

중남부 삼림 지역에서의 세포성 점균의 출현과 분포

박미아·장남기

서울대학교 사범대학 생물교육과

Cellular Slime Molds in Forest Soils of Central Areas of Korea

Park, Mia and Nam-Kee Chang

Dept. of Biology Education, Seoul National University

ABSTRACT

A study of occurrence and distribution of cellular slime molds(CSMs) in forest soils of central areas of Korea was carried out. Samples for CSMs isolation were collected from 4 study sites; Mt. Kyeryong, Mt. Taebaek, Mt. Sobaek and Mt. Sokri.

In Mt. Kyeryong, six species were found. These were *Dictyostelium fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. brefeldianum* and *Polysphondylium pallidum*. The average number of species isolated at one site was 0.75, and average density(clones /g soil) was 292. The results of soil sample analyses were that the concentration of Pb was higher than any other areas. In Mt. Taebaek, seven species were found; *D. fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*, *P. candidum*. The average number of species isolated at one site was 2.3, and average density was 1,108. Based on importance values calculated from study sites within each of three elevation ranges, several of the more widely distributed and abundant species have distribution patterns that show a response to elevation. In Mt. Sobaek, eleven species were found. These were *D. fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. brefeldianum*, *D. crassicaule*, *D. deminutivum*, *D. implicatum*, *P. pallidum*, *P. violaceum* and *P. candidum*. The average number of species isolated at one site was 3, and average density was 793. Species diversity appeared to be the highest in this area. In Mt. Sokri, six species were found. These were *D. fasciculatum*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. purpureum*, *P. pallidum*, and *P. violaceum*. The average number of species isolated at one site was 2.4 and average density was 858. It was noticeable that *D. purpureum* were much more commonly found in this pinus evergreen forest.

Key words: Cellular slime molds(CSMs), Importance value, Elevation, Average number of species, Average density.

서론

세포성 점균의 생태학적 연구는 Cavender와 Raper(1965a)에 의해 토양에서 종을 분리할 수

있는 'Clonal Isolation Technique'가 발표된 이후 연구에 활기를 띠어 최근까지 전세계에 걸쳐 지역적 환경과 식생에 따른 출현양상과 분포가 계속적으로 조사되어 왔다. 세포성 점균은 삼림의 부엽토 혹은 여러 생물의 배설물에서 분리되어 왔으며 열대와 아열대 지역과 같이 약간 습기가 있는 활엽 삼림에서 종 다양성이 높다고 알려져 있다 (Raper, 1935; Singh, 1947; Cavender와 Raper, 1965a, b, c; Cavender, 1970, 1973, 1976a, b).

이 생물이 환경에 따라 특이적이긴 하지만 전 세계적으로 분포하고 있음이 알려졌다(Benson and Mahoney, 1977; Cavender, 1969a, b, 1970, 1972, 1973, 1976a, b, 1977; Cavender and Raper, 1968; Traub *et al.*, 1981). 세포성 점균은 삼림의 낙엽 분해층뿐만 아니라 경작지, 초지 (Smith와 Keeling, 1968; Sutherland와 Raper, 1978), 잔디(장 등, 1993), 사막(Benson과 Mahoney, 1977), 고산지대(Cavender, 1983), 극지방(Stephenson 등, 1991) 등의 다양한 서식지를 갖고 있다. 그리고 종 다양성은 낮지만 유기물이 부족한 동굴(Landolt 등, 1992)과 같은 곳이나 salt marsh에서도 출현하는 종이 있다고 보고되었다.

세포성 점균의 분포에 영향을 미치는 요인으로는 식생, 기후, 토양 그리고 종간의 경쟁 등이 있는 것으로 알려져 있으며(Bonner, 1967; Cavender, 1980; Cavender와 Hopka, 1986; Landolt 등, 1990; Landolt, 1992; 장 등, 1994; 권, 1993), 그 외에도 삼림의 고도나 지형에 따라 세포성 점균의 분포가 다르다는 연구가 있었다(Cavender, 1980). 세포성 점균의 분포에 영향을 미치는 토양의 조건은 권(1993)에 의한 선행연구가 있다.

Shelford(1913)는 개체의 출현과 그 양은 양분에 의해서만 결정되는 것이 아니고 여러 가지 물리화학적 요인 즉 온도, 환원력, pH 그리고 토양의 여러가지 요인들에 의해 결정된다고 하였다. 어떠한 개체가 주어진 환경에서 성공적으로 존재하기 위해서는 각각의 여러 요인들이 이 개체가 존재하는데 적합해야 한다. 따라서 어떤 개체의 분포양상을 조사하기 위해서는 그 개체를 둘러싼 모든 요인들을 분석하는 것이 중요하다. 세포성 점균과 토양과의 관계를 제대로 파악하기 위해서는 세포성 점균과 무기환경과의 관계를 밝혀보는 것이 중요하다. 그러나 다른 요인들에 비해 세포성 점균과 무기환경간의 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 다소간의 시도는 있었으나(Landolt, 1992) 뚜렷한 상관관계를 밝히지 못했다.

한반도는 식물 군계가 남부, 남해안, 제주도 및 울릉도 아구로 구분되는데(이와 임, 1978), 세포성 점균에 관한 분포조사는 주로 제주도 아구(홍 등, 1992), 남해안아구(장 등, 1994), 남부아구(장 등, 1994)에서 이루어졌으며 중부 및 울릉도 아구에서의 분포조사는 거의 이루어지지 않았다. 우리나라 삼림의 임상에 서식하는 세포성 점균의 종과 분포양상을 종합적으로 이해하기 위해서는 중부지역의 지역적 환경 조건과 고도 및 식생에 따른 세포성 점균의 출현 및 분포에 관한 조사가 매우 필요하다. 본 연구의 목적은 중부아구에서도 우리나라 탄전 생산의 대부분을 차지하고 있는 태백산맥 지역에서 태백산과 소백산을 선정하고 고도는 낮지만 활엽수림대임에도 불구하고 침엽수림을 이루고 있는 속리산과 중부아구와 남부아구의 경계면 지역에 위치한 계룡산을 선정하여 삼림에 따른 세포성 점균의 분포를 조사하고 고도 및 토양의 무기환경과 세포성 점균의 분포양상을 분석하여 세포성 점균과 그들간의 관계를 밝히는 데 있다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

조사지역은 계룡산, 태백산, 소백산, 속리산으로 Fig. 1에 나타나 있고 각 지역의 기온, 강수

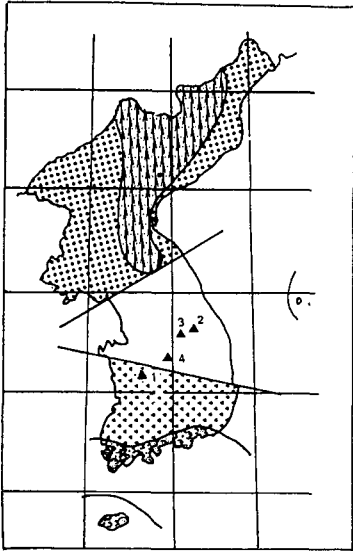


Fig. 1. Vegetation map of Korea (Yi and Yim, 1978) and geographical map of studied areas.
 1. Mt. Kye-ryong
 2. Mt. Taebaek
 3. Mt. Sobaek
 4. Mt. Sokri

량, 위도, 상대 습도, 수종 등은 Table 1에 나타나 있다. 각 지역의 해발과 식생에 따라 계룡산은 6 지소로, 태백산에서는 11 지소, 소백산에서는 7 지소, 속리산은 5 지소로 나누어 시료를 채집하였다. 태백산은 태백산맥의 끝부분에 위치하며 이 지역은 우리나라 광물생산의 중요한 역할을 하는 곳이다. 태백산에는 주목림이 자연적으로 발달하고 있으며 소백산에는 식재된 주목림이 존재하며 속리산은 이 지역이 낙엽 활엽수림대임에도 불구하고 소나무림이 거의 대부분을 차지하고 일부지역에서만 활엽수들이 나타나고 있다. 연평균 기온은 계룡산과 속리산이 높고 태백산과 소백산은 낮은 값을 나타내며 속리산은 내륙에 위치하여 강수량이 다른 지역에 비해 낮다.

2. 시료의 채집 및 종의 분리·동정

시료는 1993년 10월부터 1994년 9월까지 걸쳐 채집하였다. 채집 방법은 Mahoney(1977)의 ‘simple sampling method’에 따라 수행하였다. 등산로를 따라 100m 올라갈 때마다 주로 나타나는 대표적 군락에서 시료를 채집하였다. 군락은 이창복(1984)에 따라 명명하였다.

채집된 시료로부터 세포성 점균의 정량적 분리는 Cavender와 Raper (1965a)의 ‘Clonal Iso-

Table 1. The annual mean temperature, mean precipitation, relative humidity and forests of experimental sites

	Annual mean temperature(℃)	Annual mean precipitation(mm)	Relative humidity(%)	Forest	The highest of the mountain(m)
Mt. Kyeryong	11.8	1,368.5	75	<i>Quercus</i> sp.	845
Mt. Taebaek	6.2	1,686.7	74	Mixed hard wood	1,568
Mt. Sobaek	6.2	1,686.7	74	<i>Taxus</i> -, <i>Quercus</i>	1,439
Mt. Sokri	10.5	1,150.5	73	Conifer forest	1,058

lation Technique'에 따라 수행되었다. 분리된 종의 동정은 홍과 장(1990,1991), Bonner(1967), Olive(1975), Traub 등(1981), Raper(1984), Hagiwara(1989)의 분류 Key와 종기록, 그리고 다른 많은 연구의 종기록에 근거하여 수행하였다. 세포성 점균은 배양 후 5~6일이 지나면 거의 완전한 자실체를 형성하는데, 관찰은 3일째부터 시작하여 점액 아메바의 집합형태, 이동기의 유무 및 형태, 포자 및 자실체의 모양, 색깔 등을 기록하고, 현미경 사진을 촬영하며, 이들 특징에 따라 종을 동정하였다. 동정이 어려운 종과 추가적인 관찰이 필요할 때는 종을 순수 분리하여 재관찰을 하였으며 이 때는 0.1% lactose-peptone 배지(Raper, 1984)를 사용하였다. 배양 후 나타난 각 종의 수를 콜로니 카운터로 계산하고, Benson과 Mahoney(1977) 및 Cavender(1976)의 방법에 따라 종의 밀도와 빈도를 계산하였다.

3. 토양분석

토양의 pH는 1:1.25로 토양과 물을 섞어 30분간 진탕 후 하루 방치하여 거름종이(Whatman No.44) 로 거른 후 pH meter(DIGITAL pH /10N METER MODEL DP-135)로 측정하였다. 수분함량은 fresh moisture로 105℃에서 일정한 무게가 될 때까지 dry oven에서 말린 후 그 소실량으로 측정하였다. 유기물 함량은 loss on ignition(Cox, 1985)방법으로 이것은 450℃에서 수분 함량을 측정하고 남은 흙을 사용하여 4시간 태운 후 그 소실량으로 측정하였다. 인, 칼슘, 납 등과 같은 용해되는 염은 유기물 측정을 하고난 재를 이용하여 1/2 conc. HCl 10ml를 가하여 모래중탕으로 농축시킨 후 다시 1/2 conc. HCl 4ml를 더해 거름종이 (Whatman No. 44)로 거른 후 100ml를 맞추어 시료를 준비하였다. 이 시료는 분광분석계(Perkin Elmer PHI558)를 사용하여 분석하였다.

결 과

중남부 지역의 삼림중 계룡산에서 6지소, 태백산에서 11지소, 소백산에서 7지소, 속리산에서 5지소를 선정하여 세포성 점균의 출현과 분포를 조사하였다. 그리고 각 지소에서의 삼림의 형태나 토양의 여러가지 요인들에 대하여 조사하였다.

1. 계룡산의 세포성 점균

대부분의 삼림이 낙엽 활엽수림으로 수종은 신갈, 참나무, 벚나무, 서어나무 등이 있었으며 우점종은 참나무였다. 채집된 토양은 유기물 함량이 높은 편이었으나 활엽수림임에도 불구하고 토양의 pH 4.2로 낮았다. 이 지역에서는 *D. fasciculatum*, *D. mucoroides*, *D. firmibasis*, *D. minutum*, *D. brefeldianum*, *P. pallidum* 등 총 6종이 나타났다(Table 2). 이 중 *D. fasciculatum*, *D. minutum*, *P. pallidum*의 중요치가 각각 30, 61, 27로 대부분의 출현종을 대표하고 있다(Fig. 2). *D. brefeldianum*은 비록 출현 개체수가 적지만 2개 지소에서 나타났으며 주로 우리나라에서 많이 발견되고 있는 *D. mucoroides*(홍과 장, 1990, 1991, 1992)는 이 지역에서는 5로 낮은 중요치를 나타내었다. 이 지역에서 한 지소당 출현한 세포성 점균의 종수는 0.75로 낮았고 1g당 출현한 개체수도 292로 다른 지역에 비해 월등하게 낮게 나타났다. 지소 1에서는 세포성 점균이 출현하지 않았는데 유기물의 양이나 기타 양이온은 다른 지소와 차이가 없지만 수분함량이 다른 지소에 비해 적은 것이 특징이다(Table 3). 지소 4와 5는 다른 지소에 비해 종수도 많고 종의 밀도도 높았다. 각 지소당 무기 양이온의 차이는 나타나지 않지만 다른 지역에 비해 납의 함량이 높은 것이

Table 2. Occurrence of cellular slime molds in Mt. Kyeryong

Species	Site	K1		K2		K3		K4		K5		K6	
		F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D
<i>D. fasciculatum</i>		-	-	-	-	-	-	67	39	-	-	-	-
<i>D. firmibasis</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	100
<i>D. mucoroides</i>		-	-	-	-	-	-	33	1	-	-	-	-
<i>D. minutum</i>		-	-	-	-	-	-	33	60	67	90	-	-
<i>D. brefeldianum</i>		-	-	33	100	-	-	-	-	33	10	-	-
<i>P. pallidum</i>		-	-	-	-	33	100	-	-	-	-	-	-
Number of species		0		1		1		3		2		1	
Total clones(No. /g)		0		20		38		670		780		214	

Species	Total clones (No. /g)	Average frequency (%)	Relative density (%)	Presence (%)	Importance value
<i>D. fasciculatum</i>	2,744	11	16	17	30
<i>D. firmibasis</i>	2,148	6	12	17	16
<i>D. mucoroides</i>	8.5	6	<	17	5
<i>D. minutum</i>	1,110	22	64	33	61
<i>D. brefeldianum</i>	989	11	6	33	18
<i>P. pallidum</i>	383	6	2	17	27
(Total=6, Ave.=1.3)					
Total clones(No. /g)	292				

특이할 만하다. 이 지역에서 *D. fasciculatum*의 중요치가 높게 나왔으나 이 종은 우리나라의 남부 지방에서는 중요치가 높게 나타나지 않았다고 보고되고 있다(홍과 장, 1990, 1991, 1992). 충남부 지역에서 주로 출현하는 것으로 보아 상록활엽수림과 낙엽활엽수림의 경계면에 특징적으로 분포하는 종이 아닐까 사료된다.

2. 태백산에서의 세포성 점균

태백산은 해발 1,568m로 조사한 지역 중 가장 높은 산으로 산 정상에는 관목림이 나타났다. 고도가 낮아질수록 주목림이, 그 다음으로 낙엽활엽수림이 나타나고 있다. 토양시료의 채집은 관목림과 주목림, 기타 낙엽 활엽수림에서 주로 이루어졌다. 이 지역에서는 총 7종이 출현하였으며 각 지소당 평균적으로 2.3종이 출현하였다. 이것은 계룡산과 비교해 볼 때 높은 수치를 나타내고 있다. 평균 출현종수는 소백산에 비해 낮지만 토양 1g당 출현한 개체수는 1,100으로 조사 지역중에서 가장 높았다. 이 지역에서는 *D. fasciculatum*, *D. mucoroides*, *D. firmibasis*, *D. minutum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*, *P. candidum* (Table 4)이 출현하였다. 중요치는 *D. fasciculatum*이 22로 제일 높고 *D. firmibasis*, *D. minutum*, *P. pallidum*이 각각 10, 10, 9로 우점하였다(Fig. 3). 일본과 우리나라 삼림지역에서 많이 발견되고 있는 *D. firmibasis*는 주로 고도가 높은 곳이나 한랭한 지역에 많은 분포를 하고 있다고 보고되었다(Hagiwara, 1989). 이 종은 일본과 우리나라에서 주로 많이 나타나는 것으로 보고되어 있으며(Hagiwara, 1989; 장, 1994), 본

Table 3. Study sites and water content, pH, organic matter and inorganic matter in Mt. Kyeryong

Site	Altitude (m)	Forest type (minor species)	Water content (%)	pH	Organic matter (%)	Inorganic matter (ppm)						
						P	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu
K1	400	<i>Quercus</i> sp.	10.5	3.80	16.24	3.24	2.07	10.5	24.12	16.85	29.61	0.13
K2	500	"	17.2	4.40	28.40	3.67	1.91	6.03	2.63	17.98	31.20	0.10
K3	600	"	18.8	4.41	32.17	6.21	1.92	8.91	4.02	14.89	29.81	0.14
K4	700	"	20.2	3.98	14.21	1.63	2.04	9.86	8.34	16.37	28.41	0.10
K5	800	"	11.3	4.30	15.34	3.22	2.27	11.25	30.31	40.41	28.21	0.19
K6	800	"	15.4	4.36	10.10	4.37	2.54	10.52	11.47	31.71	31.04	0.15

Table 4. Occurrence of cellular slime molds in Mt. Taebaek

Species	Site		T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10		T11	
	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D
<i>D. fasciculatum</i>	▲00	94	00	47	00	40	00	92	33	72	00	22	-	-	00	73	-	-	33	00	00	50		
<i>D. firmibasis</i>	33	6	00	45	-	-	-	-	33	28	00	19	-	-	33	2	-	-	-	-	33	5		
<i>D. mucoroides</i>	-	-	33	8	-	-	-	-	-	-	33	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>D. minutum</i>	-	-	-	-	00	60	-	-	-	-	00	55	-	-	33	20	-	-	-	-	00	45		
<i>P. pallidum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	2	00	96	33	5	00	00	-	-	-	-		
<i>P. violaceum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	4	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>P. candidum</i>	-	-	-	-	-	-	33	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Number of species	2		3		2		2		2		5		2		4		1		1		3			
Total clones (No. /g)	340		955		1,680		598		90		2,618		863		3,045		178		388		2,623			

Species	Total clones (No. /g)	Average frequency (%)	Relative density (%)	Presence (%)	Importance value
<i>D. fasciculatum</i>	6,538	67	49	82	22
<i>D. firmibasis</i>	1,168	30	9	55	10
<i>D. mucoroides</i>	153	6	1	18	2
<i>D. minutum</i>	4,217	30	32	36	10
<i>P. pallidum</i>	1,228	27	9	36	9
<i>P. violaceum</i>	30	3	<	9	1
<i>P. candidum</i>	45	3	<	9	1

(Total=7, Ave.=2.5)

Total clones(No. /g) 1,100

1 : Sample frequency (%), 2 : relative density of site (%), ▲ 00: 100%

연구에서도 역시 태백산의 높은 고도에서 그 출현도가 높게 나타났다. 지소 7, 9, 10은 유기물 함량이 적었으며 (Table 5) 이 지소에서는 출현중수도 적고 개체의 밀도도 낮게 나타났다. *P. pallidum*은 높은 고도에서는 그 중요치가 높지 않으나 고도가 낮을수록 중요치가 높아지는 특징

Table 5. Study sites and water content, pH, organic matter and inorganic matter in Mt. Taebaek soil

Site	Alti- tude (m)	Forest type	Water content (%)	pH	Organic matter (%)	Inorganic matter(ppm)						
						P	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu
T1	1,500	<i>Taxus cuspidata</i>	60.9	4.98	56.8	5.6	8.66	8.38	28.0	10.3	0.11	0.1
T2	1,500	<i>T.</i> + <i>Sasa</i>	42.3	4.53	36.3	4.87	1.12	3.75	43	6.3	0.13	0.21
T3	1,500	<i>Rhododen dron</i>	45.0	4.41	22.5	5.6	8.66	8.2	22.9	10.85	1.3	0.1
T4	1,400	<i>Quercus</i>	30.1	4.97	29.6	3.56	3.45	5.6	49.3	9.3	0.11	0.02
T5	1,400	<i>Q.</i> + <i>Sasa</i>	56.3	4.78	59.1	5.0	0.79	10.3	49.52	11.88	2.1	0.04
T6	1,300	<i>Quersus</i>	57.3	5.17	60.6	6.06	4.57	8.26	66.3	13.82	3.65	0.08
T7	1,200	<i>Pinus</i>	36.5	4.82	36.2	8.3	1.2	9.8	22	22.8	1.7	0.17
T8	1,100	Mixed hardwood	55.2	6.84	55.9	6.5	1.7	7.29	100.5	22.8	5.35	0.09
T9	1,100	"	51.8	4.59	25.5	8.3	1.3	11.76	20.4	24.7	6.35	0.08
T10	1,000	"	52.4	4.45	25.8	4.18	1.03	5.89	25.2	7.84	0.11	0.08
T11	900	"	70.6	4.45	80.7	6.45	7.1	5.03	94.7	12.69	0.85	0.21

Table 6. Occurrence of cellular slime molds in Mt. Sobaek

Species	Site		C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D
<i>D. fasciculatum</i>	100	38	33	60	33	16	33	41	33	30	-	-	-	-	-	-
<i>D. firmibasis</i>	33	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. mucoroides</i>	-	-	-	-	100	84	33	17	-	-	33	48	-	-	-	-
<i>D. minutum</i>	33	56	33	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. brefeldianum</i>	-	-	33	13	-	-	-	-	33	70	-	-	33	5	-	-
<i>D. implicatum</i>	-	-	-	-	-	-	33	41	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. crassicaule</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	30	-	-
<i>D. deminutum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	15	-	-
<i>P. pallidum</i>	33	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. violaceum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	52	-	-	-	-
<i>P. candidum</i>	-	-	33	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Number of species	4		4		2		3		2		2		4			
Total clones (No. /g)	1,642		536		172		242		287		341		2,330			

Table 6. Continued

Species	Total clones (No. /g)	Average frequency (%)	Relative density (%)	Presence (%)	Importance value
<i>D. fasciculatum</i>	1,164	33	21	71	49
<i>D. firmibasis</i>	70	5	1	14	7
<i>D. mucoroides</i>	347	19	6	57	29
<i>D. minutum</i>	2,236	14	40	43	46
<i>D. brefeldianum</i>	194	14	7	43	24
<i>D. implicatum</i>	100	5	2	14	8
<i>D. crassicaule</i>	705	10	13	14	17
<i>D. deminutuvum</i>	337	5	6	14	10
<i>P. pallidum</i>	28	5	<	14	6
<i>P. violaceum</i>	179	5	3	14	8
<i>P. candidum</i>	22	5	<	14	6
(Total=11, Ave.3)					
Total clones(No. /g)	769				

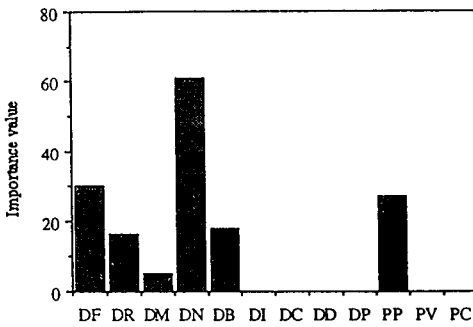


Fig. 2. Occurrence of CSM in Mt. Kyeryong.

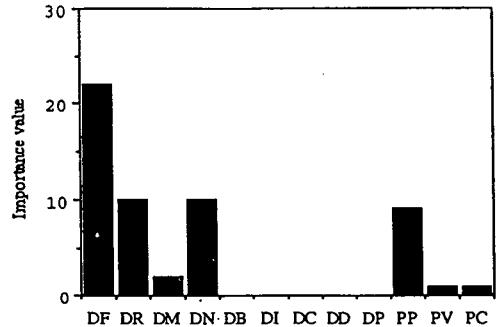


Fig. 3. Occurrence of CSM in Mt. Taebaek.

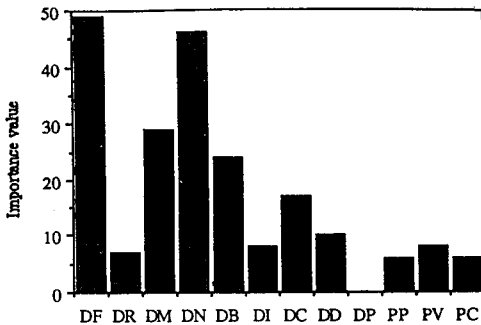


Fig. 4. Occurrence of CSM in Mt. Sobaek.

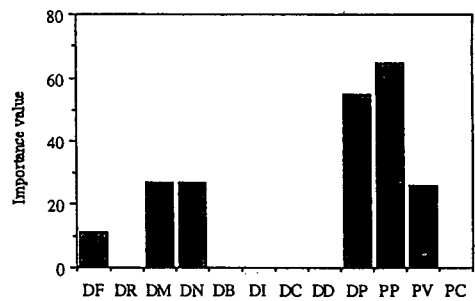


Fig. 5. Occurrence of CSM in Mt. Sokri.

을 보이고 있었다. 이것은 Landolt(1992)의 연구와도 일치하였다.

3. 소백산에서의 세포성 점균

소백산은 태백산보다 낮지만 비슷한 삼림형태와 지형적 조건을 가지고 있다. 소백산에는 인공적인 주목림을 산 정상쪽을 향하여 식재해 놓았다. 토양을 채집한 지소는 주로 낙엽 활엽수림으로 우점식물군은 참나무군(*Quercus*)이었다. 소백산은 다른 지역과 비교해 볼 때 종이 다양하게 출현하였다. 출현한 종은 *D. fasciculatum*, *D. mucoroides*, *D. firmibasis*, *D. minutum*, *D. brefeldianum*, *D. crassicaule*, *D. implicatum*, *D. deminutivum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*, *P. candidum* 으로 총 11종이 나타났다(Table 6). 한 지소당 출현한 종수의 평균은 3으로 다른 어떤 지역보다도 높게 나타났다. 토양 1g당 평균적으로 출현한 개체수는 793로 다른 지역과 비교해 볼 때 그다지 높은 편은 아닌 것으로 보여진다. *D. fasciculatum*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. brefeldianum*이 중요치 각각 49, 29, 46, 24(Fig. 4)를 기록하였다. *D. fasciculatum*은 남부지역에서 일부 나타났으나 그 중요치는 낮게 나타났으나 중 남부지역에서는 높은 중요치를 나타냈다. 지소 3은 같은 고도에 있는 다른 지소 1, 2에 비해 출현 종수와 밀도가 각각 3, 172로 모두 작았는데 이는 주목림의 영향으로 생각된다. 또한 지소 1, 2는 모두 활엽수림(*Quercus*)이었고 pH도 높은 반면 지소 3은 주목림으로 pH가 4.55로 낮았다(Table 7).

4. 속리산에서의 세포성 점균

속리산은 바위가 많은 산으로 활엽수림은 고도가 낮은 곳에 흩어져 있을 뿐 주로 침엽수림이 우세하게 존재한다. 시료는 침엽수림(*Pinus*)에서 주로 채집하였다. 조사 결과 pH는 4.55로 다른 지역에 비해 낮았다(Table 9). 출현한 종은 *D. fasciculatum*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. purpureum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*으로 총 6종이었으며(Table 8) 한 지소에서 평균적으로 2.4종이 나타났으며 1g당 출현한 개체수는 858으로 다른 지역과 비교해 볼 때 평균적인 값을 가지고 있다. *P. pallidum*과 *D. purpureum*이 각각 중요치 65와 55를 가지고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 5). *D. fasciculatum*은 태백산, 계룡산, 소백산에서는 우점하였으나 속리산에서는 출현하지는 했지만 중요치가 낮았다. 이 지역에서는 다른 지역에서는 출현하지 않았던 *D. purpureum*이 출현한 것이 특징이다. *D. purpureum*은 최(1993)의 제주도 비자림 연구와 권(1993)의 인천 해안 연구에서 침엽수림에서 높은 중요치를 가진다고 보고하였다. *D. purpureum*은 침엽수림에서 중요치가 50정도의 값을 가지면서 출현하는 것으로 보아 침엽수림의 특징적인 종이 아닐까 사료된

Table 7. Study sites and water content, pH, organic matter and inorganic matter in Mt. Sobaek

Site	Altitude (m)	Forest type (minor species)	Water content (%)	pH	Organic matter (%)	Inorganic matter (ppm)						
						P	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu
S1	1340	<i>Quercus</i>	34.0	5.15	17.9	4.6	1.4	16.0	25.5	31.82	5.4	0.1
S2	1340	"	16.3	5.29	4.8	4.8	1.2	56.6	5	77.68	16.9	0.3
S3	1310	<i>Taxus</i>	72.3	4.55	24.7	6.7	1.9	24.3	9	53.28	15.35	0.2
S4	1200	"	36.04	4.92	30.1	4.3	1.2	13.1	27	34.78	7.35	0.1
S5	1100	"	34.7	5.03	23.1	6.7	1.8	14.0	13	38.8	8.9	0.1
S6	1000	"	20.1	4.86	16.5	3.3	0.8	45.0	8	62.0	18.45	0.1
S7	900	"	16.4	6.36	11.0	4.2	1.1	40.4	25	54.45	15.25	0.2

Table 8. Occurrence of cellular slime molds in Mt. Sokri

Species	R1		R2		R3		R4		R5	
	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D
<i>D. fasciculatum</i>	67	6	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. mucoroides</i>	—	—	100	43	—	—	—	—	—	—
<i>D. minutum</i>	—	—	67	24	—	—	—	—	—	—
<i>D. purpureum</i>	33	9	67	4	100	92	—	—	—	—
<i>P. pallidum</i>	100	85	100	14	67	8	100	100	—	—
<i>P. violaceum</i>	—	—	67	15	—	—	—	—	67	100
Number of species	3		5		2		1		1	
Total clones (No. /g)	445		2,090		1,353		122		270	

Species	Total clones (No. /g)	Average frequency (%)	Relative density (%)	Presence (%)	Importance value
<i>D. fasciculatum</i>	25	13	<	20	11
<i>D. mucoroides</i>	897	20	21	20	27
<i>D. minutum</i>	503	17	12	20	27
<i>D. purpureum</i>	1,365	40	32	60	55
<i>P. pallidum</i>	900	73	21	80	65
<i>P. violaceum</i>	590	9	14	40	26
(Total=6, Ave.2.4)					
Total clones (No. /g)	856				

Table 9. Study sites and water content, pH, organic matter and inorganic matter in Mt. Sokri

Site	Altitude (m)	Forest type (minor species)	Water content (%)	pH	Organic matter (%)	Inorganic matter (ppm)						
						P	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cu
R1	700	Conifer	42.8	4.22	82.4	4.5	1.4	7.9	28.2	10.16	0.6	0.02
R2	600	Conifer	25.1	3.90	29.5	4.4	1.2	6.9	20.5	19.20	6.35	0.12
R3	500	Conifer	11.6	4.90	17.2	3.4	1.9	6.8	19.8	19.86	4.65	0.10
R4	400	Conifer	26.7	4.91	16.0	1.9	1.2	7.1	31.3	22.27	8.6	0.05
R5	300	Conifer	25.1	4.46	45.1	1.6	1.8	3.2	16.7	9.01	0.1	0.01

다.

논 의

1. 식생과 고도에 따른 세포성 점균의 분포

Cavender와 Raper(1965)는 동부 북미의 토양에서의 세포성 점균의 상대 빈도 연구에서 세포성 점균의 우점종이 어느 정도 삼림의 우점수목과 상관이 있다고 지적하였고, 세포성 점균을 위한 서식지의 적합성은 우선적으로 토양습도와 먹이 유효도에 의해 결정된다고 제안하였다.

Horn(1971)은 *P. pallidum*이 직접적인 경쟁에 직면했을 때 가장 성공하는 종이며, *P. violaceum*은 가장 빨리 성장할 수 있는 종이라서 간접적으로 다른 종을 이길 수 있으나 직접적인 경쟁의 상황에서는 불리하다고 보고하였다.

Raper(1984)에 따르면 *D. purpureum*은 주로 낙엽활엽수림에서 발견되며 북미와 일본에 주로 분포하는 것으로 알려져 있는 종이다. Hagiwara 에 따르면 *D. purpureum*은 전 세계적으로 분포하고 있으며, 동물의 배설물에서도 발견된다고 하였다. *D. purpureum*은 지금까지 조사된 우리나라 남부지역의 삼림 토양에서 낮은 중요치를 나타내어 왔다. 한라산의 다른 삼림토양(홍과 장, 1992)에서 조차도 이 종은 다른 종에 비해 낮은 출현빈도를 나타내고 있다. 같은 난온대 기후의 상록활엽수림이나, 냉온대 침엽수림에서도 *D. purpureum*은 낮은 중요치를 나타내고 있는 것으로 보고되어 있다. 또한 최(1993)에 따르면 이 종은 중요치는 낮지만 다양한 지역에 존재하는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 일반적인 출현과는 다르게 몇몇 연구에서 *D. purpureum*은 침엽수림에서 그 중요치가 높게 나왔다는 보고가 있다. 특히 최(1993)의 연구에서는 비자림과 같은 침엽수림에서 이 종은 높은 중요치를 갖는 것으로 나타났다. 이외에도 권(1993)의 연구에서도 해안 침엽수림 지역에서 이 종의 중요치가 높게 나타났다. 이것은 이번 조사 결과와도 일치하는 것으로(Fig. 5) 온대 지역의 침엽수림에서 이 종은 중요한 생태적 위치를 차지하는 것으로 추정된다.

일본에서 주로 출현하는 종은 *D. mucoroides*, *P. pallidum*, *P. violaceum*이며 이것은 기후조건이나 삼림이 비슷한 우리나라 남부지방에서도 *D. mucoroides*, *P. pallidum*, *P. violaceum*, *D. minutum*도 우세하게 나타난 것으로 조사되었다(홍과 장, 1990, 1991, 1992, 1993; 장 등, 1994). 이번 조사지역에서도 *D. mucoroides*, *P. pallidum*, *P. violaceum*, *D. minutum*이 각각 중요치가 43, 49, 30, 61로 우세하게 나타났다(Table 10). 이번 연구에서 중요치가 제일 높게 나타난 *D. fasciculatum*(Fig. 6)은 장(1994)의 남부지역 연구에서는 낮은 중요치를 나타내었고 일본에서는 아직 출현하지 않은 종으로 보고되어 있다. 이 종의 중요치는 다른 보고서에서 그다지 높게 나타

Table 10. Occurrence of cellular slime molds in the forests of central area of Korea

Species	Site		Mt. Kye-ryone		Mt. Tae-baek		Mt. So-baek		Mt. Sokri	
	F	D	F	D	F	D	F	D		
<i>D. fasciculatum</i>	11	16	67	49	33	21	13	<		
<i>D. firmibasis</i>	6	12	30	9	5	1	-	-		
<i>D. mucoroides</i>	6	<	6	1	19	6	20	21		
<i>D. minutum</i>	22	64	33	12	14	40	7	12		
<i>D. brefeldianum</i>	11	6	-	-	14	7	-	-		
<i>D. implicatum</i>	-	-	-	-	5	2	-	-		
<i>D. crassicaule</i>	-	-	-	-	10	13	-	-		
<i>D. deminutivum</i>	-	-	-	-	5	6	-	-		
<i>D. purpureum</i>	-	-	-	-	-	-	43	12		
<i>P. pallidum</i>	6	2	27	9	5	<	73	21		
<i>P. violaceum</i>	-	-	3	<	5	3	9	14		
<i>P. candidum</i>	-	-	3	<	5	<	-	-		
Number of species	6		7		11		6			
Total clones(No. /g)	292		1,100		793		858			

Table 10. Continued

Species	Total clones (No. /g)	Average frequency (%)	Relative density (%)	Presence (%)	Importance value
<i>D. fasciculatum</i>	813	31	26	100	61
<i>D. firmibasis</i>	152	10	5	75	32
<i>D. mucoroides</i>	245	13	8	100	43
<i>D. minutum</i>	985	21	31	100	61
<i>D. brefeldianum</i>	73	6	2	50	20
<i>D. implicatum</i>	15	1	<	25	9
<i>D. crassicaule</i>	100	3	3	25	11
<i>D. deminutivum</i>	48	1	2	25	10
<i>D. purpureum</i>	274	10	9	25	18
<i>P. pallidum</i>	304	28	10	100	49
<i>P. violaceum</i>	145	4	5	75	30
<i>P. candidum</i>	7	2	<	75	26
(Total=12, Ave.=7.5)					
Total clones(No. /g)	790				

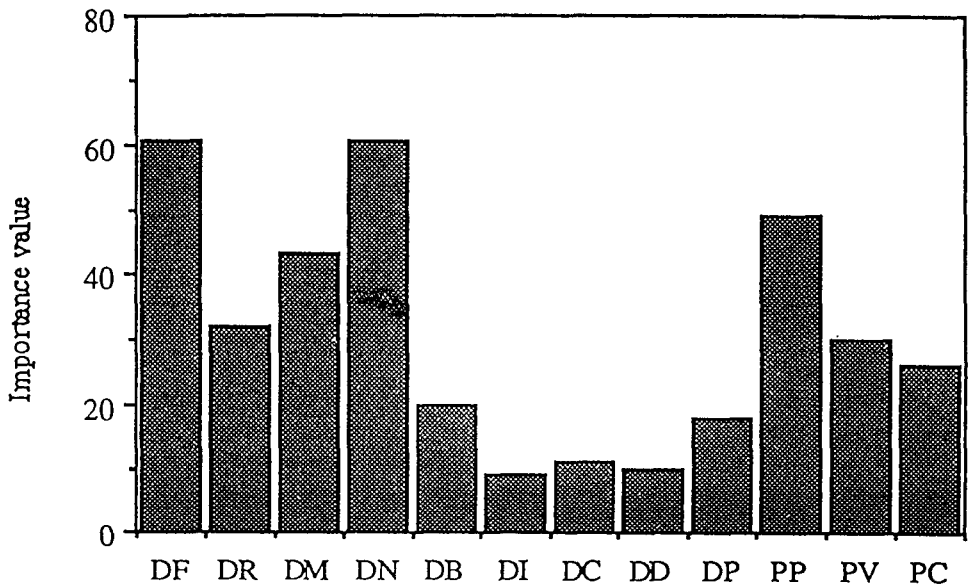


Fig. 6. Occurrence of CSM in Central areas of Korea.

Fig. 2: Fig. 3: Fig. 4: Fig. 5: Fig. 6: DF; *D. fasciculatum*, DR; *D. firmibasis*, DM; *D. mucoroides*, DN; *D. minutum*, DB; *D. brefeldianum*, DI; *D. implicatum*, DC; *D. crassicaule*, DD; *D. deminutivum*, D,P; *D. purpureum*, PP; *P. pallidum*, PV; *P. violaceum*, PC; *P. candidum*

나지 않은 것으로 보아 중 남부 지역에서 대표적으로 나타난 이 종의 생태학적 위치에 대해서는 계속적으로 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

태백산의 고도에 따른 종의 분포양상을 살펴보면 Fig. 7과 같다. 고도가 높아짐에 따라 전체종의 개체수와 출현종수는 영향을 받지 않는 것으로 보여진다. 그러나 고도에 따라 각 종의 중요치가 변하여 우점종이 달라지는 것을 볼 수 있다(Table 11). Landolt 등(1990)은 고도에 따라 우점하는 세포성 점균의 분포가 달라 우점종이 달라진다고 보고하였다. 이 결과는 태백산에서도 일치함을 보여준다. 예를 들면 *D. fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*는 고도가 높아질수록 점점 더 중요하게 되고 *P. pallidum*, *P. violaceum*, *P. candidum*은 고도가 중간인 지점에서 중요치가 높았다. 이것은 종의 경쟁조건에 고도도 관여하는 것으로도 해석되어질 수 있음을 시사

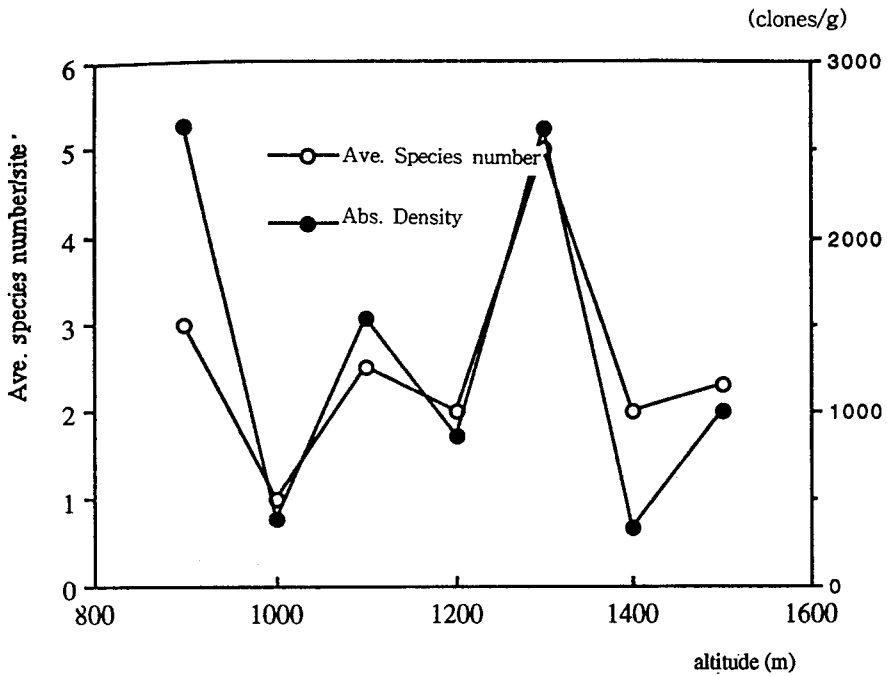


Fig. 7. The number of species that occurred in Mt. Taebaek.

Table 11. Importance values for cellular slime molds at different elevation in Mt. Taebaek

Species	Lower elevation (T8~T11)	Middle elevations (T4~T7)	Higher elevations (T1~T3)
<i>D. fasciculatum</i>	57	52	80
<i>D. firmibasis</i>	9	22	31
<i>D. mucoroides</i>	0	5	7
<i>D. minutum</i>	0	20	27
<i>P. pallidum</i>	30	14	0
<i>P. violaceum</i>	0	33	0
<i>P. candidum</i>	0	14	0

*Importance value=(Relative frequency+2*Relative density+Presence) /3

한다고 할 것이다.

2. 토양의 무기환경과 세포성 점균의 분포

많은 무기물은 미생물의 중요한 영양분으로 중요하기도 하며(Stotzky와 Norman, 1964) 또한 무기물들이 미생물에게 유독하기도 하다고 알려져 있다(Ehrlich, 1978). 무기물 중에서도 중금

Table 12. Mean values for soil physical and chemical characteristics, base on pooled data for study sites

Parameter	Site			
	Mt. Kyeryong	Mt. Taebaek	Mt. Sobaek	Mt. Sokri
Soil moisture(%)	16	51	33	26
Organic matter(%)	19	45	18	38
Molybdenum(ppm)	3	2.3	7	1.5
Calcium(ppm)	9	50	12	23
Sodium(ppm)	1.4	3.7	1.3	1.4
Phosphrous(ppm)	3.4	6.3	3.9	3.6
Iron(ppm)	82	97	120	101
Potassium(ppm)	6	7.4	20	5.7
Magnesium(ppm)	15	14	33	15
Manganese(ppm)	2.1	5.7	2.6	5.6
Lead(ppm)	30	3.2	9	3.6
Copper(ppm)	0.09	0.12	0.14	0.07
Zinc(ppm)	0.5	0.52	0.62	0.48
pH	4.2	4.9	5.2	4.5

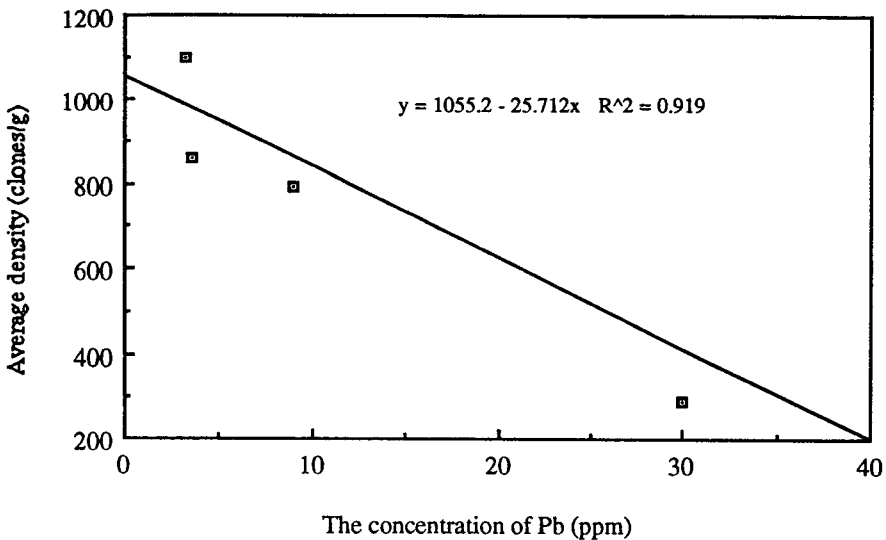


Fig. 8. Effect of Pb on the average clones /g in the forest of central area of Korea.

속은 오염문제와 관련되어 주목을 받는다. 중금속 중에도 어떤 것은 영양분으로 소량 필요하기도 하며 양이 많아지게 되면 미생물의 생장을 억제시키기도 한다. 일반적으로 중금속은 미생물의 생장에 필요한 효소나 단백질의 -SH기를 끊어 불활성화 시킨다고 알려져 있다(Atlas와 Bartha, 1993). 중금속과 pH는 서로 중요하여 pH가 높으면 중금속을 침전시키므로 독성을 감소시킨다.

조사지역의 토양을 분석한 결과 토양의 양이온은 계룡, 태백, 소백, 속리산에서 대체적으로 비슷한 값을 가지고 있는 것으로 조사되었다(Table 12). 그중에서 태백산에서는 Ca가 다른 조사지역에 비해 많이 나타나고 소백산에서는 Fe, K, Mn, Mo이 높은 값을 가졌다. 대체적으로 토양의 양이온은 비슷한 값을 가졌으나 소백산 지역의 양이온은 다른 지소에 비해 높게 나타났다. 이것은 종의 밀도에 비해 출현한 종수가 많은 소백산 지역과 연관이 있을 것으로 생각된다.

중금속인 구리는 조사한 모든 지역에서 유사한 값을 가졌지만 납은 계룡산에서 매우 높은 값을 가지고 있음이 주목된다. 납의 함량과 개체의 밀도수와 비교하면(Fig. 8), $r = -0.92$ 의 높은 상관값을 나타내었다. 납의 양이 많을수록 종의 절대 밀도가 감소한다는 것을 알 수 있다.

적 요

중남부 지방의 삼림중 계룡산에서 6지소, 태백산에서 11지소, 소백산에서 7지소, 속리산에서 5지소를 고도와 식생에 따라 선정하여 세포성 점균의 출현과 분포를 조사하고, 식생, 고도, 토양 환경이 세포성 점균의 분포에 어떠한 영향을 주는가에 대한 연구를 수행하였다.

계룡산에서는 *D. fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. brefeldianum*, *P. pallidum*의 총 6종이 출현하였고 한 지소당 평균 출현종수는 0.75, 토양 1g 당 출현한 개체수는 292개로 다른 조사 지역에 비해 낮게 나타났다. 우점종은 *D. fasciculatum*, *D. minutum*으로 중요치가 각각 61과 30이었다. 태백산은 *D. fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*, *P. candidum*의 총 7종이 출현하였다. 한 지소당 출현한 평균종수는 2.3, 토양 1g당 출현한 개체수는 1,100 이었다. 우점종은 *D. fasciculatum*으로 중요치가 22로 나타났다. 소백산은 *D. fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. brefeldianum*, *D. crassicaule*, *D. implicatum*, *D. deminutivum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*, *P. candidum*의 총 11종이 출현하였다. 평균 출현종 수는 3, 개체수는 793으로 이 지역의 출현종 수는 다른 지역에 비해 높게 나타났다. *D. fasciculatum*, *D. minutum*이 중요치가 각각 49, 46으로 우점하는 것으로 나타났다. 침엽수림으로 이루어진 속리산은 *D. fasciculatum*, *D. mucoroides*, *D. minutum*, *D. purpureum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*의 총 6종이 출현하였다. 출현종수는 2.4, 개체수는 858로 나타났다. 이 지역에서는 다른 지역에서 나타나지 않았던 *D. purpureum*이 중요치 57을 가지며 우점하는 것이 특징이다.

토양분석 결과 Pb함량과 CSMs의 총 개체수 간에는 상관도가 -0.92 로 납의 함량이 세포성 점균의 총 개체수에 영향을 주고 있는 것으로 추정된다.

고도별로 각 세포성 점균의 중요치를 비교한 결과 고도에 따라 우점하는 양상이 달라짐을 보여준다. 예를 들면 고도가 높아질수록 *D. fasciculatum*, *D. firmibasis*, *D. mucoroides*는 중요치가 높게 나타나며, 고도가 낮아질수록 *D. minutum*, *P. pallidum*, *P. violaceum*은 중요치가 증가하는 경향이 있음이 나타났다.

인용문헌

1. 권혜련. 1993. 하천(곡릉천, 안양천)변 토양에서 세포성 점균의 분포 및 토양 환경요인의 영향. 서울대학교 석사학위논문.
2. 이우철, 임양재. 1978. 한반도의 관속식물 분포에 관한 연구. 한국식물분류학회지. 8(Appendix): 1-33.
3. 이창복, 1984. 대한식물도감. 향문사.
4. 장남기, 박미아, 이정은. 1993. 잔디(*Zoysia japonica* Steud.)군락에서의 세포성 점균의 출현. 한국잔디학회지, 7(2.3): 113-120.
5. 장남기 등. 1994(미발표). 남부지역의 식생에 따른 세포성 점균의 출현과 분포. 한국과학재단보고서.
6. 최선영. 1993. 제주도 비자림에서 세포성 점균의 분포 및 비자열매 추출액의 성장효과에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
7. 한국도시연감. 1992.
8. 홍정수, 장남기. 1990. 남한의 주요 낙엽수림에서 세포성 점균의 출현과 분포. 한국식물학회지. 33(3): 159-168.
9. 홍정수, 장남기. 1991. 인천 근해 도서지역의 해안식물 군락에 따른 세포성 점균의 출현과 분포. 한국생태학회지. 14(4): 457-467.
10. 홍정수, 장남기. 1992. 한라산의 세포성 점균 (Ⅲ). -한국산 미기록 극낭 양성종의 기록. 한국식물학회지, 35(4):307-316.
11. 홍정수, 장남기. 1993. 한라산의 세포성 점균 (Ⅲ). -한국산 미기록 극낭 음성종의 기록. 한국식물학회지, 36(1): 9-17.
12. Atlas, R.H. 1977. Stimulated petloun biodegradation, Critical Reviews in Microbiology 5: 371-380.
13. Atlas and Bartha. 1993. Microbial Ecology 3th. The Benjamin /Cummings Publishing 212-241.
14. Benson, M. R. and D. P. Mahoney. 1977. The distribution of Dictyostelid cellular slime molds in southern California with taxonomic notes on selected species. Am. J. Bot., 64: 496-503.
15. Bonner, J. T. 1967. The cellular slime molds. Princeton Univ., Princeton P 205.
16. Cavender, J. C. 1969a. The occurrence and distribution of Acrasieae in forest soils. I. Europe. Am. J. Bot., 56(9): 989-992.
17. Cavender, J. C. 1969b. The occurrence and distribution of Acrasieae in forest soils. II. East Africa. Am. J. Bot., 56(9): 993-998.
18. Cavender, J. C. 1970. *Dictyostelium dimigraformum*, *Dictyostelium latorsorum* and *Acytostelium ellipticum*: New Acrasieae from the American tropics. J. Gen. Microbiol., 62: 113-123.
19. Cavender, J. C. 1972. Cellular slime molds in forest soils of eastern Canada. Can. J. Bot., 50:1497-1501.

20. Cavender, J. C. 1973. Geographical distribution of Acrasiae. *Mycologia*, 65: 1044-1054.
21. Cavender, J. C. 1976a. Cellular slime molds of Southeast Asia. I. Description of new species. *Am. J. Bot.*, 63: 60-70.
22. Cavender, J. C. 1976b. Cellular slime molds of Southeast Asia. II. Occurrence, and Distribution. *Am. J. Bot.*, 63:60-70.
23. Cavender, J. C. 1977. Cellular slime molds in tundra and forest soils of Alaska including new species, *Dictyostelium septentrionalis* *Can. J. Bot.*, 56: 1326-1332.
24. Cavender, J. C. 1980. Cellular slime molds of the southern Appalachians. *Mycologia*, 72: 55-63.
25. Cavender, J. C. 1983. Cellular slime molds of the rocky mountains. *Mycologia*, 75(5): 897-903.
26. Cavender, J. C. 1989. Cellular slime molds of Japan. I. Distribution and biogeographical considerations. *Mycologia*, 81(5): 683-691.
27. Cavender, J. C. and C. Hopka. 1986. Distribution patterns of Ohio soil Dictyostelids in relations to physiography. *Mycologia*, 78(5): 825-831.
28. Cavender, J. C. and K. Kawabe. 1989. Cellular slime molds of Japan. I. Distribution and Biogeographical considerations. *Mycologia*, 81: 683-691.
29. Cavender, J. C. and K. B. Raper. 1965a. The Acrasiales in nature. I. Isolation. *Am. J. Bot.*, 52: 294-296.
30. Cavender, J. C. and K. B. Raper. 1965b. The Acrasiales in nature. II. Forest soils as a primary habitat. *Am. J. Bot.*, 52: 297-302.
31. Cavender, J. C. and K. B. Raper. 1965c. The Acrasiales in nature. III. Occurrence and distribution in forests of eastern North America. *Am. J. Bot.*, 52: 294-296.
32. Cavender, J. C. and K. B. Raper. 1968. The occurrence and distribution of Acrasiaeae in forests of subtropical and tropical America. *Am. J. Bot.*, 55(4): 504-513.
33. Ehrlich, H. L. 1978. How microbes cope with heavy metals, arsenic and antimony in their environments. In D. J. Kushner(ed). *Microbial life in extreme environments*. Academic Press, London, 381-408.
34. Hagiwara, H. 1989. The taxonomic study of Japanese Dictyostelid cellular slime molds. *Natl. Sci. Mus. Tokyo*. 131.
35. Horn, E. G. 1971. Food competition among the cellular slime molds. *Ecology*, 52: 475-484.
36. Landolt, J. C. 1992. Cellular slime molds in west virginia caves including ontes on the occurrence and distribution of *Dictyostelium rosarium*, *Mycologia*, 84(3): 399-405.
37. Landolt, J. C. and S. L. Stephenson. 1990. Cellular slime molds in forest soils of West Virginia. *Mycologia*. 82: 114-119.
38. Raper, K. B. 1935. *Dictyostelium discoideum*, a new species of slime mold from decaying forest leaves. *J. Agr. Res.*, 50: 135-147.
39. Raper, K. B. 1984. *The Dictyoselids*. Princeton Univ., Princeton. 453.
40. Shelford, V. E. 1913. *Animal communities in Temperate America*. University of

Chicago Press, Chicago.

41. Singh, B. N. 1947. Studies on soil Acrasieae. I. Distribution of species of *Dictyostelium* in soils of Great Britain and the effect of bacteria on their development. J. Gen. Microbiol., 1: 11-21.
42. Smith, K. L. and R. P. Keeling. 1968. Distribution of the Aceasieae in Kansas grasslands. Mycologia, 60: 711-712.
43. Stephenson, S. L., J. C. Landolt and G. A. Laursen. 1991. Cellular slime molds in soils of Alaskan tundra. Arctic and Alpine Research. 23: 104-107.
44. Stotzdy, G. and A. G. Norman. 1994. Factors limiting microbial activities in soil. Part III. Supplementary substrate additions. Can J. of Microbiology.
45. Sutherland, J. B. and K. B. Raper. 1978. Distribution of cellular slime molds in Wisconsin prairie soils. Mycologia, 70: 1173-1180.
46. Traub, F., H. R. Hohl and J. C. Cavender. 1981a. Cellular slime molds of Switzerland. I. Description of new species. Am. J. Bot., 68(2): 162-172.
47. Traub, F., H. R. Hohl and J. C. Cavender. 1981b. Cellular slime molds of Switzerland. II. Distribution in forest soils. Am. J. Bot. 68(2): 173-182.