

인삼 적변의 발생 요인과 원인

박홍우 · 임태교 · 최춘환 · 최재을[†]

충남대학교 농업생명과학대학

Factors and Cause of Rusty-Ginseng Occurrence

Hong Woo Park, Tai Kyo Lim, Chun Hwan Choi, and Jae Eul Choi[†]

Collage of Agriculture and Life Science, Chungnam Nat'l Univ. Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT In the preliminary experiment, the factors (soil moisture content, type of organic fertilizers, wound of ginseng, and concentration of rusty-root causing bacteria) inducing the rusty-root of ginseng were investigated. The Hue values were measured for the degree of rustiness affected by the factors. The rustiness was severe on the wounded-ginseng and on the ginseng inoculated with *Agrobacterium tumefaciens* (CG20126). The Hue values of the control, the non-wounded ginseng inoculated with CG20126, the wounded-ginseng, and the wounded-ginseng inoculated with CG20126 were 113.3, 108.1, 85.8, and 57.5, respectively. The 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 concentrations of *A. tumefaciens* CG20126 increased the rustiness of ginseng. The concentration of *A. tumefaciens* CG20126 at 10^2 , 10^4 , 10^6 , and 10^8 cells/ml, resulted in the Hue values of 62.8, 63.3, 55.6, and 48.8, respectively.

Keywords : rusty-ginseng, rust-causing bacteria, organic fertilizer, Hue values

인삼 뿌리의 적변은 처음에 황갈색~적갈색의 원형 또는 불규칙적인 작은 반점이 나타나고 점차 확대되며 병반이 진전되면 표피가 거칠어지고 갈라지면서 부패하기도 한다. 적변삼은 같은 크기의 인삼이라도 가격이 크게 하락하여 재배 농가에 경제적 손실을 주고 있다.

적변이 많이 발생하는 환경 요인은 토양 과습 및 배수 불량(목 등, 1987), 미부숙 유기질비료의 시용(목 등, 1981, 1982), 유기산 농도의 증가(김 등, 1986) 등이라고 하였으나 적변삼의 직접적인 발생 원인은 아직까지 밝혀지지 않았다.

上田(1909)는 인삼뿌리의 표면에 적갈색 또는 암갈색의 병반이 점차 확대되면서 물러지고 내부조직까지 부패시키는 병징을 관찰하고, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* 에 의한 병이라는 보고가 적변과 관련된 최초의 기록이다.

정 등(1985)은 인삼의 적변현상은 토양의 환원, 병원균의 침입, 과다염류 등의 불리한 환경 변화로 발생하는 이상대사이며, 이러한 변화에 적응하기 위한 비특이적인 저항성 기작이라고 하였다. 안 등(1982)은 훈증제로 토양을 소독한 결과 적변삼의 발생이 감소하였다고 하여 미생물과 관련성이 시사되었으나 감소 원인은 알 수 없다고 하였다. 양 등(1997), 윤과 양은(2000)에 의하면 적변은 갈색의 화합물을 형성할 수 있는 토양 성분과 인삼 성분 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 하였고, 적변유발 세균은 *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas marginalis*, *P. veronii*, *Microbacterium luteolum*, *M. oxydante*, *Rhodococcus erythropolis* 등으로 동정하였다(최 등, 2005).

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

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-812-5729

(E-mail) choije@cnu.ac.kr <Received May 17, 2006>

재료 및 방법

사용균주 및 인삼

본 시험에 사용한 균주는 충남대학교 농업생명과학대학 식물자원학부 내병성 육종학 실험실에서 적변 유발 균을 분리하여 보관중인 *Agrobacterium tumefaciens*(CG20126 균주), *Pseudomonas marginalis*, *P. veronii*, *Microbacterium luteolum*, *M. oxydante*, *Rhodococcus erythropolis*를 사용하였다. 적변유발 검정에 사용한 인삼은 금산 수삼센터에서 3~4년 근 인삼을 구입하여 사용하였다.

상토 및 유기질 비료

원예용 상토(EC 0.8±0.2 ds/m ; pH 5.5~7.0; zeolite, vermiculite, perlite, coir-dust)와 수도용 상토(EC 2.0 ds/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

토양수분 조절

토양수분은 건조토양에 멸균수를 중량의 10%, 20%, 50%, 70%를 가하여 조절하였고 기타의 실험에서는 멸균수를 건조중량의 50%를 가하여 실험용 토양으로 사용하였다.

적변유발 세균 접종

접종원은 초저온 냉장고에 보관중인 균주를 King's B 배지에서 24시간 진탕 배양한 후 멸균수를 가하여 10⁶ cell/ml의 비율로 희석하여 사용하였고, 세균 농도에 따른 적변 발생 시험에서는 10²~10⁸ cell/ml로 희석하여 사용하였다.

상처 접종은 sand paper로 인삼 표면을 문질러서 상처를 내어 적변 유발세균을 도말 접종하였고, 무상처 접종은 건

전한 인삼 표면에 적변 유발세균을 도말 접종하였다. 무처리 상처를 내지 않거나 상처를 낸 뒤 멸균수를 도말하였으며, 각 처리마다 9개의 인삼을 3반복 처리하였다. 접종한 인삼은 5φ × 20 cm의 원통형 플라스틱 용기에 넣고 실험용 토양으로 채운다음 알루미늄 호일로 밀봉하여 28℃의 암상태에서 보관하였다.

적변 조사

적변유발 세균을 접종한 인삼은 2주 후에 접종 부위를 Color difference meter(Model CR-200)로 C 광원에서 Hunter L, a, b값을 측정하고, McGuire(1992)의 방법에 따라 Hunter a, b값을 이용하여 Hue value(Hue angle)를 얻었다. Hue value는 원형 색상관상에 색상 각을 나타내며, a는 x좌표이고 b는 y좌표이고, +a와 -a는 red와 green을 나타내고 +b와 -b는 각각 yellow와 blue를 나타낸다. Hue value는 다음과 같은 공식에 의해서 구하였다.

$$\text{Hue value}(\text{°}) = [\text{Tan}^{-1} (b/a \ 2\pi)] \times 360$$

0° : red, 90° : yellow, 180° : green, 270° : blue

결과 및 고찰

접종방법이 적변 발생에 미치는 영향

적변유발 세균을 여러균주 접종하여 적변발생이 심하게 발생하는 균주인 *Agrobacterium tumefaciens*(CG20126)를 선발하여 사용하였다. 접종하여 14일 후에 color difference meter로 측정하여 Hue value를 계산한 결과는 Table 1과 같다. 무상처 무접종 인삼과 무상처 접종 인삼의 Hue value는 각각 111.3과 108.1이고, 상처 무접종 인삼과 상처 접종 인삼의 Hue value는 각각 85.8과 57.5로 상처가 Hue value를 크게 감소시켰다. Hue value는 작을수록 적색이 짙어지는데 이는 적변화가 심화되었음을 나타낸다.

Table 1. The rustiness as affected by wounding and inoculation of the rust-inducing bacteria.

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

^{a)}Rustiness was measured by the inoculation of *A. tumefaciens* CG20126 at 10⁶ cells/ml after growing ginseng for 14 days.

^{b)}Hue value(°) = [Tan⁻¹ (b/a 2π)] × 360 ; 0° : red, 90° : yellow, 180° : green, 270° : blue.

^{c)}Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

무상처 접종 인삼의 Hue value는 상처접종 인삼보다 Hue value가 큰 것은 무상처 인삼에 적변 유발균을 접종하더라도 건전 부위로 세균의 침입이 불가능하기 때문이다. 상처 무접종 인삼의 Hue value가 무상처 무접종 인삼의 Hue value보다 작은 것은 토양에 존재하는 적변유발 세균이 상처를 통하여 침입·증식하여 적변을 유발한 것으로 생각된다.

무상처 무접종 인삼과 무상처 접종 인삼의 적변은 Fig. 1에서와 같이 작은 점무늬가 부분적으로 발생하였다. 이러한 결과는 채굴과정에 발생된 상처를 통하여 접종세균 또는 토양세균이 침입하여 적변을 유발하였기 때문으로 판단된다. 상처 무접종 인삼과 상처 접종 인삼에서는 상처 부위가 전체적으로 적변이 발생하였으며 특히 상처 접종 인삼에서는

적변이 전체적으로 심하게 발생하였다.

인삼의 이식 중에 발생하는 상처는 적변의 발생을 촉진시킬 것이나 상처는 자연적으로 치유되기 때문에 적변이 지속적으로 확대되려면 연속적인 조직의 파괴가 필수적일 것이다. 이러한 역할은 인삼조직을 가해하는 미생물에 의하여 가능하다고 생각된다.

상토의 종류가 적변발생에 미치는 영향

원예용 및 수도 육묘용 상토가 인삼적변에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 2 및 Fig. 2와 같다. 원예용 상토와 수도 육묘용 상토에 이식하여 14일 후에 Hue value를 측정할 결과 무상처 무접종 인삼은 각각 108.2, 109.1이고, 상처 접종 인삼은 각각 56.8, 64.7로 크게 감소하였다. 상처 접종에서는 수도 육묘용 상토보다 원예용 상토에서 적변의 발생이 심하게 발생하였다. 이러한 결과는 수도 육묘용 상토보다

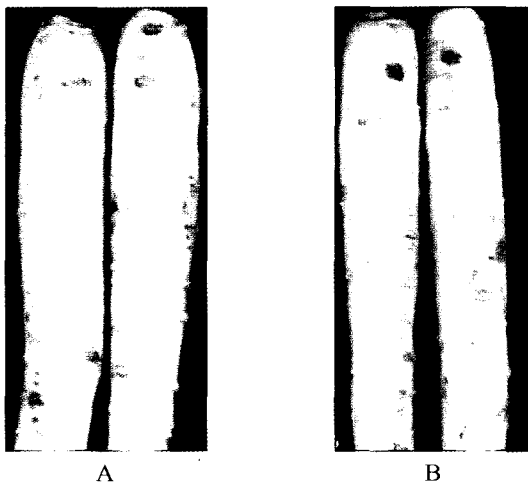


Fig. 1. Rusty symptoms of ginseng root induced by the artificial inoculation of CG20126 isolated from rusty ginseng roots (bacterium concentration 10^6 cells/ml). Panels A : control, B : inoculation without wounding, C : wounding, D : wounding and inoculation.

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),b),c)}To see footnote of Table 1.

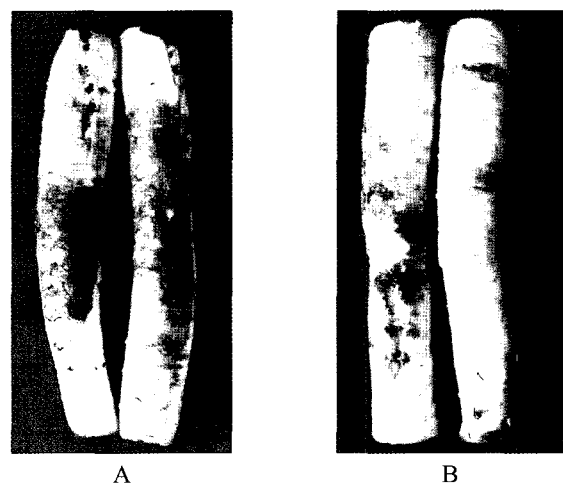


Fig. 2. The rustiness affected by horticultural and paddy rice bed-soils. Rustiness was measured by inoculation of *A. tumefaciens* CG20126 at 10^6 cells/ml after growing ginseng for 14 days. Panels A : horticultural bed-soil, B : paddy rice bed-soil.

원예용 상토가 보수력이 높고 유기질 함량이 많아 접종된 세균의 증식에 영향을 주어 적변 발생을 증가시켰을 것으로 생각된다.

적변의 발생은 발토양보다 논토양, 배수 불량지, 누수 과다 포장 등에서 많이 발생(목 등, 1995)한다는 보고는 본 시험에서 보수력과 유기질 성분이 많은 원예용 상토에서 적변이 많이 발생한 것과 관련성이 있을 것으로 생각된다.

토양수분 함량이 적변 발생에 미치는 영향

토양수분 함량이 적변발생에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 토양수분 함량이 10, 20, 30, 40, 50, 70%일 때 Hue value는 각각 96.2, 85.9, 78.0, 75.7로 수분 함량이 증가 할수록 감소하였다. 토양 내 수분함량이 증가 할수록 적변이 심해지는 것은 수분이 많을수록 미생물의 증식에 영향을 미치고 상처의 치유도 지연되기 때문으로 생각된다. 토양수분과 적변율과는 정의 상관관계이고 과습하기 쉬운 논 삼에서 적변삼이 많이 발생하고, 과습의 조건은 토양환원을 촉진하며 담수 조건에서는 살균 토양이라도 적변율이 90%나 발생하여 높은 수분에 의한 산소부족만으로도 적변의 중요한 원인이 된다고 하였다(박, 1991). 해가림 시설의 누수량이 많을수록 적변이 증가하는 현상은 수분과다에 의한 미생물의 증식과 산소부족에 의한 인삼 뿌리의 피해와도 관련이 있을 것으로 생각된다.

유기질 비료가 적변발생에 미치는 영향

유기질 비료 처리가 적변에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4와 같다. A, B, C 회사 유기질 비료를 약 10% 혼합한 토양에서 14일간 처리한 무상처 무접종 인삼의 Hue value는 각각 108.2, 92.4, 104.2이고, 상처 무접종 인삼의 Hue value는 각각 31.7, 35.2, 27.8로 무상처 처리구에 비하여 크게 감소하여 적변이 심하게 발생하였다. 이와 같이 유기질 비료를 첨가한 토양에서 상처 무접종 인삼의 Hue

value가 작게 나타난 것은 유기질 비료가 미부속으로 유해가스가 발생하였거나 유기질 비료에 포함된 세균이 침입하여 적변이 유발되었을 것으로 추정된다. 본 시험에 사용한 유기질 비료의 세균 밀도를 조사한 결과 각각 4.1×10^6 , 1.8×10^6 , 9.2×10^5 CFU/g로 나타났다.

김 등(1986)은 유박, 계분, 돈분 및 우분의 부속도가 낮으면 암모니아태 질소의 장해 및 세균의 밀도가 높아 적변율이 증가하며, 적변은 발 토양보다 논토양에서, 가축분료 다용 포장, 배수 불량지, 두둑 높이가 낮은 포장, 누수과다 포장 등에서 많이 발생한다고 하였다. 본 실험에서 유기물이 적변을 유발시킨다는 결과는 목 등(1998)이 유기질비료 중에는 적변의 발생율과 결주율을 증가시켰고 시용량을 증가 시킬수록 적변이 증가하였다는 보고와도 관련성이 있었다.

접종세균 농도가 적변발생에 미치는 영향

접종 세균의 농도가 적변에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 접종 농도가 10^2 , 10^4 , 10^6 , 10^8 cells/ml일 때, Hue value는 각각 63.3, 62.8, 55.6, 48.8로 접종농도가 증가 할수록 Hue value는 감소하였다. 접종세균의 농도가 높을수록 인삼에서의 감염과 증식이 촉진되어 적변의 심화되는 것은 당연한 결과로 생각된다.

최 등(2002)은 적변삼의 형태 · 해부학적 특징을 고려할

Table 3. Effect of soil moisture on rusty-ginseng occurrence.

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),b),c) To see footnote of Table 1.

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),b),c) To see footnote of Table 1.

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),b),c) To see footnote of Table.

때 적변은 생물적, 무생물적인 요인에 의한 표피 세포의 손상과 근권 미생물의 감염으로 표피에 적변 물질이 침적될 것으로 추정되며, 앞으로 감염세균에 의한 적색 물질의 형성 과정과 착색에 관한 기작이 밝혀진다면 적변의 원인을 보다 정확하게 구명할 수 있을 것이라고 하였다.

본 연구의 결과를 종합하면 적변의 유인은 상처, 토양 과습, 유기물 등이고 직접적인 원인은 적변 유발세균이라는 것이 확인되었다. 즉 적변의 발생은 인삼에 상처를 통하여 토양에 생존하고 있는 적변 유발세균이 침입하여 발생하며, 적변의 정도는 수분, 세균의 밀도, 유기물 등이 관련되었다. 따라서 적변의 피해를 줄이기 위해서는 인삼의 이식 시에 상처 발생을 억제하고 감염된 세균을 소독함과 동시에 완숙된 유기물을 사용하고 과습 방지 등이 효과가 있을 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 접종방법, 상토 및 유기물의 종류, 토양수분, 세균밀도가 적변발생에 미치는 영향을 조사하여 적변발생 요인 및 원인을 밝히기 위하여 실시하였다.

1. Hue value는 무상처 무접종에서 113.1, 무상처 접종 108.1, 상처 무접종 85.8, 상처접종 57.5로 적변은 무상처 무접종 < 무상처 접종 < 상처 무접종 < 상처 접종 순으로 심하게 발생하였다.

2. 원예용 상토와 수도용 상토에서 Hue value는 각각 56.8, 64.7로 수도용 상토보다 원예용 상토에서 적변이 심하게 발생하였다.

3. 토양의 수분농도가 10%, 20%, 50%, 70%일 때 Hue value는 각각 96.2, 85.9, 78.0, 75.7로 수분이 높을수록 적변이 심하게 발생하였다.

4. 유기질 비료를 첨가한 토양에서의 Hue value는 35.2-27.8로 유기질 비료의 사용은 적변 발생을 심하게 유발하였다.

5. 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 발생하였다.

사 사

본 논문은 농림부에서 시행한 농림기술개발사업(2003-2006년)의 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부임.

참고문헌

- 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.
- 최재을, 육진아, 김진희, 최춘환, 천종식, 김영준, 이항범. 2005. 적변삼으로부터 분리한 내생세균의 동정 및 적변 유발. 약용작물학회지 13(1) : 1-5.
- 정영륜, 오승환, 이일호, 박창석. 1985. 적변삼의 생물·화학적 특성과 그 발생원인에 관하여. 고려인삼학회지 9(1) : 24-35.
- 김명수, 홍순근, 이태수, 한종구, 전정복. 1986. 인삼의 생리장해 방제에 관한 연구. 인삼연구보고서(재배분야) 797-903. 한국인삼연초연구소.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. Hort Science 27 : 1254-1255.
- 목성균, 반유선, 천성기, 이태수, 이성식, 이장호, 박동이, 전정복, 이정기, 박상오. 1995. 적변삼 발병원인 및 방제법 구명. 인삼연구보고서(재배분야) 51-87. 한국인삼연초연구소.
- 목성균, 홍순근, 김명수, 이태수, 한종구. 1987. 인삼의 생리장해에 관한 연구. 인삼연구보고서(재배분야, 환경 및 육종) 363-434. 한국인삼연초연구소.
- 목성균, 김명수, 이종화. 1982. 생리장해에 관한 연구. 인삼연구보고서(재배분야) 159-186. 한국인삼연초연구소.
- 목성균, 박규희. 1981. 생리장해에 관한 연구. 인삼연구보고서(재배분야) 263-269. 한국인삼연초연구소.
- 목성균, 반유선, 이태수, 천성기, 한종구, 이장호, 민병선, 박상오. 1998. 수삼품질 향상을 위한 재배법개선 연구. 인삼연구보고서(재배분야) 19-28. 한국인삼연초연구소.
- 박훈. 1991. 인삼의 생리장해. 한국작물학회지 36(5) : 459-480.
- 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, 김용혜, 윤길영, 이성식, 권진이, 강현미. 1997. 인삼근 적변현상과 근권 토양환경. 고려인삼학회지 21(2) : 91-97.
- 윤길영, 양덕조. 2001. 인삼 적변현상과 적변물질의 형태·화학적 특성. 고려인삼학회지 24(3) : 107-112.