

OG5) 작물재배 환경이 Arbuscular 내생균근 균의 상대밀도와 작물체의 인(P) 함량에 미치는 영향

이국한, 안승원, 이창홍, 왕젠, 김혜영
공주대학교 산업과학대학

1. 서 론

토양 생태계는 각 종 미생물과 식물의 뿌리 및 기타 소동물들의 다양한 생물과 유기적인 관계를 공유하며 서식하고 있다(김 등, 1993). 식물체의 근권은 많은 토양 미생물들의 공생적 또는 길항적작용, 그리고 토양생태계의 균형 있는 성장과 서식지 역할을 한다. 특히 곰팡이와 식물뿌리간의 공생체를 의미하는 균근(Mycorrhizae; Lewis, 1973)의 경우 토양중의 유기물질과 무기물질을 식물체에 공급하여 식물의 생육을 촉진시키며(Mosse *et al.*, 1971), 근권의 수분관계를 조절하고(Allen & Christensen, 1980), 병원균에 대한 조절기능을 한다(Trappe, 1977).

Trappe(1981)에 의하면 유관속식물의 뿌리 약 95%는 균근의 공생적 연합에 관계하고 있으며, 그 중 대다수가 Arbuscular Mycorrhizal Fungi(AMF)와 공생한다. 우리나라에 자생하는 63종의 초본식물과 47종의 목본식물을 조사한 결과 AMF의 공생은 각각 70%와 85%에 달하였다(김과 이, 1984). 자연계에 일반적으로 분포하고 있는 AMF는 공생식물로부터 유기양분을 공급받아 서식하며(Nicolson, 1967), 식물과의 양분교환은 세포의 원형질막을 통하여 이루어지고 있는 것으로 추정하고 있다(Cox & Tinker, 1976).

본 연구는 관행농업과 유기농업에 따른 작물재배 환경의 차이가, AMF의 서식밀도와 작물체의 인(P) 함량에 미치는 영향에 대하여 알아보려고 하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험은 관행재배지(Conventional cultivation)와 유기농재배지(Organic cultivation)로 구분하여 시행하였다. 조사는 대파(Welsh onion; *Allium fistulosum* L.), 고추(Hot pepper; *Capsicum annuum* L.), 딸기(Strawberry; *Fragaria* spp.)의 3작물체를 택하여, 자연 상태에서 계절적으로 AMF의 포자생산이 가장 많은 2006년 10월에 채취하였다. 관행재배지와 유기농재배지 각각 3작물체의 포장을 대상으로 토양의 유효인산($Av.P_2O_5$) 함량, AMF의 포자 상대밀도, 작물체의 인(P) 함량에 대하여 상호관련성을 조사하였다.

토양의 이화학적 특성에 대하여 대파(Welsh onion), 고추(Hot pepper), 딸기(Strawberry)의 관행재배지 및 유기농재배지 6포장을 대상으로 작물체의 근권 토양을 채취하였다. 토양의 채취방법은 작물체의 뿌리 가까이에 있는 표토 0~15cm 깊이와 너비 30cm이내에서 시험포장별 3반복으로 채취한 후, Polyethylene bag에 포장하여 공시시료로 사용하였다.

토양시료의 이화학적 분석은 음건하여 토양화학분석법(농촌진흥청, 1998)에 따라 토양산

도(pH)는 유리전극법, 토양유기물(OM)은 Tyurin법, 전기전도도(EC)는 EC meter 측정법으로 측정하였으며, 유효인산(Av.P₂O₅)은 Lancaster법으로 분광광도계(Model U-2000, Hitachi)를 이용하여 분석하였고, 치환성양이온(EX)은 1N NH₄OAc(pH=7.0)로 침출하여 여과 후 원자흡광분광광도계(AA100, Perkin Elmer model)를 이용하여 분석하였다. 토양의 모든 실험은 3반복으로 분석하였다.

AMF의 포자 추출은 토양 Density gradient centrifuge 방법(Ohms, 1957)을 이용하였다. 이는 Sugared water 혹은 Tap water에 흙을 넣어 메스실린더를 사용하여 흙과 포자의 비중차를 이용하여 포자를 추출하여 조사하였다(McCrenney & Lindsey, 1987).

작물체의 인(P) 함량 분석은 상기 6개 포장을 대상으로, AMF의 포자조사 시기와 동일한 2006년 10월에 작물체별 3반복으로 채취하여, 식물체분석법(농촌진흥청, 1998)에 따라 작물체를 Dry oven에서 70°C로 72시간 동안 건조 후 분쇄하여 Vanadate법으로 원자흡광분광광도계(AA100, Perkin Elmer model)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Arbuscular Mycorrhizal Fungi(AMF)의 상대서식밀도

대파, 고추, 딸기 3개 작물체의 관행재배지에 대한 포자의 평균상대밀도는 40.1%로 유기농재배지의 평균상대밀도 64.9%에 비하여 24.8% 낮은 것으로 나타났다(Table 1).

Table 1. Relative density of arbuscular mycorrhizal fungi(AMF) in the welsh onion cultivated soils with conventional and organic cultivation methods.

	Relative density of AMF (%)	
	Conventional	Organic
Welsh onion	47.5	100.0
Hot pepper	29.7	37.7
Strawberry	42.8	56.9
Average	40.1	64.9

관행재배지의 대파, 고추, 딸기의 작물체별 AMF 포자상대밀도는 각각 47.5, 29.7, 42.8%로 대파 > 딸기 > 고추 순으로 포자상대밀도가 높았으며, 유기농재배지에서도 각각 100.0, 37.7, 56.9%로 대파 > 딸기 > 고추 순으로 관행재배지와 동일하였다. 작물체별 AMF의 포자상대밀도는 대파가 가장 높았으며, 상대적으로 고추가 낮았다. 그러나 관행재배지와 유기농재배지의 AMF 포자상대밀도는, 전작물체에서 유기농재배지가 높게 나타났다.

3.2. 토양의 유효인산(Av.P₂O₅) 함량과 AMF의 상대서식밀도

관행재배지 토양의 유효인산(Av.P₂O₅)은 646~1,321mg/kg⁻¹으로 적정기준(350~500mg/kg⁻¹)보다 2배 이상 높았다(Table 2). 한편 유기농재배지의 대파와 고추 토양(딸기재배지 제외)의 유효인산은 각각 237, 121mg/kg⁻¹으로 적정기준보다 1/2이하로 낮게 나타났다. 각 작물체별 관행재배지와 유기농재배지의 유효인산 차이는 관행재배지가 2배 이상 많았다(Fig. 1). 그러

나 토양의 인산을 가용화하여 식물에게 공급하는 AMF 포자의 상대밀도는 관행재배지에 비하여 유기농재배지가 24.8% 높았다.

Table 2. Content of available phosphorus(P_2O_5) and relative density in conventionally and organically cultivated soils.

	Av. P_2O_5 (mg/kg^{-1})		Relative density of AMF (%)	
	Conventional	Organic	Conventional	Organic
Welsh onion	646	237	47.5	100.0
Hot pepper	921	121	29.7	37.7
Strawberry	1,321	732	42.8	56.9
Average	963	363	40.1	64.9

Standard of Av. P_2O_5 in soils = $350\sim 500mg/kg^{-1}$

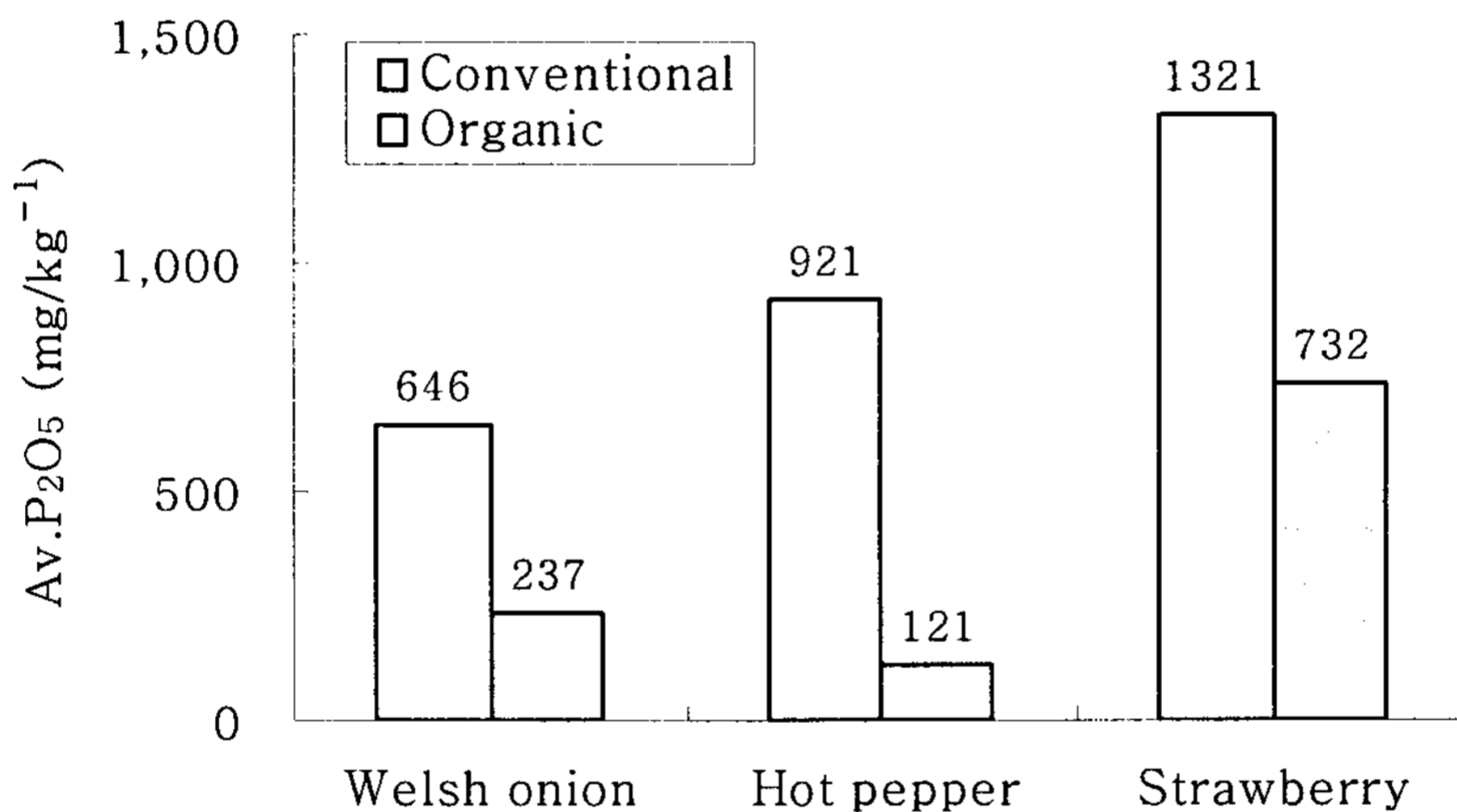


Fig. 1. Available phosphorus(P_2O_5) content of conventionally and organically cultivated soils.

3. 토양의 유효인산(Av. P_2O_5)과 작물체의 인(P) 함량

대파 작물체의 인(P) 함량은 유기농재배지에서 1.04%로, 관행재배지의 0.52%에 비하여 2배정도 많았다(Table 3). 그러나 토양의 유효인산(Av. P_2O_5) 함량은 관행재배지와 유기농재배지에서 각각 646, 237 mg/kg^{-1} 으로 관행재배지가 2배 이상 높았으며, 유기농재배지는 적정기준($350\sim 500mg/kg^{-1}$)보다 2배 정도 낮았다. 고추의 경우도 대파와 같은 경향을 나타냈다. 딸기 작물체의 인 함량은 유기농재배지와 관행재배지의 차이는 없었으나, 토양의 유효인산은 각각 732, 1,321 mg/kg^{-1} 으로 관행재배지가 1.8배 높았으며, 적정기준($350\sim 500mg/kg^{-1}$)보다 각각 2배 이상 많은 것으로 나타났다.

관행재배지 토양의 평균 유효인산함량은 963 mg/kg^{-1} 으로 유기농재배지의 평균(363 mg/kg^{-1})보다 2.6배 많았으나, 각 작물체의 평균 인 함량은 관행재배지 0.60%에 비하여 유기농재배지는 0.85%로, 토양의 유효인산 함량과의 관련성은 마이너스의 상관관계를 나타

났다. 토양에 유효인산함량이 많으면 이에 비례하여 작물체의 인 함량도 증가하는 것이 일반적으로 생각되나, 유기농재배지와 관행재배지와는 경우에는 반비례하였다.

Table 3. Content of available phosphorus(P₂O₅) in soils and P₂O₅ in crops cultivated with conventional and organic cultivation methods.

	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg ⁻¹)		P ₂ O ₅ (% d/w)	
	Conventional	Organic	Conventional	Organic
Welsh onion	646	237	0.52	1.04
Hot pepper	921	121	0.37	0.61
Strawberry	1,321	732	0.91	0.90
Average	963	363	0.60	0.85

Standard of Av.P₂O₅ in soils = 350~500mg/kg⁻¹

4. AMF의 상대서식밀도가 작물체의 인(P) 함량에 미치는 영향

AMF의 평균 상대서식밀도는 관행재배지에서 40.1%를 나타냈으나 유기농재배지에서는 64.9%로 관행재배지에 비하여 24.8% 높았으며, 작물체의 인 함량도 관행재배지(평균 0.60%)에 비하여 유기농재배지(평균 0.85%)가 0.25% 많았다(Table 4). 즉, AMF의 상대서식밀도가 높으면 이에 비례하여 작물체의 인 함량도 상대적으로 많아지는 경향을 나타냈다.

Table 4. Relative density of AMF in conventionally and organically cultivated soils and content of P₂O₅ in crops.

	Relative density of AMF (%)		P ₂ O ₅ (% d/w)	
	Conventional	Organic	Conventional	Organic
Welsh onion	47.5	100.0	0.52	1.04
Hot pepper	29.7	37.7	0.37	0.61
Strawberry	42.8	56.9	0.91	0.90
Average	40.1	64.9	0.60	0.85

이러한 결과는 제 3절에서 고찰된, 토양의 유효인산(Av.P₂O₅) 함량과 AMF 상대서식밀도 간의 상호관련성은 반비례하는 것과 반대되는 내용이며, 제 4절에서 고찰된, 작물체의 인 함량과 토양의 유효인산함량과의 관련성은 마이너스의 상관관계를 나타내는 것과도 반대되는 결과이다.

토양과 작물체의 인 함량은 마이너스의 상관관계를 가지며, AMF 상대서식밀도가 높으면 이에 비례하여 작물체의 인 함량도 증가하는 경향을 나타냈다.

참 고 문 헌

Allen, M.F. & M. Christensen. 1980. Effects of VAM on water stress tolerance & hormone balance in nature western plant species. 1979 Final Report to Rocky

Mountain Institute of Energy & Environment. p. 25.

- Cox, G. & P.B. Tinker. 1976. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizal. I. The arbuscule and phosphorus transfer : a quantitative ultrastructural study. *New Phytol.* 77: 371-378.
- Lewis, D.H. 1973. Concepts in fungal nutrition and the origin of biotrophy. *Biol. Rev.* 48: 976-980.
- Nicolson, T.H. 1967. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. *Universal plant symbiosis. Sci. Prog. Oxford.* 55: 561-581.
- Ohms, R.E. 1957. A flotation Method for collecting spores of a Phycomycetous mycorrhizal parasite from soil. *Phytopathology.* 47: 751-752.
- Trappe, J.M. 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann. Rev. Phytopathol.* 15: 203-222.
- Trappe, J.M. 1982. Synoptic keys to the genera and species of Zygomycetes mycorrhizal fungi. *Phytopathol.* 72: 1102-1109.
- 농촌진흥청, 1999. 토양화학분석법.