

바위돌꽃 (*Rhodiola rosea* L.)의 축성재배시 인산과 칼리의 적정시비량

이강수¹ · 이용근² · 황선아¹ · 조재영^{3,*}

¹전북대학교 작물생명과학과, ²중국 운남농업대학, ³전북대학교 생물환경화학학과

Optimum Application Rates of Phosphate and Potassium Fertilizer under Forcing Culture for High-Quality *Rhodiola rosea* L. Production

Kang-Soo Lee¹, Long-Gen Li², Seon-Ah Hwang¹, and Jae-Young Cho^{3,*}

¹Department of Crop Agriculture Life and Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

²College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Heilongtan, Kunming, Yunnan, 650-201, China

³Department of Bio-environmental Chemistry, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

Rhodiola rosea L., a traditional medicinal plant in Eastern Asia, is widely used by astronauts, divers and mountaineers to improve their stress resistance. This experiment was conducted to investigate the optimum application rates of phosphate and potassium under the forcing cultivation for high-quality *Rhodiola rosea* L. production. The application rate of 8 kg 10a⁻¹ of phosphate and 30 kg 10a⁻¹ of potassium showed the highest yield of *Rhodiola rosea* L. root. There was no significant difference between the application rates of phosphate or potassium fertilizer and the content of salidroside.

Key words: Phosphorus, Potassium, *Rhodiola rosea* L, Salidroside

서 언

바위돌꽃 (*Rhodiola rosea* L.)은 해발 1,700~2,300 m 사이의 주야 온도 차가 큰 지역, 고산의 산소가 적고 저온, 건조, 광풍 및 강자외선 등 혹독한 환경에서 서식한다 (Lee *et al.*, 2004). 바위돌꽃의 주요 성분은 salidroside, p-tyrosol, monoterpene glycoside, cyano glycoside, aliphatic glycoside, phenyl propanoid, proanthocyanidin 그리고 플라보노이드 화합물과 20여 종의 아미노산을 함유하는 것으로 알려져 있다 (Lee *et al.*, 2000; Zong *et al.*, 1991; Linch *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2004a; Kim *et al.*, 2004b).

바위돌꽃은 산소결핍, 피로 및 마이크로파의 복사 등을 극복하는데 뚜렷한 효능을 가지고 있을 뿐만 아니라, 주의력을 증강시키며, 신체 노화를 연장시키며, 노인병을 예방하는 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Zang *et al.*, 1989; Petkov and Yonkov, 1987; Lee *et al.*, 2004). 바위돌꽃의 주요 유효성분인 salidroside는 아드레날린 분비촉진으로 인한 혈당 조절작용, 중추신경의 억제작용, 강심작용 (Zong *et al.*,

1991), amyloid- β 에 의한 산화적 스트레스에 대한 신경세포 보호작용 (Jang *et al.*, 2003), 그리고 극초단파 방사선 및 피로환자의 치료효과 (Furmanova *et al.*, 1998)의 기능을 하는 것으로 알려져 있다. 지금까지 바위돌꽃과 관련된 다수의 연구가 수행되어 왔는데, 생리활성 연구 (Lim *et al.*, 1996; Xu *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2006) 및 조직배양 (Xu *et al.*, 1998; Xu *et al.*, 1999) 등에 연구에 집중되어 왔다.

토양에 존재하는 인산과 칼리는 상당 부분이 화학비료의 형태로 공급되며, 인산의 경우 시비 직후 거의 대부분이 토양입자에 흡착되어 이동성이 낮은 형태로 전환되는 반면에, 칼리는 이동성이 매우 높은 것으로 알려져 있다. 식물 필수다량원소인 인산과 칼리가 바위돌꽃의 생육 및 생리활성물질의 축적에 끼치는 영향과 관련되어 Endress (1994)와 Knobloch and Berlin (1983)가 일부 연구를 수행한 바 있다. 선행 연구에 의하면, 유효인산과 칼리의 함량이 높을 때 바위돌꽃의 생장에 대한 기여도는 인정되지만, 반대로 인산과 칼리의 함량이 낮을수록 바위돌꽃의 유효성분인 salidroside의 함량이 더 높게 나타났다. 그러나 인산과 칼리 성분이 salidroside biosynthesis와 관련된 효소의 활성화와 ATP의 합성과정에 영향을 끼쳐 작물의 생장 및 유효성분의 함량 축적에 일부 영향을 끼칠 수 있

접수 : 2009. 6. 24 수리 : 2009. 10. 28

*연락처 : Phone: +82632702547,

E-mail: soilcosmos@chonbuk.ac.kr

을 것으로 추정된다. 이에 본 연구에서는 인산과 칼리의 처리수준별 바위돌꽃의 수량 및 salidroside의 함량 변화를 조사하여 고품질 바위돌꽃을 생산할 수 있는 시비조건을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

시험포장과 작물재배 본 시험포장의 토양은 고천통 (高川統, Gocheon series, Silt loam, coarse loamy over sandy skeletal, mixed, mesic family of Fluvaquentic Dystrochrepts)으로 사질식양토 (sandy clay loam, SCL), 토양 유기물 3.25%, 양이온교환용량 8.52 cmol_c kg⁻¹, 토양 pH 6.25, 총질소 1,022 mg kg⁻¹, 유효인산 205 mg kg⁻¹로 나타났다. 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⁻¹ GA3 용액에 24시간 침지시킨 후 건조시켰다. 그 후 2004년 9월 10일에 종자를 시험포장에 파종하여 2005년 7월 15일까지 비가림 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 m² (1 m × 1 m)의 시험구에 재식거리 50 cm × 25 cm로 시험구당 8주씩 정식하였다. 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 (Lee *et al.*, 2008).

시비 본 연구에 앞서 2002년과 2003년도에 적정시비량을 산정하기 위한 예비실험을 수행하여 바위돌꽃이 질소와 칼리에 대한 양분요구도가 매우 높고, 인산에 대한 양분요구도는 그다지 높지 않음을 일부 확인하였다. 2년간의 예비실험을 통해 얻어진 결과를 토대로 32 kg N, 8 kg P₂O₅, 20 kg K₂O, 10 kg CaO 그리고 10 kg MgO 10a⁻¹를 기준량으로 처리하였다. 인산의 적정시비량을 산정하기 위해 8 kg P₂O₅ 10a⁻¹를 기준량 처리구로 선정한 다음, 인산 무처리구, 기준량 처리구의 50% 처리구, 150%, 200%, 250% 그리고 300% 시비구로 6개 처리구를 조성하였다. 칼리비료의 적정시비량 조사 역시 동일한 조건하에서 칼리비료 20 kg K₂O 10a⁻¹를 기준처리구로 선정한 다음, 칼리 무처리구, 기준처리구의 50% 처리구, 150%, 200%,

250%, 300% 처리구로 6개 처리구를 조성하였다. 시험구는 Table 1과 같이 조성하였으며, 분할구 배치 3반복으로 수행하였다. 질소비료는 기비 40% (2005년 10월 3일), 추비 60%를 2회에 걸쳐 2005년 12월 23일에 30%, 2006년 2월 20일에 30%를 분시하였다. 칼리비료는 기비 50%, 추비 1차 25%, 2차 25%를 질소비료 시비와 동일한 날짜에 처리하였으며 그 밖의 인산, 칼슘, 마그네슘은 전량 기비로 처리하였다. 화학비료의 기비는 전층시비법을, 추비는 표층시비법으로 처리하였다. 실험에 사용된 화학비료는 질소 (요소), 인산 (과인산석회) 그리고 칼리 (염화칼리)였다. 각 처리구별 화학비료의 시비량은 Table 1에 자세히 제시되어 있다.

토양 및 식물체 분석 토양과 식물체 시료의 분석은 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)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- NH₄OAc (pH: 7.0)에 의한 침출 후 원자흡수분광광도계 (Perkin elmer 2380)를 이용하여 분석하였다. 질산태질소는 Brucine법, 암모니아태질소와 총질소는 Kjeldahl법으로 측정하였다. 식물체중 총질소는 시료 2 g을 취하여 Macro kjeldahl법으로, 총인은 시료 2 g을 취하여 Molybdenum blue법으로, 양이온은 시료 2 g을 취하여 진한 HNO₃ 20 mL와 진한 HClO₄ 10 mL를 가하여 분해한 다음 원자흡수분광광도계를 이용하여 분석하였다.

Salidroside 분석과 뿌리 수확량 조사 식물체의 뿌리를 70°C에서 건조시킨 후 분쇄한 다음 1 g을 methanol 10 mL로 24시간 추출하여 분석하였다. HPLC 분석은 Young Lin SP 930D와 UV 730D (Young Lin Co., Korea)를 이용하였으며, 컬럼은 μ -Bondapak C₁₈을, 이동상으로는 20% 메탄올을 1 mL/min의 유속으로 조절하였다. 시료는 10 μ L 주입 후 276 nm에서 흡광도로 검출하였다. 지하부 수량은 2006년 7월 3일 각 시험구당 8개 × 3반복 처리 = 24주를 조사하였고, 10a당 수량은 뿌리중 × 재식주수 × 수확주율로 환산하여 산출하였다 (Lee *et al.*, 2008).

결과 및 고찰

토양의 화학적 특성 변화 바위돌꽃 수확 후 인산과 칼리비료의 처리수준별 토양의 화학적 특성변화를

Table 1. Application rates of phosphate and potassium fertilizer in experimental plots.

Fertilizer	Treatment	Application rates of chemical fertilizer
		(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-CaO-MgO kg 10 a ⁻¹)
Calcium superphosphate	P-0	32- 0-20-10-10
	P-1	32- 4-20-10-10
	P-2	32- 8-20-10-10
	P-3	32-12-20-10-10
	P-4	32-16-20-10-10
	P-5	32-20-20-10-10
	P-6	32-24-20-10-10
Potassium chloride	K-0	32- 8- 0-10-10
	K-1	32- 8-10-10-10
	K-2	32- 8-20-10-10
	K-3	32- 8-30-10-10
	K-4	32- 8-40-10-10
	K-5	32- 8-50-10-10
	K-6	32- 8-60-10-10

조사한 결과는 Table 2에 나타나 있다. 토양 pH는 인산비료의 처리량이 증가할수록 약간씩 감소하였으나 일정한 경향을 나타내지 않았다. 또한 인산비료 기준 처리량 수준인 8 kg 10a⁻¹에서 최대 300% 수준인 24 kg 10a⁻¹까지 증가되어도 토양 중에 잔존하는 유효인산의 함량은 큰 차이를 나타내지 않았다. 칼리비료의 처리량에 따른 토양 pH 변화 역시 일정한 경향을 나타내지 않았다. 칼리비료의 처리량이 증가함에 따라 토양 중에 존재하는 치환성 칼리 함량이 증가하는 경향이 있었다.

바위돌꽃 뿌리 중 식물영양물질 함량 인산과 칼리비료의 처리수준별 바위돌꽃 뿌리 중 식물영양물질의 함량을 조사한 결과는 Table 3에 나타나 있다. 바

위돌꽃 뿌리 중 유효인산의 함량은 인산 무처리구에 비해 인산시비량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내다가 인산 기준처리량의 250%와 300%를 처리한 P-5와 P-6에서 바위돌꽃 뿌리중 인산의 함량이 소폭 감소하는 것으로 나타났다. 칼리의 경우는 K-2, K-3 그리고 K-4에서 바위돌꽃 뿌리중 칼리의 함량이 약간 높게 나타난 반면, K-5 처리구부터 감소하는 경향이 있었다. K-5와 K-6 처리구는 염화칼리가 성분량(K₂O)로 50~60 kg 10a⁻¹로 과량 시비된 상태였지만, 식물체로의 흡수이행량은 오히려 기준처리량 보다 낮게 나타났다. Kang *et al.* (2003)이 쇠무릎의 인산 적정시비량 실험결과, 지상부의 인산 회수율은 인산 10 kg 10a⁻¹ 시비구에서 34%이었던 것이 40 kg 10a⁻¹ 시비구에서는 7.1%로 감소하였다. 또한 쇠무릎에 대한

Table 2. Mineral nutrient contents by application rates of phosphate and potassium fertilizer in experimental soil (mean±S.D., n=3).

Fertilizer	Treatment	pH	Total-N	Av.-P ₂ O ₅	Ex.-K
		1:5 H ₂ O	----- mg kg ⁻¹ -----		
Calcium superphosphate	P-0	7.43±0.25	1,173±85	197±66 ^{a†}	538±126
	P-1	6.97±0.56	1,177±99	215±51 ^a	525±114
	P-2	6.86±0.71	1,173±71	249±70 ^b	450±175
	P-3	6.76±0.52	1,216±80	266±56 ^b	526±196
	P-4	7.51±0.63	1,112±88	242±72 ^b	520±90
	P-5	7.62±0.48	1,177±84	249±81 ^b	568±105
	P-6	6.93±0.58	1,173±91	247±57 ^b	509±123
Potassium chloride	K-0	7.36±1.22	1,072±42	229±37	221±90 ^a
	K-1	7.22±0.96	1,116±96	238±31	305±46 ^b
	K-2	7.07±1.54	1,159±53	236±52	515±52 ^c
	K-3	7.16±1.40	1,146±63	215±27	547±57 ^c
	K-4	7.39±1.02	1,052±70	236±33	722±71 ^d
	K-5	7.53±0.65	1,147±79	244±41	789±80 ^d
	K-6	7.48±1.00	1,147±91	209±37	927±75 ^c

[†] Mean separation within columns by Duncan's Multiple Range Test 5% level.

Table 3. Content of essential macro nutrients in root of *Rhodiola rosea* L. by application rates of phosphate and potassium fertilizer (mean±S.D., n=3).

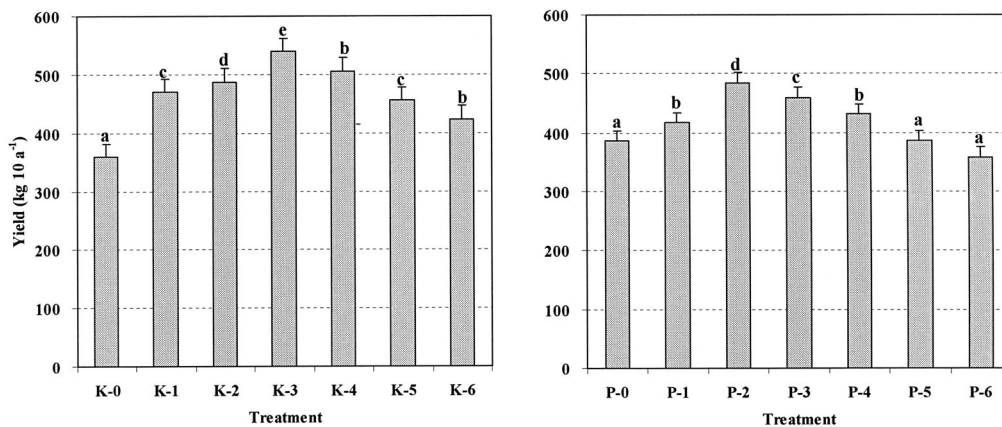
Fertilizer	Treatment	Total-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
----- mg kg ⁻¹ -----						
Calcium superphosphate	P-0	5,018±587	3,793±106 ^{a†}	3,728±514	1,757±158	237±20
	P-1	5,079±664	5,709±345 ^b	4,506±362	1,917±254	202±22
	P-2	5,353±475	9,444±896 ^d	3,795±290	1,984±223	194±30
	P-3	5,053±585	9,957±748 ^d	4,668±604	2,024±164	243±16
	P-4	4,627±633	9,957±637 ^d	4,341±414	2,015±179	150±17
	P-5	5,231±529	8,480±479 ^c	3,780±326	1,899±154	224±15
	P-6	5,231±480	7,796±992 ^c	4,096±445	1,859±170	181±19
Potassium chloride	K-0	5,012±614	9,273±714	3,149±501 ^a	1,855±246	182±21
	K-1	5,041±547	8,778±637	3,404±353 ^a	1,788±106	175±14
	K-2	5,018±487	9,293±529	4,275±296 ^b	2,092±222	295±51
	K-3	4,950±563	9,461±602	4,724±257 ^b	1,713±190	299±27
	K-4	4,836±456	9,508±749	4,059±306 ^b	1,788±174	265±33
	K-5	5,535±605	8,717±599	3,621±264 ^a	1,748±164	308±15
	K-6	5,616±478	9,102±322	3,419±296 ^a	1,661±186	250±20

[†] Mean separation within columns by Duncan's Multiple Range Test 5% level.

인산 처리량 20 kg 10a⁻¹ 에서 경엽 (stover) 중 인산 함량은 0.41% 그리고 포과 (utricles)에서는 0.99%를 나타내었다. 본 연구에서는 인산 처리량 20 kg 10a⁻¹ 부터 바위돌꽃 뿌리중 인산의 함량이 약간 감소하는 경향이였다.

바위돌꽃 뿌리의 건물 생산량 인산과 칼리비료의 처리수준별 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량을 조사한 결과는 Fig. 1에 나타나 있다. 인산비료의 처리수준별 바위돌꽃 뿌리의 생산량은 대조구 386±14 (Mean±S.D.), P-1 418±12, P-2 485±10, P-3 459±14, P-4 432±12, P-5 386±14 그리고 P-6 358±157 kg 10a⁻¹ 로 나타났으며, 기준시비량을 처리한 P-2에서 가장 높은 바위돌꽃 뿌리의 생산량을 나타내었다. P-2 처리수준을 초과한 시험구부터 바위돌꽃 뿌리의 생산량이 점진적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 약용작

물을 대상으로 한 시비시험에서 인산비료의 시비량이 증가할수록 작물의 생산량이 증가하는 것으로 알려져 있다 (Cho *et al.*, 2000; Oh *et al.*, 1994; Seo *et al.*, 1986; Cho *et al.*, 1976). 반면, Kang *et al.* (2003)이 제주도에서 쇠무릎을 생산하기 위한 인산 적정시비량 실험결과, 뿌리수량은 무인산구 2.36 ton ha⁻¹ 이었던 것이 인산 10 kg 10a⁻¹과 20 kg 10a⁻¹ 시비구에서 각각 3.55와 3.80 ton ha⁻¹로 유의성 있게 증가하였다가 30 kg 10 a⁻¹과 40 kg 10 a⁻¹에서 각각 3.14와 2.86 ton ha⁻¹으로 감소되었다. 본 실험에서는 인산 처리량 8 kg 10a⁻¹ 이상의 처리구부터 바위돌꽃 뿌리의 생산량이 감소하는 것으로 나타났다. 칼리비료의 처리수준별 바위돌꽃 뿌리의 생산량을 처리구별로 조사한 결과, 대조구 359±23, K-1 469±19, K-2 488±22, K-3 540±28, K-4 506±21, K-5 456±25 그리고 K-6 424±28 kg 10a⁻¹로 나타났으며, 30 kg K₂O 10a⁻¹를 처리

**Fig. 1.** Yield of *Rhodiola rosea* L. root with application rates of phosphate and potassium fertilizer (mean±S.E.).

한 K-3에서 가장 높은 바위돌꽃 뿌리의 생산량을 나타내었다. 칼리비료가 30 kg K₂O 10a⁻¹를 초과한 시험구부터 바위돌꽃 뿌리의 생산량이 점진적으로 감소하는 경향이였다. 약용작물을 대상으로 한 시비시험에서 칼리비료의 시비량이 증가할수록 작물의 생산량이 증가하는 것으로 알려져 있는데 (Cho *et al.*, 2000; Oh *et al.*, 1994), 본 연구에서는 인산 처리량 8 kg 10a⁻¹ 그리고 칼리 처리량 30 kg 10a⁻¹ 이상부터 바위돌꽃 뿌리의 수량이 감소하는 것으로 나타났다. 과도한 화학비료의 시비는 토양내 염류집적을 초래할 것으로 추정되고 고염류 조건하에서 엽록소 합성 저하, 엽면적 감소 및 효소활성 저해와 같은 식물생리학적 영향 그리고 토양수분 이동 불량, 양분상호간 농도 차이에서 생기는 양분길항 문제 및 토양병원균의 증가와 같은 토양 특성 변화가 나타나 바위돌꽃 뿌리의 수량이 감소한 것으로 추정된다.

바위돌꽃 뿌리중 Salidroside 함량 인산과 칼리비료의 처리수준별 바위돌꽃 뿌리 중 salidroside의 함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 2에 나타나 있다. 인산비료 무처리구 0.38±0.06, P-1 0.39±0.07, P-2 0.87±0.05, P-3 0.47±0.06, P-4 0.65±0.05, P-5 0.72±0.06 그리고 P-6 0.49±0.08% 으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 칼리비료 무처리구 0.19±0.02, K-1 0.23±0.02, K-2 0.26±0.01, K-3 0.25±0.01, K-4 0.23±0.01, K-5 0.22±0.01 그리고 K-6 0.29±0.03% 으로 나타났다. Park *et al.* (1989)이 지황 재배시 인산과 칼리의 시비가 유효성분 catalpol의 함량에 끼치는 영향을 조사한 결과, 시비량 차이에 따른 유효성분 함량간에 유의성이 나타나지 않았다. Yan (2004)의 연구결과에 의하면, 백두산 토양 중 치환성 칼리의 함량이 110 mg kg⁻¹ 이하에서 salidroside의 함량이 0.7% 수준이었고, 180 mg kg⁻¹ 부터 근경 중 salidroside의 함량이 0.2% 이하로 급격히 감소하였다. 이같은 결과는

Endress (1994)와 Knobloch and Berlin (1983)이 보고하였던 칼리의 함량이 낮을수록 바위돌꽃의 유효성분인 salidroside의 함량이 더 높게 축적된다는 결과를 어느 정도 뒷받침해 주고 있다. 본 조사결과에서는 칼리 무처리구에서 salidroside의 함량이 0.2% 수준이었고, 토양중 치환성칼리의 함량이 높아졌을 때에도 (300~900 mg kg⁻¹) salidroside의 함량이 0.2~0.3% 수준으로 큰 차이를 나타내지 않았다. 본 조사결과가 선행 연구를 명확하게 뒷받침하지는 못하지만, 토양중 치환성 칼리의 함량과 바위돌꽃 뿌리중 salidroside 함량간에는 유의성이 나타나지 않는 것으로 판단된다. 재배환경이 매우 열악한 고산지대에서 자생하는 바위돌꽃을 저위도 평지에서 재배시 여러 식물필수원소의 생리적인 반응과 유효성분에 끼치는 영향에 대해 추가적으로 많은 연구가 수행되어야 할 필요성이 제기되었다.

저위도 평지에서 바위돌꽃의 축적재배시 합리적인 인산과 칼리 시비량 고산식물인 바위돌꽃을 저위도 평지에서 축적재배할 경우, 인산과 칼리 시비량을 산정하기 위하여 2차 다항식으로 표시되는 곡선회귀 방정식을 계산한 결과, 인산은 $y = -0.6441x^2 + 13.685x + 387.58$ ($R^2 = 0.8497$) 그리고 칼리는 $y = -0.1458x^2 + 9.4138x + 370.24$ ($R^2 = 0.9203$)의 식을 얻었다. 곡선회귀 방정식에 기준한 인산비료의 적정 시비량은 32-10.6-20-10-10 kg 10a⁻¹ 그리고 칼리비료의 적정 시비량은 32-8-30-10-10 kg 10a⁻¹로 나타났다 (Fig. 3). 시비한 인산과 칼리비료의 식물체 이용효율, 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량 그리고 바위돌꽃 뿌리에 함유되어 있는 유효성분인 salidroside의 함량 등을 고려하였을 때, 인산비료는 8~10 kg 10a⁻¹ 그리고 칼리비료는 20 kg 10a⁻¹ 가 합리적일 것으로 판단된다.

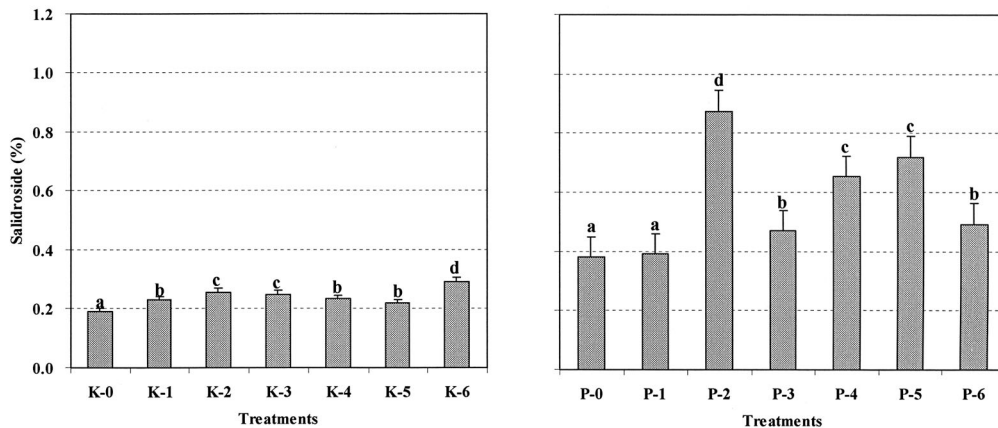


Fig. 2. Content of salidroside in *Rhodiola rosea* L. root with application rates of phosphate and potassium fertilizer (mean±S.E.).

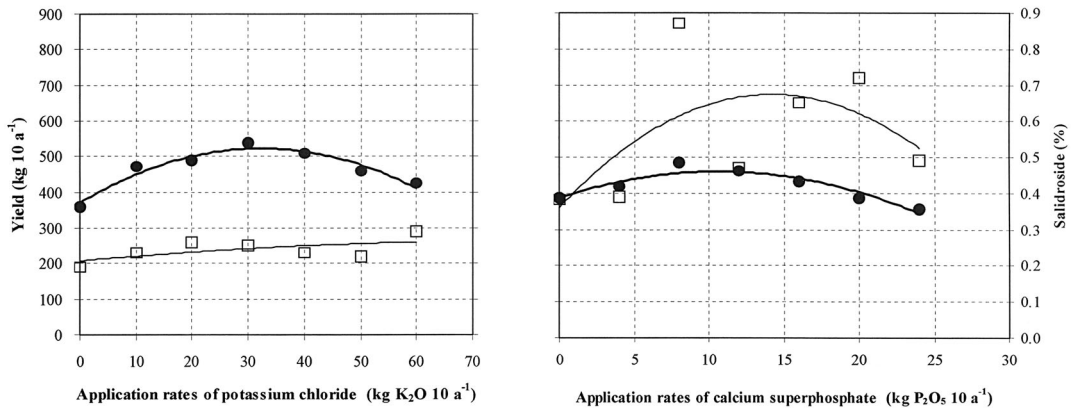


Fig. 3. Relationship between yield and salidroside of *Rhodiola rosea* L. root with application rates of phosphate and potassium fertilizer. ● : yield, □ : salidroside

요 약

인산과 칼리비료의 처리량 차이가 바위돌꽃의 수량 및 유효성분인 salidroside의 함량변화에 미치는 영향을 구명하여 고품질의 바위돌꽃을 생산할 수 있는 최적의 시비조건을 확립하고자 하였다.

1. 인산과 칼리비료의 처리수준별 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량을 조사한 결과 각각 8 kg P₂O₅ 10a⁻¹와, 30 kg K₂O 10a⁻¹ 처리구에서 가장 높은 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량을 나타내었다.

2. 인산 및 칼리비료의 처리량별 바위돌꽃 뿌리중 salidroside 함량간에는 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다.

3. 인산과 칼리비료의 식물체 이용효율, 바위돌꽃 뿌리의 건물생산량 그리고 바위돌꽃 뿌리에 함유되어 있는 유효성분인 salidroside의 함량 등을 고려하였을 때, 인산비료는 8~10 kg 10a⁻¹ 그리고 칼리비료는 20 kg 10a⁻¹ 가 합리적인 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

- Cho, J.K., N.I. Chang, and J. Choi. 1976. Study on the optimum rate of N . P . K fertilizers for pearl barley. Korean J. Soil Sci. Fert. 9(4):245-250.
- Cho, N.K., Y.K. Kang, C.K. Song, E.K. Oh, and Y.I. Cho. 2000. Effects of phosphate application rate on growth, yield and chemical Composition of *Cassia mimosoides* var. *nomame*. Korean J. Crop Sci. 45(3):163-166.
- Endress, R. 1994. Plant Cell Biotechnology. Springer-Verlag, Berlin.
- Furmanova M., E. Skopinska-Rozewska, E. Rogala, and M. Hartwich. 1998. *Rhodiola rosea* in vitro culture-phytochemical analysis and antioxidant action. Acta Soc. Bot. Poloniae 67:69-73.
- Jang, S.I., H.O. Pae, B.M. Choi, G.S. Oh, S. Jeong, H.J. Lee, H.Y. Kim, K.H. Kang, Y.G. Yum, Y.C. Kim, and H.T. Chung. 2003. Salidroside from *Rhodiloa sachalinesis* protects neuronal PC 12

cells against cytotoxicity induced by amyloid- β . Immunopharmacol. Immunotoxicol. 25:295-304.

- Kang, Y.K., M.R. Ko, B.K. Kang, S.Y. Kang, Z.K. U, and K.Z. Riu. 2003. Effect of phosphorus fertilizer rate on growth, dry matter yield, and phosphate recovery in *Achyranthes japonica*. Korean J. Crop Sci. 48(3): 173-178
- 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(3):143-147.
- Kim, M.J., I.J. Kim, S.Y. Nam, C.H. Lee, and B.H. Song. 2004a. Effect of sulfur fertilization method on quality of safflower seed. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12(6):454-458.
- Kim, S.J., K.S. Kim, S.J. Hwang, S.U. Chon, Y.H. Kim, J.C. Ahn, and B. Hwang. 2004b. Identification of salidroside from *Rhodiola sachalinensis* A. Bor. and its production through cell suspension. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12(3):203-208.
- Knobloch, K.H., and J. Berlin. 1983. Influence of phosphate on the formation of the indole alkaloids and phenolic compounds in cell suspension cultures of *Catharanthus roseus*. I . Composition of enzyme activities and product accumulation. Plant Cell Tissue Organization Culture 2:333-341.
- Lee, E.J., J.S. Im, C.G. Park, B.S. Jeon, and S.C. Kim. 2004. Food components and volatile flavors in *Rhodiola sachalinensis* roots. Food Ind. Nutr. 9(1):53-57.
- Lee, M.W., Y.H. Lee, H.M. Park, S.H. Toh, E.J. Lee, H.D. Jang, and Y.H. Kim. 2000. Antioxidant phenolic compounds from the roots of *Rhodiola sachalinensis* A. Bor. Arch. Pharm. Res. 23:455-458.
- Lee, K.S., S.Y. Choi, L.G. Li, and S.A. Hwang. 2008. Comparison of yield and content of salidroside with application rates of nitrogenous fertilizer under forcing culture of *Rhodiola rosea* L. Korean J. Medicinal Crop Sci. 16(2):124-130.
- Lim, D.K., U. Choi, and D.H. Shin. 1996. Antioxidative activity of ethanol extract from Korean medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol. 28:83-89.
- Linch, P.T., Y.H. Kim, S.P. Hong, J.J. Jian, and J.S. Kang. 2000. Quantitative determination of salidroside and tyrosol from the

- underground part of *Rhodiola rosea* by high performance liquid chromatograph. Arch. Pharm. Res. 23:349-352.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Analysis method of soil and plant. p. 90-93. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Oh, D.H., N.Y. Hwang, J.S. Na, and K.H. Park. 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, B.Y., S.M. Chang, and J. Choi. 1989. Effects of N, P and K application rates on the yield and the available constituents contents in the rhizoma of *Rehmannia glutinosa*. 22(2): 105-110
- Petkov, V.D., and D. Yonkov. 1987. Effect of alcohol aqueous extra from Rhodiola roots on learning and memory. Acta Physic Pharmacol Bulgarica. 12:3-7.
- Seo, G.S., J.Y. Lee, S.N. Kim, J.K Kim, and G.H. Han. 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.
- Xu, J.F., Z.G. Su, and P.S. Feng. 1998. Activity of tyrosol glucosyltransferase and improved salidroside production through biotransformation of tyrosol in *Rhodiola sachalinensis* cell cultures. J. Biotechnol. 61:69-73.
- Xu, J.F., P.Q. Ying, A.M. Han, and Z.G. Su. 1999. Enhanced salidroside production in liquid-cultivated compact callus aggregates of *Rhodila sachalinensis*; Manipulation of plant growth regulators and sucrose. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 55:53-58.
- Yan, X., S. Wu, Y. Wang, X. Shang, and S. Dai. 2004. Soil nutrient factors related to salidroside production of *Rhodiola sachalinensis* distributed in Chang Bai Mountain. Environ. and Experi. Bot. 52:267-276.
- Zang, Z.H., S.H. Fen, G.D. Hu, Z.K. Cao, and L.Y. Wang. 1989. Effect of *Rhodiola kirilowii* Maxim on preventing high altitude reactions: A comparison altitudes. Chin. Mate. Med. 14:687-691.
- Zong, Y., K. Lowell, J.A. Ping, C.T. Che, Z.M. Pezzuto, and H.H. Fong. 1991. Phenolic constituents of *Rhodiola coccinea* a Tibetan folk medicine. Planta Med. 57:589-595.