

경기도 골프장의 코스별 세포성 점균의 출현분포

최선영 · 홍정립 · 장남기

서울대학교 생물교육학과

Distribution of Cellular Slime Molds of Golf Courses in Kyonggi Province

Choi, Sun-Young, Jung-Lim Hong and Nam-Kee Chang

Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University

ABSTRACT

Dictyostelid cellular slime molds were quantitatively isolated from three golf courses in Kyonggi province. The samples were collected in tee, fairway, rough and out of bounds at each golf courses. *Dictyostelium mucoroides* was found at rough of Seo-Seoul C.C and *D. minutum* at out of bounds of New Korea C.C. Compared with other forests, species diversity and species richness appeared to be low.

The properties of soils were investigated in three golf courses. This results were very low in water content, organic matter compared with artificial Korean lawngrass turf in Seoul National University.

서 론

세포성 점균(Cellular slime mold)은 1869년 Brefeld가 처음 *Dictyostelium mucoroides*를 발견함으로써 세상에 알려졌다. 1935년 Raper가 지금까지 세포성 점균의 대표종으로 알려져 있는 *Dictyostelium discoideum*을 발표한 이후 이종에 대한 분류, 생태 및 분자생물학적 연구가 이루어졌다. 많은 논문을 통해 발표된 세포성 점균들은 Bonner (1959, 1967), Olive (1975), Raper (1973, 1984) 및 Hagiwara (1989)에 의해 체계적으로 연구되었다.

세포성 점균의 생태학적 연구는 Singh (1947)와 다른 연구자들에 의해 시작되어 주로 세포성 점균의 성장과 분화에 영향을 미치는 환경요인이 연구되었으나 (Whittingham and Raper, 1957), 1965년 Cavender and Raper에 의해 토양에서 종을 정량적으로 분리할 수 있는 방법인 'Clonal Isolation Technique'가 발표된 이후, Cavender (1973, 1976 a,b), Smith and Keeling

(1968) 등이 이 방법에 따라 연구를 수행함으로써 최근까지 전세계적으로 삼림토양에서 이 생물을 정량적으로 분리하여 지역적 환경과 식생에 따른 출현양상 및 분포를 조사하는 세포성 점균의 생태학적 연구가 확산되었다. 이러한 연구 결과로 현재까지 약 60여종의 세포성 점균이 자연에 널리 퍼져있는 것으로 알려져 있으나 (Raper, 1973; Olive, 1975; Cavender, 1973), 임형, 토양조건, 기후 및 온도 등 환경 요인에 따라 그 분포양상이 다르게 나타나는 것으로 보고 되었다 (Cavender and Raper, 1965 a,b,c).

우리나라에서 세포성 점균에 관한 분포 조사는 홍과 장 (1990, 1991), 홍 등 (1992 a,b)에 의해 분리하였으며, 특히 장 등(1993)은 잔디군락에서의 세포성 점균의 출현에 관해 연구한 바 있다. 최 등 (1994)과 이 (1994)는 경기도 골프장에서 토양의 특성에 관해 보고하였다. 본 연구는 경기도 3개의 골프장의 코스별 세포성 점균의 출현양상과 토양분석을 하였고, 인공잔디 군락으로서 골프장이 아닌 서울대학교 내의 잔디군락에서 세포성 점균의 출현양상과 토양분석(pH, 수분함량, 유기물함량)을 비교하였다.

재료 및 방법

조사지역은 경기도 고양군 일대에 위치한 3개의 골프장(뉴코리아 골프장, 서서울 골프장, 울림픽 골프장)에서 1994년 8월에 실시하였다.

시료의 채집은 Benson and Mahoney (1977)의 'Simple Sampling Method'에 따라 수행하였다. 조사지역의 골프장을 Tee, Fairway 그리고 Rough지소와 골프장 외곽지역으로 나누어 토양 시료를 채집하였다. 채집된 토양은 비닐 봉지에 담아 4℃냉장고에 보관하였다.

채집된 시료로부터 세포성 점균의 정량적 분리는 Cavender and Raper (1965a)의 방법에 따라 수행하였다. 10g의 토양 시료를 500ml플라스크에 넣고 멸균수를 부어 100ml를 채움으로써 희석도 1:10을 만들었으며, 이것을 2분간 흔들어서 토양 속의 포자나 아메바를 수중에 이탈시킨 후 2장 겹친 거즈로 거르고 7.5ml의 멸균수에 위의 현탁액 5ml를 가하여 희석도 1:25를 만들었다. 이 현탁액 0.5ml를 미리 준비한 pH 6의 건조배지에 넣어 배양시킴으로써 1/50g soil /plate의 최종 희석도를 얻었다.

분리된 종의 동정은 앞의 연구 (홍과 장, 1990, 1991, 1992 a,b)와 Bonner (1967), Olive (1975), Raper (1984) 및 Hagiwara (1989)의 자세한 종 기록과 분류 검색표에 근거하여 조심스럽게 수행되었다. 토양 시료를 평판한 건조배지를 항온기에서 5~6일 배양하면 거의 완전한 자실체를 형성하는데, 관찰은 3일째부터 시작하여 점액 아메바의 집합 형태, 이동기의 유무 및 형태, 포자 및 자실체의 모양, 크기, 색깔 등을 기록하여 이들 특징에 따라 종을 동정하였으며, 각종의 주요 특징은 현미경 사진을 촬영하였다.

추가 관찰이 요구되는 종은 0.1% LP (lactose-peptone agar)에서 *E. coli*와 함께 이원 배양하여 발생과정에 관한 자세한 관찰하에서 최종 확인을 얻었다.

점균 분리용 배지는 성숙한 잔디 및 사초를 물로 깨끗이 씻어 햇볕에 말린 건조 8g을 증류수 1,000ml에 넣어 멸균시킨 후 거즈로 걸러, 증류수로 1,000ml을 다시 채운 후 한천 20g을 넣었다. 여기에 인산 완충액을 넣어 pH 6을 맞추고, 121℃ 15파운드에서 15분간 멸균시켜 만든 건조배지(hay infusion agar)를 2~3일 굳힌 후 사용하였다.

세포성 점균의 성장과 자실체 형성을 비교하기 위한 표준으로서 인정되고 있는 0.1% LP배지 (Raper, 1984)는 lactose 1.0g, peptone 1.0g, agar 20g 그리고 증류수 1l로 조성되었으며, 이들

은 모두 KH_2PO_4 2.05g/l 와 NaHPO_4 0.33g/l에 의해 pH 6.0으로 맞추어졌다. 과도한 습기를 제거하기 위해 0.1% LP를 상온에서 2~3일 굳힌 후에 사용하였다.

세포성 점균의 순차적인 발생 과정을 관찰하기 위하여 항시 박테리아 현탁액으로 만들어진 cross streak의 중심에 포자를 접종하였다. 집합 형태를 연구하기 위해서는 고농도 *E. coli* 현탁액을 2방울 떨어뜨린 후 포자와 함께 멸균된 유리막대로 배지 표면에 넓은 밴드 모양으로 고르게 바른 다음, 항온기(22°C)에서 배양시켰다. 세포성 점균이 먹이로 사용된 *E. coli*는 rotary shaker에서 하룻밤 동안 배양되었다. *E. coli* 배양용 액체배지는 glucose 5g, peptone 5g, yeast extract 0.5g, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 1.5g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g 그리고 증류수 1l로 조성되었다. 배양된 박테리아는 3,000rpm에서 5분간 원심분리하여, 상층액을 버리고 멸균수 1ml을 첨가하여 4°C에 보관함으로써 고농도 *E. coli* 현탁액을 준비하였다.

배양후 나타난 각종의 수를 콜로니 카운터로 계산하고 Traub *et al.* (1981 a,b) 및 Cavender and Kawabe (1989)의 방법에 따라 각 토양시료에 출현한 모든 세포성 점균의 밀도, 빈도 및 중요값을 결정하였다.

토양시료의 각 시료당 3개의 건조 배지를 준비하였으며 각 배지에서 출현하는 각종의 개체수를 콜로니 카운터로 셈하여 더한 후 플레이트 수로 나누어 시료당 특정 종의 밀도를 구했다. 각 시료밀도의 합을 시료수로 나눈 평균값에 50을 곱해서 토양 1g당 포함된 특정 종의 절대 밀도 (absolute density; clones/g soil)를 구했다. 특정 종의 절대밀도를 해당 토양시료에서 출현하는 모든 종의 절대 밀도를 합한 값으로 나누어 100을 곱해서 특정 종의 상대 밀도 (relative density)를 구했다.

각 토양시료에서 특정 종이 출현하는 시료의 수를 총 시료수로 나누고 100을 곱하여 각종의 시료 빈도 (sample frequency)를 구했으며, 각 식물 군락에서 시료 빈도의 합을 토양시료로 나누어 평균빈도 (average frequency)를 구하였다.

출현한 각종의 평균빈도와 상대밀도 그리고 출현빈도를 합하여 중요값 (importance value)을 구했으며, 중요값에 따라 종의 등급을 결정하였다.

토양의 pH는 2mm 체로 친 토양을 1:5의 희석도로 증류수로 담근 후 진탕하고 24시간 방치한 다음, Whatman No. 44을 사용하여 상층액을 걸러 표준 완충용액으로 pH meter를 보정 후 측정하였다.

수분함량은 시료를 일주일 이상 건조한 후 적당량을 건조기에 넣어 105°C에서 건조 후, 제습기에서 30분 정도 냉각시킨 후 측정하여 손실량으로부터 그 비율을 계산하였다.

유기물함량은 건조기에서 건조시킨 시료를 도가니에 담은 후 furnace에 넣어 450°C에서 4시간 동안 태운 다음 제습기에서 30분 정도 식힌 후 잔열손실량으로 정량하였다.

결과 및 논의

경기도 고양군 일대의 서서울 C.C, 뉴코리아 C.C, 올림픽 C.C의 3개 골프장 지역에서 시료를 채집해서 세포성 출현분포를 조사한 결과 Table 1과 같다. 서서울 C.C의 rough와 뉴코리아 C.C의 외곽지역에서 각각 *D. mucoroides*와 *D. minutum*이 출현하였다. 이것은 홍과 장(1990, 1991), 홍 등(1992 a,b)의 삼림지역에서 세포성 점균의 출현 분포와 비교해 볼 때 매우 낮은 분포양상을 보였다.

인공초지 군락으로서 골프장이 아닌 서울대학교 내의 잔디군락, 소나무림과 참나무림에서 세

Table 1. Cellular slime molds of three golf courses in Kyonggi province

		Species	Total clones	Rel. den. (%)	Freq. (%)	Importance value
Seo Seoul C.C	T	—	—	—	—	—
	F	—	—	—	—	—
	R	<i>D. mucoroides</i>	151	42	12	54
	O	—	—	—	—	—
New Korea C.C	T	—	—	—	—	—
	F	—	—	—	—	—
	R	—	—	—	—	—
	O	<i>D. minutum</i>	211	58	12	70
Olympic C.C	T	—	—	—	—	—
	F	—	—	—	—	—
	R	—	—	—	—	—
	O	—	—	—	—	—
계			362			

T:Tee, F:Fairway, R:Rough, O:Out of bounds

Table 2. Cellular slime molds of Seoul National University

		Species	Total clones	Rel. Den. (%)	Freq. (%)	Importance value
ST 1		—	—	—	—	—
ST 2		—	—	—	—	—
<i>Quercus autissima</i> forest		<i>D. mucoroides</i>	189	48	50	98
		<i>P. pallidum</i>	54	14	16	30
		<i>D. aureostipes</i> var. <i>aureostipes</i>	22	5	16	21
<i>Pinus densiflora</i> forest		<i>D. mucoroides</i>	83	21	16	37
		<i>p. pallidum</i>	48	12	16	28
계			396			

포성 점균의 분포를 조사한 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 잔디군락에서는 출현하지 않았으며, 참나무림과 소나무림에서는 각각 *D. mucoroides*, *P. pallidum*, *D. aureo-stipes* var. *aureo-stipes* 그리고 *D. mucoroides*와 *D. pallidum*이 출현하였다. 서울대 내의 잔디 군락에서 세포성 점균이 출현하지 않은 것은 장 등(1994)의 연구와 비교해 볼 때, 조사된 계절적 특이성이 반영된 것으로 사료된다. 즉, 토양분석 결과를 살펴보면, 장 등의 연구 시기가 겨울인 것을 감안할 때 본 연구의 시기가 고온과 가뭄으로 인해 매우 낮은 수분함량과 유기물 함량이 세포성 점균의 분포에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

3개의 골프장의 토양분석 결과는 Table 3과 같다. 이는 이(1993)가 조사한 경기도 골프장의 코스별 토양분석 결과와 유사하지만, 장 등(1994)의 서울대 내의 잔디군락에서 pH, 수분함량 및

Table 3. The properties of soil in three golf courses and Seoul National University

		pH	Organic content (%)	Water content (%)
Seo-Seoul C.C	T	6.90	2.03	0.33
	F	7.09	3.33	0.46
	R	6.33	1.93	0.35
	O	7.54	3.83	0.89
New Korea C.C	T	6.57	2.74	0.44
	F	7.14	4.46	0.48
	R	5.16	7.62	1.18
	O	6.98	5.20	0.51
Olympic C.C	T	6.69	4.46	0.40
	F	6.87	4.64	0.73
	R	6.63	7.79	1.12
	O	6.25	5.54	0.83
S.N.U	ST1	5.84	11.26	0.72
	ST2	5.93	11.62	0.67
<i>Q. acutissima</i> f.		5.30	20.12	11.12
<i>P. densiflora</i> f.		4.30	18.33	15.44

T: Tee, F: Fairway, R: Rough, O: Out of bounds, S.N.U: Seoul National Univ.

유기물함량과 비교해 볼 때 매우 낮은 수치를 보였다.

이것으로 보아 본 연구에서 세포성 점균이 현저하게 낮게 출현한 것은 토양의 환경적 요소가 매우 열악하였기 때문인 것으로 사료된다.

적 요

경기도 고양군 일대의 3개 골프장의 코스별 Tee, Fairway, Rough와 외곽지역에서 세포성 점균의 출현 분포를 조사하였다. 그 결과 서서울 골프장의 rough에서 *D. mucoroides*, 뉴코리아 골프장의 외곽지역에서 *D. minutum*이 동정되었다. 이는 다른 삼림 토양의 출현 분포와 비교해 볼 때 매우 적은 수가 분포하였으며, 낮은 종 다양성을 나타냈다. 또한 각 골프장의 코스별 pH, 수분함량, 유기물량을 분석하였는데 이것은 장 등(1994)의 서울대학교 인공잔디 군락에서 연구결과와 비교해 볼 때 상대적으로 열악한 환경을 나타냈다.

인용문헌

1. 이인숙. 1994. 경기도 골프장의 코스별 토양의 화학적 특성. 한잔지. 8(1):25-28.
2. 장남기, 박미아, 이정은. 1994. 잔디(*Zoysia japonica* Steud.)군락에서의 세포성 점균의 출현. 한잔지. 7(2·3):113-120.
3. 최병주, 심재성, 주영희, 유병남. 1993. 경기도 네개 골프장의 토양단면의 물리화학적 특성. 한잔지. 7(2·3):55-60.
4. 홍정수, 장남기. 1990. 한국의 주요 낙엽수림에서 세포성 점균의 출현과 분포. 식물학회지.

- 33(3):159-168.
5. 홍정수, 장남기. 1991. 인천근해 도서지역의 해안식물군락에 따른 세포성 점균의 출현과 분포. 한국생태학회지. 14(4):457-467.
 6. 홍정수, 권혜련, 장남기. 1992a. 한라산의 세포성 점균(Ⅰ). -해발 900m이상의 삼림에서의 출현과 분포. 한국생태학회지. 15(2):181-189.
 7. 홍정수, 권혜련, 장남기. 1992b. 한라산의 세포성 점균(Ⅱ). -난온대 지역에서의 출현과 분포. 한국생태학회지. 15(2):191-200.
 8. Benson, M.R. and D.P. 1977. The distribution of Dictyostelid cellular slime molds in southern California with taxonomic notes on selected species. Am. J. Bot., 64:495-503.
 9. Bonner. 1959. The cellular slime molds. Princeton Univ. Press. Princeton.
 10. Bonner. 1967. The cellular slime molds. Princeton Univ. Press. Pinceton.
 11. Brefeld, O. 1869. *Dictyostelium mucoroides* Ein neuer Organismus aus der Verwandtschaft der Myxomyceten Abhand. Senckenberg. Naturfarsch Ges. 7:85-107.
 12. Cavender, J. C. 1973. Geographical distribution of Acrasieae. Mycologia 65:1044-1054.
 13. Cavender, J. C. 1976a. Cellular slime molds of Southeast Asia. I. Description of new species. Amer. J. Bot. 63(1):60-70.
 14. Cavender, J. C. 1976b. Cellular slime molds of Southeast Asia. II. Occurrence and distribution. Amer. J. Bot. 63(1):71-73.
 15. Cavender, J. C. and K. B. Raper. 1965a. The Acrasieae in nature. I. Isolation. Amer. J. Bot. 52(3):294-296.
 16. Cavender, J. C. and K. B. Raper. 1965b. The Acrasieae in nature. III. Forest soil as a primary habitat. Amer. J. Bot. 52(3):294-302.
 17. Cavender, J. C. and K. B. Raper. 1965c. The Acrasieae in nature. III. Occurrence and distribution in forests of eastern north America. Amer. J. Bot. 52(3):302-308.
 18. Hagiwara, H. 1989. The taxonomic study of Japanese Dictyostelid cellular slime molds. National Science Museum, Tokyo. Olive, L. S. 1975. The mycetozoa: A revised classification. The. Bot. Rev. 59-89.
 19. Raper, K. B. 1973. Class Acrasiomycetes. The Fungi, vol. IV B:9-36.
 20. Raper, K. B. 1984. The Dictyostelids. Princeton Univ. Press, Princeton.
 21. Singh, B. N. 1947. A method of estimating the number of soil protozoa, especially ameoba, based on their differential feeding on bacteria. Ann. Appl. Biol. 33:112-119.
 22. Smith, K. L and R. P. Keeling. 1968. Distribution of Acrasieae in Kansas Grassland. Mycologia, 60:711-713.
 23. Traub, F., H. R. Hohl and J. C. Cavender. 1981a. Cellular slime molds of Switzerland. I. Description of new species. Amer. J. Bot. 68(2):162-172.
 24. Traub, F., H. R. Hohl and J. C. Cavender. 1981b. Cellular slime molds of Switzerland. Description of new species. Amer. J. Bot. 68(2):173-182.
 25. Wittingham, W. F. and K. B. Raper. 1957. Environmental factors influencing the growth and fruitification of *Dictyostelium olycephalum*. Amer. J. Bot. 44:619-627.