

포도 삽목에서 내생 균근균 접종효과

위치도 · 안기홍¹ · 김홍림² · 손보균*

순천대학교 생물환경학과, ¹국립식량과학원 바이오에너지작물센터, ²농촌진흥청 원예특작과학원 남해출장소

Effectiveness on the Inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Cutting of Grapevine

Chi-Do Wee, Gi Hong An¹, Hong-Lim Kim², and Bo-Kyoon Sohn*

Department of Agricultural Chemistry, Sunchon National University, Suncheon, 540-742, Republic of Korea

¹Bioenergy Crop Research Center, National Institute of Crop Science, RDA, Muan, 34-833, Republic of Korea

²Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 668-812, Republic of Korea

The study was performed to investigate the influence on growth and development of grape-cuttings by arbuscular mycorrhizal (AM) fungi inoculation, AM colonization rate, and the phenomena of mycorrhizal association. Among the grape-cuttings, 'Kyoho' and 'Tamnara' cultivars inoculated with AM fungi showed significantly increase of leaf area, leaf number, total root length and root surface area than non-infected ones. But 'Cambell Early' did not showed any significant difference in total root length and root surface area even after the inoculation. The AM colonization rates in mycorrhizal inoculation treatment were 22.5-32.5% in total average after 8weeks, and were 29.6%, 28.8%, and 48.8% for 'Cambell Early', 'Tamnara', and 'Kyoho' respectively after 12weeks. The AM colonization rate marked very low level in non-colonization control plot.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, Mycorrhizal inoculation, Grapevine, Growth enhancement

서 언

균근균 (arbuscular mycorrhizal fungi)은 약 80% 이상의 육상식물과 공생관계를 맺고 있으며 (Bouwmeester et al., 2007), 식물의 양·수분 흡수증대, glomalin생성을 통한 토양입단 안정성과 병원성 미생물에 대한 저항성 증진 등으로 잘 알려진 유용 토양미생물이다 (Abbott and Robson, 1984; Koide and Mosse, 2004; Rillig, 2004; van der Heijden et al., 2006; Rillig and Mummey, 2006; Bouwmeester et al., 2007). 이와 같은 유익한 기여는 상호 물질교환 관계, 즉 식물은 균근균에게 광합성 산물을 제공하고, 균근균은 물과 양분을 제공함으로써 유지된다. 이와 같은 과정을 통하여 식물은 뿌리의 표면적과 근권영역이 확대되며, 균사에서 생성 배출되는 특이 단백질, 즉 glomalin과 같은 내수성 토양접착물질의 생성으로 토양 입단화와 안정성이 증대된다 (Menge et al., 1983; Smith and Read, 1997; Aguin

et al., 2004; Cheng and Baumgartner, 2006; Schreiner et al., 2007) 이와 같은 특성을 가진 유용한 토양 공생미생물을 포도의 번식 초기에 감염을 유도함으로써, 보다 빠른 생육과 건전한 묘의 생산이 가능할 것으로 사료되는바, 본 연구는 포도 삽목번식과정에서 균근균 접종원을 처리한 후, 엽수, 엽면적 및 총근장 등의 경시적인 생육반응과 균근 형성률 및 포자밀도 등을 조사함으로써, 균근균 접종원이 포도삽수의 생육에 미치는 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

포도 삽목번식 과정에서 균근균 접종원 처리 실험재료로 사용할 포도품종 (캠벨러리, 탐나라 그리고 거봉)의 삽수는 동절기에 포도과원에서 절단·수거하여 Polyethylene film봉지에 담아 4℃ 저온냉장실에 보관 후 사용하였다. 삽목에 사용할 삽목판은 시설 하우스에 목재판 자격자 (70 × 180 cm)를 설치하고 1-2 mm직경의 마사토로 충진하여 준비하였다. 포도 삽수는 관행적인 방법으로, 즉 상부 1개 눈만 남기고 2개 눈을 제거하여 15

접수 : 2010. 11. 3 수리 : 2010. 12. 21

*연락처 : Phone: +82617503292

E-mail: bksohn@sunchon.ac.kr

× 20 cm간격으로 삽목하였다. 균근균 처리구는 처리구 당 약 9 g의 증식된 균근균 접종원 (30 spores g⁻¹ fresh soil)을 삽수 기부에 접종하고 관수하였다.

포도삽목 후 생육반응 조사 삽목 후 생육조사는 엽수, 엽면적, 전체 뿌리길이 및 뿌리표면적 등을 농업과학기술 연구조사분석기준 (RDA, 2003)에 준하여 경시적으로 조사하였으며, 총 뿌리의 길이와 표면적은 WinRhizo[®] (Regent Instruments Inc., Canada)system을 사용하여 측정하였다.

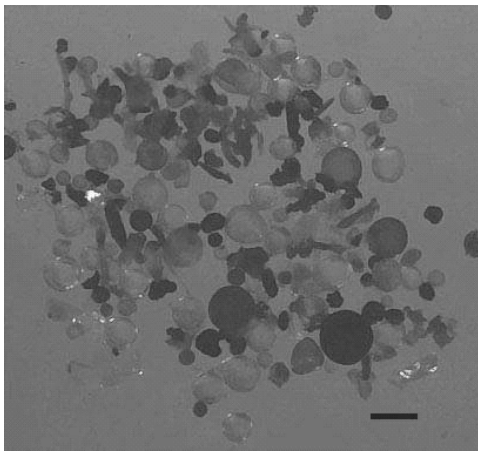


Fig. 1. Photograph of arbuscular mycorrhizal fungi propagules used (Scale bar = 100 μ m).

균근균 포자밀도 및 형성을 조사 균근균 포자 분리는 습식사별법 (An et al., 1990)에 준하여 45 μ m와 500 μ m크기의 체로 분리한 후 실체현미경 (Olympus SZX12, Japan)하에서 계수하였다. 포도 뿌리의 균근 형성을 조사는 Phillips and Hayman (1970)의 방법으로 염색하였으며, 그 방법은 다음과 같다. Formalin Acetic Acid (FAA)용액에 저장된 포도뿌리를 약 1 cm길이를 자른 후 10% KOH용액으로 90°C의 온도에서 뿌리의 상태에 따라 20~30분간 처리하여 증류수로 3~4회 행구어낸 후 Tripan blue염색액 (Brundrett et al., 1984)으로 염색한 후 50% glycerol로 탈색하였다. 균근균 형성을 및 형성특성은 염색된 뿌리절편을 균근균의 형성구조인 수지상체 (arbuscule), 낭상체 (vesicle) 및 균사 (hyphae)를 광학현미경 (Olympus BX50, Japan)하에서 관찰하여 5 mm내의 형성구조 존재여부를 %로 나타내었다.

결과 및 고찰

균근균 접종원 처리에 따른 포도삽목묘의 생장반응 포도삽목시 균근균 접종원을 포도삽수에 접종 처리 하였을 때 포도의 생육반응 조사결과를 Table 1, 2 그리고 3에 나타내었다. Table에서 보는 바와 같이 3개 품종 모두에서 엽수, 엽면적, 전체 뿌리길이 및 뿌리 표면적에서 유의적인 차이를 보여주고 있다. 균근균 접종원 처리

Table 1. Growth characteristics of grapevine, Cambell early, inoculated with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi.

WAI [‡]	Treatment	Leaves	Leaf area	Root total length	Root surface area
		No. plant ⁻¹	cm ² plant ⁻¹	cm plant ⁻¹	cm ²
8	AMF-	4.5	98.7	252.0	35.8
	AMF+	5.0 ^{ns†}	146.7**	379.7*	42.3 ^{ns}
11	AMF-	4.8	107.3	404.3	36.1
	AMF+	5.4 ^{ns}	163.5*	531.9*	43.2 ^{ns}

[†] Means were presented. And each value was compared with student's *t*-test, and determined from 3 independent replicates (n=15). For each parameter, the data presented in each line are followed by; the significance level was set at ***P*<0.01, **P*<0.05, and *ns* non-significant. [‡]WAI : Weeks after inoculation.

Table 2. Growth characteristics of grapevine, Tannara, inoculated with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi.

WAI [‡]	Treatment	Leaves	Leaf area	Root total length	Root surface area
		No. plant ⁻¹	cm ² plant ⁻¹	cm plant ⁻¹	cm ²
8	AMF-	5.5	114.10	108.62	17.94
	AMF+	9.0* [†]	192.79*	292.14*	43.67*
11	AMF-	5.4	216.55	144.17	22.53
	AMF+	9.2**	362.67**	424.22**	62.97**

[†] Means were presented. And each value was compared with student's *t*-test, and determined from 3 independent replicates (n=15). For each parameter, the data presented in each line are followed by; the significance level was set at ***P*<0.01, **P*<0.05, and *ns* non-significant. [‡]WAI : Weeks after inoculation.

Table 3. Growth characteristics of grapevine, Kyoho, inoculated with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi.

WAI [‡]	Treatment	Leaves	Leaf area	Root total length	Root surface area
		No. plant ⁻¹	cm ² plant ⁻¹	cm plant ⁻¹	cm ²
8	AMF-	5.0	123.8	118.6	19.4
	AMF+	6.0 ^{ns†}	180.8*	149.6*	22.7*
11	AMF-	8.0	374.8	433.7	64.3
	AMF+	11.4*	615.9**	628.7*	97.7*

[†] Means were presented. And each value was compared with student's *t*-test, and determined from 3 independent replicates (n=15). For each parameter, the data presented in each line are followed by; the significance level was set at ***P*<0.01, **P*<0.05, and ns non-significant. [‡]WAI : Weeks after inoculation.

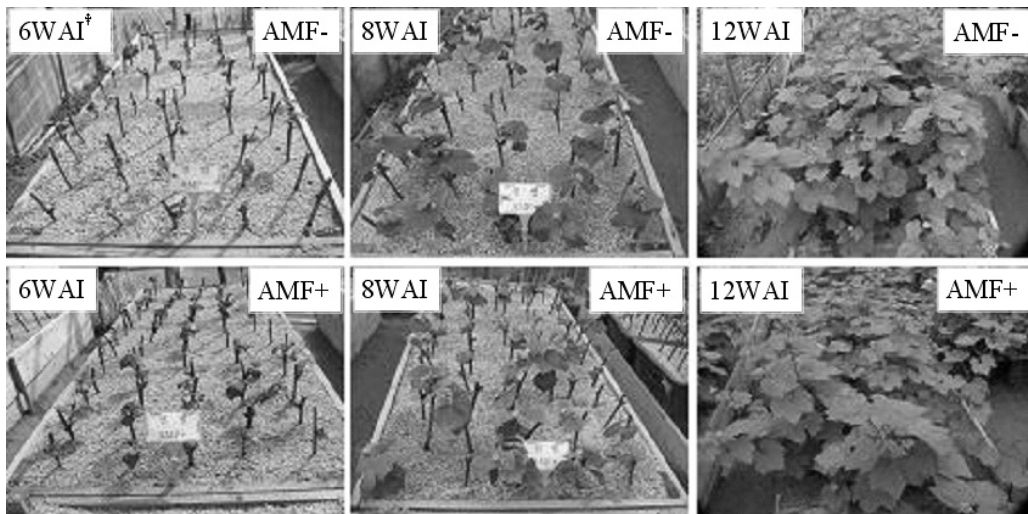


Fig. 2. Comparison of grapevine, Cambell early, inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. [†]WAI : Weeks after inoculation.

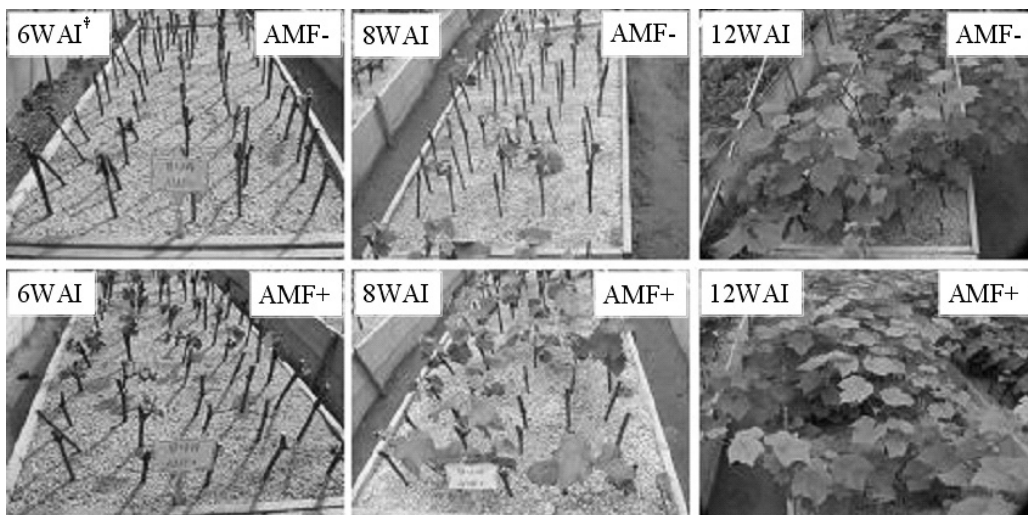


Fig. 3. Comparison of grapevine, Tamnara, inoculated with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. [†]WAI : Weeks after inoculation.

후 8주와 12주의 조사결과를 비교할 때 생육기간이 경과할수록 그 차이는 뚜렷하게 나타났으며, 전반적인 조사결과를 고려해 보면 탐나라 품종이 가장 뚜렷한 균근균 접종원 처리효과를 나타냈다. 균근균 접종원 처리 후

6주, 8주 그리고 12주가 경과한 후의 생육상태는 Fig. 2, 3 그리고 4와 같다. 6주 후의 사진에서 보는 것과 같이 신초가 발생할 시기부터 균근균 접종 처리구 (AMF+)에서 신초의 발생이 빨랐음을 가시적으로 확인할 수 있었

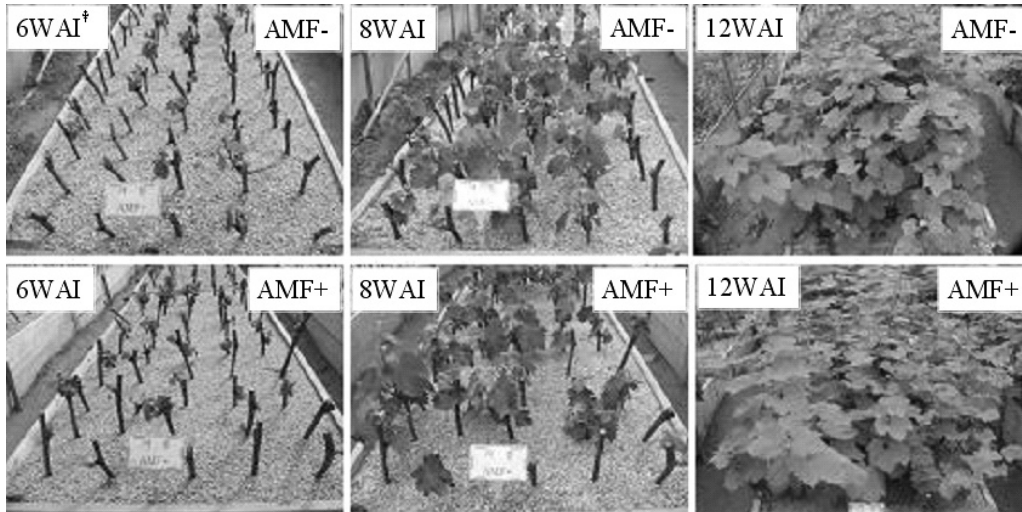


Fig. 4. Comparison of grapevine, Kyoho, inoculated with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. †WAI : Weeks after inoculation.

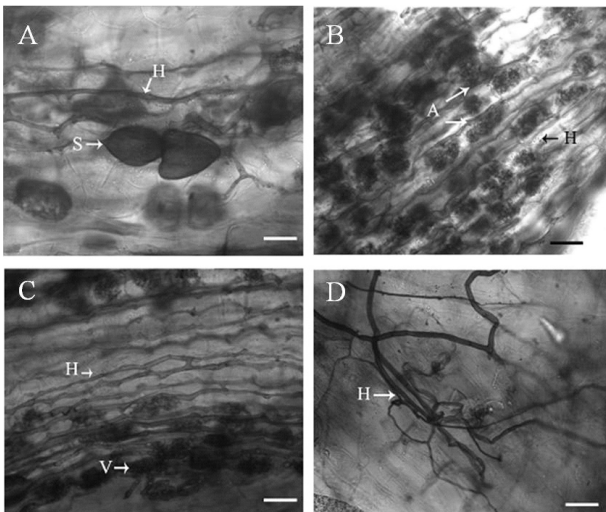


Fig. 5. Morphological characteristics of the mycorrhizal association in the roots of lettuce seedlings placed in trays at 3 weeks after sowing. Scale bar=50µm. A: Arbuscule, H: Hyphal network, S: spore, V: Vesicle.

으며, 그 다음 사진에서도 그 차이를 확인할 수 있었다. 이상의 결과에서와 같이 균근균을 접종한 처리구 (AMF+)가 무처리구 (AMF-)에 비해 엽수, 엽면적, 전체 뿌리의 길이 및 표면적 등이 유의적으로 증가함을 나타내 균근균 처리효과가 뚜렷함을 알 수 있었다. 이와 같은 엽수의 증가는 엽면적이 넓어져 광합성량이 증대되고, 뿌리의 표면적이 넓어짐으로서 양분과 수분의 흡수 이용량이 많아질 수 있다. Wu et al. (2010)에 따르면 균근균 처리로 인하여 식물의 지상부와 지하부의 전체 생물량이 유의적으로 증가하였다고 보고하고 있다. 본 연구에서 균근균의 처리가 포도뿌리 내외에 분지된 균사 구조에 의해 식물 초기생육에 필수적인 양분흡수 및 이용도가 향상되어 포도생육의 증가를 가져온 것으로 해석

Table 4. Arbuscular mycorrhizal (AM) colonization rates in grapevine roots inoculated with AM fungi.

WAI† Treatment	AM colonization rate (%)			
	Cambell early	Tamnara	Kyoho	
8	AMF-	-	-	-
	AMF+	22.5	28.8	32.5
11	AMF-	2.3	15.5	28.5
	AMF+	29.6	25.9	48.8

†WAI : Weeks after inoculation.

할 수 있다 (Davies et al., 1993; Ortas et al., 2002; Sohn et al., 2003; Koide and Mosse, 2004; van der Heijden et al., 2006; Bouwmeester et al., 2007; Cho et al., 2009).

포도삽목묘의 뿌리 중 균근균 형성구조와 형성율

Figure 5는 균근균 접종 후 12주째에 채취한 포도뿌리를 염색하여 현미경하에서 균근균 형성구조를 확인한 결과를 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 A사진에는 뿌리 내부에 분지된 균사 (H)와 포자 (S)를 확인할 수 있으며, B사진에는 뿌리 피층 세포내에 기주식물과 균근균간에 물질교환이 일어나는 수지상체 (A)가 무수히 형성된 것을 확인할 수 있다. Figure 5의 C와 D는 각각 치밀하게 분지된 H자형의 균사 구조와 피층에 분지되어 있는 균사구조를 나타내고 있다.

포도뿌리의 균근 형성율을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 생육과정 중 2회에 걸쳐서 조사한 결과 접종원처리 8주째 무처리구 (AMF-)는 감염이 거의 되지 않았으나 균근균 처리구 (AMF+)는 22.5~32.5%의 감염 범위를 나타냈다. 처리12주 후 균근 형성율을 조사한 결과 무처리구 (AMF-)에서도 균근균 형성을 확인할 수 있으나 매

우 낮은 수준이었으며, 균근균 처리구 (AMF+)에서는 균근 형성율이 훨씬 높게 나타나 썬벨어리 29.6%, 탐나라 28.8%, 거봉 48.8%의 균근 형성율을 보여 거봉에서 형성율이 가장 높았다. 균근균 무처리구 (AMF-)의 균근균 형성은 생물적 요소와 기상적 요인에 의해 균근균 번식체의 오염에 의한 것으로 판단된다 (Daniels Hetrick, 1984).

이상의 결과에서와 같이 포도묘목의 번식과정에 균근균 접종원을 처리함으로써 초기부터 균근 형성구조가 발생되기 때문에 균근이 형성된 포도묘목을 본 포장에 정식하였을 때 정식 이후 활착이 빠를 뿐만 아니라 이식 후의 생육이 향상될 수 있을 것으로 기대할 수 있었다 (Sohn et al., 2003).

요 약

본 연구는 균근균 접종이 포도삼목묘의 생장에 미치는 영향과 균근 형성율 그리고 형성 양상을 구명하고자 수행하였다. 포도 삼목시, 균근균 접종원을 처리한 거봉과 탐나라 품종은 무 접종처리 보다 엽수, 엽면적, 총 뿌리길이 그리고 뿌리 표면적이 크게 증가하였다. 그러나 썬벨어리 품종의 총 뿌리길이와 뿌리 표면적은 무처리구 (AMF-)와 비교하여 유의적인 차이가 없었다. 접종 8주후 균근균 접종 처리구 (AMF+)의 형성율은 22.5-32.5%이었으며, 12주 후 썬벨어리, 탐나라 그리고 거봉의 균근 형성율은 각각 29.6%, 28.8% 그리고 48.8%이었다. 반면 균근균 무처리구 (AMF-)는 균근형성 수준이 매우 낮았다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

Abbott, L.K. and A.D. Robson. 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In : Powell, C.L. and D.J. Bagyaraj, (ed), VA mycorrhiza, 2006. The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition and soil structure in experimental grassland. *New Phytol.* 172: 729-752.

Aguin, O., J.P. Mansilla, A. Vilarino, and M.J. Sainz. 2004. Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. *Am. J. Enol. Vitic.* 55:108-111.

An, Z.Q., J.W. Hendrix, D.E. Hershman, and G.T. Henson. 1990. Evaluation of the most probable number (MPN) and wet-sieving methods for determining soil-borne populations of endogonaceous mycorrhizal fungi. *Mycologia* 82:576-581.

Brundrett, M.C., Y. Piche, and R.L. Peterson. 1984. A new method for observing the morphology vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Can. J. Bot.* 62:2128-2134.

Bouwmeester, H.J., C. Roux, J.A. Lopez-Raez, and G. Becard. 2007. Rhizosphere communication of plants, parasitic plants and AM fungi. *Trends Plant Sci.* 12: 224-230.

Cheng, X. and K. Baumgartner. 2006. Effects of mycorrhizal roots and extraradical Hyphae on N uptake from vineyard cover crop litter and the soil microbial community. *Soil Biol. Biochem.* 38:2665-2675.

Cho, E.J., D.J. Lee, C.D. Wee, H.L. Kim, Y.H. Cheong, J.S. Cho, and B.K. Sohn. 2009. Effects of AMF inoculation on soil structure in mycorrhizosphere. *Sci. Hort.* 122:633-183.

Daniels Hetrick, B.A. 1984. Ecology of VA mycorrhizal fungi. P. 35-56. In Powell, C.L., and D.J. Bagyaraj(ed) VA Mycorrhiza. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA.

Davies Jr. F.T., J.R. Potter, and R.G. Linderman. 1993. Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P concentration response in gas exchange and water relations. *Physiol. Plantarum* 87:45-53.

Koide, R.T. and B. Mosse. 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza* 14:145-163.

Menge, J.A., D.J. Raski, L.A. Lider, E.L.V. Johnson, N.O. Jones, J.J. Kissler, and C.L. Hemstreet. 1983. Interactions between mycorrhizal fungi, soil fumigation, and growth of grapes in California. *Amer. J. Enol. Viticult.* 34:117-121.

Ortas, I., D. Ortakci, Z. Kaya, A. Cinar, and N. Onelge. 2002. Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. *J. Plant Nutr.* 25: 1263-1279.

RDA. 2003. Rural development administration standard for research survey analysis.

Phillips, 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. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161.

Rillig, M.C. 2004. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Can. J. Soil Sci.* 84:355-363.

Rillig, M.C. and D.L. Mummey. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytol.* 171:41-53.

Schreiner R.P., J.M. Tarara, and R.P. Smithyman. 2007. Defic irrigation promotes arbuscular colonization of fine roots by mycorrhizal fungi on grapevines (*Vitis vinifera* L.) in an arid climate. *Mycorrhiza* 17:551-562.

- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic London.
- Sohn, B.K., K.Y. Kim, S.J. Chung, W.S. Kim, S.M. Park, J.K. Kang, Y.S. Rim, J.S. Cho, T.H. Kim, and L.H. Lee. 2003. Effect of the different timing of AMF inoculation on plant growth and flower quality of chrysanthemum. *Sci. Hort.* 97:173-183.
- van der Heijden, M.G., R. Streitwolf-Engel, R. Riedl, S. Siegrist, A. Neudecker, K. Ineichen, T. Boller, A. Wiemken, and I.R. Sanders. 2006. The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition and soil structure in experimental grassland. *New Phytol.* 172:739-752.
- Wu, Q.S., Y.N. Zou, and X.H. He. 2010. Exogenous putrescine, not spermine or spermidine, enhances root mycorrhizal development and plant growth of Trifoliolate Orange (*Poncirus trifoliata*) seedlings. *Int. J. Agric. Biol.* 12:576-580.