



인삼 하우스 직파재배 시 파종밀도 및 솎음처리가 3 년근 인삼의 생육과 수량에 미치는 영향

서수정* · 장인배* · 유 진* · 장인복* · 현동윤* · 박홍우** · 권기범*
*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **국립산림과학원 산림약용자원연구소

Effects of Sowing Density and Thinning Treatment on Growth Characteristics and Yield of 3-Year-Old Ginseng Cultivated in a Greenhouse

Su Jeoung Suh*, In Bae Jang*, Jin Yu*, In Bok Jang*, Dong Yun Hyun*, Hong Woo Park** and Ki Bum Kweon*[†]

^{*}Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

^{**}Forest Medicinal Resource Research Center, NIFS, Punggi 36040, Korea.

ABSTRACT

Background: The cultivation of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) in greenhouses could reduce the use of pesticides and result in higher yield; however, construction costs are problematic. The adaptation of direct-sowing culture in greenhouses could reduce the cost of ginseng production.

Methods and Results: To improve seedling establishment in direct-sowing culture, effects of sowing density (SD), number of seeds sown per hole (SN), and thinning (TH) treatment on the root yield were investigated after 3 years of seeding. The emergence rate was significantly influenced by SD, but not by SN or TH. Damping-off and rusty roots increased with an increase in SN with diminishing effects of SN on seedling establishment. Root weight and diameter were affected by SD, SN, and TH, however, there were no statistical significances. The total number of roots harvested per unit area increased with increasing SD and SN, and the weight of roots was affected by SD, but not by SN or TH.

Conclusions: Multi-seed sowing per hole and/or thinning might not be an efficient method for the direct-sowing culture of ginseng. The SD for direct seeding culture in greenhouses should be approximately 33 - 42 seeds/m² for an optimum yield of 3-year-old ginseng.

Key Words: *Panax ginseng* C. A. Meyer, Direct-sowing Culture, Greenhouse, Sowing Density, Thinning

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 기능성 물질을 다량 함유하고 있어 항암작용 등 약리적인 효능이 다른 작물에 비해 뛰어나 고부가가치 산업으로 이어질 수 있는 매우 가치 있는 작물이며, 우리나라 농산물의 주요 수출 품목이다. 그러나 해가림시설 밑에서 재배되는 인삼은 비가 올 경우 빗물로 전파되는 탄저병이나 점무늬병 발생으로 인해 수확량이 감소하므로 (Im *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2008; Lee *et al.*,

2011), 병해충의 피해를 막기 위한 농약사용이 많이 이루어지고 있다. 이러한 농약 사용은 농가의 경영비를 증가시키고 또한 식품안정성을 저해하는 요소로 작용하므로 이를 극복하기 위한 방안이 필요하다.

최근 들어 개발된 인삼 하우스 비가림 재배는 빗물로 전파되는 탄저병이나 점무늬병이 확산되는 것을 차단하여 병발생을 예방하고 농약사용을 감소시키면서도 수량을 증가시킬 수 있는 장점을 가지고 있다 (Lee *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2014).

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5604 (E-mail) giveme@korea.kr

Received 2017 October 30 / 1st Revised 2017 November 11 / 2nd Revised 2017 December 11 / 3rd Revised 2018 January 16 / Accepted 2018 January 22

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인삼은 다년생 작물로서 수확할 때까지 4-6 년이 소요되는 데, 일년생 묘삼을 생산하여 본포에 이식하는 이식재배와 씨앗을 본포에 직접 파종한 후 그 자리에서 수확 시까지 재배하는 직파재배법이 사용되고 있다 (Won and Jo, 1999; Lee *et al.*, 2005).

인삼재배 농가에서는 홍삼 제조를 위하여 체형이 좋은 인삼 생산에 유리한 이식재배를 더 선호하고 있으나, 최근 들어 다양한 용도의 원료삼 생산을 위해서 묘삼구입비 및 이식비를 절감할 수 있으며 생산량이 많아 직파재배 농가가 꾸준히 증가하고 있다. 지금까지 인삼 직파재배에 대한 기초·기반 연구로서 재식밀도별 근권특성 연구와 직파재배용 품종 선발 및 생리장해 양상 연구가 수행된 바 있다 (Lee *et al.*, 2005; Seong *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2015).

직파재배는 1 년생 때 입모수 확보와 병해에 취약하여 모잘록병 발생 등에 따른 생존주수 확보가 중요한 관건이다 (Lee *et al.*, 1978; Yu *et al.*, 1990; Lee *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2015). 재식밀도는 식물의 성장 및 수확량과 밀접한 관계가 있는데 (Rahman and Hossain, 2011; Placido *et al.*, 2015), 인삼은 수확 연수에 따라 재식밀도를 다르게 고려할 필요가 있다. 인삼 직파재배는 밀식을 하는 경향이 있는데, 해마다 엽면적 지수 및 뿌리의 생육이 증가하므로 재배연수에 따라 적정 수만 남기고 슈음 처리를 하여 지상부가 웃자라지 않고 병해를 억제하는 효과를 얻을 수 있다 (RDA, 2014).

입모율이 저조할 것을 염려하여 의도적으로 한 파종구 (혈, 穴)에 2 립 이상 파종하거나, 자동 파종기를 사용할 때는 비의도적으로 2-3 립씩 파종이 되기도 한다. 직파재배 시 입모율을 높이기 위해 파종구, 즉 혈 (穴) 당 2 립 또는 3 립을 파종한 후 2 년생에 지상부가 올라온 것을 1 주만 남기고 슈아내는 처리를 하는 시도를 하였는데 (Mo *et al.*, 2015), 이로 인해 2 년생의 입모율이 향상되는 결과를 얻은 바 있다.

이 연구의 연장으로써 본 연구는 파종거리, 혈당 파종립수, 그리고 슈음처리에 의한 3 년근 인삼의 입모율과 생육을 고찰함으로써 하우스 직파재배 시의 적정 재식밀도를 설정하는데 참고 자료로 삼고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 처리

본 연구는 강원도 평창군 진부면에 있는 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 시험포장에서 수행하였으며, 비닐하우스는 2 연동으로써 측고 2.3 m, 동고 4.3 m, 폭 6 m, 길이 52 m로 설치하였고 피복자재는 투광률이 10%인 청백필름을 사용하였다.

예정지 관리를 위해 2012년 봄에 수단그라스를 파종하여 재배한 후 8월 중순 유박과 함께 토양에 혼화하였다. 2013년 3

월 중순에 재래종 (자경종) 종자를 파종하였다. 파종 후 점적 관수 시설을 설치하여 정기적으로 관수하였다. 시험포장의 토성은 사질토양이었으며 병해충방제 및 재배관리 등은 농촌진흥청 표준 인삼재배 지침서에 준하여 실시하였고 (RDA, 2014) 시험구 배치는 난괴법 3 반복으로 하였다.

재식밀도는 이랑과 두둑을 포함하여 28 주/m² (재식간격 10 cm × 20 cm), 33 주/m² (10 cm × 15 cm), 42 주/m² (10 cm × 12 cm), 50 주/m² (10 cm × 10 cm)의 4 단계로 설정하였고, 각 재식밀도 별로 혈당 파종립수는 1 립, 2 립, 그리고 3 립으로 처리하였다. 슈음처리는 혈당 2 립과 3 립 파종구를 대상으로 2014년 5월 건전구 1 개체만 남기고 제거하여 슈아내기 하였다.

2. 토양화학성 및 기상조건 조사

2015년 10월 20일경 토양화학성을 조사하기 위하여 오거를 이용하여 15 cm 깊이로 시험구 세 곳에서 시료를 채취하여 골고루 혼합하였다. 채취한 토양을 상온에서 건조 후 pH, EC, 유기물, 질산태 질소, 유효인산, 치환성 양이온을 Mo 등 (2014)이 사용한 방법에 의해 조사하였다.

하우스 기상조건을 조사하기 위해 지표면으로부터 약 50 cm 에 Skye datalogger를 (MiniMet, Skye Instruments, Llandrindod Wells, England) 하우스 중앙에 설치하고 지온 센서는 토양 약 10 cm 깊이에 매설하여 한 시간 간격으로 온습도, 광량, 지온을 측정하였다.

3. 인삼 생육조사

출아율 조사는 5 월 중순에, 지상부 생육은 6월 17일에 실시하였다. 지하부 생육은 수확시기인 10월 21일 경에 재식거리별로 3 엽을 수확하여 단위면적당 수확량을 조사하고, 반복별로 15 개체의 근장, 근중, 근경 등의 생육을 조사하였다. 엽록소 함량은 엽색계 (SPAD-502Plus, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였다.

4. 인삼 생리장해 및 발병 조사

지상부 장애로 모잘록병은 지상부 조사 시기에 출아 후 모잘록 발생 개체수를 조사하였고, 잎이 황증을 띠는 개체수를 조사하여 출아 개체수당 발생 개체수의 백분율을 구하였다. 적변과 은피는 지하부에 병 발생면적에 따라 1=0%, 2=10% 미만, 3=11-30%, 4=31-50%, 5=50% 이상의 5 등급으로 나누어 조사하였다.

5. 통계분석

인삼의 입모율 및 생육 조사 결과를 다중비교를 위해 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)법으로 SAS 프로그램 (v9.2, statistical analysis system, SAS Institute Inc.,

Cary, NC, USA)을 이용하여 유의성 검정을 ($p < 0.05$) 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 비닐하우스내 토양화학성 및 온도변화 양상

토양은 사질 토양으로 토양화학성 분석결과 pH, EC, 유효 인산은 적정범위에 속하였으나, 유기물함량, 칼륨, 질소 성분은 적정범위보다 낮았다 (Table 1). 관수 시설을 통한 상면 관수의 경우 연차에 따른 염류 집적이 해가림 재배에 비해 상대적으로 적을 수 있으며, 예정지 관리 시 투입된 유기물의 양이 적어 연차에 따른 pH나 EC의 변화가 적었을 것으로 생각된다.

온실 내 기온은 7 월까지는 평균기온과 최고기온이 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 생육의 적정온도 범위 내에 있었으며, 8 월의 평균기온은 22.5°C였지만 한낮의 온도는 적정범위를 벗어나 최고 29.8°C를 기록하였다 (Fig. 1). 지온은 야간에는 대기 온도보다 높았으며 한낮에는 온도가 약 4°C 소폭 상승하여 최고 24°C를 넘지 않았다.

2. 파종밀도 및 슈움처리에 따른 출아율과 지상부 생육 특성

3 년생의 출아율은 파종밀도에 영향을 받아 42 주/㎡가 81.3%으로 28 주/㎡ 62.4%에 비해 높은 것으로 조사되었다.

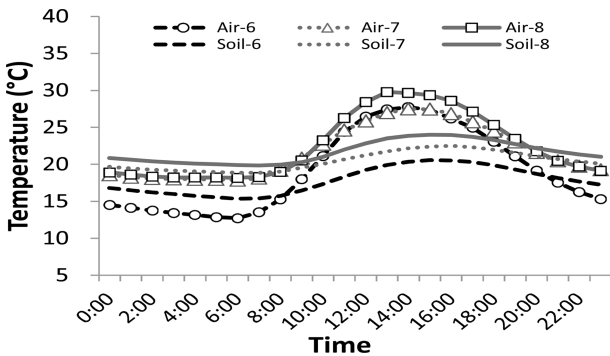


Fig. 1. Hourly average of air and soil temperature from June to August in the greenhouse.

파종립수나 슈움처리 영향 없이 1 립 파종구만을 비교하였을 때 42 주/㎡ 1 립 파종구의 출아율이 77.8%으로 가장 높은 것으로 조사되었다 (Table 2).

개별 처리구로 분석하였을 때 42 주/㎡구의 3 립 파종구의 평균치는 84.9%으로써 가장 높았고, 28 주/㎡구의 1 립 파종구가 55.0%으로 가장 낮았으나 이들 간의 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다 (Table 2). 혈당 파종립수나 슈움처리에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.

연도별 출아율의 변화를 살펴보면 1 립 파종구의 경우 1년차는 출아율이 평균 81.3%였고, 2년생에서 감소율이 높았으며 연평균 감소율이 약 9%발생하여 4년생에서는 평균 54.2%로 출아율이 감소하였다 (Fig. 2).

2년생 1 립 파종구의 출아율 저하가 큰 것은 직파재배 시 2년생의 모손실이 가장 큰 현상과 일치한다 (Lee et al., 1998; Won and Jo, 1999). 2년생까지는 혈당 파종립수를 늘릴 경우 1 립 파종구에 비해 출아율을 향상시킬 수 있었지만 3년생에서는 그 차이가 감소하였고, 특히 3 립 파종구와 슈움처리구의 감소폭이 증가하여 4년생에서는 출아율 향상효과가 미비하게 되었다.

3년생의 지상부 생육에 파종밀도와 슈움처리는 초장과 경장에 유의성 있는 영향을 주었으며, 혈당 파종립수도 경장에 영향을 주었다 (Table 2). 3년생 인삼의 초장은 42 주/㎡ 처리구가 50 주/㎡보다 높았으며, 파종립수 증가는 경장을 증가시켰지만, 슈움처리구는 파종립수의 영향을 상쇄시켰다.

일반적으로 밀식은 과번무로 인해 초장을 증가시키지만, 파종밀도가 더 낮은 42 주/㎡에서 초장과 경장이 더 길게 나온 것은 생존경쟁의 영향보다는 42 주/㎡ 처리구의 생육이 더 왕성하기 때문으로 보인다. 하지만 파종립수가 많을수록 경장에 영향을 준 것은 근접 식물체와의 경쟁으로 인한 것으로 보인다. 경직경, 엽장, 엽폭, 엽록소함량은 파종밀도, 혈당 파종립수, 슈움처리에 영향을 받지 않았다.

6년근 인삼의 경우 밀식일수록 엽장이 감소하였으나 본 연구를 비롯하여 3년근 인삼의 엽 생육이 밀도에 크게 영향을 받지 않았는데 (Cheon et al., 1991; Seong et al., 2010; Park et al., 2013), 이는 3년생 인삼의 지상부가 차지하는

Table 1. Soil chemical properties in the experimental field after third year old of ginseng growth.

	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Catin (cmol ⁺ /kg)			
						K	Mg	Na	Ca
After seeding	6.3	0.2	4.6	2.8	180	0.07	0.9	0.05	5.4
1 st year	5.3	0.4	5.1	32.5	249	0.09	1.0	0.05	5.3
2 nd year	5.8	0.3	4.2	23.2	154	0.09	1.1	0.08	5.9
3 rd year	5.9	0.3	4.3	16.8	166	0.07	1.0	0.09	5.0
Suitable range ¹⁾	5.0 - 6.0	≤0.5	10.0 - 20.0	≤50	100 - 250	0.30 - 0.70	1.0 - 2.0	0.05 - 0.15	3.0 - 5.0

¹⁾Suitable range for upland soil.

Table 2. Effect of sowing density, number of seeds per hole and thinning on the emergence rate and growth of above-ground parts of ginseng grown in the greenhouse by direct sowing method.

SD ¹⁾ (seeds/m ²)	SN ²⁾	TH ³⁾	ER ⁴⁾ (%)	Plant height (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlo. content (SPAD)
50	1	No	58.7 ^{NS}	32.5 ^{NS}	15.2 ^{ab}	4.03 ^{NS}	10.0 ^{NS}	4.5 ^{NS}	30.2 ^{NS}
	2	No	86.6	36.2	18.8 ^{ab}	3.70	9.6	4.2	31.3
	2	Yes	70.8	34.8	17.4 ^{ab}	3.87	9.6	4.3	31.9
	3	No	74.1	39.1	20.8 ^{ab}	3.63	9.6	4.3	31.5
	3	Yes	64.2	34.7	17.1 ^{ab}	3.76	9.9	4.4	31.7
42	1	No	77.8	40.6	19.8 ^{ab}	4.24	10.9	4.9	31.6
	2	No	81.1	42.1	22.0 ^a	4.05	10.8	4.8	32.4
	2	Yes	79.1	38.1	19.1 ^{ab}	4.04	10.3	4.7	32.6
	3	No	84.9	42.9	22.0 ^{ab}	3.84	10.8	4.7	34.8
	3	Yes	83.6	38.7	18.9 ^{ab}	4.47	10.9	4.8	34.6
33	1	No	60.4	35.2	15.0 ^{ab}	4.40	11.5	5.1	31.4
	2	No	77.5	37.6	18.9 ^{ab}	4.12	10.5	4.7	32.9
	2	Yes	74.6	34.3	15.7 ^{ab}	4.17	10.6	4.7	33.0
	3	No	64.1	37.0	19.2 ^{ab}	3.67	10.1	4.4	31.3
	3	Yes	63.5	32.1	15.2 ^{ab}	3.68	9.6	4.2	29.8
28	1	No	55.0	31.8	13.9 ^b	3.82	10.3	4.6	28.8
	2	No	69.3	37.6	18.2 ^{ab}	4.15	11.1	5.0	32.3
	2	Yes	57.3	33.9	16.0 ^{ab}	3.80	10.2	4.4	30.3
	3	No	71.9	36.5	18.8 ^{ab}	3.66	10.2	4.4	32.5
	3	Yes	58.6	31.4	14.7 ^{ab}	3.69	9.8	4.2	30.6
SD			*	*	*	NS	NS	NS	NS
SN			NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
TH			NS	*	*	NS	NS	NS	NS
Interaction (SD × SN)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction (SN × TH)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction (SD × TH)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹⁾SD; Sowing distance, ²⁾SN; Seed number sown per hole, ³⁾TH; Thinning treatment, ⁴⁾ER; Emergence rate, NS; Not significant. Data presented are mean of triplicate. *Mean within a column followed by the same letters (a - b) are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$).

면적이 재식간격 (10 - 20 cm)를 포화시킬 정도에 이르지 않아 엽생육과 재식밀도와와의 연관성이 뚜렷이 나타나지 않은 것으로 생각된다.

3. 파종밀도 및 솟음처리에 따른 병해 발생 양상

모잘록병은 입고병이라고도 하며 *Rhizoctonia*, *Pythium* 또는 *Phytophthora* 등에 의해 발생이 되고 연약한 어린 식물에 발병이 많은 것으로 알려져 있으며, *Rhizoctonia*는 토양 내 지속성이 높은 것으로 알려져 있다 (Ohh, 1981; Park *et al.*, 2016).

본 연구에서는 직파 3 년생 인삼의 모잘록병 발생은 파종밀도와의 연관성이 없었으나, 혈당 파종립수가 증가할수록 모잘록의 발생이 증가하였고 솟음처리구는 무처리에 비해 모잘록병 발생이 감소하였다 (Table 3).

인삼은 다년생으로 연근이 높아짐에 따라 지상부가 차지하

는 면적이 커지므로 혈당 파종립수가 1 개 이상일 경우 좁은 면적 내 2-3 개체가 맞붙어 있게 되므로 수광량 부족과 줄기의 연화가 심해져 조직의 치밀도가 낮아져 모잘록병 발생을 더욱 증대시킨 것으로 생각된다 (Yu *et al.*, 1990; Cho *et al.*, 2008). 반면 2 년생에서는 그 해 이루어진 솟음처리로 인해 모잘록병이 증가하였지만 (Mo *et al.*, 2015), 3 년생에서는 솟음처리로 인해 광부족 증상이 완화되어 모잘록병 발생이 감소된 것으로 생각된다.

황중의 발생은 미비하였으며 처리구간의 차이는 나타나지 않았다 (Table 3). 뿌리 표피에 붉은 반점이 일어나 수삼의 품질을 떨어뜨리는 적변의 발생은 전반적으로 10% 미만으로 높지 않았지만, 파종립수에 영향을 받아 파종립수가 많을수록 적변 발생이 많았다 (Table 3). 뿌리의 표면이 거칠어지고 울퉁불퉁해져 표피가 벗겨지는 은피의 발생은 50 주/m²에서 높게 나타났는데 생육이 불량한 조건에서 생육하여 장애를 입은 것

Table 3. Effect of sowing density, number of seeds per hole and thinning on the disease incidence and physiological disorder of ginseng grown in the plastic house by direct sowing method.

SD ¹⁾ (seeds/m ²)	SN ²⁾	TH ³⁾	Damping-off (%)	Leaf yellowing (%)	Rusty (1 - 5) ⁴⁾	Rough skin (1 - 5)
50	1	No	2.2 ^{cde}	0.6 ^{NS}	1.3 ^{bc}	1.7 ^{NS}
	2	No	2.5 ^{cde}	0.0	1.3 ^{bc}	1.4
	2	Yes	2.0 ^{de}	0.0	1.2 ^{bc}	1.9
	3	No	12.1 ^a	0.0	1.3 ^{bc}	2.0
	3	Yes	2.6 ^{cde}	0.0	1.2 ^{bc}	1.6
42	1	No	3.7 ^{bcde}	0.0	1.0 ^c	1.4
	2	No	3.7 ^{bcde}	0.0	1.1 ^{bc}	1.3
	2	Yes	1.0 ^{de}	0.0	1.2 ^{bc}	1.2
	3	No	9.3 ^{ab}	0.0	1.3 ^{bc}	1.2
	3	Yes	1.0 ^{de}	0.0	1.2 ^{bc}	1.2
33	1	No	1.7 ^{de}	0.0	1.2 ^{bc}	1.3
	2	No	3.2 ^{cde}	0.0	1.1 ^{bc}	1.5
	2	Yes	1.2 ^{de}	0.0	1.6 ^{abc}	1.6
	3	No	8.1 ^{abc}	0.0	1.6 ^{abc}	1.4
	3	Yes	1.0 ^{de}	0.0	2.1 ^a	1.5
28	1	No	0.0 ^e	0.0	1.0 ^c	1.6
	2	No	1.8 ^{de}	0.0	1.2 ^{bc}	1.4
	2	Yes	0.0 ^d	0.0	1.1 ^{bc}	1.8
	3	No	6.7 ^{abcd}	0.0	1.8 ^{ab}	1.7
	3	Yes	0.0 ^e	0.0	1.5 ^{abc}	1.8
SD			NS	NS	NS	*
SN			*	NS	*	NS
TH			*	NS	NS	NS
Interaction (SD × SN)			NS	NS	NS	NS
Interaction (SN × TH)			*	NS	NS	NS
Interaction (SD × TH)			NS	NS	NS	NS

¹⁾SD; Sowing distance, ²⁾SN; Seed number sown per hole, ³⁾TH; Thinning treatment, ⁴⁾Disease rate; 1 = 0%, 2 = less than 10%, 3 = 11 - 30%, 4 = 31 - 50%, 5 = more than 50%, NS; Not significant. Data presented are mean of triplicate. *Mean within a column followed by the same letters (a - e) are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$).

으로 생각 된다 (Table 3).

적변과 은피의 발생은 인삼이 촘촘히 심어질 경우 발생이 많아진다고 하였는데 이와 일치하는 결과이다 (RDA, 2014). 슈음처리는 적변과 은피 모두에 영향을 주지 않았다.

병 발생과 출아율 저하의 연관성을 살펴보면 혈당 2-3 립 파종구의 3-4 년생에서 출아율 저하는 밀식으로 인한 모잘록 발생이 관여하였을 것으로 생각된다. 슈음처리구는 3-4 년생에 결주가 꾸준히 증가하였는데, 3 년차에는 모잘록병 발생은 직접적인 영향을 미치지 않은 것으로 판단되며, 직접적인 원인은 파악할 수 없지만 2 년차에 받은 손상이 꾸준히 결주의 원인이 되었거나, 적변이나 은피의 피해가 결주로 이어졌을 가능성을 생각해 볼 수 있다.

4. 지하부 생육 및 단위면적당 수확량 분석

3 년생 인삼의 지하부 생육은 잠아폭이 파종밀도에 통계적

유의성을 보인 것을 제외하고는 파종밀도, 혈당 파종립수, 슈음처리에 따른 영향은 없었다 (Table 4).

잠아폭은 파종밀도가 낮을수록 큰 경향이 있었지만 42 주/m²가 28 주/m² 보다 컸다. 통계적 유의성은 없었지만 생산량에 큰 영향을 미치는 근직경과 근중 역시 42 주/m²이 우수한 것으로 조사되었다. 각 처리별로 비교할 때 33 주/m² 1 립 처리구의 근중과 근직경이 가장 높은 것으로 조사되었다. 혈당 파종립수가 많을 수록 근장, 근직경, 근중이 낮고 동체장은 긴 경향이였으며, 슈음처리에 의해 50 주/m²과 42 주/m²처리구의 근중이 증가하는 경향은 있었지만 통계적 유의성은 없었다.

단위면적당 수확주수는 파종밀도가 높은 50 주/m²와 42 주/m²이 파종밀도가 낮은 33 주/m²나 28 주/m² 보다 높았고, 혈당 파종립수가 많을수록 높았으며, 슈음 미처리구가 슈음처리구보다 높았다 (Table 4).

단위면적당 수확주수는 출아율과 달리 파종립수가 많은 경

Table 4. Effect of sowing density, number of seeds per hole and thinning on the growth of below-ground parts of ginseng grown in the plastic house by direct sowing method.

SD ¹⁾ (seeds/m ²)	SN ²⁾	TH ³⁾	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight (g/root)	LB ⁴⁾ width (mm)	No. of root (No./m ²)	Total weight (g/m ²)
50	1	No	20.0 ^{NS}	13.68 ^{bcd}	8.8 ^{ab}	5.31 ^{cdef}	37.0 ^{bcde}	290 ^{ab}
	2	No	19.4	13.51 ^{bcd}	8.8 ^{ab}	5.53 ^{bcdef}	43.2 ^{bcd}	318 ^{ab}
	2	Yes	19.2	13.61 ^{bcd}	10.6 ^{ab}	6.08 ^{abcdef}	10.1 ^{bcd}	349 ^{ab}
	3	No	17.2	12.48 ^d	6.7 ^b	4.73 ^f	55.4 ^{ab}	342 ^{ab}
	3	Yes	18.4	13.62 ^{bcd}	10.2 ^{ab}	5.91 ^{abcdef}	37.7 ^{bcde}	322 ^{ab}
42	1	No	21.9	16.39 ^{ab}	14.2 ^{ab}	7.54 ^{abcd}	29.3 ^{cde}	347 ^{ab}
	2	No	21.2	14.84 ^{abcd}	12.7 ^{ab}	7.59 ^{abc}	37.6 ^{bcde}	362 ^{ab}
	2	Yes	21.3	15.60 ^{abc}	13.1 ^{ab}	6.16 ^{abcdef}	37.0 ^{bcde}	351 ^{ab}
	3	No	20.5	14.34 ^{abcd}	10.7 ^{ab}	7.24 ^{abcde}	74.6 ^a	494 ^a
	3	Yes	21.5	15.14 ^{abcd}	13.6 ^{ab}	7.76 ^{ab}	36.5 ^{bcde}	401 ^{ab}
33	1	No	21.6	16.95 ^a	15.6 ^a	8.02 ^a	23.5 ^{cde}	341 ^{ab}
	2	No	21.1	14.75 ^{abcd}	11.5 ^{ab}	7.03 ^{abcde}	36.6 ^{bcde}	402 ^{ab}
	2	Yes	20.8	14.71 ^{abcd}	11.9 ^{ab}	5.78 ^{abcdef}	23.0 ^{de}	244 ^{ab}
	3	No	20.3	12.89 ^{cd}	8.0 ^{ab}	5.08 ^{ef}	49.0 ^{bc}	268 ^{ab}
	3	Yes	18.9	13.96 ^{bcd}	9.5 ^{ab}	5.27 ^{edf}	16.6 ^e	147 ^{ab}
28	1	No	21.4	14.08 ^{bcd}	11.1 ^{ab}	6.57 ^{abcdef}	15.1 ^e	158 ^{ab}
	2	No	22.1	15.51 ^{abc}	14.1 ^{ab}	7.88 ^a	26.2 ^{cde}	286 ^{ab}
	2	Yes	21.1	14.86 ^{abcd}	12.1 ^{ab}	6.71 ^{abcdef}	16.0 ^e	193 ^{ab}
	3	No	20.4	13.51 ^{bcd}	10.0 ^{ab}	6.82 ^{abcdef}	38.6 ^{bcde}	323 ^{ab}
	3	Yes	19.0	13.73 ^{bcd}	11.1 ^{ab}	6.55 ^{abcdef}	20.1 ^{de}	182 ^{ab}
	SD		NS	NS	NS	*	*	*
	SN		NS	NS	NS	NS	*	NS
	TH		NS	NS	NS	NS	*	NS
	Interaction (SD × SN)		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Interaction (SN × TH)		NS	NS	NS	NS	*	NS
	Interaction (SD × TH)		NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹⁾SD; Sowing distance, ²⁾SN; Seed number sown per hole, ³⁾TH; Thinning treatment, ⁴⁾LB; Latent bud, NS; Not significant. Data presented are mean of triplicate. *Mean within a column followed by the same letters (a - f) are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$).

우 한 헥타르 2-3 개체의 인삼이 수확된 것이 포함되었으므로 출아율보다는 파종밀도의 영향이 컸다. 단위면적당 수확무게는 42 주/m²가 28 주/m²보다 높았으며, 헥타르 파종립수나 솟음처리의 영향에 대한 통계적 유의성을 찾기 어려웠다 (Table 4).

3 년생에 1 립 파종구와 솟음처리구들 간의 수확량을 비교해보면 모든 파종밀도에서 같은 파종밀도 안에서는 1 립 파종구와 솟음처리구들 간의 단위면적당 수확주수에는 유의성 있는 차이가 없었다 (Fig. 3A).

수확무게 역시 같은 파종밀도 내의 처리구들 간에 차이가 없었으며, 오히려 33 주/m²의 경우는 1 립 파종구보다 솟음처리구가 감소하는 경향이였다 (Fig. 3B). 이상적인 결과로는 솟음처리구가 수확주수확보를 통해 1 립 파종구보다 수확량이 높았을 것이나, 솟음처리구의 결주율 증가와 생육 불량으로 인해 수확량 확보를 하지 못한 것으로 보인다 (Table 3, Fig. 2).

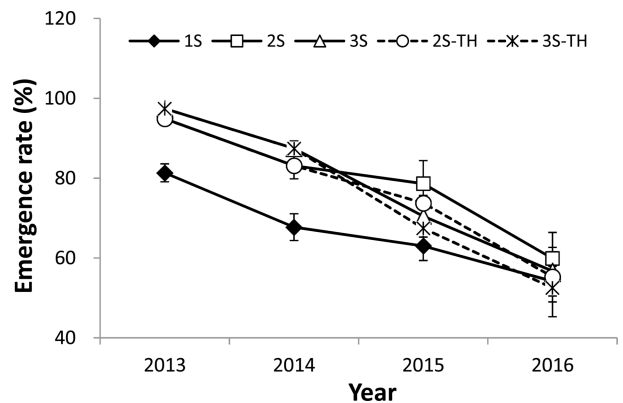


Fig 2. Change of emergence rate by year of ginseng cultured in the plastic house by direct sowing method. Average was obtained per same number of seeds per hole or thinning treatment. Values are means \pm SD (n = 3). 1S - 3S; seed number per hole, TH; Thinning.

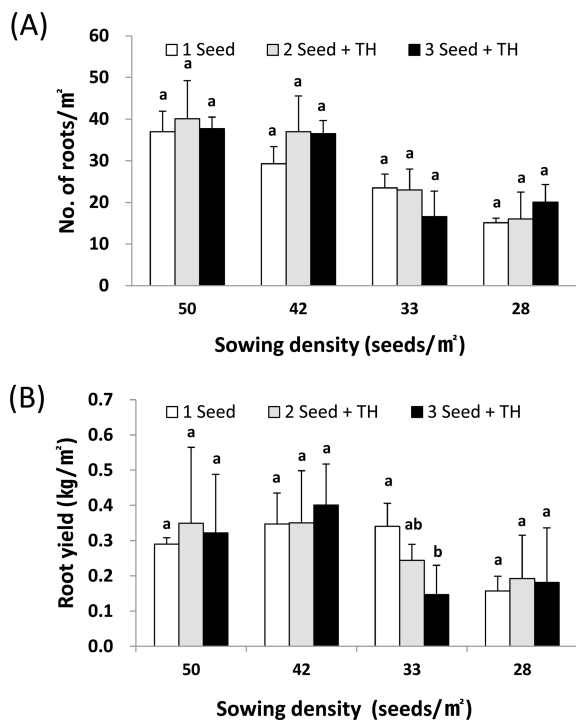


Fig 3. Root yield in unit area of ginseng harvested after three year of direct-sowing in the greenhouse. (A) numbers and (B) weights of harvested root. Different superscript letters above bar within same seeding density show significant difference between treatment at $p < 0.05$ by DMRT. Bars are means \pm SD ($n = 3$). 1 Seed; 1 seed per hole, 2, 3 Seed + TH; thinning treated after 2 or 3 seeds sowing per hole.

Lee 등 (1998)의 연구에서는 밀식조건인 82.7 주/m²에서 생존율이 저조하고 근중은 파종밀도가 낮을수록 증가되었으며, Park 등 (2013)은 밀식인 44 주/m²의 생존율이 저조하고 근중 역시 낮다고 보고하였다. Seong 등 (2010)에서는 생존율이 재식밀도에 비례하지 않았는데 소식조건이 84.9 주/m²으로써 이미 타실험에 비해서 밀식인 조건이었다. Seong 등 (2010)을 제외하면 파종밀도가 높을수록 출아율이 저조하고 근중은 낮은 경향인데, 이번 연구에서는 파종밀도가 높은 50 주/m²이 출아율과 근중이 낮은 것은 일치하나 42 주/m²의 출아율과 근중이 높은 점, 그리고 28 주/m²의 출아율과 근중이 떨어지는 점이 달랐다. 일정 정도의 소식재배는 생산량을 증가시키는 경향이 있지만 다년생 작물이나 토양수분과 같은 재배환경에 따라 다른 영향을 미칠 수도 있다 (Lemma *et al.*, 2009; Placido *et al.*, 2015).

비가림 하우스는 광량이 고르게 분포하는 것이 장점으로 작용하고 강우에 의한 수분공급이 차단되므로 장마철 과수분이나 병해충 예방의 효과는 좋지만, 관수가 원활히 이루어지지 않으면 토양수분이 부족하여 출아 및 생육에 장애가 올 수

있다. 특히 진부 시험지는 바람이 많은 지역으로써 소식, 특히 28 주/m²은 지상부로 가려지는 면적이 상대적으로 작으므로, 토양 증발의 증가로 토양수분의 부족을 야기하였을 것으로 보인다.

위 결과들을 종합하여 볼 때 하우스 직파재배 시 3 년근 수확을 목적으로 재배한다면 33 립/m² 또는 42 립/m², 즉 칸당 108-135 립을 파종하는 것이 생산성 향상에 좋을 것으로 판단되며, 재식밀도에 따른 유기물 및 관수 조절에 대한 종합적인 연구가 필요하다고 생각된다. 또한 2-3 립을 파종한 후 솟아내기를 하는 것은 노동 생산성면에서 효과적이지 못할 수 있으므로, 솟아내기 시기나 작업자의 숙련도를 고려해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ00941301)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Cheon SK, Mok SK and Lee SS. (1991). Effects of light intensity and quality on the growth and quality of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). Part II: Relationship between light intensity and planting density. Korean Journal of Ginseng Science. 15:31-35.

Cho JW, Park HW, Kim MJ, Kim HH and Choi JE. (2008). Photosynthetic, morphological and growing characteristics by shading materials in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Crop Science. 53:256-260.

Im MH, Kwon KI, Park KS, Choi DM, Chang MI, Lee KJ, Yun WK, Hong MK and Woo GJ. (2006). Study on reduction factor of residual pesticides in processing of ginseng(I). Korean Journal of Pesticide Science. 10:22-27.

Kim DW, Kim JY, You DH, Kim CS, Kim HJ, Park JS, Kim JM, Choi DC and Oh NK. (2014). Effect of cultivation using plastic-film house on yield and quality of ginseng in paddy field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:210-216.

Kim HJ, Cheong SS, Kim DW, Park JS, Ryu J, Bea YS and Yoo SJ. (2008). Investigation into disease and pest incidence of *Panax ginseng* in Jeonbuk province. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:33-38.

Kim YC, Kim YB, Kim JU, Lee JW, Jo IH, Bang KH, Kim DH and Kim KH. (2015). Difference in growth characteristics of 5-year-old ginseng grown by direct seeding and transplanting. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:480-488.

Lee CH, Kim HJ and Bae HW. (1978). Chemical control of damping-off of ginseng caused by *Rhizoctonia solani*. Korean Journal of Plant Protection. 17:143-147.

Lee JC, Ahn DJ, Byen JS, Cheon SK and Kim CH. (1998). Effect of seeding rate on growth and yield of ginseng plant in direct-sowing culture. Journal of Ginseng Research. 22:299-303.

Lee SW, Cha SW, Hyun DY, Kim YC, Kang SW and Seong

- NS. (2005). Comparison of growth characteristics, and extract and crude saponin contents in 4-year-old ginseng cultured by direct seeding and transplanting cultivation. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 13:241-244.
- Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW. (2011). Comparison of growth characteristics and ginsenoside content of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivated with greenhouse and traditional shade facility. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:157-161.
- Lemma G, Worku W and Woldemichael A. (2009). Moisture and planting density interactions affect productivity in cowpea(*Vigna unguiculata*). Journal of Agronomy. 8:117-123.
- Mo HS, Park HW, Jang IB, Yu J, Park KC, Hyun DY, Kim KH and Seo TC. (2015). Effect of seed density, number of seeds sown per hole and thinning treatment on growth characteristics and disease occurrence in greenhouse-cultivated ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:198-206.
- Mo HS, Park HW, Jang IB, Yu J, Park KC, Hyun DY, Lee EH and Kim KH. (2014). Effect of sowing density and number of seeds sown on *Panax ginseng* C. A. Meyer seedling stands under direct sowing cultivation in blue plastic greenhouse. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:469-474.
- Ohh SH. (1981). Disease of ginseng: Environmental and host effect on disease outbreak and growth of pathogens. Korean Journal of Ginseng Science. 5:73-84.
- Park HW, Jang IB, Kang SW, Kim YC, Kim JU, Bang KH, Kim GH, Hyun DY and Choi JE. (2013). Growth characteristics and yields of 3-year-old Korean ginseng with different planting densities in direct seeding cultivation. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:372-379.
- Park KH, Park HW, Lee SW, Lee SH, Myung KS, Lee SY, Song J, Kim YT, Park KS and Kim YO. (2016). Isolation and characterization of *Bacillus* species having antifungal activity against pathogens of ginseng damping off. Korean Journal of Pesticide Science. 20:380-387.
- Placido Jr. CG, Moreira A and Moraes LAC. (2015). Spacing and plant density in the yield components, nutritional status, and soil fertility of guarana varieties grown in humid tropical Amazon. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 46:1551-1565.
- Rahman MM and Hossain MM. (2011). Plant density effects on growth, yield and yield components of two soybean varieties under equidistant planting arrangement. Asian Journal of Plant Science. 10:278-286.
- Rural Development Administration(RDA). (2014). Ginseng. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.166-171.
- Seong BJ, Kim GH, Kim HH, Kim SI, Han SH and Lee KS. (2010). Physicochemical characteristics of 3-year-old ginseng by various seeding density in direct-sowing culture. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:22-27.
- Won JY and Jo JS. (1999). Farm study of direct seeding cultivation of the Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:308-313.
- Yu YH, Cho DH, Lee IH and Ohh SH. (1990). Effect of seeding depth on severity of damping-off ginseng seedlings caused by *Rhizoctonia solani*. Korean Journal of Ginseng Science. 14:432-436.