

한국내 각지에서 채집된 산삼의 균근(菌根) 형태와 감염율

이규화* · 이경준*# · 박 훈** · Sri Wilarso Budi***

*서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

**Herb King Inc., 한경대학교

***Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia

(2006년 8월 14일 접수, 2006년 12월 12일 수리)

The Rate and Morphology of Mycorrhizal Infection in the Wild Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) Collected from Various Locations in Korea

Kyu Hwa Lee*, Kyung Joon Lee*#, Hoon Park** and Sri Wilarso Budi***

*Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921 Korea

**Herb King Inc., Hankyung University, Anseong, Gyeonggi-do 456-749 Korea

***Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia

(Received August 14, 2006; Accepted December 12, 2006)

Abstract : To investigate mycorrhizal infection by arbuscular mycorrhizal fungi(AMF), samples of fine lateral roots were taken from the wild ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer) naturally growing at various locations in Korea. Mycorrhizal infections were studied by cleaning the root samples and staining fungal hyphae with trypan blue. Wild ginsengs for this study were graded by an appraisal committee consisting of 12 experts of Korea Mountain Ginseng Association. Following five quality groups were recognized: Heaven group(pure natural), Earth group (from seeding of wild ginseng), Man group(from seeding or seedlings of wild ginseng with slight environmental modification), unmarketable, and imported wild ginseng. Morphology of AMF was typical *Paris-type* which shows intracellular hyphal coils with rare vesicles and lack of arbuscules. Average infection rate of individual wild ginsengs was 58.3% and showed no differences among five quality groups. When portions of fine roots were quantified for mycorrhizal infection, 18.7% of the total length of the primary and secondary roots were infected by AMF. Wild ginsengs from Gyeonggi Province(84.2%), and from mountains lower than 1,200 meters above sea level(about 70%) showed higher infection rate, while the ginseng from Gyeongbuk Province(27.8%) had lower rate. Wild ginsengs at older age showed lower infection rates.

Key words : wild ginseng, *Panax ginseng* C.A. Meyer, mycorrhizal infection, Arbuscular-Mycorrhizal Fungi.

서 론

고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 두릅나무과(Araliaceae)에 속하는 다년생 식물로 북위 30~48° 사이인 한국, 중국 만주, 러시아 연해주 등지에서 자생, 또는 재배되고 있다.¹⁾ 고려인삼은 다른 작물과 마찬가지로 자연 상태에서 생육하고 있었으나, 뛰어난 약효로 인해 수요가 크게 증가함에 따라 오랜 기간의 순화기간(150년 정도 걸린다는 견해도 있음)

을 거쳐 이를 재배하게 되었는데, 전자를 산삼(山蔘, wild ginseng 또는 mountain ginseng), 후자를 재배인삼(栽培人蔘, cultivated ginseng) 또는 인삼(人蔘, ginseng)으로 구분하고 있다.^{2,3)}

산삼은 다시 천종(天種, 인간에 의한 순화가 안 된 산삼 원래의 형태를 유지하고 있는 것), 지종(地種, 인삼의 씨앗이 새에 의해 옮겨져 자연 환경에서 자란 것)과, 일반적으로 장늪(長蘆)라고 부르는 인종(人種, 사람이 산삼 또는 인삼의 씨앗이나 묘를 자연 상태에서 인삼이 생육할 수 있는 환경을 가진 장소에 뿌리거나 심어서 자란 것)으로 구분하는데, 최근에는 산림의 회복으로 산삼의 생산이 증가하고 있다.⁴⁾

#본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 02-880-4752; (팩스) 02-873-3560
(E-mail) fraxinus@snu.ac.kr

재배인삼이 4~6년 된 뿌리를 수확하여 이용하는 것과는 달리 산삼은 성장속도가 느려서 최소 10~15년 된 것을 이용하고 있으며,^{4,5)} 산삼의 약효가 재배인삼에 비해 우수하다고 보고 되고 있다.⁶⁾

지구 육상생태계의 뿌리는 대부분 내생 또는 외생균근을 형성하는데, 이러한 식물과 균근의 공생관계는 뿌리를 갖지 못한 최초의 육상식물에서도 찾아볼 수 있다. 균근곰팡이는 식물로부터 에너지원인 탄수화물을 얻는 대신, 식물에게는 영양분 흡수와 열악한 환경에 대한 저항성을 높여주고, 뿌리병의 발생을 억제하는 역할을 한다. 최근의 연구에 의하면 균근의 형태와 기능은 기주에 따라 다양한 변화를 보이고 있는 것으로 파악되고 있다.⁷⁾

미국인삼의 경우, 농장과 임장에서 재배되는 모든 인삼의 뿌리가 자연적으로 내생균근균(Arbuscular Mycorrhizal Fungi, AMF)에 감염되는 것으로 나타났다.^{8,9)}

한국에서의 인삼균근에 대한 연구는 활발하지 못한 실정이다. Park 등¹⁰⁾은 인삼 재배포지에 내생균근이 존재한다는 것을 확인하였고, Lee 등¹¹⁾은 재배인삼에서 균근에 감염된 뿌리의 형태를 관찰하고, 뿌리의 나이와 토성(soil texture)이 균근감염에 미치는 효과를 보고하였다. Han 등¹²⁾은 균근을 재배인삼의 뿌리썩음병 억제에 이용할 수 있는 가능성을 보여주었다. 그러나 한국 내 야생에서 채집되는 산삼의 균근 형성에 관한 연구는 그 사례가 없다.

본 연구의 목적은 산삼(wild ginseng, *Panax ginseng* C.A. Meyer)에 균근 존재 여부와 형태를 관찰하고, 채집지역별, 산삼의 연령별 균근감염율을 조사하는데 있다.

재료 및 방법

1. 시료 확보 및 균근 감염 동정

본 연구에 사용된 산삼은 모두 한국산삼협회를 통해서 얻은 것이다. 한국산삼협회에 등급감정이 의뢰된 산삼(2002년산) 중 166개 산삼에서 뿌리의 일부를 시료로 채취하였다. 본 연구에 사용된 산삼뿌리는 모두 가는 뿌리들로서 직경이 1.5 mm이하 되는 1차 혹은 2차 측근뿌리이다.

채취한 시료는 FAA(formalin-acetic acid-alcohol) 용액에 고정한 후 보관하였다. 시료는 길이 1cm 내외로 절단하여 plastic capsule(microtube)에 넣은 후 10%의 KOH 용액을 붓고 water bath에서 90°C에서 60분간 가온하여 세포 내용물을 모두 분해 시켰다. 그 다음 증류수로 세척한 후 30분간 H₂O₂로 표백하였다. 다시 1% HCl용액에 4분간 담가 산성화한 후 용액을 버렸다. 균사만을 선택적으로 염색하기 위하여 0.01% trypan blue 염색액을 넣어 90°C에서 40분간 가온하

였다. 염색된 뿌리 4~6개를 slide glass 위에 놓고 cover glass를 가볍게 눌러 덮은 다음 광학현미경으로 AMF의 구조를 관찰하였다.¹³⁾ 뿌리의 균근감염 비율은 Magnified Intersection Method에 의해 계산하였다.¹⁴⁾ 뿌리의 균근형태 분류는 강원도 횡성군 둔내면에 소재한 태기산에서 채집된 장뇌에서 채취한 시료를 사용하였다.

2. 산삼의 감염과 분류

산삼은 12인으로 구성된 한국산삼협회의 산삼감정단의 감정 결과를 기준으로 산삼(천종, 지종), 장뇌(장뇌, 씨장뇌, 묘장뇌), 상품미달, 수입 산삼 등으로 분류하였다. 상품미달은 기준연령에 미치지 못하거나 상처, 병 감염 등으로 산삼으로서의 시장성이 없는 것을,^{4,5)} 수입 산삼은 외국에서 수입한 산삼을 그대로 판매하거나 국내에 이식하고 3년 정도 경과한 후 채취한 것을 의미한다.²⁾

결과 및 고찰

1. 산삼균근의 형태

이번 연구에서 균근 형태관찰에서 사용한 측근(側根, lateral root) 중 세균은 5월에 강원도 횡성군 둔내면에 소재한 태기산에서 채취한 장뇌에서 채취한 것이다. 채취한 측근은 두 group으로 구분할 수 있는데, 하나는 1차 목부의 분화가 아직 완성되지 않고 뿌리털이 많이 있는 당년생의 어린뿌리이고(Fig. 1), 다른 하나는 1차 목부의 분화가 상당히 진행되어 뿌리털이 없는 1년생의 뿌리이다(Fig. 2).

Fig. 3는 뿌리털을 많이 가진 당년생 뿌리로 뿌리의 내외에 많은 AMF의 균사가 산재해 있으며, vesicle은 드물게 존재했고, arbuscle은 발견하기 어려웠다. 다른 시료(Fig. 4, Fig.

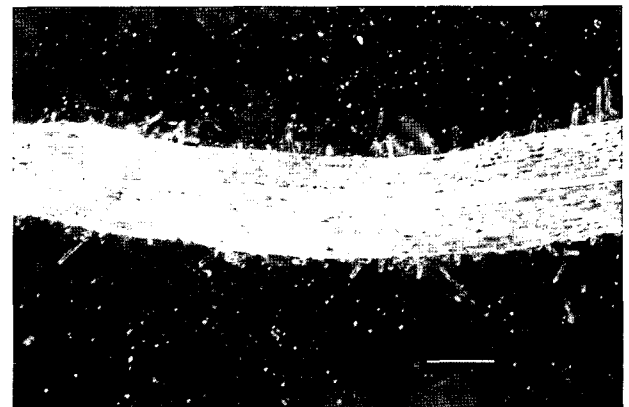


Fig. 1. A current-year young root of wild ginseng with partially differentiated primary xylem, abundant root hairs, but without mycorrhizal infection. (scale bar: 100 μ m)

5)에서도 vesicle은 그 수가 많지 않았으며, 세포내에는 arbuscule 대신 hyphal coil을 확인할 수 있었다.

AMF의 감염형태는 두 가지로 분류되는데, Arum-type은 뿌리의 피층세포(cortical cell)의 외부에는 intercellular hyphae, 내부에는 arbuscule을 형성하며, Paris-type은 피층 세포(cortical cell) 내부에 arbuscule 대신 hyphal coil을 형성

한다.⁷⁾ Panax속을 감염시키는 AMF는 Paris-type으로, vesicle과 포자가 많지 않으며, 세포내에는 arbuscule 대신 hyphal coil을 형성하는 것이 특징이다.¹⁹⁾ Lee 등¹¹⁾의 재배인삼에 대한 AMF 동정에서 arbuscule을 발견한 경우가 있었으나, 본 연구에서는 다른 연구와 마찬가지로 arbuscule 대신 hyphal coil이 발견되었으며 vesicle은 드물게 발견되었다. ^{8, 19)}

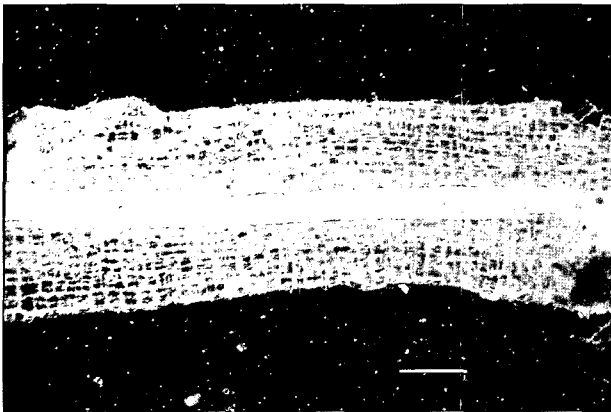


Fig. 2. An one-year-old secondary root of wild ginseng with fully differentiated primary xylem, no root hairs, but still without mycorrhizal infection. (scale bar: 100 μm)

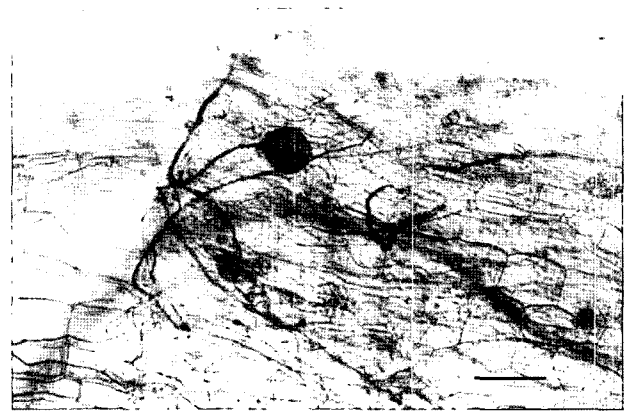


Fig. 4. A vesicle and intercellular hyphae in a young root of wild ginseng infected by AMF. Vesicles were rarely observed in this study. (scale bar: 20 μm)

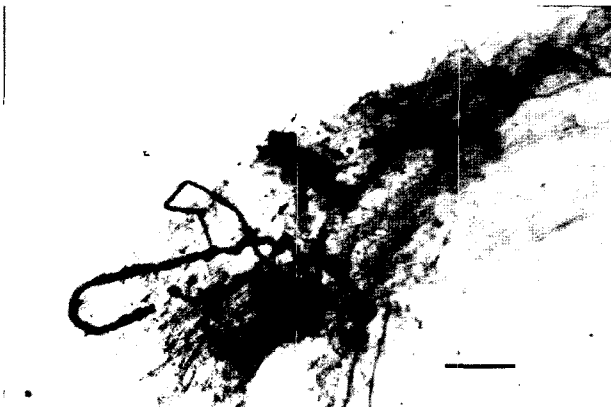


Fig. 3. External(thicker diameter) and internal(thinner diameter) hyphae of AMF in a current-year young root of wild ginseng. (scale bar: 40 μm)

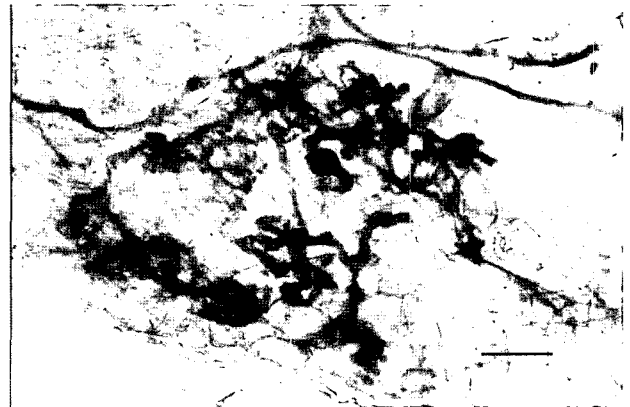


Fig. 5. Vesicles, relatively straight intercellular and coiled intracellular hyphae of AMF in a young root of wild ginseng. (scale bar: 20 μm)

Table 1. AMF infection rate of wild ginsengs collected in Korea with various quality groups.

Quality Group	Total No. of samples (A)	No. of samples infected by AMF (B)	Rate of Mycorrhizal infection (B/A, %)
Wild ginseng	11	6	54.5
Long rhizome	51	31	60.8
Unmarketable	41	23	56.1
Sub total - Indigenous(a)	103	60	58.3
Imported ginseng with rhizome(b)	63	36	57.1
Total(a+b)	166	96	57.8

2. 전반적인 균근감염율

전체 산삼 중 균근에 감염된 산삼은 57.8%였다(Table 1). 국내산과 외국에서 수입된 산삼의 균근 감염비율은 각각 58.3%와 57.1%로 둘 간에 차이가 크지 않았다. 품질등급별로도 장뇌의 균근감염율이 60.8%로 다른 등급에 비해 다소 높았으나 유의성은 없었다.

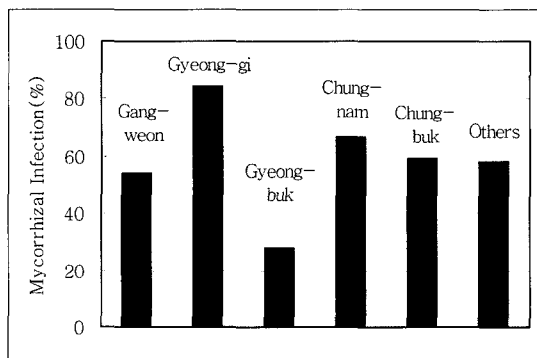
전체 측근의 총길이 중 균근에 감염된 뿌리길이의 비율은 18.7%로 나타났는데, 측근에 따라 그 정도가 다양하여 어떤 측근은 대부분이 감염된 반면 어떤 측근은 전혀 감염되지 않았다.

본 연구에서 관찰된 산삼의 57.8%의 균근감염율은 Lee 등¹¹⁾이 국내에서 보고한 재배인삼의 평균감염율 15%보다 월등하게 높으나, Ren 등¹⁵⁾이 보고한 장백산 지역 인삼의 6월 중 4년근, 5년근, 6년근에 대한 각각의 감염율 43%, 54%, 62%와 비슷한 수준이다. 그리고 국내산 산삼과 수입산삼의 균근감염율이 비슷한 수준임을 감안하면 야생상태에서 인삼의 균근감염율은 대체로 60% 내외인 것으로 추정할 수 있다.

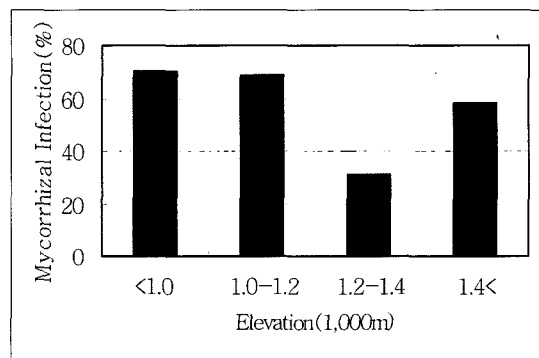
3. 채집장소별, 산삼규격별 균근감염율

산삼의 채집지역별 균근감염율을 비교해 보면(Fig. 6A), 경

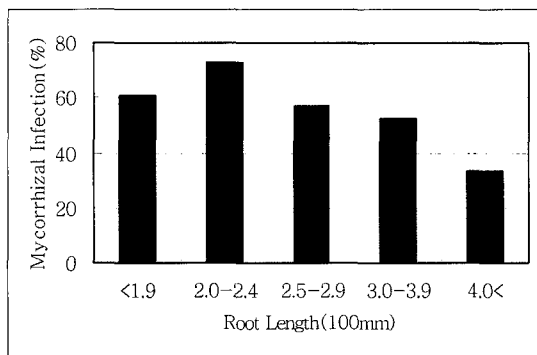
A) By collected province.



B) By elevation of collected mountain.



C) By total length of roots.



D) By estimated age of roots.



E) By length of rhizomes.

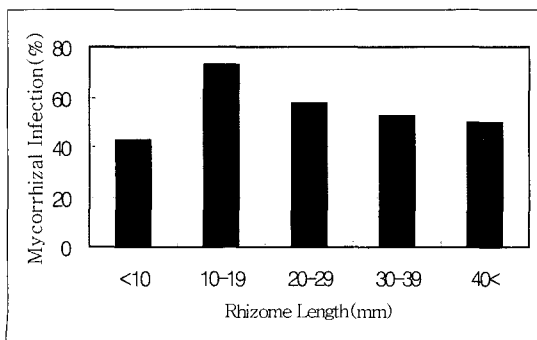


Fig. 6. AMF infection rate of wild ginsengs affected by provinces of origin(A), elevation of mountains(B), total length of roots including fine roots(C), estimated age of the roots(D), and length of rhizomes(E).

기지역이 84.2%로 평균치를 크게 상회하였고, 경북지역은 27.8%로 매우 낮게 나타났다.

Whitebread 등⁸⁾과, Ren 등¹⁵⁾의 연구에 의하면 인삼의 균근 감염율은 계절별로 차이가 많은 것으로 보고 되고 있다. 즉, 장백산 지역 재배인삼 중 6년근의 경우, 6월의 감염율이 62% 이던 것이 9월에는 9%로 하락하였다. 본 연구에 사용된 산삼은 4월 하순에서 6월 하순 사이에 채집된 것으로, 2개월의 채취 시기 차이가 지역별 감염율 차이에 미친 영향은 크지 않을 것으로 판단된다. 그리고 재배인삼의 경우¹¹⁾, 농장의 균근감염율은 6년간 거의 변하지 않았고, 토성도 감염율에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 따라서 이러한 채집지역별 차이는 지역적인 환경차이에 그 원인이 있다고 볼 수 있으므로 이를 규명하기 위해서는 향후 산삼 생육지에 대한 토양 및 주변 환경에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

일반적으로 해발 800 m 이상의 높은 지대에서 오래되고 약효가 좋은 산삼을 채집할 수 있다고 알려져 있어^{2),16)} 산삼이 채집된 산의 높이와 균근감염과의 관계를 살펴보는 것도 의미가 있을 수 있다(Fig. 6B). 해발 고도별 산삼의 균근감염율은 해발 1,400 m 이상에서는 평균 수준인 58.3%, 해발 1,200-1,400 m 사이에서는 31.3%로 평균의 절반 수준인 반면, 해발 1,200 m 미만에서는 70% 정도로 상대적으로 높아서 해발고도에 따른 일정한 경향을 찾을 수 없었다.

이러한 결과를 통해 산삼의 품질과 균근감염 여부는 상관관계가 낮다고 이해할 수 있으나, 산삼이 같은 산에서도 다양한 고도에서 분포하고 있는 점을 감안하면, 산삼이 채집된 산의 높이 보다는 해당 산삼이 채집된 고도에서의 생육환경을 조사하여 비교하는 연구가 필요하다고 생각된다.

산삼에서 약용으로 쓰이는 부분은 뿌리이기 때문에 뿌리의 전체길이를 주요한 품질 평가 기준으로 하고 있다.¹⁾ 산삼의 균근감염율은 총 뿌리길이 24cm까지는 감염율이 72.7%로 증가하다가 이후부터는 감소하여 총 뿌리길이 40cm 이상에서는 33.3%로 크게 낮아지고 있다(Fig. 6C).

Fourmier 등¹⁷⁾에 의하면 미국삼(*Panax quinquefolius* L.)의 경우 균근 접종이 뿌리생장에 크게 영향을 미치지 않았다고 한다. 산삼은 수목이나 낙엽이 부식하여 유기물이 풍부한 곳을 좋아하며, 특히 수목이 부식한 곳으로 잔뿌리를 잘 뺀 것으로 알려져 있어^{1),18)} 균근으로부터 양분흡수에 대한 도움이 없는 상태에서는 토양에 유기물이 풍부한 곳으로 측근을 뺀 양분을 흡수하는 것으로 보인다.

산삼의 추정연령과 균근감염율과의 관계(Fig. 6D)도 총 뿌리길이의 경우와 마찬가지로 역의 관계를 나타내어 나이를 먹을 수록 감염율이 낮아지고 있다. 20년근까지는 64% 정도의 감염율을 보이다가 30년근 이상은 50% 정도로 낮아지고 있다.

산삼의 연령과 관련이 있다는 뇌두의 길이²⁾ 따른 균근감염율에서도 뇌두길이가 짧은(연령이 낮다고 추정할 수 있음) 10-19 mm에서 73.1%로 가장 높은 감염율을 보인 후 점점 낮아져 40 mm 이상에서는 50%로 가장 낮은 것으로 나타났다(Fig. 6E).

산삼은 매우 오래 사는 다년생 초본으로 알려져 있는데, 미국삼은 60년까지 살 수 있으며¹⁹⁾, 한국에서는 2001년 감정한 산삼 중에는 124년 된 것도 있다고 보고 되었다.⁴⁾ 따라서 3~6년생 인삼을 기준으로 조사한 결과^{8),15)}를 산삼에 적용하기는 어렵지만, 이들 연구에 의하면 인삼의 연령과 균근감염 정도는 상관관계가 낮은 것으로 나타나, 산삼의 균근형성도 연령과 관계가 있다고 보기는 어려울 것으로 생각된다.

요 약

국내에서 채집되는 산삼의 내생균근(Arbuscular Mycorrhizal Fungi, AMF) 감염을 조사하기 위해 전국 각지에서 생산되는 산삼으로부터 뿌리시료를 채취하였다. 균근감염은 채취한 뿌리를 세척하고 곰팡이의 균사를 trypan blue로 염색하여 관찰하였다. 본 연구에서 산삼의 품질은 12인의 전문가로 구성된 한국산삼협회의 산삼감정단에 의해 감정되었다. 감정 의뢰된 산삼의 품질은 다섯 가지, 즉, 천종(순수 자연산삼), 지종(야생 산삼의 씨앗을 자연 상태에 파종하여 생산), 인종(약간의 변경이 가해진 자연환경에 야생산삼의 씨앗이나 모종을 심어서 생산), 품질미달(연령이 10년 미만 또는 병, 상처발생 등), 수입 산삼 등 이다.

감염된 균근의 형태는 vesicle이 드물고, 세포 내부에는 arbuscule 대신 hyphal coil이 발견되어 AMF 중에서 Paritype로서 확인되었다.

본 연구대상 산삼의 평균 균근감염율은 58.3%였으며, 다섯 품질 간의 감염율에 큰 차이가 없었다. 가는 뿌리에서 채취한 시료를 관찰해본 결과 총길이의 18.7%가 균근에 감염되어 있었다. 경기지방과 해발 1,200m 이하에서 채집한 산삼의 균근감염율이 각각 84.2%, 70%로 평균보다 높은 반면, 경북지방에서 채집한 산삼의 균근감염율이 27.8%로 낮았다. 연령이 오래된 산삼의 균근감염율이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

인용문헌

1. 한국인삼사편찬위원회: 韓國人蔘史. 동일문화사, 서울 (2002).
2. 김홍대: 한국의 山蔘. 김영사, 파주 경기도 (2005).
3. 주영승: 산삼의 종류 및 진위감정. 우리 蔘 研究 창간호, 6-10 (2001).
4. Park, H., Park, S.M. and Sang, H. : Production and quality of

- mountain ginseng. *Proceedings of the 8th Int. Sym. on Ginseng, Korean Society of Ginseng*, 456-466 (2002).
5. Wang, Z.H., Li, C.H., Zhang, C.G., Wang, X.D. : Study on the wild ginseng and cultivated ginseng in Northeast of China. *Proceedings of International Symposium on Ginseng*. 109-114 (1998).
 6. 박기홍, 강병수: 인삼의 재배방법에 따른 정유성분에 대한 연구. *동국한의학연구소논문집* **2(2)**, 31-56 (1993).
 7. Smith, S.E. and Read, D.J. : *Mycorrhizal Symbiosis*, second edition. Academic Press, San Diego, CA. (1997).
 8. Whitebread, F., McGonigle, T.P. and Peterson, R.L. : Vesicular-arbuscular mycorrhizal associations of American ginseng(*Panax quinquefolius*) in commercial production. *Can. J. Bot.* **74**, 1104-1112 (1996).
 9. McGonigle, T.P., Hovius, J.P. and Peterson, R.L. : Arbuscular mycorrhizae of American ginseng (*Panax quinquefolius* L.) in cultivated field plots: plant age affects the development of a colonization lag phase. *Can. J. Bot.* **77**, 1028-1034 (1999).
 10. Park, H., Lee, M.G., Lee, C.H., Lee, K.J. : Identification of V.A. mycorrhiza in the cultured *Panax ginseng*. *Korean Soc. Soil Sci. Fert.* **23(1)**, 73-76 (1990).
 11. Lee, K.J., Park, H. and Lee, I.S. : Morphology of arbuscular mycorrhizal roots and effects of root age and soil texture on the mycorrhizal infection in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *J. Ginseng Res.* **28(3)**, 149-156 (2004).
 12. Han, K.D., Lee, S.S., Kim, S.H., and Lee, M.W. : Effects of beneficial microorganisms and mycorrhizal fungus colonized rhizoplane on the suppression of root rot pathogen, *Fusarium solani*. *Korean J. Mycology* **24(1)**, 38-48 (1996).
 13. Lee, K.J. and Koo, C.D. : Taxonomic distribution of ecto- and endomycorrhizae among woody species in Korea. *J. Korean For. Soc.* **59**, 37-45 (1983).
 14. McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. and Swan, J.A. : A new method which gives an objective of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* **115**, 495-501 (1990).
 15. Ren, S., Fang, S. and Wang, R. : An ecological distribution of VA Mycorrhizal fungi in ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer) in Changbai Mountains area in the Northeast of China. *Korean J. Ginseng Sci.*, **16(3)**, 241-242 (1992).
 16. Konsler, T.R., Zito, S.W., Shelton, J.E. and Staba, E.J. : Lime and phosphorus effects on American ginseng. II. Root and leaf ginsenoside content and their relationship. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **115(4)**, 575-580 (1990).
 17. Fournier, A.R., Khanizadeh, S., Gauthier, L., Gosselin, A., and Dorais, M. : Effect of Two *Glomus* Species Inoculations on Survival, Photosynthetic Capacity, Growth, Morphology and Root Ginsenoside Content of *Panax quinquefolius* L. *J. Ginseng Res.* **27(4)**, 178-182 (2003).
 18. Woo, S.Y., Lee, D.S. and Min, J.K. : A study on the growth and environments of *Panax ginseng* in the different forest stands. *J. Korean For. Soc.* **91(3)**, 304-312 (2002).
 19. Charron, D. and Gagnon, D. : The demography of northern populations of *Panax quinquefolium*(American ginseng). *J. Ecol.* **79(2)**, 431-445 (1991).