

Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2018.51.3.211>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

## Impacts of Different Amounts of N, P, and K Fertilizer Applications on Growth of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* Related to Soil Properties

Byung-Koo Ahn\*, Do-Young Ko, Hyo-Jin Kim, Min-Sil Ahn, Jin-Ho Lee<sup>1</sup>, and Yee-Jin Lee<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>Department of Bioenvironmental Chemistry, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea<sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

\*Corresponding author: ahnbk61@korea.kr

### ABSTRACT

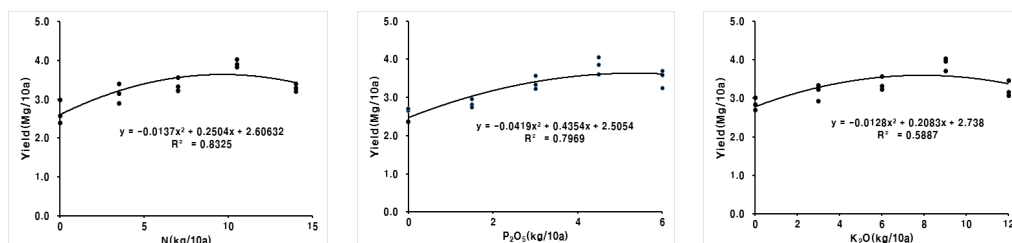
Received: June 11, 2018

Revised: June 30, 2018

Accepted: August 31, 2018

*Cirsium japonicum* var. *ussuriense* is a perennial herb grown widely in Korea and also known as Korean thistle which is used in oriental medicine with various pharmacologic effects. This study was conducted to investigate the growth of Korean thistle and the changes of soil chemical properties in the thistle fields as influenced by different application levels of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) fertilizers as N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O, and to determine the optimal application levels of N, P, and K fertilizers for cultivating the Korean thistle. The N, P, and K fertilizers were applied as 0 (0%), 0.5 (50%), 1.0 (100%), 1.5 (150%), and 2.0 (200%) times based on the level of N, P, and K treatments (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 61-70-72 kg ha<sup>-1</sup>) for conventional thistle cultivation. Selected chemical properties of soils at harvesting stage of the plant as compared to those before transplanting the plant were as follows: soil pH value and available P concentration decreased. Electrical conductivity (EC) value and N concentration increased with increasing the amounts of P application, but soil organic matter (SOM) content was not changed. In particular, the concentrations of exchangeable Mg were proportionally increased with increasing N applications. The plant uptake of N increased up to 100% of the N application level, but it decreased with over 150% of the N treatment level. On the other hand, P and K uptake increased up to 100% of the P and K application levels, but the K uptake was not changed with over 150% of the K level. Based on productivity of the plant aerial part, we suggest that the optimal rates of N, P, and K fertilizer applications would be as N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 87-52-81 kg ha<sup>-1</sup>. In addition, the concentrations of selected phytochemicals in the plant were also changed with the different fertilizations. Total flavonoid concentration in the plant was highest at 50% of the N application level and control K level. Total polyphenol concentration was highest at 50% of the N level and lowest at 200% of the K treatment level.

**Keywords:** *Cirsium japonicum* var. *ussuriense*, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O fertilizers, Phytochemicals, Soil chemical properties



Relationship between yields of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* and application levels of N, P, and K fertilizers.



## Introduction

영경귀는 산이나 들에서 자라고 초롱꽃목 국화과에 속하는 다년생 풀이고, 우리나라에는 13종 6변종 1품종이 자생하고 있다. 한방에서는 지상부 또는 지하부를 대계라 하여 약용으로 이용해 왔다. 지상부는 개화시기에서 씨가 여무는 5~6월에 채취하고, 뿌리는 가을철에 채취·건조하여 뜨거운 물이나 알코올로 추출하여 토혈(吐血), 대하(帶下), 간염, 고혈압 등의 치료에 사용해 왔다 (Ishida et al., 1987; Lee, 1996; Shin, 2010). 또한 지혈작용, 항균작용 및 항암작용이 있는 것으로 알려져 있고 (Lee et al., 2011), 소화기 질환을 치료하는데 쓰이기도 한다.

잎에는 톱니와 더불어 가시가 있지만, 봄에 돋아난 비교적 가시가 연한 어린잎과 부드러운 줄기는 데쳐서 나물이나 국으로 이용하기도 한다. 줄기는 껍질을 벗겨 튀김, 무침, 볶음 등으로 요리하며, 특유의 향이 있고, 촉감이 좋아 차로 이용하는 식물이다 (Lee et al., 2003). 영경귀 잎과 꽃은 생리활성이 우수한 apigenin, luteolin, myricetin 등을 포함한 약 78종의 flavonoids 계열 화합물이 확인되었고 (Chung et al., 2007), 항암성과 항돌연변이성을 갖고 있는 flavonoids는 flavonal계의 quercetin, kaempferol과 flavone 계열의 apigenin, luteolin 등이 보고 (Hertog and Hollman, 1996)되어 있고, 이외에도 항염증, 항진균, 신경보호 및 면역증진 활성을 가지고 있다 (Kim and Kim, 2003; Lee et al., 2003; Lee et al., 2002).

지금까지 영경귀에 대한 연구는 영경귀 추출물에 대한 항위염, 항위궤양 효과 (Lee et al., 2011), 항산화성, 항돌연변이원성 및 항암활성 효과 (Lee et al., 2003), 부위별 추출물을 활용한 적혈구와 혈장의 산화적 손상 보호효과 (Kang et al., 2012)와 항산화 및 항염증 효과 (Mok et al., 2012) 등 약리작용에 대한 것이 주를 이루고 있고, 농촌진흥청에서 수행한 재배체계에 대한 연구 (RDA, 2015)에서는 영경귀 파종시기, 육묘기간, 정식방법, 수확시기, 수확물 건조 등에 대해 이루어졌고, 시비기준이나 방법 등에 대한 것은 없다.

영경귀 재배를 위한 적정 시비기준을 마련하여 전라북도 임실을 비롯한 준 산간지역에 널리 자생하는 영경귀의 약용작물로써 가치 증진을 위한 재배방법을 정립하여 주산단지 조성하고, 지역특산물로 육성하여 농가소득 증대를 도모할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 비료 3요소가 영경귀 약효성분과 토양특성에 미치는 영향을 구명하고, 재배기준을 마련하고자 수행하였다.

## Materials and Methods

**시험구 및 처리방법** 시험에 사용한 영경귀 (*Cirsium japonicum* var. *ussuriense*)는 전북농업기술원 약용자원연구소에서 분양받은 종자를 40일간 육묘하고 전북 남원시 주천면 고기리 농가포장 (E127.29.55.84 N35.22.59.84)에 30×20 cm 간격으로 2015년 4월 7일에 정식하였고, 6월 30일에 수확하였다.

시비량은 전북 임실지역 농가에서 사용하고 있는 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=61-70-72 kg ha<sup>-1</sup>을 기준량으로 하였다. N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 처리구는 각각 농가 시비량의 0 (0%), 0.5 (50%), 1.0 (100%), 1.5 (150%), 2.0배 (200%) 수준으로 처리하였다. 또한 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O를 처리하지 않은 무처리 (control) 등 총 16처리를 두었다. 시비방법은 N의 경우 요소, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>은 용성인비, K<sub>2</sub>O는 염화칼리를 처리량에 따라 정식 전에 전량 밑거름으로 시비하였다. 각 처리구 면적은 20 m<sup>2</sup>였고, 3반 복 난괴법으로 배치하였으며, 재배관리는 농가관행에 따라 실시하였다.

**생육조사 및 토양분석** 영경귀 생육과 수량조사는 수확기에 지상부와 뿌리로 나누어 실시하였고, 건조 후 무기성분과 약효성분 등을 조사하였다. 토양은 시험전과 수확기에 토양 auger를 이용하여 처리구별로 채취하여, 실험실

에서 풍건하고 2 mm체를 통과한 것을 국립농업과학원의 토양화학분석법 (NAAS, 2010)과 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 따라 분석하였다. 즉, 토성은 micro pipette법으로 입자밀도를 조사하고, 판정은 미국농무부 분류기 준을 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, 교환성 양이온 ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ )은 1 N  $CH_3COONH_4$  (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 및 약효성분 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. 시료는  $H_2SO_4$ 와  $HClO_4$ 를 사용하여 전처리하고, 인산은 ammonium vanadate법에 의한 비색정량, K, Ca, Mg는 원자흡광분광광도계 (Atomic absorption spectrophotometer, GBC Avanta PM, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Victoria, Australia)를 이용하여 분석하였고, 탄소와 질소 함량은 CNS 원소분석기 (Vario MAX CNS, Elementar Analysensysteme GmbH, Germany)을 사용하여 분석하였다.

영정귀 유효성분을 평가하기 위해 Total-flavonoid, quercetin, quercitrin, rutin, Total polyphenol, tannin을 조사하였다. Quercetin, quercitrin, rutin은 건조한 시료 1 g을 75% ethanol 50 mL로 24시간 추출 여과하고 HCl으로 2.5 N이 되도록 조절하고 80°C에서 40분간 가수분해한 다음, Kim et al. (2006)의 방법을 변형하여 HPLC (Alliance 2695 System, Waters Co., Milford, USA)를 이용하여 분석하였고, 조건은 Table 1과 같다. Tannin은 Lee et al. (2002)이 사용한 방법을 이용하여 분석하였다. 건조한 시료 1 g을 뜨거운 증류수 100 mL를 넣고 80°C에서 30분 추출 여과한 다음 여액 5 mL에 ferrous tartrate 5 mL, Sorensen's phosphate 15 mL를 가하고 540 nm에서 측정하였다. 이때 표준물질은 ethyl gallate를 사용하였다. Total-flavonoid는 뜨거운 증류수를 이용하여 추출하고 diethylene glycol과 1 N NaOH를 사용하여 발색하고 420 nm에서 측정하였고, 사용한 표준물질은 rutin이었다. Total polyphenol은 뜨거운 증류수를 이용하여 추출하고 50% Folin-Ciocalteu phenol과 2%  $Na_2CO_3$ 를 사용하여 발색하고 720 nm에서 측정하였다. 이때 사용한 표준물질은 gallic acid이었다.

**Table 1.** Analytical conditions of HPLC for determining quercetin, quercitrin, and rutin.

Parameters	Condition
Column	C18 um 4.8 × 150 mm
Flow rate	0.5 mL/min
Ex λ	370 nm
Column temp.	30°C
Sample temp.	25°C
Solvent	5% Acetic acid : ACN = 80 : 20 (w/v) 5% Acetic acid : ACN = 20 : 80 (w/v) 14 min 5% Acetic acid : ACN = 80 : 20 (w/v) 2 min
Runtime	16 min
Injection volume	10 uL

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

## Results and Discussion

**토양화학성 변화** 영경귀 재배 포장의 토성은 모래 66.5%, 미사 16.6%, 점토 16.9%인 사양토였고, 시험재배 전 토양 화학성은 Table 2와 같다. 시험 전 토양 pH와 EC는 농촌진흥청에 제시한 영경귀의 적정범위에 있었고, 유효인산은 약간 높은 수준이었고, 나머지 성분은 적정범위보다 낮았다.

**Table 2.** Selected chemical properties of soil in the experimental field before transplanting *Cirsium japonicum* var. *ussuriense*.

Item	pH	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cations				T-N
					K	Ca	Mg	Na	
	1:5	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				%
Before planting	6.3	0.14	15	337	0.46	3.8	1.4	0.13	0.06
Optimal range <sup>†</sup>	6.0 ~ 6.5	2 >	~ 30	~ 250	~ 0.45 ~ 0.55	~ 5.0 ~ 6.0	~ 1.5 ~ 2.0	-	-

<sup>†</sup>Optimal range for *Cirsium japonicum* var. *ussuriense*.

영경귀를 재배하고 최종 수확하면서 조사한 토양 화학성은 Table 3과 같다. 정식전에 비해 토양 pH와 유효인산을 제외하고 모두 증가하였다. pH는 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 처리량에 따라 통계적인 유의성은 없었고, EC는 N와 K<sub>2</sub>O 처리량에 따라 증가하였지만, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 처리구에서는 차이가 없었다. 유기물함량의 경우 비료처리구는 무처리구 (15 g kg<sup>-1</sup>)에 비해 5~9 g kg<sup>-1</sup> 정도 많았지만, 비료 시비량에 따른 차이는 없었다.

수확기 토양 중 유효인산은 시비전에 비해 모든 처리구에서 감소하였다. N 처리구는 150~182 mg kg<sup>-1</sup> 수준으로 처리간에 차이가 없었고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>과 K<sub>2</sub>O 처리구는 0%를 제외하고 유의성은 없었다. 시비 전에 비해 유효인산 함량이 감소

**Table 3.** Changes of soil chemical properties at harvesting stage of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* as influenced by different amounts of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O applications.

Fertilization levels (%)	pH	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation				T-N	
					K	Ca	Mg	Na		
	1:5	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				%	
Control	5.9	0.24	15	148	0.54	3.6	0.9	0.04	0.07	
0	5.8a*	0.32b	20a	153a	1.00a	4.6a	1.1b	0.08a	0.09b	
50	5.6a	0.41b	21a	150a	1.14a	4.1a	1.8a	0.07ab	0.09b	
N	100	5.6a	0.53b	22a	178a	0.95a	3.6a	1.5ab	0.04c	0.11a
150	5.5a	0.73a	22a	180a	0.94a	3.8a	1.6ab	0.06bc	0.10a	
200	5.6a	0.81a	24a	182a	1.12a	3.9a	1.8a	0.05bc	0.12a	

**Table 3.** Changes of soil chemical properties at harvesting stage of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* as influenced by different amounts of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O applications (Continue).

Fertilization levels (%)	pH	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation				T-N	
					K	Ca	Mg	Na		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	5.6a <sup>†</sup>	0.40a	20a	140b	0.71b	3.8a	1.0b	0.08a	0.08b
	50	5.6a	0.43a	21a	157a	1.07a	4.6a	1.5ab	0.11a	0.09b
	100	5.6a	0.53a	22a	178a	0.95a	3.6a	1.5ab	0.04a	0.11a
	150	5.5a	0.43a	21a	208a	0.90a	4.5a	2.0a	0.12a	0.10ab
	200	5.8a	0.38a	21a	229a	0.95a	4.5a	1.9a	0.16a	0.11a
K <sub>2</sub> O	0	5.4a	0.38b	20a	191b	0.30c	3.1a	0.7b	0.05a	0.07c
	50	5.7a	0.46ab	21a	200a	0.60bc	3.7a	1.5a	0.05a	0.10ab
	100	5.6a	0.53a	22a	178a	0.95ab	3.6a	1.5a	0.04a	0.11ab
	150	5.6a	0.57a	24a	149a	1.06a	4.0a	1.8a	0.05a	0.11a
	200	5.6a	0.61a	23a	170a	1.29a	3.7a	1.7a	0.09a	0.08bc

<sup>†</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

한 것은 엉겅퀴에 의한 흡수와 토양 pH가 감소하여 토양중 인산형태가 불용성 형태로 전환된 것으로 판단된다 (Tan, 2011). 교환성 K는 정식 전에 비해 증가하였고, N 처리량에 따른 차이는 없었다. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 경우 0% 처리구를 제외하고 같은 수준이었고, K<sub>2</sub>O 처리구는 처리량에 따라 증가하였다. 교환성 Ca은 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 처리구가 같은 수준을 보였지만, Mg은 N 처리량과 비례관계를 보였고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150과 200% 처리구에서는 2.0과 1.9 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 수준으로 가장 많았고, K<sub>2</sub>O 처리구에서는 0%를 제외하고 모두 같은 수준이었다. 토양 중 질소함량은 N 100% 이상 처리시 0.10~0.12%로 같은 수준이었고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 경우도 비슷한 결과를 보였다.

위 아래로 분리되어 있는 Table 3 하나로 통합

**엉겅퀴 지상부 성분 함량** N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 시비량에 따른 엉겅퀴 지상부의 성분 변화는 Table 4와 같다. 탄소 (C) 함량은 무처리구에 비해 모두 증가하였지만, N과 K<sub>2</sub>O의 처리량에 따른 차이는 없었고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 경우 50% 처리구에서 가장 높았다.

N 함량은 N 처리량에 따른 통계적인 유의성은 없었지만 평균값을 비교해보면 100% 처리량까지 증가하다 감소하였다. 이는 과다 시비할 경우 전량 흡수되는게 아니고, 일부만 흡수 이용되고, 나머지는 토양에 남거나 휘산, 용탈, 탈질 등에 의해 손실된다는 보고 (Park, 2000)와 같이 본 시험에서도 과도한 시비가 행해지면 함량이 감소하였는데 Fig. 1의 비료 이용량을 조사한 결과에서도 확인할 수 있었다. N 100% 수준까지는 흡수량이 증가하였지만, 150% 이상에서는 감소하였다.

P는 N 처리구에서는 통계적인 유의성은 없었지만, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 처리구의 경우 처리량에 따라 증가하는 경향이었지만 150% 처리구에서 다소 낮았다. P 흡수량은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100% 수준까지 증가하고 150% 처리구에서 감소했다가 200% 처리구에서 증가한 것을 확인할 수 있었다. K<sub>2</sub>O 처리구의 경우 200% 처리구를 제외하고 P함량은 모두 같았다. K 함량은 N 처리량과 관계가 없었고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>와 K<sub>2</sub>O의 경우 200% 처리구를 제외하고 같은 수준을 보였다. K 이용량은 K<sub>2</sub>O 100% 이상 처리시 같은 수준을 보였다. 엉겅퀴에 함유되어 있는 무기성분들은 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O의

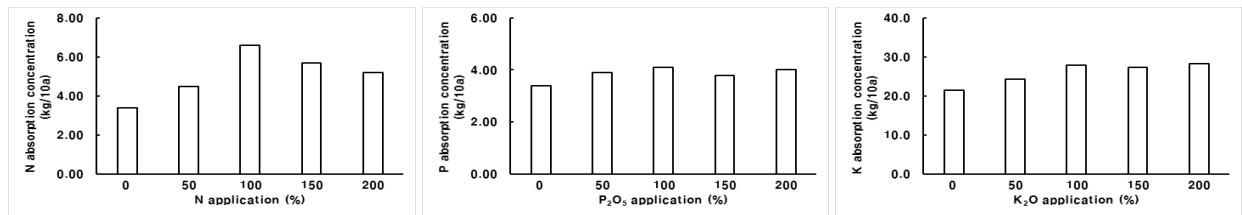
각각 시비량보다는 이들의 시비 비율에 의해 영향 (Ahn et al., 2015)이 클 것으로 판단된다.

한편 조사한 무기성분 가운데 K 함량이 2.30~3.23%로 가장 많았고, Mg 함량이 가장 낮았다. 어성초를 대상으로 Ahn et al. (2017)이 조사한 결과에서도 같은 결과를 보였고, Cho et al. (2000)의 연구에서도 K > Ca > P > Mg 순으로 검출되었고, Hwang et al. (1997)과 Kim et al. (1997)의 연구에서도 같은 결과였다.

**Table 4.** Selected nutrient contents in *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* as affected by different amounts of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O applications.

Fertilization levels	C	N	P	K	Ca	Mg	
----- % -----							
Control	33.6	0.35	0.18	2.30	0.50	0.0062	
N	0	40.3a <sup>†</sup>	0.53a	0.20a	2.34a	0.54ab	0.0670
	50	34.5a	0.63a	0.21a	2.35a	0.58a	0.069b
	100	35.1a	0.85a	0.20a	2.62a	0.53ab	0.071ab
	150	39.6a	0.75a	0.19a	2.45a	0.41b	0.070b
	200	35.3a	0.56a	0.19a	2.37a	0.55ab	0.074a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	34.5ab	0.37c	0.18d	2.29b	0.41b	0.068b
	50	39.8a	0.92b	0.19cd	2.42b	0.61a	0.072b
	100	35.1ab	0.85bc	0.21ab	2.51b	0.58a	0.070b
	150	37.5ab	0.96b	0.20bc	2.36b	0.61a	0.125ab
	200	32.9b	1.48a	0.22a	3.03a	0.55a	0.179a
K <sub>2</sub> O	0	36.0a	0.75ab	0.19b	2.40b	0.54a	0.070a
	50	35.1a	0.72ab	0.18b	2.37b	0.51a	0.067a
	100	35.1a	0.85a	0.19b	2.50b	0.56a	0.068a
	150	34.9a	0.56ab	0.18b	2.86ab	0.50a	0.069a
	200	36.0a	0.49b	0.23a	3.23a	0.45a	0.064a

<sup>†</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, *p*<0.05).



**Fig. 1.** Nutrient concentrations in the leaves of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* as affected by different levels of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O applications.

**생육 및 수량** N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 처리량에 따른 엉겅퀴 수확기 생육과 수량 특성은 Table 5와 같다. N 처리 수준에 따라 초장은 53.7~57.3 cm 이었으며, N 150% 처리구에서 가장 작았고, N 50과 100% 처리구에서 가장 컸다. 처리구별로 조사한 엽폭은 N 100%에서 가장 넓었고, 지상부 무게는 N 150% 수준까지 증가하다 N 200% 처리구에서 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.

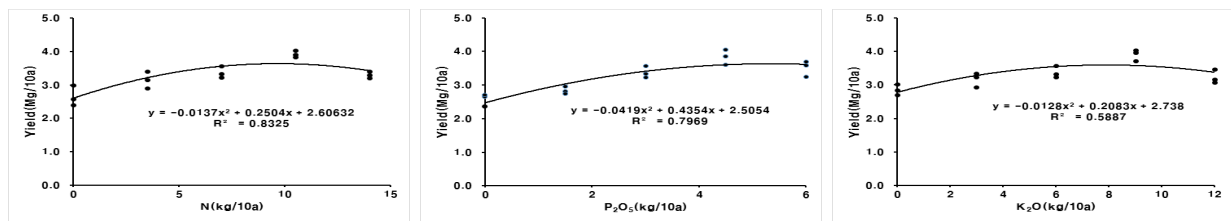


지상부 생체량을 바탕으로 질소시비량과 영경귀 수량간의 관계는 Fig. 2에서 보는 바와 같이  $Y = -0.0137x^2 + 0.2504x + 2.6063$ 의 관계식을 얻을 수 있었다. 이 회귀곡선식에서 최고수량을 얻을 수 있는 질소시비량은  $91 \text{ kg ha}^{-1}$  이고, 이때 수량은  $37.51 \text{ Mg ha}^{-1}$ 이었다. Kwak et al. (2001)에 따르면 작물재배에 적절한 질소시비량을 산출하기 위해서는 최고수량보다 경제적인 이윤을 고려하여 비료사용량을 결정해야 하며, 그 값은 최고 수량의 95%에 해당하는 사용량이라고 하였다. 따라서 본 연구에서 최고 수량의 95% 수준을 얻을 수 있는 질소시비량은  $87 \text{ kg ha}^{-1}$  으로 산출된다.

**Table 5.** Parameters to evaluate *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* productivity as affected by different amounts of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O applications.

Fertilization levels	Plant length	Width	Shoot	Shoot	
%	cm	cm	Mg ha <sup>-1</sup> , FW	Mg ha <sup>-1</sup> , DW	
Control	54.4	6.2	23.36	5.07	
N	0	53.7b <sup>†</sup>	27.01b	5.88b	
	50	55.1ab	31.70ab	7.06ab	
	100	56.8a	8.1ab	35.63ab	6.71ab
	150	57.3a	9.1a	40.39a	8.24a
	200	55.9ab	7.1b	32.87ab	7.01ab
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	56.3a	7.6a	26.01a	5.07a
	50	58.3a	8.8a	29.01a	6.41a
	100	57.3a	9.1a	33.63a	6.71a
	150	57.9a	8.0a	38.80a	7.04a
	200	56.5a	7.7a	34.86a	6.25a
K <sub>2</sub> O	0	55.5b	8.3a	28.33a	6.94a
	50	55.3b	7.9a	31.24a	6.95a
	100	57.3ab	9.1a	33.63a	6.71a
	150	56.9ab	8.6a	39.33a	7.26a
	200	59.3a	9.3a	32.53a	6.35a

<sup>†</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).



**Fig. 2.** Relationship between yields of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* and application levels of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O fertilizer.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 시비구 영경귀 초장은 56.3~58.3 cm, 엽폭은 7.6~9.1 cm 수준으로 처리량에 따라 차이는 없었다. 수확한 지상부의 생체중과 건물중은 처리량에 따라 통계적인 차이는 없었지만, 평균값으로 비교해 보면 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150% 처리까지는 증가하였고, 200% 처리에서는 감소하였다. 지상부 생체량을 바탕으로 인산시비량과 영경귀 수량간의 관계식은 Y

=  $-0.0419x^2 + 0.4354x + 2.5054$ 이었고, 최고수량을 얻을 수 있는 인산시비량은  $52 \text{ kg ha}^{-1}$ 이고, 이때 수량은  $36.36 \text{ Mg ha}^{-1}$ 이었다.

$\text{K}_2\text{O}$  처리량에 따라 조사한 초장은  $55.3\sim 60.3 \text{ cm}$  수준이었으며,  $\text{K}_2\text{O}$  150% 처리구에서 가장 길었으며, 엽폭은 처리간에 차이가 없었다. 수확한 지상부 생체중과 건물중도 통계적인 차이는 없었지만, 평균값으로 비교해보면  $\text{K}_2\text{O}$  150% 처리구에서 가장 많았다. 지상부 생체량을 바탕으로 얻은 관계식은  $Y = -0.0128x^2 + 0.2083x + 2.738$ 이었고, 최고수량을 얻을 수 있는 칼리시비량은  $81 \text{ kg ha}^{-1}$ 이고, 수량은  $35.85 \text{ Mg ha}^{-1}$ 이었다. N과 달리  $\text{P}_2\text{O}_5$ 과  $\text{K}_2\text{O}$ 는 경제적인 적정시비량을 최고수량을 얻을 때 시비량을 적용하므로 영경귀의 표준시비량은  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O} = 87\text{-}52\text{-}81 \text{ kg ha}^{-1}$  수준으로 나타났다.

주요 약효성분으로 알려져 있는 flavonoid와 polyphenol 화합물이 N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  처리량에 따라 영향을 받는지 조사하였다 (Table 6). Total-flavonoid의 경우 N 처리구에서는 50%를 제외하고 같은 수준이었고,  $\text{P}_2\text{O}_5$ 은 처리량에 따라 차이가 없었으며,  $\text{K}_2\text{O}$ 는 0%를 제외하고 차이가 없었다. Flavonoid계 화합물인 quercetin, quercitrin은 N에 영향을 받지 않았지만, rutin은 N 50% 처리시 함량이 가장 많았다.  $\text{P}_2\text{O}_5$  처리구에서 quercetin과 rutin은  $\text{P}_2\text{O}_5$ 의 영향을 받지 않았지만, quercitrin은  $\text{P}_2\text{O}_5$  200% 처리구에서  $714 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 가장 많았으나 처리량에 따른 상관성은 없었다.  $\text{K}_2\text{O}$  처리량에 따라 quercitrin과 rutin은 차이가 없었지만, quercetin은  $\text{K}_2\text{O}$  50%까지는 증가하다 감소하는 경향을 보였다. Lee et al. (2002)은 삼백초를 재배하면서 퇴비시용량이 증가하면 생육이 좋아지고, quercetin, quercitrin, tannin 함량이 증가하다가 일정량 이상에서는 감소한다고 하였다. 이는 퇴비 시용량이 일정량 이상이면 식물전체 비율 중에서 잎보다 줄기 비율이 많아서 유효성분 함량을 감소시킨다고 할 수 있다. 본 시험에서는 퇴비를 사용한 처리가 없었

**Table 6.** Concentrations of selected phytochemicals in aerial part of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* as influenced by different amounts of N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  applications.

Fertilization levels	T-flavonoid	Quercetin	Quercitrin	Rutin	T-polyphenol	Tannin	
	%	$\text{mg kg}^{-1}$			%		
Control	0.98	379	318	110	0.72	0.42	
N	0	0.93b <sup>†</sup>	372a	403a	96ab	0.63b	0.47ab
	50	1.30a	425a	362a	114a	0.82a	0.53a
	100	1.05b	419a	391a	78ab	0.65b	0.48ab
	150	0.94b	348a	418a	51ab	0.58b	0.44ab
	200	0.98b	372a	532a	28b	0.61b	0.40b
$\text{P}_2\text{O}_5$	0	0.92a	401a	341b	94a	0.63a	0.52a
	50	1.11a	373a	478ab	99a	0.64a	0.42ab
	100	1.05a	419a	391b	78a	0.65a	0.48ab
	150	1.13a	350a	422ab	58a	0.62a	0.42ab
	200	1.07a	390a	714a	94a	0.58a	0.31b
$\text{K}_2\text{O}$	0	1.40a	453ab	335a	111a	0.80a	0.34ab
	50	1.01b	499a	409a	108a	0.68a	0.46a
	100	1.05b	419bc	391a	78a	0.65a	0.48a
	150	0.96b	414bc	439a	74a	0.62a	0.44ab
	200	0.95b	348c	347a	76a	0.42b	0.24b

<sup>†</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).



지만, 질소와 칼리를 50% 수준이었을 때 함량이 가장 많았다.

Total-polyphenol은 인산 처리량에 따라 차이는 없었지만, 질소는 50%를 제외하고 차이가 없었고, 칼리는 200% 처리구를 제외하고 같은 수준이었다. Phenol기를 다량 함유하고 있는 tannin 성분량은 질소 50% 까지 증가하다 감소하였고, 칼리는 200%를 제외하고 통계적인 차이는 없었지만, 평균값은 처리량과 반비례 관계를 보였다. Lee et al. (2000)의 연구에서는 삼백초 전체 tannin 함량을 1.5% 내외로 보고하였는데 본 연구에서의 잎과 줄기에 함유되어 있는 양이 0.23~0.53% 수준을 보여 tannin은 작물과 부위에 따라 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 한편 Kim et al. (2006)은 조사한 약효성분의 총량이 2년생이 1년생 보다 21.2% 증가하지만, 3년생일 때는 1년생 보다 오히려 낮아져 재배년 차에 따라 약효성분량 차이가 있음을 알 수 있어 영경귀도 연차에 따라 약효성분 함량에 대한 검토가 필요하다고 본다.

따라서 영경귀 지상부의 약효성분 함량을 향상시키기 위해서 관행적으로 사용하고 있는 비료량의 N 50%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100%, K<sub>2</sub>O 50% 수준으로 처리하는 것이 효과적이라고 판단된다.

## Conclusion

N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 시비수준에 따라 영경귀 생육과 토양특성에 대한 변화를 조사하고, 영경귀 재배에 적절한 시비기준을 마련하고자 수행하였다. 영경귀 수확기 토양특성은 정식 전에 비해 pH와 유효인산은 감소하였고, EC는 N와 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 처리량에 따라 증가하였고, 유기물함량은 시비량에 따라 차이가 나타나지 않았다. 교환성 K은 N 처리량에 따라 차이가 나타나지 않았으나, 교환성 Mg은 N 처리량과 비례관계를 보였다. 토양중 질소함량은 N 100% 이상 처리시 차이가 없었다. 질소흡수량은 N 100% 수준까지 증가하였으나 150% 이상에서는 감소하였다. 인(P) 흡수량은 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100% 수준까지 증가하였고, 칼륨 흡수량은 K<sub>2</sub>O 100% 이상 처리 시 같은 수준을 보였다. 영경귀 지상부 수량을 기준으로 최고 수량을 얻을 수 있는 경제적인 표준시비량은 질소-인산-칼리=87-52-81 kg ha<sup>-1</sup> 수준이었다. Total-flavonoid 함량은 N 50%와 K<sub>2</sub>O 무처리구(0%)에서 가장 높게 나타났고, total-polyphenol은 N 50% 처리구에서 가장 높았으며, K<sub>2</sub>O 200% 처리구에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 따라서 영경귀 지상부의 약효성분함량 향상을 위해서 관행적 비료사용량의 N 50%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100%, K<sub>2</sub>O 50% 수준으로 처리하는 것이 효과적이라고 판단된다.

## Acknowledgement

This research was supported by Rural Development Administration (Project No.PJ0105092016), Republic of Korea.

## 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.
- Ahn, B.K., J.H. Jang, D.Y. Ko, H.J. Kim, C.S. Kim, J.H. Kim, and Y.J. Lee. 2017. Influences of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O fertilizer application amounts on growth of *Houttuynia cordata* Thunb. and soil properties. Korean J. Agric. Sci. 44:211-220.

- Cho, Y.S., Y.T. Kim, M.Y. Shon, S.H. Choi, Y.S. Lee and K.I. Seo. 2000. Comparison of chemical compositions of *Houttuynia cordata* Thunb. cultivated from different local area. Korean J. Posthar. Sci. Technol. 7:108-112.
- Chung, M.S., H.J. Um, C.K. Kim, and G.H. Kim. 2007. Development of functional tea product using *Cirsium japonicum*. Korean J. Food Culture. 22:261-265.
- Gee G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In Klute A. (2nd ed.). Methods of soil analysis. Part I. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin, USA. pp. 383-411.
- Hertog, M.G.L. and P.C.H. Hollman. 1996. Potential health effects of dietary flavonol quercetin. Eur. J. Clin. Nutr. 50:63-71.
- Hwang, J.B., M.O. Yang, and H.K. Shin. 1997. Survey for approximate composition and mineral content of medicinal herbs. Korean J. Food Sci. Technol. 29:671-679.
- Ishida, H., T. Umino, and T. Tosugee. 1987. Studies on antihemorrhagic substance in herbs classified hemostatics in Chinese medicine. VII. On the antihemorrhagic principle in *Cirsium japonicum* DC. Chem. Pharm. Bull. 35:861-864.
- Jo, Y.C., K.S. Lee, S.M. Chon, and D.S. Byun. 2002. Characteristics of growth and germination of *Salicornia herbacea* L. for the soil salinity and manure condition. Korean J. Medicinal Crop Sci. 10:100-108.
- Kang, H.J., J.Y. Mok, J.K. Cho, I.H. Jeon, H.S. Kim, J.M. Park, S.I. Jeong, J.S. Shim, and S.I. Jang. 2012. Protective effects of leaf and flower extracts from *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* on oxidative damage in normal human erythrocytes and plasma. Kor. J. Pharmacogn. 43:66-71.
- Kang, Y.K. 2003. Influence of nitrogen application rate on growth and dry matter yield of *Achyranthes japonica* Nakai. Korean J. Medicinal Crop Sci. 11:109-114
- Kim, C.S., D.H. You, D.W. Kim, J.Y. Kim, H.J. Kim, and K.T. Jeong. 2015. Culture system establishment and commercialization research using processing technology in *Cirsium japonicum*. Agriculture science Technology Information System (ATIS), RDA, Korea.
- Kim, I.J., M.J. Kim, S.Y. Nam, T. Yun, H.S. Kim, S.K. Jong, S.S. Hong, and B.Y. Hwang. 2006. Growth characteristics and available component of *Saururus chinensis* Baill in different soil texture. Korean J. Medicinal Crop Sci. 14:143-147
- Kim, K.Y., D.O. Chung, and H.J. Chung. 1997. Chemical composition and antimicrobial activities of *Houttuynia cordata* Thunb. Korean J. Food Sci. Technol. 29:400-406.
- Kim, S.J. and G.H. Kim. 2003. Identification for flavones in different parts of *Cirsium japonicum*. J. Food, Sci. Nutr. 8:330-335.
- 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, H.K., J.S. Kim, N.Y. Kim, M.J. Kim, S.U. Park, and C.Y. Yu. 2003. Antioxidant, antimutagenicity and anticancer activities of extracts from *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* Kitamura. Kor. J. Med. Crop Sci. 11:53-61.
- Lee, M.K., H.C. Moon, J.H. Lee, J.D. Kim, C.Y. Yu, and H.Y. Lee. 2002. Screening of immune enhancing activities in medicinal herbs. Kor. J. Med. Crop Sci. 10:51-57.
- Lee, S.T., Y.H. Lee, Y.J. Choi, G.M. Shon, H.J. Lee, and J.S. Heo. 2002. Comparison of quercetin and soluble tannin in *Houttuynia cordata* Thunb. according to growth stages and plant parts. Korean J. Medicinal Crop Sci. 10:12-16.
- Lee, S.J. 1996. Korean folk medicine. Seoul National University Press, Seoul. pp. 145-146.
- 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. Medicinal Crop Sci. 9:220-224.
- Lee, Y.M., I.Y. Hwang, E.B. Lee, and C.S. Jeong. 2011. Antigastric and antiulcerative effects of *Cirsium japonicum* var. *ussuriense* extract and fractions. Yakhak Hoeji. 55(2):160-167.
- Mok, J.Y., H.J. Kang, J.K. Cho, I.H. Jeon, H.S. Kim, J.M. Park, S.I. Jeonmg, J.S. Shim, and S.I. Jang. 2011. Antioxidative and anti-inflammatory effects of extracts from different organs of *Cirsium japonicum* var.

*ussuriense*. Kor. J. Herbology. 26:39-47.

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 (NIAS). 2000. Methods of soil and plant analysis. NIAS, Rural Development Administration, Suwon, Korea.

Park, J.C. 2000. Effect of nitrogen level on yield and quality of Gyokuro tea. Korean J. Soil Sci. Fert. 33:160-166.

Shin, M.K. 2010. Clean clinical herbology. Yonglimsa.

Tan, K.H. 2011. Principles of soil chemistry. CRC Press, New York. pp. 237-238.