

| | | | | |
|-------------|--------------------------------|-------------|------------------|---------|
| 과 제 구 분 | 기관고유 | 과 제 번 호 | LP003663 | |
| 과 학 기 술 분 류 | LB0203 | 품 목 표 준 코 드 | IC-03-1801 | |
| 주 관 과 제 명 | 인삼 안정생산을 위한 친환경 병해 경감기술 개발 | | | |
| 과 제 책 임 자 | 성명 | 직급 | 소속기관 및 부서 | |
| | 이기욱 | 농업연구사 | 강원특별자치도원 작물연구과 | |
| 연 구 기 간 | 2020 ~ 2024 | 참여연구기관 | 농촌진흥청, 농림축산식품부 등 | |
| | 세부과제명 | 부서 | 세부책임자 | 연구기간 |
| | 1) 인삼 안정생산 재배기술 개발 | 작물연구과 | 이기욱 | '24~계속 |
| | 2) 인삼 재배지 현장 지원 연구 | 작물연구과 | 이기욱 | '20~'24 |
| 키 워 드 | 인삼, 친환경 방제, 밀도 분석, 뿌리썩음병, 재작기간 | | | |

ABSTRACT

Root rot caused by soil-borne pathogens is a significant challenge in ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivation. This study aimed to analyze pathogen density and soil characteristics in ginseng fields of Gangwon State to provide foundational data for disease control. From 2019 to 2020, soil pathogen density was assessed in 63 ginseng fields across five regions, including Hongcheon-gun. In 2019, *Cylindrocarpon destructans* was detected in all 36 sites, with levels exceeding 1.0×10^2 copies/g in 5- and 6-year-old fields in Yanggu and Cheorwon. In 2020, among 27 sites, *C. destructans* was found in 17 and *Fusarium solani* in 16, yet the relationship between pathogen density and root rot incidence suggested that cultivation environment plays a critical role beyond mere density. Soil physicochemical properties were evaluated in 123 planned ginseng fields across eight regions, including Chuncheon-si, from 2020 to 2024. In 2023, among 32 sites, 12.5% were classified as optimal and 37.5% as suitable, with many exceeding acceptable ranges for pH (25.0%) and P_2O_5 (43.8%), highlighting the need for soil management. During the same period, pathogen density analysis revealed *C. destructans* in 19 sites and *F. solani* in 112 sites. Additionally, 10 fields transitioned from planned to cultivated sites were examined post-analysis. Six showed inadequate soil chemical management, and pathogen density increased from mid-May to late August, though no clear trend linked planned and cultivated stages. Correlation analysis indicated a stronger negative correlation between late August survival rate and pathogen density (-0.41 to -0.58) compared to pH (-0.39 to -0.41) or potassium (-0.23 to -0.52) with pathogen density, underscoring the significant influence of environmental factors beyond pathogens. Thus, comprehensive control strategies based on soil suitability and chemical properties are essential for ginseng cultivation.

1 연구목표

인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 동일한 장소에서 다년간 재배하는 작물로서 고년근일수록 토양 병원균에 의한 뿌리썩음병 발생이 많아 6 년근 인삼의 수확 비율은 50~70 %로 낮으며 재작할 경우 2 년생부터 뿌리썩음병 발생이 급증하여 연작 장애가 심하다(Lee et al., 2018). 인삼의 연작장애는 주로 *Cylindrocarpon destructans* 와 *Fusarium solani* 등과 같은 토양전염성 병원균에 의한 뿌리썩음병으로 발생하는데 (Rahman and Punja, 2005; Kang et al., 2007), 이러한 병원균은 후막포자를 만들어 토양에서 10 년 이상 생존하기 때문에 인삼을 수확한 후 10년 이상이 경과되어야 비로소 재작이 가능하며 (Kang et al., 2007), 농촌진흥청이 고시한 표준인삼경작방법(시행 2019. 8. 16.)에서도 돌려짓기를 할 경우 밭은 10 년 이상, 논은 5 년 이상 경과한 곳이 안전하다고 고시하고 있다. 인삼 수확 후 토양전염성 병원균은 논토양 초작지에서는 수확 후 3 년 경과 토양에서 검출되지 않았으나 재작지에서는 5 년 이상 경과후에도 15.4 %의 재배지에서 검출되었으며 밭 재배시에는 30.8 %에서 검출되었고 특히 10 년 이상 경과시에도 병원균이 존재한다고 하였다(원예특작과학원, 2017). 그 동안 현장에서는 인삼 연작장애 극복을 위한 여러 시도가 있었는데 벼를 4~5 년간 재배할 경우 토양전염성 병원균의 밀도를 낮출 수 있고 유기산 등 생육 억제물질 등을 씻어내는 효과가 있어 농가에서 주로 사용하고 있으나 이 역시 4 년근 이상에서는 병원균 밀도 증가로 병 발생이 많아지는 단점이 있다(Jo et al., 1996). 또한 토양 훈증소독의 경우에도 9월 훈증보다 8월 처리시 뿌리썩음병 발생 억제에 효과가 높고 토양을 성토하는 경우 60 cm 이상부터 초작지 대비 생산성이 1.02 이상 높아지나 처리비용이 높아 경제성이 높지 않았다고 보고되었다(KGC인삼공사, 2017). 이러한 이유로 인삼 연작장애 주요 원인인 뿌리썩음병 원인균 방제 및 예방을 위해서는 예정지 관리부터 건전한 인삼 생육까지 종합적 방제기술의 투입이 특히 요구된다. 따라서 본 연구에서는 강원지역 주요 인삼 재배지의 토양전염성 병원균 밀도 분석 현장 지원을 통해 토양전염성 병원균 실태 파악을 통해 종합적 방제 관리를 위한 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

2 재료 및 방법

〈Q 제2세부과제 : 인삼 재배지 현장 지원 연구〉

(시험 1) 인삼 재배지 토양병원균 밀도 분석

가. 인삼 토양병원균 밀도 분석 재배지 선정(2019년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지의 토양 내 토양 병원균 밀도를 분석하기 위해 홍천군 등 5 시군의 3~6 년근 인삼 재배지를 대상으로 36 개소를 선정하였다.

나. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석(2019년도)

각 재배지별로 4~5 월 중 토양을 채취하였으며 토양 채취 방법은 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 의거 실시하였다. 각 재배지에서 채취한 토양의 토양병원균 밀도 분석은 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 실시하였다. 먼저 토양 병원균 밀도 분석을 위해 각 처리구의 토양을 시기별로 5~7 지점에서 무작위로 채취하여 2 mm 체로 정선한 후 5 g을 라디시콜 선택배지(MM+50ppm) 10 mL를 첨가하고 20 °C 항온기에서 2 일간 진탕 배양하였다. 이후 원심분리하여 상등액은 제거하고 동결 건조시킨 후 0.5 g의 토양 시료를 덜어내 DNeasy mini kit(Qiagen, Hilden, Germany)을 이용하여 제조회사의 지침에 따라 DNA를 추출하였다. 추출한 DNA 시료는 인삼 뿌리썩음병원균 동정용 primer를 포함하는 혼합액을 만들어 real time PCR(CFX96 real time system, Bio-Rad Inc., Hercules, CA, USA)을 수행하였으며 각 결과는 병원균 밀도 정량 곡선에 대입하여 토양 내 병원균 밀도로 표시하였다.

$$\text{copy No.} = \frac{X \text{ ng} * 6.0221 * 10^{23} \text{ molecules/mole}}{(N * 660 \text{ g/mole}) * 1 * 10^9 \text{ ng/g}}$$



그림 1. 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석 방법

다. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도와 뿌리썩음병 발병을 관계(2019년도)

토양 병원균 밀도 분석 대상 재배지인 36 개소 중 철원 지역 고밀도 재배지와 저밀도 재배지의 인삼 지하부를 수확하여 뿌리썩음병 발병율을 조사하여 토양 병원균 밀도와 뿌리썩음병 발병율 간 조사 결과를 비교하였다. 인삼 지하부의 뿌리썩음병 발병율은 뿌리썩음 정도에 따른 뿌리썩음병 발병지수 (Disease Severity Index: DSI)를 측정하였으며 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 실시하였다.

$$DSI = \frac{(X_1 * 1) + (X_2 * 2) + (X_3 * 3) + (X_4 * 4)}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}$$

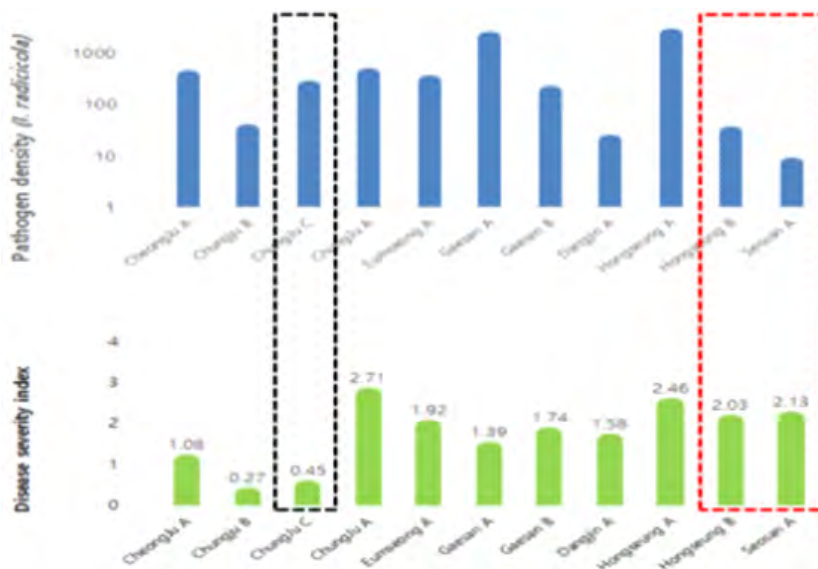


그림 2. 인삼재배지 병원균 밀도 및 발병지수(2018. 인삼특작부)

라. 인삼 토양병원균 밀도 분석 재배지 선정(2020년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지의 토양 내 토양 병원균 밀도를 분석하기 위해 흥천군 등 5 시군의 4~6 년근 인삼 재배지를 대상으로 27 개소를 선정하였다.

마. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석(2020년도)

각 재배지별로 4~5 월 중 토양을 채취하였으며 토양 채취 방법은 농업과학기술 연구조사분석기준 (2012. 10.)에 의거 실시하였다. 각 재배지에서 채취한 토양의 토양병원균 밀도 분석은 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 실시하였다. 먼저 토양 병원균 밀도 분석을 위해 각 처리구의 토양을 시기별로 5~7 지점에서 무작위로 채취하여 2 mm 체로 정선한 후 5 g을 라디시콜 선택배지(MM+50ppm) 10 mL을 첨가하고 20 °C 항온기에서 2 일간 진탕 배양하였다. 이후 원심분리하여 상등액은 제거하고 동결 건조시킨 후 0.5 g의 토양 시료를 덜어내 DNeasy mini kit(Qiagen, Hilden, Germany)을 이용하여 제조회사의 지침에 따라 DNA를 추출하였다. 추출한 DNA

시료는 인삼 뿌리썩음병원균 동정용 primer를 포함하는 혼합액을 만들어 real time PCR(CFX96 real time system, Bio-Rad Inc., Hercules, CA, USA)을 수행하였으며 각 결과는 병원균 밀도 정량 곡선에 대입하여 토양 내 병원균 밀도로 표시하였다.

$$\text{copy No.} = \frac{X \text{ ng} * 6.0221 * 10^{23} \text{ molecules/mole}}{(N * 660 \text{ g/mole}) * 1 * 10^9 \text{ ng/g}}$$

※ X=ds DNA의 양(ng), N=dsDNA의 길이(bp)

바. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도와 뿌리썩음병 발병을 관계(2019년도)

토양 병원균 밀도 분석 대상 재배지인 27 개소 중 철원과 양구 지역 고밀도 재배지와 저밀도 재배지의 인삼 지하부를 수확하여 뿌리썩음병 발병율을 조사한 후 토양 병원균 밀도와 뿌리썩음병 발병율 간 조사 결과를 비교하였다. 인삼 지하부의 뿌리썩음병 발병율은 뿌리썩음 정도에 따른 뿌리썩음병 발병지수(Disease Severity Index: DSI)를 측정하였으며 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 실시하였다.

(시험 2) 인삼 예정지 토양 이화학성 분석 지원

가. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 선정(2020년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 철원군과 화천군 2 시군에서 인삼 재배를 위해 예정지 관리 중인 예정지를 11 개소 선정하였다.

나. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2020년도)

인삼 예정지의 토양 이화학성 분석을 위해 선정한 11 개소의 토양 물리성과 화학성 분석을 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 분석하였다.

다. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 선정(2021년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 화천군과 홍천군 2 시군에서 인삼 재배를 위해 예정지 관리 중인 예정지를 14 개소 선정하였다.

라. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2021년도)

인삼 예정지의 토양 이화학성 분석을 위해 선정한 14 개소의 토양 물리성과 화학성 분석을 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 분석하였다.

마. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 선정(2022년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 홍천군과 평창군 2 시군에서 인삼 재배를 위해 예정지 관리 중인 예정지를 38 개소 선정하였다.

바. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2022년도)

인삼 예정지의 토양 이화학성 분석을 위해 선정한 38 개소의 토양 물리성과 화학성 분석을 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 분석하였다.

사. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 선정(2023년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 춘천시 등 3 시군에서 인삼 재배를 위해 예정지 관리 중인 예정지를 32 개소 선정하였다.

아. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2023년도)

인삼 예정지의 토양 이화학성 분석을 위해 선정한 32 개소의 토양 물리성과 화학성 분석을 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 분석하였다.

자. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 선정(2024년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 원주시와 횡성군 2 시군에서 인삼 재배를 위해 예정지 관리 중인 예정지를 28 개소 선정하였다.

차. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2024년도)

인삼 예정지의 토양 이화학성 분석을 위해 선정한 28 개소의 토양 물리성과 화학성 분석을 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 분석하였다.

(시험 3) 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석

가. 인삼 예정지 토양병원균 밀도 분석(2020년도)

각 예정지별로 4~5 월 중 토양을 채취하였으며 토양 채취 방법은 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 의거 실시하였다. 각 재배지에서 채취한 토양의 토양병원균 밀도 분석은 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 실시하였다. 먼저 토양 병원균 밀도 분석을 위해 각 처리구의 토양을 시기별로 5~7 지점에서 무작위로 채취하여 2 mm 체로 정선한 후 5 g을 라디시콜 선택배지(MM+50ppm) 10 mL를 첨가하고 20 °C 항온기에서 2 일간 진탕 배양하였다. 이후 원심분리하여 상등액은 제거하고 동결 건조시킨 후 0.5 g의 토양 시료를 덜어내 DNeasy mini kit(Qiagen, Hilden, Germany)을 이용하여 제조회사의 지침에 따라 DNA를 추출하였다. 추출한 DNA 시료는 인삼 뿌리썩음병원균 동정용 primer를 포함하는 혼합액을 만들어 real time PCR(CFX96 real time system, Bio-Rad Inc., Hercules, CA, USA)을 수행하였으며 각 결과는 병원균 밀도 정량 곡선에 대입하여 토양 내 병원균 밀도로 표시하였다.

나. 인삼 예정지 토양병원균 밀도 분석(2021년도)

각 예정지별로 4~5 월 중 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 의거 토양을 채취한 후 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 토양 병원균 밀도 분석을 실시하였다.

다. 인삼 예정지 토양병원균 밀도 분석(2022년도)

각 예정지별로 4~5 월 중 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 의거 토양을 채취한 후 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 토양 병원균 밀도 분석을 실시하였다.

라. 인삼 예정지 토양병원균 밀도 분석(2023년도)

각 예정지별로 4~5 월 중 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 의거 토양을 채취한 후 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 토양 병원균 밀도 분석을 실시하였다.

마. 인삼 예정지 토양병원균 밀도 분석(2024년도)

각 예정지별로 4~5 월 중 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 의거 토양을 채취한 후 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 토양 병원균 밀도 분석을 실시하였다.

(시험 4) 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도분석 완료 예정지의 재배 후 뿌리썩음병 발생 조사

가. 인삼 뿌리썩음병 발생 조사 대상지 선정(2024년도)

2020년부터 2024년까지 강원 지역 인삼 예정지를 대상으로 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석을 완료한 대상지 중 인삼 정식 후 재배지로 전환된 대상지에서 인삼 뿌리썩음병 발생 조사를 실시하기 위해 대상지를 선정하였다. 선정 기준은 예정지 관리 후 인삼 재배지로 전환된 대상지 중에서 뿌리썩음병 원인균 2종의 밀도가 기준치를 초과하거나 상대적으로 높은 재배지와 뿌리썩음병 원인균 2종의 밀도가 기준치 이하이거나 불검출, 상대적으로 낮은 재배지로 구분하였다. 선정 기준에 따라 각 5대상지, 총 10 대상지를 선정하였다.

나. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 토양 화학성 분석(2024년도)

대상지의 토양 화학성 분석은 4~5 월 중 대상지 토양을 채취하여 농업과학기술 연구조사분석기준(2012. 10.)에 따라 분석하였다.

다. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 토양 뿌리썩음병 원인균 분석 결과(2024년도)

대상지의 뿌리썩음병 원인균 2종의 밀도를 분석하기 위해 5 월 중순에서 8 월 하순까지 총 3회에 걸쳐 농촌진흥청에서 개발한 인삼 뿌리썩음병원균 밀도 검정법(RDA., 2017)에 따라 토양 병원균 밀도 분석을 실시하였다.

라. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 인삼 지상부 생육 조사(2024년도)

대상지의 인삼 지상부 생육 조사를 위해 5 월 중순에서 8 월 하순까지 총 3회에 걸쳐 대상지별 100 주씩 3 반복 지상부 생존 주수를 통해 생존율을 조사하였다.

마. 통계 분석

각 재배지별 조사결과는 통계프로그램 SAS(version 9.2, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA)을 이용하여 DRMT(Duncan's Multiple Range Test) 5 % 수준에서 유의성을 검정하였다(α 0.05).

3 결과 및 고찰

〈Q. 제2세부과제 : 인삼 재배지 현장 지원 연구〉

(시험1) 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석

가. 인삼 토양 병원균 밀도 분석 인삼 재배지 선정(2019년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지를 대상으로 토양 내 토양 병원균 밀도를 분석하기 위해 3~6 년근 인삼 재배지를 홍천군 등 5 시군에서 36 개소를 선정하였다(표 1).

표 1. 인삼 재배지 토양 시료 수집지 목록

| 일련번호 | 수집지역 | 재배년수 | 재배방법 |
|------|--------------|------|------|
| 1 | 홍천군 서면 두미리 | 3 | 이식 |
| 2 | 홍천군 북방면 구만리 | 4 | 이식 |
| 3 | 홍천군 북방면 구만리 | 5 | 이식 |
| 4 | 홍천군 서면 어유포리 | 6 | 이식 |
| 5 | 홍천군 북방면 팔봉산로 | 3 | 이식 |
| 6 | 홍천군 북방면 조양리 | 4 | 이식 |
| 7 | 춘천시 남산면 광판리 | 5 | 이식 |
| 8 | 홍천군 북방면 구만리 | 6 | 이식 |
| 9 | 홍천군 북방면 중화계리 | 3 | 직파 |
| 10 | 홍천군 홍천읍 태학리 | 4 | 직파 |
| 11 | 홍천군 홍천읍 걸운리 | 5 | 직파 |
| 12 | 홍천군 화촌면 외삼포리 | 6 | 직파 |
| 13 | 평창군 대화면 상안미리 | 2 | 직파 |
| 14 | 평창군 대화면 상안미리 | 3 | 직파 |
| 15 | 평창군 봉평면 진조리 | 4 | 직파 |
| 16 | 평창군 봉평면 무이리 | 6 | 직파 |
| 17 | 양구군 해안면 오유리 | 3 | 이식 |
| 18 | 양구군 해안면 이현리 | 4 | 이식 |
| 19 | 양구군 해안면 오유리 | 5 | 이식 |
| 20 | 양구군 해안면 현리 | 6 | 이식 |
| 21 | 춘천시 남산면 광판리 | 3 | 이식 |

| 일련번호 | 수집지역 | 재배년수 | 재배방법 |
|------|-------------|------|------|
| 22 | 춘천시 남산면 광판리 | 4 | 이식 |
| 23 | 춘천시 남산면 광판리 | 5 | 이식 |
| 24 | 춘천시 남산면 광판리 | 6 | 이식 |
| 25 | 철원군 갈말읍 양지리 | 3 | 이식 |
| 26 | 철원군 갈말읍 문혜리 | 4 | 이식 |
| 27 | 철원군 갈말읍 양지리 | 5 | 이식 |
| 28 | 철원군 갈말읍 동막리 | 6 | 이식 |
| 29 | 철원군 김화읍 학사리 | 3 | 이식 |
| 30 | 철원군 김화읍 청양리 | 4 | 이식 |
| 31 | 철원군 김화읍 청양리 | 5 | 이식 |
| 32 | 철원군 김화읍 청양리 | 6 | 이식 |
| 33 | 철원군 김화읍 연구소 | 3 | 이식 |
| 34 | 철원군 김화읍 연구소 | 4 | 이식 |
| 35 | 철원군 김화읍 연구소 | 5 | 이식 |
| 36 | 철원군 김화읍 연구소 | 6 | 이식 |

나. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석(2019년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 홍천군 등 5 시군 36 개소의 뿌리썩음병 주요 원인균 *Cylindrocarpon destructans* 의 밀도 분석 결과, *Cylindrocarpon destructans* 은 36 재배지 중 36 개소 전체에서 검출되었으며 양구 지역 5, 6 년생 재배지와 철원 지역 6 년생 재배지에서는 1.0×10^2 copy/g 이상 검출되었다(표 2).

표 2. 인삼 재배지 토양 시료 채취 대상지 및 토양 병원균 밀도 분석 결과

| 일련번호 | 수집지역 | 재배년수 | Copy ² /g |
|------|--------------|------|----------------------|
| 1 | 홍천군 서면 두미리 | 3 | 33.5 |
| 2 | 홍천군 북방면 구만리 | 4 | 37.6 |
| 3 | 홍천군 북방면 구만리 | 5 | 42.9 |
| 4 | 홍천군 서면 어유포리 | 6 | 73.1 |
| 5 | 홍천군 북방면 팔봉산로 | 3 | 53.2 |
| 6 | 홍천군 북방면 조양리 | 4 | 52.7 |
| 7 | 춘천시 남산면 광판리 | 5 | 42.2 |

| 일련번호 | 수집지역 | 재배년수 | Copy ² /g |
|------|--------------|------|----------------------|
| 8 | 홍천군 북방면 구만리 | 6 | 46.6 |
| 9 | 홍천군 북방면 중화계리 | 3 | 54.1 |
| 10 | 홍천군 홍천읍 태학리 | 4 | 45.1 |
| 11 | 홍천군 홍천읍 걸운리 | 5 | 42.0 |
| 12 | 홍천군 화촌면 외삼포리 | 6 | 72.0 |
| 13 | 평창군 대화면 상안미리 | 2 | 41.8 |
| 14 | 평창군 대화면 상안미리 | 3 | 34.5 |
| 15 | 평창군 봉평면 진조리 | 4 | 43.5 |
| 16 | 평창군 봉평면 무이리 | 6 | 32.8 |
| 17 | 양구군 해안면 오유리 | 3 | 48.1 |
| 18 | 양구군 해안면 이현리 | 4 | 36.3 |
| 19 | 양구군 해안면 오유리 | 5 | 125.7 |
| 20 | 양구군 해안면 현리 | 6 | 162.0 |
| 21 | 춘천시 남산면 광판리 | 3 | 30.8 |
| 22 | 춘천시 남산면 광판리 | 4 | 66.2 |
| 23 | 춘천시 남산면 광판리 | 5 | 88.5 |
| 24 | 춘천시 남산면 광판리 | 6 | 22.5 |
| 25 | 철원군 갈말읍 양지리 | 3 | 54.8 |
| 26 | 철원군 갈말읍 문혜리 | 4 | 50.6 |
| 27 | 철원군 갈말읍 양지리 | 5 | 47.6 |
| 28 | 철원군 갈말읍 동막리 | 6 | 133.1 |
| 29 | 철원군 김화읍 학사리 | 3 | 42.1 |
| 30 | 철원군 김화읍 청양리 | 4 | 48.3 |
| 31 | 철원군 김화읍 청양리 | 5 | 49.2 |
| 32 | 철원군 김화읍 청양리 | 6 | 49.2 |
| 33 | 철원군 김화읍 연구소 | 3 | 39.2 |
| 34 | 철원군 김화읍 연구소 | 4 | 49.4 |
| 35 | 철원군 김화읍 연구소 | 5 | 52.4 |
| 36 | 철원군 김화읍 연구소 | 6 | 44.0 |

* Z : DNA의 양을 나타낼 때 쓰는 단위, 100copy/g 가 기준치 농도임

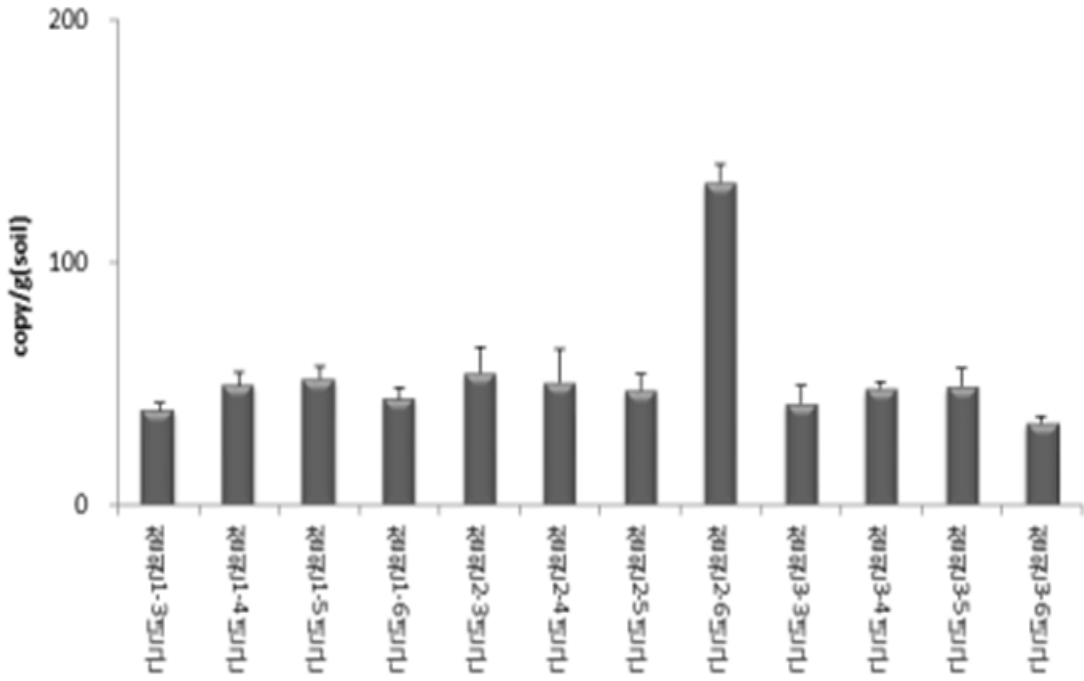


그림 3. 부리썩음병 원인균 밀도분석(철원 지역)

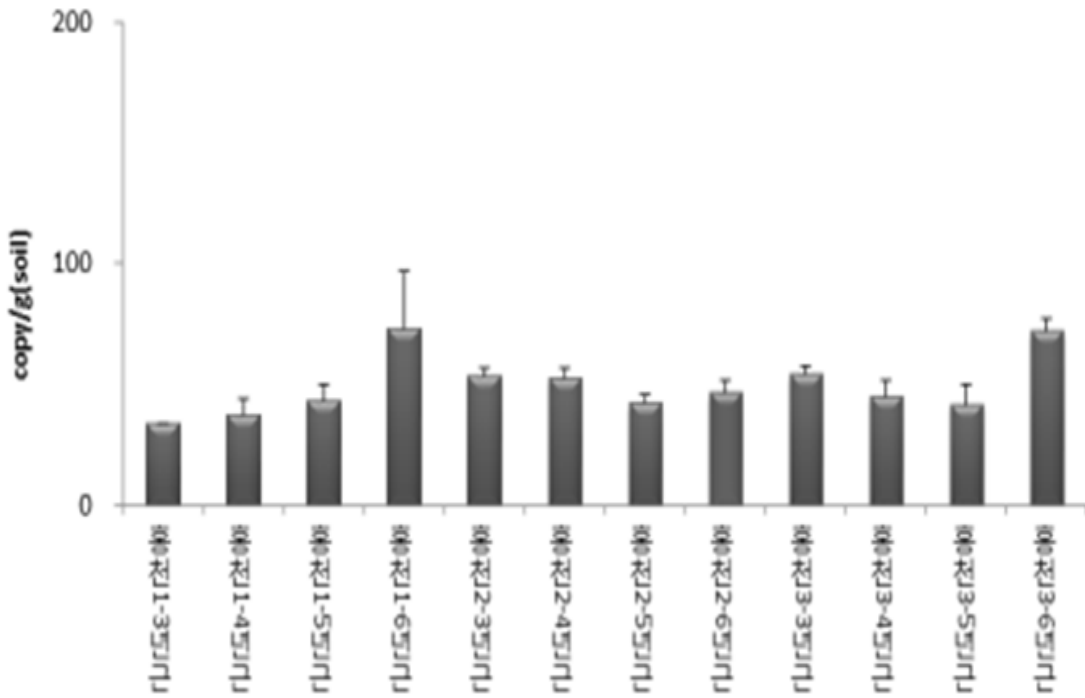


그림 4. 부리썩음병 원인균 밀도분석(홍천 지역)

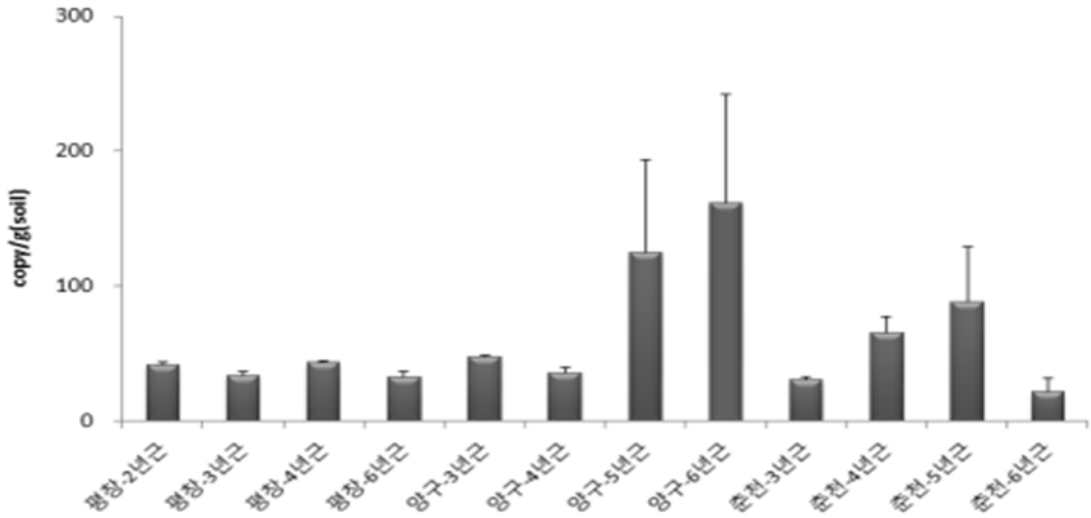


그림 5. 뿌리썩음병 원인균 밀도분석(양구, 춘천, 평창 지역)

다. 인삼 재배지에서의 토양 병원균 밀도와 뿌리썩음병 발병율 관계(2019년도)

토양 병원균 밀도 분석 대상지 중 칠원지역 고밀도 재배지와 저밀도 재배지의 토양 병원균 밀도 분석과 인삼 지하부 뿌리썩음병 발병율을 비교한 결과 토양 병원균 고밀도 재배지에서의 인삼 지하부 뿌리썩음병 발병율이 토양 병원균 저밀도 재배지에서의 뿌리썩음병 발병율보다 낮았다(그림 6). 인삼 뿌리썩음병은 뿌리썩음병 원인균 밀도와 밀접한 관련이 있다고 알려져 있으나, 원인균 밀도 외에도 재배지 토성, 배수, 토양 이화학성, 양분 관리 상태 등 다양한 요인이 발병율에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이에 원인균 밀도와 함께 토양 환경 등 재배환경 변화 추이 분석을 통해 병 발생률과의 관련성에 대해 분석할 필요가 있다.

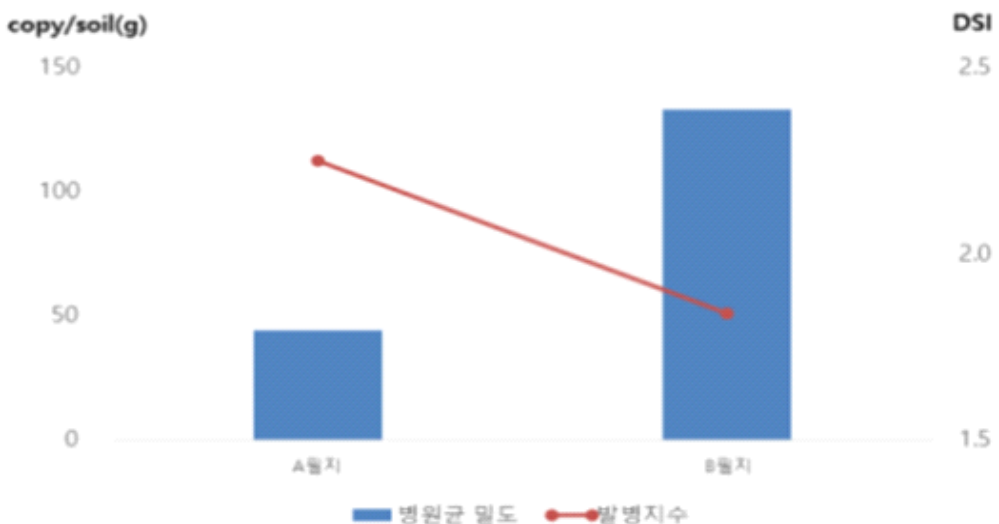


그림 6. 뿌리썩음병 원인균 밀도와 발병지수 비교

라. 인삼 토양병원균 밀도 분석 인삼 재배지 선정(2020년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지를 대상으로 토양 내 토양병원균 밀도를 분석하기 위해 4~6 년근 인삼 재배지를 홍천군 등 5 시군에서 27 개소를 선정하였다(표 3.).

표 3. 인삼 재배지 토양 시료 수집지 목록

| 번호 | 수집지역 | 재배년수 | 재배방법 |
|----|-----------------|------|------|
| 1 | 홍천군(HC-1-2-3-4) | 4 | 이식 |
| 2 | 홍천군(HC-1-3-4-5) | 5 | 이식 |
| 3 | 홍천군(HC-1-4-5-6) | 6 | 이식 |
| 4 | 홍천군(HC-2-2-3-4) | 4 | 이식 |
| 5 | 홍천군(HC-2-3-4-5) | 5 | 이식 |
| 6 | 춘천시(HC-2-4-5-6) | 6 | 이식 |
| 7 | 홍천군(HC-3-2-3-4) | 4 | 직파 |
| 8 | 홍천군(HC-3-3-4-5) | 5 | 직파 |
| 9 | 홍천군(HC-3-4-5-6) | 6 | 직파 |
| 10 | 평창군(PC-1-1-2-3) | 3 | 직파 |
| 11 | 평창군(PC-1-2-3-4) | 4 | 직파 |
| 12 | 평창군 | 5 | 직파 |
| 13 | 양구군(YG-1-2-3-4) | 4 | 이식 |
| 14 | 양구군(YG-1-3-4-5) | 5 | 이식 |
| 15 | 양구군(YG-1-4-5-6) | 6 | 이식 |
| 16 | 춘천시(CC-1-2-3-4) | 4 | 이식 |
| 17 | 춘천시(CC-1-3-4-5) | 5 | 이식 |
| 18 | 춘천시(CC-1-4-5-6) | 6 | 이식 |
| 19 | 철원군(CW-1-2-3-4) | 4 | 이식 |
| 20 | 철원군(CW-1-3-4-5) | 5 | 이식 |
| 21 | 철원군(CW-1-4-5-6) | 6 | 이식 |
| 22 | 철원군(CW-2-2-3-4) | 4 | 이식 |
| 23 | 철원군(CW-2-3-4-5) | 5 | 이식 |
| 24 | 철원군(CW-2-4-5-6) | 6 | 이식 |
| 25 | 철원군(CW-3-2-3-4) | 4 | 이식 |
| 26 | 철원군(CW-3-3-4-5) | 5 | 이식 |
| 27 | 철원군(CW-3-4-5-6) | 6 | 이식 |

X : *Cylindrocarpon destructans* 검출 필터, ND: 불검출
 Y : *Fusarium solani* 검출 필터
 Z : DNA의 양을 나타낼 때 쓰는 단위, 1.00E+02 copy/g 가 기준치 농도임

마. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석(2020년도)

홍천군 등 5 시군 27 개소의 뿌리썩음병 주요 원인균인 *Cylindrocarpon destructans* 와 *Fusarium solani* 의 밀도 분석 결과, *Cylindrocarpon destructans* 은 수확한 2 재배지를 제외한 25 재배지 중 17 재배지에서 검출되었고 *Fusarium solani* 은 25 재배지 중 16 재배지에서 검출되었다. *Cylindrocarpon destructans* 의 경우 기준치인 1.0×10^2 copy 이상을 초과하는 재배지는 2 개 소였다(표 4).

표 4. 인삼재배지 토양시료 수집지 및 밀도 분석 결과

| 번호 | 수집지역 | FAM ^X | | ROX ^Y |
|----------------------|-----------------|------------------|-----------|------------------|
| | | '19 | '20 | '20 |
| Copy ^Z /g | | | | |
| 1 | 홍천군(HC-1-2-3-4) | 3.35E+01 | 5.85E+02 | 8.54E+03 |
| 2 | 홍천군(HC-1-3-4-5) | 3.76E+01 | 1.22E+02 | 4.42E+04 |
| 3 | 홍천군(HC-1-4-5-6) | 4.29E+01 | ND | 1.30E+04 |
| 4 | 홍천군(HC-2-2-3-4) | 5.32E+01 | 2.59E+00 | 1.08E+04 |
| 5 | 홍천군(HC-2-3-4-5) | 5.27E+01 | 2.02E+02 | 1.15E+05 |
| 6 | 춘천시(HC-2-4-5-6) | 4.22E+01 | ND | 7.55E+03 |
| 7 | 홍천군(HC-3-2-3-4) | 5.41E+01 | 1.12E+02 | 4.20E+04 |
| 8 | 홍천군(HC-3-3-4-5) | 4.51E+01 | ND | ND |
| 9 | 홍천군(HC-3-4-5-6) | 4.20E+01 | 2019년 수확 | |
| 10 | 평창군(PC-1-1-2-3) | 4.18E+01 | 3.161E+02 | 4.13E+03 |
| 11 | 평창군(PC-1-2-3-4) | 3.45E+01 | ND | 3.55E+04 |
| 12 | 평창군 | 4.35E+01 | 2019년 수확 | |
| 13 | 양구군(YG-1-2-3-4) | 4.81E+01 | 1.12E+02 | ND |
| 14 | 양구군(YG-1-3-4-5) | 3.63E+01 | 6.55E+01 | ND |
| 15 | 양구군(YG-1-4-5-6) | 1.26E+02 | 1.07E+03 | 2.81E+02 |
| 16 | 춘천시(CC-1-2-3-4) | 3.08E+01 | ND | ND |
| 17 | 춘천시(CC-1-3-4-5) | 6.62E+01 | 1.89E+02 | 2.18E+03 |
| 18 | 춘천시(CC-1-4-5-6) | 8.85E+01 | 4.65E+02 | 7.46E+03 |
| 19 | 철원군(CW-1-2-3-4) | 5.48E+01 | 1.22E+02 | 2.61E+02 |
| 20 | 철원군(CW-1-3-4-5) | 5.06E+01 | ND | ND |
| 21 | 철원군(CW-1-4-5-6) | 4.76E+01 | 2.41E+01 | 1.31E+04 |
| 22 | 철원군(CW-2-2-3-4) | 4.21E+01 | 1.14E+01 | 5.98E+02 |
| 23 | 철원군(CW-2-3-4-5) | 4.83E+01 | ND | 1.35E+03 |
| 24 | 철원군(CW-2-4-5-6) | 4.92E+01 | ND | ND |
| 25 | 철원군(CW-3-2-3-4) | 3.92E+01 | ND | ND |
| 26 | 철원군(CW-3-3-4-5) | 4.94E+01 | 6.62E+03 | ND |
| 27 | 철원군(CW-3-4-5-6) | 5.24E+01 | 1.32E+01 | 7.21E+02 |

X : *Cylindrocarpon destructans* 검출 필터, ND: 불검출

Y : *Fusarium solani* 검출 필터

Z : DNA의 양을 나타낼 때 쓰는 단위, 1.00E+02 copy/g 가 기준치 농도임

바. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석 결과 추이(2021년도)

인삼 재배지 18 개소의 뿌리썩음병 주요 원인균인 *Cylindrocarpon destructans* 밀도 분석 결과 추이를 2019 년과 2021 년에 각각 분석한 결과는 표 5. 과 같다.

표 5. 인삼 재배지 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석 결과 추이

| 번호 | 수집지역 | 재배 년수 | 재배 방법 | FAM ^X | | |
|----------------------|--------------------------|----------|-----------|------------------|-----------------|-----------------|
| | | | | '19 | '21-1 | '21-2 |
| Copy ^Z /g | | | | | | |
| 1 | 홍천군(HC-1-2-3-4-5) | 5 | 이식 | 3.35E+01 | ND ^Y | ND |
| 2 | 홍천군(HC-1-3-4-5-6) | 6 | 이식 | 3.76E+01 | 4.58E+02 | 1.25E+01 |
| 3 | 홍천군(HC-2-2-3-4-5) | 5 | 이식 | 5.32E+01 | ND | ND |
| 4 | 홍천군(HC-2-3-4-5-6) | 6 | 이식 | 5.27E+01 | ND | ND |
| 5 | 홍천군(HC-3-2-3-4-5) | 4 | 직파 | 5.41E+01 | '20 수확 | |
| 6 | 홍천군(HC-3-3-4-5-6) | 5 | 직파 | 4.51E+01 | '20 수확 | |
| 7 | 평창군(PC-1-1-2-3-4) | 4 | 직파 | 4.18E+01 | ND | ND |
| 8 | 평창군(PC-1-2-3-4-5) | 5 | 직파 | 3.45E+01 | ND | ND |
| 9 | 양구군(YG-1-2-3-4-5) | 5 | 이식 | 4.81E+01 | 4.65E+02 | 3.38E+02 |
| 10 | 양구군(YG-1-3-4-5-6) | 6 | 이식 | 3.63E+01 | 3.03E+02 | 1.35E+03 |
| 11 | 춘천시(CC-1-2-3-4-5) | 5 | 이식 | 3.08E+01 | ND | ND |
| 12 | 춘천시(CC-1-3-4-5-6) | 6 | 이식 | 6.62E+01 | ND | ND |
| 13 | 철원군(CW-1-2-3-4-5) | 5 | 이식 | 5.48E+01 | ND | ND |
| 14 | 철원군(CW-1-3-4-5-6) | 6 | 이식 | 5.06E+01 | ND | ND |
| 15 | 철원군(CW-2-2-3-4-5) | 5 | 이식 | 4.21E+01 | ND | ND |
| 16 | 철원군(CW-2-3-4-5-6) | 6 | 이식 | 4.83E+01 | ND | ND |
| 17 | 철원군(CW-3-2-3-4-5) | 5 | 이식 | 3.92E+01 | ND | ND |
| 18 | 철원군(CW-3-3-4-5-6) | 6 | 이식 | 4.94E+01 | ND | ND |

X : *Cylindrocarpon destructans* 검출 필터

Y : Not detective

Z : DNA의 양을 나타낼 때 쓰는 단위, 1.00E+02 copy/g가 기준치 농도임

사. 인삼 재배지에서의 토양 병원균 밀도와 뿌리썩음병 발병을 관계(2020년도)

토양 병원균 밀도 분석 대상지 중 철원과 양구 지역 고밀도 재배지와 저밀도 재배지의 토양 병원균 밀도 분석과 인삼 지하부 뿌리썩음병 발병율을 비교한 결과 토양 병원균 고밀도 재배지에서의 인삼 지하부 뿌리썩음병 발병율이 토양 병원균 저밀도 재배지에서의 뿌리썩음병 발병율보다 낮았다(그림 7).

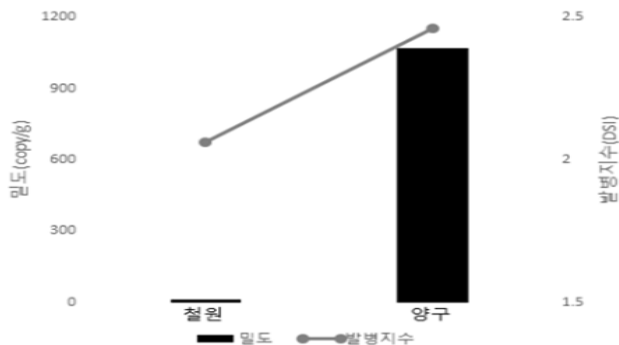


그림 7. 뿌리썩음병 원인균 밀도와 발병지수 비교

(시험 2) 인삼 예정지 이화학성 분석 지원

가. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 선정(2020년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 철원군과 화천군 2 시군에서 토양 이화학성 분석을 위해 선정한 인삼 예정지 11 개소는 다음과 같다(표 6).

표 6. 인삼 토양 병원균 밀도 분석 예정지 목록

| 번호 | 지역 | 주소 | 재배면적(ha) | 비고 |
|-------|----|---------------|----------|--------|
| HC-1 | 철원 | 청양리 278 | 1.0 | 밭 |
| HC-2 | | 청양리 3513 | 0.2 | 논 |
| HC-3 | | 하남면 논미리 716 | 0.2 | 밭 |
| HC-4 | | 하남면 논미리 723-1 | 0.3 | 밭 |
| HC-5 | | 하남면 논미리 718-2 | 0.3 | 밭 |
| HC-6 | | 하남면 용암리 688-1 | 0.7 | 논 |
| HC-7 | 화천 | 하남면 안평리 1481 | 0.3 | 논(하우스) |
| HC-8 | | 하남면 안평리 1482 | 0.2 | 논 |
| HC-9 | | 하남면 안평리 1547 | 0.3 | 밭 |
| HC-10 | | 하남면 안평리 1548 | 0.3 | 밭 |
| HC-11 | | 하남면 위라리 459 | 0.3 | 밭 |

나. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2020년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 철원군과 화천군 2 시군의 인삼 예정지 11 개소의 토양 물리성과 화학성 분석 결과는 다음과 같다(표 7과 8).

표 7. 인삼 예정지 토양 물리성

| 번호 | 지형 | 토성 | 배수 | 경사 (%) | 유효토심 (cm) | 자갈함량 (%) | 작토심 (cm) |
|-------|--------|--------|------|--------|-----------|----------|----------|
| HC-1 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 120 | 없음 | 60 |
| HC-2 | 하성 평탄지 | 사양질 | 약간양호 | 0-2 | 100 | 없음 | 43 |
| HC-3 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 7-15 | 100 | 없음 | 29 |
| HC-4 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 없음 | 45 |
| HC-5 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 7-15 | 100 | 없음 | 39 |
| HC-6 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 2-7 | 100 | 10 | 45 |
| HC-7 | 산록 경사지 | 식양질 | 약간양호 | 2-7 | 120 | 없음 | 29 |
| HC-8 | 산록 경사지 | 식양질 | 약간양호 | 2-7 | 120 | 없음 | 32 |
| HC-9 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 없음 | 40 |
| HC-10 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 없음 | 40 |
| HC-11 | 곡간지 | 식양질 | 양호 | 7-15 | 120 | 10 | 32 |
| 허용치 | - | 식양, 사양 | 양호 | 2-7 | >100 | <10 | 35-45 |

표 8. 인삼 예정지 토양 화학성

| 번호 | pH | EC | NO ₃ -N | SOM | P ₂ O ₅ | K | Ca | Mg | Na |
|-------|---------|--------|--------------------|--------|-------------------------------|------------|---------|---------|-----------|
| | (1:5) | (dS/m) | (mg/kg) | (g/kg) | (mg/kg) | cmol(+)/kg | | | |
| HC-1 | 6.2 | 0.8 | 36.2 | 40.0 | 836 | 1.3 | 5.3 | 1.7 | 0.05 |
| HC-2 | 6.8 | 0.2 | 2.5 | 18.6 | 37 | 0.5 | 6.5 | 1.8 | 0.07 |
| HC-3 | 6.3 | 0.2 | 5.3 | 30.1 | 628 | 0.3 | 5.8 | 1.9 | 0.04 |
| HC-4 | 6.1 | 0.2 | 3.6 | 22.7 | 160 | 0.2 | 3.6 | 0.8 | 0.07 |
| HC-5 | 6.4 | 0.2 | 2.9 | 20.9 | 20 | 0.4 | 5.6 | 1.6 | 0.05 |
| HC-6 | 6.7 | 0.3 | 10.8 | 28.3 | 664 | 0.8 | 5.4 | 1.7 | 0.04 |
| HC-7 | 5.5 | 0.6 | 30.7 | 32.7 | 47 | 0.4 | 4.9 | 1.0 | 0.09 |
| HC-8 | 6.2 | 0.2 | 1.1 | 32.4 | 44 | 0.3 | 5.9 | 1.3 | 0.07 |
| HC-9 | 6.3 | 1.2 | 19.9 | 51.6 | 1150 | 1.5 | 9.1 | 4.0 | 0.13 |
| HC-10 | 6.2 | 2.8 | 50.0 | 51.5 | 1636 | 2.2 | 9.2 | 4.9 | 0.18 |
| HC-11 | 5.6 | 0.1 | 1.1 | 10.7 | 115 | 0.5 | 2.7 | 1.0 | 0.04 |
| 허용치 | 5.0-6.5 | 1.00이하 | 1000이하 | 10~30 | 50~400 | 0.2~1.0 | 3.0~6.5 | 1.0~4.0 | 0.05~0.20 |

※ 붉은색: 과다, 파란색: 부족

다. 인삼 이화학성 분석 예정지 선정(2021년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 화천군과 홍천군 2 시군에서 인삼 재배 토양 이화학성 분석을 위한 예정지는 14 개소로 선정 결과는 다음과 같다(표 9).

표 9. 인삼 토양 병원균 밀도 분석 예정지 목록

| 번호 | 지역 | 주소 | 재배면적(ha) | 비고(전작물) |
|------|----|----------------|----------|---------|
| HC-1 | 화천 | 상서면 파포리 197 | 0.2 | 논 |
| HC-2 | | 하남면 계성리 766 | 0.5 | 논 |
| HC-3 | | 하남면 계성리 774-4 | 0.5 | 논 |
| HC-4 | | 화천읍 동촌리 35 | 0.4 | 밭 |
| HC-5 | | 간동면 간척리 989-1 | 0.6 | 콩 |
| HC-6 | | 간동면 도송리 35 | 0.5 | 개간지 |
| HC-7 | | 화천읍 신읍리 1677 | 0.5 | 논 |
| HO-1 | 홍천 | 두촌면 장남리 454-1 | 0.7 | 깨 |
| HO-2 | | 두촌면 천현리 429-6 | 2.6 | 깨 |
| HO-3 | | 영귀미면 월운리 283-3 | 0.5 | 옥수수 |
| HO-4 | | 서석면 상군두리 177 | 0.4 | 깨 |
| HO-5 | | 영귀미면 노천리 972 | 0.5 | 재작지 |
| HO-6 | | 남면 유치리 456 | 0.5 | 재작지 |
| HO-7 | | 북방면 구만리 749-3 | 0.4 | 논 |

라. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2021년도)

화천군과 홍천군 2 시군의 인삼 예정지 14 개소의 토양 물리성과 화학성 분석 결과는 다음과 같다 (표 10과 11).

표 10. 인삼 예정지 토양 물리성

| 번호 | 지형 | 토성 | 배수 | 경사 (%) | 유효토심 (cm) | 자갈함량 (%) | 작토심 (cm) |
|------|--------|--------|------|--------|-----------|----------|----------|
| HC-1 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 없음 | 35 |
| HC-2 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 없음 | 37 |
| HC-3 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 없음 | 40 |
| HC-4 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 120 | 없음 | 40 |
| HC-5 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 2-7 | 100 | 5 | 40 |
| HC-6 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 없음 | 35 |
| HC-7 | 하성 평탄지 | 사양질 | 약간양호 | 0-2 | 100 | 없음 | 40 |
| HO-1 | 산록 경사지 | 식양질 | 양호 | 7-15 | 100 | 10 | 45 |
| HO-2 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 2-7 | 100 | 10 | 35 |
| HO-3 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 0-2 | 80 | 5 | 45 |
| HO-4 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 2-7 | 100 | 5 | 35 |
| HO-5 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 100 | 10 | 40 |
| HO-6 | 곡간지 | 사양질 | 약간불량 | 7-15 | 100 | 10 | 40 |
| HO-7 | 하성 평탄지 | 사양질 | 약간양호 | 0-2 | 100 | 없음 | 40 |
| 허용치 | - | 식양, 사양 | 양호 | 2-7 | >100 | <10 | 35-45 |

표 11. 인삼 예정지 토양 화학성

| 번호 | pH (1:5) | EC (dS/m) | NO ₃ -N (mg/kg) | SOM (g/kg) | P ₂ O ₅ (mg/kg) | K | Ca | Mg | Na |
|------|----------|-----------|----------------------------|------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| | | | | | | | | | |
| HC-1 | 6.1 | 0.7 | 32.5 | 22.5 | 380 | 0.3 | 4.3 | 1.6 | 0.06 |
| HC-2 | 5.9 | 0.2 | 8.5 | 18.3 | 290 | 0.2 | 5.6 | 1.7 | 0.07 |
| HC-3 | 5.8 | 0.4 | 20.1 | 14.6 | 88 | 0.4 | 3.8 | 1.8 | 0.07 |
| HC-4 | 5.8 | 0.2 | 15.8 | 12.5 | 550 | 0.8 | 4.6 | 1.5 | 0.06 |
| HC-5 | 6.2 | 0.2 | 22.4 | 17.6 | 364 | 0.9 | 5.2 | 1.6 | 0.05 |
| HC-6 | 6.2 | 0.5 | 12.3 | 26.5 | 140 | 0.2 | 6.0 | 1.7 | 0.09 |
| HC-7 | 6.0 | 0.5 | 14.6 | 31.5 | 610 | 0.6 | 5.4 | 2.0 | 0.09 |
| HC-1 | 5.9 | 0.8 | 30.5 | 40.1 | 285 | 0.3 | 4.1 | 2.1 | 0.07 |
| HC-2 | 5.8 | 0.3 | 24.5 | 16.5 | 295 | 0.4 | 4.5 | 2.0 | 0.06 |
| HC-3 | 5.7 | 0.2 | 48.5 | 11.4 | 188 | 0.9 | 5.6 | 1.9 | 0.05 |
| HC-4 | 5.9 | 0.4 | 60.5 | 26.5 | 1011 | 1.1 | 3.9 | 1.7 | 0.06 |
| HC-5 | 6.1 | 0.3 | 18.6 | 23.4 | 817 | 0.6 | 6.7 | 2.2 | 0.11 |
| HC-6 | 6.2 | 0.3 | 12.5 | 18.7 | 390 | 0.5 | 5.1 | 2.2 | 0.13 |
| HC-7 | 6.0 | 0.5 | 38.5 | 19.5 | 166 | 0.4 | 4.5 | 1.1 | 0.07 |
| 허용치 | 5.0-6.5 | 1.0이하 | 1000이하 | 10~30 | 50-400 | 0.2-1.0 | 3.0-6.5 | 1.0-4.0 | 0.05-0.20 |

※ 붉은색: 과다, 파란색: 부족

마. 인삼 이화학성 분석 예정지 선정(2022년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 홍천군과 평창군 2 시군에서 인삼 재배 토양 이화학성 분석을 위한 예정지 38 개소 선정 결과는 다음과 같다(표 12).

표 12. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 목록

| 번호 | 지역 | 주소 | 재배면적(ha) | 전 재배작물 | |
|-------|----|------------------|----------|--------|----|
| HC-1 | 홍천 | 서면 길곡리 199-1 | 0.5 | 벼 | |
| HC-2 | | 서면 두미리 602 | 1.1 | 고추 | |
| HC-3 | | 서면 두미리 604 | 0.2 | 고추 | |
| HC-4 | | 북방면 구만리 632-1 | 0.2 | 깨 | |
| HC-5 | | 영귀미면 삼현리 256 | 0.15 | 작약 | |
| HC-6 | | 영귀미면 삼현리 372 | 0.3 | 콩 | |
| HC-7 | | 영귀미면 좌운리 1634 | 0.1 | 옥수수 | |
| HC-8 | | 내촌면 문현리 63 | 0.3 | 울무 | |
| HC-9 | | 내촌면 와야리 522 | 0.3 | 애호박 | |
| HC-10 | | 두촌면 철정리 1295-2 | 0.5 | 벼 | |
| HC-11 | | 화촌면 성산리 1171 | 0.3 | 벼 | |
| HC-12 | | 화촌면 성산리 1175 | 0.3 | 벼 | |
| HC-13 | | 화촌면 성산리 1164 | 0.1 | 벼 | |
| HC-14 | | 영귀미면 노천리 695-4 | 6 | 호밀 | |
| PC-1 | 평창 | 평창읍 조동리 64-1 | 1.0 | 더덕 | |
| PC-2 | | 평창읍 지동리 262, 263 | 1.0 | 옥수수 | |
| PC-3 | | 평창읍 도동리 19-1 | 0.8 | 고추 | |
| PC-4 | | 평창읍 후평리 365-1 | 0.6 | 더덕 | |
| PC-5 | | 대화면 대화리 438 | 6.9 | 양배추 | |
| PC-6 | | 대화면 대화리 794 | | 양배추 | |
| PC-7 | | 대화면 대화리 799 | | 더덕 | |
| PC-8 | | 대화면 대화리 801-1 | | 더덕 | |
| PC-9 | | 대화면 대화리 812-1 | | 더덕 | |
| PC-10 | | 대화면 대화리 818 | | 더덕 | |
| PC-11 | | 대화면 하안미리 2045-1 | 3.1 | 브로콜리 | |
| PC-12 | | 대화면 하안미리 2052-2 | | 벼 | |
| PC-13 | | 대화면 상안미리 783 | | 콩 | |
| PC-14 | | 대화면 대화리 410-4 | | 더덕 | |
| PC-15 | | 대화면 대화리 1984-3 | | 벼 | |
| PC-16 | | 대화면 신리 472 | | 감자 | |
| PC-17 | | 대화면 신리 332 | | 감자 | |
| PC-18 | | 대화면 신리 310-1 | | 감자 | |
| PC-19 | | 봉평면 원길리 397 | | 배추 | |
| PC-20 | | 봉평면 원길리 390-4 | | 배추 | |
| PC-21 | | 진부면 거문리 480 | | 2.0 | 대파 |
| PC-22 | | 진부면 거문리 796-2 | | | 비트 |
| PC-23 | | 진부면 거문리 797 | 비트 | | |
| PC-24 | | 진부면 거문리 798, 831 | 비트 | | |

바. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2022년도)

홍천군과 평창군 2 시군의 인삼 예정지 38 개소의 토양 물리성과 화학성 분석 결과는 다음과 같다 (표 13과 14). 홍천 지역 인삼 예정지의 토양 화학성 분석 결과 일부 예정지 토양의 pH와 칼슘이 높아 유탄가루를 50kg/10a 로 살포하도록 안내하였다. 칼슘과 유효인산이 높은 예정지의 경우 생리장애인 황갈색 반점형 황증이 발생 우려가 높아 이를 예방하도록 지도하였다. 특히 HC-1 예정지의 경우 전체적으로 인삼 재배에 부적합한 토양으로 1 년 정도 예정지 관리를 더 하도록 지도하였다.

표 13. 예정지 토양 물리성

| 번호 | 지형 | 토성 | 배수 | 경사 (%) | 유효토심 (cm) | 자갈함량 (%) | 작토심 (cm) |
|-------|-------|-------|------|--------|-----------|----------|----------|
| HC-1 | 곡간지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 100 | 15 | 45 |
| HC-2 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 100 | 15 | 35 |
| HC-3 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 100 | 15 | 35 |
| HC-4 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 2-7 | 120 | 15 | 40 |
| HC-5 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 100 | 15 | 40 |
| HC-6 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 0-2 | 100 | 0 | 35 |
| HC-7 | 하성평탄지 | 사양질 | 양호 | 0-2 | 50 | 0 | 30 |
| HC-8 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 7-15 | 100 | 15 | 35 |
| HC-9 | 곡간지 | 사양질 | 양호 | 2-7 | 120 | 15 | 45 |
| HC-10 | 하성평탄지 | 사양질 | 약간불량 | 0-2 | 50 | 0 | 35 |
| HC-11 | 하성평탄지 | 사양질 | 약간양호 | 0-2 | 120 | 0 | 45 |
| HC-12 | 하성평탄지 | 사질 | 약간양호 | 0-2 | 50 | 20 | 35 |
| HC-13 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간양호 | 0-2 | 20 | 20 | 30 |
| HC-14 | 산록경사지 | 양토 | 약간불량 | 7-15 | 50 | 15 | 35 |
| PC-1 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 7-15 | 50 | 20 | 35 |
| PC-2 | 산록경사지 | 미사질양토 | 양호 | 7-15 | 100 | 20 | 40 |
| PC-3 | 홍적대지 | 미사질양토 | 양호 | 2-7 | 120 | 0 | 45 |
| PC-4 | 고원지 | 사양토 | 양호 | 2-7 | 100 | 0 | 40 |
| PC-5 | 산록경사지 | 미사질양토 | 양호 | 15-30 | 100 | 20 | 40 |
| PC-6 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 120 | 15 | 45 |
| PC-7 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 120 | 15 | 45 |
| PC-8 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 120 | 15 | 45 |
| PC-9 | 곡간지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 50 | 20 | 35 |
| PC-10 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 120 | 15 | 45 |
| PC-11 | 하성평탄지 | 사양토 | 양호 | 0-2 | 50 | 20 | 30 |
| PC-12 | 산록경사지 | 양토 | 약간양호 | 2-7 | 120 | 15 | 40 |
| PC-13 | 산록경사지 | 식양토 | 양호 | 7-15 | 100 | 15 | 40 |
| PC-14 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 120 | 15 | 35 |
| PC-15 | 산록경사지 | 양토 | 약간양호 | 2-7 | 120 | 15 | 40 |

| 번호 | 지형 | 토성 | 배수 | 경사 (%) | 유효토심 (cm) | 자갈함량 (%) | 작토심 (cm) |
|-------|-------|--------|------|--------|-----------|----------|----------|
| PC-16 | 고원지 | 양토 | 양호 | 15-30 | 100 | 20 | 35 |
| PC-17 | 고원지 | 양토 | 양호 | 7-15 | 120 | 15 | 40 |
| PC-18 | 곡간지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 100 | 20 | 40 |
| PC-19 | 고원지 | 사양토 | 양호 | 15-30 | 100 | 0 | 40 |
| PC-20 | 곡간지 | 양토 | 양호 | 2-7 | 100 | 20 | 35 |
| PC-21 | 고원지 | 양토 | 약간양호 | 7-15 | 100 | 15 | 35 |
| PC-22 | 산록경사지 | 식양토 | 양호 | 7-15 | 100 | 15 | 35 |
| PC-23 | 산록경사지 | 미사질양토 | 양호 | 15-30 | 120 | 20 | 45 |
| PC-24 | 산록경사지 | 미사질양토 | 양호 | 15-30 | 100 | 20 | 40 |
| 허용치 | - | 식양, 사양 | 양호 | 2-7 | >100 | <10 | 35-45 |

표 14. 예정지 토양 화학성

| 번호 | pH (1:5) | EC (dS/m) | SOM (g/kg) | Ca | K | Mg | Na | P ₂ O ₅ (mg/kg) | 전 작물 |
|-------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|---------------------------------------|------|
| | | | | cmol(+)/kg | | | | | |
| HC-1 | 7.8 | 3.2 | 53 | 7.5 | 4.9 | 6.7 | 1.01 | 2,516 | 벼 |
| HC-2 | 6.0 | 0.3 | 8 | 4.8 | 0.3 | 1.0 | 0.13 | 132 | 고추 |
| HC-3 | 6.7 | 0.0 | 36 | 5.0 | 0.9 | 2.7 | 0.1 | 799 | 고추 |
| HC-4 | 7.4 | 0.4 | 17 | 5.5 | 0.2 | 2.4 | 0.07 | 581 | 깨 |
| HC-5 | 5.6 | 0.3 | 15 | 2.7 | 0.7 | 0.8 | 0.07 | 651 | 작약 |
| HC-6 | 6.2 | 0.3 | 17 | 2.7 | 0.8 | 1.0 | 0.06 | 982 | 콩 |
| HC-7 | 6.3 | 0.6 | 31 | 4.4 | 1.2 | 1.1 | 0.1 | 631 | 옥수수 |
| HC-8 | 7.1 | 0.2 | 12 | 4.3 | 0.3 | 1.2 | 0.05 | 194 | 울무 |
| HC-9 | 5.6 | 0.7 | 31 | 4.0 | 1.0 | 1.5 | 0.07 | 1,176 | 애호박 |
| HC-10 | 6.5 | 0.4 | 31 | 6.4 | 0.7 | 1.8 | 0.1 | 159 | 벼 |
| HC-11 | 7.2 | 0.4 | 39 | 6.7 | 1.3 | 1.8 | 0.07 | 302 | 벼 |
| HC-12 | 7.3 | 0.6 | 34 | 6.1 | 1.1 | 2.7 | 0.1 | 198 | 벼 |
| HC-13 | 6.3 | 0.4 | 34 | 3.6 | 1.3 | 1.9 | 0.06 | 179 | 벼 |
| HC-14 | 7.0 | 0.5 | 37 | 7.7 | 1.1 | 2.6 | 0.06 | 786 | 호밀 |
| PC-1 | 7.7 | 0.8 | 27 | 17.6 | 1.0 | 1.6 | 0.08 | 729 | 더덕 |
| PC-2 | 7.7 | 0.5 | 24 | 9.6 | 1.3 | 2.4 | 0.09 | 688 | 옥수수 |
| PC-3 | 5.7 | 0.5 | 19 | 5.3 | 1.0 | 2.2 | 0.11 | 158 | 고추 |
| PC-4 | 7.7 | 0.5 | 21 | 9.7 | 0.5 | 1.2 | 0.05 | 257 | 더덕 |
| PC-5 | 7.6 | 0.6 | 15 | 5.7 | 0.7 | 1.6 | 0.04 | 428 | 양배추 |
| PC-6 | 6.6 | 1.5 | 16 | 6.1 | 0.6 | 1.1 | 0.06 | 439 | 양배추 |
| PC-7 | 7.8 | 0.5 | 23 | 14.0 | 0.5 | 1.3 | 0.05 | 301 | 더덕 |
| PC-8 | 7.2 | 1.7 | 39 | 12.6 | 1.1 | 1.6 | 0.05 | 644 | 더덕 |

| 번호 | pH (1:5) | EC (dS/m) | SOM (g/kg) | Ca | K | Mg | Na | P ₂ O ₅ (mg/kg) | 전 작물 |
|-------|-------------|--------------|---------------|-------------|------------|------------|----------|--|------|
| | | | | cmol(+)/kg | | | | | |
| PC-9 | <u>7.2</u> | 1.0 | <u>42</u> | <u>11.2</u> | 0.6 | 1.7 | 0.06 | <u>918</u> | 더덕 |
| PC-10 | <u>7.3</u> | 0.4 | 29 | <u>11.0</u> | 0.8 | 1.3 | 0.08 | 459 | 더덕 |
| PC-11 | 5.8 | 0.7 | 21 | 4.6 | <u>1.1</u> | 1.2 | 0.07 | 340 | 브로콜리 |
| PC-12 | 6.1 | <u>2.0</u> | 24 | <u>8.0</u> | 0.5 | 1.6 | 0.10 | 102 | 벼 |
| PC-13 | <u>7.2</u> | 0.3 | 27 | <u>8.7</u> | 0.9 | 2.8 | 0.07 | 581 | 콩 |
| PC-14 | <u>7.5</u> | 0.7 | 23 | <u>45.4</u> | 0.8 | 2.1 | 0.08 | 422 | 더덕 |
| PC-15 | 6.2 | 0.3 | 21 | 4.3 | 0.4 | 0.9 | 0.05 | 183 | 벼 |
| PC-16 | 5.2 | 0.2 | <u>44</u> | 2.9 | 0.6 | <u>0.6</u> | 0.05 | 590 | 감자 |
| PC-17 | 6.0 | 0.2 | 30 | 5.0 | 0.7 | 1.0 | 0.05 | 916 | 감자 |
| PC-18 | 5.7 | 0.3 | <u>36</u> | 4.4 | 0.7 | 0.9 | 0.05 | 578 | 감자 |
| PC-19 | <u>6.9</u> | 0.4 | <u>45</u> | <u>8.7</u> | <u>1.1</u> | 1.1 | 0.05 | <u>1,712</u> | 배추 |
| PC-20 | 6.5 | 0.3 | <u>42</u> | <u>7.4</u> | <u>1.1</u> | 1.1 | 0.05 | <u>1,317</u> | 배추 |
| PC-21 | <u>6.9</u> | 0.7 | 28 | 5.1 | 0.8 | 3.7 | 0.12 | <u>1,341</u> | 대파 |
| PC-22 | 6.2 | 0.3 | 19 | 5.5 | 0.9 | 1.9 | 0.07 | 889 | 비트 |
| PC-23 | 6.3 | 0.8 | 30 | 5.2 | 0.9 | 3.4 | 0.08 | <u>1,360</u> | 비트 |
| PC-24 | <u>6.9</u> | 0.6 | 21 | 5.5 | 0.5 | 3.7 | 0.11 | 946 | 비트 |
| 허용치 | 5.0-6.5 | 1.0이하 | 10~30 | 30-65 | 0.2-1.0 | 1.0-4.0 | 0.05-0.2 | 50-400 | - |

사. 인삼 이화학성 분석 예정지 선정(2023년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 홍천군과 평창군 2 시군에서 인삼 재배 토양 이화학성 분석을 위한 예정지 선정 결과는 다음과 같다(표 15).

표 15. 토양 이화학성 분석 인삼 예정지 목록

| 번호 | 시군 | 상세주소 | 재배면적(m ²) |
|-----------|-----|--------------------|-----------------------|
| 합계 | - | - | 144,825 |
| 1 | | 양구읍 월명리 699 | 8,950 |
| 2 | | 양구읍 월명리 385 | 4,000 |
| 3 | | 양구읍 월명리 385-1, 386 | 3,460 |
| 4 | 양구군 | 해안면 현리 537, 537-1 | 10,980 |
| 5 | | 해안면 현리 527, 529-2 | 13,400 |
| 6 | | 해안면 현리 528, 529-4 | 8,800 |
| 7 | | 해안면 현리 530, 529-1 | 5,700 |

| 번호 | 시 군 | 상세주소 | 재배면적(m ²) | |
|----|------------------|------------------------|------------------------|-------|
| 8 | 춘천시 | 사북면 오탄리 782-1(1) | 10,960 | |
| 9 | | 사북면 오탄리 782-1(2) | 10,960 | |
| 10 | | 사북면 인람리 144, 145, 146 | 3,150 | |
| 11 | | 사북면 송암리 379-10 | 3,100 | |
| 12 | | 사북면 송암리 412, 547 | 6,200 | |
| 13 | | 사북면 송암리 564-1, 2, 산177 | 7,800 | |
| 14 | | 사북면 고탄리 87-4 | 1,500 | |
| 15 | | 사북면 고탄리 87-2, 3, 9 | 1,390 | |
| 16 | | 서면 덕두원리 291-3 | 660 | |
| 17 | | 서면 덕두원리 495(1) | 2,400 | |
| 18 | | 서면 덕두원리 495(2) | 2,400 | |
| 19 | | 서면 방동리 419 | 5,150 | |
| 20 | | 서면 방동리 1232 | 2,050 | |
| 21 | | 서면 방동리 1343 | 2,100 | |
| 22 | | 서면 방동리 1344 | 2,000 | |
| 23 | | 서면 방동리 1345 | 2,000 | |
| 24 | | 서석면 풍암리 569-2 | 4,475 | |
| 25 | | 서석면 풍암리 산71(a) | 3,100 | |
| 26 | | 서석면 풍암리 산71(b) | 2,400 | |
| 27 | | 홍천군 | 영귀미면 노천리 1282, 1283(a) | 3,320 |
| 28 | | | 영귀미면 노천리 1282, 1283(b) | 2,670 |
| 29 | | | 영귀미면 노천리 1264-4 | 2,270 |
| 30 | | | 영귀미면 속초리 9-27(a) | 2,140 |
| 31 | 영귀미면 속초리 9-27(b) | | 1,980 | |
| 32 | 영귀미면 속초리 9-7 | | 3,360 | |

아. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2023년도)

춘천시 등 3 시군의 인삼 예정지 32 개소의 토양 물리성(흙토람 토양환경지도 기준 토양 적성도)과 화학성 분석 결과는 다음과 같다(표 16과 17). 토양 적성은 32 개소 중 최적지 4 개소(12.5%), 적지 12(37.5%), 가능지 8(25.0%), 저위생산지 8(25.0%)로 구분되었고 초작지는 6 개소(18.8%), 재작지는 26 개소(81.2%)였다. 토양 화학성 분석 결과에서는 분석 항목 중 허용범위를 크게 벗어나는 예정지는 pH의 경우, 8 개소(25.0%), EC는 2 개소(6.3%), 유기물은 9 개소(28.1%), Ca은 8 개소(25.0%), K은 11 개소(34.4%), Mg은 6 개소(18.8%), P₂O₅은 14 개소(43.8%)였다.

표 16. 예정지 토양 물리성(흙토람 토양환경지도 토양 적성도)

| 번호 | 지형 | 토성 | 배수등급 | 경사 (%) | 유효토심 (cm) | 자갈함량 (%) | 인삼적성 |
|------|---------|-------|------|--------|-----------|----------|-------|
| 1 | 산록경사지 | 식양질 | 양호 | 15-30 | 25-50 | 35이상 | 적지 |
| 2 | 산록경사지 | 식양질 | 양호 | 15-30 | 25-50 | 35이상 | 적지 |
| 3 | 곡간지/선상지 | 식양질 | 약간불량 | 2-7 | 25-50 | 0-15 | 가능지 |
| 4 | 곡간지/선상지 | 식양질 | 약간불량 | 2-7 | 25-50 | 0-15 | 가능지 |
| 5 | 산록경사지 | 식양질 | 양호 | 2-7 | 50-100 | 15-35 | 적지 |
| 6 | 산록경사지 | 식양질 | 양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 적지 |
| 7 | 산록경사지 | 식양질 | 약간양호 | 2-7 | 100이상 | 15-35 | 최적지 |
| 8 | 산록경사지 | 식양질 | 약간양호 | 2-7 | 100이상 | 15-35 | 최적지 |
| 9 | 곡간지/선상지 | 사질 | 약간양호 | 2-7 | 0-25 | 35이상 | 저위생산지 |
| 10 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 약간양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 적지 |
| 11 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 약간양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 적지 |
| 12 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 가능지 |
| 13 | 곡간지/선상지 | 식양질 | 약간양호 | 2-7 | 100이상 | 0-15 | 최적지 |
| 14 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 50-100 | 15-35 | 적지 |
| 15 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 약간양호 | 2-7 | 50-100 | 15-35 | 적지 |
| 16 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 약간불량 | 2-7 | 50-100 | 15-35 | 저위생산지 |
| 17 | 곡간지/선상지 | 식양질 | 양호 | 2-7 | 100이상 | 0-15 | 적지 |
| 18 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 가능지 |
| 19 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 가능지 |
| 20 | 곡간지/선상지 | 식양질 | 양호 | 7-15 | 100이상 | 0-15 | 적지 |
| 21 | 곡간지/선상지 | 식양질 | 양호 | 7-15 | 100이상 | 0-15 | 적지 |
| 22 | 산록경사지 | 미사식양질 | 약간양호 | 7-15 | 50-100 | 0-15 | 최적지 |
| 23 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 가능지 |
| 24 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 가능지 |
| 25 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 50-100 | 15-35 | 가능지 |
| 26 | 산록경사지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 0-25 | 35이상 | 저위생산지 |
| 27 | 산악지 | 사양질 | 매우양호 | 60-100 | 50-100 | 15-35 | 저위생산지 |
| 28 | 산록경사지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 0-25 | 35이상 | 저위생산지 |
| 29 | 산악지 | 사양질 | 매우양호 | 15-30 | 25-50 | 0-15 | 저위생산지 |
| 30 | 곡간지/선상지 | 사양질 | 약간불량 | 2-7 | 0-25 | 0-15 | 저위생산지 |
| 31 | 고원지 | 사양질 | 양호 | 7-15 | 100이상 | 15-35 | 적지 |
| 32 | 산악지 | 사양질 | 매우양호 | 15-30 | 25-50 | 0-15 | 저위생산지 |
| 적정범위 | - | 식양,사양 | 양호 | 2-7 | >100 | <10 | - |

표 17. 예정지 토양 화학성

| 번호 | pH (1:5) | EC (dS/m) | SOM (g/kg) | Ca | K | Mg | P ₂ O ₅ (mg/kg) |
|------|-------------|--------------|---------------|------------|------------|------------|--|
| | | | | cmol(+)/kg | | | |
| 1 | 6.6 | 0.3 | 22 | 7.9 | 0.3 | 2.3 | 267 |
| 2 | 6.4 | 0.4 | 22 | 6.7 | 0.3 | 1.7 | 273 |
| 3 | 5.6 | 0.4 | 26 | 2.3 | 0.4 | 1.0 | 100 |
| 4 | 6.5 | 0.2 | 4 | 6.6 | 0.1 | 1.3 | 522 |
| 5 | 6.3 | 0.7 | 12 | 5.2 | 0.3 | 1.4 | 173 |
| 6 | 6.5 | 0.5 | 10 | 4.2 | 0.3 | 1.4 | 297 |
| 7 | 6.1 | 0.9 | 12 | 4.1 | 0.5 | 1.4 | 41 |
| 8 | 6.0 | 0.5 | 42 | 5.5 | 0.6 | 1.7 | 57 |
| 9 | 7.0 | 0.5 | 37 | 5.7 | 0.5 | 1.6 | 148 |
| 10 | 6.9 | 0.3 | 19 | 4.8 | 0.8 | 2.1 | 20 |
| 11 | 7.1 | 0.2 | 6 | 9.4 | 0.1 | 3.6 | 96 |
| 12 | 6.7 | 0.1 | 2 | 9.1 | 0.1 | 2.6 | 27 |
| 13 | 5.1 | 0.1 | 9 | 2.3 | 0.5 | 0.9 | 127 |
| 14 | 7.5 | 0.2 | 4 | 8.8 | 0.1 | 3.4 | 121 |
| 15 | 7.5 | 1.2 | 12 | 7.1 | 0.4 | 3.2 | 363 |
| 16 | 6.0 | 0.7 | 49 | 7.4 | 1.4 | 1.6 | 1309 |
| 17 | 4.7 | 0.5 | 54 | 5.8 | 1.2 | 1.4 | 1333 |
| 18 | 6.6 | 0.2 | 33 | 1.3 | 0.2 | 0.3 | 756 |
| 19 | 6.6 | 0.2 | 28 | 7.1 | 0.9 | 1.6 | 667 |
| 20 | 5.6 | 0.2 | 11 | 2.0 | 0.4 | 0.5 | 335 |
| 21 | 7.2 | 0.5 | 11 | 5.5 | 0.2 | 1.1 | 265 |
| 22 | 7.3 | 0.3 | 16 | 5.8 | 1.0 | 1.2 | 369 |
| 23 | 7.3 | 0.3 | 13 | 4.9 | 0.8 | 0.8 | 324 |
| 24 | 6.5 | 0.5 | 4 | 1.9 | 1.0 | 0.8 | 101 |
| 25 | 4.9 | 0.2 | 26 | 1.6 | 0.5 | 0.5 | 447 |
| 26 | 6.0 | 0.2 | 6 | 2.1 | 0.7 | 1.0 | 67 |
| 27 | 6.3 | 0.2 | 5 | 2.7 | 0.7 | 0.9 | 488 |
| 28 | 6.4 | 0.3 | 6 | 3.7 | 0.5 | 1.3 | 41 |
| 29 | 7.2 | 0.3 | 11 | 6.9 | 0.3 | 2.4 | 32 |
| 30 | 6.5 | 0.1 | 3 | 4.1 | 0.1 | 1.9 | 18 |
| 31 | 6.2 | 0.1 | 2 | 4.2 | 0.1 | 1.5 | 39 |
| 32 | 6.5 | 0.1 | 2 | 4.2 | 0.1 | 1.0 | 25 |
| 적정범위 | 5.0~6.0 | 0.5이하 | 10~20 | 3.0~5.0 | 0.3~0.7 | 1.0~2.0 | 100~250 |

자. 인삼 이화학적 분석 예정지 선정(2024년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 원주시와 횡성군 2 시군에서 인삼 재배 토양 이화학적 분석을 위한 예정지 선정 결과는 다음과 같다(표 18).

표 18. 토양 이화학적 분석 인삼 예정지 목록

| 번호 | 시군 | 상세주소 | 유형 | 재배면적(m ²) |
|----|-----|--------------------|----|-----------------------|
| 합계 | - | - | | 86,050 |
| 1 | | 공근면 부창리 828+903 | 답 | 4,060 |
| 2 | | 공근면 부창리 827 | 답 | 1,950 |
| 3 | | 청일면 춘당리 991-6+7 | 답 | 3,200 |
| 4 | | 청일면 유동리 716-1 | 전 | 4,560 |
| 5 | | 청일면 유평리 714 | 전 | 7,360 |
| 6 | | 갑천면 매일리 465 | 답 | 1,560 |
| 7 | | 갑천면 매일리 466 | 전 | 3,100 |
| 8 | 횡성군 | 갑천면 매일리 803-2 | 답 | 4,200 |
| 9 | | 공근면 수백리 184-15 | 답 | 1,670 |
| 10 | | 공근면 수백리 180-2 | 답 | 2,450 |
| 11 | | 공근면 수백리 180-6 | 답 | 1,750 |
| 12 | | 횡성읍 모평리 98-4 | 답 | 3,000 |
| 13 | | 소초면 평장리 1149 | 답 | 3,100 |
| 14 | | 안흥면 성산리 783-1 | 전 | 4,220 |
| 15 | | 강림면 주천강로강림4길 20-15 | 전 | 4,640 |
| 16 | | 문막읍 동화리 341번지 | 전 | 4,000 |
| 17 | | 문막읍 궁촌리 178 | 전 | 940 |
| 18 | | 문막읍 궁촌리 178-1 | 전 | 3,650 |
| 19 | | 부론면 흥호리 237 | 답 | 1,380 |
| 20 | | 부론면 흥호리 241-3 | 답 | 1,340 |
| 21 | | 부론면 흥호리 260-2+3 | 답 | 3,800 |
| 22 | 원주시 | 부론면 흥호리 1207 | 답 | 2,830 |
| 23 | | 부론면 법천리 420 | 답 | 2,210 |
| 24 | | 부론면 손곡리 502-1 | 전 | 3,080 |
| 25 | | 호저면 매호리 463 | 전 | 4,900 |
| 26 | | 호저면 매호리 449-1 | 전 | 1,030 |
| 27 | | 호저면 매호리 449-2 | 전 | 1,320 |
| 28 | | 호저면 매호리 454+455 | 전 | 4,750 |

차. 인삼 예정지 토양 이화학성 분석(2024년도)

원주시와 횡성군 2 시군의 인삼 예정지 28 개소의 토양 물리성(흙토람 토양환경지도 기준 토양 적성도)과 화학성 분석 결과는 다음과 같다(표 19). 분석 예정지 중 토양 적성은 최적지 3 개소(10.7%), 적지 12(42.9%), 가능지 8(28.6%), 저위생산지 5(17.8%)로 구분되었다. 인삼 재배이력에서는 초작지 10 개소(35.7%), 재작지 18(64.3%)로 재작지의 비율이 높았다. 토양 화학성 분석 항목에서 허용 범위를 크게 벗어나는 예정지는 pH 3 개소(10.7%), EC 2(7.1%), 유기물 5(17.9%), Ca 5(17.9%), K 3(10.7%), Mg 2(7.1%), P₂O₅ 8(28.6%)로 유효인산과 관련된 토양관리가 가장 중요할 것으로 판단되었다(표 19, 20).

표 19. 예정지 토양 물리성(흙토람 토양환경지도 토양 적성도)

| 번호 | 지형 | 토성 | 배수등급 | 경사 (%) | 유효토심 (cm) | 자갈함량 (%) | 인삼적성 | 인삼 재배이력 |
|----|--------|-----|------|--------|-----------|----------|-------|---------|
| 1 | 곡간·선상지 | 사양토 | 약간양호 | 2~7 | 50~100 | 35~ | 적지 | 재작지 |
| 2 | 곡간·선상지 | 사양토 | 약간양호 | 2~7 | 50~100 | 35~ | 적지 | 재작지 |
| 3 | 곡간·선상지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 35~ | 가능지 | 재작지 |
| 4 | 곡간·선상지 | 양토 | 약간양호 | 2~7 | 50~100 | 0~15 | 최적지 | 재작지 |
| 5 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간양호 | 0~2 | 100~ | 0~15 | 적지 | 재작지 |
| 6 | 곡간·선상지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 15~35 | 가능지 | 재작지 |
| 7 | 곡간·선상지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 15~35 | 가능지 | 재작지 |
| 8 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간불량 | 0~2 | 0~25 | 0~15 | 저위생산지 | 재작지 |
| 9 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간양호 | 0~2 | 100~ | 0~15 | 적지 | 재작지 |
| 10 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간양호 | 0~2 | 100~ | 0~15 | 적지 | 재작지 |
| 11 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간양호 | 0~2 | 100~ | 0~15 | 적지 | 재작지 |
| 12 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간양호 | 0~2 | 100~ | 0~15 | 적지 | 재작지 |
| 13 | 곡간·선상지 | 사양토 | 매우불량 | 2~7 | 0~25 | 0~15 | 저위생산지 | 재작지 |
| 14 | 산록경사지 | 양토 | 양호 | 7~15 | 50~100 | 15~35 | 적지 | 재작지 |
| 15 | 하성평탄지 | 사양토 | 양호 | 0~2 | 0~25 | 0~15 | 저위생산지 | 재작지 |
| 16 | 곡간·선상지 | 사양토 | 약간양호 | 2~7 | 100~ | 0~15 | 적지 | 재작지 |
| 17 | 곡간·선상지 | 양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 15~35 | 적지 | 재작지 |
| 18 | 곡간·선상지 | 양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 15~35 | 적지 | 재작지 |
| 19 | 곡간·선상지 | 양토 | 약간양호 | 2~7 | 100~ | 0~15 | 최적지 | 초작지 |
| 20 | 곡간·선상지 | 양토 | 약간양호 | 2~7 | 100~ | 0~15 | 최적지 | 초작지 |
| 21 | 곡간·선상지 | 양토 | 약간불량 | 7~15 | 0~25 | 0~15 | 저위생산지 | 초작지 |
| 22 | 하성평탄지 | 사양토 | 약간양호 | 0~2 | 100~ | 0~15 | 적지 | 초작지 |
| 23 | 산록경사지 | 사양토 | 양호 | 7~15 | 0~25 | 35~ | 저위생산지 | 초작지 |
| 24 | 곡간·선상지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 100~ | 15~35 | 가능지 | 초작지 |
| 25 | 곡간·선상지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 0~15 | 가능지 | 초작지 |
| 26 | 곡간·선상지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 15~35 | 가능지 | 초작지 |

| 번호 | 지형 | 토성 | 배수등급 | 경사 (%) | 유효토심 (cm) | 자갈함량 (%) | 인삼적성 | 인삼 재배이력 |
|------------|-----------|---------|------|--------|-----------|----------|------|---------|
| 27 | 곡간·선상지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 15~35 | 가능지 | 초작지 |
| 28 | 산록경사지 | 사양토 | 양호 | 2~7 | 50~100 | 15~35 | 가능지 | 초작지 |
| 최적 기준 (논)* | 산록경사지 | 식양토, 양토 | 약간양호 | 2~7 | >100 | <10 | 최적지 | - |
| 최적 기준 (밭)* | 산록경사지 곡간지 | 식양토, 양토 | 양호 | 2~7 | >100 | <10 | 최적지 | - |

표 20. 예정지 토양 화학성

| 번호 | pH (1:5) | EC (dS/m) | SOM (g/kg) | Ca | K | Mg | P ₂ O ₅ (mg/kg) |
|----|------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| | | | | cmol(+)/kg | | | |
| 1 | 6.8 | 0.26 | 27 | 5.8 | 0.54 | 1.16 | 231 |
| 2 | 6.7 | 0.33 | 28 | 5.9 | 0.55 | 1.13 | 255 |
| 3 | 6.2 | 0.24 | 27 | 6.3 | 0.14 | 0.80 | 136 |
| 4 | 7.0 | 0.36 | 29 | 5.3 | 1.14 | 1.91 | 336 |
| 5 | 6.5 | 0.53 | 47 | 6.1 | 0.85 | 1.36 | 475 |
| 6 | 5.5 | 0.38 | 21 | 2.1 | 0.40 | 0.44 | 449 |
| 7 | 5.7 | 0.88 | 28 | 4.0 | 0.80 | 1.19 | 647 |
| 8 | 6.9 | 0.35 | 27 | 5.3 | 0.42 | 1.28 | 209 |
| 9 | 6.5 | 0.43 | 34 | 8.1 | 0.96 | 1.89 | 826 |
| 10 | 6.9 | 0.37 | 28 | 8.2 | 0.48 | 2.39 | 354 |
| 11 | 6.9 | 0.49 | 30 | 7.1 | 1.11 | 2.28 | 654 |
| 12 | 6.5 | 0.20 | 11 | 4.6 | 0.21 | 0.85 | 192 |
| 13 | 6.1 | 0.28 | 36 | 4.5 | 0.20 | 0.64 | 244 |
| 14 | 6.7 | 0.58 | 38 | 5.9 | 1.73 | 1.81 | 1,186 |
| 15 | 6.1 | 0.49 | 38 | 4.8 | 0.66 | 0.80 | 534 |
| 16 | 6.9 | 0.72 | 27 | 3.7 | 0.32 | 1.14 | 531 |
| 17 | 6.9 | 0.21 | 11 | 6.3 | 0.17 | 2.61 | 139 |
| 18 | 6.6 | 0.33 | 20 | 4.2 | 0.19 | 0.95 | 472 |
| 19 | 6.6 | 0.26 | 30 | 3.9 | 0.23 | 0.80 | 91 |
| 20 | 6.6 | 0.27 | 26 | 5.4 | 0.22 | 1.18 | 62 |
| 21 | 7.1 | 0.52 | 37 | 5.9 | 0.84 | 0.92 | 484 |
| 22 | 5.4 | 0.21 | 17 | 2.6 | 0.11 | 0.43 | 170 |
| 23 | 6.6 | 0.23 | 20 | 3.9 | 0.41 | 1.27 | 408 |
| 24 | 7.1 | 0.34 | 28 | 3.8 | 0.70 | 1.30 | 524 |
| 25 | 6.3 | 1.76 | 29 | 7.4 | 0.99 | 1.70 | 621 |

| 번호 | pH (1:5) | EC (dS/m) | SOM (g/kg) | Ca | K | Mg | P ₂ O ₅ (mg/kg) |
|---------|-------------|--------------|---------------|------------|---------|---------|--|
| | | | | cmol(+)/kg | | | |
| 26 | 6.2 | 0.23 | 20 | 7.5 | 0.31 | 1.54 | 320 |
| 27 | 6.5 | 0.21 | 20 | 5.2 | 0.52 | 0.99 | 242 |
| 28 | 6.4 | 0.18 | 15 | 4.8 | 0.20 | 0.91 | 179 |
| 적정범위(농) | 5.0~6.0 | 0.5 이하 | 10~20 | 3.0~5.0 | 0.2~0.6 | 1.0~2.0 | 50~150 |
| 적정범위(밭) | 5.0~6.0 | 0.5 이하 | 10~20 | 3.0~5.0 | 0.3~0.7 | 1.0~2.0 | 100~250 |

(시험 3) 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석

가. 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석 방법 확립(2020년도)

토양 내 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석시 RT-PCR을 통한 정량곡선 산출에서 설명력 계수(R²)의 신뢰도에 따라 밀도값(SQ)의 편차가 크게 나타난다. 또한 정량곡선 산출 시 극미량의 시료를 사용함에 따라 실험자의 오차를 최소화하고 재현성을 높일 필요가 있어 정량곡선 재현성을 보장하는 밀도 분석 기법의 확립이 필요하다(그림 8, 9).

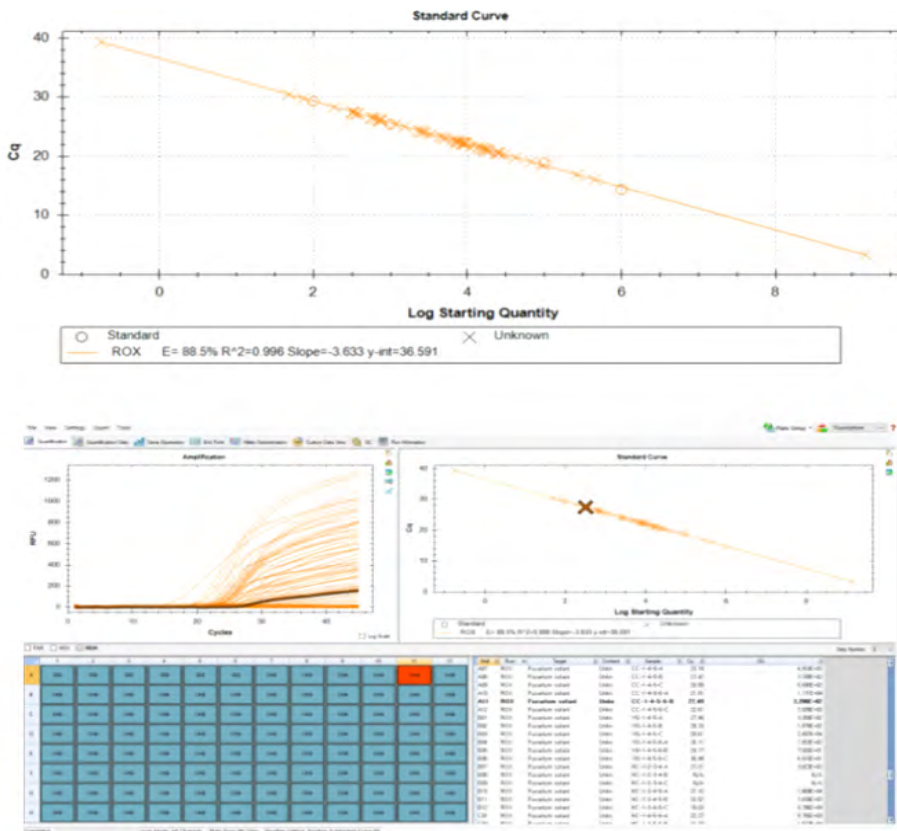


그림 8. *Fusarium solani* 정량곡선 및 밀도값(SQ)

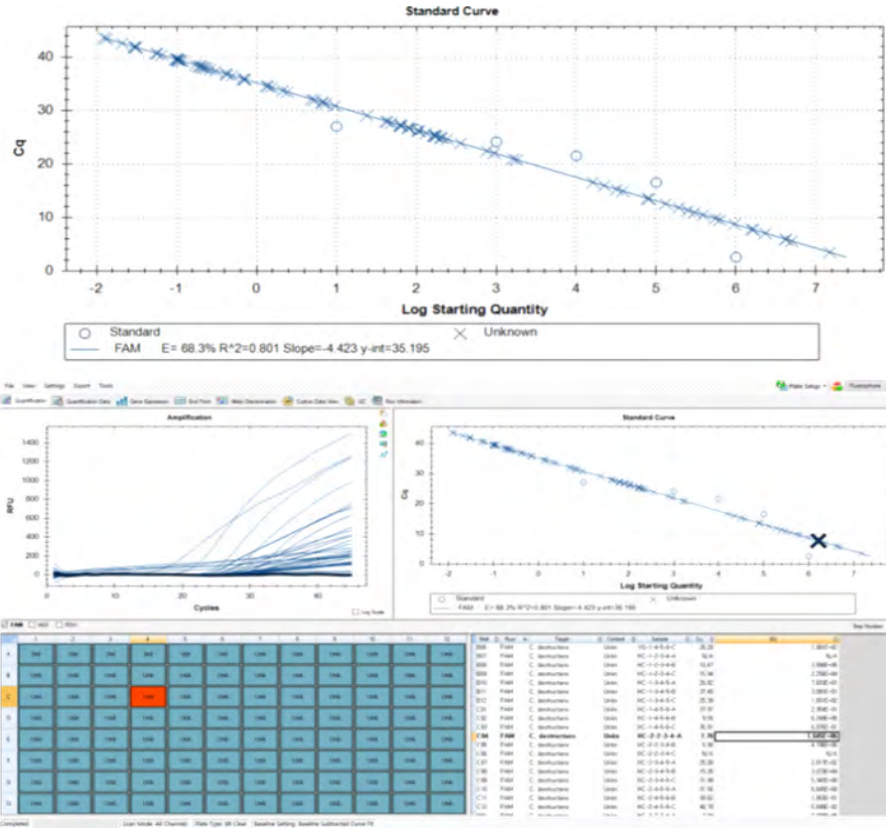


그림 9. *Cylindrocarpum destructans* 정량곡선 및 밀도값(SQ)

나. 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석(2020년도)

강원 지역 주요 인삼 재배지인 철원군과 화천군 2 시군의 인삼 예정지 11 개소의 토양 병원균 밀도 분석 결과는 표 21 과 같다.

표 21. 인삼 예정지 부리썩음병 원인균 밀도 분석 결과

| 번호 | 수집지역 | 병원균 밀도 | |
|------|------|----------------------|------------------|
| | | FAM ^X | ROX ^Y |
| | | Copy ^Z /g | |
| HC-1 | 철원 | ND | 1.21E+04 |
| HC-2 | | ND | 9.42E+02 |
| HC-3 | | ND | 7.78E+02 |
| HC-4 | | 3.40E+01 | 1.01E+03 |
| HC-5 | 화천 | ND | ND |
| HC-6 | | ND | 3.76E+03 |
| HC-7 | | 2.04E+00 | 2.78E+03 |

| 번호 | 수집지역 | 병원균 밀도 | |
|-------|------|----------------------|------------------|
| | | FAM ^X | ROX ^Y |
| | | Copy ^Z /g | |
| HC-8 | | ND | ND |
| HC-9 | | ND | 1.93E+04 |
| HC-10 | | ND | 1.94E+04 |
| HC-11 | | ND | 3.16E+03 |

X : *Cylindrocarpon destructans* 검출 필터, Y: *Fusarium solani* 검출 필터

ND : 불검출

Z : DNA의 양을 나타낼 때 쓰는 단위, 1.00E+02 copy/g 가 기준치 농도임

다. 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석(2021년도)

인삼 예정지 14개소의 토양 병원균 밀도 분석 결과는 표 22 와 같다.

표 22. 인삼 예정지 토양 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석 결과

| 번호 | 수집지역 | 병원균 밀도 | |
|-------------|------|----------------------|------------------|
| | | FAM ^X | ROX ^Y |
| | | Copy ^Z /g | |
| HC-1 | | 3.63E+00 | 3.56E+02 |
| HC-2 | | ND | ND |
| HC-3 | | ND | 3.61E+02 |
| HC-4 | 화천 | ND | 4.56E+02 |
| HC-5 | | 2.68E+00 | 1.23E+02 |
| HC-6 | | ND | 5.86E+02 |
| HC-7 | | ND | 6.82E+02 |
| HO-1 | | ND | 5.16E+02 |
| HO-2 | | ND | 9.43E+02 |
| HO-3 | | ND | 9.63E+02 |
| HO-4 | 흥천 | ND | 4.82E+03 |
| HO-5 | | ND | 1.03E+04 |
| HO-6 | | ND | 1.51E+03 |
| HO-7 | | ND | 8.67E+02 |

X : *Cylindrocarpon destructans* 검출 필터, Y: *Fusarium solani* 검출 필터

Z : DNA의 양을 나타낼 때 쓰는 단위, 1.00E+02 copy/g 가 기준치 농도임(*C. destructans*)

ND : Not detective

라. 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석(2022년도)

인삼 예정지 38 개소의 토양 병원균 밀도 분석 결과는 표 23 과 같다. 흥천 지역 인삼 예정지의 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석 결과에서 주 병원균인 *Cylindrocarpon destructans* 는 검출되지 않았으나, 지하부에 상처가 생겼을 때 적변 현상에 영향을 주는 *Fusarium solani* 의 밀도는 일부 예정지에서 높게 검출되었다. 평창 지역 인삼 예정지의 뿌리썩음병 원인균 밀도도 흥천 지역과 유사하게 주요 병원균인 *Cylindrocarpon destructans* 는 검출되지 않았고, 지하부에 상처가 생겼을 때 적변 현상에 영향을 주는 *Fusarium solani* 의 밀도는 일부 예정지에서 다소 높게 검출되었다.

표 23. 인삼 예정지 토양 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석 결과

| 번호 | 병원균 밀도(Copy ² /g) | | 전 재배작물 |
|-------|------------------------------|------------------|--------|
| | FAM ^x | ROX ^y | |
| HC-1 | ND | ND | 벼 |
| HC-2 | ND | 1.41E+03 | 고추 |
| HC-3 | ND | 3.35E+02 | 고추 |
| HC-4 | ND | 5.30E+01 | 깨 |
| HC-5 | ND | 3.38E+03 | 작약 |
| HC-6 | ND | 3.97E+03 | 콩 |
| HC-7 | ND | 3.15E+03 | 옥수수 |
| HC-8 | ND | 3.41E+03 | 울무 |
| HC-9 | ND | 2.97E+03 | 애호박 |
| HC-10 | ND | 3.11E+02 | 벼 |
| HC-11 | ND | 9.67E+02 | 벼 |
| HC-12 | ND | 5.60E+01 | 벼 |
| HC-13 | ND | 6.63E+02 | 벼 |
| HC-14 | ND | 9.16E+03 | 호밀 |
| PC-1 | ND | 1.45E+03 | 더덕 |
| PC-2 | ND | 5.72E+02 | 옥수수 |
| PC-3 | ND | 1.16E+03 | 고추 |
| PC-4 | ND | ND | 더덕 |
| PC-5 | ND | 3.00E+02 | 양배추 |
| PC-6 | ND | 3.76E+03 | 양배추 |
| PC-7 | ND | 1.16E+02 | 더덕 |
| PC-8 | ND | 2.42E+03 | 더덕 |
| PC-9 | ND | 8.34E+02 | 더덕 |
| PC-10 | ND | ND | 더덕 |
| PC-11 | ND | 1.25E+03 | 브로콜리 |
| PC-12 | ND | 2.28E+02 | 벼 |

| 번호 | 병원균 밀도(Copy ² /g) | | 전 재배작물 |
|-------|------------------------------|------------------|--------|
| | FAM ^X | ROX ^Y | |
| PC-13 | ND | ND | 콩 |
| PC-14 | ND | 2.54E+02 | 더덕 |
| PC-15 | ND | 4.90E+01 | 벼 |
| PC-16 | ND | 7.00E+00 | 감자 |
| PC-17 | ND | 1.06E+03 | 감자 |
| PC-18 | ND | 9.70E+02 | 감자 |
| PC-19 | ND | 1.10E+03 | 배추 |
| PC-20 | ND | 4.11E+03 | 배추 |
| PC-21 | ND | 9.03E+02 | 대파 |
| PC-22 | ND | 5.73E+02 | 비트 |
| PC-23 | ND | 2.90E+03 | 비트 |
| PC-24 | ND | 1.42E+03 | 비트 |

X : *Cylindrocarpon destructans* 검출 필터, Y: *Fusarium solani* 검출 필터
Z : DNA의 양을 나타낼 때 쓰는 단위, 1.00E+02 copy/g 가 기준치 농도임(*C. destructans*)
ND : Not detective

마. 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석(2023년도)

인삼 예정지 32 개소의 토양 병원균 밀도 분석 결과는 표 24 와 같다. 뿌리썩음병 원인균은 모두 재작지에서 검출되었으며 *C. destructans*는 기준치를 초과하는 예정지는 없었으나 기준치 이하이나 검출된 예정지는 9 개소였다. *F. solani* 의 경우 비교적 높게 검출된 예정지는 3 개소였으며 예정지 1 개소에서는 낮게 검출되었다.

표 24. 인삼 예정지 토양 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석 결과

| 번호 | <i>C. destructans</i> | <i>F. solani</i> | 인삼 재배이력* |
|----|-----------------------|------------------|-----------|
| | Copy ² /g | | |
| 1 | 0 | 0 | 초작지 |
| 2 | 0 | 0 | 초작지 |
| 3 | 0 | 0 | 초작지 |
| 4 | 0 | 0 | 재작지(2013) |
| 5 | 0 | 0 | 재작지(2017) |
| 6 | 51.0 | 0 | 재작지(2017) |
| 7 | 0 | 0 | 재작지(2017) |
| 8 | 0 | 0 | 재작지(2013) |

| 번호 | <i>C. destructans</i> | <i>F. solani</i> | 인삼 재배이력* |
|------|-----------------------|------------------|-----------|
| | Copy ² /g | | |
| 9 | 0 | 0 | 재작지(2013) |
| 10 | 0 | 0 | 재작지(2013) |
| 11 | 0 | 0 | 재작지(2018) |
| 12 | 64.3 | 0 | 재작지(2019) |
| 13 | 0 | 0 | 재작지(2013) |
| 14 | 0 | 0 | 재작지(2013) |
| 15 | 0 | 0 | 재작지(2013) |
| 16 | 0 | 0 | 초작지 |
| 17 | 0 | 0 | 초작지 |
| 18 | 0 | 0 | 초작지 |
| 19 | 0 | 0 | 재작지(2010) |
| 20 | 0 | 0 | 재작지(2014) |
| 21 | 0 | 0 | 재작지(2017) |
| 22 | 0 | 0 | 재작지(2017) |
| 23 | 0 | 0 | 재작지(2017) |
| 24 | 15.0 | 0 | 재작지(2010) |
| 25 | 57.1 | 1,951.1 | 재작지(2010) |
| 26 | 18.5 | 0 | 재작지(2010) |
| 27 | 33.6 | 7,558.6 | 재작지(2019) |
| 28 | 54.9 | 1,035.5 | 재작지(2019) |
| 29 | 0 | 8.4 | 재작지(2008) |
| 30 | 3.9 | 0 | 재작지(2013) |
| 31 | 39.0 | 0 | 재작지(2013) |
| 32 | 0 | 0 | 재작지(2013) |
| 적정범위 | 100이하 | 100이하 | - |

바. 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석(2024년도)

인삼 예정지 28 개소의 토양 병원균 밀도 분석 결과는 표 25 와 같다. 부리썩음병 원인균 중 *C. destructans*은 재작지(6 개소, 전체 21.4% 차지)에서만 검출되었으나 기준치(100 copy/g 이상) 초과하는 예정지는 없었으며 *F. solani* 의 경우 27 개소(96.4%)에서 검출되었다.

표 25. 인삼 예정지 토양 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석 결과

| 번호 | <i>C. destructans</i> | <i>F. solani</i> | 인삼 재배이력 |
|----|-----------------------|------------------|---------|
| | Copy/g | | |
| 1 | 53 | 313 | 재작지 |
| 2 | 38 | 53 | 재작지 |
| 3 | 6 | 10 | 재작지 |
| 4 | - | 7,697 | 재작지 |
| 5 | - | 80 | 재작지 |
| 6 | 33 | 486 | 재작지 |
| 7 | 3 | 14,420 | 재작지 |
| 8 | 63 | 5,607 | 재작지 |
| 9 | - | 1,136 | 재작지 |
| 10 | - | 1,597 | 재작지 |
| 11 | - | 3,404 | 재작지 |
| 12 | - | 84 | 재작지 |
| 13 | - | 30 | 재작지 |
| 14 | - | 251 | 재작지 |
| 15 | - | 158 | 재작지 |
| 16 | - | 6,618 | 재작지 |
| 17 | - | 154 | 재작지 |
| 18 | - | 644 | 재작지 |
| 19 | - | 24 | 초작지 |
| 20 | - | - | 초작지 |
| 21 | - | 69 | 초작지 |
| 22 | - | 1 | 초작지 |
| 23 | - | 5,534 | 초작지 |
| 24 | - | 5,611 | 초작지 |
| 25 | - | 8,721 | 초작지 |
| 26 | - | 7,613 | 초작지 |
| 27 | - | 8,237 | 초작지 |
| 28 | - | 12,275 | 초작지 |

(시험 4) 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도분석 완료 예정지의 재배 후 뿌리썩음병 발생 조사

가. 인삼 뿌리썩음병 발생 조사 대상지 선정(2024년도)

2020년부터 2024년까지 강원 지역 인삼 예정지를 대상으로 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석을 완료한 대상지 중 인삼 정식 후 재배지로 전환된 대상지에서 인삼 뿌리썩음병 발생 조사를 실시하기 위해 다음과 같이 대상지를 선정하였다(표 26).

표 26. 인삼 뿌리썩음병 발생 조사 대상지 목록

| 구분* | 대상지 | 유형 | 년생 | 주소 |
|-----|-----|----|----|-------------------|
| 검출 | D1 | 답 | 5 | 화천군 하남면 논미리 723-1 |
| | D2 | 전 | 5 | 홍천군 남면 유치리 456 |
| | D3 | 전 | 5 | 화천군 하남면 용암리 688-1 |
| | D4 | 전 | 4 | 홍천군 서석면 상군두리 177 |
| | D5 | 전 | 4 | 홍천군 영귀미면 노천리 972 |
| 불검출 | N1 | 답 | 5 | 화천군 하남면 논미리 716 |
| | N2 | 답 | 5 | 화천군 하남면 논미리 718-2 |
| | N3 | 답 | 5 | 화천군 간동면 도송리 35 |
| | N4 | 전 | 4 | 화천군 간동면 간척리 989-1 |
| | N5 | 답 | 4 | 화천군 하남면 계성리 766 |

*: 이전 분석 결과를 기준으로 인삼 뿌리썩음병 원인균 2종(*C. destructans*, *F. solani*)의 기준치 설정하여 검출 (Detected)과 불검출(Not detected)로 구분. *C. destructans*는 10²copy/g, *F. solani*는 10³copy 이하.

나. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 토양 화학성 분석 결과(2024년도)

대상지별 재배지 전환 후 토양 화학성 분석 결과, 각 항목별로 적정범위를 크게 초과하는 대상지가 10 개소 중 6 개소로 토양 화학성 관리가 미흡한 것으로 판단되었다(표 27).

표 27. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 토양 화학성 분석 결과

| 대상지 | pH (1:5) | EC (dS/m) | SOM (g/kg) | Ca | K | Mg | P ₂ O ₅ (mg/kg) |
|----------|------------|-------------|------------|------------|---------|---------|---------------------------------------|
| | | | | cmol(+)/kg | | | |
| D1 | 5.3 | 1.15 | 18 | 4.4 | 0.34 | 1.26 | 69 |
| D2 | 5.0 | 0.62 | 20 | 3.5 | 0.79 | 1.39 | 453 |
| D3 | 6.0 | 2.29 | 32 | 6.6 | 1.07 | 2.46 | 621 |
| D4 | 6.1 | 0.72 | 28 | 6.2 | 1.19 | 1.85 | 805 |
| D5 | 7.0 | 0.62 | 18 | 7.1 | 0.66 | 2.50 | 439 |
| N1 | 5.4 | 1.49 | 27 | 4.8 | 0.39 | 1.72 | 234 |
| N2 | 5.5 | 0.94 | 19 | 5.5 | 0.33 | 1.99 | 29 |
| N3 | 5.4 | 0.67 | 26 | 3.9 | 0.61 | 1.02 | 108 |
| N4 | 6.8 | 0.61 | 38 | 8.0 | 0.73 | 1.91 | 981 |
| N5 | 5.4 | 0.28 | 9 | 4.2 | 0.25 | 1.76 | 41 |
| 적정범위 (논) | 5.0~6.0 | 0.5 이하 | 10~20 | 3.0~5.0 | 0.2~0.6 | 1.0~2.0 | 50~150 |
| 적정범위 (밭) | 5.0~6.0 | 0.5 이하 | 10~20 | 3.0~5.0 | 0.3~0.7 | 1.0~2.0 | 100~250 |

다. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 토양 뿌리썩음병 원인균 분석 결과(2024년도)

모든 재배지에서 5 월 중순에서 8 월 하순까지 뿌리썩음병 원인균 밀도가 증가하는 경향을 보이나 예정지 시기 병원균 밀도와 재배지 시기의 밀도가 경향성을 보이지는 않았다(표 28).

표 28. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 뿌리썩음병 원인균 분석 결과

| 대상지 | 예정지 시기 | | 5월 중순 | | 7월 상순 | | 8월 하순 | |
|-----|--------|----------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|
| | Cd* | Fs* | Cd | Fs | Cd | Fs | Cd | Fs |
| D1 | 34.0 | 1,010.0 | 15.2 | 6.4 | 15.2 | 37.7 | 290.7 | 1,517.6 |
| D2 | 0.0 | 1,510.0 | 12.6 | 459.8 | 12.6 | 740.1 | 149.3 | 427.4 |
| D3 | 0.0 | 3,760.0 | 16.6 | 93.7 | 16.6 | 131.4 | 14.2 | 0.6 |
| D4 | 0.0 | 4,820.0 | 10.6 | 1,131.6 | 10.6 | 0.1 | 16.2 | 81.0 |
| D5 | 0.0 | 10,300.0 | 11.4 | 525.1 | 11.4 | 35.8 | 26.1 | 746.4 |
| N1 | 0.0 | 778.0 | 29.4 | - | 29.4 | - | 10.1 | 1,115.7 |
| N2 | 0.0 | 0.0 | 29.2 | 41.0 | 29.2 | 94.9 | 13.9 | 8.7 |
| N3 | 0.0 | 586.0 | 14.0 | 135.5 | 14.0 | 290.0 | 90.3 | 130.7 |
| N4 | 0.0 | 123.0 | 11.6 | 73.8 | 11.6 | 714.6 | 18.2 | 45.0 |
| N5 | 0.0 | 0.0 | 14.8 | 101.7 | 14.8 | 175.0 | 14.5 | 137.8 |

* : Cd는 *C. destructans* 이고 Fs는 *F. solani* 임

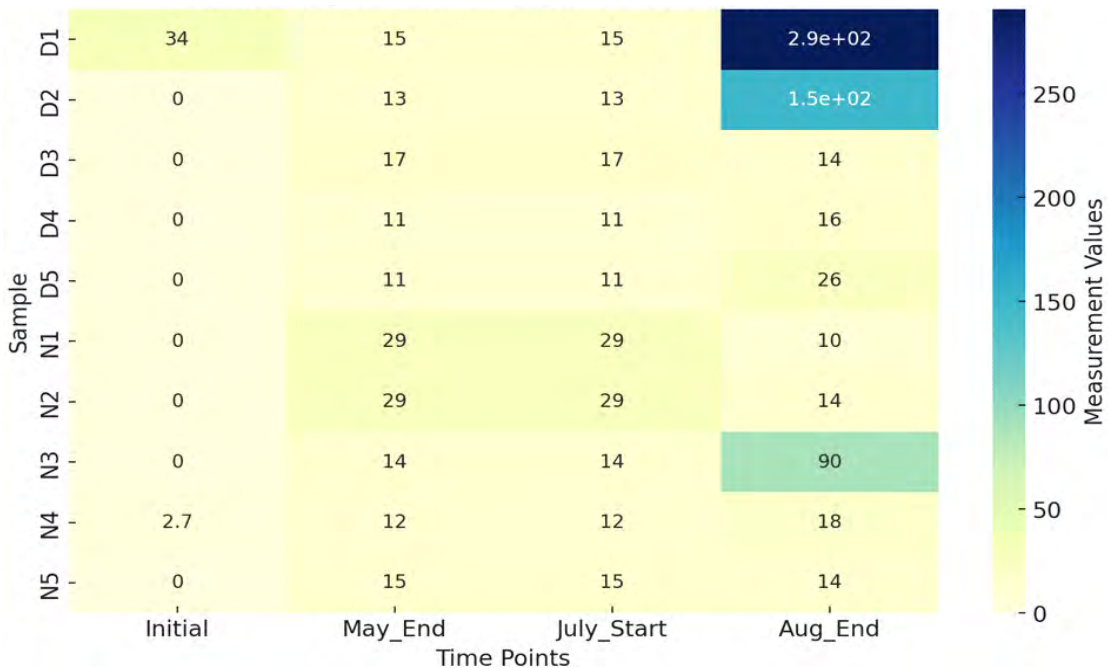


그림 10. 밀도분석 완료 재배지의 뿌리썩음병 원인균(*C. destructans*) 밀도 추이

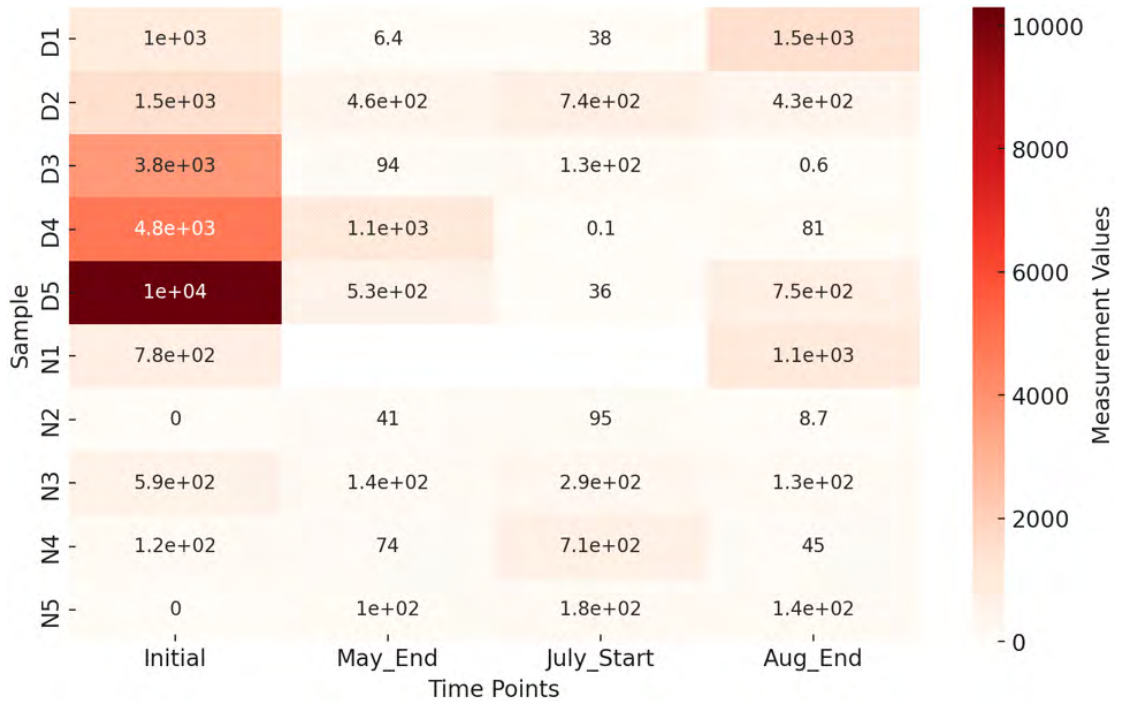


그림 11. 밀도분석 완료 재배지의 뿌리썩음병 원인균(*F. solani*) 밀도 추이

라. 대상지별 예정지 관리 후 재배지 시기 인삼 지상부 생육 현황(2024년도)

재배지별 상관 분석을 실시한 결과, [8 월 하순 인삼 생존율 - 8 월 하순 뿌리썩음병 원인균 밀도] -0.41과 -0.58, [pH-전 시기 *F. solani* 밀도] -0.39~-0.41, [칼륨-전 시기 *C. destructans*] -0.23~-0.52로 다소 높은 음의 상관관계에 있었다(표 29).

표 29. 대상지별 재배지 시기 인삼 지상부 생육 현황(1-2차)

| 대상지 | 년생 | 생존율(%) | | |
|-----|----|--------|----------|---------|
| | | 5월 중순 | 7월 상순 | 8월 하순 |
| D1 | 5 | 76.4bc | 51.4d | 31.9e |
| D2 | 5 | 77.8bc | 68.1abc | 62.0f |
| D3 | 5 | 82.9b | 56.5cd | 58.8abc |
| D4 | 4 | 75.9bc | 77.3a | 67.1a |
| D5 | 4 | 81.9b | 68.1abc | 40.7def |
| N1 | 5 | 88.0ab | 62.5bcd | 39.8ef |
| N2 | 5 | 78.7bc | 53.2d | 49.1cde |
| N3 | 5 | 65.3c | 34.3e | 29.6f |
| N4 | 4 | 91.2ab | 75.5ab | 51.9bcd |
| N5 | 4 | 98.6a | 65.3abcd | 56.5abc |

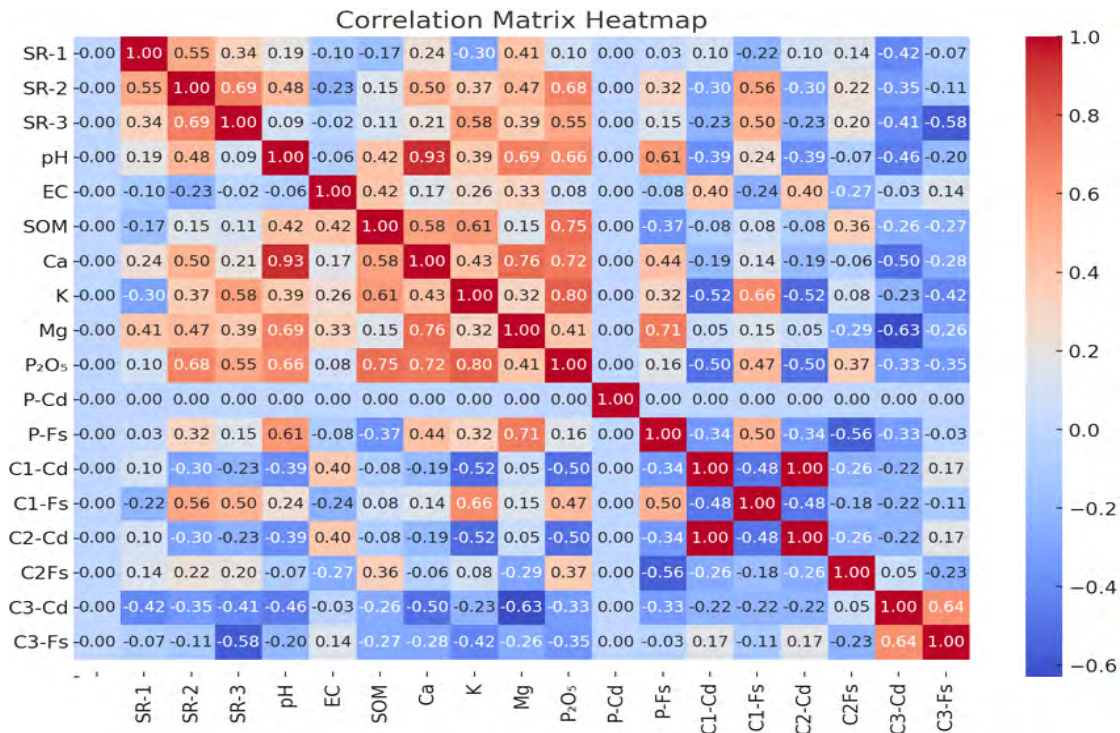


그림 12. 대상지별 조사 항목간 상관 분석

4 적 요

〈Q 제2세부과제 : 인삼 재배지 현장 지원 연구〉

(시험 1) 인삼 재배지 토양병원균 밀도 분석

- 가. 강원 지역 주요 인삼 재배지를 대상으로 2019 년부터 2020 년까지 홍천군 등 5 시군 63 개소의 토양 내 *Cylindrocarpon destructans* 등 토양 병원균 밀도를 분석한 결과, 2019 년 36 개소 중 36 개소 전체 재배지에서 *Cylindrocarpon destructans* 이 검출되었으며 양구 지역 5, 6 년생 재배지와 철원 지역 6 년생 재배지에서는 1.0×10^2 copy/g 이상 검출되었다.
- 나. 2020년에는 *Cylindrocarpon destructans* 와 *Fusarium solani* 의 밀도 분석 결과 27 개소 중 각각 17 개소와 16 개소에서 검출되었으며 *Cylindrocarpon destructans* 의 경우 1.0×10^2 copy 이상을 초과하는 재배지는 2 개소였다.
- 다. 인삼 재배지의 토양 병원균 밀도와 뿌리썩음병 발병율 관계에서는 토양 병원균 고밀도 재배지에서의 인삼 지하부 뿌리썩음병 발병율이 토양 병원균 저밀도 재배지에서의 뿌리썩음병 발병율 보다 낮아 병원균 밀도 외 재배 환경 등 주요 재배 관리가 중요할 것으로 판단된다.

(시험 2) 인삼 예정지 토양 이화학성 분석 지원

- 가. 2020 년부터 2024 년까지 강원 지역 주요 인삼 재배지인 춘천시 등 8 시군에서 인삼 예정지 123 개소를 대상으로 토양 이화학성을 분석한 결과 2023 년도 춘천시 등 3 시군 32 예정지에서는 토양 적성도에서 최적지 4 개소(12.5%), 적지 12(37.5%), 가능지 8(25.0%), 저위생 산지 8(25.0%)로 구분되었고 초작지는 6 개소(18.8%), 재작지는 26 개소(81.2%)였다.
- 나. 토양 화학성 분석 결과에서는 2023 년도 춘천시 등 3 시군 32 예정지를 기준으로 분석 항목 중 허용범위를 크게 벗어나는 예정지는 pH의 경우, 8 개소(25.0%), EC는 2 개소(6.3%), 유기물은 9 개소(28.1%), Ca은 8 개소(25.0%), K은 11 개소(34.4%), Mg은 6 개소(18.8%), P_2O_5 은 14 개소(43.8%)였다.
- 다. 이에 도내 주요 인삼 재배지의 예정지 관리시 토양 적성도에 따라 최적지, 적지, 가능지를 선택 하고 토양 화학성 pH 등 주요 분석 항목에 적합하도록 관리하는 것이 중요하다.

(시험 3) 인삼 예정지 토양 병원균 밀도 분석

- 가. 2020 년부터 2024 년까지 강원 지역 주요 인삼 재배지인 춘천시 등 8 시군에서 인삼 예정지 123 개소를 대상으로 *Cylindrocarpon destructans* 등 토양 병원균 2 종에 대해 밀도분석을 실시한 결과, *Cylindrocarpon destructans* 의 경우 123 개소 중 19 개소에서 검출되었고 *Fusarium solani* 의 경우 123 개소 중 112 개소에서 검출되었다.

(시험 4) 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도분석 완료 예정지의 재배 후 뿌리썩음병 발생 조사

- 가. 2020년부터 2024년까지 강원 지역 인삼 예정지를 대상으로 인삼 뿌리썩음병 원인균 밀도 분석을 완료한 대상지 중 예정지 관리 후에 재배지로 전환한 대상지를 10개소 선정하여 토양 화학성 분석 결과, 각 항목별로 적정범위를 크게 초과하는 대상지가 10개소 중 6개소로 토양 화학성 관리가 미흡한 것으로 판단되었다.
- 나. 전체 대상지의 토양 뿌리썩음병 원인균을 분석한 결과 모든 재배지에서 5월 중순에서 8월 하순까지 뿌리썩음병 원인균 밀도가 증가하는 경향을 보이거나 예정지 시기 병원균 밀도와 재배지 시기의 밀도가 경향성을 보이지는 않았다.
- 다. 재배지별 상관 분석을 실시한 결과, [8월 하순 인삼 생존율-8월 하순 뿌리썩음병 원인균 밀도]의 값이 -0.41 과 -0.58 로 [pH-전 시기 *F. solani* 밀도]의 값인 $-0.39 \sim -0.41$, [칼륨-전 시기 *C. destructans*]의 값인 $-0.23 \sim -0.52$ 보다 다소 높은 음의 상관관계에 있었다.

5 인용문헌

- 이성우, 이승호, 서문원, 박경훈, 장인복. 2018. 인삼 연작토양에서 관수 및 인삼부리 잔사물이 토양 미생물상 및 뿌리썩음병 발생에 미치는 영향. 한국약용작물학회 26(5) 345-353
- Rahman M and Punja ZK. 2005. Factors influencing development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. Phytopathology. 95:1381-1390.
- 강승원, 연병열, 현근수, 배영석, 이성우, 성낙술. 2007. 인삼 연작지 수확 경과년수에 따른 토양화학성 및 뿌리썩음병 발생율의 변화. 한국약용작물학회 15(3) 157-161

6 연구결과 활용

| 연도(연차) | 활용방안 | 제 목 |
|----------|-------|---------------------------------|
| 2020(1년) | 기초자료 | 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석 |
| | 홍 보 | 인삼 재배지 토양 병원균 밀도 분석 실시 |
| 2021(2년) | 홍 보 | 친환경 인삼 방제제 현장 설명회 |
| 2022(3년) | 홍 보 | 강원 BBS '인삼 예정지 현장 지원' |
| 2023(4년) | 홍 보 | 강원일보, 인삼재배예정지 뿌리썩음병원균 분석 지원 등 3 |
| 2024(5년) | 홍 보 | 연합뉴스인삼 예정지 뿌리썩음병 원인균 밀도분석 지원 |
| | 컨 설 팅 | 인삼 재배농가 현장지원 컨설팅 |

| 성과지표 | 연도 | 1년차 (2020) | | 2년차 (2021) | | 3년차 (2022) | | 4년차 (2023) | | 5년차 (2024) | | 계 | |
|-------|----|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|----|----|
| | | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 |
| 기초자료 | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 |
| 홍보 | | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 4 | 6 |
| 현장컨설팅 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 |
| 계 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 5 | 8 |

7 연구원 편성

| 구분 | 소속 | 직급 | 성명 | 수행업무 | 참여년도 | | | | |
|-------|---------|-------|-----|-----------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | '20 | '21 | '22 | '23 | '24 |
| 과제책임자 | 작물연구과 | 농업연구사 | 이기욱 | 과제 총괄 | - | - | - | ○ | - |
| 세부책임자 | 작물연구과 | 농업연구사 | 이기욱 | 세부주관 수행 | - | - | - | ○ | ○ |
| 공동연구자 | 농업환경연구과 | 농업연구사 | 이재형 | 시험수행 및 평가 | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| | 작물연구과 | 농업연구사 | 모영문 | 조사분석 지원 | - | - | - | ○ | ○ |
| | 작물연구과 | 농업연구관 | 임수정 | 평가분석 지원 | - | - | - | - | ○ |
| | 작물연구과 | " | 박영식 | 평가분석 지원 | - | - | - | - | ○ |
| | 작물연구과 | 농업연구사 | 이안수 | 조사분석 지원 | - | - | - | ○ | ○ |
| | 원예연구과 | 농업연구관 | 김영진 | 평가분석 지원 | - | - | - | ○ | ○ |
| | 감지연구소 | " | 박종열 | 평가분석 지원 | - | - | - | ○ | ○ |
| | 작물연구과 | 공업주사보 | 최병철 | 연구관리 지원 | - | - | - | ○ | ○ |
| | 연구협력과 | 농업연구관 | 고병대 | 평가분석 지원 | - | ○ | ○ | - | - |
| | 농식품연구소 | " | 엄남용 | 평가분석 지원 | - | ○ | ○ | - | - |
| | 산채연구소 | 농업연구사 | 윤병성 | 조사분석 지원 | - | ○ | ○ | ○ | - |
| | 작물연구과 | " | 윤예지 | 조사분석 지원 | ○ | ○ | - | - | - |
| | 농산물원종장 | 공업서기 | 이상규 | 조사분석 지원 | ○ | ○ | - | - | - |
| | 연구협력과 | 농업연구관 | 원재희 | 평가분석 지원 | ○ | - | - | - | - |
| | 도로보수과 | 운전서기 | 심재남 | 조사분석 지원 | ○ | - | - | - | - |
| | 산채연구소 | 공무직 | 홍지은 | 조사분석 지원 | ○ | ○ | ○ | ○ | - |
| | 산채연구소 | 공업서기 | 박준영 | 연구관리 지원 | - | ○ | ○ | ○ | - |
| | 산채연구소 | 운전서기보 | 조태희 | 연구관리 지원 | - | ○ | ○ | ○ | - |