

# 인삼 연작지 수확 경과년수에 따른 토양화학성 및 뿌리썩음병 발생율의 변화

강승원\*† · 연병열\* · 현근수\* · 배영석\* · 이성우\* · 성낙술\*

\*농촌진흥청 작물과학원

## Changes of Soil Chemical Properties and Root Injury Ratio by Progress years of Post-Harvest in Continuous Cropping Soils of Ginseng

Seung Weon Kang\*†, Byeong Yeol Yeon\*, Geun Soo hyeon\*, Yeoung Seuk Bae\*, Sung Woo Lee\*, and Nak Sul Seong\*

\*National Institute of crop science, RDA, Suwon, 441-857, Korea

**ABSTRACT :** To study the cause of the injury by continuous cropping and the countermeasure for reduction on it's injury in ginseng cultivation by the period passed since post-harvest, and previous soil management for planting, the injury by continuous cropping was investigated from 2004 to 2005 at the continuous cropping field of National Institute of Crop Science in Jungpyong county, Korea. There was negative correlation between the ratio of survived root and the period passed since post-harvest. The ratio infected by *Cylindrocapon destructans* and *Fusarium spp.* in root was about 81~95% at continuous cropping field that passed by 3~4 years since post-harvest. Though the previous soil management for planting was somewhat effective to increase the ratio of survival root, but which was not effective to protect the infection of *Cylindrocapon destructans* and *Fusarium spp.* in root. There was no significant difference in reducing rotted root between management and non-management. When previous soil management for planting was programed, it should be considered that *Cylindrocapon destructans* was detected at continuous cropping field that passed by above 10 years after harvesting.

**Key Words :** ginseng, root rot, continuous cropping, soil management for preplanting field, *Cylindrocapon destructans*

### 서 언

대부분 연작장해는 수도 등 몇가지 작물을 제외하고는 발작물에 주로 발생되어 장해를 받는 것으로 보고되어 있어 국내의 제한된 경지에서는 연작이 불가피한 실정으로 많은 문제점을 야기 하고 있다. 연작장해는 동일토양에 동일작물을 재배함으로써 작물의 생산량을 감소시키는 기지 현상을 말하는데 보다 광의의 해석으로 토양양분 소모설, 토양반응 이상설, 토양물리성 약화설, 독소설, 토양미생물설 등 5가지를 주원인으로 정의하고 장해요인을 구분 설명하고 있다 (平野 曉, 1980a, 1980b; Pickering, 1907; Scheneiderhan, 1927; 鈴木達彦, 1972; 草野 秀 et al., 1974).

다년생작물인 인삼은 연작을 극도로 기피하는 작물로 보통밭의 경우 휴작기간을 10년, 논외의 경우는 6년의 기간을 설정하여 이 경과년수가 지나야 인삼을 다시 심을 수 있다고 하였다 (농촌진흥청, 2001). 인삼재배면적은 2000년 (12,445 ha) 대비 2005년에 14,154 ha로 매년 증가추세에 있으며 또한 인

삼은 3~5년 장기간 재배가 소요되는 작물로서 또한 휴작기간이 10년 이상으로 타작물에 비하여 토지 생산성이 매우 낮은 작물이다. 휴작으로 인한 재배면적 감소는 초작지를 매년 고갈시키고 인삼의 안정적 생산에도 크게 문제시 되고 있다.

인삼의 연작장해에 관한 많은 보고가 있으며 현재 후막포자를 형성하면서 토양전염성으로 병을 일으키는 *Cylindrocapon destructans*으로 보고 (Cho et al., 1995; 한국인삼약초연구원, 1987, 1996)된 바 있으며 이 병원균은 인삼 연작장해를 발생시키며 근부병의 주원인균으로 보고되었다. 연작장해를 해소하기 위한 방법으로는 토양훈증소독제를 이용한 화학적 방법과 담전윤환재배법 (Jo et al., 1992)이 있으며 그 외 길항미생물을 이용한 생물학적 방법이 있으나 실용화 되지 못하고 있는 실정이다 (한국인삼약초연구원, 1994, 1997, 2001).

따라서 본시험은 인삼연작지에서 수확경과년수에 따른 연작장해 주원인을 조사하여 인삼의 휴작한계년수를 검토하고 재작 또는 연작시 경감대책을 확립코자 수행하였다.

†Corresponding author: (Phone) +82-31-291-6815 (E-mail) ksw1954@rda.go.kr  
Received February 2, 2007/ Accepted May 30, 2007

## 재료 및 방법

본시험은 2004년부터 2005년까지 작물과학원 인삼약초과 중평시험지에서 수행하였다. 공시포장은 인삼을 연작한 포장으로 수확경과년수가 3~4년, 7~8년, 10년이상 경과한 곳을 3개소 선정하였고 치리는 예정지 관리여부에 따라 2004년은 예정지 미관리처리와 2005년은 예정지관리를하여 시험을 수행하였다.

시험재료는 재래종 양직묘삼을 각 년도 3월 하순경 칸(90 cm × 180 cm)당 63 (7 × 9)주를 토로스수화제로 분의소독하여 기계이식하였다. 2005년도 예정지관리처리 시험포장은 수단그라스를 재배한 후 예취 · 경운하여 예정지를 관리하였다. 기타 해가림시설 (후주연결식)과 재배관리는 인삼표준경작법에 준하여 실시하였다.

토양의 화학 성분분석에 있어서 pH는 풍건토양 5g을 50 ml 비이커에 취하고 증류수 25 ml를 가한 뒤 때때로 유리봉으로 저어 주면서 1시간 방치한 후 60초 이내에 pH meter (Orion 720A)로 측정하였다. EC는 토양 10g을 증류수 50 ml 넣고 20분간 진탕 후 EC meter 측정하였다. NO<sub>3</sub>-N분석은 풍건토양 10g을 2M KCL 50 ml 넣고 30분간 진탕 후 No.2 여과지로 여과하여 Automatic Wet Chemical Analyzer (AA3)로 분석하였다. 토양유기물분석은 Tyurin법으로 토양시료 0.3g (200 mesh 통과시료)을 250 ml 삼각flask에 취하고 10 ml의 0.4N 중크롬산칼리황산 혼합용액을 가한 다음 200°C의 전열판에서 5분간 끓인 후 증류수 150 ml를 넣고 0.2N 황산제1철 암모늄 용액으로 적정하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 토양 5g에 침출액 20 ml를 넣고 10분간 진탕한 후 No.2 여과지로 여과하여 시료액 3 ml를 시험관에 넣고 조작액 6 ml씩 넣은 다음 0.4 ml의 1, 2, 4 용액을 가하여 잘 혼합하여 30°C에서 30분간 항온한 후 분광광도계 (GBC Cintra 40)로 720 nm에서 비색 측정하였다. 치환성 양이온은 토양 5g을 1N-NH<sub>4</sub>OAc (pH 7.0) 완충용액 50 ml을 넣고 30분간 침출하여 K, Ca, Mg을 유도결합플라스마발광광도계 (ICP, Integra XMP, GBC, 호주)로 측정하였다.

인삼 뿌리썩음병 이병율 조사는 포장에서 채집한 인삼뿌리 표면을 육안으로 관찰한 후 뿌리썩음병의 발생율을 조사하였고, 원인 병원균은 병반부위에서 아래와 같은 방법으로 분리하여 현미경으로 동정하였다. 원인 병원균의 분리는 각각의 뿌리에 형성한 병반 가장자리를 0.5 cm 크기로 4조각을 채취하여 1% sodium hypochloride 용액에서 1분간 표면살균한 후 멸균수에 3회 세척하였다. 세척한 시료는 다시 70% ethanol 용액에 1분간 표면살균하고 멸균수에 3회 세척한 후 멸균된 여과지 위에서 약 10분간 건조시킨 후 streptomycin 300 ppm이 포함된 한천배지 상에 올려놓았다. 처리한 시료는 23°C 배양기에 7일간 배양 후 병반 조각에서 자라난 병원균을 현미경

하에서 병원균의 균사 및 포자형태 등을 관찰하여 동정하였다. 병원균별 분리비율은 뿌리썩음 증상이 나타난 전체 병든 뿌리 대비 분리비 (%)를 산출하였다.

또한 인삼생육 및 수량 등의 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준 (2003)에 의하였다.

## 결과 및 고찰

인삼 연작지 토양에서 수확경과년수에 따른 생육시기별 적변율은 Table 1에서와 같다.

연작지에 재식한 2년생 인삼의 적변현상은 10년이상 경과된 시험구에서는 5월에는 나타나지 않았으나 7월 이후부터 발생되었고 수확 후 경과년수가 짧을수록 많이 발생하는 경향이나 예정지 관리여부에 따라서는 일정한 경향이 없었다.

일반적으로 적변삼 발생원인은 과습 또는 토양 중 염류농도와 밀접한 관계가 있다고 보고 (농촌진흥청, 2000)하고 있는데 본 결과에서도 7월경 장마철 과습현상과 염류상승 등으로 적변삼 발생이 크게 나타났으며 3~4년 경과구의 예정지 미관리구는 수확기에 높게 발생되어 특이한 반응을 나타냈다.

Table 1. Rate of root rusting by progress years of post-harvest under growth stage in ginseng continuous cropping

Tret.	Preplanting soil	May	July	Harvesting stage (Oct.) (%)
3~4 years old progress	Non-management	15.8	8.3	34.8
	Management	3.3	27.7	7.8
7~8 years old progress	Non-management	5.5	45.8	37.2
	Management	3.3	28.1	19.3
Above 10 years old progress	Non-management	0	21.4	10.0
	Management	0	42.0	21.8
LSD (5%)		9.03	29.26	19.80

<sup>1</sup> Non-management ('04 planting), Management ('05 planting)

인삼의 연작장해를 일으키는 주원인은 뿌리썩음병을 유발시키는 *Cylindrocarpon destructans*으로 밝혀져 인삼 재작 또는 연작시 크게 문제시 되고 있다. 인삼연작지에서 수확경과년수에 따른 생육시기별 뿌리썩음병 이병주율과 분리된 병원균을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

수확경과년수가 10년이상 경과된 구를 기준으로 뿌리썩음병 발생을 볼 때 5월부터 발병이 시작되어 수확기까지 계속 증가를 보이고 있다. 수확경과년수가 짧을수록 뿌리썩음병 이병주율은 높아지는 경향이며 3~4년 경과구의 수확기 이병주율은 95.2%로 나타났다. 이는 연작지에서 6월에 95.8% 병 발생을 보였다는 보고 (Cho, 1995)와 유사한 경향을 나타내고 있다.

예정지 관리 여부에 따라서 뿌리썩음병 이병주율을 보면 예정지 관리 미관리보다 다소 낮은 이병주율을 나타냈으나, 그

**Table 2.** Rate of diseased plant of root rot and isolated pathogen by progress years of post-harvest under growth stage in ginseng continuous cropping soils

Tret.	Preplanting soil	May	July	Harvesting stage (Oct.) (%)
3~4years old progress	Non-management <sup>1</sup> (Isolated pathgen) <sup>2</sup>	35.0 (F > B)	44.3 (F > P > C)	95.2 (C > F > A)
	Management (Isolated pathgen)	23.3 -	68.2 (C > F > U)	81.3 (C > F)
7~8years old progress	Non-management (Isolated pathgen)	22.0 (F > B)	23.0 (F > C)	59.6 (F ≥ C)
	Management (Isolated pathgen)	3.3 -	9.2 (C > U)	43.8 (C > F)
Above 10 years old progress	Non-managemnt (Isolated pathgen)	18.5 (F)	20.6 (F)	25.6 (F > C)
	Management (Isolated pathgen)	0 (-)	8.8 (-)	30.0 (C > F)
LSD (5%)		15.55	28.69	25.06

<sup>1</sup> Non-management ('04 planting), Management ('05 planting)

<sup>2</sup> F = *Fusarium* spp., B = *Botrytis*, P = *Pythium* spp., C = *Cylindrocarpon*, A = *Alteraria*, U = Unknown

차이는 크지 않게 나타나고 있어 예정지 관리 여부와 뿌리썩음병 발생과는 큰 차이가 없을 것으로 생각되었다. 생육시기 별로 분리 된 뿌리썩음병 병원균은 *Fusarium* spp, *Pythium* spp, *Cylindrocarpon* 등이 분리되었는데 발생빈도는 수확경과년수에 따라 차이를 보였다. 특히 인삼은 한번 재배 후 10년이 지나면 다시 재배하여도 (재작) 안전하다고 했으나 본 결과에서는 수확경과년수가 10년 이상된 시험구에서도 연작장해 주원인균인 *Cylindrocarpon*이 분리되어 문제시 되었다. 이는 인삼을 재배 후 10년이 경과해도 재작할 시 안전하지 못하다는 결과로 사료된다.

인삼 연작지 수확경과년수에 따른 생육시기별 생존율은 Table 3과 같다.

연작지에 재식한 2년생 인삼의 생존율은 10년이상 경과된 구에서 79.5~80.5% 정도를 나타냈고 경과년수가 짧을수록 생존율이 낮아져 3~4년 경과구는 10% 미만의 생존을 보였으나 예정지 관리시는 다소 생존율이 높게 나타났다.

생육기별 생존율은 연작지에 나타나는 장애현상 즉 뿌리썩음병 이병주율과 관계가 있어 예정지 미관리로 수확후 3~4년 경과구는 수확기 생존율이 7.8%를 보였으며 예정지 관리시는 31%를 나타내 연작지의 인삼 생존율은 극히 낮게 나타났다.

인삼 연작 토양에서 수확경과년수에 따른 인삼 생육 특성 및 수량은 Table 4에서와 같다. 인삼 연작 후 수확경과년수가 짧을수록 초장과 근장은 짧아지는 경향이고 예정지 관리여부에 따라라도 미관리시 3~4년 경과구를 제외하고는 모두 짧아지는 경향이었다.

수확기 칸당 생근중을 10년 이상 경과구를 대비하여 보면 예정지 미관리시 7~8년 경과구는 70%, 3~4년 경과구는 97% 감소되었고 예정지 관리시는 7~8년 경과구에서 12%, 3~4년 경과구에서 80% 감수를 보였다.

**Table 3.** Rate of survival plant by progress years of post-harvest under growth stage in ginseng continuous cropping soils

Tret.	Preplanting soil	May	July	Harvesting stage(Oct.) (%)
3~4 years old progress	Non-management <sup>1</sup>	47.2	5.0	7.8
	Management	79.7	64.7	31.0
7~8 years old progress	Non-management	69.4	54.6	55.6
	Management	82.3	73.0	72.0
Above 10 years old progress	Non-managemnt	84.2	70.0	79.5
	Management	89.3	84.3	80.5
LSD (5%)		32.99	6.90	19.55

<sup>1</sup> Non-management ('04 planting), Management ('05 planting)

전반적으로 수확경과년수가 짧을수록 감수율이 컸으며 예정지 미관리시 감수폭이 더 컸으며 특히 3~4년 경과구는 수확기까지 뿌리썩음병이 95% 발생되어 나타나 뿌리가 모두 부패되어 수확할 수 없는 상태를 보였다.

인삼 수확경과년수별 연작지 토양에 있어 예정지 미관리 ('04)와 예정지 관리 ('05)시험전후 토양의 이화학성은 Table 5와 같다.

예정지 미관리 토양의 수확경과년수별 시험전후 토양의 pH, OM, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 등은 큰차이를 보이지 않았으나 시험 후 EC와 NO<sub>3</sub>-N함량은 높게 나타났다. 한편 예정지 관리 토양 ('05)도 미관리 토양과 마찬가지로 화학성의 차이를 보이지 않았으나 시험 후 EC와 NO<sub>3</sub>-N 함량은 높게 나타나 같은 경향을 보였다. 토양 중 EC와 NO<sub>3</sub>-N 함량은 정의상관을 나타내고 (농촌진흥청, 1993) 인삼의 적번삼을 유발시키는 것으로 보고되어 있어 Table 1의 수확경과년수별 인삼의 적번에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

**Table 4.** Growth & yield characteristics by progress years of post-harvest in ginseng continuous cropping soils

Tret.	Preplanting soil	Emergence date	Plant height (cm)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Fresh root weight	
						g/3.3 m <sup>2</sup>	Index
3~4 years old progress	Non-management <sup>1</sup>	4.29	10.8	7.4	6.0	2.7	3
	Management	4.28	5.5	8.5	7.1	69.1	20
7~8 years old progress	Non-management	4.26	15.7	12.6	7.0	22.7	24
	Management	4.26	22.7	16.6	10.3	304.0	88
Above 10 years old progress	Non-management	4.24	18.3	15.2	8.5	96.7	100
	management	4.28	21.6	16.3	9.9	346.0	100

<sup>1</sup> Non-management ('04 planting), Management ('05 planting)

**Table 5.** Phyco-chemical properties of the soil before or after experiment by progress of post-harvest in ginseng continuous cropping soil

Preplanting soil	Tret.	Experi-ment	Text-ure	PH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	Ex.Cation (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )		
									K	Ca	Mg
Non-management ('04 planting)	3~4 years old progress	Before	Loam	5.2	0.30	18.3	26	13.7	0.27	3.30	0.97
		After		5.0	0.94	18.0	29	52.0	0.36	3.20	1.00
	7~8 years old progress	Before	Sandy loam	5.7	0.33	18.7	130	12.0	0.15	3.07	0.73
		After		7.4	0.85	18.7	131	57.7	0.21	3.40	1.00
	Above 10 years old progress	Before	Loam	5.6	0.40	19.0	32	13.3	0.22	3.73	1.07
		After		5.5	0.51	18.0	37	24.0	0.27	3.90	1.00
Management ('05 planting)	3~4 years old progress	Before	Loam	5.2	0.20	6.9	28	13.0	0.19	2.3	0.6
		After		5.2	0.44	8.2	22	30.0	0.29	2.5	0.7
	7~8 years old progress	Before	Sandy loam	6.0	0.16	7.6	232	12.0	0.36	2.5	0.5
		After		5.8	0.51	7.6	204	62.0	0.29	2.6	0.5
	Above 10 years old progress	Before	Loam	5.4	0.19	10.0	32	13.0	0.39	2.7	0.8
		After		5.2	0.41	7.8	31	33.0	0.26	2.7	0.8
Standard			-	5~6	0.5 이하	15 ~25	70 ~200	50 이하	0.20 ~0.50	2.0 ~4.5	1.0 ~2.0

종합적으로 인삼연작지에서 수확경과년수에 따른 연작피해를 고찰해 보면 인삼은 재배 후 다시 재배할 수 있는 휴작기간은 10년이 경과한 곳이 안전하다고 하였으나 (농촌진흥청, 2001) 본 시험 결과는 인삼을 재배후 수확경과년수가 3~4년 경과한 포장에서 뿌리썩음병 이주병율이 81.3~95.2% 발생을 보였고 10년이상 경과한 곳에서도 25.6~30.0% 발병을 보였다 (Table 2). 모든 연작토양에서 연작장해를 일으키는 뿌리썩음병의 원인균인 *C. destructans*가 분리되어 10년이 경과해도 뿌리썩음병 원인균이 생존하는 것으로 나타나 문제시 되었다. 따라서 뿌리썩음병의 발생은 연작포장의 토양환경과 재배방법 등에 따라 차이가 있겠으나, 인삼을 재작 또는 연작시에는 이상의 결과를 고려하여 재배지를 재선정하거나 연작장해를 해소할 수 있는 특단의 예정지 토양 관리대책을 수립해야 할 것으로 판단된다.

### 적 요

인삼 연작장해 원인과 경감대책을 수립하고자 2004년에는 2005년까지 작물과학원 중평시험지 연작토양에서 인삼 수확경

과년수와 예정지관리 유무에 따른 시험을 수행한 결과를 요약 하면 다음과 같다.

인삼 연작지 수확경과년수가 짧을수록 생존율이 낮아지며 3~4년 경과구 81~95%의 뿌리썩음 이병주율을 보였다.

예정지 관리구는 미관리구보다 생존율이 다소 높으며 뿌리썩음병 피해도 예정지 미관리와 같은 경향으로 예정지 관리 효과는 크지 않다.

수확경과년수가 10년이상의 연작지에서도 연작장해를 일으키는 병원균 (*C. destructans*)이 분리되므로 재작 또는 연작시는 이점을 고려하여 재배지를 재선정하거나 예정지 토양관리 대책을 수립해야 할 것으로 판단된다.

### LITERATURE CITED

Cho DH, Park KJ, Yu YH, Ohh SH, Lee HS (1995) Root Rot Development of 2-year old Ginseng (*Panax ginseng*, C. A Meyer) Caused by *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm) Scholten in the continuous cultivation Field. Korean J Ginseng Sci. 19(2):175-180.

Jo JS, Kim CS, Won JY (1992) Crop Rotation of the Korean

- Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) and the Rice in Paddy Field. Korean J. Medicinal Crop Sci. 4(1):19-26.
- Pickering S (1917) The effect of one plant on another. Ann. Bot. 31:181-187.
- Schneiderhan FJ (1927) The black walnut (*Juglans nigra* L.) as a cause of the death of apple trees. Phytopath. 17:529-540.
- 한국인삼연구소 (1987) 인삼연작장해 생물학적 인삼연구 보고서 (재배분야) p. 3-78.
- 한국인삼연구소 (1994) 인삼연작장해 해소연구. 인삼연구보고서 (재배분야) p. 103-219.
- 한국인삼연구소 (1996) 연작장해. 최신고려인삼 (재배편) p. 233-238.
- 한국인삼연구소 (1997) 인삼연작장해해소 및 병해충 방제연구. 인삼연구 보고서 (재배분야) p. 79-156.
- 한국인삼연구소 (2001) 근부관련 인삼연작장해 해소 실용화 및 주요 병충해방제연구. 인삼연구보고서 (재배분야) p. 7-92.
- 농촌진흥청 (2000) 인삼의 생리장해. 인삼재배기술 p. 77-91.
- 농촌진흥청 (2001) 표준인삼경작방법개정고시 (고시 제2001-8호)
- 농촌진흥청 농업기술연구소 (1993) 시설재배지토양에서 염농도 측정에 의한 질소 시비량 절감 연구. 시험연구보고서. p. 230-235.
- 平野 曉 (1980)a 作物の連作障害. 農山漁村文化協會.
- 平野 曉 (1980)b 毒性物質による連作障害と對策. 農及園 55(1):131-136.
- 草野 秀, 小川和夫 (1974) 作物体に含きわるフェノール性酸につ. 日土肥誌 45(1):29-36.
- 鈴木達彦 (1972) 畑作佛の連作障害と無菌栽培の將來(1). 農及園 47(5):689-694.