

Influences of N, P₂O₅ and K₂O fertilizer application amounts on growth of *Houttuynia cordata* Thunb and soil properties

Byung-Koo Ahn^{1*}, Jin-Ho Jang¹, Do-Young Ko¹, Hyo-Jin Kim¹, Chang-Soo Kim¹, Jin-Ho Kim¹, Yee-Jin Lee²

¹Jeollabuk-Do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Korea

²National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: ahnbk61@korea.kr

Abstract

We conducted this study to determine the recommended application rate of fertilizer for *Houttuynia cordata* Thunb cultivation. The effects of various application levels of N, P₂O₅, and K₂O fertilizers on the growth of this plant were investigated and the associated changes in soil properties were evaluated in the field. Soil pH at harvest time of *Houttuynia cordata* Thunb did not differ from that before fertilization, whereas EC tended to decrease during cultivation. The soil organic matter (SOM) and available phosphorus increased after treatment, and the amount of applied fertilizer (P₂O₅) and available phosphorus were proportional. The nitrogen absorption amount increased in N 100% treatment, but decreased in N 150% treatment. The phosphorus absorption amount rose with the fertilizer treatment concentration until P₂O₅ 150% treatment. The amount of absorbed potassium decreased in treatments with K₂O 150% and K₂O 200%. The plant length was the longest in N 100%, P₂O₅ 150%, and K₂O 200%. The stem diameter was estimated to be 3.46 - 3.67 mm in N 100 - 200% treatment, 3.55 - 3.67 mm in P₂O₅ 100 - 150%, and 3.79 mm in K₂O 200%. The number of tillers did not differ amongst fertilization treatments. The fresh weight was summed to be 3.67 ton/10 a in N 100% treatment, 3.79 Mg/10 a in P₂O₅ 150%, and 3.83 Mg/10 a in K₂O 150%. Thus, the relationship between the fertilizer amount and yields of the plant showed that the most economical quantity of fertilizers should be 10.2 N kg/10 a, 5.5 P₂O₅ kg/10 a, and 8.2 K₂O kg/10 a for *Houttuynia Cordata* Thunb.

Keywords: fertilizer, *Houttuynia Cordata* Thunb, K₂O, N, P₂O₅, soil

Introduction

어성초(*Houttuynia Cordata* Thunb.)는 삼백초과에 속하는 다년생 약초로서 약모밀(藥貌密) 및 십약(十約), 집채(輯債), 중약초(中藥草) 등으로 불리며 예로부터 민간약초요법으로 널리 이용해 의약품, 건강식품, 주류, 화장품 등으로 폭넓게 이용되고, 여성의 피부미용에도 좋아 일본에서는 먹는 미용재로 알려지고 있다. 우리나라에서는 2000년대 초부터 어성초에 대한 효능



click for updates

OPEN ACCESS

Citation: Ahn BK, Jang JH, Ko DY, Kim HJ, Kim CS, Kim JH, Lee YJ 2017. Influences of N, P₂O₅ and K₂O fertilizer application amounts on growth of *Houttuynia cordata* Thunb and soil properties. Korean Journal of Agricultural Science 44:211-220.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170020>

Editor: Kee Woong Park, Chungnam National University, Korea

Received: March 25, 2017

Revised: April 17, 2017

Accepted: April 25, 2017

Copyright: © 2017 Korean Journal of Agricultural Science.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

연구가 점차 늘어나기 시작하였고, 다양한 분야에 활용하려고 노력하고 있다. 주로 건강식품, 화장품 등에 활용하고, 미용재로는 어성초 비누, 어성초 유액, 어성초 화장수, 어성초 연고 등으로 시판되고 있다.

어성초는 4월경에 싹이 트고 6-7월경 꽃이 피며, 가을에 지상부가 말라 죽더라도 뿌리는 계속 성장하며, 뿌리가 잘리더라도 잘린 부분에서 싹이 나서 계속 번식을 할 정도로 생명력이 강하다. 잎 전체가 lauryl aldehyde 및 decanoyl acetaldehyde 때문에 특이한 냄새가 나고, 뿌리는 백색으로 원주형을 이루며, 잎은 어긋나고 엽병이 있는 심장형으로 길이는 4 - 8 cm, 폭은 4 - 6 cm 정도이다. 꽃은 양성으로 옅은 황색이며 화경이 있다(Katsura and Yamagishi, 1983).

어성초의 꽃, 잎, 과실 등에 함유 되어 있는 quercetin과 quercitrin은 flavonoid의 일종으로 flavonol 계통에 속하는 물질이고(Formica and Regelson, 1995), quercetin은 과산화지질 형성 억제작용, 항바이러스, 항균효과, 항돌연변이 작용과 발암성 물질의 활성감소, 변이 암세포의 생육저해, 혈압강하 및 모세혈관 강화작용 등이 있는 것으로 알려져 있다. 또한 quercitrin도 항염증 및 항산화효과가 있는 것으로 알려져 있다. Phenol기를 다량 함유하고 있는 tannin은 고혈압과 동맥경화 억제작용과 혈청지질 개선 및 과산화지질 생성을 억제하여 비만 방지효과, 중금속 해독작용 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2002).

우리나라에서도 다양한 연구를 바탕으로 효능에 대한 입증이 이루어지고 있으며, 기능성 식품으로 전망이 기대되고 있다(Choi et al., 1998; Jeong et al., 2010). 또한 재배면적이 2010년에는 약 27 ha에서 2012년 35 ha까지 2년 동안 약 30%이상 증가하였다. 실제로는 이보다 많은 면적에서 재배되고 있으며 앞으로도 계속 늘어날 것으로 기대되고 있지만 이에 따른 재배법에 관한 연구가 많이 부족한 실정이다.

현재 우리나라는 115가지 작물에 대하여 시비 추천을 하고 있으며 이를 바탕으로 많은 농가가 경제적인 농산물 생산을 위한 활용지표로 사용하고 있다. 그러나 재배면적이 적은 소면적 작물에 대해서는 시비기준이 설정되어 있지 않아 친환경 및 GAP 인증 신청농가에게 어려움이 있다. 또한 어성초 재배시 균형된 시비가 이루어지지 않아 다량 시비에 의한 경제적인 손실과 작물의 생육장애를 가중시키고 있으며, 토양환경의 악화로 인한 수질 오염 및 자연생태계의 변화 등이 현안 문제로 대두되고 있다. 적정 시비기준은 환경보전과 고품질 안전농산물을 생산하는 기준이 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 어성초 재배를 위한 적정 시비기준을 마련하기 위해 비료 3요소가 어성초 생육과 토양특성에 미치는 영향을 규명하여, 어성초 재배를 위한 기준을 마련하고자 수행하였다.

Materials and Methods

시험구 및 처리방법

시험에 사용한 어성초(*Houttuynia Cordata* Thunb)는 전북농업기술원 약용자원연구소에서 재배하고 있는 재래종을 전북 익산시 신흥동 전북농업기술원 포장에 30 × 15 cm 간격으로 2015년 4월 24일 종근을 3절씩 잘라 파종하였다.

비료 시비량은 농가관행으로 사용하고 있는 N - P₂O₅ - K₂O = 70 - 30 - 60 kg/ha을 기준량으로 하였다. N, P₂O₅, K₂O 처리구는 각각 농가관행 시비량의 0 (0%), 0.5 (50%), 1.0 (100%), 1.5 (150%), 2.0배(200%) 수준으로 처리하였다. 또한 N, P₂O₅, K₂O를 처리하지 않은 무처리(control) 등 총 16처리를 두었다. 시비방법은 N의 경우 요소, P₂O₅은 용성인비, K₂O는 염화칼리를 처리량에 따라 정식 전에 전량 밀거름으로 시비하였다. 사용한 비료는 단일 성분을 공급할 수 있는 제품을 선택하였다. 각 처리구 면적은 20 m²였고, 3반복 난괴법으로 배치하였으며, 재배관리는 농가관행에 준하여 실시하였다.

생육조사 및 토양분석

어성초 생육과 수량조사는 정식 후 30, 60, 90일에 지상부를 채취하여 전체 초장과 생체중을 조사하고, 아래쪽에서 위쪽으로 1 cm 높이에서 직경을 조사하였으며, 건조 후 건물중을 조사하고 분쇄하여 무기성분 분석에 사용하였다. 토양은 시험전과 수확기에 auger를 이용하여 처리구별로 채취하여, 실험실에서 풍건하고 2 mm체를 통과한 것을 국립농업과학원의 토양화학분석법(NAAS, 2010)과 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 따라 다음과 같이 분석하였다. 즉, 토성은 micro pipette법으로 입자밀도를 조사하고, 판정은 미국농무부 분류기준을 따랐다(Gee and Bauder, 1986). 토양 pH와 EC는 풍건토양과 증류수를 1 : 5 (w/v)로 혼합하고 30분 진탕 후 pH meter (Orion3 star, Thermo Scientific, Singapore)와 EC meter (ORION STAR A212, Thermo Sicientific, Singapore)로 각각 측정하였다. 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺)은 1 N CH₃COONH₄ (pH 7.0)으로 치환 추출하여 원자흡광분광광도계(Atomic absorption spectrophotometer, Avanta PM, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Victoria, Australia)를 이용하여 분석하였고 총질소는 CNS 원소분석기(Vario MAX CNS, Elementar Analysensysteme GmbH, Germany)을 사용하여 분석하였다.

식물체 무기성분 분석

식물체 시료는 생육과 수량조사를 실시한 후에 증류수로 세척 후 65°C에서 48시간 건조 후 분쇄기(Pulverisette 5, Fritsch GmbH, Germany)로 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 전처리하는 시료 1 g을 250 mL tall beaker에 칭량하고 HNO₃ 25 mL를 넣은 다음 시계접시를 덮고 12시간 방치한 후 가열판에서 200°C로 1시간 동안 가열 분해하고, 30% H₂O₂ 0.5 mL를 용액이 맑아질 때까지 3 - 5회 반복 처리하였다. 맑아진 용액은 시계접시를 제거한 후 80°C로 가열하였다. 0.1 M HNO₃ 용액을 사용하여 여과(Adventec No. 6)하고 최종 50 mL로 정용한 후, 인산은 ammonium vanadate법에 의한 비색정량, K, Ca, Mg는 원자흡광분광광도계(Atomic absorption spectrophotometer, GBC Avanta PM, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Victoria, Australia)을 이용하여 분석하였고, 탄소와 질소 함량은 CNS 원소분석기(Vario MAX CNS, Elementar Analysensysteme GmbH, Germany)을 사용하여 분석하였다.

통계분석

조사한 자료의 통계분석은 SPSS 19.0K (Statistical Package for the Social Science, SPSSKorea, Seoul, Korea)를 사용하여 실시하였다.

Results and Discussion

토양화학성 변화

어성초 재배시험 포장의 토성은 모래 50.8%, 미사 27.0%, 점토 22.2%인 양토였고, 시험재배전 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다. 시험전 토양의 pH와 치환성 Ca은 농촌진흥청에 제시한 약용작물 적정범위 보다 높았고, 유기물함량과 치환성 K은 낮은 수준이었다.

Table 2. Chemical properties of soils in the *Houttuynia cordata* Thunb cultivation field before the application of fertilizer in 2016.

Fertilizer levels (%)	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol _c /kg)				T - N (%)	
					K	Ca	Mg	Na		
Control	6.6	0.40	18	268	0.38	5.5	1.4	0.05	0.08	
N	0	6.7a ^z	0.34a	22a	268a	0.27b	5.1a	1.2a	0.03a	0.08a
	50	6.8a	0.37a	24a	261a	0.28b	5.8a	1.3a	0.05a	0.08a
	100	6.5a	0.38a	23a	232a	0.41a	5.2a	1.4a	0.05a	0.09a
	150	6.8a	0.34a	26a	264a	0.39a	5.5a	1.4a	0.05a	0.08a
	200	6.8a	0.45a	25a	251a	0.34a	5.3a	1.3a	0.05a	0.09a
P ₂ O ₅	0	6.4a	0.34a	22a	221a	0.28b	4.7a	1.3a	0.05a	0.08a
	50	6.3a	0.36a	21a	228a	0.38a	5.1a	1.4a	0.04a	0.08a
	100	6.5a	0.38a	23a	232a	0.41a	5.2a	1.4a	0.05a	0.09a
	150	6.6a	0.31a	20a	247a	0.23b	4.4a	1.3a	0.04a	0.08a
	200	6.5a	0.36a	21a	211a	0.36a	5.4a	1.4a	0.03a	0.08a
K ₂ O	0	6.5a	0.27a	18a	278a	0.22b	4.4a	1.3a	0.03a	0.09a
	50	6.6a	0.36a	19a	212a	0.34a	4.7a	1.4a	0.02a	0.08a
	100	6.5a	0.38a	23a	232a	0.41a	5.2a	1.4a	0.05a	0.09a
	150	6.6a	0.36a	20a	264a	0.39a	5.0a	1.3a	0.02a	0.08a
	200	6.2a	0.35a	20a	227a	0.38a	4.6a	1.3a	0.02a	0.08a

^zNumbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

Table 1. Chemical properties of soil in the experimental field before transplanting *Houttuynia cordata* Thunb.

Item	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol _c /kg)				T - N (%)
					K	Ca	Mg	Na	
Before planting	6.8	0.63	18	197	0.21	6.3	1.4	0.06	0.06
Optimal range ^z	6.0 - 6.5	2 >	2 - 3	150 - 250	0.50 - 0.60	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0	-	-

^zOptimal range of medicinal plant.

본 시험은 다년생 작물인 어성초 재배 1년차(2015)에 N, P₂O₅, K₂O를 재료 및 방법에 따라 처리한 후 재배하고 수확한 다음 2년차(2016)에 같은 처리구에 N, P₂O₅, K₂O를 처리농도에 따라 4월 2일에 전량 밑거름으로 시비하고 조사한 내용이다. 이때 N, P₂O₅, K₂O를 시비하기 전에 처리구별로 토양을 채취하여 조사한 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 치환성 K를 제외하고 N, P₂O₅, K₂O 처리량 간에 차이가 없었다. 토양 pH는 6.2 - 6.8이었고, EC는 0.27 - 0.45 dS/m, 유기물함량 18 - 26 g/kg, 유효인산은 211 - 278 mg/kg의 분포를 보였다. 치환성 K은 N 처리구에서는 차이가 없었지만, P₂O₅ 처리구는 0과 150% 처리구, K₂O는 0% 처리구에서 낮은 것으로 나타났다. 치환성 Ca과 Mg, T - N함량은 처리구 간에 차이가 없었다.

어성초를 90일간 재배하고 최종 수확하면서 조사한 토양 화학성은 Table 3과 같다. 최종 수확기 토양 pH는 대부분 증가하였는데, 이는 치환성 K과 Na의 증가와 인산질비료로 용성인비를 사용한 결과로 보인다. 토양EC가 시비 전에 비해 대부분 감소한 것은 토양 중 양분이 식물에 흡수되어 감소된 것으로 판단되지만, 처리간에 통계적인 유의성은 없었다.

유기물함량은 시비전에 비하여 모든 처리구에서 증가하였고, 특히 N 150% 처리구에서 가장 많았다. 유기물을 별도로 투입하지 않았지만, 근권 발달에 따라 잔뿌리가 많아져 토양 채취시 뿌리가 토양으로 유입되어 유기물함량을 증가시켰을 것으로 판단된다.

Table 3. Changes in soil chemical properties at harvesting stage of *Houttuynia cordata* Thunb as influenced by different amounts of N, P₂O₅, and K₂O applications.

Fertilizer levels (%)	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cation (cmol _c /kg)				T - N (%)	
					K	Ca	Mg	Na		
Control	6.7	0.18	19	254	0.26	4.5	1.1	0.09	0.07	
N	0	7.0a ^z	0.19a	21ab	265b	0.45b	4.7a	1.2a	0.09a	0.09b
	50	7.1a	0.18a	19b	267b	0.50ab	4.7a	1.1a	0.09a	0.09b
	100	6.9ab	0.23a	21ab	306a	0.58a	4.6a	1.3a	0.09a	0.11a
	150	7.0a	0.21a	24a	301ab	0.54a	4.8a	1.1a	0.09a	0.10a
	200	6.8b	0.33a	22ab	294ab	0.55a	3.6a	1.1a	0.10a	0.12a
P ₂ O ₅	0	6.7a	0.16ab	22a	241c	0.56bc	3.9a	0.9a	0.11a	0.08b
	50	6.9a	0.18ab	22a	270bc	0.50c	4.1a	1.3a	0.10a	0.09b
	100	6.9a	0.23a	21a	306a	0.58bc	4.6a	1.3a	0.09a	0.11a
	150	6.8a	0.15b	21a	310a	0.62ab	4.3a	1.1a	0.10a	0.10ab
	200	6.9a	0.21ab	20a	324a	0.65a	4.7a	1.4a	0.10a	0.11a
K ₂ O	0	6.6a	0.15b	18b	277a	0.29d	4.0a	1.1a	0.10a	0.07c
	50	6.9a	0.18b	20ab	289a	0.40cd	4.4a	1.4a	0.08a	0.10ab
	100	6.9a	0.23ab	21ab	306a	0.58bc	4.6a	1.3a	0.09a	0.11ab
	150	6.8a	0.29a	19b	293a	0.70ab	4.2a	1.2a	0.09a	0.11a
	200	6.8a	0.18b	23a	311a	0.82a	3.7a	1.1a	0.09a	0.08bc

^zNumbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

수확기 토양중 유효인산은 시비전에 비해 모든 처리구에서 증가하였다. N 100% 처리구에서 가장 높았고, 0과 50% 처리구에서 가장 낮았다. 시비전에 비해 유효인산 함량이 증가한 것은 토양 pH가 증가하면서 토양중 인산형태가 가용성 형태로 전환된 것으로 판단된다(Tan, 2011). 치환성 Ca과 Mg은 정식전 보다 감소하였지만, 통계적인 유의성은 없었다. 치환성 K과 Na은 정식전보다 증가하였고, K의 경우 N 0% 처리구를 제외하고 모두 같은 수준을 보였고, Na은 처리량에 따라 차이가 없었다. 수확기 토양 중 T - N은 N 100% 이상 처리구에서 0.10 - 0.12% 수준으로 50% 이하 처리와 차이가 있었다.

P₂O₅ 시비량에 따른 토양 pH는 시비 전에 비해 증가하였지만, P₂O₅ 시비량에 따라 변화는 없었다. EC는 N 처리구와 마찬가지로 시비전에 비해 절반 정도 감소했고, P₂O₅ 150% 처리구에서 가장 많이 감소하였다. 토양 유기물 함량은 정식전에 비해 증가하였고, 무처리구를 제외하고 P₂O₅ 처리량에 따른 차이는 없었다. 유효인산은 시비전에 비해 모든 처리구에서 증가하였고, P₂O₅ 처리량과 비례관계를 보였지만, 100% 이상 처리구에서 통계적인 유의성은 없었다. 치환성 K과 Na은 대조구를 제외하고 모든 처리구에서 시비전보다 증가하였고, 치환성 Ca과 Mg은 모든 처리구에서 감소하였다. 토양 중 T - N은 N 처리구와 마찬가지로 P₂O₅ 100 - 200% 처리구가 높았다.

K₂O 시비량에 따라 토양 pH는 시비전과 차이가 없었고, EC는 모든 처리구가 비료 살포전보다 감소하였으며, 특히 K₂O 50% 처리구의 감소폭이 가장 컸다. 수확기 토양유기물 함량은 시비전보다 K₂O 0% 처리구는 1 g/kg 감소하였고, K₂O 200% 처리구는 4 g/kg 증가하였다. 토양중 유효인산은 시비전에 비해 처리구에 따라 29 - 84 mg/kg 증가하였다. 치환성 K은 K₂O 처리량과 비례관계를 보였고, 치환성 Ca과 Mg은 시비전보다 감소하였고, Na은 증가하였다. T - N은 K₂O 0과 200% 처리구를 제외하고 시비전보다 증가하였다.

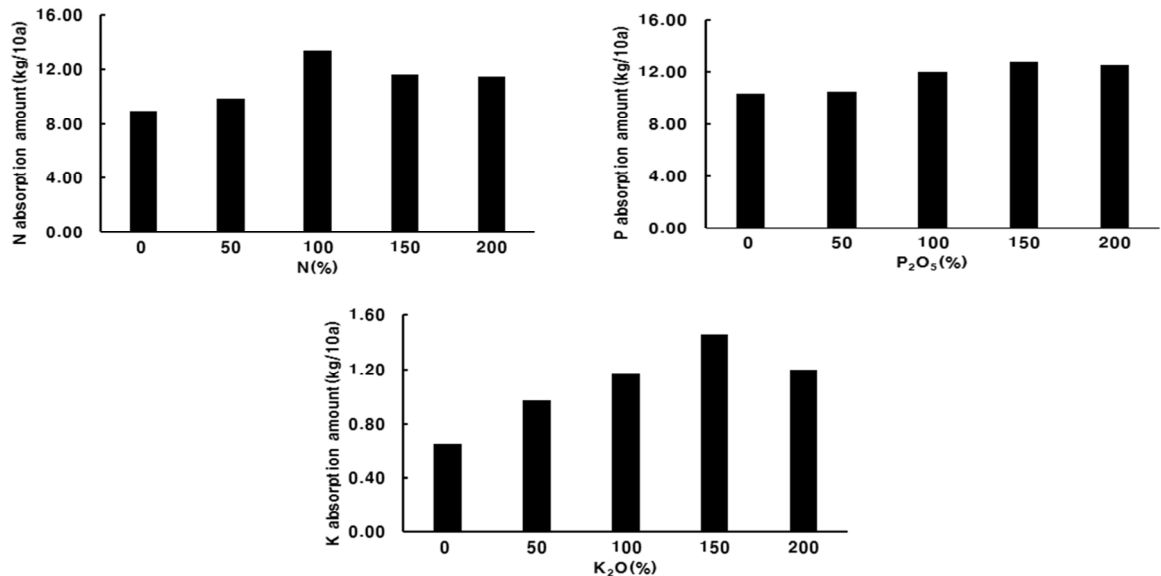
여성초 지상부 성분 함량

N, P₂O₅, K₂O 시비량에 따른 여성초 지상부의 성분 변화는 Table 4와 같다. 탄소(C) 함량은 무처리구에 비해 모

Table 4. Selected nutrient contents of *Houttuynia cordata* Thunb as affected by different amount of N, P₂O₅, and K₂O applications.

Fertilization levels (%)		C	N	P	K	Ca	Mg	S
		%						
Control		43.7	1.31	0.87	2.49	0.66	0.05	0.11
N	0	44.1ab ^z	1.30b	0.64a	4.02b	0.54a	0.04a	0.13a
	50	44.6a	1.47ab	0.71a	4.76a	0.89a	0.04a	0.10a
	100	44.9a	1.67a	0.71a	5.43a	0.62a	0.05a	0.11a
	150	44.4ab	1.77a	0.64a	3.83b	0.60a	0.04a	0.11a
	200	44.3ab	1.49ab	0.78a	4.09ab	0.57a	0.05a	0.11a
P ₂ O ₅	0	43.2b	1.30a	0.65b	4.60b	0.50b	0.04b	0.10a
	50	43.7b	1.39a	0.70ab	4.49b	0.58ab	0.04ab	0.09a
	100	44.9a	1.67a	0.71ab	5.43a	0.62a	0.05ab	0.11a
	150	45.6a	1.41a	0.83a	4.22c	0.50b	0.05ab	0.11a
	200	43.5b	1.31a	0.75ab	4.57b	0.60ab	0.06a	0.11a
K ₂ O	0	43.8b	1.62a	0.64a	2.60c	0.59ab	0.05a	0.11a
	50	45.3a	1.48a	0.68a	3.72b	0.56ab	0.05a	0.11a
	100	44.9a	1.67a	0.71a	5.43a	0.65a	0.05a	0.11a
	150	44.5ab	1.60a	0.67a	5.23a	0.49b	0.04a	0.11a
	200	44.0b	1.60a	0.59a	4.82ab	0.50b	0.04a	0.11a

^zNumbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, $p < 0.05$).

**Fig. 1.** The absorption of N, P, and K by the stem and leaf of *Houttuynia cordata* Thunb as affected by the applications of different N, P₂O₅, and K₂O levels.

두 증가하였고, N과 K₂O의 경우 50 - 100% 처리구, P₂O₅의 경우 100 - 150% 처리구에서 가장 높았다. N 함량은 N 200% 처리구를 제외하고 처리량에 따라 증가하였다. 이는 과다 시비할 경우 전량 흡수 되는게 아니고, 일부만 흡수 이용되고, 나머지는 토양에 남겨나 휘산, 용탈, 탈질 등에 의해 손실된다는 보고(Park, 2000)처럼 본 시험에서도 과도한 시비가 행해지면 함량이 감소하는데 Fig. 1의 비료 이용량을 조사한 결과에서도 확인할 수 있었다. N 100%

수준까지는 흡수량이 증가하였지만 150% 이상에서는 감소하였다. P는 N과 K₂O 처리구에서는 통계적인 유의성은 없었지만, P₂O₅ 처리구의 경우 처리량에 따라 증가하였고, 200% 처리에서는 감소하였다. 이와 같은 결과는 P₂O₅ 처리에 따른 비료 흡수량 조사에서 N 흡수량은 100 - 150% 처리구에서 13.4 kg/10 a 수준을 보이다가 200% 처리구에서 감소하였고(데이터 미제시), P흡수량은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 P₂O₅ 150% 수준까지 증가하고 그 이상의 처리구에서 감소한 것을 확인할 수 있었다. K 함량은 N의 경우 50과 100% 처리구, P₂O₅ 100%, K₂O 100과 150% 처리구에서 높았고, 이 보다 처리량이 많아지면 감소하였다. K 이용량은 K₂O 100% 이상 처리시 감소하는 것으로 나타났다. Ca 함량은 N 처리구에서는 차이가 없었지만, P₂O₅과 K₂O 처리구에서는 100% 수준으로 처리했을 때 가장 높았고, Mg과 S은 시비량에 따라 거의 차이가 없었다. 어성초에 함유되어 있는 무기성분들은 N, P₂O₅, K₂O의 각각 시비량보다는 이들의 시비비율에 의해 영향(Ahn et al., 2015)이 클 것으로 판단된다.

한편 조사한 무기성분 가운데 K 함량이 2.49 - 5.43%로 가장 많았고, Mg 함량이 가장 낮았다. 지역이 다른 곳에서 재배한 어성초의 무기성분을 조사한 Cho et al. (2000)의 연구에서도 K > Ca > P > Mg 순으로 검출되었고, Hwang et al. (1997)과 Kim et al. (1997)의 연구에서도 같은 결과를 보였다.

생육 및 수량

어성초를 수확하면서 조사한 N, P₂O₅, K₂O 처리량에 따른 생육과 수량 특성은 Table 5와 같다. N 처리량에 따라 초장은 31.4 - 49.1 cm 수준이었으며, N 0과 50% 처리구에서 가장 작았고, N 100% 처리구에서 가장 컸으며, N 150과 200% 처리구가 중간 크기를 보였다. 처리구별로 조사한 줄기직경은 N 0%를 제외하고 모두 같은 수준을 보였고, 분얼수는 N 처리량에 따른 통계적인 유의성은 없었다. 지상부의 생체중과 건물중은 N 100% 까지는 비례관계를 나타냈지만, 100% 이상에서는 감소하는 경향을 보여 수량점감의 법칙 이론을 확인할 수 있었다. Kang (2003)과 Jo et al. (2002)의 연구에서도 질소 농도가 어느 정도 한계를 넘으면 성장이 둔화되는 결과를 보여주었다.

Table 5. Parameters to evaluate *Houttuynia cordata* Thunb productivity as affected by different amounts of N, P₂O₅, and K₂O applications.

Fertilization levels (%)	Plant length (cm)	Stem diameter (mm)	No of tillers (1,000 EA/10 a)	Fresh weight (ton/10 a)	Dry weight (kg/10 a)	
Control	30.3	2.97	408.9	2.01	581.5	
N	0	31.4c ^z	3.18b	424.8a	2.02c	584.8b
	50	31.5c	3.56a	446.3a	2.17bc	632.7b
	100	49.1a	3.67a	536.4a	3.67a	798.8a
	150	34.2b	3.63a	547.9a	2.93abc	720.5ab
	200	34.7b	3.46a	567.9a	3.22ab	718.3ab
P ₂ O ₅	0	43.0c	3.12b	430.4a	3.07b	700.5b
	50	43.2c	3.19b	441.5a	3.15b	704.5b
	100	49.1b	3.67a	526.4a	3.67ab	798.8ab
	150	58.9a	3.55a	549.6a	3.79a	824.4a
	200	45.1c	3.31b	537.1a	3.72ab	776.6ab
K ₂ O	0	39.3d	3.16c	478.2a	3.24b	767.2a
	50	45.1d	3.50b	484.7a	3.39b	774.3a
	100	49.1c	3.67b	526.4a	3.67ab	798.8a
	150	54.5b	3.56b	536.4a	3.81a	814.2a
	200	57.9a	3.79a	445.5a	3.69ab	786.9a

^zNumbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, p < 0.05).

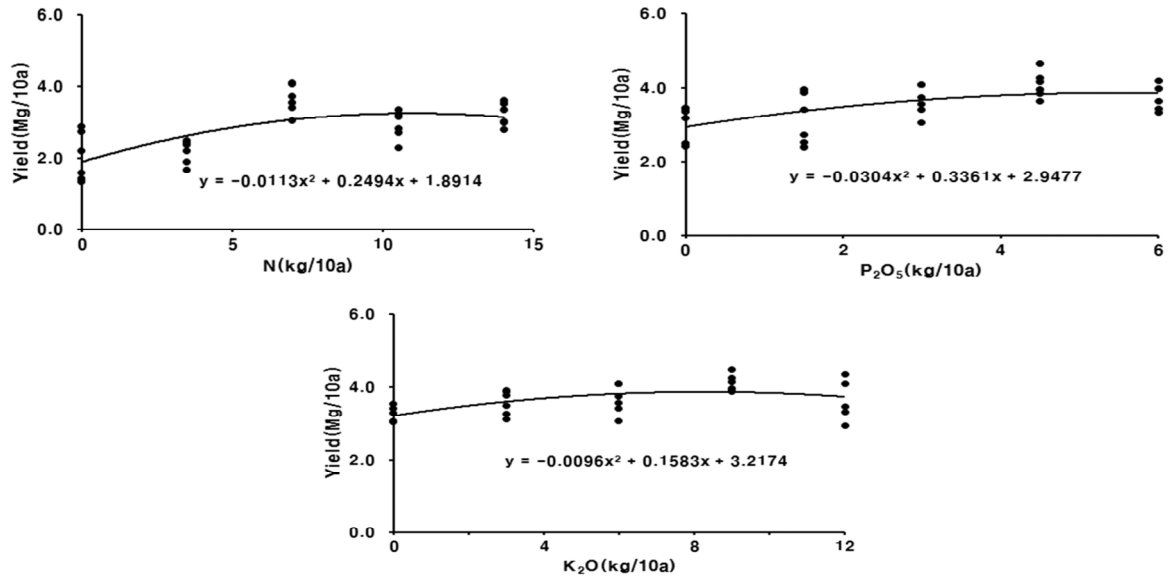


Fig. 2. Relationship between yield of *Houttuynia cordata* Thunb and levels of N, P₂O₅ and K₂O applied.

지상부 생체량을 바탕으로 질소시비량과 어성초 생체수량간의 관계는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 $Y = -0.0113x^2 + 0.2494x + 1.8914$ 의 관계식을 얻을 수 있었다. 각 처리구에서 2반복으로 조사한 결과를 바탕으로 제시한 회귀곡선식에서 최고수량을 얻을 수 있는 질소시비량은 11.0 kg/10 a이고, 이때 수량은 3.27 Mg/10 a이었다. Kwak et al. (2001)에 따르면 작물재배에 적절한 질소시비량을 산출하기 위해서는 최고수량보다 경제적인 이윤을 고려하여 시비가 이루어져 하는데, 경제적인 적정 시비량은 최고 수량의 95%에 해당하는 시비량이라고 하였다. 따라서 본 연구에서 최고 수량의 95% 수준을 얻을 수 있는 질소시비량은 10.5 kg/10 a 으로 계산되었다.

P₂O₅ 시비량에 따른 생육상황 조사결과 초장은 43.0 - 58.9 cm 수준이었으며, P₂O₅ 150% 처리 수준까지는 증가하다가 200% 처리구에서는 감소하였다. 줄기직경은 P₂O₅ 100과 150% 처리구에서 가장 굵었고, 나머지 처리구는 같은 수준을 보였다. 처리구별로 조사한 평균 분얼수는 P₂O₅ 0%에서 가장 적었으며, P₂O₅ 150%에서 가장 많았지만 처리량에 따라 통계적인 유의성은 없었다. 수확한 지상부의 생체중과 건물중은 P₂O₅ 150% 처리까지는 증가하다 감소하는 경향을 보였다. 지상부 생체량을 바탕으로 인산시비량과 어성초 생체수량간의 관계식은 $Y = -0.0304x^2 + 0.3361x + 2.9477$ 이었고, 최고수량을 얻을 수 있는 인산시비량은 5.5 kg/10 a이고, 이때 수량은 3.88 Mg/10 a이었다.

K₂O 처리량에 따라 조사한 초장은 39.3 - 57.9 cm 수준이었으며, K₂O 처리량과 정의상관을 보였고, 줄기직경도 초장과 비슷한 경향을 보였다. 평균 분얼수는 K₂O 50% 처리구에서 가장 많았고, 200%에서 가장 적었지만 처리량에 따른 통계적 유의성은 없었다. 수확한 지상부의 생체중은 K₂O 150% 처리구에서 가장 많았고, K₂O 0% 처리구에서 가장 적었다. 그러나 건물중은 K₂O 처리량에 따라 통계적인 유의성은 없었다. 지상부 생체량을 바탕으로 얻은 관계식은 $Y = -0.0096x^2 + 0.1583x + 3.2174$ 이었고, 최고수량을 얻을 수 있는 칼리시비량은 8.2 kg/10 a이고, 수량은 3.87 Mg/10 a 이었다. 작물에 적절한 시비량은 토양비옥도, 관개수 종류, 기상환경, 재배양식, 품종, 비료종류에 따른 흡수이용률 등에 의해 결정된다(Lee et al., 2016). 그러나 본 연구에서는 농촌진흥청에 제시하는 방법에 따라 표준시비량을 결정 하였다. 즉, N는 최고수량을 얻을 수 있는 시비량의 95% 수준을 적용하였고, P₂O₅과 K₂O의 경우 최고수량을 얻을 수 있는 시비량을 경제적인 시비량으로 적용하면 어성초의 표준시비량은 N - P₂O₅ - K₂O = 10.5 - 5.5 - 8.2 kg/ha 수준으로 나타났다.

Conclusion

N, P₂O₅, K₂O 시비량에 따라 어성초 생육과 토양특성에 대한 변화를 조사하고, 이를 통하여 어성초 재배에 적절한 시비기준을 마련하고자 하였다.

어성초 수확기 토양 pH는 시비전과 차이가 없었고, EC는 대부분 감소하였고, 유기물함량과 유효인산은 증가하였으며, P₂O₅ 처리량과 유효인산은 비례관계였다. 치환성 Ca과 Mg 함량은 시비전 보다 감소하였지만 치환성 K과 Na 함량은 증가하였고, K의 경우 P₂O₅과 K₂O 처리량과 비례관계를 보였다. 지상부 식물체의 탄소함량은 무처리 보다 모두 증가하였고, 질소함량은 N 200% 처리구를 제외하고 처리량에 따라 증가하였다. 질소흡수량은 N 100% 수준까지 증가하였고, 150% 이상에서는 감소하였다. 인(P) 흡수량은 P₂O₅ 150% 수준까지 증가하였고, 칼륨 흡수량은 K₂O 100% 이상 처리시 감소하였다. 어성초 초장은 N 100%, P₂O₅ 150%, K₂O 200% 처리구에서 가장 길었고, 줄기직경은 N 100 - 200% 처리구에서 3.46 - 3.67 mm, P₂O₅ 100 - 150% 처리구에서 3.55 - 3.67 mm, K₂O 200% 처리구에서 3.79 mm로 가장 굵었다. 각 비료성분 처리량에 따라 분얼수는 차이가 없었다. N 100% 처리구에서 생체량은 3.67 Mg/10 a이었고, P₂O₅ 150% 처리구에서 3.79 Mg/10 a, K₂O 150% 처리구에서 3.83 Mg/10 a로 가장 많았으며, 비료성분량과 수량과의 관계식에서 얻은 경제적인 시비량은 질소 - 인산 - 칼리 = 10.5 - 5.5 - 8.2 kg/10 a 수준이었다.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ0105092016)의 연구비지원에 의해 이루어진 연구결과로 이에 감사드립니다.

References

- Ahn BK, Kim SM, Kim JY, Kim KC, Ko DY, Lee CK, Jeong SS, Lee JH. 2015. Growth and medical constituents of *Saururus chinensis* Baill as affected by different amounts of nitrogen fertilizer application. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 23:277-283.
- Cho YS, Kim YT, Shon MY, Choi SH, Lee YS, Seo KI. 2000. Comparison of chemical compositions of *Houttuynia cordata* Thunb cultivated from different local area. *Korean Journal of Postharvest Science Technology* 7:108-112.
- Choi YS, Lee HH, Lee BH, Lee SY. 1998. Effects of extracts of *Houttuynia cordata* Thunb on the level of lipids and lipid peroxidation in the liver and serum of cholesterol-fed rats. *Korean Journal of Plant Research* 11:173-178.
- Formica JV, Regelson W. 1995. Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. *Food and Chemical Toxicology* 33:1061-1080.
- Gee GW, Bauder JW. 1986. Particle size analysis. In *Methods of soil analysis* (2nd) edited by Klute A. pp.383-411. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Hwang JB, Yang MO, Shin HK. 1997. Survey for approximate composition and mineral content of medicinal herbs. *Korean Journal of Food Science Technology* 29:671-679.
- Jeong HR, Kwak JH, Kim JH, Choi GN, Jeong CH, Heo HJ. 2010. Antioxidant and neuronal cell protective effects of an extract of *Houttuynia cordata* Thunb (a culinary herb). *Korean Journal of Food Preservation* 17:720-726.
- Jo YC, Lee KS, Chon SM, Byun DS. 2002. Characteristics of growth and germination of *Salicornia herbacea* L. for the soil salinity and manure condition. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 10:100-108.
- Kang YK. 2003. Influence of nitrogen application rate on growth and dry matter yield of *Achyranthes japonica* Nakai. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 11:109-114.

- Katsura E, Yamagishi T. 1983. Quantitative determination of quercitrin in *Houttuynia* herb by high performance liquid chromatography, Hokkaidoritsu Eisei Kenkyushodo 33:119.
- Kim KY, Chung DO, Chung HJ. 1997. Chemical composition and antimicrobial activities of *Houttuynia cordata* Thunb. Korean Journal of Food Science Technology 29:400-406.
- Kwak HK, Seong KS, Yeon BY, Oh WK, Jung SJ. 2001. Improvement of a nitrogen fertilizer recommendation model by introducing a concept of the Mitscherlich-Baule-Spillman equation. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 34:311-315.
- Lee DS, Lee JB, Lee MY, Joo RN, Lee KS, Min SW, Hong BD, Chung DY. 2016. Establishment scheme for official standards of liquid swine manure fertilizer. Korean Journal of Agricultural Science 43:360-368.
- Lee ST, Lee YH, Choi YJ, Shon GM, Lee HJ, Heo JS. 2002. Comparison of quercetin and soluble tannin in *Houttuynia cordata* Thunb according to growth stages and plant parts. Korean Journal of Medicinal Crop Science 10:12-16.
- National Academy of Agricultural Science (NAAS). 2010. Methods of soil chemical analysis. NAAS, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST). 2000. Methods of soil and plant analysis. NIAST, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Park JC. 2000. Effect of nitrogen level on yield and quality of Gyokuro tea. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 33:160-166.
- Tan KH. 2011. Principles of soil chemistry. pp.237-238. CRC Press, New York.