

콩과식물 주변 토양의 내생균근균에 관한 생태학적 연구

안태근 · 이민웅 · 이상선*

동국대학교 농과대학 농생물학과

*한국교원대학교 생물학과

Ecological Study on Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Soils around Leguminous Plants in Korea

Tae-Kun Ahn, Min-Woog Lee and Sang-Sun Lee*

Department of Agrobiolgy, Dongguk University, Seoul 100-175, and

*Department of Biology, Korea National University of Education, Chungwongun, Chungbuk, 363-890, Republic of Korea.

ABSTRACT: From 12 August to 21 November in 1991, 65 soil specimens were collected from nineteen leguminous plant roots throughout nine locations of four provinces. They were sieved to collect and identify the arbuscular mycorrhizal spores (four genera, 21 species). The species of *Glomus* were most commonly (47.6% of all observations) found, but the species of *Gigaspora* (about 4.8% of all observations) occurred infrequently or rarely rather than the species of the other genera. The most common arbuscular mycorrhizal species at nine locations were *Acaulospora laevis* and *Glomus laminated* spores cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus*. All of nineteen legume plant species collected were found to be associated with the arbuscular mycorrhizal fungi. *Cassia mimosoides* var. *nomame* and *Kummerowia striata* in legume plants had the great frequency of arbuscular mycorrhizal fungi associated with their roots. The number of isolated spores were ranged from 0.3 to 10.0 spores per 10g of soil. The species diversity of arbuscular mycorrhizal spores at the disturbed areas were calculated to be bigger than those in the natural vegetation areas.

KEYWORDS: Ecology, Arbuscular mycorrhizal fungi, Leguminous plants

내생균근균(endomycorrhizal fungi)이라는 공생체는 식물의 성장과 영양에 효과를 주고 있음은 잘 알려져 있다(Gerdemann, 1964, 1968; Mosse, 1973; Schoenbeck and Dehne, 1981; Trappe, 1981). 또한 내생균근균이 식물의 뿌리에 살면서 인산과 미량금속 등의 무기영양을 식물에게 공급하여, 식물의 성장을 증진시켜 주는 것으로 알려졌다(Mosse, 1973; Saif, 1981; Elmes and Mosse, 1984). 야외 식물의 관찰에서 콩과식물은 비옥하지 않은 척박한 땅에서 자라는 것이 관찰되었으며, 그 예로 산야는 칩, 잔디, 크로바 및 돌콩, 개간지에서는 차풀 및 매듭풀은 흔히 쉽게 볼 수 있다. 콩과식물은 다른 식물과는 달리 특이하게 근류균과 공생하여 생장에 중요한 질소원을 공급받고 있다. 뿐만 아니라 콩과

식물은 내생균근균이 많이 감염되고 있으며(Kim *et al.*, 1989), 그 발생 빈도는 다른 식물의 과(family)에 비해서 아주 높다고 하였다(Schenck and Smith, 1981). 이러한 면에서 우리나라의 콩과식물에 감염된 내생균근균에 대한 기본적인 연구는 필요하며 그 의의는 매우 크리라 생각된다.

Carling 등(1978)은 인산의 증가나 내생균근균의 감염이 콩과식물의 질소고정능을 높여 주며, 근류 건조량도 비감염 식물보다 높다고 하였다. 이는 식물에 인산 흡수력을 촉진해 주거나 토양에 인산 고정을 증가시켜주기 때문이라고 설명하였다(Powell and Daniel, 1978; Gianinazzi-Pearson, 1980). 대부분의 산림 내 수목들도 내생균근균과 공생되어 있고(Brundrett and Kendrick, 1988), 이 균근은

많은 낙엽 수림에 필요한 무기영양 흡수에 중요한 역할을 하므로(Kormanik, 1981), 산림자원의 증진(Vozzo and Hacskaylo, 1971)에 중요하다. 이처럼 내생균근균의 식물에 대한 발생은 무기영양의 순환이라는 생태계의 기능에 그 중요성이 강조되고 있다. 이러한 의미에서 내생균근균의 발생 및 생태계 분포에 관한 연구는 필요한 분야라고 생각되었다. 콩과식물의 삼자공생관계에 관한 내생균근균의 생태적 연구를 위해서, 본 연구에서는 야외에서 자생하는 콩과식물 뿌리의 주변토양에 분포하는 내생균근균의 분포상을 조사하고, 콩과식물과의 관계를 분석하여 상관관계를 유추하고자 하였다.

材料 및 方法

콩과식물 채집 및 토양채취 : 콩과식물에 공생하는 내생균근 포자를 관찰하기 위한 토양채취와 콩과식물 채집은 1991년 8월~11월 기간 중에 실시하였다. 채집장소는 경기도 용인군 포곡면(전대리 주변 야산, H), 충청북도 제천군(충주댐, D)과 청원군(교원대학교, E, F, G), 경상북도 영덕군(용추휴게소, A), 울진군 울진읍(송이산, 불영사, B), 풍기군(봉화1리, 소수서원, 죽령고개, C), 김천군(추풍령 고속도로 휴게소 주변, I), 칠곡군 가산면(석우동 2동, 금화동, J), 전라북도 남원군(뽕사골 일대, 지리산, K), 일원의 9개 지역에서 실시하였다(Fig. 1). 토양채취는 야외에 자생하는 19종류의 콩과식물의 뿌리와 뿌리주변 약 20 cm 깊이까지의 토양 65개 표본들을 채취하였다(Table 1). 토양들은 비닐 봉지에 넣어 운반하였고, 상온에 보관하면서 실험에 사용하였다. 채집한 식물들은 대한식물도감(이, 1980)과 한국동식물도감 목초본편(문교부, 1962)에 의거 동정하였다.

포자 추출 및 동정 : 포자분리는 wet-sieving and decanting 방법(Gerdemann and Nicolson, 1963)과 50% 설탕용액을 이용한 원심분리법을 사용하였다. 원심분리법은 원심관(28×10 cm)에 50% 설탕용액과 토양 10g을 넣고 잘 흔든 다음 3000 rpm으로 10분간 원심분리한 후, 상등액은 38 μm mesh에 따른 후 수도물로 세척, 내용물은 5×5 mm 간격의 grided petri dish에 옮긴 후, 포자를 해부현미경(40~50배)으로 관찰하였다. 한 시료당 토양은 3번 반복하였고, 포자동정과 함께 포자수를 계산하였다. 분리된 포

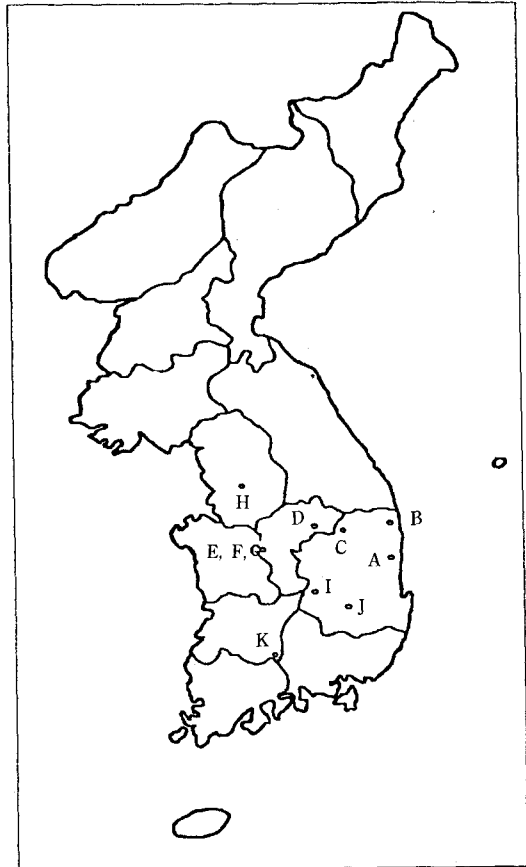


Fig. 1. Soil sample sites for the isolation of arbuscular mycorrhizal fungi from leguminous plants; A: Yeongdeok-gun, Kyoengbuk, B: Uljin-gun, Kyongbuk, C: Punggi-gun, Kyoengbuk, D: Joongwon-gun, Chungbuk, E: Chungwon-gun, F: Chungwon-gun, Chungbuk, G: Chungwon-gun, Chungbuk, H: Yongin-gun, Koenggi-do, I: Kimchun-gun, Koengbuk, J: Chilkog-gun, Koengbuk, and K: Namwon-gun, Chonbuk.

자들은 PVL(polyvinyl alcohol lactophenol)로 영구 프레파라트를 만들어 종 동정에 이용하였으며, 동정되지 못한 종은 다른 종으로 인정하여 별도로 계산하였다. 포자의 동정은 Trape(1982)의 분류방법에 중점을 두었고, Hall와 Albott(1981)의 슬라이드세트 및 Schenck와 Perez(1988)의 종기술을 사용하였다. 분류체계는 Morton과 Benny(1990)의 분류체계를 따랐다.

생태학적 분석(Species diversity, Cluster analysis) : 콩과식물과 공생하는 내생균근의 분포상의 다양성은 종다양도(species diversity)와 종균등도(species

Table 1. The leguminous plants for the arbuscular mycorrhizal fungi collected.

Leguminous plants		Site ^a
Scientific name	Korean name	
<i>Cassino mimosoides</i>	차풀	A, B, F, H
<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	A, C, D, I
<i>Sophora flavescens</i>	고삼	B, H
<i>Lespedeza cunneata</i>	비수리	B, E
<i>Vicia unijuga</i>	나비나물	B
<i>Glycine soja</i>	돌콩	B, G, H
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	B, E, F, J
<i>Indigofera kirilowii</i>	땅비싸리	H
<i>Lespedeza chjisanensis</i>	지리산 싸리	K
<i>Desmodium oxyphyllum</i>	도둑놈의 갈고리	C
<i>Trifolium repense</i>	흰토끼풀	C, E, H, I
<i>Vicia amoena</i>	갈퀴나물	C
<i>Pueraria thunbergiana</i>	취	E, F, H, J
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아까시나무	E, F, H, J
<i>Vigna vexillata</i>	돌동부	E
<i>Vigna sinensis</i>	동부	G
<i>Phaseolus angularis</i>	팥	H
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i>	새콩	H
<i>Albizzia julibrissin</i>	자귀나무	H

^aThe marks are the same sites that Fig. 1 indicates the places on a map.

cies evenness)에 의해서 분석하였다. 내생균근균의 프로라의 안정성 및 종구성의 다양도를 나타내는 지표로 Shannon의 종다양도 아래와 같은 식으로 계산하였다(Ludwing and Reynolds, 1988).

지역에 따른 내생균근균의 분포와 숙주와의 관련성은 집괴분석(cluster analysis)으로 분석하였다

結 果

콩과식물 : Table 1에서 나타난 바와 같이 각 조사지역에서 생태학적인 연구로 이용할 수 있는 콩과식물은 쉽게 채집할 수 있었다. 특히 차풀(*Cassia mimosoides*, var. *nomame*, 토끼풀(*Trifolium repense*), 매듭풀(*Kummerowia striata*)는 교란된 생태계에서 흔히 발견되는 것으로 알려진 식물종으로 이들의 내생균근균을 조사하여 그들의 공생관계를 자연생태계와 비교할 수 있었다. 그와 반면에, 고삼

(*Sophora flavescens*), 싸리(*Lespedeza bicolor*), 갈퀴나물(*Vicia amoena*), 도둑놈의 갈고리(*Desmodium oxyphyllum*)는 교란된지 오래된 지역에 나타난 식물로서 자연상태의 식물에서 내생균근균과의 관계를 파악하기 위하여 채집하였다. 수목으로서 생태학적으로 교란된 지역에는 취(*Pueraria thunbergiana*), 아까시나무(*Robinia pseudo-acacia*)와 원예용으로 사용되는 자귀나무(*Albizzia julibrissin*)를 채집하여 실험에 임하였으며 돌동부(*Vigna vexillata*), 동부(*Vigna sinensis*), 팥(*Phaseolus angularis*), 새콩(*Amphicarpaea edgeworthii*)은 경작지에서 채집하여 토양 속의 내생균근균을 파악함으로써 어떤 중요성을 찾아보려고 하였다.

내생균근균의 지역적 분포 : 우리나라의 4개 도의 9개 지역에서 자생하는 19개 콩과식물들의 주변토양 65개 시료를 채취하여(Table 1), 내생균근균 포자를 분리하여 동정하였다. 그 결과 분리된 내생균근균은

전보에 보고된 바와 같이 4속 21종였으며(Ahn, 1992), 이 중에 3속 3종은 동정되지 않았으나, 다른 내생균근균으로 동정하였다(Table 2). 토양표본의 전체에서 발견된 내생균근균의 21종 중 *Glomus*속이 10종으로 약 48%였고, 다음으로 *Acaulospora*속이 6종으로 약 29%를 차지하였다. *Scutellospora*속은 19%의 빈도를 보였고, *Gigaspora*속인 *Gi. margarita*는 1종만이 조사된 모든 지역에 골고루 분포되었다. 이 *Gigaspora*속은 출현빈도가 다른 속들에 비해 매우 낮았으나, 전반적으로 넓게 분포되어 있었다(Table

2, 3). 다른 식물에 비해 내생균근균은 높게 분포되었음을 파악하였다(이에 대한 내용은 본 자료에 포함시키지 않음).

채집한 토양표본에서 내생균근균의 각 종이 출현한 빈도와 그 종이 발견된 콩과식물의 다양도(diversity index) 비교를 Table 4, 5, 6에 나타내었다. 조사한 지역에서 발견된 내생균근균 중, *Acaulospora laevis*, *Glomus laminated spores* cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus*의 2종은 모든 지역의 각 콩과식물에서 가장 일반적으로 발견되었다. *G. laminated*

Table 2. Arbuscular mycorrhizal fungi identified from the soils of leguminous plants.

Species	Site ^b											Reference
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
<i>Acaulospora</i>												
<i>elegans</i>					0 ^c			0				Ahn <i>et al.</i> (1992)
<i>laevis</i>		0	0	0	0	0	0	0		0	0	Koh & Lee (1984)
<i>scrobiculata</i>			0		0		0	0			0	Eum & Lee (1990)
<i>spinosa</i>	0			0	0			0				Lee <i>et al.</i> (1991)
<i>undulata</i>											0	Ahn <i>et al.</i> (1992)
sp									0			Ahn <i>et al.</i> (1992)
<i>Gigaspora</i>												
<i>margarita</i>		0		0	0	0		0		0	0	Eum & Lee (1990)
<i>Glomus</i>												
<i>albidum</i>							0	0			0	Eum & Lee (1990)
<i>caledonium</i>	0	0		0								Lee <i>et al.</i> (1991)
<i>glomerulatum</i>						0						Lee <i>et al.</i> (1991)
<i>laminated</i> ^a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ahn <i>et al.</i> (1992)
<i>pulvinatum</i>						0						Eum & Lee (1990)
<i>rubiforme</i>		0					0		0	0	0	Koo <i>et al.</i> (1992)
<i>scintillans</i>	0			0								Ahn <i>et al.</i> (1992)
<i>tortuosum</i>		0					0					Lee <i>et al.</i> (1991)
WUM 1+3				0	0	0		0			0	Ahn <i>et al.</i> (1992)
sp											0	Ahn <i>et al.</i> (1992)
<i>Scutellospora</i>												
<i>calospora</i>					0	0					0	Lee <i>et al.</i> (1991)
<i>heterogama</i>					0			0		0		Ka <i>et al.</i> (1990b)
<i>verrucosa</i>	0	0	0		0			0				Ahn <i>et al.</i> (1992)
sp					0	0	0			0	0	Ahn <i>et al.</i> (1992)

^a The abridged name of spores is *G. laminated spores* cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus* Hall.

^b The marks are the same sites that Fig. 1 indicates the places on the map.

^c Zero indicate, the site isolated arbuscular mycorrhizal spores.

Table 3. The relative incidence of four genera of arbuscular mycorrhizal fungi collected from nine regions in South Korea.

Genera	Total species identified	Incidence (%) ^b
<i>Glomus</i>	10(26) ^a	47.6%
<i>Acaulospora</i>	6 (9)	28.6%
<i>Scutellospora</i>	4(10)	19.0%
<i>Gigaspora</i>	1 (4)	4.8%
Total	21(49)	100%

^aNumbers of species identified in this experiment (Numbers of species identified in Korea).

^bTotal observation for all species in a genus divided by all species.

spores cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus*는 조사표본 중 발생빈도가 84.6%로 가장 높았고, *A. laevis*는 47.7%의 출현빈도를 보였다. 위 두 내생균근균은 다양성 지수에서도 각각 2.31, 2.32의 높은 값을 보였다(Table 4). 또한 위의 두 종은 많은 종의 콩과 식물과 공생함을 알 수 있었다(Table 5). 두 종의 균등도는 각각 0.77, 0.88로써 비교적 고르게 분포되고 있음을 알 수 있었다. 균등도는 *G. albidum*이 0.92로 가장 높게 나타났다(Table 4). 그 외 보편적인 지역 출현빈도를 보인 종은 *A. scrobiculata*, *Gi. margarita*, *G. rubiforme*, *G. WUM+3*, *S. verrucosa*로 나타났다(Table 2, Ahn et al., 1992). 그와 반면에, 한 지역에서만 발견되었으며 다른 지역에서 발견되지 않은 종들은 *A. undulata*(지리산 800 m 지역-짜리), *A. sp.*(추풍령-토끼풀), *G. glomerulatum*(청원군-취), *G. pulvinatum*(청원군-아까시아, 취), *G. sp.*(지리산 1000 m-짜리)이었고, *A. elegans*(용인, 청원군-자귀나무), *G. tortuosum* 및 *G. scintillans*는 단 두 지역에서 발견되었다. 특히 E, F, G지역(충북 청원군), H지역(경기도 용인), K지역(전북 남원군 지리산)에서는 9~11종의 다수의 내생균근균이 분포하고 있음이 발견되었다(Table 2, 3, 4).

콩과식물에서 발견되는 내생균근균 종 : 콩과식물의 종에서 발견되는 내생균근균의 종은 *A. laevis*, *A. scrobiculata*, *G. albidum*, *G. laminated spores* cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus* 및 *G. rubiforme*로 나타났다. 특히 *A. laevis*와 *G. laminated spores* cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus*는 채집한 모든 콩과식물에서 공통적으로 발견되었다. 이들 종은

Table 4. The relative incidences and diversity indices of the 18 species of VA mycorrhizal fungi collected from four provinces.

Species	Total No. of soil samples observed	Incidence (%) ^a	Diversity index ^b	
			H'	E'
<i>Acaulospora</i>				
<i>elegans</i>	2	3.1	0.69	1.00
<i>laevis</i>	31	47.7	2.32	0.88
<i>scrobiculata</i>	6	9.2	0.78	0.48
<i>spinosa</i>	5	7.7	0.57	0.41
<i>undulata</i>	1	1.5		
<i>Gigaspora</i>				
<i>margarita</i>	14	21.5	1.84	0.89
<i>Glomus</i>				
<i>albidum</i>	7	10.8	1.78	0.92
<i>caledonium</i>	5	7.7	0.93	0.85
<i>glomerulatum</i>	1	1.5	0	
<i>laminateda</i> ^c	55	84.6	2.31	0.77
<i>pulvinatum</i>	3	4.6	0.59	0.85
<i>rubiforme</i>	8	12.3	1.41	0.79
<i>scintillana</i>	2	3.1	0	
<i>tortuosum</i>	2	3.1	0.54	0.78
WUM 1+3	6	9.2	1.39	0.78
<i>Scutellospora</i>				
<i>calospora</i>	4	6.2	0.93	0.85
<i>heterogama</i>	5	7.7	1.41	0.88
<i>verrucosa</i>	5	7.7	1.04	0.75

^aPercentage of occurred individual species to total soil samples, 65 soils.

^bH' (= Shannon's index): species diversity, E': evenness index (see method)

^claminated spore cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus*

넓은 범위의 콩과식물과 공생하는 것으로 나타났다. 그와 반면에 *A. undulata*, *A. sp.*, *G. glomerulatum*, *G. scintillans*, *G. sp.*은 식물중 지리산 짜리(*Lespedeza chiisanensis*), 토끼풀, 취, 매듭풀의 식물한 종으로만 각각 드물게 발견되었다(Table 5). *A. elegans*는 토끼풀과 자귀나무에서 *G. pulvinatum*은 취과 아까시아나무에서, *G. tortuosum*은 차풀과 매듭풀의 두 식물에서만 각각 발견되었는데, 이들은 각각이 다른 지역이 아니고 동일 지역에서 발견되었다. 다른 예로써, *G. caledonium*의 경우는 차풀, 매듭풀, 고삼, 나비나물(*Vicia unijuga*)에서 발견되었으나,

Table 5. Arbuscular mycorrhizal fungi collected from the soil samples of the leguminous plants

Host plant	Acaulospora ^a				Glomus ^b							Gt ^c			Scutellospora ^d							
	ele	lae	scr	spi	umd	sp.	alb	cal	glo	lam	pul	rub	sci	tor		WUM	sp.	mar	cal	het	ver	sp.
<i>Cassia mimosoides</i>		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	
<i>Kummerowia striata</i>		+	+	+			+	+	+	+	+		+	+			+				+	
<i>Sophora flavescens</i>		+					+	+	+	+	+							+				
<i>Lespedeza cuneata</i>		+						+	+	+	+								+			
<i>Vicia unijuga</i>		+	+					+	+	+	+								+			
<i>Glycine soja</i>		+	+				+	+	+	+	+								+			
<i>Lespedeza bicolor</i>		+	+		+			+	+	+	+								+			
<i>Indigofera kirilowii</i>							+	+	+	+	+											
<i>Lespedeza chisanensis</i>																			+			
<i>Desmodium oxphyllum</i>		+						+	+	+	+											
<i>Trifolium repense</i>		+							+	+	+											
<i>Vicia amoena</i> Fisch		+																				
<i>Pueraria thunbergiana</i>		+							+	+	+									+		
<i>Robinia pseudo-acacia</i>		+							+	+	+									+		
<i>Vigna vexillata</i>		+							+	+	+									+		
<i>Vigna sinensis</i>		+							+	+	+											
<i>Phaseolus angularis</i>		+							+	+	+											
<i>Amphicarpea edgeworthii</i>									+	+	+											
<i>Albizia julibrissin</i>		+							+	+	+											

^aArbuscular mycorrhizal species of *acaulospora*; *ele* = *elegans*, *lae* = *laevis*, *scr* = *serobiculata*, *spi* = *spinosa*, *und* = *undulata*, and *sp* = *A. sp.*

^bArbuscular mycorrhizal species of *Glomus*; *alb* = *albidum*, *cal* = *caledonium*, *glo* = *glomerulatum*, *lam* = laminated spores cf. *marrocaphus* var. *marrocaphus*, *pul* = *pulvinatum*, *rub* = *rubiforme*, *sci* = *scintillans*, *tor* = *tortuosum*, WUM = G. WUM1 + 3, and *sp* = *sp.*

^cArbuscular mycorrhizal species of *Gigaspora margarita*.

^dArbuscular mycorrhizal species of *Scutellospora*; *cal* = *calospora*, *het* = *heterogama*, *ver* = *verrucosa*, and *sp* = *sp.*

^eThe leguminous plants found arbuscular mycorrhizal fungi.

이들이 다른 지역에서 고르게 발견된 것이 아니고 같은 지역에 있는 콩과식물에서만 발견되었다(Table 2, 5). 그의 다른 지역의 콩과식물중 차풀, 매듭풀, 칩, 짜리 등에서는 8~12종의 다양한 내생균근균이 발견되었다(Table 5).

내생균근균의 포자분포 빈도 : 콩과식물의 뿌리 주변토양 10g당 나타나는 내생균근균 종별 지역별 포자빈도 수를 비교하면 Table 6과 같다. *Acaulos-*

*pora*속, *Gigaspora*속 및 *Glomus*속의 각종은 대부분 이 토양 10g속에 포자들이 10개 미만이었고, *Scutellospora*속의 각종은 5개 미만으로 나타났다(Table 6). *A. laevis*, *G. laminated spores cf. macrocarpus var. macrocarpus*, 및 *G. rubiforme*는 그 포자수가 지역에 따라 아주 다양하게 발견되었다. 포자출현 빈도가 아주 낮은 것은 *A. elegans*, *G. scintillans*, *G. tortuosum* 및 *S. calospora* 등이었다. 특히 K지역(전북

Table 6. Populations of arbuscular mycorrhizal fungi counted (per 10g of the soils) and collected from soil samples of the leguminous plants.

Speices	Frequency of mean (per 10g of soil)						
	0.3~1.0	1.3~5.0	5.3~10.0	10.3~15.0	15.3~20.0	20.3~25.0	25.0~422
<i>Acaulospora</i>							
<i>elegans</i>	EH ^b						
<i>laevis</i>	BFJK	BCDEFH	EGHK	E		K	DK
<i>scrobiculata</i>	EGHK	H		C			
<i>spinosa</i>	ADE	H				A	
<i>undulata</i>			K				
sp (small)	I						
<i>Gigaspora</i>							
<i>margarita</i>	BEFHJK	DFH	J				
<i>Glomus</i>							
<i>albidum</i>	GHK	GH	H				
<i>caledonium</i>	A	BD					
<i>glomerulatum</i>		F					
<i>laminated^a</i>	CFH	ABCEFGHI	EFGHIK	BCDFJ	FH	K	BEH
<i>pulvinatum</i>	F	F					
<i>rubiforme</i>	J	FHJ	J	I			F
<i>scintillans</i>	AD						
<i>tortuosum</i>	I						
WUM 1+3	EHK	DF					
sp (hyaline)					K		
<i>Scutellospora</i>							
<i>calospora</i>	EFK						
<i>heterogama</i>	EJ	EH					
<i>verrucosa</i>	AEH	BC					
sp	EGJK	FJK					

^a The name is *Glomus laminated spores cf. macrocarpus var. macrocarpus* Hall

^b The marks are the same sites that Fig. 1 indicates the places on the map.

Table 7. Species diversities of arbuscular mycorrhizal fungi collected from the soils under the six different leguminous plant roots.

Leguminous plant (Korean name)	R	H'	E'
<i>Cassia mimosoides</i> var. nomame (차풀)	2.3	0.70	0.86
<i>Kummerowia striata</i> (매듭풀)	2.5	0.47	0.51
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	3.2	0.53	0.69
<i>Trifolium repense</i> (토끼풀)	2.3	0.55	0.68
<i>Pueraria thunbergiana</i> (췌)	3.0	0.65	0.68
<i>Robinia pseudo-acacia</i> (아까시나무)	3.5	0.87	0.67

남원군 지리산)에서는 *A. laevis*, *G. laminated spores* cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus*의 포자출현 빈도가 아주 높게 나타났다(Table 6).

숙주별 지역별 종다양성 : 조사된 9개 지역에서 공통적으로 채집한 6종의 콩과식물에서 동정된 내생균근균의 종다양성 지수와 분포균등도는 Table 7에, 콩과식물 중 싸리와 지리산에서 발견된 싸리 토양을 채집한 지역의 내생균근균의 종다양성 비교는 Table 8에 나타났다. 각 콩과식물에서 발견된 내생균근균의 종수는 평균 2~3종이었고 종다양성지수 H'는 아까시나무가 0.87, 차풀은 0.70로서 높게 나타났고, 매듭풀은 0.47로서 낮았다. 균등도 E' 값은 숙주별로 유사하게 나타났으나, 차풀의 경우 E' 값이 0.86으로 가장 높게 나타났고, 매듭풀은 0.51로서 균등도가 비교적 낮았다. 이것은 내생균근균이 숙주식물에 분포하는 정도가 고르게 나타나고 있음을 말해주고 있다. 싸리의 경우는 지역별 종다양성 지수는 큰 차이를 보였으며, 포자 분포의 균등도도 지역간의 차이를 보였다. 지리산의 고도별로는 종다양성과 포자분포 균등도가 상당한 차이를 보이며 다양성이 나타나고 있다(Table 8). 내생균근균의 다양성 및 분포를 볼 때, 숙주인 콩과식물의 특이정보다는 다른 환경적인 즉, 지역적인 요인이 더욱 크게 작용한 것으로 관찰되었다. 그 예로 지리산의 고도별, 싸리 주변 토양에서 종다양성이 전혀 다르게 나타났으며, 다른 Table 2와 5에서도 그 숙주특이성은 나타나지 않았다.

집괴분석(cluster analysis) : 본 실험에 사용된 집괴분석은 앞의 연구를 통계학적인 처리를 하기 위한

Table 8. Species diversities of the arbuscular mycorrhizal fungi collected from the soils of *Lespedeza chii-sanensis* in Mt. Jiri and *Lespedeza bicolor* in other areas.

Areas collected ^a	R	H'	E'
H, 경기도 용인군	2	0.39	0.56
D, 충청북 제천군	4	0.07	0.07
E, 충청북 청원군	5	0.19	0.12
J, 경북 칠곡군	3	0.90	0.82
K, 지리산 600 m	4	0.48	0.35
K, 지리산 700 m	4	1.06	0.77
K, 지리산 800 m	3	0.97	0.88
K, 지리산 900 m	2	0.45	0.65
K, 지리산 1000 m	4	0.75	0.54

^aArbuscular mycorrhizal spores collected from *Lespedeza bicolor* inhabiting areas; The local areas indicated at Figure 1 and the numbers indicated in Mt. Jiri were the elevations of Mt. Jiri.

것이다. 콩과식물 주변 토양에서 발견된 내생균근균의 종수와 포자수를 변인으로 하여 특정한 숙주식물을 채집한 지역의 생태적 유사성을 분석한 것이다. Fig. 3은 토끼풀의 경우로써, 주변토양에서 분리 동정된 내생균근균의 포자수와 종수를 집괴분석 프로그램(Ludwig and Reynolds, 1988)을 이용하여 분석한 것이다. 토끼풀을 채집한 6개 지역의 생태학적인 동일성 여부를 dendrogram으로 나타내었다. 토양 시료가 다른 두 청원 지역의 내생균근균의 분포상이 일치하였고, 경북 지역의 추풍령, 금곡사, 석우동의 지역은 내생균근균의 생태적 분포상이 유사한 것으로 나타났다. Fig. 4는 싸리나무를 채집한 지역(경북 및 충북)과 지리산 싸리의 분포 고도에 따른 비교를 나타낸 것이다. 그 결과 지리산의 고도가 유사한 650 m, 700 m는 경북 칠곡군 지역과 한 묶음을 형성하였고, cluster distance가 동일하게 나타난 지역적 유사성을 보였으나, 고도 600 m, 800 m, 1000 m와는 전혀 다르게 나타났다. 지리산 고도 600 m, 1000 m는 충북의 단군신전과 가스공급소 지역, 경북 금곡사와 각각 같은 한 묶음을 형성하였다. 이것은 내생균근균의 생태적 분포가 고도에 따라 다양하게 나타남을 알 수 있다(Fig. 4). 그러나 이러한 자료에서 내생균근균의 분포상은 지역의 토양

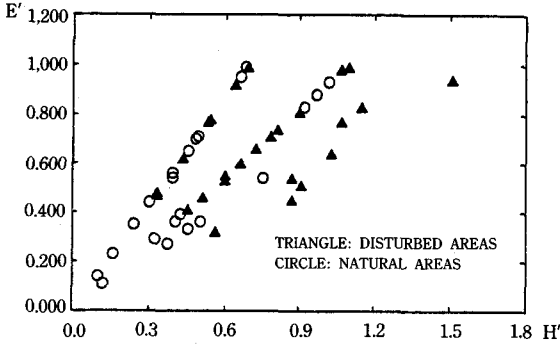


Fig. 2. Relationships between Shannon's indices (H') and evenness (E') of arbuscular mycorrhizal fungi found from disturbed and natural ecosystem.

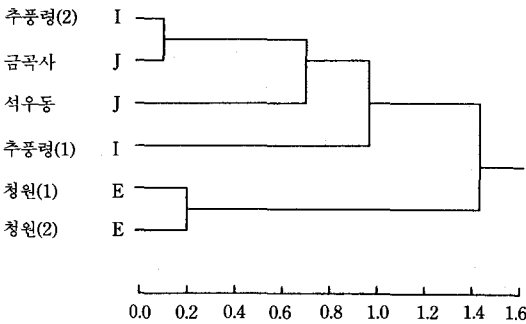


Fig. 3. Dendrogram of the six different sites of *Trifolium repense* inhabitation as based on the flora of arbuscular mycorrhizal fungi found at the three different locations.

과 관계 있다는 것 외에 어떤 규칙성은 아직 발견되지 않았다.

교란된 생태계(disturbed ecosystem)의 종다양성 비교 : 콩과식물의 채집지역을 생태적으로 교란된 지역과 자연상태(natural ecosystem)의 생태지역으로 구분하였다. 우선, 교란된 지역은 농토 및 개간된 지역에서 발견된 콩과식물을 의미하고 있으며, 차풀, 매듭풀, 돌콩, 토끼풀 및 아카시아 등의 군락이 형성되는 것이 관찰되는 장소를 무작위로 설정하여 채취하였다. 채집지역을 자연상태 지역과 교란된 지역으로 구분하여 각 지역의 콩과식물마다 발견되는 내생균근균의 종다양성 비교를 그래프로 나타내었다(Fig. 2). 종다양성 지수(H')와 각 종들이 고르게 분포되었는지를 나타내는 균등도(E')를 비교 분석하였다. 그 결과 자연생태계의 H'와 E'가 교란된 지역에 비해 그 지수값이 낮게 나타났다. 자연생태계는

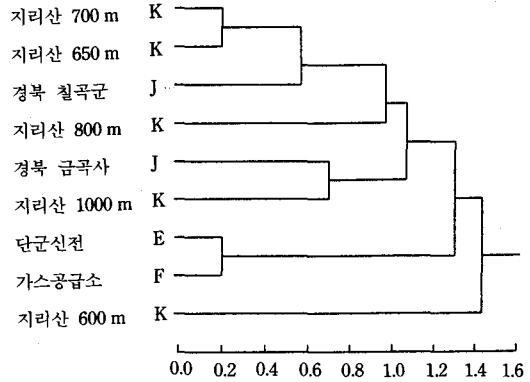


Fig. 4. Dendrogram of the nine different sites of *Lespedeza bicolor* and *Lespedeza chiisanensis* inhabitations as based on the flora of arbuscular mycorrhizal fungi found at the four locations.

H'=0.1~0.6과 E'=0.1~0.7의 범위를 보였고, 교란된 생태계에서는 H'=0.5~1.5와 E'=0.3~1.0 사이의 값으로 비교적 다양하고 넓은 범위를 보였다(Fig. 2). 이러한 결과를 살펴볼 때, 식물이 교란된 지역에서 내생균근의 분포가 더 다양하게 나타났다.

考 察

콩과식물 주변 토양에 공생하는 내생균근균과 종의 분포는 매우 다양하게 나타났다. 21종의 내생균근균이 발견되었으며, 이 중에서 *G. laminated spores* cf. *macrocarpus* var. *macrocarpus*와 *A. laevis*는 조사표본 중 출현빈도가 약 85%, 48%로서 가장 높게 나타난 것은 이 종들이 콩과식물 주변토양에 널리 분포함을 알 수 있었다. 일부 콩과식물의 연구에서 이들 종들이 보고되었다(Ka et al. 1990a; Ka et al. 1990b). 본 연구에서는 이 두 종이 콩과식물 토양에서 내생균근균의 우점종으로 나타났고 이것은 대부분의 콩과식물에 중요한 역할을 할 것으로 사료되었다.

Shenck와 Smith(1981)는 플로리다 지역의 식물의 14개 과(family)에서 내생균근균의 분포조사에서 *Glomus*속이 약 63%의 높은 출현빈도를 보였고, 다음으로는 *Gigaspora*속이 25%를 보였고, *Gigaspora*속 중 *Gi. margarita* 종이 가장 낮은 분포빈도를 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 *Glomus*>*Acaulospora*>*Scutellospora*>*Gigaspora*순으로 포자

빈도가 나타난 것과 일치하였다(Table 3).

내생균근균이 감염하는 식물 종간에는 숙주특이성이 없는 것으로 알려져 있다(Mosse *et al.*, 1981; Koske and Polson, 1984). 본 연구에서도 콩과식물과 내생균근균과의 관계에서, 한 식물당 1~7 종류의 다양한 종의 내생균근균이 발견되었으나, 대부분의 콩과식물에서 2~5종의 내생균근균이 분포하고 있었다. 지역에 따라 다양한 내생균근의 차이점이 관찰되었으나, 식물에 따른 내생균근의 종의 차이점은 관찰되지 못하였다. 이러한 현상은 위의 다른 연구자의 결과와도 일치하였다. 이러한 결과는 식물에 대한 숙주특이성이 없는 것으로 사료되었다. 또한 내생균근균은 숙주식물의 영향보다는 다른 토양의 물리적 요인에 더 큰 영향을 받는다고 알려져 있다(Koske, 1981; Ferguson and Woodbead, 1982). 그러나 Daniels-Hetrick과 Bloom(1986)은 내생균근균의 포자증식에서 숙주식물에 영향을 받는다고 하였으며, 내생균근균과 숙주식물간에 어떠한 친화성의 가능성을 제시하였다. 위의 결과, 내생균근균은 식물 및 주변환경요소에 영향을 받고 있으며, 자연 상태에서는 숙주식물 보다는 주변환경요소에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각된다.

Berliner와 Torrey(1989)는 Harvard 산림의 침엽수림과 hardwoods 산림에서 조사한 내생균근균의 포자수는 오븐에서 건조한 토양 1g당 4.4~11.8개로 보고하였다. 본 연구에서 나타난 포자수는 채집토양 10g당 대부분 15개 미만이었다. Harvard 산림의 토양보다 낮은 포자수의 발견은 아마도 토양의 수분함량 차이와 다른 물리적 요인 및 생물학적인 요인의 차이로 인한 결과로 생각된다. Miller(1979)는 교란된 생태계보다 자연적인 생태계에서 매우 높은 내생균근을 보고 하였으며, 교란된 지역에서 초기 침입자는 비내생균근들이라고 하였다. 그러나 본 연구에서는 자연적인 지역보다는 교란된 지역에서 종다양성이 높게 나타났고, 또한 종 균등도도 높게 나타났다(Fig. 2). 이러한 상이한 결과는 본 연구의 교란된 지역은 적어도 5년 이상 지난 곳이며, Miller의 교란된 지역은 2년 지난 토양으로 다른 결과를 나타낸 것 같다. 그래서 교란 시기의 차이와 우리나라와의 식생 구성의 차이 때문에 이러한 결과를 얻었으리라고 생각된다. 앞으로 자연생태계와 교란된 생태계에서의 내생균근균의 변화를 장기간에

걸친 관찰을 통해, 교란된 지역의 내생균근균이 자연생태계와 같은 안정적인 분포를 이루는 시기를 조사되어야 할 것으로 생각된다. 동일 콩과식물 내에서의 내생균근균의 지역간 생태적 cluster 분석비교(Fig. 3, 4)는 위도가 비슷한 지역끼리 즉, I와 J는 위도 36.0°~36.1° 구간으로 같은 묶음을 형성하였고, J와 K는 36.3°~36.9° 구간으로 역시 유사한 위도로서 같은 묶음을 형성하였다. 그러나 같은 위도상에서는 고도별로 종다양성의 변화를 보였다(Table 8, Fig. 4).

결론적으로 콩과식물에서 발견된 내생균근균의 종은 다양하게 분포하고 있으며, 식물에 대한 숙주특이성 보다는 다른 지역적인 환경요인에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각된다. 또한 자연생태계 보다 교란된 생태계에서 내생균근균의 종다양성이 높음을 알 수 있었다.

摘 要

우리나라 4개 도(경기, 충북, 경북, 전북)의 9개 지역에서 19종의 콩과식물 주변으로부터 65곳 토양 표본을 채취, 내생균근균을 분리동정하여 생태학적 분석을 하였다. 그 결과 4속 21종이 발견되었고, *Glomus*속이 47.6%로서 출현빈도가 가장 높았고 *Gigaspora*속은 4.8%로서 다른 속에 비해 빈도가 아주 낮았다. 콩과식물 주변 토양에서 가장 보편적으로 발견되는 내생균근균의 종은 *Acaulospora laevis*와 *Glomus laminated spores cf. macrocarpus var. macrocarpus*였다. 19종 콩과식물 중 *Cassia mimosoides var. nomame*와 *Kummerowia striata*의 두 식물 주변토양에서 내생균근균의 종수가 가장 많이 관찰되었다. 분리된 내생균근균의 포자 수는 토양(건조하지 않은 토양임) 10g당 0.3~10개로 나타났다. 생태적으로 교란된 지역과 자연생태의 식생에서 채집한 콩과식물 주변토양의 내생균근균의 종 다양성을 비교한 결과 교란된 지역이 높은 것으로 나타났다.

謝 辭

지리산의 토양표본을 채취해 주신 남원여자상업고등학교 김명곤 선생님께 감사의 말씀을 드립니다.

参考文献

- Ahn, T. K., M. W. Lee, K. H. Ka and S. S. Lee, 1992. Arbuscular mycorrhizal spores found from the soils of the leguminous plants in Korea. *Korean Mycol* **20**: 95-108.
- Berliner, R. and J. G. Torrey, 1989. Studies on mycorrhizal associations in Harvard Forest, Massachusetts, *Can. J. Bot.* **67**: 2245-2251.
- Budret, M. C. and B. Kendrick, 1988. The mycorrhizal status, root anatomy, and phenology of plants in a sugar maple forest. *Can. J. Bot.* **66**: 1153-1173.
- Caring, D. E., W. G. Riehle, M. F. Brown and D. R. Johnson, 1978. Effects of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on nitrate reductase and nitrogenase activities in nodulating and non-nodulating soybeans. *Phytopathology* **68**: 1590-1596.
- Daniels-Hetrick, B. A. and J. Bloom, 1986. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. *Mycologia* **78**: 32-36.
- Elmes, R. P. and B. Mosse, 1984. Vesicular-arbuscular endomycorrhizal inoculum production. II. Experiments with maize (*Zea mays*) and other hosts in nutrient flow culture. *Can. J. Bot.* **62**: 1531-1536.
- Eum, A. H. and S. S. Lee, 1990. Endomycorrhizal fungi found from the soils of the communities of *Persicaria thunbergii* H. Gross. *Korean Mycol* **18**: 26-41.
- Ferguson, J. J. and S. H. Woodhead, 1982. Production of endomycorrhizal inoculum. An increase and maintenance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. pp47-54. In: Methods and principles of mycorrhizal research, N. C. Shenck. Ed. The American Phytopathological Society. MN 55121. USA. p.244.
- Gerdemann, J. W. and T. M. Nicolson, 1963. Spore of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **46**: 235-244.
- Gerdemann, J. W. 1964. The effect of mycorrhizal on the growth of Maize. *Mycologia* **56**: 342-349.
- Gerdemann, J. W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* **6**: 397-418.
- Gianinazzi-Pearson, V. 1980. The role of endomycorrhizal fungi in phosphorus cycling in the ecosystem, In The fungal community, its organization and role in the ecosystem. Edited by D. T. Wicklow and G. C. Carrol. *Marcel Dekker, Inc., New York.*
- Hall, I. R. and Abbott, L. K. 1981. Photographic slide collection illustrating features of the Endogonaceae. Technical Report No. 14, IARC an Depart Soil Science and Pl. Nutro Univ. Western Australia Mosgiel. New Zealand. p.23.
- Ka, K. H., C. N. Ryu and S. S. Lee, 1990a. Identification of several endo-mycorrhizal fungi from the communities of *Cassia mimosoides* var. *nomame* Makino. *Kor. J. Pl. Pathol.* **6**: 1-7.
- Ka, K. H., S. S. Lee and M. W. Lee, 1990b. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from the soils of plant communities. *Korean Mycol* **18**: 191-197.
- Kim, C. K., D. M. Choe and H. T. Mum. 1989. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in some plants (IV). *Korean Mycol* **17**: 214-222.
- Koh, S. D. and H. H. Lee, 1984. Studies of species and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in relation to salt-marsh plants. *Korean Mycol* **12**: 175-181.
- Koo, C. D., T. H. Kim, C. K. Yi, W. L. Lee, C. H. Kang, B. C. Lee, S. K. Lee, 1992. Sporocarp-forming arbuscular mycorrhizal fungi. *Glomus* spp. in forest soils of Korea. *Korean Mycol* **20**: 29-36.
- Kormanik, P. P. 1981. A forester's view of vesicular-arbuscular mycorrhizae and their role in plant development and productivity. N. J. Agric. Exp. Stn. Res. Rep. No. RO 4400-01-81. pp33-37.
- Koske, R. E. 1981. A preliminary study of interactions between species of vesicular-arbuscular fungi in a sand dune. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **76**: 41-416.
- Koske, R. E. and W. R. Polsom. 1984. Are vesicular arbuscular mycorrhizae required for sand dune stabilization? *Bio Science* **34**: 420-424.
- Lee, S. S., K. H. Ka, S. K. Lee and K. Y. Paek, 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi found at the horticultural and cultivated plants. *Korean Mycol* **19**: 186-202.
- Ludwing, J. A. and J. E. Reynolds, 1988. Statistical Ecology. A Wiley-Interscience Pub. John Wiley & Sons. Inc. N. Y. p.337.
- Miller, R. M. 1979. Some occurrences of vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural and disturbed ecosystems of the Red Desert. *Can. J. Bot.* **57**: 619-623.
- Morton, J. B. and G. L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal Fungi (zygomycetes): A new order, Glomales, two new families Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*: 471-491.
- Mosse, B. 1973. Advanced in the study of vesicular-

- arbuscular mycorrhizae. *Ann. Rev. Phytopathol.*, **11**: 171-196.
- Mosse, B., D. P. Stribley and F. LeTacon, 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. In: *Advances in Microbial Ecology*. **5**: 137-210.
- Powell, C. L. L. and J. Daniel, 1978. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilization from a phosphate-deficient soil. *New Phytol.* **80**: 351-358.
- Saif, S. R. 1981. The influence of soil aeration on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.* **88**: 649-659.
- Schenck, N. C. and G. S. Smith, 1981. Distribution and occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on Florida agricultural crop. *Proceedings* **40**: 171-175.
- Schenck, N. C. and Y. Pe'rez, 1981. Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi, *INVAN*. p.241.
- Schoenbeck, F. and H. W. Dehne, 1981. Mycorrhizae and plant health. *Gesunde pflanzen* **33**: 186-190.
- Trappe, J. M. 1982. Synoptic keys to the genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi. *Phytopathology* **72**: 1102-1109.
- Vozzo, J. A. and E. HacsKaylo, 1971. Inoculation of *Pinus caribaea* with ectomycorrhizal fungi in Puerto Rico. *Forest Sci.* **17**: 239-245.
- 문교부, 1962. 한국동식물도감(목초본편), 삼화출판사.
- 이창복, 1980. 대한식물도감, 서울 향문사, 463-495.

Accepted for Publication on September. 2, 1992