

적변삼으로부터 분리한 내생세균의 동정 및 적변 유발

최재을*† · 육진아* · 김진희* · 최춘환* · 천종식** · 김영준*** · 이향범**

*충남대학교 농업생명과학대학, **서울대학교 생명과학부, ***가톨릭대학교 생명공학부

Identification of Endophytic Bacteria Isolated from Rusty-colored Root of Korean Ginseng (*Panax ginseng*) and Its Induction

Jae Eul Choi*†, Jin Ah Ryuk*, Jin Hee Kim*, Chun Hwan Choi*, Jongsik Chun**, Youngjun Kim***, and Hyang Burm Lee**

*Division of Plant Sci. & Resources, Chungnam Natl. Univ., Daejeon 305-764, Korea.

**School of Biological Sciences, Seoul Natl. Univ., Seoul 151-747, Korea.

***Division of Biotechnology, Catholic Univ. of Korea, Puchon 420-743, Korea.

ABSTRACT : While the rusty-colored root is common in ginsengs culture and, often results in a severe economic loss, the major factors have not been found. This study was focused on the determination of a potential relationship between rusty root and endophytic bacteria. The number of endophytes was $9.6 \times 10^1 \sim 1.5 \times 10^2$ cfu/g fw in normal ginseng roots compared to $3.7 \times 10^6 \sim 5.1 \times 10^7$ cfu/g fw in rusty ones. Of 31 isolates from rusty ginseng roots, twenty-four isolates repeatedly induced severe to moderate rust on root while seven isolates induced slight rust. The bacteria responsible for rusty ginseng roots were mainly Gram negative aerobic. Rust inducing bacteria were identified as *Agrobacterium tumefaciens*, *A. rhizogenes*, *Burkholderia phenazinium*, *Ensifer adhaerens*, *Lysobacter gummosus*, *Microbacterium luteolum*, *M. oxydans*, *Pseudomonas marginalis*, *P. veronii*, *Pseudomonas* sp., *Rhizobium leguminosarum*, *R. tropica*, *Rhodococcus erythropolis*, *Rh. globerulus*, *Variovorax paradoxus* on the basis of bacteriological characters and 16S rDNA sequences analysis. The results in this study strongly suggested that the rusty ginseng roots were produced by infection and growth of endophytic bacteria.

Key words : Korean ginseng, *Panax ginseng*, rusty-colored root, endophytic bacteria

서 언

인삼의 적변은 처음에 황갈색~암적갈색의 작은 반점이 나타나고, 점차 커지면서 부정형의 대형 반점으로 되어 표피 전체가 갈변하기도 한다. 적변이 진전되면 표피가 거칠어지고 두터워지며, 세로로 갈라지고 부패하기도 한다. 적변이 발생하면 인삼의 비대생장이 저하되어 수량이 감소하고 홍삼제조시에는 품질저하의 원인이 된다 (목 등, 1995).

인삼의 적변은 上田 (1909)에 의해 최초로 보고되었다. 上田는 한국과 일본에서 인삼뿌리의 표면에 적갈색 또는 암갈색의 병반이 생기고 점차 확대되면서 물러지고 후에는 내부조직까지 부패시키는 병징을 관찰하고 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (*Erwinia araliavorus*로 기재)에 의한 적부병이라고 명명하였다. 그 후에 Lee (1979)도 적부병은 *E. carotovora* subsp. *carotovora*에 의해 발생한다고 하였다. Ahn *et al.*

(1982)은 토양에 훈증제를 처리하면 적부와 적변이 크게 감소한다고 하였고, Chung *et al.* (1985)은 인삼의 적변은 토양의 환원, 병원균의 침입, 과다염류 등의 불리한 환경변화에 의해 발생하는 이상대사이며, 이러한 변화에 적응하기 위한 비특이적인 저항성 기작이라고 하였다.

적변삼의 발생은 미부속 유기물의 시용이나 토양이 과습할 때 (목과 박, 1981; 목 등, 1982), 염류나 암모니아태 질소 과다 (목 등, 1995), 토양의 물리성 불량 (목 등, 1996), 예정지 관리미비 (목 등, 1996) 등의 조건에서 많이 발생한다고 하였다. 최근에 Yang *et al.* (1997)과 Yun & Yang (2000)에 의하면 적변현상은 갈색의 착화합물을 형성할 수 있는 토양 및 인삼의 성분과 미생물의 작용에 의해 유발된다고 하여 미생물이 적변현상에 관여하고 있음을 시사하였다. Choi *et al.* (2002)은 적변삼으로부터 분리한 세균을 인공 접종하여 적변 현상을 유도하였고, 적변이 유발된 조직은 다량의 세균이 존

†Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5729 (E-mail) chioje@cnu.ac.kr
Received November 9, 2004 / Accepted February 19, 2005

재하고 조직 붕괴현상이 나타난다고 하였다.

이와 같이 불량한 환경에 의해 조장되는 적변은 인삼재배농가에 막대한 피해를 주고 있음에도 불구하고 적변의 직접적인 원인과 방제대책이 개발되지 않아 인삼재배 농가의 영농지도에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 적변발생 원인을 구명하고 방제대책의 기초 자료로 활용하기 위하여 내생세균에 의한 적변유발 및 유발세균을 동정하였다.

재료 및 방법

1. 내생세균의 분리 및 밀도 조사

시험재료는 충남대학교 농업생명과학대학의 부속농장에서 재배한 4년근 인삼과 급산의 수삼공관장에서 4~5년근의 인삼을 구입하여 사용하였다. 70% ethanol과 0.5% 차아염소산나트륨으로 표면 살균한 인삼을 건전부와 적변부의 표피를 각각 잘라내어 잘게 자른 다음 멸균한 tube에 넣고 마쇄하였다. 표피의 채취 및 마쇄 작업은 clean bench에서 실시하였다. 마쇄한 조직은 멸균수를 가하여 10^{-1} ~ 10^{-5} 로 희석한 다음 King's B agar (bacto peptone 20 g, $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ 1.5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1.5 g, agar 15 g, glycerol 15 ml, 증류수 1 l; KBA) 배지가 들어있는 Petri dish에 100 μ l씩을 가하여 표면에 골고루 도말하였다. 27°C의 항온기에서 압 상태로 2-3일간 배양한 후 colony 수를 측정하였다. 색과 크기가 다른 colony를 선별하여 KBA 배지에서 2~3회 희석 배양으로 순수분리한 후 15% glycerol과 혼합하여 -80°C에서 보관하면서 적변삼 유발 및 세균의 특성 시험에 사용하였다.

2. 적변 유발 검정

적변삼으로부터 분리한 균주를 King's B 배지에서 24시간 진탕 배양한 후 멸균수로 10^8 cfu/ml의 농도로 희석하여 접종원으로 사용하였다. 4년근의 건전삼의 표면을 sand paper로 문질러 상처를 내고 접종하였다. 접종한 인삼은 10×20 cm의 원통형 플라스틱 용기에 멸균한 상토를 넣어 인삼을 심고 25°C에서 2주간 둔 다음에 적변발생 유무를 검정하였다. 무처리는 무상처 또는 상처를 낸 다음 멸균수를 접종하여 비교하였다.

3. 세균학적 특성 검정

적변삼으로부터 분리한 세균의 특성검정은 Schaad (1988)의 방법에 의해 실시하였다.

4. 16S rDNA 영역의 염기서열 분석

16S rDNA는 효소적인 방법으로 단일 콜로니로부터 증폭시켰다. 16S rDNA의 PCR 증폭은 Stackebrandt & Liesack (1993)에 의해 기술된 27F 및 1492R primer를 이용하여 실시하였다. PCR 조건과 염기서열 분석은 Chun & Goodfellow (1995)의 방법에 따라 실시하였다. 증폭된 PCR 산물은

QIAquick PCR purification kit (Qiagen)을 사용하여 순화하였다. 순화된 16S rDNA는 ABI Prism BigDye Terminator cycle sequencing ready reaction kit (Applied Biosystems)와 automatic DNA sequencer (Model 377; Applied Biosystems)를 사용하여 염기서열 분석을 실시하였다. 16S rDNA 염기서열은 GenBank의 비교 sequence를 통해 수작업으로 align하였으며, PHYDIT 프로그램 (Chun *et al.*, 2000)을 이용하여 염기서열을 정리하고 계통분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 적변삼의 세균 밀도

인삼의 내생 세균의 밀도를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 건전부위의 세균밀도는 9.6×10^1 ~ 1.5×10^2 cfu/g fw (fresh weight)이었고, 적변 초기증상을 나타내는 부위의 세균밀도는 1.4×10^4 ~ 3.4×10^5 cfu/g fw, 적변이 심한 부위의 세균밀도는 3.7×10^6 ~ 5.1×10^7 cfu/g fw로 적변이 심해짐에 따라 세균밀도가 크게 증가하였다. 이와 같이 적변 부위에서 세균의 밀도가 높아지는 것은 인삼조직에 내생하는 세균이 적변현상과 관련이 있음을 시사하였다.

Table 1. Population of endophytic bacteria between normal and rusty roots of ginseng.

Degree of rusty	Bacterial population (cfu/g fresh wt)
Healthy	9.6×10^1 ~ 1.5×10^2
Mild	1.4×10^4 ~ 3.4×10^5
Severe	3.7×10^6 ~ 5.1×10^7

Table 2. The occurrence of rusty root by artificial inoculation of bacteria isolated from rusty ginseng roots 14 days after inoculation.

Isolate No.	Degree of rusty	Isolate no.	Degree of rusty
Control	-	CG20116	+
CG20101	++	CG20117	+
CG20102	++	CG20119	+++
CG20103	++	CG20120	++
CG20104	++	CG20121	++
CG20105	+++	CG20122	+
CG20106	++	CG20123	+++
CG20107	++	CG20124	+++
CG20108	+++	CG20125	++
CG20109	++	CG20126	+++
CG20110	++	CG20127	+
CG20111	+	CG20128	++
CG20112	+	CG20129	++
CG20113	+++	CG20130	+
CG20114	++	CG20131	++
CG20115	++	CG20132	++

+: Slightly rusty, ++: Mildly rusty, +++: Severely rusty.

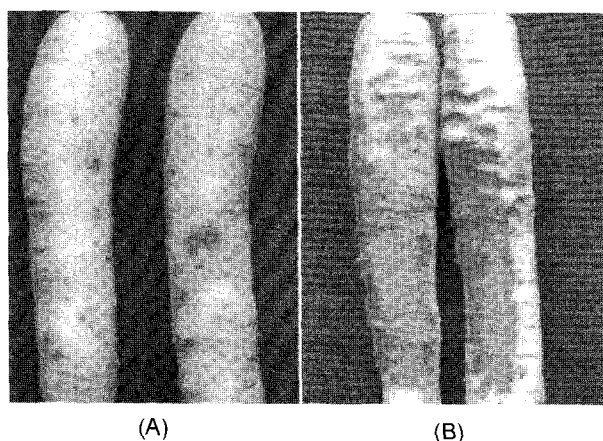


Fig. 1. Rusty symptoms of ginseng root induced by artificial inoculation of bacteria isolated from rusty ginseng roots 14 days after inoculation. A : control (sterilized water treatment), B : inoculated (isolate no. CG 20105).

2. 적변 유발

적변삼으로부터 분리한 세균에 의한 적변 유발 정도는 Table 2와 같다. CG20111, CG20112, CG20116, CG20117, CG20122, CG20127, CG20130 균주는 적변유발이 약하였고, CG20101, CG20102, CG20103, CG20104, CG20106, CG20107, CG20109, CG20110, CG20114, CG20115, CG20120, CG20121, CG201125, CG20128, CG20129, CG20131, CG20132 균주는 적변유발이 중간정도였으며, CG20105, CG20108, CG20113, CG20119, CG20123, CG20124, CG20126 균주는 적변을 심하게 유발하여 균주간에 적변 유발 정도가 다양하게 나타났다. 내생균주의 인공접종에 의한 적변유도 병반은 자연발생한 적변증상과 유사하였다 (Fig. 1).

내생세균에 의해 나타나는 인삼 표면의 색은 균주에 따라 차이가 있었으며 부패를 동반하거나 세로로 갈라지는 현상도 나타났다. 그러나 상처를 내지 않고 세균을 집중한 인삼에서

Table 3. Characteristics of bacteria isolated from rusty ginseng roots.

Isoalate no.	Gram stain	Fluorescent pigment	Grows anaerobically	Soft rot		Endospore forming
				Potato	Ginseng	
CG20101	-	-	-	-	+	-
CG20102	-	-	-	-	+	-
CG20103	-	-	-	++	+	-
CG20104	-	+	-	+++	++	-
CG20105	-	-	-	+++	++	-
CG20106	-	+	-	+++	+++	-
CG20107	-	-	-	+++	++	-
CG20108	+	-	-	+++	++	-
CG20109	-	+	-	+++	+++	-
CG20110	-	+	-	+++	++	-
CG20111	-	-	-	++	++	-
CG20112	-	-	-	++	+	-
CG20113	-	-	+	+	++	-
CG20114	+	-	-	+++	++	-
CG20115	+	-	+	++	++	-
CG20116	-	-	+	++	++	-
CG20117	-	-	+	++	+	-
CG20119	-	-	-	++	++	-
CG20120	+	-	+	++	++	-
CG20121	-	-	-	-	-	-
CG20122	-	-	-	++	-	-
CG20123	-	-	-	+	-	-
CG20124	-	-	-	-	-	-
CG20125	-	+	-	-	-	-
CG20126	-	-	-	++	-	-
CG20127	+	-	-	-	-	-
CG20128	+	-	-	-	-	-
CG20129	-	-	-	-	-	-
CG20130	-	-	-	++	+	-
CG20131	-	-	-	+	-	-
CG20132	-	-	-	-	-	-

-: Negative reaction, +: Positive reaction.

는 적변현상이 나타나지 않았고 상처부위에 멸균수를 접종한 인삼은 적변이 유도되지 않았다. 그러나 상처를 내고 멸균수를 접종한 다음에 토양에 묻은 경우에는 약간의 적변이 발생하였다. 이러한 결과는 인삼의 표피에 상처가 생기고 이곳을 통하여 토양중의 세균이 감염하여 증식될 때 적변이 발생하는 것으로 생각된다. Lee (2002)에 의하면 인삼 캘러스도 인삼조직으로부터 분리한 세균과 반응하여 담황색, 농갈색, 적색의 물질을 분비한다고 하였다.

인삼 재배 중에 발생하는 상처는 묘삼의 채취작업, 식재과정은 물론 지상부가 바람에 흔들리거나 선충과 해충의 피해, 곰팡이류에 의한 침입 등으로 발생한다. 적변이 많이 발생하는 환경으로 보고된 토양의 물리·화학성의 불량, 기계적 손상, 미숙 유기물의 사용 등은 인삼뿌리의 표피를 저해시키는 원인이 되므로 이러한 조치를 통하여 세균이 침입 및 증식이 조장될 것이다.

그러나 근권 미생물인 *Bacillus* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Erwinia* sp., *Kurthia* sp., *Pseudomonas* sp. 등 (Chung, 1974; 오 등, 1979; Yang et al., 1997)은 적변현상의 상승 및 가속화에 관여하나 적변을 일으키는 유일한 원인 균이 아니라고 하여 본 연구결과와 약간의 차이가 있었다. 이러한 결과는 미생물의 종류에 따른 차이인지, 접종방법에 의한 차이인지에 대하여는 앞으로 검토를 요한다.

3. 적변삼 유발균의 세균학적 특성

인삼으로부터 분리한 내생세균 중에서 적변을 유발하는 세균의 주요 특성은 Table 3과 같다. 31개 균주 중 Gram 음성균이 25균주, Gram 양성균이 6균주로 Gram 음성균의 비율이 높게 나타났다. 적변 유발균은 혐기적으로 증식하는 세균이 5균주, 호기적으로 증식하는 세균이 26균주로 호기적으로 증식

하는 세균의 비율이 높았다. 형광색소를 생산하는 세균도 5균주가 분리되었다. 그러나 내생포자를 형성하는 균은 분리되지 않았다.

적변을 유발하는 세균중에는 감자를 부패시키는 세균이 22균주, 인삼을 부패시키는 세균이 20균주로 나타났다. 이러한 결과는 적변삼의 유발은 인삼 및 감자의 부패와 관련이 없었다. 그러나 자연 발생한 인삼의 적변삼에는 부패 또는 세로로 갈라진 인삼도 많아 부패성 세균에 의한 적변 피해가 클 것으로 예상된다.

4. 16S rDNA 영역의 염기서열 분석 및 세균 동정

적변을 유발하는 세균의 16S rDNA 염기서열 분석하여 동정한 결과는 Table 4와 같다. CG20101, CG20102, CG20126, CG20129 균주는 *Agrobacterium tumefaciens*, CG20103 균주는 *Variovorax paradoxus*, CG20104, CG20105, CG20107, CG20109 균주는 *Pseudomonas marginalis*, CG20106 균주는 *Pseudomonas* sp., CG20108 균주는 *Microbacterium oxydans*, CG20110 균주는 *Rhizobium tropica*, CG20111, CG20112 균주는 *Burkholderia phenazinium*, CG20113, CG20116, CG20117 균주는 *Lysobacter gummosus*, CG20114 균주는 *Rh. erythropolis*, CG20115 균주는 *Rh. globerulus*, CG20119 균주는 *Rh. leguminosarum*, CG20120, CG20128 균주는 *M. luteolum*, CG20121, CG20122, CG20123, CG20124, CG20125, CG20130 균주는 *P. veronii*, CG20131 균주는 *Ensifer adhaerens*, CG20132 균주는 *A. rhizogenes*로 각각 동정되었고, CG201127 균주는 동정이 곤란하였다.

적변을 일으키는 세균중에는 식물병원 세균인 *A. tumefaciens*, *A. rhizogenes*, *P. marginalis*와 식물병원 세균으로 보고되지 않은 *B. phenazinium*, *En. adhaerens*, *L. gummosus*, *M.*

Table 4. Bacterial species identified on the basis of 16S rDNA sequence analysis data.

Isolate no.	Identified bacteria	Isolate no.	Identified bacteria
CG20101	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	CG20117	<i>Lysobacter gummosus</i>
CG20102	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	CG20119	<i>Rhizobium leguminosarum</i>
CG20103	<i>Variovorax paradoxus</i>	CG20120	<i>Microbacterium luteolum</i>
CG20104	<i>Pseudomonas marginalis</i>	CG20121	<i>Pseudomonas veronii</i>
CG20105	<i>Pseudomonas marginalis</i>	CG20122	<i>Pseudomonas veronii</i>
CG20106	<i>Pseudomonas</i> sp.	CG20123	<i>Pseudomonas veronii</i>
CG20107	<i>Pseudomonas marginalis</i>	CG20124	<i>Pseudomonas veronii</i>
CG20108	<i>Microbacterium oxydans</i>	CG20125	<i>Pseudomonas veronii</i>
CG20109	<i>Pseudomonas marginalis</i>	CG20126	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
CG20110	<i>Rhizobium tropica</i>	CG20127	-
CG20111	<i>Burkholderia phenazinium</i>	CG20128	<i>Microbacterium luteolum</i>
CG20112	<i>Burkholderia phenazinium</i>	CG20129	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
CG20113	<i>Lysobacter gummosus</i>	CG20130	<i>Pseudomonas veronii</i>
CG20114	<i>Rhodococcus erythropolis</i>	CG20131	<i>Ensifer adhaerens</i>
CG20115	<i>Rhodococcus globerulus</i>	CG20132	<i>Agrobacterium rhizogenes</i>
CG20116	<i>Lysobacter gummosus</i>		

oxydans, *M. luteolum*, *P. veronii*, *Rh. erythropolis*, *Rh. globerulus*, *Rh. leguminosarum*, *Rh. tropica*, *V. paradoxus* 로 구분되었다. 이와 같이 적변의 유발은 병원성 유무와 관련이 없었다. 또한 적변의 정도는 인삼의 부패를 일으키지 않는 균주에서 심한 경우가 있어 인삼의 부패도와 적변의 유발 정도와는 일치하지 않았다. 따라서 적변은 인삼 부패균과 부패하지 않는 세균들이 모두 관여하는 것으로 생각된다.

인삼의 적변은 근부병이 발생한 부위, 곤충의 상흔 등에서도 심하게 나타나며, 적변이 발생하면 시간이 지남에 따라 점점 확대되는 것은 생리적인 원인보다는 세균이 침입·증식하여 조직 파괴 부위가 점점 확대되기 때문이다. 이상과 같이 적변삼의 형태·해부학적 특징을 고려할 때 적변은 생물적, 무생물적인 요인에 의한 표피세포의 손상이 일어나고, 이곳을 통하여 근근 미생물이 감염하여 표피에 적변물질이 침적된 것으로 추정된다. 앞으로 감염세균에 의한 적색물질의 형성과정과 착색에 관한 기구가 밝혀진다면 적변의 원인을 보다 정확하게 구명할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

적변삼은 인삼에서 흔히 볼 수 있으며, 농가에 커다란 경제적 손실을 주지만, 아직까지 주원인에 대해서는 밝혀지지 않았다. 본 연구는 적변삼의 발생원인을 밝히기 위하여 적변삼과 내생 세균과의 연관성을 검토하였다. 인삼의 내생 세균 밀도는 정상 인삼의 경우 $0.96\sim 1.5 \times 10^2$ cfu/g fw에 불과하였으나 적변이 심한 경우는 $0.37\sim 5.1 \times 10^7$ cfu/g fw로 정상 인삼에 비하여 밀도가 매우 높았다. 적변삼에서 분리한 31개 균주는 적변 정도의 차이는 있지만 적변을 유발하였다. 적변과 관련이 있는 세균은 대부분이 그람 음성균이었다. 적변을 유발하는 세균을 세균학적 특성과 16S rDNA의 염기서열 분석에 의해 동정한 결과 *Agrobacterium tumefaciens*, *A. rhizogenes*, *Burkholderia phenazinium*, *Ensifer adhaerens*, *Lysobacter gummosus*, *Microbacterium luteolum*, *M. oxydans*, *Pseudomonas marginalis*, *P. veronii*, *Pseudomonas* sp., *Rhizobium leguminosarum*, *R. tropica*, *Rhodococcus erythropolis*, *Rh. globerulus*, *Variovorax paradoxus*의 세균으로 동정되었다. 따라서 인삼적변의 발생은 내생세균의 침입 및 증식에 기인한 것으로 추정된다.

감사의 글

이 논문은 농림부 농업기술개발연구과제 (203036-3)의 연구 개발비에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

LITERATURE CITED

- Ahn YJ, Kim HJ, Ohh SH, Choi SY (1982) Effect of soil fumigation on growth, root rot, and red discoloration of *Panax ginseng* in replanted soils. Korean J. Ginseng Sci. 6:6-55.
- Choi JE, Lee JS, Yoon SM, Cha SK (2002) Comparison of inorganic elements and epidermis structures in healthy and rusty ginseng. Korean J. Crop Sci. 47:161-166.
- Chun J, Bae KS, Moon EY, Jung SO, Lee HK, Kim SJ (2000). *Nocardiopsis kunsanensis* sp. nov., a moderately halophilic actinomycete isolated from a saltern. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 50: 1909-1913.
- Chun J, Goodfellow M (1995) A phylogenetic analysis of the genus *Nocardia* with 16S rRNA gene sequences. Int. J. Syst. Bacteriol. 45:240-245.
- Chung HS (1974) The status of past and present research and problems of ginseng diseases, Symposium of Korean Ginseng. Kor. Society of Pharmacognosy. p. 55-67.
- Chung YR, Oh SH, Lee IH, Park CS (1985) Studies on the biological and chemical properties of rusty ginseng root and its casual mechanism. Korean J. Ginseng Sci. 9:24-35.
- Lee MW (1979) Studies on the etiology of red rot of ginseng. Korean J. Microbiol. 17:176-186.
- Lee SM (2002) Antifungal effects of the brown substances produced by interaction between ginseng callus and endophytic bacteria. Chungnam National University MS Thesis. p. 47.
- Schaad NW (1988) Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. Bacteriol. Commit. Amer. Phytopath. Soc. St. Paul, MN, USA. p. 164.
- Stackebrandt E, Liesack W (1993) Nucleic acids and classification. In Handbook of New Bacterial Systematics, pp. 152-189. Edited by M. Goodfellow & A.G. O'Donnell. London: Academic Press.
- Yang DC, Kim YH, Yun KY, Lee SS, Kwon JN, Kang HM (1997) Red-colored phenomena of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) root and soil environment. Korean J. Ginseng Sci. 21:91-97.
- Yun KY, Yang DC (2000) Red-colored phenomena and morphochemical characteristics of red-colored substances in ginseng roots (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean J. Ginseng Sci. 24: 107-112.
- 목성균, 반유선, 천성기, 이태수 (1996) 인삼의 생리장애에 관한 연구. 인삼연구보고서 (재배분야):84-157.
- 목성균, 반유선, 천성기, 이태수, 이성식, 이장은, 박동욱, 전정복, 이정기, 박상오 (1995) 인삼의 생산비 절감 재배 기술 연구. 인삼연구보고서 (재배분야):3-113.
- 목성균, 김명수, 이종화 (1982) 생리장애에 관한 연구. 인삼연구 보고서(재배분야):159-186.
- 목성균, 박귀희 (1981) 생리장애에 관한 연구. 인삼연구보고서 (재배분야):263-269.
- 오승환, 박창석, 김영인 (1979) 인삼의 적변원인 연구. 인삼연구 보고서:3-15.
- 오승환, 박창석, 김영인 (1979) 인삼의 적변원인 연구. 인삼연구 보고서:3-15.
- 上田榮次郎 (1909) 本邦及韓國における人蔘赤腐病の研究成績. 農試報 35:61-104.