

## 밭 작물에서 분리한 균근균의 접종 효과 비교

김석진<sup>1</sup>, 김지현<sup>1</sup>, 김진경<sup>1</sup>, 장광진<sup>2</sup>, 최장남<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>(주)제이케이그린, <sup>2</sup>한국농수산대학교 특용작물학과

### Comparative Study of Infection Effects with AMF (Arbuscular-Mycorrhizal Fungi) Isolated from Upland Plants

Seak-Jin Kim<sup>1</sup>, Ji-Hyun Kim<sup>1</sup>, Jin-Kyung Kim<sup>1</sup>, Kwang-Jin Chang<sup>2</sup> and Jang-Nam Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>JKGREEN Co., Ltd., Gyeonggi-do, Seongnam 463-400, Korea

<sup>2</sup>Department of Medicinal and Industrial Crops, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Hwasung 445-760, Korea

**Abstract** - This study was carried out to investigate the characteristics and infection effects of AMF with soil samples collected at some sites in Gyeonggi province, Korea. AMF spore and characteristics of infection structure in upland plant root were observed as wet sieving and staining method, growth of *Capsicum annuum* was compared between treatment and non treatment. AMF spores isolated from each soil sample were ellipse or circle type and the colors were soft yellow and white. The colonization rate of AMF with soil infection of *Zea mays* roots was 13.3~83.3%, the rate of infected soil collected from *Z. mays* was higher on average. When compared to the growth of *C. Annum* with control after infection on *C. annuum*, it wasn't showing many differences in fresh weight, dry weight and height, but the yield of fruit of *C. annuum* showed double than the control group.

**Key words** - Arbuscular mycorrhizal fungi, *C. annuum*, Inoculum, Symbiosis, Wet-sieving

## 서 언

VAM (vesicular arbuscular mycorrhizae)으로도 불리면서 식물과 활물 공생하는 특성을 지닌 균근균(AMF: arbuscular mycorrhizal fungi)은 모든 지역에 광범위적으로 존재하며 식물의 뿌리에서 포자를 형성하며 생활사를 완성하는 균류의 한 종류이다(Brundrett, 2004; Douds Jr *et al.*, 2006). 육상식물의 80% 이상이 공생(symbiosis)하고 있는 균근균류는(Smith and Read, 1997; Trappe, 1981) 토양에서 식물에게 이동이 어려운 N, P, Mn 등의 토양 무기양분에 대한 흡수와 균형적 공급 유지를 개선해준다(Habte *et al.*, 2001). 또한 토양전염성 병원균에 대한 저항성을 높여주며(Caron *et al.*, 1986; Smith and Read, 1997) 계속되는 스트레스 환경 속에서도 작물의 지속 가능한 생산성을 강화시키는 이점이 있어(Kapulnik *et al.*, 2010) 균근균은 농업과 개간지에서 활용적인 측면의 높은 잠재력을

소유하고 있다(Gaur and Adholeya, 2000).

Frank (1885)로부터 시작된 균근균(mycorrhiza)에 대한 연구는 1950년 이후 유럽의 여러 국가에서 활발히 진행되었는데 1980년 이후부터는 이를 실질적으로 농업에 응용할 수 있는 연구가 시작되어 친환경 농산물 생산 및 척박지 수목식재 공사 등에 이용 가능한 제품들이 개발 되었다(Feldmann *et al.*, 1998; Schenck, 1982). AMF균의 번식체는 포자와 살아있는 균사체, 그리고 뿌리 분절체 등의 형태로 존재하지만(Vimard *et al.*, 1999) 식물과의 공생상태에서 인공적으로 대량의 순수한 접종원(inoculum)을 얻는데 어려움이 존재해 농업에서 광범위한 적용은 그동안 제한되어왔다(Gaur and Adholeya, 2000). 하지만 AMF의 분류 및 동정, 인산흡수능, 균근균 접종원의 배양 및 대량 생산 방법(Feldmann and Idczak, 1992) 등에 관한 연구들이 지속적으로 이어져오고 있고 식물과 공생관계에서 발생하는 긍정적인 효과들이 여러 연구에서 인정되면서 농업 분야에서도 이를 하나의 친환경적 비료 자원으로서 이용 가치를 높이기 위

\*교신저자(E-mail) : jjannam@hanmail.net

© 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 있으며, 이의 무단전제나 복제를 금합니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 시도가 다양하게 진행되어 왔다.

이에 본 연구에서는 AMF의 실용화 가능성 탐색을 목적으로 AMF의 접종을 통해 작물의 생육 차이를 비교하고 AMF가 식물에 미치는 영향을 조사하여 우리나라 친환경적 비료 자원 개발에 기여하고자 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 토양 채집 및 포트 배양

본 실험은 2013년 4월에 2회에 걸쳐 경기 일부 지역(용인, 화성, 평택)의 총 12개 지점에서 6개 밭 작물(고추, 마늘, 옥수수, 콩, 오이, 인삼)의 토양 32점을 섞이지 않도록 지퍼백에 1 kg 내외로 채취하여 음건한 다음, 이를 이용하여 균근균 포자의 분리 및 감염 여부 관찰을 위해 포트 배양을 실시하였다. 먼저 옥수수 종자(장원찰 1호, 제일종묘농산) 100립을 3개의 페트리디쉬(D: 90 mm, H: 15 mm)에 나눠 치상하고 25°C 인큐베이터에 3일 동안 수분발아 시켜 준비하였다. 이후, 120°C에 30분 간 가압멸균된 질석(버미누리, 100L, 지에프씨)을 사용하여 1% NaOCl로 소독한 32구 플러그포트에 발아된 옥수수 종자를 파종하였다. 3주 후, 본 엽 2매 이상이 출현 되면 1% NaOCl로 소독된 포트(D: 130 mm, H: 123 mm)에 멸균된 상토와 질석을 1:1(v/v)로 섞은 배양토를 이용해 이식 하고 수집된 토양 샘플 10 g을 뿌리에 접종하였다. 생육 초기에는 외부 유입균으로 인한 오염의 피해를 최대한으로 막기 위해 각 포트를 비닐 지퍼백에 담아 약 90일 동안 온실에서 배양하였으며 영양분은 Hoagland's Solution (Table 1)

Table 1. Composition of hoagland's solution

No.	Reagents	Composition (g/L)	Solution vol. (ml/L)
1	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	236.1	5
2	KNO <sub>3</sub>	101.1	5
3	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136.1	1
4	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	246.5	2
5	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1.545	1
	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.845	
	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.575	
	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.125	
	KCl	3.780	
6	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.017	1
	EDTA·2Na	3.72	
	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2.78	

(Millner and Kitt, 1992)으로 1주 간격으로 각 포트 당 25 mL를 시비하였다. 배양이 끝난 후, 포자 발아를 촉진시키기 위해 수분과 양분 공급을 차단하고 1차 건조 후, 다시 수분 50 mL를 1주 내에 2회 공급한 뒤, 2차 건조 후에 식물의 지상부를 절단하고 이를 4°C에 냉장 보관하였다.

### AMF 포자 분리

포트에서 배양된 AMF 포자는 습식사별법(wet-seiving) (Daniels and Skipper, 1982; Pacioni, 1992)에 따라 2회 반복하여 분리했는데 표준체망을 각각 500 μm, 250 μm, 125 μm, 60 μm, 45 μm 순으로 차례로 쌓아 올리고 여기에 식물체의 세균 주위의 토양을 중심으로 10 g을 덜어낸 뒤, 흐르는 물에 사별하였고 이를 증류수가 담겨 있는 페트리디쉬에 옮겨 해부현미경(Olympus, CX31, 10 × 11.5, Japan)으로 포자의 형태를 관찰하였다.

### AMF 뿌리 감염 구조 관찰 및 감염률 조사

AMF의 뿌리 감염은 뿌리염색법(Phillip and Haymann, 1970)을 토대로 관찰하였다. 보관 중인 식물체의 세균을 중심으로 1 cm 크기로 절단하고 이를 흐르는 물에 세척하여 이물질을 제거하였다. 이후 FAA (formalin acetic acid)용액에 20시간 정도 침전시킨 뒤 세척하고 10% KOH에 침전하여 121°C에 3분 간 가압멸균하였다. 이후에 다시 증류수로 3~4회 세척하고 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에 다시 30분 간 침전시킨 후 세척하여 준비하였다. 이후 0.05% trypan blue solution에 염색하고 121°C에 5분 간 가압멸균한 뒤, 광학현미경(Olympus, SZ61TRC, 10 × 100, Japan)으로 감염 양상을 관찰하였다. 뿌리 감염률 조사는 각 샘플 당 염색된 뿌리 절편 10개를 대상으로 균사, 포자, 낭상체 유무를 3반복 조사하였으며 Read *et al.* (1976)의 방법[감염률(%)=(감염 뿌리수/조사된 뿌리수) × 100]에 따라 계산하였다.

### AMF의 접종 및 생육 비교

AMF 접종에 따른 식물의 생육을 비교 하기 위해 고추를 기주 식물로 선정하여 실시하였다. 고추종자를 페트리디쉬에 치상하고 25°C에 3일 간 수분 발아시킨 후, 플러그포트에 상토를 이용하여 파종하였으며 1차적으로 증류수로 수분을 공급하였다. 약 2주 후에 근근의 발달이 형성되면 뿌리에서 분리한 포자의 일정량을 직접 접종시키고 생육에 맞춰 이식을 하였다. 조사는 무처리구와 처리구의 생체중, 건물중 및 초장 등을 측정하고 수량은 총 3회에 걸쳐 적색의 과실 중 과장이 8 cm 이상이고 성숙과에 부합하는 것만을 선별 수확하여 개수를 조사하였으며 이

병과를 포함한 기준 과장 이하의 과실은 제외하였다. 통계처리 는 SAS (9.1 ver., SAS Institute Inc.)를 이용해 LSD (least significant difference) 5% 신뢰수준에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### AMF 포자의 형태적 관찰

2013년 경기 일부 지역을 중심으로 채취한 토양 시료(Table 2)에서 습식사별법을 통해 32점 중 9점(KG-04-001-3, KG-04-002-1, KG-04-005-1, KG-04-006-1, KG-04-008-1, KG-04-008-2, KG-04-009-1, KG-04-011-1, KG-04-012-1)의 토양에서만 AMF 포자를 평균 10개 미만으로 소량 분리할 수

있었는데 60~250  $\mu\text{m}$ 의 표준체망에서 분리된 대형 포자는 극히 드물었으며 모두 45  $\mu\text{m}$  표준체망을 통해 분리된 소형 포자들이 대부분이었다. 해부현미경을 통해 이들 포자의 형태를 관찰한 결과, 원형과 타원형의 형태가 다수를 이루고 있었으며 분리된 질석 함유물과 혼재되어 있는 상태에서도 AMF 특유의 색깔, 광택, 매끈한 형태의 특징으로 인해 현미경 상으로 선명하게 구분이 가능했다(Fig. 1). 하지만 분리된 AMF포자들 중 활성을 잃고 사멸되어서 광택이 없고 검정색을 띠고 있는 포자들도 다수 확인되었다. 분리된 AMF포자의 크기는 31.1~64.4  $\mu\text{m}$ 의 분포였으며 평균 48.4  $\mu\text{m}$ 였다. AMF포자의 색깔은 백색, 연노랑색, 암갈색, 반투명 등으로 다양하게 나타났으며 그 중 연노랑색의 AMF 포자가 가장 많은 분포를 차지했다. 이렇게 분리된 포자의 특징

Table 2. Information of soil samples collected from Gyeonggi province

Date	Sampling Site	Soil Number	Host
2013.04.03	Cheon-ri, Idong-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do	KG-04-001-1	<i>Allium scorodorpasum</i>
		KG-04-001-2	
		KG-04-001-3	
		KG-04-001-4	
		KG-04-002-1	<i>Allium scorodorpasum</i>
		KG-04-002-2	
		KG-04-002-3	
		KG-04-002-4	
		KG-04-003-1	<i>Glycine max</i>
		KG-04-003-2	
		KG-04-003-3	
		KG-04-003-4	
		KG-04-004-1	<i>Cucumis sativus</i>
		KG-04-004-2	
		KG-04-004-3	
		KG-04-004-4	
2013.04.03	Donghwa-ri, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do	KG-04-005-1	<i>Capsicum annuum</i>
		KG-04-005-2	
		KG-04-006-1	<i>Capsicum annuum</i>
		KG-04-006-2	
		KG-04-007-1	<i>Capsicum annuum</i>
		KG-04-007-2	
2013.04.04	Hagil-ri, Hyangnam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do	KG-04-008-1	<i>Zea mays</i>
		KG-04-008-2	
		KG-04-009-1	<i>Panax schinseng</i>
		KG-04-009-2	
		KG-04-010-1	<i>Glycine max</i>
		KG-04-010-2	
KG-04-011-1	<i>Zea mays</i>		
KG-04-011-2			
2013.04.04	Hongwon-ri, Poseung-eup, Pyeongtaek-si, Gyeonggi-do	KG-04-012-1	<i>Allium scorodorpasum</i>
		KG-04-012-2	

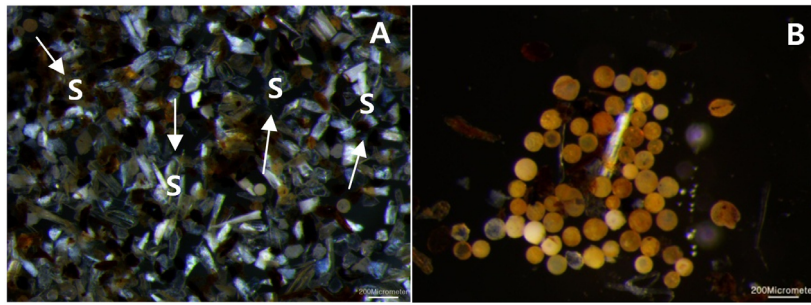


Fig. 1. AMF spores isolated from soil samples collected. A: KG-04-009-1 (10×2.5), B: KG-04-012-1(10×5.0), S: spore , scale bar: 200 $\mu$ m.

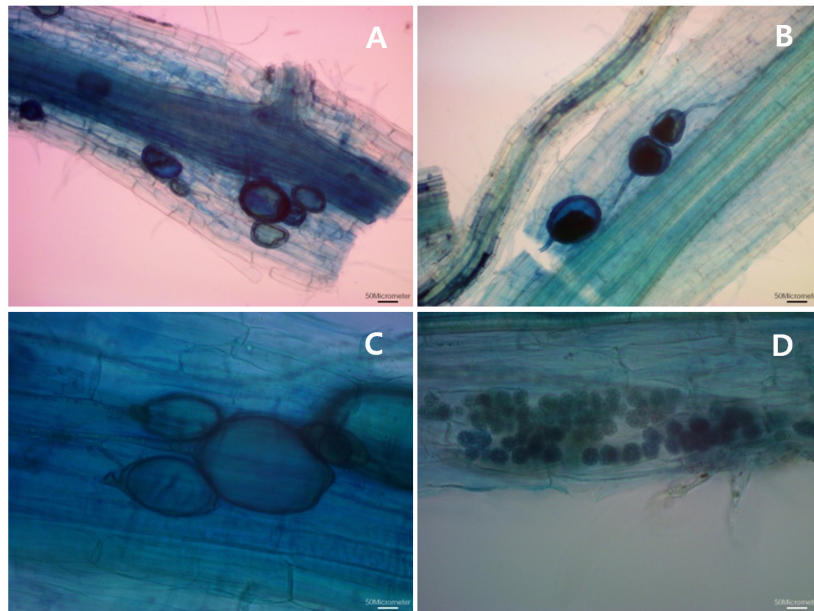


Fig. 2. Vesicles of AMF pot cultured in *Z. mays* and inoculated roots stained with trypan blue. A: KG-04-001-3(10×20), B: KG-04-002-1(10×20), C: KG-04-009-1(10×40), D: KG-04-012-1(10×20), scale bar: 50  $\mu$ m.

들은 딸기 시설재배지에서 분리된 균근균 포자의 분포를 연구한 Cho *et al.* (2005)과 전남지역의 인삼재배 토양에서 균근균의 분포 특성을 연구한 Sohn *et al.* (2008)의 연구 결과에서 보고한 균근균 포자의 특성을 통해 본 실험에서 분리된 포자들이 AMF 포자임을 확인할 수 있었다.

#### AMF의 뿌리 감염 구조 관찰 및 감염률 조사

AMF의 뿌리 감염 양상을 확인하기 위해 채취된 토양 시료를 이용하여 발아된 옥수수 뿌리에 접종 후 배양된 AMF의 뿌리 내부의 감염 구조를 관찰하였다(Fig. 2). 앞서 채취된 토양 시료에서 포자가 분리된 시료가 9점인 것에 비해 뿌리 감염은 3점(KG-04-004-1, KG-04-003-1, KG-04-007-1)을 제외한 29점의 토양 시료를 접종한 옥수수 뿌리에서 AMF에 감염된 모

습을 관찰할 수 있었다. 이는 포트 배양의 내외적 환경 요인으로 인해 AMF의 내부 감염은 되었으나 포자를 형성할 수 있는 배양 환경 조건이 고르게 형성되지 못했을 것으로 판단된다. 본 연구에서 옥수수 뿌리 세포 내 감염된 AMF는 주로 낭상체(vesicle)와 균사로 확인할 수 있었으며 Arbuscule(수지상체)은 확인되지 않았다. AMF의 균사는 옥수수 뿌리 세포 내 또는 간극을 통해 균사 가지를 연장하는 모습을 관찰할 수 있었고 낭상체는 원형 또는 큰 타원형의 형태가 집중적으로 분포하였으며 크기는 28.1~236.3  $\mu$ m의 분포였으며 평균 99.7  $\mu$ m로 다양한 크기로 관찰되었다. 특히, KG-04-009-1, KG-04-012-1, KG-04-012-2에서는 밭작물에 대한 균근균의 감염실태와 형태적 특성을 연구한 Sohn (1987)의 보고와 같이, 일반적으로 알려진 원형 및 타원형의 낭상체 형태와 다른 포도송이 모양의 낭상체가 식물체

Table 3. AMF colonization rate in roots of *Z. mays* at 97 days after inoculation

Soil Number	C-Rate (%) <sup>z</sup>	Soil Number	C-Rate (%)	Soil Number	C-Rate (%)
KG-04-001-1	43.3	KG-04-003-4	20.0	KG-04-008-2	80.0
KG-04-001-2	33.3	KG-04-004-2	26.7	KG-04-009-1	70.0
KG-04-001-3	63.3	KG-04-004-3	26.7	KG-04-009-2	60.0
KG-04-001-4	36.7	KG-04-004-4	23.3	KG-04-010-1	30.0
KG-04-002-1	30.0	KG-04-005-1	73.3	KG-04-010-2	20.0
KG-04-002-2	66.7	KG-04-005-2	50.0	KG-04-011-1	76.7
KG-04-002-3	43.3	KG-04-006-1	83.3	KG-04-011-2	70.0
KG-04-002-4	36.7	KG-04-006-2	36.7	KG-04-012-1	86.7
KG-04-003-2	23.3	KG-04-007-2	13.3	KG-04-012-2	60.0
KG-04-003-3	20.0	KG-04-008-1	76.7		

<sup>z</sup>C-rate: Colonization rate = (number of colonized root / number of total examined root) × 100 (%).

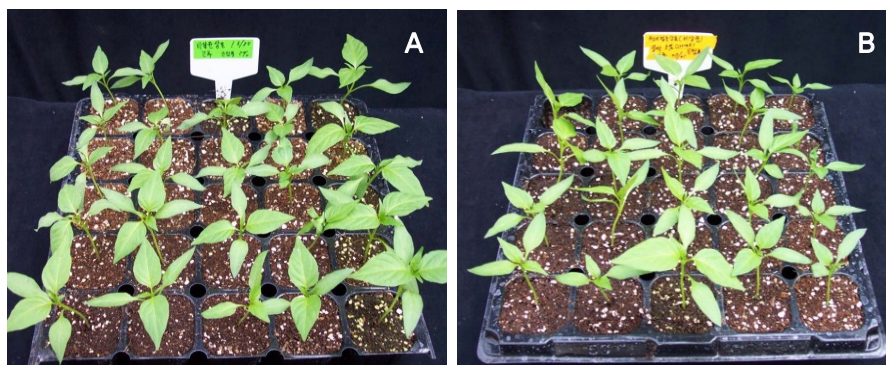


Fig. 3. Comparative early growth (17 days after germination) of *C. annuum* at 14 days after inoculation. A: mycorrhiza, B: non-mycorrhiza.

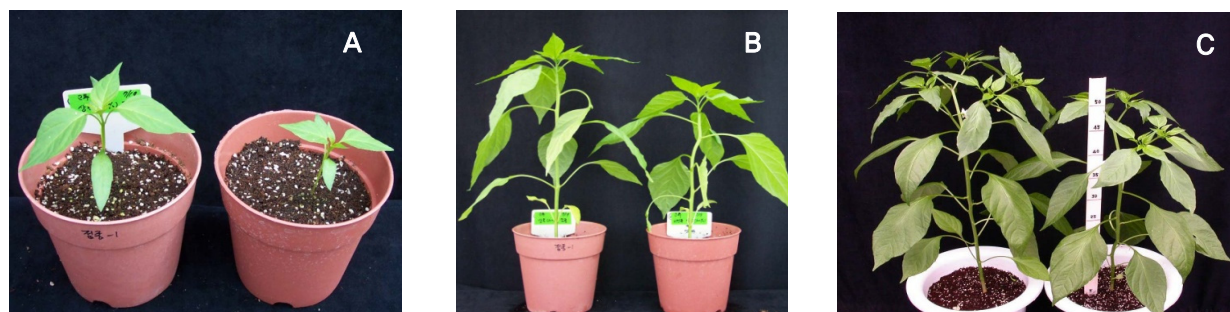


Fig. 4. Comparative of growth and height for *C. annuum* between treatment and Non-treatment. 18 days(A), 38 days(B) and 52 days(C) after planting (Left: mycorrhiza, right: non-mycorrhiza).

의 세포 내에서 일렬 또는 다층 무리를 지어 확인됨에 따라(Fig. 2) AMF 종류에 따른 낭상체의 다양한 형태적 특징 및 구조에 관한 추가적인 연구가 있어야 할 것으로 판단된다. AMF의 뿌리 감염률을 조사한 결과(Table 3), 앞서 AMF의 감염 양상이 확인

되지 않은 3점(KG-04-004-1, KG-04-003-1, KG-04-007-1)을 제외한 29점의 염색된 뿌리 절편체에서 감염률은 최소 13.3%(KG-04-007-2)에서 최대 86.7%(KG-04-012-1)까지 나타났다. 집중 토양의 본 기주를 중심으로 평균적인 감염률을

살펴보면 옥수수>마늘>고추의 순서로 나타났으며 특히, 옥수수에서 분리된 토양 시료를 접종 배양했을 때, 75% 이상의 높은 감염률을 보였다. 하지만 고추에서처럼 같은 기주임에도 각 지점에 따라 현저히 다른 양상의 감염률이 나타나 이는 기주의 특이성보다는 AMF의 활성 또는 배양적 조건의 영향이 중요하다고 판단된다.

**AMF의 접종 및 생육 비교**

경기 일부 지역을 중심으로 채취한 32점의 토양 시료 중 AMF의 포자 밀도가 우수한 토양 시료 1점(KG-04-012-1)을 선발하여 발아된 고추 종자에 처리했을 때, 무처리구와 생육을 비교 분석하였다. 전반적인 생육은 초기에 초장과 근락면에서 육안적

으로 다소 차이가 나타났지만(Fig. 3) 정식 후 18~50일 시기에 는 비슷한 상태로 생육이 유지되었다(Fig. 4). 3회(1차: 정식 후 42일, 2차: 정식 후 46일, 3차: 정식 후 52일)에 걸쳐 고추의 초장을 조사한 결과, 무처리구의 초장 평균은 각각 23.4 cm, 26.7 cm, 41.3 cm였으며 처리구 초장 평균은 각각 25.4 cm, 29.8 cm, 45.3 cm로 조사되었는데 무처리구와 비교하여 초장은 증가했으나 AMF 접종 유무에 대한 통계적인 유의차는 없는 것으로 조사되었다(Fig. 5). AMF 처리구와 무처리구의 생체중과 건물중을 조사한 결과, 무처리구의 생체중은 39.7 g, 처리구는 43.5 g이었으며 건물중은 무처리구 4.4 g, 처리구 4.8 g으로 조사되어 생체중과 건물중의 조사항목에서도 무처리구와 대비했을 때 증가는 했으나 역시 통계적인 유의성은 없는 것으로 확인되었다

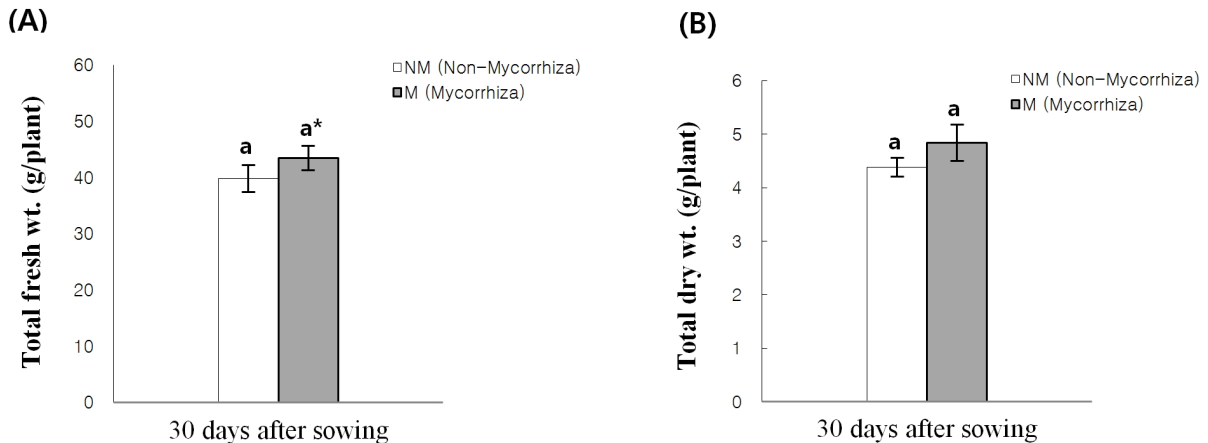


Fig. 5. Comparative of total fresh(A) and dry weight(B) for *C. annuum* between mycorrhiza and non-mycorrhiza at 30 days after sowing. \*P<0.05 vs. control (non-mycorrhiza) and same letter not significantly difference by LSD (least significant difference) test.

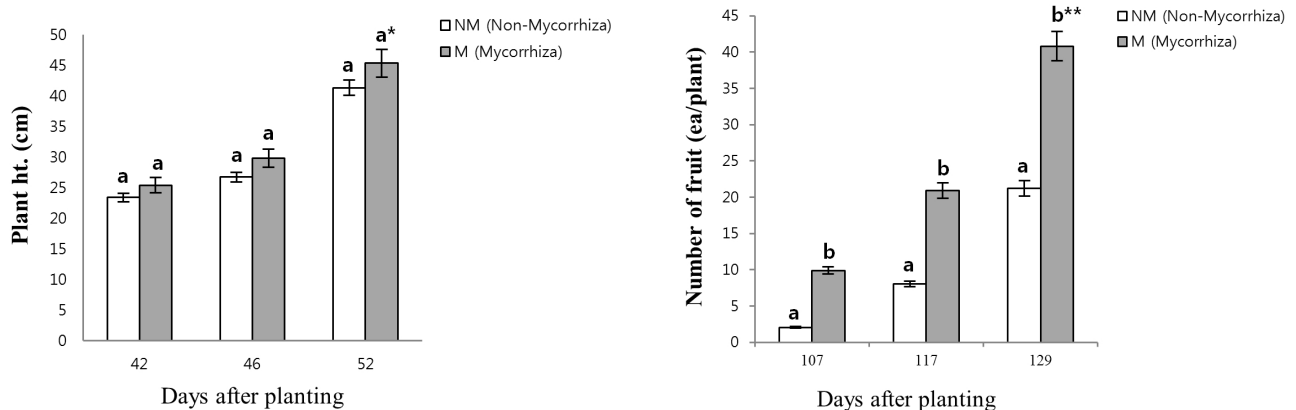


Fig. 6. Comparative of height for *C. annuum* between mycorrhiza and non-mycorrhiza. \*P<0.05 vs. control (non-mycorrhiza) and same letter not significantly difference by LSD test.

Fig. 7. Comparative number of fruit of *C. annuum* between mycorrhiza and non-mycorrhiza. \*\*P<0.05 vs. control (non-mycorrhiza) and different letter indicate significantly difference by LSD test.

Table 4. The number of fruit of *C. annuum* as mycorrhiza treatment or not

Treatment	Number of fruit (ea/plant)											
	107 DAP <sup>z</sup>				117 DAP				129 DAP			
	1st	2nd	3rd	Avg.	1st	2nd	3rd	Avg.	1st	2nd	3rd	Avg.
Non mycorrhiza	1.9	2.4	1.8	2.0 ± 0.32	7.4	8.0	8.7	8.0 ± 0.65	21.5	20.4	21.8	21.2 ± 0.73
Mycorrhiza	9.8	10.4	9.4	9.9 ± 0.50	20.2	20.3	22.2	20.9 ± 1.12	40.5	41.3	40.3	40.8 ± 0.70

<sup>z</sup>DAP: Days after Planting.

(Fig. 6). 하지만 1~3회(1회: 정식 후 107일, 2회: 정식 후 117일, 3회: 정식 후 129일)에 걸쳐 고추의 수확과를 조사한 결과, 무처리구 수확과의 평균 수확 개수는 각각 2.0 ± 0.32개, 8.0 ± 0.65개, 21.2 ± 0.73개로 조사되었으며 AMF 처리구 수확과 평균 수확 개수는 각각 9.9 ± 0.50개, 20.9 ± 1.12개, 40.8 ± 0.70개로 조사되어(Table 4) 전체 평균 수확량이 무처리구 대비 2배 이상의 차이를 나타내 유의한 차이를 보였다(Fig. 7). 이는 AMF 접종에 따른 고추 성장 반응을 연구한 Wee *et al.* (2008)의 고추 수확과 수량성 조사에서 유의한 결과를 나타내는 것과 일치하는 것이다. 균근의 접종방법 및 인산시용량에 따른 고추 성장을 연구한 Park *et al.* (1999)의 연구를 비춰볼 때, AMF 접종 시 고추 수량성 증대에 관한 균일화 방법으로 AMF의 접종 방법과 시기에 관한 연구가 필요하며 타 밭 작물의 접종 효과와 무기양분 적용 유무에 대한 연구도 보완되어야 할 것으로 판단된다.

### 적 요

AMF의 특징 및 접종 효과를 확인하기 위해 경기 지역에서 토양 시료를 채집하고 AMF 포자를 분리하여 포자 및 감염 구조의 특징을 관찰하였으며 고추에 접종 후 생육 비교 조사를 실시하였다. 각 토양 시료에서 분리된 AMF 포자들은 대체적으로 원형, 타원형의 형태였으며 다양한 포자 색깔 중에서는 연노란색의 포자가 많은 분포를 나타냈다. 포자의 크기는 평균 48.4 μm였으며 낭상체의 크기는 평균 99.7 μm였다. 옥수수에 접종 배양한 AMF의 뿌리 감염률은 13.3~83.3%의 범위를 나타냈으며 옥수수를 기주로 하는 토양 시료를 접종 후 배양했을 때 평균 75% 이상의 높은 감염률을 나타냈다. AMF를 고추에 처리했을 때 무처리구에 비해 생체중과 건물중, 초장은 다소 증가했지만 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만 3회에 걸친 수량 조사에서는 각각의 수확시기와 전체 평균 누적 수확량에서 모두 2배 이상 차이를 보여 AMF를 고추에 처리했을 때 수량성면에서는 뚜렷한 효과를 나타냈다. 이러한 결과를 바탕으로 밭작물을 중

심으로 분리된 AMF 포자를 다른 작물에 적용했을 때 효과의 가능성을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 AMF가 식물 생육을 촉진할 수 있는 친환경 균근균 비료 자원으로서 다양한 작물과 재배지에서 적용할 수 있는 AMF의 접종원 대량 생산 시스템 및 제품 개발을 위한 기초 자료로의 활용이 가능할 것으로 사료된다.

### 사 사

이 논문은 2013년 중소기업청 기업부설연구소 설치지원사업으로 수행되었음.

### References

Brundrett, M. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biol. Rev.* 79:473-495.

Caron, M., J.A. Fortin and C. Richard. 1986. Effect of *Glomus intraradices* on infection by *Fusarium oxysporum* F. sp. *Radicallycopersici* in tomatoes over a 12-weeks period. *Can. J. Bot.* 64:552~556.

Cho, J.Y., B.K. Heo and S.Y. Yang. 2005. Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in greenhouse strawberry plants. *Korean J. Organic Agri.* 13(2):175-184 (in Korean).

Daniels, B.A. and H.A. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. *In* Schenck, N.C. (eds.), *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. American Phytopathological Society, Saint Paul, MN (USA). pp. 29-35.

Douds, Jr. D.D., G. Nagahashi, P.E. Pfeffer, C. Reider and W.M. Kayser. 2006. On-farm production of AM fungus inoculum in mixtures of compost and vermiculite. *Bioresource Technol.* 97:809-818.

Feldmann, F. 1998. Arbuskulare mykorrhiza im Gartenbau. S.I.: Thalacker Medien. pp. 17-36.

- Feldmann, F. and E. Idczak. 1992. Inoculum production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for use in tropical nurseries. *In* Norris, J.R., D.J. Read and A.K. Varma (eds.), *Methods in Microbiology*. Academic Press, London, UK. pp. 339-357.
- Frank, A.B. 1885. Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Berichte der Deutsche Botan. Ges.* 3:139-143.
- Gaur, A. and A. Adholeya. 2000. Effects of the particle size of soilless substrates upon AM fungus inoculum production. *Mycorrhiza* 10:43-48.
- Habte, M. and W. Osorio. 2001. Arbuscular mycorrhizas: Producing and applying arbuscular mycorrhizal inoculum. College of Tropical Agriculture and Human Resources, Manoa, HI (USA). pp. 4-7.
- Kapulnik, Y., L. Tsrer, I. Zipori, M. Hazanovsky, S. Wininger and A. Dag. 2010. Effect of AMF application on growth, productivity and susceptibility to *Verticillium* wilt of olives grown under desert conditions. *Symbiosis* 52(2-3):103-111.
- Millner, P.D. and D.G. Kitt. 1992. The Beltsville method for soilless production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 2:9-15.
- Pacioni, G. 1992. Wet-sieving and decanting techniques for the extraction of spores of vesicular-arbuscular fungi. *In* Norris, J.R., D.J. Read and A.K. Varma (eds.), *Methods in Microbiology*. Academic Press, London, UK. pp. 317-338.
- Park, H.M., H.W. Kang, U.G. Kang, K.B. Park, S.S. Lee and S.D. Song. 1999. Effects of arbuscular mycorrhiza inoculation and phosphorus application on early growth of hot Pepper (*Capsicum annum* L.). *J. Korean. Soc. Soil sci. Fert.* 32(1):68-75 (in Korean).
- Pillips, J.M. and D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *BR. Mycol. Soc. Trans.* 55:158-160.
- Read, D.J., H.K. Kouchekei and J. Hodgson. 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in native vegetation system. *New Phytol.* 84:327-331.
- Schenck, N.C. 1982. *Methods and principles of mycorrhizal research*. The American Phytopathological Society. pp. 44-54.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*, Second ed. Academic Press, San Diego, CA (USA). pp. 112-116.
- Sohn, B.K. 1987. Morphological characteristics and root infections of VA mycorrhizae in the upland crop plants. *J. Agric. Sci. Res. of Suncheon Natl. Univ., Suncheon, Korea* 1:139-147 (in Korean).
- Sohn, B.K., S.Y. Jin and D.J. Lee. 2008. Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) at Ginsen cultivated fields in Jeonnam province. *J. Korean. Soc. Soil Sci. Fert.* 41(3):214-222 (in Korean).
- Trappe, J.M. 1981. Mycorrhizae and productivity of arid and semiarid rangelands. *In* *Advance in Food Producing Systems for Arid and Semiarid Lands*. Academic Press, London, UK. pp. 581-599.
- Vimard, B., M. St-Arnaud, V. Furlan and J.A. Fortin. 1999. Colonization potential of *in vitro*-produced arbuscular mycorrhizal fungus spores compared with a root-segment inoculum from open pot culture. *Mycorrhiza* 8:335-338.
- Wee, C.D., Y.M. Bang, E.Y. Park, J.S. Cho and B.K. Sohn. 2008. Growth responses of hot pepper inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) propagules. *J. Korean. Soc. Soil Sci. Fert. Abtr.* 2008.4., p. 130 (in Korean).

(Received 13 Januae, J.M. 198ry 2014 ; Revised 11 February 2014 ; Accepted 5 March 2014)