



유기질비료 시용이 삼주의 생육 및 성분에 미치는 영향

김영국* · 안태진* · 김용일* · 이은송* · 정찬식* · 송범현** · 안찬훈***†

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **충북대학교 식물자원학과, ***국립산림과학원 산림약용자원연구소

Effect of Organic Fertilizer on Growth and Yield Components of *Atractylodes macrocephala*

Yong Guk Kim*, Tae Jin An*, Young Il Kim*, Eun Song Lee*, Chan Sik Jung*, Beom Heon Song** and Chanhoo An***†

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

**Department of Plant Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea.

***Forest Medicinal Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Youngju 36040, Korea.

ABSTRACT

Background: The roots of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi contain atractylone, which is used to suppress appetite and indigestion caused by gastrointestinal disturbance. The present study was conducted to investigate the effect of several organic compost on the growth and root yield of *A. macrocephala* with organic fertilizer.

Methods and Results: When organic fertilizer was applied basally, the average yield of 10 a was 184.6 kg in the HA (Hwanggeumjidae, organic material mix), 171.3 kg in the GG (Gyunbaeyangchegreen, bacterial culture filtrate) and 175.0 kg in the CF (Customary fertilization, control) each other in practice of CF had no statistical significance. Atractylone I was significantly greater in the HA (0.036%) than the GG (0.034%) or CF (0.023%). With regard to the amount of organic fertilizer, 10 a yield was the most common of 203.0 kg at 2.0 times of the organic 1 (HA), conventional fertilization of 134.0 kg and 173.0 kg of no application was a statistically significant. Organic fertilizer 1 was 1.5 to 2.0 times, organic fertilizer was 2 to 1.5 times that were most suitable.

Conclusions: The results of the present study indicated that HA and GG are the most suitable for the organic cultivation of *A. macrocephala*. The content of atractylone I was highest under the HA treatment and lowest under the CU (Chamjoa, oil cake), TG (Totogreen, plant oil cake) and HG (Heuksalgreen, Castor oil cake) treatment.

Key Words: *Atractylodes macrocephala*, Organic fertilizer, Yield

서 언

삼주 (*Atractylodes macrocephala* Koidzumi)는 뿌리줄기를 사용하는 한약재로 정유에 포함된 주성분인 atractylone에 의해 특유의 냄새가 있으며, 위장기능의 감퇴에 따른 식욕부진, 소화불량, 전신권태감, 만성하치, 자간 등에 효능이 있는 것으로 알려져 있다 (Shibata, 1957). 기원식물은 삼주 또는 백출 (*Atractylodes macrocephala* Koidzumi)로 생약규격집에 수재되어 있다. 국내에 자생종으로는 *A. japonica*, *A. lancea*, *A. lyata*와 *A. onata* 등으로 알려져 있으나, 국가표준식물목록에

의하면 이는 *A. ovata*의 이명으로 식물명으로는 삼주이다. 국내 자생 삼주는 대부분 야생채취에 의존하며 재배 기간이 길며 수량성이 낮은데 반하여, 백출로 알려진 중국 도입종 마크로케팔라삼주 혹은 큰꽃삼주 (*A. macrocephala*)는 재배기간이 짧으며 수량성이 높은 것으로 알려져 있다 (Cho *et al.*, 2001; Chung and Kim, 2001). 삼주의 재배지는 충청북도 지역이 전국의 60% 이상으로 가장 넓게 분포하고 있다 (MAFRA, 2015).

최근 수입 한약재에 대한 농약 잔류 독성 및 중금속 등 안전성 문제가 대두되면서, 생산성 위주에서 품질과 안전성이 강

†Corresponding author: (Phone) +82-54-630-5636 (E-mail) an.chanhoo@korea.kr

Received 2016 September 27 / 1st Revised 2016 November 10 / 2nd Revised 2016 December 21 / 3rd Revised 2016 December 23 / Accepted 2016 December 23

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.

화된 환경 친화적인 농업기술을 지향하는 추세이다. 유기질 비료 시용은 토양의 영양분의 균형 공급, 유용 미생물의 증대, 토양반응의 교정 및 입단화 촉진, 유효인산의 고정 억제 등으로 토양의 이화학적성을 개량할 수 있다 (Ham *et al.*, 1993). 이와 같은 방법은 생산성은 떨어지지만 생산된 산물의 약리 효과가 우수한 것으로 보고되기도 하였다 (Choi *et al.*, 1989; Kim *et al.*, 1998).

약용작물의 유기재배기술 개발 연구는 1단계로 2008 - 2010 년에 수행되었으며 당귀, 황기, 구기자, 오미자, 황금 유기재배 기술이 개발되었다. 최근 값이 싼 수입한약재에 대한 농약 잔류독성 및 중금속 등 안전성 문제가 대두되면서 생산성 위주에서 품질과 안전성이 강화된 환경 친화적인 농업기술을 지향하는 추세이다. 하지만 약용작물의 유기재배기술 연구는 시작하는 단계로 일부 농가에서 관행대로 일부 화학비료와 퇴비, 가축분뇨 등의 유기자원을 이용하여 약용작물을 재배생산하고 있는 실정이며 약용작물에 대한 유기재배기술의 개발 및 농가 보급이 절실히 요구되고 있다. 삽주의 재배와 관련하여서는 화기제거가 생육 및 정유 함량에 미치는 영향 (Kim *et al.*, 2001), 파종방법과 종근중에 따른 생육과 수량 (Kim *et al.*, 2004), 종자 전처리 및 환경조절이 종자 발아에 미치는 영향 (Jeon *et al.*, 2013), 상대광도별 유효의 생장 및 뿌리발달 (Song *et al.*, 2014) 등 일반적인 생육과 재배에 관한 연구만이 보고되어 있다.

따라서 본 연구에서는 약용작물 삽주 재배 시 유기질 비료 종류에 따른 수량성을 검정하고 유효성분 변화를 조사하였다. 이와 같은 연구를 통하여 유기재배의 토대를 마련하고 관련 재배기술 확립을 위한 정보를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 유기질 비료의 종류에 따른 삽주의 생육 및 수량 특성

종류를 달리한 유기질 비료의 시비가 삽주 (*Atractylodes macrocephala* Koidzumi)의 생육과 수량에 미치는 영향을 보기 위하여 다음과 같이 시험을 수행하였다. 시험재료는 국립원예특작과학원 인삼특작부 약용작물과에서 보유하고 있는 삽주 종자를 이용하였다. 종자는 2월 하순에 200공 연결육묘상자 (Bumnong Co., Ltd., Jeongeup, Korea)에 파종하고 온실에서 2개월 동안 육묘하여 5월 상순에 정식하였다. 정식은 이랑 90 cm와 고랑 60 cm 시험구에, 재식밀도 30 × 15 cm 간격으로 식재하였다. 시험포장의 관행시비는 성분량으로 N :

P₂O₅ : K₂O 성분이 7 : 4 : 3 kg/10 a의 양을 정식하기 2주 전에 시험포장에 사용하고 경운 정지 하였다. 기타 재배법은 농촌진흥청 삽주 표준재배법에 준하였다. 시험에 사용된 유기질 비료는 농촌진흥청에서 친환경 농자재로 인증한 입상혼합유박 (CU, 참조아유박, DongbuHitek, Bucheon, Korea), 혼합유기질 (HA, 황금지대, Korea Bio Co., Ltd., Hwaseong, Korea), 식물성유박 (TG, 토토크린, Pungnong Co., Ltd., Seoul, Korea), 아주까리유박 (HG, 흙살골드, KG Chemical, Ulsan, Korea)와 균배양체 (CG, 균배양체그린, Heuksalim Institute Co., Goesan, Korea)을 사용하였으며, 대조구로 관행시비 (CF)와 무시비 (NF) 시험구를 두어 비교하였다. 친환경 유기질 비료에 함유되어 있는 N : P₂O₅ : K₂O의 성분량은 다음과 같다 (Table 1).

초장, 엽수, 경경, 생체중, 건물중 등 지상부와 근장, 근경, 근중 등 지하부 생육 특성과 수량을 조사하였다. 유기질비료의 시비 전 토양은 pH가 6.8로 약산성 토양이었으며 질산태 질소, 유효인산, 치환성양이온과 유기물함량을 제시하였다 (Table 2).

2. 삽주 재배 시 유기질 비료의 기비 시용량 설정

삽주 재배 시 유기질 비료의 적정 시비량을 알아보기 위하여 시험을 수행하였다. 시험에 사용된 종자, 식재시기, 재식밀도와 포장의 관행시비는 '유기질비료의 종류에 따른 삽주의 생육 및 수량 특성'에 제시한 조건과 동일하게 수행되었다. 유기질 비료는 혼합유기물과 균배양체를 각각 유기질비료의 질소함량을 환산하여 삽주의 질소 적정시비량의 적량 (N100), 1.5배 (N150), 2.0배 (N200)를 처리하였다. 대조구로는 관행시비구

Table 1. Concentration of N, P₂O₅ and K₂O among organic fertilizer types.

Types of organic fertilizer	N (kg/10 a)	P ₂ O ₅ (kg/10 a)	K ₂ O (kg/10 a)
CU	4.5	1.5	1.0
HA	4	2	1
TG	4	2	1
HG	4.5	1.5	1
GG	3.1	0	0
CF	7	4	3

CU; Chamjoa (oil cake), HA; Hwanggeumjidae organic material mix, TG; Totogreen plant oil cake, HG; Heuksalgreen (Castor oil cake), GG; Gyunbaeyangchegreen (Bacterial culture filtrate), CF; Customary fertilization (control).

Table 2. Physicochemical properties and chemical components of the soil on test nursery.

pH	EC (ds/m)	NO ₃ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K (cmol ⁺ /kg)	Mg (cmol ⁺ /kg)	Na (cmol ⁺ /kg)	Ca (cmol ⁺ /kg)	OM (g/kg)
6.8 ± 0.1	0.6 ± 0.1	6.4 ± 1.0	56.0 ± 6.1	0.5 ± 0.0	2.6 ± 0.2	0.1 ± 0.0	7.0 ± 0.3	16.7 ± 2.5

와 무시비구를 두어 비교하였다. 초장, 엽수, 경경, 생체중, 건물중 등 지상부와 근장, 근경, 근중 등 지하부 생육 특성과 수량을 당해년도 10월 말에 조사하였다.

3. 유효 약리 성분 함량 분석

유기질 비료의 종류와 시비량을 달리한 삽주의 뿌리에 함유된 유효 약리성분 atractylenolide I의 함량을 분석하였다. 수확한 뿌리를 건조한 후 분쇄기 (WF2211214, Warning Commercial, Torrington, CT, USA)로 균질하게 파쇄하여 80 mesh 체를 통과시켜 사용하였다. 시료 0.5 g을 취하여 50% methanol 50 ml을 넣고 60분간 초음파 추출기 (CPX 5800, Branson Co., CT, USA)하여 여과하였다. 여과액을 모아 100 ml 플라스크에 담고 methanol로 채워 정확히 100 ml로 맞추었다. 이 액을 0.45 µm 필터로 여과하고 20 µl을 취하여 검액으로 하였다. 표준액 제조는 표준품 (atractylenolide I) 10 mg을 취하여 100 ml 플라스크에 ethanol 100 ml로 채워 용해하였다. 이 액을 5, 10, 20, 40, 80 ml을 정확히 취하여 각각의 100 ml 플라스크에 넣고 ethanol로 100 ml를 채웠다. 다음 이 용액을 0.45 µm 필터로 여과하고 20 µl를 취하여 표준액으로 사용하였다. 함량 분석은 2998 Photodiode array (PDA) detector for alliance HPLC system (Waters, Milford, MA, USA)을 이용하였다. 컬럼은 Sun fire C18 (3.5 µm, 4.6 × 150 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 이용하였으며, 검출기는 UV 230 nm를 사용하였다. 이동상은 물 (solvent A)과 아세트나이트릴 (solvent B)을 각각 20%와 80%로 되도록 조절하여 구배용매 조건 (gradient mode)으로 분석을 수행하였다. 유속은 1.0 ml · min⁻¹로 고정하였으며, 주입 부피는 20 µl로 하였다.

4. 토양의 이화학적 특성 분석

유기질 비료 시용 전후의 토양의 이화학적 특성을 분석은 풍건 후 2 mm 체를 통과한 시료를 사용하였다. pH는 토양과 물을 1:5 (w/v)의 비율로 진탕교반 후 pH meter (S20 sevenEasy™, Mettler Toledo, Columbus, OH, USA)로 측정하였다. 질산태 질소는 2 M potassium chloride (KCl)로 침출 후 자동질소분석장치를 이용하여 증류한 후 0.01 N 황산으로 적정하여 산출하였다. 유효인산은 Kuo (1996)의 방법에 의해 분석하였다. 치환성 칼륨, 마그네슘, 나트륨과 칼슘은 1 N ammonium acetate (CH₃COONH₄, pH 7.0) 완충액으로 침출하여 유도결합플라즈마 분석기 (ICP, MX2, GBC Scientific Equipment, Braeside, Australia)를 사용하여 분석하였다. 유기물 함량은 Tyurin (Schollenberger, 1927)법에 의하여 분석하였다.

5. 통계분석

통계분석은 SAS program (SAS Enterprise Guide 4.3,

SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 난괴법 실험에 대한 분산분석을 수행하였다. 처리구 간 유의성 분석을 위하여 Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$) 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 유기질 비료의 종류에 따른 삽주의 생육 및 수량 특성

유기질 비료의 종류를 입상혼합유박 (CU), 혼합유기질 (HA), 식물성유박 (TG), 아주까리유박 (HG)과 균배양체 (GG)를 각각 시비하여 관행시비 (CF)와 무시비 (NF) 대비 삽주의 생육 및 수량 특성을 조사하였다 (Table 3). 지상부 생육은 혼합유기질 시용 시 초장, 경수, 분지수, 엽수와 지상부 건중이 가장 높은 수준의 값으로 조사되었다. 다만 경경은 관행시비와 무시비가 19.8과 19.9 mm로 유기질 비료의 시비에 비하여 유의적으로 높은 값으로 조사되었다. 입상혼합유박 (CU), 혼합유기질 (HA)과 식물성유박 (TG) 처리시 초장 77.2-80.1 cm, 엽수 24.8-25.5개와 건근중 34.2-35.9 g으로 유의적으로 높은 수준으로 나타내었다. 반면에 아주까리유박 (HG)과 균배양체 (GG)는 다른 유기질 비료의 시용에 비하여 지상부 생육이 낮은 수준으로 조사되었다.

혼합유기질 (HA) 시용 시 수량이 184.6 kg/10 a으로 가장 높은 것으로 조사되었다 (Table 4). 다음으로는 균배양체 (GG), 관행시비 (CF) > 입상혼합유박 (CU), 식물성유박 (TG) > 아주까리유박 (HG) > 무시비 (NF) 순으로 수량이 조사되었다. 관행시비대비 유기질 비료의 시용은 혼합유기질 (HA) 시용 시 증수되었으며 균배양체 (GG) 시용 시 같은 수준을 조사되었다. 이외에 입상혼합유박 (CU), 식물성유박 (TG), 아주까리유박 (HG)의 시용은 무시비 (NF) 대비 수량이 증수되었지만, 관행시비 (CF)와 비교하였을 때 수량이 낮은 것으로 조사되었다. 수량이 가장 높은 것으로 조사된 혼합유기질 (HA) 시용 시 근장과 생근중이 유의적으로 높게 나타났다. 수량이 다음으로 높게 나타난 균배양체 (GG) 시비시 근장, 생근중, 생체근중, 건근중이 가장 높은 수준으로 나타났다.

약용식물 중 뿌리를 이용하는 작물인 맥문동은 유기물함량이 많은 사양토나 양토가 적합하지만, 너무 비옥한 땅에 심거나 질소질 비료의 과용은 오히려 무성하게 자라고 괴근에 비대 생장에 좋지 않다고 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2007). 이와 같이 뿌리 작물의 생육촉진을 위하여 적정수준의 시비가 이루어져야 할 것이다.

유기질 비료의 종류를 달리하여 시용하였을 때 유효성분인 atractylenolide I의 함량을 측정하였다 (Fig. 1). 혼합유기질 (HA)의 시용 시 0.036%로 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 다음으로는 균배양체에서 0.034%로 무시비 (NF)와 관행시비 (CF)에 비하여 높은 수준으로 나타났다. 이외에 입상혼

Table 3. Effects of organic fertilizer types on the aerial part growth of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi.

Organic fertilizer	Height (cm)	Number of shoots	Diameter of shoot (mm)	Number of branching	Number of leaf	Dry weight (g)
CU	79.7 ± 2.3 ^a	7.6 ± 0.2 ^b	18.6 ± 0.5 ^b	19.7 ± 0.4 ^a	25.5 ± 0.6 ^a	34.4 ± 2.6 ^{a*}
HA	77.2 ± 2.3 ^a	9.5 ± 0.3 ^a	17.5 ± 0.5 ^c	19.2 ± 0.5 ^a	24.8 ± 0.6 ^a	34.2 ± 3.5 ^a
TG	80.1 ± 2.1 ^a	5.7 ± 0.1 ^d	15.4 ± 0.3 ^d	18.3 ± 0.5 ^b	25.4 ± 0.7 ^a	35.9 ± 1.7 ^a
HG	71.3 ± 2.0 ^{bc}	4.1 ± 0.1 ^f	17.9 ± 0.6 ^{bc}	18.2 ± 0.5 ^b	22.0 ± 0.7 ^b	26.6 ± 1.1 ^b
GG	71.3 ± 2.0 ^{bc}	4.8 ± 0.2 ^e	18.5 ± 0.5 ^b	16.0 ± 0.5 ^c	22.2 ± 0.6 ^b	29.6 ± 1.7 ^b
CF	73.4 ± 2.0 ^b	6.4 ± 0.2 ^c	19.8 ± 0.6 ^a	14.7 ± 0.5 ^d	22.6 ± 0.8 ^b	34.8 ± 0.7 ^a
NF	68.4 ± 1.9 ^c	3.9 ± 0.2 ^f	19.9 ± 0.6 ^a	15.4 ± 0.4 ^{cd}	20.6 ± 0.6 ^c	28.0 ± 0.6 ^b

Mean values ± SD from separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$).

Table 4. Effect of organic fertilizer types on the root growth of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi.

Organic fertilizer	Length of root (mm)	Fresh weight of rhizome (g)	Fresh weight of rootlet (g)	Dry weight of rhizome (g)	Dry weight of rootlet (g)	Yield (kg/10 a)
CU	59.3 ± 1.8 ^b	71.3 ± 2.4 ^b	20.7 ± 0.6 ^d	14.8 ± 0.7 ^a	2.7 ± 0.5 ^{ab}	169.7 ± 8.5 ^{b*}
HA	65.5 ± 1.2 ^a	81.8 ± 3.0 ^a	24.0 ± 0.9 ^b	13.8 ± 0.6 ^{ab}	2.3 ± 0.3 ^b	184.6 ± 5.8 ^a
TG	57.0 ± 1.3 ^{bc}	65.4 ± 0.7 ^c	23.7 ± 0.4 ^b	10.7 ± 0.4 ^{bc}	2.3 ± 0.1 ^b	162.1 ± 5.6 ^b
HG	54.7 ± 1.1 ^{cd}	59.3 ± 1.1 ^d	29.0 ± 0.4 ^a	12.5 ± 1.7 ^{ab}	2.4 ± 0.4 ^{ab}	149.0 ± 8.8 ^c
GG	65.2 ± 1.7 ^a	82.2 ± 2.5 ^a	29.9 ± 0.9 ^a	14.9 ± 0.2 ^a	2.8 ± 1.0 ^{ab}	171.3 ± 5.9 ^{ab}
CF	54.6 ± 1.8 ^{cd}	75.0 ± 2.4 ^b	24.0 ± 0.9 ^b	12.7 ± 0.3 ^{ab}	3.6 ± 0.7 ^a	175.0 ± 9.1 ^{ab}
NF	53.2 ± 1.4 ^d	60.2 ± 1.8 ^d	22.1 ± 0.5 ^c	8.8 ± 4.3 ^c	2.6 ± 0.7 ^{ab}	119.4 ± 6.5 ^d

Mean values ± SD from separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$).

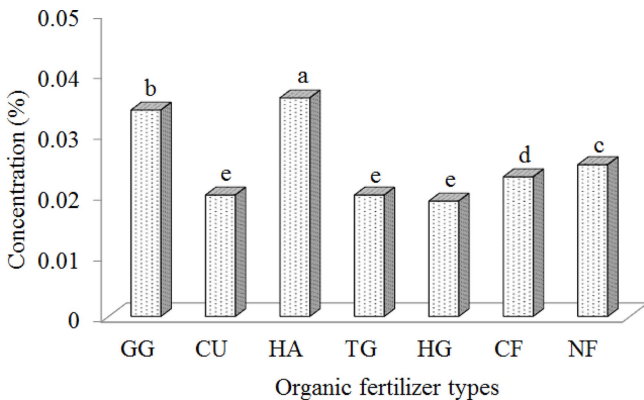


Fig. 1. Effects of organic fertilizer types on the atractylenolide I concentration of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi. Mean values from trip-licate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$).

함유박 (CU), 식물성유박 (TG)과 아주까리유박 (HG)의 사용은 관행시비 (CF)와 무시비 (NF) 대비 낮은 수준으로 조사되었다. 유기질 비료의 사용 시 수량이 가장 높은 것으로 나타난 혼합유기질 (HA) 시비는 유효성분의 함량도 높아 삼주 재배 시 사용에 적절한 것으로 보여진다. 수량이 관행시비와 같

은 수준으로 나타난 균배양체 (GG) 시비의 경우 유효성분의 함량이 관행대비 높게 나타났기 때문에 유기재배 시 함께 고려될 수 있을 것이다.

약용작물의 유기질 비료 사용에 관한 연구에서 황금, 패모, 작약, 쇠무릎, 맥문동재배에서 무기질 비료 보다 유기질 비료 사용에서 건근중 및 상품 수량이 11 - 34% 증수되는 경향을 보였다 (Chang *et al.*, 1990; Choi *et al.*, 1989; Chung *et al.*, 1993; Kim *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2007). 그리고 유기물 사용을 통해 지상부 생육과 지하부 성장량의 증대로 질소, 인산, 가리 등 무기 성분 함량과 뿌리의 약효성분이 높아져 뿌리 수량성과 품질을 향상시키는 것으로 보고하였다 (Chang *et al.*, 1990; Chung *et al.*, 1993; Kim *et al.*, 1997). 또한 뿌리를 약용으로 이용하는 약용작물인 도라지 재배 시 유기질 비료의 사용은 세근의 발달이 촉진되고 사포닌 함량이 높아져서 수확량과 약리효능이 증가된 결과가 보고된 바 있다 (Jeon *et al.*, 2016). 이상의 결과에서 각 작물 재배에 적합한 유기질 비료 사용은 지상부 및 지하부 성장을 유리하게 하여 수량과 유효 성분을 증가시킨다고 판단된다.

3. 삼주 기비용 유기질 비료 사용량 설정

유기재배 시 기비용 유기질비료의 사용량을 설정하기 위하

유기질비료 시용에 따른 삽주의 생육 및 성분

여 혼합유기질 단용처리와 혼합유기질과 균배양체 혼용처리를 정량 (1배), 1.5배와 2배로 각각 시비하여 성장특성, 수량과 함량변이를 조사하였다 (Table 5). 시용량 설정은 유기질 비료의 종류를 달리하여 시비하였을 때 수량과 유효성분의 함량이 높은 것으로 조사된 혼합유기질 (HA)을 단용 혹은 균배양체 (GG)와 혼용하여 사용하였다. 혼합유기질 단용 혹은 균배양체를 혼용하여 농도를 달리하여 시비하였을 때 지상부 건근중은 관행시비 및 무시비구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 혼합유기질을 2배로 시용 시 초장, 경경과 분지수가 유의적으로 높아지는 것을 확인하였으나, 지상부 건근중의 차이는 나타나지 않았다. 혼합유기질 단용처리시 시용량을 증대시켰을 때 초장이 증가하는 것을 확인하였다. 반면에 혼합유기질과 균배양체 병용처리시 시용량 증가와 초장간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 관행시비 대비 초장이 낮게 조사되었다.

혼합유기질을 단용하여 2배로 시용하였을 때 수량은 203 kg/10 a로 다른 시비구와 비교하여 가장 높은 것으로 조사되었다. 다음으로는 혼합유기질 정량과 1.5배 단용시비와 혼합유기질과 균배양체 혼용처리구 1.5배 시비구로 조사되었다 (Table 6). 혼합유기질 단용과 병용처리는 관행시비 대비 수량 증가가 조

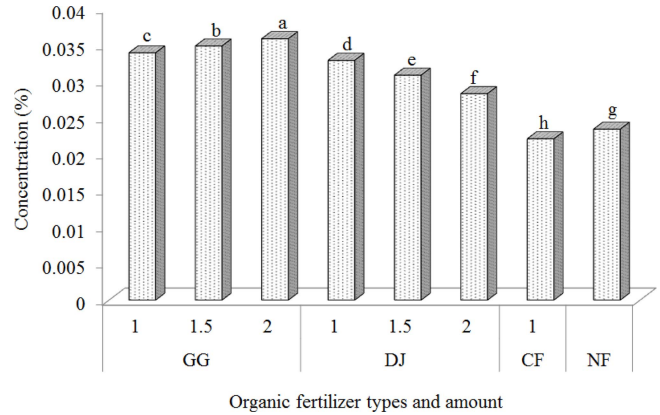


Fig. 2. Effects of amount of organic fertilizer on the root yield of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi. Mean values from triplicate separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT ($p < 0.05$).

사되었으나, 무시비 대비하여 혼합유기질과 균배양체를 병용하여 정량시비는 수량이 다소 낮은 것으로 조사되었다. 수량이 높게 나타난 혼합유기질 2배 시용 시 근장과 건근경중이

Table 5. Effect of amount of applied fertilizer on the aerial part of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi.

Type	Multiple	Height (cm)	Number of shoot	Diameter of shoot (mm)	Number of branching	Number of leaf	Dry weight (g)
HA	1.0	40.7 ± 2.2 ^{abc}	3.3 ± 1.5 ^a	10.4 ± 0.4 ^{ab}	7.1 ± 1.3 ^b	11.8 ± 1.2 ^a	21.1 ± 1.1 ^{a*}
	1.5	40.6 ± 1.0 ^{abc}	2.7 ± 0.9 ^a	9.2 ± 0.6 ^{bc}	6.1 ± 1.3 ^b	10.8 ± 2.1 ^a	23.8 ± 2.4 ^a
	2.0	42.9 ± 2.1 ^a	3.8 ± 1.6 ^a	11.3 ± 0.4 ^a	10.0 ± 2.1 ^a	11.6 ± 1.2 ^a	25.3 ± 4.4 ^a
HA + GG	1.0	40.4 ± 2.7 ^{abc}	2.4 ± 1.0 ^a	8.5 ± 0.2 ^c	10.2 ± 0.4 ^a	11.3 ± 0.5 ^a	17.2 ± 2.0 ^a
	1.5	41.1 ± 1.6 ^{abc}	3.0 ± 0.8 ^a	10.8 ± 1.7 ^{ab}	9.8 ± 0.7 ^a	10.8 ± 0.7 ^a	22.8 ± 4.3 ^a
	2.0	38.2 ± 1.3 ^{bc}	2.6 ± 1.6 ^a	9.8 ± 0.6 ^{abc}	9.7 ± 2.3 ^a	11.4 ± 1.5 ^a	18.7 ± 1.4 ^a
CF		41.4 ± 0.9 ^{ab}	3.3 ± 1.6 ^a	9.6 ± 1.7 ^{abc}	6.2 ± 0.4 ^b	11.2 ± 0.7 ^a	24.4 ± 6.8 ^a
NF		38.3 ± 0.9 ^c	2.9 ± 0.9 ^a	9.7 ± 0.6 ^{abc}	10.9 ± 1.3 ^a	12.0 ± 1.4 ^a	21.5 ± 8.1 ^a

Mean values ± SD from separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$).

Table 6. Effect of amount of applied fertilizer on roots of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi.

Type	Multiple	Diameter of root (mm)	Fresh weight of rhizome (g)	Fresh weight of rootlet (g)	Dry weight of rhizome (g)	Dry weight of rootlet (g)	Yield (kg/10 a)
HA	1.0	43.6 ± 5.7 ^{bc}	62.5 ± 2.3 ^b	4.7 ± 2.4 ^b	13.8 ± 0.7 ^b	1.3 ± 0.6 ^a	181 ± 8.8 ^{b*}
	1.5	48.4 ± 1.3 ^b	63.7 ± 0.7 ^b	5.7 ± 0.4 ^b	14.0 ± 0.4 ^b	1.9 ± 0.7 ^a	185 ± 4.0 ^b
	2.0	54.5 ± 3.0 ^a	79.3 ± 2.1 ^a	6.6 ± 2.1 ^a	15.4 ± 0.4 ^a	2.0 ± 0.9 ^a	203 ± 4.4 ^a
HA + GG	1.0	45.6 ± 2.7 ^b	55.7 ± 7.7 ^{cb}	4.4 ± 1.2 ^{cd}	12.1 ± 1.6 ^c	2.2 ± 0.8 ^a	162 ± 20.4 ^c
	1.5	45.7 ± 0.9 ^b	63.6 ± 2.4 ^b	6.1 ± 1.2 ^b	13.8 ± 0.6 ^b	2.1 ± 0.4 ^a	182 ± 6.7 ^b
	2.0	46.4 ± 0.6 ^b	60.0 ± 3.4 ^{bc}	5.4 ± 2.1 ^{bc}	13.2 ± 0.6 ^{bc}	1.9 ± 0.3 ^a	173 ± 6.7 ^{bc}
CF		46.5 ± 0.8 ^b	60.0 ± 2.6 ^{bc}	5.8 ± 2.6 ^{bc}	13.1 ± 0.5 ^{bc}	1.4 ± 0.2 ^a	172 ± 5.1 ^{bc}
NF		40.3 ± 2.0 ^c	49.7 ± 2.3 ^d	5.7 ± 1.2 ^d	10.1 ± 0.5 ^d	1.8 ± 0.5 ^a	134 ± 5.1 ^d

Mean values ± SD from separated experiments are shown. *Means within a column followed by the same letter are not significant based on the DMRT ($p < 0.05$).

Table 7. Physicochemical properties and chemical components of the soil by the organic fertilizer types.

Type	pH	EC (ds/m)	NO ₃ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K (cmol ⁺ /kg)	Mg (cmol ⁺ /kg)	Na (cmol ⁺ /kg)	Ca (cmol ⁺ /kg)	OM (g/kg)
CU	6.4 ± 0.0 ^c	1.4 ± 0.1 ^a	85.0 ± 2.1 ^a	441.6 ± 3.7 ^b	0.6 ± 0.0 ^b	2.7 ± 0.0 ^b	0.1 ± 0.0 ^a	6.7 ± 0.2 ^a	14.5 ± 0.3 ^b
HA	6.5 ± 0.0 ^b	1.0 ± 0.0 ^c	73.7 ± 0.9 ^b	417.1 ± 9.7 ^c	0.5 ± 0.0 ^c	2.4 ± 0.0 ^d	0.1 ± 0.0 ^b	5.6 ± 0.1 ^{cd}	15.6 ± 0.3 ^a
TG	6.4 ± 0.0 ^{bc}	0.6 ± 0.0 ^e	38.8 ± 1.1 ^e	410.9 ± 12.0 ^c	0.5 ± 0.0 ^d	2.6 ± 0.0 ^c	0.1 ± 0.0 ^{cd}	5.5 ± 0.0 ^{cd}	11.6 ± 0.2 ^e
HG	6.1 ± 0.0 ^d	0.8 ± 0.0 ^d	55.4 ± 1.0 ^c	405.0 ± 6.5 ^c	0.5 ± 0.0 ^c	2.9 ± 0.1 ^a	0.1 ± 0.0 ^{bc}	5.9 ± 0.1 ^b	13.8 ± 0.3 ^c
GC	7.1 ± 0.0 ^a	0.4 ± 0.1 ^f	10.4 ± 0.6 ^g	414.6 ± 1.1 ^c	0.5 ± 0.0 ^c	2.6 ± 0.0 ^c	0.1 ± 0.0 ^{bc}	5.7 ± 0.1 ^c	12.3 ± 0.2 ^d
CF	5.8 ± 0.0 ^d	1.1 ± 0.0 ^b	43.8 ± 0.6 ^d	675.6 ± 9.1 ^a	1.0 ± 0.0 ^a	2.0 ± 0.0 ^f	0.1 ± 0.0 ^d	5.2 ± 0.1 ^e	12.4 ± 0.2 ^d
NF	7.1 ± 0.1 ^a	0.4 ± 0.0 ^f	15.4 ± 1.1 ^f	370.6 ± 9.0 ^d	0.5 ± 0.0 ^c	2.1 ± 0.0 ^e	0.1 ± 0.0 ^{cd}	5.4 ± 0.2 ^d	11.7 ± 0.3 ^e

기질 비료의 시비는 근장, 건근경중과 수량을 증가시키는 것으로 조사되었다.

삽주의 주요 성분인 atractylenolide I의 함량은 수량이 가장 높게 조사된 혼합유기질 2배 시용처리구에서 가장 높은 함량을 나타내었다 (Fig. 2). 혼합유기질 단용시비 시 균배양체와 혼용에 비하여 높은 함량을 나타내었다. 단용 혹은 혼용처리 는 관행시비와 무시비구와 비교하였을 때 모두 함량이 높은 것으로 조사되었다.

4. 유기질 비료의 시용에 따른 토양의 이화학적 특성

유기질 비료의 종류를 달리하였을 때 토양의 이화학적 특성을 조사하였다 (Table 7). 유기질 비료를 시비하였을 때 생산량이 높은 것으로 조사된 혼합유기질 (HA)와 균배양체 (GC) 시용 시 토양 pH는 각각 6.5와 7.1로 나타났다. 균배양체 (GC) 시용 시에는 무처리구와 같은 수준인 pH 7.1로 조사되어 중성토양으로 조사되었다. 유기질 비료의 시용은 식물성유박 (TG)을 제외한 모든 시비처리구에서 유기물함량이 무시비구에 비하여 높은 것으로 조사되었다. 기존의 관행시비 (CF)는 유기질 비료에 비하여 칼륨과 인의 함량이 2배 정도 높게 시비되었으며, 이는 시비 후 토양의 치환성 인과 칼륨의 함량을 높이는 것으로 볼 수 있다. 다만 질산태질소의 경우 질산의 시비량과 시비 후 토양의 함량과의 연관관계는 나타나지 않았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ10109302016)의 지원에 의해 이루어진 것이므로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Chang SM, Park BY, Shin YB and Choi J. (1990). The application effects fertilizer on the root yield and quality of *Scutellaria Baicalensis* G. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 23:44-48.
 Cho JH, Kim YW, Park CG, Bang KH and Seong NS. (2001).

Occurrence of phytophthora root rot of *Atractylodes macrocephala* in field conditions. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 9:211-219.
 Choi IS, Song IK, Kim JH, Cho JT, Hong YK, Park SK and Park JK. (1989). Effect of organic fertilizers on growth and tuber yield in *Rehmannia glutinosa*. Research report of Chungbuk Agricultural Research and Extension Services. Cheongju, Korea. p.183-192.
 Chung GY and Kim MS. (2001). Anatomical study of *Atractylodes japonica* Koidz. ex Kitam. and *A. macrocephala* Koidz. Korean Journal of Plant Resources. 14:188-195.
 Chung SH, Kim KJ, Suh DH, Lee KS and Choi BS. (1993). Effect of organic fertilizers on growth and yield in *Paeonia lactiflora*. Research Report of Gyeongbuk Agricultural Research and Extension Services. Daegu, Korea. p.200-209.
 Ham SG, Lee JJ and Kim IS. (1993). Effect of application of organic fertilizer on the growth of Korean Lawngrass(*Zoysia matrella* L. Merr.). Weed and Turfgrass Science. 7:61-66.
 Jeon KS, Song KS, Yoon JH, Kim CH and Kim JJ. (2013). Effects of seed pretreatment and environment controls on germination of *Atractylodes japonica* seeds. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:394-400.
 Jeon SH, No IR, Kim YG and Cho YS. (2016). Effects of organic fertilizer application on growth and medicinal ingredients of *Platycodon grandiflorum* Radix. Korean Journal of Organic Agriculture. 24:511-524.
 Kim MS, Chung BJ, Park GC, Park TD, Kim SC and Shim JH. (1998). Effect of organic fertilizers on growth and yield of *Achyranthes japonica* N. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 6:131-136.
 Kim MS, Park GC, Chung BJ, Park TD, Kim HK, Kim HW, Park IJ, Kim CC and Sim JH. (1997). Effect of organic fertilizers application on root yield and saikosaponin contents in *Bupleurum falcatum* L. Korean Journal of Plant Research. 10:175-182.
 Kim SM, Lee CY, Kim YC, Choi IS, Min KK and Seong JD. (2007). Effects of organic fertilizers on growth and yield in *Liriope platyphylla* Wang et Tang. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:148-151.
 Kim SY, Kwon OH and Cho JH. (2004). Growth and yield by the different seeding methods and cultivating root weight in *Atractylodes macrocephala* Koidz. Korean Journal of Plant Resources. 17:183-188.

- Kim SY, Kwon OH, Cho JH and Lim JH.** (2001). Effects of flower removal on growth and content of essential oil in *Atractylodes macrocephala* Koidz. Korean Journal of Plant Resources. 14:152-156.
- Kuo S.** (1996). Methods of soil analysis. Part 3: Phosphorus. in Sparks DL. (ed.). SSSA book series No. 5. Soil Science Society of America. Fitchburg. WI, USA. p.869-919.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2015). The actual putout of special crops. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.12.
- Schollenberger CJ.** (1927). A rapid approximate method for determining soil organic matter. Soil Science. 24:65-68.
- Shibata K.** (1957). A cyclopedia of useful plants and plant products. The Hokuryukan Co., Ltd., Tokyo, Japan. p.54.
- Song KS, Jeon KS, Yoon JH, Kim CH, Park YB and Kim JJ.** (2014). Growth and root development characteristics of *Atractylodes japonica* seedlings by different relative light intensity. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:154-159.