

## Arbuscular균뿌리균에 대한 최근 연구동향

김철우, 림성화

식물의 뿌리에 사상균의 균실이 침입하여 자라거나 뿌리의 표면을 균실이 둘러싸면서 형성되는 공생체를 균뿌리(mycorrhiza)라고 하는데 고등식물의 약 80%가 균뿌리를 형성하고 있다고 보고있다.[1, 5] 균뿌리를 형성하는 사상균을 균뿌리균(mycorrhizal fungi)이라고 한다.

균뿌리는 형태적으로 크게 외생균뿌리(ectomycorrhiza)와 내생균뿌리(endomycorrhiza)로 나누며 균과 식물의 종류, 균실의 침입방법에 따라 다시 세분화한다. 외생균은 주로 목본 식물에 형성되는데 송이버섯, 참나무버섯 등의 버섯류가 외생균뿌리균이다. 한편 농작물을 포함한 초본식물에는 내생균뿌리의 대표적인 종류인 *Arbuscular*균뿌리(*Arbuscular mycorrhiza*: AM)가 형성된다.[2]

AM균은 숙주식물의 생육을 촉진시키며 병원균에 대한 저항성을 높이는것으로 하여 생물비료, 생물농약, 토양개량재료로서의 리용이 기대되고있다.

### 1. AM균의 종류와 기능

AM균은 접합균류 Glomales목의 3개 과 6개 속으로 분류되는데 지금까지 약 150종이 알려져있다.(표)

표. 접합균류 Glomales목의 분류

목	아목	과	속	균뿌리형성상태
Glomales	Glomineae	Glomaceae	<i>Glomus</i>	수지상체, 낭상체
			<i>Sclerocystis</i>	?
		Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>	수지상체, 낭상체
	<i>Entrophospora</i>		수지상체, 낭상체	
	Gigasporineae	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>	수지상체
			<i>Scutellospora</i>	수지상체

AM균은 절대공생균으로서 단독으로는 증식할수 없으며 숙주특이성이 낮아 많은 식물에 공생할수 있지만 배추과, 능쟁이과식물에는 감염하지 않는다.

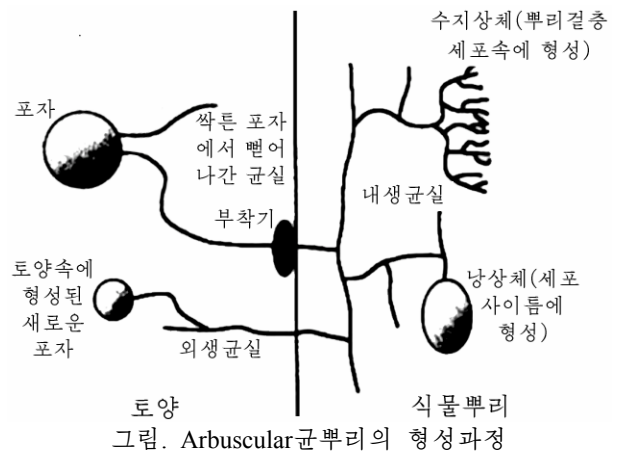
AM균은 토양속에 큰 포자(50~500 $\mu$ m)를 형성하며 포자가 싹튼 후 균실이 자라 식물의 뿌리면과 접촉하면 인차 부착기(appressorium)를 만들고 뿌리내부에 내생균실을 침입시킨다. 그후 뿌리안에 공생특이적인 기관인 수지상체(Arbuscule)와 낭상체(Vesicle)를 형성하여 공생관계가 성립된다.(그림)

수지상체에서는 균뿌리균과 숙주식물사이에서 물질교환이 진행되는데 AM균은 숙주 식물로부터 에네르기원으로 되는 탄소화합물을 얻고 그대신에 여러가지 무기영양분을 숙주에 공급한다. 낭상체는 그 역할이 아직까지 명백히 밝혀지지 않았지만 기름질알갱이가 있는것으로 보아 영양물질의 저장기관으로 추측된다.

한편 Gigasporaceae과의 AM균은 낭상체를 형성하지 않는다.

뿌리에서는 다시 외생균실이 토양속으로 뻗어나가 자라며 균실끝에서 새로운 포자가 형성된다.

AM균의 식물생육촉진효과는 주로 식물의 린산흡수를 촉진하는 것이라고 보고 있다. 토양속에서 린산은 대부분이 불용성 린산염으로 존재하므로 토양용액속에 풀려있는 린산농도는 매우 낮다. 식물뿌리의 린산흡수에서 기본은 뿌리면으로의 린산의 이동인데 뿌리면 주변은 빈번히 린산결핍상태에 놓이게 된다. AM균은 뿌리 안에서부터 외생균실을 토양안으로 뻗치여 토양용액속의 린산이온을 균실을 통하여 흡수한다. 또한 균실은 식물의 뿌리털이 미칠수 없는 매우 작은 토양공간안에 있는 린산도 흡수할수 있다. 흡수된 린산은 균실안에서의 원형질류동에 의하여 뿌리안에 있는 내생균실로 수송되어 숙주식물에 공급된다. 한편 토양에 린이 특별히 많아 식물에서의 린산농도가 높아지면 AM균의 감염은 저해되는데 이것은 숙주식물의 높은 린산농도로 하여 AM균의 부착기형성이 저해되기때문이라고 생각된다.



AM균의 식물에 대한 기능은 린산흡수이외에 ① 미량원소(철, 동, 아연 등)의 흡수촉진, ② 망간이나 알루미늄의 과잉피해를 저하, ③ 물기공급, ④ 병해저항성의 부여 등이다. 미량원소의 흡수는 린산흡수와 같은 물리새로 진행된다고 보고있으며 ②-④의 작용 물리새에 대해서는 잘 알려지지 않았다.

이처럼 AM균은 식물에 좋은 영향을 주는 많은 기능을 가지고있지만 생산현장에서는 아직까지 식물의 재배관리에 리용하지 못하고있다. 그것은 일반적으로 농경지가 화학비료의 다량시비에 의하여 린산농도가 높아져 식물에 AM균이 잘 감염되지 않으며 사람들이 많이 소비하고있는 배추과나 능쟁이과의 잎남새류에는 AM균이 붙지 않는 사정과 관련되어 있다. 또한 아직까지 생태학적으로 AM균의 생태와 숙주식물과의 공생물리새가 충분히 해명되지 못한것도 하나의 원인으로 되고있다.

## 2. 콩과식물변이체에서 AM의 형성

콩과식물에는 뿌리혹균이 공생하여 뿌리혹을 형성하는데 뿌리혹형성에 대한 분자적물리새를 해석하는 과정에 숙주와 뿌리혹균사이에 긴밀한 신호전달계가 존재한다는것이 밝혀지게 되었다. 더우기 뿌리혹형성에서 변이가 생긴 콩과식물변이체에서는 AM의 형성에서도 변이가 나타난다는것이 알려져 균뿌리공생계의 분자적물리새를 해명하는데서 모형식물로 주목되고있다.[3, 4, 7, 8]

완두와 자주꽃자리풀의 뿌리혹비착생변이체(non-nodulating mutant: nod-변이체)에서 균뿌리를 형성하지 않는 계통(myc-변이체)이 발견되었는데 이 계통에서는 AM균의 부착기가 형성된 후 내생균실의 확산이 저해된다고 한다. 이러한 myc-변이체는 콩과의 모형식물인 벌노랑이(*Lotus corniculatus*)에서도 발견되었다. 그러나 콩의 nod-변이체들가운데서는 아직 myc-변이체가 확인되지 않았다.

또한 최근시기에 완두와 자주꽃자리풀에서 뿌리혹이 왕성하게 형성되는 뿌리혹초착생변이체(hypernodulating mutant: nod++변이체)계통에서 일부 변이체들이 역시 균뿌리형성이 왕

성하고 특히 뿌리안에 수지상체를 다량으로 형성한다는것이 발견되었다.[6] 이와 같은 현상은 콩nod++변이체와 벌노랑이nod++변이체에서도 발견되고있다.

최근 뿌리혹균의 감염초기에 숙주식물에서 발현되는 초기뿌리혹유전자(early nodulin gene)인 *ENOD40*이나 *ENOD12* 등이 AM에서도 발현되고있다는것이 완두와 자주꽃자리풀에서 알려졌다며 이로부터 AM균과 뿌리혹균이 부분적으로 공통인 공생분자적물림새를 가지고있다는것이 밝혀지게 되었다.

또한 *ENOD*의 일부는 담배와 같은 비콩과식물에도 존재하고있다는것이 밝혀졌고 AM균이나 뿌리혹균은 본래식물체가 가지고있던 *ENOD*를 능숙하게 리용하여 공생체계를 만들어내는것으로 보고있다. 공생특이적인 *ENOD*는 AM공생계에서 신호전달계에 대한 해석을 진행하는데서 중요한 열쇠로 전망된다.

## 맺 는 말

AM균에 대하여 연구하는 연구자는 세계적으로 그리 많지 않으며 또 이 분야에 대한 정보교환은 지금까지 활발히 진행되지 못하였다. 그러나 최근에는 세계 여러 지역에 균뿌리연구소를 중심으로 한 이 분야의 연구기지들이 많이 증설되어 연구가 본격적으로 심화되고있으며 연구정보교환도 많이 진행되고있다. 식물병해분야에서도 AM균에 대한 흥미있는 연구가 진행되고 그 결과가 인터넷에 발표되고있다. 앞으로 이 분야에 대한 연구성과가 주목을 끌고있다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. Albrecht et al.; Plant J., 25, 605, 2008.
- [2] S. M. Bradbury et al.; New Phytol., 139, 115, 2010.
- [3] G. Duc et al.; Plant Sci., 80, 215, 2008.
- [4] T. Helgason et al.; Nutr., 404, 421, 2008.
- [5] D. Morandi et al.; Mycorrhiza, 20, 37, 2010.
- [6] J. B. Morton et al.; Mycotaxon, 57, 471, 2010.
- [7] M. Sulaiman et al.; Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol., 298, 833, 2015.
- [8] D. K. Das et al.; Heart Fail. Rev., 15, 467, 2016.

주체108(2019)년 10월 5일 원고접수

## Current Research on Arbuscular Mycorrhizal Fungi

Kim Chol U, Rim Song Hwa

*Arbuscular* mycorrhizal fungi are considered to be bio-fertilizer, biopesticides, soil improvement agents for its effects of promoting the growth of the host plants and offering the resistant abilities against pathogenic bacteria.

Keywords: *Arbuscular* mycorrhizal fungi, mycorrhiza formation