

비닐피복 배추 재배시 국소시비에 의한 질소질비료의 절감 효과

양창휴* · 류철현 · 신복우 · 강승원¹

작물과학원 호남농업연구소, ¹작물과학원

Effect of Band Spotty Fertilization for Reduction of Nitrogen Fertilizer on Chinese Cabbage(*Brassia campestris* L.) in Plastic Film Mulching Cultivation

Chang-Hyu Yang*, Chul-Hyun Yoo, Bok-Woo Shin and Seung-Won Kang¹

Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

This study was conducted to establish a low-input fertilization technique and increase of fertilization efficiency using the band spotty applicator(1999-2000) during the cultivation of mulching for chinese cabbage(*Brassia campestris* L.). The obtained results such as nitrogen efficiency, yield and soil improvement after cultivation of chinese cabbage were as follows. The content of NO₃-N in soil increased in band spotty fertilization(BSF) by increasing application rate from the beginning stage to the middle stage. The content of total nitrogen increased but content of organic matter, available phosphate and exchangeable potassium decreased in comparison with the soil before experiment. Growth rate of Chinese cabbage increased in band spotty fertilization plot and uptake amount of nitrogen fertilized for chinese cabbage increased by increasing of the application rate. N use efficiency was higher by 5-21% in band spotty fertilization plot than in conventional fertilization(CF) plot. Yield of chinese cabbage increased by 16% in 70% band spotty fertilization plot and increased by 20% in 100% band spotty fertilization plot. It was found that 70% band spotty fertilization was more effective as fertilization method to reduce both environmental pollution and chemical nitrogen fertilizer in plastic film mulching cultivation.

Key words : Chinese cabbage, Band Spotty Fertilization (BSF), N use efficiency, Yield

서 언

시비는 작물재배에 있어서 천연공급으로 부족한 영양분을 비료로써 공급하는 것이며 과잉시비는 물이나 대기 등 환경에 불리한 영향을 미치므로 생산성을 조절하면서 토양상태, 작물 종류 등에 따른 적절한 시비를 행하는 것이 기본이 되며 특히 화학비료의 절감을 꾀한 시비효율을 증대할 필요가 있다.

비료의 합리적 사용방법 및 기술은 적정수준의 수량을 유지하면서 성분의 이용률과 효율을 높이기 위한 수단이므로 토양, 작물 또는 기상조건 등에 따라 시비 시기, 위치, 방법, 형태 등을 조절 변경함으로써 시비 효과를 높여야 할 것이다(Lim, 1982).

1990년대부터는 평탄지의 채소 재배지 뿐만 아니라

고랭지 토양에서도 특수성분에 대한 함량이 한계수준 이상으로 집적되어 있고(NIAST, 1999; NIAST, 2000; Yang et al., 2001), 화학비료를 토양비옥도 증가와 최고수량을 목표로 하여 과량을 사용하고 있어 양분의 과다에 따른 지표수 및 지하수오염 등 환경부하를 가중시키고 있다 (Cho, 1999; Park et al., 2001).

시비에 의해 기인되는 환경오염을 경감시키기 위한 기본적 대책은 토양 중에 과잉의 비료성분이 잔류되지 않도록 토양 진단에 의한 토양의 양분상태를 파악하고 질소, 인산 및 염기성분의 축적이나 불균형을 방지하는 것이다. 더욱이 국소시용이나 완효성비료의 시용에 의한 효율적인 시비체계를 연구하고 용수의 순환이용 등 새로운 기술을 도입하는 것도 바람직하다.

하우스나 노지에서 토양이 피복되어 있는 경우 토양 수분이 지표면으로 향하여 이동하는 비율이 높아 표층에 비료성분이 축적되고 비닐을 제거하면 수분은

접 수 : 2005. 11. 3 수 리 : 2006. 1. 7

*연락처 : Phone: +82638402272,

E-mail: yang1907@rda.go.kr

하층으로 향하여 이동하는 비율이 높다. 이 경우 질산이온의 이동은 매우 빠른 것으로 알려져 있다. 작물근권의 국소 시비는 비료의 이용률을 향상시켜 작물수량을 유지하면서 시비량의 절감이 가능한 것으로 환경부하의 경감에 효과적이다.

배추는 저온성채소로 최근 식생활이 개선됨에 따라 신선채소의 수요가 급증하여 노지나 시설재배에 의해 연중 생산되고 있으며 연작재배 토양은 작물 재배시기마다 과다 시비량 및 무분별한 질소원의 사용으로 NO₃에 의한 토양과 지하수 등의 오염 뿐만 아니라 식물체 가식부위 내의 NO₃⁻ 집적으로 농산물의 안전성에도 위협을 주고 있다(Sohn and Oh, 1993). 한편 배추는 초기 생육이 왕성해야 후기 결구에 영향을 미치므로 기비에 관심을 두어야 하며, 결구가 시작되는 시기에 비료 요구도가 가장 높으므로 추비를 일정한 간격으로 2-3회 사용한다(RDA, 2002).

현재 밭작물의 추비 사용방법은 강우직전 작물이나 지표면에 살포하고, 두둑을 형성하여 재배한 비닐 피복재배 작물에서는 일부 농가의 경우 비닐 위에 비료를 손으로 뿌려주기 때문에 사용한 비료가 강우에 의해 유실이 심하여 추비횟수를 3-5회로 늘려줄 뿐만 아니라 비료의 사용효과가 낮아 시비량을 증가시켜 시비노력 등 생산비를 증가시키는 요인이 되며 특히 지표면이나 비닐 위에 사용된 비료의 유실이 심하여 환경오염원이 되기도 한다.

이러한 문제점을 해결하고 시비효율 증진 및 생력 시비기술을 확립하고자 작물근접 토양 내 시용이 가능한 토중시비기를 개발하여 배추를 비닐피복 재배할 때 토중시비에 의한 시비량 절감과 양분 이용률 향상, 생육 및 수량성을 검토한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

배추를 시험작물로 하여 농가포장에서 시험을 수행하였으며, 토양 중 시비기의 공시기종은 시비구(호퍼 3조), 시비 깊이, 시비 간격 및 시비량 조절장치 등을 갖춘 토중시비기로 국립 정밀기기 제작소에서 제작되었고(NHAES, 1999) 토중시비기의 주요 특징은 Table 1과 같다.

작물근접 토양 깊이별 시용이 가능하고 작물에 따라 시비 간격 및 시비량을 조절할 수 있게 제작되었다. 상하좌우로 조절하여 비료를 시용할 수 있도록 하였고 경사지 밭에서도 이용이 가능하며 두류, 서류, 채소류 및 특용작물 등의 비료 시용이 가능하다.

시험 전 토양의 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 유효인산과 치환성 칼륨 함량이 높고 유기물 함량이 낮은 사양토 이었다. 배추품종은 가락신 1호로 8월 하순~9월 상순에 흑색비닐피복 하고 재식거리 70×40 cm로 2열로 직파하여 11월 하순에 수확하였다. 토양 검정 후 진단시비량 N-P₂O₅-K₂O=362-22-30 kg ha⁻¹로 질소비료는 요소로 4회 분시, 인산비료와 칼리비료는 용성인비, 염화가리를 전량기비로 사용하였다. 처리는 관행시비, 토중시비 N100%(관행시비량), N70%(30%감비), N50%(50%감비), 3요소 무시용을 하였으며 추비방법은 관행시비에서는 파종 후 20일에 1차 추비 후 15일 간격으로 2회 비닐위에 흩어 뿌려준 반면에 토중시비에서는 토중시비기를 사용하여 배추 근접부위에 파종 후 20일에 1회 사용하였다. 또한 토중시비는 시비간격 30 cm, 시비깊이 15 cm로 하여 실시하였다.

토양 및 식물체는 농업과학기술원 토양화학분석법

Table 1. Characteristics of band spotty applicator.

Power (Hp)	Fertilization			Control on amount of applied fertilizer
	hole(ea)	depth(cm)	interval(cm)	
4	3(hopper)	3-15	20-30	Three steps

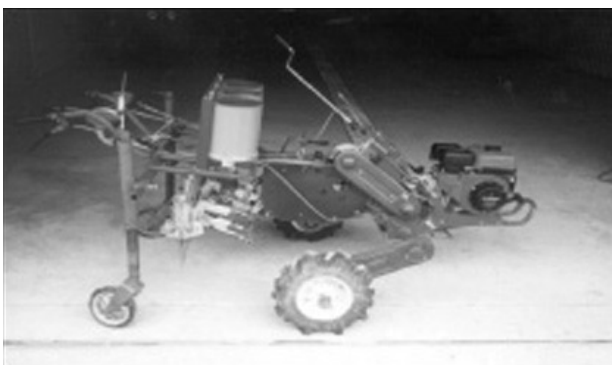


Fig.1. Band spotty applicator.



Fig.2. The spectacle of band spotty fertilization.

Table 2. Physico-chemical properties of soil before experiment.

pH	OM	Av. P ₂ O ₅	Exchangeable cation			T-N	Soil texture
			K	Ca	Mg		
1.5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmolc kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹	
6.8	12.8	577	1.10	5.6	1.4	0.86	SL

(NIAST, 2000)에 준하여 토양의 pH는 초자전극법, 총질소는 Kjeldahl법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온 Ca, Mg, K는 NH₄OAc로 침출시켜 ICP(Varian Livity 110)를 이용하였고 질산태 질소는 미량확산분석법(CMSA, 1989)으로 분석하였다. 토성은 sodium hexametaphosphate 용액에 의한 분산 후 hydrometer로 분석하였고 미농무성(USDA)법에 따라 분류하였다(ASI, 1973).

식물체는 60°C에서 건조 후 분쇄한 시료를 H₂SO₄-H₂O₂로 습식분해 하고 분해여액을 이용하여 총질소를 Indophenol-blue법으로 분석하였고, 시비질소흡수량은 시비구질소흡수량-무시비구질소흡수량, 질소이용률은 시비질소흡수량/질소시비량×100으로, 배추의 성장속도는 $dw(w_2-w_1)/dt(t_2-t_1)$ 로 산출하였으며 SPAD-502 meter(Minolta사)를 사용하여 엽색을 측정하였다. 배추 생육 및 수량은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(RDA, 1998)에 준하여 엽수, 구고, 구폭, 결구중을 조사하였다.

결과 및 고찰

토양 중 양분함량 및 토양화학성 변화 배추 생육 기간 동안 토양 중 질산태 질소 함량의 변화는 Fig. 3과 같다. 토중시비에서 시비수준이 높을수록 질산태 질소 함량이 높았고 생육후기까지 높은 경향을 나타냈다. 관행시비는 파종 후 35일 105.9 mg kg⁻¹의 질산염 수준에서 파종 후 80일에 19.9 mg kg⁻¹으로 낮아

졌고 토중시비 100%, 70%는 각각 127.5 mg kg⁻¹, 102 mg kg⁻¹에서 47 mg kg⁻¹과 39.5 mg kg⁻¹으로 높게 발견되었다.

피복에 의한 작토층의 수분 보존효과와 지온 상승효과로 인하여 질소 무기화 작용은 더 빠르게 촉진되어 생육초기에 질산태질소의 공급을 증대시켰으나 무피복 조건에서는 질소의 무기화작용이 지연되어 생육후기까지 작토층의 질산태 질소 함량이 높게 유지된 결과와(Hong et al., 1985) 유사한 경향을 나타냈다.

Mengel(1982)은 토양 중에서 질산의 이동에 가장 크게 영향을 미치는 요인은 토양수분이며 건조상태에서 작토표층으로 질산이 집적되는 것은 수분증발에 따른 수분이동 때문이라 하였고 작물생육에 가장 중요한 영양원인 질소의 무기화작용도 토양수분에 의존되며 특히 질산화성균의 활성은 고온과 수분조건에 매우 민감하다고 하였다(Powelson, 1980; Rice et al., 1983).

시험 후 토양화학성 변화는 Table 3과 같다. 유기물, 유효인산 및 치환성 칼륨 함량은 감소되었고 총질소 함량은 증가되었으며 토중시비에서 높은 경향을 나타냈다. 배추 재배에 적당한 토양 중 치환성칼륨 함량은 0.70-0.80 cmolc kg⁻¹로 추천되고 있으나(RDA, 1999) 우리나라 밭 토양 중 평균 치환성칼륨 함량은 지속적으로 증가되어 걱정 범위를 크게 초과하고 있으며 특히 엽채류의 주요 재배지인 도시 근교 지역과 고랭지 밭 토양에 유효인산 및 치환성칼륨이 과다집적 되고 있다는 조사결과가 많다(Jung et al., 2001; Yang et

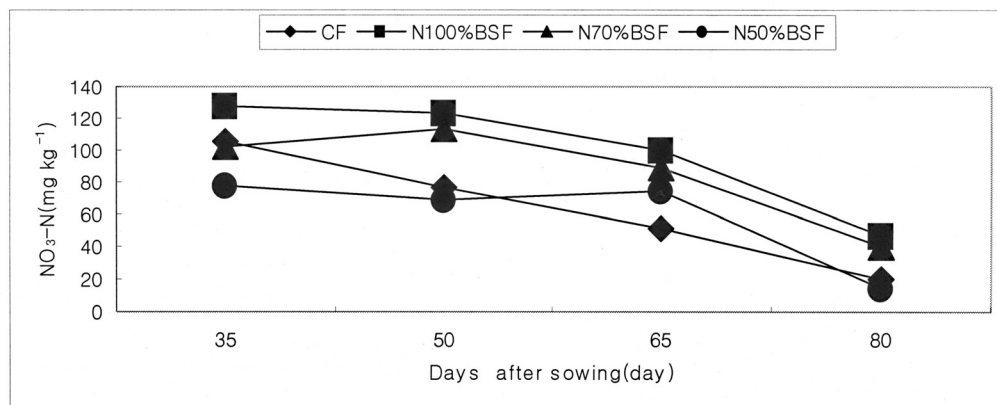


Fig. 3. Changes of NO₃-N contents in soil during Chinese cabbage growing season in fertilizer treatment.
CF : Conventional Fertilization BSF : Band Spotty Fertilization

Table 3. The change of soil chemical properties after experiment.

Treatment	pH	OM	Av. P ₂ O ₅	Exchangeable cation			T-N
				K	Ca	Mg	
	1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹
CF [†]	6.7	12.5	498	1.01	5.6	1.4	0.88
N100%BSF [‡]	6.7	12.6	494	1.03	5.6	1.4	1.15
N70%BSF	6.8	12.2	489	1.02	5.6	1.4	0.98
N50%BSF	6.7	12.0	469	0.98	5.6	1.4	0.92
Non fertilization	6.7	11.5	459	0.97	5.6	1.4	0.73

[†] Conventional fertilization

[‡] Band spotty fertilization

al., 2001). 배추의 뿌리는 넓고 깊게 자라지만 건조에 약하므로 배수가 양호한 사양토에서 생육이 양호하며 토양산도는 5.5-6.8 정도가 적합하다(RDA, 2002).

생육양상 시기별 엽색은 Table 4와 같이 토중시비에서 질소수준이 증가할수록 짙었으며 파종 후 65일에 가장 높은 수치를 나타냈다. 파종 후 50일 이후 추비 시용으로 엽색이 짙어졌으나 파종 후 80일에는 토중시비 100%를 제외하고는 질소기아를 나타냈다. 엽색은 엽록소 및 엽 중 질소함량이 많을수록 짙어지는 경향으로 품종, 재배법 등에 따라 크게 변하며 엽색을 짙게 하고 비타민 성분을 증가시킨다는 보고(Satoru, 1988)로 미루어 볼 때 토양의 질산태질소 함량을 적정수준으로 유지할 수 있는 시비방법과 재배법 확립

이 필요하다고 생각된다.

또한 배추의 단위기간내에 증가한 단위면적내 건물량을 나타내는 성장속도를 Fig. 4에서 보면 파종 후 65일에 토중시비 100%에서 28.2 g m⁻² day⁻¹, 토중시비 70% 27.1 g m⁻² day⁻¹, 토중시비 50% 24.5 g m⁻² day⁻¹, 관행시비 23.4 g m⁻² day⁻¹ 순으로 높은 증가율을 나타냈다.

양분흡수량 및 이용률 수확기 배추의 질소흡수량은 관행시비 291 kg ha⁻¹에 비하여 토중시비 70%와 100%에서 308 kg ha⁻¹와 347 kg ha⁻¹ 으로 많았고 질소이용률은 관행시비 33.5%에 비하여 토중시비 50%에서 54.5%, 토중시비 70%에서 54.0%, 토중시비 100%에서 48.5% 순으로 높았으며 인산흡수량은 129-

Table 4. Changes of leaf color during the growing period for chinese cabbage with fertilizer treatment.

	Days after sowing(day)		
	50	65	80
CF [†]	32.2	33.5	28.2
N100%BSF [‡]	35.9	38.1	30.2
N70%BSF	34.3	37.2	29.3
N50%BSF	34.0	35.4	28.2
Non fertilization	30.0	30.7	24.6

[†] Conventional fertilization

[‡] Band spotty fertilization

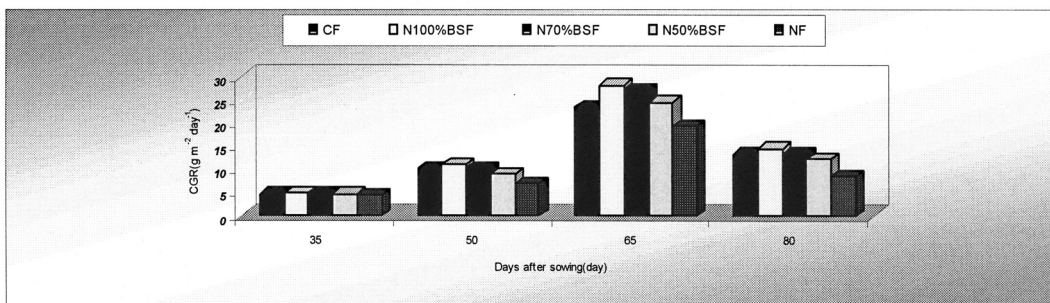


Fig. 4. Changes of growth rate during chinese cabbage growing season on fertilizer treatment.

CF : Conventional Fertilization BSF : Band Spotty Fertilization NF : Non Fertilizai

144 kg ha⁻¹, 칼리흡수량은 259-312 kg ha⁻¹를 나타냈다.

토양 중 질소함량이 증가됨에 따라 식물체에 의한 질소흡수량은 증가되지만 식물체의 질소이용률은 오히려 토양 질소함량이 적을수록 높았다. 따라서 토양에 많은 질소가 축적되어 있더라도 작물에 전부 흡수 이용되는 것이 아니므로 토양에 적정양분을 유지시켜 시비질소의 이용률과 작물의 생육을 향상시키고 생산비의 절감 특히 질소에 의한 수자원 오염방지에 큰 효과가 있을 것으로 생각된다.

채소류를 기준으로 할 때 비료사용 후 흡수하는 이용률은 토양조건, 작물 및 비종과 시비방법 등에 따라 다른데 질소 40-60%, 인산 10-20%, 칼리 50-70% 정도로 질소와 칼리이용률에 비하면 인산이용률이 매우 낮은 것으로 보고되어있다(Jung et al., 1998).

최근 일본에서는 배추 재배시 질소이용률이 높은 시비방법을 개발하였는데 표층부식질흑갈색토 및 담색흑갈색토에서 기비를 전면전층시비하고 추비시기를 관행보다 1-2주 정도 늦은 작물근계가 충분히 발달된 시기에 국소시비하여 30-40% 질소시비량을 절감하였으며 질소이용률을 50% 이상으로 높인 사례가 있다(NARC, 1993).

한편 토양 중 시비질소 잔존량은 관행시비(25 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 13-75 kg ha⁻¹ 많아진

반면에 시비질소 손실량은 관행시비(219 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 171-146 kg ha⁻¹로 적은 것은 작물근접 시비의 결과로 강우 등에 의한 유실이 적은 것으로 생각된다.

밀감 중 시비질소 흡수량은 질소시비량이 많을수록 많은 경향을 나타냈고, 질소시비량이 증가됨에 따라 시비질소율 및 잔류량은 감소하였으며, 시비질소율과 잔류량이 관행시비에 비하여 관비(심층시비)에서 높은 것과 50% 감비에서 질소이용률이 높은 결과(Kang et al., 1998)와 유사한 경향을 나타냈다.

시비효율 및 수량성 질소시비효율은 토중시비 70%에서 크게 증대되었으며 질소시비수준이 높을수록 엽수가 많아지고 구고와 구폭이 커졌으며 결구중이 무거워 토중시비 70%, 100%에서 수량은 관행시비(109.5 Mg ha⁻¹)에 비하여 16-20% 증수되었으며 18-20% 소득을 향상시킬 수 있었다.

토중시비기를 사용하여 시비효과를 구명한 바 추비를 작물근접 토양 중에 시비함으로써 유실을 최소화할 수 있어 1회 시비로 질소이용률을 1.4-1.6배 증진시킬 수 있고 또한 시비량을 30% 절감하여도 수량이 감소하지 않아서 저투입 생력재배가 가능하여 발작물 재배농가의 경쟁력 강화 및 농가 소득향상에 노력할 것으로 기대된다. 결론적으로 농업과 환경의 조화로

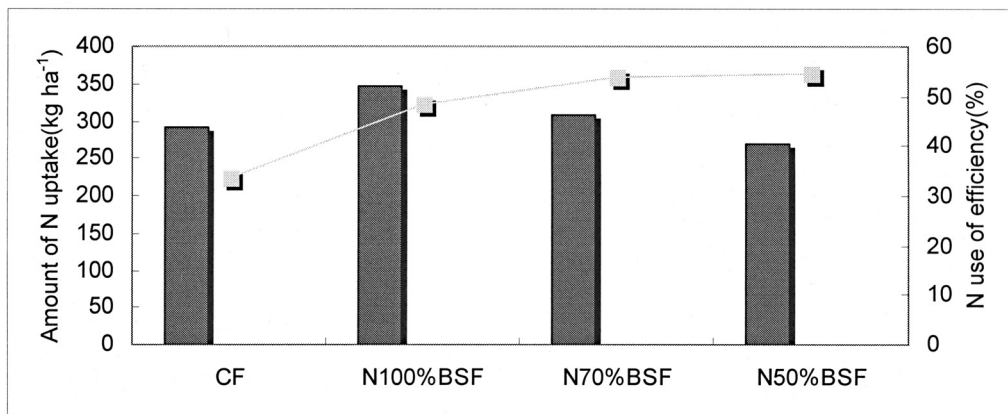


Fig. 5. N use efficiency and N uptake amount on Chinese cabbage in fertilizer treatment.
CF : Conventional fertilization BSF : Band spotty fertilization

Table 5. Amount of applied N loss and residual on fertilization method. (unit: kg ha⁻¹)

Division	CF [†]	N100%BSF [‡]	N70%BSF	N50%BSF
N applied rate	362	362	253	181
N absorbed rate	118	189	140	95
N residual rate	25	100	62	38
N loss rate	219	73	51	48

[†] CF : Conventional Fertilization

[‡] BSF : Band Spotty Fertilization

Table 6. N fertilization efficiency and yields of Chinese cabbage.

Division	No. of leaf	Bulb height	Bulb diameter	Heading weight	Yield	Yield index	Fertilization efficiency
	plant ⁻¹	cm	cm	g plant ⁻¹	Mg ha ⁻¹		Ykg Nkg ⁻¹
CF [†]	56	26.3	18.4	2,190	109.5	100	75
N100%BSF [‡]	66	29.0	20.2	2,626	131.2	120	135
N70%BSF	63	28.5	19.8	2,539	126.9	116	177
N50%BSF	59	25.9	17.5	2,028	101.4	93	106
LSD(1%) ----- 520.34**							

[†] CF : Conventional Fertilization

[‡] BSF : Band Spotty Fertilization

Table 7. Economic analysis.

Division	Yield	Gross income	Managing cost	Income	Incomeindex
	Mg ha ⁻¹				
CF [†]	109.5	28,140	3,050	25,090	100
N100%BSF [‡]	131.2	33,710	3,080	30,630	122
N70%BSF	126.9	32,620	2,940	29,680	118
N50%BSF	101.4	26,060	2,850	23,210	93

Price of Chinese cabbage= per kg 257 won(average five years)

[†] CF : Conventional Fertilization

[‡] BSF : Band Spotty Fertilization

지속적인 농산물을 생산하는 환경농업이 대두되어 농업생산성의 경제성 확보와 함께 환경친화형 시비, 자원절약적 시비 및 우수농산물의 안전생산을 추구하는 여러 가지 시비법 중 하나는 토중시비라고 생각된다.

적 요

밭작물의 시비효율 증대 및 생력시비기술 확립을 위하여 토중시비기를 개발하고 비닐피복 후 배추 가락신 1호를 재배하여 시비간격 30 cm, 시비깊이 15 cm로 토중시비시 토양화학성 변화, 양분흡수량 및 이용률, 작물의 생육과 수량성을 검토한 결과는 다음과 같다.

토양 중 질산태질소 함량은 생육초기에서 중기까지 토중시비구에서 질소 시비수준이 높을수록 증가하였고 시험 후 토양은 토중시비에서 총질소 함량은 토중시비에서 증가한 반면 유기물, 유효인산 및 치환성 칼륨 함량은 비슷하였다.

배추의 성장속도는 파종 후 65일에 토중시비 100% 구, 70% 구에서 높게 증가되었고 시비질소 흡수량은 토중시비에서 질소 시비수준이 높을수록 많았고 질소 이용률은 관행시비(33.5%)에 비하여 토중시비에서 15-21% 높았다.

토중시비 70%구와 100%구는 질소시비효율을 증대시켰을 뿐만 아니라 수량도 관행시비(109 Mg ha⁻¹)에

비하여 16-20% 증수되었고 소득이 18-22%나 증가되었다.

결론적으로 질소비료를 30% 절감한 토중시비를 추천할 수 있는 시비방법이라고 판단되었다.

인 용 문 헌

- Agricultural Sciences Institute. 1973. Agronomical survey manual. 2:3-28.
- Committee of method measurement and soil standard analysis. 1989. A method of measurement for soil standard analysis. p.110-114. Hakuyusa. Japan.
- Cho, B.O. 1999. Characterization of soil fertility and management practices of alpine soils under vegetable cultivations. Ph. D. Thesis, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.
- Hong, S.D., Y.H. Lee, J.J. Kim, and S.J. Cho. 1985. A study on changes of physico-chemical properties of plow layer soil and its response of tobacco growth under poly ethylene film mulching condition 2. Effect of poly ethylene film mulch on the mineralization of compound fertilizer and mobility of mineralized nutrients in the plow layer. Korean J. Soil Sci. Fert. 18:140-147.
- Jung, B.G., J.W. Choi, E.S. Yun, J.H. Yoon, Y.H. Kim, and K.B. Jung. 1998. Chemical properties of the horticultural soils in the plastic film houses in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 31:9-15.
- Jung, B.G., J.W. Choi, E.S. Yun, J.H. Yoon and Y.H. Kim. 2001. Monitoring on chemical properties of bench marked upland soils in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:326-332.
- Kang, Y.K., and B.K. Kang. 1998. Nitrogen recovery and

- application method in a satsuma mandarins orchard. Korean J. Soil Sci. Fert. 31:143-150.
- Lee, K.M., E.G. Jung, and J.Y. Lee. 1982. Soil fertility survey on the major area producing commercial crops. Annual research report. p.625-646. Institute of Agricultural Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Lim, S.U. 1982. Rationalization of fertilizing and development of fertilizer. Korean J. Soil Sci. Fert. 15:49-60.
- Mengel, K. 1982. Factors of plant nutrient availability relevant to soil testing. Plant and Soil. 64:129-138.
- National Agricultural Research Center. 1993. Improvement of fertilization method on chinese cabbage for low-input fertilization management. Kantoh & Tokai Agricultural Research Report.
- National Honam Agricultural Experiment Station. 1999. For 1998 Annual research report. p.95-96.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 1999. A counter measuring studies to the changes of agricultural environment. p.12-30. In the 3rd year completed report.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Soil management practices in upland for environment conservation.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Methods of soil and crop plant analysis.
- Park, Y.H., Y. Lee, and S.C. Kim. 2001. Technology of nutrient management for major crops. p 104-106. In Proceedings of symposium on integrated nutrient management. Korean J. Soil Sci. Fert. Suwon, Korea.
- Powelson, D.S. 1980. Effect of cultivation on the mineralization of nitrogen in soil. Plant and Soil. 57:151-153.
- Rice, C.W., and M.S. Smith. 1983. Nitrification of fertilizer and mineralized ammonium in no-till and plowed soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1125-1129.
- Rural Development Administration. 1998. Investigation and standard for agricultural experiment.
- Rural Development Administration. 1999. Fertilizer recommendation in standard levels for crops.
- Rural Development Administration. 2002. Chinese cabbage cultivation technique. A manual for standard farming(128-1). p.44, 53-55.
- Sohn, S.M., and K.S. Oh. 1993. Influence of nitrogen level on the accumulation of NO₃- on edible parts of chinese cabbage, radish and cucumber. Korean J. Soil Sci. Fert. 26:10-19.
- Satoru, S. 1988. Fertilization and improvement of vegetables quality. p.6-141.
- Yang, J.E., B.O. Cho, Y.O. Shin and J.J. Kim. 2001. Fertility status in northeastern alpine soils of South Korea with cultivation of vegetable crops. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:1-7.