

## 바위돌꽃 (*Rhodiola rosea* L.)의 축성재배시 질소 시비에 따른 수량과 Salidroside 함량

이강수\*† · 최선영\* · 이용근\*\* · 황선아\*

\*전북대학교 농업생명과학대학 작물생산공학전공, \*\*중국 운남농업대학 농학 및 생물기술학원

### Comparison of Yield and Content of Salidroside with Application Rates of Nitrogenic Fertilizer under Forcing Culture of *Rhodiola rosea* L.

Kang Soo Lee\*†, Sun Young Choi\*, Long Gen Li\*\*, and Seon Ah Hwang\*

\*Crop Production and Technology Major, College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea.

\*\*College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Heilongtan, Kunming, Yunnan 650-201, China.

**ABSTRACT :** This experiment was conducted to investigate the optimum nitrogen fertilization conditions for the production of high-quality *Rhodiola rosea* L. in forcing culture. Up until 48 kg N/10 a of both urea and ammonium sulfate, dry matter yield of root of *Rhodiola rosea* L. tended to increase with increase in application rates, however, it decreased thereafter in higher application rates. In the case of urea, the content of salidroside in the root of the *Rhodiola rosea* L. appeared to decrease rapidly from the application rates of 64 kg N/10 a and over. Meanwhile, the content of salidroside in the root tended to decrease gradually with the application rates exceeding 64 kg N/10 a of ammonium sulfate. The optimum fertilization rates of urea and ammonium sulfate was 45-8-20-10-10 (N-P-K-Ca-Mg) kg/10 a according to the curvilinear regression equation. However, considering the nitrogen accumulation in soil, nitrogen translocation into the plant, and dry matter yield and content of salidroside in the root of *Rhodiola rosea* L., the optimum fertilization rates of urea and ammonium sulfate would be 40-8-20-10-10 kg/10 a and 35-8-20-10-10 kg/10 a, respectively.

**Key Words :** *Rhodiola rosea* L., Salidroside, Urea, Ammonium sulfate

## 서 언

바위돌꽃 (*Rhodiola rosea* L.)은 고산지대에서 자라는 다년생 초본식물로서 식물 분류상 피자식물문 (*Angiospermae*) 돌나물과 (*Crassulacae*) 돌꽃속 (*Rhodiola*)에 속한다. 돌꽃속은 전 세계에 96종이 있는데 중국에 50%가 서식하고 있다. 바위돌꽃은 우리나라에 자생하는 돌꽃속의 일종으로 온도가 낮고, 건조하며 산소가 적고, 낮과 밤의 온도 차이가 큰 해발 1,700~2,300 m의 조건에서 생존할 수 있는 특수한 적응성을 가지고 있다. 우리나라에서는 백두산, 포태산, 낭림산의 정상에 자생하고 있는 것으로 알려져 있다 (Lee *et al.*, 2004).

현재까지 돌꽃속 식물의 생리활성에 대한 연구로는 항알러지 효과 (Yoshikawa *et al.*, 1997), 항산화, 항돌연변이 및 세포독성 효과 (Choi *et al.*, 2003), 학습력과 기억력 개선

(Salikhovw *et al.*, 1997), 항암 효과 및 면역증진 효과 (Kim *et al.*, 2006), 미백 효과 (Choi *et al.*, 2004), 항균 효과 (Sim *et al.*, 2004) 등 많은 연구가 보고되어 있다. 고산지대에서만 자생하는 바위돌꽃의 국내 생산은 전무한 실정이며, 자생지 기상환경 특성과는 전혀 다른 저위도 평지 지역에서 효율적으로 바위돌꽃을 재배번식하기 위한 실생묘 축성생산 방법 (Lee, 2004; 2005)과 salidroside의 생산을 위한 조직배양 연구 (Kim *et al.*, 2004)가 일부 진행되고 있다.

토양중 질소는 단백질을 합성하고 여러 가지 대사에 필요한 아미노산의 주요 구성성분이며, phenylalanine의 생산에 필수적이다. 페닐알라닌은 바위돌꽃의 주요 유효성분인 salidroside의 화학구조를 형성하는 일반적인 phenylpropanoid pathway의 출발점이 되기도 한다. Xu *et al.* (1998)는 바위돌꽃 자생지 토양을 대상으로 질소의 함량과 바위돌꽃의 유효성분인

†Corresponding author: (Phone) +82-63-270-2507 (E-mail) kangsoo@chonbuk.ac.kr  
Received October 26, 2007 / Accepted April 4, 2008

**Table 1.** Physical and chemical properties of the test plot soil.

Items	Chemical properties	Particle size fraction (%)	
Organic matter (g/100 g)	3.25	Sand	37.3
pH (1 : 5 H <sub>2</sub> O)	6.25	Silt	49.2
Total-N (mg/kg)	1,022.3	Clay	13.5
Avail.-P (mg/kg)	205.2		
CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	8.52		
Exchangeable cations (mg/kg)			
Ca <sup>++</sup>	422.8		
Mg <sup>++</sup>	132.4		
Na <sup>+</sup>	0.7		
K <sup>+</sup>	16.8		
Heavy metals (mg/kg)			
Pb	10.63		
Cd	0.09		
Cu	5.47		
Zn	25.12		

salidroside의 함량과의 관계를 밝힌 바 있으나, 저위도 평지에서 축성재배시 질소시비에 대한 연구는 이루어진 바 없다. 본 연구에서는 바위돌꽃의 축성재배시 질소비료의 종류와 처리량 차이가 수량 및 유효성분 salidroside의 함량변화에 끼치는 영향을 구명하여 고품질의 바위돌꽃을 생산할 수 있는 시비조건을 확립하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 토양 특성

본 시험포장의 토양은 고천통 (高川統, Gocheon series, Silt loam, coarse loamy over sandy skeletal, mixed, mesic family of Fluvaquentic Dystrochrepts)으로 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

시험포장의 토성은 사질식양토 (sandy clay loam, SCL), 토양 유기물 함량은 3.25%, 양이온교환용량 (CEC)는 8.52 cmol<sup>+</sup>/kg, 토양 pH는 6.25로 시험포장으로 적정수준이었다. 그 밖의 이화학적 특성은 우리나라 일반 밭토양의 특성과 유사하였다.

### 2. 시험포장 운영

본 실험은 2004~2006년에 걸쳐 전북대학교 농업생명과학대학 시험포장에서 실시하였다. 실험재료는 2002년 10월 1일에 중국 연변대학에서 분양받은 바위돌꽃 (*Rhodiola rosea* L.)이다. 2004년 9월 7일에 바위돌꽃 종자를 100 mg/L GA3 용액에 24시간 침지시킨 후 건조시켰다. 그 후 2004년 9월 10일에 종자를 시험포장에 파종하여 2005년 7월 15일까지 비가림

**Table 2.** Application rates of nitrogenic fertilizer in experimental plot.

Fertilizer	Code	Application rates of chemical fertilizer (N-P-K-Ca-Mg kg/10 a)
Ammonium sulfate	AS-0	0-8-20-10-10
	AS-1	16-8-20-10-10
	AS-2	32-8-20-10-10
	AS-3	48-8-20-10-10
	AS-4	64-8-20-10-10
	AS-5	80-8-20-10-10
Urea	AS-6	96-8-20-10-10
	U-0	0-8-20-10-10
	U-1	16-8-20-10-10
	U-2	32-8-20-10-10
	U-3	48-8-20-10-10
	U-4	64-8-20-10-10
U-5	80-8-20-10-10	
U-6	96-8-20-10-10	

하우스내에서 재배하였다.

2005년 7월 15일에 바위돌꽃을 수확하여 식물체 지상부를 균일하게 절단한 후 지하부를 저온창고 (5°C 균일 유지)에 저장하였다. 저온창고에 보관중인 바위돌꽃을 비가림 하우스로 옮긴 후 10월 13일에 크기와 무게가 비슷한 종구 (8~10 g)를 선발하여 1 m<sup>2</sup> (1 m × 1 m)의 시험구에 재식거리 50 cm × 25 cm로 시험구당 8주씩 정식하였으며, 시험구 배치는 분할구 배치 3반복으로 수행하였다. 토양수분 관리는 포장용수량을 기준으로 저녁에 스프링클러를 이용하여 관개수를 공급하였다. 겨울철 온도 하강으로 인한 식물체 동해를 사전에 예방하기 위해 2005년 11월부터 2006년 3월까지 비가림 하우스내 온도를 3°C로 설정한 상태에서 농업용 난방기 (풍농 DH-20079X)를 설치하여 가온처리를 수행하였다.

### 3. 화학비료 처리

2003년부터 수행하였던 예비실험을 통해 바위돌꽃이 질소를 다량으로 요구하고 있는 다비작물임이 확인되었다. 이에 본 실험에서는 다비작물로 알려져 있는 배추작물의 질소시비량을 기준으로 성분량으로 32 kg/10 a을 표준처리구로 선정하였다. 각 처리구별 화학비료의 시비량은 Table 2에 나타낸 바와 같고 처리방법은 기비(基肥) 40% (2005년 10월 3일), 추비(追肥) 60%를 2회에 걸쳐 2005년 12월 23일에 30%, 2006년 2월 20일에 30%를 분시하였다. 칼륨비료는 기비 50%, 추비 1차 25%, 2차 25%를 질소비료 시비와 동일한 날짜에 처리하였으며, 그 밖의 인산, 칼슘, 마그네슘은 전량 기비로 100% 처리하였다. 화학비료의 기비는 모두 전층시비(全層施肥)법을, 추비는 모두 표층시비(表層施肥)법으로 처리하였다. 또한, 바위돌꽃의 생육과 유효성분 함량에 황의 함유 여부가 어느 정도

영향을 끼치는가를 조사하기 위해 질소성분량으로 동일하게 유안 [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, N 21%, S 20%]과 요소비료 [(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO, N 46%]를 처리하여 비교하였다.

4. 토양 및 식물체 분석

토양시료의 분석은 토양화학분석법 (NIAS, 1987)에 기준하였다. 토양 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석한 현탁액에서 pH meter (TOA HM-20S)로 측정하였으며, 토성은 Pipette법, 유기물은 Walkley-black법, 총인산은 Vanadomolybdate법, 유효인산은 Bray No. 2법, 치환성 양이온은 토양 10 g을 1M- NH<sub>4</sub>OAc (pH: 7.0)에 의한 침출 후 원자흡수분광광도계 (Perkin elmer 2380)를 이용하여 분석하였다. 질산태질소는 Brucine법, 암모니아태질소와 총질소는 Kjeldahl법으로 측정하였다. 총중금속은 시료 2 g에 진한 HNO<sub>3</sub> 20 mL와 진한 HClO<sub>4</sub> 10 mL를 가하여 12시간 방치 후 분해액의 색이 거의 백색으로 될 때까지 가열 분해, 여과한 다음 유도결합플라즈마발광분석법 (Shimadzu ICPS-7000)으로 분석하였다.

바위돌꽃 식물체중 화학성분 분석은 Horner and Pratt (1963)의 방법에 기준하였다. 총질소는 식물체 시료 2 g을 취하여 Macro kjeldahl 법으로, 총인은 식물체 시료 2 g을 취하여 Molybdenum blue법으로, 양이온은 시료 2 g을 취하여 진한 HNO<sub>3</sub> 20 mL와 진한 HClO<sub>4</sub> 10 mL를 가하여 분해한 다음 원자흡수분광광도계를 이용하여 분석하였다.

5. 바위돌꽃 뿌리중 salidroside 분석

바위돌꽃의 유효성분인 salidroside의 함량분석은 다음과 같이 수행하였다. 식물체의 뿌리를 70°C에서 건조시킨 후 분쇄한 다음 1 g을 methanol 10 mL로 24시간 추출하여 분석하였

다. HPLC 분석은 Young Lin SP 930D와 UV 730D (Young Lin Co., Korea)를 이용하였으며, 컬럼은 u-Bondapak C<sub>18</sub>을, 이동상으로는 20% MeOH을 1 mL/min의 유속으로 조절하였다. 시료는 10 µl 주입후 276 nm에서 자외선 흡광도로 검출하였다.

6. 뿌리 수확량 조사

지하부 수량은 2006년 7월 3일 각 시험구당 8개 × 3반복 처리 = 24주를 조사하였고, 10 a당 수량은 뿌리중 × 재식주수 × 수확주율로 환산하여 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 토양의 화학적 특성 변화

바위돌꽃 수확후 토양을 대상으로 요소비료와 유안비료의 처리량에 따른 토양의 화학적 특성변화를 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. 토양 pH는 무처리구에서 7.60을 나타내었고, 요소비료 처리구와 큰 차이를 나타내지 않았으나 (P < 0.05), 요소비료가 표준처리구에 비해 3배 이상 처리된 U-6 처리구에서 토양 pH가 7.09로 다소 낮은 경향을 나타내었는데 이는 생리적 중성비료인 요소의 경우도 과다하게 처리될 경우 토양 pH 감소의 일부 원인이 될 수 있을 것으로 판단된다. 요소비료의 처리량이 증가할수록 토양중에 잔존하는 총질소의 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며 (P < 0.05), U-5와 U-6 처리구는 과다한 질소성분이 축적되고 있는 것으로 나타났다. 요소비료의 시비량이 증가할수록 암모니아태질소와 질산태질소가 일부 증가하는 경향이었으나 유의성 있는 증가를 나타내지는 않았다 (P < 0.05).

Table 3. Changes in nutrient concentrations with application rates of urea and ammonium sulfate in experimental soil.

(unit: mg/kg)

Fertilizer	Code	pH (1 : 5H <sub>2</sub> O)	Total-N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Avail.-P
Urea	U-0	7.60 ± 0.69	945.1 ± 86.3 <sup>a+</sup>	37.5 ± 8.1	13.7 ± 7.2	246.3 ± 15.6
	U-1	7.61 ± 0.74	1029.4 ± 63.8 <sup>b</sup>	42.1 ± 8.8	17.2 ± 3.6	226.6 ± 18.9
	U-2	7.70 ± 0.92	1172.8 ± 71.1 <sup>c</sup>	45.7 ± 3.9	15.2 ± 5.8	242.1 ± 19.2
	U-3	7.65 ± 0.84	1320.5 ± 80.0 <sup>d</sup>	48.0 ± 4.8	16.5 ± 9.0	255.6 ± 24.5
	U-4	7.22 ± 0.69	1403.6 ± 69.9 <sup>d</sup>	47.5 ± 5.4	14.0 ± 3.9	245.9 ± 30.0
	U-5	7.71 ± 0.57	1616.2 ± 91.2 <sup>e</sup>	51.2 ± 6.0	14.8 ± 5.1	215.4 ± 25.4
	U-6	7.09 ± 0.54	1898.6 ± 86.3 <sup>e</sup>	50.4 ± 3.8	15.3 ± 4.5	238.6 ± 36.9
Ammonium sulfate	AS-0	7.45 ± 1.05	968.5 ± 45.3 <sup>a</sup>	32.5 ± 6.3	16.6 ± 2.2	215.9 ± 51.1
	AS-1	6.26 ± 0.51	1094.4 ± 82.1 <sup>b</sup>	59.4 ± 8.1	18.1 ± 3.6	240.1 ± 36.5
	AS-2	6.16 ± 0.63	1203.2 ± 36.9 <sup>c</sup>	62.2 ± 5.9	15.2 ± 3.3	218.9 ± 51.8
	AS-3	5.36 ± 0.17	1429.5 ± 58.5 <sup>d</sup>	59.4 ± 3.1	19.0 ± 5.1	234.4 ± 55.2
	AS-4	5.10 ± 0.25	1672.8 ± 93.6 <sup>e</sup>	53.0 ± 8.7	17.4 ± 2.5	233.3 ± 36.3
	AS-5	5.21 ± 0.13	1672.8 ± 52.5 <sup>e</sup>	59.4 ± 9.2	16.6 ± 3.3	236.3 ± 41.2
	AS-6	5.02 ± 0.18	1781.5 ± 78.4 <sup>e</sup>	57.5 ± 9.6	14.9 ± 6.9	217.9 ± 50.4

+ Mean separation within columns by Duncan's Multiple Range Test 5% level.

유안비료 처리량에 따라 토양 pH는 큰 차이를 나타내었다. 유안비료가 처리되지 않은 무처리구 토양의 pH가 7.45 수준인 반면, 유안비료가 표준시비량 처리된 AS-2에서는 6.16, 유안비료가 200% 처리된 AS-4에서는 5.10 그리고 유안비료가 300% 처리된 AS-6에서는 5.02를 나타내어 유안비료의 처리량이 증가함에 따라 토양 산성도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다 ( $P < 0.05$ ). 유안비료는 토양중에서 암모늄 이온과 황산 이온으로 해리되며, 암모늄이온은 식물흡수, 토양고정 및 탈질과 휘산을 통한 대기중으로 이동되고 황산이온은 토양수와 반응하여 황산을 형성하므로 토양을 산성화 시킬 수도 있는 것으로 판단된다.

토양 pH가 감소될 경우 토양내에 존재하는 필수미량원소 몰리브덴의 용해도가 감소하여 식물체로의 흡수이행이 감소할 우려가 있고, 상대적으로 유해 중금속 물질의 용해도가 증가할 가능성이 있다. 또한 식물 뿌리의 호흡 및 삼투압 불량으로 인한 작물생육 저해 현상이 나타날 우려가 있을 것으로 예상된다. 유안비료의 처리량이 증가할수록 토양중에 잔존하는 총질소의 함량이 증가하는 경향을 나타내었으나, AS-4, AS-5, AS-6에서는 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다 ( $P < 0.05$ ). 이들 처리구에서도 필요 이상으로 많은 양의 질소성분이 축적되고 있는 것으로 나타났다. 암모니아태질소와 질산태질소의 경우 일반적인 발토양 수준을 유지하고 있었으며, 요소비료 처리구보다 암모니아태질소의 토양내 고정이 더 큰 것으로 나타났다.

Yan *et al.* (2004)이 백두산 해발 1800~2350 m 사이에서 바위돌꽃 자생지 토양특성을 조사한 결과, 백두산 토양중 총질소의 함량은 0.1~0.7% 수준, 치환성질소 (암모니아태질소 + 질산태질소) 함량은 160~359 mg/kg의 범위였다. 본 결과에서 나타난 토양중 총질소의 함량은 0.09~0.19%의 범위였으며, 치

환성질소의 함량은 50~70 mg/kg의 수준으로 Yan *et al.* (2004)의 조사결과보다 낮게 나타났다. 이같은 결과는 Yan *et al.* (2004)의 조사대상 지역이었던 백두산 근처 토양의 경우 다량의 유기물이 지표면을 덮고 있을 것으로 추정되기에 유기물 유래 총질소의 함량이 높았기 때문인 것으로 판단된다.

결론적으로, 토양의 화학적인 특성을 고려하였을 때 유안비료의 처리는 토양의 산성화를 심화시킬 우려가 있을 것으로 판단된다. 유안비료에 함유되어 있는 황 성분의 공급을 위해 유안비료를 처리할 경우에는 32 kg N/10 a 수준이 적합할 것으로 판단되며, 요소비료의 경우에도 질소성분의 토양집적 우려를 저감시키기 위해서는 32~48 kg N/10 a 수준이 적정수준인 것으로 나타났다.

## 2. 바위돌꽃 뿌리의 무기성분 변화

요소와 유안비료의 처리수준별 바위돌꽃의 뿌리에 분포하는 식물영양물질의 흡수이행 특성을 조사한 결과는 Table 4에 나타나 있다. 요소비료의 처리수준별 총질소의 흡수이행량은 시비량이 증가할수록 증가하는 경향이었으나, 유안비료는 일정한 경향을 나타내지 않았다 ( $P < 0.05$ ). 이와 같은 결과는 요소의 경우 표준시비량의 150%, 유안은 표준시비량 수준까지만 시비하여도 실제적으로 바위돌꽃 뿌리로 흡수이행되는 질소의 양이 거의 유사한 수준임을 보여주는 지표로 판단된다.

질소원으로 요소비료와 유안비료를 0-96 kg/10 a 수준으로 처리하고, 유효성분량으로 인산 8 kg/10 a, 칼리 20 kg/10 a, 그리고 칼슘과 마그네슘은 각각 10 kg/10 a 수준으로 처리하였을 때 바위돌꽃 뿌리중 무기성분의 변화를 조사한 결과, 이들 무기성분은 질소비료의 처리량별로 그리고 질소비료의 처리원별에 따라 별다른 차이를 나타내지 않았다.

**Table 4.** Content of essential macro nutrients in *Rhodiola rosea* L. root with application rates of urea and ammonium sulfate.

(unit: mg/kg)

Fertilizer	Code	Total-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O
Urea	U-0	2,524.4 ± 478.5 <sup>a+</sup>	9,058.6 ± 625.8	200.6 ± 52.5	1,972.5 ± 412.0	3,789.7 ± 501.5
	U-1	4,048.8 ± 521.1 <sup>b</sup>	8,802.3 ± 748.5	134.8 ± 63.9	2,027.1 ± 222.1	3,932.1 ± 523.9
	U-2	4,957.5 ± 553.6 <sup>b</sup>	9,229.6 ± 885.2	226.7 ± 74.1	1,533.1 ± 309.8	3,845.9 ± 224.0
	U-3	5,292.1 ± 396.8 <sup>b</sup>	9,273.3 ± 496.3	227.5 ± 58.2	1,377.8 ± 441.2	4,091.3 ± 289.6
	U-4	5,509.6 ± 478.1 <sup>c</sup>	9,507.9 ± 639.2	260.3 ± 63.3	2,002.2 ± 396.5	3,763.7 ± 471.2
	U-5	6,082.9 ± 542.3 <sup>c</sup>	9,207.8 ± 125.4	209.4 ± 70.1	2,077.6 ± 366.2	3,999.0 ± 395.1
	U-6	6,356.6 ± 603.9 <sup>c</sup>	9,400.6 ± 854.2	165.8 ± 28.5	2,109.1 ± 485.9	3,835.2 ± 222.2
Ammonium sulfate	AS-0	3,467.2 ± 956.2 <sup>a</sup>	8,459.8 ± 639.6	317.7 ± 52.1	1,634.9 ± 259.6	4,246.1 ± 699.5
	AS-1	3,771.4 ± 745.9 <sup>a</sup>	10,856.8 ± 995.2	157.9 ± 69.6	1,427.2 ± 415.2	4,152.3 ± 847.4
	AS-2	4,835.9 ± 587.4 <sup>a</sup>	10,171.8 ± 478.2	209.4 ± 17.5	1,501.1 ± 363.2	4,195.8 ± 258.5
	AS-3	5,870.0 ± 859.3 <sup>b</sup>	9,462.5 ± 589.6	196.8 ± 52.2	1,870.1 ± 500.1	3,789.9 ± 363.0
	AS-4	6,569.5 ± 478.2 <sup>b</sup>	9,358.8 ± 639.5	172.6 ± 63.3	1,975.7 ± 325.9	4,071.9 ± 187.5
	AS-5	6,113.3 ± 555.2 <sup>b</sup>	9,937.3 ± 542.5	252.5 ± 25.4	2,015.7 ± 426.8	3,746.2 ± 263.9

<sup>+</sup> Mean separation within columns by Duncan's Multiple Range Test 5% level.

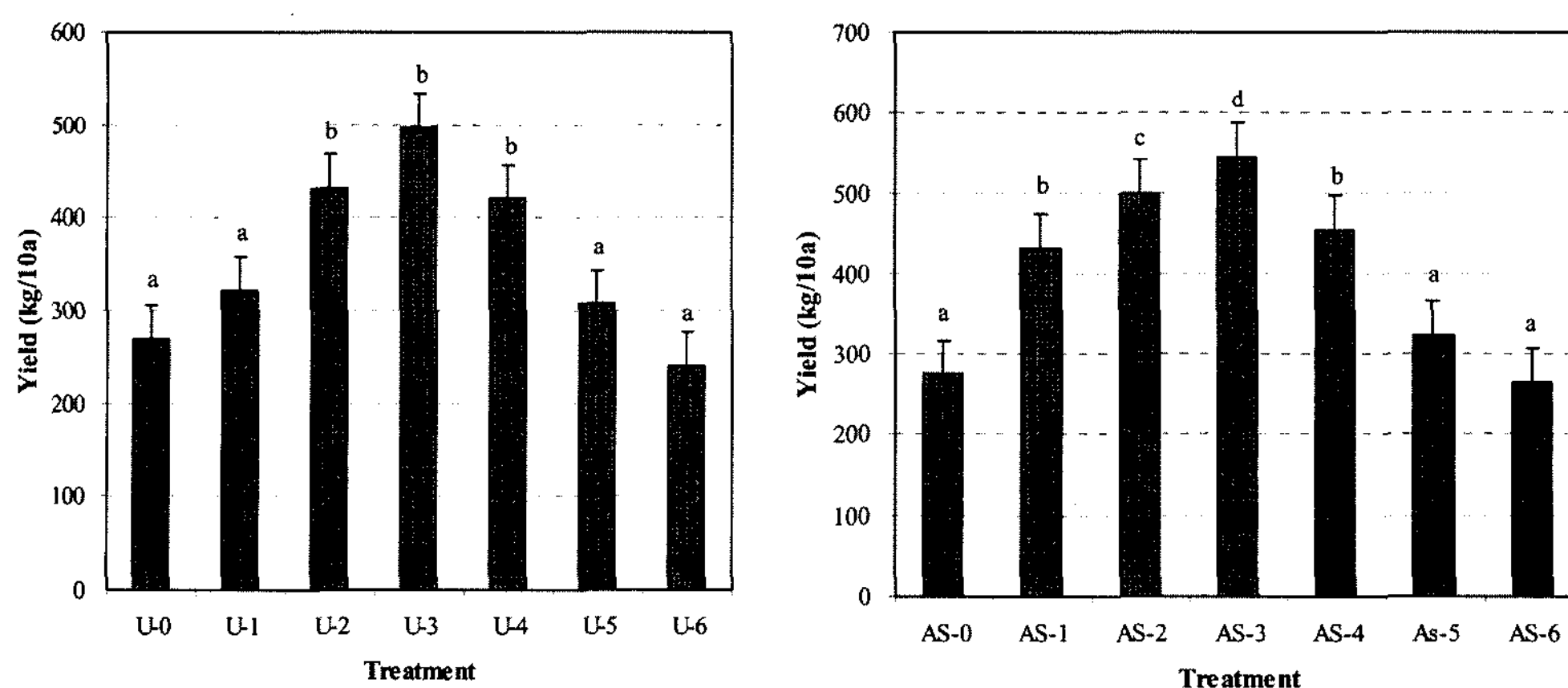


Fig. 1. Yield of root of *Rhodiola rosea* L. with application rates of urea and ammonium sulfate.

### 3. 바위돌꽃 뿌리의 건물 생산량

요소비료와 유안비료의 처리수준별 바위돌꽃 뿌리의 건물 생산량을 조사한 결과는 Fig. 1에 나타나 있다. 요소비료의 처리 수준별 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량을 조사한 결과, 대조구 269.6 kg/10 a, U-1 322.2 kg/10 a, U-2 432.2 kg/10 a, U-3 498.3 kg/10 a, U-4 420.6 kg/10 a, U-5 307.2 kg/10 a 그리고 U-6 240.1 kg/10 a로 나타났으며, 표준시비량의 150%를 처리한 U-3까지는 요소비료의 처리량이 증가할수록 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량이 증가하는 경향이었으나, U-4부터는 점진적으로 감소하였다 ( $P < 0.05$ ).

유안비료의 처리량 수준별 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량을 조사한 결과, 대조구 274.4 kg/10 a, AS-1 431.2 kg/10 a, AS-2 499.6 kg/10 a, AS-3 544.2 kg/10 a, AS-4 454.9 kg/10 a, AS-5 323.8 kg/10 a 그리고 AS-6 264.6 kg/10 a로 나타났으며, 표준시비량의 150%를 처리한 AS-3까지는 유안비료의 처리량이 증가할수록 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량이 증가하는 경향이 있었으나, AS-4부터는 점진적으로 감소하였다 ( $P < 0.05$ ).

Oh *et al.* (1994)의 독활에 대한 3요소 시비량 실험, Cho *et al.* (1976)의 울무 재배시 적정시비량 산정 실험, Cho *et al.* (1997)의 쥐오줌풀 재배시 적정시비량 산정 실험, Cho *et al.* (1995)의 단마 재배시 시비량 산정 실험, Choi and Lee (1991)의 까마중에 대한 적정시비량 산정 실험, Seo *et al.* (1986)의 구기자 재배시 시비량 산정 실험 등 다수의 선행연구에서 질소비료의 시비량이 증가할수록 (최대 60 kg/10 a) 약용작물의 생산량이 증가하는 것으로 보고되어 있다.

본 실험결과는 질소비료의 처리량이 어느 수준까지는 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량에 기여하였으나, 임계처리수준을 초과할 경우 뿌리의 건물생산량이 감소하는 것으로 나타났다. 성분량으로 동일한 질소를 처리하였을 때 요소비료 보다는 유안비료가 바위돌꽃 뿌리 생산량에 유리하게 작용하는 것으로 나타났는데, 이는 홍화 재배시 황 처리가 홍화의 수량구성요소를

증가시켰다는 Kim *et al.* (2004)의 연구결과와 유황 시용량이 증가함에 따라 홍화의 건물중 증가와 홍화종실 수량이 증가하였다는 Park *et al.* (2000)의 실험결과와 유사한 경향이였다.

### 4. 바위돌꽃 뿌리에 함유된 salidroside 함량

요소비료와 유안비료의 처리수준에 따른 바위돌꽃 뿌리중 유효성분인 salidroside의 함량변화를 조사한 결과는 Fig. 2에 나타나 있다. 요소비료 무처리구 0.34 g/100 g, U-1 0.37 g/100 g, U-2 0.49 g/100 g, U-3 0.95 g/100 g, U-4 0.27 g/100 g, U-5 0.33 g/100 g 그리고 U-6 0.22 g/100 g으로 48-8-20-10-10 kg/10 a 처리구에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 요소비료 무처리구 그리고 표준시비량의 50% 처리구와 표준처리구 사이에서는 통계학적으로 유의성 있는 차이가 나타나지 않았으며, 표준시비량의 200% 처리구부터는 바위돌꽃 뿌리중 salidroside의 함량이 급격히 감소하는 경향을 나타내었다 ( $P < 0.05$ ).

유안비료 무처리구 0.19 g/100 g, U-1 0.20 g/100 g, U-2 0.66 g/100 g, U-3 0.91 g/100 g, U-4 0.58 g/100 g, U-5 0.66 g/100 g 그리고 U-6 0.67 g/100 g으로 48-8-20-10-10 kg/10 a에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 유안비료 무처리구와 표준시비량의 50% 처리구 사이에서는 통계학적으로 유의성 있는 차이가 나타나지 않았으며, 요소비료 처리구와는 다른 경향으로 표준시비량의 200% 이상 처리구에서도 바위돌꽃 뿌리중 salidroside의 함량의 감소가 완만하게 나타났다 ( $P < 0.05$ ).

Cho *et al.* (1997)에 의하면, 쥐오줌풀 재배시 화학비료의 시비량이 증가할수록 정유성분의 함량이 증가한 것으로 보고되어 있다. 질소-인산-칼륨을 9 kg/10 a 시비시 정유성분이 가장 높게 나타났고, 그 이상 시비량이 증가되면 정유성분의 함량이 감소되었다. 또한 택사 뿌리내 유효성분인 alisol-B monoacetate의 함량은 화학비료의 시비량이 증가할수록 증가되는 경향이였으며, 30-15-30 kg/10 a 처리구에서 관행시비구보다 66% 증가되었다 (Kim *et al.*, 1996). Yan (2004)이 백

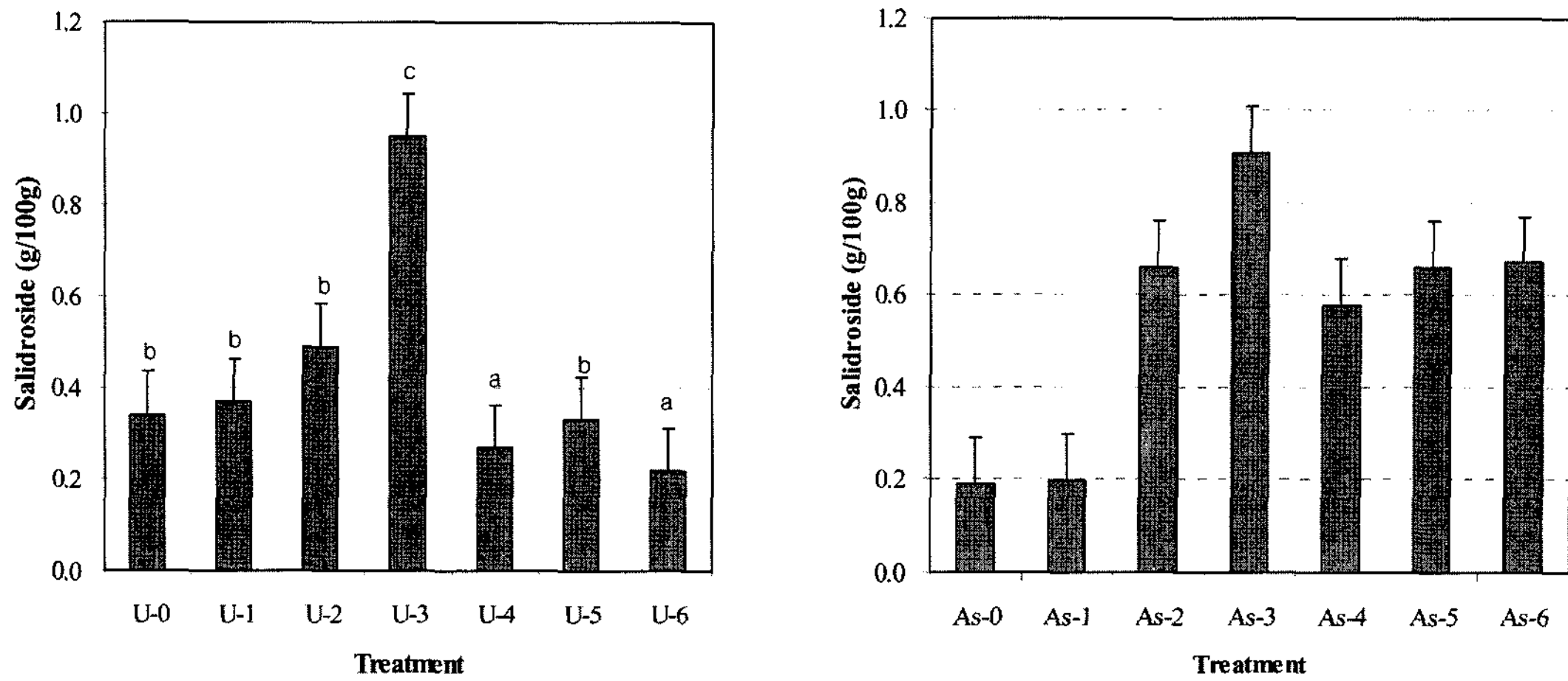


Fig. 2. Content of salidroside in root of *Rhodiola rosea* L. with application rates of urea and ammonium sulfate.

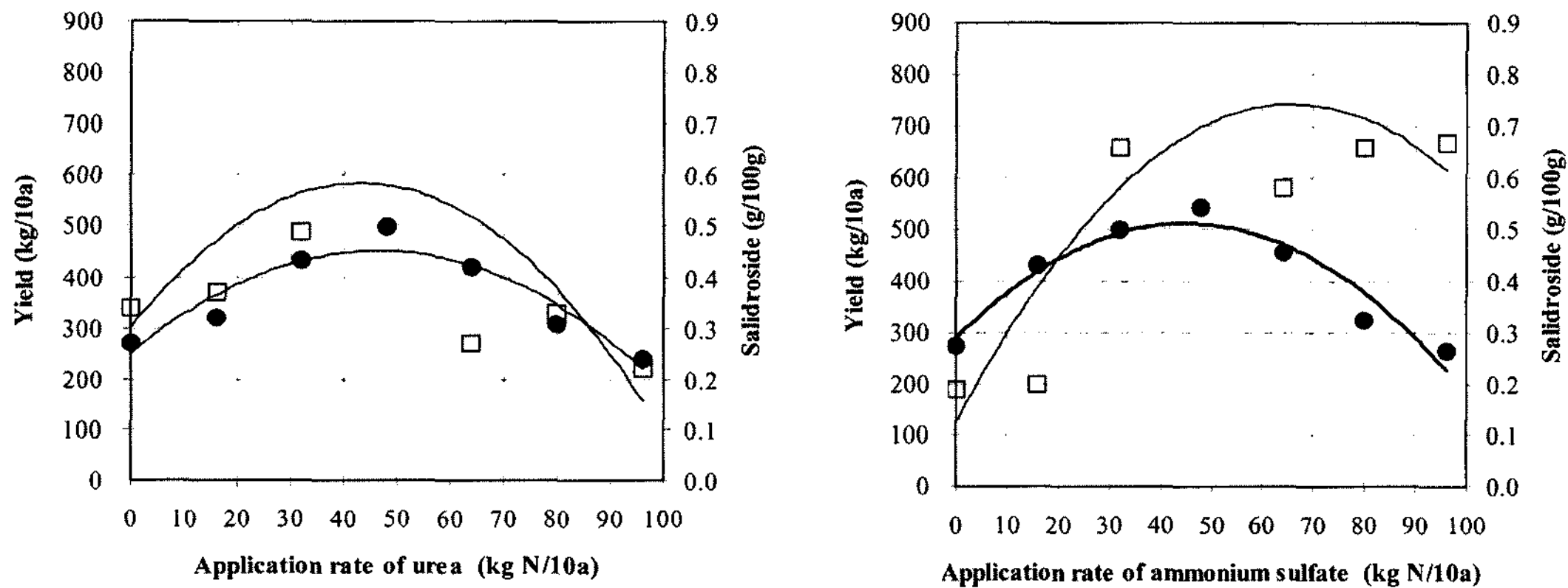


Fig. 3. Relationship between yield and contents of salidroside in root of *Rhodiola rosea* L. with application rates of urea and ammonium sulfate.  
 ● : yield, □ : content of salidroside

두산 해발 1800~2350 m 사이에서 바위돌꽃 125개체를 채취하여 토양특성에 따른 바위돌꽃중 유효성분의 함량과의 상관관계를 조사한 결과, 토양중 치환성 및 총질소의 함량이 증가할수록 식물체중 salidroside의 함량이 증가하였으며, 토양중 총질소 6,000 mg/kg, 치환성질소 340 mg/kg 수준에서 salidroside의 함량이 0.8%로 최대로 증가하였다고 보고하였는데, 본 조사결과에서는 토양중 총질소의 함량 1,500 mg/kg 수준, 치환성질소 70 mg/kg 수준에서 salidroside의 함량이 0.91~0.95%로 가장 높게 나타났다. 요소비료와 유안비료 모두 화학비료 성분 처리량 48-8-20-10-10 kg/10 a 처리구에서 가장 높은 salidroside 함량을 나타내었으며, 두가지 비료성분간에 유효성분 함량 차이는 크게 나타나지 않았다 ( $P < 0.05$ ).

### 5 저위도 평지에서 바위돌꽃의 축성재배시 합리적인 질소시비량

고산식물인 바위돌꽃을 저위도 평지에서 재배할 경우 합

리적인 질소시비량을 산정하기 위하여 2차 다항식으로 표시되는 곡선회귀 방정식을 계산한 결과, 요소비료는  $y = -0.0932x^2 + 8.6537x + 250.46$  ( $R^2 = 0.8970$ ) 그리고 유안비료는  $y = -0.1091x^2 + 9.8243x + 290.38$  ( $R^2 = 0.9176$ )의 식을 얻었다 (Fig. 3). 작물의 적정시비량을 산출하기 위해서는 최고수량보다 경제적이고 친환경적인 과학적 시비관리가 필요하다. 경제적 수준의 적정 시비량은 시비 반응곡선에서 경제적인윤을 고려하여 책정하여야 하며, 최고 수량의 95%를 낼 수 있는 수준을 적정시비량으로 하였다. 곡선회귀 방정식에 기준한 요소와 유안비료의 적정 시비량은 45-8-20-10-10 kg/10 a로 나타났으나, 앞에서 고찰한 요소비료와 유안비료의 처리후 토양중 질소 축적과 토양 산성화, 식물체로의 질소 흡수이행량, 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량 그리고 바위돌꽃 뿌리에 함유되어 있는 약리성분인 salidroside의 함량 등 제반사항을 고려하였을 때, 요소비료는 40 kg/10 a, 유안비료는 35 kg/10 a가 합리적일 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구에서는 질소비료의 종류 및 처리량 차이가 바위돌꽃의 뿌리 수량 및 유효성분인 salidroside의 함량변화에 미치는 영향을 구명하여 고품질의 바위돌꽃을 생산할 수 있는 최적의 시비조건을 확립하고자 하였다. 요소비료와 유안비료 모두 48 kg N/10 a까지는 처리량이 증가할수록 바위돌꽃 뿌리의 건물 생산량이 증가하는 경향이었으나, 그 이상의 처리량부터는 오히려 건물 생산량이 감소하였다. 요소비료와 유안비료 모두 화학비료 성분 처리량 48-8-20-10-10 kg/10 a에서 가장 높은 salidroside 함량을 나타내었다. 곡선회귀 방정식에 기준한 요소와 유안비료의 적정 시비량은 45-8-20-10-10 kg/10 a로 나타났으나, 요소비료와 유안비료의 처리후 토양중 질소 축적과 토양 산성화, 식물체로의 질소 흡수이행량, 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량 그리고 바위돌꽃 뿌리에 함유되어 있는 약리성분인 salidroside의 함량 등 제반사항을 고려하였을 때, 요소비료는 질소성분량으로 40 kg/10 a, 유안비료는 질소성분량으로 35 kg/10 a가 합리적일 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업특정연구과제 (2005년-2007년)의 연구비 지원과 전북대학교 지원 연구비 (R-2006-14)에 의하여 연구되었습니다.

## Literature Cited

- Cho CH, Han OK, Choi YH, Yun SG** (1997) Effect of fertilization rates on growth, root yield and essential oil composition in Korean Valerian (*valeriana fauriei* var. *dasycarpa* Hara). Korean J. Crop Sci. 42(6):814-820.
- Cho JH, Kwon TR, Min GG, Lee SP, Choi BS** (1995) Effects of planted organ, planting space, and fertilizer level on growth and yield of Chinese Yam. Korean J. Crop Sci. 40(1):9-15.
- Cho JK, Chang NI, Choi J** (1976) Study on the optimum rate of N . P . K fertilizers for pearl barley. Korean J. Soil Sci. Fert. 9(4):245-250.
- Choi DY, Ahn SY, Lee SG, Han JS, Kim EC, Lee HB, Shin JH, Kim EK, Row KH** (2004) Separation and performance test of whitening agent in *Rhodiola Sachalinensis*. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 19(3):169-173.
- Choi SK, Lee JI** (1991) Effects of planting density and fertilizer level on agronomic characteristics and yield of *Solanum njgrum* L. Korean J. Crop Sci. 36(4):340-344.
- Choi SP, Lee DS, Ham SS** (2003) Antioxidative antimutagenic and cytotoxic effects of *Rhodiola sachalinensis* extract. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32(2):211-216.
- Homer DC, Pratt PF** (1961) Methods of analysis for soils, plants and water. Division of Agricultural Sciences, California.
- Kim IJ, Kim MJ, Nam SY, Yun T, Kim HS, Jong SK, Hong SS, Hwang BY** (2006) Growth characteristics and available component of *Saururus chinensis* Baill in different soil texture. Korean J. Medicinal Crop Sci. 14(3):143-147.
- Kim JK, Ryu KR, Hwang IM, Meang BG, Yoon KH, Lee SK, Kang SJ** (1996) Effect of fertilizer levels on yield and alisol-B monoacetate content of *Alisma plantago-aquatica* var. *orientale* Samuelsson. Korean J. Medicinal Crop Sci. 4(4):340-344.
- Kim MJ, Kim IJ, Nam SY, Lee CH, Song BH** (2004) Effect of sulfur fertilization method on quality of safflower seed. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12(6):454-458.
- Kim SJ, Kim KS, Hwang SJ, Chon Su, Kim YH, Ahn JC, Hwang B** (2004) Identification of salidroside from *Rhodiola sachalinensis* A. Bor. and its production through cell suspension. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12(3):203-208.
- Lee EJ, Im JS, Park CG, Jeon BS, Kim SC** (2004) Food components and volatile flavors in *Rhodiola sachalinensis* roots. Food Ind. Nutr. 9(1):53-57.
- Lee KS** (2004) Forcing culture method of seedling in *Rhodiola sachalinensis* A. Bor. Korean Patent Number: 10-0340882.
- Lee KS** (2005) Forcing cultivation method of *Rhodiola*. Korean Patent Number: 10-0510097.
- NIAST** (1987) Chemical analysis of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Oh DH, Hwang NY, Na JS, Park KH** (1994) Effect of soil characteristics and fertilizer application on fresh root yield of *Aralia continentalis* K. II. Yield response to N, P, K application rates and nutrient uptake. Korean J. Soil Sci. Fert. 27(3):209-214.
- Park JH, Kim KJ, Park SD, Park M, Lee DH, Choi CL, Choi J** (2000) Effects of sulfur on the chemical properties of soil and yield of safflower. Korean J Medicinal Crop Sci. 8(4):378-385.
- Salikhovw RA, Alesandrova IV, Mazuric VK, Mikhailov VF, Ushenkova LN, Poroshenko GG** (1997) Effect of *Rhodiola rosea* on the yield of mutation alterations and DNA repair in bone marrow cells. Patol. Fiziol. Eksp. Ter. 22:4-8.
- Seo GS, Lee JY, Kim SN, Kim JK, Han GH** (1986) The effects of fertilizer application level and top-dressing method on the yield component and fruit yield of *Lycium Chinense* MILL. Korean J. Crop Sci. 31(4):465-469.
- Sim CJ, Lee GH, Jeong JH, Lee SD, Kim YH, O MJ** (2004) Isolation and identification of antimicrobial active substances from *Rhodiola sachalinensis*. Korean J. Food Preserv. 11(1):63-70.
- Xu JF, Su ZG, Feng PS** (1998) Activity of tyrosol glucosyltransferase and improved salidroside production through biotransformation of tyrosol in *Rhodiola sachalinensis* cell cultures. J. Biotechnol. 61:69-73
- Yan X, Wu S, Wang Y, Shang X, Dai S** (2004) Soil nutrient factors related to salidroside production of *Rhodiola sachalinensis* distributed in Chang Bai Mountain. Environ. and Experi. Bot. 52:267-276.
- Yoshikawa M, Shimada H, Horikawa S, Murakami T, Shimoda H, Yamahara J, Matsuda H** (1997) Bioactive constituents of chinese natural medicines. *Chem. Pharm. Bull.* 45:1498-1509.