

과제구분	Code : LS0208	수행시기	전반기	연구기간	1999(1년차 완결)
연구과제명	주요 근채류 안정생산을 위한 연구				
연구항목명	동해안 지역 단무지용 무 적정 시비량 구명				
색인용어	단무지용 무, 시비, 3요소				
연구원별임무					
구분	소속	성명	전화번호	담당임무	
연구책임자	해안농업시험연구팀	원재희	(0391) 648-2521	시험연구 총괄	
공동연구자	"	김상수	"	조사업무수행 및 지원	
	"	안수용	"	시험연구 협의	
	경영환경연구과	안문섭	(0361) 258-5725	토양 분석	

ABSTRACT

This experiment was conducted to determine the adequate amount of fertilization of pickled radish (*Raphanus sativus* var. *Minowase*) on 3 fields of the east coastal area, which fertility was different each.

After calculation of regression equation for yield according to the amount of N, P, and K fertilizer at each soil fertility, maximal values were calculated. Used their values and organic matter content, available P₂O₅ content, and exchangeable $K/\sqrt{Ca+Mg}$, were set on the basis of N, P, and K, respectively, the linear equations of the amount of N, P, and K fertilizer was calculated. The results was as follows:

- 1) The amount of N fertilizer(kg/10a) = $-3.05 \times O \cdot M(\%) + 39.9$ ($R^2 = 0.61$)
- 2) The amount of P fertilizer(kg/10a) = $-0.008 \times Av. P_2O_5(ppm) + 24.3$ ($R^2 = 0.70$)
- 3) The amount of K fertilizer(kg/10a) = $-3.30 \times Ex. K/\sqrt{Ca+Mg} + 15.9$ ($R^2 = 0.64$)

연구 배경

단무지용 무의 재배면적에 대한 정확한 통계는 없으며 가공식품용 원료로의 소비량으로 추정해 볼 때 '97년도 국내 생산량은 70,776ton(농림부, 1998)으로 재배면적은 10,000 ~ 15,000ha로 추정되고, 그중 강원도는 전국 생산량 대비 10.4%를 차지하고 있으며 동해안 지역은 강원도 생산량의 89.7%를 점유하고 있다.

현재 국내에는 단무지용 무의 생육특성에 맞는 표준 시비량 설정이 되어 있지 않아 일반 무의 시비기준을 그대로 적용하고 있으나 단무지용 무는 일반 무와는 달리 양분의 용탈이 심하고 유기물 함량이 적은 사질토에서 재배되기 때문에 일반 무의 시비기준을 적

용하기에는 무리가 있다. 동해안 지역 단무지용 무 재배 농가의 평균 관행 시비량은 N-P-K = 24.3-12.9-12.9kg/10a으로서 노지 일반 무의 표준 시비량 28.0-5.9-15.4kg/10a(농촌진흥청, 1992)과는 차이가 있으며, 또한 동해안 지역은 국내 단무지용 무의 최대 주산단지인 부여지역과 비교했을 때 평균 단수에서 약 1.5배 낮은데, 시비량과 방법에 큰 차이가 있어 일차적으로 단무지용 무 재배에 적합한 표준 시비량 설정이 요구된다고 하겠다.

예전에는 토양의 비옥도나 토양의 유효성분 함량을 고려하지 않은 일괄적인 시비량을 추천하였으나 이는 시비의 과다를 유발하기 쉬웠고 각 토양조건에 맞는 적정 시비를 하기가 힘들었다. 최근 들어 작물별 토양조건에 맞는 시비기준을 설정하는 연구가 진행되어 왔고 또한 기존의 표준 시비량을 현재의 토양조건에 맞게 재설정하려는 연구도 수행되어 많은 성과를 거두고 있으나 단무지용 무에 대해서는 이에 대한 연구가 전무한 실정이다.

이에 동해안 지역의 단무지용 무 재배지의 토양 비옥도를 기준으로 하여 시비추천식을 도출함으로써 적정 시비량을 산출하고 이를 농가에 적용 보급하여 단무지용 무의 안정생산에 기여하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 강릉시 사천면과 연곡면의 본량 사양토 3곳에서 수행하였는데, 사전에 토양 화학성 검정을 통하여 비옥지, 중간지, 척박지로 3곳을 선정하였다(표 1). 공시품종은 '홍농단무지'(홍농종묘)를 이용하였으며 1999년 8월 17일 파종하여 동년 11월 9일 수확하였다.

파종 전에 기비로 10a당 퇴비 1.5ton과 붕사 2kg, 그리고 석회 100kg를 시비하였고, 깊이 45cm 이상으로 심경한 후 이랑재배를 하였으며 재식거리는 60×23cm에 관수는 하지 않았다. 질소, 인산, 가리의 비료는 각각 요소, 용성인비, 염화가리를 이용하였다. 시비량 처리는 강릉지역의 농가 관행 시비량 N-P-K = 24-13-13kg/10a를 기준으로 하여 질소는 무처리부터 기준량의 2배량, 인산과 가리는 1.5배량까지 처리하였으며(표 2), 인산은 전량 기비로 처리하였고 질소는 1/3, 가리는 1/2을 기비로 처리한 후 나머지는 추비로 2회 분시하였다.

시비 처리 전·후에 토양 화학성 분석(농촌진흥청, 1997)을 하였고 수확기에 생육 및 수량조사를 실시하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 생육 및 수량에 대한 통계처리는 SAS를 이용한 LSD 분석을 실시하였고 질소, 인산, 가리에 대한 토양 비옥도별 수량 회귀곡선식을 계산하여 최대값을 구하였고 이를 이용하여 질소는 유기물 함량, 인산은 유효 인산함량, 가리는 치환성 양이온 함량비($K/\sqrt{Ca+Mg}$)(杉山, 1969)를 기준으로 최대 수량을 위한 시비량 결정식을 도출하였다.

표 1. 시험전 포장의 토양의 화학성

포 장	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	NO ₃ (ppm)	NH ₄ (ppm)	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. Cations(me/100g)			$\frac{K}{\sqrt{Ca+Mg}}$
							K	Ca	Mg	
비옥지	4.30	0.42	4.29	7.55	5.21	2008	0.63	0.80	0.23	0.62
중간지	4.34	0.30	2.87	2.99	5.86	1446	0.40	0.85	0.18	0.39
척박지	5.03	0.25	1.67	4.95	5.86	487	0.30	2.39	0.77	0.17

표 2. 처리별 시비량

(단위 : kg/10a)

처리	번호	시비량 (kg/10a)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
질 소		0	0	12	24	36	48	24	24	24	24	24	24
인 산		0	13	13	13	13	13	0	4.3	8.7	13	13	13
가 리		0	13	13	13	13	13	13	13	13	0	6.5	19.5

결과 및 고찰

처리별 생육 및 수량을 살펴보면(표 3, 4), 질소의 경우 시비수준이 증가할수록 생육이 양호한 경향을 보였는데, 지상부에서는 무비구에 비하여 시비수준이 증가할수록 엽중이 증가하였으며 비옥지에서는 처리간 유의차가 있었으나 중간지와 척박지에서는 무비구와 48kg/10a 수준 처리간에만 유의성이 인정되었다. 지하부에서도 무비구에 비하여 시비구에서 생육이 양호하였으며 비옥지에서는 12, 중간지에서는 36, 척박지에서는 48kg/10a 수준에서 최대의 생육 및 수량을 나타내었다.

토양내 질소의 농도가 높을수록 지상부의 생육은 촉진되나 근부의 경우 한계농도를 초과하면 오히려 감소하는 경향이 있으며 가리도 질소와 유사한 경향을 보인다고 한 곱명(1956)의 보고와 일치한다.

인산의 경우에서도 시비수준이 증가할수록 지상부와 지하부의 생육이 증가하는 경향이었으며 지하부의 경우 비옥지에서는 8.7, 중간지와 척박지에서는 13kg/10a 수준에서 가장 양호하였다. 그러나 중간지와 척박지에서는 무처리에 비해 처리구에서는 효과가 인정되었으나 처리구간에는 유의성이 인정되지 않았다.

가리의 경우 무비구에 비해 시비구에서 생육이 증가하였으나 처리구간에는 큰 차이가 없었으며 최대 생육은 비옥도에 따라 다소 차이가 있어 비옥지에서는 6.5, 중간지와 척박지에서는 13kg/10a 수준이었고 그 이상의 시비수준에서는 생육에 차이가 없거나 감소하는 경향이였다. 전체적으로 볼 때, 비옥지에서는 시비수준이 증가할수록 3요인 모두 지하부에 비해 상대적으로 지상부 생육을 더 증가시켰으며, 특히 높은 질소 시비수준에서는 잎의 과번무를 유발하였다. 중간지와 척박지간에는 생육 및 수량의 반응이 큰 차이가 없었다. 또한 무비구와 시비구간에는 뚜렷한 유의성이 있었으나 처리구간에는 시비수준이 높아질수록 생육의 차이가 적어지거나 감소하는 경향을 나타내었다.

표 3. 3요소 시비수준별 생육

성분	처리수준 (kg/10a)	엽 중 (g/주)			근 중 (g/주)		
		비옥지	중간지	척박지	비옥지	중간지	척박지
질소	무처리	205	65	43	918	465	329
	0	163	108	50	911	666	355
	12	269	121	122	1,342	754	765
	24	301	131	156	1,187	825	862
	36	329	150	151	1,240	836	884
	48	404	189	151	1,173	721	921
L S D _{0.05}		123	46	45	132	93	189
인산	0	216	112	110	991	613	705
	4.3	218	130	125	1,093	790	804
	8.7	268	118	113	1,195	735	788
	13	301	131	156	1,187	825	862
	L S D _{0.05}	53	24	28	142	119	75
加里	0	238	104	106	1,067	720	699
	6.5	284	121	111	1,229	739	722
	13	301	131	156	1,187	825	862
	19.5	313	131	115	1,224	771	793
	L S D _{0.05}	70	17	23	72	65	100

표 4. 3요소 시비수준별 수량

성분	처리수준 (kg/10a)	수량 (kg/10a)			
		비옥지	중간지	척박지	평균
질소	무처리	5,574	2,826	1,996	3,465
	0	5,531	4,045	2,156	3,911
	12	8,152	4,576	4,646	5,791
	24	7,211	5,009	5,232	5,817
	36	7,531	5,078	5,371	5,993
	48	7,124	4,378	5,596	5,699
L S D _{0.05}		799	561	1,146	
인산	0	6,019	3,722	4,280	4,674
	4.3	6,638	4,796	4,880	5,438
	8.7	7,259	4,461	4,783	5,501
	13	7,211	5,009	5,232	5,817
	L S D _{0.05}	863	720	456	
加里	0	6,478	4,370	4,247	5,032
	6.5	7,466	4,488	4,387	5,447
	13	7,211	5,009	5,232	5,817
	19.5	7,435	4,680	4,817	5,644
	L S D _{0.05}	439	396	606	
평균		6,917	4,461	4,490	5,297

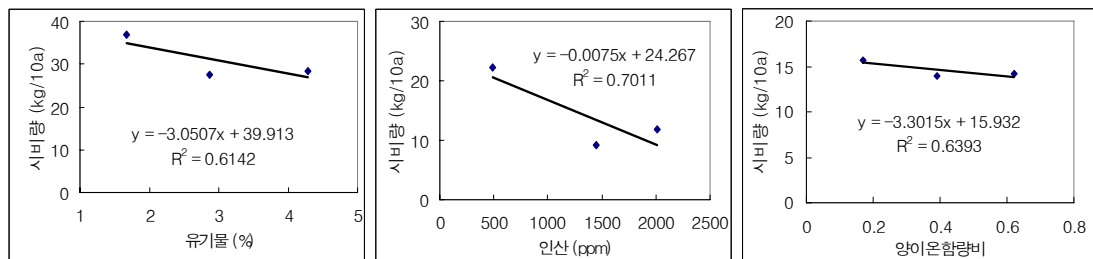
표 5. 3요소의 수량 회귀식

성분	비옥도	회귀식	R ²	최대값
질소	비옥지	-2.3776X ² + 135.49X + 5912.2	0.61	28.5
	중간지	-1.4006X ² + 76.963X + 3980.1	0.94 ^{**b}	27.5
	척박지	-2.4683X ² + 181.84X + 2368.4	0.95 ^{**}	36.8
인산	비옥지	-8.8949X ² + 212.32X + 5986.2	0.98 ^{**}	11.9
	중간지	-7.0257X ² + 127.38X + 3839.1	0.72 [*]	9.1
	척박지	-2.0238X ² + 89.824X + 4343.0	0.83 [*]	22.2
가리	비옥지	-4.5142X ² + 128.29X + 6564.1	0.77 [*]	14.2
	중간지	-2.6397X ² + 73.797X + 4307.4	0.66 [*]	14.0
	척박지	-3.2823X ² + 103.27X + 4149.2	0.68 [*]	15.7

^b *, ** : significant at P=.05 or .01

杉山(1969)과 吉池(1983) 등은 수량과 시험전 및 수확기 토양의 성분함량 간에는 함수 관계가 있다고 하였으며 질소, 인산 및 가리의 시비량 가감을 조정하는 토양성분은 각각 그 토양이 갖는 유기물 함량, 유효인산 및 치환성 양이온 함량비($K/\sqrt{Ca+Mg}$)가 주 인자로 작용한다고 보고한 바 있다. 이러한 연구를 토대로 포장의 비옥도별로 조사한 질소 최적 시비량과 유기물 함량, 인산 최적 시비량과 유효인산 함량, 그리고 가리 최적 시비량과 치환성 양이온 함량비와의 관계를 그림 4에 나타내었다.

질소, 인산, 가리 모두 토양내 각각의 기준 성분함량이 증가할수록 최적 시비량은 감소하는 부의 관계가 있었다. 이러한 결과는 유기물, 인산 및 가리가 축적된 토양에서는 시비량을 감소할 수 있으며 함량이 낮을 경우 기존의 관행 시비량보다 더 시용해야 한다는 것을 보여주었다. 다만, 인산의 경우 동해안 지역의 대부분 노지 밭 포장에서 매우 높은 수준의 집적을 나타냈다는 기존의 보고(김경대, 1999)처럼 본 시험포장들도 상당한 수준으로 집적된 포장이었음에도 불구하고 최적 시비량이 이 등(1989, 1997, 1998)이 보고했던 수준보다 다소 높게 나타나 단위지용 무에서 인산의 반응에 대한 좀 더 세밀한 연구가 추후 요망된다. 가리에 있어서는 양이온 함량비가 증가함에 따라 시비량이 감소하는 부의 관계를 보여 기존의 보고(정 등, 1998. 이 등, 1989)와 유사한 반응을 보였으나 함량비에 따라 시비량의 절대량에서는 큰 차이를 나타내지는 않았다.



질소

인산

가리

그림 4. 3요소별 최대 수량을 위한 시비량 결정식 (양이온 함량비 = $K/\sqrt{Ca+Mg}$)

단무지용 무는 앞서 언급했듯이 국내 일반 무의 연간 총 재배면적의 약 1/3~1/4을 차지할 정도로 상당히 많은 면적을 점하고 있으나 지금까지는 이 단무지용 무에 대한 본격적인 연구가 미흡했던 실정으로서, 본 시험에서 설정된 최대 수량을 위한 시비량 결정식을 이용하여 실제 단무지용 무의 재배농가 포장에서 토양 화학성 검정을 통하여 적정 수준으로 시비를 할 경우에는 기존의 관행적으로 시비했을 경우보다 합리적인 시비에 의하여 증수될 수 있으리라 여겨진다.

적 요

동해안 지역 단무지용 무 재배지의 비옥도가 다른 3포장을 이용하여 질소, 인산, 가리의 적정 시비량 구명을 위한 3요소 시비시험을 실시하였다. 각 처리별 생육 및 수량을 조사하여 3요소와 비옥도별로 각각의 수량에 대한 2차 회귀곡선식을 계산하였고, 이 최대수량을 위한 회귀곡선식을 이용하여 최대값을 구하였다. 이 최대값과 3요소별로 질소는 유기물 함량, 인산은 유효 인산 함량, 가리는 치환성 양이온 함량비($K/\sqrt{Ca+Mg}$)를 기준으로 하여 최대 수량을 위한 다음과 같은 시비량 결정식을 도출하였다.

- 1) 질소 시비량(kg/10a) = $-3.05 \times \text{토양내 유기물 함량}(\%) + 39.9$ ($R^2=0.61$)
- 2) 인산 시비량(kg/10a) = $-0.008 \times \text{토양내 유효인산 함량(ppm)} + 24.3$ ($R^2=0.70$)
- 3) 가리 시비량(kg/10a) = $-3.30 \times \text{토양내 양이온 함량비}(K/\sqrt{Ca+Mg}) + 15.9$ ($R^2=0.64$)

인 용 문 헌

- 농림부. 1998. '97 과실 및 채소류 가공현황. pp. 96-101.
- 정진철, 장동철, 김현준, 김승열. 1998. 고품질 감자 가공원료 생산을 위한 적정 시비량 구명. 고려지농업시험장시험연구보고서. pp. 129-136.
- 김경대. 1999. 강릉지역 감자 후 단무지 무 재배지 토양의 화학적 특성과 석회 시용량에 따른 감자와 무의 수량. 강원대석사학위논문.
- 이춘수, 황선웅, 곽한강, 박준규. 1989. 토양검정에 의한 무, 양배추, 고구마의 인산과 가리 시비기준 설정. 농시논문집 31(2) : 16-22.
- 이춘수, 이상민, 이주영, 박양호. 1997. 작물의 영양진단 및 토양검정에 의한 합리적 시비기준 설정. 농업과학기술원보고서. pp. 732-738.
- 이춘수, 박양호, 이상규. 1998. 시설채소 재배지 양분흡수특성 및 토양양분함량에 의한 표준시비량 설정. 농업과학기술개발결과 시책건의자료. 농촌진흥청. pp. 95-101.
- 이춘수, 윤정희, 박양호, 박준규. 1989. 마늘과 무의 인산 및 가리 진단기준 설정 연구. 농시논문집 31(2) : 29-35.
- 농촌진흥청. 1992. 표준영농교본-78 : 농토배양기술.

- 농촌진흥청. 1997. 농업과학기술총서 2 : 작물재배생리의 이론과 실험. pp. 302- 335.
- 杉山直儀. 1969. 野菜の栄養生理と施肥技術. 誠文堂新光社. pp. 110-131.
- 吉池昭夫. 1983. 農耕地における施用リン酸の蓄積について. 日土肥誌. 53(3) : 255- 261.
- 吉名 . 1956.

활 용 계 획

’99 영농 활용 : “동해안 지역 단무지용 무 3요소 적정 시비량 설정”