

Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2018.51.3.189>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

## Estimation of Nitrogen Fertilizer Recommendations for cucumber by Soil Incorporation of Rye Based on Soil Nitrate Nitrogen Content

Tae-Jun Lim\*, Jin-Myeon Park<sup>1</sup>, and Seong-Eun Lee<sup>1</sup>

Division for Korea Program on International Agriculture, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

<sup>1</sup>Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Wanju 55365, Korea

\*Corresponding author: taejun06@korea.kr

Received: May 9, 2018

Revised: July 11, 2018

Accepted: July 31, 2018

### ABSTRACT

In this study, we estimated the appropriate nitrogen (N) recommendations of cucumber by evaluating the effects of soil incorporation of rye (*Secale cereal* L.) as a green manure crops on the growth and yield of cucumber under the greenhouse condition showing two different soil nitrate N levels. One, soil nitrate-N content before the experiment was 60 mg kg<sup>-1</sup>, carried out in 2012 and the other showing a 227 mg kg<sup>-1</sup> level was conducted in 2013. Six different N treatments were used as follows: No N fertilizer, rye, rye with urea 0.5 N, 0.75 N, and 1.0 N, and urea 1.0 N. The amount of N supply from soil incorporation of rye was 146 kg ha<sup>-1</sup> in 2012 and 107 kg ha<sup>-1</sup> in 2013. When soil nitrate N content before the experiment was 60 mg kg<sup>-1</sup>, the growth and yield of cucumber did not differ between the rye + urea 0.5 N and the urea 1.0 N, which can reduce 50% of N fertilizer recommendation. In case of soil nitrate N content before the experiment was 227 mg kg<sup>-1</sup> or beyond, no N fertilization can be recommended because there were no significant differences in the growth and yield of cucumber among all treatments including the rye. Lastly, when soil nitrate N content before the experiment was within range of 227 - 60 mg kg<sup>-1</sup>, N recommendations can be calculated through the equation  $Y = -3.34X + 227$  (X: % of N recommendations, Y: soil nitrate N content). However, further studies on the relationship between soil nitrate N content and yield of cucumber are required.

**Keywords:** Cucumber, N recommendations, Rye, Soil nitrate N content

The estimation of reduction rates for Nitrogen fertilizer by soil incorporation of rye based on soil nitrate nitrogen content in cucumber.

Soil NO <sub>3</sub> -N content	Fertilization rates for N recommendations
mg kg <sup>-1</sup>	%
> 227	No fertilization
227 - 60	$Y = -3.34X + 225^{\dagger}$
60	50% of N recommendations

<sup>†</sup>X: Percent of N recommendations, %; Y: Soil NO<sub>3</sub>-N content, mg kg<sup>-1</sup>.



## Introduction

시설하우스에서는 동일한 작물을 장기간에 걸쳐 재배함으로써 양분간의 불균형이 야기되고, 최대 생산량을 지속적으로 유지하고자 작물의 양분요구량 이상으로 과다하게 비료를 투입하게 됨으로써 토양의 염류집적이 심화되어 오히려 작물의 생산성이 감소하는 문제가 지속되고 있다 (Chung et al., 2006; Kang et al., 2011a; Oh et al., 2010). 이러한 화학비료나 가축분뇨의 투입량을 절감하면서 토양의 질을 향상시킬 수 있는 다양한 방법 중의 하나가 풋거름작물의 재배이다 (Choi et al., 2010; Yang et al., 2009). 풋거름작물이란 채소나 벼를 재배하지 않는 휴작기 동안에 풋거름종자를 파종하고 생육 최성기 또는 주작물을 정식하기 전에 토양에 환원함으로써 후작물에게 양분을 공급하여 주는 작물을 말한다 (Park et al., 2008).

풋거름작물에는 호밀 (*Secale cereal* L.)과 수단그라스 (*Sorghum biocolor* L.) 등 화분과와 헤어리베치 (*Vicia villosa* Roth)와 크로탈라리아 (*Crotalaria juncea* L.) 등 두과작물로 분류할 수 있다. 호밀은 작물 재배기간 동안 두과작물과 비교하여 높은 생초량을 얻을 수 있으므로 (Won et al., 2012; Lim et al., 2012), 토양으로의 환원을 통해서 유기물 함량을 높이고 용적밀도를 낮출 수 있다 (Fageria et al., 2005; Kim et al., 2012; Mosavi et al., 2012). 호밀은 주로 동계에 재배되는데, 재배기간에의 차이에 따라서 생육량의 차이가 있지만 일반적으로 ha 당 70-100 kg의 질소 생산이 가능하다고 보고하고 있다 (Jeon et al., 2009; Sung et al., 2008). 호밀에 토양환원에 따른 질소의 가용화율에서 Wagger (1989)는 16 주간에 걸친 실내조건에서 약 50%의 질소가 무기화 된다고 하였으나 Ruffo and Bollero (2003)는 후작물 옥수수 재배기간에 거의 모든 질소가 가용화된다고 보고하여, 호밀의 투입으로 인하여 후작물에 대한 화학비료 사용량을 절감할 수 있다.

시설재배에서 풋거름작물의 토양환원으로 딸기, 상추 및 얼갈이배추에서 화학비료의 사용량을 50% 절감할 수 있다는 보고가 있다 (Lim et al., 2012; Lim et al., 2016). 하지만 시설재배에서는 비료투입량, 경작연수, 재배작물 등에 따라서 토양의 질산태 질소에 대한 편차가 크게 존재한다 (RDA, 2013). 2012년 농업환경변동조사사업에서 시설재배지 토양에서 질산태질소의 평균함량은  $146 \text{ mg kg}^{-1}$ 이었으나,  $50 \text{ mg kg}^{-1}$ 이하 분포비율이 36.2%인 반면  $300 \text{ mg kg}^{-1}$  이상도 16%의 비율을 차지하고 있다. 이러한 토양의 질산태 질소의 양분수준이 많고 적음의 차이에 따라서 질소 추천 시비량 전량에 대해서 호밀의 토양환원으로 대체가 가능한 등 화학비료 사용량에 대한 절감율이 달라질 수 있다.

우리나라 시설하우스 재배면적은 2014년 기준으로 63,815ha이며 이 중 오이는 3,281ha에서 평균  $7,508 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$  수량을 얻을 수 있고 (MAFRA, 2015), 소득으로는 축성재배에서 10a 당 1,536만원으로 시설재배에서 가장 높은 소득을 올릴 수 있을 정도로 중요한 채소 작물이다 (RDA, 2017). 시설재배에서 가온하지 않고 오이를 재배하는 경우 3월말 또는 4월 초에 정식을 하게 되는데 동계에 풋거름작물인 호밀을 재배하고 토양에 다시 환원함으로써 토양의 물리성 개선과 양분의 공급효과로 인한 화학비료의 사용량을 절감하는데 효과적일 수 있다.

본 연구는 토양의 질산태 질소 양분수준이 상이한 두 곳의 토양에서 풋거름작물로 호밀을 재배한 후 토양환원이 오이의 생육에 미치는 영향에 대해서 질소 화학비료구와 비교함으로써 화학비료의 대체효과를 검토하고자 수행되었다.

## Materials and Methods

**시험토양 및 처리방법** 본 시험은 2012년 11월부터 2014년 8월까지 국립원예특작과학원 수원시 탐동 시험포장에서 수행하였다. 2012년 11월부터 이듬해 2013년 8월까지 풋거름작물로서 호밀을 재배하고 후작물로 오이를 연속

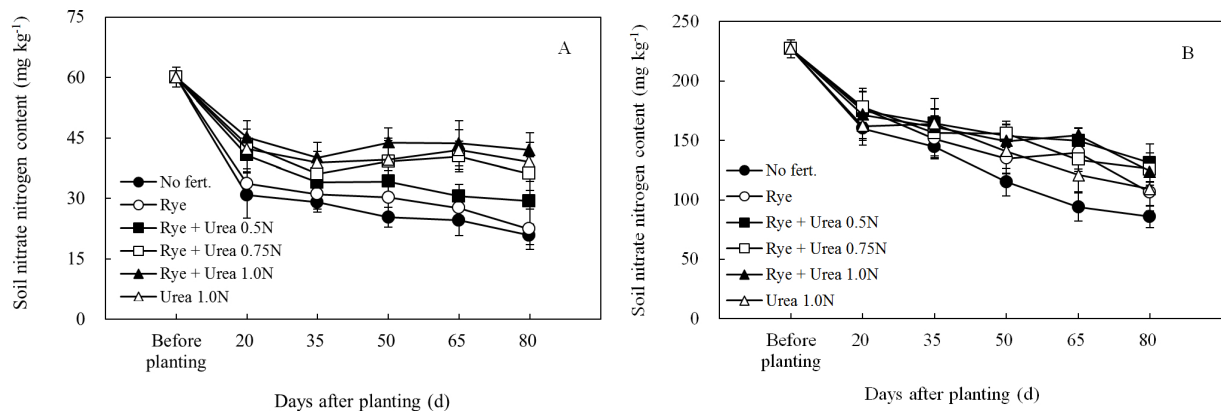
하여 재배하였는데, 이 때의 정식 전 토양의 질산태 질소는  $60 \text{ mg kg}^{-1}$ , 토양염류는  $1.9 \text{ dS m}^{-1}$  이었다 (Table 1). 그리고 2013년 10월부터 2014년 8월까지의 정식 전의 토양 중 질산태 질소가  $227 \text{ mg kg}^{-1}$ , 토양염류는  $4.8 \text{ dS m}^{-1}$ 로 이전 연도와 질소 양분수준에 큰 차이를 보이는 시설하우스 토양을 대상으로 호밀과 오이를 연속하여 재배하였다.

**Table 1.** Chemical properties of the soil before experiment in 2012 and 2013 respectively.

Year	pH	EC	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex.cation			NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
					K	Ca	Mg		
	1:5	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>	
2012	7.6 (0.03) <sup>†</sup>	1.9 (0.03)	19.1 (0.32)	548 (10.0)	0.4 (0.02)	8.2 (0.1)	1.7 (0.04)	13.7 (0.6)	60 (7.6)
2013	7.1 (0.08)	4.8 (0.11)	22.1 (0.50)	651 (42.5)	1.0 (0.02)	9.9 (0.54)	2.4 (0.06)	9.2 (1.3)	227 (19.5)

<sup>†</sup> Values are means with standard errors in parentheses (n=3)

호밀은 반축성작형으로 오이를 재배하지 않는 기간 동안에 ha 당 60kg 해당량으로 2012년 시험에서는 11월 2일에 그리고 2013년에는 10월 29일에 파종하였고, 이듬 해 3월 20일과 4월 4일까지 각각 139일과 156일간 재배하였다 (Fig. 1). 호밀은 2012년과 2013년 시험에서 각각 오이를 정식하기 15일과 12일 전에 식물체를 수확하여 약 10 cm의 크기로 잘게 썰은 후에 토양에 전량 환원하였다. 호밀에 의한 질소 공급량은 질소함량에 건물중을 곱하여 계산하였다.



**Fig. 1.** The change of nitrate nitrogen content on soil by days after cucumber planting at different rye and nitrogen fertigation combined treatments in 2012 (A) and 2013 (B). Vertical bars indicate standard error of the mean (n=3).

토양검정에 의한 오이의 질소 시비추천량은 토양의 질산태 질소의 분석 후  $Y = 29 - 0.096X$  (Y: 질소 시비량  $\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ , X: 토양 질산태 질소)에 대입하여 산정하였는데 (NIAST, 2006), 이 때의 질소 시비추천량은 2012년과 2013년 시험에서 각각 199과 49  $\text{kg ha}^{-1}$ 이었다. 화학비료는 질소는 요소, 인산과 칼리는 각각 용성인비와 염화加里로 질소를 제외하고 전량 밀거름으로 공급하였다. 질소는 오이 정식 후부터 2012년은 15주 동안 그리고 2013년에는 12주에 걸쳐 매주 동일한 양으로 주 1회 관비로 공급하였다 (Table 2). 시험 처리는 질소 무시비, 호밀, 호밀 + 요소 0.5N, 호밀 + 요소 0.75N, 호밀 + 요소 1.0N, 요소 1.0N 등 6처리를 두었고, 난괴법 3반복으로 실시하였다. 각 시험구의 크기는 가로 1.5 m × 세로 3 m이며, 2열 재배로 하여 12주의 오이를 정식하였다.

오이는 백다다기로 2012년과 2013년 시험에서는 각각 4월 4일과 4월 16일에 정식하였으며 재배기간은 127일과 91일이었다. 오이의 생육은 정식 85일 후에 처리별로 9주에 대해서 초장, 마디수를 측정하였다. 오이 재배기간 중 토양의 질산태 질소는 정식 후 20일부터 15일 간격으로 0-15cm의 깊이의 토양을 채취하여 분석하였다.

**Table 2.** Weekly nitrogen fertigation rates of cucumber by different rye and N fertilizer combined treatments in 2012 and 2013 respectively.

Year <sup>†</sup>	No N fertilizer	Rye	Rye+Urea0.5 N	Rye+Urea0.75 N	Rye+Urea1.0 N	Urea 1.0 N
----- kg ha <sup>-1</sup> week <sup>-1</sup> -----						
2012	0	0	6.63	9.95	13.27	13.27
2013	0	0	2.04	3.06	4.08	4.08

<sup>†</sup>N fertilization was supplied for 15 and 12 weeks after transplanting on April 4<sup>th</sup> in 2012 and April 16<sup>th</sup> in 2013 respectively.

**시료분석 및 통계처리** 토양의 화학성 분석은 2 mm 체를 통과한 풍건 시료에 대해서 토양의 pH는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 30분간 진탕 후 pH meter (ORION Model 720A, MA, USA)로 측정하였고, 토양 EC는 1:5로 침출한 후 전기전도도계 (YSI Model 35, OH, USA)로 분석하였다. 유기물은 Tyurin법 (NIAST, 2010), 유효인산은 Lancaster법 (NIAST, 2010)으로, 치환성 K, Ca, Mg은 1N-CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH 7.0)완충용액으로 침출하여 ICP-OES (MX2, GBC, Australia)를 사용하여 측정하였다. 암모니아태 질소와 질산태 질소는 2 M KCl로 침출한 후 Kjeldahl법 (NIAST, 2010)으로 분석하였다. 식물체 시료는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 산 분해용액 (HClO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=10:1)으로 습식 분해하여 질소는 Kjeldahl법 (NIAST, 2010)으로 측정하였다. 통계분석은 SAS 프로그램 (Enterprise guide 4.2, USA)을 이용하였으며, Duncan의 다중검정으로 처리간의 통계적인 유의성을 비교 검토하였다.

## Results and Discussion

**호밀의 생육 및 질소 환원량** 오이를 재배하지 않는 기간에 풋거름작물인 호밀을 2012년과 2013년 시험에서 재배한 결과 생초량은 각각 47.1과 36.1 Mg ha<sup>-1</sup>이었고 건물중은 6.1과 4.4 Mg ha<sup>-1</sup>를 나타냈다 (Table 3). 호밀의 질소 함량은 24.1 g kg<sup>-1</sup>로서 각각의 건물중과 질소함량으로부터 토양으로 환원된 유기태 질소량을 환산하면 2012년과 2013년에 시험에서 각각 146과 107 kg ha<sup>-1</sup>이었다. 호밀의 생육량은 Sung et al. (2008)이 노지고추에서 호밀재배에 따른 생초 생산량 24.2 Mg ha<sup>-1</sup>와 그리고 Jeon et al. (2008)의 밭토양에서 본 시험의 토양환원 시기와 비슷한 4월 중 호밀의 질소함량 1.20 g kg<sup>-1</sup>와 비교하여 높았는데, 이는 시설재배에서는 겨울에도 호밀의 생장이 지속될 수 있어 생

**Table 3.** Fresh and dry weight, N content, and N application rates by rye incorporation into soil in 2012 and 2013 respectively.

Year <sup>†</sup>	Fresh weight	Dry weight	N content	N application rates
----- Mg ha <sup>-1</sup> -----			g kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
2012	47.1 (2.6) <sup>‡</sup>	6.1 (3.3)	24.1 (0.2)	146 (8)
2013	36.1 (1.6)	4.4 (1.9)	24.1 (0.3)	107 (7)

<sup>†</sup>Rye seeds were sown on November 2<sup>nd</sup> in 2012, October 29<sup>th</sup> in 2013 and cultivated for 139 and 156 days respectively.

<sup>‡</sup>Values are means with standard errors in parentheses (n=3)

초 수량이 많았으며, 또한 노지 토양과 비교하여 토양의 질산태 질소가 높았기 때문에 호밀의 질소함량이 높은 것으로 사료된다.

한편 오이 반축성작형에서 풋거름작물로 호밀을 11월에 파종하여 3월까지 재배하고 토양에 환원하게 되면 약 100-150 kg ha<sup>-1</sup>의 질소가 후작물에 양분으로 공급 가능하며, 이는 시설오이 재배를 위한 질소 표준시비량인 197 kg ha<sup>-1</sup>의 50-75%에 해당하는 양이 휴작기에 호밀 재배를 통해 질소의 공급이 가능할 것으로 판단된다.

**오이의 생육 및 수량** 오이 정식 85일 후 초장과 마디수 등 생육은 2012년 시험에서는 질소 무시비에서 가장 낮았고 호밀만 투입한 처리도 초장은 호밀 + 요소 1.0 N 처리와 마디수는 질소 무시비구를 제외한 처리와 유의성 있는 낮은 생육을 나타냈다 (Table 4). 하지만 2013년 시험에서는 질소 무시비구를 포함한 모든 처리에서 오이의 생육은 동일한 생육량을 보였다. 오이의 수량도 2012년 시험에서의 생육과 마찬가지로 질소 무시비에서 가장 적었으며, 호밀만 투입한 처리도 호밀 + 요소 1.0 N 처리와 비교하여 유의성 있게 수량이 낮았다 (Table 5). 호밀에 추가적으로 질소를 관비로 공급한 요소 0.5 N, 0.75 N, 1.0 N 처리와 화학비료만 공급한 요소 1.0 N 처리와는 수량의 차이는 없었다. 2013

**Table 4.** The cucumber growth at 85 days after planting by different rye and nitrogen fertigation combined treatments in 2012 and 2013 respectively.

Treatment	2012 <sup>†</sup>		2013	
	Plant height cm	Number of node ea plant <sup>-1</sup>	Plant height cm	Number of node ea plant <sup>-1</sup>
No N fertilizer	379.0c <sup>‡</sup> (4.7) <sup>§</sup>	40.2c (0.4)	393.4a (3.1)	41.7a (0.2)
Rye	400.7b (3.7)	42.7b (0.4)	396.5a (3.0)	42.3a (0.3)
Rye + Urea 0.5 N	420.6ab (4.3)	45.5a (0.4)	402.9a (3.3)	43.3a (0.4)
Rye + Urea 0.75 N	419.3ab (5.2)	45.4a (0.6)	405.8a (4.7)	43.0a (0.4)
Rye + Urea 1.0 N	424.3a (9.1)	46.4a (0.6)	402.0a (6.5)	43.0a (0.7)
Urea 1.0 N	418.5ab (10.3)	45.8a (1.6)	401.4a (6.6)	42.5a (0.6)

<sup>†</sup> Soil nitrate nitrogen content before sowing hairy vetch was 60 and 227 mg kg<sup>-1</sup> in 2012 and 2013 respectively.

<sup>‡</sup> Different letters in the same column indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

<sup>§</sup> Values are means with standard errors in parentheses (n=9)

**Table 5.** Cucumber yield by different rye and nitrogen fertilization combined treatments in 2012 and 2013 respectively.

Treatment	2012 <sup>†</sup>	2013
	kg ha <sup>-1</sup>	
No N fertilizer	74,450c <sup>‡</sup> (492) <sup>§</sup>	53,040a (213)
Rye	84,7300bc (415)	59,790a (272)
Rye + Urea 0.5 N	93,830ab (843)	62,830a (259)
Rye + Urea 0.75 N	93,560ab (577)	63,480a (252)
Rye + Urea 1.0 N	99,520a (296)	62,280a (175)
Urea 1.0 N	94,410ab (78)	61,530a (629)

<sup>†</sup> Soil nitrate nitrogen content before sowing hairy vetch was 60 and 227 mg kg<sup>-1</sup> in 2012 and 2013 respectively.

<sup>‡</sup> Different letters in the same column indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

<sup>§</sup> Values are means with standard errors in parentheses (n=3)

년 시험 처리도 오이의 생육 결과와 마찬가지로 질소 무시비구를 포함한 모든 처리에서 동일한 수량을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

그러므로 2012년 시험에서는 호밀만 투입한 처리도 질소 무시비와 비교하여 오이의 생육 및 수량이 높았으며, 또한 질소 화학비료 시비량을 50% 절감한 호밀 + 요소 0.5 N와 요소 1.0 N 처리와는 처리간의 차이가 없이 최대의 오이 수량을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 오이의 정식 전 토양의 질산태 질소가  $60 \text{ mg kg}^{-1}$  수준인 경우에는 오이 재배를 위해서는 질소의 추가 공급이 필요한 상태에서 호밀이 풋거름작물로써 토양에 환원이 된 후에 분해되어 후작물인 오이가 성장하는데 필요한 질소 양분요구량의 50%를 대체할 수 있음을 보여주는 결과이다. 하지만 2013년 시험처리에서는 오이의 정식 전 토양의 질산태 질소가  $227 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 존재하는 경우에는 질소 양분수준이 높아서 호밀만의 토양 환원으로 오이의 최대 수량을 얻을 수 있어 화학비료 100% 대체가 가능함을 알 수 있었다. 이는 정식 전 토양의 질산태 질소가  $194 \text{ mg kg}^{-1}$ 인 경우에 화학비료의 추가적인 공급 없이 풋거름작물인 호밀만 투입해도 수박의 최대수량을 얻을 수 있었다는 결과와 같았다 (Lim et al., 2018).

**오이 재배기간 토양의 질산태 질소** 오이의 생육기간 동안에 질소 무시비구와 비교하여 호밀이나, 호밀에 질소를 추가한 요소 0.5 N, 0.75 N, 1.0 N, 그리고 화학비료만 처리한 요소 1.0 N에서는 질소 공급량이 증가할수록 토양 중 질산태 질소의 농도는 높아지는 경향이었으나, 정식 전의 질산태 질소 농도와 대비하여 오이 정식 후 재배기간의 경과에 따라서 모든 처리구에서 지속적으로 낮아지는 경향이였다 (Fig. 1). 이러한 이유는 식물로의 질소 양분흡수에 의한 영향과 더불어서 충분한 관수를 함으로써 질산태 질소가 작토층 아래로 일부 이동하였기 때문으로 판단되었다 (Lee et al., 2012, Lim et al., 2018).

오이의 전체 생육기간 동안에 토양의 질산태 질소 함량은 정식 후 80일에 가장 낮았다. 모든 처리에서 오이의 최대 수량을 만족한 2013년 시험은 질소 무시비구와 호밀 처리구에서 각각  $86$ 과  $106 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 가장 낮은 수준을 나타냈다. 2012년에는 오이의 최대 수량을 얻을 수 있으면서 질소 화학비료의 투입량이 가장 적은 호밀 + 요소 0.5N 처리에서 정식 후 80일째에 오이 재배기간 중 질산태 질소 함량이 가장 낮은  $34 \text{ mg kg}^{-1}$ 를 나타냈다. 작물 정식 후 토양 중 질산태 질소의 함량은  $25-40 \text{ mg kg}^{-1}$ 의 수준에 있으면 질소의 추가적인 시비 없이도 작물의 생육에 필요한 충분한 양의 질소가 있다고 보고되고 있다 (Binford and Hansen, 2000; Hartz et al., 2000; Heckman et al., 2002). 예로 단옥수수, 딸기, 수박에서 토양 중의 질산태 질소가 각각 25, 25-40,  $40 \text{ mg kg}^{-1}$ 의 수준으로 존재해도 최대수량을 얻을 수 있으며 (Heckman et al., 1995; Lim et al., 2016; Lim et al., 2018), 시설 잎들깨에서 토양 중 질산태 질소의 적정 하한기준과 상한기준의 범위를  $10-40 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 설정하였다 (Kang et al., 2011b). 그러므로 오이를 재배하는 기간 동안에 토양의 질산태 질소가 약  $35 \text{ mg kg}^{-1}$  이상으로 존재하면 풋거름작물인 호밀 이외에 추가적인 질소 비료의 공급 없이도 최대 수량을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

**호밀의 토양환원에 따른 질소 시비량 절감** 오이 반축성작형에서 풋거름작물인 호밀을 재배하고 토양에 환원하였을 때 토양의 질산태질소의 양분수준에 따라서 질소 화학비료의 추가 시비효과에 차이가 발생했다. 오이 정식 전 토양의 질산태 질소 함량이  $227 \text{ mg kg}^{-1}$ 의 수준인 경우 호밀만의 투입으로도 오이의 최대 수량을 얻을 수 있어 질소 비료의 추가 투입은 필요하지 않으며, 정식 전 토양의 질산태 질소가  $60 \text{ mg kg}^{-1}$ 의 수준인 경우 질소 추천 시비량의 50%를 절감할 수 있었다 (Table 6). 그리고 정식 전 토양의 질산태 질소가  $227-60 \text{ mg kg}^{-1}$ 의 범위에 있는 경우  $Y = -3.34X + 227$  (X: 질소 추천 시비량의 %, Y: 토양 중 질산태 질소 함량) 관계식을 통해서 질소 시비량을 산정할 수 있

을 것으로 판단된다. 하지만 토양의 다양한 질소 양분수준에서 풋거름작물인 호밀과 오이 수량과의 관계에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

**Table 6.** The estimation of reduction rates for Nitrogen fertilizer by soil incorporation of rye based on soil nitrate nitrogen content in cucumber.

Soil NO <sub>3</sub> -N content	Fertilization rates for N recommendations
mg kg <sup>-1</sup>	%
> 227	No fertilization
227 - 60	$Y = -3.34X + 225$ <sup>†</sup>
60	50% of N recommendations

<sup>†</sup>X: Percent of N recommendations, %; Y: Soil NO<sub>3</sub>-N content, mg kg<sup>-1</sup>.

## Conclusions

토양 중 질산태질소의 양분 수준이 상이한 오이 반축성작형에서 휴작기에 풋거름작물로 호밀을 재배한 후 토양으로의 환원이 오이의 생육과 수량, 토양의 질산태 질소 함량 등에 미치는 영향을 평가하여 후작물 오이에 대한 적정 질소 시비량을 산정하고자 하였다. 토양 중 질산태 질소가 2012년 60 mg kg<sup>-1</sup>의 토양에서 호밀의 질소 환원량은 146 kg ha<sup>-1</sup>이었고, 2013년에 227 mg kg<sup>-1</sup>의 토양에서는 질소 환원량이 107 kg ha<sup>-1</sup>를 나타냈다. 오이 정식 전 토양의 질산태 질소가 60 mg kg<sup>-1</sup>인 경우 호밀 + 요소 0.5 N에서 93,830 kg ha<sup>-1</sup>로 오이의 최대 수량을 얻을 수 있어 질소 추천시비량의 50%를 절감할 수 있었다. 오이 정식 전 토양의 질산태 질소 함량이 227 mg kg<sup>-1</sup>인 경우에는 호밀만의 투입으로도 오이 수량은 59,790 kg ha<sup>-1</sup>이었는데 요소 1.0 N 처리와 수량에 차이가 없으므로 질소 무시비 재배가 가능하였다. 그리고 정식 전 토양의 질산태 질소가 227-60 mg kg<sup>-1</sup>의 범위에 있는 경우  $Y = -3.34X + 227$  (X: 질소 추천 시비량의 %, Y: 토양 중 질산태 질소 함량) 관계식을 통해서 질소 시비량을 산정할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 토양의 다양한 질소 양분수준에서 풋거름작물인 호밀과 오이 수량과의 관계에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- Binford, G.D. and D.J. Hansen. 2000. Diagnostic nitrogen tests for manure amended soil: Current status and future outlook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES). Ext., Ithach, N.Y. 130:355-368.
- Choi, B.S., J.A. Jung, M.K. Oh, S.H. Jeon, H.G. Goh, Y.S. Ok, and J.K. Sung. 2010. Effects of green manure crops on improvement of chemical and biological properties in soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:650-658.
- Chung, J.B., B.J. Kim, K.S. Ryu, S.H. Lee, H.J. Shin, T.K. Hwang, H.Y. Choi, Y.W. Lee, Y.J. Lee, and J.J. Kim. 2006. Distribution of micronutrients in plastic film house soils of Yeongnam province. Korean J. Soil Sci. Fert. 39:214-223.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar, and Bailey, B.A. 2005. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36:2733-2757.
- Hartz, T.K., W.E. Bendixen, and L. Wierdsma. 2000. The value of presidedress soil nitrate testing as a nitrogen management tool in irrigated vegetable production. Hortscience. 35:651-656.
- Heckman, J.R., W.T. Hlubik, D.J. Prostack, and J.W. Paterson. 1995. Pre-sidedress soil nitrate test for sweet corn. Hortscience. 30:1033-1036.

- Heckman, J. R., T. Morris, J.T. Sims, J.B. Sieczka, U. Krogmann, P. Nitzche, and R. Ashley. 2002. Presidedress soil nitrate test is effective for fall cabbabe. *Hortscience*. 37:113-117.
- Kang, B.G., S.Y. Lee, S.C. Lim, Y.S. Kim, S.D. Hong, K.Y. Chung, and D.Y. Chung. 2011a. Establishment of application level for the proper use of organic materials as the carbonaceous amendments in the greenhouse soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:248-255.
- Kang, S.S., J.Y. Lee, J.K. Sung, H.Y. Gong, H.J. Jung, C.H. Park, Y.U. Yun, M.S. Kim, and Y.H. Kim. 2011b. Recommendation of the amount of nitrogen top dressing based on soil nitrate nitrogen content for leaf perilla (*Perilla frutescens*) under the plastic film house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:1112-1117.
- Kim, K.M., B.J. Lee, and Y.S. Cho. 2012. Differences of soil carbon by green manure crops in rotated cropping system. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45:1027-1031.
- Lee, C.H., T.J. Lim, S.S. Kang, M.S. Kim, and Y.H. Kim. 2012. Relationship between cucumber yield and nitrate concentration in plastic film house with ryegrass application. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45:943-948.
- Lim, T.J., K.I. Kim, J.M. Park, S.E. Lee, and S.D. Hong. 2012. The use of green manure crops as a nitrogen source for lettuce and Chinese cabbage production in greenhouse. *Korean J. Environ. Agric.* 31:212-216.
- Lim, T.J., J.M. Park, S.E. Lee, Y.E. Park, and K.I. Kim. 2016. Effects of crotalaria incorporation into soil as a green manure on growth of strawberry and inorganic soil nitrogen level. *Korean J. Hortic. Sci.* 34:578-576.
- Lim, T.J., J.M. Park, and S.E. Lee. 2018. Effects of incorporation of green manure crops on the growth of watermelon and soil nitrate nitrogen concentration. *Korean J. Environ. Agric.* 37:1-6.
- MAFRA. 2015. Statistics on production of greenhouse vegetable and greenhouse facilities for vegetable. p. 12. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea.
- Mosavi, S.B., A.A. Jafarzadeh, M.R. Nishabouri, S.H. Ostan, V. Feiziasl, and E. Karimi. 2012. The effect of different green manure application in dry land condition on some soil physical properties. *Intl. J. Agri. Crop Sci.* 4:1233-1239.
- NIAST. 2006. Fertilizer recommendations by crops. p. 69-70. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- NIAST. 2010. Method of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- Oh, S.E., J.S. Son, Y.S. Ok, and J.H. Joo. 2010. A modified methodology of salt removal through flooding and drainage in a plastic film house soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:443-449.
- Park, S.T., W.T. Jeon, M.T. Kim, K.Y. Sung, J.H. Ku, I.S. Oh, B.K. Lee, Y.H. Yoon, and J.K. Lee. 2008. Understanding of environmental friendly agriculture and rice production using green manure crops. p. 20-21. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- RDA. 2013. Annual report 2012: Monitoring project on agro-environmental quality. Rural Development Administration.
- RDA. 2017. 2016 Agricultural income data package. p.11-13. Rural Development Administration.
- Ruffo, M.L. and G.A. Bollero. 2003. Modeling rye and hairy vetch residue decomposition as a function of degree-days and decomposition-days. *Agron. J.* 95:900-907.
- Sung, J.K., S.M. Lee, J.A. Jung, J.M. Kim, Y.H. Lee, D.H. Choi, T.W. Kim, and B.H. Song. 2008. Effects of green manure crops hairy vetch and rye on N supply red pepper. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41:247-253.
- Waggar, M.G. 1989. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agron. J.* 81:236-241.
- Won, J.G., K.S. Jang, J.E. Hwang, O.H. Kwon, T.Y. Kwon, and J.R. Cho. 2012. Effect of tillage and no-tillage of winter green manure crops on yield of red pepper in plastic film house. *Weed Turf. Sci.* 1:18-23.
- Yang, C.H., J.H. Rye, T.K. Kim, S.B. Lee, J.D. Kim, N.H. Baek, S. Kim, W.Y. Choi, and S.J. Kim. 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:371-378.