

## 4년생 인삼계통의 적변내성 및 화학성분 특성

이성식<sup>#</sup> · 이명구 · 최광태

한국인삼연구소  
(1999년 2월 19일 접수)

### Rusty-Root Tolerance and Chemical Components in 4-year old Ginseng Superior Lines

Sung-Sik Lee<sup>#</sup>, Myong-Gu Lee and Kwang-Tae Choi

Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea

(Received February 19, 1999)

**Abstract :** Experiments were carried out to examine the rusty tolerance in 61 inbred lines of ginseng cultivated in field, and chemical components were analyzed to clarify the difference between healthy and rusty ginseng roots. Among them, 10 lines showed rusty tolerance (RT) while 10 lines showed rusty sensitivity (RS). The content of phenolic compound in RT was lower than that in RS in cortex, epidermis and branch & fine roots, but it was not difference between RT and RS in stele. The contents of K, Ca, Na in RT were lower than RS in cortex, and the content of Mg, Fe, Na, Mn, Al, Si in RT were lower than RS in epidermis, and the content of Fe in RT were lower than RS in branch & fine roots, but mineral contents were not difference between RT and RS in stele. The content of phenolic compound in healthy cortex was lower than that in rusty cortex in same 6-year roots, but the mineral contents were not difference between healthy and rusty cortex in same 6-year roots. In root of seedlings, the contents of phenolic compound, K and Na in RT were lower than RS. It was suggested that the contents of phenolic compound, K and Na might be marker to select rusty tolerance ginseng lines.

**Key words :** Rusty tolerance (RT), rusty sensitivity (RS), phenolic compound, mineral contents.

## 서 론

근래 우리나라에서 생산되는 수삼은 여러 가지 생리장애의 발생율이 높으며 그 중에서도 적변삼의 발생율이 약 50% 이상으로 심각한 문제점으로 대두되고 있다.<sup>1-3)</sup> 이와 같은 적변삼은 수삼가격이 건진삼의 약 50%이하로 현저히 낮을 뿐만 아니라, 홍삼을 제조하였을 때 홍삼본래의 붉은색 광택이 나지않고 표피가 흑갈색으로 되고, 잔주름이 생기며 거칠어져 홍삼의 상품 가치가 현저히 떨어진다.<sup>1)</sup>

적변현상은 인삼의 동체, 지근 및 세근 등 뿌리전체에 걸쳐서 나타나며, 증상은 표피에 황갈색 또는 적갈색의

대소 반점이 원형 또는 불규칙적인 모양으로 나타나며 점차 확대되는 증상을 말한다.<sup>1)</sup>

적변은 발생정도에 따라 다소 차이는 있으나, 대개 2~3년생의 저년근에서는 외관상으로 표피가 정상인삼과 같이 매끈하면서 붉은 반점을 나타내며 적변의 정도도 다소 약한 편이다. 반면에 4년생 이상의 고년근에서는 정도가 경미한 경우에는 저년근시의 증상과 유사하지만 심할 경우에는 외관상 적변표피가 두껍고 거칠며 더욱 심한 경우에는 표피가 균열되거나 이층을 형성하여 쉽게 벗겨지기도 하여서 적변의 정도가 일반적으로 심하게 나타난다.

적변삼이 발생하는 원인은 식물 병원균의 감염에 의해서 발생하는 것은 아닌 것으로 보이며,<sup>4)</sup> 토양이 과습하거나,<sup>3)</sup> 배수가 불량한곳,<sup>5)</sup> 미부숙 유기질 거름을 시용 하였을 때,<sup>6)</sup> 토양의 물리성이 나쁠 때<sup>3)</sup> 예정지관리

<sup>#</sup> 본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로  
(전화) 042-866-5564; (팩스) 042-861-1949

미비<sup>3)</sup> 등의 포장조건에서 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 이와같은 인삼재배 토양환경의 악화 즉 토양 물리성 및 화학성이 악화되거나, 토양내 유해가스 발생 등으로 인삼의 뿌리호흡이 저해될때<sup>3)</sup> 식물체가 자기방어적인 작용으로 근표피에 적변물질을 축적하여 적변삼이 발생되는 것으로 추정되고 있다. 적변삼 관련 물질에 관해서는 정 등<sup>7)</sup>은 인삼근 적변표피에 phenolic compound 함량과 Fe의 함량이 높다고 하였고, 이 등<sup>8)</sup>은 뿌리의 중심주, 피층 및 지세근에 Fe와 Na가 높다고 주장하였고, 이<sup>9)</sup>는 적변표피 중에는 phenol성 물질 함량이 높다고 하였다.

적변삼 발생 감소를 위해 인삼재배 및 토양환경 개선을 추진중이나 우리나라 현재 인삼재배 여건상 농가 노동력의 고령화 및 구득에 어려움이 증가되고, 토양의 물리화학적 개량을 위해 필요한 청초의 구입이 어려워, 단기간내 토양환경을 개선하여 적변삼 발생을 감소시키기에 어려운 실정이다. 따라서 다소 열악한 재배 및 토양환경 조건에서도 적변삼 발생을 낮출 수 있는 인삼 품종을 개발하여 적변삼 발생을 감소시킬 필요성이 증대되었다.

한국인삼연초연구원에서는 적변내성 인삼품종 개발을 위해 보유 인삼계통의 적변 내성계통 선발 시험을 수행중이나, 적변내성 인삼품종 개발을 위해서는 많은 비용과 장기간이 소요된다.

본 시험에서는 적변내성 인삼품종을 조기에 개발하기 위하여 적변내성계통 선발과 관련성분을 분석하고, 조기선발을 위해 적변관련 물질로 추정되는 물질들을 분석하여 조기검정의 지표성분으로서 활용가능성을 검토하기 위하여 수행하였다.

## 실험방법

적변에 대한 인삼계통의 내성 정도를 조사하기 위하여 고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer) 81878 등 61 계통을 1994년 3월 15일에 한국인삼연초연구원 음성시험장에 3 반복으로 이식하였다.

적변유발을 위해 2년생(1994년), 3년생(1995년), 4년생(1996년) 때에 매년 4~8월 사이에 칸당 10ℓ씩 4회 관수 하여 과습처리 하였고, 적변 유발이 잘되는 유기산으로 알려진<sup>10)</sup> propionic acid 용액 30 ppm을 3년생 때인 1995년 8월 8일 칸당 10ℓ를 1회 처리하였다.

채굴은 4년생 때인 1996년 8월 29일에 실시하였으며, 적변은 다음과 같이 적변지수를 등급(표피의 적변 면적이 0=건전, 1=1~10%, 2=11~24%, 3=25% 이상)으로 구분하여 개체별로 조사하여 산술평균 하였다.

Phenolic compound 함량측정은 Nakabayashi 방법<sup>11)</sup>으로 측정하였으며, 무기성분은 건식법으로 전기로에서 회화시킨 후 원심 분리하여 membrane filter로 여과 후 ICP(Inductively Coupled Plasma, ICPS-1000III, Shimadzu Co, Japan)로 측정하였다.<sup>12)</sup>

분석에 사용한 시료는 4년생 에서 공시 61계통 중 적변지수가 높은 10계통을 적변내성 계통으로, 적변지수가 낮은 10계통을 적변감수성 계통으로 구분 하여 사용하였고, 동일한 인삼뿌리 내에서 건전 및 적변부위 간 성분 분석을 위한 시료는 자경종 6년근의 피층 부위를 사용하였다. 묘삼상태에서 조기 적변 검정을 위해 묘삼 시료는 적변내성 10계통과 적변감수성 10계통으로 각각 구분하여 각 계통군에서 건전한 묘삼을 선별하여 사용하였으며 분석 시료는 너두를 제거한 후 사용하였다.

## 결 과

공시한 인삼 61계통중 뿌리의 적변지수가 81878 등 10계통은 0.3~0.8로 자경종 등 10계통 2.5~2.9 보다 현저히 낮아서, 81878등 10계통은 적변내성 계통으로 자경종등 10계통은 적변감수성 계통으로 구분이 되었다 (Table 1).

적변지수가 낮은 적변내성 계통군과 적변지수가 높은 적변감수성 계통군간의 뿌리 부위별 phenolic compound 함량을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

적변지수가 낮은 계통군은 높은 계통군에 비해 피층, 표피 및 지세근 부위에서 phenolic compound 함량이 현저히 낮았으며, 중심주에서는 차이가 없었다. 부위별 phenolic compound 함량은 표피>지세근>피층>중심주 순으로 표피에서 가장 높았다.

적변지수가 낮은 계통군과 높은 계통군 간의 무기성분 함량을 부위별로 분석한 결과는 Table 3 및 Table 4와 같다.

적변지수가 낮은 계통군은 높은 계통군에 비해 피층에서는 K, Ca가, 표피부위에서는 Mg의 함량이 현저히 낮았으나, 중심주와 지세근 부위에서는 차이가 없었다 (Table 3).

**Table 1.** The difference of rusty-root degree between ginseng lines in 4-year old plants

Lines	Degree <sup>2</sup> of rusty-root
	(Low degree class)
81878	0.3***
83795	0.3***
Kimpohwangasuk	0.4***
78149	0.5***
78304	0.5***
7318-2-1	0.6***
80205	0.6***
78142	0.7***
KG101	0.7***
78222	0.8***
	(High degree class)
79306	2.5
KG102	2.5
Illbonjakyungjong	2.5
78016	2.6
82014	2.6
86017	2.6
Chungkyungjong	2.7
82031	2.8
Jakyungjong	2.8
82068	2.9

<sup>2</sup>; Degree of rusty root, 0; healthy, 1; 1~10%, 2; 11~24%, 3; above 25%

\*\*\*; Significant at 0.1% levels.

**Table 2.** Comparison of phenolic compound between low and high degree of rusty-root class in 4-year old ginseng roots (unit : % d.w.)

Degree of rusty-root	Stele	Cortex	Epidermis	Branch & fine root
Low degree class	0.114	0.118	0.189	0.154
High degree class	0.128	0.148	0.294	0.185
t-value	n.s.	n.s.	***	***

\*\*,\*\*\*; Significant at 1% and 0.1% levels, respectively. n.s.; Not significant at 5% level.

적변지수가 낮은 계통군은 높은 계통군에 비해 표피 부위에서 Fe, Na, Mn, Al, 및 Si의 함량이 현저히 낮았으며, 피층부위에서는 Na가, 지세근 부위에서는 Fe의 함량이 낮았다(Table 4).

인삼적변지수가 낮은 계통군은 높은 계통군에 비해 표피 및 피층부위에 phenolic compound, K, Ca, Mg, Fe, Na, Mn, Al 및 Si의 함량이 낮아서 이들 성분이 인삼적변 관련물질로 생각되었다.

부위별 무기성분 함량은 P 와 Na는 중심주>지세근>피층>표피 순으로 중심주 부위에 함량이 가장 높았으나, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Si, Zn 및 Cu는 표피>지세근>피층>중심주 순으로 표피부위에서 함량이 가장

**Table 3.** Comparison of macro elements between low and high degree of rusty-root(DRR)<sup>2</sup> class in 4-year old ginseng roots (unit : % d.w.)

Parts of root	Degree of rusty root	P	K	Ca	Mg
Stele	Low DRR class	0.55	1.33	0.24	0.12
	High DRR class	0.50	1.41	0.27	0.10
	t-value	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cortex	Low DRR class	0.36	1.37	0.20	0.09
	High DRR class	0.36	1.75	0.26	0.10
	t-value	n.s.	*	***	n.s.
Epidermis	Low DRR class	0.30	3.11	0.55	0.19
	High DRR class	0.31	3.20	0.50	0.25
	t-value	n.s.	n.s.	n.s.	***
Brach & Fine Root	Low DRR <sup>2</sup> class	0.47	1.97	0.21	0.14
	High DRR class	0.38	2.19	0.23	0.14
	t-value	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>2</sup>; Degree of rusty root (DRR) 0; healthy, 1; 1~10%, 2; 11~24%, 3; above 25%

\*,\*\*\*; Significant at 5%, and 0.1% levels, respectively.

n.s.; Not significant at 5% level.

높았다.

동일한 뿌리의 피층부위를 건전부위와 적변부위로 구분하여 phenolic compound 및 무기성분 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

Phenolic compound 함량은 건전피층이 적변피층에 비해 낮았으나 무기성분 함량은 통계적인 유의차가 없었다.

묘삼상태에서 적변내성 계통과 감수성 계통간의 적변 관련 물질의 차이를 검토하기 위해, 건전한 묘삼을 사용하여 적변지수가 낮은 적변내성 계통군과 적변지수가 높은 적변감수성 계통군간의 phenolic compound 및 무기성분 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다.

적변지수가 낮은계통군은 높은계통군에 비하여 phenolic compound, K 및 Na의 함량이 낮아서, 인삼의 적변 내성계통 조기선발 지표성분으로 phenolic compound, K 및 Na의 가능성이 제시 되었다.

## 고 찰

적변삼은 인삼포의 토양이 과습 하거나,<sup>3)</sup> 배수가 불량한곳,<sup>5)</sup> 미부숙 유기질 거름을 사용하였을 때<sup>6)</sup>나 비료 사용량이 과다시<sup>3)</sup>와 토양경도가 높은 포지<sup>3)</sup>에서 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 과습이나 배수가 불량한 조건에서는 토양이 환원조건이 되어 산소가 부족하게 되고, 미부숙 유기질 거름의 사용시는 유기산이 발생되

**Table 4.** Comparison of micro elements between low and high degree of rusty-root (DRR)<sup>2</sup> class in 4-year old ginseng roots (unit : ppm d.w.)

Parts of Root	Degree of rusty-root	Fe	Na	Mn	Al	Si	Zn	Cu
Stele	Low class	53	334	0	97	36	17	14
	High class	81	300	0	91	130	19	13
	t-value	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cortex	Low class	68	209	2	114	93	16	13
	High class	94	279	2	129	165	25	13
	t-value	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Epidermis	Low class	933	193	10	1452	1524	30	26
	High class	2102	314	133	3220	2893	64	28
	t-value	***	**	**	***	*	n.s.	n.s.
Branch & Fine Root	Low class	442	358	0	640	542	22	18
	High class	608	388	0	826	652	49	16
	t-value	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>2</sup>; Degree of rusty root(DRR), 0; healthy, 1; 1~10%, 2; 11~24%, 3; above 25%

\*, \*\*, \*\*\*; Significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

n.s.; Not significant at 5% level.

**Table 5.** Comparison of phenolic compound and mineral nutrients between healthy and rusty cortex in same 6-year old ginseng roots

Parts of Root	Phenolic compound (% d.w.)	K Ca Mg (%)			Fe Na Mn (ppm)		
		Healthy Cortex	0.134	1.17	0.24	0.21	142
Rusty Cortex	0.146	1.07	0.23	0.21	155	766	21
t-value	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

\*; Significant at 5% levels.

n.s.; Not significant at 5% level.

**Table 6.** Comparison of phenolic compound and mineral nutrients between low and high degree of rusty root(DRR) class in healthy ginseng seedlings

Class	Phenolic compound (% d.w.)	K Ca Mg (%)			Fe Na Mn (ppm)		
		Low DRR <sup>2</sup>	0.154	2.30	0.15	0.16	150
High DRR	0.172	2.46	0.16	0.17	150	1,033	19
t-value	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.

<sup>2</sup>; Degree of rusty root(DRR) 0; healthy, 1; 1~10%, 2; 11~24%, 3; above 25%

\*, \*\*, \*\*\*; Significant at 5% and 1% levels, respectively.

n.s.; Not significant at 5% level.

고, 과다한 비료의 시용은 삼투압이 증가되고, 토양경도가 높을때는 공극율이 낮아 토양내 산소 함량이 낮아지는데, 이와 같은 모든 조건은 인삼이 호기성 작물로 뿌

리의 호흡이 대단히 중요한데<sup>3)</sup> 인삼뿌리의 호흡이 억제되어 인삼 식물체가 자기 방어적인 작용으로 근표피에 적변물질이 축적되어 적변삼이 발생하는 것으로 추정하고 있다.

그러나 적변삼은 이러한 환경 stress 조건뿐만 아니라, 인삼의 계통에 따라서도 발생에 차이가 있는데, 포장에 과습 및 propionic acid를 처리한 환경 stress 조건하에서 인삼 61계통을 공시하여 적변삼 발생을 조사한 결과 (Table 1), 81878 등 10계통은 적변지수가 0.3~0.8로 자경종 등 10계

2.5~2.9 보다 현저히 낮아서, 인삼계통에 따라서 적변삼 발생율이 다른 것을 알 수 있었고, 이러한 적변내성 계통을 육성하여 품종으로 만든다면 적변내성 인삼품종 개발 가능성이 제시되었다.

그러나 인삼육종은 많은 시간과 비용이 소요되는데 이러한 시간과 비용을 절감할 수 있는 방법으로 적변지수가 높은 계통과 낮은 계통을 조기에 검진 할 수 있는 적변관련 지표성분(marker)이 있다면, 이를 조기선발 지표로 활용하여 인삼육종의 시간과 비용을 절감 할 수 있을 것이다.

이와같은 marker 성분으로는 적변관련 물질로 알려진 것 중 phenolic compound 및 무기성분을 우선 선정하여, 적변지수가 낮은 적변내성 계통군과 적변지수가 높은 감수성 계통군간을 구분해서 성분을 비교한 결과(Table 2, 3, 4) 차이를 나타내었다.

Phenolic compound 함량은 중심주에서는 차이가 없었

지만 피층, 표피 및 지세근 부위에서 적변지수가 낮은 계통군은 높은 계통군에 비해 phenolic compound 함량이 현저히 낮아서 marker 성분으로 가능성이 제시되었다 (Table 2). 이것은 여러 연구자들이 적변삼은 건전삼보다 표피에 phenolic compound 함량이 높다는 결과<sup>6,7,9)</sup> 와도 일치하였다.

무기성분함량도 뿌리의 부위별로 적변지수가 낮은 계통군과 높은 계통군 간에 차이를 나타 내었다(Table 3, 4). 무기성분 함량이 중심주에서는 차이가 없었으나 피층에서 적변지수가 낮은 계통군은 높은 계통군에 비해 K, Ca 및 Na 함량이 낮았다. 표피부위에서는 적변지수가 낮은 계통군은 높은 계통군에 비해 Mg, Fe, Na, Mn, Al, 및 Si의 함량이 현저히 낮았고, 지세근 부위에서는 적변지수가 낮은 계통군이 높은 계통군에 비해 Fe의 함량이 낮았다.

적변삼과 무기성분함량에 관해서 정 등<sup>7)</sup>은 적변삼 표피에 Fe의 함량이 높다고 하였고, 이 등<sup>8)</sup>은 적변삼은 표피뿐만 아니라 뿌리 全部位에서 Fe, Na의 함량이 높았다고 하였다. 이 등<sup>10)</sup>은 뿌리의 중심주와 피층은 차이가 없었으나 표피에서는 적변표피가 P, Fe, Mn, Na 함량이 높다고 했고, 김 등<sup>11)</sup>은 뿌리 전체를 분석한 결과 적변삼에서 Fe, Na가 높았다고 하였고, 양<sup>13)</sup>은 적변인삼의 표피가 건전인삼 표피보다 Fe, Al, Si 함량이 높다고 하여서, 연구자간에 결과가 다양하였다. 본 실험에서는 무기성분 분석결과 중 K, Ca, Mg, Fe, Na, Mn, Al 및 Si의 함량이 적변내성 계통에서 낮아서 우선 이들 성분이 인삼적변에 관련물질로 생각되었다.

본시험에서의 무기성분 분석은 적변지수가 낮은 계통군과 높은 계통군으로 구분하여 분석하였으므로 적변지수의 차이뿐만 아니라 계통의 특성도 동시에 포함된다. 그래서 계통의 특성과 인삼 뿌리 개체간의 오차를 배제하기 위하여 부분적으로 적변된 뿌리를 선별해서 동일인삼뿌리내의 적변된 피층과 건전피층을 구분하여 성분을 분석한결과(Table 5), phenolic compound 함량은 건전피층이 적변피층에 비해 낮았으나 무기성분 함량은 통계적인 유의차가 없었다. 그래서 phenolic compound 함량은 marker로서 활용가능성을 다시 확인 할 수 있었다.

조기에 적변내성 계통을 선별할 marker를 찾기 위하여 묘삼상태에서 건전한 묘삼을 사용하여 적변지수가 낮은 계통군과 높은 계통군간의 적변관련 물질의 차이를 분석한 결과(Table 6), 적변지수가 낮은 내적변 계통군은

적변지수가 높은 적변감수성 계통군에 비하여 phenolic compound, K 및 Na의 함량이 낮아서 인삼의 적변 내성계통 조기선발 지표성분으로 가능성이 제시되었다. 앞으로 이들 성분을 실제 묘삼에 적용하여 재현성 여부를 검토할 예정이다.

## 요 약

고려인삼의 적변내성 계통을 선별하기 위하여 포장에서 적변내성 계통 선발, 선발계통의 적변관련 물질함량 분석, 묘삼에서 적변선발 지표성분 가능성을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

한국인삼연초연구원에서 보유하고 있는 고려인삼 61계통을 포장에 공시하여 자경종 보다 적변지수가 낮은 적변내성 10계통과 자경종과 적변지수가 비슷한 적변 감수성 10계통을 선별하였다.

선발한 계통중 적변내성 계통과 적변감수성 계통간의 성분 분석결과, phenolic compound 함량이 중심주에서는 차이가 없었으나, 피층, 표피 및 지세근에서는 적변지수가 낮은 계통군이 높은계통군 보다 현저히 낮았다.

적변내성 계통과 적변감수성 계통간의 부위별 무기성분 함량은 중심주에서는 차이가 없었다. 그러나 피층에서는 K, Ca, Na가, 표피에서는 Mg, Fe, Na, Mn, Al, Si가, 지세근에서는 Fe 함량이 적변지수가 낮은 적변내성 계통이 적변지수가 높은 적변감수성 계통 보다 낮았다.

6년근 동일 뿌리내에서 건전과 적변 피층조직에서 건전한 피층조직이 적변된 피층조직보다 phenolic compound 함량은 낮았으나 무기성분 함량은 차이가 없었다.

묘삼시기에 건전한 묘삼을 분석시 적변지수가 낮은 적변내성 계통은 적변 지수가 높은 감수성 계통에 비하여 phenolic compound, K 및 Na의 함량이 낮아서, 인삼의 적변계통 조기선발 지표성분으로 phenolic compound, K 및 Na의 가능성을 제시하였다.

## 감사의 말씀

본 연구의 무기성분 분석에 도움을 주신 기초과학지원 연구소에 감사 드립니다.

## 인 용 문 헌

1. 김명수, 이종화, 이태수, 백남인 : 인삼연구보고서(재배분야),

- 한국인삼연초연구원, p. 1 (1984).
2. 목성균, 홍순근, 김명수, 이태수, 한종구 : 인삼연구보고서 (재배분야), 한국인삼연초연구원, p. 353 (1987).
  3. 목성균, 반유선, 천성기, 이태수 : 인삼연구보고서(재배분야), 한국인삼연초연구원, p. 84 (1996).
  4. 오승환, 박창석, 김홍진 : 인삼연구보고서(재배분야), 고려인삼연구소, p. 31 (1978).
  5. 목성균, 반유선, 천성기, 이태수, 이성식 : 인삼연구보고서 (재배분야), 한국인삼연초연구원, p. 51 (1995).
  6. 김명수, 이종화, 홍순근, 이태수, 백남인, 한종구 : 인삼 연구보고서(재배분야), 한국인삼연초연구원, p. 785 (1985).
  7. 정영륜, 오승환, 이일호, 박창석 : 고려인삼학회지, 9(1), 24 (1985).
  8. 이태수, 목성균, 천성기, 최강주, 최 정 : 고려인삼학회지, 19(1), 77 (1995).
  9. 이태수 : 박사학위논문, 경북대학교, 대구 (1990).
  10. 이종화, 목성균, 김명수, 백남인 : 인삼연구보고서(재배분야), 한국인삼연초연구원, p. 95 (1983).
  11. Toshio Nakabayashi : Japan J. Food Tech. Sci. 15(2), 73 (1968).
  12. AOAC : Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, p. 40 (1984).
  13. 양덕조 : 인삼용역연구보고서, 한국인삼연초연구원, 대전, p. 1 (1996).