

赤變蔘의 生物·化學的 特性과 그 發生原因에 關하여

鄭永倫 · 吳承煥 · 李臺鎬 · 朴昌錫*

韓國人蔘煙草研究所 耕作試驗場

慶尚大學校 農科大學*

(1985년 3월 27일 접수)

Studies on the Biological and Chemical Properties of Rusty Ginseng Root and its Causal Mechanism

Young Ryun Chung, Seung Hwan Ohh, Il Ho Lee, Chang Seok Park*

*Korea Ginseng & Tobacco Res. Inst., Agronomy Res. Center, Suweon 170, P.O. Box 59, Korea
Kyung Sang University, Agricultural College, Jinju, 620, Korea**

(Received March 27, 1985)

Abstract

Rusty root of ginseng has been known as one of the limiting factors in ginseng production in Korea. An attempt was, therefore, made to elucidate biological and chemical natures of the rusty root, and the redox potential of the ginseng cultivated soils were measured and compared with diseased and non-diseased soils. Reddish discoloration was most frequently observed on the epidermis of ginseng root and the pigments were accumulated in all epidermal cells of the diseased lesions. The lower the redox potential of the ginseng cultivated soil was, the more severe the rusty root was observed. Fe content in the diseased epidermis was 3 times higher than that of healthy one. Organic acids such as oxalic, malonic, succinic, and citric acids were also higher in the rusty root than in the healthy one.

Thin layer chromatogram of phenolic acid fractions obtained from the epidermal cells of the rusty root of ginseng exhibited 3 to 4 unidentified substances not found in the healthy root. Also lignification of the epidermal cells and the activity of phenylalanine ammonia lyase were greater in the rusty root than the healthy root. Colony formation and conidia production of *F. solani*, and mycelial growth and sclerotium formation of *Sclerotinia* sp. isolated from ginseng root were suppressed in a nutritionally minimal medium supplemented with water extract of rusty ginseng root epidermis. It is, therefore, suggested that rusty root of ginseng is caused by unfavorable rhizosphere environmental stress or stresses resulting abnormal metabolism in the root as a self-defence mechanism of non-specific resistance responses.

諸 論

赤變參은 인삼의 중심뿌리(主根)나 결뿌리(枝根)가 부분적 혹은 전체적으로 붉거나 황갈색으로 변한것으로 農家에서는 '赤腐' 또는 '黃(黃)'이 간 參으로 불려지고 있다.¹⁾ 대개 붉게 변한 부위는 表皮층으로, 이층을 벗겨내고 나면 뿌리가 건전한 것과 썩는 것으로 크게 나누어 지는데, 이러한 人蔘들은 表皮세포가 두꺼워져서 실뿌리(細根)내림이 좋지 않고 아울러 生育이 부진하여 生產性을 떨어뜨린다. 특히 수확후 우리나라 인삼수출의 主種을 이루고 있는 '紅參'을 제조 하였을 때는 표피가 쭈글쭈글하며 흥삼 특유의 붉은색이 나타나지 않아 상품가치를 下落시킴으로써 큰 문제가 되고 있다.

赤變參의 發生은 1978 年度 경기지역 6 年根 參圃를 調査 하였을때 평균 11.6%의 發生率을 보였으며,²⁾ 地感에 따라 심한곳은 35% 以上인곳도 있었고, 보통 과습한 곳이나 腐熟이 덜된 계분(鶴糞)을 處理 하였을때는 거의 모두 發生된다고 한다^{3,4,5)}.

1916 年, 美國에서도 뿌리에 赤變과 같은 증상(rust)이 있음을 報告 하였는데, 그 원인을 밝혀내지는 못하였고 다만 뿌리 썩는것과 관련이 있을 것이라고만 하였다.⁶⁾ 中田等은 上田의 보고를 인용하여 붉게 썩는것(赤腐)의 원인을 *Bacillus araliavorus* 라 하였으나⁷⁾ 後日 病菌에 對한 의문을 제시 하였고⁸⁾, 鄭等⁹⁾도 人蔘의 赤腐 部位에서 分離된 *Fusarium solani* 와 *Cylindrocarpon destructans* 를 穀菌土壤에 접종한 뒤 3년생 뿌리에서 부분적으로 赤褐, 褐色으로 변하는 경우를 관찰하였으나 대조구도 그러하였으므로 病原菌 單獨으로는 赤變參의 原因을 說明하기 어렵다고 하였다. 吳等은 赤變되는 것과 赤腐되는 것의 原인이 다를것이라 하였고²⁾ 赤變參이 많이 發生되는 포장은 土壤中 有効인 산, 무기태 질소, Ca, Mg 등의 함량이 높았으며^{3,10)}, *Fusarium* spp, *Trichoderma* spp, 협기성 세균, *Erwinia* spp, 그리고 *Bacillus* spp의 細菌 密度가 높다고 하였다.⁴⁾ 또 赤變參 表皮에서는 *Cylindrocarpon* sp 가 많이 分離 되었으며 담수처리時 人蔘의 赤變率이 증가된다고 하였다. 朴等⁵⁾은 土壤이 강한 환원상태에서 赤變參 發生의 가능성성이 크다 하였고 有機物 함량과는 負상관을 나타낸다 하였다. 특히 李等¹¹⁾은 몇가지 無機鹽과 有機酸을 處理하여 赤變을 유발시켜 다른 각도에서 原因研究에 대한 실마리를 제시 하였다.

위와 같은 여러방면의 研究에도 불구하고 아직까지 赤變參의 뚜렷한 원인이나 방제법은 밝혀지지 않고 있는 실정이다. 본 연구에서는 赤變參의 원인을 밝히기 위한 기초 연구로서 赤變이 많이 發生한 포장의 土壤과 赤變된 人蔘뿌리의 生物, 化學的인 몇가지 특성을 分析 調査하였다.

材料 및 方法

I. 赤變蔘 試料채취

실내에서 과습상태를 유지하여 赤變을 유발시킨 2 年生 人蔘, 충북 증평지역에서 自然的으로 發生한 4 年生, 그리고 경기도 포천지역에서 심하게 赤變된 5 年生 人蔘을 각각 채굴하여 試料로 사용 하였다.

2. 赤變蔘 表皮의 현미경的 관찰

人蔘의 皮層을 벗겨낸뒤 Cryostat(AO 975C)로 냉동후 얇게 절단하여 현미경으로 관찰하였다.

3. 土壤의 酸化還元전위 측정

강원도 지역 26 개 포장의 지하부 赤變상태를 조사하고, 균권토양을 채취하여 300 ml 삼각 프라스크에 250 ml 정도되게 넣은 뒤 다시 물로 가득 채운후 25°C 항온기에서 21 일간 두었다가 農村진흥청 농업기술연구소 표준분석법¹²⁾에 의하여 측정하였다.

4. 表皮의 無機成分 分析

赤變蔘과 健全蔘의 表皮를 150°C 건조기에서 말린 뒤 0.5~1.0 g 을 100 ml 삼각 프라스크에 넣고, 진한 질산(HNO₃: 10ml/g 시료)을 첨가하여 가열판에서 10~15 분 가열하여 乾調시켰다. 다시 HNO₃:H₂SO₄:Perchloric acid (10:1:4) mixture 4~5ml 를 넣고 가열판에서 흰연기가 날때까지 대운 뒤 여과지(Toyo No.2)에 걸러 적당 농도(50 배)로 희석하여 원자흡광분석기(Varian 575)로 분석하였다.

5. 表皮의 페놀분획 成分 分析

냉동건조한 表皮 1g 을 Acetone:Methanol:H₂O(7:7:6) 20 ml 가 들어있는 갈색병에 넣어 24 시간 동안 추출(5회 반복)한 뒤, 여과하여 40°C 이하에서 약 20 ml 정도로 감압농축하고 다시 6N-HCl 0.2ml 를 넣은 다음 n-hexane 20 ml 씩 3회 추출하여 n-hexane(上層)은 버리고 물層을 취하였다. 물층을 Ether:Ethylacetate(1:2) 20ml 로 3회 반복 추출한 뒤 上層(용매)을 Na₂SO₄로 탈수처리하여 5~10 ml 정도로 감압농축하였다가 다시 N₂로 농축하여 박층크로마토그래피(TLC)로 분석 하였다. TLC plate는 silica gel G60(GF 254, Merck)을 사용하였고 전개용매는 Toluene:EtoAc:Formic acid(5:4:1), 발색제는 FeCl₃와 K₃Fe(CN)₆ 1% 용액을 각각 따로 만들어 두었다가 사용직前에 1:1로 섞어 사용 하였다.

6. 赤變蔘 및 健全蔘의 有機酸 分析

有機酸은 Court 等의 方法¹³⁾을 利用하여 分析 하였다. 냉동건조한 試料을 갈아서 20 mesh 체로 친뒤 2g 을 유리마개가 있는 125 ml 삼각 프라스크에 넣고 20 ml Dry methanol 과 12% H₂SO₄(v/v)가 들어 있는 Dry methanol 30 ml 를 넣어 20 시간 동안 진탕 시켰다. 진탕후 filter paper 로 거른 뒤 그 여과액 25 ml 를 50 ml 의 중류수가 들어 있는 분획깔때기에 옮긴 뒤 10 ml 의 chloroform 으로 3회 추출하였다. 다시 추출액을 Na₂SO₄로 탈수시켜 50 ml의 volumetric flask 에 넣고, chloroform 으로 50 ml 가 되게 회석 하여 GC(Varian 3700)로 분석하였다. Column 은 3% EGSS-X on chromosorb W AW-DMCS(80/100, 2mm ID×6, glass)를 사용하였으며 검출은 flame ionization detector 로 하였다. Oven 온도는 130-200°C 까지 7.5°C /min 의 속도로 상승시켰으며 시작온도에서 1분동안 최종온도에서 5분동안 그 온도를 유지시켰다. 또한 gas flow rate 는 H₂/N₂/공기를 30/30/300ml/min 로 하였다.

7. 表皮의 물추출액 첨가배지 조제 및 病原菌 生長 調査

風健한 表皮조직 0.5 g 을 중류수 20 ml 와 sea sand 소량을 넣은 mortar 에서 분쇄한 뒤 300 rpm 으로 20 분간 원심분리하여, 그 상등액 15 ml 를 최소영양배지와 따로 살균한 뒤 배지 300 ml 에 넣어 잘 섞어서 Plating 하여 사용 하였다. 최소영양배지는 NaNO_3 2g, K_2HPO_4 1g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, KCl 0.5g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.012g, Agar 15g 을 첨가하여 제조하였다. 病原菌인 *Fusarium solani* 는 병든 뿌리조직에서 순수 분리하여 감자설탕한천 배지에서 배양하여 사용하였다. 병균생장은 *F. solani* 의 포자 부유액($4.5 \times 10^3/\text{ml}$) 0.1 ml 를 plate 에 smearing 하여 25°C 에서 5 일간 배양한 뒤 군 총수를, 그리고 plate 1 개에 중류수 5 ml 를 넣어 표면을 잘 긁어서 포자 부유액을 만든 뒤 포자수를 hemacytometer 로 조사하였다. 菌核病菌인 *Sclerotinia* sp.의 생장은 배양절편(직경 7 mm) 을 表皮추출액 첨가배지에 넣어 20°C 에서 3 주간 배양하여 군사생장 직경과 군핵 형성수를 조사하였다. 조사는 각 처리당 3 plate 씩 5 반복으로 실시 하였다.

8. Phenylalanine Ammonia Lyase(PAL) 活性 測定

Friend 等의 方法^{11,14} 을 이용하였는데, 시료조제를 위해 먼저 赤變蓼과 健全蓼의 皮層(Cortex)을 벗겨 냉동 전조하고, 皮層 3 g 을 5 mM 2-Mercaptoethanol 을 첨가하여 미리 -20°C 로 얼린 acetone 에 넣어서 top-drive homogenizer(Sorvall 8001455)로 2 분간 갈았다. 이것을 여과자를 간 Büchner funnel 로 약 50 ml 정도가 될때까지 냉각된 acetone 으로 씻어서 걸러낸뒤, 그 찌꺼기를 여과자 위에서 잠시 풍전하여, 다시 진공상태로 1 시간 동안 말린 뒤 조그만 시험관에 넣어 -20°C 에 보관하였다가 효소 측정용으로 사용 하였다. 조제된 試料 0.5 g(D.W) 을 0.1%(w/v) L-phenylalanine 이 들어 있는 8 ml 0.1M-Sodium borate buffer(pH8.7)에 넣고 40°C 수조에서 1 시간 동안 반응시켜 0.2ml 의 5M-HCl 로 반응을 멈추게 한뒤 원심분리하여 그 상등액을 ether 로 추출하여 N_2 가스로 농축 하였다. 이것을 0.2ml 의 ethanol 로 녹힌뒤 0.1ml 를 취하여 2.9 ml 의 0.05 M-NaOH 에 넣어 희석한 뒤 spectrophotometer 로 260 nm 에서 吸光度를 测定하였다. 표준곡선은 t-cinnamic acid(Tokyo Kasei)를 사용하여 만들었다.

9. 表皮의 lignin 含量 測定

lignin 함량 측정은 試料의 全處理와 lignin 추출, 측정을 각각 Friend 等^{11,14} 과 Hammerschmidt 等^{13,15}의 方法을 따랐다. 냉동전조한 表皮 1g 을 40 ml 의 methanol(99.5%)에 넣어 homogenizer 에서 고속으로 2 分間 마쇄한 뒤 glass funnel(porosity 3)로 여과하고 다시 methanol 로 3~4 회 세척한 뒤 찌꺼기를 30 ml 의 methanol 에 담궈서 가열판에서 20 분간 가열하였다. 남은 찌꺼기는 주로 세포벽 구성분으로 냉장고에서 보관하였다가 分析用으로 사용하였다. 全處理한 試料 100 mg 을 2.5 ml 의 중류수가 들어 있는 screw cap 시험관(1×5 cm)에 넣고, 1 n NaOH 2.5ml 를 첨가하여 70°C 수조에서 16 시간 동안 가열한 뒤 식혀서 유리섬유로 여과하고 다시 중류수 2.5 ml 로 두번 시험관을 씻어내면서 이물로 찌꺼기를 씻어내어 여과액을 모았다. 모은 여과액을 6 N HCl 로 pH3 으로 조절하고 lignin 침전을 위하여 4°C 에서 2~4 시간 두었다가, 3,000 g 에서 20

분간 원심분리하여 상등액은 버리고 0.1N HCl과 증류수로 씻어 낸 뒤 묽은 NaOH 용액(pH8.5)에 녹였다. (100 mg 의 cell wall residue를 2ml 의 용액). 위 용액 $400 \times \mu\text{l}$ 를 0.1M Tris-HCl buffer (pH9.0) 3.6ml에 넣고 천천히 혼들면서 Gibb's reagent(2,6-dichloroquinone-chlorimide 5mg in 10ml 95% Ethanol) $200 \mu\text{l}$ 를 첨가하여 常溫에서 1시간 방치한 뒤에 610 nm에서 흡광도를 측정하였다.

結果

1. 赤變蔘 表皮의 조직관찰

赤變蔘의 表皮는 健全蔘의 그것과는 달리 細胞內 物質들이 모두 없어지고 등황색의 色素가 표피층에 축적되어 있었으며, 赤變이 적게 된 경우 表皮의 바깥 1층 정도만 축적되나 심하게 될수록 2-3층까지 色素가 축적됨을 알 수 있었다(Fig.1).

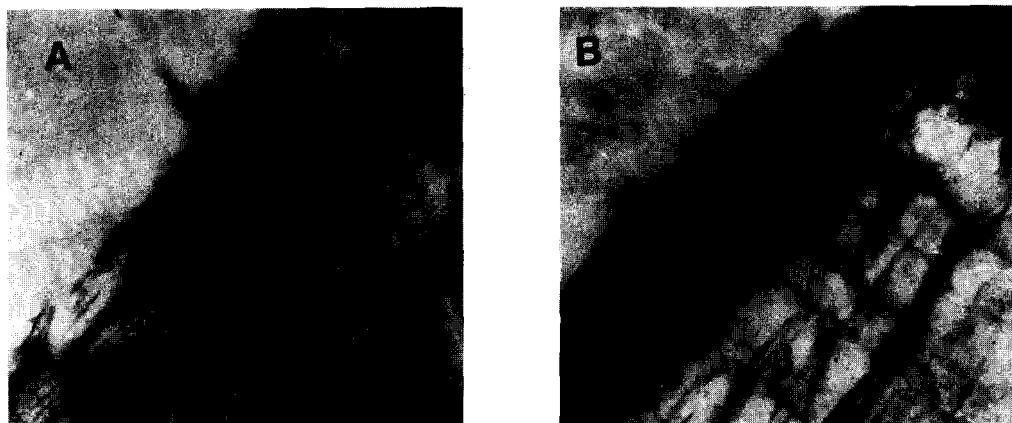


Fig. 1. Light micrograph of healthy and rusty ginseng root epidermal cells.

- A. Healthy cell showing many granules ($\times 1,600$).
- B. Rusty pigment accumulated cell ($\times 800$).

2. 赤變蔘과 根圈土壤의 산화환원전위와의 관계

근권토양의 산화환원전위가 280-370 mV에서는 調査한 地場 大部分이 80% 이상의 赤變蔘을 보인 反面에 420 mV 이상에서는 赤變이 거의 되지 않았으며, 이들 두 要因間に 는 有意性있는 負상관($r = -0.5579$, $p = 0.01$)이 있었다(Fig.2).

3. 表皮의 無機成分

赤變蔘과 健全蔘의 表皮 無機成分 中 철(Fe)을 제외한 여러 成分들은 뚜렷한 差異가 없었으나, 철은 赤變蔘이 2070 ppm으로 健全蔘의 600 ppm 보다 약 3 배 정도 많았다 (Table 1).

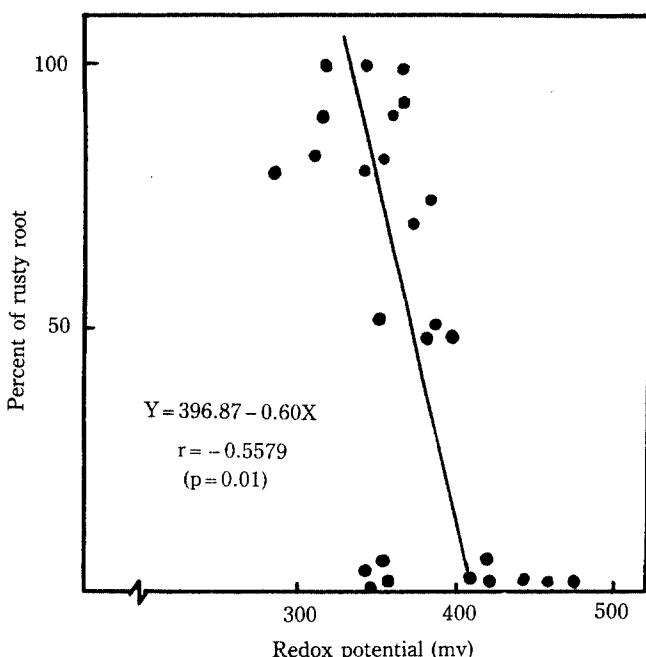


Fig. 2. Relationship between percent of rusty root and redox potential of ginseng cultivating soil (Date of survey: Sept. 25-30, '83).

Table 1. Mineral contents in the epidermis of rusty vs healthy ginseng roots

Root Source	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	K	Ca	Mg	Na
Rusty Root	87	2070	100	44	1.75	0.31	0.27	0.25
Healthy Root	85	600	118	37	1.68	0.46	0.27	0.28

Each value is a mean of 3 samples obtained from different ginseng fields.

4. 表皮의 페놀분획 成分

赤變蓼과 健全蓼의 表皮 phenol 成分을 比較하였는데 발색제로 10% 황산용액을 사용한 경우 건전삼에는 없는 3 가지 물질($R_f = 0.27, 0.42, 0.70$)이 적변삼의 表皮에서 검출 되었고, 1% $K_3Fe(CN)_6$ 와 $FeCl_3$ 용액을 발색제로 사용했을 때도 역시 몇 가지 物質이 더 나왔다($R_f: 0.29, 0.43, 0.54, 0.68$). 또 이 物質 외에도 뚜렷하지는 않지만 2 가지 다른 물질이 赤變蓼의 表皮에 더 存在함을 알 수 있었다(Fig.3).

5. 赤變蓼과 健全蓼의 有機酸

2年根 赤變蓼의 有機酸 中 Oxalic, Malonic, Succinic 과 Citric acid 의 함량이 341.8, 187.3, 80.0, 1645.2 ppm 으로 건전삼의 206.7, 59.8, 49.4, 1318.6 ppm 보다 각각 많은 경향 이었고 5年根도 4 가지 모두 2年根과 마찬가지로 赤變蓼이 健全蓼보다 많은 경향

이었다 (Table 2).

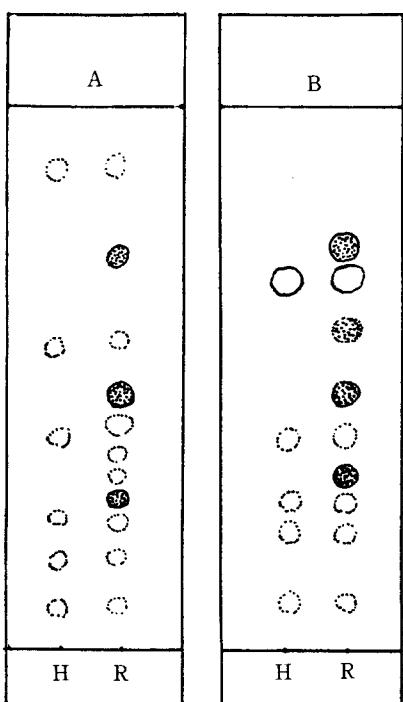


Fig. 3. Thin layer chromatogram of phenolic acid fraction of rusty(R) and healthy(H) ginseng root epidermis.
 Spray reagent : (A) 10% H_2SO_4 in ethanol.
 (B) 1% soln. of $K_3Fe(CN)_6$ and $FeCl_3$.
 Solvent system : Toluene-ethyl acetate-formic acid (5:4:1).

Table 2. Organic acid content in rusty vs healthy ginseng roots

Age	Root Source	Oxalic	Malonic	Succinic	Citric
2 Yrs.	Rusty Root	341.8	187.3	80.0	1645.2
	Healthy Root	206.7	59.8	49.4	1318.6
5 Yrs.	Rusty Root	145.1	75.3	16.9	986.7
	Healthy Root	140.0	36.1	9.9	773.4

Each datum is a mean of three replications.

Gas chromatography analysis condition;

Column : 3% EGSS-X on Chromosorb W AW-DMCS 80/100, 2mm ID \times 6." glass.

Gas flow rate : $H_2/N_2/Air$ —30/30/300ml/min.

Detector : flame ionization detector.

Oven temperature (temperature programming) : 130°C for 1min—200°C for 5min, rate 7.5°C/min.

6. 表皮의 물추출액 첨가배지에서 病原菌의 生長

表皮 물추출액을 첨가한 最小 영양 배지에서 病原菌인 *Fusarium solani* 의 균총수와 분생포자수는 赤變蓼 추출액 첨가배지가 56.5 plate , $63.6 \times 10^4/\text{cc}$ 로 건전삼의 $69.8/\text{plate}$, $212.7 \times 10^4/\text{cc}$ 보다 각각 훨씬 적었다 (Table 3).

病原菌인 *Sclerotinia* sp.의 菌切斷을 培地에 놓고 生長을 비교해 보았는데, 적변삼 추

Table 3. Colony formation, sporulation of *Fusarium solani* and mycelial growth, sclerotial formation of *Sclerotinia* sp. on the synthetic minimal medium added water extract of epidermis of rusty and healthy ginseng root

Root Source	<i>F. solani</i> ^a		<i>Sclerotinia</i> sp. ^b	
	No. of Colony × 1/plate	No. of Conidia × 10 ₄ /ml	Diameter of Colony mm	No. of Sclerotia × 1/plate
	Rusty Root	56.5*	63.6***	32.3***
Healthy	69.8	212.7	39.0	7.3

a. Incubation at 25°C for 5 days.

b. Incubation at 20°C for 3 weeks.

Each data is a mean of 5 replications.

*Significantly different at p=0.05.

***Significantly different at p=0.001.

Table 4. Levels of PAL and lignification in rusty vs healthy ginseng roots

Root Source	PAL Activity ^a	Lignification ^b
	μM t-cinnamic acid g ⁻¹ dry wt. h ⁻¹	Absorbance at 610 nm 100 mg ⁻¹ dry wt.
Rusty Root	76.6*	0.601*
Healthy Root	59.3	0.488

a. Activity in cortex.

b. Lignification in epidermis.

Each datum is a mean of 3 replications.

*Significantly different at p=0.05.

출액 첨가배지에서 균총 직경이 32.3 mm로 전전삼의 추출액 첨가배지의 39.0 mm 보다 훨씬 적었으며 균핵형성도 유의성은 없으나 억제되는 경향을 보였다.

7. 赤變蓼과 健全蓼 皮層의 PAL 活性과 表皮의 Lignin 함량

赤變蓼의活性은 76.6으로 健全蓼의 59.3보다 많았으며, lignin 含量도 그量을 흡광도로 비교한 결과, 적변삼 표피가 0.601로 전전삼의 0.488보다 높았다(Table 4).

考 察

일반적으로 赤變蓼은 根腐病 中의 하나로 '赤腐病'이라 불리어지고 있으며 한번 뿌리가 붉게 변하면 쉽게 썩는 것으로 알려져 있다(경작자). 그러나, 吳等^(19,2)은 실제 포장조사에서 赤變蓼中 썩은 것보다는 表皮만 붉게 변한 전전한 人蓼이 더 많다고 하였으며, 또 병원균을 接種한 室內實驗에서 赤變蓼이 健全蓼보다 오히려 病進前을 억제하는 경우도 있다고 報告하였다. 人蓼 뿌리의 赤變은 과습하거나 미부숙 계분을 처리했을 때 혹은 송홍이나 메르크론 처리에서도 發生된다고 하였으며^{3,4,16,17)}, 붉게 썩는 部位에서는

몇가지 病原菌들이 分離된다고 하였다^{9,10)}. 이와 같은 여러가지 原因에 의한 赤變現狀으로 미루어 보아 지금까지의 赤變蓼(赤腐病)에 대한 개념의 再驗討와 정확한 原因究明을 위한 研究가 必要하다고 생각되었다.

表皮 細胞內에 축적된 색소는 실제로는 黃色에 가까우나 여러층에 두껍게 형성되어 붉게 보이는 것 같으며¹⁰⁾, 세포를 Fig.1 보다 더 높은 배율로 확대하여 검경 했을 때도 세포전체가 등황색을 띠었다. 表皮의 세포 內容物이 없는 것으로 볼 때 赤變된 表皮細胞는 物質代謝가 없는 죽은 조직으로 생각된다.

根圈土壤의 산화 환원전위가 낮을 수록 적변삼 발생이 심하였는데 (Fig.2), 이는 토양이 환원상태일 때 赤變이 많이 될 수 있다는 것으로 미부숙 계분을 처리하거나 과습상태에서 산화, 환원전위가 낮고 赤變蓼의 發生이 심하였다는 보고^{3,4,5)}와 일치하였다. 또 토양이 환원되면 고정되었던 철(Fe^{3+})이나 망간(Mn^{3+} , Mn^{4+})이 환원되어 可用性 철(Fe^{2+}), 망간(Mn^{2+})이 증가되는데¹⁸⁾, 특히 인산이 많은 토양에서는 인산철(Fe phosphate)의 형태로 뿌리의 표면에 철이 축적된다고 한다¹⁹⁾. 적변삼 발생이 많았던 곳의 인산함량이 높다¹⁰⁾는 것으로 보아 적변삼 표피의 철 함량이 높은 것과 (Table 1) 증가된 可用性 철과의 관련성도 있을 것 같다. 또 Hook²⁰⁾ 等도 loblolly pine 苗가 과습상태에 처하면 뿌리와 줄기의 Fe 함량이 증가되는데, 그 원인이 뿌리의 침투성(permeability) 증가와 영양물질의 선택적 흡수(discriminatory uptake) 능력의 상실일 것이라고 하였다.

토양이 환원상태가 되면 여러가지 환경변화 중에서도 특히 酸素부족과 有毒한 有機酸의 축적 등에 의해서 植物體에 不利한 環境이 되는데¹⁸⁾, 벼와 같은 작물은 通氣조직이 發達되어 이러한 變化에 적응이 될 수 있게 되어 있으며²¹⁾, 붓꽃(Iris) 같은 식물은 物質代謝의 경로가 바뀌므로 환경변화에 적응 된다고 한다^{22,23)}. 표피의 폐놀분획을 TLC로 분석하였을 때 赤變蓼 表皮에서 3, 4 가지 전전삼 표피에 없는 物質이 검출되었는데 (Fig.3), 리그닌 合成中 중요한 효소인 PAL活性과 리그닌 함량이 적변삼 중에서 높은 것 (Table 4)으로 미루어 볼 때 이러한 폐놀성분들은 리그닌 합성의 전구체(precursor)일 것으로 생각된다^{24,25)}. 또 表1의 철함량과 관련지어 생각하면 폐놀성 物質과 철(Fe^{3+})은 Chelate를 형성하여 등황색 혹은 금색을 나타내는 것으로 알려져 있는데, 赤變蓼의 빛깔과 유사하므로 이런 몇 가지 폐놀 성분들과의 관련성도 검토되어져야 할 것 같다. 유기산도 적변삼에서 그 함량이 모두 높았는데 (Table 2), Crawford²²⁾와 Tyler 等²³⁾이 Iris에서 succinate, malate 와 shikimic acid의 증가는 당분간 과습상태(flooding)의 적응(tolerance)과 밀접한 관련이 있을 것이라고 한 바와 같이, 人蓼도 과습상태에서 환경변화에 적응하기 위하여 대사과정의 變化가 일어난 것으로 추정되며 이러한 變化에 대해서는 여러가지 면으로 더 깊은 연구가 必要할 것으로 생각된다.

赤變蓼 表皮의 물추출액을 첨가한 배지에서는 健全蓼 表皮의 그것에서 보다 病原菌의 生長이 억제 되었고 (Table 3). 적변삼의 PAL活性과 lignin 함량이 전전삼의 것보다 높았는데 (Table 4), 일반적으로 식물체가 病菌의 침입을 받게 되면 抵抗性 機作으로 侵入部位 세포의 PAL活性이 높아지고 아울러 폐놀물질을 利用한 lignin 합성이 증가한다는 보고들^{14,24,26,27)}과 같은 경향이었다. 또 적변삼 표피의 病菌 억제기작은 표피의 내용물이 소실되어 생긴 영양물질 부족에 의한 단순한 기계적인 것과, 몇 가지 폐놀성 물질들에

의한 화학적인 생육억제일 가능성도 있으나¹⁴⁾ 정확한 것은 이번 시험에서 확인되지 못하였다. 吳等²⁸⁾은 연작지에 길항균을 처리 했을 때 적변삼이 현저히 줄어 들었음을 보고 하였다.

이상과 같이 여러 가지 廉을 생각해 볼 때 人蔘뿌리의 赤變現狀은 토양의 환원, 物質 영양, 病原菌의 침입, 과다염류등의 不利한 환경변화(environmental stress)에 의해 생기는 異常代謝로서, 이러한 變化에 적응하기 위한 식물 자체의 비특이적 저항성 기작(non-specific resistance response)으로 생각된다(Fig.4).

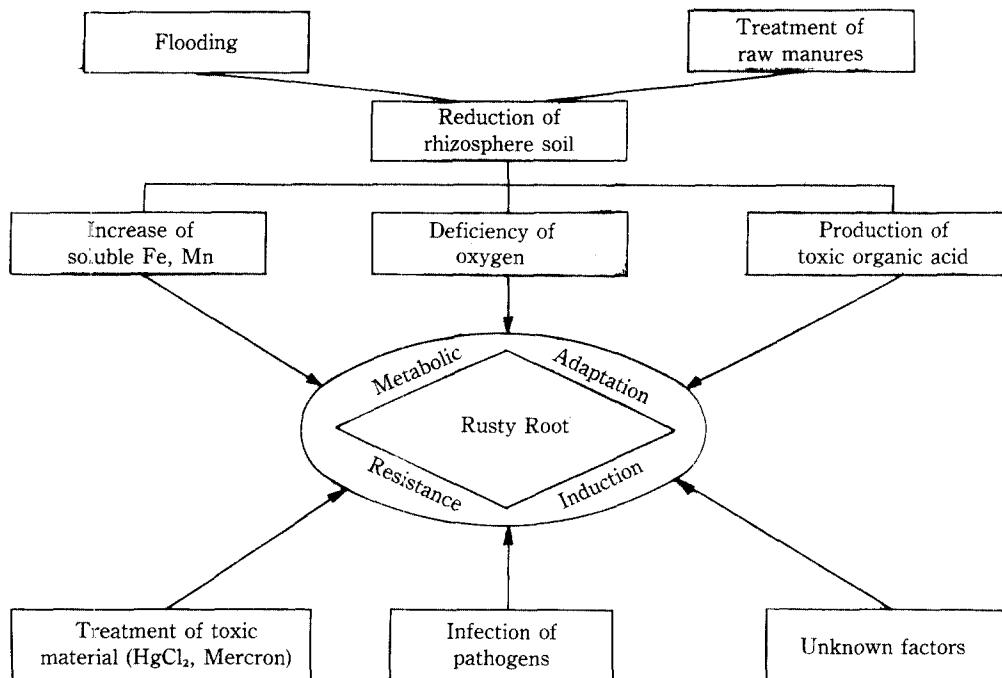


Fig. 4. The schematic diagram for causal mechanism of rusty ginseng root.

그리고, 앞으로 赤變參의 정확한 원인을 밝히기 위해서는 根圈의 微細環境的面과 인삼 조직세포내의 물질대사적 측면을 관련시킨 종합적인 研究가 필요할 것으로 생각된다.

要 約

人蔘 재배時 가장 큰 問題中의 하나인 赤變參의 原因을 밝히기 위하여, 赤變이 심하게 發生한 포장의 토양과 赤變參의 몇 가지 生物·化學的 特性을 分析 하였다.

赤變은 主로 뿌리의 表皮에 發生되며 붉은 색소는 表皮細胞 全體에 축적 되어 있었다. 인삼 재배토양의 산화환원 전위가 낮을수록 적변 發生率이 높았으며, 表皮의 無機

成分中 赤變蓼 表皮의 Fe 함량이 健全蓼의 그것에 비해 약 3배 정도 많았다. 赤變表皮를 phenol 추출 방법으로 추출하여 박층크로마토그래프(TLC)로 分析한 結果, 건전삼에는 나타나지 않은 3-4 가지 物質들이 검출 되었고 몇 가지 有機酸의 함량도 적변삼이 건전삼보다 많은 경향을 보였다. 또 赤變蓼 表皮의 물추출액을 첨가한 最小營養培地에서 人蓼 根腐病菌인 *Fusarium solani*의 colony 및 胞子형성과, 病核病菌 *Sclerotinia* sp의 菌系生長과 病核形성이 억제되었다.

그리고 적변表皮의 lignin 함량이 건전삼 表皮보다 높았으며, 이것의 중간 合成효소인 phenylalanine ammonia lyase(PAL)의 活性도 적변삼이 높았다.

謝 辭

본 實驗을 하는데 도움을 주신 한국 인삼연초연구소 분석실의 손 현주 연구원과, 실험 결과를 해석하는데 여러가지로 도움말을 주신 중평지장의 김명수 선임 연구원께 깊이 감사를 드립니다.

參 考 文 獻

1. 鄭厚變: 韓國植物保護學會, 研究論考, p 107-114(1979).
2. 吳承煥, 朴昌錫, 金鴻鎮: 人蓼研究報告書, 高麗人蓼研究所, 31-35(1978).
3. 睦成均, 朴貴姬: 인삼연구보고서, 한국인삼연초연구소, 263-269(1981).
4. 吳承煥, 朴昌鍾, 金英仁: 人蓼研究報告書, 高麗人蓼研究所, 3-15(1979).
5. 朴熏, 睦成均, 李鍾草: 人蓼研究報告書高麗人蓼研究, 190-194(1980).
6. Whetzel, H. H., Rosenbaum, I., Brann, J. W. and McClintock, J. A.: USDA Farmers' Bulletin, 736, 1-22(1916).
7. 今村鞏: 人蓼史, 朝鮮總督府專賣局, 第四卷(1936).
8. 中田學玉節 原著 吉井等改訂: 作物病害圖編, 養賢堂(1957).
9. 鄭厚變, 李仁遠: 인삼용역연구보고서, 전매청(1977~78).
10. 吳承煥, 朴昌鍾, 李璋浩: 人蓼研究報告書, 高麗人蓼研究所, 47-62(1980).
11. 이종화, 목성균, 김명수, 백남인: 인삼의 영양생리에 관한연구 한국인삼연초 연구소 93-152(1983).
12. 농촌진흥청: 표준분석법 농업기술연구소, 86-49 (1972).
13. Court, W. A. and Hendel, J. G.: *J. Chromat. Sci.*, 16, 314, 314-317 (1978).
14. Friend, J., Reynolds, S. B. and Aveyard, M. A.: *Physiol. Plant Path.*, 3, 495-507 (1973).
15. Hammerschmidt, R. and Kuć, J.: *Physiol. Plant Path.*, 20, 61-71(1982).
16. Choi, H. J. and Chung, H. S.: *Korean J. Plant Prot.*, 10, 7-12 (1971).
17. Whetzel, H. H. and Rosenbaum, J.: *USDA Bur. Plant Ind. Bull.*, 2509 (1912).
18. Russel, R. S.: *Plant root system : their function and interaction with the soil*, the English Lan, Book soc, and McGraw-Hill Book Co.Ltd., u.k., p298 (1982).

19. Ayed, I. A. : *Plant Soil*, **32**, 18-26 (1970).
20. Hook D. D., DeBell, D. S., McKee, W. H., Jr. and Askew, J. L. : *Plant Soil* **71**, 383-394(1983).
21. Ando, T., Yoshida, S. and Nishiyama, I. : *Plant Soil*, **72**, 57-71 (1983).
22. Crawford, R. M. M. and Tyler, P. D. : *J. Ecol.*, **57**, 235-244 (1969).
23. Tyler, P. D. and Crawford, R. M. M. : *I. Exp. Bot.*, **21** (68), 677-82 (1970).
24. Clarke, D. D. : *Physiol Plant Path.*, **3**, 347-358 (1973).
25. Stafford, H. A. : *Plant Physiol.*, **23**, 108-114 (1959).
26. Brueske, C. H. : *Physiol Plant Path.*, **16**, 409-414 (1980).
27. Glazener, J. A. : *Physiol Plant Path.*, **20**, 11-25 (1982).
28. 吳承煥, 金鴻鎮, 鄭永倫, 朴東昱 : 研究報告書, 韓國人蔘煙草研究所, p 49(1983).