

단양 석회암지역의 식물상에 관한 연구

A Study on the Flora in Tanyang Limestone Area

김병우* · 오영주** · 김수미**

ABSTRACT

Biomass and soil properties of plant communities was investigated in the limestone area, Tanyang, Ch'ungbuk Province in Korea. Plants was classified in calcicoles and calcifuges within plant communities occurring in the limestone area.

Biomass of plant populations in the limestone area was measured that *Stellaria aquatica* was the lowest(0.58g/plant), *Chrysanthemum boreale* was the highest(8.87g/plant) and that *Pennisetum alopecuroides*, *Miscanthus sinensis* was 6.67g/plant, 5.76g/plant, respectively. Diameter of breast height among the tree layer communities was investigated that *Pinus densiflora* was the widest(20cm), *Juniperus rigida* was the narrowest(6cm) and that *Quercus aliena*, *Populus × tomentiglandulosa* was 10cm, 12cm, respectively. The high of density in the tree layer was found out *Populus × tomentiglandulosa*, *Juniperus rigida*, *Quercus aliena*, *Pinus densiflora* in this order.

Dominant species in the study area were *Pinus densiflora*, *Quercus aliena*, *Juniperus rigida*, *Quercus dentata* in the tree layer, *Lespedeza bicolor*, *Buxus microphylla*, *Rhus chinensis* in the shrub layer, *Humulus Japonicus*, *Erigeron canadensis*, *Xanthium strumarium*, *Oenothera odorata* *Persicaria hydropiper* on the riverside, *Pennisetum alopecuroides*, *Vicia amoena*, *Chrysanthemum boreale* on the roadside.

Soil properties of the limestone area was investigated around the protrusion of rock in the upper region, around the cave and underlayer accumulated by corrosion in the study area. Lime chlorosis was observed in the upper region, underlayer and around the cave.

It was observed that biota of kum-gul and dungbong-gul was *Rhinolophus ferrumequinum korai*, *Epanerchodus kimi*, *Antrokoreana gracilipes*, *Diestrammena japonica*.

Dominant species were *Humulus japonicus*, *Stellaria aquatica*, *Hydrocotyle maritima*, *Phragmites communis*, *Miscanthus sinensis* around the inlet of a kum-gul. It was classified that plants in the study area was 34 order, 53 family, 135 species in all. Calcicoles were 11 order, 16 family, 18 species and calcifuges were 6 order, 8 family, 11 species of them all.

* 상지대학교 교수

** 강원대학교 대학원

I. 서론

식물이 성장하는데는 많은 자연적 환경요인의 영향을 받는다. 자연적 환경요인에 식물은 형태적, 생리적, 생활사적인 적응현상을 보이고 있으며, 이를 통해 생존이 가능하다(金, 1986). 기후와 함께 토양을 삼림의 중요한 환경요인의 하나로 볼 때, 석회암지대의 토양과 같이 비석회암 토양과 물리·화학적 특성이 다른 토양에서는 그 영향을 강하게 받아서 주위의 다른 지역과는 전연 상이한 식생이 성립될 수 있다(강, 1988).

석회암으로부터 형성된 토양은 비석회암토양과 물리·화학적 특성이 다르다(Jeffrey, 1987; Kim *et al.* 1991). 석회암토양은 비석회암토양보다 물리적특성으로서 토양의 단립구조(crumb structure)가 발달하여 통기성과 투수성이 좋아서 배수가 잘되고 토양의 온도가 높으며, 화학적 특성으로서 pH가 높고 Ca^{2+} 과 HCO_3 의 양이 많으므로 Fe나 PO_4^{3-} 가 불용성인 $Fe(OH)_3$ 나 $Ca_3(PO_4)_2$ 로 존재한다(Mengel and Kirkby; 김 등, 1991).

석회암토양에서의 식물 분포의 원인은 토양의 물리·화학적 성질에 의존한다. 석회암토양의 식물은 높은 pH와 Ca^{2+} 에 대한 반응의 차이에 따라 호석회식물(calcicoles)과 혐석회식물(calcifuges)로 분화된다.(Mengel and Kirkby, 1987; Kim, 1992). 호석회식물과 혐석회식물에 Ca^{2+} 을 처리하였을 때 전자는 Ca^{2+} 을 선택적으로 흡수하고 수송기작이 발달하며 높은 Ca^{2+} 농도에서 Ca독성을 기피하여 높은 성취도를 유지하지만 후자는 그러한 특성이 없다(Anderson, 1982; Marrs and Bannister, 1978; 金, 1992). 이러한 석회암토양에서 자란 식물은 Fe 흡수가 저지되어 석회성 백화현상(lime-chlorosis), 느린 성장 등으로 생산성이 낮다(Gime, 1959; Huntchinson, 1967).

한국의석회암지대의 생태학적 연구로서 김 등(1990)은 석회암지역의 소나무와

굴참나무군락의 토양이 비석회암토양의 것보다 토양의 pH가 높고 Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 함량이 많으며, 표토가 하층보다 토양함수량, PO_4^{3-} 및 Ca^{2+} 함량이 많은 원인을 지렁이에 의한 soil casts에 있음을 밝혔다. 석회암토양인 단양 도담삼봉지대의 식물상에 대하여李와 昶(1970)는 76과 183속 250종류를 분류하고 그 중에서 33종류(15%)가 호석회식물임을 밝히고 張과 陸(1981)은 영월, 단양, 원주 및 삼척지역의 석회암 식물상에서 60-62종이 7-8월에 백화현상을 일으키고 있음을 보고하고 있다. Mun과 Kim(1992)은 2년간에 걸친 소나무와 측백나무군락의 낙엽생산량, 무기영양소의 회수량 및 낙엽 분해량이 비슷함을 밝혔다. Kwak등 (1994)은 석회암지대에서의 성취도를 비교하여 호석회식물인 솔새가 성취도가 높고 혐석회식물인 참역새가 낮은 것을 밝혔다. 洪(1991)은 석회암지역의 개부처손 군집의 생태학적 역할은 지하부를 계속 유지시켜 토양을 고정시키는 기능을 가진다는 것을 밝혔다.

석회암지대에 동굴에 관한 연구에는 단양 고수동굴과 영천굴의 환경요인으로 구아노와 유기물질이 동물의 먹이로 이용됨을 밝혔고(任, 1975), 단양은 고생대 석회암층의 지층이 Karst지형을 형성하고 많은 동굴이 분포함을 밝혔다(康, 1979; 정, 1991). 金(1991, 1993)은 동굴생물이 지표면이나 동굴 밖의 외부환경에 따라 분포상이 달라짐을 밝혔다.

석회암지대의 동굴 내부의 환경(金, 1991, 1993)이나 생성원인(Yoo, 1993; Oh, 1993; 정, 1991; 홍, 1993)에 대한 연구는 많이 있지만 동굴외부환경의 식생에 관한 연구가 미흡하다.

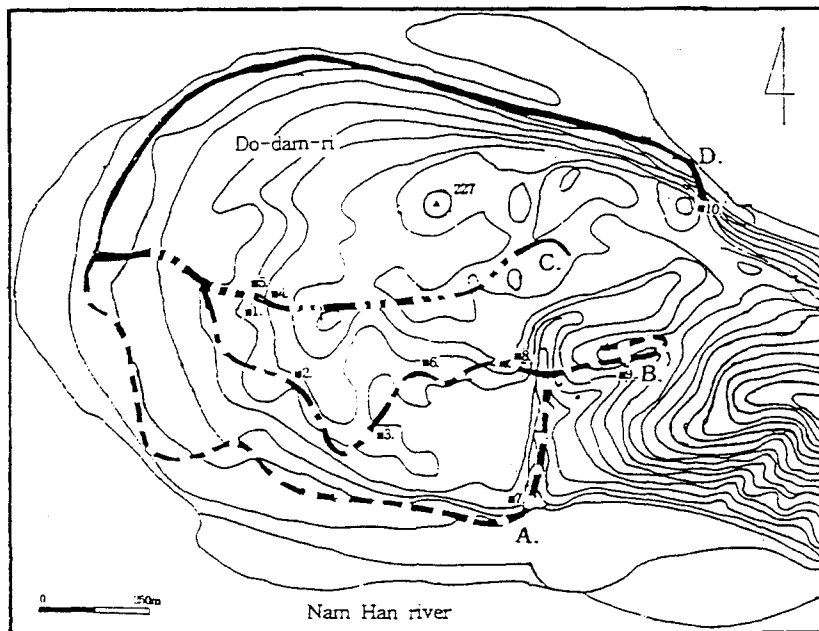
본 연구는 석회암동굴 주변의 식생군락의 종조성과 관련하여 호석회식물과 혐석회식물을 구분하며, 석회암지대의 특이한 토양환경을 조사하고 잠재식생에 대한 생산량을 측정하고, 환경요인과 관련하여 식물군락의 분포를 밝히고자 본 연구를 시행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지 개황

우리나라의 석회암 지대는 북한의 평안남도 연변, 개천, 덕천, 강동, 성천 및 맹산과 황해도 증화, 황주, 서흥, 봉산 및 평산지역, 그리고 남한의 강원도 영월, 원주, 평창 및 삼척지역과 충청북도 제천과 단양지역에 분포하고 있다(洪, 1988).

본 연구의 조사지는 대표적인 석회암지대인 충청북도 단양군 단양읍 도담리(36° 59' N, 128° 21' E)에 위치하고 있는 남쪽의 금굴과 북쪽의 등봉굴 주변의 석회암지대를 주요 조사지로 선정하였다(Fig 1).



A,B,C,D: Survey routes.

Fig 1. A map showing the study area.

본 조사지의 기후는 도담리에서 가장 가까운 제천 측후소(37° 08' N, 129° 12' E)의 1986~1995(10년간) 자료로부터 작성한 기후도에 나타난 연평균 기온은 9.1℃ 이고, 연평균 강수량은 1,446mm이었다(Fig 2).

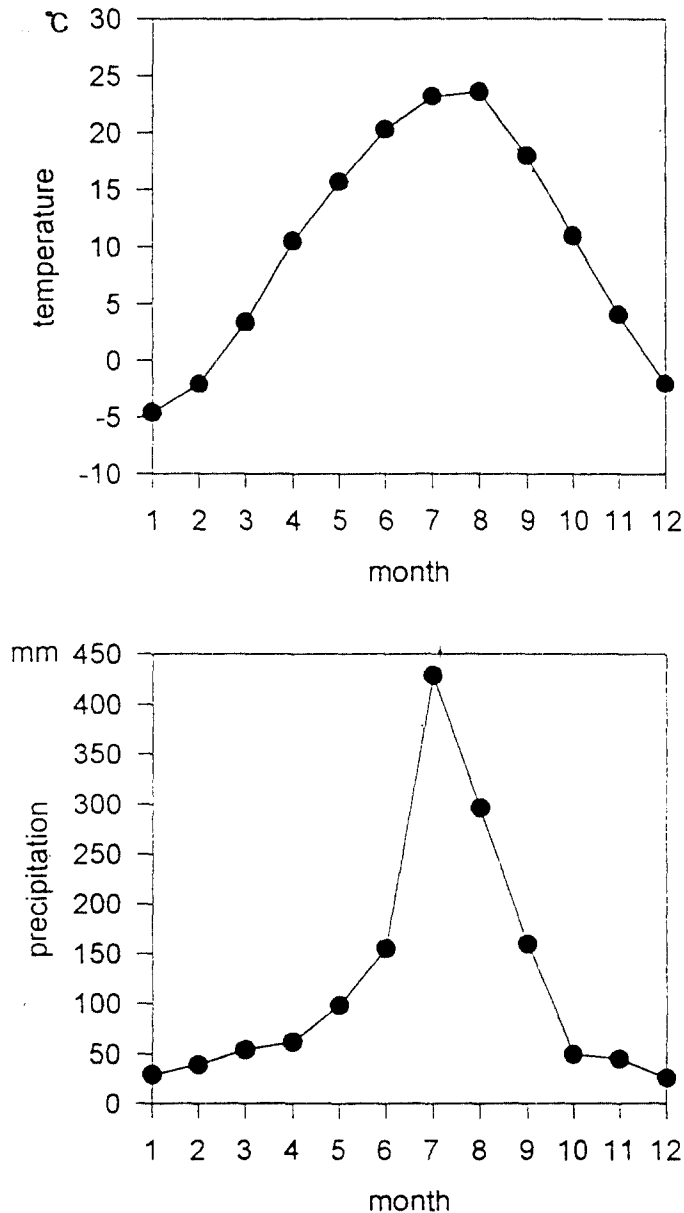


Fig 2. Climate-diagram in the study area(Mean value during 10 years, 1986~1995).

본 조사지의 토양은 하천변 주변은 주로 모래와 자갈로 이루어져 있고 상층부로 올라갈수록 석회암이 풍화되어 점토비율이 높고 유기물함량이 많으며, 많은 수용성 Fe이 산화되어 Fe_2O_3 로 존재함으로써 적색을 띠는 테라로사(terra rossa) 또는 적색 석회암토양(red limestone soil)이다.

본 조사지의 지형은 하부 고생대 조선계의 석회암이 넓게 분포하고 있어서 화강암이나 편마암지역의 험준한 지형보다 낮은 구릉지를 이루고 있다(羅, 1986). 석회암의 주성분인 $CaCO_3$ 는 CO_2 가 용해된 물에 의하여 침식되기 때문에 석회암층의 구조선이나 절리를 따라 지하로 스며든 강수는 지표에 깔대기 모양의 원형 또는 타원형의 돌리네(doline)를 형성하는데(강, 1779), 본 연구지역에는 크고 작은 돌리네가 형성되어 있다.

본 조사지의 목본식물로는 소나무, 측백나무, 노간주나무, 갈참나무, 떡갈나무, 싸리, 은사시나무등이 출현하고 하천변의 식물으로는 한삼덩굴, 망초, 도꼬마리, 여뀌가 우점종으로 나타났고 길가변 식물로는 수크령, 갈퀴나물, 싸리가 우점종으로 나타나며 상층부에는 질경이, 둥굴레, 참억새, 땅비싸리가 우점종으로 나타났다.

그리고 조사지의 상당부분 차지하고 있는 경작지의 재배식물로는 고추, 팥, 수수, 콩, 들깨등이었다.

2. 식생도작성 및 토양조사

본 조사지의 식생조사는 군락의 상관에 의해 우점종을 기준으로 현존식생도를 작성하고 현존식생도 상에서 상관이 균일한 군락을 찾아서 토양 환경 조사지소를 정하였다(郭, 1992; 金, 1989, 1983). 식물사회학적인 방법에 따라 식생조사를 한 다음 각 조사지소의 토양을 채취하였다. 토양 채취는 각 조사지소에서 지표의 낙엽을 제거한 후 상층토(0~10cm)를 pH를 측정된 다음 채취하였고, 이와같이 채취한

토양은 polyethylene 주머니에 넣어 밀봉하여 실험실로 옮긴 다음 그 일부를 수분 함량을 측정하고 나머지는 음건시킨 후 2mm 체로 쳐서 유기물함량을 측정하는데 이용하였다. 수분함량은 105℃에서 24시간이상 건조시킨 후 칭량하여 건조토양에 대한 수분의 %를 계산하였다. 유기물함량은 건조시킨 토양을 사기도가니에 넣은 다음 800℃의 전기로(Electric muffle furnace)에서 2시간 태운 다음 소실량으로 산출하였다(朴, 1994). 각 조사지소의 pH는 표토 10cm 깊이에서 각각 Soil pH meter(demetra)를 사용하여 측정하였다.

3. 식생조사

각 조사지소에서 Monk 등(1969)의 방법에 따라 교목층, 초본층으로 구분하여 식생을 조사하였다. 교목층은 대형방형구(10m×10m)에서, 초본층은 소형방형구(2m×2m)에서 종을 기록한 다음 층별로 특성을 기록하였다.

4. 생체량측정

식물체의 현존량을 측정하기 위하여 1m×1m 방형구를 사용하였다. 방형구에 포함된 지상부와 지하부를 채취하여 Polyethylene에 담아 밀봉하여 실험실로 가져온 다음 이들의 생중량을 측정한 후 잘게 썰어서 건조기(Dry oven; Do 11)에서 105℃에서 24시간 이상에서 등량이 될 때까지 건조시킨 후 평량하였다(朴, 1994).

5. 동굴환경조사

동굴의 환경조사는 동굴내부의 온도와 동굴외부의 온도를 각각 측정하였다. 동굴 입구에서 조도계(lux meter)를 사용하여 빛의 유입정도를 측정하였다. 동굴토양은 입구에서 5m안쪽과 50m안쪽을 채취하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 석회암지역의 식물의 특징

석회암지역의 식물의 특징인 황화현상(chlorosis)은 갈참나무, 갈줄참나무, 떡갈나무, 불나무, 금평의 다리, 땡땡이덩굴에서 나타났다. 석회암토양은 pH가 높고 Ca^{2+} 과 HCO_3^- 의 양이 많으므로 Fe나 PO_4^{3-} 가 불용성인 $Fe(OH)_3$ 나 $Ca_3(PO_4)_2$ 로 존재하기 때문에 식물은 영양결핍현상을 일으킨다(김 등, 1991). Fe는 체내에서 이동이 잘안되기 때문에 어린잎에서 먼저 황화현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 이 황화현상은 주로 높은 pH에서 발생하는데 pH는 상층부나 동굴주변, 지표가 용탈되어 흘러내기기 때문에 하단부에서 높게 발생하고 이 곳에 서식하는 협석회식물이 주로 황화현상을 일으킨다.

2. 식물군락의 분포

석회암지역의 교목층에서 소나무는 전지역에 걸쳐 광범위하게 나타나고 갈참나무는 계곡을 따라서 나타나며 상층부 일부분에서 나타난다. 노간주나무는 상층부 일부분에서 군락을 이루고 있으며 은사시나무는 도담리 초입부분에서 군락을 이루고 있다. 관목층은 떡갈나무가 계곡주변에 주로 나타나며 싸리는 계곡주변과 상층부에서 나타나고 회양목은 금굴주변에서 나타난다. 초본층은 수크령이 도담리 상층부 도로변에서 군락을 이루고 있으며 참억새는 정상부 도로변과 계곡주변에 군락을 이루고 있다. 산국은 도로변이나 밭도랑에서 나타나고 쇠별꽃은 습기가 많은 밭도랑주변이나 동굴입구에서 군락으로 나타났다(Fig 3).

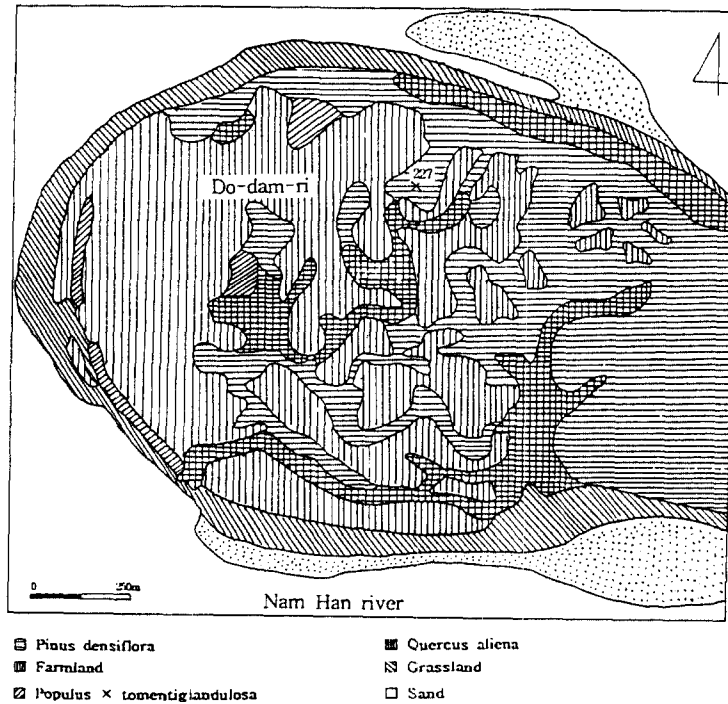


Fig. 3 Vegetation map in the study area.

3. 식물군락의 구조

석회암토양의 교목층의 밀도는 은사시나무가 가장 높게 나타나고 소나무, 갈참나무, 노간주나무군락 순으로 높았고, 관목층의 밀도는 떡갈나무가 가장 높게 나타나고 싸리, 회양목, 붉나무 순으로 높아졌다.

석회암토양의 소나무, 갈참나무, 노간주나무, 은사시나무군락의 흉고직경은 노간주나무, 갈참나무, 은사시나무 순으로 높았고 소나무가 가장 높다. 평균수고는 노간주나무, 소나무, 갈참나무, 은사시나무 순으로 높았다(Table 1).

석회암토양에서 군락의 평균 간장은 쇠별꽃이 20cm로 가장 낮았고 참억새는 120cm로 가장 높았으며 수크령은 90cm, 산국은 110cm로 나타났다. 각 방형구 내에서의 개체수는 쇠별꽃이 164개체로 가장 높고 참억새가 38개체로 가장 낮았다. 수크령은 54개체, 산국은 40개체로 나타났다.

Table 1. Characteristics of plant population in the study area.

Plant species	pH	DBH(cm)	Height(m)	No. of plant
<i>Pinus densiflora</i>	5.8	20	5.5	32
<i>Quercus aliena</i>	6.2	10	8.5	34
<i>Juniperus rigida</i>	5.4	6	2.5	42
<i>Populus × tomentigland ulosa</i>	4.5	12	10	65

4. 호석회식물과 혐석회식물

본 조사지의 석회암도양에 분포하는 식물을 호석회식물(calcicoles)과 혐석회식물(calcifuges)을 구분하였다. 호석회식물은 Ca^{2+} 을 처리하였을 때 Ca^{2+} 을 선택적으로 흡수하고 수송기작이 발달하며 높은 Ca^{2+} 농도에서 Ca독성을 기피하여 높은 성취도를 유지하지만 혐석회성식물은 같은 조건에서 높은 성취도를 유지하지 못한다. 이러한 반응의 차이에 따라 호석회식물과 혐석회식물로 구분한다(Kim, 1992). 본 조사지에서 호석회식물은 측백나무과 측백나무, 사초과 그늘사초, 마과 마, 백합과 방울비짜루, 청가시나무, 미나리아재비과 금평의 다리, 방기과 땡땡이덩굴, 장미과 국수나무, 콩과 땅비싸리, 회양목과 회양목, 갈매나무과 갈매나무, 꿀풀과 산박하, 꼭두서니과 갈퀴꼭두서니, 마타리과 마타리, 국화과 뼈꼭채로 나타났고 혐석회식물은 소나무과 소나무, 측백나무과 노간주나무, 벼과 나도겨이삭, 기름새, 잔디, 백합과 무릇, 참나무과 갈참나무, 갈줄참나무, 장미과 양지꽃, 콩과 칩, 진달래과 진달래로 나타났다. 본 조사지에서 호석회식물은 11日 16科 128種으로 나타났고 혐석회식물은 6日 8科 11種이 나타났다. 호석회식물은 주로 pH가 높은 도담리 상층부와 하층부에서 많이 나타나고 혐석회식물은 pH가 낮은 그 중간에서 많이 나타났다(Table 2).

Table 2. A list of plants in study area.

Korean name	Scientific name	A	B	C	D
속새과	Equisetaceae				
쇠뜨기	<i>Equisetum arvense</i> L.	+			
치너이끼과	Hymenophyllaceae				
치너이끼	<i>Mecodium wrightii</i> (BOSCH) COPEL.				+
고사리과	Pteridaceae				
고사리	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (DESV.) UNDERW.		-	-	
소나무과	Pinaceae				
소나무	<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	☆	☆	☆	
추백나무과	Cupressaceae				
추백나무	<i>Thuja orientalis</i> L.	★	★	★	★
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i> S. et Z.		☆	☆	
향나무	<i>Juniperus chinensis</i> L.			+	
벼과	Gramineae				
갈대	<i>Phragmites communis</i> TRIN.	+	-		+
강아지풀	<i>Setaria viridis</i> (L.) BEAUV.	+			+
가을강아지풀	<i>Setaria faberi</i> HERRM.	-			
바랭이	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) SCOP.	-			
수수	<i>Sorghum bicolor</i> MOENCH.	-			-
수크령	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) SPRENG.	+	+	+	-
옥수수	<i>Zea mays</i> L.	-	+		
주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i> (ARD.) ROEM. et SCHULT.		+	+	
갈풀	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	-	+	-	
새	<i>Arundinella hirta</i> (THUNB.) TANAKA			+	
참새귀리	<i>Bromus japonicus</i> THUNB.		-		
그령	<i>Eragrostis ferruginea</i> (THUNB.) P. BEAUV.	+	+		
왕바랭이	<i>Eleusine indica</i> (L.) GAERTNER	+	+		
나도겨이삭	<i>Milium effusum</i> L.	+	+		+
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i> ANDERSS.	☆	☆	☆	☆
참새피	<i>Paspalum thunbergii</i> KUNTH	+			
달뿌리풀	<i>Phragmites japonica</i> STEUD.	+			
기름새	<i>Spodiopogon cotulifer</i> (THUNB.) HACK.	☆		☆	
잔디	<i>Zoysia japonica</i> STEUD.	☆	☆	☆	
사초과	Cyperaceae				
털대사초	<i>Carex ciliato-marginata</i> NAKAI	+			
고늘사초	<i>Carex lanceolata</i> BOOTT.	★	★	★	
대사초	<i>Carex siderosticta</i> HANCE	+			
닭의장풀과	Commelinaceae				
닭의장풀	<i>Commelina communis</i> L.	-	-		
백합과	Liliaceae				
동굴래	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> OHWI		-	-	
무릇	<i>Scilla scilloides</i> (LIND.) DRUCE		☆	☆	

Korea name	Scientific name	A	B	C	D
마늘	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i> MAKINO		+		
비짜루	<i>Asparagus schoberioides</i> KUNTH	+			
연령초	<i>Trillium kamschaticum</i> PALL.	+	+		
용동굴레	<i>Polygonatum involucratum</i> MAX		+	+	
애기원추리	<i>Hemerocallis minor</i> MILL.		-		
망울비짜루	<i>Asparagus oligoclonos</i> MAX.	★			
밀나물	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i> HARA et T. KOYAMA			-	
청가시덩굴	<i>Smilax sieboldii</i> MIQ			★	★
마과	Dioscoreaceae				
마	<i>Dioscorea batatas</i> DECNE.		★	★	★
부채마	<i>Dioscorea nipponica</i> MAKINO			-	
국화마	<i>Dioscorea septemloba</i> THUNBERG	+			
붓꽃과	Iridaceae				
범부채	<i>Belamcanda chinensis</i> (L.)	+	+		
비드나무과	Salicaceae				
갯버들	<i>Salix gracilistyla</i> MIQ.	+			
은사시나무	<i>Populus × tomentiglandulosa</i> T. LEE	+	+		
이태리포플러	<i>Populus euramericana</i> GUINIER	+			
가래나무과	Juglandaceae				
굴피나무	<i>Platycarya strobilacea</i> S. et Z.		+		
자작나무과	Betulaceae				
소사나무	<i>Carpinus coreana</i> NAKAI			+	
참나무과	Fagaceae				
갈참나무	<i>Quercus aliena</i> BL.	+	+	+	
갈솔참나무	<i>Quercus × urticaefolia</i> BL.		☆	☆	
떡갈나무	<i>Quercus dentata</i> THUNB.		☆		
밤나무	<i>Castanea crenata</i> S. et Z.	+		+	
팽나무과	Moraceae				
모람	<i>Ficus nipponica</i> FR. et SAV.		+		
팽나무	<i>Morus alba</i> L.	+			
덕나무	<i>Broussonetia kazinoki</i> SIEB.	+			
삼과	Cannabinaceae				
환삼덩굴	<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	+	+		+
췌기풀과	Urticaceae				
췌개잎나무	<i>Boehmeria spicata</i> THUNB.	+			
마디풀과	Polygonaceae				
소리쟁이	<i>Rumex crispus</i> L.	+			
여뀌	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) SPACH	+			+
명아주과	Chenopodiaceae				

Korea name	Scientific name	A	B	C	D
명아주	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centroubrum</i> MAKINO	-			+
비름과	Amaranthaceae				
비름	<i>Amaranthus mangostanus</i> L.	+	+		
쇠비름과	Portulacaceae				
쇠비름	<i>portulaca oleracea</i> L.	+	+		
식죽과	Caryophyllaceae				
쇠별꽃	<i>Stellaria aquatica</i> SCOP	+	-		+
미나리아재비과	Ranunculaceae				
평의다리	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.			-	
금평의다리	<i>Thalictrum rochebrunianum</i> FR. et SAV.	★	★		
미나리아재비	<i>Ranunculus japonicus</i> THUNB.		-		
으름덩굴과	Lardizabalaceae				
으름덩굴	<i>Akebia quinata</i> DECNE.	-	+		
방기과	Menispermaceae				
맹맹이덩굴	<i>Cocculus trilobus</i> DC.	★	★		★
십자화과	Cruciferae				
콩다닥냉이	<i>Lepidium virginicum</i> L.	+			
범의귀과	Saxifragaceae				
돌단풍	<i>Aceriphyllum rossii</i> ENGL.		+	+	
장미과	Rosaceae				
양지꽃	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> MAX.	☆	☆		
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL	★	★		
나무딸기	<i>Rubus idaeus</i> var. <i>concolor</i> NAK.		+		
산딸기	<i>Rubus crataegifolius</i> BUNGE			-	
살구	<i>Prunus armeniaca</i> var. <i>ansu</i> MAX.	+			
자두나무	<i>Prunus salicina</i> LINDL.	+			
앵도	<i>Prunus tomentosa</i> THUNB.			-	
콩과	Leguminosae				
갈퀴나물	<i>Vicia amoena</i> FISCH.	+	+		
칠	<i>Pueraria thunbergiana</i> BENTH.	☆	☆	☆	☆
콩	<i>Glycine max</i> MERR.		+	+	
팥	<i>Phaseolus angularis</i> W. F. WIGHT		+	+	
녹두	<i>Phaseolus radiatus</i> L.		+		
땅비짜리	<i>Indigofera kirilowii</i> MAX.	★	★	★	
짜리	<i>Lespedeza bicolor</i> TURCZ.	+	-	-	+
자운영	<i>Astragalus sinicus</i> L.		+		
비수리	<i>Lespedeza cuneata</i> G. DON	+	+	+	
조록짜리	<i>Lespedeza maximowiczii</i> SCHNEID.	+			
아카시나무	<i>Robinia pseudo-acacia</i> L.	+	+		
붉은토끼풀	<i>Trifolium pratense</i> L.	+	+		
토끼풀	<i>Trifolium repens</i> L.		+		
나도황기	<i>Hedysarum setigerum</i> TURCZ.		+	+	

Korean name	Scientific name	A	B	C	D
운향과	Rutaceae				
산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> S. et Z.		-		
회양목과	Buxaceae				
회양목	<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i> NAKAI		★	★	
웃나무과	Anacardiaceae				
붉나무	<i>Rhus chinensis</i> MILL.		★	★	★
노박덩굴과	Celastraceae				
화살나무	<i>Euonymus alatus</i> (THUNB.) SIEB.		★	★	
털화살나무	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>pilosus</i> OHWI		+	+	
갈매나무과	Rhamnaceae				
갈매나무	<i>Rhamnus davurica</i> PALL.	★	★		
뽕대추	<i>Zizyphus jujuba</i> MILL.	+			
아욱과	Malvaceae				
수박꽃	<i>Hibiscus trionum</i> L.			+	
재비꽃과	Violaceae				
알록재비꽃	<i>Viola variegata</i> FISCH.			+	
바늘꽃과	Onagraceae				
달맞이꽃	<i>Oenothera odorata</i> JACQ.	-	+		+
산형과	Umbelliferae				
섬바디	<i>Dystaenia takeshimana</i> (NAK.) KITAGAWA			+	
천궁	<i>Lnidium officinale</i> MAKINO			+	
강활	<i>Ostericum koreanum</i> (MAX.) KITAGAWA			+	
진달래과	Ericaceae				
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.	☆			
감나무과	Ebenaceae				
감나무	<i>Diospyros kaki</i> THUNB.		+		
물푸레나무과	Oleaceae				
개나리	<i>Forsythia koreana</i> NAKAI			+	
물푸레나무	<i>Fraxinus rhynchophlla</i> HANCE	★	★		
용담과	Gentianaceae				
칼잎용담	<i>Gentiana uchiyamai</i> NAKAI		+		
메꽃과	Convolvulaceae				
메꽃	<i>Calystegia japonica</i> (THUNB.) CHOIS	+			
꿀풀과	Labiatae				
산박하	<i>Isodon inflexus</i> (THUNB.) KUDO	★	★		★
층층이꽃	<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i> (KUDO) HARA	+	+		
익모초	<i>Leonurus sibiricus</i> L.	+	+		
들깨	<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i> HARA		+	+	

Korean name	Scientific name	A	B	C	D
가지과	Solanaceae				
고추	<i>Capsicum annum</i> L.		+		
현삼과	Scrophulariaceae				
꼬리풀	<i>Veronica linariaefolia</i> PALL.			+	
나도송이풀	<i>Phtheriospermum japonicum</i> (THUNB.) KANITZ	+	+		
질경이과	Plantaginaceae				
질경이	<i>Plantago asiatica</i> L.		+	-	
창질경이	<i>Plantago lanceolata</i> L.			+	
쪽두서니과	Rubiaceae				
갈퀴쪽두서니	<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i> MAX	★	★		
인동과	Caprifoliaceae				
인동	<i>Lonicera japonica</i> THUNB	-		+	
마타리과	Valerianaceae				
마타리	<i>Patrinia scabiosaeifolia</i> FISCH.		-		
돌마타리	<i>Patrinia rupestris</i> JUSS		★	★	
초롱꽃과	Campanulaceae				
도라지	<i>Platycodon grandiflorum</i> (JACQ) A. DC		+		
국화과	Compositae				
가막사리	<i>Bidens tripartita</i> L.	+			+
각시취	<i>Saussurea pulchella</i> FISCH.		+		
개망초	<i>Erigeron annuus</i> (L.) PERS.	+	+		-
금불초	<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i> REGEL	-			
도꼬마리	<i>Xanthium strumarium</i> L.	-			+
물쭈	<i>Artemisia selengensis</i> TURCZ.	+	+		
민들레	<i>Taraxacum mongolicum</i> H. MAZZ.	+		+	+
뼈꼭채	<i>Rhapontica uniflora</i> DC.	★	★		
사철쭈	<i>Artemisia capillaris</i> THUNB.	+	-		-
썸바귀	<i>Ixeris dentata</i> (THUNB.) NAKAI	+	-		
잉경귀	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> KITAMURA	-	+		
산국	<i>Chrysanthemum boreale</i> MAKINO	+	+	+	
Number of order	34				
Number of family	53				
Number of speices	120				
Number of varietas	13				
Number of forma	2				
Calcicoles	11目 16科 18種				
Calcifuges	6目 8科 11種				

★Calcicoles ☆Calcifuges

5. 석회암토양의 물리·화학적 특성

석회암지역의 쇠별꽃, 수크령, 산국, 참억새군락지와 동굴입구와 동굴내부 토양의 물리·화학적 특성을 조사하였다.

석회암토양의 pH는 군락별, 고도별측정을 하였다. 본 조사지소의 pH는 郭(1992)이 밝힌 석회암토양의 pH 7.26-7.63과 金 (1990)이 밝힌 석회암토양의 pH 7.9-8.3보다 낮게 측정되었다. 고도 200m이상에서는 잠재식생으로 소나무림의 낙엽분해가 장시간 이루어지면서 유기물 축적이 많아져 평균 pH 5.8로 높게 나타나지만 고도 200m이하에서는 용탈현상으로 인해 전형적인 석회암토양에서의 중성 내지는 약 알칼리성 토양이 나타나지 않고 평균 pH 3.3정도로 낮게 나오고 고도가 150m이하에서는 용탈된 석회암질의 축적으로 인해 다시 평균 pH 5.5로 높아진다. 석회암지대는 크고 작은 돌리네가 형성되어 심한 차이를 나타냈다.

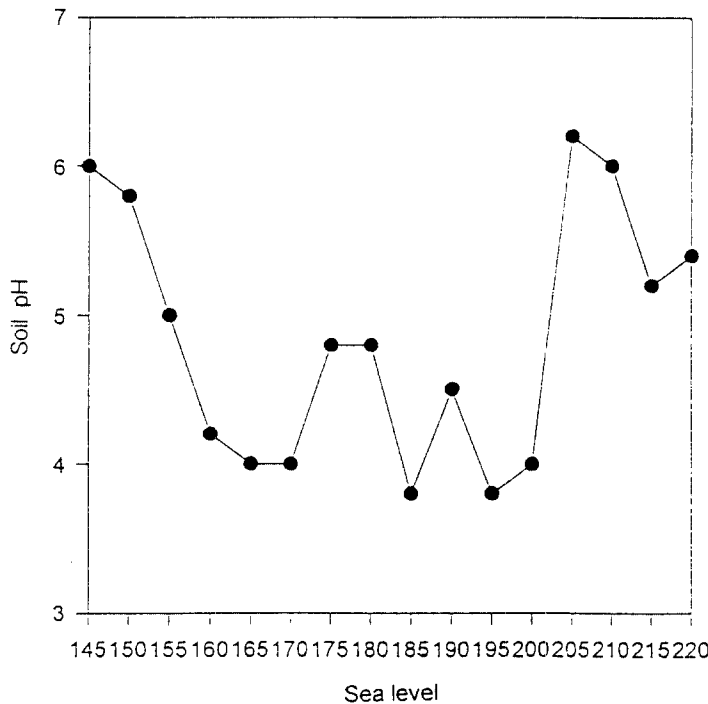


Fig. 4 Soil pH of each sea level in study area.

동굴주변의 비탈지로서 환삼덩굴의 군락지는 pH 3.8로 나타나고 동굴속 pH는 4.0으로 나타났다. 군락지별 pH는 초본층의 쇠별꽃, 참억새가 각각 pH 5.3으로 나타났고 산국, 수크령이 각각 pH 4.6으로 나타났다. 교목층은 갈참나무가 pH 6.2로 가장 높고 은사시나무가 pH 4.5로 가장 낮다. 소나무, 노간주나무는 각각 pH 5.8 5.4로 나타났다(Fig 4).

토양의 함수량은 쇠별꽃이 19.9%로 가장 높았고 수크령이 17.8%로 가장 낮았다. 산국은 19.5%, 참억새는 19.3%로 나타났다. 유기물함량은 산국이 9.8%로 가장 높고 수크령이 7.6%로 가장 낮다. 쇠별꽃은 8.4%, 참억새는 8.7%가 나타났다(Table 3).

Table 3. pH, moisture content, organic matter of the soil in each site.

Plant species	pH	Moisture content(%)	organic matter(%)
<i>Stellaria aquatica</i>	5.3	19.9	8.4
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	4.6	17.8	7.6
<i>Chrysanthemum boreale</i>	4.6	19.5	9.8
<i>Miscanthus sinensis</i>	5.3	19.3	8.7

6. 식물군락의 생체량

석회암지역에서 초본식물 중의 쇠별꽃, 수크령, 산국, 참억새의 생체량을 분석하였다. 郭 등(1994)은 석회암지역에서 호석회식물인 솔새의 성취도가 높고 혐석회식물인 참억새의 성취도는 낮은 것으로 나타났다. 본 조사지소에서의 초지군락의 생체량은 산국이 가장 높고 수크령, 참억새, 쇠별꽃 순으로 낮았다. 지상부는 산국이 가장 높고 참억새, 수크령, 쇠별꽃 순으로 낮았고 지하부는 산국이 가장 높고 수크령, 참억새, 쇠별꽃 순으로 낮았다(Table 4). 각 군락별 현존량은 참억새가 69.12g으로 가장 높고 쇠별꽃이 4.06g으로 가장 낮았다. 수크령은 33.35g, 산국은 35.48g으로 나타났다.

Table 4. Biomass of each plant

plant species	pH	(g in dry matter/plant)		
		Root	Plant	T/R
<i>Stellaria aquatica</i>	0.36	0.22	0.58	1.63
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	4.98	1.69	6.67	2.94
<i>Chrysanthemum boreale</i>	6.71	2.16	8.87	3.11
<i>Miscanthus sinensis</i>	4.46	1.30	5.76	3.43

7. 조사지내의 석회암동굴의 환경

석회암지역의 특징 중의 하나인 석회동굴은 조사지역의 북쪽으로 등봉동굴과 남쪽으로 금굴이 있다. 등봉동굴의 고도는 225m이며 동굴내부 pH는 4.5로 나타났고 동굴입구의 식물서식지 평균 pH 3.9로 나타났다. 동굴입구에는 처녀이끼가 군락으로 나타나며 주름조개풀, 개나리, 진달래, 십자고사리, 취, 쯤깨잎나무, 돌단풍, 땃땃이덩굴 등이 나타난다. 동굴내부의 서식동물로는 관박쥐, 김띠노래기, 등줄굴노래기, 알락곱등이가 나타났다. 금굴은 고도 145m이며 동굴내부 평균 pH 4.2로 나타났고 동굴입구의 식물서식지는 pH 3.8로 나타났다. 동굴입구에는 쇠별꽃, 큰피막이, 환삼덩굴, 참억새, 갈대가 우점으로 나타나고 달의장풀, 개망초, 물쭉, 십자고사리 등이 나타난다. 동굴입구의 식물군락지의 조도(Lux)는 쇠별꽃군락에서는 2020Lux, 큰피막이군락이 400Lux를 유지했다. 동굴외부의 온도변화에 큰 영향없이 동굴내부의 온도는 16℃로 나타난다. 동굴내 토양의 유기물 함량은 동굴입구가 7.0%, 동굴내부가 6.6%로 나타나고 수분함량은 동굴입구가 17.6%, 동굴내부가 20.2%로 나타났다.

동굴내 서식동물로는 관박쥐, 김띠노래기, 긴넓적다리삼당노래기, 등줄굴노래기, 알락곱등이가 나타나며 박쥐군락의 서식지가 많아 동굴내 토양의 Guano가 풍부하여 노래기류의 서식수가 많다.

IV. 적 요

석회암지역에 분포하는 식물개체군의 생체량과 군락 내의 토양의 특성을 밝히고 호석회식물과 혐석회식물을 구분하였다.

1. 석회암토양의 식물군락의 생체량은 쇠별꽃이 0.58로 가장 낮고 산국이 8.87로 가장 높다. 수크령, 참억새군락의 생체량은 6.67, 5.76으로 나타났다.
2. 교목층의 군락에서 흉고직경은 소나무가 20cm로 가장 높고 노간주나무가 6cm로 가장 낮다. 갈참나무는 10cm, 은사시나무가 12cm로 나타났다. 밀도는 소나무, 갈참나무, 노간주나무, 은사시나무 순으로 높았다.
3. 본 조사지 내의 우점종으로 교목층은 소나무, 갈참나무, 노간주나무, 떡갈나무 관목층은 싸리, 회양목, 붉나무등이 우점종으로 나타났고 하천변의 식물으로는 환삼덩굴, 망초, 도꼬마리, 달맞이꽃, 여뀌가 우점종으로 나타나며 길가변 식물로는 수크령, 갈퀴나물, 산국이 우점종으로 나타났다.
4. 석회암토양의 상층부에 모암이 돌출된 부분이나 동굴주변, 용탈로 인해 석회암 토양이 쌓인 하층부에서 석회암지대의 특성이 나타나고, 황화현상은 석회암 토양층 상층부나 하층부, 동굴주변에서 주로 발견되었다.
5. 금굴, 등봉동굴의 생물상은 관박쥐, 김띠노래기, 등줄굴노래기, 알락곱등이가 나타나고 금굴입구의 우점종은 한삼덩굴, 쇠별꽃, 큰피막이, 갈대, 억새군락이었다.
6. 단양군 도담리지역의 식물상은 전체종 34목 53과 135종이 나타났고 그 중에 호 석회식물로는 11목 16과 18종이 이었고, 혐석회식물은 6목, 8과, 11종이었다.

* 참고문헌

- 康勝三. 1979. 충북의 Karst지형, 한국동굴학회지, 4(5):14-26.
- 김상준, 김홍은, 이길선. 1988. 충북의 자연(식물편). 충청북도 교육위원회.
- 郭永世. 1992. 丹陽 石炭岩地域 植物群落의 生産性 및 好石炭植物과 嫌石灰植物의 分類. 서울대학교석사논문.
- 金俊鎬, 文炯泰, 郭永世. 1990. 石炭岩地域 소나무群集의 構造와 土壤의 物理·化學的 性質. 한국생태학회지. 13:285-295.
- 金炳宇. 1989. 三陟郡 下長面 一帶의 綠地自然度 査定과 植物相에 關한 研究. 상지대논문집 10:235-268.
- 金炳宇. 1983. 한국식물의 생활형에 관한 연구. 상지대논문집. 4:241-253.
- 金炳宇. 1986. 한국식물의 개화기에 관한 연구. 상지대논문집. 7:303-317.
- 金炳宇. 1991. 천곡동굴의 생물상소고. 한국동굴학회지. 27(28):85-91.
- 金炳宇. 1993. 천곡동굴의 생물상에 관한 연구. 한국동굴학회지. 33(34):104-108.
- 羅期昌, 李昌鎭. 1986. 충북의 자연(지질·광물편). 충청북도교육위원회. 57-67.
- 文炯泰, 金俊鎬. 1992. 石炭岩地域 소나무림과 측백나무림의 落葉生産, 分解 및 窒素와 燃의 動態. 한국생태학회지 15: 147-155.
- 李永魯, 吳啓子. 1970. 단양도담상봉지대의 植物. 韓國生活科學研究院 論叢 5: 101-115.
- 李昌福. 1989. 大韓植物圖鑑. 향문사. 990pp.
- 任文淳. 1975. 단양고수동굴과 영천굴의 환경요인과 그 동물상에 관한 연구. 한국동굴학회지. 1(1):17-22.
- 張楠基, 睦昌洙. 1981. 금속광채상에 나타나는 식물에 관한 생리생태학적 연구. 2. 석회암지대의 백화현상. 한국생태학회지 4: 25-32.

- 정창희. 1991. 천곡동굴부근의 지질개관. 한국동굴학회지. 27(28):53-84.
- 정태현. 1965. 한국동식물도감 제5권 식물편(목, 초본류). 문교부. 1824pp.
- 정태현. 1970. 한국동식물도감 제5권 식물편(보유편). 문교부. 232pp.
- 정태현. 1974. 한국동식물도감 상권(목본부). 이문사. 507pp.
- 정태현. 1974. 한국동식물도감 하권(초본부). 이문사. 1025pp.
- 洪始煥. 1988. 한국의 자연동굴 총람(上). 16(17):23-24.
- 洪淳信. 1991. 석회암지역 개부처손 균집의 생태학적 연구. 공주대학교석사논문.
- Anderson, C. A. 1982. The effect of calcium on the germination, growth and mineral nutrition of acidic and calcareous population of *Eucalyprus obliqua* L'Herit. Plant and soil 69 : 213-223.
- Clarkson, D. T. 1965. Calcium uptake by calcicole and calcifuge species in the genus *Agrostis* L. J. Ecol. 53: 427-435.
- Grime, J. P. 1959. A study of the ecology of a group of Derbyshire plants with particular reference to their nutrient requirements. pH. D. thesis, Univ. of sheffield. 107pp.
- Hutchinson, T. C. 1968. A Physiological study *Teucrium scorodonia* ecotypes which differ in their susceptibility to lime-induced chlorosis and iron-deficiency chlorosis. Plant and Soil 28:81-105.
- Jefferies, D. W. 1987. Soil-plant relationships: an ecological approach. Timber press, Pregon. 257~279.
- Kwak, Y. S., Y. S. Choung, K. J. Chin, K. S. Min and J. H. Kim. 1994. comparison of the structure of grassland communities and the performance of calcicoles and calcifuges on the limestone and the granite areas. Korean J. Ecol. 17:105-112.

- Kim, J. H. Y. S. Kwak and H. T. Mun. 1992. Classification of calcicoles and calcifuges on the basis of the ratio of soluble to insoluble Ca^{2+} and Mg^{2+} in the leaves. Korean J. Ecol. 15:311-328.
- Marrs, R. H. and P. Bannister. 1978. Response of several members of the Ericaceae to soils of contrasting pH and base-status of two forested ecosystems. Ecology 63: 829-834.
- Mengel, K. and E. A. Kirby. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Bern. 687pp.
- Miller, R. W. and R. L. Donahue. 1990. Soils: An introduction to soils and plant growth. Prentice-Hall, USA. 768pp.
- Monk, C. D. , G. I. Child and S. A. Nicholson. 1969. Species diversity of a stratified oak-hickory community. Ecology 50: 468-470.
- Oh, Jong Woo. 1993. Karstic sinkhole sediments of dolostone in the upper midwest's driftless area, USA. Korean J.Spel. 34(35):78-104.
- Olsen, C. 1971. Selective ion absorption in various plant species and its ecological significance. C. R. Trav. Lab. Carlsberg 38: 399-422.
- Yoo, Jae shin 1993. A geologic-environmental study of Gosu Karst Cave. Korean J.Spel. 34(35):43-51.