

전략체계	혁신 - 3 - 2		수행시기	완료	
기술분야코드	V2	기술유형코드	S02	작목구분코드	IC-03-19ZZ
과제종류	공동연구		과제번호	PJ016665	
과제명	고위도 지역 재배 단삼 생산량 및 효능 평가				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	정진태		농업연구사	국립원예특작과학원	
연구기간	2022 ~ 2023		참여연구기관	농촌진흥청 등	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
2) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 재배 특성 및 생산량 평가			작물연구과	이기욱	'22 ~ '23
키워드	고위도, 수량, 단삼, 탄시논, 심혈관계질환				

ABSTRACT

This study evaluated the yield and efficacy of *Salvia miltiorrhiza* cultivation in high-latitude areas, conducted at the test field of the Ginseng and Medicinal Plants Research Institute (currently the Wild Plants Research Institute, Vegetable Experiment Station) located in Kimhwa-eup, Cheorwon-gun, Gangwon-do (38°15'06.07"N 127°23'21.31"E). The evaluation included the optimal planting time and harvest time for *S. miltiorrhiza* in this region. In the northern region of Gangwon, the optimal planting time for *S. miltiorrhiza* was found to be late March (March 31st), with the highest dry root weight per plant at 84.5g when planted at this time. Planting in early April (April 13th) resulted in a dry root weight of 77.0g, indicating that planting before early April is most advantageous. The optimal harvest time for *S. miltiorrhiza* planted in April, showed that harvesting in November of the same year resulted in a significantly higher dry root yield compared to October, making it more advantageous. Furthermore, harvesting in November of the following year resulted in a substantial increase in dry root weight per plant, at 239.5g compared to 133.5g in October, suggesting that November harvests would be most beneficial. To select the most suitable *S. miltiorrhiza* variety and lineage for cultivation in the northern Gangwon area, two varieties, Gossan and Dasan, along with four breeding lines including the pending Hongdan, were planted in April and harvested in November to evaluate their yield. The emergence rate of Dasan, Gossan, and the pending variety Hongdan was significantly higher than that of other breeding lines. In terms of dry root weight, Hongdan (pending variety registration), Gossan, and Dasan were significantly higher

than the other three lineages. Regarding the content of two effective components, Salviolic acid B was highest in Hongdan, and Tanshinone IIA was highest in Dasan.

1 연구목표

지난 100년 동안 세계의 평균기온은 0.7℃, 우리나라는 이보다 더 높은 1.5℃ 상승하였으며 IPCC (기후변화 관련 정부 간 협의체)는 현재 추세로 온실가스 배출 시, 2100년 전 세계 평균 기온은 4.7℃, 우리나라는 이보다 높은 5.7℃가 상승할 것으로 예측하고 있다. 고위도 지역이란 위도상 적도 기준으로 남극과 북극에 가까운 곳을 의미하고 기후변화에서 적도 및 저위도 보다 높은 온도상승률을 나타내는 지역이다. 특히 우리나라는 적도 북쪽인 북위 33~39°에 위치하며 이중 강원도 전체 면적을 포함하여 남한 면적의 25%가 북위 37~38°에 위치하는 고위도 지역에 해당한다. 기후변화가 약용작물에 미치는 영향은 일반적인 식량작물에서 나타나는 재배면적의 감소, 생산성 저하의 문제뿐만 아니라 약성을 발휘하는 이차대사산물의 성분 종류와 함량이 환경 변화에 의해 달라져 약용작물의 품질기준에 영향을 미칠 수 있다. 약용작물은 대부분 한약재나 기능성 식품 등의 원료로 사용되기 때문에 원료 및 지표성분 함량이 품질 평가의 기준이 되며 재배 최적지와 재배환경의 조절을 통해 표준화하는 것이 필수적이다. 기후 변화에 따라 주요 약용작물인 천궁 당귀 등 일부 작목에 대해 “모의전자기후도”를 작성한 결과(RDA., 2017), 총재배 가능지 (재배적지+재배가능지) 면적이 인삼, 당귀, 천궁 모두 지속적으로 감소하였으며 재배면적의 감소와 생산성 저하 뿐만 아니라 유효성분의 변화 등도 환경에 의해 달라져 약용작물의 품질 기준에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 단삼(뿌리)은 국내에서 사용되는 한약재 중의 하나로 그동안 전량 중국에서 수입되어 오다가 2010년부터 국내 재배를 시작하였으며 Choi 등 (2020)은 농업 경영성 측면에서 노동절감형 작목으로 판단하여 농촌 고령화에 따른 대안으로 재배농가와 면적이 확대될 것으로 예측하고 있다. 단삼의 약리작용에 관한 연구에서는 크게 두 가지 형태의 화합물인 lipid-soluble diterpenoids와 water-soluble polyphenolic의 화합물로 나눌 수 있으며, 이것은 항산화 활성의 산화방지에 대하여 혈관 및 피부 세포조직질화에 중요한 요인으로 여겨지고 있다. (Zhou *et al.*, 2005). 단삼의 유효성분은 대부분이 tanshinone I, IIA, IIB, dihydrotanshinone, cryptotanshinone, neotanshinone A, B, C, isotanshinone I, IIB, isocryptotanshinone 등과 danshensu(salviolic acid A), rosmarinic acid, lithospermate B, magnesium lithospermate B 같은 페놀성 화합물이 알려져 있으며(Li *et al.*, 2010), 효능으로는 항염, 항바이러스와 cardiovascular와 관련된 치료에 효과적이며 다양하게 사용되고 있다.

약용작물은 지표성분의 함량이 품질 평가의 기준이 되고 이는 단삼 역시 마찬가지인데 기후변화에 대응하기 위해서는 고위도 지역 환경에서의 생산성과 품질에 대한 평가와 예측이 중요하며 이와 관련한 적정 재배기술의 개발도 필요하다. 이에 본 연구에서는 단삼의 원료 생산과 지표성분 안전성 확보를 위한 생산시스템 등 고위도 지역에서의 지역적 특성을 살린 연구 개발을 통해 수입에 의존하는 원료의 국내 생산 전환을 목표로 한다.

〈제1세부과제 : 고위도 지역(강원 북부) 단삼 재배 특성 및 생산량 평가〉

(시험 1) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 정식적기 설정('22~'23, 1년차)

본 시험에서는 강원 북부 지역에서의 단삼 정식적기 설정을 위해 강원특별자치도 철원군 김화읍에 위치한 강원특별자치도농업기술원 인삼약초연구소(현 산채연구소 과채류시험장) 시험포장에서 2022년부터 2023년까지 2년간 실시하였다. 정식적기 설정을 위해 전년도에 노지 정식하여 정상 생육한 단삼 종근을 정식 전 수확하여 직경 0.5~0.8cm, 길이 5cm로 잘라 준비하였다. 정식 시기는 3월 하순(3월 31일), 4월 상순(4월 13일), 4월 하순(4월 27일), 5월 상순(5월 11일)과 5월 하순(5월 25일)까지 총 5시기에 정식하였으며 재배법은 농업기술잡이(RDA, 0000) 일반 재배기술에 준하여 영양번식 방법으로 실시하였다. 모든 처리구는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 따라 조사하였으며 수확은 11월 상순 일시 수확하였다.

(시험 2) 강원북부 지역 단삼 최적 수확시기 설정('22~'23)

본 시험에서는 단삼 최적 수확시기를 구명하기 위해 2022년부터 2023년까지 시험 1 과 동일한 시험포장에서 수행하였으며 처리내용은 수확 시기를 달리하여 당해연도 10월 수확, 11월 수확 및 차년도 3월 수확, 10월 수확, 11월 수확으로 총 5시기에 걸쳐 수확하였다. 모든 처리구는 당해연도 4월 13일 정식하였으며 그 외 모든 재배법은 시험 1과 동일하였다.

(시험 3) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 정식적기 설정('22~'23, 2년차)

본 시험은 시험 1의 연차 변이를 확인하기 위해 2022년 시험 내용과 마찬가지로 동일하게 수행하였다.

(시험 4) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 수확적기 설정('23~'24)

본 시험은 시험 2의 연차 변이를 확인하기 위해 2022년 시험 내용과 마찬가지로 동일하게 수행하였다.

(시험 5) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 적품종 및 계통 선발('23~'24)

본 시험은 고위도 지역에서의 단삼 적품종 및 계통 선발을 위해 육성된 단삼 2 품종(다산, 고산)과 육성종인 4 계통(고산, Y-10-001-21, Y-10-001-27, Y-10-001-31)을 대상으로 실시하였다. 모든 품종 및 계통의 정식 시기는 시험 2와 마찬가지로 4월 13일로 그 외 모든 재배법은 위 시험과 동일하게 수행하였다.

(시험 6) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 발근촉진 기술 개발

본 시험은 단삼의 종근을 이용한 영양번식시 종근의 정식 후 출아시까지 소요되는 기간을 단축하고자 실시하였으며 루톤분제를 농도별로 희석하여 침지 후 무처리 종근과 생육 특성을 비교하였다. 정식시기는 4월 13일이며 그 외 모든 재배법은 시험 2와 동일하게 수행하였다.

3 결과 및 고찰

<제1세부과제 : 고위도 지역(강원 북부) 단삼 재배특성 및 생산량 평가>

(시험 1) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 정식시기 설정('22~'23, 1년차)

○ 시험지역 기상환경

시험지역은 생육에 문제가 없는 기상 조건으로 시험지역의 월별 평균기온은 7월이 25.2℃로 가장 높았고 월 강수량은 6월부터 9월에 집중되었으며 총강수량은 1,733.2mm이었다(그림 1, 2 및 표 1).

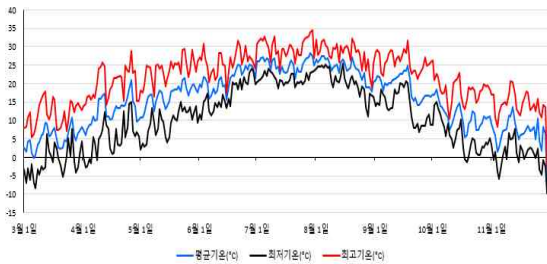


그림 1. 철원 평균기온 추이(2022년)

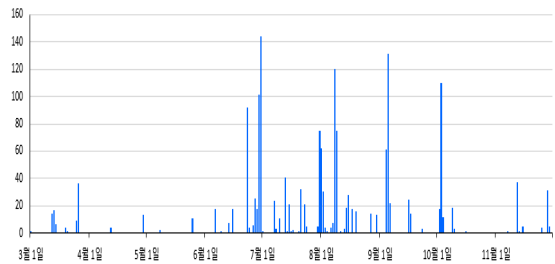


그림 2. 철원 일별 강수량 추이(2022년)

표 1. 시험지역(철원) 월별 평균기온 및 강수량

구분	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
평균기온 (°C)	5.2	12.6	16.7	21.2	25.2	24.0	19.4	11.4	6.6
강수량 (mm)	90.9	17.9	14.5	437.2	247.6	420.4	257.4	162.1	85.2

○ 지상부 출현특성

정식시기별 지상부 출현특성에서 출현소요일수는 4월 하순 정식이 14일로 가장 짧았으며 3월 하순 정식이 33일로 가장 길었으며 각 정식시기별 출현율은 81.3~95.2%로 유의적인 차이가 없었다(표 2).

표 2. 지상부 출현특성

구분*	출현시(월, 일)	출현기(월, 일)	출현소요일수(일)	출현율(%)
3월 하순	5월 3일	5월 11일	33d	95.2a
4월 상순	5월 6일	5월 12일	23c	93.4a
4월 하순	5월 11일	5월 20일	14a	95.1a
5월 상순	6월 1일	6월 10일	21b	81.3a
5월 하순	6월 17일	6월 27일	23c	86.4a

* 3월 하순은 3월 31일 정식하였으며 4월 상순은 4월 13일, 4월 하순은 4월 27일, 5월 상순은 5월 11일, 5월 하순은 5월 25일에 실시하였음, DMRT(p<0.05)

○ 지상부 생육특성

정식시기별 지상부 생육특성은 정식시기가 빠른 처리구에서 생육정도가 높았으나 3월 하순과 4월 상순 두 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었으나 4월 하순 이후의 처리구에서는 시기에 따라 유의적으로 차이가 있어 강원 북부지역에서는 4월 상순에 정식하는 것이 지상부 생육에 가장 유리할 것으로 판단되었다(표 3).

표 3. 지상부 생육특성

구 분	초장 (cm)	꽃대길이 (cm)	경수 (매/주)	엽수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생육정도 (1-3)
3월 하순	40.3c	58.8bc	5.4c	193.9c	8.6a	6.0a	3.0b
4월 상순	41.6c	60.9c	5.4c	191.7c	8.5a	6.3a	3.0b
4월 하순	37.0bc	54.7bc	4.4bc	143.5b	8.8a	6.0a	3.0b
5월 상순	30.4b	45.7b	3.6b	136.5b	9.2a	6.0a	2.8ab
5월 하순	13.5a	15.7a	1.4a	75.5a	9.1a	5.9a	2.6a

* DMRT(p<0.05)

○ 지상부 개화특성

정식시기별 개화시와 개화기는 정식시기가 빠를수록 앞당겨졌으며 3월 하순과 4월 상순은 개화율이 90% 이상으로 거의 완료되었으나 4월 하순은 개화율이 84.6%로 소폭 낮아졌고 5월 상순은 54.5%, 5월 하순은 3.5%로 정상적인 개화율에 도달하지 못했다. 또한 40%가 개화하는데 소요되는 개화소요일수는 정식시기가 늦을수록 유의적으로 앞당겨졌다(표 4).

표 4. 지상부 개화특성

구 분	개화시(월,일)	개화기(월,일)	개화율(%)	개화소요일수*(일)
3월 하순	6월 27일	7월 3일	93.4d	94b
4월 상순	7월 1일	7월 5일	90.2cd	94b
4월 하순	7월 5일	7월 11일	84.6c	72a
5월 상순	7월 21일	8월 1일	54.5b	68a
5월 하순	8월 14일	8월 24일	3.5a	56c

* DMRT(p<0.05), 개화소요일수는 파종 후 개화기(40% 개화)까지의 기간

○ 지상부 병해충 발생 특성

정식시기별 지상부 병해는 모든 처리구에서 발생하지 않았으나 질소결핍에 의한 생리장해가 모든 처리구에서 일정하게 발생하였으며 충해는 나방 유충에 의해 5월 하순 처리구를 제외한 모든 처리구에서 10% 미만으로 발생하였다. 5월 하순 처리구는 생육이 저조해 충해 발생이 유의적으로 낮았다(표 5).

표 5. 지상부 병해충 발생 특성

구 분	병해(0-9)	충해(0-9)
3월 하순	0a	1.7a
4월 상순	0a	1.1a
4월 하순	0a	1.1a
5월 상순	0a	1.5a
5월 하순	0a	1.5a

* DMRT(p<0.05)

○ 지하부 생육특성

정식시기에 따라 지하부 근장은 차이가 없었으나 근수와 근경은 정식시기가 빠를수록 증가하는 경향을 보였고 생근중과 건근중 역시 3월 상순과 4월 상순 처리구가 4월 하순 이후 처리구보다 유의적으로 증가하였다(표 6 및 그림 3).

표 6. 지하부 생육특성

구 분	근장 (cm)	근수 (개/주)	근경 (mm)	주당생근중 (g/주)	주당건근중 (g/주)	건근율 (%)
3월 하순	43.7a	26.2a	26.6a	246.9a	84.5a	34.3b
4월 상순	38.5ab	25.2ab	25.9a	227.2a	77.0a	33.9b
4월 하순	35.2b	20.8abc	22.6b	165.1b	57.0b	34.6ab
5월 상순	36.7ab	19.6bc	21.4ab	151.9b	54.1b	35.6ab
5월 하순	37.9ab	16.4c	18.7c	144.4b	54.0b	37.4a

* DMRT(p<0.05)



그림 3. 정식시기별 지하부 생육 현황

○ 지하부 유효성분 특성

처리별 단삼 시료는 각 1 g을 칭량하여 50 ml의 methanol를 첨가하고, 상온 (25℃)에서 30 분간 초음파를 처리 후, 다시 30 분간 교반 (500 rpm)하여 추출하였다. 추출 후 각 추출액을 filter paper (No. 6, Whatman International Ltd., Maidstone, England)로 1차 여과 후 감압 농축 (Eyela Co., Ltd., Tokyo, Japan)하고 Bond Elut C18 SPE 카트리지(Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)로 2차 여과 후 다시 감압 농축하여 추출물을 제조하였다. 추출 및 농축된 시료는 Syringe filter (13JP050AN, 0.50 μ m, Advantec Mfs. Inc., Dublin, CA, USA)에 여과한 후 HPLC 분석에 사용하였음. HPLC system은 Agilent 1290 Infinity II (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA) 을 사용하였으며, Column은 InfinityLab Poroshell 120 EC-C18(2.1 \times 50 mm, 1.9 μ m) (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)을 사용하였다 (표 7).

표 7. 단삼 지하부 유효성분 추출 HPLC 분석 조건

Instrument	Agilent 1290 Infinity II		
Column	InfinityLab Poroshell 120 EC-C18, 2.1 \times 50 mm, 1.9 μ m		
Detector	UV-VIS detector (280 nm)		
Solvent A	Water : Acetic acid = 99.2 : 0.8		
Solvent B	Acetonitrile: Acetic acid = 99.2 : 0.8		
Flow rate	0.4 ml/min		
oven	30 $^{\circ}$ C		
Injection volume	1 μ l		
Gradient elution system			
Time	%A	%B	
0	90	10	
5	80	20	
13	60	40	
20	40	60	
25	80	20	
30	90	10	

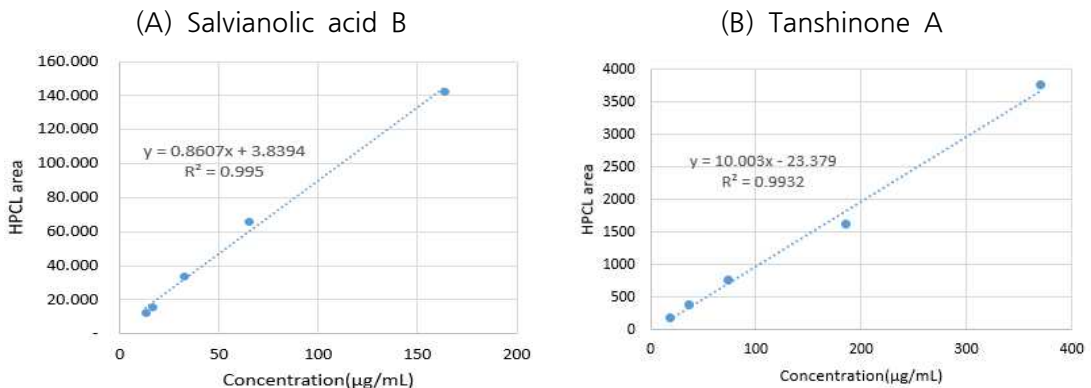


그림 4. 유효성분 2종 표준품의 검량선

정식시기에 따른 단삼의 지표성분 함량에서 Salvianolic acid B의 함량은 4월 하순 정식구에서 가장 높았으며 Tanshinone IIA 함량은 5월 상순 정식구에서 가장 높았다. 두 유효성분은 분석 조건 등의 차이로 진부와 음성 지역에서의 결과와 차이가 있었다(표 8).

표 8. 처리구별 단삼 지하부 유효성분 2종 농도

Treatment	Content ($\mu\text{g/g-EX}$)		
	Salvianolic acid B	Tanshinone IIA	
1년차 (2022년)	3월 하순	17.09 \pm 7.71	1.214 \pm 0.36
	4월 상순	11.27 \pm 2.60	0.803 \pm 0.07
	4월 하순	48.54 \pm 8.13	1.653 \pm 0.17
	5월 상순	30.02 \pm 4.69	2.087 \pm 0.29
	5월 하순	17.25 \pm 4.31	1.931 \pm 0.09

(시험 2) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 정식적기 설정('22~'23, 1년차)

○ 지상부 생육특성

수확시기별 지상부 생육특성은 수확시기 22년 10월 처리구를 기준으로 조사하였으며 시험 1. 정식적기 처리구 중 4월 상순 처리구와 비슷한 생육 특성을 보여 정상 생육하였다(표 9).

표 9. 지상부 생육특성

구 분	출현율 (%)	초장 (cm)	경수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생육정도 (1-3)
22년 10월	87.2	35.8	5.8	8.8	6.1	3.0
비교(4월 상순)	93.4	32.9	3.9	8.4	5.8	3.0

○ 지상부 개화 및 병해충 발생 특성

수확시기별 지상부 개화 및 병해충 발생 특성 역시 수확시기 22년 10월 처리구를 기준으로 조사하였으며 정상 범위 내에서 크게 발생하지 않았다(표 10).

표 10. 지상부 개화 및 병해충 발생 특성

구 분	개화시 (월,일)	개화율 (%)	병해 (0-9)	총해 (0-9)
22년 10월	6월 29일	91.3	0.0	1.1
비교(4월 상순)	7월 1일	90.2	0.0	1.1

○ 지하부 생육 및 수량 특성

수확시기별 지하부 생육특성은 그해 수확시 10월 수확이 11월 수확보다 생근중에서 소폭 높았고 건근중에서는 11월 수확이 높았으나 모두 유의성은 없었고 건근율에서는 11월 수확이 10월보다 유의적으로 높았다. 그해 수확과 다음 해 수확에서는 다음 해 10월과 11월 수확시 생근중과 건근중에서 유의적으로 크게 증가하였으며 건근율도 증가하는 경향을 보였으나 다음 해 3월 수확 시에는 생근중과 건근중 모두 감소하여 월동 기간 지하부의 양분 소모를 추정할 수 있었다(표 11, 12).

표 11. 지하부 생육특성

구 분	근장 (cm)	근수 (개/주)	근경 (mm)	주당생근중 (g/주)	주당건근중 (g/주)	건근율 (%)
22년 10월	44.5a	32.8b	30.6a	312.5c	88.9c	28.5d
22년 11월	44.5a	23.5c	22.2c	290.9c	89.8c	30.8c
23년 3월	44.6a	28.1bc	24.9b	267.6c	71.3c	26.7e
23년 10월	38.1a	44.4a	21.6c	403.3b	133.5b	32.9b
23년 11월	45.9a	31.5b	18.1d	617.2a	239.5a	38.7a

* 22년 10월 처리구는 22년 10월 13일 수확하였고 22년 11월 처리구는 11월 17일 수확하였으며 23년 3월 처리구는 23년 3월 15일, 23년 10월 처리구는 10월 13일 수확, 23년 11월 처리구는 23년 11월 17일에 수확하였음, DMRT(p<0.05)

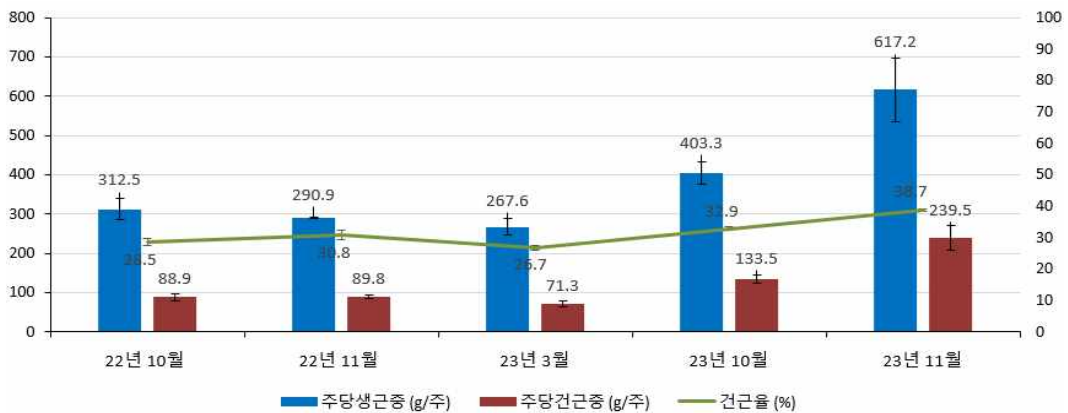


그림 5. 지하부 생육특성

표 12. 지하부 수량특성

구 분	생근수량(kg/10a)	건근수량(kg/10a)	수량지수
22년 10월	1533.0c	436.3c	99.0
22년 11월	1426.9c	440.7c	100.0
23년 3월	1312.8c	349.9c	79.4
23년 10월	1978.4b	655.0b	148.6
23년 11월	3027.3a	1174.7a	266.5

* DMRT(p<0.05)

(시험 3) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 정식작기 설정('22~'23, 2년차)

○ 시험지역 기상환경

시험지역의 월별 평균기온은 7월이 25.4℃로 가장 높았으며 월 강수량은 7월이 가장 많았으나 전년도와 비교하여 4월부터 11월까지 비교적 고른 강우가 지속되었고 총 강수량은 1,355.6 mm로 377.6mm 적었다(그림 7, 8 및 표 15).

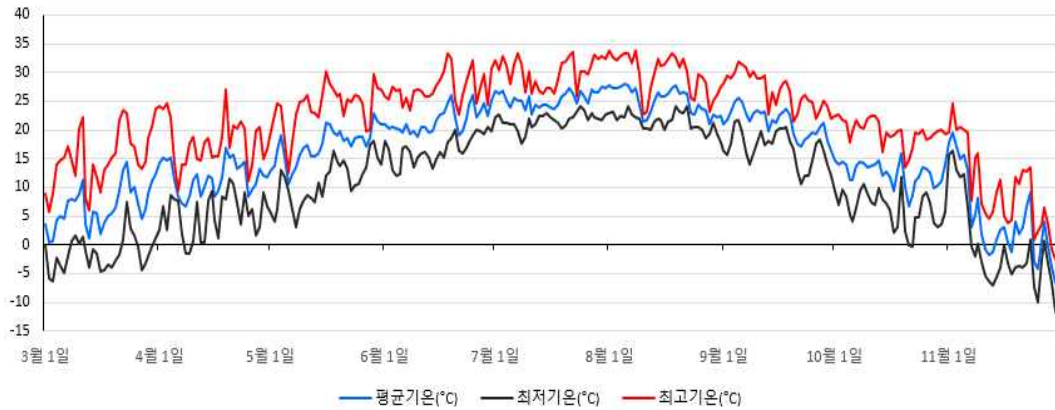


그림 7. 철원 평균기온 추이(2023년)

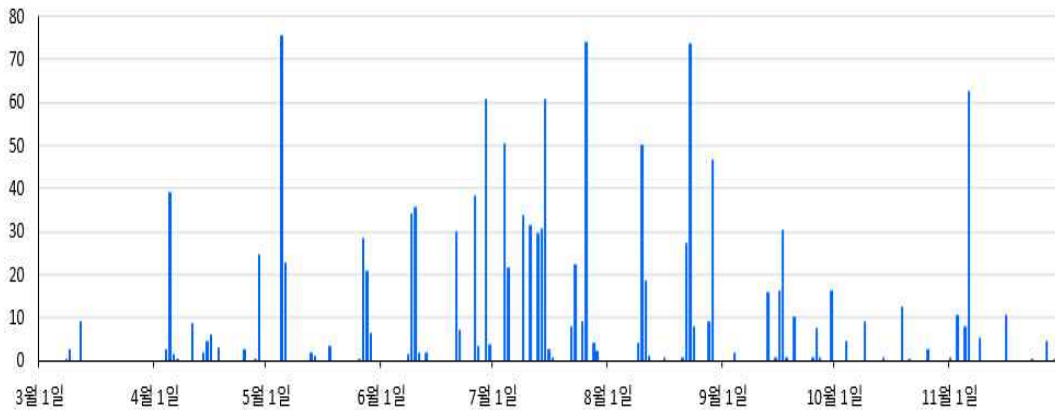


그림 8. 철원 일별 강수량 추이(2023년)

표 15. 시험지역(철원) 월별 평균기온 및 강수량

구분	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
평균기온(℃)	6.7	11.7	17.4	21.7	25.4	25.1	21.3	12.4	4.3
강수량합(mm)	12.5	97.5	161.9	220.4	383.4	241.6	102.9	30.5	104.9

○ 지상부 출현 특성

정식시기별 지상부 출현 특성에서 출현 소요일수는 4월 하순 정식이 24일로 가장 짧았으며 3월 하순 정식이 43일로 가장 길었다. 출현율은 3월 하순과 4월 상순이 유의적으로 가장 높았으며 5월 하순이 가장 낮았다(표 16).

표 16. 지상부 출현특성

구 분	출현시 (월, 일)	출현기 (월, 일)	출현소요일수 (일)	출현율 (%)
3월 하순	5월 13일	5월 18일	43일	95.6c
4월 상순	5월 15일	5월 21일	32일	93.3c
4월 하순	5월 21일	5월 29일	24일	86.7b
5월 상순	6월 8일	6월 10일	28일	92.2bc
5월 하순	6월 22일	7월 4일	28일	48.9a

*DMRT: $p < 0.05$, 3월 하순은 3월 31일 정식하였으며 4월 상순은 4월 12일, 4월 하순은 4월 27일, 5월 상순은 5월 11일, 5월 하순은 5월 25일에 실시하였음.

○ 지상부 생육특성

정식시기별 지상부 생육특성에서 초장과 꽃대길이는 3월 하순부터 4월 하순까지 유의적으로 가장 높았으며 생육정도 역시 해당 처리구가 유의적으로 가장 높았다. 경수와, 엽장, 엽폭은 처리별 차이가 없었다(표 17).

표 17. 지상부 생육특성

구 분	초장 (cm)	꽃대길이 (cm)	경수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생육정도 (1-3)
3월 하순	35.2a	48.6a	2.0a	8.1a	6.4a	3.0a
4월 상순	38.3a	53.5a	1.6a	8.3a	5.5a	3.0a
4월 하순	37.8a	55.4a	1.9a	8.8a	6.2a	3.0a
5월 상순	23.8b	34.0b	2.0a	7.9a	5.2a	2.6b
5월 하순	16.6b	10.6c	1.9a	8.3a	6.0a	1.6c

* DMRT: $p < 0.05$

○ 지상부 병해충 발생 특성

지상부 병해는 발생하지 않았고 질소결핍에 의한 생리장해가 일정하게 발생하였으며 총해는 나방 유충에 의해 모든 처리구에서 10~30% 수준으로 발생하였으나 처리구간 차이는 없었다(표 18).

표 18. 지상부 병해충 발생 특성

구 분	병해(0-9)	총해(0-9)
3월 하순	0a	1.4a
4월 상순	0a	1.1a
4월 하순	0a	1.5a
4월 상순	0a	1.5a
5월 하순	0a	1.0a

* DMRT: $p < 0.05$, 병·총해 발생정도(0~9) : 엽면적 기준 0(무발생), 1(10%미만), 3(10~30%), 5(30~40%), 7(40~60%) 9(60%이상)

○ 지하부 생육특성

생근중과 수량에서 4월 상순 정식 때 유의적으로 가장 높았으며 3월 하순 > 4월 하순 > 5월 상순 > 5월 하순 순이었다. 이에 강원 북부 지역에서는 단삼 정식시 4월 상순 이전에 정식하는 것이 가장 유리할 것으로 판단된다(표 19 및 그림 9).

표 19. 지하부 생육특성

구 분	근장 (cm)	근경 (mm)	근수 (개/주)	생근중 (g/주)	건근중 (주)	생근수량 (kg/10a)	건근수량 (kg/10a)
3월 하순	36.9ab	19.8ab	30.4a	218.1ab	69.3ab	1,174.2ab	373.1ab
4월 상순	33.8b	22.1a	31.1a	259.6a	82.8a	1,363.0a	435.0a
4월 하순	38.5a	16.2b	21.5b	202.2bc	61.6bc	986.4bc	300.5bc
5월 상순	33.4b	18.0ab	20.3b	156.0c	47.4cd	813.2c	247.0c
5월 하순	36.1ab	18.8ab	15.2b	155.6c	42.3d	430.1d	116.9d

* DMRT: $p < 0.05$



그림 9. 정식시기별 지하부 생육 결과

(시험 4) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 수확시기 설정('23~'24)

○ 지상부 생육특성

수확시기별 지상부 생육특성은 정식시기가 동일하므로 처리구간 차이가 없고 모든 처리구에서 정상 수준의 생육을 보였다(표 20).

표 20. 지상부 생육특성

구 분	출현율 (%)	초장 (cm)	꽃대높이 (cm)	경수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생육정도 (1-3)
23년 10월	82.8	33.4	51.5	1.7	8.8	6.5	3.0
23년 11월	87.2	35.3	49.3	2.2	8.5	5.9	3.0
24년 3월	86.1	35.3	50.0	1.7	8.4	5.8	3.0
24년 10월	82.8	36.0	48.5	1.7	8.5	6.2	3.0
24년 11월	81.1	32.3	46.8	2.0	8.3	5.8	3.0

○ 지상부 개화 및 병해충 발생 특성

병해충 발생 양상도 모든 처리구에서 비슷한 경향이였다(표 21).

표 21. 지상부 개화 및 병해충 발생 특성

구 분	병해(0-9)	충해(0-9)
23년 10월	0.0	1.3
23년 11월	0.0	1.1
24년 3월	0.0	1.2
24년 10월	0.0	1.2
24년 11월	0.0	0.1

○ 지하부 생육특성

생근중과 생근수량 모두 11월 수확할 경우 10월과 비교하여 높았다. 강원 북부 지역에서는 단삼 수확시 11월에 수확하는 것이 10월과 비교하여 수량에서 유리할 것으로 판단된다(표 22 및 그림 10).

표 22. 지하부 생육특성

구 분	근장 (cm)	근경 (mm)	근수 (개/주)	생근중 (g/주)	건근중 (g/주)	생근수량 (kg/10a)	건근수량 (kg/10a)
23년 10월	33.6	20.8	34.1	223.7	69.3	1,045.9	323.8
23년 11월	38.3	17.9	24.9	262.3	93.9	1,292.2	462.5



23년 10월



23년 11월

그림 10. 수확시기별 지하부 생육 결과

(시험 5) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 적품종 및 계통 선발('23~'24)

○ 지상부 출현특성

계통별 출현율은 다산 등 3품종이 유의적으로 높았으며 21 등 3계통은 매우 낮았다(표 23).

표 23. 지상부 출현특성

구 분	출현시(월, 일)	출현기(월, 일)	출현소요일수(일)	출현율(%)
다산	5월 17일	5월 23일	34일	80.6b
고산	5월 17일	5월 28일	34일	76.1b
홍단	5월 17일	5월 24일	34일	78.9b
Y-10-001-21	5월 17일	5월 27일	34일	33.9a
Y-10-001-27	5월 24일	5월 31일	41일	12.2a
Y-10-001-31	5월 22일	5월 28일	39일	28.3a

* DMRT: $p < 0.05$

○ 지상부 생육특성

지상부 생육특성에서 초장은 홍단이 유의적으로 가장 높았으며 생육정도를 기준으로 다산, 고산, 홍단이 유의적으로 높았으며 Y-10-001-21, 27, 31이 낮았다(표 24).

표 24. 지상부 생육특성

구 분	초장 (cm)	꽃대길이 (cm)	경수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	생육정도 (1-3)
다산	33.8ab	47.9ab	1.7ab	8.3b	5.6cd	310.7a	3.0a
고산	28.5abc	46.2ab	2.1ab	9.5ab	6.8a	276.2a	3.0a
홍단	35.8a	56.6a	2.5a	9.6a	6.3abc	348.8a	3.0a
Y-10-001-21	24.2bc	33.4b	1.5b	6.9c	5.2d	501.7a	2.4b
Y-10-001-27	24.1bc	36.5b	2.4ab	8.3b	6.0bc	224.8a	2.3b
Y-10-001-31	22.0c	30.2b	1.8ab	9.1ab	6.4ab	221.8a	2.0b

* DMRT: $p < 0.05$

○ 지상부 병해충 발생 특성

지상부 병해와 충해는 모든 처리구에서 10% 미만으로 발생하였으며 처리구별 차이가 없었다(표 25).

표 25. 지상부 병해충 발생 특성

구 분	병해(0-9)	충해(0-9)
다산	0	1.1
고산	0	0.9
홍단	0	1.0
Y-10-001-21	0	1.1
Y-10-001-27	0	1.2
Y-10-001-31	0	1.1

*병충해 발생정도(0-9): 엽면적 기준 0(무발생), 1(10%미만), 3(10~30%), 5(30~40%), 7(40~60%) 9(60%이상)

○ 지하부 생육특성

생근중에서는 모든 품종과 계통에서 유의적인 차이가 없었으나 출현율이 고려된 수량 기준으로 다산과 홍단, 고산이 유의적으로 가장 높았으며 강원 북부지역에서는 홍단 > 다산 > 고산 순으로 적합할 것으로 판단되었다(표 26 및 그림 11).

표 26. 지하부 생육특성

구 분	근장 (cm)	근경 (mm)	근수 (개/주)	생근중 (g/주)	건근중 (g/주)	생근수량 (kg/10a)	건근수량 (kg/10a)
다산	38.9ab	18.1	23.4	259.3a	76.8a	1,166.2a	345.6a
고산	42.1a	15.7	15.0	218.0a	64.9a	927.2a	276.1a
홍단	36.9ab	16.2	27.5	272.8a	78.5a	1,250.4a	357.9a
Y-10-001-21	34.6b	15.9	22.3	188.4a	53.9a	366.8b	106.0b
Y-10-001-27	39.5ab	14.3	19.4	226.5a	58.6a	139.5b	37.8b
Y-10-001-27	41.5a	16.9	10.9	170.7a	45.5a	273.3b	72.9b
평균	38.9	16.2	19.8	222.6	63.0	687.2	199.4

*DMRT: $p < 0.05$

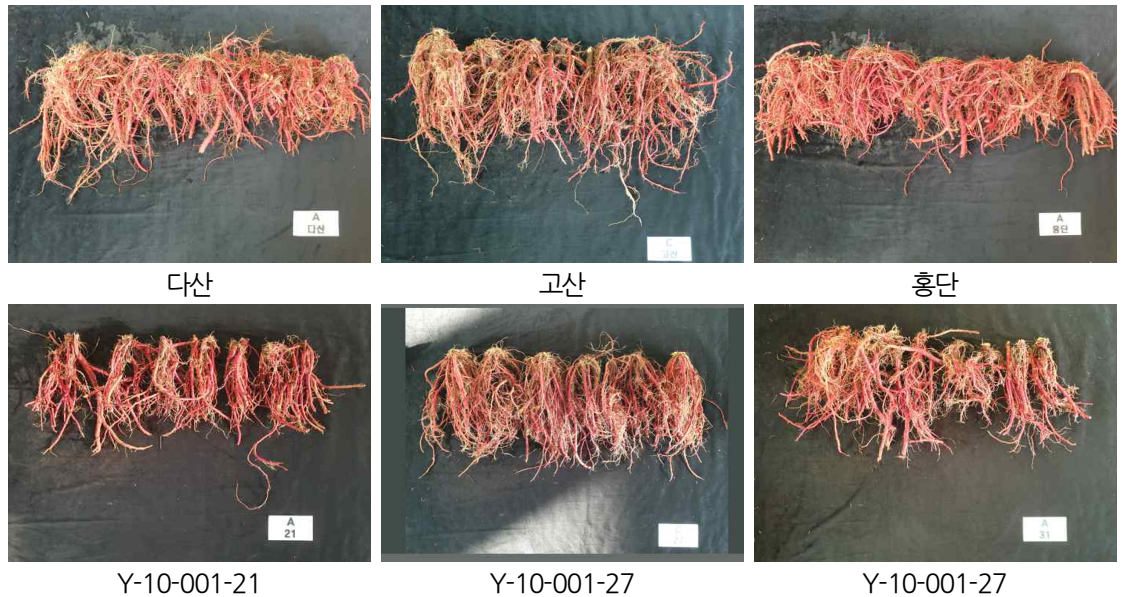


그림 11. 품종 및 계통별 지하부 생육 결과

○ 지하부 유효성분 특성

처리별 단삼 시료의 추출물 제조 방법과 HPLC 분석 조건은 시험 1과 동일하였다(표 27 및 그림 12). 강원 북부지역에서의 품종 및 계통별 단삼 유효성분 2종의 함량은 Y-10-001-21 계통이 Salvianolic acid B 와 Tanshinone IIA 모두 가장 높았으며 Salvianolic acid B의 경우 홍단 > Y-10-001-31 > 다산 > 고산 > Y-10-001-27 순이었으며 Tanshinone IIA는 다산 > Y-10-001-27 > Y-10-001-31 > 고산 > 홍단 순이었다(표 28).

표 27. 단삼 지하부 유효성분 추출 HPLC 분석 조건

Instrument	Agilent 1290 Infinity II		
Column	InfinityLab Poroshell 120 EC-C18, 2.1 × 50 mm, 1.9 μm		
Detector	UV-VIS detector (280 nm)		
Solvent A	Water : Acetic acid = 99.2 : 0.8		
Solvent B	Acetonitrile: Acetic acid = 99.2 : 0.8		
Flow rate	0.4 ml/min		
oven	30℃		
Injection volume	1 μl		
Gradient elution system			
Time	%A	%B	
0	90	10	
5	80	20	
13	60	40	
20	40	60	
25	80	20	
30	90	10	

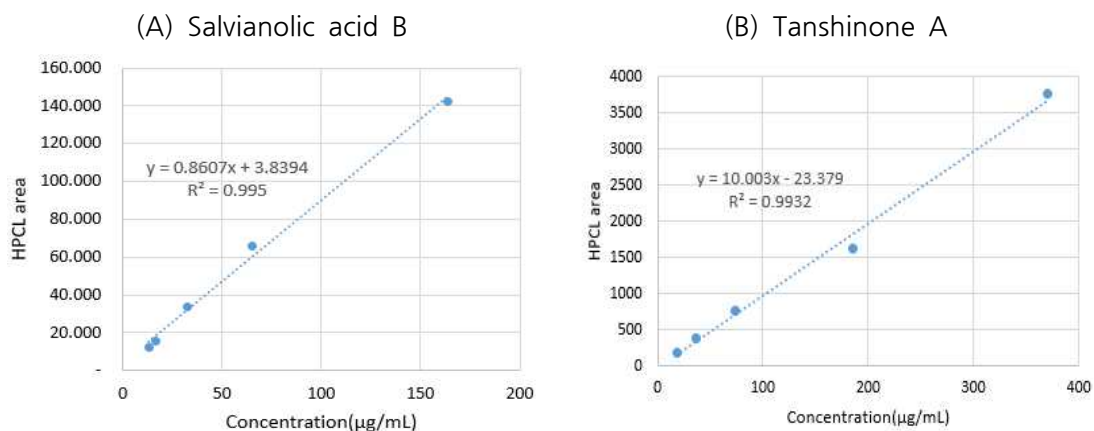


그림 12. 유효성분 2종 표준품의 검량선

표 28. 처리구별 단삼 지하부 유효성분 2종 농도

Treatment	Content (μg/mg·EX)		
	Salviaanolic acid B	Tanshinone II A	
다산	46.40±1.95	1.23±0.05	
고산	44.37±3.19	1.15±0.10	
적품종	홍단	59.57±10.79	1.09±0.10
선발	Y-10-001-21	66.69±8.30	1.84±0.02
	Y-10-001-27	44.31±6.74	1.23±0.10
	Y-10-001-31	46.55±10.81	1.20±0.07

(시험 6) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 발근촉진 기술 개발

○ 지상부 출현특성

처리구별 출현율은 유의적으로 큰 차이가 없었다(표 29).

표 29. 지상부 출현특성('23. 7. 9. 기준)

구 분	출현시(월, 일)	출현기(월, 일)	출현소요일수(일)	출현율(%)
×1*	5월 15일	5월 21일	32일	99.4a
×3	5월 15일	5월 23일	32일	95.1a
×5	5월 15일	5월 20일	32일	94.4a
×10	5월 15일	5월 20일	32일	98.1a
×20	5월 15일	5월 23일	32일	98.8a
무처리	5월 15일	5월 20일	32일	99.4a

* : ×1,000배(ppm), **DMRT: $\rho < 0.05$

○ 지상부 생육특성

처리구별 지상부 생육특성은 큰 차이가 없었다(표 30).

표 30. 지상부 생육특성('23. 7. 12. 기준)

구 분	초장 (cm)	꽃대길이 (cm)	경수 (매/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생육정도 (1-3)
×1	29.3a	42.2a	2.3a	8.5a	6.0a	2.8a
×3	33.1a	44.6a	2.6a	8.5a	6.3a	2.7a
×5	32.0a	44.4a	2.6a	8.0a	6.0a	2.9a
×10	30.3a	44.2a	2.4a	8.7a	6.4a	2.9a
×20	32.1a	41.5a	2.5a	8.5a	6.1a	2.8a
무처리	33.5a	49.0a	2.8a	8.2a	5.9a	2.9a

*DMRT: $\rho < 0.05$

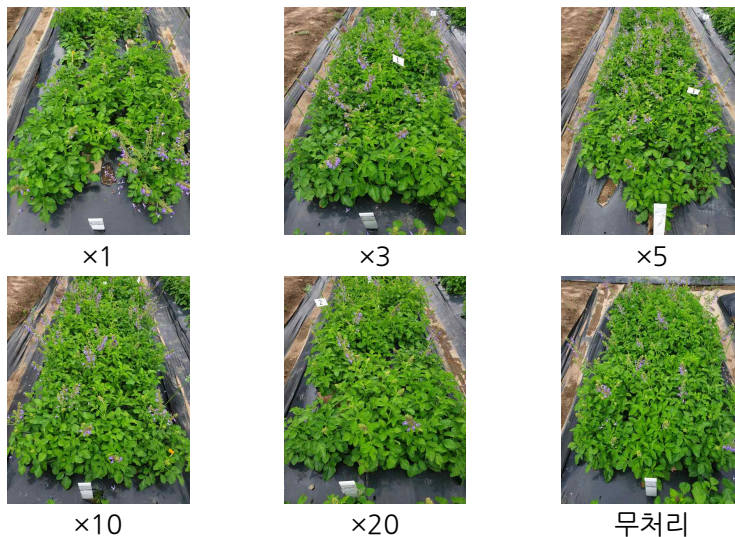


그림 13. 루톤 처리별 지상부 생육 현황

○ 지하부 생육특성

모든 처리구에서 루톤 분제 처리에 따른 지하부 수량이 유의적 차이를 보이지 않았다(표 31).

표 31. 지하부 생육특성

구 분	근장 (cm)	근경 (mm)	근수 (개/주)	생근중 (g/주)	건근중 (g/주)	생근수량 (kg/10a)	건근수량 (kg/10a)
×1	33.9	163.3	28.6	231.8	75.3	1,274.2	413.8
×3	35.0	16.7	21.8	205.3	67.9	1,084.4	358.6
×5	33.5	18.6	32.7	220.5	69.8	1,152.1	364.9
×10	33.4	17.4	32.7	194.2	63.2	1,052.2	342.3
×20	35.2	17.5	23.9	224.3	74.0	1,223.0	403.1
무처리	38.8	20.3	30.2	223.6	73.8	1,249.1	412.3

4 적 요

(시험 1) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 정식적기 설정('22~'23, 1년차)

가. 강원 북부 지역에서 단삼 정식 적기는 지하부 주당 건근중 기준 3월 하순(3월 31일) 정식 시 84.5g으로 가장 높았으며 4월 상순(4월 13일) 77.0g 으로 4월 상순 이전 정식이 가장 유리하였음

(시험 2) 강원 북부 지역 단삼 최적 수확시기 설정('22~'23)

가. 강원 북부 지역의 단삼 최적 수확시기는 당해연도 수확시 건근율에서 11월 수확이 10월 수확보다 유의적으로 높아 유리하였으며 다음 해 수확에서는 11월 수확시 주당 건근중 기준 239.5g으로 10월 수확시 133.5g보다 크게 증가하여 유리할 것으로 판단됨

(시험 3) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 정식적기 설정('22~'23, 2년차)

가. 강원 북부 지역에서 단삼 정식 적기의 연차 변이를 확인한 결과, 4월 상순(4월 12일) 정식 시 주당 건근중 기준 82.8g으로 가장 높았으며 3월 하순, 4월 하순 순이었음

(시험 4) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 수확적기 설정('23~'24)

가. 강원 북부 지역에서의 단삼 최적 수확시기 연차 변이는 당해연도 10월과 11월 수확 시 11월 수확하는 것이 주당 건근중 기준 93.9g으로 10월 수확시보다 유리함

(시험 5) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 적품종 및 계통 선발('23~'24)

가. 강원 북부 지역에서 단삼 적품종 및 계통은 출현율에서 다산, 고산, 흥단 등 3 품종이 그 외 육성 계통보다 유의적으로 크게 높았으며 지하부에서도 건근 기준 흥단, 고산, 다산이 3 계통보다 유의적으로 높았으나 품종 간 유의성은 없었음

나. 품종별 유효성분 2종에 대한 함량에서는 Salvianolic acid B의 경우 홍단이 가장 높았으며 Tanshinone IIA는 다산이 가장 높았음

(시험 6) 고위도 지역(강원 북부) 단삼 발근촉진 기술 개발

가. 발근 촉진을 위한 루톤 분제 희석 침지 처리에서는 모든 처리구에서 큰 차이가 없었음

5 인용문헌

Choi DW, Kim DC, Lee HA and Lim CR. (2020). Statistical difference of production efficiency in medicinal crop farm. Journal of Korean Society for Quality Management. 48:453-462.

Zhou L, Zuo Z and Chow MSS. (2005). Danshen: An overview of its chemistry, pharmacology, pharmacokinetics, and clinical use. The Journal of Clinical Pharmacology. 45:1345-1359.

Li W and Qu H. (2010). Rapid quantification of phenolic acids in Radix *Salvia miltorrhiza* extracts solutions by FT-NIR spectroscopy in transreflective mode. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 52:425-431.

RDA. (2017). Impact Assessment based on Climate Change Scenarios (RCP) in Apple, Grape, Mandarin, Ginseng, Cnidium, and Korean Angelica

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2022(1년)	학술발표	강원 북부지역 단삼 정식시기별 생육 평가
	컨설팅	단삼 재배농가 현장지원 및 컨설팅
2023(2년)	컨설팅	단삼 재배농가 현장지원 및 컨설팅

성과지표		연도	1년차 (2022)		2년차 (2023)		계	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제	-	-	-	-	-	-	
	국내	-	1	1	-	1	1	
현장컨설팅		1	1	1	1	2	2	
계		1	2	2	1	3	3	

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'22	'23
과제책임자	원예특작과학원	농업연구사	정진태	과제 총괄	-	○
세부책임자	작물연구과	농업연구사	이기욱	세부주관 수행	○	○
공동연구자	작물연구과	농업연구사	모영문	현장조사 지원	○	○
	작물연구과	농업연구관	김영진	평가분석 지원	-	○
	작물연구과	농업연구사	이안수	현장조사 지원	-	○
	작물연구과	농업연구관	최병철	평가분석 지원	-	○
	작물연구과	공업서기보	박종열	현장조사 지원	-	○
	연구협력과	농업연구관	고병대	평가분석 지원	○	-
	농업환경연구과	농업연구사	이재형	현장조사 지원	○	-
	산채연구소	"	윤병성	"	○	-
	농식품연구소	농업연구관	엄남용	평가분석 지원	○	-
	산채연구소	공업서기	박준영	현장조사 지원	○	○
	산채연구소	운전서기보	조태희	"	○	○
	작물연구과	공무직	김정미	"	○	○
	작물연구과	"	이은열	"	○	○
산채연구소	"	허지성	"	○	○	