

Cylindrocarpon destructans (Zinssm.) Scholten에 의한 連作地 2年根 人蔘의 根腐病 發病 特性*

조대휘 · 박규진 · 유연현 · 오승환 · 이호자¹
한국인삼연구소연구원, ¹경희대학교 생물학과
(1995년 3월 21일 접수)

Root-Rot Development of 2-Year old Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) Caused by *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten in the Continuous Cultivation Field

Dae-Hui Cho, Kyu-Jin Park, Yun-Hyun Yu, Seung-Hwan Ohh and Ho-Sa Lee¹

Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Suwon 440-600, Korea

¹Department of Biology, Kyung-Hee University, Seoul 130-701, Korea

(Received March 21, 1995)

Abstract □ The disease development of root-rot [pathogen: *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten] occurred in 2-year old ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) was investigated in the continuous (the first cultivation: 1978~1982, 2nd cultivation: 1990~1993 and abolished in 1993 due to replanting problem) and replanted cultivation (period of cultivation: 1980~1984). In the continuous cultivation, incidences of root-rot were 0.7% on May 3, 48.6% on May 24, and 95.8% on June 14, respectively. In the replanted cultivation, no symptom was observed on May 3 and disease incidence was generally lower compared with the continuous cultivation. On the aerial part of the ginseng infected by *C. destructans*, the end and/or margin of leaves were changed to dark reddish color that appeared for behind the root-rot symptom. In this field, the longitudinal growth of lateral root was more inhibited than in the case of the replanted cultivation by *C. destructans*. The inhibition rate of rootlet growth was 37.3% in the continuous cultivation as compared with that of replanted cultivation at June 14. Though lesions of root-rot were formed all over the roots, 61.2% of the lesions was positioned within 6 cm under the rhizome.

Key words □ *Panax ginseng*, *Cylindrocarpon destructans*, root-rot of ginseng, replanting problem of ginseng.

서 론

인삼재배시 지하부위의 뿌리를 찌히는 증상을 나타내는 근부병 관련 병원균들은 *Phytophthora cactorum*,¹⁾ *Cylindrocarpon destructans*,²⁾ *Fusarium solani*,^{3,4)} *Sclerotinia* spp.,¹⁾ *Erwinia carotovora*,⁵⁾ *Pseudomonas fluorescens*⁶⁾ 등이 보고되었다. 이러한 병원균 중에서

*본 연구는 1994년도 한국담배인삼공사 출연금으로 이루어진 것임.

연작 장애의 원인균으로 알려져 있고⁷⁾ 후막포자를 형성하면서 토양 전염성으로 병을 일으키는 *Cylindrocarpon destructans*에 의한 피해가 최근 증평지역의 연작지에서 심하게 나타나 문제가 되고 있으며 특히 저년근인 2년근부터 高年根인 6년근까지 연작지에서 심한 근부병을 일으키는 것이 관찰되었다.⁸⁾ 그리고 이 병의 전형적인 흑색의 이병 조직으로부터 1992년 홍 등⁸⁾에 의해 *C. destructans*가 분리되고 병원성도

확인되었다. 따라서 이 병원균이 인삼 연작장해 증상으로 나타나는 근부병의 원인균이라는 정⁷⁾에 의한 보고를 다시 한번 확인하게 되었고 이 병원균에 대한 관심이 고조되게 되었다. 이 병원균은 연작지 뿐만 아니라 초작지인 수원지역 인삼포의 근부증상에서도 분리되는 등 인삼을 처음 재배하는 곳에서도 *C. destructans*에 의한 근부병에 주의가 필요하게 되었다.⁸⁾ *C. destructans*는 미국삼⁹⁾ 뿐 아니라, 일본의 인삼에서도 근부병을 일으키는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁾ *C. destructans*에 의한 인삼근부병의 최초 보고는 1918년 Zinssmeister⁹⁾가 미국삼(*Panax quinquefolium* L.)의 속칭 "Rust"의 병원균으로 *Ramuraria destructans*, *R. panacicola*로 동정하여 보고한 이후 1964년 Scholten¹¹⁾에 의해서 *R. destrutans*, *R. panacicola*는 *Cylindrocarpon radicolica*의 同名異名으로 보고하였고 그 완전세대는 *Nectria radicolica*로, 불완전세대는 *C. destructans* (Zinssmeister) Scholten으로 최종 결정되었다. 일본에서 1969년 松尾와 宮澤²⁾이 근부 부위에서 *Fusarium solani* f. sp. *panacis*의 대형분생포자를 분리하였으며 이를 Matsuo와 Miyazawa¹⁰⁾는 *C. destructans*보다 병원성을 나타내는 기주 범위에 차이가 있다 하여 *Cylindrocarpon panacis*로 변경하였다. 그후 日本國際鳥取菌學會에서 Booth¹²⁾에 따라 *C. destructans* (Zinssmeister) Scholten의 異名으로 보고하였으나⁷⁾ Matsuo와 Miyazawa¹³⁾는 이를 다시 *C. destructans* f. sp. *panacis*로 발표하였다. 국내의 인삼근부병에 관한 최초의 연구 보고는 1975년 정⁷⁾에 의해서 *C. destructans*를 근부조직으로부터 분리하여 보고한 바 있다.

*C. destructans*에 의한 인삼의 근부병 방제연구로는 1978년 Chung과 Kim¹⁴⁾에 의해서 토양의 길항 방선균을 증식시키기 위한 토양 개량제 처리시험과 이후 한국인삼연초연구원에서 1978년부터 길항미생물 선발 및 실용화연구를 수행하였고 최근까지 이와 박¹⁵⁾에 의하여 길항미생물의 토양정착 및 증식을 높이는 연구를 하였다. 그러나 아직도 *C. destructans*에 의한 근부병에 대한 예방이나, 방제방법이 없으며 병발생 기작과 병원균의 생리, 생태적인 기초연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 인삼의 연작장해 해소를 위한 근부병 방제 연구의 일환으로 연작지의 뿌리썩음병 증상으로 폐포된 포지를 선정, 인삼을 재배하면서 경시적으로 인삼을 채굴하여 뿌리썩음병 병발

생이 시작되는 시기와 지하부의 뿌리썩음으로 인해 지상부인 줄기, 잎 등에 나타나는 직, 간접적 영향을 면밀히 관찰하여 근부병의 최초 발생시기 및 침입부 위등에 관한 조사를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 근부병 발생 조사를 위한 인삼 이식

한국인삼연초연구원 증평시험장 인삼시험 포장중 과거 연작장해 증상으로 폐포된 연작지(1차 재배기간 : 1978~82년, 2차 재배기간 : 1990~93년, 2차 재배중인 '93년도 5년근 때 폐포)와 같은 인접지역 포장에 위치한 곳으로 1차 재배기간(1980~84년) 후 휴한지로서 관리되어온 재작지를 선정하여 1994년 3월 26일은 연작지, 3월 28일에는 재작지에 묘삼을 칸(180 cm×90 cm)당 7×10열로 100칸씩 이식하였다.

2. 근부병 발생조사

5월 3일부터 7월 5일까지 약 7일 간격으로 1칸씩 2반복으로 채굴하여 근부병 발생정도는 근부율로 표시하였고, 근부병 병반이 주로 발생하는 위치를 알고자 뇌두를 기준으로 그 이하의 뿌리 부분에 발생한 근부증상의 위치를 측정하여 병원균의 침입위치를 조사하였다. 그리고 뿌리에서의 발생시기와 지상부의 잎에서 증상이 발생하는 시기를 경시적으로 관찰하였으며, 또한 공시된 연작, 재작지에서 생육중인 2년근 인삼 지근의 최대길이를 측정하여 병발생 정도에 따른 지근의 신장도와 생육지해 정도를 조사하였다.

3. 병원균의 분리

근부증상이 관찰된 인삼뿌리를 흐르는 물로 수세한 후, 이병조직을 70% 알콜과 1% NaOCl에 30초간 침지하여 표면 살균하고 멸균수로 세척한 다음 여지로 물기를 제거하였다. 병원균 이외 부생적으로 존재하는 세균류의 생육을 억제하기 위해서 streptomycin sulfate 500 ppm과 0.2%(v/v) lactic acid를 첨가한 Potato Dextrose Agar(PDA)에 치상하여 15℃ 항온기에서 배양하면서 *Cylindrocarpon destructans*를 분리하였다. 분리된 *C. destructans*는 PDA에 배양하여 분생포자와 후막포자를 관찰하였다.

결과 및 고찰

한국인삼연초연구원의 증평시험장 연작 및 재작

포장에 각 100평씩 2년근 인삼을 이식하고 5월부터 일주일 간격으로 병발생을 조사하였다. 연작, 재작지에서 채굴된 2년근의 근부병 발생 상황은 Fig. 1과 같이 연작지의 심한 근부병 발병지역은 5월 3일 0.7%의 이병율을 보이면서 뿌리에서 감염이 시작되어 5월 24일경 48.6%로 병발생이 심화되고, 3주 후인 6월 14일에는 95.8%의 병 발생을 보이므로서 거의 모든 인삼뿌리에 근부병이 발생되었다. 근부병 증상은 뿌리를 암갈색~흑색으로 부패시키는 *C. destructans*에 의한 전형적인 근부 증상을 나타냈다. 반면에 재작지에서는 5월의 재배 초기에 연작지 보다 약한 병발생을 일으켜 5월 말까지 6% 정도의 병발생이 있었지만 6월 21일경에는 46.3%로 이보다 20일 전인 연작지의 5월 31일 근부율과 비슷한 수준이었다.

연작지에 이식한 2년근 인삼의 지하부 및 지상부 증상 발생시기를 조사한 결과(Fig. 2), 근부병의 전형적인 지상부 증상인 조기홍엽 증상이 최초 발생된 것은 5월 24일이었으며 6월 14일까지 홍엽 증상이 완만히 증가되다가 그 이후 갑자기 증가되어 7월 5일 23.6%에 달하였다. 그러나 뿌리에서는 5월 3일 병징이 최초로 관찰되어 지상부 증상인 조기홍엽보다 21日前에 뿌리에서는 병반이 형성되었음을 알 수 있었다. 또한 최초 홍엽증상이 발생된 5월 24일에 이미 뿌리에서는 48.6%의 근부율을 보였으며 95.8%의 근부율을 보인 6월 14일에는 9.8%의 早期 낙엽증상을 보였다.

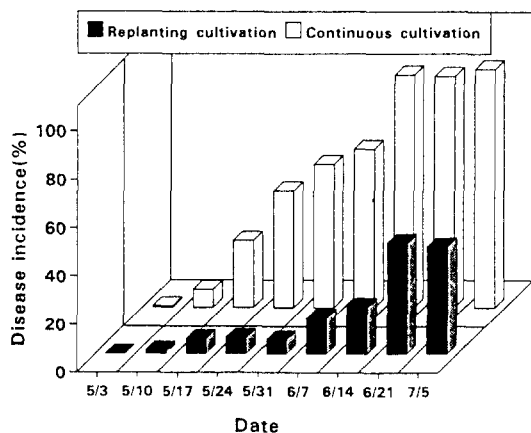


Fig. 1. Comparison of root-rot incidence of 2-year old ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans* in the fields of replanting and continuous cultivation.

이와 같은 인삼 2년근의 근부병 발생은 Plate 1의 B, C와 같이 초기와 어느정도 병이 진전되었을 경우에도 지상부의 잎이나 줄기에는 시들음 증상이나 잎, 줄기의 변색이 나타나지 않으며 심하게 부패되거나, 뇌두를 포함하여 뿌리 전체의 반이상이 썩었을 때 지상부의 잎에는 홍엽 증상이 나타나는 것이 많이 관찰되었다.

Fig. 3과 같이 인삼 근부병 발생에 따른 병징의 직·간접적인 영향으로 뿌리의 지근 생육에 장애를 받는 것이 관찰되어 인삼 지근의 최대길이를 經時的으로 측정하여 본 결과, 근부병 발생이 심하였던 연작지의 인삼 지근 생육은 근부병 발생이 급격히 증가한 5월 17일부터 억제되었음이 관찰되었는데 근부병 발생이 적었던 재작지 인삼 支根의 최대 길이가 6월 14일 158 mm에 달했으나 연작지의 경우 99 mm에 불과하여 생육을 길이로 비교할 때 약 37.3%의 생육차이가 나타났다. 또한 재작지의 경우에도 근부병 발생이 증가된 7월 5일(Fig. 1 참조)부터 인삼뿌리의 생육이 저해되는 것이 관찰되었다. 그리고 병발생 단계는 Plate 1-A와 같이 뿌리 동체의 지근이 발생하는 부위에 매우 작은 병반이 형성되기 시작하여 심화되는 것이 많이 관찰되었으므로 앞으로 이 병원균의 분생 포자나 후막포자가 지근을 침입하여 뿌리를 부패시키는 지근이 발생하는 부위를 직접 침입하는지에 대하여 보다 상세한 연구가 필요하다고 생각된다.

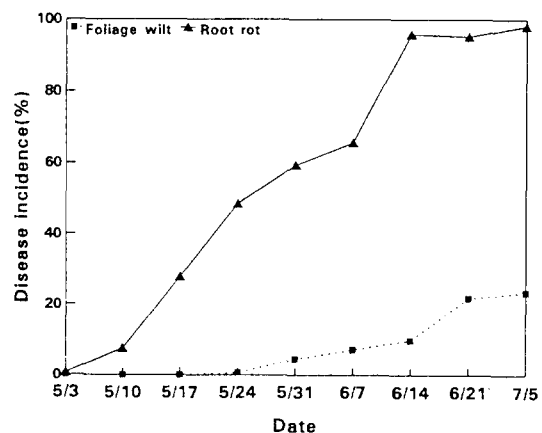


Fig. 2. Comparison of the incidence of root-rot and foliage wilt caused by *Cylindrocarpon destructans* on 2-year old ginseng in the field of continuous cultivation.

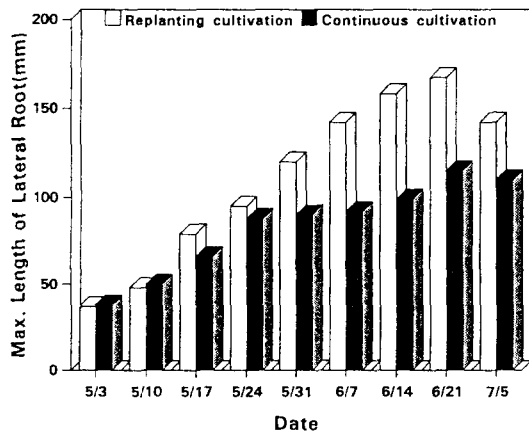


Fig. 3. Inhibition effect of *Cylindrocarpon destructans* on the growth of lateral root of 2-year old ginseng in the fields of replanting and continuous cultivation.

토양 중에서 근부병균이 인삼뿌리를 침입하여 병반을 형성하는 위치를 조사하기 위하여 근부병 발생이 심한 연작지에서 5월 24일부터 6월 14일까지 조사한 결과는 Table 1과 같다. 뿌리에서의 근부병 병징은 뇌두 부위로부터 아래로 뿌리 전체에서 관찰되었으나 (Plate 1-E), 뿌리에 형성된 근부병 병반은 주로 뇌두로부터 6 cm 부위에서 61.2%가 분포되었으며 38.8%가 6 cm 이하에서 형성되었다. 2년근 뿌리에 형성된 근부병 병반수는 5월 31일까지 뿌리당 평균 1.7개이었으나 시일이 경과됨에 따라 병반수가 증가되어 6월 7일 및 6월 14일 병반수는 각각 2.2, 3.1개가 형성되었다. 이상과 같은 결과를 종합하여 고찰하면 오 등¹⁷⁾이 연작장해 발생포장과 전전포장을 대상으로 토양미생물과 토양의 물리화학적 차이를 조사한 결과 두 포장간에 차이를 발견할 수 없었다고 하였으나,

한국인삼연초연구원의 증평시험장 연작장해 발생포장인 연작지와 약 50 m 정도에 인접한 재작지 포장에 *Cylindrocarpon destructans*에 의한 근부병 발생율이 현저한 차이를 보였다(Fig. 1). 그러므로 증평시험장에서 발생한 연작장해는 Matsuo와 Miyazawa,¹³⁾ Zinssmeister,⁹⁾ Chung,⁷⁾ 그리고 Chung과 Kim¹⁴⁾이 보고한 바와 같이 근부병균 *C. destructans* (Synonym: *Ramuraria destructans*, *Fusarium solanif. sp. panacis*)에 의하여 발생되었다고 생각되며 앞으로 이와 같은 관점에서 연구가 수행되어야 할 것이다.

근부병균의 인삼뿌리 침입시기는 전엽이 완료되는 5월 초에 뿌리에서 병반이 형성되며 병반 대부분이 지근발생 부위에서 형성되는 것이 관찰되었고(Plate 1-A), 발병이 심한 포장에서 지근발육이 매우 부진한 결과로 보아 지근발육과 병발생과는 긴밀한 관계가 있을 것이라 생각된다. 따라서 토양중에 존재하는 병원균이 지근이 형성될 때 발생하는 自然開口에 직접 침입하는 것인지, 생육중인 지근에 침입하여 뿌리에 병반을 형성시키고 지근이 탈락되는지, 아니면 부적당한 토양환경에 의하여 괴사된 지근 또는 지근과 접한 뿌리 동체부분을 침입하여 발병되는지에 대하여는 금후 상세한 연구가 필요하다.

*Fusarium solani*의 경우 콩의 뿌리발달 과정에서 분출되는 아미노산과 糖類의 영향으로 후막포자의 발아가 촉진되어 병 발생을 일으킨다는 Schroth와 Snyder¹⁷⁾의 보고와 같이 *C. destructans*의 경우에도 군사 또는 대형 분생포자가 변형되어 형성되는 후막포자¹⁸⁾가 토양내에서 잠재적으로 존재하다가 적정 조건이 주어지면 발아되어 식물체에 침입될 것이라고 생각된다. 이러한 근부병 발병특성 연구를 토대로 *C. destructans*의 최적 생육조건과 발병원으로 작용할

Table 1. Position of root-rot lesions produced by *Cylindrocarpon destructans* on 2-year old ginseng roots

Survey date	% of lesions formed at a distance from the rhizome (cm) ^a						No. of lesions/root
	<2	2~4	4~6	6~8	8~10	10<	
5/24	14.3	21.9	23.3	21.9	13.3	5.2	1.7
5/31	23.1	21.6	18.3	15.9	14.4	6.7	1.7
6/7	19.1	19.4	23.0	16.1	12.1	10.3	2.2
6/14	18.1	22.2	20.5	18.7	12.5	8.1	3.1
Mean	18.7	21.2	21.3	18.1	13.1	7.6	-

^aPercentage = (number of lesions in part/total number of lesions) × 100 The lesions were measured at every 2 cm from the rhizome and 70 diseased roots were observed at each sampling date.

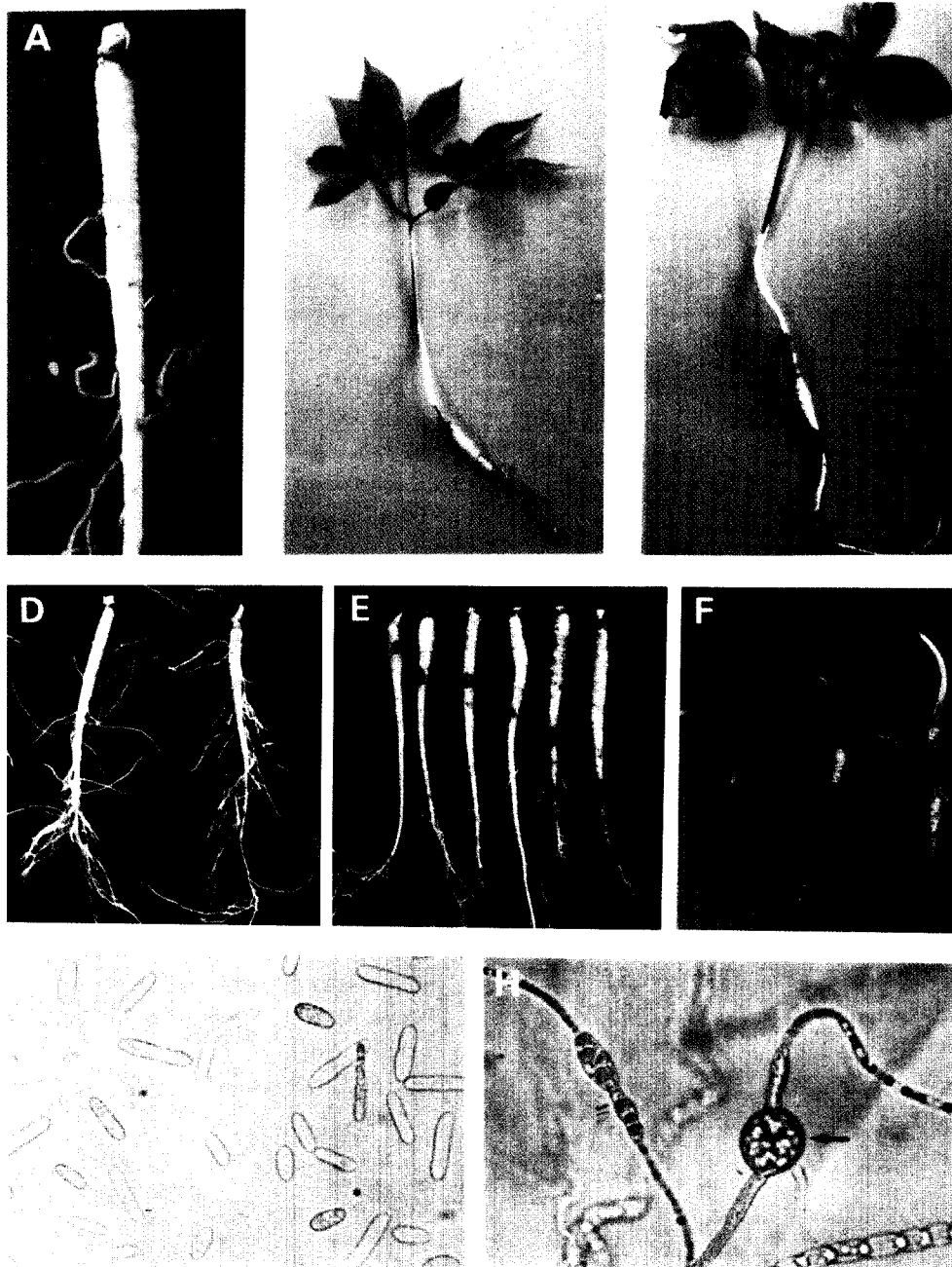


Plate 1. Symptoms of root-rot caused by *Cylindrocarpon destructans* on 2-year old ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). A: The initial symptom of root-rot (Discolored lateral roots and the sunken pin-point lesions on the root). B: The root is severely damaged, however, aerial part looks almost healthy. C: According to the severe rotting of root and rhizome, leaves were discolored to dark reddish and resulted in wilting. D: Healthy roots with good growth of feathery roots. E: Lesions of the root-rot symptoms with less lateral roots. F: Severe symptoms of root-rot. G: Macro and microconidia of *C. destructans* produced from potato dextrose agar (PDA). H: Chlamydospore (arrow) of *C. destructans* on PDA after 16 days incubation at 20°C.

분생포자, 후막포자(Plate 1-G, H)의 생성 및 발아 관계 등 병원균의 생리, 생태적인 특성에 대해 앞으로 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

인삼 연작장해 증상인 근부병 발생이 문제가 되었던 인삼 연작지와 연작장해가 발생하지 않았던 재작지에 2년근 인삼을 식부하여 근부병 발병 특성을 조사하였다. 연작지는 재작지보다 근부병 발생이 심하여 연작지의 경우 5월 3일 0.7%의 발병주율을 시작으로 5월 24일에는 48.6%, 6월 14일에는 무려 95.8%의 병발생을 나타내었다. 반면, 재작지는 연작지의 병발생율보다 적게 나타나서 5월 10일에 1.4%의 발병을 시작으로, 6월 21일에 46.3%의 병발생을 나타냈다.

근부병 발생으로 지상부에 영향을 주어 잎이 홍엽화 되는 현상이 관찰되었으나 뿌리와 뇌두 부분을 포함하여 병반의 정도가 심하게 나타날 때 비로소 홍엽 증상이 뚜렷하게 나타났다. 뿌리에서 근부병 병반은 지상부 증상보다 21일전인 5월 3일 발생되었으며 지상부에서 조기홍엽 증상이 발생된 5월 24일에는 뿌리에서의 근부율이 48.6%에 달하였다.

근부병 발생 초기에는 지근이 발생하는 동체부분에 황갈색의 작은 병반이 형성되고 이후 심화되면 흑색의 썩음증상으로 변화하였다. 병발생이 심했던 연작지와 병발생이 적었던 재작지를 비교했을 때 재배기간 동안 연작지는 재작지에 비해 지근 생장이 억제되어 6월 14일에는 최고 37.3%의 생육 억제율을 나타냈다.

근부병 병반은 2년근 뿌리 전체에 고루 형성되었으나 뇌두로부터 아래로 6 cm 부위까지 총 병반수의 61.2%가 분포되었으며 38.8%는 6 cm 이하에 위치하였다.

인 용 문 헌

1. 中田覺五郎, 龍元清透: 朝鮮 總督府 權業試驗場報告 5, 1 (1922).
2. 松尾卓見, 宮澤洋一: 日本植病報 35, 356 (1969).
3. 정후섭: 인삼의 병, 한국식물병리학회 창립 15주년 기념 연구논문고, p. 107 (1979).
4. 김종희, 이민용, 김광포: 한국균학회지 2(1), 15 (1974).
5. 이민용: 한국미생물학회지 15(1), 20 (1977).
6. 이민용: 한국미생물학회지 13, 143 (1975).
7. Chung, H. S.: *Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japan)* 12, 127 (1975).
8. 홍순근, 오승환, 유연현, 김기황, 조대휘: 인삼연구 보고서(재배분야), 한국인삼연구초연구소, p. 121 (1992).
9. Zinssmeister, C. L.: *Phytopathology* 8, 557 (1918).
10. Matsuo, T. and Miyazawa, Y.: *Trans. Mycol. Soc. Japan.* 11, 109 (1969).
11. Scholten, G.: *Neth. J. Plant Path.* 70(Suppl 2), 61 (1964).
12. Booth, G.: *Mycology papers* No. 104, 1 (1966).
13. Matsuo, T. and Miyazawa, Y.: *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 50, 652 (1984).
14. Chung, H. S. and Kim, C. H.: *Proc. 2nd Int. Ginseng Symposium*, Korea Ginseng Res. Inst., Seoul, Korea, p. 67 (1978).
15. 이명구, 박규진: 인삼연구보고서(인삼재배 분야), 한국인삼연구초연구원, p. 493 (1993).
16. 오승환, 이명구, 이일호, 유연현, 이미자, 조대휘, 김효근: 인삼연구결과 연차평가 자료(재배분야: 수원, 기본연구과제), 한국인삼연구초연구원, p. 78 (1993).
17. Schroth, M. N. and Snyder, W. C.: *Phytopathology* 51, 389 (1961).
18. Gerlach, W.: *Phytopathol. Z.*, 26, 169 (1956).