

고추냉이 발재배시 함황비료 처리에 따른 생육 및 Allylisothiocyanate 함량

문정섭* · 송영주* · 고복래* · 김동원* · 성문호

Effects of Sulfuric Fertilizers on Growth and Allylisothiocyanate Contents of *Wasabia japonica* MATSUM Cultivated in Heating Condition

Jung Sub Moon*, Young Ju Song*, Bok Rae Ko*, Dong Won Kim* and Moon Ho Sung*

ABSTRACT : This study was carried out to investigate the effect of sulfuric fertilizers on allylisothiocyanate (allylNCS) content of upland *Wasabia japonica* MATSUM cultivated in heating condition in the winter season. The rhizome's growth characters following soil application of sulfur dust were not significantly different compared to control, though its soil acidity and available sulfur content was higher than other treatments. Total sulfur content of plant was increased by soil application as compared to foliar application and allylNCS content of rhizome increased up to 22.8% in the sulfur dust treatment. The result showed that soil application was effective for supplying SO_4^{2-} in upland *Wasabia japonica* MATSUM when cultivated in heating condition. In the analysis of correlation coefficients between growth and quality characteristics, allylNCS content of rhizome showed the significantly positive correlation with total sulfur content of shoot, rhizome and allylNCS content of shoot.

Key words : heating condition, sulfur-dust, total sulfur content, allylisothiocyanate.

서 언

고추냉이는 일본이 원산지인 알려진 십자화과 속근성 다년생식물로 초밥, 생선회 등의 일식요리에 이용되고 있는 고급 향신작물이다(梶谷, 1996).

고추냉이 재배양식은 물재배와 발재배로 구분되나 우리나라에서는 물재배를 위한 적지의 부족으로 강원도 일대를 제외하고는 발재배가 주류를 이

루고 있으며, 발재배는 대부분 일반 발포장에 차광 비닐하우스를 이용하는 양식으로 추파묘를 이용한 2년재배가 일반적이다. 그러나 시설 발재배를 저지대에서 하는 경우 여름에 최고기온이 30℃ 이상을 넘게 되어 20℃ 이상에서는 생육 정체와 병해 발생이 많아지는 고추냉이의 생육특성으로인해 세균성 근경부패병, 묵입병 등의 뿌리썩음병이 급격히 발생하여 재배가 극히 곤란한 실정이다(Lee et al., 1996; 李와 安, 1995; 金等, 1997).

저지대에서 고추냉이를 안전하게 재배하기 위해

* 전북 농업기술원 (Chon-Buk Agricultural Research & Extension Services, Ik-San, 570-140)

('98. 9. 22 接受)

서는 차광 또는 수막재배로 온도를 낮추어 뿌리썩음병 발생을 경감시키거나, 병발생이 많은 시기에 적절한 약제를 처리하여 방제하는 방법, 여름 고온기를 피할 수 있는 새로운 작형을 개발하는 것이 필요하다. 남부지역에서는 여름에 차광, 수막재배를 하더라도 한낮의 하우스내 온도가 20℃를 상회하는 경우가 많으므로 자연적으로 주변에서 냉풍이 불어 하우스내의 공기를 순환시킬 수 있는 입지조건이 되어있지 않은 곳에서는 사실상 재배가 어렵다. 또한 뿌리썩음병은 종자전염성이 강하고 고온 등의 환경조건에 의해 복합적으로 발생되는데 현재로서는 효과적인 약제방제를 할 수 없어 2년 발재배에서는 특별한 대책이 없는 형편이다.

최근 전라북도 농업기술원에서 동계 가온재배로 생육을 촉진시켜 익년 여름이 오기전에 수확하는 소위 단기 가온재배를 시도하여 소기의 성과를 거두고 있으나(文等, 1996), 생육기간이 단축되는 관계로 고추냉이 품질의 평가기준이 되는 신미성분 함량이 상대적으로 낮은 것이 문제점으로 제시된바 있다.

고추냉이의 신미성분은 isothiocyanate를 기본골격으로 하는 20여종이 보고되고있으며 그 중 휘발성이 강한 allyisothiocyanate(이하 allylNCS)의 함량이 가장 높은 것으로 알려져있다. 小嶋(1981a)에 의하면 allylNCS는 식물체에서 sinigrin이라는 배당체 형태로 존재하나, 조직이 파괴되면 myrosinase의 작용에의해 분해되어 allylNCS, glucose, KHSO₄를 형성하여 매운맛, 단맛, 쓴맛 등 독특한 풍미를 갖는다고 하며 이러한 독특한 풍미는 황황비료 사용과 관계가 깊은 것으로 보고되고있다(足立, 1988 ; Lee et al. , 1998).

본 시험은 고추냉이 동계가온 발재배시 allylNCS 함량을 증대시키기 위하여 allylNCS함량과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는 SO₄²⁻을 함유한 황황비료를 토양과 엽면에 시비하여 생육특성, 식물체 황황량 및 allylNCS함량과의 관계를 조사하였던 바 약간의 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

전라북도 농업기술원의 사양토 포장에 설치된

차광 비닐하우스내에서 공시품종을 달마종으로 하여 96년 9월 10일 파종하고 40일간 육묘후 30×20cm의 재식거리로 정식하였다. 시비량은 10a당 퇴비 1,500kg, 계분 150kg, 유박 40kg, 시판 부숙퇴비 200kg의 유기질 비료와 용성인비 60kg, 고토석회 150kg, 복합비료(17-21-17) 100kg의 화학비료를 기비로 사용한 후 1월과 3월에 복합비료 50kg을 추비로 사용했다.

월동기간중의 가온은 온풍난방기를 12℃로 고정하여 최저기온이 10℃이하가된 96년 11월 6일부터 97년 3월 25일까지 실시하였고 지상 1m지점에 최고최저온도계를 설치해 평균기온을 조사하고 지중 20cm지점에서 지온을 조사했다.

신미성분 향상을 위한 황황비료의 처리는 포장 정식후 약 4개월 후인 2월 10일부터 실시했으며 구체적인 사용방법 및 양은 표 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Summary of the fertilizer application methods.

Fertilizers	Application method	Remarks
(NH ₄) ₂ SO ₄	Foliar appli. (2% solution)	Appl. time:6 times, every 20 day
K ₂ SO ₄	Foliar appli. (2% solution)	from Feb. 10 to June 2
MgSO ₄	Soil appli. (30kg/10a)	
Sulfur-dust	Soil appli. (20kg/10a)	

토양중 유효태 황황량은 풍건토양 10g을 Ca (H₂PO₄)₂·H₂O 침출액으로 침출시킨후 상법에 따라 440nm의 UV-spectrophotometer로 비색측정하여 K₂SO₄에 의한 표준곡선식에서 함량을 구하였다. 토양 pH는 풍건토양을 증류수와 1:5의 비율로 혼합하여 30분 진탕후 pH meter로 측정하였으며, 식물체의 총 황황량은 110℃, 24시간 건조된 건조시료 1g을 500℃회화로에서 3시간 회화후 extraction solution으로 침출, BaCl₂·2H₂O를 가해 420nm의 UV-spectrophotometer로 흡광도를 측정, K₂SO₄에 의한 표준곡선식으로 함량을 구하였다(權, 1986). allylNCS함량은 생체시료 1g을 pH 1.0~1.5로 조절된 분해액에 넣고 stimulanous distillation and extration apparatus를 이용해 ethanol 10ml + ammonia solution 10ml를 넣은 수기에 100ml가 되도록 증류한 후 24시간 후에 237nm에서 흡광도를

측정하고 長度式에 의해 함량을 구하였다 (Schuktz & Flath, 1977 ; 小嶋, 1981b).

결과 및 고찰

1. 생육기간중의 온도조건 및 토양 황함량, pH 변화

파종후 수확까지의 가온재배와 무가온재배 하우스의 월평균 기온 및 지온은 표 2와 같다. 11월부터 익년 3월까지 월동기간동안 가온재배는 월평균기온 14~16℃, 지온 13~16℃로 생육적응온도의 범위에서 유지되는 경향이였으나, 무가온재배는 12월과 1월에 월평균기온 7~8℃, 지온 1~4℃로 가온재배와는 온도차가 매우 컸다.

Table 2. Variation of mean air and soil temperature during experiment period.

Items	1996				1997							
	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	April	May	June	July	
Mean air temperature (°C)	H.	25.0	19.3	14.8	14.7	13.9	15.2	16.0	15.5	19.6	24.5	25.5
	N.H.	24.8	18.9	11.9	8.7	7.2	10.0	10.5	14.5	19.3	24.6	24.7
Soil temperature (°C)	H.C.	23.4	19.6	14.7	13.6	12.6	12.6	13.3	14.7	17.5	20.0	22.5
	N.H.	23.4	19.2	8.5	4.0	1.8	2.5	5.9	13.9	16.9	19.3	22.0

H. C. : Heating condition.
N. H. C. : Non-heating-condition.

그림 1은 2월 10일부터 20일간격으로 함황비료를 토양에 사용하고 5일 간격으로 토양중의 유효태 황함량을 조사한 결과로 무처리는 298.4ppm~369.4ppm 수준이었으나, 황산고토 시용구 378.1ppm~834.0ppm, 황분말 시용구는 282.6ppm~1321.3ppm 범위였다. 황산고토 시용구는 무처리나 황분말 시용구에 비해 시용 5일 후에 함량이 증가되는 경향이였으며, 황분말 시용구는 점진적으로 증가되어 SO₄²⁻의 공급에 있어 황산고토 보다는 완효적인 효과를 갖는 것으로 나타났다.

그림 2는 토양 pH의 변화를 나타낸 것으로 황산고토 시용구는 pH 4.5~5.5의 범위에서 안정적인 경향을 보이다가 6차시용 이후에는 pH 6.0~7.0으로 Lee(1993)가 보고한 고추냉이 생육의 적정 pH

범위를 나타냈다. 그러나 황분말 시용구는 3차시용 10일후부터 점차 낮아져 최저 pH 2.8로 토양을 심하게 산성화시킴을 알 수 있었다.

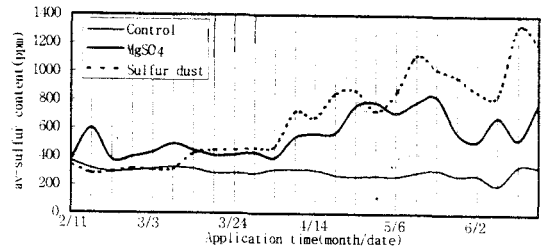


Fig. 1. Changes of available sulfur content in soil treated with sulfur fertilizers by soil application.

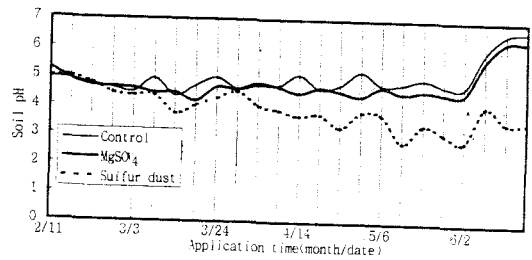


Fig. 2. Changes of soil pH treated with sulfur fertilizers by soil application.

2. 함황비료 처리에 따른 생육 및 allyINCS 함량의 차이

생육 정제기인 월동기간 동안 인위적 가온을 실시하여 파종후 11개월차인 7월 15일에 조사한 생육은 표 3과 같다.

지상부의 생육에서 엽면시비구는 무처리에 비해 본엽수는 적지만 분주에서 발생하는 측엽의 수는 많은 경향이였으며, 특히 황산가리 엽면시비구가 측엽수에서 유의한 차이를 보였으나, 최장엽의 직경은 가장 작았다. 지하부의 생육에서 근중은 황산가리 엽면시비구가 가장 무거웠으며, 황분말 토양 시용구는 근중은 적은 반면 주근의 발달이 양호한 경향이였고 근경장, 근경태, 근경중에서는 모든 처리에서 유의한 차이가 인정되지 않았다.

표 4는 건조시료의 식물체내 총 황함량과 생체시료의 allyINCS 함량을 조사한 결과이다. 강(1987)

Table 3. Comparison of growth characters among the different fertilizer treatments in *Wasabi* cultivated for eleven months under heating condition during the winter season.

Items	No. of true leaves	No. of tiller's leaves	Petiole diameter [†] (mm)	Root weight (g/plant)	No. of tap roots [‡]	Rhizome length (cm)	Rhizome diameter (mm)	Rhizome weight (g/plant)	Missing plant ratio [§] (%)
Control	11.6a [†]	18.8b	9.3a	25.8b	11.6b	4.7a	21.3a	27.0a	3.0
(NH ₄) ₂ SO ₄	8.2a	22.2ab	9.5a	29.1ab	15.8ab	4.4a	20.5a	29.9a	2.5
K ₂ SO ₄	10.2a	31.4a	6.8b	41.7a	17.4ab	4.0a	20.2a	25.2a	2.0
MgSO ₄	8.2a	24.2ab	8.9a	23.4b	12.6ab	3.8a	19.0a	21.7a	3.0
Sulfur-dust	10.0a	32.2a	8.0ab	27.0b	19.4a	3.9a	19.0a	22.9a	2.0

[†] Values with the same letter are not significantly different at 5% probability level by DMRT.

[†] Petiole diameter: The longest petiole diameter among surviving leaves.

[‡] Tap root: No. of tap roots above 2.5mm.

[§] Missing plant ratio: The ratio of plant died of root rot disease.

Table 4. Comparison of total sulfur and allylNCS contents among the different fertilizer treatments in *Wasabi* cultivated for eleven months under heating condition during the winter season.

Items	Total sulfur content (%/g, D. W)			Allyl-NCS content (mg/g, F. W)		
	Shoot	Root	Rhizome	Shoot	Root	Rhizome
Control	0.55b [†]	0.54a	0.54a	0.0671b(100)	0.2611a(100)	0.4590b(100)
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.56b	0.57a	0.55a	0.1162b(173)	0.2294a(88)	0.4917ab(107)
K ₂ SO ₄	0.56b	0.55a	0.54a	0.0765b(114)	0.2275a(87)	0.5052ab(110)
MgSO ₄	0.57ab	0.58a	0.56a	0.1743a(260)	0.2970a(114)	0.5301ab(116)
Sulfur-dust	0.60a	0.57a	0.55a	0.1973a(294)	0.2868a(110)	0.5636a(123)

[†] Values with the same letter are not significantly different at 5% probability level by DMRT.

에 의하면 백겨자와 흑겨자의 종자에서 총 황함량이 1.4%, 1.0% 수준이라는 점을 감안할때 통계가 온에 의한 발재배 고추냉이는 겨자의 종자에 비하면 총 황함량이 1/2 정도 낮은 수준으로 나타났다. 부위별 총 황함량은 근경 < 근 < 지상부 순으로 함황비료의 처리에 의해 각 부위에서 총 황함량이 증대되는 경향이였으며 그 증대효과는 특히 지상부에서 현저하였고, 엽면시비구보다는 토양시용구에서 함량이 높았다. 이러한 결과에서富足(1988)가 물재배에서 엽면시비가 황산근의 이용률이 높다는 보고와 달리 발재배에서 황의 공급은 토양시용이 유리함을 알 수 있었다. 특히 지상부의 함량이 토양시용구에서 높았던 것은 근에서 흡수된 황이 상향적으로 이동하여 지상부에 축적된 것으로

생각된다.

함황비료 처리간 allylNCS함량을 보면 지상부에서는 모든 처리에서 항상 효과가 있었고 특히 토양 처리구가 159.8~194.0%의 현저한 효과가 있었으며, 엽면시비구 중에는 유안 처리가 황산가리 처리에 비하여 지상부의 allylNCS함량 증대에 유리하였다. 근에서는 토양시용구에서 9.8~13.7%의 항상 효과가 있었으나, 엽면시비구에서는 무처리에 비하여 오히려 감소되는 경향을 보였고 특히 유안처리에서 감소폭이 컸다. 근경의 경우 모든 처리에서 항상 효과가 있었고 처리간에는 황분말 > 황산고토 > 황산가리 > 유안 순으로 토양시용구에서 15.5~22.8%로 효과가 높게 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 함황비료의 엽면시비는 지상부의 allylNCS함성

을 증대시키지만 근에서는 억제작용을 갖는 것으로 생각되며 토양시용은 각 부위에서 항상 효과가 인정되었고 지상부 > 근경 > 근의 순으로 효과가 크게 나타났다. 이러한 allyNCS함량 수준은 관행 무가온으로 21개월을 재배하는 발재배 고추냉이의 allyNCS함량이 지상부 0.15~0.21mg/g, 근 0.25~0.36mg/g, 근경 0.81~1.64mg/g, F. W 수준

이라는 보고(文等, 1997)와 비교할 때, 엽, 엽병 등의 지상부 및 근의 함량은 동계가온에 의한 11개월 단기재배시에도 함량비료의 토양시용으로 대등한 함량수준을 유지할 수 있으나, 근경에서의 함량은 1/2 ~ 1/3 정도로 낮은수준을 나타냈다.

표 5는 생육특성, 식물체 부위별 황함량 및 allyNCS함량간의 상관을 나타낸 것이다. 지상부

Table 5. Correlation coefficients between growth and quality characters in Wasabi cultivated for eleven months under heating condition during the winter season.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. No. of leaves	-												
2. No. of tillers	0.58*	-											
3. Shoot weight	0.73**	0.31	-										
4. Root length	0.01	0.31	0.02	-									
5. Root weight	0.42	0.53*	0.61*	0.64**	-								
6. Rhizome length	-0.16	-0.37	-0.08	-0.34	-0.24	-							
7. Rhizome diameter	0.03	-0.29	0.17	0.20	0.12	0.53*	-						
8. Rhizome weight	-0.19	-0.17	0.05	-0.05	-0.09	0.39	0.47	-					
9. Sulfur content of shoot	0.11	-0.19	-0.05	0.24	0.13	-0.07	0.03	-0.47	-				
10. Sulfur content of root	-0.24	-0.58*	-0.11	0.12	0.00	0.40	0.53	-0.02	0.68**	-			
11. Sulfur content of rhizome	-0.25	-0.51	-0.28	0.14	-0.08	0.36	0.44	-0.24	0.71**	0.87**	-		
12. allyNCS content of shoot	0.10	-0.32	-0.10	0.05	-0.20	-0.13	0.08	-0.19	0.81**	0.64*	0.57*	-	
13. allyNCS content of root	0.28	-0.25	0.03	0.01	-0.27	-0.03	0.23	-0.36	0.27	0.21	0.31	0.40	-
14. allyNCS content of rhizome	-0.14	-0.57*	-0.05	0.21	-0.00	-0.29	0.08	-0.38	0.56*	0.46	0.52*	0.53*	0.39

*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

의 allyINCS함량은 지상부, 근, 근경의 황함량과 유의한 정상관을 보였으며 특히 지상부의 황함량과는 고도로 유의한 정의 상관을 보였다.

또한 근경의 allyINCS함량은 지상부의 황, allyINCS함량 및 근경의 황함량과 유의한 정의 상관을 보였으나 분주수와는 유의한 부의 상관을 갖는 것으로 나타났다. 한편 지상부의 황함량이 많으면 지상부의 allyINCS함량이 증가되며, 지상부의 황함량과 allyINCS함량이 많은 경우 근경내의 allyINCS함량도 많아졌다.

따라서 식물체에 흡수된 황은 상향적으로 용이하게 이동되며, 황의 환원, 동화장소는 엽, 근 등이지만 엽의 엽록체가 주된 기능을 한다는 일반적 사실에 기초할 때 황의 공급을 통해 증대된 지상부의 황함량이 지상부와 근경의 allyINCS함량에 유의하게 영향을 미친 것으로 해석된다. 이의 결과로 볼 때 물재배 고추냉이에서 함황비료의 엽면시비에 의해 근경의 allyINCS함량이 증가된다는 Lee et al. (1998)의 보고와는 달리 밭재배에서 지상부의 황함량 증대를 통해 근경의 allyINCS함량을 높이기 위해서는 엽면시비보다는 토양시용이 유리할 것으로 생각된다

적 요

고추냉이 동계가온 밭재배시 allyINCS함량을 증대시키기 위하여 allyINCS함량과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는 SO_4^{2-} 을 함유한 함황비료를 토양과 엽면에 시비하여 생육특성, 식물체 총 황함량 및 allyINCS함량과의 관계를 조사한 결과는 다음과 같다.

생육 정체기인 월동기간동안의 가온재배로 평균 기온 14~16℃, 지온 13~16℃로 적정 생육온도의 범위를 유지할 수 있었으며, 함황비료의 토양시용으로 토양중의 황함량은 82.6~127.4%까지 증가되었고 토양 pH는 황분말에서 최저 2.8까지 저하되었다. 함황비료의 처리가 지상부 및 지하부의 생육에 미치는 영향에서는 함황비료 처리로 본엽수는 감소되고 측엽수는 증가하는 경향이였으며, 근중은 황산가리 엽면시비구가 가장 양호하였고 근경중등에서는 처리간 차이가 없었다. 식물체내 총 황함량은 엽면시비구 보다는 토양시용구에서 높은 경향이었고, allyINCS함량은 황분말 토양시용구에

서 지상부 194%, 근경 23%의 증대효과가 있었다. 지상부의 allyINCS함량은 지상부, 근, 근경의 총 황함량과 유의한 정의 상관을 보였으며, 근경의 allyINCS함량은 지상부의 총 황함량, allyINCS함량 및 근경의 총 황함량과 유의한 정의 상관을 보였으나 분주수와는 유의한 부의 상관을 나타냈다.

LITERATURES CITED

- Lee, S. W., J. S. Seo, H. S. So, H. S. Beon, J. H. Park, and S. D. Kim. 1996. Possibilities of *Wasabia japonica* Matsum culture using Soyang river Dam. Korean J. Medicinal crop Sci. 4(4) : 586-590.
- Lee, S. W., K. G. Choi, J. W. Park, and S. D. Kim. 1998. Changes of allylisothiocyanate content by foliar application in *Wasabia japonica* Matsum. Korean J. Medicinal crop Sci. 6(1) : 65-70.
- Schultz T. H., R. A. Flath. 1977. Isolation of volatic components from a model system. J. Agri. Food chem. 25 : 446-461.
- 康榮喜, 申榮五. 1987. 植物營養學. 아카데미서적. p. 263.
- 權臣漢. 1986. 農學實驗法. 先進文化社. p. 233.
- 金洞茂. 1997. 고추냉이의栽培體系確立 및 高品質生産. 農林部報告書. p. 145-147.
- 李奉鎬. 1993. 研究와 指導 34(2). 農村振興廳. : 50-55.
- 李盛佑, 安炳玉. 1995. 고추냉이(와사비)栽培法. 農振會. p. 8.
- 文正燮, 金東元. 1996. 고추냉이栽培技術確立研究. 全北農村振興院 試驗研究報告書. p. 272-284.
- 文正燮, 宋永柱. 1997. 고추냉이栽培適地 究明. 全北農村振興院 試驗研究報告書. : p. 123-130.
- 星谷佳功. 1996. ワサビ栽培から加工まで. 農山漁村文化協會. p. 12.
- 農山漁村文化協會(日本). 1987. 農業技術大系(特産野菜). p. 672.
- 小嶋操. 1981a. ワサビの科學(4). 農耕及園藝. 56(9) : 112-114.
- 小嶋操. 1981b. ワサビの科學(4). 農耕及園藝. 57(2) : 107-110.
- 足立昭三. 1988. ワサビ栽培. 秀潤社. p. 95.