*	4.6±0.13
Total nitrogen(mg/g)	15.9±3.32**	3.8±1.38
Phosphate(ppm)	24.5±2.15***	0.9±0.00
Potassium(ppm)	10.9±0.13**	3.9±0.26
Calcium(ppm)	20.2±4.24**	8.9±0.96
Magnesium(ppm)	1.3±0.79NS	2.4±0.22
Total sulfur(mg/g)	48.9±8.31**	15.7±3.63

NS : Not significant,

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

Table 2에 종합하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 토양 有機物 含量을 비롯하여 全窒素, 有效磷, 칼륨, 칼슘, 그리고 황 함량에서 繁殖地와 對照區 사이에 큰 차이가 있었다.

토양의 유기물 함량은 서식처가 대조구에 비해 현저히 높게 나타났다. 이것은 白鷺와 왜가리가 둥지를 만드는 교목의 잎, 가지 등이 枯死하여 林床에 유입되고, 초본층의 생산량이 많아 토양에 첨가되는 유기물량이 많기 때문인 것으로 판단된다. 서식처의 토양 酸度는 대조구에 비해 더 낮았고, 이러한 차이는 5% 수준에서 有意性이 인정되었다. 토양의 전질소와 칼륨 함량은 서식처와 대조구 사이에 1% 수준에서 有意性이 인정되었으며, 특히 유효인 함량은 0.1% 수준에서 有意性이 인정되었다.

이러한 원인은 서식하고 있는 백로와 왜가리의 배설물이 임상에 이입될 뿐만 아니라 어린 새를 먹이기 위해 날라온 먹이(주로 인근 하천이나 논에서 포획한 어류)가 임상에 떨어져 분해되기 때문인 것으로 추정된다. 조사기간 중에도 서식처의 임상에 미꾸라지, 붕어, 피라미 등 많은 물고기가 떨어져 부패되고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 특히 유효인의 경우 서식처는 대조구에 비해

27배 이상 높은 것으로 나타났다. 이것은 白鷺와 왜가리의 排泄物에 다량의 磷이 포함되어 있기 때문인 것으로 추정된다.

토양의 칼슘함량도 서식처와 대조구 사이에 큰 차이가 있었다. 白鷺와 왜가리 서식지 토양의 칼슘 함량이 높은 이유 중의 하나는 이들 鳥類의 알이 부화된 후 알껍질이 임상에 떨어져 분해되기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 마그네슘은 서식처와 대조구 사이에 유의한 차이가 없었다.

한편 토양의 황 함량에서도 큰 차이가 있었다.

서식처 토양에서 황 함량이 높은 것은 산란기 때의 알이 여러 가지 원인으로 떨어져 깨지거나 부화 잔재물들이 林床에 많이 떨어지기 때문인 것으로 판단되지만 이에 대해서는 더 調査가 필요한 것으로 생각된다.

번식지 앞갈나무군락의 구조

교목층은 앞갈나무가 우점하였으나 앞갈나무의 95%가 이미 고사하였다. 앞갈나무 이외에 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*), 졸참나무(*Quercus*

Table 3. Species composition of larch forest, breeding site of herons, at Apgogri, Hoengsung, Kangwon Province

Species	R.F (%)	R.C (%)	R.D (%)	Importance value
Tree layer				
<i>Larix gmelini</i> var.				
<i>principisruprechtii</i> (앞갈나무)	33	35	26	94
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	27	24	32	83
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	20	24	25	69
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)	20	18	18	56
Shrub layer				
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	20	29	20	69
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)	20	19	18	57
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	15	19	18	52
<i>Corylus heterophylla</i> (난티일개암나무)	10	5	8	23
<i>Ailanthus altissima</i> (가중나무)	10	5	8	23
<i>Smilax sieboldii</i> (민청가시덩굴)	7	7	8	22
<i>Sambucus williamsii</i>				
var. <i>coreana</i> (떡총나무)	5	5	4	14
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> (산초나무)	2	5	6	13
<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	5	2	2	9
<i>Juniperus rigida</i> (노간주나무)	5	2	2	9
<i>Maackia amurensis</i> (다릅나무)	2	2	4	8
	R.F (%)	R.C (%)	Importance value	
Herb layer				
<i>Humulus japonicus</i> (환삼덩굴)	11	15	26	
<i>Persicaria fauriei</i> (가시여뀌)	11	13	24	
<i>Persicaria perfoliata</i> (며느리배꼽)	11	13	24	
<i>Commelina communis</i> (닭의장풀)	9	12	21	
<i>Chelidonium majus</i>				
var. <i>asiaticum</i> (애기똥풀)	9	10	19	
<i>Digitaria sanguinalis</i> (바랭이)	9	7	16	
<i>Bidens bipinnata</i> (도깨비바늘)	7	7	14	
<i>Dioscorea batatas</i> (마)	7	7	14	
<i>Solanum nigrum</i> (까마중)	5	5	10	
<i>Achyranthes japonica</i> (쇠무릎)	6	3	9	
<i>Siegesbeckia glabrescens</i> (진득찰)	6	3	8	
<i>Setaria viridis</i> (강아지풀)	5	3	5	
<i>Stellaria aquatica</i> (쇠별꽃)	2	3	3	
<i>Persicaria nepalensis</i> (산여뀌)	1	2	3	
<i>Amaranthus mangostanus</i> (비름)	1	1	2	

R.F : Relative frequency, R.C : Relative cover, R.D : Relative density

serrata), 떡갈나무(*Quercus dentata*) 등이 출현하였으나 조류의 集團繁殖으로 생육상태가 매우 불량하였다. 서식처 면적은 약 20,000m²이었다. 관목상태나 실생 단계의 일갈나무는 전혀 관찰되지 않았다.

관목층은 주로 물푸레나무, 떡갈나무, 상수리나무(*Quercus acutissima*)로 구성되어 있었으나 그 被度는 낮았다(Table 3). 이 밖에 난티잎개암나무(*Corylus heterophylla*), 가중나무(*Ailanthus altissima*), 딱총나무(*Sambucus williamsii* var. *coreana*) 등이 출현하였으나 개체수가 많지 않았다. 이들 관목들의 잎은 대부분 조류의 排泄物로 덮여 있었다.

교목층의 優點樹種이 고사하고 관목층도 빈약하기 때문에 초본층의 생육상태는 매우 양호하였다. 초본층에는 환삼덩굴(*Humulus japonicus*), 가지여뀌(*Persicaria fauriei*), 머느리배꼽(*Persicaria perfoliata*), 닭의장풀(*Commelina communis*), 에기똥풀(*Chelidonium majus* var. *asiaticum*) 등이 주로 優點하였고(Table 3), 지소에 따라서는 바랭이(*Digitaria sanguinalis*), 쇠무릎(*Achyranthes japonica*), 도깨비바늘(*Bidens bipinnata*), 강아지풀(*Setaria viridis*), 마(*Dioscorea batatas*) 등이 높은 중요치를 갖는 것으로 나타났다. 토양이 비옥하고 햇빛의 투과가 양호하기 때문에 이들 초본의 생장이 매우 양호하였으며, 1995년 9월에 조사한 이 지역의 초본층 現存量은 289g DW/m²이었다.

대조구 일갈나무군락의 구조

對照區 일갈나무 순군락은 2-3m 간격으로 심어진 植栽林이었다. 교목의 생육상태는 매우 양호하였고 평균 胸高直徑은 16.3cm이었다. 관목층의 被度는 100%로 Table 3에서 보는 바와 같이 구성종도 다양하였다. 관목층의 높이는 약 2m이었고 떡갈나무, 졸참나무, 회나무(*Euonymus sachalinensis*) 등의 出現頻도가 높았다. 교목과 관목층의 피도가 높은 관계로 下層의 초본식생은 매우 빈약하였다. 종 수는 다른 지역과 비슷하나 개체수와 피도는 매우 낮았다.

白鷺와 왜가리 集團繁殖地 식물군락과 對照區 식물군락의 구조를 비교해 보면 관목이나 초본층에서 많은 차이가 있었다. 관목층과 초본층의 類似度指數는 각각 36%와 7%로 특히 초본식물의

종 구성에 큰 차이가 있었는데, 이것은 鳥類의 集團繁殖으로 인한 삼림군락의 物理的 環境과 토양의 化學的 성질이 변화되었기 때문이다. 1995년 9월에 조사한 대조구 지역의 초본층 現存量은 23g DW/m²로 집단 번식지 초본층 現존량의 1/12에 불과하였다.

Tilman(1982)은 자연 식물군집의 종다양성은 부족되는 자원의 공급률에 의해 결정되며, 자원이 매우 부족하거나 풍부한 경우에는 종 다양성이 낮고 중간 정도의 자원 공급률에서 종 다양성이 최대를 유지한다고 주장한 바 있으며, 인위적으로 질소를 공급한 경우 초본식물의 종다양성이 감소되는 결과가 나타나고 있다(Tilman, 1987; Mun and Whitford, 1989). 본 조사지역에서는 토양의 부영양화로 인한 종 다양성의 감소는 뚜렷하지 않았지만 초본식물의 종구성이 현저히 변화됨을 알 수 있다.

白鷺와 왜가리의 집단번식지에 출현하는 초본식물은 대부분 Jakucs(1991)가 발표한 부영양화 지표종과 동일하였다. 또한 이들 식물은 Grime(1979)이 분류한 교란지식물(Ruderlas)에 해당되는 것으로 인위적 혹은 자연적으로 교란되는 지소에 집중적으로 출현하는 종들이다. 앞으로 이들 식물종에 대한 생태학적인 연구가 더 필요한 것으로 사료된다.

白鷺와 왜가리의 集團棲息地는 황성의 압곡리 이외에도 강원도 襄陽, 충북의 鎭川, 경기도 驪州, 충남의 감성, 전남 務安의 龍月里 등 여러 곳이 있으며, 본인들의 예비답사에 의하면 경기도 여주, 충남의 감성 지역에서는 집단번식지 주변에 비해 번식지에서 초본식물의 생장은 양호하지만 種 數가 현저히 줄어든 것을 관찰할 수 있었다. 교목이 枯死함에 따라 白鷺와 왜가리가 인접 지역으로 서식지를 옮기는 곳도 관찰할 수 있었는데, 이러한 지역을 좀더 세밀히 조사함으로써 富營養化에 따른 식물종의 변화를 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

본인들이 관찰한 바에 의하면 白鷺와 왜가리의 집단번식지에서는 대부분의 교목들이 이미 고사하였거나 죽어가고 있었다. 그러나 이들 지역에서 실생에 의한 우점수종의 보충이 전혀 관찰되지 않았다. 白鷺와 왜가리의 집단번식으로 훼손되는 삼림을 복원하기 위해서는 먼저 교목이 고사하는 원인과 우점수종의 종자발아의 생리생태

Table 4. Species composition of shrub and herb layers of control larch forest, at Apgokri, Hoengsung, Kangwon Province.

	R.F (%)	R.C (%)	R.D (%)	Importance value
Shrub layer (cover, 100%)				
<i>Quercus dentata</i> (떡갈나무)	16	21	16	53
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	16	18	16	50
<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	14	15	13	42
<i>Euonymus sachalinensis</i> (회나무)	12	12	16	40
<i>Corylus heterophylla</i> (난티알개암나무)	8	9	8	25
<i>Rhus trichocarpa</i> (개웃나무)	10	6	6	22
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> (노린재나무)	8	6	6	20
<i>Smilax sieboldii</i> (민청가시덩굴)	6	6	9	21
<i>Prunus sargentii</i> (산벚나무)	4	3	5	12
<i>Lonicera maackii</i> (괴불나무)	4	3	3	10
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	2	3	3	8
	R.F (%)	R.C (%)		Importance value
Herb layer (cover, 15%)				
<i>Disporum viridescens</i> (큰애기나리)	16	11		27
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (둥굴레)	11	11		22
<i>Convallaria keiskei</i> (은방울꽃)	11	11		22
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i> (파리풀)	8	11		19
<i>Dioscorea batatas</i> (마)	8	11		19
<i>Potentilla freyniana</i> (세잎양지꽃)	11	5		16
<i>Viola grypoceras</i> (뉘시제비꽃)	5	5		10
<i>Aster scaber</i> (참취)	5	5		10
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i> (미역취)	5	5		10
<i>Hemerocallis fulva</i> (원추리)	5	5		10
<i>Syneilesis palmata</i> (우산나물)	5	5		10
<i>Lilium distichum</i> (말나리)	3	5		8
<i>Arisaema amurense</i> var. <i>serratum</i> (천남성)	3	5		8
<i>Osmunda japonica</i> (고비)	3	5		8

R.F : Relative frequency, R.C : Relative cover, R.D : Relative density

적인 면에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 사
료된다.

引用 文 獻

1. 원병오, 1975. 한국의 천연기념물, 조류편. 문화공보부 문화재 관리국, 249p.
2. Allen, S.E., H.M. Grimshaw, J.A. Parkinson and C. Quarmby. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Sci. Pub., Oxford. 565p.
3. Bell, N. 1994. The ecological effects of increased aerial deposition of nitrogen. Eco-

- logical Issues No. 5. British Ecological Society, 36p.
4. Bradsley, C.E. and J.D. Lancaster. 1960. Determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soils. Soil Sci. Soc. Proc. 24 : 265-268.
5. Crocker, R.L. and B.A. Dickson. 1956. Soil development on the recessional moraines of the Herbert and Mendenhall Glaciers, south-eastern Alaska. J. Ecol. 44 : 169-185.
6. Crocker, R.L. and J. Major. 1955. Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska. J. Ecol.

- 43 : 427-448.
7. Fowler, D., J.N. Cape and M.H. Unsworth. 1989. Deposition of atmospheric pollutants on forests. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, 324 : 247-265.
 8. Grime, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. Wiley and Sons, Toronto. 222p.
 9. Jakucs, P. 1991. Eutrophication in forest ecosystems. In G. Esser and D. Overdieck (eds.), Modern ecology : basic and applied aspects. Elsevier, New York. pp.571-578.
 10. Mun, H.T. and W.G. Whitford. 1989. Effects of nitrogen amendment on annual plants in the Chihuahuan Desert. Plant and Soil 120 : 225-231.
 11. Mun, H.T. and S.R. Cho. 1996. Effects of group breeding of herons on pine community. Korean J. Ecology 19 : 47-53.
 12. Nagy, M. and J. Nagy. 1981. Diversity of herb layer of black locust forest. Acta Biol. Debrecina 18 : 15-20.
 13. Press, M.C., S.J. Woodin and J.A. Lee. 1986. The potential importance of an increased atmospheric nitrogen supply to the growth of ombrotrophic Sphagnum species. New Phytol. 103 : 45-55.
 14. Pyo, J.H. 1994. Changes of physico-chemical properties of forest soil by acidic deposition in the vicinity of industrial complex. Master Thesis of Kongju Natl. Univ. 23p.
 15. Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. K. Danske Vidensk. Selsk. 5 : 1-34.
 16. Tilman, D. 1982. Resource competition and community structure. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, 296p.
 17. Tilman, D. 1987. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. Ecological Monographs 57 : 189-214.
 18. Wellburn, A.R. 1990. Why are atmospheric oxides of nitrogen usually phytotoxic and not alternative fertilizers? New Phytol. 115 : 395-429.
 19. Wilde, S.A., R.B. Corey, J.G. Iyer and G.K. Voigt. 1979. Soil and plant analysis for tree culture. Oxford and IBH Publishing, New Delhi. 224p.