



일본잎갈나무림과 침활혼효림의 입지환경이 산양삼 종묘의 초기 생육에 미치는 영향

김기윤 · 엄유리 · 정대희 · 어현지 · 전권석 · 김현준 ^{*}

국립산림과학원 산림약용자원연구소

Effect of Location Environments on Early Growth of Wild-simulated Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) Seedlings in *Larix kaempferi* and Mixed Forest

Kiyoon Kim, Yurry Um, Dae-Hui Jeong, Hyun-Ji Eo,
Kwon-Seok Jeon and Hyun-Jun Kim ^{*}

Forest Medicinal Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Yeongju 36040, Korea

요약: 본 연구는 일본잎갈나무림과 침활혼효림의 입지환경이 산양삼 종묘의 초기 생육에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행하였다. 일본잎갈나무림과 침활혼효림에 시험포지를 조성하고, 입지환경과 산양삼 종묘의 생육특성을 조사하였다. 입지환경 중에서 토양 유기물, 전질소, 양이온치환용량과 같은 토양특성은 일본잎갈나무림에 비해 침활혼효림에서 높게 나타났다. 산양삼 종묘의 생육특성 또한 일본잎갈나무림에 비해 침활혼효림에서 유의적으로 높게 나타났다. 시험포지 내 수종 비율, 토양특성, 산양삼 종묘 생육특성 간의 상관관계를 분석한 결과, 토양특성과 생육특성은 활엽수림의 비율과 유의적인 정의 상관관계를 보였고, 토양특성 중에서 유기물, 전질소, 양이온치환용량이 산양삼의 생육과 유의적인 정의 상관관계를 보였다. 본 연구에서는 일본잎갈나무림과 침활혼효림의 입지환경 중에서 입상과 토양특성이 산양삼 종묘 생육특성과 유의미한 상관관계를 보이는 것을 구명할 수 있었고, 본 연구의 결과를 바탕으로 향후 산양삼의 최적 재배지를 선정하는데 기초적인 자료로서 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract: This study investigated the environmental location effects that *Larix kaempferi* and mixed forests had on the early growth of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) seedlings. Experimental plots were created in *Larix kaempferi* and mixed forests, and confirmed the location environments and growth characteristics of wild-simulated ginseng seedling. Our results showed that the soil properties, such as soil organic matter, total nitrogen, and cation exchangeable capacity were significantly higher in the mixed forest soil compared to the *Larix kaempferi* forest soil. Likewise, the growth characteristics of wild-simulated ginseng seedlings were significantly higher in mixed forests compare to the *Larix kaempferi* forest. Correlation analysis between tree species ratio, soil properties, and growth characteristics in the experimental plots determined that the soil properties and growth characteristics had significant positive correlation with the broad-leaved forest percentage. Growth characteristics of the wild-simulated ginseng seedlings were shown to have a significant positive correlation with organic matter, total nitrogen, and cation exchange capacities. This study has clearly demonstrated that the tree species ratio, and soil properties in *Larix kaempferi* and mixed forests were significantly correlated with the early growth of wild-simulated ginseng seedlings. These results could help to improve the selection of suitable cultivation sites for wild-simulated ginseng.

Key words: wild-simulated ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) seedling, soil properties, *Larix kaempferi* forest, mixed forest, correlation analysis

* Corresponding author

E-mail: mind4938@korea.kr

ORCID

Hyun-Jun Kim  https://orcid.org/0000-0002-6452-7982

서론

산양삼이란 산림청에서 ‘종자나 종묘를 산지에 직접 파종 및 이식하여 차광막 등 인공시설을 설치하지 않고 자연 상태로 키우는 삼’으로 정의하고 있고(KOFPI, 2013), [임업 및 산촌진흥청 촉진에 관한 법률]에 의거한 특별관리 임산물로서 재배지 선정에서부터 종자, 종묘, 식재, 재배관리, 품질검사, 유통 등 모든 과정이 관리되고 있다(NIFoS, 2018). 식물분류학적으로 두릅나무과(Araliaceae)에 속하고, 국명은 인삼, 영명은 wild-simulated ginseng, 학명은 *Panax ginseng* C. A. Meyer로 표기한다.

산양삼은 인삼보다 약리작용 효능이 뛰어나고, 산림에서 얻을 수 있는 대표적인 고소득 재배 작목으로서 약 40여 년 전부터 우리나라 일부 농가에서 재배해왔다고 알려져 있으며(Kim et al., 2013; Choi et al., 2016), 최근에 국민의 소득이 향상됨에 따라 청정임산물에 대한 관심 및 수요가 증가하면서 산양삼에 대한 관심 또한 높아지고 있다(Kim et al., 2019a). 산양삼의 수급 동향 및 소비추이를 살펴보면, 2018년을 기준으로 국내 생산량과 수입량을 고려한 산양삼의 수요량은 총 159톤으로 특히 최근 10년간 국내 생산량은 2009년 42톤에서 2018년 130톤으로 크게 증가하였다(Park and Jeon, 2020). 또한 산양삼에 대한 관심이 높아짐에 따라 산양삼의 주요 생리활성 물질인 진세노사이드(Ginsenoside) (Kwon et al., 2017; Jeong et al., 2019), 산양삼의 항산화(Seo et al., 2015; Kang et al., 2016) 및 항염증(Park et al., 2018) 효능과 더불어 미용 식물(Kim et al., 2018; Lee et al., 2018) 등 다양한 분야의 연구도 활발히 수행되고 있다.

산양삼은 임간에서 재배하는 만큼 산양삼의 생육조건에 있어 재배지의 상층 및 하층식생의 상태나 지표종이 가장 중요하다고 할 수 있다. 우리나라 산양삼(*Panax ginseng*)이 미국의 서양삼(*Panax quinquefolium*)이나 중국의 전칠삼(*Panax notoginseng*)에 비해 생육이 우수한 것은 우리나라에서 산양삼이 가장 많이 경작되는 재배지의 위도가 북위 36°~38°로 삼이 생육하는데 있어 지리적 여건이 우수하기 때문이라는 연구 결과가 있다(Woo and Lee, 2002). 산림환경은 산양삼의 성장 및 발달에 큰 영향을 주기 때문에 산양삼 재배 시 다양한 산림환경에서 산양삼의 재배에 적합한 적지를 찾는 것이 가장 중요하다(Kim et al., 2015). Woo et al.(2002)은 산지에서 그들과 적합한 토양조건, 상층식생으로 인해 습도가 일정하게 유지되는 환경이 삼을 재배하는데 있어 최적의 조건이라고 하였고, Lim et al.(2003) 또한 삼의 임간재배 시에는 재배지의 토양, 기후, 지형 등의 환경조건이 고려되

어야 하며, 그 중에서도 특히 임상을 우선 시하여 고려하는 것이 산양삼의 재배적지를 선정하는데 도움이 될 것이라 하였다.

우리나라는 전체 면적의 63.8%가 산림지역으로 이루어져 있고, 산림의 구성은 침엽수림이 전체의 43.5%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 그 다음으로 침활혼효림이 30.5%, 활엽수림이 26.0%로 구성되어 있다고 알려져 있다(Jeon et al., 2013; KFS, 2016). 이 중에서 일본잎갈나무(낙엽송, *Larix kaempferi*)는 면적이 424,668 ha로 우리나라에 조림된 수종 중 가장 넓은 면적으로 차지하고(KFS, 2011), 산림자원으로서의 활용도가 높아 특별히 관리되는 수종으로 알려져 있다(Lim et al., 2016).

Chung and Moon(2011)은 산림식생은 환경과의 상호작용으로 형성되고, 이 중에서 토양특성은 형성된 식생에 의해 영향을 받게 되는데 구성 수종, 토양활용, 입지의 차이에 따라 유의적으로 변화한다고 하였다. 산양삼은 임간에서 무농약, 무비료를 원칙으로 자연 상태에서 장기적으로 재배하기 때문에 입지환경 중에서도 재배지의 임상과 토양특성에 대한 조사는 산양삼의 생육특성을 연구하는데 있어 필수적이라고 할 수 있다(Kim et al., 2019b).

국외에서는 임상에 따른 산림토양 특성에 대한 연구가 이 전부터 수행되고 있고(Russell et al., 2007; Pérez-Bejarano et al., 2008; Ushio et al., 2010; Kooch et al., 2017), 최근에는 산양삼 재배지의 임상과 토양특성에 대한 연구도 활발히 수행하고 있다(Liu et al., 2016; Sun et al., 2017). 국내에서도 다양한 산림환경에 따른 토양특성 연구가 활발히 수행되고 있으나(Jeong et al., 2002; Jeong et al., 2003; Yun and Moon, 2009; Park et al., 2014), 산양삼 재배지의 임상별 토양특성과 산양삼 생육특성에 대한 상관관계 연구는 매우 미흡한 실정이다. 최근에 Kim et al.(2019b)의 연구에서 산양삼 재배지 입지환경과 생육특성에 대한 연구를 수행하였으나, 이는 우리나라 산양삼 재배지 중 일부의 재배지 환경에 대한 연구이기 때문에 보다 다양한 산양삼 입지환경과 생육특성에 대한 상관관계 연구가 시급하다. 게다가 산양삼은 거래특성상 임업인 개인의 경험에만 의존하는 경우가 많아 산양삼 재배지의 입지환경, 임목과의 관계, 토양특성 등에 대한 과학적이고 체계적인 정립이 필요한 실정이다(MAFRA, 1998; Kwon et al., 2011; Kim et al., 2013).

따라서 본 연구에서는 우리나라 침엽수림 중 가장 많은 비중을 차지하는 일본잎갈나무림과 침활혼효림 시험포지의 입지환경을 조사하고, 입지환경 중에서도 임상비율과 토양특성이 산양삼 종묘의 초기 생육에 미치는 영향을 분석하기 위해 구명하였다.

재료 및 방법

1. 산양삼 시험포지 조성

본 연구가 수행된 산양삼 시험포지는 한국임업진흥원에서 2016년부터 조성하여 관리 및 운영하고 있는 산양삼 종자공급단지 중에서 일본잎갈나무로 조성된 충청북도 충주 종자공급단지와 침활혼효림으로 조성된 경상남도 함양 종자공급단지를 선정하였다(Figure 1). 선정한 종자공급단지 내에 산양삼 종자 파종 및 종묘 이식을 위한 시험포지를 2019년 3월에 각각 0.1 ha씩 조성하였다.

2. 임상별 시험포지 입지환경 조사 및 기상자료 수집

임상별 시험포지의 입지환경 조사는 조성한 시험포지를 중심으로 10 m x 10 m 구역 내 임상(수종, 수고, 흉고 직경)과 지형(사면방향, 사면경사, 해발고도)을 측정하였다. 시험포지의 토양특성을 분석하기 위해 각 시험포지 내 3개의 구역을 임의로 선정하여 표토를 제거하고 토심 10~30 cm 깊이에서 채취하였다. 채취한 토양시료는 2 mm 체를 이용하여 거른 후 실온에서 풍건하여 보관하였다. 시험포지의 기상자료 수집은 조성한 시험포지의 정중앙에 데이터로거(HOBO U30, Onset computer Co., USA)를 설치하여 대기온도(Air temperature), 토양온도(Soil temperature), 상대습도(Relative humidity), 일사량(Solar radiation)을 2019년 4월부터 9월까지 1시간 간격으로 데이터를 수집하였다.

3. 토양특성 분석

채취한 종자공급단지 시험포지의 토양특성 분석은 농

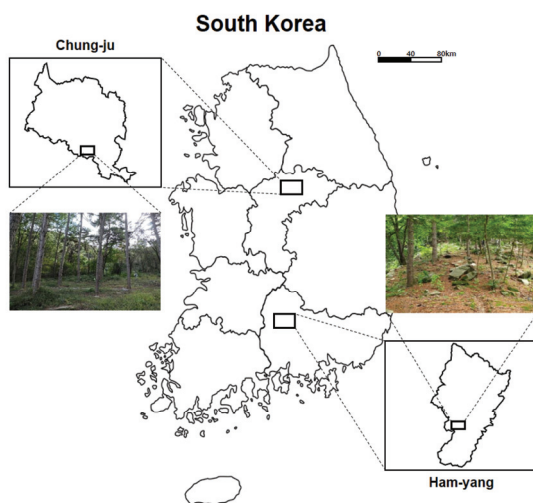


Figure 1. Selection of wild-simulated ginseng experimental plots by different forest physiognomy.

촌진흥청의 [종합검정실 분석 매뉴얼]을 참고하여 분석하였다(RDA, 2013). 공시토양의 토성(Soil texture)는 피펫법을 이용하여 측정된 모래, 미사, 점토의 비율로 미국 농무성법 토성구분 삼각도표를 이용하여 확인하였다. 토양 pH와 전기전도도(Electrical conductivity, EC)는 풍건한 토양 10 g을 증류수 50 mL에 첨가하여 1:5로 희석하고 1시간 동안 진탕한 후 pH meter와 EC meter로 각각 측정하였다. 토양 유기물(Organic matter, OM) 함량은 Tyurin 법을 이용하여 측정하였고, 전질소(Total nitrogen, TN) 함량은 Kjeldahl 황산분해증류법으로 측정하였다. 유효인산(Available phosphate, P₂O₅) 함량은 Lancaster 침출법을 이용하여 1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid 용액에 의한 몰리브덴청법을 통해 측정하였다. 풍건한 토양 시료를 1 N-NH₄OAc(pH 7.0)에 침출한 후, 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry, ICP-OES)를 이용하여 치환성 양이온(Exchangeable cation)을 측정하였고, 치환된 암모늄(NH₄⁺)을 Kjeldahl 증류법으로 양이온치환용량(Cation exchange capacity, CEC)를 측정하였다.

4. 산양삼 생육특성 조사

산양삼의 생육특성 조사를 위해 2019년 3월에 Jeon et al.(2018)의 [산양삼 표준재배지침] 재배방법을 참고하여 산양삼 종자를 270립 씩 파종하고, 종묘 2년근을 300본 씩 이식하였다. 파종 및 이식 50일 이후부터 종자의 출아 개수와 종묘의 활착 개수를 조사하여 출아율과 활착률을 확인하였다. 산양삼 종묘 생육특성의 경우, 이식한지 120일 이후의 산양삼 종묘를 채취한 후 국립종자원의 [인삼 작물별 특성조사요령]을 준수하여 산양삼 종묘의 지상부(줄기길이, 줄기직경, 소엽길이, 소엽직경, 생중량)와 지하부(뿌리길이, 주근직경, 생중량, 건중량)의 생육을 조사하였다.

5. 통계처리

본 연구에서 분석된 토양특성과 산양삼 종묘의 생육특성에 대한 데이터 값은 평균 ± 표준오차(mean ± standard error, S.E.)로 나타냈고, 임상별 시험포지의 비교 데이터 값은 Statistical analysis system(version 7.1, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 T-test를 통해 유의성을 검정하고, 최소유의차(Least significant difference, LSD)는 $p < 0.05$ 수준에서 통계처리 하였다. 산양삼 생육특성, 토양특성, 임상비율 데이터 간의 상관관계분석(Correlation analysis)은 IBM SPSS Statistics(version 25, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 Pearson's 상관계수(r)와 유의성($p < 0.05$)을 확인하였다.

결과 및 고찰

1. 임상별 산양삼 시험포지 입지환경

1) 임상, 지형, 기상데이터

산양삼 종자공급단지 내 조성한 시험포지의 임상 및 지형에 대한 데이터는 Table 1에 나타났다. 충주 시험포지는 일본잎갈나무(낙엽송, *Larix kaempferi*)가 100%로 조성된 일본잎갈나무림으로 평균 수고가 21.5 m, 평균 흉고직경은 30.8 cm로 확인되었다. 함양 시험포지는 활엽수 79.3%와 침엽수 20.7%로 구성된 침활혼효림으로 평균 수고는 13.2 m, 평균 흉고직경은 12.0 cm로 나타났다. 활엽수는 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*)와 비목나무(*Lindera erythrocarpa*)가 가장 많은 비중을 차지하였고, 이 외에 개웃나무(*Rhus tricocarpa*), 생강나무(*Lindera obtusiloba*), 쪽동백나무(*Styrax obassia*), 갈참나무(*Quercus aliena*), 층층나무(*Cornus controversa*), 붉나무(*Rhus javanica*), 산뽕나무(*Morus bombycis*), 밤나무(*Castanea crenata*), 노린재나무(*Symplocos chinensis*), 고로쇠나무(*Acer pictum*)가 확인되었으며, 침엽수는 소나무(*Pinus densiflora*)와 잣나무(*Pinus koraiensis*)가 확인되었다.

지형의 경우, 두 시험포지 모두 사면지형이었고, 충주 시험포지는 남동사면(13°)에 해발고도가 317 m이었으며, 함양 시험포지는 북동사면(14°)에 해발고도가 669 m로 확인되었다. Lee(2010)는 산양삼 재배에는 사면이 북향

또는 동북향, 경사도는 5~15°가 적당하며, 수고 7 m 이상의 임지에서 산양삼 재배가 적합하다고 하였다. Kim et al.(2019b)는 전국 산양삼 재배지 9개소의 입지환경을 조사한 결과, 사면은 북서, 북동, 남동, 남서향으로 다양하였고, 평균 수고는 17.7 m, 흉고직경은 23.5 cm으로 조사되었다고 하였다.

데이터로거를 이용하여 임상별 시험포지의 미기상자료를 수집한 결과, 토양온도는 5월까지의 충주 시험포지(19.3°C)가 함양 시험포지(14.9°C)보다 평균이 높게 확인되었으나 6월부터는 비슷한 경향을 보였고, 평균 대기온도는 4월부터 8월까지 두 시험포지 모두 지속적으로 증가하였으며, 가장 높았던 8월의 대기온도는 충주 시험포지가 27.4°C로 함양 시험포지(24.7°C) 보다 높은 것으로 확인되었다(Figure 2). 평균 상대습도는 5월을 제외하고 함양 시험포지에서 높게 나타났고, 평균 일사량은 4월에서 9월까지 충주 시험포지에서 함양 시험포지에 비해 매우 높은 것으로 확인되었다. 산양삼 재배에는 연 평균기온이 0~10°C인 재배지가 적합하고, 여름에는 30°C 이상에서 7일 이상 지속되면 고온장해를 일으키기 때문에 20~25°C로 서늘한 곳이 적절하다(Jeon et al., 2018). 상대습도는 7월과 8월에 가장 높고, 일본잎갈나무림이 혼효림에 비해 낮은 것으로 나타났으며, 이는 상대습도는 일사량(광도)과 상층목의 울폐도와 밀접한 관계가 있기 때문이다(Woo and Lee, 2002). 활엽수림 또는 침활혼효림은

Table 1. Topography and forest physiognomy of two different experimental plots of wild-simulated ginseng seedling.

Experimental plots	Topography		Forest physiognomy					
	Slope °	Altitude m	Species of three		DBH ¹⁾	TH ²⁾	Percentage	
			Direction		cm	m	%	
<i>Larix kaempferi</i> forest	13	Southeast	317	BT ³⁾	ND ⁴⁾	ND	ND	ND
				Conifer	<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière	30.8	21.5	100.0
					<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance	9.1	9.9	23.3
					<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino	3.3	5.5	13.3
					<i>Rhus tricocarpa</i> Miq.	3.3	3.5	6.7
					<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	3.8	3.0	6.7
					<i>Styrax obassia</i> Siebold & Zucc.	1.9	2.5	6.7
					<i>Quercus aliena</i> Blume	13.9	12.0	3.3
					<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain	9.3	17.0	3.3
					<i>Rhus javanica</i> L.	6.0	5.0	3.3
Mixed forest	14	Northeast	669					
					<i>Morus bombycis</i> Koidz.	8.1	6.0	3.3
					<i>Castanea crenata</i> Siebold & Zucc.	26.1	20.0	3.3
					<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i> (Nakai) Ohwi	3.9	12.0	3.3
					<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi	3.9	3.0	3.3
					<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.	25.4	34.3	10.0
					<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.	29.0	26.0	10.0

¹⁾DBH: diameter of breast height; ²⁾TH: tree height; ³⁾BT: broad-leaved tree, ⁴⁾ND: not detected.

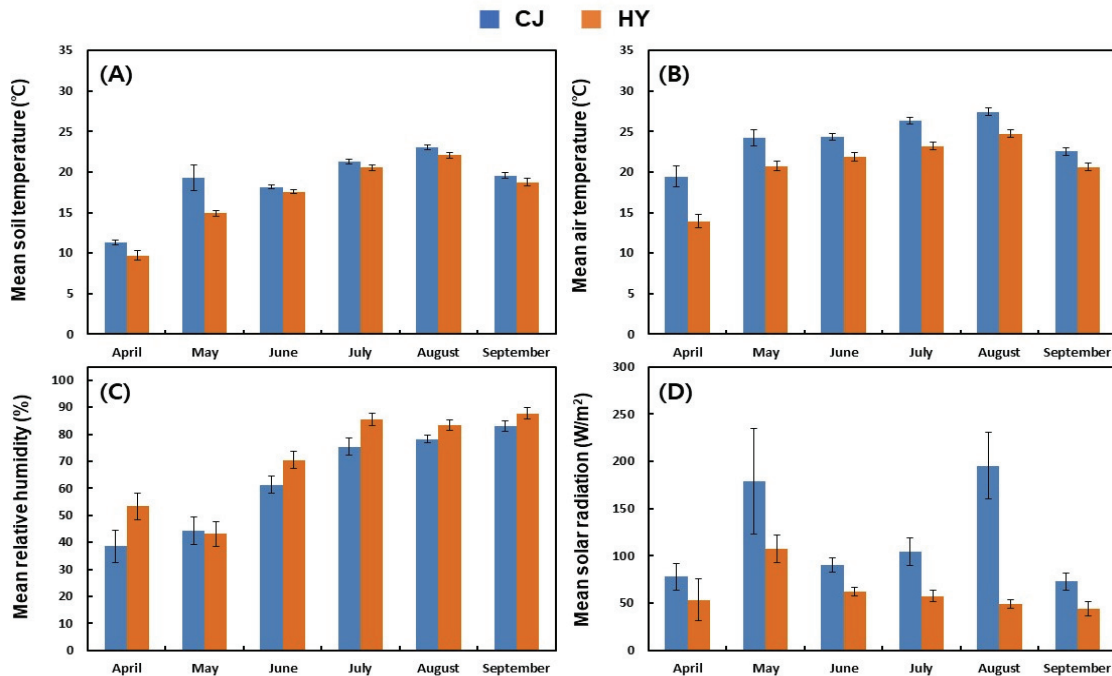


Figure 2. Changes in mean soil temperature (A), air temperature (B), relative humidity (C) and solar radiation (D) at two different experiment plots of wild-simulated ginseng. CJ: Chung-ju, HY: Ham-yang.

Table 2. Soil physio-chemical properties of two different experimental plots.

Experimental plots	Soil texture	pH (1:5)	EC ¹⁾ (dS/m)	OM ²⁾ (%)	TN ³⁾ (%)	Avail. P ₂ O ₅ ⁴⁾ (mg/kg)	Exchangeable cation				CEC ⁵⁾
							K	Ca	Mg	Na	
<i>Larix kaempferi</i> forest	Sandy loam	4.89±0.04a	0.03±0.01a	5.95±0.16b	0.22±0.01b	110.0±18.3a	0.15±0.02a	0.55±0.15a	0.16±0.07a	0.03±0.00a	19.6±1.01b
Mixed forest	Sandy loam	4.97±0.04a	0.02±0.00a	9.17±0.43a	0.34±0.02a	108.7±3.3a	0.13±0.02a	0.45±0.09a	0.13±0.03a	0.05±0.01a	27.8±1.40a
LSD		0.3419	0.016	1.269	0.0578	51.608	0.0828	0.4942	0.2194	0.0245	4.746
p value		0.2590	0.1583	0.0021	0.0045	0.9456	0.5391	0.6159	0.6948	0.0572	0.009

Value in each column with different letters are statistically significant differences ($P \leq 0.05$) among the experimental fields according to least significant difference (LSD). ¹⁾EC: electrical conductivity; ²⁾OM: organic matter; ³⁾TN: total nitrogen; ⁴⁾Avail. P₂O₅: available phosphate; ⁵⁾CEC: cation exchange capacity; ⁶⁾CJ: Chung-ju; ⁷⁾HY: Ham-yang.

침엽수림에 비해 울폐도가 높아 침엽수림의 일사량(광도)이 높게 나타나고, 울폐도가 높을 때 일사량(광도)이 적어 상대습도가 비교적 높은 활엽수림에서 산양삼의 생육이 좋아진다고 알려져 있다(Woo et al., 2002).

본 연구에서도 침활혼효림인 함양 시험포지가 일본잎갈나무림인 충주 시험포지에 비해 평균 대기온도와 일사량이 낮고, 상대습도는 높게 나타남에 따라 선행연구와 일치하는 결과를 보이며, 침활혼효림인 함양 시험포지가 산양삼의 생육에 보다 적합한 것으로 판단된다. 또한 산림에 분포하는 식물 종들은 기후와 토양조건과 같은 환경요인의 영향을 받고, 이와 같은 환경요인은 동일 산지에서도 해발고도와 사면방향에 따라 변화한다(Yoo et al., 2010). 선행연구에서도 산림 기후요소는 임상 외에 해발

고도(Lee et al., 2012; Song et al., 2018) 및 사면(Seo et al., 2008; Gwak and Kim, 2012)에 따라 변화한다고 보고 되고 있어 향후 지속적인 입지환경별 기상데이터 확보를 통해 산양삼 입지환경과 기후와의 상관관계에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

2) 토양특성

임상별 산양삼 시험포지의 토양특성을 분석한 결과, 충주와 함양 시험포지 모두 토성은 사양토이고, pH 4.89~4.97의 산성 토양으로 확인되었다(Table 2). 전기전도도는 0.02~0.03 dS/m, 유기물 함량은 5.59~9.17%, 질소전량은 0.22~0.34%, 유효인산은 108.7~110.0 mg/kg, 치환성 칼륨 0.13~0.15 cmol⁺/kg, 치환성 칼슘 0.45~0.55 cmol⁺/kg,

치환성 마그네슘 $0.13 \sim 0.16 \text{ cmol}^+/\text{kg}$, 치환성 나트륨 $0.03 \sim 0.05 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 으로 나타났고, 양이온치환용량은 $19.6 \sim 27.8 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 으로 나타났다. 산양삼 재배지 토양은 배수가 양호한 사양토나 양토가 적당하고(Lee, 2010), 국립산림과학원에서 발간한 ‘산림토양 특성 평가’에 따르면 우리나라 산림토양의 평균 토양 pH 4.88로 확인되었으며(Kim et al., 2018), 한국임업진흥원에서 조사한 전국 산양삼 재배지의 토양 pH는 $4.0 \sim 6.0$ 으로 확인 되었다(KOFPI, 2013). 유기물 함량은 $2.0 \sim 7.0\%$, 전질소 $0.15 \sim 0.80\%$, 칼륨 $0.3 \sim 0.7 \text{ cmol}^+/\text{kg}$, 칼슘 $1.2 \sim 4.1 \text{ cmol}^+/\text{kg}$, 마그네슘 $1.0 \sim 1.5 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 으로 본 연구에서 조성한 산양삼 시험포지는 산양삼 재배에 적합한 것으로 판단된다.

산양삼 시험포지 간의 토양특성을 비교 분석한 결과, 토양 유기물, 질소전량, 양이온치환용량이 일본잎갈나무림인 충주 시험포지에 비해 침활혼효림의 함양 시험포지에서 유의적으로 높은 것을 확인하였다. 산림토양의 유기물과 전질소의 적정기준은 유기물은 3.0% 이상, 전질소는 0.25% 이상으로 알려져 있고(Kim et al., 2013), Hong et al.(2010)의 연구에서 산림토양의 유기물 함량은 약 4.38% 로 적정범위보다 높고, 입단 안정성(Aggregate stability)과 유의적인 정의 상관관계를 보였다. Kwon et al.(2011)의 연구에서 전국 18개 산양삼 재배지의 임상과 토양특성을 분석한 결과, 참나무류가 우점인 활엽수림이 전체의 67% 였고, 침엽수림은 22% 로 확인되었으며, 활엽수림의 유기물 함량이 침엽수림보다 높은 것으로 확인되었다. 양이온 치환용량은 토양 표면에 존재하는 음전하기의 총량으로, 토양비옥도를 나타내는 하나의 지표이고, 양이온치환용량이 높다는 것은 토양의 완충능 향상과 양분을 보유하고 식물에 공급하는 능력이 크다는 것을 의미한다(Lim, 2005). 산림토양의 양이온치환용량은 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있지만 본 연구의 산양삼 시험포지는 적정수준인 $12.0 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 보다 높게 나타났고, Ko et al.(2010)에서도 한라산의 임상별 토양특성을 분석한 결과, 본 연구결과와 유사하게 활엽수림에서 양이온치환용량이 높게 나타났다.

토양 내 유기물은 전질소를 공급하는 역할을 하고, 토양의 물리성 개선, 보수력, 토양 구조 등에 영향을 주며, 그 중에서 양이온치환용량의 50% 이상을 제공하는 등 유의적인 정의 상관관계를 가지는 것으로 알려져 있다(Miller and Donahue, 1990; Chung et al., 2002; Kim et al., 2010). 또한 산림토양의 특성은 사면의 위치와 방위에 의해서도 변화하게 되고, 이 중에서 토양 유기물은 높은 고도에서 분해속도가 감소하기 때문에 해발고도가 높은 토양에서는 유기물 함량이 높다고 알려져 있다(Lee et al., 1998). 본 연구에서도 해발고도가 높은 함양 시험포

지의 유기물 함량이 상대적으로 해발고도가 낮은 충주 시험포지에 비해 높은 것으로 나타났다. Seo and Yoo (2011)의 연구에서도 금강제비꽃(*Viola diamantiaca* Nakai) 자생지의 토양 유기물 함량이 우리나라 산림토양의 평균보다 높은 이유는 금강제비꽃 자생지의 상층목이 대부분 낙엽활엽수여서 유기물 퇴적이 용이하고 해발고도가 높아 유기물의 분해속도가 감소되었기 때문이라고 보고하였다. 이와 같은 선행연구를 통해서 향후 다양한 모니터링지의 지형에 따른 토양특성을 분석하여 임상, 지형, 토양특성 간의 상관관계에 대한 연구가 수행되어야 될 것으로 판단된다.

2. 임상의 수종 비율과 토양이화학성 간의 상관관계

산림에서 식물 군집의 구성과 다양성은 토양의 물리적, 화학적 특성에 영향을 주고, 식생의 분포와 다양성에 따라 달라질 수 있다(Fu et al., 2004; Dybzinski et al., 2008). 본 연구에서 산양삼 시험포지의 임상의 수종 비율과 토양이화학성 간의 상관관계를 확인한 결과, 침엽수와 활엽수의 비율에 따른 토양 이화학성은 상이한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다(Table 3). 이 중에서 토양 유기물($p < 0.01$), 전질소($p < 0.01$), 양이온치환용량($p < 0.05$)은 침엽수의 비율과 유의적인 부의 상관관계를 보였고, 활엽수의 비율과는 유의적인 정의 상관관계를 보였다. 이는 활엽수의 비율이 높을수록 토양의 유기물, 전질소, 양이온 치

Table 3. Pearson's correlation analysis between soil properties and forest physiognomy percentage of wild-simulated ginseng experimental plots.

Soil properties	Correlation coefficient (r)	
	Conifer	Broad-leave
pH	-0.683 (0.130)	0.683 (0.130)
EC ¹⁾	0.653 (0.160)	-0.653 (0.160)
OM ²⁾	-0.944** (0.005)	0.944** (0.005)
TN ³⁾	-0.924** (0.008)	0.924** (0.008)
Avail. P ₂ O ₅ ⁴⁾	0.030 (0.956)	-0.030 (0.956)
K	0.325 (0.530)	-0.325 (0.530)
Ca	0.273 (0.601)	-0.273 (0.601)
Mg	0.224 (0.670)	-0.224 (0.670)
Na	-0.755 (0.083)	0.755 (0.083)
CEC ⁵⁾	-0.900* (0.015)	0.900* (0.015)

Correlation coefficient(r) written are significantly correlated between the variables compared. Negative values denote negative correlation and positive values denote positive correlation. Values in brackets means P value(** $P < 0.01$, * $P < 0.05$). ¹⁾EC: electrical conductivity; ²⁾OM: organic matter; ³⁾TN: total nitrogen; ⁴⁾Avail. P₂O₅: available phosphate; ⁵⁾CEC: cation exchange capacity.

환용량이 증가하는 것을 의미한다. 산림토양은 상층식생의 낙엽이 가을에 떨어져 유기물 층에 축적되기 때문에 침엽수림에 비해 활엽수림의 낙엽 생산량이 많아 유기물 함량이 더 높게 나타난다(Woo et al., 2002). 이러한 유기물 층은 겨울의 추운 날씨에도 토양의 급격한 온도 변화를 막아줄 뿐만 아니라 토양 내의 양분과 수분함량을 높여주는 역할을 한다(Kozlowski and Pallardy, 1999). Woo et al.(2004)은 임상별로 산양삼 재배지의 토양특성을 분석한 결과, 침엽수림에 비해 토양 유기물과 전질소 함량이 침활혼효림에서 높게 나타났다고 보고하였다. Kim et al.(2015)의 연구에서도 소나무림에 비해 활엽수림과 침활혼효림에서 토양 유기물과 전질소 함량이 높게 나타났고, 활엽수림은 유의적으로 높다고 보고하였다. Liu et al.(2016)의 연구에서는 침활혼효림에서도 낙엽활엽수의 다양성이 높은 산양삼 재배지에서 토양 유기물과 전질소 함량이 유의적으로 높다고 보고하였다. 활엽수림이 많이 서식하는 산림 환경에서 유기물 함량이 높은 이유는 부산물이 천천히 분해되는 침엽수림보다 활엽수림에서 낙엽 부산물과 같은 유기 탄소원이 풍부하기 때문이다(Binkley and Fisher, 2013). 토양 유기물은 식물 영양원 공급, 토양 개선, 토양 생물의 활성 유지 등 다양한 기능을 가지고 있고, 토양

부식을 통한 입단화는 토양 물리성을 개선하는 효과가 있다(Son and Cho, 2009). 이와 같이 임상에 따른 산림 토양의 유기물, 전질소, 양이온친환용량의 차이는 산양삼의 생육에도 영향을 줄 것으로 판단된다.

3. 산양삼 종묘 생육특성 및 임상 비율과의 상관관계

임상별 산양삼 시험포지에서 산양삼 종자의 출아율과 종묘의 활착률을 분석한 결과, 산양삼 종자의 출아율은 침활혼효림인 함양 시험포지(61.1%)에서 일본잎갈나무림인 충주 시험포지(50.0%)에 비해 높았으나 유의적인 차이는 확인할 수 없었다(Table 4). 산양삼 종묘 활착률의 경우, 충주 시험포지보다 함양 시험포지에서 산양삼 종묘의 활착률이 유의적으로 높게 나타났다. 임상별 시험포지에 이식한 산양삼 종묘를 채취하여 생육특성을 분석한 결과, 일본잎갈나무림인 충주 시험포지에 비해 침활혼효림인 함양 시험포지에서 생육특성이 높게 나타났고, 이 중에서 줄기직경($p < 0.01$), 지상부 생중량($p < 0.01$), 주근직경($p < 0.01$), 지하부 건중량($p < 0.05$)은 유의적으로 높았다(Table 5).

산지에서 재배하는 산양삼의 생장과 생산량은 산림의 면적, 재배량, 수종과 유의적인 상관관계를 가진다(Chamberlain et al., 2013). 본 연구에서 시험포지의 임상 비율과 산양삼 종묘 생육특성과의 상관관계를 분석한 결과, 토양이화학성과 마찬가지로 임상에 따라 상이한 결과를 나타냈다(Table 6). 침엽수의 비율과 생육특성은 부의 상관관계를 보였고, 활엽수의 비율은 생육특성과 정의 상관관계를 보였다. 이 중에서 종묘 활착률($p < 0.05$), 줄기직경($p < 0.01$), 지상부 생중량($p < 0.01$), 주근직경($p < 0.05$), 지하부 건중량($p < 0.05$)은 유의적인 정의 상관관계를 보였다. 일본잎갈나무(낙엽송)와 같은 침엽수림에서 재배한 인삼의 품질은 활엽수가 포함된 혼효림에서 재배한 인삼의 품질보다 낮은 것으로 알려져 있다(Chen et al., 2005). Woo et al.(2002)의 연구에서는 인삼의 산지재배

Table 4. Seed emergence rate and seedling survival rate of wild-simulated ginseng at two different experimental plots.

Experimental plots	Seed emergence rate (%)	Seedling survival rate (%)
<i>Larix kaempferi</i> forest	50.0 ± 2.80 a	64.0 ± 4.35 b
Mixed forest	61.1 ± 5.09 a	80.0 ± 2.13 a
LSD	16.144	10.974
<i>p</i> value	0.1281	0.008

Value in each column with different letters are statistically significant differences ($p \leq 0.05$) among the experimental fields according to least significant difference (LSD).

Table 5. Growth characteristics of wild-simulated ginseng at two different experimental fields.

Experimental plots	Shoot				Leaf			Root			
	Length	Diameter	Fresh weight	Number	Length	Diameter	Length	Diameter	Fresh weight	Dry weight	
	(cm)	(mm)	(g)	(ea)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(g)	(g)	
<i>Larix kaempferi</i> forest	13.3±1.64 a	1.69±0.13 b	0.83±0.16 b	4.56±0.29 a	5.30±0.47 a	2.33±0.28 a	14.7±0.15 a	6.57±0.34 b	1.45±0.09 a	0.45±0.03 b	
Mixed forest	17.4±2.89 a	2.94±0.13 a	2.35±0.15 a	4.78±0.11 a	5.81±0.35 a	2.46±0.23 a	17.8±1.42 a	8.65±0.40 a	2.01±0.23 a	0.78±0.10 a	
LSD	9.2187	0.5159	0.6197	0.872	1.6326	1.0138	3.9763	1.4722	0.6724	0.2868	
<i>p</i> value	0.2811	0.0026	0.0024	0.5163	0.4339	0.7525	0.1016	0.0170	0.0831	0.0331	

Value in each column with different letters are statistically significant differences($p \leq 0.05$) among the experimental fields according to least significant difference (LSD).

Table 6. Pearson's correlation analysis between forest physiognomy percentage and growth characteristics of wild-simulated ginseng.

Growth characteristics	Correlation coefficient (r)	
	Conifer	Broad-leave
Emergence rate	-0.680 (0.137)	0.680 (0.137)
Survival rate	-0.841* (0.036)	0.841* (0.036)
Shoot length	-0.552 (0.256)	0.552 (0.256)
Shoot diameter	-0.963** (0.002)	0.963** (0.002)
Shoot fresh weight	-0.969** (0.001)	0.969** (0.001)
Leaf number	-0.354 (0.492)	0.354 (0.492)
Leaf length	-0.434 (0.390)	0.434 (0.390)
Leaf diameter	-0.204 (0.698)	0.204 (0.698)
Root length	-0.769 (0.074)	0.769 (0.074)
Root diameter	-0.867* (0.025)	0.867* (0.025)
Root fresh weight	-0.778 (0.068)	0.778 (0.068)
Root dry weight	-0.869* (0.025)	0.869* (0.025)

Correlation coefficient(r) written are significantly correlated between the variables compared. Negative values denote negative correlation and positive values denote positive correlation. Values in brackets means P value($P < 0.01$, * $P < 0.05$). ¹EC: electrical conductivity; ²OM: organic matter; ³TN: total nitrogen; ⁴Avail. P₂O₅: available phosphate; ⁵CEC: cation exchange capacity.

Table 7. Pearson's correlation analysis between soil properties and growth characteristics of wild-simulated ginseng.

Growth characteristics	Correlation coefficient (r)									
	pH	EC ¹	OM ²	TN ³	Avail. P ₂ O ₅ ⁴	K	Ca	Mg	Na	CEC ⁵
Emergence rate	0.786 (0.064)	-0.664 (0.187)	0.623 (0.187)	0.584 (0.224)	-0.433 (0.392)	0.051 (0.923)	0.255 (0.626)	0.245 (0.639)	0.693 (0.127)	0.647 (0.165)
Survival rate	0.660 (0.153)	-0.201 (0.703)	0.818* (0.047)	0.773 (0.072)	0.480 (0.336)	-0.172 (0.745)	-0.365 (0.476)	-0.313 (0.546)	0.544 (0.246)	0.718 (0.108)
Shoot length	0.546 (0.262)	-0.296 (0.569)	0.525 (0.284)	0.472 (0.345)	0.120 (0.821)	-0.384 (0.452)	-0.153 (0.773)	-0.313 (0.546)	0.142 (0.789)	0.564 (0.244)
Shoot diameter	0.658 (0.153)	-0.516 (0.294)	0.936** (0.006)	0.889* (0.018)	0.126 (0.812)	-0.274 (0.600)	-0.217 (0.679)	-0.146 (0.782)	0.686 (0.133)	0.902* (0.014)
Shoot fresh weight	0.653 (0.154)	-0.543 (0.266)	0.893* (0.016)	0.829* (0.042)	0.057 (0.914)	-0.164 (0.782)	-0.089 (0.867)	-0.052 (0.922)	0.667 (0.148)	0.857* (0.029)
Leaf number	0.620 (0.189)	0.219 (0.676)	0.321 (0.536)	0.134 (0.800)	0.460 (0.358)	0.583 (0.225)	0.577 (0.231)	0.577 (0.231)	0.117 (0.826)	0.323 (0.532)
Leaf length	0.694 (0.126)	-0.091 (0.864)	0.336 (0.515)	0.191 (0.717)	0.178 (0.736)	0.144 (0.785)	0.350 (0.496)	0.375 (0.464)	-0.010 (0.985)	0.381 (0.456)
Leaf diameter	0.493 (0.321)	-0.050 (0.925)	0.116 (0.826)	-0.010 (0.985)	0.057 (0.914)	0.063 (0.906)	0.370 (0.470)	0.402 (0.429)	-0.223 (0.671)	0.202 (0.702)
Root length	0.752 (0.085)	-0.528 (0.281)	0.579 (0.228)	0.562 (0.245)	0.003 (0.995)	-0.487 (0.327)	-0.411 (0.419)	-0.393 (0.441)	0.179 (0.734)	0.538 (0.270)
Root diameter	0.731 (0.099)	-0.455 (0.365)	0.973** (0.001)	0.922** (0.009)	0.088 (0.869)	-0.124 (0.815)	-0.016 (0.976)	0.088 (0.868)	0.689 (0.180)	0.975** (0.001)
Root fresh weight	0.647 (0.165)	-0.665 (0.149)	0.566 (0.242)	0.551 (0.258)	-0.274 (0.600)	-0.176 (0.738)	-0.140 (0.791)	-0.192 (0.922)	0.429 (0.396)	0.514 (0.297)
Root dry weight	0.662 (0.148)	-0.544 (0.265)	0.705 (0.118)	0.636 (0.174)	-0.062 (0.907)	-0.019 (0.971)	-0.012 (0.982)	-0.012 (0.983)	0.518 (0.292)	0.659 (0.154)

Correlation coefficient(r) written are significantly correlated between the variables compared. Negative values denote negative correlation and positive values denote positive correlation. Values in brackets means P value($P < 0.01$, * $P < 0.05$). ¹EC: electrical conductivity; ²OM: organic matter; ³TN: total nitrogen; ⁴Avail. P₂O₅: available phosphate; ⁵CEC: cation exchange capacity.

시 임상별 생육을 비교분석한 결과, 혼효림과 활엽수림에서 생육한 산지인삼의 주근길이가 침엽수림에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 이는 활엽수의 잎이 상층의 울폐도(Crown density)를 임내에서 높여주고, 상층수층의 비율에 따른 울폐도 또한 침엽수림에 비해 활엽수림과 혼효림이 산지인삼의 생육기간 동안에도 높은 것으로 보고되었다(Woo and Lee, 2002). 또한 울폐도의 조절은 최적온도와 습도의 조절에 중요하며, 산양삼의 생육에 있어서 임간울폐도는 80~90%가 가장 적합하다(Kwon et al., 2011). Woo et al.(2004)과 Suh et al.(2011)의 연구에서도 산양삼의 길이와 건물중이 활엽수림에서 혼효림과 침엽수림에 비해 높았고, 광합성량 또한 활엽수림에서 높다고 보고하였다. 이와 같은 선행연구는 본 연구에서 일본잎갈나무로 조성된 침엽수림에 비해 활엽수림의 비율이 높은 침활혼효림에서 산양삼의 생육이 유의적으로 높다는 결과를 뒷받침 한다.

4. 토양이화학성과 산양삼 종묘 생육특성 간의 상관관계

임상별 산양삼 시험포지의 토양이화학성과 종묘 생육특성 간의 상관관계 분석 결과는 Table 7에 나타났다. 토양이화학성 중에서 토양 유기물(OM), 전질소(TN), 양이온치환용량(CEC)이 산양삼 종묘의 생육특성과 유의적인 상관관계를 보였고, 토양 유기물 함량은 종묘 활착률($r = 0.818, p < 0.05$), 줄기직경($r = 0.936, p < 0.01$), 지상부 생중량($r = 0.893, p < 0.05$), 주근직경($r = 0.973, p < 0.01$)과 유의적인 상관관계를 나타냈다. 전질소 함량은 줄기직경($r = 0.889, p < 0.05$), 지상부 생중량($r = 0.829, p < 0.05$), 주근직경($r = 0.973, p < 0.01$)과 유의적인 상관관계를 보였으며, 양이온치환용량은 줄기직경($r = 0.902, p < 0.05$), 지상부 생중량($r = 0.857, p < 0.05$), 주근직경($r = 0.975, p < 0.01$)과 유의적인 상관관계를 가지는 것을 확인하였다. 산림환경에서 삼(인삼)은 활엽수의 낙엽으로 인해 부식토(Humus)가 풍부한 표토와 배수가 잘되는 다공성 토양에서 생육이 좋고(Oliver et al., 2005), 일년생 작물에 비하여 토양의 이화학적 성질에 영향을 더 많이 받는 것으로 알려져 있다(Jin et al., 2009). Cheng et al.(2011)은 삼(인삼)은 생육하는 동안 많은 양의 토양 양분을 흡수하고, 생육단계별로 관여하는 토양 양분도 다르다고 하였고, 유기물과 전질소는 삼(인삼)의 개화기에 필요한 영양분이며, 삼(인삼)의 뿌리층에서 유기물 함량은 전질소 함량과 상계관계를 가진다고 보고하였다. Seong et al.(2014)의 연구에서는 인삼 재배 예정지에서 녹비작물을 재배하였을 때, 토양의 유기물과 전질소 함량이 증가하였고, 녹비작물 처리구에서 대조구에 비해 인삼의 근경과 근중이 유의적으로 증가하였다고 보

고하였다. 이와 같은 결과는 본 연구에서 임상 비율에 따라 산양삼 재배지의 토양이화학성이 유의적인 차이를 보였고, 이 중에서 토양 유기물, 전질소, 양이온치환용량이 산양삼 종묘의 생육특성과 유의미한 상관관계를 가진다는 것을 뒷받침 한다.

결론

산양삼은 산지에서 인공시설을 설치하지 않고 자연 상태에서 재배하기 때문에 재배지의 임상, 토양, 기후, 지형 등의 환경조건을 고려하여 재배적지를 선정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 우리나라 산림 중 가장 많은 비중을 차지하는 일본잎갈나무림과 침활혼효림 시험포지를 선정하여 입지환경을 조사하고, 입지환경 중에서 수층 비율에 따른 토양특성과 산양삼 종묘 생육특성 간의 상관관계 구명을 통해 일본잎갈나무림과 침활혼효림의 토양특성이 산양삼 종묘의 생육특성에 미치는 효과를 확인하였다. 산양삼 시험포지의 임상에 따른 기후환경을 확인한 결과, 임상을 포함한 해발고도, 사면방향에 따라 대기온도, 상대습도, 일사량에 영향을 주었고, 침활혼효림 시험포지에 비해 일본잎갈나무림 시험포지에서 대기온도와 일사량은 높고, 상대습도는 낮게 나타났다. 산양삼은 고온에 약하고, 울폐도가 높은 곳에서 생육이 좋다고 알려져 있어 일본잎갈나무림 보다 침활혼효림 재배지가 산양삼 재배에 적합한 것으로 판단된다. 이후에 산양삼 재배지의 임상, 해발고도, 사면방향에 따른 기후환경과 울폐도가 산양삼의 생육에 미치는 효과를 확인한다면 임상별 기후환경과 산양삼 종묘 생육 간의 상관관계를 구명하는데 도움이 될 것으로 판단된다. 일본잎갈나무림과 침활혼효림에 조성된 산양삼 시험포지는 임상에 따라 토양특성의 유의적인 차이를 확인할 수 있었다. 토양이화학적 특성 중에서 토양 유기물, 전질소, 양이온치환용량은 침활혼효림 시험포지에서 일본잎갈나무림 시험포지에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 활엽수의 비율과 토양 유기물, 전질소, 양이온치환용량이 유의적인 상관관계를 보였으며, 침엽수의 비율과는 유의적인 상관관계를 보였다. 이러한 임상의 비율에 따른 토양 이화학성의 변화는 산양삼 종묘의 초기 생육에도 영향을 줄 것으로 판단되어 임상별 시험포지의 산양삼 종묘의 생육특성을 비교 분석한 결과, 침활혼효림 시험포지에서 재배한 산양삼의 종묘 활착률, 줄기직경, 지상부 생중량, 주근직경, 지하부 건중량이 일본잎갈나무림에서 재배한 산양삼에 비해 유의적으로 높았다. 임상 비율과 산양삼 생육특성 간의 상관관계 분석에서도 활엽수의 비율은 산양삼의 종묘 활착률, 줄기직경, 지상부 생중량, 주근직경,

지하부 건중량과 유의적인 정의 상관관계를 보였고, 침엽수 비율과는 유의적인 부의 상관관계를 보였다. 일본 앞갈나무림과 침활혼효림의 수종 비율에 따른 토양이화학성과 산양삼 종묘 생육특성의 유의적인 차이를 보다 명확하게 구명하기 위해 토양이화학성과 산양삼 종묘 생육특성 간의 상관관계를 분석한 결과, 임상별 산양삼 시험포지의 토양이화학성 중 유기물, 전질소, 양이온치환용량이 산양삼 종묘의 생육특성과 유의적인 정의 상관관계를 보이는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 임상의 수종 비율이 산양삼 종묘의 초기 생육에 유의적인 영향을 주고, 그 중에서도 활엽수의 비율이 높을수록 산양삼 종묘의 생육이 우수하다는 것을 의미한다.

산양삼은 무농약, 무비료를 원칙으로 자연 상태에서 7년 이상의 장기적인 재배를 하는 만큼 재배적지 선정을 위한 명확한 기준 설정이 절실하다. 본 연구에서는 산양삼 재배지 중에서 일본앞갈나무림과 침활혼효림의 임상, 토양특성, 산양삼 종묘 생육특성 간의 유의미한 상관관계를 구명할 수 있었고, 본 연구의 결과를 바탕으로 향후 다양한 입지환경에서 임상 외에도 해발고도, 사면방향과 같은 지형특성에 따른 토양특성 및 기후요소 데이터를 연구한다면 보다 산양삼의 최적 재배지를 선정하는데 있어 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Binkley, D. and Fisher, R.F. 2013. Ecology and management of forest soils. 4th ed. Wiley-Blackwell. pp. 39-57.
- Chamberlain, J.L., Pringle, S. and McGuffin, M. 2013. Understanding the relationship between american ginseng harvest and hardwood forest inventory and timber harvest to improve co-management of the forest of Eastern United States. *Journal of Sustainable Forest* 32(6): 605-624.
- Cheng, H.T., Zhang, Y.Y., Zhang, L.X., Sun, H. and Gao, M. 2011. Changes of soil nutrients in ginseng under forest at different growth stages. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 27(8): 47-52.
- Choi, S.I., Jeong, D.Y., Kang, H.M., Oh, H.J., Cho, S.J., Kim, H., Kim, W.H. and Lee, K.M. 2016. Political alternatives to revitalizing the cultivation and management of mountain ginseng (focusing on Hamyang-gun in Gyeongsangnam-do). *Korean Journal of Forest Economics* 23(2): 19-30.
- Chung, J.H., Koo, K.S., Lee, C.H. and Kim, C.S. 2002. Physicochemical properties of Korean forest soils by regions. *Journal of Korean Forest Society* 91(6): 694-700.
- Chung, J.M. and Moon, H.S. 2011. Soil Characteristics by the site types around Nari Basin in Ulleung island. *Journal of Agricultural and Life Science* 44(6): 44-50.
- Dybziński, R., Fargione, J.E., Zak, D.R., Fornara, D. and Tilman, D. 2008. Soil fertility increases with plant species diversity in a long-term biodiversity experiment. *Ecosystem Ecology* 158(1): 85-93.
- Fu, B.J., Liu, S.L., Ma, K.M. and Zhu, Y.G. 2004. Relationships between soil characteristics, topography and plant diversity in a heterogeneous deciduous broad-leaved forest near Beijing, China. *Plant and Soil* 261(1): 47-54.
- Gwang, Y.S. and Kim, S.H. 2012. Soil evaporation evaluation using soil moisture measurements at a hillslope on mountainous forest. *Journal of Korea Water Resources Association* 45(6): 557-568.
- Hong, K.C., Choi, B.S., Joo, J.H., Jung, Y.S., Yang, J.E. and Ok, Y.S. 2010. Soil organic matter and aggregate stability of sloping uplands in Gangwon province, Korea. *Journal of Agriculture and Life Science*, 22: 19-24.
- Jeon, K.S., Um, Y.R., Jung, C.R., Park, H.W. and Kim, M.J. 2018. Standard cultivation manual of wild-simulated ginseng. National Institute of Forest Science, Seoul, Korea. pp. 16-18.
- Jeon, S.W., Kim, J. and Jung, H. 2013. A study on the forest classification for ecosystem service valuation. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology* 16(3): 31-39.
- Jeong, B.G., Jung, G.R., Kim, M.S., Moon, H.G., Park, S.J. and Chun, J. 2019. Ginsenoside contents and antioxidant activities of cultivated mountain ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) with different ages. *Korean Journal of Food Preservation* 26(1): 90-100.
- Jeong, J.H., Kim, C.S., Koo, K.S., Lee, C.H., Won, H.G. and Byun, J.G. 2003. Physico-chemical properties of Korean forest soils by parent rocks. *Journal of Korean Forest Society* 92(3): 254-262.
- Jeong, J.H., Koo, K.S., Lee, C.H. and Kim, C.S. 2002. Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. *Journal of Korean Forest Society* 91(6): 694-700.
- Jin, H.O., Kim, U.J. and Yang, D.C. 2009. Effect of nutritional environment in ginseng field on the plant growth of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Journal of Ginseng Research* 33(3): 234-239.
- Kang, K.M., Lee, J.Y., Kim, M.U. and Lee, S.H. 2016. Effect of quality characteristics and antioxidant activity of Korean cultivated wild ginseng extract. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 45(12): 1740-1746.
- Kim, C., Choo, G.C., Cho, H.S. and Lim, J.T. 2015. Soil properties of cultivation sites for mountain-cultivated ginseng at local level. *Journal of Ginseng Research* 39(1): 76-80.
- Kim, C.H., Jeon, K.S., Song, K.S. and Kang, I.S. 2013. Site

- and growth characteristics in Korean mountain cultivated ginseng field. 2013 Koran Society of Forest Science pp. 125-126.
- Kim, H.S., Lee, S.M. and Song, H.K. 2010. An analysis of the vegetation on the southern and northern slopes in the Deogyusan National Park. Korean Journal of Environmental Ecology 24(5): 601-610.
- Kim, K.Y., Jeong, D.H., Kim, H.J., Jeon, K.S., Kim, M.J. and Um, Y.R. 2019a. A study on growth characteristics of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by direct seeding and transplanting. Korean Journal of Plant Resources 32(2): 160-169.
- Kim, K.Y., Um, Y.R., Jeong, D.H., Kim, H.J., Kim, M.J. and Jeon, K.S. 2019b. The correlation between growth characteristics and location environment of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean Journal of Plant Resources 32(5): 463-470.
- Kim, K.Y., Um, Y.R., Jeong, D.H., Kim, H.J., Kim, M.J. and Jeon, K.S. 2019c. Study on the correlation between the soil bacterial community and growth characteristics of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean Journal of Environmental Biology 37(3): 380-388.
- Kim, M.W., Lee, E.H., Kim, Y.J., Park, T.S. and Cho, Y.J. 2018. Beauty food activities of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) ground part. Journal of Applied Biological Chemistry 61(1): 33-38.
- Kim, Y.S., Koo, N.I. and Kang, W.S. 2018. Evaluation of the forest soil using plant response methodology. National Institute of Forest Science, Seoul, Korea. pp. 10-14.
- Ko, S.H., Ko, J.G., Lee, C.H., Kim, C.S. and Hyun, H.N. 2010. Soil properties by major forest types in Mt. Hallasan as a long term ecological research site. Proceedings Korean Society of Environment and Ecology Conference 20(2): 204-207.
- Kooch, Y., Samadzadeh, B. and Hosseini, S.M. 2017. The effect of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand. Catena 150: 223-229.
- Korea Forest Service (KFS). 2011. Statistical yearbook of forest. Korea Forest Service, Daejeon, Korea. pp. 484.
- Korea Forest Service (KFS). 2016. Statistical yearbook of forest. Korea Forest Service, Daejeon, Korea. pp. 414.
- Korea Forestry Promotion Institute (KOFPI). 2013. The cultivation of wild-simulated ginseng: In wild-simulated ginseng and cultural environments. Korea Forestry Promotion Institute. Seoul, Korea. pp. 14-34.
- Kozłowski, T.T. and Pallardy, S.G. 1999. Physiology of woody plants (2nd Eds.) Academic Press, London, pp. 411.
- Kwon, H.J., Cho, Y.J. and Kim, M.D. 2017. Enhancement of ginsenoside Rg1 and Rg5 contents in an extract of wood-cultivated ginseng by *Lactobacillus plantarum*. Microbiology and Biotechnology Letter 45(4): 305-310.
- Kwon, S.D., Kang, J.H., Yoon, J.H. and Moon, H.S. 2011. An analysis on site, soil and cultivation characteristics of Korean mountain cultivated ginseng (*Panax ginseng*) fields. Journal of Agricultural and Life Science 45(6): 81-88.
- Lee, D.G., Kim, Y.S., Shin, H.T., Kang, S.K. and Park, S.G. 2012. *Ilex crenata* for. *microphylla* Rehder's leaf variations according to different altitudes of east-west slopes of Hallasan. Journal of the Korean Institute of Forest Recreation 16(2): 9-14.
- Lee, D.S. 2010. Weather characteristics and growth of a forest ginseng cultivation sites. Journal of Korean Forest Society 99(6): 863-870.
- Lee, H.J., Jeon, Y.M. and Kim, C.H. 1998. Floristic composition and soil condition of *Quercus mongolica* forest on Mt. Worak. Korean Journal of Environmental Biology 16(2): 169-180.
- Lee, S.W., Choi, H.I., Kim, A.J. and Han, J.S. 2018. Applicability of sunsik with cultivated wild ginseng powder as a beauty food. Asian Journal of Beauty and Cosmetology 16(2): 201-210.
- Lim, J.R., Kim, J.Y., Park, C.B., Choo, B.K., Kim, D.H., Choi, Y.G. and Hwang, C.Y. 2003. Growth of *Panax ginseng* C.A. Meyer underwood in direct sowing and transplanting. Korean Journal of Medicinal Crop Science 11(3): 216-223.
- Liu, W.W., Liu, M.C. Li W.H., Zeng, F.S. and Qu, Y. 2016. Influence of ginseng cultivation under larch plantations on plant diversity and soil properties in Liaoning Province, Northeast China. Journal of Mountain Science 13(9): 1598-1608.
- Miller, R.W. and Donahue, R.L. 1990. Soils: An introduction to soil and plant growth. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 768.
- Ministry of Agricultural, Food and Rural Affairs (MAFRA). 1998. Management model of ginseng growing in the forest. p. 166.
- National Institute of Forest Science (NIFoS). 2018. Standard cultivation manual of wild-simulated ginseng, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea. pp. 3-5.
- Oliver, A., Nadeau, I., Quzenou, H., Dzaringa, J.P. and Bibang, G.R. Growth of eight-year-old American ginseng in a red maple forest as influenced by lime and organic fertilizer application. AFTA 2005 Conference Proceedings pp. 1-10.
- Park, G.E., Park, B.B., Lee, Y.G. and Sung, J.H. 2014. Comparison on physical and chemical properties between Larix forest and natural broad-leaved forest. 2014 Koran Society of Forest Science pp. 151.

- Park, H.W. and Jeon, K.S. 2020. 2020 Forest Outlook: Chapter 12. Outlook and prospect of supply and demand of wild vegetables and medicinal crops. National Institute of Forest Science, Seoul, Korea. pp. 313-317.
- Park, S.B., Park, G.H., Um, Y.R., Kim, H.N., Song, H.M., Kim, N.H., Kim, H.S. and Jeong, J.B. 2018. Wood-cultivated ginseng exerts anti-inflammatory effect in LPS-simulated RAW264.7 cells. *International Journal of Biological Macromolecules* 116: 327-334.
- Pérez-Bejarano, A., Mataix-Solear, J., Zornoza, R., Guerrero, C., Arecenegui, V., Mataix-Beneyto, J. and Cano-Amat, S. 2008. Influence of plant species on physical, chemical and biological soil properties in a Mediterranean forest soil. *European Journal of Forest Research* 129(1): 15-24.
- Rural Development Administration (RDA). 2013. Analysis manual of comprehensive examination laboratory (soil, plant, water and liquid manure). Rural Development Administration. Suwon, Korea. pp. 31-53.
- Russell, A.E., Raich, J.W., Valverde-Barrantes, O.J. and Fisher, R.F. 2007. Tree species effect on soil properties in experimental plantation in tropical moist forest. *Soil Science Society of America Journal* 71(4): 1389.
- Seo, H.B., Kim, P.G. and Ryu, S.P. 2015. The study of mountain ginseng-added high fat diet on anti-apoptosis of skeletal muscle. *Journal of Korean Forest Society* 104(3): 383-389.
- Seo, H.C., Jeon, S.J. and Yun, J.I. 2008. Azimuthal distribution of daily maximum temperatures observed at slideslopes of a grass-covered inactive parasitic volcano ("Ohreum") in Jeju island. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 10(1): 25-31.
- Seo, W.B. and Yoo, K.O. 2011. Environmental characteristics on habitats of *Viola diamantiaca* Nakai and its RAPD analysis. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 41(1): 66-80.
- Seong, B.J., Han, S.H., Kim, S.I., Kim, G.H., Lee, K.S., Kim, H.H., Won, J.Y., So, J.D. and Cho, J.W. 2014. Growth characteristics and ginsenoside contents of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by green manure crops. *Korean Journal of Crop Science* 59(3): 364-368.
- Son, J.G. and Cho, J.Y. 2009. Effect of organic material treatments on soil aggregate formation in reclaimed tidelands. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 42(3): 201-206.
- Song, E.Y., Moon, K.H., Wi, S.H. and Oh, S.J. 2018. Growth and bulb characteristics of extremely early-maturing onion by air temperature variation at different altitudes. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 20(4): 321-329.
- Suh, H.M., Seo, S.M., Woo, S.Y. and Lee, D.S. 2011. Forest cultivated ginseng in Korea: All cure medicinal plants. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(22): 5331-5336.
- Sun, H., Wang, Q., Liu, N., Zhang, C., Liu, Z. and Zhang, Y. 2017. Effect of different leaf litters on the physicochemical properties and bacterial communities in *Panax ginseng*-growing soil. *Applied Soil Ecology* 111: 17-24.
- Ushio, M., Kitayama, K. and Balsler, T.C. 2010. Tree species-mediated spatial patchiness of the composition of microbial community and physicochemical properties in the topsoil of a tropical mountain forest. *Soil Biology & Biochemistry* 42(9): 1588-15953.
- Woo, S.Y. and Lee, D.S. 2002. A study on the growth and environment of *Panax ginseng* in the different forest strands (I). *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 4(2): 65-71.
- Woo, S.Y., Lee, D.S. and Kim, P.G. 2004. Growth and eco-physiological characteristics of *Panax ginseng* grown under tree different forest types. *Journal of Plant Biology* 47(3): 230-235.
- Woo, S.Y., Lee, D.S. and Min, J.K. 2002. A study on the growth and *Panax ginseng* in the different forest strands (II). *Journal of Korean Society of Forest Science* 91(3): 304-312.
- Yoo, J.P., Jin, S.D., Kim, H.S., Paek, W.K. and Song, H.K. 2010. Characteristics of birds community in relation to altitude, direction of slope and season in Deogyusan national park. *The Korean Journal of Ornithology* 17(4): 359-385.
- Yun, C.W. and Moon, H.S. 2009. Classification of forest vegetation type and environmental properties in limestone area of Korea. *Journal of Agricultural & Life Science* 43(2): 1-8.

Manuscript Received : April 1, 2020

First Revision : July 16, 2020

Second Revision : August 5, 2020

Accepted : September 1, 2020