

인삼 하우스 직파재배시 파종밀도, 혈당 파종립수, 솟음처리가 생육과 병 발생에 미치는 영향

모황성* · 박홍우* · 장인배* · 유 진* · 박기춘* · 현동윤** · 김기홍* · 서태철*†

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 기획조정과

Effect of Seed Density, Number of Seeds Sown Per Hole and Thinning Treatment on Growth Characteristics and Disease Occurrence in Greenhouse-Cultivated Ginseng

Hwang Sung Mo*, Hong Woo Park*, In Bae Jang*, Jin Yu*,
Kee Choon Park*, Dong Yun Hyun**, Ki Hong Kim* and Tae Cheol Seo*†

*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873, Korea.

**Planning and Coordination Division, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea.

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the effects of sowing density, number of seeds sown per hole, and thinning treatment on growth characteristics and disease occurrence in *Panax ginseng* under direct sowing cultivation in a blue plastic greenhouse. Seedling were grown from 2 or 3 seeds sown, and the healthiest was only retained, while the rest were thinned out at the foliation stage. NO₃-N, P₂O₅, and organic matter content differed significantly between growth conditions in the plastic greenhouse and in conventional shade in the soil. Disease also tended to be higher in the conventional shade than in the plastic greenhouse. Plant height and stem length showed an increasing trend with increasing sowing density and number of seeds sown per hole. However, these measures noticeably decreased when thinning treatment was conducted. Growth of the subterranean part of ginseng was not markedly influenced by sowing density, the number of seeds sown per hole, or thinning treatment. Root weight, which is an important factor in yield, was significantly affected by the number of seeds sown and thinning treatment. Interestingly, root weight tended to be higher in the thinning treatment plot than the untreated control plot. Damping-off and root rot increased noticeably as the number of seeds sown increased. Disease also tended to be substantially higher in the thinning treatment plot than the untreated control. However, physiological disorder of the plants did not vary with sowing density, the number of seeds sown, or thinning treatment.

Key Words : Ginseng, Sowing Density, Plastic Greenhouse, Thinning Treatment

서 언

친환경 농산물에 대한 소비자 인식도 조사 결과에 따르면 소비자들은 농약사용에 대해 부정적인 생각을 가지고 있고 (Yoon and Han, 2005) 삶의 질이 향상되면서 점차 안전한 먹거리 확보에 크게 관심을 두고 있다. 인삼은 병해충 피해로 인하여 매년 크게 수확량이 감소되어 (Kim *et al.*, 2008; Mok, 2000; Nakada and Takimoto, 1922) 인삼의 안정된 수량 확보를 위해 농가에서는 매년 화학농약을 10회 정도 살포

하고 있는 실정이다 (Bae *et al.*, 2005). 최근에는 인삼의 잔류 농약에 대한 우려가 대두되면서 인삼 유통시장에서 잔류농약이 큰 문제로 대두되고 있다. 왜냐하면 인삼 소비자들은 인삼을 단순한 먹거리로 간주하지 않고 효능이 우수한 약용작물로 인식하고 있어서 인삼을 구할 때 상품의 외관 품질뿐만 아니라 잔류독성에 대한 식품의 안전성 또한 중요하게 고려하고 있기 때문이다 (Jang *et al.*, 2011).

빛물에 의해 전파되는 탄저병과 점무늬병의 발생 (Madden, 1992)이 적은 비가림 하우스재배는 인삼의 생육기간이 길어서

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5551 (E-mail) tcseo2@korea.kr

Received 2015 April 17 / 1st Revised 2015 May 22 / 2nd Revised 2015 June 3 / 3rd Revised 2015 June 5 / Accepted 2015 June 6

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.

(Kim *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2007, 2011) 관행 해가림재 배보다 안정된 수량을 확보하는데 유리하다 (Lee *et al.*, 2011). 또한 빗물이 완전히 차단되어 물에 의해 이동하는 모잘록병이나 역병과 같은 토양전염성 병의 확산이 제한되어 병의 발생이 적고 (Kim *et al.*, 2006, 2014) 관행해가림에 비해 수광량이 많아 근비대가 촉진되어 (Lee *et al.*, 2011) 고품질 인삼을 안정적으로 생산 할 수 있다. 그러나 비닐하우스는 밀폐도가 높아 관행 해가림보다 기온과 상대습도가 높기 때문에 고온 장애가 쉽게 발생 한다 (Lee *et al.*, 2011). 또한 고온장애를 방지하기 위해 무리한 차광을 할 경우에 수광량이 부족하여 광합성의 감소로 뿌리발육이 저하 될 우려가 있다 (Kim, 2011; Lee *et al.*, 2007).

직파재배는 육묘, 이식, 묘삼 채굴 등의 작업이 생략되어 노동력과 생산비가 절감되고 적병과 근부병의 발생이 적어 이식 재배에 비해 단위면적당 생산량이 더 높다 (Lee *et al.*, 2005). 그러나 직파 재배는 밀식으로 인한 수광량의 부족으로 광합성이 감소하게 되어 조직 치밀도가 낮아져 모잘록병과 줄기 점무늬병과 같은 생체 내 침입성 병원균에 쉽게 감염되기 때문에 (Lee *et al.*, 1998; Won and Jo, 1999) 파종 후 안정된 입모율을 확보하기 위해서 수광량, 관수, 병 방제 등의 세밀한 관리가 요구된다. 또한 월동시 이식재배는 놨두가 지하에 머물러 있는 반면에 직파재배는 놨두가 지표면까지 올라와 생육 장애가 발생 할 우려가 있다 (Won and Jo, 1999).

인삼 직파재배시 파종밀도는 생육 및 수량에 영향을 미치는 주요인이다 (Lee *et al.*, 1998; Mo *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2013; Seong *et al.*, 2010). 특히 안정적으로 입모를 확보를 하는데 파종밀도와 혈당 파종립수가 증가할수록 용이하다 (Mo *et al.*, 2014). 그러나 파종밀도가 높아지면 생존주수는 증가하지만 (Lee *et al.*, 1998; Seong *et al.*, 2010) 엽면적지수의 과도한 증가로 인한 수광량의 감소로 광합성이 저하되어 식물체가 연약하게 자라 병 발생이 급증할 뿐 아니라 개체간의 양분경합이 극심해져서 생육이 불량해진다 (Lee *et al.*, 1998; Mo *et al.*, 2014). 이러한 문제를 극복하고 안정적으로 입모를 확보하기 위해 파종밀도와 파종립수를 높이고 슈움처리를 통한 적정 재식밀도 조절을 시도하였다. 따라서 본 연구는 새로운 인삼재배법 개발과 안전하고 품질이 우수한 재배기술의 확립을 위해 높은 파종밀도 시 슈움처리에 따른 생육특성 및 발병에 미치는 영향을 조사 분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 처리

본 연구는 강원도 평창군 진부면에 있는 시험포장의 청색 필름을 피복한 하우스에서 수행하였다. 비닐하우스는 2 연동으로써 측고 2.3 m, 동고 4.3 m, 폭 6 m, 길이 52 m이었으며,

피복자재는 투광률이 10%인 청색필름을 사용하였다. 2012년 봄 수단그라스를 파종하여 재배한 후 8월 중순 유박과 함께 토양에 혼입하여 예정지관리를 하고 2013년 3월 중순에 개갑 처리가 완료된 재래종 종자를 파종하였다. 재식밀도는 22주/㎡, 28주/㎡, 37주/㎡ 및 44주/㎡로 하였으며 혈당 파종립수는 1, 2, 3립으로 하였고, 파종 후 점적관수 시설을 설치하여 정기적으로 관수하였다. 시험포장의 토질과 화학성은 Table 1과 같다. 병해충 방제 및 재배관리 등은 농촌진흥청 표준 인삼재배 지침서 (RDA, 2011)에 준하여 실시하였고 슈움처리는 5월 15일에 실시하였으며, 혈당 2, 3립 파종 구에서 건전한 개체만을 남기고 나머지 개체들을 슈움내었다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

2. 토양화학성 분석

2015년 10월 15일경 토양 화학성을 조사하기 위하여 각 조 사구별로 오거를 이용하여 10 cm 깊이로 토양 세 곳에서 시료를 채취하여 골고루 혼합하였다. 채취 토양을 상온에서 건조한 후 pH, EC, 유기물, 유효인산, 질산태 질소, 치환성 양이온을 농촌진흥청 토양화학분석법 (NIAS, 2000)에 따라 분석하였다. pH와 EC는 초자전극법을 이용하여 측정하였고, 유효인산 함량은 Lancaster법 (NIAS, 2000)으로 측정하였다. 총 탄소 및 총 질소 함량은 CN 분석기 (Auto analyzer 3, Norderstedt, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 토양의 유기물 함량은 측정된 총 탄소 함량을 이용하여 환산계수에 의해 계산하였다. 치환성 양이온 함량은 1N NH₄OAc (Dusan Science, Seoul, Korea)으로 침출한 후 그 여과액을 유도결합플라즈마분광분석기 (Integra XMP, GBC, Braeside, Australia)를 이용하여 측정하였다.

3. 인삼 생육조사

지상부 생육은 지상부의 생장이 정점에 도달한 2014년 6월 15일에, 뿌리의 생육은 수확 시기인 10월 15일에 반복별로 20개체의 시료를 채취하여 각각 조사하였다. 지상부는 초장, 경장, 경경, 엽장, 엽폭 등을 뿌리는 근장, 근중, 근경, 지근수 등을 각각 조사하였고, 엽록소 함량은 엽색계 (SPAD-502Plus, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

4. 인삼 생리장애 및 발병 조사

발병정도는 5월부터 9월까지 2주 간격으로 병에 감염된 개체들을 육안으로 조사한 후 최종적으로 각각 감염된 개체들을 합산해서 이병률을 산출했다. 그러나 육안으로 식별이 불가능할 경우 이병조직체 검정 및 병원균 분리 및 동정을 통하여 판별하였다. 모잘록병 (*Rhizoctonia solani*)과 뿌리썩음병 (*Pythium ultimum*)의 감염 여부는 신선한 병반의 가장자리로부터 건전 부분과 병반부가 물리적으로 조직을 떼어내어 물한천배

지 (한천 15-20 g/1L DW)에 놓은 후 25-30°C에서 24-48시간 동안 항온기에서 배양하였다. 조직에서 뺀어 나오는 균사 모양과 격막 (septum)을 확인하여 감염된 병원균을 식별하였다. 탄저병 (*Colletotrichum gloeosporioides*)과 집무늬병 (*Alternaria panax*)의 감염 여부는 병반을 해부현미경으로 보아 분생포자가 보이면 그 병반을 물한천배지에 찍어 분생포자가 물한천배지에 묻도록 한 후에 현미경의 아래 조명을 적절히 조절하면서 물한천배지에 떨어진 분생포자를 확인하여 감염된 병원균을 식별하였다. 적변, 은피, 달래삼, 영양결핍증상 등의 생리장애 발생정도를 각각 조사하였다. 적변과 은피는 1=0%, 2=10%미만, 3=11-30%, 4=31-50%, 5=50%이상의 5등급으로 조사하였고 달래삼과 영양결핍증상은 전체 개체에 대한 발생률로 산출하였다.

5. 통계분석

인삼 하우스 직파재배 시 파종립수 및 수확처리가 생육과 병 발생에 미치는 영향은 t-test검정과 ANOVA 분산분석을 이용하여 분석하였다. 모든 분석은 SAS프로그램 (SAS 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 비닐하우스와 관행해가림의 토양화학성 및 병 발생특성 비교

Table 1은 비닐하우스와 관행해가림의 토질 및 토양화학성에 관한 결과이다. 토양 pH는 비닐하우스와 관행해가림 간에 차이가 없었고 적정 토양화학성 기준 (pH 5~6) 범위 내에 들어왔으며, 전기전도도는 관행해가림과 비닐하우스 모두 적정 토양화학성 기준치 0.5 dS/m보다 낮은 함량을 보였는데, 비닐하우스는 관행해가림보다 0.2 dS/m정도 더 높은 수준을 나타내었다. 질산태 질소는 비닐하우스 (5.9 mg/kg)보다 관행해가림 (12.1 mg/kg)에서 더 많은 함량을 보였다. 관행해가림의 질산태 질소 함량은 비닐하우스보다 두 배 정도 많았지만 적정 토양화학성 기준 범위 내 (10~20 mg/kg)에 있었다. 그러나 비닐하우스는 적정 토양화학성 기준 보다 낮은 경향을 보였다. 관행

해가림 (201.1 mg/kg)과 비닐하우스 (177.1 g/kg)의 유효인산은 적정 토양화학성 기준인 100~150 g/kg 보다 높은 함량을 나타내었다. 대체적으로 관행해가림에서 유효인산과 유기물은 비닐하우스보다 높다는 Kim 등 (2014)의 보고와 같이 본 연구에서도 동일한 결과를 보였다. 토양을 구성하는 성분함량의 차이는 미생물의 기능과 군집구조에 의해서 결정된다 (Rosa et al., 2006; Tschierko and Kandeler, 1999). 토양 속에 함유된 유기물의 분해는 미생물 밀도, 분해효소활성, 토양산도, 지온, 토양습도 등의 요인에 크게 영향을 받는다 (Manzoni and Porpotato, 2007; Nobili et al., 2006). 특히 토양 속에 유기물의 무기화는 분해자인 미생물 개체의 밀도가 높고 토양조건이 호기성일 때 급속하게 진행된다 (Eo et al., 2011; Wang et al., 2001). 토양온도가 높을수록 질소무기화가 빠르게 진행된다는 보고 (Agehara and Warncke, 2004; Deenik, 2006; Joa et al., 2012)와 같이 비닐하우스에 비해 높은 지온과 낮은 상대습도 조건인 관행해가림 (Fig. 1)은 미생물이 더 빠르게 유기물을 분해하여 유기물의 무기화를 더 빠르게 진행하는데 더 적합한 환경조건이라고 볼 수 있다.

인삼의 수량과 밀접한 관계가 있는 유기물 (Park et al., 1982)의 경우 관행해가림과 비닐하우스 토양의 유기물 함량은

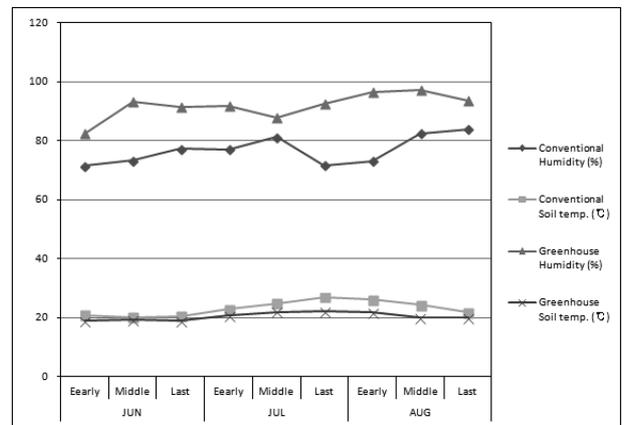


Fig. 1. Comparison of soil temperature and humidity between blue plastic greenhouse and conventional shade located in Jinbu, Kangwon Province, Korea.

Table 1. Comparisons of soil texture and chemical properties of the investigated field between two growth conditions.

Cultivation method	Soil texture	pH (1 : 5)	EC (ds/m)	NO ₃ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM (g/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ /kg)			
							K	Mg	Na	Ca
Greenhouse	Sandy	5.3	0.4	5.9	177.1	4.5	0.1	1.0	0.05	5.4
Conventional	Sandy	5.5	0.2	12.1	201.1	6.2	0.1	1.1	0.04	5.3
t-test	-	NS	NS	**	**	*	NS	NS	NS	NS
Common range for upland soil	Sandy loam	5.0 ~ 6.0	≥ 0.5	10.0 ~ 20.0	50 ~ 150	10 ~ 20	0.3 ~ 0.7	1.0 ~ 2.0	0.05 ~ 0.15	3.5 ~ 5.0

Values are averages of three replicates. * **significant at the 5% and 1% level, respectively.

Table 2. Comparison of disease incidence rates between ginseng cultivated in a plastic greenhouse and in conventional shade.

Cultivation method	Leaf blight (%)	Anthraco-nose (%)	Damping-off (%)
Plastic greenhouse	0.0	0.0	5.7
Conventional shade	5.6	4.6	14.2
t-test	**	**	**

Values are averages of three replicates. **significant at the 1% level.

각각 6.2 mg/kg 와 4.5 mg/kg 으로써 적정 토양 기준치인 10~20 mg/kg 범위보다 낮은 경향을 보였지만 그 처리 간에 유의성 있는 차이를 나타내었다. 뿌리 생육에 큰 영향을 미치는 K 함량은 관행해가림과 비닐하우스 모두 적정 토양화학성 기준인 0.30.7 cmol⁺/kg 보다 적은 0.1 cmol⁺/kg 을 나타내었다. 따라서 원활한 뿌리 생육을 위해서 추가적인 K 시용이 요구된다. 비닐하우스는 관행해가림에 비해 토양수분함량이 낮아 염류가 토양 표층에 집적될 가능성이 있다고 보고 하였지만 (Kim *et al.*, 2014) 관행해가림과 비닐하우스 토양 대부분의 치환성 염기들은 약간의 차이를 나타내면서 적정 토양화학성 기준 범위에 근접했으며, 두 재배 간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. 비닐하우스는 빗물유입이 완전히 차단되어 관행해가림에 비해 토양수분함량이 낮아 인위적으로 관수를 하기 때문에 토양 표층에 염류집적이 억제 된 것으로 판단된다. 그러나 인삼은 다년생 작물이기 때문에 연생별 치환성 염기성분들을 좀 더 면밀하게 검토할 필요가 있다.

비닐하우스와 관행해가림의 주요 병 발생특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 점무늬병은 4월 하순부터 8월까지 발생하는데, 특히 고온 다습한 5~6월에 크게 발병하여 인삼에 큰 피해를 주고 (Kang *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2008) 탄저병의 발병은 6월 하순경부터이며 고온다습 조건인 8월 하순에 최성기이다 (Kim *et al.*, 1990). 인삼 탄저균과 점무늬병균의 분생포자는 빗물에 의해서 전파되는 대표적인 병원균들이다 (Hill *et al.*, 2009; Madden, 1992). 따라서 빗물을 완전히 차단한 비닐하우스보다 관행해가림은 누수량이 많아 점무늬병, 탄저병, 토양전염성 병의 발병이 더 심각하다는 보고 (Kim *et al.*, 2014)와 같이 관행해가림에서 탄저병, 점무늬병, 모잘록병 등이 유의성 있게 많이 발생하였다. 질산태 질소는 뿌리썩음병 (*Cylindrocapon destructans*), 모잘록병 (*Rhizoctonia solani*)과 같은 토양 전염성 병과 아주 밀접한 관계를 나타내고 (Cho *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 1980; Park and Chung, 1985) 인산 화합물과 암모니아태 질소는 잣빛곰팡이병원균 (*Botrytis cinerea*)의 활성을 증진 시키고 (Heuvel, 1981; Hong and Kim, 1992) 유주자낭의 탈립성이 높은 토양전염성

병원균들은 강우에 의해서 전파되기 때문에 (Taylor and Adedoyin, 1981) 강우가 완전히 차단된 시설하우스에서는 병 발생이 적다 (Kim *et al.*, 2014; Ma *et al.*, 2008). 따라서 질소원과 인산 화합물의 함량이 높고 누수량이 많은 관행재배는 비닐하우스보다 토양전염성 병원균의 밀도가 더 높아서 인삼 수량에 더 큰 피해를 야기 할 것으로 판단된다.

2. 종자 파종밀도와 숙음처리에 따른 생육특성

본 실험 결과 파종밀도 및 혈당 파종립수에 따른 1년생 인삼의 초장, 경장, 경직경, 엽폭, 엽록소함량 (SPAD 값) 등은 유의성이 없었지만 (Mo *et al.*, 2014) 2년생 인삼의 초장, 경장, 엽록소 함량에서 유의성 있는 차이를 보였다 (Table 3). 직파재배 시 파종밀도가 높을수록 지상부가 과번무하고 웃자라서 초장이 길어진다는 보고 (Won and Jo, 1999)와 같이 파종밀도와 혈당 파종립수가 증가할수록 초장과 경장이 증가하였다. 비록 우리가 기대한 만큼 파종밀도와 혈당 파종립수에 따른 생육의 차이는 없지만 인삼은 3년생 이후부터 지상부와 지하부 생장이 현저하게 증가하면서 양분흡수 또한 급증한다는 보고와 같이 (Jin *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 1978) 1년생에 비해 2년생에서는 더 큰 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다. 입모을을 안정적으로 확보하기 위해서 혈당 2, 3립 파종한 구에서 건전한 한 개체만을 남기고 나머지 개체들을 솟아내었을 때 초장은 감소하는 경향을 보였다. Lee 등 (2012)은 숙음처리는 고년근에 비해 생장속도가 느린 저년근에 큰 영향을 미치지 않는다고 보고하였지만 본 실험에서는 뿌리생육에 영향을 미치는 결과를 도출하였다. Cheon 등 (1991)은 엽면적지수가 감소하면 수광량이 증가하여 초장이 짧아진다고 보고하였다. 따라서 수광량은 식물체 조직의 치밀도 및 초장과 아주 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다 (Cho *et al.*, 2008). 반면에 숙음처리는 초장에 영향을 주었지만 경장, 경직경, 엽폭, 엽록소 함량 등에서 기대한 만큼 큰 영향을 미치지 못했다. 그것은 1~2년생 인삼이 고년근에 비해 생장속도가 느리고 양분 흡수량이 상대적으로 적어서 지상부의 생육 차이가 현저하지 않았기 때문이라고 생각된다 (Jin *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 1978).

파종밀도, 파종립수, 숙음 처리별 인삼의 지하부 생육 및 수량은 Table 4와 같다. 파종밀도가 높으면 개체 간 양분경합과 엽면적지수의 증가로 인한 광합성의 저하와 수분요구량의 증가로 뿌리생육의 부진을 초래한다고 보고하였는데 (Cho *et al.*, 2008; Cheon *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1996, 1998; Park *et al.*, 1987) 본 실험에서도 유사한 결과를 나타내었다. 1년생에서는 파종밀도가 증가할수록 근장, 근경, 근중 등이 적어진다 고 보고했지만 (Mo *et al.*, 2014) 2년생에서는 m² 당 37립 파종구까지 근장, 근경, 근중 등이 증가하다가 44립 파종구에서

Table 3. Effect of sowing density, number of seeds sown per hole and thinning treatment on the growth of above-ground parts of ginseng under direct sowing cultivation.

Sowing density (Seeds/m ²)	No. of seeds sown per hole	Thinning treatment	Plant height (cm)	Stem length (cm)	Stem diam. (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SPAD value
22	1	No	18.5	6.5	6.7	3.2	2.0	25.5
	2	No	21.1	7.0	7.5	3.6	2.1	23.6
	2	Yes	20.3	7.0	7.0	3.2	1.9	23.8
	3	No	21.0	7.2	7.0	3.5	2.1	23.3
	3	Yes	19.8	7.0	6.9	3.2	1.9	23.8
Mean			20.1	7.0	7.0	3.3	2.0	24.0
28	1	No	19.2	7.5	7.1	3.3	2.0	25.0
	2	No	20.2	7.1	7.4	3.4	2.1	25.4
	2	Yes	19.8	7.2	7.3	3.4	1.9	25.4
	3	No	21.4	7.8	7.3	3.5	1.9	23.2
	3	Yes	20.2	7.1	7.0	3.4	1.9	23.5
Mean			20.2	7.3	7.2	3.4	2.0	24.8
37	1	No	20.9	7.5	7.7	3.5	2.1	24.2
	2	No	20.8	7.5	7.4	3.5	2.1	23.7
	2	Yes	21.2	7.7	7.6	3.5	2.1	23.9
	3	No	22.2	8.4	7.4	3.5	2.1	23.7
	3	Yes	21.6	8.1	7.2	3.2	2.1	24.2
Mean			21.3	7.9	7.5	3.4	2.1	24.0
44	1	No	20.4	7.1	7.4	3.4	2.0	24.3
	2	No	20.9	7.9	7.3	3.5	2.1	23.9
	2	Yes	21.9	8.3	7.8	3.5	2.0	24.0
	3	No	22.7	8.5	7.7	3.5	2.2	23.6
	3	Yes	21.0	8.1	7.4	3.3	2.2	24.3
Mean			21.4	8.0	7.5	3.5	2.1	24.0
Sowing density (A)			*	*	NS	NS	NS	*
No. of seeds sown per hole (B)			*	*	NS	NS	NS	*
Thinning treatment (C)			*	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction (A × B)			NS ^{b)}	*	NS	NS	NS	*
Interaction (B × C)			*	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction (A × B × C)			NS	NS	NS	NS	NS	NS

Values are averages of three replicates. *significant at the 5% level.

감소하는 경향을 보였다. 혈당 파종립수는 근장에 영향을 주지 않았지만 근경과 근중에 크게 영향을 미쳤다. Lee 등 (2012)은 밀식재배 시 솥음처리는 근중의 증가에 크게 영향을 미친다고 보고하였는데, 본 실험에서도 솥음처리와 근중은 높은 유의성을 나타내었다. 따라서 인삼 뿌리의 생육은 파종밀도, 혈당 파종량, 솥음처리의 영향을 크게 받는다. 다시 말해서 뿌리의 생육은 수광량과 아주 밀접한 관계가 있어 (Cheon *et al.*, 1991; Cho *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2008) 직파재배 시 최적의 엽면적지수를 설정하는 것이 개체 간의 양분 경합을 최소화하기 때문에 수광을 증대하는 중요한 요인이라고 판단된다.

3. 파종밀도, 혈당 파종량, 솥음처리에 따른 생리장해 및 병 발생 양상

본 실험 결과 파종밀도에 따른 모잘록병 (*Rhizoctonia solani*)과 뿌리썩음병 (*Phythium ultimum*)의 발병은 차이가 없었지만 혈당 파종립수와 솥음처리는 파종밀도보다 발병에 더 큰 영향을 주었다 (Table 5). 혈당 파종량이 증가할수록 뿌리썩음병의 발병률은 증가하는 경향을 나타내었다. 적절한 수광량은 인삼의 목부, 사부, 유관속형성층 및 후벽조직섬유 등의 배열이 안정적으로 형성되지만 수광량이 낮아지면 조직의 치밀도가 불안정하게 되고 세포벽에 리그닌과 슈베린의 침착물이 감소하게 된다는 보고 (Cho *et al.*, 2008)와 같이 파종밀도와 혈당 파종량이 증가하면 수광량이 감소하여 식물체 조직

재식밀도 및 파종립수

Table 4. Effect of sowing density, number of seeds sown per hole and thinning treatment on the growth of below-ground parts of ginseng.

Sowing density (Seeds/m ²)	No. of seeds sown per hole	Thinning treatment	Root length (cm)	Root diam. (mm)	Root weight (g/plant)	lateral roots per plant
22	1	No	17.1	10.5	3.3	3.3
	2	No	16.6	10.4	3.9	2.9
	2	Yes	17.3	10.9	3.9	3.3
	3	No	17.6	10.1	3.8	3.4
	3	Yes	17.7	10.0	3.7	3.4
	Mean			17.3	10.4	3.7
28	1	No	18.9	11.6	5.3	3.3
	2	No	18.1	10.3	3.9	2.8
	2	Yes	17.2	10.2	3.3	3.4
	3	No	16.9	9.8	3.2	3.1
	3	Yes	17.6	10.1	3.5	3.3
	Mean			17.8	10.4	3.8
37	1	No	19.1	12.2	5.6	3.5
	2	No	18.6	11.3	4.5	2.7
	2	Yes	19.1	11.6	4.8	3.3
	3	No	16.3	11.2	4.8	3.0
	3	Yes	17.5	11.1	4.2	2.9
	Mean			18.1	11.5	4.8
44	1	No	17.8	11.3	3.4	3.5
	2	No	16.6	10.6	3.4	3.1
	2	Yes	18.0	10.6	4.4	3.2
	3	No	16.5	10.5	3.6	3.2
	3	Yes	16.8	10.9	4.0	2.8
	Mean			17.2	10.8	3.8
Sowing density (A)			NS	NS	*	NS
No. of seeds sown per hole (B)			NS	*	*	NS
Thinning treatment (C)			NS	NS	**	NS
Interaction (A × B)			NS	*	NS	NS
Interaction (B × C)			NS	*	*	NS
Interaction (A × B × C)			NS	NS	*	NS

Values are averages of three replicates. *significant at the 5% level.

이 치밀하지 못하기 때문에 병 발생이 증가한 것으로 판단된다. 인삼의 연백화된 지체부는 cuticle층의 발달이 매우 빈약하기 때문에 병원균은 주로 그 부위에서 발생하지만 지상부로 노출되어 보라색으로 변색된 줄기 부분에는 감염이 적다 (Yu *et al.*, 1990). Cho 등 (2004)은 *Rhizoctonia solani*는 식물조직이 경화된 4년생보다 줄기가 작고 연약한 2년생에서 더 쉽게 침투한다고 보고하였다. 혈당 2, 3립 파종 구에서 건전한 한 개체만을 남기고 나머지 개체들을 솎아내었을 때 1립 파종 구보다 모잘록병과 뿌리썩음병의 발병률이 더 높았다. 특히 2립 파종 구 보다 3립 파종 구에서 더 높은 발병률을 보였다. 식물병원균이 식물에 침입하기 위하여 cutinase와 polygalactronase를 분비하여 식물체 표피의 cuticle층과 세포의 pectin들을 분해 또는 파괴하여 감염된다고 보고 하였는

데 (Bateman and Lumsden, 1965; Shaykh *et al.*, 1977) 동일한 파종밀도와 파종량에서 솎음처리를 하지 않는 처리 구에 비해 병 발생이 더 높았던 것으로 보아 솎음처리 시 생긴 상처부위에 병원균이 감염되어 발병한 것으로 생각된다. 따라서 인삼의 안정적인 입모율을 확보하기 위해 혈당 3립보다 2립을 파종한 후 건전한 한 개체만을 남기고 나머지 개체들을 솎아내었을 때 병에 의한 결주율을 최소화할 수 있는 적합한 방법이라고 판단된다.

인삼의 상품성과 수량에 직접적으로 영향을 미치는 적변, 은피, 달래삼과 같은 생리장해의 발생은 파종밀도, 혈당 파종량, 솎음처리 등에 큰 영향을 받지 않았다 (Table 5). 황증, 적변, 은피와 같은 생리적 장해 (Hyun *et al.*, 2009; Kang *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2013; Park, 1991; Yang *et al.*, 1997)는

Table 5. Effect of sowing density, number of seeds sown per hole and thinning treatment on disease incidence and physiological disorder of ginseng.

Sowing density (Seeds/m ²)	No. of seeds sown per hole	Thinning treatment	Disease incidence			Physiological disorder		
			Damping-off (%)	Root rot (%)	Nutrition deficiency (%)	Rusty (1-5)	Rocambole shape (%)	Rough skin (1-5)
22	1	No	8.5	11.3	0.0	2.1	27.4	2.0
	2	No	5.4	11.7	4.9	1.6	9.5	1.8
	2	Yes	7.8	13.5	1.7	2.3	20.6	1.7
	3	No	7.7	25.5	14.7	1.9	10.0	1.7
	3	Yes	9.7	10.9	1.7	1.9	19.7	1.9
Mean			7.8	14.6	4.6	2.0	17.4	1.8
28	1	No	5.7	2.6	4.5	1.8	9.4	1.1
	2	No	9.7	10.7	11.1	1.8	16.7	1.5
	2	Yes	18.6	9.4	2.0	2.0	25.2	1.2
	3	No	15.9	23.0	4.5	2.5	10.0	1.7
	3	Yes	26.5	20.3	2.0	2.1	10.8	2.0
Mean		∞	15.3	13.2	4.8	2.0	14.4	1.5
37	1	No	5.6	2.8	0.0	1.6	5.1	1.2
	2	No	6.2	4.7	5.1	1.8	3.3	1.3
	2	Yes	8.8	8.1	4.4	2.1	26.1	1.5
	3	No	14.1	2.9	7.8	1.7	3.3	1.3
	3	Yes	20.5	3.6	3.5	2.1	5.6	1.2
Mean		∞	11.0	4.4	4.2	1.8	8.7	1.3
44	1	No	8.2	7.4	5.1	2.1	44.4	1.8
	2	No	6.5	14.5	6.7	2.1	18.1	2.2
	2	Yes	11.6	20.6	5.8	1.7	14.0	1.8
	3	No	9.3	25.3	5.5	2.5	18.3	2.3
	3	Yes	19.7	23.5	3.4	1.5	8.9	1.5
Mean			11.1	18.3	5.3	2.0	20.8	1.9
Sowing density (A)			NS	NS	NS	NS	NS	NS
No. of seeds sown per hole (B)			NS	*	*	NS	NS	NS
Thinning treatment (C)			**	**	**	NS	NS	NS
Interaction (A × B)			NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction (B × C)			**	**	**	NS	NS	NS
Interaction (A × B × C)			NS	NS	NS	NS	NS	NS

Values are averages of three replicates. *significant at the 5% level.

토양의 배수성이 불량하거나 토양 속에 염류농도가 높을 때 많이 발생한다고 보고되었다. 반면에 영양분 결핍증상은 혈당 파종량이 증가 할수록 많이 발생하였지만 숙음처리 시 증상은 감소하였는데 그것은 개체 간에 극심한 양분경합에 의한 토양의 영양분 부족에 의한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 주관하는 인삼 시설하우스 이용 직파재배 기술 개발(과제번호: PJ00941301) 과제의 연구비 지원을 받아 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Agehara S and Warncke DD.** (2004). Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. *Journal of American Society of Soil Science.* 69:1844-1855.
- Bae YS, Park BY, Kang SW, Cha SW, Hyun KS, Yeun BY, Ahn TJ, Lee SW, Hyun DY, Kim KC, Chung KC, Kim SK and Han MJ.** (2005). Handbook of ginseng diseases and pests. National Institute of Crop Science Press. Suwon, Korea. p.1-79.
- Bateman DF and Lumsden RD.** (1965). Relation of calcium content and nature of the pectic substances in bean hypocotyls of different ages to susceptibility to an isolate of *Rhizoctonia*

- solani*. Phytopathology. 55:734-738.
- Cheon SK, Mok SK, Lee SS and Shin DY.** (1991). Effects of light intensity and quality on the growth and quality of Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) I. Effects of light intensity on the growth and yield of ginseng plants. Korean Journal of Ginseng Science. 15:21-30.
- Cho DH, Kang JY and Yu YH.** (2004). Anastomosis group, pathogenicity and growth characteristics of *Rhizoctonia solani* causing damping-off on *Panax ginseng*. Journal of Ginseng Research. 4:183-190.
- Cho DH, Yu YH, Ohh SH and Lee HS.** (1997). Effect of carbon and nitrogen sources on the mycelial growth and sporulation of *Cylindrocarpon destructans* causing root rot of *Panax ginseng*. Korean Journal of Plant Pathology. 13:30-36.
- 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.
- Choi YC, Yun MS and Uhm KB.** (1980). Effect of Nitrogen fertilizer level and planting density on the occurrence of bacterial leaf blight of rice. Korean Journal of Plant Protection. 19:199-202.
- Deenik J.** (2006). Nitrogen mineralization potential in important agricultural soils of Hawaii. Soil and Crop Management. 15:1-5.
- Eo JU, Park KC and Yeon BR.** (2011). Changes in soil biota affected by the application of organic materials in reclaimed upland and paddy-converted soils cultivated with Korea ginseng. Journal of Korean Society of Soil and Fertilizer. 44:872-877.
- Heuvel JV.** (1981). Effect of inoculum composition on infection of French bean leaves by conidia of *Botrytis cinerea*. Netherlands Journal of Plant Pathology. 87:55-64.
- Hill SN and Hausbeck MK.** (2009). Factors influencing airborne conidial concentrations of *Alternaria panax* in cultivated American ginseng gardens. Plant Disease. 12:1311-1316.
- Hong SK and Kim HG.** (1992). Stimulative effects of various carbon and nitrogen sources on infection of *Botrytis cinerea* on the cucumber leaves. Korean Journal of Plant Pathology. 8:107-111.
- Hyun DY, Yeon BY, Lee SW, Kang SW, Hyeon GS, Kim YC, Lee KW and Kim SM.** (2009). Analysis of occurrence type of physiological disorder to soil chemical components in ginseng cultivated field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:439-444.
- Jang IB, Park KC, Cha SW and Yoon BS.** (2011). Consumer preferences for organic Korean ginseng and development strategies for organic Korean ginseng industry. Journal of Agriculture Science. Chungbuk National University. 27:245-251.
- Jin HO, Kim UJ and Yang DC.** (2009). Effect of nutritional environment in ginseng field. Journal of Ginseng Research. 33:234-239.
- Joa JH, Moon DG, Koh SW and Hyun HN.** (2012). Effect of temperature condition on nitrogen mineralization and soil microbial community shift in volcanic ash soil. Journal of Korean Society of Soil and Fertilizer. 45:467-474.
- Kang HS, Park DS, Hwang YK and Kim SM.** (2007). Survey on pesticide use by ginseng growers at Gangwon farmland in Korea. Korean Journal of Pesticide Science. 11:131-218.
- Kang SW, Yeon BY, Hyun GS, Bae YS, Lee SW and Seung NS.** (2007). Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soils of ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:157-161.
- Kim DW.** (2011). Study on the method of cultivation under plastic film house with shading net in paddy field for ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Ph. D. Thesis. Chungbuk National University. p. 1-110.
- Kim DW, Cheong SS, Park JS, Park CB, Ryu J and Yang JC.** (2006). Disease incidence and growth characteristics under the shading type of vinyl-covered house in *Panax ginseng*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 51:476-477.
- 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, Jung SS, Kim DW, Sark PJ, Rhy J, Bae YK 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 YH, Yu YH and Lee JH.** (1990). Effect of shading on the quality of raw, red and white ginseng and the contents of some minerals in ginseng roots. Korean Journal of Ginseng Science. 14:36-43.
- Lee CY.** (2007). Effects of shading material of rain shelter on growth and quality in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:291-295.
- Lee GA, Park SY, Wu WG, Kim DH, Kim MS, Park KC, Cha SW, Choi JH, Choi GD and Song BH.** (2012). Comparative analysis on major growth responses of shoot and root of ginseng cultivated with thinning out method at different growth stages and year olds in organic culture of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:93-94.
- Lee JC, Ahn DJ, Byen JS, Chen SK and Kim CS.** (1998). Effect of seeding rate on growth and yield of ginseng plant in direct-sowing culture. Journal of Ginseng Research. 22:299-303.
- Lee JH, Nam KY, Kim MS and Bae HW.** (1978). Relationship between the mineral nutrients uptake and the age of ginseng plant(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 21:58-62.
- Lee SS.** (1996). Effect of transplanting angle of seedling on root shape and growth of ginseng plant(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean Journal of Ginseng Science. 20:78-82.
- 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.

- Lee SW, Kim CG, Hyun DY, Yeon BY, Lee KW and Cha SW.** (2008). Effect of light transmission ratio and soil moisture content on growth characteristics of seedling in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:207-210.
- Lee SW, Park KC, Lee SH, Park JM, Jang IB and Kim KH.** (2013). Soil chemical property and leaf mineral nutrient of ginseng cultivated in paddy field occurring leaf discoloration. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:289-295.
- Ma KC, Byeon MH, Bang GP, Ko SJ and Lee YH.** (2008). Incidences of phytophthora fruit rot on fig according to the cultural practice and its eco-friendly control. Research Plant Disease. 14:107-111.
- Madden LV.** (1992). Rainfall and the dispersal of fungal spores. Advance Plant Pathology. 8:39-79.
- Manzoni S and Porpotato A.** (2007). A theoretical analysis of nonlinearities and feedbacks in soil carbon and nitrogen cycles. Soil Biology and Biochemistry. 39:1542-1556.
- 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.
- Mok SK.** (2000). Standard cultivation method for ginseng. Rural Development Administration Press. Suwon, Korea. p.166-169.
- Nakada KR and Takimoto SH.** (1922). Studies on disease of ginseng. Korea Agricultural Experiment Station Bulletin. 5:41-51.
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology).** (2000). Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA. Suwon, Korea. p.108-149.
- Nobili DM, Contin M and Brookes PC.** (2006). Microbial biomass dynamics in recently air dried and rewetted soils compared to others stored air dry for up to 103 years. Soil Biology and Biochemistry. 38:2871-2881.
- Park H.** (1991). Physiological disorder of *Panax ginseng*. Korean Journal of Crop Science. 36:459-480.
- Park H, Mok SK and Kim KS.** (1982). Relationship between soil moisture, organic matter and plant growth in ginseng plantations. Journal of Korean Society of Soil and Fertilizer. 15:156-161.
- Park H, Yoon JH, Byen JS and Cho BG.** (1987). Effect of growth light and planting density on yield and quality of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Crop Science. 32:386-391.
- 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 KS and Chung BK.** (1985). Effect of nitrogen sources on mycelial growth and sclerotial formation of *Rhizoctonia solani* causing rice sheath blight. Korean Journal of Plant Pathology. 1:44-50.
- Rural Development Administration(RDA).** (2011). Ginseng cultivation standard farming text book-103(Revised Ed.). Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.108-149.
- Rosa M, Pascuala JA, Garciaa C, Hernandez MT and Insam H.** (2006). Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long term amendment with different composts. Soil Biology and Biochemistry. 38:3443-3452.
- Seong BJ, Kim GH, Kim HH, 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.
- Shykh M, Soliday C and Kolattukudy PE.** (1977). Proof for the production of cutinase by *Fusarium solani* f. *pisi* during penetration into its host, *Pisum sativum*. Plant Physiology. 60:170-172.
- Taylor B and Adedoyin SF.** (1981). A general view of anti-biology in relation to cocoa. (1) Epidemiology of phytophthora pod rot of cocoa in Nigeria. Phytopathology. 25:132-144.
- Tscherko D and Kandeler E.** (1999). Classification and monitoring of soil microbial biomass, N-mineralization and enzyme activities to indicate environmental changes. Journal of Die Bodenkultur. 50:215-226.
- Wang W, Smith CJ, Chalk PM and Chen D.** (2001). Evaluation chemical and physical indices of nitrogen mineralization capacity with an unequivocal reference. Journal of American Society of Soil Science. 65:368-376.
- 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.
- Yang DC, Kim YH, Yun KY, Lee SS, Kwon JN and Kang HM.** (1997). Red-colored phenomena of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) root and soil environment. Korean Journal of Ginseng Science. 21:91-97.
- Yoon HJ and Han YS.** (2005). Survey of awareness of consumer for organic apicultural products. Korean Journal of Food and Cookery Science. 1:150.
- Yu YH, Cho DH, Lee IH and Ohn SH.** (1990). Effect of seeding depth on severity of damping-off ginseng seedling caused by *Rhizoctonia solani*. Korean Journal of Ginseng Science. 3:432-436.