Effect of Mixed Organic Fertilizer on Growth, Yield and Component Content of *Saururus chinensis* Baill in Paddy Field Cultivation

Young-Sang Kim^{1*}, Ki-Hyun Kim¹, Cheol-Ku Youn², Ik-Jei Kim², and Young-Ho Kim²¹Researcher, Chungbuk-do Agriculture and Extension Services, Cheongju 28139, Korea²Senior, Chungbuk-do Agriculture and Extension Services, Cheongju 28139, Korea

*Corresponding author: suanbo@korea.kr

ABSTRACT

Received: September 1, 2021

Revised: October 11, 2021

Accepted: October 15, 2021

ORCID

Young-Sang Kim

<https://orcid.org/0000-0002-1981-7454>

This study was conducted to examine the effect of mixed organic fertilizer (MOF) application on the growth, yield, soil chemistry change, and bio-active component of *Saururus chinensis* Baill in paddy cultivation under organic cultivation practice. *Saururus chinensis* Baill were cultivated with five levels of MOF application including 50% treatment based on the nitrogen content of the soil test fertilization recommendation. The plant length increased with the increased MOF application, and the fresh weight of the above-ground part was the highest in the 100% MOF treatment and the rhizome was the highest in the 125% MOF treatment. Among soil chemistry, pH was lowered, and available phosphorus increased as the MOF application rate increased. Phosphorus and potassium contents in the leaves increased with the MOF rate. The bio-active component (quercetin) in the leaves also increased proportionally with the MOF rate. In the rhizome, the content of quercitrin showed an opposite pattern to the above-ground part. The MOF for obtaining the highest yield of *Saururus chinensis* Baill were 100% MOF for the above-ground part and 150% MOF for the rhizome.

Keywords: Mixed organic fertilizer, Organic, Paddy, *Saururus chinensis* BaillYield of *Saururus chinensis* Baill as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	Wt. of fresh leaves (g m ⁻²)	Wt. of dry leaves (g m ⁻²)	Wt. of fresh rhizome (g m ⁻²)	Wt. of dry rhizome (g m ⁻²)
MOF [†] 50%	2,330 c [†]	370 b	4,530 c	770 c
MOF 75%	2,580 b	400 ab	4,900 bc	833 bc
MOF 100%	2,720 a	440 a	5,200 b	890 b
MOF 125%	2,640 ab	425 ab	5,780 a	985 a
MOF 150%	2,560 b	420 ab	5,300 ab	900 ab

[†] MOF: Mixed Organic Fertilizer.[†] Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

Introduction

삼백초 (삼백초, *Saururus chinensis* Baill)는 후추목 삼백초과에 속하는 다년생 초본으로 습지에서 잘 자라며 (Kim et al., 2019), 꽃이 필 무렵 윗부분 잎 2 - 3개가 백색을 띠고 뿌리와 꽃도 백색을 띠므로 삼백초라 일컬어 진다 (Meng et al., 2016).

삼백초의 주요 정유성분은 methyl-n-nonyl-ketone이며, 앞에는 quercetin quercetrin, isoquercetrin, avicularin, rutin 등이 함유되어 있고, 아미노산, 유기산, 당류 및 hydrolyzable tannin이 함유되어 있다. 이중 quercetin, quercetrin은 플라노보노이드의 일종으로 항균 및 항산화 효과를 나타내는 것으로 보고되며 (Kim et al., 2005; Shin et al., 2008) 줄기는 소종해독 (消腫解毒), 청열이수 (淸熱利水), 및 항암에 효과가 있으며, 뿌리는 화농성 유선염, 옹 (癰), 방노후의 요도통, 성인병, 고혈압 등에 효과가 있다고 알려져 있다 (Lee et al., 2002). 삼백초 재배에 관한 연구로는 파종시기와 재식밀도 (Nam et al., 2006b), 종근 사용방법 (Park et al., 1998), 월동피복재 효과 (Nam et al., 2005, 2006a), 삼백초의 생육특성 (Park et al., 1999), 3요소 시비적량 구명 (Kim et al., 2002) 등에 대한 연구가 수행되었으나 유기재배나 논 재배에 대한 연구는 전무한 실정이다.

최근 벼 재배면적은 779천 ha (2016)에서 711천 ha (2018)로 감소 추세이며, 국민 1인당 쌀 소비량은 1995년 106.5 kg에서 2015년 62.9 kg으로 감소하였다. 그러나 이상기후 등에 따라 쌀 부족 문제가 대두될 수 있고 국제 곡물가가 급등할 수 있으므로, 식량사정에 따라 논과 밭으로 탄력적으로 이용할 수 있는 논외 관리체계가 필요하다 (Han et al., 2017). 논을 밭으로 이용하면 입단형성, 지력 증진, 통기성 증가, 병충해 억제, 수량증대 효과 (Lim et al., 2014; Youn et al., 2015)가 있지만 밭 작물을 논에 재배할 때 논 토양 특성에 따른 배수조건, 토성 등과 파종시기 및 강우 등 여러 가지 요인으로 인해 습해 피해가 밭 재배에 비하여 높게 발생한다. 삼백초는 수분이 충분하고 토심이 깊은 곳에서 잘 자라는 특성이 있어 논에서 재배하기에 적합한 작물이다. 또한 최근에 건강관리와 면역력에 대한 이슈로 유기농업에 대한 관심이 더욱 높아지고 있는 실정이다. 대부분의 작물과 다르게 삼백초는 재배 중 병해충이 적어 유기농업으로 재배하기에 적합한 특용작물이다. 유박비료는 일반 가축분 퇴비보다 질소비료 성분이 높고, 완효적인 비료효과가 있어 (Moon et al., 2017) 유기농가에서 선호하고 있으나 과용시 부작용이 우려되므로 적량의 사용량을 설정하여야 한다.

이러한 점을 종합적으로 고려하여 본 연구에서는 삼백초 논 재배시 유기재배를 위한 적정 유박 사용량을 설정하고자 시험을 수행하였다.

Materials and Methods

삼백초 논 재배시 혼합유기질 비료 (이하 유박) 사용이 삼백초의 생육, 수량, 양분흡수 및 토양특성에 미치는 영향을 구명하기 위해 충청북도 청주시 청원구의 논 포장에서 시험을 수행하였다. 퇴비와 밑거름은 토양검정에 의한 농촌진흥청 삼백초 시비기준 ($N-P_2O_5-K_2O$ -퇴비 = 5.7-2.9-4.7-1,500 kg $10a^{-1}$)에 따라 혼합유박비료를 질소기준으로 환산하여 50, 75, 100, 125, 150%의 5수준으로 전량 기비로 처리하였고, P_2O_5 와 K_2O 의 과부족분에 대한 별도의 처리는 하지 않았으며 난괴법 3반복으로 수행하였다.

시험에 사용한 삼백초는 종근 직경이 1 cm (± 0.2) 정도의 근경을 5 cm 정도로 잘라서 사용하였으며, 재식거리를 휴폭 1 m, 주간 20 cm으로 4월 15일에 정식하고 벧짚으로 피복하여 관리하였다. 삼백초 지상부 생육은 생육이 균일한 지점에서 20주에 대하여 초장, 절간장, 절수, 생중 등을 조사하였고, 엽록소 값은 Chlorophyll Meter (SPAD 502,

Minolta Cameta Co., Ltd., Oskar, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 당함량은 당도계 (Atago, PAL-1, Japan)를 사용하여 측정하였다. 삼백초 지하부는 단위면적당 뿌리를 수확하여 물에 세척하여 물기를 제거하고 조사하였다. 삼백초의 수량은 수확한 잎과 뿌리를 물에 씻어 흙을 제거 후 벌크 건조기로 40°C로 건조시킨 후 자연 상태에서 1일 음건한 다음 측량 조사하였다. 그 외 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준 (RDA, 2003)에 준하였다.

토양 및 식물체분석 토양화학성 분석은 표토 0 - 20 cm 깊이의 토양을 Soil augar (1.5 inch, Eijkelkamp, Netherlands)를 이용하여 채취하였고, 음지에서 자연 건조시킨 후 2 mm 체를 통과한 토양을 시료로 사용하였으며, 국립농업과학원 토양 및 식물체 분석법 (NAAS, 2010)에 준하여 분석하였다. 토양의 pH와 EC는 시료와 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕한 후 pH는 pH meter (Radiometer M-92, Denmark)로 측정하였으며, 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 비색계 (Varian Carry 50, Australia)를 이용하여 측정하였다. 치환성 양이온 K, Ca, Mg는 1N ammonium acetate로 침출하여 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)로 분석하였으며, 토성은 Micropipette법으로 입경분포를 조사하여 미국농무성 (USDA)의 분류체계에 따라서 결정하였다 (Miller and Miller, 1987). 식물체중의 무기성분 분석을 위하여 삼백초 엽과 뿌리를 채취하여 증류수로 수세하여 70°C에서 48시간 건조 후 분쇄하여 시료로 이용하였다. 식물체는 H_2O_2 - H_2SO_4 로 습식 분해하여 인산은 Vanadate법, K, Ca, Mg는 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)로 분석하였으며, T-N는 열전도도검출기 (thermal conductivity detector, TCD)의 원리를 이용한 질소분석기 (Vario Max, German)를 이용하여 분석하였다. 혼합유박의 비료성분 분석은 농촌진흥청 비료관리법령 및 관련규정집 (RDA, 2009)에 따라 유기물함량, 질소, 인산, 칼리 함량을 분석하였다.

삼백초 약효성분 분석 삼백초의 약효성분인 quercetin, quercitrin을 추출하기 위하여 시료 (0.5 g)에 70% 메탄올 (5 mL)을 넣은 후 진탕추출기로 상온에서 12시간 추출하였다. 원심분리 후 상층액은 정성분석하기 위하여 UPLC-Q-TOF MS (Waters, Milford, MA, USA) 분석하였다. 14,000 RPM에서 5분간 원심분리한 후 상층액은 Acquity UPLC BEH C18 column (2.1 mm × 100 mm, 1.7 μ m; Waters, USA)에 주입하였으며 이동상은 0.1% formic acid를 함유하고 있는 물 (A)과 0.1% formic acid를 함유하고 있는 acetonitrile (B)로 flow rate는 0.35 mL min⁻¹이며 컬럼온도는 40°C이다. 컬럼을 통과하여 나온 eluents는 negative electrospray ionization (ESI)와 multiple reaction monitoring (MRM) mode를 갖고 있는 Q-TOF MS로 분석하였다. Q-TOF MS data의 scan range는 50 - 1,500 m/z⁻¹, scan time은 0.2 s, capillary와 sampling cone voltages는 3 kV와 20 V, desolvation flow rate는 900 L h⁻¹, desolvation 온도는 400°C, source 온도는 100°C이다. Leucine-enkephalin ([M-H]⁺ = 554.2615)는 lock mass를 위한 reference compound로 사용되었으며 10 s당 분석되었다. Quercetin과 quercitrin 분석을 위한 precursor ion와 product ion은 각각 m/z⁻¹ 447.09와 m/z⁻¹ 301이며 m/z⁻¹ 301.03와 m/z⁻¹ 151이며 MS/MS spectra는 collision energy ramp (10 to 30 eV), m/z⁻¹ 50 - 1,500 조건하에서 얻었다. m/z⁻¹, retention time, ion intensity를 포함하는 mass spectrometry data 프로세싱은 UNIFI software version 1.9.2.045 (waters)을 사용하여 진행하였으며 표준물질로 quercetin, quercitrin을 사용하였다.

통계처리 각 분석항목에 따른 실험결과는 EXCEL 프로그램을 이용하여 평균값을 산출하였고, 처리간의 유의성을 검정하기 위하여 SAS 프로그램 (SAS, ver 9.1, SAS Institute, USA, 1998)을 이용하여 단간의 다중검정을 하였다.

Results and Discussion

유기질 비료 및 토양 특성 시험에 사용한 유기질 비료는 혼합유박으로 피마자 60%, 채종유박 20%, 미강 15%, 골분 5% 입상형태의 비료로 시중에서 유통되는 비료를 구입하여 사용하였다. 각 성분별 함량은 유기물 70%, 질소 4.1%, 인 2.2%, 가리 1.3%를 나타내었으며, OM/N 율은 17.1% 이었다 (Table 1).

Table 1. Chemical components of mixed expeller cake fertilizer.

OM (%)	T-N (g kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (g kg ⁻¹)	K ₂ O (g kg ⁻¹)	CaO (g kg ⁻¹)	MgO (g kg ⁻¹)	OM/N (%)
70.0	41.1	22.1	12.5	7.6	3.1	17.1

시험 전 토양의 화학적 특성은 농촌진흥청의 작물별 비료사용처방 기준 (NAAS, 2017)에서 제시하는 삼백초 (*Saururus chinensis* Baill)의 적당한 토양에 비하여 pH, 토양유기물 함량, 치환성양이온 K⁺은 낮았고, 유효인산, 치환성양이온 Ca²⁺ 및 Mg²⁺는 적절한 범위에 있었다 (Table 2).

Table 2. Chemical properties of soil in the experimental field.

pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cation (cmol _c kg ⁻¹)		
				K	Ca	Mg
5.9	0.2	15	156	0.60	5.2	0.7

지상부 생육특성 삼백초 수확 전에 지상부의 초장, 줄기직경, 분지수 등을 조사한 결과를 Table 3에 나타내었다. 유박 100% 처리에서 초장은 83.5 cm으로 가장 컸으며, 줄기 직경은 9.2 mm으로 가장 두꺼웠다. 엽장은 유박 사용량이 많을수록 길어지는 경향을 보였으나 엽폭은 유박 50% 처리를 제외하고는 유박 사용량간에 유의적인 차이를 나타내지 않아 Kim et al. (2002)과 같은 결과를 보였다. 분지수는 유박 증시에서 많은 경향을 보였으며 Kim (1996)이 황금재배시 분지수는 증비에서 2.3 - 3.5개가 많았다고 한 결과와 비슷한 경향이였다. 엽색도는 38.8 - 40.7로 나타났지만, 유박 사용간에 통계적인 유의성은 나타나지 않았다.

Table 3. Growth parameters of *Saururus chinensis* Baill above ground parts as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	No. of branches (ea plant ⁻¹)	SPAD (value)
MOF [†] 50%	72.1 b [‡]	7.5 c	13.6 b	9.2 b	1.9 b	39.9 a
MOF 75%	77.0 ab	8.4 b	14.0 ab	9.5 a	2.2 ab	40.2 a
MOF 100%	83.5 a	9.2 a	14.8 a	9.7 a	2.6 a	40.6 a
MOF 125%	84.1 a	9.2 a	14.9 a	9.6 a	2.6 a	40.6 a
MOF 150%	83.4 a	8.9 ab	14.3 ab	9.6 a	2.5 a	40.3 a

[†]MOF: Mixed Organic Fertilizer.

[‡]Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

지하부 생육특성 Table 4는 삼백초 지하부의 생육 상황을 나타내었다. 근경수는 유박 사용량 150% 처리에서 7.8개로 가장 많았으며, 근경 굵기는 유박 사용량 125% 처리까지는 사용량이 많아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 근경길이는 57 - 64 cm 수준이었으며 유박 사용량간에 통계적인 유의성은 없었다.

Table 4. Growth parameters of *Saururus chinensis* Baill rhizome as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	No. of rhizome (ea plant ⁻¹)	Rhizome diameter (cm)	Rhizome length (cm)
MOF [†] 50%	6.5 c [‡]	1.2 b	57 a
MOF 75%	6.9 bc	1.4 ab	60 a
MOF 100%	7.2 b	1.7 a	62 a
MOF 125%	7.7 a	1.7 a	62 a
MOF 150%	7.8 a	1.5 ab	64 a

[†]MOF: Mixed Organic Fertilizer.

[‡]Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

지상부 및 지하부 종근 수량 삼백초의 지상부 수량을 Table 5에 나타내었다. 지상부 수량은 유박 100% 처리에서 가장 높았으며, 지하부의 수량은 유박 125% 처리에서 가장 높은 수량을 보여 지하부와 지상부의 최고 수량을 나타내는 유박 사용량은 다르게 나타났다. Lee et al. (1987)은 겨자무의 3요소 시험에서 뿌리의 건물비율이 인산과 칼리에 있어서는 일정한 경향이 없었으며, 질소에 있어서는 증시할수록 오히려 낮아지는 경향을 나타내었다고 보고하였고, Park et al. (1997)도 황금의 건근 비율이 무비구 > 소비구 > 증비구 순으로 높았다는 결과를 보고하였다. 본 연구에서는 유박 125% 처리에서 가장 높은 건근 수량을 보여 이들과는 다른 결과를 보였다. 작물의 시비량을 산출하기 위해서는 최고 수량보다 경제적이고 친환경적인 시비관리가 필요한데, 경제적 수준의 적정시비량은 경제적 이윤을 고려하여 최고 수량의 95%를 낼 수 있는 시비량이다 (Kwak et al., 2001). 유박 사용량에 따른 삼백초의 지상부와 지하부 수량을 고려해 볼 때 논 재배시 유박 100% 처리량 정도의 유박비료 사용 기준으로 활용해도 될 것으로 판단되었다.

Table 5. Yield of *Saururus chinensis* Baill as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	Wt. of fresh leaves (g m ⁻²)	Wt. of dry leaves (g m ⁻²)	Wt. of fresh rhizome (g m ⁻²)	Wt. of dry rhizome (g m ⁻²)
MOF [†] 50%	2,330 c [‡]	370 b	4,530 c	770 c
MOF 75%	2,580 b	400 ab	4,900 bc	833 bc
MOF 100%	2,720 a	440 a	5,200 b	890 b
MOF 125%	2,640 ab	425 ab	5,780 a	985 a
MOF 150%	2,560 b	420 ab	5,300 ab	900 ab

[†]MOF: Mixed Organic Fertilizer.

[‡]Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

식물체 무기성분 함량 Table 6은 수확한 삼백초 엽을 건조 후 분쇄하여 무기성분을 조사한 결과이다. 삼백초 엽중의 N 함량은 유박 사용량 125% 처리까지는 유박 사용량이 많을수록 증가하였으며 유박 사용량 150% 처리에서는

N 함량이 감소하여 과량을 시비할 경우 전량 흡수되는 게 아니고, 일부만 흡수 이용 되고, 나머지는 토양에 남겨나 휘산, 용탈, 탈질 등에 의해 손실된다는 보고 (Park, 2000)처럼 본 시험에서도 과량의 유박 사용이 식물체로의 흡수로 이행되지는 않았다. P_2O_5 와 K는 유박 150% 처리에서 가장 높았으며, 질소와 달리 유박 150% 처리에서도 높아져 어느 정도의 유박을 처리하면 흡수가 감소될지는 더 세밀한 연구가 필요할 것으로 판단되었다. CaO와 MgO는 유박 100% 처리 미만에서는 유박 사용량이 많을수록 증가하는 경향을 보였으나 그 이상의 유박 사용량에서는 차이를 나타내지 않았다.

Table 6. Selected nutrient contents in leaves of *Saururus chinensis* Baill as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	CaO (%)	MgO (%)
MOF [†] 50%	1.43 b [‡]	0.61 b	2.63 b	1.33 b	0.73 b
MOF 75%	1.42 b	0.61 b	2.65 b	1.36 ab	0.73 b
MOF 100%	1.48 ab	0.67 a	2.70 a	1.36 ab	0.79 a
MOF 125%	1.53 a	0.64 a	2.72 a	1.37 ab	0.82 a
MOF 150%	1.50 a	0.68 a	2.75 a	1.40 a	0.82 a

[†] MOF: Mixed Organic Fertilizer.

[‡] Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

삼백초 뿌리를 건조 후 분쇄하여 무기성분을 조사한 결과를 Table 7에 나타내었다. 삼백초 뿌리의 N, K_2O 함량은 유박 사용량이 많을수록 증가하였으며 P_2O_5 는 유박 사용량이 증가할수록 감소하는 경향을 보여 N과 K_2O 와는 반대의 양상을 보였다. CaO는 0.53 - 0.55% 및 MgO는 0.41 - 0.43% 수준으로 처리간에 차이를 나타내지 않았다.

Table 7. Selected nutrient contents in Rhizome of *Saururus chinensis* Baill as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	CaO (%)	MgO (%)
MOF [†] 50%	0.31 b [‡]	0.44 a	1.67 b	0.53 a	0.41 a
MOF 75%	0.33 ab	0.42 a	1.68 ab	0.54 a	0.41 a
MOF 100%	0.35 ab	0.39 ab	1.72 ab	0.55 a	0.43 a
MOF 125%	0.38 a	0.36 ab	1.83 a	0.53 a	0.42 a
MOF 150%	0.40 a	0.34 b	1.78 ab	0.54 a	0.42 a

[†] MOF: Mixed Organic Fertilizer.

[‡] Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

토양화학적 변화 유박 사용에 따른 토양화학적 변화를 검토하고자 삼백초 시험 후 토양화학적 성을 조사한 결과를 Table 8에 나타내었다. pH는 작물의 양분 흡수 뿐만 아니라 다양한 원소들의 이용성에 영향을 미치기 때문에 pH의 영향은 매우 광범위 하다 (Marschner, 1995; Walter et al., 2000). 유박을 사용한 후 유박 사용량이 증가함에 따라 토양 pH 낮아졌고 특히 유박 150% 처리에서 감소폭이 가장 컸으며 유박 50% 처리와 75% 처리는 감소폭이 낮았다.

Carren and Theobald (1995)는 유박 시용에 의해 무기화에 의해 생성된 암모니아태 질소가 시간이 경과함에 따라 아질산 및 질산태 질소로 전환됨에 따라 수소이온의 방출 및 유기산의 생성으로 pH가 낮아졌다고 보고하였다. 토양 전기전도도(EC)는 유박 시용량 증가에 의해 증가되는 경향을 보여 Cho (2005)의 결과와 같은 경향이였다. 이러한 결과로 보아 질소무기화가 진행함에 따라 토양 pH가 낮아졌으며 EC는 다소 증가하였다. 토양 유기물 함량과 인산 함량은 유박 시용량이 많아짐에 따라 증가하였으며, Cho (2005)는 과량의 유박시용은 인산축적을 야기할 수 있다고 보고하였다. 인산이 축적되면 활성철, 알루미늄, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe, Zn, Mn 등과 결합하여 난용성염을 형성하여 작물의 생육과 수량이 감소되고 염기흡수가 억제되어 생리장해가 발생 된다 (Dolfing et al., 1999; Pant and Warman, 2000). Ahn et al. (2015)은 삼백초 시비량 시험에서 시험 후 인산함량이 감소하였다고 보고하였는데 본 연구에서는 시험 후 인산함량이 높아졌다. 이러한 결과는 유박중에 함유된 인산에 의한 것으로 사료되었으며, 치환성 양이온 K^+ , Ca^{2+} 는 증가하였으나 Mg^{2+} 는 처리간에 차이가 없었다.

Table 8. Changes of soil chemical properties at harvesting stage of *Saururus chinensis* Baill as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cation (cmol _c kg ⁻¹)		
					K	Ca	Mg
MOF [†] 50%	5.7 a [‡]	0.22 c	21 b	165 b	0.57 b	4.5 b	0.7 a
MOF 75%	5.7 a	0.32 b	21 b	176 ab	0.60 b	5.0 ab	0.6 a
MOF 100%	5.5 ab	0.45 ab	26 ab	182 ab	0.65 ab	5.3 ab	0.7 a
MOF 125%	5.4 ab	0.54 ab	28 ab	193 ab	0.75 ab	5.4 a	0.7 a
MOF 150%	5.3 b	0.60 a	30 a	224 a	0.84 a	5.4 a	0.7 a

[†]MOF: Mixed Organic Fertilizer.

[‡]Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

잎 및 뿌리 중의 유효성분 함량 삼백초의 주요 약효성분인 flavonoid 화합물인 quercetin, quercitrin 성분량이 유박 시용량에 따라 영향을 받는지 조사하였다 (Table 9). 잎에서의 quercetin은 유박 125% 처리 까지는 유박 시용량이 많아짐에 따라 증가하는 경향을 보였고, 뿌리에서는 유박 시용량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. Lee et al. (2001)은 퇴비 시용량이 증가하면 생육이 좋아지고, quercetin, quercitrin, tannin 함량이 증가하다가 일정량 이상

Table 9. Concentrations of quercetin and quercitrin in leaves and rhizome of *Saururus chinensis* Baill as influenced by different amounts of mixed organic fertilizer.

Treatment	Quercetin (ug g ⁻¹)		Quercitrin (ug g ⁻¹)	
	Leaves	Rhizome	Leaves	Rhizome
MOF [†] 50%	9,227 c [‡]	0.645 a	3,018 ab	1.97 b
MOF 75%	9,663 bc	0.577 ab	2,991 b	2.36 ab
MOF 100%	13,265 ab	0.510 b	3,209 ab	2.20 ab
MOF 125%	13,807 a	0.356 bc	3,217 a	2.10 ab
MOF 150%	11,448 b	0.350 c	3,182 ab	2.62 a

[†]MOF: Mixed Organic Fertilizer.

[‡]Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

에서는 감소한다고 하였으며 Ahn et al. (2015)은 삼백초의 유효성분 함량을 높이기 위해서는 N 100 - 150% 처리에 퇴비를 혼합처리하면 효과가 높을 것이라 보고하였다. 삼백초의 quercitrin 함량은 잎과 뿌리에서 일정한 경향을 나타내지 않았으며 잎에서는 유박 100% 처리, 뿌리에서는 유박 150% 처리에서 가장 높았다.

Conclusions

본 시험은 삼백초 유기재배를 위한 논 재배시 유박 시용이 삼백초의 생육, 수량, 토양화학적 변화 및 삼백초의 유효성분에 미치는 영향을 검토하기 위해 수행하였다. 유박 사용량을 토양검정시비량의 질소함량을 기준으로 50% 처리 등 5수준을 두어 삼백초를 재배하였다. 삼백초 지상부 생체중은 유박 100% 처리에서 가장 높았으며 지하부 생체 수량은 유박 125% 처리에서 가장 높았다. 토양화학적 중 pH는 유박 사용량이 많아짐에 따라 낮아졌으며 유효인산은 증가하는 경향을 보였다. 삼백초 식물체 엽중 무기성분 함량은 P_2O_5 및 K_2O 는 유박 사용량이 많아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 삼백초 엽에서의 유효성분 quercetin은 유박 사용량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 뿌리에서는 감소하는 경향을 보였으나 quercitrin은 엽과 뿌리에서 일정한 경향을 나타내지 않았다. 삼백초 논 재배시 지상부 수량은 유박 사용량 100% 처리, 지하부 수량은 유박 사용량 125% 처리에서 각각 가장 높은 수량을 나타내었다.

Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 연구개발사업 「주요 약용작물 종자 보급체계 구축」 (Project No. PJ012642042021) 의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Ahn, B.K., S.M. Kim, J.Y. Kim, K.C. Kim, D.Y. Ko, C.K. Lee, S.S. Jeong, and J.H. Lee. 2015. Growth and medical constituents of *Saururus chinensis* Baill as affected by different amounts of nitrogen fertilizer application. Korean J. Medicinal Crop Sci. 23:277-283.
- Carren, R.A. and P.W. Theobald. 1995. Nitrogen cycle processes and acidification of soils in grazed pastures receiving or not receiving excreta for 23 years. Aust. J. Soil Res. 33:525-534.
- Cho, S.H. 2005. Nitrogen mineralization and chemical properties of the soils applied with oil cakes. p. 79. Degree of Doctor, Chungnam National University, Yuseong, Korea.
- Dolfing, J., W.J. Chardon, and J. Japenga. 1999. Association between colloidal iron, aluminum, phosphorus, and humic acids. Soil Sci. 164:171-179.
- Han, K.W., H.C. Cho, H.J. Cho, H.S. Lee, J.H. Ok, M.J. Seo, K.H. Jung, Y.S. Jang, and Y.H. Seo. 2017. Effects of alternative crops cultivation on soil physico-chemical characteristics and crop yield in paddy fields. Korean J. Environ. Agric. 36:67-72.
- Kim, I.J., M.J. Kim, S.Y. Nam, C.H. Lee, H.S. Kim, and S.I. Park. 2002. Determination on optimum levels of three major fertilizers for *Saururus chinensis* Baill. Korean J. Plant Res. 15:67-71.
- Kim, M.S. 1996. Effect of organic fertilizer applications on levels of efficacious constituents active ingredients desirable components in *Bupleurum falcatum* L. and *Scutellaria baicalensis* G. p. 18. Degree of Master, Chonnam National University, Gwangju, Korea.

- Kim, S.K., S.Y. Ban, J.S. Kim, and S.K. Chung. 2005. Change of antioxidant activity and antioxidant compounds in *Saururus chinensis* by extraction conditions. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 48:89-92.
- Kim, Y.S., K.H. Kim, C.G. Yun, I.J. Kim, and S.T. Hong. 2019. Root production and field application technology of *Saururus chinensis* Baill. p. 10. CBARES (Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services).
- Kwak, H.K., K.S. Seong, B.Y. Yeon, W.K. Oh, and S.J. Jung. 2001. Improvement of a nitrogen fertilizer recommendation model by introducing a concept of the Mitscherlich-Baule-Spillman equation. Korean J. Soil Sci. Fert. 34: 311-315.
- Lee, J.W., S.W. Kang, D.W. Ree, and B.H. Kim. 1987. Studies on horse-radish cultivation (*Cochlearia armoracia* L.). III. Studies in Optimum Level of N, P, K Fertilizer. KGARR 4:67-71.
- Lee, S.T., Y.H. Lee, Y.J. Choi, Y.H. Lee, J.S. Cho, and J.S. Heo. 2001. Yield and bioactive component on different compost amounts and cultural methods of *Saururus chinensis* Baill. Korean J. Med. Crop Sci. 9:220-224.
- Lee, Y.H., M.B. Kim, and D.S. Chung. 2002. Effect of extract *Agrimonsa pilosa* L. on biological activity in rats. Korean J. Med. Crop Sci. 10:167-170.
- Lim, J.S., K.C. Park, and J. Eo. 2014. Chemical and biological properties of soils converted from paddies and uplands to organic ginseng farming system in Sangju region. Korean J. Soil Sci. Fert. 47:500-505.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. second edition. p. 30-65. Academic Press, UK.
- Meng, X., I. Kim, Y.J. Jeong, Y.M. Cho, and S.C. Kang. 2016. Anti-inflammatory effects of *Saururus chinensis* aerial parts in murine macrophages via induction of heme oxygenase-1. Exp. Biol. Med. 241:396-408.
- Miller, W.P and D.M. Miller. 1987. A micro-pipette method for soil mechanical analysis. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18:1-15.
- Moon, Y.H., B.K. Ahn, J.G. Lee, G.J. Lee, K.W. Seo, D.Y. Ko, S.W. Choi, J.H. Kim, and I.Y. Choi. 2017. Effects on application time of mixed expeller cake fertilizer in organic farming soil and rice yield. Korean J. Org. Agric. 25:475-487.
- NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2010. Methods of soil chemical analysis. p. 23-176. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2017. Fertilization standard of crop plants. p. 211-245. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Nam, S.Y., I.J. Kim, M.J. Kim, C.H. Lee, T. Yun, S.G. Park, and W.Y. Lee. 2006a. Effects of covering materials to survival rate of rhizome and weeds occurrence in wintering of *Saururus chinensis* Baill. Korean. J. Weed Sci. 26:50-55.
- Nam, S.Y., I.J. Kim, M.J. Kim, C.H. Lee, T. Yun, S.G. Park, W.Y. Lee, and H.S. Kim. 2005. Effects of covering materials on prevention of freeze damage and labor saving in *Saururus chinensis* Baill during wintering. Korean. J. Med. Crop Sci. 13:287-292.
- Nam, S.Y., I.J. Kim, M.J. Kim, C.H. Lee, T. Yun, S.G. Park, W.Y. Lee, and S.K. Jong. 2006b. Change of productivity according to cultivation years and planting densities in *Saururus chinensis* Baill. Korean. J. Med. Crop Sci. 14:134-138.
- Pant, H.K. and P.R. Warman. 2000. Enzymatic hydrolysis of soil organic phosphorus by immobilized phosphatases. Biol. Fertil. Soils 30:306-311.
- Park, G.C., B.S. Kwon, and H.J. Park. 1997. Effect of fertilizer levels on dry root yield in *Scutellaria baicalensis* Georg cultivated after barley. Korean. J. Med. Crop Sci. 5:314-317.
- Park, J.H. 2000. Effect of nitrogen level on yield and quality of gyokuro tea. Korean J. Soil Sci. Fert. 33:160-166.
- Park, J.H., B.G. Park, M.J. Kim, S.G. Park, and J.H. Kim. 1998. Effects of tuber position and number of nodes on growth of *Saururus chinensis* Bail. Korean. J. Med. Crop Sci. 6:286-293.

- Park, J.H., B.G. Park, M.J. Kim, S.G. Park, C.H. Lee, and J.H. Kim. 1999. Study on growth characteristics of *Saururus chinensis* Baill. Korean. J. Plant Res. 12:120-124.
- RDA (Rural Development Administration). 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 2009. Fertilizer Management Act and related regulation book. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- SAS. 1998. SAS user's guide, statistics. version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Shin, H.H., M.J. Kang, H.Y. Cho, B.B. Kim, and E.K. Cho. 2008. Optimization of extraction conditions for *Houttuynia cordata* Thunb and *Saururus chinensis* Baill mixture by response surface methodology. Food Eng. Prog. 12:247-255.
- Walter, A., W.K. Silk, U. Schurr. 2000. Effect of soil pH on growth and cation deposition in the root tip of *Zea mays* L. J. Plant Growth Regul. 19:65-76.
- Youn, S.T., Y.J. Kim, I.H. Jeong, T.K. Han, J.B. Yu, M.H. Ye, Y.S. Cho, and H.W. Kang. 2015. Growth and yield characteristics of foxtail millet, proso millet, sorghum and rice in paddy-upland rotation. Korean J. Crop Sci. 60: 300-307.