Korean J. Plant Res. 30(1):78-87(2017)
https://doi.org/10.7732/kjpr.2016.30.1.078

Print ISSN 1226-3591
Online ISSN 2287-8203

Original Research Article

재배방식과 피복재료가 천마의 수량과 품질에 미치는 영향

김창수[1,2]*, 유인영[1], 김동원[1], 김종엽[1], 김정만[1], 이왕휴[2]

[1]전라북도농업기술원, [2]전북대학교 농업생명과학대학 식물의학연구센터

Effect of Yield and Quality for Cultivation Type and Mulching Materials on *Gastrodia elata* Blume

Chang Su Kim[1,2]*, In Young Yu[1], Dong Won Kim[1], Jong Yeob Kim[1], Jeong Man Kim[1] and Wang Hyu Lee[2]

[1]Jeollabukdo Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54591, Korea
[2]Plant medical research center, College of Agriculture and Life Science, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

Abstract - This study was compared to outdoor field (OF) and rain shelter greenhouse (RSG) according to cultivation type of *Gastrodia elata* Blume. Also, the effects of yield and quality for mulching materials in RSG were compared. The yield of *G. elata* was investigated good merchantable quality, and the quality was investigated hardness, chromaticity, weight loss and the contents of the major functional components. The cultivation of RSG was increased the yield, hardness, gastrodin, and vanillyl alcohol compared to OF, and the weight loss, chromaticity, and ergothioneine were almost equal. Rice straw treatment showed higher than those of the control and other treatments on the yield and hardness. As a result, the yield and the quality of RSG, which can control the soil moisture, were better than that of OF. And the lower the soil moisture content according to the mulching material, the harder the surface and the higher the hardness.

Key words - *Gastrodia elata* Blume, Mulching material, Outdoor field, Quality, Rain shelter greenhouse, Yield

서 언

천마(天麻, *Gastrodia elata* Blume)는 난초목(蘭草目, Orchidales), 난초과(蘭草科, Orchidaceae)에 속하는 난식물의 일종으로 고등식물이지만 잎과 뿌리가 없어 탄소동화능력이 없는 퇴화된 다년생 초본식물이다(Ri, 1990). 또한 천마는 정풍초(正風草), 적근(赤根), 귀독우(鬼督郵), 난모(難母), 신초(神草)라고도 불리어진다(Huang, 1985; Xu *et al.*, 1998; Ha *et al.*, 2000).

천마에 함유된 성분은 gastrodin (GA), β-sitosterol, cholesterol, p-hydroxylbenzyl alcohol, vanillin, vanillyl alcohol (VA), ergothioneine (ERG) 등이 있으며(Kim, 1969; Kim, 1974; Shaz and Sun, 1985; Zhou *et al.*, 1980; Taguchi *et al.*, 1981; Lin *et al.*, 1996; Noda *et al.*, 1995), 진정 (鎭靜), 진경 (鎭痙), 통락 (通絡)의 효능이 있고, 두통, 반신불수, 언어장애, 현훈 (眩暈 : 어지러움), 고혈압 등에 사용된다(Lee, 1982; Im, 1961). GA의 경우 항산화작용, 항경련작용, 항염증작용, 항간질작용, 항비만, 항불안증 등 신경계 질환에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, VA은 항염증성 및 항혈관생성 억제 물질로써 간질, 심장발작, 폐암 등에 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2013). ERG는 수용성 아미노산의 일종으로 버섯과 같은 곰팡이에서 주로 합성이 되며 천마의 경우 공생관계인 뽕나무버섯에 의해 합성된 ERG이 천마로 전달되어 축적된다는 보고가 있으며 천마는 식물 중 가장 많은 ERG를 함유한 것으로 알려져 있다(Park *et al.*, 2010). ERG는 직접적으로 활성산소를 제거하거나 항산화 효소의 활성을 촉진시키는 역할을 하며, 신진대사 에너지의 증대와 폐에서 항염증 메커니즘의 분자 조절과 백내장의 형성에 대한 보호 작용을 하는 것으로 보고되고 있다(Kim and Park, 2013). 천마 추출물의 항산화 및 항암 활성(Heo *et al.*,

*교신저자 : florigen5329@korea.kr
Tel. +82-63-290-6344

ⓒ 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
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.

2006), 천마의 항경련작용기전(Huh *et al.*, 1995), 항혈소판, 항혈전활성(Paik *et al.*, 1995)등의 생리활성 연구가 활발히 진행되고 있으며, 최근에는 천마의 매우 쓰거나 특이한 냄새의 원인 때문에 거부감을 느끼게 되어 농축액, 분말, 환 등으로 가공제품 개발이 한정되어 왔는데, 이러한 원인을 해소하고자 천마를 발효처리(Choi, 2012), 젖산처리(Chang and Ahn, 2011), 증숙처리(Chu *et al.*, 2012) 등의 전처리를 하여 천마의 맛과 냄새를 감소하기 위한 연구가 진행 되고 있다.

천마는 우리나라 고산지대에서 자연산적으로 자생하였었지만, 1970년대 후반부터 1980년대 초반에 천마의 효능이 일반인들에게 알려지면서 무분별한 채취가 성행하였고, 독립생장을 할 수 없어 뽕나무버섯균이 분해한 영양분을 공급받는 특이한 생리적 특성으로 인해 자생지에서 거의 자취를 감추었다. 천마는 현재 산림청 보호약초 제 9호로 지정·보호되고 있고, 국제적으로도 멸종위기 2급 보호대상 식물로 취급되고 있다(Park *et al.*, 2010). 천마는 1980년대부터 인공재배법이 연구개발 되어 현재 53 ha의 면적에서 458 ton (M/T)이 생산되고 있으며, 농가소득으로는 68억 7000만원에 해당하는 경제적인 작물이다(MIFAFF, 2016).

천마재배 조건은 토양함수량 40 ~ 50%가 적당하며 토양의 수분이 많거나 적으면 생육이 지연되고, 토양수분이 65% 이상 지속되면 과습 피해가 발생하며 35% 이하로 수량감소가 되며, 종마가 시들기 시작해 종균의 균사속이 형성되지 못한다. 또한 천마의 괴경은 20 ~ 25℃에서 생육이 가능하며, 30℃ 이상에서는 생장이 억제되고 35℃가 넘으면 사멸한다(Lee *et al.*, 2007).

천마의 재배는 그동안 노지에서 자연적인 기상에 의존하여 왔지만, 천마 특성상 온도와 습도에 민감하기 때문에 우리나라의 경우 계절에 따른 온도 차가 크고 한여름에 폭우가 자주 내리는 기상여건에서 천마를 인공재배하기 위해서는 인위적으로 온·습도 등의 환경을 조절할 수 있는 비가림시설시설이 요구되어 왔다. 따라서 본 연구는 천마의 안정적 생산을 위한 재배기술을 확립하기 위해 기존의 노지재배와 달리 비가림시설재배법을 개발하고, 비가림시설재배에 적합한 피복재료를 선발하고자 수량 및 품질을 비교분석하였다.

재료 및 방법

천마 정식

천마 정식은 2011년 4월에서 전북 진안군 진안읍에 소재한 약용자원연구소와 전북 무주군 안성면에서 수행하였고, 이듬해 10월 수확하는 방식으로 2015년까지 매년 반복하여 연구를 수행하였다. 재배이랑의 폭은 100 ㎝, 두둑의 높이는 50 ㎝, 고랑 넓이는 90 ㎝로 3개 이랑을 만들었다. 정식에 필요한 종마는 무주군 안성면의 농가에서 재배된 것을 선별하여 사용하였고, 무게가 15 ~ 20 g인 종마를 120 ~ 150 ㎏/10a으로 정식하였다. 재배원목은 11 ~ 2월경에 벌목한 참나무류를 음지에서 60 ~ 90일간 건조 후 직경 10 ~ 12 ㎝, 길이 30 ~ 35 ㎝로 절단하여 한 두둑 당 5줄로 배열하였고, 4,500 ~ 4,800 개/10a를 사용하였다. 재배종균은 충청북도 옥천군에 소재한 중부미생물연구소에서 배양한 뽕나무버섯균(*Armillaria galica*)을 한 병당(1,000 ㎖) 8조각으로 절단하여 900 ~ 1,000 병/10a을 사용하였다. 정식 순서는 원목 배열, 종균 접종, 종마이식을 한 뒤 관리기로 5 ~ 10 ㎝를 복토하였다.

재배방식

비가림시설재배는 약용자원연구소에 3동(각각 폭 6 m, 높이 3 m, 길이 30 m), 무주군 안성면 재배농가에 2동(각각 폭 8 m, 높이 3.2 m, 길이 40 m)을 설치하고, PE필름(0.1 ㎜)을 사용하여 피복하였으며, 6월 25일 ~ 9월 10일까지 95% 차광막을 외측에 설치하였다. 노지재배는 약용자원연구소(165 ㎡)와 무주군 안성면에서 재배포의 방향을 고려하여 북동향(660 ㎡) 3곳과 남향(660 ㎡) 2곳으로 선정하였다. 재배지 토성은 모두 사양토로 유기물함량이 약 0.5%이었다.

비가림시설재배 피복재료 선발

비가림시설재배를 위한 천마의 적정 피복재료 선발은 낙엽(참나무), 볏짚, 차광망(인삼재배용 4중지)을 사용하였고, 무피복을 대조구로 설정하였으며, 낙엽과 볏짚은 5 ㎝정도 피복하였다. 이 재료들은 토양수분 증발과 토양온도 상승 억제를 위한 목적으로 설정하였고, 외부기온이 높은 여름기간(6월 25일 ~ 9월 10일) 동안에는 비가림시설 외측에 95% 차광막을 설치하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 실시하였다.

토양온도 및 토양수분함량

토양온도는 고온기 8월 1일 ~ 31일, 저온기 12월 15일 ~ 1월 14일 각각 31일간 측정하였고, 토양수분함량은 중량수분함량(Gravimetric water content, W/W, %)으로 나타냈으며 6월 1일 ~ 8월 10일 71일 동안 측정하였다. 관수방법으로 점적호스를 두둑 당 3줄 설치하였다. 정식 후 포화관수처리를 한 다음 17 ~ 21%로 유지 관리하다가 9월 10일 이후 관수를 중단하였다.

토양온도와 토양수분함량 측정은 데이터로거(Data Logger Em 50, DECAGON, USA)와 5TM Moisture/Temperature probe를 사용하여 토양깊이 15㎝에서 측정하였다.

수량

비가림시설재배와 노지재배에서 생산된 수확물은 2015년 무주 농협 수매 시 적용하는 기준(성마의 무게에 따라, 상품 : 100 g이상, 중품 : 50 ~ 99 g, 하품 : 49 g미만)으로 분류하였다.

품질 및 기능성 물질분석

천마의 품질조사는 증숙 전과 후의 색도, 경도 및 무게 감소율을 측정하는데(Choi *et al.*, 2011), 증숙처리를 위해 수확한 천마를 세척하여 고압증기멸균기(Autoclave SX-700, Tomy Co., Japan)로 105℃에서 120분간 찐다. 색도는 증숙한 천마의 표면을 색차계(Minolta Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co., Ltd., Japan)로 측정하였고, 경도는 직경 5 ㎜의 needle probe를 사용한 물성측정기(TA. XT. plus Texture Analyser, Stable Micro Systems, UK)로 측정하였으며, 무게감소율은 증숙 전과 후의 무게를 측정하여 감소량으로 환산하였다(Choi *et al.*, 2011).

천마의 기능성 물질분석은 재배방법에 따라 꽃눈이 형성된 천마의 무게별 Group Ⅰ (50 g 이하), Group II (50 g ~ 100 g), Group III (100 g 이상)로 나누어 GA, VA, ERG을 분석하였다. GA와 VA함량 측정방법은 동결 건조된 천마 50 ㎎ 시료를 50% methanol 2.5 ㎖ 첨가하여 10분 동안 상온에 정치한 후 5분 동안 초음파처리하고 상온에 하루를 정치한 후, 4500 rpm에 20분 동안 원심분리를 하였다. 상등액을 filtering 한 후 HPLC를 이용하여 분석하였다. Mobile phase 용매로는 0.5% formic acid water와 0.5% formic acid methanol을 사용하였으며, 유속은 0.7 ㎖/min, 흡광도는 270 ㎚, column은 Luna C18 (250 × 21.2 ㎜, 5 μM)을 사용하였다(Liu *et al.*, 2005; Ong *et al.*, 2007). ERG함량 측정방법은 동결 건조된 천마 0.2 g에 10 ㎖ cold ethanolic extraction buffer (10 mM DTT, 100 μM betain, 100 μM MMI in 70% ethanol)를 첨가하여 vortex한 후 3분 동안 초음파처리하고, 1% ethanolic solution 2 ㎖을 첨가하였으며, 1분 동안 상온에 정치한 후, 4500 rpm에서 20분 동안 원심분리를 하였다. 상등액 3 ㎖을 유리관에 담아 농축하여 HPLC 분석 용액(50 mM sodium phosphate, 3% acetonitrile)에 녹여서 분석하였다. Mobile phase로 50 mM sodium phosphate에 3% acetonitrile를 첨가한후 0.1% triethylamine를 이용하여 pH를 7.3으로 조절하였으며, 유속은 1 ㎖/min, 흡광도는 254 ㎚를 이용하였다. column은 Ecomosphere C18 colume (4.6 × 250 ㎜, 5 ㎛)를 사용하였다(Lee *et al.*, 2009).

통계분석

데이터 처리는 SAS (Statistical Analysis System) 통계 프로그램으로 분석 하였으며, $p<0.05$의 조건에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)와 Least Significant Difference (LSD)로 유의적 차이를 표기하였다.

결과 및 고찰

재배방법에 따른 천마 재배환경, 수량 및 품질

재배방법에 따른 토양온도 차이를 비교한 결과, 고온기 8월 1일 ~ 31일 31일간 평균토양온도는 비가림시설재배 24.8℃, 노지재배 24.1℃이었고, 모두 평균외부기온 23.3℃보다 높았다. 최고토양온도는 비가림시설재배와 노지재배 모두 25.7℃로 같았지만, 최저토양온도는 비가림시설재배 23.4℃, 노지재배 20.8℃로 노지재배가 시설재배에 비해 온도차이가 더 크게 발생하였다(Table 1, Fig. 1). 또한, 저온기 12월 15일 ~ 1월 14일

Table 1. Soil temperature by different cultivation methods in summer and winter season period from 2011 to 2012

Treatment		Summer season period[z] (℃)			Winter season period[y] (℃)		
		Average	Maximum	Minimum	Average	Maximum	Minimum
OS[x]		23.3	28.8	18.9	-4.5	-2.5	-8.6
Soil[w]	OF[v]	24.1	25.7	20.8	1.4	1.5	1.3
	RSG[v]	24.8	25.7	23.4	5.8	5.9	5.7

[z]Summer season period : 8. 1~8. 31, [y]Winter season periods : 12. 15~1. 14.
[x]Outside (OS) temperature measured on the hight of 70 ㎝.
[w]Soil temperature measured in the underground of 15 ㎝.
[v]Cultivation methods : outdoor field (OF), rain shelter greenhouse (RSG); Outside (OS).

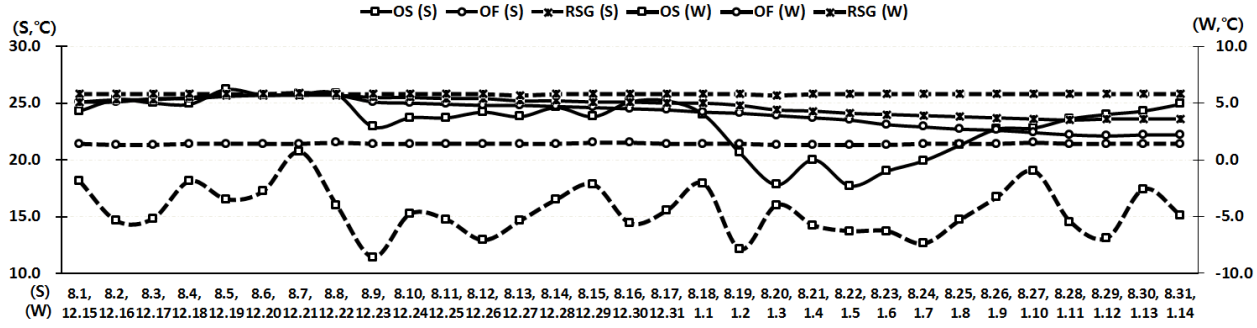

Fig. 1. Soil temperature by different cultivation methods in summer sand winter season period from 2011 to 2012. Summer season periods : 8. 1 ~ 8. 31 (S); Winter season periods : 12. 15 ~ 1. 14 (W); Cultivation methods : outdoor field (OF), rain shelter greenhouse (RSG); Outside (OS).

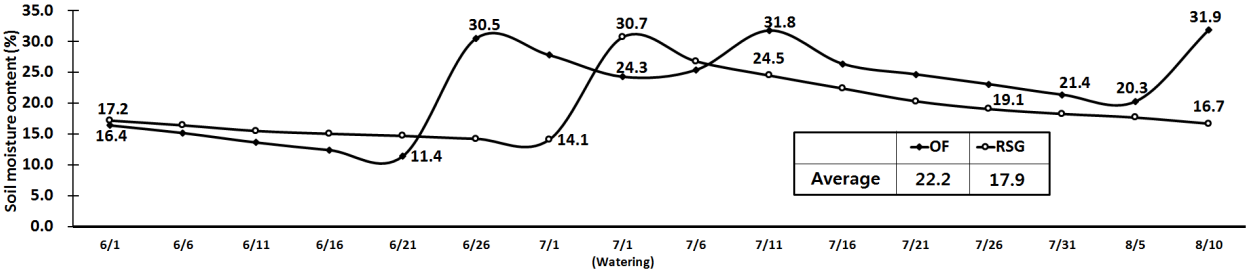

Fig. 2. Change of soil moisture content according to different cultivation methods. Measurement period : 6. 1 ~ 8.10 (Watering date : 7.1); Cultivation methods : outdoor field (OF), rain shelter greenhouse (RSG).

31일간 평균토양온도는 비가림시설재배 5.8℃, 노지재배 1.4℃ 이었고, 평균외부기온 -4.5보다 높았다(Table 1, Fig. 1). 노지재배와 비가림시설재배에서 온도는 Lee *et al.* (2007)이 보고한 여름철 생육 최고온도인 25℃보다 낮게 유지되었고, 겨울철 최저온도인 5℃보다 비가림시설재배에서 0.8℃ 높았으나, 노지재배에서는 3.6℃ 낮았다. 따라서 여름철 고온해나 겨울철 동해는 없었을 것으로 판단되나, 노지재배의 경우 겨울철 최저토양온도가 천마 생육에 얼마나 영향을 미치는지는 향후 좀 더 연구가 필요하다.

6월 1일 ~ 8월 10일 71일간 평균 토양수분함량을 측정한 결과, 비가림시설재배는 17.9%, 노지재배는 22.2%로 나타났다(Fig. 2). 이 기간 동안 비가림시설재배는 7월 1일 건조로 인해 27.3 ㎜/10a, 1회 관수처리를 하였고, 노지는 일일 기준 20 ㎜이상 11회에 거쳐 누계 631.5 ㎜ 비가 왔다. 따라서 농촌진흥청에서 개발한 밭작물 물관리 방법(Hur, 2007)인 필요물량 계산법에 의하면 노지재배의 토양수분함량은 토성별 중량수분함량과 수분장력과의 관계에서 사양토 기준 -10 kPa일 때 22.1%보다 높게 측정됨을 알 수 있었다. 또한, -10 kPa 이상의 수분장력은 균일한 수분을 유지하는 측면에서는 유리하였으나 토양수분상태는 상대적으로 습하였다고 보고하였다(Kim *et al.*, 2013). 따라서 노지의 경우 비가림시설보다 높은 수분함량으로 인해 습한 상태임을 알 수 있었다.

비가림시설재배와 노지재배의 10 a당 수량을 비교한 결과, 비가림시설재배 2,273 kg, 노지재배 1,525 kg으로 서로 유의성이 있었고, 비가림시설재배가 노지재배에 비해 49% 높은 수량성을 나타냈다. 천마는 보통 꽃눈이 형성된 성마(成麻)와 꽃눈이 형성되지 않은 자마(子麻)로 구분한다(Lee *et al.*, 2007). 따라서 상품성이 있는 성마의 비율은 비가림시설재배 82%, 노지재배 74%로 8%의 차이를 보였다(Table 2). 또한, 차광방법에 따른 천마 수량은 무차광보다 차광을 했을 때 유의적으로 천마 수량이 증가하였고, 95% 차광망 1겹과 2겹 간의 수량차이는 인정되지 않았다고 보고된 바 있다(Kwon *et al.*, 2005). 이러한 결과는 노지재배에 비해 비가림시설재배에서 장마철 토양수분관리가 용이하여 토양 과습을 방지하였기 때문으로 판단된다.

수확 한 천마를 비가림시설재배와 노지재배로 구분하여 증숙 전·후의 색도와 경도, 무게 감소율을 측정한 결과, 비가림시

Table 2. Comparison of yield by different cultivation methods of *Gastrodia elata*

Treatment	Good merchantable quality					Seed tuber		Total weight (kg/10a)	Yield index (%)
	Good (kg/10a)	Fair (kg/10a)	Poor (kg/10a)	Sum weight (kg/10a)	Ratio (%)	Weight (kg/10a)	Ratio (%)		
OF[z]	178±30[y]b[x]	430±86b	518±101b	1,126±215b	74	399±51a	26	1,525±266b	100
RSG[z]	261±35a	909±140a	690±131a	1,860±303a	82	414±63a	18	2,273±366a	149

[z]Cultivation methods : outdoor field (OF), rain shelter greenhouse (RSG).
[y]Each values represented mean±standard error (n=5).
[x]Mean with the same letter indicate no significant difference according to Least significant difference (LSD) at significant level of 5%.

Table 3. The changes of characteristics on *Gastrodia elata* after steaming before drying experiment

Treatment	Steaming	Hunter's color value[y]			Hardness (kg/∅5 ㎜)	The loss of weight (%)
		L	a	b		
OF[z]	Before	66.1±0.5[x]a[w]	1.6±0.3a	5.7±0.4a	4.8±1.7a	-
	After	61.7±0.6b	-0.0±0.2b	3.5±0.3b	3.4±0.7b	9.1
RSG[z]	Before	70.7±1.4a	-1.1±0.0b	-1.0±0.2a	5.1±1.4a	-
	After	68.2±0.2a	-1.9±0.0a	-1.2±0.1a	3.7±0.7b	10.3

[z]Cultivation methods : outdoor field (OF), rain shelter greenhouse (RSG).
[y]L : lightness, a : redness, b : yellowness.
[x]Each values represented mean±standard error (n=10).
[w]Mean with the same letter indicate no significant difference according to Least significant difference (LSD) at significant level of 5%.

설재배는 노지재배에 비해 색도의 변화가 적었고, 경도는 노지재배보다 비가림시설재배에서 더 높았다. 비가림시설재배에서 생산된 천마는 노지재배에서 생산된 천마에 비해 색이 밝고 표면이 깨끗하여 선별 시 고품질로 분류되었고, 경도가 단단하여 수확 시나 보관 중에 더 안정적이었다. 증숙 후 무게 감소율의 경우 노지재배는 9.1% 감소하였으나 비가림시설재배는 10.3%로 1.2% 더 감소되었다(Table 3). 경도가 높은 비가림시설재배의 수확물이 증숙 후 무게 감소율도 적을 것이라는 처음 예상과는 다른 결과를 나타냈다.

재배방법별 수확된 천마 중 생중량이 약 100 g인 천마의 기능성 물질 함량을 조사해본 결과, GA는 비가림시설재배 0.7 ㎎/g DW, 노지재배 0.5㎎/g DW의 함량을 보였고, VA은 비가림시설재배 0.6 ㎎/g DW, 노지재배 0.1 ㎎/g DW의 함량으로 유의성 있게 증가된 것을 확인할 수 있었으나, ERG 함량은 변화가 없었다(Fig. 3). 이는 해가림을 해주면 한여름의 급격한 토양 온도의 상승과 직사광선을 막아 줌으로 인해 GA와 VA의 생합성이 원활하게 유지되어 기능성 물질의 함량이 증가된다는 보고와 유사

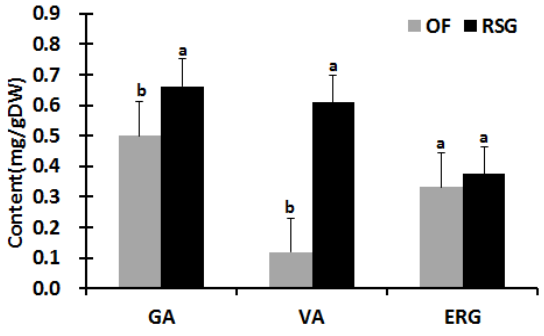

Fig. 3. Changes in the contents of the major functional components in *Gastrodia elata* tubers cultivated under rain shelter greenhouse. *G. elata* was cultivated under rain shelter greenhouse or outdoor field. Approximately 100 g fresh weight tubers were collected and used to measure three functional components, such as gastrodin (GA), vanillyl alcohol (VA), and ergothioneine (ERG). [†]Cultivation methods : outdoor field (OF), rain shelter greenhouse (RSG). The data represent mean value ± SD (n = 5). The same superscript letters indicate the corresponding components that do not differ statistically ($p < 0.05$; t-test).

한 결과를 보였다(Kim and Park, 2013). ERG의 경우 버섯의 균사가 지속적으로 생장할 때 물질을 축척하기 보다는 생장에 많은 에너지를 소모함으로 인해 균사에 많은 물질을 함유하고 있지 않았기 때문에(Sung *et al.*, 1998) 뽕나무버섯균으로부터 전달되는 ERG의 경우 균사 생장이 활발한 비가림시설재배보다 노지재배에서 그 함량이 증가되었을 것으로 판단된다.

재배방법에 따라 천마 무게별 기능성 물질 함량을 측정한 결과, GA은 비가림시설재배에서 건중량(g DW) 당 큰 차이를 보이지 않았으나, 노지재배에서는 크기가 작을수록 함량이 증가하였다. VA은 비가림시설재배와 노지재배간에 크기에 따라 차이를 보이지 않았다. ERG의 함량은 비가림시설재배에서는 Group III이 Group Ⅰ, II보다 증가하였고, 노지재배에서는 반대의 경향을 보였다(Fig. 4). 이는 천마의 생육단계별에서 초기 발달단계에서는 GA가 증가하고, 성숙이 왕성한 후기 발달단계에서 ERG의 함량이 많아진다고 보고된 내용과 같은 결과로(Kim and Park, 2013), GA와 같은 항산화성이 강한 페놀화합물의 경우 생장이 왕성할 때보다 스트레스 상황에 더 많이 생합성하여 식물을 보호하는 역할을 하기 때문으로 생각된다(Piyada *et al.*, 2004). ERG는 뽕나무버섯균이 나무로부터 분해한 영양분을 천마로 전달할 때 함께 전달되는 물질로 알려져 있어(Park *et al.*, 2010), 생장이 가장 왕성한 시기인 Group III에 뽕나무버섯균으로 부터 영양분과 함께 전달되었을 것으로 판단된다.

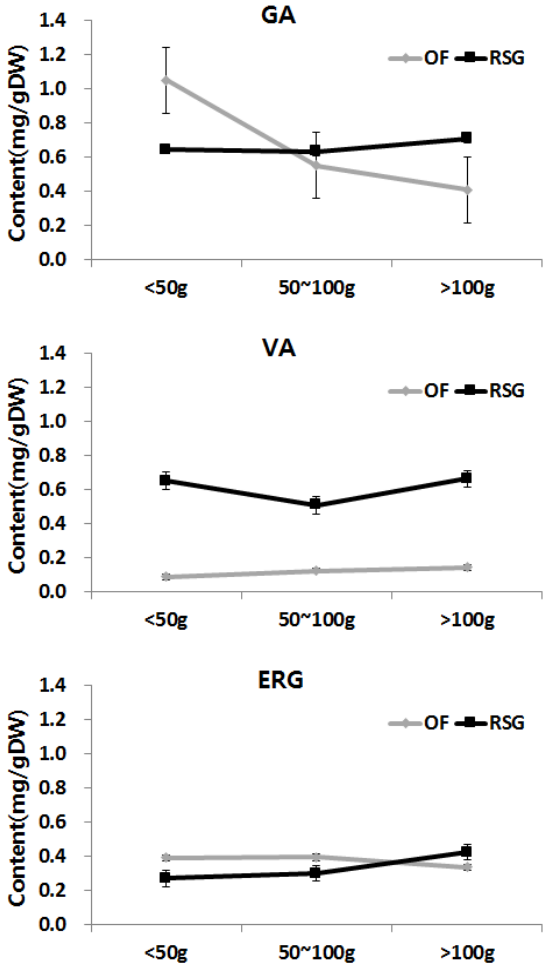

Fig. 4. Differences in the contents of the major functional components depending on tuber weight. Three major functional components including gastrodin (GA), vanillyl alcohol (VA), and ergothioneine (ERG) were measured from three different sizes of tubers; Group I (< 50 g fresh weight/tuber), Group II (50 ~ 100g fresh weight/tuber), and Group III (> 100 g fresh weight/tuber). †Cultivation methods : outdoor field (OF), rain shelter greenhouse (RSG). The data represent mean value ± SD (n = 5). The same superscript letters indicate the corresponding components.

비가림시설재배 시 피복재료에 따른 천마 생육환경, 수량 및 품질

피복재료별 토양온도 변화를 측정한 결과, 평균토양온도는 낙엽 23.6℃, 볏짚 22.7℃, 차광망 22.5℃, 무피복 23.2℃로 각각 측정되었다. 최고토양온도는 볏짚과 차광망이 26.8℃로 가장 낮았고, 낙엽이 27.8℃, 무피복이 28.6℃로 가장 높았다. 최고와 최저 토양온도의 차이는 무피복에서 9.2℃로 가장 컸고, 볏짚은 6.2℃, 차광망은 6.1℃, 낙엽은 5.1℃로 나타났다(Table 4). Lee *et al.* (2007)의 보고에 의하면 천마의 괴경은 토양 온도가 30℃이상이 되면 생장이 억제되고, 35℃가 넘으면 사멸한다고 하였으나, 고온기에 비가림시설 외벽에 95%차광을 하여 토양온도가 높게 형성되지 않아 고온해를 입지 않은 것으로 생각된다.

피복재료별 토양수분함량을 측정한 결과, 평균 함수량은 낙엽은 24.0%, 볏짚은 17.1%, 차광망은 19.9%, 대조구인 무피복은 18.7%로 각각 측정되었고, 관수 전과 후의 차이는 낙엽 14.4%, 볏짚 12.2%, 차광망 2.9%, 무피복 16.6%로 나타났다. 수확 전 함수량은 낙엽 17.3%, 볏짚 10.8%, 차광망 14.2%, 무피복 13.4%로 나타났다. 낙엽은 높은 함수량을 보유하였고, 차광망은 관수 전과 후 차이가 가장 낮았으며, 무피복이 변화의 폭이 가장 컸다(Table 5).

피복재료에 따른 10 a당 수량을 비교한 결과, 낙엽은 2,203 kg, 볏짚은 2,526 kg, 차광망은 2,141 kg, 무피복은 1,749 kg으로 피복재료 간의 유의적인 차이를 보였으며, 성마의 비율은 낙엽

Table 4. Average and maximum soil temperature by mulching materials in high temperature period from 2011 to 2012

Treatment	Soil temperature (℃)[z]			
	FL[y]	RS[y]	SN[y]	NM[y]
Average	23.6	22.7	22.5	23.2
Maximum	27.8	26.8	26.8	28.6
Minimum	22.7	20.6	20.7	19.4

[z]Temperature measurement period : 8. 1~8. 31.
[y]Mulching methods : fallen leaves (FL), rice straw (RS), shade net (SN), no mulching (NM).

Table 5. Change of soil moisture content according to mulching materials in rain shelter greenhouse from 2011 to 2012

Measurement		Soil moisture contents (%)			
		FL[z]	RS[z]	SN[z]	NM[z]
Average[y]		24.0	17.1	19.9	18.7
Watering[x]	before	19.9	13.0	18.4	14.1
	after	31.2	25.2	21.3	30.7
Pre-harvest		17.3	10.8	14.2	13.4

[z]Mulching methods : fallen leaves (FL), rice straw (RS), shade net (SN), no mulching (NM).
[y]Average measurement period : 6. 1 ~ 8. 10, [x]Watering date : 7. 1.

Table 6. Comparison of yield by different mulching materials of *Gastrodia elata*

Treatment	Good merchantable quality					Seed tuber		Total weight (㎏/10a)	Yield index (%)
	Good (㎏/10a)	Fair (㎏/10a)	Poor (㎏/10a)	Sum weight (㎏/10a)	Ratio (%)	Weight (㎏/10a)	Ratio (%)		
FL[z]	205±43[y]a[x]	964±128a	674±81b	1,844±238a	84	361±44b	16	2,203±267ab	126
RS[z]	258±60a	942±118a	800±77a	2,001±222a	79	525±65a	21	2,526±232a	144
SN[z]	217±54a	806±130a	707±69ab	1,731±214a	81	411±60b	19	2,141±250b	122
NM[z]	235±57a	595±126b	564±73c	1,395±213b	80	353±46b	20	1,749±244c	100

[z]Mulching methods : fallen leaves (FL), rice straw (RS), shade net (SN), no mulching (NM).
[y]Each values represented mean±standard error (n=5).
[x]Mean with the same letter indicate no significant difference according to Duncan's multiple range test at significant level of 5%.

84%, 차광망 81%, 무피복 80%, 볏짚 79%로 순이었다. 수량성은 대조구인 무피복에 비해 볏짚 44%, 낙엽 26%, 차광망 22% 증수되었다(Table 6). 낙엽은 전체적으로 높은 함수량을 보유하고 있어 천마가 썩는 요인으로 작용하여 전체적인 수량과 품질에 부정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

피복재료에 따른 경도를 측정한 결과, 볏짚 6.07 ㎏/∅5 ㎜, 무피복 5.16 ㎏/∅5 ㎜, 차광망 4.98 ㎏/∅5 ㎜, 낙엽 4.15 ㎏/∅5 ㎜ 순으로 볏짚이 가장 높았고, 무피복, 차광망 순이며, 낙엽이 가장 낮았다(Table 7). 천마의 경도는 마지막 관수 후 수확 전까지 피복재료에 따른 함수량 감소가 크게 영향을 미치는 것으로 보였다. 볏짚의 경우 함수량은 가장 낮았고 경도는 가장 높은 반면, 낙엽의 경우 함수량이 가장 높았고 경도는 가장 낮았다(Table 5). 이러한 결과는 일반적으로 토양수분이 많을수록 과실의 경도가 낮아지고 과중은 무거워지는 경향이며 특히 경도가 토양수분조건과 유의한 부의상관 관계가 있다는 보고와 유사한 결과를 보였다(Kim *et al.*, 2000). 또한 과실의 경도를 높

Table 7. Hardness comparison according to different mulching materials Hardness (㎏/∅5 ㎜)

Treatment	FL[z]	RS[z]	SN[z]	NM[z]
Hardness	4.2±1.2[y]b[x]	6.1±1.3a	5.0±0.9ab	5.2±1.4ab

[z]Mulching methods : fallen leaves (FL), rice straw (RS), shade net (SN), no mulching (NM).
[y]Each values represented mean±standard error (n=10).
[x]Mean with the same letter indicate no significant difference according to Duncan's multiple range test at significant level of 5%.

이면 저장성을 증진시키는 효과가 있고(Smith, 1992; Ueda and Bai, 1993), 경도가 낮으면 수확, 선별, 유통과정에서 손상을 쉽게 받아 품질이 저하되거나 상처부위를 통한 미생물 감염이 심하여 유통기간 중에 쉽게 부패한다(Hwang *et. al.*, 1999). 천마에서 경도가 낮으면 장기저장이 어렵고 유통과정 중 부패 발생이 우려되므로 경도를 높이기 위해 피복재료에 따라 관수량과 단수시기를 고려해야 할 것으로 판단된다.

결과적으로 토양수분을 조절할 수 있는 비가림시설재배가 노지재배에 비해 수량과 품질이 좋았고, 피복재료에 따른 함수량이 낮을수록 표면이 단단해져 색도와 경도가 높아지는 경향을 보였다. 따라서 천마재배를 위해서는 비가림시설재배에서 볏짚피복을 이용하여 재배하는 것을 권장하고, 수확 전에는 가급적 토양수분함량을 줄여주는 것이 천마 품질에 좋다는 결론을 얻었다.

적 요

천마의 수량과 품질 향상을 위하여 비가림시설재배와 노지재배, 비가림시설내 여러 피복재료를 활용하여 천마의 수량 및 품질에 미치는 영향을 비교분석하였다. 천마의 수량은 비가림시설이 노지재배에 비해 49% 증수되었다. 또한, 비가림시설재배내에서 피복재료 처리에 따른 천마의 수량성은 무피복에 비해 볏짚피복 44%, 낙엽피복 26%, 차광망피복에서 각각 22% 증수되었다. 천마의 증숙 전·후 색도는 비가림시설재배가 노지재배에 비해 색도 변화가 적었다. 또한, 천마의 경도는 비가림시설재배가 노지재배보다 더 높았고, 비가림시설재배의 증숙 후는 증숙 이전에 비해 17.1%, 노지재배는 29.2% 각각 감소하였다. 증숙 후 무게 감소율의 경우 비가림시설재배는 10.3%, 노지재배는 9.1% 감소하였다. 가스트로딘, 바닐린 알콜은 노지재배보다 비가림시설재배에서 함량이 증가하였고, 에르고티오닌은 재배시설에 따른 변화는 없었다. 따라서 환경을 인위적으로 조절이 가능한 비가림시설재배가 노지재배에 비해 천마의 수량과 품질이 좋았으며, 피복재료에 따른 품질은 토양수분함량이 낮을수록 표면이 단단해져 경도가 높아지는 경향을 보였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청의 지역특화작목기술개발사업(PJ011969)으로 수행된 결과의 일부이므로 연구비 지원에 깊은 감사를 드립니다.

References

Chang, Y.N. and B.Y. Ahn. 2011. Decrease in intrinsic objectionable odors and change of gastrodin contents in lactic acid treated Gastrodia elate Blume. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Soc. 12:5056-5062 (in Korean).

Choi, J.H. 2012. The study on chemical analysis and increased physiological activities of fermented gastrodia extracts (*Gastrodia elata* var. *Blume*). Department of Hort. and Life Sci., Ph.D. Thesis, Yeungnam Univ., Korea. pp. 1-77 (in Korean).

Choi, S.R., I. Jang, C.S. Kim, D.H. You, J.Y. Kim, Y.G. Kim, Y.S. Ahn, J.M. Kim, Y.S. Kim and K.W. Seo. 2011. Changes of components and quality in gastrodiae rhizoma by different dry methods. J. Medicinal Crop Sci. 19:354-361 (in Korean).

Chu, H.N., J.S. Kim, K.O. Kim and J.K. Jeong. 2012. Effect of functional components, antioxidant activity and sensory characteristics of gastrodiae rhizoma by different drying condition. Kor. J. Herbology 27:139-145 (in Korean).

Ha, J.H., D.U. Lee, J.T. Lee, J,S. Kim, C.S. Yong, J.E. Kim, J.S. Ha and K. Huh. 2000. 4-hydroxybenzaldehyde from *Gastrodia elata* Bl. is active in the antioxidation and

GABAergic neuromodulation of the rat brainout. J. Ethnopharm. 73:329-333 (in Korean).

Heo, J.C., J.Y. Park, S.M. An, J.M. Lee, C.Y. Yun, H.M. Shin, T.K. Kwon and S.H. Lee. 2006. Anti-oxidant and anti-tumor activities of crude extracts by *Gastrodia elata* Blume. Korean J. Food Preserv. 13:83-87 (in Korean).

Huang, Z.L. 1985. Pharmacologic studies and clinical applications of *Gastrodia elata* Blume. J. Modern Dev. Trad. Med. 5:251-254.

Huh, K., S.J. Yi, U.S. Shin and J.M. Park. 1995. Effect of the ether fraction of *Gastrodia elata* methanol extract on the pentylenetetrazole-induced seizures. Biomol. Ther. 3:199-204 (in Korean).

Hur, S.O. 2007. Application of soil moisture theory for irrigation, pp. 25-49. In: Song, K.C. (ed). Water management method for effective use of agricultural water. Suwon: NIAST (in Korean).

Hwang, Y.S., Y.A. Kim and W.S. Lee. 1999. Effect of postharvest CO_2 application time on the flesh firmness and quality in 'Nyoho' strawberries. J. Korean Soc. Horticulture Sci. 40:179-182 (in Korean).

Im, K.H. 1961. Medicobotany. Dongmyung Publishing Co., Paju, Korea. pp. 334-335 (in Korean).

Kim, H.T. and E.J. Park. 2013. Change of major functional components of *Gastrodia elata* Blume with cultivation conditions and harvest times. J. Medicinal Crop Sci. 21:282-288 (in Korean).

Kim, H.J., S.W. Ahn, K.H. Han, J.Y. Choi, S.O. Chung, N.Y. Roh and S.O. Hur. 2013. Comparison study of water tension and content characteristics in differently textured soils under automatic drip irrigation. Pro. Hort. and Plant Fac. 22:341-348 (in Korean).

Kim, I.H. 1969. Studies on the active ingredient of *Gastrodia elata* (1). Chung-ang Univ. 14:449-452 (in Korean).

Kim, K.H. 1974. Studies on the sterol composition of *Gastrodia elata* Blume. Chung-ang Univ. 19:215-225 (in Korean).

Kim, H.G., D.H. Yoo, D.G. Choi, J.S. Jeong, J. Ryu, H.C. Kim and T.C. Kim. 2000. Growth and fruit characteristics of oriental pear (*Pyrus pyrifolia*) according to soil water condition at preharvest. J. Life Sci. & Nat. Res. 27:64-70 (in Korean).

Kwon, Y.H., J.D. Lee, D.C. Jung, S.J. Yoon and Y.H. Hwang. 2005. Effects of shading and mixing ratio of recycling spawn bed logs on the yield of *Gastrodia elata* Blume. Korean J. Plant Res. 18:512-517 (in Korean).

Lee, C.B. 1982. Illustrated Flora of Korea. Hyangmun Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 678-679 (in Korean).

Lee, M.U., J.Y. Lee, T.S. Lee, I.P. Hong, K.H. Ga and K.J. Jang. 2007. Characteristics of important medicinal plant and new cultivation technology. Dongguk Univ. pp. 32-118 (in Korean).

Lee, W.Y., E.J. Park and J.K. Ahn. 2009. Supplementation of methionine enhanced the ergothioneine accumulation in the *Ganoderma neojaponicum* Mycelia. App. Bioc. and Biot. 158:213-221 (in Korean).

Lin, J.H., Y.C. Liu, J.P. Hau and K.C. Wen. 1996. Parishins B and C from rhizomes of *Gastrodia elata*. Phytochemistry 42:549-551.

Liu, Z.H., H.T. Hu, G.F. Feng, Z.Y. Zhao and N.Y. Mao. 2005. Protective effects of gastrodin on the cellular model of Alzheimer's disease induced by Abeta 25-35. Sichuan Da Xue Xue Bao. 36:537-540.

MIFAFF. 2016. An actual output of a crop for a special purpose in 2015. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Korea (in Korean).

Noda, N., Y. Kobayashi, K. Miyahara and S. Fukahori. 1995. 2,4-Bis-(4-hydroxybenzyl) phenol from *Gastrodia elata*. Phytochemicals 39:1247-1248.

Ong, E.S., M.Y. Heng, S.N. Tan, H.W.H. Yong, H. Koh, C.C. Teo and C.S. Hew. 2007. Determination of gastrodin and vanillyl alcohol in *Gastrodia elata* Blume by pressurized liquid extraction at room temperature. J. Separation Sci. 30:2130-2137.

Paik, Y.S., J.K. Song, C.H. Yoon, K.S. Chung and H.S. Yun. 1995. Anti-platelet and anti-thrombotic effects of *Gastrodia elata*. Kor. J. Pharm. 26:385-389 (in Korean).

Park, E.J., W.Y. Lee, J.K. An and S.T. Kim. 2010. Production method in a bottle of none petiolie *Gastrodia elata* by sexual propagation. Kor. Forest res. Ins. pp. 3-10 (in Korean).

Park, E.J., W.Y. Lee, S.T. Kim, J.K. An and E.K. Bae. 2010. Ergothioneine accumulation in a medicinal plant *Gastrodia elata*. J. Mecicinal Plants Res. 4:1141-1147 (in Korean).

Piyada, T., M. Jeffrey, W.W. David and C.S. John. 2004. Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. Plant Sci. 167:693-703.

Ri, Y.M. 1990. Dictionary of Oriental Medicine. Sammun Publishing Co., Seoul, Korea. p. 814 (in Korean).

Shaz and W. Sun. 1985. HPLC determination of *Gastrodia* and 4-hydroxybenzyl alcohol in *Gastrodia elata*. Yaowu Fenxi Zashi. 5:218-221.

Sung, J.M., Y.B. Yoo and D.Y. Cha. 1998. Mushroom Science. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 95-106 (in Korean).

Smith, R.B. 1992. Controlled atmosphere storage of 'Redcoat' strawberry fruit. J. American Soc. Horticultural Sci. 117:260-264.

Taguchi, H., I. Yosioka, K. Yamasaki and I.L. Kim. 1981. Studies on the constituents of *Gastrodia elata* Blume. Chemical Pharmaceutical Bull. 29:55-62.

Ueda, Y. and J.H. Bai. 1993. Effect of short term exposure of elevated CO_2 on flesh firmness and ester production of strawberry. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62:457-464.

Xu, X., A.A.M. Van Lammeren, E. Vermeer and D. Vreugdenhil. 1998. The role of gibberellin, abscisic acid, and sucrose in the regulation of potato tuber formation *in vitro*. J. Plant Physi. 117:575-584.

Zhou, J., Y.B. Yang and X.Y. Pu. 1980. Phenolic compounds of fresh *Gastrodia elata*. Acta Botanica Yunnanica 2:370-372.

(Received 19 August 2016 ; Revised 19 November 2016 ; Accepted 16 December 2016)