

## 토양 질산태질소 함량에 따른 시설 잎들깨 질소 웃거름시비량 추천

강성수 · 이주영 · 성좌경 · 공효영 · 정형진 · 박장환<sup>1</sup> · 윤여욱<sup>2</sup> · 김명숙 · 김유학\*

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료관리과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 두류유지작물과, <sup>2</sup>충청남도농업기술원

### Recommendation of the Amount of Nitrogen Top Dressing based on Soil Nitrate Nitrogen Content for Leaf Perilla (*Perilla frutescens*) under the Plastic Film House

Seong-Soo Kang, Ju-Young Lee, Jwa-Kyung Sung, Hyo-Young Gong, Hyung-Jin Jung, Chang-Hwan Park<sup>1</sup>, Yeo-Uk Yun<sup>2</sup>, Myung-Sook Kim, and Yoo-Hak Kim\*

Soil & Fertilizer Management Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

<sup>1</sup>Department of Functional Crop, NICS, RDA, 1085 Neidong, Miryang 627-803, Korea

<sup>2</sup>Chungcheongnamdo Agricultural Research & Extension Services

This study was conducted to recommend nitrogen (N) top dressing based on soil nitrate content for leaf perilla under forcing culture in Gumsan-gun and Milyang-si. Experimental design was the randomized complete block design for five N fertilization levels and conventional fertilization. Dry weight, nitrogen uptake, and the node number of leaf perilla were measured and soil nitrate contents were analyzed monthly. The amount of nitrogen uptake for growth of a node with two leaves was 2.2 kg 10a<sup>-1</sup> for Gumsan site and 3.5 kg 10a<sup>-1</sup> for Milyang site. Lower level of soil nitrate N concentration for standard N fertilization was determined as 10 mg kg<sup>-1</sup> for both sites. Soil depth, bulk density, utilization rate of soil nitrate N, and the amount of N uptake for growth of a node with two leaves were considered for calculation of upper level of soil nitrate N concentration. The upper levels of soil nitrate N concentration for no N fertilization were determined as 30 mg kg<sup>-1</sup> for Gumsan site and as 40 mg kg<sup>-1</sup> for Milyang site. Consequently the recommendation equations for the N top dressing were Y=-0.157X+4.71 for Gumsan site and Y=-0.1667X+6.6667 for Milyang site.

**Key words:** Leaf Perilla, Nitrogen fertilizer, Soil nitrate nitrogen, Top dressing

## 서 언

질소는 토양 결핍이 가장 잘 일어나는 양분이면서도 시설재배지와 같이 양분이 집적되어 있는 곳에서는 과잉에 의한 장해증상이 발생하기 쉬운 원소이다. 따라서 작물의 생산성을 높이고 질소시비에 의한 환경으로의 영향을 최소화하기 위해서는 적시 적량의 질소시비량 결정 방법이 필요하다.

잎들깨는 고소득 시설원에 작물로서 일정한 면적에서 최대 수량을 올리기 위하여 상당히 높은 재식밀도로 재배하고 있다. 본 연구를 위한 예비조사 결과 잎들깨 주산단지인 금산지역의 경우 7.8×11 cm이 일반적이며 남쪽 밀양지역의 경우 따뜻한 기후조건으로 금산보다 밀식조건인 5×11.5 cm의 재식밀도가 일반적인 것으로 조사되었다. 어느 정도까지

는 재식밀도가 증가하면 일정면적의 작물개체수가 증가하므로 그에 따라 토양 중 양분흡수량도 많아지게 된다. 그러나 시설재배 잎들깨에 대한 양분관리 연구는 많이 이루어지지 않은 상태이다. Choi and Park (2007a, 2007b, 2007c, 2008)은 잎들깨 (품종: 만추)를 펄라이트 배지경 재배조건에서 질소, 인산, 칼륨, 칼슘을 수준별로 처리하여 적정시비량을 설정한 바 있다. 질소시비수준별 시험의 경우, 10-15 mM 시비구에서 가장 바람직한 생장을 보였으며, 이 때의 식물체중 질소농도는 건물중 기준으로 0.9-1.25%, 엽병추출액의 NO<sub>3</sub>-N 농도는 800-3,300 mg kg<sup>-1</sup>, 그리고 1:2 추출법으로 분석한 토양 질산태질소 농도는 28.7-47.3 mg L<sup>-1</sup>의 범위에 해당한다고 하였다. Kim et al. (2003)은 질소시비량이 증가함에 따라 엽수도 증가하는 경향이였으며, 특히 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=9:6:10 kg 10a<sup>-1</sup> 처리구에서 엽수가 가장 많았다고 보고하였다.

잎들깨 질소시비량은 표준시비량과 토양검정에 의한 시비량으로 추천되고 있다. 질소 표준시비량은 노지재배의 경

접수 : 2011. 11. 13 수리 : 2011. 12. 14

\*연락처 : Phone: +82312900328

E-mail: kim.yoohak@korea.kr

우 밀거름:웃거름=6.0:14.0 kg 10a<sup>-1</sup>로 추천되고 있으며, 시설재배지의 경우 밀거름:웃거름=1.9:4.5 kg 10a<sup>-1</sup>로 설정되어 추천된다. 토양검정에 의한 시비추천은 노지재배의 경우 토양 유기물 함량에 따라 질소시비량이 결정되며, 시설재배지의 경우 질소시비량=15.412-3.859×토양전기전도도의 식으로 결정되며 표준시비량의 밀거름:웃거름 비율인 3:7로 나누어 시비하는 것으로 추천된다 (NAAS, 2010).

현재의 잎들깨 질소 웃거름 시비량 추천방법은 총량만 알 수 있고 몇 회에 나누어 얼마만큼씩 주는가에 대한 기준은 아직 설정되어 있지 않다. 시설재배지에서는 관수가 자주 이루어지므로 5-10일 간격으로 소량씩 관비하는 것은 작물의 양분이용율을 높일 수 있는 방법이다. Kim et al. (2004)은 토양에 항상 일정한 양의 비료를 유지하는 조건에서 일정기간동안 작물의 양분흡수로 인해 토양에서 감소되는 양만큼의 양분을 관비로 공급하는 방법을 사용하기 위한 오이의 일일 평균흡수량을 계산하여 일일시비기준을 설정하였다. 또한, Jung et al. (2010)은 참외의 생육단계별로 양분의 흡수특성을 조사하여 관비재배시 생육단계별 질소 시비기준을 설정하여 보고하였다. 이러한 방법은 토양의 양분을 실시간으로 분석하여 시비기준량을 가감하여 시비할 때 최적양분관리가 될 수 있다.

본 연구는 재배기간이 긴 잎들깨 시설 축성재배 (Forcing cultivation) 조건에서 질소시비수준별 시험을 통하여 토양의 질산태질소 함량에 따른 생육시기별 질소 웃거름 시비량 결정기준을 설정하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

**시험방법** 본 시험은 잎들깨 주산단지인 금산과 밀양 두 지역에서 각각 1개의 시설하우스에서 실시하였다. 금산 시험포장은 가천통 (Gacheon coarse loamy over sandy skeletal, mixed, mesic family of Fluvaquentic Endoaquepts)으로 표토는 사양토였고, 밀양시험포장은 강서통 (Gangseo coarse loamy, mixed, nonacid, mesic family of Aquic Fluvaquentic Eutrudepts)으로 표토는 양토였다. 시험 전 토양의 물리화학적 성질은 Table 1과 같다. 유기물 함량은 두 지역 모두 17%로 다소 낮은 편이었고, 토양산도는 6.2로 적정범위였으며 인산은 모두 적정범위 이상이였다. 치환성칼륨은 두 지역 모두 적정범위인 0.4-0.6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>보다 낮았고, 밀양포장이 특히 더 낮았다. 두 지역 모두 축성재배 조건으로 파종일은 금산포장이 8월 17일이었고 밀양포장은 9월 14일이였다. 금산 시험포장은 퇴비시용을 1,000 kg 10a<sup>-1</sup> 수준으로 2009년 7월 28일에 하였고 시비수준별 처리는 8월 13일에 하였으며 8월 17일에 잎들깨 1호 품종을 7.8×11 cm의 재식밀도로 파종하였다. 밀양 시험포장은 시비처리를 9월 2일에, 퇴비시용은 2,000 kg 10a<sup>-1</sup> 수준으로 9월 4일에 하였고 파종은 9월 14일에 남천 품종을 5×11.5 cm의 재식밀도로 파종하였다.

금산시험포장의 처리수준은 질소시비량 13.4 kg 10a<sup>-1</sup> 기준 (N-100%)으로 난괴법 6수준처리 3반복으로 배치하였고, 밀양시험포장은 질소시비량 15.0 kg 10a<sup>-1</sup> 기준 (N-100%)으로 난괴법 6수준처리 4반복으로 배치하였다. 질소비료는

**Table 1. Physico-chemical properties of surface soil for the experimental sites.**

Site	pH	EC <sup>†</sup>	OM <sup>‡</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation			CEC <sup>§</sup>	Particle size distribution		
							K	Ca	Mg		Sand Silt Clay		
	(1:5)	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----	-----	% -----		
Gumsan	6.2	0.53	17.2	16.0	17	755	0.30	7.7	2.1	10.3	67.4	24.4	8.2
Milyang	6.2	0.09	17.5	5.0	3.0	507	0.16	6.4	1.2	14.4	43.0	42.5	14.5

<sup>†</sup>EC, Electrical conductivity; <sup>‡</sup>OM, Organic matter; <sup>§</sup>CEC, Cation exchange capacity.

**Table 2. Treatment levels of compost and nitrogen fertilizer.**

Treatment	Gumsan			Milyang		
	Basal fertilization		Top dressing	Basal fertilization		Top dressing
	Compost	Nitrogen	Nitrogen	Compost	Nitrogen	Nitrogen
	----- kg 10a <sup>-1</sup> -----					
N-0%	1,000	0	0	2,000	0	0
N-50%	1,000	2.0	4.7	2,000	2.3	5.3
N-100%	1,000	4.0	9.4	2,000	4.5	10.5
N-150%	1,000	6.0	14.1	2,000	6.8	15.8
N-200%	1,000	8.0	18.8	2,000	9.0	21.1
Conventional	2,000	0	20.8	2,000	3.1	31.3

요소를 사용하였고 옷거름은 금산의 경우 옷거름 총량을 6회로 나누어서 11월부터 4월까지 사용하였고, 밀양의 경우 옷거름 총량을 7회로 나누어서 11월부터 5월까지 사용하였다. 인산비료는 시험토양의 유효인산이 적정범위 250-350 mg kg<sup>-1</sup> 이상이었기 때문에 사용하지 않았으며, 칼리질 비료는 염화加里로 밑거름 6.9 kg 10a<sup>-1</sup>, 옷거름으로 10.4 kg 10a<sup>-1</sup>를 질소 옷거름 시비 때 처리구별 동일량을 물에 녹여 시비하였다.

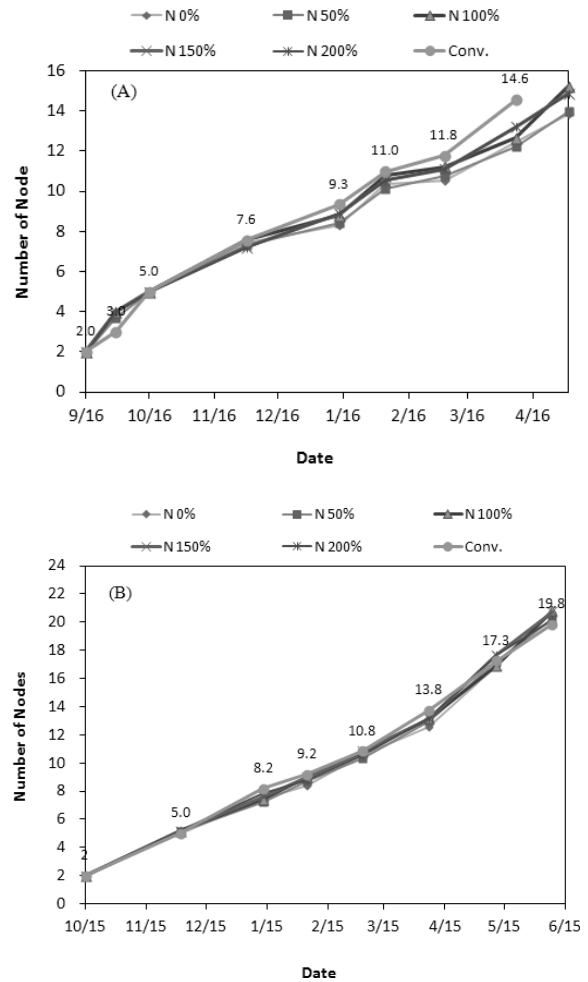
생육조사 및 토양분석은 파종 후 30, 45, 60, 75, 105, 135, 165, 195, 225일 실시하였고 조사항목은 잎들개 지상부를 잎과 줄기로 구분하여 처리구당 5주씩 조사하였다. 채취한 시료는 60°C에서 건조한 후 건물중을 측정하였고 유발로 곁게 갈아 양분흡수량을 분석하였다. 토양시료는 처리구당 4지점에서 오거로 채취하여 풍건시킨 후 질산태질소를 분석하였다.

**토양 및 식물체분석** 토양분석은 농촌진흥청 표준법 (NIAST, 1988)에 의하여 pH와 전기전도도 (EC, Electric conductivity)는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 하여 측정하였다. 질산태질소는 습토 5 g에 침출액 (2M KCl) 25 mL를 넣고 30분간 진탕하여 여과한 후 자동분석기 (QUAATRO, Bran+Luebbe)로 측정하였다. 유효인산은 Lancaster법에 의하여 토양시료 5 g에 침출액 20 mL를 넣고 10분간 진탕하고 No.2 여과지로 여과한 후 발색시켜 비색계 (U-2000, Hitachi)로 720 nm에서 비색정량하였다. 치환성양이온은 풍건토 5 g에 pH를 7로 조절한 침출액 1N CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 50 mL를 넣고 30분간 진탕한 후 No.2 여과지로 여과하여 여과액을 ICP (Intergra XL, GBC)로 측정하였다.

식물체 분석은 농촌진흥청 국립농업과학원 표준법 (NIAST, 2000)에 준하여, 식물체 시료 0.5 g을 유리삼각플라스크에 취하고, 진한황산 1 mL와 50% HClO<sub>4</sub> 10 mL의 혼합분해액을 가하여 분해한 후 100 mL 메스플라스크로 여과하여 옮긴 후 총질소함량분석을 위하여 20 mL를 취하여 켈달자동 증류적정법 (Kjeltec 8400 Analyzer, Foss)으로 분석하였다.

**결과 및 고찰**

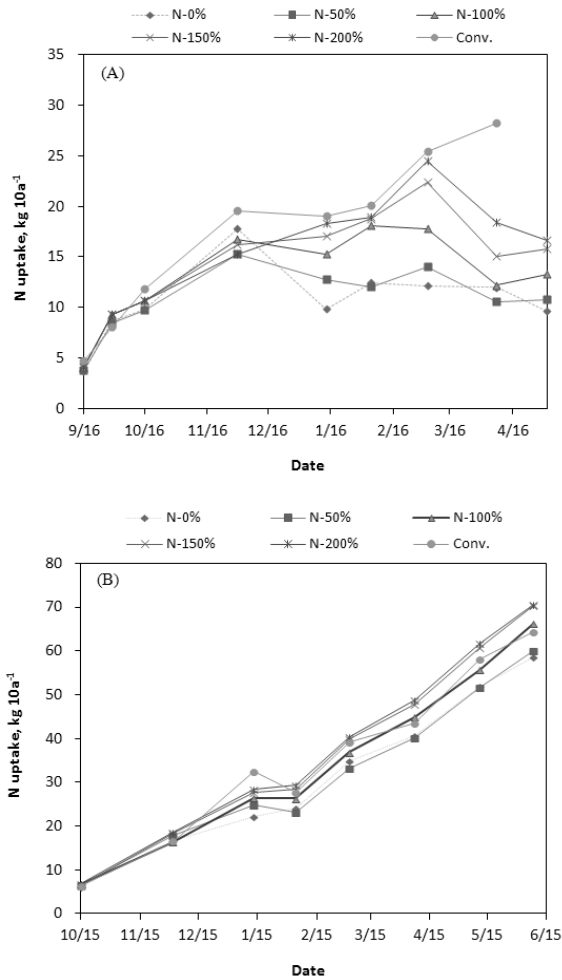
날짜별 잎들개 성장량은 마디수로 조사하여 Fig. 1에 나타내었다. 금산포장의 경우 11월 중순에서 2월 말까지는 마디의 성장속도가 다른 시기에 비해 늦은 경향을 보이며 4월 말까지 약 15마디까지 성장하였다. 무질소처리구와 N-50% 처리구에서는 다른 처리구에 비해 다소 생장이 늦어 약 13마디 성장하였고, N-100%, N-150%, N-200% 처리구는 약 15마디까지 성장하였으며 관행구는 3월 말에 14.6마디까지 성장하였다. 전 생육기간 평균적으로 1마디 성장 소요일수는 약 18일이었다. 밀양포장의 잎들개 성장속도는 10월 중



**Fig. 1. Changes in a node number of leaf perilla at Gumsan (A) and Milyang (B) sites treated with different nitrogen levels.**

순에서 2월 말에 비해 3월 말 이후로 더 빨라졌으며 6월 초까지 약 20마디까지 생육하였다. 전생육기간 평균적으로 밀양지역에서의 1마디 성장 소요일수는 약 15일로 금산지역에 비해 3일 빨랐다. 금산시험포장에서 처리수준간 차이를 보인 것과는 달리 밀양시험포장에서는 처리수준 간에 마디성장량 차이가 없는 것으로 나타났다. Kim et al. (2003)은 부산지역에서 반축성재배시 질소시비량이 증가함에 따라 7월 중순의 조사에서 엽수가 증가하는 경향을 나타냈다고 보고한 바 있다.

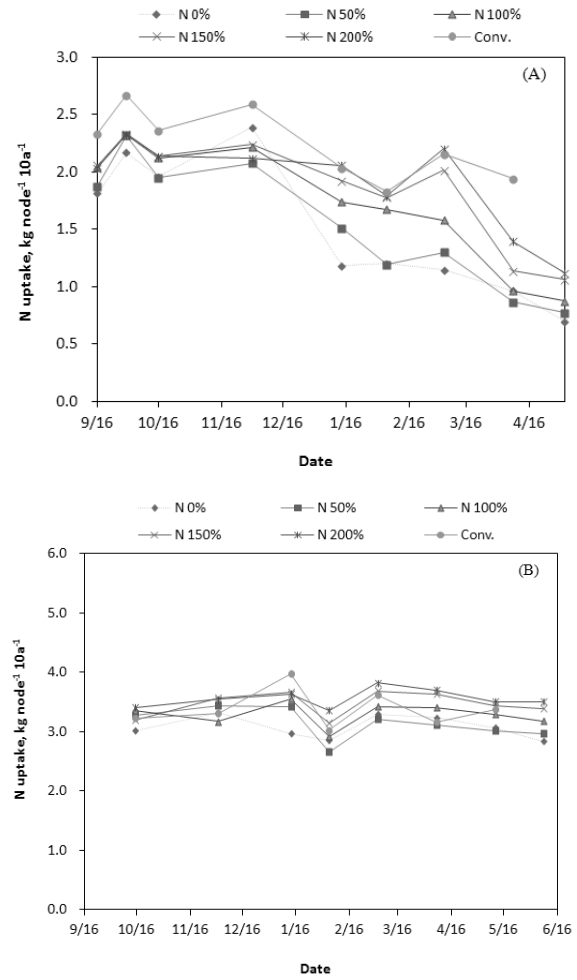
Figure 2는 처리구별 누적질소흡수량을 나타낸 것이다. 금산과 밀양시험포장 모두에서 시험처리구간 질소흡수량의 차이가 나타났으며, 특히 금산포장에서는 그 차이가 더 크게 나타났다. 금산포장의 1월 중순과 2월 중순에는 질소흡수량의 증가가 없거나 미미하였다. 또한 4월 초에는 관행구만의 질소흡수량이 증가하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 금산지역의 퇴비시비량이 관행구는 2,000 kg 10a<sup>-1</sup>이었고, 질소시비수준 처리구는 1,000 kg 10a<sup>-1</sup>로 적었기 때문에 (Table 2) 퇴비의 분해를 통해 무기화된 질소량이 적었기



**Fig. 2.** The cumulative nitrogen uptake of leaf perilla at Gumsan (A) and Milyang (B) sites treated with different nitrogen levels.

때문으로 판단된다. 또한, 금산지역의 추운 겨울날씨로 인해 동해가 6회 발생하여 작물의 양분흡수에 영향을 주었기 때문으로 판단된다. 밀양포장의 경우에는 2월초에 질소 흡수량이 증가하지 않았는데 이러한 현상도 저온으로 인해 질소흡수량 없이 체내 누적되었던 질소를 이용하여 생장하였던 것으로 판단된다. 또한, 밀양지역의 질소흡수량은 55-70 kg 10a<sup>-1</sup>의 범위로 금산지역의 10-30 kg 10a<sup>-1</sup>에 비해 상당히 높게 나타났다. 이러한 결과는 퇴비시용량이 적었던 것과 일시적인 동해 그리고 금산지역의 재식밀도가 밀양지역의 67% 수준으로 낮았기 때문으로 판단된다.

잎들깨는 마디당 2개의 잎을 수확하므로 마디당 질소흡수량을 구하여 이를 기초로 토양 중의 무기태질소 함량의 양에 따라 가감하여 질소시비량을 시비하는 방법이 최적의 질소관리방안이 될 수 있다. 따라서 질소흡수량을 마디수로 나누어 마디당 질소 흡수량을 Fig. 3에 나타냈다. 금산포장의 마디당 질소 요구량은 생육이 양호했으며 누적질소흡수량이 증가하는 경향을 보였던 N-200%와 관행구의 생육 중기 마디당 질소흡수량을 평균하여 적용하여 질소는 마디당



**Fig. 3.** The amount of nitrogen uptake per one node growth of leaf perilla at Gumsan (A) and Milyang (B) sites treated with different nitrogen levels.

2.2 kg 10a<sup>-1</sup>로 설정하였다. 밀양시험포장의 경우 마디당 질소흡수량이 가장 많고 생육이 양호했던 N-150%와 N-200%의 마디당 질소흡수량을 평균하여 3.5 kg 10a<sup>-1</sup>로 설정하였다. 따라서 잎들깨의 질소이용율을 고려하여 잎들깨 한 마디 생육에 필요한 질소시비량을 산출할 수 있다. 그러나 이 질소시비량은 현재 토양 중에 있는 질소의 양을 고려하지 않은 것으로서 시설재배지의 토양의 질소공급력 지표로 평가되는 토양질산태질소 (Hong, 1998; Hong et al., 1998; Kwak et al., 1997; Park and Hong, 2000) 함량에 따라 줄여서 줄 수 있다. 이 방법을 적용하기 위해서는 잎들깨 한 마디 생육에 필요한 토양 중 질산태질소 농도의 상한선과 하한선 결정이 필요하다. 질산태질소 분석결과 상한선 기준 농도 이상이면 한 마디 생육에 필요한 질소가 더 필요하지 않으며, 하한선 기준농도 이하이면 한 마디 생육에 필요한 질소시비량을 전량 시비하며 상한선과 하한선 사이는 수식에 의해 시비량을 결정하는 방법이다.

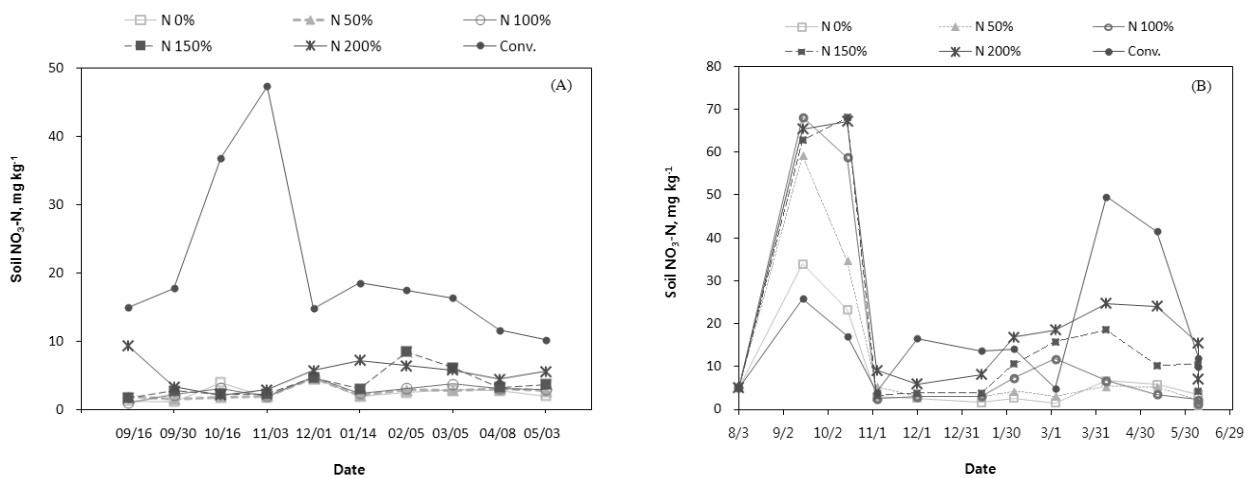
토양 질산태질소 농도의 상한선과 하한선을 설정하기 위하여 생육시기별로 토양의 질산태질소 농도를 분석하여 그

**Table 3. Recommendation of nitrogen top dressing for a node of leaf perilla based on soil nitrate concentration.**

Site	Plant density	Recommendation type	NO <sub>3</sub> -N in soil	Nitrogen fertilization rate for a node of leaf perilla growth
			mg kg <sup>-1</sup>	N kg 10a <sup>-1</sup>
Gumsan	7.8 × 11 cm	No nitrogen	30	0
		Standard	10	3.14
		Regression	10~30	Y <sup>‡</sup> = -0.157X <sup>‡</sup> + 4.71
Milyang	5 × 11.5 cm	No nitrogen	40	0
		Standard	10	5.0
		Regression	10~40	Y = -0.1667X + 6.6667

<sup>‡</sup>X means soil nitrate nitrogen content (mg kg<sup>-1</sup>).

<sup>‡</sup>Y means nitrogen fertilization rate (N kg 10a<sup>-1</sup>) for a node of leaf perilla growth.



**Fig. 4. Temporal changes in soil nitrate nitrogen concentration at Gumsan (A) and Milyang (B) sites treated with different nitrogen levels.**

변화를 Fig. 4에 나타냈다. 관행구를 제외한 질소수준별 처리구는 모두 웃거름 시비 직전에 토양을 채취하여 분석하였다. 그 영향으로 인해 금산포장은 관행구에 비해 상당히 낮은 수준으로 조사되었다. N-200% 처리구와 관행구의 생육이 좋았던 것으로부터 금산시험포장의 하한선은 NO<sub>3</sub>-N 10 mg kg<sup>-1</sup>로 설정하였다. 또한, 밀양시험포장의 생육은 N-150% 이상에서 양호하였고 5-15 mg kg<sup>-1</sup>의 범위에서 변화되었으므로 금산포장과 마찬가지로 하한선은 NO<sub>3</sub>-N 10 mg kg<sup>-1</sup>로 설정하였다. 상한기준 설정은 다음과 같이 계산하여 설정하였다. 토심 15 cm, 용적밀도 1.2 Mg m<sup>-3</sup>을 적용하였을 때 질산태질소 20 mg kg<sup>-1</sup>의 10a 중의 질소량은 3.6 kg 10a<sup>-1</sup>가 된다. 충분히 활착된 이후의 웃거름 시비량 결정을 위한 것이므로 토양 중 질산태질소의 70%를 이용한다고 가정하면 2.5 kg 10a<sup>-1</sup>이 되므로 금산시험포장에서의 잎들개 한 마디 생육에 필요한 질소요구량 2.2 kg 10a<sup>-1</sup>을 충족하는 수준이 된다. 따라서 금산포장의 토양 질산태질소 상한선은 하한선에 20 mg kg<sup>-1</sup>을 더한 30 mg kg<sup>-1</sup>로 설정하였다. 밀양포장의 경우에는 한 마디 생육에 필요한 질소요구량이 3.5 kg 10a<sup>-1</sup>이었으므로 하한선에 30 mg kg<sup>-1</sup>을 더한 40 mg kg<sup>-1</sup>로

설정하였다. 따라서 잎들개 1마디 생육을 기준으로 한 잎들개 질소시비량은 Table 3과 같이 결정할 수 있다. 토양 질산태질소 함량 X가 30 mg kg<sup>-1</sup> 이상이면 잎들개 1마디 생육과 2엽 수확시까지 질소시비가 필요 없으며, 10 mg kg<sup>-1</sup> 이하이면 잎들개 1마디 생육에 필요한 표준시비량을 시비한다. 그리고 금산지역의 경우 토양 질산태질소 함량이 10 mg kg<sup>-1</sup>일 때 질소시비량 3.14 kg 10a<sup>-1</sup>, 30 mg kg<sup>-1</sup>일 때 질소시비량 0 kg 10a<sup>-1</sup>을 직선으로 연결한 회귀식 Y = -0.157X + 4.71에 따라 토양 중 질산태질소 함량 X가 10-30 mg kg<sup>-1</sup>이면 회귀식에 따라 산출된 시비량 Y (kg 10a<sup>-1</sup>)를 추천할 수 있다. 밀양지역에서도 같은 방법으로 Y = -0.1667X + 6.6667의 식에 의해 시비량을 추천할 수 있다. 그러나 이 방법을 실시간으로 적용하기 위해서는 현장에서의 신속하고 정확한 토양 질산태질소 분석법이 필요하다. 또한, 잎들개의 질소이용율, 특히 웃거름 시비량에 대한 질소이용율 자료가 부족하므로 자료보완을 통한 교정과 이 적용식을 적용한 실증시험이 추가적으로 필요하다. 이와 같은 방법은 과다시비를 방지하여 질소의 환경오염 부하를 줄일 수 있는 최적의 질소 웃거름 관리방안이 될 수 있을 것이다.

## 요 약

재배기간이 긴 잎들깨 시설 육성재배 조건에서 질소시비 수준별 시험을 통하여 토양의 질산태질소 함량에 따른 질소 유효거름시비량 결정기준을 설정하였다. 잎들깨 주산단지인 금산과 밀양 두 지역에서 각각 1개의 시설하우스에서 질소시비량 5수준과 관행구를 난괴법 3반복과 4반복으로 각각 실시하였다. 생육시기별로 매달 건물중과 질소흡수량, 마디생장량을 조사하였고, 토양질산태질소를 분석하였다. 금산포장의 마디당 질소 요구량은  $2.2 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ , 밀양포장은  $3.5 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 로 조사되었다. 토양질산태질소의 하한기준은 금산포장과 밀양포장 모두  $\text{NO}_3\text{-N } 10 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 설정하였다. 상한기준 설정은 토심 15 cm, 용적밀도  $1.2 \text{ Mg m}^{-3}$ , 토양 중 질산태질소의 이용율 70%를 적용하여 잎들깨 1마디에 필요한 질소요구량을 충족하는 수준으로 결정하여 금산포장과 밀양포장 각각  $30 \text{ mg kg}^{-1}$ 과  $40 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 설정하였다. 따라서 금산지역은  $Y = -0.157X + 4.71$ 에 의해, 밀양지역은 식  $Y = -0.1667X + 6.6667$ 에 의해 잎들깨 1마디 생육에 필요한 질소 유효거름 시비량을 결정할 수 있었다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ0068992011)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

Choi, J.M. and J.Y. Park. 2007a. Growth, deficiency symptom and tissue nutrient contents of Leaf Perilla (*Perilla frutescens* Britt) as influenced by nitrogen concentrations in the fertigation solution. Journal of Bio-Environment Control, 16(4):365-371.

Choi, J.M. and J.Y. Park. 2007b. Growth, deficiency symptom and tissue nutrient contents of Leaf Perilla (*Perilla frutescens* Britt) influenced by phosphorus concentrations in fertigation solution. Journal of Bio-Environment Control 16(4):358-364.

Choi, J.M. and J.Y. Park. 2007c. Growth, deficiency symptom and tissue nutrient contents of Leaf Perilla (*Perilla frutescens* Britt) as influenced by potassium concentrations in the fertigation solution. Journal of Bio-Environment Control

16(4):372-378.

Choi, J.M. and J.Y. Park. 2008. Growth, deficiency symptom and tissue nutrient contents of Leaf Perilla (*Perilla frutescens* Britt) influenced by calcium concentrations in fertigation solution. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 26(1):21-28.

Hong, S.D. 1998. Fertilizer recommendation based on soil testing for tomato in plastic film house. Korean J. Soil Sci. Fert. 31(4):350-358.

Hong, S.D., B.G. Kang, and J.J. Kim. 1998. Optimum fertilization based on soil testing for chinese cabbage cultivation in plastic film houses. Korean J. Soil Sci. Fert. 31(1):16-24.

Jung, K.S., K.H. Jung, W.K. Park, Y.S. Song, and K.H. Kim. 2010. Establishment of the optimum nitrogen application rates for oriental melon at various growth stages with a fertigation system in a plastic film house. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(3):349-355.

Kim, H.K., J.S. Oh, D.S. Chung, W.B. Chung, S.J. Jeong, Y.B. Yi, and D.H. Kim. 2003. Difference of yield components according to application levels, seeding methods and seeding date in Leaf Perilla. Korean Journal of Life Science 13(6): 782-787.

Kim, K.D., J.W. Lee, I.H. Cho, T.Y. Kim, Y.H. Woo, E.Y. Nam, and B.H. Mun. 2004. Determination of daily amount of N and K required in various growth stage and establishment of diagnostic criteria using petiole sap analysis in the semi-forcing culture of cucumber. J. Bio. Environ. Con. 13:96-101.

Kwak, H.K., Y.S. Song, and C.W. Hong. 1997. Nitrogen recommendation based on soil nitrate test for chinese cabbage growth in plastic film house. Korean J. Soil Sci. Fert. 30(1):84-88.

NAAS. 2010. Fertilizer application recommendations for crop plants, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.

NIAS. 1988. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

NIAS. 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

Park, H.T. and S.D. Hong. 2000. Optimum level of nitrogen fertilizer based on content of nitrogen for growing chinese cabbage in green house. Korean J. Soil Sci. Fert. 33(6): 384-392.