

산국의 수량과 유효성분에 대한 NPK의 효과

이경동^{1,2,*} · 양민석^{1,2} · 정연규³ · 손보균³ · 조주식³ · 이성태⁴ · 김필주^{1,2}

¹경상대학교 농업생명과학원, ²경상대학교 응용생명과학원, ³순천대학교 농화학과, ⁴경남농업기술원

(2003년 1월 10일 접수, 2003년 1월 24일 수리)

본 연구는 3요소(N-P₂O₅-K₂O)처리 산국(*Chrysanthemum boreale* M.)의 수량과 유효성분에 미치는 효과를 조사하여 효과적인 재배시스템을 개발하고자 하였다. 처리구는 무처리, NPK(250-160-160), NP(250-160-0), NK(250-0-160), PK(0-160-160 kg/ha)의 5처리로 설정하여 산국을 재배한 결과, 건물수량은 NPK처리가 PK처리에 비하여 4.0배의 증수가 있었으며, 다른 처리구보다 무기이온의 흡수율, 생육 및 수량에서 NPK처리가 가장 우수하였다. 식용으로 많이 쓰이는 꽃의 주요 아미노산은 proline, glutamic acid과 aspartic acid이었고, 다른 처리구들에 비하여 NPK처리가 높은 함량을 보였다. 혈압강화효과가 우수한 cumambrin A는 PK처리에 비하여 NPK처리가 6.2배의 증수효과가 있었다. NK처리는 NP처리보다 cumambrin A 함량이 우수하였고, 식물체 중의 칼리 함량과 cumambrin A의 함량은 상관관계가 인정되었으나, 이에 대한 생리적 대사과정은 아직까지 밝혀져 있지 않다. 따라서 산국의 재배시 cumambrin A의 함량을 높이기 위해서는 인산의 사용보다 칼리의 사용이 더 요구되며, 야외포장에서의 인산과 칼리의 적정 시비량의 설정이 필요하다고 판단된다.

Key words : 산국, cumambrin A, 아미노산, 비료

서 론

산국(*Chrysanthemum boreale* M.)은 국화과에 속하는 다년생 식물로 10~11월에 노란색 꽃을 피우며 우리나라 전역에 널리 분포되어 있다. 전통 의학에서는 신선한 잎을 종기의 통증을 가라앉히는데 쓰였고, 꽃은 두통과 자양강장에 사용하여왔다.^{1,3)} 최근에 밝혀진 중추신경의 진정작용, 항균 및 암세포에 대한 강한 저해활성이 보고된바 있다.^{4,6)} 특히 본 연구진⁷⁾에 의해 밝혀진 cumambrin A의 혈압강화 효과는 우수하며 고혈압 치료제로서의 그 효과가 검증된바 있다.⁸⁾ 이러한 효능과 경제성이 우수함에도 불구하고 농가에서는 재배되고 있지 않으며 야생의 산국에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 산국의 안정적 공급과 국민보건증대 측면에서 산국의 재배기술의 정립이 절실히 요구되고 있다.

높은 수량과 양질의 산국을 재배하기 위해서는 비료의 특성을 고려한 토양 중 양분함량의 적정관리가 필요하다. 그러나 지금까지 산국에 대한 토양 중 적정양분함량과 시비량 설정 및 수량과 품질에 미치는 영향에 대한 조사가 거의 없었다. 근래에 들어 질소의 시비량에 따라서 수량과 이차대사산물들에 밀접한 관계가 있음이 다양한 연구를 통해 밝혀져 있다.^{9,17)} 산국에 다량으로 함유되어 있는 cumambrin A는 terpenoid의 sesquiterpene lactone계 물질이며, 이 terpenoid의 물질들은 시비환경 즉, 토양의 양분을 제한하거나 결핍시키면 terpenoid의 함량이 증가하고, 반대로 질소의 시비량을 증가시키면 함량이 감소하는 것으로 보고되어 있다.^{9,13,18-21)} 이로서 비료의 종류나

시비방법 및 재배환경관리에 의해 유효성분인 cumambrin A의 함량을 인위적 조절이 가능한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 양질의 산국을 대량생산하기 위한 3요소 각각의 기능을 파악하고 이에 따른 수량 및 유효성분의 함량에 미치는 영향을 조사하여 시비관리의 대책수립을 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

산국의 재배. 본 실험에 사용된 산국(*Chrysanthemum boreale* M.)은 경상남도 농업기술원 약초시험장에서 분양을 받아 사용하였으며, 2000년 3월 25일에 삼수를 채취하여 발근시킨 후 동년 4월 20일에 토양이 18 kg씩 충전된 소형 Wagner pot(1/2000a)에 균일한 모를 선발하여 비가림 재배를 하였다. 시험토양을 선정하기 위하여 예비시험을 한 결과, 논토양에서는 도복과 꽃색염병이 심하여 수량과 품질에 좋지 않은 영향을 주었으나 산토양을 사용한 처리구에서는 야생의 산국과 비슷한 생육과 품질을 보여주었다(미제시 자료). 또한 야생의 개간지나 버려진 산지의 경작지에 재배함으로써 국토의 효율적 이용은 물론 산국의 고유한 특성을 살려 품질을 높일 수 있는 장점이 있어 산토양을 시험재료로 사용하였다. 시험에 사용된 산토양은 점토 17%, 미사 56%, 모래 27%를 함유하고 있었으며, Table 1에 보인바와 같이 pH는 5.2, 유기물은 0.5 g/kg, 칼슘의 치환성 양이온은 2.0 cmol⁺/kg으로 척박한 산토양의 특징을 유지하고 있었다. 처리구와 시비량은 Table 2에 보는 바와 같이 NP처리구는 칼리의 효과를, NK처리구는 인산의 효과를, 그리고 PK처리구는 질소의 효과를 조사하기 위해 특별히 처리구를 설정하였다. 질소와 칼리의 분시율은 기비로 70%, 개화 20일 전인 10월 3일에 30%를 추비하였다. 인산질비료는 용성인비를

*연락처

Phone: 82-55-751-5467, Fax: 82-55-757-0178;
E-mail: leekd1@korea.com

Table 1. Physical and chemical properties of soils used in pot test before experiments

	pH (1:5)	OM ^{a)} (g/kg)	EC ^{b)} (dS/m)	Av. P ₂ O ₅ ^{c)} (mg/kg)	Ex. cation ^{d)} (cmol ⁺ /kg)			CEC ^{e)} (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
Mean	5.2	0.5	0.5	4	0.16	2.0	0.49	9.7
SD ^{f)}	0.5	0.02	0.02	0.3	0.02	0.21	0.05	0.8

^{a)}OM: Organic matter, ^{b)}EC: Electrical conductivity, ^{c)}Av. P₂O₅: Available P₂O₅, ^{d)}Ex. Cations: Exchangeable cations, ^{e)}CEC: Cation exchange capacity, ^{f)}SD: Standard deviation in triplicate analysis.

Table 2. Treatments and fertilization background for *C. boreale* M. cultivation in pot test

Treatment	Fertilization rate (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Non-fertilizer	0	0	0
NPK	250	160	160
NP	250	160	0
NK	250	0	160
PK	0	160	160

전량 기비로 시비하였다. 이때 질소질 비료는 요소질, 칼리질 비료로는 염화칼리를 각각 사용하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 수확은 서리가 내리는 시점인 10월 26일에 실시하였으며, 생육과 수량조사는 농사시험연구조사기준(RDA)²²⁾에 준하여 실시하였다.

토양 및 식물체분석. 토양분석은 농업기술연구소의 토양화학분석법(RDA)²³⁾에 준하여 실시하였으며, 시험전과 후의 토양은 음지에서 건조하여 2mm체를 통과시켜 분석 시료로 사용하였다. pH와 EC는 풍건한 토양과 증류수를 1:5로 하여 30분간 진탕한 현탁액을 측정하였고, 유효인산은 Lancaster법, 유기물함량은 Wakley와 Black법²⁴⁾으로 분석하였다. 그리고 치환성 양이온(Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺)은 5g의 토양시료에 50ml의 1M NH₄OAc(pH 7.0)를 가하여 30분간 진탕 여과하여 원자흡광분석법(Atomic absorption spectrophotometer, Shimadzu 660)으로 측정하였다. 식물체분석은 수확 후 잎, 줄기 및 꽃을 분리하여 실온에서 10일간 음건한 후 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 식물체 각 부위의 질소함량은 Kjeldahl법으로 분석하였으며, 인산은 Vanadate법으로, 칼리 등의 양이온들은 원자흡광분석법으로 분석하였다.

아미노산과 cumambrin A의 함량. 아미노산 함량은 Sakano²⁵⁾와 Sulistyó 등²⁶⁾의 방법을 변형하여 건조된 0.5g의 시료를 6N-HCl을 가하여 100°C에서 24시간 동안 가수분해시킨

후 감압농축하고, 이 농축액을 sodium citrate buffer(pH 2.2)에 녹여 아미노산 자동분석기(LKB-Biochrom 20, Pharmacia)를 이용하여 분석하였다. 이때 column은 Bio 20 PEEK sodium feedstuff를 사용하였고, buffer는 sodium citrate(pH 3.2-6.5)를 사용하였으며, flow rate는 ninhydrin 25 ml/hr로 조정하였다. Cumambrin A는 Kimata 등²⁷⁾과 Robbins 등²⁸⁾의 방법을 변형하여 시료 1g을 CHCl₃에 48시간 방치시킨 다음 여과지(Watman No. 2)로 여과하고 여액을 40°C에서 감압농축하여 HPLC(Waters 201, Waters)로 정량분석을 하였다. 분석조건은 detector와 column은 각각 Lamda-max와 Adsorbosphere silica 5μ를 사용하였고, 이동상으로는 dichloromethane(49): isopropanol(1) 혼합용매를 사용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

산국(*C. boreale* M.)의 생육특성은 Table 3에서 보는 바와 같이 초장, 두께 및 분지수는 NPK처리구가 NP, NK 및 PK처리구에 비하여 양호하였으며, PK처리구의 경우는 생장이 뚜렷이 억제되었는데 이는 질소가 생육에 있어서 중요한 요인으로 작용함을 알 수 있었다.^{10,15)} 수량은 NPK처리구가 무비구와 질소결제구인 PK처리구에 비하여 각각 4.3배와 4.0배, NP와 NK 처리구에 비하여 각각 1.05배와 1.15배 건물수량의 증수가 있었다. 따라서 3요소 중 한가지의 무기원소가 결제된 처리구보다는 3요소를 모두 처리한 처리구가 수량증수에 가장 효과적이었으며 특히, 질소가 건물수량 및 생육을 결정하는 주요 요인인 것으로 판명되었다. 또한 칼리가 결제된 NP처리구보다는 인산이 결제된 NK처리구가 건물중이 더 감소하였다. McClelland²⁹⁾는 Oat에서 질소 및 인산이 칼리에 비하여 분얼수와 수량 증가율에 기여하는 역할이 크나 칼리는 직접적인 수량 구성요소에 기여하는 영향은 적다는 보고와 같은 경향을 가지고 있었다.

수확기 식물체의 무기성분의 변화는 Table 4에서 보는 바와

Table 3. Yield and growth characteristics of *C. boreale* M. at harvesting

Treatment	Dried weight (g/plant)				Growth characteristics			
	Leaf	Stem	Flower	Total	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Branch (no./plant)	Flowering date (day mon.)
Non-fertilizer	7.2	34.6	0.4	42.2	50.4	0.48	1.4	23 Oct.
NPK	34.7	114.7	32.9	182.3	148.6	1.37	43.0	24 Oct.
NP	32.5	112.3	27.6	172.4	139.5	1.24	38.7	24 Oct.
NK	29.6	105.3	23.3	158.2	130.5	1.10	33.7	24 Oct.
PK	7.7	36.9	0.5	45.1	50.5	0.49	1.5	23 Oct.
LSD _{0.05}	2.41	4.26	2.00	7.20	6.38	0.10	4.72	-

Table 4. Nutrient content and uptake of *C. boreale* M. at harvesting

Parts	Treatment	Content (g/kg, dry weight)			Uptake (mg/kg)		
		N	P	K	N	P	K
Leaf	Non-fertilizer	7.6	1.0	9.2	54.7	7.2	66.2
	NPK	14.8	1.4	16.7	513.6	48.6	579.5
	NP	14.1	1.4	10.7	458.3	45.5	347.8
	NK	14.5	1.3	21.5	429.2	38.5	636.4
	PK	8.1	1.3	18.5	62.4	10.0	142.5
	LSD _{0.05}	0.85	0.14	0.87	34.4	4.5	41.8
Stem	Non-fertilizer	2.9	0.7	7.4	100.3	24.2	256.0
	NPK	4.6	1.0	4.4	527.6	114.7	504.7
	NP	4.5	0.9	4.0	505.4	101.1	449.2
	NK	4.0	0.8	6.8	421.2	84.2	716.0
	PK	3.4	1.0	7.3	125.5	36.9	269.4
	LSD _{0.05}	0.60	0.13	0.60	58.7	11.8	39.8
Flower	Non-fertilizer	12.9	3.0	21.1	5.2	1.2	8.4
	NPK	19.7	2.9	23.3	648.1	95.4	766.6
	NP	18.5	2.8	21.5	510.6	77.3	593.4
	NK	18.3	2.8	25.6	426.4	65.2	596.5
	PK	13.7	2.9	21.6	6.9	1.5	10.8
	LSD _{0.05}	1.94	0.18	0.70	59.9	5.6	40.5

Table 5. Amino acid contents of the flower part of *C. boreale* M. at harvesting

Item	Non-fertilizer NPK NP NK PK					LSD _{0.05}
	(g/kg, dry weight)					
Alanine	1.5	3.1	2.9	2.7	2.0	0.11
Arginine	1.2	2.9	2.7	2.8	1.7	0.15
Aspartic acid	3.4	5.2	4.8	4.8	3.8	0.18
Cystine	1.2	1.8	1.7	1.7	1.3	0.13
Glutamic acid	4.5	6.3	5.9	5.4	5.0	0.15
Glycine	2.3	3.0	2.7	2.4	2.3	0.12
Histidine	0.9	1.7	1.4	1.4	1.0	0.14
Isoleucine	0.9	2.7	2.3	2.2	1.5	0.11
Leucine	2.3	4.1	3.7	3.4	2.6	0.21
Lysine	2.4	4.0	3.6	3.2	2.8	0.20
Methionine	0.2	0.9	0.3	0.6	0.3	0.06
Phenylalanine	2.0	3.2	3.0	2.9	2.5	0.13
Proline	10.2	16.0	12.8	12.4	11.0	0.22
Serine	1.8	3.1	2.8	2.6	2.4	0.11
Threonine	1.4	3.0	2.6	2.4	1.9	0.08
Tyrosine	0.8	1.7	1.4	1.3	1.0	0.12
Valine	2.0	3.0	2.8	2.7	2.2	0.15
Total AA	37.0	62.7	54.6	52.2	43.1	1.96

같이 부위별 함량은 잎에 비하여 꽃은 2~4배 정도로 많게 조사되었다. 질소 흡수량은 NPK처리구가 왕성한 흡수를 보였으며, NPK처리구에 비하여 NP, NK 및 PK처리구는 각각 87.3%, 75.6%와 11.5% 정도의 흡수율을 나타내었다. 생육과 수량이 가장 우수한 NPK처리구의 양분 이용율은 NPK처리구의 무기원소 흡수량에서 무시용구의 무기원소의 흡수량을 제한 값으로 두고 시용량 중의 각 무기원소로 나누어 산출한 결과, 질소, 인산 및 칼리의 이용율은 각각 40.7%, 21.5%와 76.3%로 나타났다. 일반 야외포장에서의 질소 이용율이 30%인 것을 감안한다면³⁸⁻³⁹⁾ 야외 포장시험보다 질소 이용율이 상회하는 결과를 얻었는데, 이는 공시된 토양이 매우 척박하였고 pot의 제한

된 환경하에서 재배되었기 때문에 양분 이용율이 증가하였던 것으로 판단된다.

산국에서 식용으로 많이 쓰이는 부위는 꽃이며 이 꽃에 함유된 17개의 아미노산 함량을 조사한 결과, Table 5에서 보는 바와 같이 주요 아미노산은 proline(10.2~16.0 g/kg)이었으며 그 다음으로 glutamic acid(4.5~6.3 g/kg)와 aspartic acid(3.4~5.2 g/kg)의 순으로 높게 분포하였다. 처리구별 전체 아미노산의 함량은 NPK처리구에 비하여 NP, NK 및 PK처리구는 각각 87%, 83% 및 70% 수준이었고, 질소가 결체된 PK처리구가 가장 낮은 함량을 보였다. 그리고 전체 아미노산의 함량과 꽃에서의 질소함량과의 상관관계에서 고도의 정의 상관관계($Y = 3.140X -$

Table 6. Cumambrin A contents and yields of *C. boreale* M. at harvesting

Treatment	Cumambrin A content (g/kg, dry weight)			Cumambrin A yield (mg/plant)			
	Leaf	Stem	Flower	Leaf	Stem	Flower	Total
Non-fertilizer	1.80	0.60	3.11	13.0	20.8	1.2	35.0
NPK	1.76	0.64	2.89	61.1	73.4	95.1	229.6
NP	1.54	0.47	2.23	50.1	52.8	61.6	164.5
NK	1.84	0.66	2.97	54.5	69.5	69.2	193.2
PK	1.74	0.59	2.96	13.4	21.8	1.5	36.7
LSD _{0.05}	0.08	0.09	0.20	5.32	8.75	6.63	18.87

Table 7. Correlation coefficients between cumambrin A and mineral contents in *C. boreale* M. at harvest

Item	Parts	N	P	K
Cumambrin A	Leaf	-0.282	-0.522*	0.651**
	Stem	-0.044	-0.259	0.735**
	Flower	-0.524*	-0.523*	0.514*

* and ** denote significance at 5% and 1% levels, respectively.

2.245, $r=0.966$, $p<0.001$)가 인정이 되었다. Nowacki 등³⁰)과 Björkman 등³¹)도 질소의 시비량이 증가할수록 아미노산함량이 증가한다는 보고와 유사하였다.

산국에서 혈압강하 효과가 우수한 cumambrin A의 부위별 함량은 꽃이 가장 많은 함량을 보인 반면에 잎과 줄기는 각각 61.3%와 20.9%에 불과하였다(Table 6). 식물체내의 각 부위별 질소함량과 cumambrin A와의 사이에는 부의 상관관계가 있었으나 유의적 차이는 없었다(Table 7). 이는 인삼에서 무기성분과 saponin과의 상관관계를 유추한 결과, 질소성분과는 부의 상관관계가 있음을 보고한 것과,³²) Basil에서 정유의 농도와 질소의 시비량 사이에 부의 상관관계가 있음을 보고한 것과³³) 유사한 경향을 나타내었다. 무비구와 질소 결제구인 PK처리구에서 cumambrin A 함량이 높았는데 Tuomi³⁷)의 토양 양분이 부족한 곳에 생육하고 있는 식물체는 체내 이차대사산물의 양을 증가시킨다는 가설과 Lee 등³⁴)의 비료 3요소가 saponin 생합성에 미치는 영향을 조사한 결과, saponin함량은 무비구와 양분결핍구에서 가장 높은 함량을 보였다고 보고한 바와 같은 경향이였다. 그러나 무비구와 PK처리구는 전체 cumambrin A의 수량에서 NPK처리구에 비하여 6배정도 생산량이 적었는데 앞에 기술한 바와 같이 질소가 중요한 성장저해요인으로 작용함을 알 수 있었다. 또한 NK처리구가 NP처리구보다 cumambrin A의

함량이 25%가 증가하였는데 이것은 인산보다도 칼리가 cumambrin A의 함량을 증가시키는 요인인 것으로 사료되어지나 아직 생리적 대사과정은 밝혀져 있지 않다. 그러나 일부 보고에서 인산의 사용량의 증가가 sesquiterpene의 함량을 감소시키는 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있으며, Vagujfalvi³⁵)과 Son 등³⁶)의 은행나무 묘목에서 인산의 시비량이 증가할수록 monoterpene lactone과 sesquiterpene의 함량이 감소한다는 보고와 맥락을 같이한다고 사료된다. 또한 산국에서 cumambrin A 함량과 칼리와의 정의 상관관계가 인정이 되었다(Table 7). 따라서 cumambrin A의 함량을 높이기 위해서는 인산보다는 칼리의 사용이 더 요구되며, 앞으로 인산과 칼리의 적정 시비량의 설정이 필요하다고 판단된다.

수확 후 토양의 이화학적은 Table 8에서 보는바와 같이 무기성분의 유효도에 영향을 미치는 토양의 pH는 5.2-5.3으로 시험 전과 차이가 없었으며, 치환성 양이온 역시 시험 전에 비하여 시험 후에도 크게 증가하지 않았다. 질소를 처리한 구에서는 질소 무비구에 비하여 유기물 함량이 증가하였는데 이는 토양 중의 미생물이 질소를 이용하여 biomass가 증대되었기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 인산의 시비량이 적은 NK처리구는 상대적으로 낮은 유효인산 함유율을 가지고 있었다.

참고문헌

1. Lee, C. H. (1985) In *Illustrated Encyclopedia of Flora in Korea*. Hyangmoonsa, Seoul, p. 648.
2. Ko, K. S. (1991) In *Coloured Wild Plants of Korea*. Academy Press, Seoul, p. 32.
3. Choi, Y. J. (1992) In *Korean Traditional Herbal Plants*. Academic Press, Seoul, p. 53.
4. Haruma, M., Kato, M., Ito, K., Nikai, T., Sugihara H. and

Table 8. Chemical properties of soil after harvesting

Treatment	pH (1:5)	OM ^{a)} (g/kg)	EC ^{b)} (dS/m)	Av. P ₂ O ₅ ^{c)} (mg/kg)	Ex. Cations ^{d)} (cmol ⁺ /kg)		
					K	Ca	Mg
Non-fertilizer	5.3	0.5	0.07	4	0.17	2.3	0.49
NPK	5.2	0.8	0.16	20	0.19	2.0	0.50
NP	5.2	0.7	0.15	19	0.16	2.0	0.51
NK	5.2	0.6	0.13	5	0.18	2.2	0.49
PK	5.3	0.5	0.09	17	0.18	2.1	0.51
LSD _{0.05}	0.2	0.04	0.02	1.6	0.03	0.19	0.07

^{a)}OM: Organic matter, ^{b)}EC: Electrical conductivity, ^{c)}Av. P₂O₅: Available P₂O₅, ^{d)}Ex. Cations: Exchangeable cations.

- Murato, H. (1981) Angeloylcumambrin B, an antimicrobial sesquiterpene lactone from *Chrysanthemum ornatum* var. *Phytochemistry* **20**, 2583-2584.
5. Dan, B. and Andrew, G. (1986) In *Chinese Herbal Medicine*. Eastland Press, Seattle, p. 59.
6. Nam, S. H., Choi, S. D., Choi, J. S., Jang, D. S., Choi, S. U. and Yang, M. S. (1997) Effect of sesquiterpene lactones isolated from *C. boreale* against Sarcoma180 implanted in ICP mice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **26**, 144-147.
7. Yang, M. S., Park, K. H., Jang, D. S., Choi, S. U., Nam, S. H. and Mooto, S. (1996) Cumambrin A in *Chrysanthemum boreale* Makino preparation, X-ray crystal structure and ¹³C- and ¹H-NMR study of cumambrin A. *Kor. J. Pharmacogn.* **27**, 207-211.
8. Hong, Y. G., Yang, M. S. and Park, Y. B. (1999) Effect of cumambrin A treatment on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Kor. J. Pharmacogn.* **30**, 226-230.
9. Bryant, J. P., Chapin, F. S. and Klein, D. R. (1983) Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* **40**, 357-368.
10. Bryant, J. P., Clausen, T. P., Reichardt, P. B., McCarthy, M. C. and Werner, R. A. (1987) Effects of nitrogen fertilization upon the secondary chemistry and nutritional value of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) leaves for the large aspen tortrix (*Choristoneura conflictana* Walker). *Oecologia* **73**, 513-517.
11. Tuomi, J., Niemela, P., Haukioja, E., Siren, S. and Neuvonen, S. (1984) Nutrient stress: An explanation for plant anti-herbivore responses to defoliation. *Oecologia* **61**, 208-210.
12. Tuomi, J., Niemela, P., Chapin, F. S., Bryant, J. P. and Siren, S. (1988) In *Defensive Responses of Trees in Relation to Their Carbon/Nutrient balance*. Springer, New York, pp. 57-72.
13. Coley, P. D., Bryant, J. P. and Chapin, F. S. (1985) Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* **230**, 895-899.
14. Adler, P. R., Simon, J. E. and Wilcox, G. E. (1989) Nitrogen from alters sweet basil growth and essential oil content and composition. *Hortscience* **24**, 789-790.
15. Muzika, R. M. (1993) Terpenes and phenolics in response to nitrogen fertilization: a test of the carbon/nutrient balance hypothesis. *Chemoecol.* **4**, 3-7.
16. Iason, G. R., Duncan, A. J., Hartley, S. E. and Staines, B. W. (1996) Feeding behaviour of red deer (*Cervus elaphus*) on Sitka spruce (*Picea sitchensis*): the role of carbon nutrient balance. *Forest Ecol. Manage* **88**, 121-129.
17. Lawler, I. R., Foley, W. J., Woodrow, I. E. and Cork, S. J. (1997) The effects of elevated CO₂ atmospheres of the nutritional quality of Eucalyptus foliage and its interactions with soil nutrient and light availability. *Oecologia* **109**, 59-68.
18. Gref, R. and Tenow, O. (1987) Resin acid variation in sun and shade needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Can. J. For. Res.* **17**, 346-349.
19. Kainulainen, P., Oksanen, J., Palomaki, V., Holpainen, J. K. and Holopainen, T. (1992) Effect of drought and waterlogging stress on needle monoterpenes of *Picea abies*. *Can. J. Bot.* **70**, 1613-1616.
20. Doran, J. C. and Bell, R. E. (1994) Influence of non-genetic factor on yield of monoterpenes in leaf oils of *Eucalyptus camaldulensis*. *New For.* **8**, 363-376.
21. Nerg, A., Kainulainen, P., Vuorinen, M., Hanso, M., Holopainen, J. K. and Kurkela, T. (1994) Seasonal and geographical variation of terpenes, resin acids and total phenolics in nursery grown seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *New Phytol.* **128**, 703-713.
22. RDA (Rural Development Administration, Korea) (1995) In *Standard Investigation Methods for Agricultural Experiment*. RDA, Suwon, Korea, p. 601.
23. RDA (Rural Development Administration, Korea) (1988) In *Methods of Soil Chemical Analysis*. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
24. Allison, L. E. (1965) Organic carbon. In *Methods of Soil Analysis (Part II, Ed. Black, C. A.)*. Am. Soc. of Agron. Inc. Publ., Madison, pp. 1367-1376.
25. Sakano, K. (1981) Regulation of aspartatekinase isoenzyme levels in cultured cells of *Vinca rosea*. *Plant Cell Physiol.* **14**, 1343-1353.
26. Sulistyo J., Naotoshi, T. Kazumi, F. and Kiuchi, K. (1988) Production of Natto starter. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* **35**, 280-281.
27. Kimata, H., Hiyama, C. and Aiura, M. (1979) Application of high performance liquid chromatography to the analysis of crude drugs. *Chem. Pharm. Bull.* **27**, 1836-1841.
28. Robbins, M. P., Evans, T. E. and Morris, P. (1996) The effect of plant growth regulators of growth, morphology and condensed tannin accumulation in transformed root cultures of *Lotus corniculatus*. *Plant Cell, Tissue, Organ Culture* **44**, 219-227.
29. McClelland, C. K. (1931) Effect of various plant food in growth activities and development of oats. *J. Am. Soc. Agron.* **23**, 304-311.
30. Nowacki, E., Gorski, P., Nowacka, D. and Waller, G. G. (1976) Effect of nitrogen nutrition on alkaloid metabolism in plants. *Biochem. Physiol. Plant* **169**, 231-240.
31. Björkman, C., Larsson, S. and Gref, R. (1991) Effects of nitrogen fertilization on pine needle chemistry and sawfly performance. *Oecologia* **86**, 202-209.
32. Lee, C. H., Park, H. and Lee, J. M. (1980) Distribution and relationship of chemical constituents in *Panax Gginseng*. *J. Korean Agri. Chem. Soc.* **22**, 45-51.
33. Haelvae, S. (1987) Studies on fertilization of dill (*Anethum graveolens*) and basil (*Ocimum basilicum*). III. Oil yield of basil affected by fertilization. *J. Agric. Sci. Finland* **59**, 25-29.
34. Lee, J. H., Mok, S. K., Kim, N. S. and Baek, N. I. (1983) Study on physiological disorder in Ginseng, study on nutrition and physiology in Ginseng. *Ann. Rep. Kor. Ginseng & Tobacco Res. Insti.* 95-152.
35. Vagujfalvi, D. (1962) Az asvanyi taplalkozas a kamilla. *Matricaria chamomilla* L. novekedesere es prokarmarzulentartalmara. *Herva Hung.* **1**, 65-72.
36. Son, Y., Kim, Z. S., Hwang, J. H. and Park, S. P. (1998) Fertilization effects on growth, foliar nutrients and extract concentrations in Ginkgo seedlings. *J. Korean For. Soc.* **87**, 98-105.
37. Tuomi, J. (1992) Toward integration of plant defence theories. *Tree* **7**, 365-367.

38. Kim, J. G., Lee, K. B., Lee, D. B. Lee, S. B. and Kim, S. J. (1998) Effect of chicken manure compost application on the growth of vegetables and nutrients utilization in upland soil. *Korean J. Soil Sci. & Fert.* **31**, 177-182.
39. Park, H. and Shin, C. S. (1973) Mineral nutrition of field-grown rise plant. II Recovery of fertilizer nitrogen, phosphorus, and potassium in relation to climatic zone and physical or chemical characteristics of soil profile. *Korean J. Soil Sci. & Fert.* **6**, 17-26.

Effect of NPK Fertilization on the Yields and Effective Components of *Chrysanthemum boreale* M.

Kyung Dong Lee^{1,2,*}, Min Suk Yang^{1,2}, Yeun-Kyu Jung³, Bo-Kyoon Sohn³, Ju-Sik Cho³, Seong Tae Lee⁴ and Pil Joo Kim^{1,2} (¹Institute of Agriculture and Life Sciences and ²Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea; ³Department of Agricultural Chemistry, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea; ⁴Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea)

Abstract: To establish the fertilization condition to increase the productivity of *Chrysanthemum boreale* M. with high quality, the effects of three nutrients (N, P, K) on the yields and the effective components were investigated in the pot scale. NPK was applied by chemical fertilizers with N-P₂O₅-K₂O = 250-160-160 kg/ha as a main treatment, and NP (N-P₂O₅ = 250-160 kg/ha), NK (N-K₂O = 250-160 kg/ha), and PK (P₂O₅-K₂O = 160-160 kg/ha) treatments were settled as comparison. Dry yields of *C. boreale* M. was increased significantly to 4 fold higher by nitrogen. Nitrogen increased apparently plant growth and inorganic nutrient uptake. In the flower, which is most useful and edible part as a herbal medicine, main amino acids were glutamic acid and aspartic acids, and the total content was increased significantly by three elements of application. In addition, the content of cumambrin A, which is known to have the effect of blood-pressure reduction, was increased source to 6.2 times by nitrogen higher than that in PK treatment. Potassium was more effective in biosynthesis of cumambrin A than phosphorus, but the biological pathway was not clear, still.

Key words: *Chrysanthemum boreale* M., cumambrin A, amino acid, fertilizer

*Corresponding author