과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행 기간	연구실	책임자
인삼 시설재배 체계확립 연구		인삼	'20~'24	소득자원연구소 인삼연구팀	안영남
인삼 비가림 하우스 연작재배 기술 개발		인삼	'20~'24	소득자원연구소 인삼연구팀	**안영남**
색인용어	인삼, 비가림하우스, 연작재배, 뿌리썩음병				

ABSTRACT

This study was conducted to develop a planned site management technique for re-cultivating of ginseng in a rain-shelter greenhouse in a short period time. The densities of root rot pathogens and antagonistic microorganisms in soil, soil chemistry, and growth characteristics and microclimate of ginseng were investigated according to the planned site management technique. The cultivate site from which 6-year-old ginseng roots were harvested in 2019 underwent management for a duration of two years. In 2020, the treatments included: soil fumigation → rice straw → rye (T1), sudangrass → soil fumigation → antagonistic microorganisms (T2), (wheat bran + moisture + plastic cover) → (antagonistic microorganisms + rice straw) (T3), and sudangrass → rye (T4), and in 2021, the treatments included: sudangrass (T1), antagonistic microorganisms + rice straw (T2), antagonistic microorganisms + rice straw (T3), and sudangrass (T4). Soil chemistry analysis indicated that EC and NO_3-N levels were lower after treatment in 2024 compared to before treatment in 2020. The root rot pathogen *C. destructans* was mostly undetectable across all treatments each month, while *F. solani* was not found in any treatments during the same period. After four years, the survival rate of underground growth was higher in treatments T1 and T2 (60.1 to 62.1%) compared to T4, with T2 exhibiting the longest root length, both T1 and T2 exhibiting the longest taproot length and the thickest root diameter, and T2 exhibiting the heaviest root weight. The occurrence of root rot was minimal in T2 and T3 for 2-year-old ginseng, in T1 and T2 for 3-year-old ginseng, and across all treatments for 4-year-old ginseng. Consequently, T2 was deemed suitable for the management method of the planned site based on the overall assessment of underground growth, survival rates, and root rot occurrence.

Key words : *Panax ginseng*, Rain-shelter greenhouse, Continuous cropping, Root rot

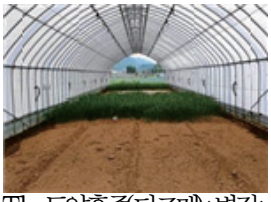
1. 연구목표

국내 인삼 재배면적은 2009년 19,702ha에서 2023년 11,745ha(-40.4%)로 급격히 감소하였다(농림축산식품부, 2023). 최근 기후변화, 농자재 가격 상승, 인건비 상승, 노동력 부족, 초작지의 고갈로 안정적인 인삼 원료삼 생산이 어려운 실정이다. 이와 같은 여건 속에서 기후변화 대응뿐만 아니라 생력화에 용이한 인삼 하우스 시설재배기술이 많이 개발되었고 재배농가의 관심도 증가하고 있다. 인삼 비가림 하우스 재배시 알루미늄스크린을 사용한 고온피해 경감기술도 개발하였다(경기도농업기술원, 2019). 인삼은 연작피해가 심한 작물로 밭의 경우 10년 이상, 논은 5~6년 이상 지나야 재작이 가능하므로 이에 대한 해결책이 필요하다(농촌진흥청, 2009, 2010, 한국인삼연초연구원, 1996). 인삼 예정지 관리에 있어서 녹비작물(옥수수), 태양열소독, 훈증소독을 하면 4년생 인삼의 뿌리썩음병 억제효과가 있다고 보고되었다(농진청, 2021). 또한 하우스 재배에서 토양훈증제과 호밀재배시 뿌리썩음병 발생이 적고 근중이 증가된다고 보고된 바 있다(전북농업기술원, 2012). 인삼 하우스 정착재배 실현을 위해서는 연작장해 원인인 염류경감, 근부병 방제・경감 등 토양관리 기술 개발이 시급히 요구된다.

따라서, 본 연구는 인삼 생력화와 비가림 시설하우스 재배 농가가 어려움을 겪고 있는 연작장해를 해결하고자 인삼 뿌리썩음병 경감에 필요한 예정지 관리 기술을 개발하여 안정적인 생산에 도움을 주고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

경기도농업기술원 소득자원연구소(신서면 도신리) 시험포장 비가림 하우스 내 2019년 인삼 6년근을 수확한 밭에서 2년간 예정지 관리를 하였다. 2020년 토양훈증→볏짚→호밀(T1), 수단그라스→토양훈증→길항미생물(T2), (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)(T3), 수단그라스→호밀(T4)을 처리하였고, 2021년에는 수단그라스(T1), 길항미생물+볏짚(T2), 길항미생물+볏짚(T3), 수단그라스(T4)를 처리하였다. 2022년 4월 1일 처리별로 1년생 묘삼을 1.98㎡당 81주 이식하였다. 미기상장치는 비가림 하우스 해가림의 두둑 중간부분에 설치하여 광량, 온도, 습도, 수분함량 등을 측정하였다. 토양 분석(토양화학성, 삼상)은 경기도농업기술원 농업환경 실험분석법을 활용하였다. 뿌리썩음병원균과 길항미생물 ARRI17의 밀도는 Real-time PCR을 활용하여 측정하였다. 처리별 지상부 생육(초장, 경장, 경직경, 엽장 등)과 지하부 생육(근장, 동장, 근중 등) 특성은 농촌진흥청 인삼 생육조사기준에 준하여 조사하였다(농촌진흥청, 2012).


T1. 토양훈증(다조멧)+볏짚+호밀

T2. 수단그라스+토양훈증(다조멧)+길항미생물

T3. (밀기울+수분+비닐피복)+(길항미생물+볏짚)

T4. 관행(수단그라스+호밀)

<1년차(2020)>

T1. 수단그라스

T2. 길항미생물+볏짚

T3. 길항미생물+볏짚

T4. 수단그라스

<2년차(2021)>

<3년차(2022), 2년생>

<4년차(2023), 3년생>

<5년차(2024), 4년생>

그림 1. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 전경

3. 결과 및 고찰

가. 토양화학성

인삼 비가림 하우스 내 처리별 토양화학성 조사결과는 표 1과 같다. 처리전 EC는 1.74dS/m로 적합기준 0.5dS/m보다 높게 나타났고 유기물, 유효인산, 칼륨은 낮았으며 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 질산태질소는 다소 높았다. EC는 2021년 처리 모두가 적합기준이었고, 다른 년도에서는 적합기준보다 대부분 높았고 최종 2024년에도 처리기준보다 다소 높았지만 허용범위 0.50～1.00dS/m에 포함되었다. NO_3-N는 2024년 41～46mg/kg로 허용범위였으며 칼슘과 마그네슘은 모두 높았고 칼륨은 적합기준보다 낮았다.

표 1. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 토양화학성

연도	처리	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P_2O_5 (mg/kg)	Ex.Cations(cmol$^+$/kg)				NO_3-N (mg/kg)
						K	Ca	Mg	Na	
2020.03.06. (처리전)	T1～T4	6.0	1.74	4	47	0.23	10.4	6.6	0.19	64
2020.10.06.	T1	6.6	1.07	8	65	0.26	9.9	5.9	0.16	80
	T2	6.4	1.48	5	56	0.26	9.7	6.2	0.17	141
	T3	6.9	1.48	10	163	0.35	9.5	6.2	0.16	183
	T4	6.0	1.72	6	106	0.30	9.8	6.3	0.15	232
2021.10.15.	T1	6.8	0.17	9	70	0.15	7.8	5.0	0.16	43
	T2	6.8	0.19	8	48	0.13	7.1	4.8	0.18	48
	T3	6.9	0.21	8	93	0.18	7.8	5.2	0.19	63
	T4	6.7	0.18	7	61	0.15	7.9	5.3	0.18	69
2022.10.06.	T1	6.4	0.84	10	93	0.23	9.1	5.5	0.15	67
	T2	6.4	0.43	9	47	0.19	9.1	5.6	0.12	29
	T3	6.5	0.64	9	88	0.24	9.2	5.5	0.12	54
	T4	6.2	0.62	8	65	0.23	9.3	5.6	0.14	49
2023.10.06.	T1	5.8	1.16	10	101	0.22	9.6	5.8	0.17	84
	T2	5.8	0.60	8	59	0.18	9.3	5.9	0.13	34
	T3	5.9	0.89	10	141	0.24	9.6	5.7	0.14	64
	T4	5.7	0.83	9	95	0.21	6.9	5.8	0.15	58
2024.10.14.	T1	6.3	0.66	6	107	0.20	7.8	4.6	0.13	43
	T2	6.3	0.71	5	102	0.18	7.9	5.0	0.14	43
	T3	6.4	0.70	6	176	0.21	7.9	4.8	0.13	46
	T4	6.0	1.02	5	112	0.20	8.0	5.0	0.16	41
기준(적합)		5.0～6.0	0.50이하	10～20	100～250	0.30～0.70	3.0～5.0	1.0～2.0	0.05～0.15	50이하
허용범위		6.0～6.5	0.50～1.00	20～30	250～4000	0.70～1.00	5.0～6.5	2.0～4.0	0.15～0.20	50～100

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀　　T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)　　T4 : 관행(수단그라스→호밀)

나. 토양삼상

인삼 비가림 하우스 내 처리별 토양삼상을 조사한 결과는 표 2와 같다. 토양삼상(2020～2024)은 모두 T3 처리에서 고상이 다른 처리보다 낮았고 기상은 2022년 제외하고는 높은 경향을 나타냈다. 이는 볏짚과 밀기울 투입이 영향을 미친 것으로 판단된다.

표 2. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 토양삼상

연도	처리	고상	액상	기상
2020	T1	51.1	15.5	33.4
	T2	53.5	17.4	29.1
	T3	44.6	16.8	38.6
	T4	51.0	16.8	32.3
2021	T1	53.6	24.3	22.1
	T2	50.3	24.8	24.9
	T3	49.7	25.1	25.1
	T1	52.6	25.9	21.5
2022	T1	45.5	18.0	36.5
	T2	49.1	18.0	32.9
	T3	45.5	18.9	35.7
	T1	44.0	18.1	37.9
2023	T1	45.8	16.6	37.6
	T2	44.4	17.0	38.6
	T3	43.4	15.8	40.9
	T1	45.7	16.2	38.1
2024	T1	45.8	16.1	38.2
	T2	46.8	16.1	37.1
	T3	45.8	15.2	39.0
	T1	48.3	14.6	37.1

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀　　T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)　　T4 : 관행(수단그라스→호밀)
※ 적정 삼상분포 : 고상 40～50%, 액상 22～35%, 기상 25～35%

다. 뿌리썩음병원균 및 미생물

인삼 비가림 하우스 내 처리별 뿌리썩음병원균과 미생물의 변화는 표 3, 표, 4, 표 5와 같다. 6년근 채굴 후 시험 처리 전 미생물 밀도는 *C. destructans* 2.4cfu/g, *F. solani* 2.1cfu/g 밀도로 검출되었다(표 3). 2024년 뿌리썩음병원균 조사 결과는 *C. destructans*는 대부분 처리에서 미검출 되었으며, T1은 10월 14일에 검출되었으나 재배가능 범위로 나타났다. *F. solani*도 시기별 모든 처리에서 미검출 되었다(표 4).

표 3. 인삼 비가림 하우스 내 처리 전 뿌리썩음병원균 밀도(2020)

구 분	*C. destructans*(cfu/g)	*F. solani*(cfu/g)
T1~T4	2.4, +	2.1, +

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀　　T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)　　T4 : 관행(수단그라스→호밀)
※ + : 검출, - : 미검출

표 4. 인삼 비가림 하우스 내 처리 후 시기별 뿌리썩음병원균 발생 변화(2024)

- *C. destructans*

구 분 (월/일)	*C. destructans*							
	3/20	4/19	5/18	6/14	7/15	8/14	9/13	10/14
T1	-	-	-	-	-	-	-	+
T2	-	-	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	-	-	-	-	-	-	-	-

- *F. solani*

구 분 (월/일)	*F. solani*							
	3/20	4/19	5/18	6/14	7/15	8/14	9/13	10/14
T1	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	-	-	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	-	-	-	-	-	-	-	-

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀　　T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)　　T4 : 관행(수단그라스→호밀)
※ + : 검출, - : 미검출

2024년 조사한 ARRI17 미생물 밀도는 N.D~19.1cfu/g 범위였고 T1는 7월 15일 19.1cfu/g, T3는 9월 13일에 16.5cfu/g로 가장 높았다.

표 5. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 ARRI17 밀도 변화(2024)

구 분 (월/일)	ARRI17(cfu/g)							
	3/20	4/19	5/18	6/14	7/15	8/14	9/13	10/14
T1	1.0	0.9	N.D	2.1	19.1	2.9	2.2	N.D
T2	N.D	1.0	N.D	3.0	N.D	0.6	4.9	N.D
T3	0.6	2.5	1.3	3.1	N.D	3.9	16.5	N.D
T4	0.4	0.7	N.D	2.3	1.4	0.9	1.9	N.D

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀　　T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)　　T4 : 관행(수단그라스→호밀)

다. 시설 내 기상환경

인삼 비가림 하우스 내 처리별 미기상의 조사한 결과는 표 6과 같다. 시설내 미기상은 처리간 비슷하였으며 기온 13.0～26.7℃, 지온 13.8～24.8℃, 상대습도 72.1～87.6%, 토양수분은 10.6～14.2%, 평균투광량은 7～45㎛㏖/㎡/s 범위를 나타내었다.

표 6. 인삼 비가림 하우스 내 미기상(’22～’24 평균)

순 별		기온 (℃)	상대습도 (%)	지온 (℃)	토양수분 (%)	강우량 (mm)	투광량(㎛㏖/㎡/s)	
월	처리						평균	최고
5	T1	17.0	72.3	13.8	12.2	0.0	41	173
	T2	17.1	72.1	13.9	13.5	0.0	42	172
	T3	17.0	72.6	13.8	10.9	0.0	41	173
	T4	17.1	72.4	14.1	11.9	0.0	45	185
	외부	16.8	71.2	17.1	14.8	31.3	309	1,505
6	T1	22.4	80.1	18.4	12.6	0.0	32	184
	T2	22.5	79.3	18.6	14.1	0.0	32	182
	T3	22.4	78.4	18.6	12.2	0.0	29	176
	T4	22.4	79.0	19.0	12.8	0.0	35	198
	외부	22.2	76.3	22.5	14.2	71.9	263	1,539
7	T1	26.4	85.4	22.8	13.2	0.0	24	181
	T2	26.4	85.6	22.7	13.9	0.0	24	176
	T3	26.2	85.0	22.8	12.1	0.0	21	164
	T4	26.4	86.5	23.4	12.8	0.0	25	190
	외부	26.1	82.3	25.0	17.1	131.6	225	1,567

순 별		기온 (℃)	상대습도 (%)	지온 (℃)	토양수분 (%)	강우량 (mm)	투광량(μmol/㎡/s)	
월	처리						평균	최고
8	T1	26.6	84.9	24.2	12.7	0.0	13	64
	T2	26.7	85.1	24.3	14.2	0.0	13	56
	T3	26.7	84.2	24.2	11.9	0.0	10	52
	T4	26.7	87.6	24.8	12.8	0.0	13	66
	외부	26.3	82.0	25.7	18.5	112.3	203	1,385
9	T1	21.9	82.5	20.9	12.3	0.0	13	61
	T2	22.0	83.1	21.0	13.9	0.0	12	57
	T3	22.0	82.1	20.9	11.1	0.0	9	50
	T4	22.0	83.9	21.4	12.6	0.0	13	59
	외부	21.8	79.2	21.7	16.2	49.0	174	1,258
10	T1	13.0	83.5	14.4	11.8	0.0	10	44
	T2	13.1	84.2	14.5	13.1	0.0	9	43
	T3	13.0	84.5	14.2	10.6	0.0	7	37
	T4	13.2	84.6	14.4	12.2	0.0	9	47
	외부	12.7	81.4	13.4	14.7	30.0	132	1,017

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀 T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚) T4 : 관행(수단그라스→호밀)

라. 생육특성

인삼 비가림 하우스 내 처리별 지상부 생육의 조사한 결과는 표 7과 같다. 2년생의 지상부 출아율은 84.4~90.1% 범위를 나타냈으며, 초장, 경장의 생육(T2, T3, T4)은 T1보다 양호하였다. 3년생 출아율은 71.2~84.4% 범위를 나타냈으며, T4에서 초장, 경장이 다른 처리구보다 양호하였다. 4년생 출아율은 61.7~77.8% 범위를 나타냈으며, T4에서 초장, 엽장, 소엽수가 다른 처리구보다 양호하였다.

표 7. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 지상부 생육

연생	처리	출아율 (%)	초 장 (cm)	경 장 (cm)	경직경 (mm)	엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	소엽수 (개)	SPAD
2	T1	90.1 ns	13.2 b†	4.9 b	1.6 ns	4.9 ns	2.2 ns	12.2 ns	23.3 ns
	T2	84.4	14.4 a	5.7 a	1.6	5.2	2.4	11.5	23.1
	T3	84.8	15.0 a	6.3 a	1.6	5.4	2.4	12.9	21.3
	T4	84.8	14.5 a	5.6 ab	1.7	4.9	2.3	13.1	23.3
3	T1	84.4 ns	30.6 b	19.7 ab	3.3 ns	9.1 ns	3.7 ns	17.8 ns	24.8 b
	T2	80.7	30.5 b	18.3 bc	3.2	9.3	3.9	16.5	24.6 b
	T3	71.2	30.2 b	17.9 c	3.3	9.1	3.6	17.7	26.5 a
	T4	82.7	32.3 a	20.7 a	3.5	10.5	3.9	18.2	27.0 a
4	T1	73.3 ns	40.0 ns	29.2 ab	4.4 ns	11.3 ab	4.8 ns	19.9 b	29.6 b
	T2	77.8	39.9	29.2 ab	4.4	10.9 b	4.8	20.3 b	29.3 b
	T3	63.4	39.4	27.6 b	4.4	11.0 b	4.7	20.4 b	30.2 b
	T4	61.7	43.2	31.1 a	4.6	11.5 a	5.0	21.7 a	31.7 a

† DMRT at 5% level

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀　　T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물

T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)　　T4 : 관행(수단그라스→호밀)

2년생(2022.07.01.)

3년생(2023.08.30.)

4년생(2024.08.13.)

T1.	T2.	T3.	T4.
토양훈증(다조멧)+볏짚+호밀	수단그라스+토양훈증(다조멧)+길항미생물	(밀기울+수분+비닐피복)+(길항미생물+볏짚)	관행(수단그라스+호밀)

그림 2. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 지상부 생육

인삼 비가림 하우스 내 처리별 낙엽기, 생리장해, 병해발생 정도를 조사한 결과는 표 8과 같다. 낙엽기는 2년생 9월 20일, 3년생 9월 5일, 4년생 8월 30일이었다. 고온피해는 2년생과 3년생에서 T4가 가장 낮았고 4년생은 T1, T2, T3 등에서 낮게 나타났다. 점무늬병, 탄저병, 잿빛곰팡이병은 발생하지 않았다.

표 8. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 낙엽기, 생리장해 및 병해발생 정도

연생	처리	낙엽기 (월.일.)	고온피해† (0-9)	점무늬병‡ (0-9)	탄저병¶ (0-9)	잿빛곰팡이병♪ (0-9)
2	T1	9.20	3	0	0	0
	T2	9.20	3	0	0	0
	T3	9.20	3	0	0	0
	T4	9.20	1	0	0	0
3	T1	9.5.	3	0	0	0
	T2	9.5.	3	0	0	0
	T3	9.5.	5	0	0	0
	T4	9.5.	1	0	0	0
4	T1	8.30	1	0	0	0
	T2	8.30	1	0	0	0
	T3	8.30	1	0	0	0
	T4	8.30	3	0	0	0

† 0 : 무피해, 1 : 10% 미만, 3 : 10~20%, 5 : 20~40%, 7 : 40~60%, 9 : 60% 이상
‡♪¶ 0 : 무발생, 1 : 발생 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 11~25%, 7 : 26~40%, 9 : 41% 이상
T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀 T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚) T4 : 관행(수단그라스→호밀)

인삼 비가림 하우스 내 처리별 지하부 생육을 조사한 결과는 표 9와 같다. 2년생의 지하부 생육은 T2와 T3에서 근장이 가장 길었고, T1과 T2에서 근직경이 가장 굵었으며, 뿌리썩음병은 T2와 T3에서 적게 발생하였다. 3년생은 T1, T2, T4 처리에서 근장이 가장 길었고, T1 처리에서 근직경이 가장 굵었으며, T1 처리에서 근중이 가장 무거웠다. 또한 뿌리썩음병은 T1과 T2 처리에서 적게 발생하였다. 4년생 생존율은 T1과 T2에서 60.1~62.1%로 T4보다 18.1~16.1% 높았고, T2 처리에서 근장이 가장 길었고, T1과 T2 처리에서 동장이 가장 길었으며, 근직경도 T1과 T2에서 가장 굵었고, T2 처리에서 근중이 가장 무거웠다. 뿌리썩음병은 모든 처리에서 발생이 적었다.

표 9. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 지하부 생육

연생	처리	생존율 (%)	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g/근)	적변† (0-9)	은피‡ (0-8)	뿌리썩음병¶ (0-9)
2	T1	-	10.0 b♪	-	6.4 a	1.5 ns	1	0	3
	T2	-	11.4 a	-	6.4 a	1.5	1	0	1
	T3	-	11.2 a	-	5.8 b	1.4	1	0	1
	T4	-	10.6 ab	-	5.8 b	1.4	1	0	3
3	T1	-	16.2 a	8.3 ns	11.4 a	7.4 a	1	0	1
	T2	-	15.7 a	7.8	10.3 ab	5.0 b	1	0	1
	T3	-	13.0 b	7.9	9.3 b	4.4 b	0	0	3
	T4	-	15.0 a	8.0	9.9 b	4.3 b	0	0	3
4	T1	62.1 a	15.5 ab	7.5 a	13.8 a	10.1 b	1	1	1
	T2	60.1 ab	17.2 a	7.2 a	14.4 a	12.1 a	1	1	1
	T3	49.0 bc	15.5 ab	6.2 b	11.5 b	6.4 c	1	0	1
	T4	44.0 c	14.1 b	6.1 b	10.7 b	5.5 c	3	0	1

†‡ 0 : 무발생, 1 : 면적율 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 11~25%, 7 : 26~40%, 9 : 41% 이상
¶ 0 : 무발병, 1 : 발병주율 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 10.1~30%, 7 : 30.1~50%, 9 : 50.1% 이상
♪ DMRT at 5% level

T1 : 토양훈증(다조멧)→볏짚→호밀　　T2 : 수단그라스→토양훈증(다조멧)→길항미생물
T3 : (밀기울+수분+비닐피복)→(길항미생물+볏짚)　　T4 : 관행(수단그라스→호밀)

T1. 토양훈증(다조멧)+볏짚+호밀　T2. 수단그라스+토양훈증(다조멧)+길항미생물　T3. (밀기울+수분+비닐피복)+(길항미생물+볏짚)　T4. 관행(수단그라스+호밀)

그림 3. 인삼 비가림 하우스 내 처리별 지하부 생육

4. 적 요

인삼 비가림 하우스 내에서 빠른 시간 내에 재작하기 위해 뿌리썩음병을 경감할 수 있는 예정지 관리 기술을 개발하기 위해 토양분석, 미기상, 병해, 미생물, 생육조사 등을 실시하였다.

가. 토양화학성은 처리 전(2020년)보다 처리 후 4년생(2024년)에서 EC(0.66～1.02dS/m)와 NO_3-N(41～46mg/kg)가 각각 낮게 나타났다.

나. 토양삼상은 대부분의 년도에서 T3 처리의 고상이 다른 처리보다 낮았고 기상은 높은 경향을 나타냈다.

다. 뿌리썩음병원균 *C. destructans*는 시기별 대부분의 처리에서 미검출되었으나 T1에서는 은 10월 14일에 검출되었고, 이는 재배가능한 범위였다. *F. solani*는 시기별 모든 처리에서 미검출 되었다.

라. ARRI17 미생물 밀도는 N.D～19.1cfu/g 범위였으며, T1은 7월 15일에 19.1cfu/g, T3는 9월 13일에 16.5cfu/g으로 가장 높았다.

마. 미기상은 처리 간 비슷하였으며 기온은 13.0～26.7℃, 지온은 13.8～24.8℃, 상대습도는 72.1～87.6%, 토양수분은 10.6～14.2%, 평균투광량은 7～45㎛㏖/㎡/s 범위였다.

바. 지상부 생육에서 4년생 출아율은 61.7～77.8% 범위를 나타냈으며, T4는 초장, 엽장, 소엽수의 생육이 다른 처리구보다 양호하였다.

사. 4년생 지하부 생육에서 생존율은 T1과 T2가 60.1～62.1%로 T4보다 높았고, T2는 근장이 가장 길었으며, T1과 T2의 동장이 가장 길었다. 또한 근직경은 T1과 T2에서 가장 굵었고, T2의 근중이 무거웠다.

아. 뿌리썩음병의 발생은 2년생에서는 T2와 T3, 3년생에서는 T1과 T2에서 적게 발생하였으며, 4년생은 모든 처리에서 적게 발생하였다.

자. 결과적으로 지하부 생육, 생존율, 뿌리썩음병 발병정도를 종합적으로 고려했을 때 예정리 관리방법으로 T2(수단그라스→토양훈증→길항미생물)가 가장 적합하였다.

5. 인용문헌

경기도농업기술원. 2019. 인삼 비가림 하우스 재배시 고온피해 경감기술 개발. 시험연구보고서. pp. 933-944.

농림축산식품부 원예산업과. 2023. 인삼통계자료집.

농촌진흥청. 2009. 인삼 GAP 표준재배지침서.

농촌진흥청. 2010. 표준인삼경작방법.

농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사분석기준. pp. 759-772.

농촌진흥청. 2021. 윤작물을 활용한 인삼 연작장해 경감 작부체계 개발. 보고서. pp. 1-63.
전북농업기술원. 2012. 인삼 비가림 하우스 연작장해 경감기술 개발. 시험연구보고서. pp. 176-180.
한국인삼연초연구원. 1996. 최신고려인삼.

6. 연구결과 활용제목

- ❍ 인삼 비가림 하우스 시설재배시 예정지관리 방법('24 영농활용)
- ❍ 인삼 비가림하우스 내 예정지관리 기술 개발('24 국내학술발표)
- ❍ 인삼 비가림 하우스 내 예정지관리에 따른 뿌리썩음병 및 길항미생물 밀도 변화('24 국내학술발표)
- ❍ 예정지 관리방법에 따른 재작지 비가림 하우스 내 3년생 인삼의 뿌리썩음병 발생 변화('24 국내학술발표, 우수발표상)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도				
						'20	'21	'22	'23	'24
인삼 비가림 하우스 연작재배 기술 개발	**책임자**	**소득자원연구소**	**농업연구사**	**안영남**	**시험수행 총괄**	❍	❍	❍	❍	❍
	공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	안희정	병해조사	❍	❍	❍	-	-
		작물연구과	〃	안예향	생육조사	❍	❍	-	-	-
		작물연구과	〃	이대형	생육조사	-	-	-	❍	❍
		소득자원연구소	〃	이영석	병해조사	-	-	-	-	❍
		소득자원연구소	농업연구관	정재운	자료분석	❍	-	-	-	-
		환경농업연구과	〃	박중수	자료검토	❍	❍	-	-	-
		작물연구과	〃	이원석	자료분석	-	❍	-	-	-
		원예연구과	〃	김진영	자료검토	-	-	❍	❍	❍
		소득자원연구소	〃	이진홍	자료분석	-	-	❍	❍	❍
		농촌진흥청	〃	노안성	토양분석	-	-	❍	❍	-