

양파 비닐피복 재배에서 추비 절감을 위한 국소시비 효과

양창휴* · 류철현 · 신복우 · 강승원¹

작물과학원 호남농업연구소, ¹작물과학원

Effect of Band Spotty Fertilization for Reduction of Additional Application in Plastic Film Mulching Cultivation of Onion(*Allium cepa* L.)

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

It is very important to improve fertilizer use efficiency for the saving of fertilizers and for environmental purposes as well. However, there was no effective ways for the fertilization in the mid of growth under the plastic film mulching cultivation so far. For this, a Band Spotty Fertilization (BSF) machine was developed recently. So, we tried to establish a low input fertilization technique using this BSF machine in the vinyl mulching cultivation of onion (*Allium cepa* L.). Fertilization efficiency, soil properties, and crop yield were examined and compared among treatments from 2000 to 2001. The content of exchangeable K in soils were higher after fertilization but that of available P₂O₅ was lower than before the experiment in all plots. The content of nitrate-N was highest at the early growth stage, and higher in BSF plots than that of conventional fertilization (CF). BSF plot showed higher growth rate, and uptake amount of nitrogen of onion by 59-69% than that of CF. N use efficiency in BSF was higher in the order of two time-split application, one time-split application, and three time application. K use efficiency was high 13-17% BSF plots than that in CF(63 kg ha⁻¹) plots. The amount of residual N in soils was high by 8-14% in BSF plots compared to that in CF plots, and the loss of N was lowered 26-34% by BSF. Also, the amount of residual K in soils was high by 13-18% and the loss of K was low by 29-31% in BSF plots compared to that in CF plots. The yield of onions increased by 7-13% by BSF due to increased diameter and weight of bulbs. As the results, N fertilization efficiency increased by 22-42% by BSF.

Key words : Onion, Band spotty fertilization(BSF), N use efficiency, Fertilization efficiency, Yield

서 언

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

비료의 합리적 사용방법 및 기술은 성분의 이용률과 효율을 높이기 위한 수단이므로 토양, 작물 또는 기상 조건 등에 따라 시비시기, 위치, 방법, 형태 등을 조절 변경함으로써 시비효과를 높여야 할 것이다(Lim, 1982).

화학비료를 토양비옥도 증가와 최고수량을 목표로 하여 과량을 시용하고 있어 1990년대부터는 평탄지의 채소재배지 뿐만 아니라 고랭지토양에서도 특수성분에 대한 함량이 한계수준 이상으로 집적되어 있고(NIAST, 1999; NIAST, 2000; Yang et al., 2001) 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 시비하여 질소, 인산 및 염기성분의 축적이나 불균형을 방지하는 것이다. 이를 위한 방안의 하나로서 작물근역의 국소 시비는 작물의 이용률을 향상시켜 작물의 목표수량을 유지하면서 시비량 절감이 가능할 뿐만 아니라 환경부하의 경감도 효과적일 것이다.

접수 : 2005. 11. 3 수리 : 2005. 12. 2

*연락처 : Phone: +82638402272,

E-mail: yang1907@rda.go.kr

양파는 1990년대 이후 소비자들의 식생활 변화와 건강에 대한 관심도 증가와 더불어 소비량이 지속적으로 증가하여 채소류 중에 소비증가율이 가장 큰 작목이며 재배면적은 12,352 ha로 전남 54%, 경남 18%, 경북 16%로 순으로 재배되고 있다(KREI, 2003). 우리나라 양파재배는 8월 하순-9월 상순에 과중하여 이듬해 4월-6월에 수확하는 추파재배가 대부분이다. 양파재배에 있어 비닐피복은 보온 및 보습에 유리하여 수량을 증대시키고 조생종 양파의 수확기도 앞당길 수 있으며 특히 추파재배 작형에서 겨울에 저온 및 건조가 심할 때 수량의 증대효과가 크다. 한편 피복재배가 일반화되면서 효율적인 추비는 고품비를 비닐 위에 뿌리는 것이 보통이며 이는 노지에서 토양수분에 의하여 바로 녹아 식물체에 흡수되는 것에 비하여 그 효과가 많이 떨어진 다. 실제 양파재배 농가의 추비 실태를 보면 강우에 따라 추비시기 및 횟수를 조절하는 것이 대부분으로 시비효율이 떨어질 뿐만 아니라 노동력이 과다하게 요구되며 시비량 과다 및 늦은 추비를 야기해 저장성을 악화시키는 결과를 초래한다(Lee et al., 1996).

양파는 비료를 많이 요구하는 작물 중의 하나로 토성, 유기물 함량 등의 차이에 의해 시비량이 달라져야 한다. 비닐 피복재배는 토양 중에 있는 비료성분이 관개나 강우 등에 의한 유실이 적기 때문에 시비효율을 증진시킬 수 있으나 비료성분에 따라 토양에 계속 집적되는 경우가 있고 미량요소가 부족 될 수 있으므로 재배토양의 성분분석을 통한 시비처방이 필요하며 시비량은 표준시비량을 기준으로 하며 토양성분을 분석하여 필요한 만큼 조절해 주어야 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 시비효율증진 및 생력시비기술을 확립하고자 작물근접 토양 중에 시용이 가능한 토중시비를 개발하여 비닐피복 원예작물 양파 재배 때 토중시비로 시비량·추비횟수 절감 및 양분이용률 향상, 생육과 수량성에 대한 효과를 검토한 바 시험결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 시험은 2년 동안(2000-2001) 작물과학원 목포시험장 및 호남농업연구소 맥류전작과 포장에서 수행하였다. 시험 전 토양 이화학적 특성은 Table 1과 같이

토양 pH가 중성이고 유기물 및 치환성 양이온 함량이 낮은 사양토로서 비옥도가 대체로 낮았다. 천주대고를 8월 하순-9월 상순에 재식거리 20×10 cm로 과중하고 11월 상순-중순에 정식하여 이듬해 6월 상순에 수확하였다. 양파 시비량은 토양검정 후 진단시비량 N-P₂O₅-K₂O=264-84-314 kg ha⁻¹로 질소 4회 분시, 인산은 전량기비, 칼리는 2회 분시 하였으며 백색비닐 피복 재배를 실시하였다.

처리는 1년차에 관행시비(기비+추비3회), 토중시비(기비+추비1회, 기비+추비2회, 기비+추비3회), 3요소 무시용을 2년차에 관행시비(기비+추비3회), 토중시비(기비+추비1회, 기비+추비2회, 기비+추비3회), 질소 무시용, 칼리 무시용, 3요소 무시용을 두어 수행하였으며 추비는 관행시비에서는 비닐위에 3회 흩어 뿌려준 반면 토중시비에서는 토중시비를 사용하여 양파 근접 부위에 재생기 이후 10일 간격으로 1회, 2회 및 3회 시용하였다.

토양 및 식물체는 농업과학기술원 토양화학분석법(NIAST, 2000)에 준하여 pH는 초자전극법, 총질소는 Kjeldahl법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 질산태질소는 미량화산분석법, 양이온 Ca, Mg, K는 NH₄OAc로 침출시켜 ICP(Varian Livity 110)를 이용하여 분석하였다. 토성은 Sodium hexametaphosphate 용액에 의한 분산 후 Hydrometer로 분석하였고 미농무성(USDA)법에 따라 분류하였다. 식물체는 60°C에서 건조 후 분쇄한 시료를 H₂SO₄-H₂O₂로 습식분해 하고 분해여액을 이용하여 총질소는 Indophenol-blue법으로 분석하였고 시비질소 흡수량은 시비구 흡수량-무시비구 흡수량, 질소이용률은 시비질소 흡수량/질소시비량 100으로, 생장속도는 dw(w²-w¹)/dt(t²-t¹)로 산출하였으며 엽색은 SPAD-502meter를 (Minolta사) 사용하여 측정하였다.

양파 생육 및 수량은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(RDA, 2000)에 준하여 엽수, 엽조경, 구고, 구경, 구중 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

토양의 화학적 특성 및 양분함량 변화

시험 후 토양화학성 변화는 Table 2와 같다. 유효인산 함량은 감소되었고 치환성 칼리의 함량은 증가되

Table 1. Physico-chemical properties of the 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	----- cmol kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹	
6.9	10.7	328	0.36	4.8	1.2	0.97	SL

었으며 토중시비에서 높은 경향을 나타냈다. 양과재배에 적당한 토양 중 치환성 칼리 함량은 0.70-0.80 cmolc kg⁻¹로 추천되고 있으나(RDA, 1999) 우리나라 밭 토양 중 평균 치환성 칼리 함량은 지속적으로 증가되어 적정 범위를 크게 초과하고 있으며 특히 엽채류의 주요 재배지인 도시 근교 지역의 밭 토양 중 치환성 칼리의 집적도는 매년 빠른 속도로 증가되고 있다(Lee et al., 1982). 양과재배에 적용되는 토양은 사양토부터 식토에 이르기까지 광범위하며 산성토양에서는 생육과 구비대가 매우 나빠지므로 토양산도를 6.0-6.5 되도록 조절해 주어야한다.

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 민감하다(Powelson, 1980; Rice et al., 1983). 양과 생육기간 동안 토양 중 질산태질소 함량은 Fig. 1과 같이 토중시비에서 추비횟수가 많을수록 수확기까지 높은 경향을 나타냈다. 즉 관행시비는 생육초기

112 mg kg⁻¹에서 22 mg kg⁻¹으로 토중시비 추비3회, 추비1회는 171 mg kg⁻¹, 143 mg kg⁻¹에서 105 mg kg⁻¹, 95 mg kg⁻¹로 높았다.

생육양상 시기별 엽색은 Table 3과 같이 토중시비 추비 2회에서 짙었으며 생육중기에 가장 높은 수치를 나타냈다. 만생종 양과에서는 4월 하순부터 비절현상이 나타나므로 추비를 실시해야 하는데 본 시험포장에서는 비절현상이 나타나지 않았다. 엽색은 엽록소 및 엽 중 질소함량이 많을수록 짙어지는 경향으로 품종, 재배법 등에 따라 크게 변하며 엽색을 짙게 하고 비타민 성분을 증가시키면서 질산농도를 높이지 않는 시비방법과 재배법 확립이 필요하다. 양과의 단위기간 중에 증가한 단위면적 중 건물량을 나타내는 성장속도는 Fig. 2와 같이 생육후기에 토중시비 추비 2회 164.8 g m⁻² d⁻¹, 추비 3회 154.4 g m⁻² d⁻¹, 추비 1회 150.8 g m⁻² d⁻¹, 관행시비 134.9 g m⁻² d⁻¹ 순으로 높은 증가율을 나타냈다. 일반적으로 추과재배 양과는 월동을 거쳐 2월 이후 재생을 시작하며 기온이 올라가는 3·4월에 최대의 영양생장기에 들어가는 것으로 알려져 있다(Cho et al., 2001; Ha et al., 1998; Suh

Table 2. The changes of soil chemical properties after experiment.

Treatment	pH	OM	Av. P ₂ O ₅	Exchangeable cation			
				K	Ca	Mg	
	1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmolc kg ⁻¹ -----			
CF [†]	6.9	10.9	266	0.66	4.8	1.2	
BSF [‡]	1 TSA [§]	6.8	10.8	269	1.22	4.8	1.3
	2 TSA [¶]	6.8	10.6	259	1.26	4.8	1.3
	3 TSA [′]	6.8	10.9	257	1.25	4.8	1.3
No Fertilization	6.7	9.9	241	0.33	4.7	1.0	

[†] Conventional Fertilization [‡] Band Spotty Fertilization

[§] 1 Time-Split Application [¶] 2 Time-Split Application [′] 3 Time-Split Application

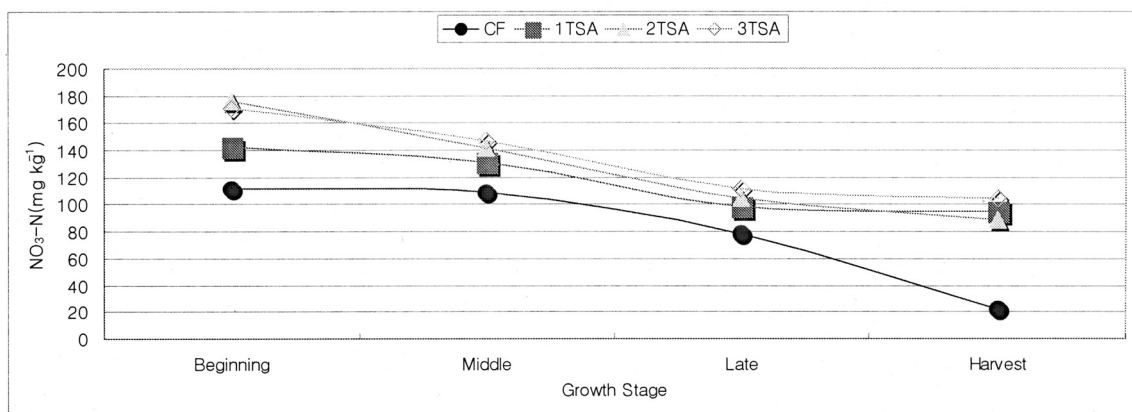


Fig. 1. The change of NO₃-N content in soil during growth stage on fertilization method.

* CF : Conventional Fertilization 1TSA : 1 Time-Split Application
2TSA : 2 Time-Split Application 3TSA : 3 Time-Split Application

Table 3. Changes of leaf color during growth stage on fertilization method. (unit : SPAD)

Treatment	Growth stage		
	Early	Middle	Harvest
CF [†]	70.5	74.8	63.8
BSF [‡]	1 TSA [§]	74.6	78.0
	2 TSA [¶]	73.9	78.3
	3 TSA [′]	73.0	77.8
No Fertilization	50.0	57.1	48.6

[†] Conventional Fertilization [‡] Band Spotty Fertilization

[§] 1 Time-Split Application [¶] 2 Time-Split Application [′] 3 Time-Split Application

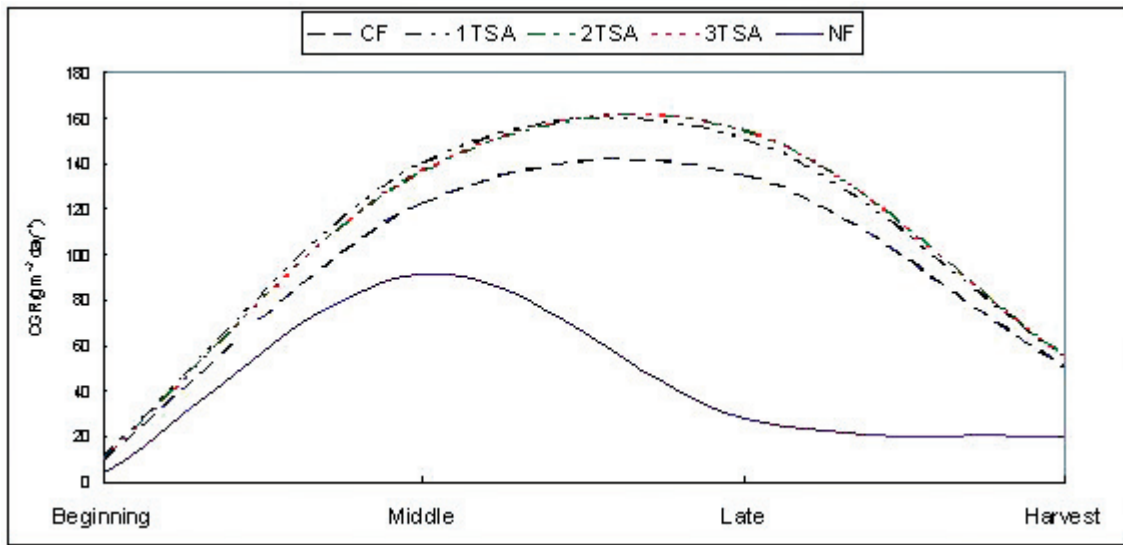


Fig. 2. Changes of CGR during growth stage on fertilization method.

* CF : Conventional Fertilization 1TSA : 1 Time-Split Application
2TSA : 2 Time-Split Application 3TSA : 3 Time-Split Application

and Ryu, 2002). 양파는 재배기간이 길고 정식 4개월 이후에 본격적인 생장이 시작되므로 생육중기의 시비 관리가 중요하다. 시비방법별 수확기 양파 생육은 Table 4와 같다. 추비 2회 > 추비 1회 > 추비 3회 > 관행 시비 순으로 엽초경, 구경이 굵고 구중이 무거워졌다.

양분흡수량 및 이용률 수확기 식물체(구, 엽경)의 질소, 칼리 시비질소(칼리) 흡수량 및 질소(칼리)이용

률은 Fig. 3, Fig. 4와 같다. 질소함량이 관행시비에 비하여 작물근접 토중시비에서 높아 시비질소 흡수량은 관행시비(78 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 124-132 kg ha⁻¹로 59-69% 많았고 질소이용률은 관행시비(29.5%)에 비하여 추비 2회 50%, 추비 1회 48.1%, 추비 3회 47%로 18-20% 높았다. 또한 시비칼리흡수량은 관행시비(63 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 96-108 kg ha⁻¹로 52-71% 많았으며 칼리이용률은 관행시

Table 4. Growth status of onion on fertilization method.

Treatment	Plant height	No. of leaf	Leaf sheath diameter	Bulb weight	Bulb height	Bulb diameter
	cm	plant ⁻¹	mm	g plant ⁻¹	cm	cm
CF [†]	6.9	7.6	16.75	157	7.3	7.4
BSF [‡]	1 TSA [§]	7.9	19.25	177	8.2	8.0
	2 TSA [¶]	8.0	19.35	178	8.4	7.9
	3 TSA [′]	7.8	18.80	167	8.9	7.6
No Fertilization	6.7	7.4	14.90	96	5.1	5.7

[†] Conventional Fertilization [‡] Band Spotty Fertilization

[§] 1 Time-Split Application [¶] 2 Time-Split Application [′] 3 Time-Split Application

비(23.9%)에 비하여 36.4-40.9%로 13-17% 높았다. 양파의 양분흡수량은 3월 중순 이후에 증가하기 시작하며 칼리 > 질소 > 인산 순으로 증가한다(Kato et al., 1999).

양파의 양분흡수는 질소, 칼리, 석회가 월동 후 생장이 다시 시작되면서 급속한 증가를 보이고 인산과 고토 흡수량은 극히 적다. 대부분의 채소작물은 칼리 흡

수량이 많은 것에 비하여 양파는 질소 흡수량이 많은 것이 특징이므로 양파재배에 있어서 증수요령은 질소비료의 합리적 공급에 있다고 할 수 있다.

양분 잔존량 및 손실량 시비방법별 토양 중 질소(칼리) 잔존량 및 손실량은 Fig. 5, Fig. 6과 같다. 시비질소 잔존량은 관행시비(32 kg ha⁻¹)에 비하여 토중

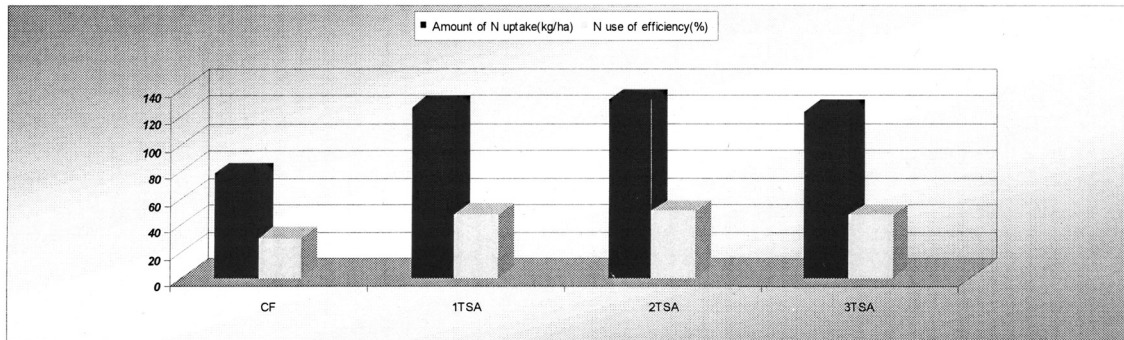


Fig. 3. N use efficiency and amount of N uptake on fertilization method.

* CF : Conventional Fertilization 1TSA : 1 Time-Split Application
2TSA : 2 Time-Split Application 3TSA : 3 Time-Split Application

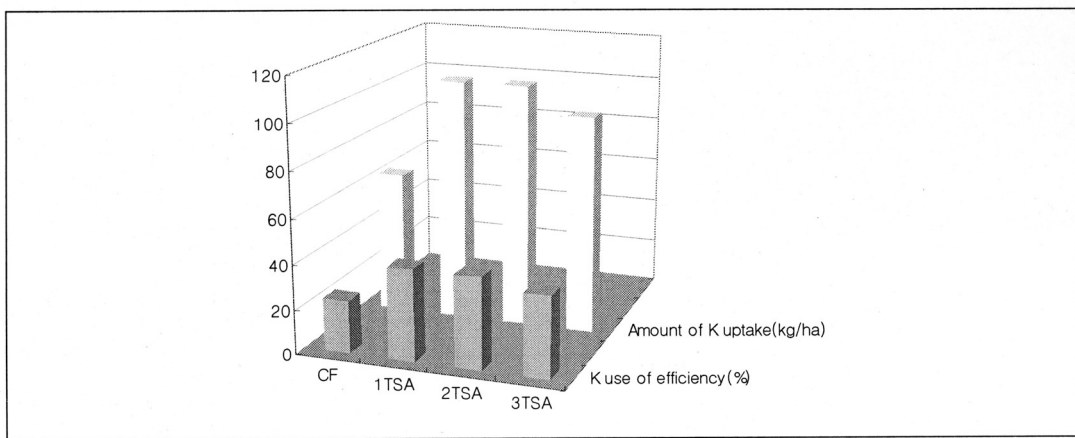


Fig. 4. K use efficiency and amount of K uptake on fertilization method.

* CF : Conventional Fertilization 1TSA : 1 Time-Split Application
2TSA : 2 Time-Split Application 3TSA : 3 Time-Split Application

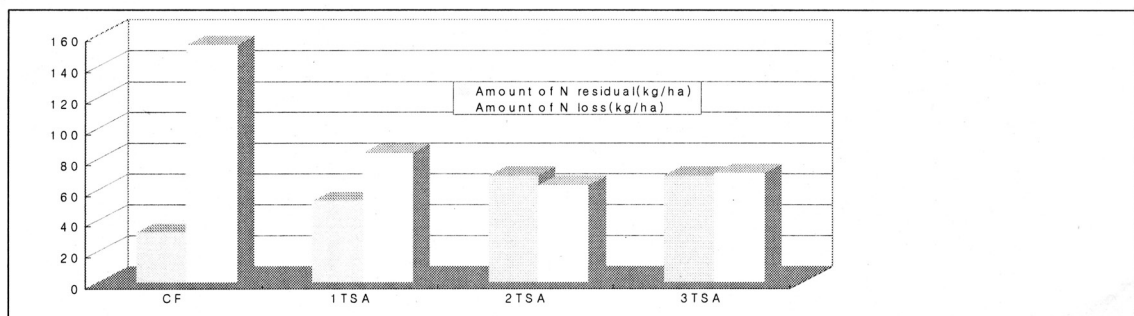


Fig. 5. Amount of loss and residual of nitrogen on fertilization method.

* CF : Conventional Fertilization 1TSA : 1 Time-Split Application
2TSA : 2 Time-Split Application 3TSA : 3 Time-Split Application

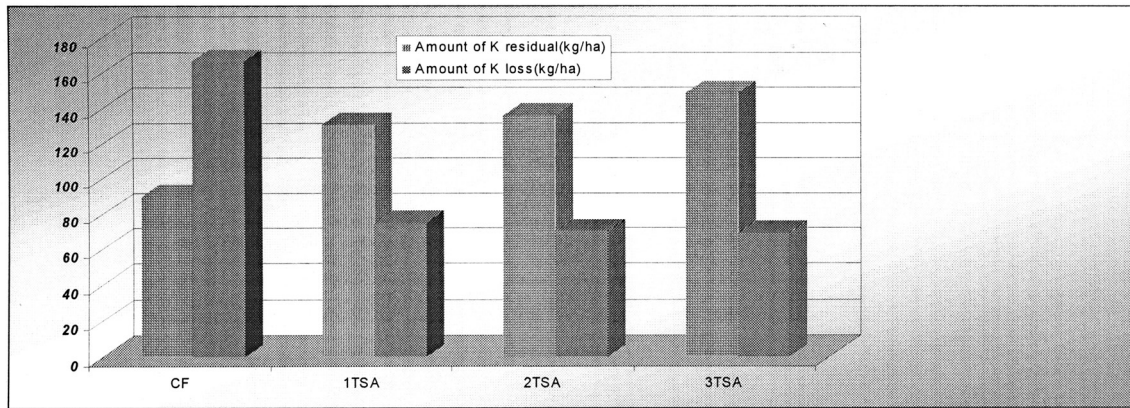


Fig. 6. Amount of loss and residual of potassium on fertilization method.

* CF : Conventional Fertilization 1TSA : 1 Time-Split Application
2TSA : 2 Time-Split Application 3TSA : 3 Time-Split Application

시비에서 8-14% 많은 반면에 손실량은 관행(154 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 26-34% 적었으며 시비 칼리 잔존량은 관행시비(90 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 13-18% 많았고 손실량은 관행시비(167 kg ha⁻¹)에 비하여 29-31% 적은 것은 작물근접에 비료를 시비한 결과 강우 등의 영향이 적은 것으로 생각된다.

시비효율 및 수량성 양파구의 직경 크기별 분포 비율은 Fig. 7과 같이 구경 8 cm 이상이 관행시비(28.1%)에 비하여 추비 2회 45.0%, 추비 1회 44.5%, 추비 3회 41.8%로 높았고 시비방법별 양파수량은 Table 5와 같다. 토중시비에서 상품구울(구경 6 cm 이상)이 높아 관행시비(38.15 Mg ha⁻¹)보다 12-19% 상품수량이 많아져 총수량은 7-13% 증수되었다. 또한

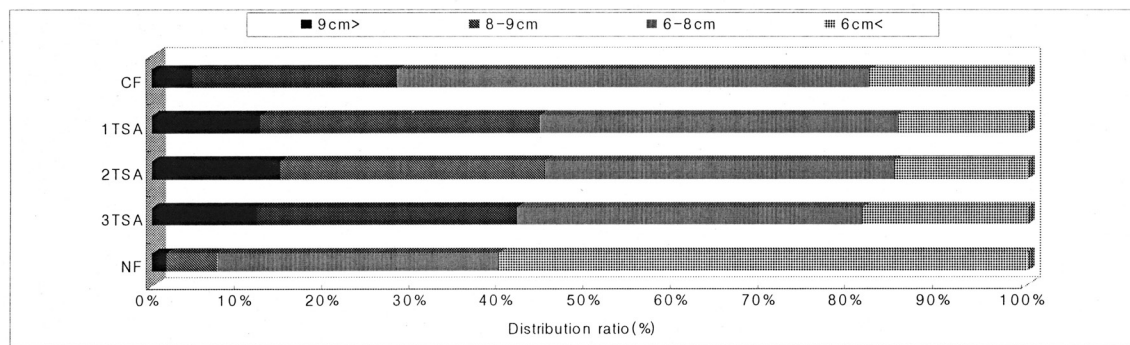


Fig. 7. Distribution ratio of bulb diameter on fertilization method.

* CF : Conventional Fertilization 1TSA : 1 Time-Split Application
2TSA : 2 Time-Split Application 3TSA : 3 Time-Split Application
NF : No Fertilization

Table 5. Fertilization efficiency and yield on fertilization method.

Treatment	Commercial bulb yield*	Commercial bulb ratio	Yield	Yield index	Fertilization efficiency	
	Mg ha ⁻¹	%	Mg ha ⁻¹		Ykg Nkg ⁻¹	
CF [†]	38.15	83.1	45.91	100	56.3	
BSF [†]	1 TSA [§]	45.02	87.4	51.50	112	77.5
	2 TSA [¶]	45.40	87.1	52.10	113	79.8
	3 TSA [′]	42.73	87.0	49.13	107	68.5

* yield of onion above 6 cm bulb diameter

[†] Conventional Fertilization [‡] Band Spotty Fertilization

[§] 1 Time-Split Application [¶] 2 Time-Split Application [′] 3 Time-Split Application

토중시비 결과 질소시비효율은 22-42% 증대되었고 추비횟수가 절감 되었다. 고랭지 양파재배시 완효성 복비 시용으로 관행시비보다 13% 증수하며 추비 2회 노동력을 절감할 수 있었다는 보고(Choi et al., 2000)와 유사한 경향을 나타냈다.

적 요

비닐피복작물 재배시 시비효율 증대 및 생력시비기술 확립을 목적으로 토중시비를 개발하였고 2000년부터 2001년까지 2년 동안 이를 이용하여 양파를 재배한 후 토양개량, 양분이용률 및 수량성에 미치는 영향을 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

시험 전 토양보다 모든 처리에서 치환성칼륨 함량은 증가되었으나 유효인산 함량은 감소되었다. 생육 시기별 토양 중 질산태질소 함량은 모든 처리에서 생육초기에 가장 높았으며 특히 관행시비에 비하여 토중시비에서 30-60 mg kg⁻¹ 높았고 3회 추비에서 생육 후기가까지 높게 발현되었다.

양파의 성장속도는 토중시비에서 높았고 생육중기 이후 차이가 크게 나타났으나 토중시비 추비횟수 사이에는 유의성이 없었다. 시비질소 흡수량은 관행시비(78 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 59-69% 많았고 질소이용률은 추비 2회 > 추비 1회 > 추비 3회 순으로 18-20% 높았다. 시비칼리 흡수량은 관행시비(63 kg ha⁻¹)에 비하여 토중시비에서 52-71% 많았으며 칼리이용률은 13-17% 높았다.

시비방법별 시비질소 잔존량은 관행시비에 비해 토중시비에서 8-14% 많았고 시비질소 손실량은 관행(154 kg ha⁻¹)에 비해 토중시비에서 26-34% 적은 반면에 시비칼리 잔존량은 13-18% 많았고 시비칼리 손실량은 29-31% 적었다.

양파 생육 및 수량은 토중시비에서 엽초경과 구경이 굵고 구중이 무거워 관행시비(45.91 Mg ha⁻¹) 대비 7-13% 증수되었으며 질소시비효율이 22-42% 증대되었다.

인 용 문 헌

- Cho, S.K., H.Y. Seo, I.H. Choi, Y.S. Jang, D.Y. Hyun, E.T. Lee, and K.G. Choi. 2001. Optimal sowing time for pelleted onion(*Allium cepa* L.) seeds in direct sowing culture. Korean J. Hort. Sci. 42:410-414.
- Choi, Y.M., J.N. Lee, J.T. Lee, G.O. Cho, and W.B. Kim. 2000. Yield and storability of onion(*Allium cepa* L.) according to application of controlled-release fertilizer in alpine area. Korean J. Hort. Sci. 41:499-502.
- Ha, I.J., J.K. Suh, H.J. Hwang, W.I. Kim, and B.S. Kim. 1998. Effect of sowing date and seedling age at planting on growth and yield for growing plug seedling in onion(*Allium cepa* L.). RDA. J. Agr. Sci. 40:90-97.
- Kato T., K. Yamata, T. Haioka, S. Kawajaki, and A. Shoma. 1999. Vegetable encyclopedia II. Onion, asparagus and japanese angelica tree. 4th ed. p.121-140. Rural Culture Association, Tokyo, Japan.
- KREI. 2003. The monthly observation of vegetable. September. Korean Rural Economic Institute, Seoul, Korea.
- 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. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Lee, E.T., I.H. Choi, Y.B. Oh, J.K. Kim, and B.S. Kwon. 1996. Cultivating and marketing status of onion in southwestern region of Korea. RDA. J. Agr. Sci. 38:454-461.
- 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.
- NIAST. 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, Suwon, Korea.
- NIAST. 2000. Soil management practices in upland for environment conservation. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- NIAST. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Park, Y.H., Y.Lee, and S.C. Kim. 2001. Technology for nutrient management on major crops. p.104-106. In Proceedings of symposium on integrated nutrient management. Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 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-tillage and plowed soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1125-1129.
- RDA. 1998. Investigation and standard for agricultural experiment. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 1999. Fertilization standard of crop plants. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Suh, J.S., and Y.W. Ryu. 2002. Short-period test of growth, bulbing, leaf-fall down and regrowth of onion (*Allium cepa* L.) under different daylength controlled by supplemental lighting. Korean J. Hort. Sci. 43:591-595.
- 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.