

최 종
연구보고서

적변삼의 종합방제 시스템 개발

Development of Systemic Control for Rusty-Root on
Ginseng

2006. 9

연 구 기 관

충 남 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “적변삼의 종합방제 시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 9 월 일

주관연구기관명 : 충남대학교
총괄연구책임자 : 최 재 을
세부연구책임자 : 최 재 을
연 구 원 : 박 홍 우
연 구 원 : 임 태 교
연 구 원 : 김 현 길
연 구 원 : 최 춘 환
연 구 원 : 김 보 라
협동연구기관명 : 금산농업기술센터
협동연구책임자 : 김 현 호
연 구 원 : 김 선 익
연 구 원 : 박 중 윤

요 약 문

I. 제 목

적변삼의 종합방제 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

인삼은 본래 북반구 온대 이북의 삼림내 흑갈색 부식토에서 자생하고 있는 반음지성 식물이다. 따라서 인삼은 일정한 한온풍습 등의 기후와 북향 또는 동북향의 지형으로 습윤하지 않은 건조 냉랭한 조건하의 활엽수 밀림을 개간한 부식토가 쌓인 토질로서 적당한 광선이 쬐이는 조건이 구비되어야 하며 일체 객토시비를 하지 않고 재배하여 온 것이 특징이다. 과거에는 토양물리성과 보수력이 적당하고 인삼뿌리에 자극을 주지 않는 적당한 양분의 공급으로 인하여 적변발생이 거의 없었다. 그러나 적변삼은 1908년을 전후하여 개성지방에서 인삼뿌리에 부분적으로 적갈색 반점형으로 나타나는 증상을 발견하였는데 이는 뿌리의 부패를 동반하는 병으로서 일명 적부병이라 불렀으며, 과습한 토양에서 인삼을 재배하거나 습윤한 기후에서 발생하는 것으로 기록되어 있다.

본 연구는 인삼에서 적변삼 (rusty-root)의 발생원인을 밝히고 적변삼의 방제방법을 개발하여 인삼의 품질과 수량을 증대시키는데 있다. 적변은 다른 식물의 갈변(적변)과 같이 인삼에 함유된 phenol 화합물들이 산소의 존재 하에 polyphenol oxidase에 의해 산화되어 quinone이 생기고, 이것이 비효소적으로 중합해서 갈색의 melanin이 생기는 현상으로 생각되며, 이러한 가설을 증명하여 적변과 polyphenol 함량 및 polyphenol oxidase 활성과의 관계를 밝히는데 있다. 또한 적변삼의 방제법 확립에 필요한 자료로 활용하기 위하여 우리나라의 인삼재배 지역에서 인삼의 재배유형(직파, 이식, 논삼, 경사지 등)과 토양환경 등에 따른 적변삼의 발생생태를 점검하는데 있다.

인삼뿌리의 적변은 동체, 지근 및 세근부의 표피에 황갈색 또는 적갈색의 원형 또는 불규칙적인 반점이 나타나서 뿌리 전체로 확대되는 증상을 말하며, 심한 경우에는 세근이 연화되거나 탈락되어 동체와 지근만 남아 수삼의 품질을 저하시켜 농가소득에

막대한 피해를 주고 있을 뿐 만 아니라 홍삼을 제조할 때 홍삼의 상품 가치를 저하시킨다.

적변삼은 1970년대 후반까지도 토양세균에 의한 적부병으로 취급되어 왔으나, 적변삼에서 95%이상 검출율이 높은 세균의 접종에 의해서도 적변이 발생되지 않았으나, Yun과 Yang(2000)은 적변현상은 토양성분 중에서 갈색의 착화합물을 형성할 수 있는 성분과 인삼의 성분 및 미생물의 작용에 의해 유발된다고 하여 미생물이 적변현상에 관여하고 있음을 시사하였으나, 살균토양에서도 적변이 발생되기도 하는 등 점차 복합장해로 인식하게 되었다. 저 년근에서 적변이 발생하면 뿌리의 비대생장이 저해되고, 고년 근으로 갈수록 적변화에 의해 외피가 두껍거나 거칠어지며 심한 경우엔 외피가 균열되거나 이층을 형성하여 쉽게 벗겨지기 때문에 외관적 품질만 불량할 뿐 식용하여도 인체에는 전혀 무해한 것으로 알려져 있다. 그러나 적변삼은 홍삼을 제조하더라도 홍삼 본래의 붉은색 광택이 나타나지 않고 오갈색으로 되어 외피가 조잡해지거나 주름이 생기기 때문에 단지 상품적 가치가 없을 뿐이다. 정 등(1985)은 적변 발생 외피에서 건전 외피보다 Fe 함량이 3배정도 많았다고 하였고, 이등(1995)은 적변 외피에서 crude lignin 및 suberin 함량은 물론 지질물질이 많다고 하였다.

최근에 와서 인삼재배 면적이 매년 증가되고 있고, 재배지역도 전국으로 확대되고 있는 시점에서 경작인들이 소득에만 급급한 나머지 토양의 비옥도와 관계없이 계분, 우분, 돈분 등의 가축분뇨와 시판 농후유기질 거름의 과다시비로 인한 질소질 염류의 과다, 해가림 피복물 다양화로 인한 집중누수 발생, 두둑이 낮거나 제초제 처리 등의 재배관리 부실로 인하여 적변삼 발생의 증가요인이 되고 있는 것으로 사료되는데 이는 인삼뿌리에 자극을 줄 수 있는 토양내 근권 환경의 변화 및 악화가 최근에 와서 심해지고 있음을 의미하고 있고, 또한 이로 인하여 인삼뿌리의 정상적인 호흡을 방해하는 단독 또는 복합적인 요인들에 의한 stress가 적변삼 발생을 증가시키는 것으로 추정된다.

적변삼 발생 원인은 토양 과습, 배수 불량 포장조건에서 많이 발생하고, 토양 물리성 및 화학성이 악화되거나, 토양 내 유해가스발생 등으로 인삼의 뿌리호흡이 저해될 때(목 등, 1987,1995,1996) 식물체가 자기 방어적인 작용으로 근 표피에 적변물질을 축적하여 적변삼이 발생하는 것으로 추정되고 있을 뿐 정확한 발생기작은 밝혀지지 않고 있다.

인삼재배에서는 적변이 없는 인삼을 생산하는 것이 제일 중요한 과제이지만 지금까지 직접적인 원인은 물론 방제법이 전혀 연구되지 않고 있다. 따라서 앞으로는 적변

의 직접적인 원인을 밝히고, 이러한 원인이 어떤 물질대사과정과 그 대사산물이 어떤 과정에서 붉은 색소를 생성하여 조직에 축적되는지 여부를 밝히고 이를 방지하기 위한 기술개발에 필요하다.

토양과습, 미부숙퇴비 사용 및 부적지 선정에 따른 인삼의 적변 발생률이 증가추세에 있고, 친환경 인삼재배용 토양개량제 생산 및 적변발생 억제제 개발 미흡하여 이에 대한 대책이 요구된다.

우리나라에서는 홍삼 및 백삼 원료삼은 인삼의 체형을 고려하기 때문에 전통적으로 이식재배를 위주로 인삼을 재배하여 왔으며 이로 인한 적변삼의 발생이 증가하고 있다. 1980년 초부터 현재까지 수행된 적변삼에 관한 연구는 발생환경에 관하여 조사가 주종이고 직접적인 원인이나 방제에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다.

적변삼은 결주 및 수확량 감소, 중도 폐포의 원인이 되어 원료삼 생산 및 품질 저하로 농가소득감소는 물론, 적변에 의한 홍삼포의 중도 폐포율이 50%이상으로 원료수급에 차질로 해외시장 점유율 점차 감소됨에 따라 무공해 생력화 재배기술 개발은 농가소득에 기여하며 인삼의 국제경쟁력 향상에 필수적이다.

현재까지 적변삼 관련 물질로는 인삼 적변표피에 phenolics compound 함량과 Fe함량 증가(정 등, 1985), 뿌리의 중심주, 피층 및 지세 근에 Fe와 Na 증가(이 등, 1995), 적변표피 중에 phenol성 물질의 함량이 증가(이, 1990)한다고 하였다. 또한, 적변의 원인을 토양과 인삼체내 무기원소에 대한 조사(김 등, 1982 ; 김, 1986), 미생물에 대한 조사(오승환 등, 1980 ; 上田, 1909) 등을 실시하였으나 적변삼의 직접적인 원인을 밝히지 못하였다.

적변삼의 표피에서 Fe함량이 건전삼 표피에 비하여 2배 높았으며, 세근에서는 3배, 높았고, 적변삼에서 미생물의 농도가 높은 것을 인삼뿌리와 미생물의 이온흡수 기작에서 경쟁적 또는 길항적 상호작용의 불균형이 일어나고 있으며 이 과정에서 Fe^{3+} 가 밀접하게 연관되어 있을 것이라고 하였다(양 등, 1997).

적변삼의 외피층 세포들은 파괴되어 있으며 외피를 분석한 결과 건전삼에 비하여 당 함량이 낮고 슈베린 성분과 Fe성분이 많으며, 또한 적변삼은 폴리페놀이 지방질과 다량으로 결합되어 있다고 하였다(김 등, 1984). 또한 정 등(1985)은 인삼의 적변현상은 토양의 환원, 물질영양, 병원균의 침입, 과다염류 등의 불리한 환경변화에 의해 발생하는 이상대사로서 이러한 변화에 적응하기 위한 식물자체의 비특이적인 저항성 기작으로 생각된다고 하였다.

이상과 같이 적변삼의 연구는 주로 적변삼이 많이 발생할 수 있는 환경과 적변삼의

성분을 분석하는 정도에 그치고 적변삼의 직접적인 원인과 방제에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구는 적변삼의 방제법을 개발하기 위하여 적변삼의 직접적인 원인과 방제법, 재배환경과의 관계를 밝히기 위하여 실시하였다.

최근 밭 초작지 부족에 따른 논삼 재배지가 급증하고 있지만, 벼를 재배하면서 시용한 화학비료의 토양내 잔류로 인삼재배시 토양의 염류가 두둑상면으로 집적되면서 황증(황병)을 일으켜 7~8월 고온기를 못 넘기고 조기 낙엽 되는 경우가 많이 나타나고 있다. 토양내에 염류가 집적되면 인삼의 뿌리도 적변발생이 심해지거나, 물뿌리가 일찍 견혀 성장이 안되 상품성 하락으로 이어지고 있다. 적변현상은 인삼뿌리의 동체, 지근 및 세근 등의 어느 부위에나 나타나는데 동체와 지근부에 나타나는 현상은 외피층에 황갈색 또는 적갈색의 크고 작은 반점이 원형 또는 불규칙적으로 발생되며 점차 확대된다. 세근부에 발생하는 현상은 외피에 여러 개의 작은 반점을 나타내며 심한 경우에는 세근이 연화되거나 탈락되어 동체와 지근만 남게 된다. 또한 저 년근에서 적변이 발생되면 고년 근으로 가면서 적변증상이 없어지는 경우도 있으나 대부분 뿌리의 비대생장이 되지 않고 고년 근으로 갈수록 외피가 두껍거나 거칠어져 홍삼을 제조하더라도 상품성이 크게 떨어지게 된다.

따라서 본 실험은 인삼재배 시 발생하는 적변현상을 규명하며, 적변발생을 억제하고, 토양의 물리성과 화학성을 개선시키기 위한 생육촉진제, 환원수, 미생물제 및 토양개량제 등의 적변 개선제 선발, 선발된 적변개선제의 처리방법 규명과 경종방법 개선 등으로 고품질 우량인삼을 생산하는데 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 인삼에서 적변삼(rusty-root)의 발생원인을 밝히기 위하여 적변을 발병시키는 미생물을 동정하고 적변을 유발하는 환경요인을 탐색하여 적변삼의 방제방법을 개발하기 위한 연구를 실시한다. 또한 인삼에서 적변삼의 방제법 확립에 필요한 자료로 활용하기 위하여 우리나라의 인삼재배 지역에서 인삼의 재배유형(직파, 이식, 논삼, 경사지 등)과 토양환경 등에 따른 적변삼의 발생생태를 조사한다. 적변은 인삼에 함유된 phenol 화합물들이 산소의 존재 하에 polyphenol oxidase에 의해 산화되어 quinone이 생기고, 이것이 비효소적으로 중합해서 갈색의 melanin이 생기는 현상으로 생각되어 적변삼과 polyphenol 함량, polyphenol oxidase 활성과의 관계를 밝히고자 한다.

인삼포장에서 발생하는 적변삼 방제하기 위하여 현재 우리나라에서 사용되고 있는 생장

조절제, 항균제 등을 대상으로 인삼에 적변을 억제할 수 있는 방제제를 선발하고, 선발된 방제제에 대하여 처리약량, 처리 시기 및 방법을 구명하여 인삼에서 적변방제 체계를 확립한다. 또한 다른 작물에서 적변억제 기능이 인정된 키토산, 미생물제제 및 식물추출물을 사용하여 적변억제효과를 과학적으로 증명하고 실용가능성을 검토한다.

인삼재배토양관리의 합리화로 적변발생을 억제하고 산화 억제물을 관수하여 그 효과를 검정한다. 토양 물리성, 화학성 및 병해충 발생을 경감시킬 수 있는 토양개량제의 개발한다. 인삼의 생장촉진 효과, 적변발생 경감 효과, 토양의 지력증진 효과 위에서 증명된 적변방제효과를 종합적으로 검토하고 농가실증시험을 통하여 적변삼방제의 종합방제 체계를 확립하고 경영분석을 실시하여 농가소득 증대에 기여토록 한다. 적변에 의한 결주율을 대폭 저감시키며 최종적으로 중도 폐포율을 10% 이하로 대폭 감소시키어 수확량 증대 및 농가소득을 극대화한다.

본 연구는 최근 산지에서 많이 발생되고 있는 적변삼 발생원인을 조사 분석하고, 토양물리성 및 화학성 개선을 위한 토양개량제, 생육촉진물질 및 미생물제등을 선발 경중방법 개선을 통한 적변발생 경감 효과를 규명하기 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

1. 적변삼의 원인 구명

- 가. 접종방법이 적변발생에 미치는 영향
- 나. 상토의 종류가 적변발생에 미치는 영향
- 다. 토양수분이 적변발생에 미치는 영향
- 라. 유기질비료가 적변발생에 미치는 영향
- 마. 접종세균농도가 적변발생에 미치는 영향

2. 적변삼으로부터 분리한 내생세균의 동정

- 가. 적변삼 유발균의 세균학적 특성
- 나. 16S rDNA 영역의 염기서열 분석 및 세균 동정.

3. 적변삼과 폴리페놀 함량 및 폴리페놀옥시다제 활성과의 관계

- 가. 인공접종에 의한 적변 진전도 조사
- 나. 적변삼의 polyphenol 함량
- 다. 적변삼의 폴리페놀 옥시다제의 활성

4. 적변삼의 방제기술 개발

- 가. 적변 유발균의 소독제에 대한 감수성 조사
- 나. 적변 유발균의 소독제에 대한 감수성 조사
- 다. 항생제 및 전착제 처리가 적변삼 발생에 미치는 영향

5. 인삼재배방식에 따른 적변발생환경 구명

- 가. 재배방식 및 재배토양별 적변 발생을 조사
- 나. 인삼 해가림자재별 적변발생 조사
- 다. 복토처리가 토양의 화학성에 미치는 영향
- 라. 복토처리가 인삼생육상황 및 적변발생에 미치는 영향

6. 인삼재배지의 적변개선위한 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리효과 구명

- 가. 적변경감용 유용 미생물제 및 토양개량제 선발
- 나. 적변경감용 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리에 따른 토양화학성 변화
- 다. 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리에 의한 인삼생육과 적변발생 경감효과

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 적변삼의 발생원인과 방생억제를 위한 방제법이 개발되었다. 또한, 적변발생 환경이 밝혀졌으므로 적변의 발생억제제의 처리와 재배환경을 개선한다면 적변의 발생을 줄일 수 있을 것이다.

따라서 본 연구를 통하여 얻어진 결과를 종합하여 농민교육, 지도자 교육 등을 통하여 농가에 보급한다면 안정적 인삼생산에 크게 기여할 것으로 생각되며, 발생원인, 방제법, 재배환경 개선 등을 농업기술센터에 기술 이전하여 농가에 보급하기 위한 기술이전 지원이 필요하다고 생각된다.

1. 연구개발 결과

가. 적변삼의 원인 구명

본 연구는 접종방법, 상토 및 유기물의 종류, 토양수분, 세균밀도가 적변발생에 미

치는 영향을 조사하여 적변발생 원인을 밝히기 위하여 실시하였다. 무상처 무접종, 무상처 접종, 상처 무접종, 상처 접종의 Hue 값은 각각 57.5, 113.1, 108.1, 85.8, 57.5 이었으며, 적변은 무상처 무접종<무상처 접종<상처 무접종<상처 접종 순으로 심하게 나타났다. 원예용 상토와 수도용 상토에서 Hue값은 각각 56.8, 64.7로 수도용 상토보다 원예용용 상토에서 적변이 심하게 발생하였다. 토양의 수분농도가 10%, 20%, 50%, 70% 일 때 Hue 값은 각각 96.2, 85.9, 78.0, 75.7로 수분이 높을수록 적변이 심하게 발생하였다. 평균하지 않은 유기질비료를 첨가한 토양에서의 Hue 값은 35.2 - 27.8로 유기질비료는 적변 발생을 심하게 유발하였다. 세균접종 농도가 10^2 , 10^4 , 10^6 , 10^8 cells/ml일 때, Hue 값은 각각 63.3, 62.8, 55.6, 48.8로 세균농도가 높을수록 적변의 발생이 심하게 나타났다.

나. 적변삼으로부터 분리한 내생세균의 동정

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 적변정도의 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 phenazinum*, *Ensifer adharens*, *Lysobacter gummosus*, *Microbacterium luteolum*, *M. oxydans*, *Pseudomonas marginalis*, *P. veronii*, *Pseudomonas* sp., *Rhizobium leguminosarum*, *R. tropica*, *Rhodococcus erythropolis*, *Rh. globerulus*, *Streptomyces fimbriatus* *Variovorax paradoxus*의 세균으로 판단되었다. 따라서 인삼적변의 발생은 내생세균의 침입 및 증식에 기인한 것으로 추정된다.. 적변삼 유발균의 세균학적 특성

나. 16S rDNA 영역의 염기서열 분석 및 세균 동정.

다. 적변삼과 폴리페놀 함량 및 폴리페놀옥시다제 활성과의 관계

본 연구는 적변삼과 polyphenol 함량 및 polyphenol oxidase 활성과의 관계를 밝히기 위하여 실시하였다. polyphenol 함량은 건전 인삼보다 자연 발생한 적변에서 많았으며 적변정도가 심할수록 증가하였다. 적변유발세균을 인공 접종하여 유발된 적변삼

의 폴리페놀 함량은 무처리에 비하여 증가하였다. 또한 polyphenol 함량은 접종 후 일수가 증가할수록 증가하였다. 자연발생한 적변삼의 PPO 총활성과 활성/단백질은 건전삼 비하여 활성이 낮았다. 인공 접종하여 발생한 적변삼의 PPO 활성/단백질은 건전삼의 활성보다 낮았으나 총 PPO 활성은 건전삼보다 증가하였다.

라. 적변삼의 방제기술 개발

본 연구는 소독제, 항생제 및 chitosan, 미생물제, 생리활성제를 이용한 적변 방제법을 개발하기 위하여 실시하였다. 적변유발세균은 sodium hypochlorite에 모두 감수성이었고, didecyl dimethyl ammonium bromide, ClO₂, benzalkonium chloride, octyldecyl dimethyl ammonium chloride 2.250%, dioctyl dimethyl ammonium chloride+didecyl dimethyl ammonium chloride+alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride, glutaraldehyde+ Dimethyl cocobenzyl ammonium chloride에는 균주에 따라 감수성으로 반응하였다.

적변유발세균의 대부분은 ampicilin, chloramphenicol, erythromycin, kanamycin, streptomycin, rifampin, streptomycin, tetracycline에 대하여 감수성으로 반응하였으며 neomycin+streptomycin, streptomycin+tetracycline의 혼합접종에서는 모든 균주가 감수성으로 반응하였다.

적변 유발세균을 묘삼에 접종한 후, NaClO에 침지처리는 적변의 방제 효과를 보였고, Neomycin과 Tetracycline의 혼합처리에서도 적변의 발생을 억제시켰으나 증량제인 화이트카본을 첨가한 처리구에서 가장 적변 방제에 효과를 나타냈다. 그러나 소독제, chitosan, 미생물제는 적변억제 효과가 없었으며 생리활성제는 약간의 억제효과가 있었다.

마. 인삼재배방식에 따른 적변발생 환경구명

1) 재배방식 및 재배토양별 적변 발생을 조사

인삼포 예정지관리기간은 논삼재배지의 74.5% 이상이 1년 미만으로 관리하고 있고, 인삼재배농가가 가장 많이 사용하는 녹비는 논삼 74.6%, 밭삼 30.6%가 벼짚을 제일 선호하였고, 퇴비는 유기질퇴비를 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 또한 직파재배 파종밀도별 적변발생 상황을 조사한 결과 6cm×17cm(159립)로 파종시 적변율이 8%로 가장 적변율이 적었고, 6cm×13cm(207립)으로 파종시 26%의 가장 높은 적변율을 보였다. 인삼주재배지역인 금산, 논산, 진안 및 풍기 4개지역의 생리장해(황증) 포장의 토양화학적 특성을 조사한 결과 금산 및 풍기지역 포장이 가장 많이 염류 집적되어 이식포장이 2.3dS/m, 2.0dS/m의 농도를 보였는데, 이는 금산과 풍기지역 인삼포는 논

삼포를 이용한 결과 벼재배를 위해 시용한 화학비료가 과다하게 집적되어 있는 결과로 해석된다.

2) 인삼 해가림자재별 적변발생 조사

금산지역에서 가장 많이 사용하는 해가림 4유형중 PE 4중직(흑2, 청2) 피복구가 적변율이 3.7%로 가장 적었으며, 갈대밭+꺼치+비닐+PE 2중직 피복구가 52.5%의 적변율을 보여 가장 많이 적변 되고, 수량도 칸당 1.7kg으로 가장 적은 수량을 나타내었다.

3) 복토처리가 토양의 화학성에 미치는 영향

3년근 염류집적 장애지에 황토, 활성탄, 토룡토 및 맥반석등 4종을 복토 처리한 결과, 황토의 복토전 EC가 0.2dS/m에서 6.60dS/m으로 복토재료 중 표토층의 염류를 제일 많이 흡착한 결과를 보였고, 활성탄도 복토전 EC가 0.3dS/m에서 4.10dS/m으로 크게 증가되어, 활성탄이 염류흡착을 많이 한다는 보고와 일치하였다.

4) 복토처리가 인삼생육상황 및 적변발생에 미치는 영향

PE 4중직 차광망의 해가림 구조 하에서 맥반석등 4종의 복토재료를 처리한 결과 6년근 인삼의 지하부 근중은 토룡토 처리가 본당 150g으로 무처리구에 비해 167%정도 가장 무거웠으며, 무처리 20%에 비해 황토처리구는 전혀 적변이 발생되지 않아 가장 우수한 결과를 보였다.

바. 인삼재배지의 적변개선위한 유용 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리효과 구명

1) 적변경감용 유용 미생물제 및 토양개량제 선발

인삼의 적변을 예방하고 토양화학성을 개선 할 수 있는 토양개량제중 부식산을 재료로 한 처리효과를 분석한 결과 부민원 처리구가 2.96g으로 가장 양호한 생육을 보였고, 적변지수도 대조구에 비해 현저히 적게 발생하였다. 생육촉진제 5종의 처리결과 고에마 처리구가 2.59g으로 가장 지하부 생육이 양호하였으며, 적변지수도 0.4로 가장 적게 적변이 발생되었다. 시판용 미생물제 4종의 처리결과 배트구아나 처리가 근중 및 근장에 있어 1.56g, 17.3cm로 가장 지하부 생육이 양호하였으나, 적변지수는 바이오닥터처리가 적변지수 0.2로 가장 적게 적변이 발생되었다.

2) 적변경감용 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리에 따른 토양화학성 변화

농가포장에 묘삼식재전 부식산을 토양혼합 처리한 결과 토양산도는 0.1~0.5 정도, 인산함량은 10~20mg/kg 정도 감소된 경향을 보였으며, 대조구에 비해 부식산 처리구의 표토부위(0~5cm)에서 염류가 집적되는 결과를 보였으며, 2년근 인삼포에서 훈탄처

리에 따른 토양화학성변화를 조사한 결과 훈탄 시용량이 증가할수록 토양산도가 높아졌고, 유기물 함량이 크게 증가한 염류흡착정도를 미미하였다. 또한 훈탄과 유기질퇴비의 복합시용 후 토양화학성을 조사한 결과 유기질퇴비 66.66g+훈탄 20리터를 토양 혼화 처리한 시험구에서 표토의 염농도가 6.6dS/m로 대조구에 비해 약 17배가량 높은 결과를 보여 시판유기질퇴비의 시용시 반드시 산도 및 염류농도를 검사해야 하는 결과를 나타내었다. 산화방지제인 토루엔 처리는 토양의 산도를 약간 높이고, 인산함량은 다소 감소되는 결과를 보였다.

3) 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리에 의한 인삼생육과 적변발생 경감효과

토양개량제인 부식산 처리에 따른 인삼생육상황을 조사한 결과 근중은 부식산 8.33g/칸 시용한 처리구가 대조구에 비해 0.3g 더 나가는 것으로 나타났고, 훈탄처리구에서도 훈탄처리량이 많을수록 무게가 더나갔고, 훈탄 20리터에 부식산을 칸당 66.66g 복합 처리한 처리구에서 근중 6.4g, 근장 23.1cm로 대조구에 비해 근중은 약 3배, 근지경은 약 1.5배 양호한 생육을 보였다. 산화방지제인 토루엔 처리에 따른 인삼생육상황을 조사한 결과 인삼생육은 토루엔 관주 횟수가 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보이나, 관주횟수가 많을수록 적변지수는 감소하는 결과를 보였다.

2. 활용에 대한 건의

가. NaClO에 침지처리하는 적변의 방제 효과를 보였고, Neomycin과 Tetracycline의 혼합처리에서도 적변의 발생을 억제시켰으나 증량제인 화이트카본을 첨가한 처리구에서 가장 적변 방제에 효과를 나타냈다. 그러나 소독제, chitosan, 미생물제는 적변억제 효과가 없었으며 생리활성제는 약간의 억제효과가 있었다.

나.. 인삼예정지 관리기간을 2년 동안 필히 실시하고, 토양물리성 및 화학성 개선을 위해 부식산 및 훈탄 등의 시용해야 한다.

⇒ 농가 기술이전 및 시범사업 통한 확대보급

다. 개간지나 객토포장의 경우 부식산 및 훈탄처리를 효과적으로 토양물리성 및 화학성을 개선 한 후 인삼을 식재토록 한다.

라. 환경친화형 농업이 가능한 부분의 인삼 경작기술 현장접목

⇒ 토양개량제 처리법 개발로 저 농약 친환경 인삼재배기술 확립

SUMMARY

I. Title

Development of Systemic Control for Rusty-Root on Ginseng

II. Objectives and background of the study

Ginseng is a semi-shade plant growing in blackish brown humus of the forests in the north of Temperate Zone in the northern hemisphere. Therefore, to cultivate ginseng, the humus obtained with clearing of broadleaf forests is needed as well as constant the temperate weather, north facing or northeast facing topography, and humid condition rather than dry and cool, and appropriate light should be penetrated into the area; ginseng has been specifically cultivated with no soil dressing or fertilization. There has been almost no appearance of rust in past because the physical properties and water-retention ability of soil was appropriate and nutrients were appropriately supplied avoiding irritation on the roots of ginseng. However, rusty ginseng was found in Gaeseong Territory around 1908 and had partial reddish brown spots on its roots; this phenomenon was followed by a disease resulting in decomposition of roots which was called Rotfaule and there is a record that the disease was occurred when ginseng is cultivated in excessively humid soil or humid weather.

Until late 1970, rusty ginseng was considered as having a Rotfaule caused by soil bacteria; rust was not produced in spite of inoculation of bacterium that had not less than 95% of detection rate in rusty ginseng; Yun and Yang (2000) suggested that microorganisms may participate in rusty phenomenon explaining that rusty phenomenon may be induced by the substances that may form a brown complex in the soil, the substances of ginseng, and the actions by microorganisms however, rusty phenomenon was found in disinfected soil also and it gradually became to be understood as a complex disorder. When the rust is formed on low-aged roots, the thickening growth of roots is affected and, as going to high-aged roots, the husk becomes thick or rough due to rusty phenomenon and, in serious cases, the husk is cracked or forms foreign layer that is easily

separated; therefore, the rusty phenomenon was known to be harmless to human bodies in spite of worsened quality in appearance. Nevertheless, when rusty ginseng is manufactured to red ginseng, it does not produce the original red luster of red ginseng and the value as a commodity is reduced due to worsened husk or wrinkles. Jeong et al. (1985) reported that the husk with rusty phenomenon has about three times of ferrous content compared to healthy husk and Lee et al. (1995) reported that the husk with rusty phenomenon has high level of lipid substances as well as high levels of crude lignin and suberin.

In the situation that the cultivation area of ginseng is increased every year and its cultivation places are also expanded to the whole country, excessive nitrogen salts caused by excessive fertilization with the droppings of domestic animals such as chicken droppings, cow droppings, and pig droppings, and marketed concentrated organic fertilizers, occurrence of concentrated water leakage caused by diverse sunlight-shading covers, low banks, and/or poor cultivation with dispersion of weed killers for the purpose of income with no consideration of richness of the soil are the cause to increase rusty phenomenon; such a situation means that the environmental change in and worsening of neighboring soil which may irritate the roots of ginseng, recently becomes serious and it is thought that the stress caused by single or complicated factors resulted from aforesaid situation which affect the normal breath of ginseng roots elevates the occurrence of rusty phenomenon.

Paddy ginseng cultivation places are in rapidly increasing trend due to insufficient dry farms for cultivation; however, the chemical fertilizers used in cultivation of rice remain in the soil make the slats of soil be accumulated on the surface of soil during cultivation of ginseng and early defoliation is frequently occurred before passing hot season of July and August due to physiology obstacle. When the salts are accumulated in the soil, the rusty phenomenon on ginseng roots becomes serious or early loss of root affects the growth resulting worsening of the quality as a commodity. The rusty phenomenon is occurred every parts including the taps, branch roots, and fine roots of ginseng and the phenomenon occurred on the taps and branch roots shows yellowish brown or reddish brown

large and small circular or irregular spots and is gradually expanded. The phenomenon occurred on fine roots shows many small spots on their husks and, if the condition becomes serious, fine roots becomes soft resulting in separation and only taps and branches remain. In addition, although the rusty phenomenon occurred in low-aged roots may sometimes disappear as becoming high-aged roots, thickening growth is not done in most cases and, as the husks become thicker and rough as becoming high-aged roots, the quality of manufactured red ginseng is significantly reduced.

Therefore, the purpose of this study is to produce high-quality ginseng through identification of selected rusty improvement substances and through improvement of agronomical Control methods after selection of rusty improvement substances such as growth stimulators, microorganism substances, and soil improvement substances, to identify the rusty phenomenon occurred during cultivation of ginseng, to suppress the occurrence of rusty phenomenon, and to improve the chemical and physical properties of soil.

III. Contents and scope of the study

To survey and analyze the causes of occurrences of rusty ginseng that is frequently appeared in the cultivation areas and to identify the effect to reduce the occurrence of rusty phenomenon through improvement of agronomical control methods after selection of soil improvement substances, growth motivation substances, and microorganism substances to improve the physical and chemical properties of soil, below-listed experiments were performed.

1. Identification of the environment of rusty phenomenon appearance by ginseng cultivation method.
 - 1) Survey of rusty phenomenon incidents by cultivation method and cultivation soil.
 - 2) Survey of rusty phenomenon occurrence by material shading ginseng from sunlight.
 - 3) The influence of soil dressing on the chemical properties of soil.

4) The influence of soil dressing on ginseng growth and rust occurrence.

2. Identification of the effect of treatment with microorganism substances, soil improvement substances, and reduced water to improve rust in ginseng cultivation farms.

1) Selection of useful microorganism substances and soil improvement substances to reduce rust.

2) Change in the chemical properties of soil with treatment with microorganism substances, soil improvement substances, and reduced water to reduce rust.

3) The effect on ginseng growth and rust occurrence reduction when treated with microorganism substances, soil improvement substances, and reduced water.

IV. Results and Implication For the Application of the Results

This study pursued to verify the cause of rusty-root, to find environmental conditions occurring rusty-root and to develop methods control occurrence of rusty-root.

In the preliminary experiment, the factors (soil moisture content, type of organic fertilizers, wound of ginseng, and concentration of rusty-root causing bacteria) affected the occurrence of rusty-ginseng. The Hue values were measured for the degree of rustiness as affected by the factors; the higher the values, the weaker was the rustiness. The rustiness was severe on the wounded-ginseng and on the ginseng inoculated with the rust-causing bacteria. The Hue values of the control, the non-wounded ginseng inoculated with the bacterium (CG20126) causing rustiness, the wounded-ginseng, and the wounded-ginseng inoculated with CG20126 were 113.3, 108.1, 85.8, and 57.5, respectively. The average Hue value of the horticulture bed-soil was 56.8 whereas the value of the paddy bed-soil counterpart was 64.7. The Hue values on the ginseng roots grown in the soil containing 10%, 20%, 50%, and 70% of moisture, were 96.2, 85.9, 78.0, and 75.7, respectively. The organic fertilizer increased the rustiness of ginseng and the range of Hue values was 35.2-27.8. The increased concentration of the rust-causing bacteria increased the rustiness of ginseng. CG20126 at 102, 104, 106,

and 108cells/ml, resulted in the Hue values of 62.8, 63.3, 55.6, and 48.8, respectively.

Of 31 isolates from rusty ginseng roots, twenty-four isolates repeatedly induced severe to moderate rust on root while seven isolates induced slight rust. Microorganisms responsible for rusty-roots were mainly Gram negative aerobic bacteria. They were identified as *Agrobacterium tumefaciens*, *A. rhizogenes*, *Burkholderia phenazinium*, *Ensifer adharens*, *Lysobacter gummosus*, *Microbacterium luteolum*, *M. oxydans*, *Pseudomonas marginalis*, *P. veronii*, *Pseudomonas* sp., *Rhizobium leguminosarum*, *R. tropica*, *Rhodococcus erythropolis*, *Rh. globerulus*, *Streptomyces fimbriatus*, *Variovorax paradoxus* based on bacteriological characteristics and 16S rDNA sequences. These bacteria possibly caused the rusty-roots on ginseng by infection and growth as endophytic bacteria.

Production of brown compounds in rusty-root might indicate the involvement of polyphenols and polyphenol oxidases. The content of polyphenol was higher in naturally occurred rusty-root than in the control (not a rusty-root). The degree of rustiness increased as increases in rustiness. Polyphenol content in artificially rust-induced ginseng by infection of the rust-related(induced) bacteria also increased. Polyphenol content also increased with prolonged incubation after the inoculation. Activity of polyphenol oxidase (PPO) increased in naturally occurred rusty-root compared to the control. Artificially inoculated rusty-root contained decreased activity of PPO.

All of the rust inducing bacteria were sensitive to sodium hypochlorite. Most of the rust inducing bacteria were sensitive to didecyl dimethyl ammonium bromide, ClO₂, benzalkonium chloride, octyldecyl dimethyl ammonium chloride 2.250%, dioctyl dimethyl ammonium chloride+didecyl dimethyl ammonium chloride+alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride, glutaraldehyde+ dimethyl cocobenzyl ammonium chloride affected the bacterial growth.

Most of the bacteria were sensitive to ampicilin, chloramphenicol, erythromycin, kanamycin, streptomycin, rifampin, streptomycin, and tetracycline, especially to the mixed agents, neomycin+streptomycin and streptomycin+tetracycline.

Submerging treatment of ginseng in NaClO, treatment of neomycine+tetracycline,

were effective on prevention of rusty-root. Carrier-substance white carbon showed significant effect on inhibition of rusty-ginseng.

1. Identification of rust occurring environment by ginseng cultivation method

1) Survey of rusty phenomenon incidents by cultivation method and cultivation soil

In terms of the period to manage planned ginseng farms, not less than 74.5% of paddy ginseng cultivation farms were managed for less than 1 year; in terms of green manures that were the most frequently used by ginseng cultivation farmers, 74.6% of paddy ginseng farms and 30.6% of dry ginseng farms preferred rice straw; and in terms of farmyard manure, organic fertilizers were the most frequently used. Also, when the situations of rust occurrence were surveyed by seeding density in direct seeding cultivation, the rate of rust occurrence was the lowest (8%) when seeding at 6cm×17cm (159 particles) and was the highest (26%) when seeding at 6cm×13cm (207 particles). When the chemical properties of soil were surveyed for physiological obstacle field in four territories consisted of Geumsan, Nonsan, Jinan, and Pungi that are major ginseng cultivation territories, the ginseng field of Geumsan and Pungi showed the highest salt accumulation with 2.3dS/m and 2.0dS/m levels of transplantation field, respectively; such result was considered as the result of excessively accumulated chemical fertilizers used in cultivation of rice when inspected with use of paddy ginseng farms in Geumsan and Poongi.

2) Survey of rusty phenomenon occurrence by material shading ginseng from sunlight

Of the four sunlight-shading types that were the most frequently used in Geumsan, PE quadruple (double black and double blue) fabrics showed the lowest rust occurrence (3.7%) and the fabrics made of 'reed hanging screen + rice straw + vinyl + PE double fabrics' showed the highest rust occurrence (52.5%) with 1.7kg per column (the smallest quantity) in terms of quantity.

3) The influence of soil covering on the chemical properties of soil

When soil covering was performed on the 3-year-ginseng farm having disorder of salt-accumulated with four kinds of materials (yellow soil, activated carbon, ocher, and elvan), the EC of yellow soil showed the highest adsorption of surface soil salts with the change in salt level from 0.2dS/m before soil covering to 6.60dS/m after soil covering; activated carbon also significantly improved the level from 0.3dS/m to 4.10dS/m and this result was consistent with the reports that activated carbon adsorbs large quantity of salts.

4) The influence of soil covering on ginseng growth and rust occurrence

When soil dressing was performed under sunlight-shading net made of PE quadruple fabrics with use of four kinds of soil-covering materials, the underground root weight of 6-year ginseng was the heavier (150g/piece, 167% compared to non-treated ginseng underground roots) and excellent result was also obtained with the area treated with yellow soil that showed no occurrence of rust compared to 20% of rust occurrence in non-treated section.

2. Identification of the effect of treatment with microorganism substances, soil improvement substances, and reduced water to improve rust in ginseng cultivation fields

1) Selection of useful microorganism substances and soil improvement substances to reduce rust.

Of the soil improvement substances that can prevent rust phenomenon in ginseng improve the chemical properties of ginseng, when the effect of treatment with humic acid was analyzed, non-treated section showed the best growth (2.96g) and significantly low occurrence of rust phenomenon compared to control section. In terms of the results of treatment with five kinds of growth motivation substances, Goemar-treated section showed the best underground growth (2.59g) and the lowest rust occurrence index (0.4). When the soil was treated with four kinds of marketed microorganism substances, treatment with Batguana showed the best underground growth with root 1.56g of weight and 17.3cm of root length but treatment with Bio Doctor showed the lowest rust occurrence index (0.2).

2) Change in the chemical properties of soil with treatment with microorganism

substances, soil improvement substances, and reduced water to reduce rust.

When the soil was treated by mixing humic acid with soil before seedling transplanting in farmers' field, soil acidity was 0.1~0.5 and phosphoric acid content was reduced by 10~20mg/kg; when compared with control section, salts were accumulated near to surface soil of the section treated with humic acid (0~5cm); and when the change in chemical properties of soil was analyzed with treatment of 2-year ginseng farm with carbonized chaff, the acidity of soil was elevated with increasing quantity of carbonized chaff used and the adsorption of salts with largely increased organic contents was low. Also, when the chemical properties of soil was analyzed with mixed use of carbonized chaff and organic fertilizer, the section treated with 66.66g of organic fertilizer and 20 liters of carbonized chaff showed about 17 times of high salt concentration in surface soil (6.6dS/m of salt concentration) compared to control section and indicated that the acidity and salt levels of marketed organic fertilizers should be inspected before use. When the soil was treated with toluene that is an antioxidant, the acidity of soil was somewhat increased and phosphoric acid content was somewhat reduced.

3) The effect on ginseng growth and rust occurrence reduction when treated with microorganism substances, soil improvement substances, and toluene.

When the ginseng growth was analyzed with treatment with humic acid that is a soil improvement substance, the section treated with humic acid (8.33g/column) showed heavier root weight by 0.3g compared to control section; in case of the section treated with carbonized chaff, heavier results were obtained with increasing quantity of carbonized chaff and the section treated with the mixture of carbonized chaff and humic acid (20 liters and 66.66g/column, respectively) showed 6.4g of root weight and 23.1cm of root length (about 3 times of root weight and 1.5 times of root length compared with control section, respectively). When the ginseng growth was analyzed with treatment with toluene that is an antioxidant, it seemed that ginseng growth is not significantly influenced from the times of toluene drench but rusty phenomenon was reduced with increasing times of toluene drench.

V. Implication For the Application of the Results

1. Planned ginseng cultivation farm should be managed for two years and humic acid and carbonized chaff should be used to improve the physical and chemical properties of soil.

⇒ Expanded dispersion through technology introduction to farmers and model projects.

2. In case of developed land or soil covering field, ginseng should be seeded after effective improvement of physical and chemical properties of soil with treatment with humic acid and/or carbonized chaff.

3. Field grafting of ginseng cultivation technique in the area with possible environment-friendly agriculture.

⇒ Establishment of low-agricultural-chemical and environment-friendly ginseng cultivation techniques through development of the methods to treat with soil improvement substances.

CONTENTS

Chapter 1. General introduce

Section 1. Background of this study	28
Section 2. Necessity of this study	31
Section 3. Problematic points and current situation of related Techniques in Korea and broad	32
Section 4. Objectives of this study	38
Reference	39

Chapter 2. Verification of Rusty-root Production

Section 1. Introduction	42
Section 2. Materials and Methods	43
Section 3. Results and Discussion	44
Section 4. Summary	50
Reference	51

Chapter 3. Identification of Endophytic Bacteria

Section 1. Introduction	53
Section 2. Materials and Methods	54
Section 3. Results and Discussion	55
Section 4. Summary	61
Reference	61

Chapter 4. Relationship between rusty root, polyphenol contents and polyphenol oxidase activity

Section 1. Introduction 64
Section 2. Materials and Methods 65
Section 3. Results and Discussion 67
Section 4. Summary 73
Reference 73

Chapter 5. Methods for Controlling occurrence of rusty-root on ginseng

Section 1. Introduction 76
Section 2. Materials and Methods 77
Section 3. Results and Discussion 79
Section 4. Summary 85
Reference 85

Chapter 6. Identification of the Environment of Rusty colored Ginseng Appearance

Section 1. Introduction 87
Section 2. Materials and Methods 88
Section 3. Results and Discussion 90
Section 4. Summary 103
Reference 104

Chapter 7. Establishment of Agronomical Control Technology

Section 1. Introduction	107
Section 2. Materials and Methods	107
Section 3. Results and Discussion	109
Section 4. Summary	122

목 차

제 1 장 서 언

제 1 절 연구배경	28
제 2 절 연구개발의 필요성	31
제 3 절 국내·외 관련기술의 현황과 문제점	32
제 4 절 연구개발의 목적	38
참고문헌	39

제 2 장 적변삼의 발병원인 구명

제 1 절 서 언	42
제 2 절 재료 및 방법	43
제 3 절 결과 및 고찰	44
제 4 절 결과 요약	50
참고문헌	51

제 3 장 적변삼으로부터 분리한 내생세균의 동정

제 1 절 서 언	53
제 2 절 재료 및 방법	54
제 3 절 결과 및 고찰	55
제 4 절 결과 요약	61
참고문헌	61

제 4 장 적변삼과 폴리페놀 함량 및 폴리페놀옥시다제 활성과의 관계

제 1 절 서 언	64
제 2 절 재료 및 방법	65
제 3 절 결과 및 고찰	67
제 4 절 결과 요약	73
참고문헌	74

제 5 장 적변삼의 방제법 개발

제 1 절 서 언	76
제 2 절 재료 및 방법	77
제 3 절 결과 및 고찰	79
제 4 절 결과 요약	85
참 고 문 헌	85

제 6 장 적변삼의 발생환경 구명 기술 확립

제 1 절 서 언	87
제 2 절 재료 및 방법	88
제 3 절 결과 및 고찰	90
제 4 절 결과 요약	103
참 고 문 헌	104

제 7 장 적변삼의 경종적 방제 기술 확립

제 1 절 서 언	107
제 2 절 재료 및 방법	107
제 3 절 결과 및 고찰	109
제 4 절 결과 요약	122
총 합 고 찰	123

제 1 장 서 언

제 1 절 연구배경

인삼은 우리나라를 대표하는 특산물로써, 약용으로 4500년 전부터 이용되어온 신비로운 명약이며, 세계적으로 널리 알려진 명품이다. 고려인삼은 외국 삼에 비해 사포닌 함량이 많고, 종류도 다양하여 약효가 강하고 효능도 우수한 것으로 인정받고 있지만, 이로 인해 우리의 인삼은 홍콩시장에서 중국 삼의 12배, 미국삼의 5배, 캐나다삼의 7배로 가격이 너무 높아 가격경쟁력이 매우 약한 실정에 있다. 그러나 재배, 가공기술, 약리 효능 연구 등 각 분야에서 인삼의 중추국으로 인정받고 있다.

인삼 생산에서 막대한 피해를 주고 있는 적변삼(rusty-root)의 발생원인은 아직까지 밝혀지지 않고 있을 뿐만 아니라 방제법이 개발되지 않아 인삼재배농가에 막대한 피해를 주고 있다. 적변은 인삼에 함유된 phenol 화합물들이 산소의 존재 하에 polyphenol oxidase에 의해 산화되어 quinone이 생기고, 이것이 비효소적으로 중합해서 갈색의 melanin이 생기는 현상으로 생각되며, 이러한 가설이 증명된다면 적변현상을 적변물질의 생산, 방제법 등에 활용할 수 있을 것이다. 또한, 적변삼의 방제법 확립에 필요한 자료로 활용하기 위하여 우리나라의 인삼재배 지역에서 인삼의 재배유형(직파, 이식, 논삼, 경사지 등)과 토양환경 등에 따른 적변삼의 발생생태를 점검하는데 있다.

인삼뿌리의 적변은 동체, 지근 및 세근부의 표피에 황갈색 또는 적갈색의 원형 또는 불규칙적인 반점이 나타나서 뿌리 전체로 확대되는 증상을 말하며, 심한 경우에는 세근이 연화되거나 탈락되어 동체와 지근만 남아 수삼의 품질을 저하시켜 농가소득에 막대한 피해를 주고 있을 뿐만 아니라 홍삼을 제조할 때 홍삼의 상품 가치를 저하시킨다. 본 연구의 목적은 인삼 적변삼의 발생원인을 밝히고 적변삼의 방제방법을 개발하고 재배환경을 개선하여 적변삼의 발생을 억제하여 인삼의 품질을 향상시키고 최종적으로는 농가소득을 증대하기 위함이다.

인삼뿌리의 적변(rusty-root)은 동체, 지근 및 세근부의 표피에 황갈색 또는 적갈색의 원형 또는 불규칙적인 반점이 나타나서 뿌리 전체로 확대되는 증상을 말하며, 심한 경우에는 세근이 연화되거나 탈락되어 동체와 지근만 남아 수삼의 품질을 저하시켜 농가소득에 막대한 피해를 주고 있을 뿐만 아니라 홍삼을 제조할 때 홍삼의 상품

가치를 저하시킨다.

적변삼 발생 원인은 토양 과습, 배수 불량 포장조건에서 많이 발생하고, 토양 물리성 및 화학성이 악화되거나, 토양 내 유해가스발생 등으로 인삼의 뿌리호흡이 저해될 때(목 등, 1996) 식물체가 자기 방어적인 작용으로 근 표피에 적변물질을 축적하여 적변삼이 발생하는 것으로 추정되고 있을 뿐 정확한 발생기작은 밝혀지지 않고 있다.

인삼재배에서는 적변이 없는 인삼을 생산하는 것이 제일 중요한 과제이지만 지금까지 직접적인 원인은 물론 방제법이 전혀 밝혀지지 않고 있다. 따라서 앞으로는 적변의 발생원인을 밝히고 발생을 조장하는 환경 등을 조사하여 적변의 발생을 방지하기 위한 기술개발에 필요하다.

우리나라에서는 홍삼 및 백삼 원료삼은 인삼의 체형을 고려하기 때문에 전통적으로 이 식재배를 위주로 인삼을 재배하여 왔으며 이로 인한 적변삼의 발생이 증가하고 있다. 1980년 초부터 현재까지 수행된 적변삼에 관한 연구는 발생환경에 관하여 조사가 주종이고 직접적인 원인이나 방제에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다.

적변삼은 결주 및 수확량 감소, 중도 폐포의 원인이 되어 원료삼 생산 및 품질 저하로 농가소득감소는 물론, 적변에 의한 홍삼포의 중도 폐포율이 50%이상으로 원료수급에 차질로 해외시장 점유율 점차 감소됨에 따라 무공해 생력화 재배기술 개발은 농가소득에 기여하며 인삼의 국제경쟁력 향상에 필수적이다.

현재까지 적변삼 관련 물질로는 인삼 적변표피에 phenolics compound 함량과 Fe함량 증가(정 등, 1985), 뿌리의 중심주, 피층 및 지세 근에 Fe와 Na 증가(이 등, 1995), 적변표피 중에 phenol성 물질 함량 증가(이, 1990)한다고 하였다. 또한, 적변의 원인을 토양과 인삼체내 무기원소에 대한 조사(김 등, 1982 ; 김, 1986), 미생물에 대한 조사(오승환 등, 1980 ; 上田, 1909) 등을 실시하였으나 적변삼의 직접적인 원인을 밝히지 못하였다.

적변삼의 표피에서 Fe함량이 건전삼 표피에 비하여 2배 높았으며, 세근에서는 3배, 높았고, 적변삼에서 미생물의 농도가 높은 것을 인삼뿌리와 미생물의 이온흡수 기작에서 경쟁적 또는 길항적 상호작용의 불균형이 일어나고 있으며 이 과정에서 Fe^{3+} 가 밀접하게 연관되어 있을 것이라고 하였다(양 등, 1997).

적변삼의 외피층 세포들은 파괴되어 있으며 외피를 분석한 결과 건전삼에 비하여 당 함량이 낮고 슈베린 성분과 Fe성분이 많으며, 또한 적변삼은 폴리페놀이 지방질과 다량으로 결합되어 있다고 하였다(김 등, 1984). 또한 정 등(1985)은 인삼의 적변현상은 토양의 환원, 물질영양, 병원균의 침입, 과다염류 등의 불리한 환경변화에 의해 발

생하는 이상대사로서 이러한 변화에 적응하기 위한 식물자체의 비특이적인 저항성 기작으로 생각된다고 하였다.

그러나 최근에는 인삼산업에도 변화가 일어나, 내적으로는 새로운 인삼산업법이 발효되고 국가의 독점사업이었던 홍삼의 제조 판매가 자유화되었으며, 대외적으로는 한미 FTA 협상타결시 미국 화기삼은 가공품의 원료로 수입, 야생삼은 장뇌삼 대체수요로 수입이 확대될 우려가 있고, DDA 협상결과 관세가 인하될 경우 고율관세 품목인 인삼의 경우 심각한 영향을 받을 것으로 예상되고 있다. 또한 중국, 미국, 캐나다의 대규모 면적에서 값싼 노동력과 생력재배를 통한 값싼 인삼을 대량 수출하고 있어 인삼 중주국인 한국의 인삼산업을 위협하고 있는 실정이다. 그나마 다행인 것은 아직은 국제사회에서 최고의 품질과 명성을 우리 고려인삼이 유지하고 있고, 다이옥신 등 환경 유해물질에 효과적인 것이 밝혀지는 등 인삼은 여전히 최고의 명약으로 인정받고 있다. 위와 같은 명성을 유지하기 위해서는 우선 최고 품질의 원료 인삼의 안정적인 생산이 바탕이 되어야 한다. 인삼은 최고의 명성에 걸 맞는 몇 가지 특수성을 갖는다. 인삼은 반음지성 식물로 해가림 시설에서만 재배가 가능하며, 파종 및 이식전에 신선한 산야초 시용 및 호밀, 수단그라스 등과 같은 녹비작물만 재배하여 2년 동안 토양을 관리하는 기간이 소요된다. 또한 재배기간이 4-6년으로 생육기간이 긴 작물로서 여러 가지 환경장해를 다른 작물보다 많이 받고 있으며, 6년 동안 생육량은 한 뿌리에 100g 전후로 300평당 생산량은 500~600kg으로 비 1년 생산량과 비슷하다. 생육기간이 길다보니 투자 자본에 대한 회유 기간이 길고, 또한 토지에 인삼 재배시 6~8년이 소요되므로, 일정한 토지의 면적이 매년 필요하다. 이로 인해 인삼을 한번도 재배하지 않은 땅은 점차 줄어들고, 벼를 재배한 논에 식재하는 인삼재배면적이 급증하고 있으며, 이로 인해 벼재배시 시용한 화학비료의 과다집적으로 인한 토양오염으로 염류장해가 다발생하여 심한포장은 7~8월을 넘기지 못하고 조기 낙엽 되어 3년근에서 중도 폐포되는 포장의 증가하고 있다. 또한 초작지 부족에 따른 관외출입경작으로 예정지관리가 부실하고, 단기재배를 목적으로 과다한 축분을 시용하여 인삼을 재배하려는 농가가 늘고 있어, 고품질 인삼의 생산이 점차 어려워지고 있다. 또한 최근 기상조건이 지구온난화로 인하여 고온과 집중강우로 인한 토양 과다수분으로 인삼의 생리장해로인 황증과 적변삼의 발생이 증가되고 있다. 따라서 토양의 물리성 개선과 지력증진을 위해 예정지 관리시 토양에 사용하는 시비용 재료중 산야초가 유기물 공급과 토양물리성 개선에 가장 좋으나, 구입이 어렵고 가격이 높아 저가의 가축분등을 사용하여 예정지를 관리하고 있으며, 이로 인해 본포에서 결주율 증가, 황증과

적변삼등이 발생 상품성하락과 품질을 저하시키고 있는 실정이다.

또한 우리나라 인삼산업 발전을 저해하는 요인이 많은데, 특히 인삼재배구조상 기계화가 어렵고, 장기재배로 인한 생산비가 많이 들어가는 점과 음지에서 자람에 따라 발생하는 병해충의 방제가 어려워 과도한 농약사용으로 인한 안전성 문제가 최근 대두되고 있다.

따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 정부에서는 GAP 및 생산 이력제 추진과 인삼의 생산-가공-유통에 대한 계열화사업을 통해 고품질 우량인삼을 안정적으로 생산하고, 수출경쟁력을 높이고 있지만, 경작방법 개선을 통한 고품질 인삼생산을 위해서는 예정지관리 철저, 토양물리성과 화학성 개선 및 지력증진용 방법 개선 등과 함께 인삼의 생육기중 처리로 적변을 경감할 수 있는 연구가 함께 필요한 실정에 있다. 또한 최근 증가되고 있는 답전유환재배 포장의 개선방법과 적정 토양개량제 및 미생물제의 처리효과를 규명하고자 본 실험을 수행하였다.

제 2 절 연구개발의 필요성

2005년 인삼재배면적은 14,153ha이고, 인삼생산량은 14,561톤으로 5,803억원의 판매가격을 올리고 있다. 그러나 적변이 발생이 많아 수량감소는 물론 품질의 저하를 가져오고 있다. 적변현상이 발생하면 인삼의 비대생장이 저하되어 4년 근에서 50%의 생산성 저하를 가져온다고 하였다(김 등, 1984; 목 등, 1987). 적변의 발생은 수삼의 품질을 저하시켜 농가소득에 막대한 피해를 주고 있을 뿐 만 아니라 홍삼을 제조할 때 표피가 흑갈색으로 되고 잔주름이 생기는 옹피 홍삼이 생겨 홍삼의 상품 가치 떨어진 다(김 등, 1984).

적변삼 발생 원인은 식물병원균에 의한 것이 아니고(오 등, 1978), 토양 과습(목 등, 1996), 배수 불량(목 등, 1996) 등의 포장조건에서 많이 발생하고, 토양 물리성 및 화학성이 악화되거나, 토양 내 유해가스발생 등으로 인삼의 뿌리호흡이 저해될 때(목 등, 1996) 식물체가 자기 방어적인 작용으로 근 표피에 적변물질을 축적하여 적변삼이 발생되는 것으로 추정되고 있을 뿐 정확한 발생기작은 밝혀지지 않고 있다.

미국, 캐나다 및 중국에서 인삼산업이 더욱 활성화되고 확대됨에 따라 국제시장에서의 우리나라 인삼의 경쟁력은 이미 잃고 있으므로 적변삼의 방제 등에 의한 생산비 절감 및 생력 재배를 통한 품질 증진으로 인삼의 품질 경쟁력을 높이는 것이 우리나라 삼산업의

발전이 반드시 필요하다. '80년대에는 한국, 중국 순으로 홍콩의 인삼시장 점유율이 높았으나, '90년대 중반까지는 중국의 비중이 높았고, 90년대 후반 들어서는 캐나다산의 증가가 두드러지는 현상을 보이고 있다.

1996년의 전국 홍삼포 식부계획면적은 800ha이나, 2000년 5년 근 수확면적은 422ha로 이식면적 대비 수확면적은 53%이고, 나머지 47%의 면적은 중도에 폐포 되었다. 6년 근 수매인삼 중 1·2등급 삼이 14%이고, 3등 및 등외 삼이 86%이었다. 3등급 이하의 저 등급 삼의 원인은 적변삼 율이 60% 이상인 것으로 추정되며, 적변에 의한 농민의 손실액은 6년 근 3등 및 등외품에 의한 것이 약 95억원, 폐포에 의한 것이 120억원으로 계 215억원으로 환산된다. 백삼포 면적 2,000ha를 반영하면 적변에 의한 손실 총액은 대략 600억원을 상회할 것이라고 추정하였다(최 등, 2000).

적변삼은 결주 및 수확량 감소, 중도 폐포의 원인이 되어 원료삼 생산 및 품질 저하로 농가소득감소는 물론, 적변에 의한 홍삼포의 중도 폐포율이 50%이상으로 원료수급에 차질로 해외시장 점유율 점차 감소됨에 따라 무공해 생력화 재배기술 개발은 농가소득에 기여하며 인삼의 국제경쟁력 향상에 필수적이다.

인삼재배는 현재 농촌에서 재배되고 있는 작물 중 시설원예에 못지않은 고소득 작물이나 현재의 상황으로는 재배기술, 노동력, 자본 등의 문제로 인삼재배는 극히 제한적이다. 우량한 인삼의 생산으로 경쟁력을 증대시키기 위해서는 인삼재배에서 문제되는 적변의 직접적인 원인을 밝히고, 적변의 발생을 억제할 수 있는 재배법이나 효과적인 방제법을 개발함으로써 결주 율을 줄이고 고품질 인삼을 생산하여 농가 소득증대에 기여할 수 있을 것이다 따라서 인삼재배농가에서는 적변삼의 치료방법이 개발되지 않아 농업연구 및 지도기관에 대한 불신이 증가하고 있으며 농림부까지 원망의 대상이 되고 있다.

제 3 절 국내·외 기술개발 현황

1. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

미국 및 캐나다에서는 직파재배 위주로 인삼을 재배하고 있으며 각종 재배기계의 개발 및 보급으로 작업을 생력화하여 노력 절감은 물론 직파재배로 적변삼의 피해가 거의 없어 생산비를 절감은 물론 고품질인삼을 생산함으로써 높은 경쟁력을 유지하여 동남아의 인삼시장을 석권하고 있다. 미국 및 캐나다에서는 그간 인삼의 직파재배에 관한 연구가 상당한

수준으로 수행되어 왔고 현재에도 많은 연구가 수행되고 있으나 우리나라에서는 지형이 미국이나 캐나다에서와 같이 대면적 기계화 재배가 곤란한 실정이다.

우리나라에서는 홍삼 및 백삼 원료삼은 인삼의 체형을 고려하기 때문에 전통적으로 이 식재배를 위주로 인삼을 재배하여 왔으며 이로 인한 적변삼의 발생이 증가하고 있다. 1980년 초부터 현재까지 수행된 적변삼에 관한 연구는 발생환경에 관하여 조사가 주종이고 직접적인 원인이나 방제에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다.

현재까지 국내에서 밝혀진 적변삼 관련 물질로는 인삼 적변표피에 phenolics compound 함량과 Fe함량 증가(정 등, 1985), 뿌리의 중심주, 피층 및 지세 근에 Fe와 Na 증가(이 등, 1995), 적변표피 중에 phenol성 물질 함량 증가(이, 1990)한다고 하였다. 또한, 적변의 원인을 토양과 인삼체내 무기원소에 대한 조사(김 등, 1982 ; 김, 1986), 미생물에 대한 조사(오승환 등, 1980 ; 上田, 1909) 등을 실시하였으나 적변삼의 직접적인 원인을 밝히지 못하였다.

적변삼의 표피에서 Fe함량이 건전삼 표피에 비하여 2배 높았으며, 세근에서는 3배, 높았고, 적변삼에서 미생물의 농도가 높은 것을 인삼뿌리와 미생물의 이온흡수 기작에서 경쟁적 또는 길항적 상호작용의 불균형이 일어나고 있으며 이 과정에서 Fe^{3+} 가 밀접하게 연관되어 있을 것이라고 하였다(양 등, 1997).

적변삼의 외피층 세포들은 파괴되어 있으며 외피를 분석한 결과 건전삼에 비하여 당 함량이 낮고 슈베린 성분과 Fe성분이 많으며, 또한 적변삼은 폴리페놀이 지방질과 다량으로 결합되어 있다고 하였다(김 등, 1984). 또한 정 등(1985)은 인삼의 적변현상은 토양의 환원, 물질영양, 병원균의 침입, 과다염류 등의 불리한 환경변화에 의해 발생하는 이상대사로서 이러한 변화에 적응하기 위한 식물자체의 비특이적인 저항성 기작으로 생각된다고 하였다.

적변삼의 표피와 피층조직의 superoxide dismutase(SOD)활성 (units/mg protein)은 정상뿌리에 비해 각각 3.5배, 2.0배 높았고, 적변뿌리의 catalase 활성은 약 1.6배 높았으나, peroxidase 활성은 오히려 약간 낮았다. 적변뿌리 각 조직의 DPPH 자유라디칼 포착활성은 정상뿌리에 비해 약 2.0배 높았다고 하였다(이 등, 2000)

인삼의 적변물질은 페놀성 물질이 아닌 다른 물질일 가능성이 높다고 하였다(윤과 양, 2000). 또한 총페놀성 물질의 함량은 적변삼보다 건전삼의 표피조직에서 많았으므로, 페놀성 물질은 적변현상 유발의 직접적인 원인물질이 아니라고 하였다. 정 등(1990)은 적변외피의 경우 건전외피에 비해 Fe함량이 3배정도 많았으며 lignin의 중간합성효소인 PAL활성이 적변삼에서 높았다고 하였다. 6년근의 적변외피는 건전외피에

비해 당함 량이 적었고, 조 리그닌과 suberin 함량은 많았다(이 등, 1995).

적변현상은 토양성분 중에서 갈색의 착화합물을 형성할 수 있는 성분과 인삼의 성분 및 미생물의 작용에 의해 유발된다고 하여 미생물이 적변현상에 관여하고 있음을 시사(윤과 양, 2000)하였고, 최 등(2002)에 의하여 적변삼의 표피는 건전삼에 비하여 두껍고, 세포벽이 분해 되어 심하게 파괴되어 그 곳에 막대모양의 세균이 다수 존재 하였으며, $2.9 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^7$ CFU/g(fresh weight)의 높은 세균밀도를 나타냈다. 분리세균을 인공 접종하여 적변을 유발시킨 표피조직에서도 자연발생 적변삼에서와 동일한 표피조직의 파괴양상을 보였다고 하였다.

농작물을 재배, 저장 및 가공 중에 유색물질의 생성에 의해 농산물의 색깔이 갈색 또는 암갈색으로 변하는 것을 갈변(browning)이라 하며, 효소가 직접 관여하는 효소적 갈변반응과 효소의 관여 없이 일어나는 비효소적 갈변반응으로 나눌 수 있다(김 등, 2000; 이, 1984).

효소적 갈변은 사과, 복숭아, 버섯, 감자의 절단면이 갈변하는 것과 같이 농산물에 함유된 phenol 화합물들이 산소의 존재 하에 polyphenol oxidase에 의해 산화되어 quinone이 생기고, 이것이 비효소적으로 중합해서 갈색의 melanin이 생기는 현상인데 polyphenol oxidase는 구리이온을 함유하고 있는 산화효소이며, 구리이온 및 철 이온에 의하여 활성화되며, 반대로 Cl 이온은 억제작용을 가진다 (김 등, 2000; 이, 1984).

Tyrosinase에 의한 tyrosine의 산화에 의한 갈변은 일부 야채류와 과실류의 갈변에 있어서 매우 중요함. tyrosinase는 diphenol 유도체들로 되는 과정과 diphenol 유도체들이 산화되는 과정에 관여한다 (김 등, 2000; 이, 1984).

Peroxidase는 Fe-porphyrin 핵을 활성중심으로 삼는 효소로서 H_2O_2 의 존재에서 catechol, pyrogallol, hydroquinone, guaiacol, catechin 등의 phenols 등을 산화하여 quinone을 생성하고, 이 quinone이 중합하여 갈변이 진행된다. peroxidase는 식물체에 널리 분포하고, 특히 horse radish, 무화과, 고구마, 참두 등의 것이 유명하다(김 등, 2000; 이, 1984).

수확한 과실에서 흔히 관찰되는 갈변현상은 품질을 저하시키는 중요한 요인으로써 갈변은 조직에 함유되어 있는 페놀화합물의 산화와 밀접한 관련이 있으며 특히 저장 후 이들 페놀화합물의 변화가 큰 것으로 밝혀졌다 (Blenkenship and Richrdson, 1985). 복숭아에서는 주로 chlorogenic acid (Cheng and Crisosto, 1995), 사과에서는 chlorogenic acid, catechin 및 epicatechin의 산화로 인하여 갈변되는 것으로 보고 되었다(Murata 등, 1995).

동양배에서는 과피, 과육 및 고심조직에서 갈변이 흔히 관찰되는데 이러한 흑변 또는 갈변은 주로 polyphenol oxidase(PPO, E.C.1.10.3.1)에 의한 페놀화합물의 산화에 기인하는 것으로 널리 알려져 있음(Costeng and Lee. 1987; Wu 등, 1992).

과일과 채소는 “껍질”(waxes, surface layers)을 갖고 있어서 껍질이 손상되지 않는 한 갈변하지 않는다. 작물의 재배나 수확 중에 상처를 주지 않으면 산소의 접촉을 막을 수 있고, 농산물을 밀폐하여 공기를 제거하거나 공기 대신에 CO₂나 N₂를 대체함으로써 갈변이 억제될 수 있다(김 등, 2000; 이, 1984).

Maltol은 PPO를 억제하지는 못하지만 o-benzoquinones와 결합하는 능력으로, kojic acid는 PPO와 o-benzoquinones 모두와 반응함으로써 browning을 막는다(김 등, 2000; 이, 1984), benzoic acid와 4-hexyl-resorcinol과 같은 competitive 억제제는 식품의 갈변을 막는데 유용하다. Ascorbic acid와 같은 환원제는 polyphenols의 산화에 의하여 생성된 quinone을 환원상태로 두거나, 농산물 조직 속에 용해되어 있는 산소를 급속히 환원시켜서 갈변을 억제한다. 환원성을 가진 SH화합물(sulfhydryl compounds)인 cysteine이나 glutathione 등은 효소에 의한 갈변억제작용이 있는데, 이것을 ascorbic acid와 병용하면 갈변억제에 더욱 유효하다(김 등, 2000; 이, 1984).

아황산 염(sulfide salts)의 용액은 효소작용을 효과적으로 억제하여 준다. 0,0005M의 NaHSO₃ 용액에 의하여 약 60분이면 그 활력이 25%로 감소되고 120분이면 완전히 그 활력이 소실된다. Fe 또는 Cu 이온 등 금속 ion은 효소의 활성을 촉진함으로써 이들 이온을 제거하거나 금속으로 된 용기나 기구를 사용하지 않으면 갈변을 억제할 수 있다.

키토산은 *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *callistephi*, *F. oxysporum* f. sp. *tulipae*, *Phoma narcissi* and *P. poolensis*에 대하여 생장억제 효과는 있었고(Saniewska, 2001), 키토산 토양처리는 *Fusarium* yellows의 발병률과 발병도를 크게 감소시켰다(Bell 등, 1998). 키토산 코팅은 (0.5-2% 용액) 복숭아, 배, 키위 등의 수확 후 부패의 감소시켰다(Du 등, 1997).

Litchi의 열매는 0.1% thiabendazole(TBZ)에 담가둔 후 1.0%나 2.0% 키토산 코팅(1h)은 anthocyanin, flavonoid 그리고, 총 phenolics content의 변화를 지연시켰고, 또한, PPO 활성의 증가를 지연시켰으며, 특히 POD활성에서 증가가 억제되었다. 이러한 변화는 갈변에서의 변화와 일치성을 보였다(Zhang and Quantick. 1997).

토루마린 처리된 물은 금속의 표면에 얇은 보호막을 만들어 산화의 속도를 저하시킨다. 즉 녹인 산화철(Fe₂O₃)을 히드로늄이온(H₃O⁺)이 부동태인 4.3산화철(Fe₃O₄)로

되기 때문이다. 4.3산화철은 흑녹, 마그네타이트, 자철광 등으로 부르기 때문에 녹이 진해되지 않는 상태로 된다.

현재 알려진 토양개량제는 토양물리성 개선 효과에만 중점을 두었고, 토양내 양이온치환용량, 화학성 및 적변방제 개선효과를 가진 토양개량제는 없고, 인삼에 발생하는 황증원인에 대한 과학적 자료가 미흡하고, 황증과 무기이온간의 상호관계를 규명하는 분석 자료가 전무한 실정이다.

인삼뿌리의 적변은 토양의 다습하거나 propionic acid가 많을 때 많이 발생하며 목탄분을 처리하면 치료되며(이 등, 1983), 참나무 숯입자(직경2-4mm)를 처리한 결과 염류흡착 및 적변삼 방제효과가 크게 나타났다(목 등, 1995).

적변발생토양은 논토양, 가축분뇨와 유기비료 다용, 과습토양, 두둑이 낮은 포장, 누수가 많은 포장에서 많이 발생하며(목 등, 1995), 유기질 거름 중 지렁이 치사율이 낮은 유기질 거름은 종자발아가 양호하고 인삼생육도 양호하여 적변삼 발생률도 현저히 감소한다고 하였다(목 등, 1995).

미부숙 계분, 우분, 돈분에서는 메탄가스와 암모니아 가스 및 탄산가스가 많이 발생하고, 계분을 담수처리하면 acetic acid, propionic acid가 생산되어 인삼뿌리에 호흡장애를 주어 적변삼의 발생 증가(목 등, 1995)한다고 하였다.

인삼 뿌리에 발생하는 적변현상을 구명하기 위하여 적변삼 표피의 형태적 특성, 세균의 밀도 및 무기물 함량의 변화를 조사한 결과 적변삼의 표피는 건전삼에 비하여 두꺼웠으며, 세포벽이 분해 되어 심하게 파괴되어 있었다. 그러나 건전삼의 경우에는 세포가 장방형의 일정한 형태를 유지하고 조직의 파괴도 전혀 발생하지 않았다(최 등, 2002). 또한, 파괴된 적변삼의 표피조직에는 막대모양의 세균이 다수 존재하였으며, 세균밀도는 $2.9 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^7$ CFU/g(fresh weight)로 많은 세균이 분리되었으나 건전삼에서는 세균이 거의 관찰되지 않았다. 인공적으로 분리세균을 접종하여 적변을 유발시킨 표피조직에서도 자연발생 적변삼에서와 동일한 표피조직의 파괴양상을 보였으며, 다수의 세균이 관찰되었다. 적변삼의 표피조직에서는 Al, Si 및 Fe의 함량이 높았으나, 건전삼에서는 K의 함량이 높게 나타나 적변현상의 발생은 표피조직에서 무기물 함량의 변화를 유발하였다(최 등, 2002).

우리나라에서 재배 수확하는 수삼의 약 50%정도가 수삼의 표피에 황갈색 또는 적갈색의 크고 작은 반점이 원형 또는 불규칙적인 모양으로 나타나는 적변현상이 발생하고 있다는 보고가(목성균 등, 1996) 있고, 이와 같은 적변인삼은 수삼가격이 건전인삼에 비해서 약 50% 내외로 낮을 뿐만 아니라, 홍삼을 제조하였을 때 홍삼본래의 붉

은색 광택이 나지 않고 표피가 흑갈색으로 되고, 주름이 생기며 거칠어져 홍삼의 상품가치가 현저히 떨어진다고 알려져 있다. 인삼뿌리에서 발생하는 적변현상 원인은 미생물이 관여한다는 일부 보고(윤길영 등, 2001)가 있으나 식물병원균의 감염에 의해 발생하는 것은 아닌 것이란 보고(오승환 등, 1983)가 있고, 그 외에 일반적으로 포장에서 토양이 과습하거나, 배수가 불량한곳, 미부숙 유기질거름을 사용 하였을 때, 토양의 물리성이 나쁠 때, 예정지 관리미비 등의 조건에서 많이 발생하는 것으로 알려지고 있다. 적변삼 발생 감소를 위해서 인삼재배방법 및 토양환경개선 노력을 추진중이나, 현재 우리나라 인삼재배 농가의 재배인력 노령화, 청초 구득난 및 예정지 관리 어려움 등으로 적변삼의 발생율이 획기적으로 감소되기는 어려운 실정이다. 따라서 다소 열악한 재배 및 토양환경 조건에서도 적변삼 발생율을 낮출 수 있는 재배법 개발 필요성이 시급히 요구되고 있다.

최근 적변삼 발생원인에 대해 Yun과 Yang은(2000) 토양성분 중에서 갈색의 착화합물을 형성할 수 있는 성분과 인삼의 성분 및 미생물의 작용에 의해 유발된다고 하여 미생물이 적변현상에 관여하고 있음을 시사하였고, Choi 등(2002)은 적변삼의 표피는 건전삼에 비하여 두껍고, 세포벽이 분해 되어 심하게 파괴되어 그곳에 막대모양의 세균이 다수 존재하였으며, $2.9 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^7$ CFU/g(fresh weight)의 세균이 존재한다고 하였다. 또한 분리세균을 인공 접종하여 적변을 유발시킨 표피조직에서도 자연발생 적변삼에서와 동일한 표피조직의 파괴양상을 보였다고 하였다. 적변삼 외피조직의 연구에서 이 등은(2004) 적변삼은 인삼뿌리가 분포된 근권 환경의 어떤 외적환경에 의해 뿌리가 stress를 받을 때 자체방어 물질인 phenol 물질이 외피로 배출되면서 외피의 지질성 물질과 polymerization 되고 이때 철(Fe)이 페놀성 물질과 강하게 chelating 되는 것으로 추정되며, 적변외피는 지질성 물질은 물론 산불용성 에스테르화 페놀물질, 산불용성 결합 페놀물질, 산불용 축합성 페놀물질, 불용성 결합 페놀물질 및 유리 페놀물질 함량이 건전외피에 비해 많았으며 철의 함량에 있어서도 적변외피가 건전외피 보다 2.7배정도 많았다고 하였다. 윤 등(2001)은 적변현상은 철 산화 및 철 의존성 토양세균의 집적과 그들의 대사활성의 변화로 인해 근권에 환원된 철이온의 농도가 높아지고, mobilization된 철이온은 뿌리의 iron-reductase(turbo enzyme) 활성화에 의해 일부가 흡수되기도 하지만 토양세균에 의해 부분적으로 분해 된 인삼표피 구성성분 특히, cellulose 분해산물과 강력한 ligand를 형성해 발생한다는 보고도 있었다.

이 외에 적변에 관여하는 문제점으로는 염류장해로서 화학비료와 축분의 과다한 사용으로 인삼 재배적지가 고갈되고 있는 실정이며, 이로 인해 다비작물 재배지에 인

삼을 식재하고 있는 실정으로 과거엔 청초만을 시용했던 관습이 가축분뇨로 전환시비하는 방법으로 바뀌고 있어 각종 생리 장애가 다발하고 있는 실정이다.

특히 전 작물별로 염류농도를 보면 고추, 배추, 담배, 파 재배지에서 높았고, 염류는 대부분 표토 5cm 부위인 표토 층에 집적되었으며, 인산 함량은 모든 부위에 관계없이 높았다. 본포에서의 염류집적은 3년근부터 급격히 증가되어 고년근시 뇌두 부패의 원인이 되었으며, 표토 층의 염류집적현상은 식양토에 비해 사양토에서 심하였다.

염류집적의 주요성분은 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, Ca, K, Mg 등 다량원소가 대부분이었으며 그중에서도 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 가장 높았다. 염류장애의 피해로는 황증 발생, 뇌두 부패, 적변삼 발생과 결주율이 증가되어 품질과 수량의 감소를 가져온다.

방제 방법으로는 염류고농도 포장에 상면 부초, 돈나물 재배, 황토, 원야토, 고량흙 등으로 2-3cm 복토 처리시 복토층으로 염류가 이동하여 뇌두부패, 결주 및 적변삼이 크게 감소되는 효과가 있었다(목성균 1998, 성봉재 2001).

따라서 고품질 수삼 생산 및 홍삼제조를 위해서 상품성 하락에 관여하는 적변삼을 경감할 수 있는 토양개량제, 미생물제 및 산화방지제등을 선발 및 처리하였으며, 경운방법개선을 통한 적변삼을 억제할 수 있는 연구를 수행하였다.

제 4 절 연구개발의 목적

본 연구는 인삼에서 적변삼 (rusty-root)의 발생원인을 밝히고 적변삼의 방제방법을 개발하여 인삼의 품질과 수량을 증대시키는데 있다. 적변은 다른 식물의 갈변(적변)과 같이 인삼에 함유된 phenol 화합물들이 산소의 존재 하에 polyphenol oxidase에 의해 산화되어 quinone이 생기고, 이것이 비효소적으로 중합해서 갈색의 melanin이 생기는 현상으로 생각되며, 이러한 가설을 증명하여 적변과 polyphenol 함량 및 polyphenol oxidase 활성과의 관계를 밝히는데 있다. 또한 적변삼의 방제법 확립에 필요한 자료로 활용하기 위하여 우리나라의 인삼재배 지역에서 인삼의 재배유형(직파, 이식, 논삼, 경사지 등)과 토양환경 등에 따른 적변삼의 발생생태를 점검하는데 있다.

참 고 문 헌

- 김광수, 김순동, 서권일, 신승렬, 윤광섭, 조영수. 2000. 식품화학. 학문사.. pp.413.
- 김명수, 이일호, 박찬수, 이종화, 박동욱. 1982. 인삼의 영양생리에 관한 연구. 인삼연구 보고서. 213-219.
- 김명수, 이종화, 백남인, 홍순근, 이태수. 1985. 인삼의 생리장해에 관한 연구. 인삼연구 보고서. 787-857.
- 김명수, 이종화, 이태수, 백남인. 1984. 인삼의 생리적 장해 방제에 관한 연구. 인삼연구 보고서. 13-94.
- 김명수, 홍순근, 이태수, 한종구. 1986. 인삼의 생리장해에 관한 연구. 인삼연구보고서. 811-903.
- 목성균, 김명수, 홍순근, 이태수. 1987. 인삼의 생리장해에 관한 연구 인삼연구보고서. 353-493.
- 목성균, 반유선, 천성기, 이태수, 이성식 1995. 인삼연구보고서(재배분야), 한국인삼연초연구원 p.51
- 목성균, 반유선, 천성기, 이태수. 1996. 인삼연구보고서(재배분야), 한국인삼연초연구원 p.84
- 양덕조, 김용해, 윤길영, 이성식, 권진이, 강현미. 1997. 인삼근 적변삼과 근권 토양환경. 고려인삼학회지(21) : 91-97.
- 오승환, 박창석. 1980. 인삼연구보고서(재배분야), 고려인삼연구소.
- 윤길영, 양덕조. 2000. 인삼 적변현상과 적변물질의 형태·화학적 특성. 고려인삼학회지(24) : 107-112.
- 이명구 등. 1995. 인삼의 신품종육성연구. 인삼연구결과 중간보고서(재배분야). 한국인삼연 초연구원
- 이성식, 이명구, 최광태, 안영옥, 권석윤, 이행순, 광상수, 2000. 적변인삼 유발물질 구명. 고려인삼학회지 24 : 113-117.
- 이성우. 1984. 신고 식품화학. 수학사. pp.420.
- 이종화, 목성균, 김명수, 백남인. 1983. 생리장해에 관한 연구. 96-152. 인삼연구보고서. 인삼연초연구소.
- 이태수. 1990. 박사학위논문, 경북대학교, 대구
- 이태수, 목성균, 천성기, 최강주, 최 정. 1995. 적변인삼의 화학적 성분에 관한 연구. 고

려인삼학회지(19) : 77-83

정영륜, 오승환, 이일호, 박창석. 1985. 적변삼의 생물·생화학적 특성과 그 발생원인에 관하여. 고려인삼학회지(9). 24-35.

최광태, 이명구, 이성식, 양덕춘, 권우생, 강제용, 인준교. 2000. 내적변삼 및 리활성물질 고탐유 인삼품조 개발. 농림부. pp147.

최재을, 이종신, 윤선미, 차선경. 2002. 건전삼과 적변삼 표피의 주사전자현미경 관찰 및 무기성분의 비교. 한국작물학회지

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.

Bell, A. A., Hubbard, J. C., Liu. L., Davis, R. M. and Subbarao, K. V. 1998. Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of *Fusarium* yellows of celery. Plant Disease. 82:322-328.

Blenkship, S. and D.G. Richrdson. 1985. Changes in phenolic acids and internal ethylene during long-term cold storage of pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:336-339.

Cheng, G.W. and C.H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenol oxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 835-838)

Costeng, M.Y. and C.Y. Lee. 1987. Changes in apple polyphenol oxidase and polyphenol concentration in relation to degree of browning. J. Food Sci. 52:985-989.

Du, J. M., Gemma, H., Iwahori, S and Du, J. M. 1997. Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanease pear, and kiwifruit. J. Jap. Soci. Hort. Sci. 66:15-22.

Forget, R. and F.A. Guillard. 1997. Oxidation of chlorogenic acid, catechins, and 4-methylcatechol in model solutions by combinations of pear (*Pyrus communis* cv. Williams) polyphenol oxidase and peroxidase: a possible involvement of peroxidase in enzymatic browning. J. Agr. Food Chem. 45:2472-2476).

Murata, M., M. Tsurutani, M. Tomita, S. Homma, and K. Kaneko. 1995. Relationship between apple ripening and browning: changes in polyphenol content and polyphenol oxidase. J. Agr. Food Chem. 43:1115-1121..

Wu, G.X., H.W. Zhou, and J.M. Wang. 1992. Biochemical mechanism and substances deternimation of enzymic browning of Yali pear (*Pyrus bretschneideri*

Rehd). Acta Hort. 19:198-202.

Zhang, D. L. and Quantick, P. C. 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi(*Litchi chinensis* Sonn.) fruit.

제 2 장 적변삼의 원인 구명

제 1 절 서 언

인삼 뿌리의 적변은 처음에 황갈색~적갈색의 원형 또는 불규칙적인 작은 반점이 나타나고 점차 확대되며, 병반이 진전되면 표피가 거칠어지고 갈라지면서 부패하기도 한다. 적변이 발생한 인삼은 같은 크기의 인삼이라도 가격이 크게 하락하여 재배농가에 경제적 손실을 가져오고, 홍삼을 제조하여도 상품적 가치가 저하한다.

적변이 많이 발생하는 환경은 토양 과습 및 배수불량(목 등, 1995, 1996), 미부숙 유기질비료의 사용(김 등, 1985), 토양의 물리성 불량(목, 1996), 예정지 관리미비(목, 1996) 등으로 보고 되었지만 적변삼의 직접적인 발생원인은 아직까지 밝혀지지 않았다.

上田(1909)은 인삼뿌리의 표면에 적갈색 또는 암갈색의 병반이 점차 확대되면서 물러지고 내부조직까지 부패시키는 병징을 관찰하고, *E. carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 병이라는 보고가 적변에 관한 최초의 기록이다. 안 등(1982)은 훈증제로 토양을 소독한 결과 적변삼의 발생이 감소하였다고 하였으나 그 원인은 알 수 없다고 하였다.

정 등.(1985)은 인삼의 적변현상은 토양의 환원, 병원균의 침입, 과다염류 등의 불리한 환경변화로 발생하는 이상대사이며, 이러한 변화에 적응하기 위한 비특이적인 저항성 기작이라고 하였다. 양 등(1997), 윤과 양은(2000)에 의하면 적변은 갈색의 화합물을 형성할 수 있는 토양성분과 인삼성분 그리고 세포벽을 분해하는 미생물과 밀접한 관계가 있다고 하였다. 최 등(2002)은 적변삼의 조직에는 $2.9 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^7$ CFU/g (fresh weight)의 세균이 존재하며, 이 세균을 인공 접종하면 적변이 유발된다고 하였다.

이상과 같이 적변의 직접적인 원인이 미생물과 관련이 있음을 시사 하였으나 아직까지 미생물과 적변과의 관계가 명확하게 구명되지 않았다. 따라서 본 연구는 적변발생 원인을 구명하기 위하여 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 사용균주 및 인삼

본 시험에 사용한 균주는 충남대학교 농업생명과학대학 식물자원학부 내병성육종학 실험실에서 적변삼으로부터 적변 유발균을 분리하여 보관중인 CG20126 균주를 사용하였다. 적변유발 검정에 사용한 인삼은 금산 수삼센터에서 3-4 년 근 인삼을 구입하여 사용하였다.

2. 상토 및 유기질 비료

원예용 상토 (EC 0.8±0.2ds/m; pH 5.5~7.0; zeolite, vermiculite, perlite, coir-dust) 와 수도용 상토 (EC 2.0ds/m; pH 4.5~5.5; zeolite, diatomite, vermiculite), 유기질 비료인 A(pig-feces 30%, chick-feces 25%, sawdust 25%, bark 20%), B(pig-feces 50%, sawdust 50%), C(sawdust 32%, pig-feces 28%, food-waste 40%)는 시중에서 구입하여 사용하였다.

3. 토양수분 조절

토양수분은 건토토양에 멸균수를 중량의 10%, 20%, 50%, 70%를 가하여 맞추었고 기타의 실험에서는 멸균수를 건토중량의 50%에 준하여 처리 후 실험용 토양으로 사용하였다.

4. 세균접종

접종원은 초저온 냉장고에 보관중인 균주를 King's B 배지에서 24시간 진탕 배양한 후 멸균수로 10^6 cell/ml의 비율로 희석하여 사용하였고, 세균농도에 따른 적변발생 시험에서는 $10^2 \sim 10^8$ cell/ml로 희석하여 사용하였다.

상처 접종은 인삼표면을 sand paper로 표피를 문질러서 얇게 상처를 내어 적변유발 세균을 접종하였고, 무상처 접종은 인삼표면에 적변유발세균을 접종하였다. 무처리인 상처를 내지 않거나 상처를 낸 뒤 멸균수를 접종하였으며, 각 처리마다 9개의 인삼을 처리하였다. 접종한 인삼은 5φ × 20cm의 원통형 플라스틱 용기에 넣고 실험용 토양으로 채운다음 알루미늄 호일로 밀봉하여 28℃의 암상태에서 보관하였다.

5. 적변조사

접종한 인삼은 2주 후에 접종부위를 Color difference meter(Model CR-200)로 C광원에서 Hunter L*, a*, b* 값을 얻고, McGuire(1992)의 방법에 따라 Hunter a*, b* 값을 이용하여 Hue 값 (Hue angle)을 얻었다. Hue value는 원형 색상판상에 색상각을 나타낸다. a*는 x좌표이고 b*는 y좌표이고, +a*와 -a*는 red와 green을 나타내고 +b*와 -b*는 각각 yellow와 blue를 나타낸다(Madeira *et al.* 2003). Hue value는 다음과 같은 공식에 의해서 구해 졌다.

$$\text{Hue value(Hue angle}^\circ) = [\text{Tan}^{-1} (b^* / a^*)]$$

제 3 절 결과 및 고찰

1. 접종방법이 적변발생에 미치는 영향

적변유발세균의 접종 14일 후에 color difference meter로 처리부위를 측정하여 Hue 값을 계산한 결과는 Table 1과 같다. 무상처 무접종 인삼과 무상처 접종 인삼의 Hue 값은 각각 111.3과 108.1이었고, 상처 무접종 인삼과 상처 접종 인삼의 Hue 값은 각각 85.8과 57.5로 크게 감소하였다. Hue값이 작을수록 적색이 짙어지는데 이는 적변화가 심화되었음을 나타낸다. 상처 접종 인삼이 상처 무접종 인삼보다 Hue 값이 크게 감소한 것은 접종된 다량의 적변유발 세균이 단기간에 상처로 침입 증식하여 적변을 유발하였기 때문이라고 판단된다. 상처 무접종 인삼에서 무상처 접종 인삼보다 Heu 값이 낮은 것은 토양에 존재하는 미생물이 상처를 통하여 침입 증식하여 적변을 유발한 것으로 생각된다. 그러나 무상처 인삼은 적변 유발균을 접종하더라도 건전부위로 침입이 불가능하여 적변의 발생이 무처리와 유사하였다. 인삼의 적변의 발생은 직파재 배보다 이식재배에서 심하게 발생하는 것은 농작업 중에 발생하는 상처가 주요한 요인이라는 것을 추정할 수 있다.

Table 1. The rustiness as affected by wound and inoculation of bacteria

Treatment	Rustiness ^{a)} (Hue value ^{b)})
Control	113.3±2.5a ^{d)}
Inoculation ^{c)} without wounding	108.1±4.4a
Wounding	85.8±2.7b
Wound inoculation	57.5±3.9c

^{a)}Rustiness was measured after treatment 14 days . ^{b)}Hue value(Hue angle^o) ; 0° = red, 90° = yellow, 180° = green, 270° = blue, ^{c)}Inoculation with CG20126 at 10⁶ cells/ml.

^{d)}Mean scores within a column followed by the same letter are not significantly different (*P*<0.05).

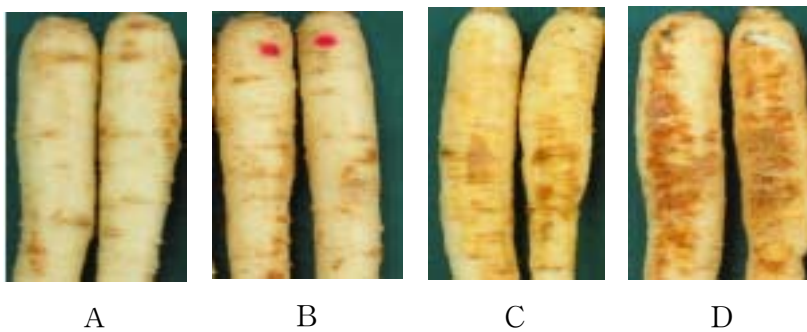


Fig. 1. Rusty symptoms of ginseng root induced by the artificial inoculation of bacteria isolated from rusty ginseng roots (Inoculation of CG2026 and bacterium concentration 10⁶ cells/ml). A : control, B : inoculation without wounding, C : wounding, D : wound inoculation.

무상처 무접종 인삼과 무상처 접종 인삼의 적변은 Fig. 1에서와 같이 작은 점무늬가 부분적으로 발생하였다. 이러한 결과는 자연 발생된 상처를 통하여 토양세균이나 접종세균이 일부 침입하여 적변을 유발하였기 때문으로 판단된다. 상처 무접종 인삼과 상처 접종 인삼에서는 상처부위가 전체적으로 적변이 발생하였으며 특히 상처 접종 인삼에서는 적변이 심하게 발생하였다.

인삼에서 점무늬상의 적변 발생은 상처만으로도 가능하다고 생각된다. 그러나 상처는 자연적으로 치유되기 때문에 적변이 계속적으로 증가하기 위해서는 상처가 지속적

으로 유지되어야 한다. 이러한 역할은 미생물에 의하여 가능하다. 즉 많은 세균은 pectinase, cellulase, protease 등을 생산하여 세포조직을 파괴하고 이들을 이용하여 증식이 계속되기 때문이다.

2. 상토의 종류가 적변발생에 미치는 영향

원예용 및 수도용 상토가 인삼적변에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 2 및 Fig. 2와 같다. 원예용 상토와 수도용 상토에서 이식 14일 후의 무상처 인삼의 Hue 값은 각각 108.2, 109.1이고 상처 접종 인삼에서는 각각 56.8, 64.7로 크게 감소하였다. 상처접종에서는 수도용 상토보다 원예용 상토에서 적변의 발생이 심하게 나타났다. 이러한 결과는 수도용 상토보다 원예용 상토가 보습력이 높고 유기질 함량이 많아 접종된 세균의 증식에 영향을 주어 적변발생을 증가시켰을 것으로 생각된다. 또한 상토의 물리성의 차이나 유기질 성분 이외의 구성 성분에 의해서도 적변에 영향을 주었을 것으로 추정된다.

Table 2. The rustiness affected by horticultural and paddy rice bed-soils

Bed soil treatment	Rustiness ^{a)} (Hue value ^{b)})	
	Control	Wound
Horticulture bed soil	108.2±2.7a ^{c)}	56.8±3.2b
Paddy rice bed soil	109.1±2.2a	64.7±3.3c

^{a)}Rustiness was measured 14th day after treatment. ^{b)}Hue value(Hue angle°) ; 0° = red, 90° = yellow, 180° = green, 270° = blue, ^{c)}Mean scores within a column followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$).

무상처 인삼에서는 적변이 거의 나타나지 않았으나 상처 인삼에서는 적변이 심하게 나타난 것은 적변 유발균의 침입은 상처와 밀접한 관계가 있음을 의미하며 적변의 발생을 억제시키기 위해서는 인삼의 이식 시에 상처가 나지 않도록 관리하는 것이 최선의 방책으로 판단된다.

일반적으로 인삼재배의 적지요건으로는 배수가 양호하고 표토의 토성은 양토, 심토는 양토~식양토인 곳이 이상적이고(Kim, 1973). 물리적 조건이 불량한 곳에 인삼을

식재하면 적변현상이나 근 부패현상이 많이 발생한다고 하였다(Lee *et al.*, 1981). 이상과 같이 토양의 수분이나 물리성이 적변발생에 영향을 준다는 보고는 본 시험에서 보수력과 유기질 성분이 많은 원예용 상토에서 적변이 많이 발생한 것과 관련성이 있을 것으로 생각된다.



Fig. 2. The rustiness affected by horticultural and paddy rice bed-soils. Rustiness was measured by inoculation of CG20126 at 10^6 cells/ml after growing ginseng for 14 days. To see the Hue values refer Table 2. Panels A : horticultural bed-soil, B : paddy rice bed-soil.

4. 토양수분이 적변발생에 미치는 영향

토양수분함량이 적변발생에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 토양수분의 함량이 10, 20, 30, 40, 50, 70%일 때 Hue 값은 각각 96.2, 85.9, 78.0, 75.7로 수분함량이 증가 할수록 감소하였다. 이러한 결과는 수분이 증가할수록 적변 발생이 심한 것을 의미한다.

토양내 수분함량이 증가할수록 적변이 심해지는 것은 수분이 많을수록 미생물의 증식에 영향을 미치고 상처의 치유도 지연되기 때문으로 생각된다. 토양수분과 적변율과는 정의 상관관계이고 과습하기 쉬운 논 삼에서 적피가 많이 발생한다고 하였다(오 등, 1980). 과습의 조건은 토양환원을 촉진하며 담수조건에서는 살균토양이라도 적변율이 90%나 발생하여 높은 수분에 의한 산소부족만으로도 적변의 중요한 원인이 된다고 하였다(오 등, 1980). 해가림 시설의 누수량이 많을수록 적변이 증가하는 현상은

수분과다에 의한 미생물의 증식과 산소부족에 의한 인삼 뿌리의 피해와도 관련이 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Effect of soil moisture on rustiness.

Moisture concentration	Rustiness ^{a)} (Hue value ^{b)})
10%	96.2±3.5a ^{c)}
20%	85.9±1.7b
50%	78.0±1.5c
70%	75.7±1.2c

^{a)}Rustiness was measured by inoculation of CG20126 at 10^6 cells/ml after growing ginseng for 14 days. ^{b)}Hue value(Hue angle^o) ; 0° = red, 90° = yellow, 180° = green, 270° = blue, ^{c)}Mean scores within a column followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$).

5. 유기질비료가 적변발생에 미치는 영향

유기질비료 처리가 적변에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4와 같다. A, B C 회사 유기질 비료를 혼합한 토양에서 14일 후의 무상처 인삼의 Hue 값은 각각 108.2, 92.4, 104.2이고, 상처 인삼의 Hue 값은 각각 31.7, 35.2, 27.8로 무상처 처리구에 비하여 크게 감소하였다. 유기질비료를 첨가한 토양에서 상처 인삼의 Hue 값이 무상처 인삼보다 낮게 나타난 것은 유기질이 접종한 세균의 증식을 조장하기 때문이라고 생각된다. 또한 유기질 비료에 존재하는 미생물의 일부가 상처로 침입하여 적변유발을 증가시키는 것으로 추정된다.

A, B, C사의 유기질 비료의 세균밀도를 조사한 결과 각각 4.1×10^6 , 1.8×10^6 , 9.2×10^5 cells/g로 높게 나타났다. 이러한 결과는 유기물비료 중에는 인삼에 유용한 미생물뿐만 아니라 적변을 유발하는 미생물이 존재할 가능성이 있는 것으로 추정된다. 그러나 유기질비료에 있는 세균도 인삼에 상처가 없는 경우에는 적변과 무관할 것으로 생각된다.

Table 4. Effect of several organic fertilizer on rusty-ginseng occurrence.

Treatment of fertilizer	Rustiness ^{a)} (Hue value ^{b)})	
	Non-wounding	Wound
A	108.2±1.9a ^{c)}	31.7±2.2d
B	92.4±2.5c	35.2±2.8d
C	104.2±2.8b	27.8±1.7e

^{a)}Rustiness was measured by inoculation of CG20126 at 10^6 cells/ml after growing ginseng for 14 days. ^{b)}Hue value(Hue angle^o) ; 0^o = red, 90^o = yellow, 180^o = green, 270^o = blue, ^{c)}Mean scores within a column followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$).

일반적으로 예정지 관리 시에 돈분, 우분, 계분 등의 유기질비료를 과다하게 사용하고 충분히 부숙시키지 않으면 적변이 증가한다. 목 등(1995)은 미부숙 가축분뇨에서는 유해 가스의 발생으로 지렁이가 100% 치사된다고 하였다. 돈분에서는 CH₄, 계분에서는 NH₃ 가스가 많이 발생되었고, 계분에 acetic acid와 propionic acid가 다량 검출되었다고 하였다. 이러한 물질은 인삼뿌리의 생육을 저해하거나 파괴할 수 있으므로 발효가 충분치 않은 유기물 사용토양에 인삼을 이식하면 적변의 발생이 증가한다고 생각된다.

6. 접종세균농도가 적변발생에 미치는 영향

미생물의 농도가 적변에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 접종농도가 10^2 , 10^4 , 10^6 , 10^8 cells/ml 일 때, Hue 값은 각각 63.3, 62.8, 55.6, 48.8로 접종농도가 증가 할수록 Hue 값이 감소하였다. 미생물이 적변을 증가시키는 요인으로 작용하므로 미생물의 농도가 증가할수록 적변의 심화되는 것은 당연한 결과로 생각된다.

최 등(2002)은 적변삼의 형태·해부학적 특징을 고려할 때 적변은 생물적, 무생물적인 요인에 의한 표피세포의 손상과 근권 미생물의 감염으로 표피에 적변물질이 침적될 것으로 추정되며, 앞으로 감염세균에 의한 적색물질의 형성과정과 착색에 관한 기작이 밝혀진다면 적변의 원인을 보다 정확하게 구명할 수 있을 것이라고 하였다. 양 등(1997)은 적변삼은 표피세포의 세포벽이 심하게 손상된 것을 관찰하고 적변은 세포벽의 구성성분인 cellulose의 분해와 관련이 있는 토양세균이 관여함을 시사 하였다

Table 5. Effect of concentration of bacterium inoculation on rusty-ginseng occurrence.

Bacterium concentration (cells/ml)	Rustiness ^{a)} (Hue value ^{b)})
10 ²	64.8±1.5a ^{c)}
10 ⁴	62.8±2.6a
10 ⁶	55.6±3.1b
10 ⁸	48.8±1.9c

^{a)}Rustiness was measured by inoculation of CG20126 at 10⁶ cells/ml after growing ginseng for 14 days. ^{b)}Hue value(Hue angle°) ; 0° = red, 90° = yellow, 180° = green, 270° = blue,

^{c)}Mean scores within a column followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$).

본 연구의 결과를 종합하면 적변은 인삼에 상처를 통하여 토양에 생존하고 있는 적변유발 세균이 침입하여 발생하며, 적변의 정도는 수분, 세균의 밀도, 유기물과 관련이 있었다. 따라서 적변의 피해를 줄이기 위해서는 인삼의 이식 시에 상처발생을 억제하고 감염된 세균을 소독함과 동시에 완숙된 유기물을 시용하고 과습방지 등이 효과가 있을 것으로 생각된다.

제 4 절 결과 요약

본 연구는 접종방법, 상토 및 유기물의 종류, 토양수분, 세균밀도가 적변발생에 미치는 영향을 조사하여 적변발생 원인을 밝히기 위하여 실시하였다. 무상처 무접종, 무상처 접종, 상처 무접종, 상처 접종의 Hue 값은 각각 57.5, 113.1, 108.1, 85.8, 57.5 이었으며, 적변은 무상처 무접종 < 무상처 접종 < 상처 무접종 < 상처 접종 순으로 심하게 나타났다. 원예용 상토와 수도용 상토에서 Hue 값은 각각 56.8, 64.7로 수도용 상토보다 원예용 상토에서 적변이 심하게 발생하였다. 토양의 수분농도가 10%, 20%, 50%, 70% 일 때 Hue 값은 각각 96.2, 85.9, 78.0, 75.7로 수분이 높을수록 적변이 심하게 발생하였다. 평균하지 않은 유기질비료를 첨가한 토양에서의 Hue 값은 35.2 - 27.8로 유기질비료는 적변 발생을 심하게 유발하였다. 세균접종 농도가 10², 10⁴, 10⁶, 10⁸ cells/ml 일 때, Hue 값은 각각 63.3, 62.8, 55.6, 48.8로 세균농도가 높을수록 적변의 발생이 심하게 나타났다.

참 고 문 헌

- 안용준, 김홍진, 오승환, 최승윤. 1982. 연작지 토양에서 토양훈증제 처리가 인삼의 근부, 적변 및 생육에 미치는 영향. *고려인삼학회지* 6(1): 46-55.
- 최재을, 이종신, 윤선미, 차선경. 2002. 건전삼과 적변삼 표피 및 무기성분의 비교. *한국작물학회지* 47(3): 161-166.
- 정영윤, 오승환, 이일호, 박창석. 1985. 적변삼의 생물·화학적 특성과 그 발생원인에 관하여. *고려인삼학회지* 9(1): 24-35.
- 송기준, 이일호, 박현호, 박현석, 박찬수, 김대송. 1986. 토양개량 및 예정지 관리방법연구. (재배분야)인삼연구보고서. pp. 777-778
- Kim, K. W. 1994. Survey on Ginseng Damage by Insect and Other Animal Pest. *Korean J. Appl.* 33:237-241.
- Kim, M. S., Lee, J. H., Hong, S. K., Lee, T. S., Beak, N. L. and Han, J. K. 1985. Study of the physiological disorder of ginseng. *Ginseng Res. Report (Cultivation)*, Korean Ginseng and Tobacco Res. Inst., pp. 787-857.
- Kim, M. S., Lee, J. H., Lee, T. S. and Beak, N. I. 1986. Study of the physiological disorder of ginseng. *Ginseng Res. Report (Cultivation)*, Korean Ginseng and Tobacco Res. Inst., pp 797-904.
- Lee, T. S., Mok S. K., Cheon, K. J. and J. Choe, 1995. Chemical components of rusty root of ginseng, *Korean J. Ginseng Sci.* 19:77-83.
- Mok, S. K., Ban, U. S., Chun, S. K., and Lee, T. S. 1995. Studies on rusty ginseng root of causal mechanism and prevention. *Ginseng Res. Report (Cultivation)*, Korean Ginseng and Tobacco Res. Inst., PP. 61-75.
- Mok, S. K., Ban, U. S., Chun, S. K., and Lee, T. S. 1996. Study of the physiological disorder of ginseng. *Ginseng Res. Report (Cultivation)*, Korean Ginseng and Tobacco Res. Inst., pp. 353-493.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience.* 27:1254-1255.
- Lee, M. K., Kim, M. S. and Park, H. 1996. New Korea Ginseng (Cultivation). *Korean Ginseng and Tobacco Res. Inst.* pp. 113-115.
- Ohh, S. S., Park, C. S. and Lee, J. H. 1980. Studies on ginseng root of its causal

mechanism and control. Ginseng Res. Report (Cultivation), Korean Ginseng and Tobacco Res. Inst. pp. 47-77.

Stackebrandt, E., and Liesack, W. 1993. Nucleic acids and classification. In Handbook of New Bacterial Systematic, Edited by M. Goodfellow & A.G.O'Donnell. London: Academic Press. pp 152-189.

Wu, S. H., Park, C. H. and Kim. Y. I 1979. Studies on rusty root of *Panax ginseng*. Ginseng Res. Report (Cultivation), Korean Ginseng and Tobacco Res. Inst., pp. 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.

양덕조, 김용해, 윤길영, 이성식, 된진이, 강현미 . 1997. 인삼근 적변현상과 근권 토양 환경. 고려인삼학회지 21(2): 91-97.

윤길영,, 양덕조. 2001. 인삼 적변현상과 적변물질의 형태-화학적 특성 2000. 고려인삼학회지 24(3): 107-112.

제 3 장 적변삼으로부터 분리한 내생세균의 동정

제 1 절 서언

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 홍삼 제조 시에는 품질저하의 원인이 된다 (김 등, 1984; 목 등, 1987).

인삼의 적변은 上田 (1909)에 의해 최초로 보고 되었다. 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 (1972)도 적부병은 *E. carotovora* subsp. *carotovora*에 의해 발생한다고 하였다. Ahn 등 (1982)은 토양훈증제를 처리하면 적부와 적변이 크게 감소다고 하였고, Chung *et al.* (1985)은 인삼의 적변이 토양의 환원, 병원균의 침입, 과다염류 등의 불리한 환경변화에 의해 발생하는 이상대사이며, 이러한 변화에 적응하기 위한 비특이적인 저항성 기작이라고 하였다.

적변이 많이 발생하는 환경으로는 토양의 과습 (목 등, 1996), 배수 불량 (목 등, 1995), 미부숙 유기질거름의 시용 (김 등, 1985), 토양의 물리성 불량 (목 등, 1996), 예정지 관리미비 (목 등, 1996) 등이라고 보고하였다. 최근에 Yang *et al.* (1997a)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 적변현상을 유도하였고, 적변이 유발된 조직은 다량의 세균과 조직 붕괴현상이 나타난다고 하였다.

이와 같이 적변은 여러 가지 환경에 의해 조장되며 막대한 피해를 받고 있음에도 불구하고 적변의 직접적인 원인과 방제대책이 개발되지 않아 인삼재배 농가의 영농지도에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 적변발생 원인을 구명과 방제대책의 기본 자료로 활용하기 위하여 내생세균에 의한 적변유발 및 유발세균을 동정하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 내생세균의 분리

시험재료는 충남대학교 농업생명과학대학의 부속농장에서 재배한 4년근 인삼과 금산의 수삼공판장에서 4~5년근의 인삼을 구입하여 사용하였다. 70% ethanol과 0.5% 차아염소산나트륨으로 표면 살균하여 건전부와 적변부의 표피를 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 20g, $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ 1.5g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1.5g, agar 15g, glycerol 15 ml, 증류수 1 l; KBA) 배지가 들어있는 petri dish에 $100\mu\text{l}$ 씩을 가하여 표면에 골고루 도말하였다. 27°C의 항온기에서 암 상태로 2~3일간 배양한 후 colony수를 측정하였다. 색과 크기가 다른 colony를 선발하여 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 50 균주를 King's B 배지에서 24시간 진탕 배양한 후 멸균수로 10^8cfu/ml 의 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. 무처리인 상처를 낸 다음 멸균수를 접종하여 비교하였다.

3. 세균학적 특성 검정

적변삼으로부터 분리한 세균의 특성검정은 Schaad (1988) 및 Holt 등 (1994)의 방법에 의해 실시하였다.

4. 16S rDNA 영역의 염기서열 분석

16S rDNA는 효소적인 방법으로 단일클로니로부터 증폭시켰다. 16S rDNA의 PCR 증폭은 Stackebrandt & Liesack (1993)에 의해 기술된 27F 및 1492R primer를 이용하여 실시되었다. PCR 조건과 염기서열 분석은 Chun & Goodfellow (1995)의 방법에 따라 실시되었다. 증폭된 PCR 산물은 QIAquick PCR purification kit (Qiagen)을 사

용하여 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 rDNA염기서열은 GenBank의 비교 sequence를 통해 수작업으로 align하였으며, PHYDIT 프로그램 (Chun *et al.*, 2000)을 이용하여 염기서열을 정리하고 계통분석을 실시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 적변삼의 세균 밀도

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

Table 6. Population of endophytic bacteria between normal and rusty roots of ginseng.

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

2. 적변 유발

적변삼으로부터 분리한 세균에 의한 적변 유발 정도는 Table 7과와 같다. CG20111, CG20112, CG20116, CG20117, CG20122, CG20127, CG20130 균주는 적변을 약하게 유

발하였으며, CG20101, CG20102, CG20103, CG20104, CG20106, CG20107, CG20109, CG20110, CG20114, CG20115, CG20120, CG20121, CG201125, CG20128, CG20129, CG20131, CG20132 균주는 중정도로 유발하였으며, CG20105, CG20108, CG20113, CG20119, CG20123, CG20124, CG20126 균주는 적변을 심하게 유발하여 균주간에 적변 유발 정도가 다양하게 나타났다. 내생균주의 인공접종에 의한 적변유도 병반은 자연발생과 적변과 유사하였다 (Fig 3).

Table 7. 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.



A

B

Fig. 3. 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).

내생세균에 의해 나타나는 표피의 색은 균주에 따라 차이가 있었으며 부패를 동반하거나 세로로 갈라지는 현상도 나타났다. 그러나 상처부위에 멸균수를 접종한 인삼과 상처를 내지 않고 세균을 접종한 인삼에서는 적변현상이 나타나지 않았다. 이 (2002)에 의하면 인삼조직으로부터 분리한 세균은 인삼 켈러스와 반응하여 담황색, 농갈색, 적색의 물질을 분비한다고 하여 갈변현상은 세균에 의해서도 일어난다는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 인삼의 표피에 상처가 생기고 이곳을 통하여 세균이 감염하여 증식될 때 적변이 발생하는 것으로 생각된다.

인삼 재배 중에 발생하는 상처는 묘삼의 채취 작업, 식재과정은 물론 지상부가 바람에 흔들리거나 선충이나 해충의 피해, 곰팡이류에 의한 침입에서도 나타날 수 있다. 지금까지 보고 된 적변이 많이 발생하는 환경인 토양의 물리·화학성의 불량, 기계적 손상, 미숙 유기물의 사용 등은 세포벽이 파괴되는 원인이 되므로 파괴된 조직을 통하여 세균이 침입하여 증식하는 과정에 적변이 발생하는 것으로 추정된다.

그러나 근권의 미생물인 *Cylindrocarpon* sp., *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp., *Kurthia* sp., *Bacillus* sp. 등 (Chung, 1974; 오 등, 1979; Yang *et al.* 1997b)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 8과 같다. 31개 균주 중 Gram 음성균이 24균주, Gram 양성균이 7균주로 Gram 음성균의 비율이 높게 나타났다. 호기적으로 증식하는 균주와 혐기적으로 증식하는 균주는 각각 12균주였다. 그러나 내생포자를 형성하는 균은 분리되지 않았다. 이와 같이 본 시험에서는 적변유발 균주의 대부분은 Gram 음성균이었으며, 양성균이 일부 있었다. 적변유발균은 혐기적으로 증식하는 세균이 5균주, 호기적으로 증식하는 세균이 26균주로 호기적으로 증식하는 세균이 혐기적으로 증식하는 세균보다 비율이 높았다. 형광색소를 생산하는 세균도 5균주가 분리되었다.

4. 16S rDNA 영역의 염기서열 분석 및 세균 동정.

적변을 유발하는 세균의 16S rDNA 염기서열 분석한 결과 Table 9에서와 같이 동정되었다. CG20101, CG20102, CG20126, CG20129 균주는 *Agrobacterium tumefaciens*, CG20103 균주는 *Variovorax paradoxus*, CG20104, CG20105, CG20107, CG20109 균주는 *Pseudomonas marginalis*, CG20106 균주는 *Pseudomonas* sp., CG20105 균주는 *Microbacterium oxydans*, CG20110 균주는 *Rhizobium tropica*, CG20111, CG20112 균주는 *Burkholderia phenazinium*, CG20113, CG20116 균주는 *Lysobacter gummosus*, CG20114 균주는 *Rhodococcus erythropolis*, CG20115 균주는 *Rhodococcus globerulus*, CG20117 균주는 *Lysobacter gummosus*, CG20119 균주는 *Rhizobium leguminosarum*, CG20120 균주는 *Microbacterium luteolum*, CG20121, CG20122, CG20123, CG20124, CG20125, CG20130 균주는 *P. veronii*, CG201127 균주는 *Streptomyces fimbriatus*, CG20128 균주는 *Microbacterium luteolum*, CG20131 균주는 *Ensifer adharens*, CG20132 균주는 *A. rhizogenes*로 각각 동정되었다.

Table 8. Characteristics of bacteria isolated from rusty ginseng roots.

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

-: Negative reaction, + : Positive reaction.

Table 9. 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	<i>Streptomyces fimbriatus</i>
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>		

이상과 같은 결과는 세균의 침해가 적변을 일으키는 중요한 요인이라는 사실을 입증할 수 있었다. 인삼의 적변은 근부병이 발생한 부위, 부패하는 부위, 상처를 받은 부위에서 나타나며, 적변이 발생하면 시간이 지남에 따라 점점, 확대되는 것은 생리적인 원인보다는 세균이 침입하여 세균의 증식부위가 점점 확대되기 때문이라고 생각된다. 이와 같이 적변삼의 형태·해부학적 특징을 고려할 때 적변은 생물적, 무생물적인 요인에 의한 표피세포의 손상과 근권 미생물의 감염으로 표피에 적변물질이 침적된 것으로 추정된다. 앞으로 감염세균에 의한 적색물질의 형성과정과 착색에 관한 기구가 밝혀진다면 적변의 원인을 보다 정확하게 구명할 수 있을 것으로 생각된다.

제 4 절 결과 요약

적변삼은 인삼에서 흔히 볼 수 있으며, 농가에 커다란 경제적 손실을 주지만, 아직 까지 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 적변정도의 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 phenazinum*, *Ensifer adharens*, *Lysobacter gummosus*, *Microbacterium luteolum*, *M. oxydans*, *Pseudomonas marginalis*, *P. veronii*, *Pseudomonas* sp., *Rhizobium leguminosarum*, *R. tropica*, *Rhodococcus erythropolis*, *Rh. globerulus*, *Streptomyces fimbriatus* *Variovorax paradoxus*의 세균으로 판단되었다. 따라서 인삼적변의 발생은 내생세균의 침입 및 증식에 기인한 것으로 추정된다.

참 고 문 헌

- Ahn, Y. J., Kim, H. J., Ohh, S. H. and Choi, S. Y. 1982. Effect of soil fumigation on growth, root rot, and red discoloration of *Panax ginseng* in replanted soils. Korean J. Sinseng Sci. 6: 46-55.
- Choi, J. E., Lee, J. S., Yoon, S. M. and Cha, S. K. 2002. Comparison of inorganic elements and epidermis structures in healthy and rusty ginseng. Korean J. Crop Sci. 47: 161-166.
- Chun, J., Bae, K. S., Moon, E. Y., Jung, S. O., Lee, H. K. and Kim, S. J. 2000. *Nocardiosis kunsanensis* sp. nov., a moderately halophilic actinomycete isolated from a saltern. Int J Syst Evol Microbiol. 50: 1909-1913.
- Chun, J. and Goodfellow, M. 1995. A phylogenetic analysis of the genus *Nocardia*

- with 16S rRNA gene sequences. *Int J Syst Bacteriol.* 45: 240-245.
- Chung, H. S. 1974. The status of past and present research and problems of ginseng diseases, Symposium of Korean Ginseng. Kor. Society of Pharmacognosy. pp. 55-67.
- Chung, Y. R., Ohh, S. H., Lee, I. H. and Park, C. S. 1985. Studies on the biological and chemical properties of rusty ginseng root and its casual mechanism. *Kor. J. Ginseng Sci.* 9: 24-35.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T. and Williams, S. T. 1994. *Bergey's manual of determinative bacteriology.* Williams and Wilkins Co., Baltimore, MD. USA. p. 964.
- Lee, M. W. 1979. Studies on the etiology of red rot of ginseng. *Korean J. Microbiol.* 17: 176-186.
- Lee, S. M. 2002 Antifungal effects of the brown substances produced by interaction between ginseng callus and endophytic bacteria. Chungnam National University MS Thesis. p. 47.
- Lee, T. S., Mok, S. K., Cheon, S. K., Choi, K. J. and Choe, J. 1995. Chemical components of rusty root of ginseng. *Korean J. Ginseng Sci.* 19: 77-83.
- Schaad, N. W. 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, D. C., Yun, K. Y., Kim, Y. H. and Yang, D. C. 2000. Physiological responses of hairy roots of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) to iron status and pH change. *Kor. J. Plant Tiss. Cult.* 27: 31-37.
- Yang, D. C., Kim, Y. H., Yun, K. Y., Lee, S. S., Kwon, J. N. and Kang, H. M. 1997b. Red-colored phenomena of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) root and soil environment. *Kor. J. Ginseng Sci.* 21: 91-97.
- Yun, K. Y. and 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.

김명수, 이종화, 백남인, 홍순근, 이태수, 백남인, 한종구 (1985) 인삼의 생리장해에 관한 연구 인삼연구보고서(재배분야). pp. 787-857.

김명수, 이종화, 이태수, 배남인 (1986) 인삼의 생리장해에 관한 연구. 인삼연구보고서. pp. 797-904.

목성균, 반유선, 천성기, 이태수 (1996) 인삼의 생리장해에 관한 연구. 인삼연구보고서 (재배분야): pp. 84-157..

목성균, 김명수, 홍순근, 이태수 (1987) 인삼의 생리장해에 관한 연구 인삼연구보고서. pp. 353-493.

오승환, 박창석, 김영인 (1979) .인삼의 적변원인 연구. 인삼연구보고서. pp. 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.

제 4 장 적변삼과 폴리페놀 함량 및 폴리페놀옥시다 제 활성과의 관계

제 1 절 서언

인삼의 적변이 발생하면 인삼의 비대생장이 저하되어 수량이 감소하고 홍삼 제조 시에는 품질저하의 원인이 된다 (목 등, 1987). 과수의 갈변현상은 조직에 함유되어 있는 페놀화합물의 산화와 밀접한 관련이 있으며 (Blenkenship과 Richardson, 1985), 복숭아에서는 주로 chlorogenic acid(Cheng과 Crisosto, 1995), 사과에서는 chlorogenic acid, catechin 및 epicatechin의 산화로 인하여 갈변되는 것으로 보고 되었다(Murata 등, 1995). 이러한 흑변 또는 갈변은 주로 polyphenol oxidase(PPO)에 의한 페놀화합물의 산화에 기인하는 것으로 널리 알려져 있지만(Coseteng과 Lee, 1987; Wu 등, 1992) peroxidase가 관여되었을 가능성도 제시되었다(Forget과 Guillard, 1997).

과일의 흑변 현상은 주로 효소적인 갈변 현상에 의해 발생하며 기본적으로 초기에는 산소가 존재하는 조건에서 polyphenol oxidase(PPO)와 peroxidase(POD) 등에 의한 내생 페놀 화합물의 효소적 산화 작용이라고 하였다(Richard-Forget와 Gauillard, 1997). 페놀 화합물이 산화되어 형성된 O-quinones 물질이 중합하여 난용성의 갈색 색소(melanins)가 형성되며, 갈변 부위의 확장은 산소와 내생 페놀 및 PPO의 함량에 영향을 받는다고 하였다(Nicolas 등, 1994; Williams 등, 1985). 또한 페놀 화합물의 축적은 내부 조직보다 외부 조직인 표피와 subepidermal layers에 더 많은 것으로 알려져 있다(Bengoechea와 Sancho 등, 1997).

이와 같이 토양 근권 환경의 불량에 의해 인삼이 stress를 받으면 인삼은 자기 방어물질인 페놀성 물질과 지질성 물질이 외피로 배출되어 이 두 물질이 중합되고 외피에 축적되는데 이러한 과정을 학술적으로 lignin화 내지는 suberin화 된다고 하며 이때 인삼외피에 흡수된 철 또는 토양 중의 Fe이 페놀성 물질과 킬레이트 되면서 이들 물질이 산화 또는 건조되고 염기성을 나타내면서 적색을 띠는 것으로 추정된다고 알려져 있다(인삼연구보고서 1996).

적변으로 인해 인삼에 착색되는 물질을 Methanol로 장기간(12개월) 침지하여 추출하면 거의 대부분이 황색물질이 용출되며, 이에 대한 착색도는 적변삼이 건전삼에 비

하여 5배 정도 높았으며, 페놀성물질의 경우 적변외피에서 건진외피보다 10배 이상 높게 나타났다고 한다. 페놀성 물질 중 에스테르화 페놀성 물질은 적변외피에서 2.5배 높게 나타났고, 결합성 페놀물질은 1.6배, 축합성 페놀물질은 23.5배로 크게 높았다고 한다(인삼연구보고서 1986).

본 연구에서는 최근에 밝혀진 적변 유발 세균을 인공 접종하여 적변유발과 폴리페놀 함량 및 폴리페놀옥시다제 활성과의 관계를 밝히기 위해서 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 사용재료

본 시험에 사용한 적변삼과 건진삼은 금산수삼센터에서 구입하여 사용하였다.

2. 접종균주 및 접종원

적변삼 유발용 균주는 충남대학교 농업생명과학대학 식물자원학부 내병성육종학 실험실에서 분리한 CG20101 ~ CG20131의 31균주 중에 실험을 통해 적변 발현정도가 심한 균주를 사용하였다. 적변 유발이 강하게 나타내는 CG20126균주(*Agrobacterium tumefaciens*)를 사용하였다. 접종원은 초저온 냉장고에 보관중인 균주를 King's B (bacto peptone 20g, $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ 1.5g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1.5g, glycerol 15ml, 증류수 1 l; KBA) 배지에서 24시간 진탕 배양한 후 멸균수로 희석하여 접종원으로 사용하였다. 접종원은 배양한 세균을 멸균수로 10^8 cfu/ml의 농도로 희석하여 접종원으로 사용하였다.

3. 적변삼의 유발

건진한 인삼을 적변삼 상태로 만들기 위해서 4년 근의 건진삼의 표면을 sand paper로 문질러 상처를 내고 접종하였다. 접종한 인삼은 10×20 cm의 원통형 플라스틱 용기에 멸균한 상토를 넣어 인삼을 심고 원통 위와 아래를 멸균한 알루미늄 호일로 밀폐시켜 수분의 증발을 막아 25℃의 암상태에서 유발하였다.

4. 총 페놀함량 조사

총 페놀은 인삼의 적변삼과 건진삼의 표피조직 3g을 원심 tube에 넣고, 산화방지를

위하여 ascorbic acid를 10%로 용해하여 첨가한 다음 80% ethanol 10ml을 첨가하여 2분 동안 마쇄하였다. 그리고 water bath에서 60 °C에서 30분간 진탕한 후, 원심분리 (15,000rpm, 20분, 20°C)하여 상정액을 falcon tube에 담아 total volume을 40ml로 정량하여 분석시료로 사용하였다. 총 페놀 측정은 시료 1ml에 증류수 8ml을 첨가하여 9ml로 추출액을 희석하여 phenol reagent(Hayashi, Japan) 1ml을 첨가하여 vortexing 한 후, 5분 후에 50°C sodium carbonate 1ml(35%)를 넣고 vortexing 하고 발색시킨 다음 2시간이 지난 뒤 725nm에서 흡광도를 측정하였다.

5. Polyphenol oxidase(PPO) 활성 측정

PPO 정제는 조효소액을 추출하기 위해 적변부위와 건전부위의 표피를 각각 3g씩을 0.05M phosphate buffer(pH 6.8) 10ml를 첨가한 다음 마쇄한 후 phosphate buffer 10ml로 1차 세척하고 5ml로 마무리 세척하였다. 세척한 용액을 30min(15,000rpm, 0°C) 동안 원심분리 후 상정액을 조효소액으로 취하였다. 조효소액을 0.2ml씩 10개의 시험관에 넣고 ice bath 상에 보관하였다. PPO 활성은 Wong 등(1971)의 방법을 변형하여 조사하였다. 조효소액을 반응액 0.05M citrate buffer(pH6.8) 2.6ml 와 1.25% pyrogallol buffer(citrate buffer에 녹임) 0.2ml을 넣고 30분 동안 반응시켜 450nm의 흡광도를 측정하였다.

단백질의 함량은 0.1m 단백질 + BCA(bicinchoninic acid solution ; copper sulfate = 50:1) 2.0ml을 혼합하여 섞은 다음 37°C water bath에서 30분간 shaking(rpm 30)한 후 상온으로 식혀 562nm에서 흡광도를 측정하였다. PPO(Polyphenol oxidase)값[ΔOD at 450/gFW/min]은 $UV \text{ 값} \times \text{volume(추출양 ml)} / \text{샘플(g)} / 3(\text{반응시간 min})$ 로 계산하였고, protein값[$\mu\text{m protein/g.FW}$]은 $(UV \text{ 값}-y\text{축}) / \text{기울기} \times \text{volume(추출양)} / \text{샘플(g)}$ 로 PPO 활성[ΔOD at 450/gFW/min]은 PPO / protein 로 나타냈다.

6. 적변에 따른 색도 조사

적변의 심화 정도에 따른 색도를 조사하였다. 색도계를 사용하여 조사하였으며, 그림 1과 같이, Hue angle, a value 값으로 나타내어 비교하였다.

Hue angle(°) = $[ATAn(b/a^2)] \times 360 \rightarrow 0^\circ = \text{red-purple}, 90^\circ = \text{yellow}, 180^\circ = \text{bluish-green}, 270^\circ = \text{blue}.$

제 3 절 결과 및 고찰

1. 인공접종에 의한 적변 진전도 조사

적변삼에서 분리한 CG2026균주를 접종하여 1, 10, 20, 30일 후에 색도계를 이용하여 적변 진전도를 조사한 결과는 Table 10과 같다. 1, 10, 20, 30일 후의 Hue angle 값은 101.2, 10일 후 95.90, 20일후 90.05, 30일후 60.89로 건전삼 106.0에 비하여 붉은 색으로 변화되었음을 알 수 있다. 그러나 자연 발병된 적변의 값은 44.7로 인공 접종한 Hue angle 값보다 낮게 나타났다. 이러한 차이는 인공접종 후 30일 만에 측정하였기 때문으로 생각된다.

Table 10. Effect of incubation period after inoculation on degree of rustiness on ginseng

Days after inoculation	Hue value ^{a)}
Healthy root	106.0
Natural rusty root	44.7
1	101.2
10	95.90
20	90.05
30	60.89

^{a)}Hue value ; 0°=red-purple, 80°= bluish-green, 90°=yellow, 270°=blue.

적변 유발 세균의 접종 후 일수에 따른 적변 진전도는 그림 Fig. 4와 같다. 사진에서와 같이 접종 일 수가 증가 할수록 색깔이 적색으로 진전되는 것을 알 수 있었으며, 자연 발생한 적변보다는 적색이 밝게 나타났다. 자연 발생한 것보다 색이 붉은 것은 발생기간과 관련이 있을 것으로 판단된다.



Fig. 4. Rusty symptoms of ginseng root induced by artificial inoculation of bacteria isolated from rusty ginseng roots. A: one days after inoculation, B: 10 days after inoculation, C: 20 days after inoculation, D: 30 days after inoculation, E: natural rusty ginseng.

2. 적변삼의 polyphenol 함량

건전삼과 자연 발생한 적변삼 중에서 적변정도가 중간정도인 인삼과 적변 정도가 심한 인삼의 폴리페놀을 추출하여 720nm에서 흡광도를 측정한 결과는 Table 11과 같다. 건전인삼의 흡광도는 0.53, 중간 정도의 적변삼은 0.64, 심한 적변삼은 0.70으로 적변 정도가 심해질수록 흡광도가 증가하였다.

Table 11. Comparison polyphenol contents of healthy ginseng, natural occurrence rusty ginseng

	Healthy ginseng	Light rusty ginseng	Heavy rusty ginseng
Polyphenol contents	0.53 ¹⁾	0.64	0.70

¹⁾Absorbance at 720nm.

CG20113(*Lysobacter gummosus*), CG20123(*Pseudomonas veronii*), CG20126균주 (*Agrobacterium tumefaciens*)을 인공적으로 접종하여 유발된 적변삼의 폴리페놀 함량의 변화를 720nm에서 측정한 결과는 Table 12와 같다. CG20113균주의 적변유발균주를 접종하지 않은 무처리구의 경우 1일 후에 흡광도가 0.417, 5일 후 0.420, 10일 후 0.433, 20일 후 0.437, 30일 후에는 0.452 이었다. CG2013균주의 적변유발균주를 접종한 1일 후에는 0.434, 접종 5일 후 0.435, 10일 후 0.455, 20일 후 0.471, 30일 후 0.514로 무처리구보다 흡광도가 각각 0.016, 0.015, 0.022, 0.034, 0.062로 접종 후 일수가 증가할수록 차이가 증가하였다. 이러한 결과는 적변이 심화될수록 폴리페놀 함량이 증가한다는 사실을 확인할 수 있었다.

적변 유발균주인 CG2023균주를 접종 1일 후의 흡광도가 0.452, 5일 후 0.464, 10일 후 0.517, 20일 후 0.524, 30일 후 0.572이었으며, 적변유발균주의 무처리구에는 1일 후에 0.43, 5일 후 0.450, 10일 후 0.483, 20일 후 0.497, 30일 후는 0.524로 나타났다. 접종과 무접종의 차이는 1일 후에 0.021, 5일 후 0.014, 10일 후 0.034, 20일 후 0.027, 30일 후 0.048로 접종 시간이 지남에 따라 차이가 증가하는 경향이였다.

CG2026 균주를 접종한 구에서도 접종 후 일수가 증가할수록 흡광도가 증가하였으며, 처리구와 무처리구의 1, 5, 10, 20, 30일 후의 흡광도 차이는 각각 0.021, 0.024, 0.014, 0.019, 0.081이었다. 이 결과로 CG2001균주부터 CG2031균주의 적변유발균주 중에 사전에 선발하여 실험에 쓰인 CG20113균주, CG2023균주, CG2026균주가 유사한 결과를 얻었다.

Table 12. Comparison of polyphenol after inoculation of CG20113, CG20123, CG20126

Days of inoculation	Control	Inoculation of CG20113	Control	Inoculation of CG20123	Control	Inoculation of CG20126
1	0.417 ¹⁾	0.434	0.431	0.452	0.440	0.461
5	0.420	0.435	0.450	0.464	0.451	0.475
10	0.433	0.455	0.483	0.517	0.472	0.486
20	0.437	0.471	0.497	0.524	0.475	0.494
30	0.452	0.514	0.524	0.572	0.491	0.572

¹⁾ Absorbance at 720nm.

이상과 같이 적변이 심 할수록 polyphenol 함량은 증가하는 것은 상처나 미생물의 침입 등으로 증가된 polyphenol은 계속 축적하여 증가하기 때문으로 생각된다. 그러나 PPO의 활성은 polyphenol의 합성이 왕성할 때는 활성이 증가하지만 합성이 감소하거나 필요하지 않을 때는 활성이 감소하기 때문이라고 생각된다.

즉 적변은 외피의 바깥쪽에서부터 적변화가 점진적으로 진전됨에 따라 외피층 바깥 세포의 phenol은 점점 증가하고 PPO 활성은 낮아지거나 또는 활성이 없는 죽은 세포로 되기 때문이라고 생각된다.

과수 중 갈변현상은 그 조직에 함유되어 있는 페놀화합물의 산화와 밀접한 관련이 있으며 특히 저장 후 이들 페놀화합물의 변화가 큰 것으로 밝혀졌다(Blenkship과 Richardson, 1985). 복숭아에서는 주로 chlorogenic acid(Cheng과 Crison, 1995), 사과에서는 chlorogenic acid, catechin 및 epicatechin의 산화로 인하여 갈변되는 것으로 보고되었다(Murata 등, 1995).

적변은 식물체가 자기방어적인 작용으로 근 표피에 적변물질을 축적하여 적변삼이 발생하는 것으로 추정되고 있다. 본 시험에서 건전삼에 비하여 polyphenol 함량이 증가한 것은 인삼근 적변표피에 phenolic compound 함량과 Fe의 함량이 높고(정 등 1985), 적변 표피 중에는 phenol 성 물질 함량이 높다고 보고한 이(1990)의 보고 등과 일치하였다.

CG20126 균주를 접종 1, 10, 20, 30일 후의 인삼으로부터 추출한 용액의 색의 변화는 그림 3과 같다. 접종 일수가 증가할수록 갈변도가 증가하였으며, 이러한 결과는 polyphenol의 흡광도와 같은 경향이었다.

3. 적변삼의 폴리페놀 옥시다제의 활성

적변삼과 건전삼의 폴리페놀 옥시다제(PPO)의 활성을 비교한 결과는 Table 13과 같다. 자연 상태의 적변삼의 PPO 활성은 0.044/protein으로 건전삼 0.087에 비하여 활성이 낮아졌고, 총 활성도 낮았다. 이러한 결과는 자연발생한 적변삼은 적변화 기간이 길기 때문에 조직표면의 페놀이 폴리페놀로 이미 변화하였기 때문에 PPO의 활성이 낮아진 것으로 판단된다.

인공 접종한 적변삼의 PPO 활성은 0.040/protein으로, 무처리의 0.085보다 활성이 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 인공 접종한 인삼의 총 PPO 활성은 0.653이고 무처리의 총 PPO 활성은 0.403으로 무처리에 비하여 증가하였다. 인공접종의 인삼에서 단백질당 PPO의 활성이 낮은 것은 접종한 세균의 단백질이 많기 때문으로 생각된다.

자연 발생한 적변삼에서 건전삼보다 단백질의 함량이 높은 것은 적변삼에서 세균의 밀도가 높다는 최 등(2002)의 보고와 관련이 있을 것으로 생각되며 인공 접종하여 유발한 적변삼에서도 단백질의 함량이 높은 것도 인공 접종한 세균에 의한 것으로 판단된다.

Table 13. Comparison polyphenol oxidase activity in rusty ginseng and healthy ginseng

	PPO(mg · g ⁻¹ FW)	Protein(mg)	PPO activity (PPO / protein)
Rusty ginseng (nature)	0.299	6.818	0.044
Healthy ginseng(nature)	0.347	4.005	0.087
Rusty ginseng (inoculation of CG20126)	0.653	16.228	0.040
Control	0.403	4.738	0.085

적변유발균주인 CG20113, CG20123, CG20126균주를 접종하여 1일에서 30일이 지난 후 PPO와 Protein, PPO activity를 조사한 결과는 Table 14와 같다. CG20113균주를 접종 한 후, 1일에는 PPO값은 0.969이었고, 10일 후에는 1.450이었으며 20일후에는 1.531, 30일 후에는 1.167(mg · g⁻¹FW)로 나타났다. 단백질 량은 접종 1일 후에는 17.0(mg · g⁻¹FW), 10일 후에는 37.2, 20일 후에는 39.1, 30일 후에는 29.7이었다. 그에

따른 PPO activity를 조사하여, 1일 후에는 0.057, 10일 후에는 0.039, 20일 후에는 0.039, 30일 후에도 0.039로 조사되어, CG2013균주를 접종한 후 10일 후부터는 더 이상 활성이 점차적으로 감소하지는 않고 10일 이후부터 비슷한 수준의 활성을 나타내는 것으로 나타났다. PPO값이 접종 20일 후에 1.531로 가장 높게 나타났으며 30일 후에는 다시 감소하는 경향이였다. 단백질 값 또한 CG2013 균주 접종하여 조사하였을 때, 20일 후가 가장 높은 39.1로 30일 후에 29.7로 다소 감소하는 경향이 나타났다.

Table 14. Comparison of PPO, Protein, PPO activity after inoculation of CG2013, CG20123, CG20126

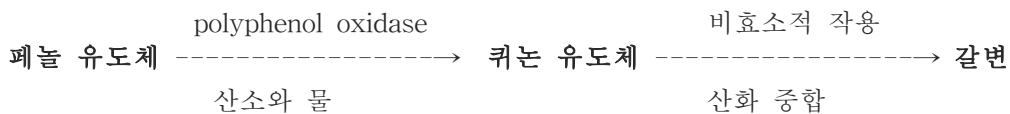
Days after inoculation	Isolate	PPO(mg · g ⁻¹ FW)	Protein(mg)	PPO activity (PPO / protein)
1	CG20113	0.969	17.0	0.057
	CG20123	1.089	19.1	0.057
	CG20126	1.157	20.5	0.056
10	CG20113	1.450	37.2	0.039
	CG20123	1.626	41.7	0.039
	CG20126	1.176	45.2	0.039
20	CG20113	1.531	39.1	0.039
	CG20123	1.767	45.3	0.039
	CG20126	1.863	48.1	0.039
30	CG20113	1.167	29.7	0.039
	CG20123	1.334	34.2	0.039
	CG20126	1.406	36.0	0.039

CG2023균주를 접종하여 1일에서 30일이 지난 후 PPO와 Protein, PPO activity을 조사한 결과, 접종 후 1일에는 PPO값은 1.089였고, 10일 후에는 1.626이었으며 20일 후에는 1.767, 30일 후에는 1.334로 나타났다. 단백질량은 접종 1일 후에는 19.1(mg · g⁻¹FW), 10일 후에는 41.7, 20일 후에는 45.3, 30일 후에는 34.2이었다. 그에따른 PPO activity를 조사하여, 1일 후에는 0.057, 10일 후에는 0.039, 20일 후에는 0.039, 30일 후에도 0.039로 조사되어, CG2023균주를 접종한 후 10일 후부터는 더이상 활성이 점차적으로 감소하지는 않고 10일 이후부터 비슷한 수준의 활성을 나타내는 것으로 나타났다. PPO값이 접종 20일 후에 1.767로 가장 높게 나타났으며 30일 후에는 다시 감

소하는 경향이였다. 단백질량 또한 20일 후가 가장 높은 45.3으로 30일 후에 34.2로 다소 감소하는 경향이 나타났다.

CG2026균주의 접종 일수에 따른 PPO와 Protein, PPO activity를 비교한 결과는, 접종 후 1일에는 PPO값은 1.157이었고, 10일 후에는 1.176이었으며 20일후에는 1.863, 30일 후에는 1.406으로 나왔다. 단백질량은 접종 1일 후에는 20.5(mg · g⁻¹FW), 10일 후에는 45.2, 20일 후에는 48.1, 30일 후에는 36.0이었다. 그에 따른 PPO activity를 조사하면, 1일 후에는 0.056, 10일 후에는 0.039, 20일 후에는 0.039, 30일 후에도 0.039로 조사되어, 더 이상 활성이 감소하지는 않고 10일 이후부터 비슷한 수준의 활성을 나타내는 것으로 나타났다. PPO값이 접종 20일 후에 가장 높게 나타났으며 30일 후에는 다시 감소하는 경향이였으며, 단백질량 또한 CG2026균주를 접종하여 조사하였을 때 20일 후가 가장 높은 48.1(mg · g⁻¹FW)로 30일 후에 36.0으로 다소 감소하는 경향이 나타났다.

이상의 결과를 요약하면 적변삼은 상처를 통하여 침입한 미생물이 증식하면서 세포를 파괴하고 이 때 합성된 페놀유도체가 산소와 물이 존재하면 polyphenol oxidase에 의하여 퀴논 등의 유도체로 변화하고 이 유도체들은 산화 중합하여 비효소적인 작용으로 갈변하는 것으로 추정된다.



제 4 절 결과요약

본 연구는 적변삼과 polyphenol 함량 및 polyphenol oxidase 활성과의 관계를 밝히기 위하여 실시하였다. polyphenol 함량은 건진 인삼보다 자연 발생한 적변에서 많았으며 적변정도가 심할수록 증가하였다. 적변유발세균을 인공 접종하여 유발된 적변삼의 폴리페놀 함량은 무처리에 비하여 증가하였다. 또한 polyphenol 함량은 접종 후 일수가 증가할수록 증가하였다. 자연발생한 적변삼의 PPO 총활성과 활성/단백질은 건진

삼 비하여 활성이 낮았다. 인공 접종하여 발생한 적변삼의 PPO 활성/단백질은 건전삼의 활성보다 낮았으나 총 PPO 활성은 건전삼보다 증가하였다.

참 고 문 헌

- Blenkenship, S. and Richardson, D. G. 1985. Changes in phenolic acids and internal ethylene during long-term cold storage of pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:336-339.
- Cheng, G. W. and C. H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenol oxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 835-838.
- Choi, J. E., Lee, J. S., Yoon, S. M. and Cha, S. K. 2002. Comparison of inorganic elements and epidermis structures in healthy and rusty ginseng. *Korean J. Crop Sci.* 47: 161-166.
- Chung, Y. R., Ohh, S. H., Lee, I. H., Park, C. S. 1985. Studies on the biological and chemical properties of rusty ginseng root and its casual mechanism. *Kor. J. Ginseng Sci.* 9:24-35.
- Cheng, G.W. and C.H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenol oxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. *J. Costeng, M.Y. and C.Y. Lee.* 1987. Changes in apple polyphenol oxidase and polyphenol concentration in relation to degree of browning. *J. Food Sci.* 52:985-989.
- Murata, M., M. Tsurutani, M. Tomita, S. Homma, and K. Kaneko. 1995. Relationship between apple ripening and browning: changes in polyphenol content and polyphenol oxidase. *J. Agr. Food Chem.* 43:1115-1121.
- Nicolas, J.J., F. Richard, P. Goupy, M.J. Amiot, and S.Y. Auber. 1994. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34:109-157.
- Williams, D.C., M.H. Lim, O.a. Chen, R.N. Pangborn, and J.R. Whitaker. 1985.

Blanching of vegetables for freezing. Which indicator to choose? Food Technol. 40:130-140.

Wu, G.X., H.W. Zhou, and J.M. Wang. 1992. Biochemical mechanism and substances determination of enzymic browning of Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd). Acta Hort. 19:198-202.

목성균, 김명수, 홍순근, 이태수 (1987) 인삼의 생리장해에 관한 연구 인삼연구보고서. pp.353-493.

최재을, 육진아, 김진희, 최춘환, 천종식, 김영준, 이향범. 적변삼으로부터 분리한 내생세균의 동정 및 적변 유발. 약용작물학회

제 5 장 적변삼의 방제법 개발

제 1 절 서 언

인삼은 반음지성 다년생 식물로서 해가림 아래에서만 재배가 가능하고, 기지현상이 심해 연작이 불가능 하며, 토양 중의 무기염류에 대한 반응이 극히 예민하고 내병성이 약한 재배적 특수성을 갖고 있다 (김, 1974; 박, 1996). 또한, 동일 포장에서 장기간 재배되기 때문에 재식토양의 물리, 화학적 특성에 의한 환경적 요인과 미생물의 밀도와 분포 변화 같은 생물적 요인의 상호작용에 의해 다양한 형태의 생리적 장애가 유발된다 (정 등, 1985; 양 등, 1997). 이러한 환경은 인삼의 생육을 저해하고 품질의 저하 및 병해의 다발을 초래하는데, 특히 뿌리표면의 전부 또는 일부가 적색을 띄우며 세포의 발달이 억제되고 심하면 동체표피에 종단과열을 동반하는 적변은 인삼 재배농가에 광범위하게 발생하여 막대한 피해를 주고 있다 (김 등, 1984; 목 등, 1996).

과거, 적변은 근권 미생물과 관계가 적고, 식물 병원균의 감염에 의해서 발생하는 것이 아니며 (오 등, 1978; 이, 1991), 불량한 재배환경, 즉 집중누수와 상면염류 집적 등이 적변의 원인인 것이라고 판단되었다(목 등, 1995; 목 등 1996). 양 등은 (1997), 적변 현상은 페놀물질이 인삼외피로 배출되면서 지질성 물질과 중합되고 이때 표피에 다량의 Fe가 침적되는 점과 세균을 포함한 미생물의 밀도가 적변삼에서 높은 점으로 미루어 보아 이들 미생물과 인삼뿌리의 이온흡수기작의 상호작용에서 Fe³⁺가 밀접하게 관련되어 있음을 제시하였다. 최 등은(2002) 적변 부위 표피에서의 세균밀도는 건전부위의 세균밀도보다 104~105 이상 많았고, 세균을 접종하면 표피조직이 분해 되는 사실을 보고하였다. 따라서 적피는 일차적인 방어기능을 담당하는 세포벽이 손상됨에 따라 인삼근 표면에 토양의 유·무기 이온이나 착화합물이 침적되는 등의 원인으로 적갈색의 병반이 생기고, 이차적으로 조직이 파괴된 세포벽을 통해, 세균을 포함한 미생물의 침입이 일어나 미생물상의 환경과 무기이온, 토양산도등과 같은 환경요인과의 복합적 작용에 의한 생리적 장애로써 일어나는 것으로 보인다 (이 등, 2004). 인삼의 적변현상과 직, 간접적인 상관관계를 보이는 미생물은 *Cylindrocarpon* sp., *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp., *Kurthia* sp., *Bacillus* sp. *Lactobacillus* sp., *Micrococcus* sp., *Neisseria* sp. 등이 보고 되었다 (김, 1968; 정 1974; 오 등, 1979; Matsuo와

Miyazawa, 1984; 양 등, 1997; 윤과 양, 2001). 그러나 현재까지 적변을 유도하는 원인과 기작에 대해 완전하게 밝혀지지 않고 있으며, 적변삼 유발의 병원 미생물에 대해서도 논란이 지속되고 있다.

최근, 본 연구진은 적변을 나타내는 인삼뿌리에서 내생세균을 다수 동정하였고 이들 내생세균에 의해 자연현상의 적변과 유사하게 인삼표피가 적변화가 됨을 확인하였다 (최 등, 2005). 이들 내생세균이 적변을 유도하는 유일한 원인 균일지는 아직 확실치 않으나, 적변발생의 복합적 원인 중 하나로 세균의 침해에 따른 적변의 방제법을 검토하기 위해서는 중요한 자료임은 틀림없다.

본 연구는 적변 방제의 일환으로 적변 유발 내생세균의 침입 및 증식을 방제하기 위해 소독제, 미생물제를 포함한 천연화합물, 항생제 등을 이용하여 이들에 대한 적변 유발균의 감수성을 조사하고 감수성이 강한 제제를 선발하여 실제 포장에서의 인삼의 생육 및 적변삼 발생에 미치는 영향을 조사하였다.

제 2절. 재료 및 방법

1. 소독제 처리에 대한 내생세균의 감수성 조사

최 등 (2005)에 의해 적변 유발이 확인된 내생세균을 이용하여 소독제 및 미생물제 처리에 따른 이들 균주의 감수성을 조사하였다. King's 배지()에 소독제를 생산업자 권장용 농도로 희석하여 도달한 후, 적변 유발균을 도달하고 균의 성장여부를 조사하였다. 사용된 소독제는 D(Didecyl dimethyl ammonium bromide 10%), ClO(ClO₂ 24,000ppm), ODDA(Octyldecyl dimethyl ammonium chloride 2.250%, Diocyl dimethyl ammonium chloride 1.125%, Didecyl ammonium chloride 1.125%, Alkyl diethyl benzyl ammonium chloride 3.000%), GD(Glutaraldehyde 1.5%, Dimethyl cocobenzyl ammonium chloride 1%)로 각각 500배 희석하여 사용하였고, 또한 NaClO(Sodium hypochlorite 99%)는 600배 희석하여 사용하였다.

2. 항생제 처리에 대한 내생세균의 감수성 조사

King's 배지(MgSO₄ · 7H₂O 1.5g, K₂HPO₄ 1.5g, peptone 20g, glycerol 15ml, Agar 15g/1L)에 적변유발 내생세균을 도달하고 그 위에 항생제 disc(paper disc for antibiotic)을 올려놓은 후, 28°C에서 3일간 배양하여 저지원의 직경을 조사하였다. 항생제 disc는 각각 Ampicilin(10mg), Chloramphenicol(30mg), Erythromycin(15mg), Kanamycin(30mg), Neomycin(30mg), Rifampin(5mg), Streptomycin(10mg), Tetracycline(30mg)가 포함되어 있다.

항생제의 혼합처리를 위해서는, Neomycin (30mg)과 Tetracycline(30mg)을 1:1로 혼합한 액을 흡착시킨 paper disc 및 Neomycin(30mg)과 Streptomycin(10mg)을 1:1로 혼합한 액을 흡착시킨 paper disc를 이용하였다.

3. 적변 발생억제 효과 검정

사용된 약제로서, 소독제는 600배 희석한 NaClO, 각각 500배로 희석한 D와 ClO를 1:1로 혼합한 액, ODDA와 GD를 1:1로 혼합한 액을 이용하였다. 또한, 친환경 제제로서 미생물제(Microbial agent, 40배 희석), 식물생육촉진제(Plant growth promoter agent, 1000배 희석), 0.2% 키토산(C₆H₁₃NO₅, MW 179.17, pH 5.8)을 사용하여 그 효과를 조사하였다. 항생제로서는 Neomycin 30mg와 Tetracycline 30mg를 1:1로 혼합한 액과 Neomycin 30mg와 Streptomycin 10mg을 1:1로 혼합한 액을 각각 이용하였고, 코팅제 및 전착제로서 제올라이트, 제오빌더, 황토를 사용하였다.

건전한 묘삼에 적변을 강하게 유발하는 CG20105(*Agrobacterium tumefaciens*), CG20126(*Pseudomonas marginalis*)를 혼합접종한 후, 실내실험을 통해 내생세균의 감수성이 강하게 나타난 약제를 단독 또는 혼합 처리하여 포장에서의 적변 발생 억제 효과를 조사하였다. 건전한 묘삼을 10⁶ cells/ml로 희석한 각각의 균주를 1:1로 혼합한 액에 20분간 침지시켰다. 침지한 묘삼을 음건하고, 음건함 묘삼을 각각의 약제에 5분간 침지시킨 후 음건하였다. 약제 침지 처리된 묘삼은 개량형 해가림 시설 하에서 생육하였으며, 완전임의 배치법으로 칸당 70본으로 2칸 (1칸 : 90cm×180cm)씩 3반복 식부하였다. 포장관리는 점무늬, 탄저병 동시방제 약제를 매년 4회 처리하였으며, 기타관리는 인삼의 재배법(한국인삼연초연구원, 재배편)에 준하였다.

4. 적변도 조사

적변도 검사를 위해 2004년 10월 01일, 2005년 10월 09일 인삼을 채굴하였다. 각 처리 반복당 20개체씩 채굴하여 근 직경, 근장, 근중, 적변도를 조사하였다. 적변도는 4등급 (0; 건전, 1; 1~10%, 2; 11~24%, 3; 25% 이상)으로 구분하여 개체별로 조사하여 산술평균하고 SAS program에서 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 적변 유발균의 소독제에 대한 감수성 조사

본 실험에 사용된 소독제의 성질을 분류해 보면, 산화력을 이용하여 박테리아, 세균 등을 멸균하는 염소가 주성분인 NaClO, ClO, 세정력 및 살균력에 효과를 보이는 계면활성제인 D, ODDA, B, 알데히드제인 GD로 나눌 수 있다. 이들 소독제에 대한 적변 유발균의 감수성을 조사한 결과는 Table 15와 같다. NaClO를 600배 희석하여 배지에 도달한 후 적변 유발균을 도달한 결과, 모든 공시균이 성장하지 못했다. 또한, ClO, D, ODDA, B, GD의 다양한 혼합 효과를 조사한 결과, ODDA/GD의 혼합액 처리에서 모든 적변 유발균이 성장하지 못했다. D/ClO, B/ODDA, B/D 및 GD/D 처리는 균주에 대해 감수성의 차이를 보였으나, 대체적으로 적변 유발균의 성장을 억제하는 효과를 보였다.

본 실험에 이용한 적변 유발균은 이전 실험에서 상처를 통한 접촉에 의해서만 적변을 일으키고, 무상처에서는 아무런 변화가 보이지 않았다. 실제, 인삼을 연작 할 경우에도 토양병원균은 식물체의 기공, 수공 또는 각피를 통하여 침입하거나 묘삼의 이식 시 지근을 제거하는 과정에 발생하는 상처, 작업 중에 발생하는 기계적 상처를 통해서도 침입하는 점으로 보아 이들 균들에 의한 병발생의 방제법으로 묘삼을 NaClO을 이용하여 소독하는 것이 효과적으로 보인다.

2. 적변 유발균의 항생제에 대한 감수성 조사

항생제에 대한 적변 유발균의 저지원 크기를 관찰하여 감수성 정도를 조사한 결과는 Table 16과 같다. 각각의 적변 유발균은 항생제에 따라 그 감수성 정도가 달랐는데, Neomycin과 Tetracycline 및 Neomycin과 Streptomycin의 혼합처리는 모든 적변 유발균이 감수성을 보였다.

Table 15. Proliferation potential of bacteria isolated from rusty ginseng root in response to various disinfectants

Isolated bacteria	Type of disinfectants					
	NaClO ^a	D/CIO	B/ODDA	B/D	GD/D	ODDA/GD
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	- ^b	-	-	-	-	-
<i>Agrobacterium rhizogenes</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas marginalis</i>	-	±	-	-	±	-
<i>Pseudomonas sp.</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Microbacterium oxydans</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Rhizobium tropica</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Burkholderia phenazinium</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Lysobacter gummosus</i>	-	+	-	-	±	-
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Rhodococcus globerulus</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Rhodococcus leguminosarum</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Microbacterium luteolum</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas veronii</i>	-	-	±	±	±	-
<i>Ensifer adharens</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Variovorax paradoxus</i>	-	-	-	-	-	-
Unknown	-	+	-	-	+	-

^a -; negative growth, ±; slight growth, +; positive growth.

^b NaClO; sodium hypochlorite 99%, D; didecyl dimethyl ammonium bromide 10%, CIO; ClO₂ 24,000ppm, B; benzalkonium chloride 10%, ODDA; octyldecyl dimethyl ammonium chloride 2.250%, dioctyl dimethyl ammonium chloride 1.125%, didecyl dimethyl ammonium chloride 1.125% and alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride 3.000%, GD; glutaraldehyde 1.5% and Dimethyl cocobenzyl ammonium chloride 1.0%.

※ / ; mixed treatment.

일반적으로 항생제는 병원세균의 증식을 억제하여 초기의 병반 및 2차 진전을 막아 주는 역할을 한다. 따라서 적변 유발 내생세균에 의한 적변 발생을 초기에 방제하는 방안으로 Neomycin, Tetracycline, Streptomycin의 적절한 혼합처리가 효과적인 것으로 생각되어진다.

Table 16. Susceptibility of bacteria isolated from rusty ginseng root to different antibiotics

Identified bacteria	Type of antibiotics									
	Amp _a	Chl	Ery	Kan	Neo	Rif	Str	Tet	N/S	N/T
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	10.6 ^b	9.7	19.7	9.3	12.5	11.5	10.3	11.5	16.5	18.0
<i>Agrobacterium rhizogenes</i>	9.0	ND	ND	ND	ND	8.0	ND	13.0	11.0	19.0
<i>Pseudomonas marginalis</i>	ND ^c	3.0	ND	9.8	11.8	10.5	8.8	10.0	19.0	19.5
<i>Pseudomonas sp.</i>	ND	ND	ND	10.0	14.0	10.0	8.0	11.0	22.0	21.0
<i>Microbacterium oxydans</i>	ND	9.0	11.0	13.0	14.0	9.0	9.0	13.0	21.0	18.0
<i>Rhizobium tropica</i>	ND	7.0	ND	11.0	20.0	13.0	8.0	11.0	20.0	20.0
<i>Burkholderia phenazinium</i>	9.5	9.0	12.5	6.5	9.5	6.5	9.5	12.5	22.5	26.0
<i>Lysobacter gummosus</i>	10.3	10.7	9.0	6.0	8.3	15.3	9.7	10.7	17.0	18.7
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	11.0	9.0	15.0	12.0	16.0	12.0	10.0	11.0	19.0	19.0
<i>Rhodococcus globerulus</i>	12.0	11.0	12.0	12.0	14.0	10.0	10.0	9.0	17.0	17.0
<i>Rhodococcus leguminosarum</i>	10.0	13.0	15.0	13.0	15.0	11.0	10.0	12.0	28.0	25.0
<i>Microbacterium luteolum</i>	5.5	5.5	5.5	12.5	10.0	3.5	12.5	13.0	22.0	21.5
<i>Pseudomonas veronii</i>	5.4	4.8	7.2	9.3	11.5	7.2	8.5	9.3	20.5	21.2
<i>Ensifer adharens</i>	ND	7.0	ND	8.0	ND	11.0	8.0	11.0	21.0	21.0
<i>Variovorax paradoxus</i>	ND	ND	ND	10.0	16.0	ND	ND	ND	15.0	15.0
Unknown	ND	9.0	9.0	10.0	14.0	8.0	9.0	11.0	18.0	18.0

a Amp; ampicilin 10 µg, Chl; chloramphenicol 30 µg, Ery; erythromycin 15 µg, Kan; Kanamycin 30µg, Neo; neomycin 30 µg, Rif; rifampin 5 µg, Str; streptomycin 10 µg, Tet; tetracycline 30 µg.

^b The diameter of clear zone (mm).

^c ND; not detected.

3. 소독제 및 천연화합물 제제 처리가 적변삼 발생에 미치는 영향

공시한 적변 유발균 *Agrobacterium tumefaciens*와 *Pseudomonas marginalis*에 대하여 실내검정에 의해 감수성을 나타내는 NaClO, D/ClO, ODDA/GD의 소독제 혼합 처리가 적변방제에 미치는 영향을 조사 하였다.

각종 제제를 처리한 묘삼을 봄에 이식하고, 그해 가을, 2004년 10월에 생육조사 및 적변발생 여부를 조사한 결과(Table 17, D/ClO, ODDA/GD 처리는 실내검정과는 달리 포장에 있어 적변의 정도가 대조구보다 심하며, 생육도 저조하였다. 이들 소독제는 단시간 내에 살균, 소독효과를 보이거나, 잔류효과가 강한 특성이 토양의 pH 및 근부 미생물상을 변화시켜 적변이 심화되고, 약제에 의한 독성이 인삼생육에 영향을 미친 것으로 생각되어 진다. 한편, NaClO 처리구는 대조구와 비교하여 전체적인 인삼의 크기나 모양에는 별다른 차이가 없으나, 적변 발생정도가 0.80으로 대조구 1.26에 비해 적변방제 효과가 우수한 것으로 나타나 실내시험에서의 결과와 일치하였다.

또한, 각종 병해에 대한 저항력을 높여주는 천연물 제제에 따른 적변발생 및 생장 효과를 조사하였다. 본 실험에 사용한 천연물 제제는 해조를 초저온 처리 가공한 천연제품으로 베타인을 다량 함유한 식물생장촉진 제제인 GD, 키토산 및 토양의 길항균을 이용한 미생물 제제이다. GD는 각종 생리장애, 병해, 식물상처 등에 저항력을 높여주는 항스트레스 작용이 있으며, 키토산 및 미생물제제는 유해균 억제, 유익균 증식 등의 기능을 갖고 있는 것으로 알려져 있으나 본 실험에서는 키토산 및 미생물제제 처리는 생육이 다소 부진하였고, 적변 방제에 있어서도 효과가 없거나 대조구보다 진전되어 있었다. 이는 제제의 희석배수, 침지시간 등의 부적합으로 표피조직에 피해를 입었을 것으로 생각된다.

년차별 조사를 위해, 2005년 10월에 다시 인삼을 채굴하여 생육조사 및 적변발생 여부를 조사한 결과, 전년도인 2년차 인삼을 조사했던 것과 유사한 양상을 보였다 (Table 17). 소독제의 혼합처리에서는 생육부진과 함께 적변화도 대조구보다 오히려 진전되었고, 천연물 제제들도 적변 정도는 대조구와 거의 비슷했으나, 근중이 감소하는 등 생육이 저조하였다. 이러한 결과는, 이들 제제를 이용한 부적합한 처리에 의해 이미 2년차에 생육부진 및 적변을 진전시켜 그 다음해 까지 영향을 끼친 것으로 보인다. 대조적으로, NaClO 처리는 지난해의 적변도와 마찬가지로 적변이 심하지 않았고, 근장 및 근중이 다소 적게 나가는 경향이었으나 체형에 있어서도 균일함을 보여 생육에 있어서 별다른 지장을 주지 않는 것으로 나타나, 적변 유발균의 증식 억제와 이식시 발생하는 상처소독에는 NaClO가 가장 효과가 좋은 것으로 생각된다.

Table 17. Efficacy of various immersion treatments with disinfectants, microbial and natural agents in growth and rusty root of two years old ginsengs

Treatments	Root diameter (mm)	Root length (cm)	Root weight (g)	Degree of rusty root
Control ^a	10.36 ^a ^b	18.85 ^{ab}	4.97 ^a	1.26 ^{bc}
NaClO	10.30 ^{ab}	18.59 ^{ab}	4.77 ^a	0.80 ^c
D/CIO	9.72 ^b	17.88 ^b	3.87 ^b	2.55 ^a
ODDA/GD	10.05 ^{ab}	19.49 ^{ab}	4.64 ^a	2.65 ^a
PGPA	10.43 ^a	19.86 ^a	5.03 ^a	1.50 ^{bc}
MA	10.49 ^{ab}	19.00 ^{ab}	4.73 ^a	2.18 ^a
Chitosan	9.06 ^c	15.87 ^c	3.35 ^b	1.31 ^b

a Control: no treatment, NaClO; sodium hypochlorite 99%, D; didecyl dimethyl ammonium bromide 10%, ClO; ClO₂ 24,000ppm, ODDA; octyldecyl dimethyl ammonium chloride 2.250%, dioctyl dimethyl ammonium chloride 1.125%, didecyl dimethyl ammonium chloride 1.125% and alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride 3.000%, GD; glutaraldehyde 1.5% and dimethyl cocobenzyl ammonium chloride 1.0%, PGPA; plant growth promoter agent, MA; microbial agent, Chitosan; C₆H₁₃NO₅.

b Different alphabet showed significant differences at 5% by Duncan's multiple range test. Each datum is average of three replicates.

※ / ; mixed treatment.

4. 항생제 및 전착제 처리가 적변삼 발생에 미치는 영향

실제 포장에서의 이들 두 조합의 항생제가 적변 발생에 효과가 있는지를 알아보기 위하여, 묘삼에 적변 유발균 *Agrobacterium tumefaciens*와 *Pseudomonas marginalis*를 접종하고, 적정 농도의 Neomycin, Tetracycline 및 Streptomycin의 항생제 조합에 침지시킨 후 이식하였다. 또한, 항생제의 효과를 증진시키기 위하여 전착제 역할을 하는 화이트카본, 제올라이트, 제오빌더 및 황토를 첨가하여 이들의 효과도 검토하였다. 이식 후, 그해 가을에 인삼의 생육 및 적변 발생 정도를 조사한 결과는 Table 18과 같다.

Neomycin과 Tetracycline의 혼합처리는 실내실험과 마찬가지로, 대조구에 비해 적변도가 작게 나타났다. 단, Neomycin과 Tetracycline의 혼합처리는 근중이 적게 나가는 단점을 보였다. 이러한 특성은, 전착제를 첨가한 처리에서도 볼 수 있는데, 전착제 중 화이트카본, 제올라이트는 항생제만 처리할 때 보다 더 적변방제에 효과적이었으

나, 근중이 감소하였고, 제오빌더를 첨가하였을 경우에는 오히려 적변이 진전됨을 알 수 있었다. 한편, Neomycin과 Streptomycin의 혼합처리는 적변방제에 다소 효과를 보이고, 생육에도 별다른 영향을 미치지 않았으나, 이들 항생제 조합에 전착제를 첨가한 모든 처리구에서 적변이 대조구보다 더욱 진전되었다. 본 실험에 사용한 전착제는 분말제제로서 이들을 물에 희석하여 이용하였는데, 실제 이들 전착제가 채굴시 근 표면에 다수 부착되어 있음을 확인하였다. 이는 전착제가 오히려 인삼뿌리의 호흡에 저해를 초래한 결과로 보인다. 또한, 항생제 처리에 따른 인삼 생육의 부진은 항생제 처리가 토양의 유익한 미생물의 서식 또한 억제할 가능성에 기인한 것으로 생각된다.

Table 18. Efficacy of various immersion treatments with antibiotics in growth and rusty root of two years old ginsengs

Treatments	Root diameter (mm)	Root length (cm)	Root weight (g)	Degree of rusty root
Control ^a	8.41 abc ^b	4.39 a	15.35 a	0.47 a
N/T	10.71 a	4.07 a	9.62 b	0.24 ab
N/T/W	8.04 bc	3.13 abc	9.26 b	0.07 b
N/T/L	8.09 bc	2.92 abc	10.00 b	0.47 ab
N/T/Zeo	8.74 ab	3.17 abc	10.86 b	0.14 ab
N/T/Z	6.75 bc	1.70 bc	8.25 b	1.14 a
N/S	9.29 ab	4.01 a	16.20 a	0.34 ab
N/S/W	8.15 bc	3.48 abc	14.47 a	0.77 ab
N/S/L	8.97 ab	3.63 ab	14.89 a	0.71 ab
N/S/Zeo	8.36 abc	3.63 ab	14.18 a	1.11 ab
N/S/Z	6.02 c	1.47 c	10.45 b	0.90 ab

a Control; no treatment, N; neomycin 30 mg, T; tetracycline 30 mg, S; streptomycin 10 mg, W; white carbon, L; loess, Zeo; zeolite, Z; zeobuilder.

b Different alphabet showed significant differences at 5% by Duncan's multiple range test. Each datum is average of three replicates.

※ / ; mixed treatment.

인삼의 적변은 토양내 근권환경 및 병원균에 따른 복합적인 요인들에 의한 스트레스에 의해 발생하므로, 적변에 대한 종합적인 방제를 위해서는 소독제 및 항생제의

적절한 시용과 더불어 동시에 생육에 저해를 주지 않는 토양 중에 있는 각종 유해균의 번식을 억제함으로써 근권에 유용미생물의 증식을 증진시켜 병의 발생을 억제시키고 인삼의 생육을 증진시키는 미생물제 등의 개발이 요구되어진다.

제 4 절 결과 요약

본 연구는 소독제, 항생제 및 chitosan, 미생물제, 생리활성제를 이용한 적변 방제법을 개발하기 위하여 실시하였다. 적변유발세균은 sodium hypochlorite에 모두 감수성이었고, didecyl dimethyl ammonium bromide, ClO_2 , benzalkonium chloride, octyldecyl dimethyl ammonium chloride 2.250%, dioctyl dimethyl ammonium chloride+didecyl dimethyl ammonium chloride+alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride, glutaraldehyde+ Dimethyl cocobenzyl ammonium chloride에는 균주에 따라 감수성으로 반응하였다.

적변유발세균의 대부분은 ampicilin, chloramphenicol, erythromycin, kanamycin, streptomycin, rifampin, streptomycin, tetracycline에 대하여 감수성으로 반응하였으며 neomycin+streptomycin, streptomycin+tetracycline의 혼합접종에서는 모든 균주가 감수성으로 반응하였다.

적변 유발세균을 묘삼에 접종한 후, NaClO 에 침지처리하는 적변의 방제 효과를 보였고, Neomycin과 Tetracycline의 혼합처리에서도 적변의 발생을 억제시켰으나 증광제인 화이트카본을 첨가한 처리구에서 가장 적변 방제에 효과를 나타냈다. 그러나 소독제, chitosan, 미생물제는 적변억제 효과가 없었으며 생리활성제는 약간의 억제효과가 있었다.

참 고 문 헌

Choi, J. E., Lee, J. S., Yoon, S. M. and Cha, S. K. 2002 Comparison of inorganic elements and epidermis structures in healthy and rusty ginseng. Korean J. Crop

Sci. 47 (3) : 161-166.

Choi, J. E., Ryuk, J. A., Kim, J. H., Choi, C. H., Chun, J., Kim, Y. and Lee, H. B. 2004. Identification of endophytic bacteria isolated from rusty-colored root of Korean ginseng (*Panax ginseng*) and its induction. Korean J Medicinal Crop Sci. 13 : 1-5.

Chung, Y. R., Oh, S. H., Lee, I. H. and Park, C. S. (1985) Studies on the biological and chemical properties of rusty ginseng root and its casual mechanism. Korean J. Ginseng Sci. 9:24-35.

Matsuo, T. and Miyazawa, Y. 1984 Scientific name of *Cylindrocarpum* species causing root rot of ginseng. Ann. Phytopathol.Soc. Japan 50(5) : 649-652.

Lee, S. S. 2002. Phenolic compounds contents of rusty-root tolerance ginseng lines in 6-year old root. J. Ginseng Res. 26: 165-169.

Lee, T. S., Mok, S. K., Cheon, S. K., Yoon, J. H., Baek, N. and Choe, J. (2004) Accumulation of crude lipids, phenolic compounds and iron in rusty ginseng root epidermis. J. Ginseng Res. 28:157-164.

양덕조, 김용해, 윤길여, 이성식, 권진이, 강현미. 1997. 인삼근 적변현상과 근권 토양환경. Korean J. Ginseng Sci. 21:91-97.

Yun KY, Yang DC (2001) The relationships between the microorganisms and the red-colored phenomena of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) J. Ginseng Res. 25 : 53-58.

김명수, 이종화, 이태수, 백남인 (1984) 인삼연구보고서 (재배분야), 한국인삼연초 연구소 : 1- .

목성균, 반유선, 천성기, 이태수, 이성식 (1995) 인삼연구보고서 (재배분야), 한국 인삼연초연구소 : 51- .

목성균, 반유선, 천성기, 이태수 (1996) 인삼연구보고서 (재배분야), 한국인삼연초연구소 : 84.

박명규 (1996) 최신고려인삼 (재배편), 천일인쇄사 : p. 92.

박 훈 (1991) 인삼의 생리장해. 한국작물학회지 (기상재해연구 II) : p. 459-480.

이태수 (1991) : 경북대학교, 박사학위논문 p. 79.

제 6 장 적변삼의 발생환경 구명

제 1 절 서 언

인삼은 반음지성 식물로 해가림 시설에서만 재배가 가능하며, 파종 및 이식전에 신선한 산야초 시용 및 호밀, 수단그라스 등과 같은 녹비작물만 재배하여 2년 동안 토양을 관리하는 기간이 소요된다. 또한 재배기간이 4-6년으로 생육기간이 긴 작물로써 여러 가지 환경장해를 다른 작물보다 많이 받고 있으며, 6년 동안 생육량은 한 뿌리에 100g 전후로 300평당 생산량은 500~600kg으로 벼 1년 생산량과 비슷하다. 생육기간이 길다보니 투자 자본에 대한 회유 기간이 길고, 또한 토지에 인삼 재배시 6~8년이 소요되므로, 일정한 토지의 면적이 매년 필요하다. 이로 인해 인삼을 한번도 재배하지 않은 땅은 점차 줄어들고, 벼를 재배한 논에 식재하는 인삼재배면적이 급증하고 있으며, 이로 인해 벼재배시 시용한 화학비료의 과다집적으로 인한 토양오염으로 염류장해가 다발하여 심한포장은 7~8월을 넘기지 못하고 조기 낙엽 되어 3년근에서 중도 폐포되는 포장의 증가하고 있다. 또한 초작지 부족에 따른 관외출입경작으로 예정지관리가 부실하고, 단기재배를 목적으로 과다한 축분을 시용하여 인삼을 재배하려는 농가가 늘고 있어, 고품질 인삼의 생산이 점차 어려워지고 있다. 또한 최근 기상조건이 지구온난화로 인하여 고온과 집중강우로 인한 토양 과다수분으로 인삼의 생리장해로인 황증과 적변삼의 발생이 증가되고 있다. 따라서 토양의 물리성 개선과 지력증진을 위해 예정지 관리시 토양에 사용하는 시비용 재료중 산야초가 유기물 공급과 토양 물리성 개선에 가장 좋으나, 구입이 어렵고 가격이 높아 저가의 가축분등을 사용하여 예정지를 관리하고 있으며, 이로 인해 본포에서 결주율 증가, 황증과 적변삼등이 발생 상품성하락과 품질을 저하시키고 있는 실정이다.

따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 정부에서는 GAP 및 생산이력제 추진과 인삼의 생산-가공-유통에 대한 계열화사업을 통해 고품질 우량인삼을 안정적으로 생산하고, 수출경쟁력을 높이고 있지만, 경작방법 개선을 통한 고품질 인삼생산을 위해서는 예정지관리 철저, 토양물리성과 화학성 개선 및 지력증진용 방법 개선 등과 함께 인삼의 생육기중 처리로 적변을 경감할 수 있는 연구가 함께 필요한 실정에 있다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 인삼재배 방식에 따른 적변 발생 환경 구명

가. 재배방법에 따른 적변 발생을 조사 (농가 포장)

본 시험은 충남 금산군 일원의 인삼재배포장 300필지 200농가를 대상으로 예정지 관리방식, 재배토양 및 해가림자재별 적변 발생을 등을 조사하였다.

나. 복토재료가 적변삼 발생에 미치는 영향

1) 공시 포장

본 시험은 금산군농업기술센터 3년근 포장에서 수행하였으며, 시험포장은 염류가 과다 집적된 포장으로 2004년 11월 해가림종류별로 4가지의 복토재료를 처리하였다. 또한 염류가 집적된 6년근 인삼포의 해가림자재 종류별 누수율과 적변 발생을 조사하여 인삼재배농가가 올바른 해가림을 선택할 수 있는 기준을 설정하고자 하였다.

2) 처리 내용

포장의 상면에 염류가 고농도로 집적된 3년근 인삼포에 맥반석, 황토, 토룡 토 및 활성탄 등 4종의 복토재료별로 염류흡착효과를 구명하기 위하여 칸당(180cm×90cm) 10리터씩 복토처리 하였고, 시험규모는 처리당 3칸이었으며 난괴법 3반복으로 배치하였다. 복토재료가 인삼의 지상부 및 지하부 생육, 그리고 근 수량에 미치는 영향을 조사하였다.

3) 조사 내용

(1) 토양훈증 후 유기물 시용량, 환원량 및 성분함량

토양훈증 후 유기물 시용 후 녹비작물 재배시 생육정도를 파악하기 위해 8월 2일 예취하여 생체중 및 건물중을 조사하였으며 성분분석은 시료를 105℃에서 항량이 될 때까지 건조하여 수분함량을 구한 다음, 싸이크론 밀로 분쇄하여 0.1mm 체를 통과시켜 분석시료로 하였다. 건조시료를 일정량 취하여 마이크로웨이브용 용기에 넣고 증류수를 10ml를 가하여 적신 다음 농질산 5ml를 가하여 잘 혼합하여 주고 밀봉한 다음 초단파마이크로웨이브로 20분간 분해하였다. 상온으로 냉각시킨 후 Whatman No.6 여과지로 여과하여, Total phosphate(T-P), K, Ca, Mg 및 증금속

성분을 ICP로 분석하였다.

(2) 토양이화학성 분석

토양의 분석은 토양을 채취하여 음지에서 풍건한 후 20mesh를 통과하도록 분쇄하였다. 분쇄된 시료는 1:5(시료:증류수) 방법에 의한 토양 pH(pH meter MP225) 및 전기전도도(Orion conductivity meter M162)를 이용하여 측정하였다. 시료의 유기물 함량은 Tyurin 방법으로, 인산은 Lancaster법으로 침출 후 비색정량 하였다. 또한 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na)은 Inductivity Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(GBC Integra XMP. Australia)를 사용하여 분석하였다(농촌진흥청, 1978).

(3) 인삼생육 및 적변발생 조사

시험구간별 인삼의 지상하부 생육상황, 적변을 등을 칸당 3반복으로 조사하였으며, 지하부 생육은 10월초 뿌리를 채굴하여 생육상황 및 적변을을 조사하였다.

4) 토양이화학성 및 유기물 성분분석

토양의 분석은 토양을 채취하여 음지에서 풍건한 후 20mesh를 통과하도록 분쇄하였다. 분쇄된 시료는 1:5(시료:증류수) 방법에 의한 토양 pH(pH meter MP225) 및 전기전도도(Orion conductivity meter M162)를 이용하여 측정하였다. 시료의 유기물 함량은 Tyurin 방법으로, 인산은 Lancaster법으로 침출 후 비색정량 하였다. 또한 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na)은 Inductivity Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(GBC Integra XMP. Australia)를 사용하여 분석하였다(농촌진흥청, 1978).

유기물 분석은 시료를 105℃에서 항량이 될 때까지 건조하여 수분함량을 구한 다음, 싸이크론 밀로 분쇄하여 0.1mm 체를 통과시켜 분석시료로 하였다. 건조시료를 일정량 취하여 마이크로웨이브용 용기에 넣고 증류수를 10ml를 가하여 적신 다음 농질산 5ml를 가하여 잘 혼합하여 주고 밀봉한 다음 초단파마이크로00웨이브로 20분간 분해하였다. 상온으로 냉각시킨 후 Whatman No.6 여과지로 여과하여, Total phosphate(T-P), K, Ca, Mg 및 증금속 성분을 ICP로 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 인삼재배 방식에 따른 적변 발생 환경 구명

1) 재배방식 및 재배토양별 적변 발생을 조사(농가 포장)

적변삼은 1970년대 후반까지도 토양세균에 의한 적부병으로 취급되어 오다가 최근에는 생리장해로 취급하고 있으며, 6년근 수매수삼의 50% 이상이 적변삼이 발생되어 그 심각성이 나날이 커지고 있는 실정이다(Fig 5).

따라서 산지 적변삼 발생 환경을 구명하기 위하여 금산군 관내 인삼재배 포장 300필지 200농가를 대상으로 예정지 관리 기간 및 전작물을 조사한 결과는 Table 19와 같다. 예정지 관리는 6개월 미만이 11.5%, 1년 74.5%, 2년 13.5%, 3년 0.5%로 대부분이 1년 이하의 예정지 관리를 실시하였다. 인삼은 지력을 높이고, 적변발생 경감, 토양 물리성 및 화학성을 개선하기 위하여 예정지를 2년 이상 관리한 후 식재하는 것이 우량한 인삼 생산에 필요한 것으로 알려져 있어 농가지도에 관심을 갖어야 할 것이다.



Fig 5. Harvest of Rusty colored ginseng.

Table 19. Period of soil management for ginseng culture and previous cultivated crops.

Period of soil management(%)					The former crops	
1month	6month	1years	2years	3years	Paddy	Upland
6.5	5.0	74.5	13.5	0.5	Rice, Medicinal herb	Tobacco, red Pepper, Radish, Watermelon, Sweet potato, Sesame, bean, Medicinal herb

인삼재배지의 전작물은 논삼재배에서는 벼를 재배하였지만 밭삼에서는 전작물은 일부의 포장에서는 콩, 고구마 등을 재배하였으나 대부분이 담배, 무, 고추, 참외, 참깨 등 화학비료 사용량이 많은 원예작물을 재배한 곳을 예정지로 선정 인삼을 식재한 포장의 수가 많아 토양화학성이 불량한 상태였다.

인삼재배농가가 사용하는 녹비종류는 논재배에서 벧짚이 74.6, 밀짚 18.8%, 옥수수 15.9% 야생초, 보릿짚, 수단그라스, 참깨 등은 10%미만으로 벧짚을 선호하였다. 밭재배에서 사용하는 녹비종류는 벧짚이 30.6, 밀짚 114.5%, 옥수수 29.0%, 수단그라스 22.6%, 보릿짚 11.3% 이었으며 야생초, 참깨 는 10%미만으로 벧짚을 선호하였으나 논재배에 비하여 다양하게 사용하였다.

유기질 비료는 논재배에서 계분 18.8%, 우분 18.8, 유기질퇴비 48.6%를 사용하였고 밭재배에서는 계분 29.0%, 우분 29.0, 유기질퇴비 54.8%를 사용하는 것으로 나타났다 (Table 20). 이상과 같이 인삼예정지에 질소질 성분이 많은 계분 등 축분을 사용하는 농가가 논삼재배농가의 38.3%, 밭삼재배농가의 56%의 많은 농가가 축분을 사용하고 있어 적변삼 발생의 주요한 원인으로 제시되고 있다. 화학비료는 논재배에서 Magnesium 73.9%, Boric acid 46.4%를 사용하였고, 논재배에서 Magnesium 75.8%, Boric acid 67.7%를 사용하였다.

인삼재배농가들의 90%이상이 토양검정을 하지 않고 인삼재배를 하고 있었으며, 토양소독은 98.0%를 실시하며, 예정지 관리 중 기경을 하는 횟수도 50% 정도가 10회 이내로 기경을 하였다 (Table 21). 토양검정 없이 예정지를 관리하고 있어 토양의 관리방법 개선이 시급한 실정이다.

Table 20. Survey of basal fertilizers for ginseng cultivation.

(Amount of inspection : Paddy field-138, Upland-62)

Division	Green manure		Organic manure		Chemical fertilizer		Non-app lication rate(%)
	Classification	rate(%)	Classification	rate(%)	Classification	rate(%)	
Paddy field	Greens	3.6	Fowl dropping	18.8	Magnesium	73.9	3.6
	Rice straw	74.6	Ox manure	18.8	Boric acid	46.4	
	Barley	1.4	Pig manure	0.7	Calcium	0.7	
	Wheat	18.8	Organic compost	48.6	Phosphate	0.7	
	Sudangrass	5.8	Soybean meal	5.8	Enzyme	0.7	
	Corn	15.9					
	Sesame	0.7					
Upland	Greens	1.6	Fowl dropping	29.0	Magnesium	75.8	
	Rice straw	30.6	Ox manure	29.0	Boric acid	67.7	
	Barley	11.3	Pig manure	-			
	Wheat	14.5	Organic compost	54.8			
	Sudangrass	22.6	Soybean meal	8.1			
	Corn	29.0	feeds	1.6			
	Sesame	4.8					

Table 21. Survey of soil management methods for ginseng cultivation.

Soil testing(%)		Soil fumigation(%)		number of Tillage operation		
Yes	No	Yes	No	1~5	6~10	10
9.5	90.5	98.0	2.0	12.0	38.0	50.0

묘삼 산지별로 수집된 10개 지역 4년근 인삼의 지하부 생육 및 적변지수를 알아본 결과(Table 22) 근중은 금산 26.8g, 서산 11.4g, 보은 28.5, 증평 30.3g, 미원 24.0g, 남원 30.9g, 풍기 22.3g, 연천 23.2g, 포천 20.0g, 양주 25.0g로 전북 남원지역 묘삼이 30.3g로 가장 무거웠으며, 충남 서산지역의 묘삼은 11.4g로 가장 생육이 불량했다. 지역별 묘삼의 적변발생 지수는 금산 30.0%, 서산 80.0%, 보은 20.7%, 증평 34.3g%, 미원 90.0%, 남원 9.2%, 풍기 90.0%, 연천 7.7%, 포천 23.1%, 양주 6.2%로 경기 양주지역 묘삼이 6.2%로 가장 적게 적변이 발생되어 양직묘삼이 대체로 적변발생이 적었으며, 충북 미원과 경북 풍기 묘삼이 90%로 가장 적변이 많이 발생되어 묘삼소질에 따라 적변의 발생지수가 다르게 나타남을 알 수 있었다.

Table 22. Root growth and red colored rate of 4 years ginseng grown up with seedlings produced by 10 different region.

Region	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Rusty rate (%)	Red colored rate (%)
German, Chungnam	26.8	26.3	19.1	2.9	30.0
Seosan, Chungnam	11.4	22.5	19.6	30.0	80.0
Boeun, Chungbuk	28.5	28.8	19.9	10.7	20.7
Jeungpyong, Chungbuk	30.3	30.6	19.7	50.0	34.3
Miwon, Chungbuk	24.0	24.4	19.4	15.0	90.0
Namwon, Jeonbuk	30.9	28.2	18.7	14.6	9.2
Punggi, Gyeongbuk	22.3	25.6	19.5	30.0	90.0
Yeoncheon, Gyeonggi	23.2	30.3	18.3	5.0	7.7
Pocheon, Gyeonggi	20	26.7	16.4	10.0	23.1
Yangju, Gyeonggi	25.0	28.7	18.1	0.1	6.2

직파재배 파종밀도별 3년근 인삼의 적변발생 상황을 조사한 결과(Table 23) 6cm×17cm로 파종시 적변율이 8.0%로 가장 적변율이 적었고, 6cm×13cm 파종구가 26%로 가장 높은 적변율을 나타냈으며, 대조구인 이식재배구는 64%의 적변율을 보여 이식재배가 직파재배보다 적변이 많이 됨을 알 수 있었다. 또한 파종밀도별로 다소 다른 양상을 보이지만 직파재배구의 적변발생 부위는 대체로 동체와 지근 고루 적변이 유발된 반면, 이식재배구의 적변발생부위는 81%이상이 동체에서 발생되었다. 근부병 발생율도 이식재배구가 직파재배구에 비해 다소 높은 경향이었으며, 근부병 발생 부위도 이식재배구의 경우 93%가 동체에 발병되었지만, 직파재배구는 동체와 지근 고루 근부증상이 나타났다.

Table 23. Occurrence of red colored root and root rot disease under the density of plant in direct sowing cultivation.

Seeding density (number/kan)	Red colored rate (%)	Part of Red colored (%)			Rusty rate (%)	Part of rusty root(%)		
		Mainroot	Mainroot + Support root	Lateral root		Taproot	Taproot + Support root	Support root
6cm×11cm (246)	19.7	54.5	27.3	18.2	3.1	100	-	-
6cm×13cm (207)	26.0	20.0	80.0	-	7.6	88.9	11.1	-
6cm×15cm (180)	19.1	28.6	71.4	-	3.8	83.3	-	16.7
6cm×17cm (159)	8.0	50.0	20.0	30.0	2.0	44.4	22.2	33.3
6cm×19cm (143)	15.0	77.8	-	22.2	3.5	71.4	14.3	14.3
Transplanting (8×10)	64.0	81.3	18.8	-	6.3	93.3	6.7	-

인삼 주 재배지역인 금산, 논산, 진안 및 풍기 4개 지역에서 생리장해(황증)를 보였던 포장의 재배유형별(직파, 이식) 토양화학성을 조사한 결과(Table 24), 지역의 표면 염농도가 이식재배포장에서 금산 0.69dS/m, 풍기 1.56dS/m, 논산 0.90, 진안 0.92dS/m으로 풍기가 다소 높은 경향을 보였고, 직파재배포장에서도 풍기>금산>진안>논산 순으로 염류가 높게 집적된 것을 알 수 있었다. 따라서 적변지수는 직파재배포장보다 이식재배포장에서 다소 높게 나타났고, 이는 직파재배시 이식재배에 비하여 적변이 적다는 많은 보고와 일치하는 결과였다.

또한 적변발생지수도 염류집적이 높은 포장에서 적변 발생율이 높은 결과를 보여 토양에 집적된 염류농도가 적변발생에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

Table 24. Survey of soil properties and red colored roots in main cultivation area of ginseng

Region	Cultural practice	Soil depth (cm)	pH (1:5)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol+/kg)			E.C (dS/m)	Red coloration index
						K	Ca	Mg		
G e u m s a n	Direct sowing	0~5	5.9	19	415	0.47	5.9	1.8	0.71	1.1
		5~10	6.0	17	218	0.51	6.0	1.6	0.62	
		10~15	6.0	18	202	0.55	6.2	1.8	0.46	
	Transplanting	0~5	5.8	23	389	0.55	6.3	2.1	0.69	
		5~10	5.7	19	372	0.59	6.2	1.9	0.57	
		10~15	5.9	18	295	0.43	6.4	1.8	0.55	
N o n s a n	Direct sowing	0~5	5.2	20	330	1.22	1.8	1.4	0.67	0.7
		5~10	5.3	23	298	1.11	1.6	1.5	0.55	
		10~15	5.5	18	246	1.28	1.9	1.5	0.49	
	Transplanting	0~5	5.3	18	317	0.27	2.5	0.3	0.90	
		5~10	5.3	19	316	0.42	1.9	0.5	0.86	
		10~15	5.5	16	298	0.47	2.4	0.4	0.68	
J i n a h n	Direct sowing	0~5	6.2	7	325	0.11	8.5	1.3	0.54	0.8
		5~10	6.1	9	212	0.21	8.6	1.1	0.48	
		10~15	6.3	7	208	0.18	8.8	1.2	0.55	
	Transplanting	0~5	6.3	11	342	0.35	4.0	1.2	0.92	
		5~10	6.2	14	279	0.44	3.9	1.3	0.81	
		10~15	5.9	13	341	0.39	4.1	0.9	0.67	
P u n g g i	Direct sowing	0~5	6.2	16	449	0.37	5.3	1.5	1.20	1.7
		5~10	5.9	22	364	0.29	5.1	1.1	0.89	
		10~15	5.9	18	359	0.39	5.9	1.0	0.76	
	Transplanting	0~5	5.9	11	482	0.33	3.8	1.3	1.56	
		5~10	5.8	12	360	0.41	4.5	1.1	1.02	
		10~15	6.0	9	367	0.38	4.8	1.5	0.88	

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)

2). 인삼 해가림자재별 적변발생 조사

금산에서 가장 많이 사용하고 있는 해가림자재 4종을 선발하여 해가림자재별 적변주율은 Table 25와 같이 PE차광망(청2,흑2) 피복구가 15%로 가장 적변발생이 적었으며 다른 차광재료는 35~42%의 적변주율을 보였다. 적변율은 PE차광망(청2,흑2)에서 3.8%로 가장 적었으며 갈대밭+꺼치+비닐+PE(흑2) 피복구에서 52.5%로 가장 심하게 발생하였다. 근부병 발생주율은 마포+차광지(은박지)+PE(흑2) 피복구에서 15%로 가장 낮았으며 갈대밭+꺼치+비닐+PE(흑2) 피복구가 58%로 가장 많은 개체가 병발 생되었다. 근부주율은 PE차광망(청2,흑2) 6.3%, 마포+차광지(은박지)+PE(흑2) 7.5%로 PE(발용)+비닐+부직포+PE(청2) 및 갈대밭+꺼치+비닐+PE(흑2)피복구의 18.8, 30.0%보다 적어 근부율이 적어 효과적이었다. 수량은 PE차광망(청2,흑2)이 3.8kg/칸으로 가장 높았으며, 마포+차광지(은박지) +PE(흑2) 피복구는 3.3kg으로 PE(발용)+비닐+부직포+PE(청2) 및 갈대밭+꺼치+비닐+PE(흑2) 피복구의 1.7kg, 1.3kg보다 높았다. 따라서 해가림 자재의 특성과 연관 시켜보면 누수율이 적고 광투과량이 높은 자재가 적변율 및 근부율이 적어 수량도 높았다.

Table 25. Growth characteristics of 6 years old ginseng under different shading types in virgin soil.

Shading type	Yield (kg/kan)	Red colored rate(%)	Root rot disease rate (%)	Yield index
A	3.8	3.75	6.3	291
B	3.3	10.0	7.5	256
C	1.9	25.5	18.8	147
D	1.7	52.5	30.0	128

A : PE 4(Polyethylen film 4 layer),

B : PE2+vinyl+nonwoven-fabric+PE2,

C : PE2+rice straw+PE4,

D : Reed+rice straw+PE2

3) 복토처리가 토양의 화학성에 미치는 영향

본 시험에 이용된 인삼포장의 화학성분은 Table 26과 같이 표토층(0~5cm)의 EC는 3.29dS/m로 염류가 과다하게 집적되어 있었고, 유기물 12g/kg, P₂O₅ 105.8ppm, K₂O 0.11cmol kg⁻¹, MgO 2.29cmol kg⁻¹이었다. 심토(5~10cm)는 EC 0.47dS/m, 유기물은 9g/kg, P₂O₅ 59.9ppm이었다. 따라서 시험에 사용된 인삼포지의 토양 화학성분 농도는 인삼재배에 적합한 예정지로 추천되고 있는 토양의 화학성분 농도(이 등, 1984)와 비교해보면 P₂O₅의 경우는 인삼생육에 적합한 농도이었으나 K₂O, Ca 및 MgO은 낮은 농도이었으며 염농도는 과다한 토양이었다.

Table 26. Chemical properties of soils before experiment.

Shade type	Soil depth (cm)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exc. Cation(cmol · kg ⁻¹)		
						K ₂ O	CaO	MgO
Polyethylene	0~5	6.0	3.29	12	105.8	0.11	0.18	2.29
net	5~10	6.6	1.47	9	59.9	0.07	0.14	1.86

또한 시험에 사용된 복토재료의 화학성을 분석한 결과는 Table 27과 같다. 토룡토는 pH 4.4, EC 12dS/m로 염류 농도가 비교적 높았다. 유기물 함량은 60g으로 매우 높은 상태이었으며, 치환성양이온인 K₂O, Ca, Mg 및 Na 함량이 상당히 높은 편이었다. 황토는 pH 4.6, EC 0.2dS/m로 염류 농도가 매우 낮았고, 치환성양이온도 거의 없는 편이었다. 또한 활성탄은 pH 10.2로 강알칼리이었고, EC 6.3dS/m로 염류농도가 높은 편이었으며, 유기물은 91g로 복토재료 중에서 가장 높았다. 맥반석은 pH 9.9로 강알칼리이었고, EC 0.8dS/m로 염류 농도가 낮았으며, 유기물은 전혀 함유되지 않았다.

Table 27. Chemical properties of soil covering materials.

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exc. Cation(cmol · kg ⁻¹)			
					K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
Casting	4.4	12.0	60	89	0.58	22.6	3.0	0.53
Ocher	4.6	0.2	1	-	0.12	0.6	0.1	0.03
Activated charcoal	10.2	0.3	91	10	8.23	14.1	2.1	0.37
Elvan	9.9	0.8	-	14	0.61	12.6	0.9	0.60

- Not detected

고농도의 염류집적지에서 인삼 생육에 대한 염류장해 경감을 위한 복토 효과를 구명하기 위하여 3년근 인삼포지를 대상으로 하여 가을에 상면 피복한 후 약 9개월이 지난 다음 토양의 화학성을 조사한 결과는 Table 28과 같다. 상면 복토처리에 의해 복토 바로 밑층(0~5cm) 토양의 EC 농도는 크게 감소하였는데 그 중 활성탄 처리구에서 EC 농도가 0.7dS/m로 가장 낮았고, 다음은 맥반석 처리구로 0.7dS/m이었으며, 황토와 토룡토에서는 1.2~1.7dS/m이었고 대조구에서는 시험 처리전보다 오히려 증가되어 5.40dS/m이었다. 표토로부터 5~10cm 부위의 토양에서의 EC 농도가 복토재료에 따라 차이는 있지만 무복토구 2.50dS/m에 비해 맥반석 0.40dS/m, 활성탄 0.50dS/m, 토룡토와 황토복토에서 각각 0.7, 1.0dS/m으로 복토처리에 의해 상당한 수준으로 감소되었다. 또한 복토 처리되었던 재료를 분석한 결과 황토에서는 복토전 EC가 0.2dS/m에서 6.60dS/m로 복토재료 중 표토층의 염류를 제일 많이 흡착한 결과를 보였다. 또한 활성탄의 경우에도 복토전 EC가 0.3dS/m에서 복토 후 4.10dS/m로 크게 증가되었는데 이와 같은 결과는 목 등(1998)의 활성탄이 염류흡착을 많아 EC 농도가 복토전보다 복토 후에 염류농도가 증가하였다는 보고와 유사하였다. 이상의 결과에서 복토에 의해 근권의 염류농도가 감소되었던 것은 복토재료가 토양 표층에 집적되어 있는 염류를 흡착하고, 그로 인하여 근권에 집적되어 있던 염류가 표토층으로 계속적인 수직적 이동이 일어난 것으로 염류 흡수력이 큰 재료로 인삼포의 상면을 복토하면 염류장해를 감소시킬 수 있다는 것을 의미한다고 생각되어진다. 또한 복토에 의해 근권내의 Na₂O 농도가 크게 감소되었다. 즉, 표토층(0~5cm)의 Na₂O 농도가 무복토구 0.64cmol kg⁻¹에 비해 복토처리구에서 0.19~0.24cmol kg⁻¹로 크게 감소되었다. 이러한 현상은 인

삼포장에서 상면에 복토를 해줌으로 상면에 존재하는 수분이 복토층으로 이동하고, 또 수분이동과 함께 많은 양의 Na_2O 가 함께 복토층으로 이동하기 때문에 상면이 Na_2O 농도를 감소시킬 수 있으며 결과적으로 Na_2O 에 의해 일어나는 염류장해를 경감시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 28. Effect of soil covering materials on the growth of 4 years old ginseng.

Treatment	Soil depth (cm)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P_2O_5 (mg/kg)	Exc. Cation($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)			
						K_2O	CaO	MgO	Na_2O
Control	0~5	6.2	5.40	5	143	0.17	13.4	2.0	0.64
	5~10	6.5	2.50	6	61	0.06	13.1	1.4	0.41
	10~15	6.8	1.30	7	51	0.04	12.2	1.2	0.25
Covering	0~5	5.3	11.9	6	80	0.84	31.0	5.5	1.32
	5~10	6.3	1.20	8	68	0.08	12.1	1.5	0.24
	10~15	6.5	0.70	7	61	0.07	11.6	1.3	0.19
Casting	0~5	6.6	0.50	8	61	0.07	11.6	1.3	0.21
	5~10	4.5	6.60	9	20	0.29	7.0	1.5	0.46
	10~15	6.1	1.70	7	61	0.08	11.6	1.5	0.25
Ocher	0~5	6.3	1.00	8	54	0.07	11.8	1.4	0.19
	5~10	6.4	0.70	1	49	0.07	11.3	1.3	0.20
	10~15	8.7	4.10	7	14	1.44	18.5	2.9	0.30
Activated charcoal	0~5	7.2	0.70	8	71	0.09	11.8	1.5	0.21
	5~10	6.8	0.50	10	60	0.07	12.2	1.4	0.23
	10~15	6.9	0.50	12	62	0.07	12.1	1.4	0.23
Elvan	0~5	8.3	4.20	4	55	0.30	17.0	1.1	0.62
	5~10	7.7	0.70	7	60	0.07	12.0	1.5	0.19
	10~15	7.3	0.40	9	54	0.06	12.0	1.4	0.17
	10~15	7.0	0.40	11	58	0.07	11.5	1.3	0.18

4). 복토처리가 인삼생육 상황 및 적변발생에 미치는 영향

PE 4중직 차광망의 해가림 구조 하에서 맥반석등 4종의 복토재료별 처리를 한 결과(Table 29) 6년근 인삼의 지하부 근중은 토룽토 처리구가 본당 150g으로 무처리구에 비해 167%정도 무거웠으며, 적변율은 무처리 20%, 맥반석, 토룽토 및 활성탄 5%에 발생한 것에 비해 황토처리구에서는 전혀 발생되지 않아 가장 양호한 결과를 보였으며, 해가림 종류중 지하부 생육이 가장 양호하였고, 적변율도 적었다.

Table 29. Root growth and red colored rate of 6 years old ginseng as affected by different soil covering materials under 4 layer polyethylene film shade.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored rate(%)	Root rot disease rate(%)
Elvan	142.0	34.9	36.7	5	10
Ocher	120.0	35.0	38.8	0.0	10
Casting	150.0	38.0	37.8	5	10
Activated charcoal	120.0	33.6	34.6	5	5
Control	90.0	35.2	31.4	20	5

갈대밭 + 벚짚 2겹 해가림 구조는 고년 근이 되면서 벚짚이 삭으면서 누수가 발생 복토처리를 했음에도 복토재료에 관계없이 적변발생율이 무처리구 5%에 비해 5~15% 이상 많이 발생되었다. 지하부 생육은 토룽토 복토처리구가 무처리구 80g에 비해 175% 증가한 개체당 140g으로 가장 양호한 생육을 보였고, 활성탄 처리구도 135g으로 양호한 생육을 보였다. 근부병은 무처리구 2%에 비해 황토처리구에서 10%로 가장 많이 발생되었는데 이는 황토처리구에서 비교적 많은 누수가 발생한 결과로 해석된다.

Table 30. Root growth and red colored rate of 6 years old ginseng as affected by different soil covering materials under reed mat + rice straw shade.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored rate(%)	Root rot disease rate(%)
Elvan	112.0	34.8	33.4	5	2
Ocher	115.0	33.8	37.0	15	10
Casting	140.0	37.0	38.5	10	5
Activated charcoal	135.0	37.0	35.8	10	5
Control	80.0	36.2	29.4	5	2

마포 + 차광지(은박지) + PE차광망(흑2)은 대체로 누수가 거의 없어 복토종류에 관계없이 일정하게 10%의 적변율을 보였고, 지하부 생육은 황토처리구가 가장 양호하여 근중은 본당 135g으로 가장 무거웠고, 근장도 41.4cm로 가장 길어 대조구에 비해 142%, 110% 양호하게 생육하였다.

Table 31. Root growth and red colored rate of 6 years old ginseng as affected by different soil covering materials under hemp+silver paper+PE 2.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored rate(%)	Rusty rate (%)
Elvan	95.0	39.8	29.2	10	5
Ocher	135.0	41.4	35.6	10	10
Casting	115.0	35.4	34.8	10	5
Activated charcoal	120.0	35.6	35.6	10	10
Control	95.0	37.4	28.8	10	10

PE(발용)+비닐+부직포+PE(흑2) 차광망 해가림구조(Table 32)에서는 적변율이 약 30%로 복토처리재료에 관계없이 높은 적변율을 보였지만, 복토재료중 토룽토 처리구

만이 10%의 적변을 나타내어 가장 적은 적변율을 보였다.

Table 32. Root growth and red colored rate of 6 years old ginseng as affected by different soil covering materials under PE 2+vinyl+nonwoven-fabric.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored rate(%)	Rusty rate (%)
Elvan	100.0	33.2	34.8	30	10
Ocher	85.0	35.0	27.2	30	10
Casting	100.0	35.0	30.5	10	5
Activated charcoal	110.0	31.2	32.0	30	10
Control	65.0	34.2	26.6	30	25

갈대밭+꺼치+비닐+PE(흑2) 차광망 해가림구조(Table 15)에서는 지하부 생육이 가장 불량하였으며, 특히 갈대밭+꺼치+비닐+PE(흑2) 차광망 해가림구조는 근중, 근장 및 근직경 모두가 불량하였고, 적변발생율도 최고 70%까지 발생하였고 대체로 40~50%의 높은 적변율을 보였고, 근부율도 복토 종류에 관계없이 30%로 가장 불량한 생육을 보였다. 이는 해가림자재로 사용한 꺼치와 비닐이 고년근으로 갈수록 낡아 누수발생이 심한 결과로 보이며, 누수에 의한 토양과습이 적변발생을 일으키는 주요한 원인으로 작용함을 알 수 있었다.

Table 33. Root growth and red colored rate of 6 years old ginseng as affected by different soil covering materials under reed mat + rice straw+vinyl +PE 2

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored rate(%)	Rusty rate (%)
Elvan	90.0	32.2	30.6	40	30
Ocher	75.0	28.4	27.2	50	30
Casting	95.0	29.6	33	50	30
Activated charcoal	80.0	31.4	31.0	70	30
Control	45.0	31.6	24.4	30	30

제 4 절 결과 요약

인삼포 예정지관리기간은 논삼재배지의 74.5% 이상이 1년 미만으로 관리하고 있고, 인삼재배농가가 가장 많이 사용하는 녹비는 논삼 74.6%, 밭삼 30.6%가 벼짚을 제일 선호하였고, 퇴비는 유기질퇴비를 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 또한 직파재배 파종밀도별 적변발생 상황을 조사한 결과 6cm×17cm(159립)로 파종시 적변율이 8%로 가장 적변율이 적었고, 6cm×13cm(207립)으로 파종시 26%의 가장 높은 적변율을 보였다. 인삼주재배지역인 금산, 논산, 진안 및 풍기 4개지역의 생리장해(황증) 포장의 토양화학성을 조사한 결과 금산 및 풍기지역 포장이 가장 많이 염류 집적되어 이식포장이 2.3dS/m, 2.0dS/m의 농도를 보였는데, 이는 금산과 풍기지역 인삼포는 논삼포를 이용한 결과 벼재배를 위해 시용한 화학비료가 과다하게 집적되어 있는 결과로 해석된다.

금산지역에서 가장 많이 사용하는 헤가림 4유형중 PE 4중직(흑2, 청2) 피복구가 적변율이 3.7%로 가장 적었으며, 갈대밭+꺼치+비닐+PE 2중직 피복구가 52.5%의 적변율을 보여 가장 많이 적변 되고, 수량도 칸당 1.7kg으로 가장 적은 수량을 나타내었다.

3년근 염류집적 장애지에 황토, 활성탄, 토룡토 및 맥반석등 4종을 복토 처리한 결과, 황토의 복토전 EC가 0.2dS/m에서 6.60dS/m으로 복토재료 중 표토층의 염류를 제

일 많이 흡착한 결과를 보였고, 활성탄도 복토전 EC가 0.3dS/m에서 4.10dS/m으로 크게 증가되어, 활성탄이 염류흡착을 많이 한다는 보고와 일치하였다.

PE 4중직 차광망의 해가림 구조 하에서 맥반석등 4종의 복토재료를 처리한 결과 6년근 인삼의 지하부 근중은 토룡토 처리가 본당 150g으로 무처리구에 비해 167%정도 가장 무거웠으며, 무처리 20%에 비해 황토처리구는 전혀 적변이 발생되지 않아 가장 우수한 결과를 보였다.

참 고 문 헌

1. 금춘병. 1936. 고려인삼사 4권, 인삼재배편, 조선총독부, 1-149.
2. 정후섭, 이인원. 1978. 인삼 적부병 원인 및 방제 대책에 관한 연구. 인삼연구용역 보고서(전매청).
3. 김명수, 이종화, 이태수, 백남인. 1984. 인삼의 생리장해 방제에 관한 연구. 한국인삼연구연구소 인삼연구보고서. 1-96.
4. 정명륜, 오승환, 이일호, 박창석. 1985. 적변삼의 생리화학적 특성과 그 발생원인에 관하여. 한국고려인삼학회지. 9(1) : 24-35
5. 이태수, 목성균, 천성기, 최강주, 최정. 1995. 적변인삼의 화학적 성분에 관한 연구. 고려인삼학회지. 19(1) : 77-83.
6. 목성균, 반유선, 천성기, 이태수 이성식. 1995. 인삼연구보고서(재배분야). 한국인삼연초연구원. p 51.
7. Kolattukudy, P.E. 1981. Structure, biosynthetic, and biodegradation of cutin and suberin. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32 : 539-567.
8. 목성균, 반유선, 천성기, 이태수. 1996. 인삼연구보고서(재배분야). 한국인삼연초연구원. p84.
9. Yang, D. C., Kim, Y. H. Yun, K. Y, Lee, S. S, Kwon, J. N and Kang, H. M. 1997. *Koran J Ginseng Sci.* 21, 91
10. Wang, Y., Li, Z., Sun, Y., Guo, S., Tian, S. and Liu, Z. 1997. *Koran J Ginseng Sci.* 21, 69

11. 이일호, 박현석, 박찬수, 김효근, 변정수, 오승환. 1997. 청정인삼 생산 및 답전윤환 재배법 연구. pp.157-216. 인삼연구보고서(재배분야), 한국인삼연초연구원.
12. 박명규. 1996. 최신고려인삼(재배편). 천일인쇄사.
13. 윤길영, 양덕조. 2001. 고려인삼학회지. 25(1) p53.
14. 오승환, 박창석, 김홍진. 1978. 인삼연구보고서(재배편). 고려인삼연구소. p31
15. 이태수. 1990. 박사학위논문. 경북대학교.
16. Bell, A. A., Hubbard, J. C., Liu. L., Davis, R. M. and Subbarao, K. V. 1998. Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of *Fusarium* yellows of celery. Plant Disease. 82:322-328.
17. Blenkinship, S. and D.G. Richardson. 1985. Changes in phenolic acids and internal ethylene during long-term cold storage of pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:336-339.
18. Cheng, G.W. and C.H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenol oxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 835-838)
19. Choi, K.T., and H.S. Shin 1982. Morphological characteristics inflorescence, flowering bud, fruit and leaf of Korean ginseng. Korean J. Ginseng Soc. 6(1):67-74
20. Costeng, M.Y. and C.Y. Lee. 1987. Changes in apple polyphenol oxidase and polyphenol concentration in relation to degree of browning. J. Food Sci. 52:985-989.
21. Du, J. M., Gemma, H., Iwahori, S and Du, J. M. 1997. Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. J. Jap. Soci. Hort. Sci. 66:15-22.
22. Forget, R. and F.A. Guillard. 1997. Oxidation of chlorogenic acid, catechins, and 4-methylcatechol in model solutions by combinations of pear (*Pyrus communis* cv. Williams) polyphenol oxidase and peroxidase: a possible involvement of peroxidase in enzymatic browning. J. Agr. Food Chem. 45:2472-2476).
23. Gonzalez-Aguilar, G. A., Wang, C. Y. and Buta, J. G. 2001. Inhibition of browning and decay of fresh-cut radishes by natural compounds and their

- derivatives. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie* 34 : 324-328
24. Jiang, T. D., Ma, R. X., Qi, R. M. and Zhang, C. P. 1994. Seed treatment and inhibition of plant pathology of chitosan. *J. Environment Sci.* 6:112-115.
 25. Lim, C. S. 1996. The phenolic compounds of Korean pear. MS .Thesis, Chungang Univ., Seoul.
 27. Wong, T.C., Luh, B. S. and Whitaker, J. R. 1971. Isolation of scald in apples with antioxidants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 569-571.
 28. Murata, M., M. Tsurutani, M. Tomita, S. Homma, and K. Kaneko. 1995. Relationship between apple ripening and browning: changes in polyphenol content and polyphenol oxidase. *J. Agr. Food Chem.* 43:1115-1121..
 29. Reddy, M. V.B., Belkacemi, K., Corcuff, R., Castaigne, F. and Arul, J. 2000. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology Technology* 20 : :39-51.
 30. Robards, K., P.D. Prenzler, G. Tucker, P. Swatsitang, W. glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry.* 66:401-436.
 31. Saniewska, A. 2001. The effect of chitosan on limitation of growth and development of some pathogenic fungi for ornamental plants. *Acta Agrobotanica* 54:17-29.
 32. Wong, T.C., B.S. Luh, and J.R. Whitaker. 1971. Isolation of scald in apples with antioxidant. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:569-571)
 33. Wu, G.X., H.W. Zhou, and J.M. Wang. 1992. Biochemical mechanism and substances determination of enzymic browning of Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd). *Acta Hort.* 19:198-202.
 34. Zhang, D. L. and Quantick, P. C. 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi(*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest-Biology-and-Technology.* 12:195-202.
 35. Zhang, D. L., Quantick, P. C. and Zhang, D. L. 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *J. Horti. Sci. Biotechnology.* 73:763-767.
 36. 안용준, 김홍진, 오승환, 최승윤. 1982, 연작지 토양에서 토양훈증제 처리가 인삼

- 의 근부, 적변, 및 생육에 미치는 영향. 고려인삼 학회지 6 : 164-173
37. 최재을. 2000. 토양미생물체 처리가 인삼 생육에 미치는 영향. 충남대학교 농과대학 농업과학 연구소 연구용역보고서
 38. 조재성, 김충수. 1994. 고려인삼의 답전유회 재배에 관한 기초연구. 한국과학재단 연구보고서 : p1~20
 39. 농촌진흥청. 농업기술연구소. 토양화학(식물체)분석법. 1978.
 40. 농촌진흥청. 2000. 인삼재배기술
 41. 목성균. 1998. 수삼의 품질 향상을 위한 재배법 개선 연구. 1-55. 인삼 연구결과 년차 보고서
 42. 원준연, 조재성 1999. 고려인삼의 직파재배에 관한 조사 연구. 한국약용작물 학회지 7(4) : 308-313
 43. 박훈. 1982. 인삼의수분생리(3) 토양수분, 생리장해, 병해충과 품질. 고려인삼학회 지6(2) : 169-203
 44. 김요태, 김홍진, 이순구. 1980. 근부병방제연구, 인삼 시연보 p357. 고려인삼연초 연구소

제 7장 경종적 방제 기술 확립

우리나라 인삼산업 발전을 저해하는 요인이 많은데, 특히 인삼재배구조상 기계화가 어렵고, 장기재배로 인한 생산비가 많이 들어가는 점과 음지에서 자람에 따라 발생하는 병해충의 방제가 어려워 과도한 농약사용으로 인한 안전성 문제가 최근 대두되고 있다. 최근에 인삼재배에는 토양개량제, 미생물제 등의 사용이 급증하고 있으나 아직까지 그 효능에 관한 연구결과는 거의 보고되고 있지 않고 있다. 따라서 최근 증가되고 있는 답전순환재배 포장의 개선방법과 적정 토양개량제 및 미생물제의 처리효과를 규명하고자 본 실험을 수행하였다.

제 2 절 재료 및 방법

인삼재배지의 적변개선위한 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리효과 구명

가. 공시포장

본 시험은 충남 금산군 남이면 하금리의 농가포장 및 금산군농업기술센터 시험연구 포장에서 수행하였으며, 농가시험포장은 객토후 5년 동안 벼 재배한 포장으로서 2003년 4월 임차하여 공시포장으로 선정 관리하여 시험을 수행하였고, 금산군농업기술센터 시험포장은 묘삼을 수확한 다음 예정지 관리한 제작지 포장이었다. 공시포장의 지력증진을 위해 (주)풍림의 유기질퇴비를 4평당 1포(20kg)씩 살포하였고, 작관설치 전까지 15회 경운하였다.

나. 처리내용

(1) 부식산처리

토양의 화학성 개선에 효과가 있는 것으로 알려진 토양개량제인 부식산이 인삼 지하부의 적변발생 경감효과를 규명하고자 묘삼식재 전 두둑상면에 칸당 8.33g, 16.66g 및 24.99g을 살포하여 토양혼합처리 하였다.

(2) 훈탄처리

토양의 염류흡착효과가 높은 토양개량제로 알려진 훈탄을 칸당 10리터, 20리터 및 30리터씩 묘삼 식재 전에 두둑상면에 토양혼합 처리하였다.

(3) 환원수처리

환원수인 토루엔을 칸당 5리터씩 2주간 격으로 3회 관주 처리하여 대조구와 적변발생 상황을 비교분석 하였다.

다. 조사내용

(1) 토양혼증 후 유기물 시용량 및 환원량 및 성분함량

토양혼증 후 유기물 시용 후 녹비작물 재배시 생육정도를 파악하기 위해 8월 2일 예취하여 생체중 및 건물중을 조사하였으며 성분분석은 시료를 105℃에서 항량이 될 때까지 건조하여 수분함량을 구한 다음, 싸이크론 밀로 분쇄하여 0.1mm 체를 통과시켜 분석시료로 하였다. 건조시료를 일정량 취하여 마이크로웨이브용 용기에 넣고 증류수를 10ml를 가하여 적신 다음 농질산 5ml를 가하여 잘 혼합하여 주고 밀봉한 다음 초단파마이크로웨이브로 20분간 분해하였다. 상온으로 냉각시킨 후 Whatman No.6 여과지로 여과하여, Total phosphate(T-P), K, Ca, Mg 및 증금속 성분을 ICP로 분석하였다.

(2) 토양이화학성 분석

토양의 분석은 토양을 채취하여 음지에서 풍건한 후 20mesh를 통과하도록 분쇄하였다. 분쇄된 시료는 1:5(시료:증류수) 방법에 의한 토양 pH(pH meter MP225) 및 전기전도도(Orion conductivity meter M162)를 이용하여 측정하였다. 시료의 유기물 함량은 Tyurin 방법으로, 인산은 Lancaster법으로 침출 후 비색정량 하였다. 또한 치환 영양이온(K, Ca, Mg, Na)은 Inductivity Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(GBC Integra XMP. Australia)를 사용하여 분석하였다(농촌진흥청, 1978).

(3) 인삼생육 및 적변발생 조사

시험구간별 인삼의 지상하부 생육상황, 적변을 등을 칸당 3반복으로 조사하였으며, 지하부 생육은 10월초 뿌리를 채굴 생육상황 및 적변을을 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 적변경감용 유용미생물제 및 토양개량제 선발

인삼의 적변을 예방하고 토양의 화학성을 개선 할 수 있는 토양개량제의 탐색 및 토양개량제 처리가 적변발생 경감 및 토양의 화학성 개선에 미치는 영향을 조사하기 위하여 부식산(라이프쏘일, 데르안, 루트파워, 부민원), 생육촉진제(33, 브릭스업, 진생엔자임, 더스탄, 고에마) 및 토양개량제(패화석, 시리파겔, 키토산, 모노시리콘)등을 처리한 후 지상부 생육상황과 토양화학성변화를 조사하였다.

부식산을 주성분으로 한 제품의 토양처리 후 인삼의 지하부 생육을 조사한 결과 (Table 34) 근중은 부민원이 2.96g으로 가장 무거웠고, 적변지수도 대조구 1.0에 비해 0.2로 가장 양호한 생육을 보였으며, 대조구에 비해 부식산 제제 대부분이 인삼의 지하부 생육에 좋은 영향을 미치는 것으로 사료되었다. 근장은 루트파워가 24.42cm로 가장 양호한 생육을 보였고, 근직경은 라이프쏘일이 8.34cm로 가장 생육이 양호하였다.

Table 34. Root growth of 2 years ginseng as affected by application of selling products based on humic acid.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	1.14	11.40	6.93	1.0
Life soil	1.60	12.50	8.34	1.0
Buminwon	2.96	20.10	7.97	0.2
Root power	2.28	24.42	6.95	0.4
Humate	2.65	14.78	7.84	1.0
Daerahn	2.16	18.50	7.45	0.2

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)

생육촉진제 5종을 처리한 결과(Table 35) 근중은 고에마 처리구가 2.59g 으로 가장 양호하였으며, 키토산이 주원료인 브릭스업과 진생엔자임 처리구도 2.45g, 2.36g으로 양호한 생육을 보였고, 적변발생은 고에마 처리구가 0.4로 가장 적변이 적게 발생했고, 기타 재료는 적변발생 및 감소에 큰 차이가 없었다.

Table 35. Root growth of 2 years ginseng as affected by application of selling products based on growth promotor.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	1.14	11.4	6.93	1.0
33	0.95	9.6	5.58	1.2
Brixup	2.45	21.8	7.70	-
Ginseng enzyme	2.36	13.4	8.06	1.0
Dustan	2.26	12.0	7.98	1.0
Goemar	2.59	20.8	7.85	0.4

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)

Table 36. Root growth and red colored rate as affected by soil amendment in 2 years ginseng.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	1.14	11.4	6.93	1.0
Oyster shell	2.05	14.5	7.58	0.5
Sylypagel	2.84	19.6	8.78	1.0
Kitosan	1.86	15.5	7.35	0.5
Monosylycon	2.44	15.1	7.91	1.6

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)

적변경감용 토양개량제 4종이 인삼의 지하부 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 (Table 36) 시리파겔 처리구가 2.84g으로 가장 무거운 근중을 보였으며, 모노시리콘 . 처리구도 2.44g으로 양호한 생육을 보였으며, 적변발생 지수는 패화석과 키토산 처리구가 다소 적은 적변율을 나타내었다

시판용 미생물제제 처리에 의한 적변삼 발생 경감효과 및 지하부 생육상황을 조사한

결과(Table 37) 배트구아나 처리구가 근중에 있어 가장 무거운 1.56g을 보였으나 전체적으로 비교적 불량한 생육을 보였다. 그러나 대조구에 비해 적변율은 미생물제제 처리구 모두가 적었다.

Table 37. Root growth and red colored rate as affected by microbe products in 2 years ginseng.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	1.14	11.4	6.93	1.0
Sangmyuntan	0.92	9.4	5.69	0.83
Batguana	1.56	17.3	6.14	0.40
Biodoctor	0.55	9.4	4.70	0.20
Biolacto	1.21	12.7	6.93	0.40

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)

2. 유용미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리에 따른 토양화학성 변화(농가실증)

금산군 남이면 하금리 인삼재배농가의 포장에 2003. 3. 19일 묘삼 이식전 부식산을 토양혼화 처리하였고, 2003. 10월에 토양을 채취 부식산이 토양화학성에 미치는 효과를 조사한 결과(Table 38)는 다음과 같다. 부식산 처리구는 대조구에 비해 처리량에 관계없이 토양산도가 5.9~6.5로 다소 떨어진 결과를 보였으며, 표토와 심토 모두 인삼 함량이 크게 감소되었다. 대조구의 토양 깊이별 염농도를 조사한 결과 표토와 심토 모두 1.0ds/m 이상의 높은 염농도를 보였고, 부식산 처리구도 표토부위(0~5cm)의 염농도는 대조구에 비해 부식산 처리구가 다소 높은 경향을 보였고, 칸당 8.33g 시용구가 2.9ds/m로 가장 높은 염농도를 보였다. 그러나 5cm이하의 심토에서는 대조구에 비해 염농도가 감소된 결과를 보였다.

Table 38. Changes in soil properties as affected by application of humic acid in ginseng field(farmer's field)

Treatment	Soil depth (cm)	pH (1:5)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol+/kg)			E.C (dS/m)
					K	Ca	Mg	
Control	0~5	6.6	9	94	0.21	9.3	2.7	1.81
	5~10	7.2	9	112	0.17	9.5	2.9	1.29
	10~15	7.4	6	104	0.14	9.3	2.5	1.14
Humic acid (8.33g/kan)	0~5	6.5	10	91	0.22	9.5	3.4	2.90
	5~10	6.5	9	92	0.18	9.4	2.9	0.90
	10~15	6.6	8	98	0.16	9.3	2.7	0.90
Humic acid (16.66g/kan)	0~5	6.1	6	80	0.25	9.4	3.1	2.23
	5~10	6.4	9	85	0.18	9.3	2.7	1.05
	10~15	6.5	6	82	0.16	9.3	2.6	0.84
Humic acid (24.99g/kan)	0~5	5.9	9	81	0.29	9.1	2.6	1.32
	5~10	6.5	8	81	0.21	9.2	2.7	0.73
	10~15	6.6	8	80	0.17	9.2	2.7	0.65

부식산 제제 처리후 토양화학성을 조사한 결과(Table 39) 대조구에 비해 부식산 처리구가 pH가 다소 증가된 경향을 보였으며, 전체적으로 표토층에 염류가 과다하게 집적되어 있어 인삼의 생육이 매우 저조할 것으로 추정되었다. 그중 부민원 처리구는 표토의 염류가 4.26dS/m로 가장 높은 수치를 보였으며, 라이프쏘일 처리구도 4.13dS/m로 매우 높은 염류집적현상을 보였고, 치환성양이온중 K는 다소 감소된 경향을 나타내었다.

Table 39. Changes in soil properties as affected by application of selling products based on humic acid in ginseng field

Treatment	Soil depth (cm)	pH (1:5)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol ⁺ /kg)			E.C (dS/m)
					K	Ca	Mg	
Control	0~5	5.6	2.4	103	0.44	6.9	1.3	1.78
	5~10	5.5	1.8	98	0.22	5.9	1.2	1.17
	10~15	5.6	1.8	98	0.20	6.1	1.2	1.13
Life soil	0~5	5.9	1.8	119	0.19	12.2	1.6	4.13
	5~10	6.0	1.3	124	0.18	11.5	2.0	2.17
	10~15	6.2	1.3	108	0.14	8.3	1.4	1.08
Buminwon	0~5	6.2	1.1	67	0.13	10.9	2.1	4.26
	5~10	6.4	1.0	47	0.10	9.6	1.4	0.97
	10~15	6.5	0.8	157	0.11	9.5	1.4	0.76
Daerahn	0~5	6.1	1.6	81	0.20	10.1	1.8	2.17
	5~10	6.1	1.5	77	0.18	9.3	1.4	1.09
	10~15	6.0	1.3	64	0.18	8.2	1.3	0.96
Root power	0~5	6.3	1.1	83	0.07	8.6	1.5	2.87
	5~10	6.5	1.0	86	0.12	10.4	1.5	0.98
	10~15	6.6	0.8	81	0.11	8.8	1.3	0.60

부식산 제제 처리후 토양화학성을 조사한 결과(Table 39) 대조구에 비해 부식산 처리구가 pH가 다소 증가된 경향을 보였으며, 전체적으로 표토층에 염류가 과다하게 집적되어 있어 인삼의 생육이 매우 저조할 것으로 추정되었다. 그 중 부민원 처리구는 표토의 염류가 4.26dS/m로 가장 높은 수치를 보였으며, 라이프쏘일 처리구도 4.13dS/m로 매우 높은 염류집적현상을 보였고, 치환성양이온중 K는 다소 감소된 경향을 나타내었다.

훈탄의 토양혼화 처리가 토양화학성에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 40), 훈탄의 사용량이 증가할수록 토양산도가 높아졌고, 유기물 함량은 크게 증가한 것으로 나타났다. 그리고 토양내의 가리 함량은 대조구에 비해 훈탄을 칸당 10ℓ 사용한 포장 이 0.21~0.23으로 가장 높았고, 사용량이 증가할 수 록 점차 감소하는 경향을 보였다. 염농도는 염류가 아직 집적되지 않아 대조구와 훈탄 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 40. Changes in soil properties as affected by application of carbonized chaff in 2 years ginseng field.

Treatment	Soil depth (cm)	pH (1:5)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol+/kg)			E.C (dS/m)
					K	Ca	Mg	
Control	0~5	6.8	17	153	0.13	8.9	1.6	0.37
	5~10	6.8	13	141	0.11	9.0	1.4	0.24
	10~15	6.8	14	139	0.12	9.2	1.8	0.24
Carbonized chaff (10 ℓ /kan)	0~5	6.9	20	135	0.23	9.1	1.7	0.39
	5~10	6.9	25	127	0.21	9.2	1.7	0.25
	10~15	6.9	30	125	0.22	9.3	1.9	0.24
Carbonized chaff (20 ℓ /kan)	0~5	7.2	22	137	0.19	9.2	1.7	0.32
	5~10	7.3	21	132	0.19	9.1	1.5	0.28
	10~15	7.3	17	133	0.19	9.3	1.7	0.27
Carbonized chaff (30 ℓ /kan)	0~5	7.2	27	124	0.18	9.3	1.5	0.29
	5~10	7.3	30	114	0.17	9.2	1.4	0.28
	10~15	7.2	27	106	0.17	9.3	1.4	0.26

훈탄과 유기질퇴비 혼용 처리시(Table 41) 토양내 pH는 6.5~6.6으로 대조구 pH6.8에 비해 다소 감소되었고, 유기물 함량은 크게 증가하였다. K와 Mg 함량은 데르안

함량이 높을 수 록 증가하는 경향을 보였다. 그러나 염농도는 대조구에 비해 유기질 퇴비 함량이 증가할수록 크게 높아져 칸당 유기질퇴비 66.66g+훈탄 20리터를 혼용 살포시 표토의 염농도가 6.66dS/m로 대조구에 비해 약 17배 높은 결과를 보였다. Humic acid와 훈탄혼용 처리구에서는 대조구에 비해 토양 pH가 약간 높아졌고, 유기물함량, 인산, K, Mg함량이 대조구에 비해 전체적으로 증가한 결과를 보였고, 염농도는 대조구에 비해 약간 증가한 경향이었으나 유기질퇴비 처리구에 비해서는 그리 높지 않았다.

Table 41. Effects of application of carbonized chaff, humic acid and organic manure on soil properties.

Treatment	Soil depth (cm)	pH (1:5)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol+/kg)			E.C (dS/m)
					K	Ca	Mg	
Control	0~5	6.8	17	153	0.13	8.9	1.6	0.37
	5~10	6.8	13	141	0.11	9.0	1.4	0.24
	10~15	6.8	14	139	0.12	9.2	1.8	0.24
Organic manure (33.33g/kan) +Carbonized chaff (20 ℓ /kan)	0~5	6.4	23	157	0.24	9.8	3.2	5.56
	5~10	6.4	17	162	0.19	9.5	2.3	2.08
	10~15	6.5	24	175	0.18	9.4	2.1	1.74
Organic manure (66.66g/kan) +Carbonized chaff(20 ℓ /kan)	0~5	6.5	27	180	0.42	9.4	3.3	6.16
	5~10	6.5	29	179	0.35	9.3	2.9	4.30
	10~15	6.6	30	201	0.35	9.2	2.8	3.19
Humic acid (33.33g/kan) +Carbonized chaff(20 ℓ /kan)	0~5	6.9	23	170	0.20	9.0	2.2	1.84
	5~10	6.8	21	162	0.19	9.1	2.2	1.76
	10~15	6.9	27	170	0.21	8.9	2.1	1.28
Humic acid (66.66g/kan) +Carbonized chaff(20 ℓ /kan)	0~5	7.1	25	167	0.27	8.8	1.9	1.41
	5~10	6.9	22	202	0.26	8.9	2.1	0.74
	10~15	6.8	32	179	0.26	9.2	2.1	0.48

※ 유기질퇴비 조성성분 : Humic acid 75%, NH₄ -N 4%, SiO₂ 1%, Fe 0.5%, Mn 0.1%, 기타 15%

산화방지제인 토루엔 처리 후 토양의 화학성을 조사한 결과(Table 42) 처리전에 비해 토양산도가 약간 올라갔고, 인산함량이 처리전에 비해 토양깊이에 상관없이 다소 증가한 경향을 나타냈으며, K, Ca 및 Mg 함량은 처리전에 비해 다소 감소된 경향을 보였다. 토양깊이 5cm 이하의 토성에서는 대조구에 비해 지중염류농도가 다소 감소된 경향을 보였지만 그러나 전체적인 토양화학성 변화에는 큰 차이가 없었다.

Table 42. Changes in soil properties as affected by application of toluene.

Treatment	Soil depth (cm)	pH (1:5)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol+/kg)			E.C (dS/m)
					K	Ca	Mg	
Control	0~5	5.6	2.4	103	0.44	6.9	1.3	1.78
	5~10	5.5	1.8	98	0.22	5.9	1.2	1.17
	10~15	5.6	1.8	98	0.20	6.1	1.2	1.13
Toluene drench (Three times)	0~5	5.9	2.0	108	0.11	8.4	1.5	2.08
	5~10	6.1	1.8	95	0.07	4.7	0.6	1.01
	10~15	6.3	2.0	110	0.08	4.6	0.6	0.71

3. 미생물제, 토양개량제 및 환원수 처리에 의한 인삼생육과 적변발생경감효과 규명(농가실증)

토양개량제인 부식산 처리가 인삼 지하부 생육에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 43) 칸 당 humic acid를 8.33g 시용한 처리구가 대조구와 2배, 3배량 처리구에 비해 근중(6.04cm)과 근장(29.8cm)생육에서 가장 양호한 결과를 보였으며(Fig 6), 적변지수도 0.4로 가장 적은 적변 발생율을 나타내었다. 따라서 묘삼 식재 전 부식산 처리 시 칸 당 시용량을 적정하게 사용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

Table 43. Root growth as affected by humic acid in 2 years ginseng.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	5.70	22.7	10.3	2.3
Humic acid (8.33g/kan)	6.04	29.8	9.1	0.4
Humic acid (16.66g/kan)	5.45	25.7	8.2	0.8
Humic acid (24.99g/kan)	5.89	24.4	9.6	0.6

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)



Fig 6. Root growth as affected by humic acid in 2 years ginseng

훈탄 시용이 인삼지하부 생육에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 44) 훈탄의 시용량이 증가 할 수 록 지하부생육(근중, 근장, 근직경)이 좋아지는 경향을 나타내었고 (Fig 7), 특히 훈탄 30ℓ 시용구는 대조구에 비해 근중이 2배이상 증가하는 결과를 보여 훈탄이 인삼의 토양화학성 및 물리성을 개선하여 지하부 생육을 크게 증가시키는 것으로 나타났다.



Fig 7. Root growth as affected by carbonized chaff in 2 years ginseng

Table 44. Root growth as affected by carbonized chaff in 2 years ginseng.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	2.2	16.5	6.6	0.4
Carbonized chaff (10 l /kan)	5.3	19.8	9.8	1.0
Carbonized chaff (20 l /kan)	4.8	17.9	9.3	1.3
Carbonized chaff (30 l /kan)	5.4	21.0	10.3	0.8

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)

훈탄 및 부식산 처리가 인삼지하부 생육에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 45) 부식산 처리구가 대조구에 비해 근중, 근장 및 근직경 모두 양호한 생육을 보였고, 특히 칸 당 부식산 66.66g+훈탄 20ℓ 처리구가 근중 6.4g, 근장 23.1 및 근직경 9.7cm로 대조구에 비해 근중은 약 3배, 근직경은 약 1.5배의 양호한 생육을 나타내었다. 유기질퇴비+훈탄 처리구는 염농도가 높아 적변지수도 부식산+훈탄 처리구에 비해 다소 높게 나타났다.

Table 45. Root growth as affected by carbonized chaff, humic acid and organic manure in 2 years ginseng

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	2.2	16.5	6.6	0.4
Organic manure (33.33g/kan) + Carbonized chaff (20 ℓ /kan)	3.0	17.9	8.0	0.4
Organic manure (66.66g/kan) + Carbonized chaff (20 ℓ /kan)	3.6	21.4	7.9	0.5
Humic acid (33.33g/kan) + Carbonized chaff (20 ℓ /kan)	4.5	20.8	9.2	0.3
Humic acid (66.66g/kan) + Carbonized chaff (20 ℓ /kan)	6.4	23.1	9.7	0.3

※ Red coloration index : 0=healthiness, 1=some(1~10%), 2=middle(11~25%)
3=extreme(26% over)

시판용 미생물제제 처리에 의한 적변삼 발생 경감효과 및 지하부 생육상황을 조사한 결과(Table 46) 대조구에 비해 미생물제제 처리구가 적변발생이 약간 적었으며, 지하부 생육은 *Bacillus subtilis* 제제 처리구가 대조구와 *Pseudomonas maltophilia* AG-12 제제 처리구에 비해 근중(2.44g)과 근직경(7.85mm)이 우수한 생육을 보였다.

Table 46. Root growth as affected by selling products based on microbe in 2 years ginseng.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	2.25	16.3	6.72	1.2
<i>Pseudomonas maltophilia</i> AG-12	1.69	13.1	6.93	1.0
<i>Bacillus subtilis</i>	2.44	16.3	7.85	0.9

산화방지용 환원수인 토루린(Fe 또는 Cu 등 금속이온 제거) 처리효과를 분석하기 위하여 1/20000 와그너포트에 묘삼을 3개씩 이식한 후 pot당 환원수인 토루린과 지하수를 300ml씩 1차 관수 처리하였다. 또한 포장에서의 처리효과 분석을 위하여 2회, 3회 및 5회 처리한 후 지상하부의 생육상황(Table 47, Table 48)을 조사 분석 하였지만 토루엔 처리결과 관주 횟수에 관계없이 2년근 인삼의 지상하부의 생육은 큰 차이를 보이지 않았으며, 지하부의 적변지수는 대조구에 비해 토루엔 처리시 현저히 감소된 결과를 보였다.

Table 47. Growth characteristics as affected by toluene in 2 years ginseng.

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf diameter (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)
Control	5.8	2.8	7.8	2.1
Toluene drench (two times)	5.8	3.0	8.3	2.2
Toluene drench (three times)	6.4	3.3	7.9	2.4
Toluene drench (five times)	6.2	3.1	8.1	2.3

Table 48. Root growth as affected by toluene in 2 years ginseng.

Treatments	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Red colored index
Control	1.14	11.4	6.93	1.0
Toluene drench (two times)	1.5	11.5	6.76	0.2
Toluene drench (three times)	2.0	10.4	7.90	0.4
Toluene drench (five times)	2.1	14.5	9.60	0.1

제 4 절 결과 요약

인삼의 적변을 예방하고 토양화학성을 개선 할 수 있는 토양개량제중 부식산을 재료로 한 처리효과를 분석한 결과 부민원 처리구가 2.96g으로 가장 양호한 생육을 보였고, 적변지수도 대조구에 비해 현저히 적게 발생하였다. 생육촉진제 5종의 처리결과 고에마 처리구가 2.59g으로 가장 지하부 생육이 양호하였으며, 적변지수도 0.4로 가장 적게 적변이 발생되었다. 시판용 미생물제 4종의 처리결과 배트구아나 처리가 근중 및 근장에 있어 1.56g, 17.3cm로 가장 지하부 생육이 양호하였으나, 적변지수는 바이오닥터처리가 적변지수 0.2로 가장 적게 적변이 발생되었다.

농가포장에 묘삼식재전 부식산을 토양혼합 처리한 결과 토양산도는 0.1~0.5 정도, 인산함량은 10~20mg/kg 정도 감소된 경향을 보였으며, 대조구에 비해 부식산 처리구의 표토부위(0~5cm)에서 염류가 집적되는 결과를 보였으며, 2년근 인삼포에서 훈탄처리에 따른 토양화학성변화를 조사한 결과 훈탄 시용량이 증가할수록 토양산도가 높아졌고, 유기물 함량이 크게 증가한 염류흡착정도를 미미하였다. 또한 훈탄과 유기질퇴비의 복합시용 후 토양화학성을 조사한 결과 유기질퇴비 66.66g+훈탄 20리터를 토양혼화 처리한 시험구에서 표토의 염농도가 6.6dS/m로 대조구에 비해 약 17배가량 높은 결과를 보여 시판유기질퇴비의 시용시 반드시 산도 및 염류농도를 검사해야 하는 결과를 나타내었다. 산화방지제인 토루엔 처리는 토양의 산도를 약간 높이고, 인산함량은 다소 감소되는 결과를 보였다.

토양개량제인 부식산 처리에 따른 인삼생육상황을 조사한 결과 근중은 부식산

8.33g/칸 시용한 처리구가 대조구에 비해 0.3g 더 나가는 것으로 나타났고, 훈탄처리 구에서도 훈탄처리량이 많을수록 무게가 더나갔고, 훈탄 20리터에 부식산을 칸당 66.66g 복합 처리한 처리구에서 근중 6.4g, 근장 23.1cm로 대조구에 비해 근중은 약 3 배, 근지경은 약 1.5배 양호한 생육을 보였다. 산화방지제인 토루엔 처리에 따른 인삼생육상황을 조사한 결과 인삼생육은 토루엔 관주 횟수가 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보이나, 관주횟수가 많을수록 적변지수는 감소하는 결과를 보였다.

총 합 고 찰

본 연구에서 적변삼은 상처를 통하여 침입한 세균에 의하여 발생하며 세균밀도를 증가하면 적변의 정도가 증가하였다. 상토에 따라 적변의 정도가 다르고 유기질 비료를 첨가하면 적변삼이 증가한다는 결과를 얻었다.

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 적변정도의 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*, *Streptomyces fimbriatus* *Variovorax paradoxus*의 세균으로 판단되었다. 따라서 인삼적변의 발생은 내생세균의 침입 및 증식에 기인한 것으로 추정된다.

polyphenol 함량은 건전 인삼보다 자연 발생한 적변에서 많았으며 적변정도가 심할수록 증가하였다. 적변유발세균을 인공 접종하여 유발된 적변삼의 폴리페놀 함량은 무처리에 비하여 증가하였다. 또한 polyphenol 함량은 접종 후 일수가 증가할수록 증가하였다. 자연발생한 적변삼의 PPO 총활성과 활성/단백질은 건전삼 비하여 활성이 낮았다.

적변유발세균은 sodium hypochlorite에 모두 감수성이었고, didecyl dimethyl ammonium bromide, ClO_2 , benzalkonium chloride, octyldecyl dimethyl ammonium chloride 2.250%,

dioctyl dimethyl ammonium chloride+didecyl dimethyl ammonium chloride+alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride, glutaraldehyde+ Dimethyl cocobenzyl ammonium chloride에는 균주에 따라 감수성으로 반응하였다.

적변유발세균의 대부분은 ampicilin, chloramphenicol, erythromycin, kanamycin, streptomycin, rifampin, streptomycin, tetracycline에 대하여 감수성으로 반응하였으며 neomycin+streptomycin, streptomycin+tetracycline의 혼합접종에서는 모든 균주가 감수성으로 반응하였다.

적변 유발세균을 묘삼에 접종한 후, NaClO에 침지처리는 적변의 방제 효과를 보였고, Neomycin과 Tetracycline의 혼합처리에서도 적변의 발생을 억제시켰으나 도포제인 화이트카본을 첨가한 처리구에서 가장 적변 방제에 효과를 나타냈다. 그러나 소독제, chitosan, 미생물제는 적변억제 효과가 없었으며 생리활성제는 약간의 억제효과가 있었다.

인삼포 예정지관리기간은 논삼재배지의 74.5% 이상이 1년 미만으로 관리하고 있고, 인삼재배농가가 가장 많이 사용하는 녹비는 논삼 74.6%, 밭삼 30.6%가 벧짚을 제일 선호하였고, 퇴비는 유기질퇴비를 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 인삼주재배지역인 금산, 논산, 진안 및 풍기 4개지역의 생리장해(황증) 포장의 토양화학성을 조사한 결과 금산 및 풍기지역 포장이 가장 많이 염류집적되어 이식포장이 2.3dS/m, 2.0dS/m의 농도를 보였는데, 이는 금산과 풍기지역 인삼포는 논삼포를 이용한 결과 비재배를 위해 시용한 화학비료가 과다하게 집적되어 있는 결과로 해석된다.

금산지역에서 가장 많이 사용하는 해가림 4유형중 PE 4중직(흑2, 청2) 피복구가 적변율이 3.7%로 가장 적었으며, 갈대밭+꺼치+비닐+PE 2중직 피복구가 52.5%의 적변율을 보여 가장 많이 적변되고, 수량도 칸당 1.7kg으로 가장 적은 수량을 나타내었다.

3년근 염류집적 장해지에 황토, 활성탄, 토룡토 및 맥반석등 4종을 복토처리한 결과, 황토의 복토전 EC가 0.2dS/m에서 6.60dS/m로 복토재료중 표토층의 염류를 제일 많이 흡착한 결과를 보였고, 활성탄도 복토전 EC가 0.3dS/m에서 4.10dS/m로 크게 증가되어, 활성탄이 염류흡착을 많이 한다는 보고와 일치하였다.

PE 4중직 차광망의 해가림 구조하에서 맥반석등 4종의 복토재료를 처리한 결과 6년근 인삼의 지하부 근중은 토룡토 처리가 분당 150g으로 무처리구에 비해 167%정도 가장 무거웠으며, 무처리 20%에 비해 황토처리구는 전혀 적변이 발생되지 않아 가장 우수한 결과를 보였다.

인삼의 적변을 예방하고 토양화학성을 개선 할 수 있는 토양개량제중 부식산을 재료로 한 처리효과를 분석한 결과 부민원 처리구가 2.96g으로 가장 양호한 생육을 보였고, 적변지수도 대조구에 비해 현저히 적게 발생하였다. 생육촉진제 5종의 처리결과 고에마 처리구가 2.59g으로 가장 지하부 생육이 양호하였으며, 적변지수도 0.4로 가장 적게 적변이 발생되었다. 시판용 미생물제 4종의 처리결과 배트구아나 처리가 근중 및 근장에 있어 1.56g, 17.3cm로 가장 지하부 생육이 양호하였으나, 적변지수는 바이오닥터처리가 적변지수 0.2로 가장 적게 적변이 발생되었다.

농가포장에 묘삼식재전 부식산을 토양혼합 처리한 결과 토양산도는 0.1~0.5 정도, 인산함량은 10~20mg/kg 정도 감소된 경향을 보였으며, 대조구에 비해 부식산 처리구의 표토부위(0~5cm)에서 염류가 집적되는 결과를 보였으며, 2년근 인삼포에서 훈탄처리에 따른 토양화학성변화를 조사한 결과 훈탄시용량이 증가할 수록 토양산도가 높아졌고, 유기물 함량이 크게 증가한 염류흡착정도를 미미하였다. 또한 훈탄과 유기질퇴비의 복합시용후 토양화학성을 조사한 결과 유기질퇴비 66.66g+훈탄 20리터를 토양혼화 처리한 시험구에서 표토의 염농도가 6.6dS/m로 대조구에 비해 약 17배가량 높은 결과를 보여 시판유기질퇴비의 시용시 반드시 산도 및 염류농도를 검사해야 하는 결과를 나타내었다. 산화방지제인 토루엔 처리는 토양의 산도를 약간 높이고, 인산함량은 다소 감소되는 결과를 보였다.

토양개량제인 부식산 처리에 따른 인삼생육상황을 조사한 결과 근중은 부식산 8.33g/칸 시용한 처리구가 대조구에 비해 0.3g 더 나가는 것으로 나타났고, 훈탄처리구에서도 훈탄처리량이 많을수록 무게가 더나갔고, 훈탄 20리터에 부식산을 칸당 66.66g 복합처리한 처리구에서 근중 6.4g, 근장 23.1cm로 대조구에 비해 근중은 약 3배, 근지경은 약 1.5배 양호한 생육을 보였다. 산화방지제인 토루엔 처리에 따른 인삼생육상황을 조사한 결과 인삼생육은 토루엔 관주 횟수가 큰영향을 미치지 않는 것으로 보이나, 관주횟수가 많을수록 적변지수는 감소하는 결과를 보였다.

이상과 같이 적변의 원인이 세균이라는 것이 밝혀졌고 NaClO, Neomycin과 Tetracycline의 혼합처리에서 적변의 발생을 억제시켰다. 재배적인 면에서는. 인삼예정지 관리기간을 2년동안 필히 실시하고, 토양물리성 및 화학성 개선을 위해 부식산 및 훈탄 등의 시용하면 적변삼의 발생이 감소하였다.

따라서 인삼재배 농가에서는 예정지 관리 시에 토양의 조건에 따라 부식산 및 훈탄 등을 시용하여 토양환경을 개선하고 묘삼을 소독하여 사용한다면 적변삼의 발생을 크게 감소시킬 것이다.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.