Korean J. Soil Sci. Fert. Vol.55, No.2, pp.113-120, 2022

Korean Journal of Soil Science and Fertilizer

Article

https://doi.org/10.7745/KJSSF.2022.55.2.113
pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

The Effects on Nutrients Uptake and Soil Chemical Properties according to Fertigation Ratio of Green Onion (*Allium fistulosum* L.) in Open Field

Yejin Lee[1]*, Jwakyung Sung[2], Yosung Song[3], Yangmin Kim[3], and Byunggun Hyun[4]

[1]Research Scientist, Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea
[2]Professor, Department of Crop Science, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea
[3]Post-Doctoral Fellow, Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea
[4]Chief Research Scientist, Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

***Corresponding author:** leeyj418@korea.kr

Received: April 19, 2022
Revised: May 30, 2022
Accepted: May 30, 2022

Edited by
Seong-Soo Kang,
National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Korea

ORCID
Yejin Lee
https://orcid.org/0000-0003-4415-846X
Yangmin Kim
https://orcid.org/0000-0002-6246-5845

ABSTRACT

In order to apply the fertilization manual to the open-field fertigation system, it is necessary to verify the crop productivity. This study was carried out to assess an appropriate nutrient supply ratio for fertigation in open-field green onion (*Allium fistulosum* L.) cultivation. In this study, we compared the crop nutrient uptake and soil chemical properties according to the type of basal fertilizer (inorganic fertilizer, organic fertilizer, compost) and the ratio of fertigation (A: N60%, K40%; B: N70%, K50%; C: N80%, K80%) through field experiment. All treatment plots were treated with the same amount of fertilizer, and it was applied according to soil test results. When the fertigation ratio was increased during the crop cultivation period, there was little change in soil EC, NO_3-N, Ex. K, and there was no statistically significant difference in crop yield regardless of the types of basal fertilizer and fertigation ratio. However, the nitrogen uptake of green onions tended to decrease with the increase of the fertigation ratio. In soils with a low nutrient content, if the basal fertilization amount is reduced, the nutrient deficiency in the early stage of crop growth may reduce crop productivity. Therefore, it is recommended to fertigation ratio of A (N60%, K40%) for green onion cultivation in the open-field.

Keywords: Fertigation, Green onion, Nutrient uptake, Open field, Soil

The nutrient uptake and fertilizer use efficiency of green onion according to types of basal fertilizer and fertigation level.

Types of basal fertilizer	Nutrients supply ratio through fertigation (%)	Nutrient uptake (kg $10a^{-1}$)		Fertilizer use efficiency (%)	
		N	K_2O	N	K_2O
Inorganic fertilizer	N 60, K 40	14.7 ± 1.3 a†	19.9 ± 3.0 a	41.8 a	42.8 n.s.
	N 70, K 60	13.4 ± 1.6 ab	19.9 ± 3.6 a	32.4 ab	45.3
	N 80, K 80	12.3 ± 1.0 b	15.8 ± 2.5 b	24.9 b	24.9
Organic fertilizer	N 60, K 40	14.8 ± 0.9 a	19.4 ± 2.6 n.s.	32.2 n.s.	50.5 n.s.
	N 70, K 60	14.6 ± 1.3 a	17.5 ± 3.4	32.2	37.5
	N 80, K 80	12.1 ± 1.2 b	16.2 ± 2.7	11.7	27.9
Compost	N 60, K 40	14.6 ± 1.6 a	22.4 ± 4.4 a	40.2 n.s.	59.3 n.s.
	N 70, K 60	13.2 ± 0.6 ab	16.5 ± 1.9 b	30.1	30.4
	N 80, K 80	12.2 ± 2.6 b	17.5 ± 4.3 b	22.8	41.8

† Within each variable, means followed by the same letter are not differ significantly at $p < 0.05$ (DMRT).

© The Korean Society of Soil Science and Fertilizer. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

국내 농경지의 약 23%를 차지하는 노지 채소의 안정적 생산과 노동력 절감을 위한 방안으로 스마트 농업기술을 접목하는 시도가 이루어지고 있다 (KOSIS, 2021). 재배 분야에서는 정밀농업의 구현을 위해 작물의 생육환경을 측정하고 양·수분을 자동제어하는 시스템 개발 연구가 수행되고 있다 (Min and Park, 2018; Lee and Kwak, 2022). 농림축산식품부에서는 주요 노지 채소의 스마트팜 현장적용을 위한 시범사업을 추진하고 있으며, 대표적인 조미채소인 노지 대파는 해당 사업의 적용 작물에 속한다. 노지 대파 재배 시 관비 시스템을 활용하기 위해서는 현장 적용시험을 통해 양·수분 적정 제어기준을 설정하고, 농가에서 쉽게 활용할 수 있도록 매뉴얼 개발이 필요하다.

대파는 관행적으로 웃거름을 1달 간격으로 2 - 3회를 주는데, 관비로 공급하면 비료 주는 노력을 절감할 수 있고, 작물의 양분요구량과 시기에 맞추어 비료를 줄 수 있다 (Mohammad, 2004; Bhat and Sujatha, 2009). 또한 관비는 재배기간 동안 근권의 양분함량을 적정 수준으로 유지시킬 수 있는 장점이 있다 (Salo et al., 2002; Incrocci et al., 2017). 그러나 노지 재배는 기상 등 환경적 요인이 작물의 양분흡수와 질소 용탈에 영향을 미칠 수 있기 때문에 (Zinkernagel et al., 2020), 관비 시스템 적용 시 양분공급방법에 대한 검토가 필요하다.

관비로 공급하는 질소량이 많으면 작물의 질소 이용률이 떨어지고, 토양의 질산태질소 함량이 상승하여 근권 밖으로 질산태질소의 이동이 증가하는데 (Mohammad, 2004), 관비의 EC를 맞추어 비료를 공급하는 시설 양액재배 방식을 노지 토경재배에 접목하면 오히려 비료를 과도하게 공급하여 수질오염을 유발할 수도 있다. 따라서 토양의 양분상태와 작물의 양분요구량을 고려하여 적정량의 관비를 공급하는 것이 이상적이다 (Ashrafi et al., 2020).

본 연구에서는 노지 대파의 적정 관비 웃거름 공급 기준을 설정하기 위하여 작물별 비료사용처방 (NIAS, 2019)의 토양검정 비료추천량을 기준으로 밑거름과 관비로 공급하는 웃거름 비율을 조정하여 작물의 양분흡수와 토양 화학성 변화를 비교하였다.

Materials and Methods

작물 재배 및 비료 처리 대파는 충북 괴산군의 노지 밭에서 재배시험을 수행했으며, 2021년 4월 23일에 정식하여 8월 6일에 수확했다. 시험 전 토양은 미사질양토이며, pH가 5.4로 적정범위보다 다소 낮고, 토양 유기물 함량은 적정범위 내에 속했다 (Table 1).

대파 정식 전 토양검정 결과에 따라 pH 교정과 유기물 공급을 위해 전 처리구에 고토석회 300 kg $10a^{-1}$와 혼합가축분퇴비 460 kg $10a^{-1}$을 주었다. 토양검정에 의한 비료추천량은 N-P_2O_5-K_2O = 15.2-3.0-13.7 kg $10a^{-1}$으로서 이 중 밑거름에 해당되는 성분량을 무기질비료, 유기질비료, 가축분퇴비로 각각 처리했다. 유기질비료와 가축분퇴비의 사용량은 무기질비료로 들어가는 질소량에 맞췄으며, 부족한 인산과 칼륨량은 무기질비료로 보충하였다. 유기질비료는

Table 1. Physical and chemical properties of the experimental soils before green onion cultivation.

	Soil texture (%)			pH	EC	NO_3-N	OM	Av. P_2O_5	Exch. cations ($cmol_c$ kg^{-1})		
	Sand	Silt	Clay	(1:5)	(dS m^{-1})	(mg kg^{-1})	(g kg^{-1})	(mg kg^{-1})	K	Ca	Mg
Experimental soils	31.5	51.2	17.3	5.4	0.5	4	26	900	1.06	4.4	1.2
Optimum range†	-	-	-	6.0 - 7.0	<2.0	-	20 - 30	300 - 500	0.50 - 0.80	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0

†Optimum range of chemical properties in the upland soils (NIAS, 2019).

N-P_2O_5-K_2O = 4-2-1% 인 혼합유박비료를 사용했으며, 퇴비는 우분과 계분이 혼합된 퇴비를 사용했으며, 수분함량은 50%이고, 현물의 T-N, P_2O_5, K_2O 함량은 각각 1.8%, 1.9%, 1.3% 이었다. 밑거름 처리 후에는 점적 관수관을 설치하고 비닐로 피복했다.

밑거름과 관비로 공급하는 웃거름의 비율은 3가지로 처리했다. 질소와 칼리의 웃거름 비율은 작물별 비료사용처방의 웃거름 비율인 처리A (N60%, K40%)를 기준으로 B (N70%, K60%) C (N80%, K80%)로 웃거름 비율을 높여 처리했다. 인산은 용성인비를 전량 밑거름으로 공급했으며, 관비로 공급한 비료는 요소, 염화칼리를 사용했다 (Table 2).

관비 공급에 따른 비료이용효율을 구하기 위해 관비를 주지 않고, 밑거름으로만 양분을 공급한 무기질비료, 유기질비료, 가축분퇴비 처리구를 두었다. 관비처리구에서 관비 무처리구의 식물체 흡수량을 빼고 비료 사용량으로 나누어 비료이용효율을 구했다. 시험구는 3반복으로 완전임의배치법에 따라 배치했다. 관수는 -33 kPa을 기준으로 공급했으며, 비료는 정식 30일 경과 후 2주 간격으로 각 처리 별 관수통에서 물과 혼합하여 공급했다. 비료공급 시기에 강우가 발생한 경우는 강우가 끝난 후 관비를 공급했다.

Table 2. Fertilizer application amount of experimental plots for the green onion cultivation.

Types of basal fertilizer	Nutrients supply ratio through fertigation (%)	Basal fertilization rates† (N-P_2O_5-K_2O, kg $10a^{-1}$)	Total fertilizer amount of fertigation‡ (N-K_2O, kg $10a^{-1}$)
Inorganic fertilizer	A (N 60, K 40)	6.1-3.0-8.2	9.1-5.5
	B (N 70, K 60)	4.6-3.0-5.5	10.6-8.2
	C (N 80, K 80)	3.0-3.0-2.7	12.2-11.0
Organic fertilizer	A (N 60, K 40)	6.1-3.0-8.2	9.1-5.5
	B (N 70, K 60)	4.6-3.0-5.5	10.6-8.2
	C (N 80, K 80)	3.0-3.0-2.7	12.2-11.0
Compost	A (N 60, K 40)	6.1-3.0-8.2	9.1-5.5
	B (N 70, K 60)	4.6-3.0-5.5	10.6-8.2
	C (N 80, K 80)	3.0-3.0-2.7	12.2-11.0

†The basal fertilizer was applied prior to transplanting on April 15, 2021.
‡The fertilizer was supplied 5 times through fertigation from May 23 to July 30, 2021.

토양 이화학성 및 식물체 성분 분석 토양은 채취하여 풍건 후 2 mm 체로 거른 다음 분석에 이용하였다. 토성은 비중계법 (Gee and Bauder, 1986)으로 분석하였고, 토양 pH와 EC는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 하여 pH, EC meter로 측정하였다. 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 비색계 (UV-Spectrometer, Hitachi, Japan)로 분석했으며, 질산태질소는 2M KCl로 침출하여 질소 자동분석기 (Auto analyzer 3, BRAN+LUEBBE, Germany) 로 분석했다. 교환성 양이온은 1M NH_4OAc (pH 7.0)으로 추출하여 유도결합플라즈마 분광광도계 (Integra XL ICP, GBC, Australia)로 분석했다.

대파는 뿌리를 제외한 지상부의 건물중과 NPK 성분을 분석했다. 식물체 건조 시료 0.5 g을 황산으로 습식 분해하고, 증류수로 희석하여 여과한 후 질소 자동분석기와 비색계, ICP로 N, P, K 함량을 분석했다 (Lee et al., 2017).

통계분석 관비 공급비율에 따른 대파 건중, 양분흡수량, 비료이용효율의 비교는 Duncan's multiple range test (DMRT)를 수행했으며, 통계 프로그램은 SAS 7.13 (SAS Institute Inc., USA)을 이용했다.

Results and Discussion

관비 웃거름 공급비율에 따른 작물 생육 및 비료이용효율 밑거름 종류별로 관비 공급비율에 따른 수확기의 대파 건중은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 3). 수확기의 대파 초장은 화학비료로 밑거름을 공급한 경우 A 처리구 (N60%, K40%)에서 가장 컸고, 유기질비료와 퇴비 처리구는 웃거름 비율에 따른 생육 차이는 나타나지 않았다.

Table 3. The yields and growth of green onion according to types of basal fertilizer and fertigation level.

Types of basal fertilizer	Nutrients supply ratio through fertigation (%)	Dry weight (kg $10a^{-1}$)	Plant height (cm)
Inorganic fertilizer	A (N 60, K 40)	552 ± 34.9 n.s.†	94.9 ± 3.2 a
	B (N 70, K 60)	568 ± 55.9	90.5 ± 3.3 b
	C (N 80, K 80)	563 ± 53.5	88.7 ± 2.2 b
Organic fertilizer	A (N 60, K 40)	536 ± 24.9 n.s.	89.8 ± 3.2 n.s.
	B (N 70, K 60)	555 ± 55.7	91.3 ± 3.8
	C (N 80, K 80)	562 ± 42.1	90.7 ± 3.3
Compost	A (N 60, K 40)	535 ± 31.0 n.s.	91.3 ± 2.6 n.s.
	B (N 70, K 60)	563 ± 28.8	90.2 ± 4.2
	C (N 80, K 80)	542 ± 69.4	90.3 ± 3.8

† Within each variable, means followed by the same letter are not differ significantly at $p < 0.05$ (DMRT).

대파 잎의 시기별 질소와 칼륨 함량은 웃거름 비율에 따른 차이가 있었다 (Table 4). 무기질비료로 양분을 공급한 경우, 정식 후 45일에서는 처리 간 차이가 없었으나, 정식 후 97일이 경과한 수확기에는 웃거름 비율이 가장 적은 A 처리구의 질소, 칼륨 함량이 가장 많았다. 유기질비료 밑거름 처리구의 잎 질소함량은 A 처리구에서 가장 높았고, 퇴비 밑거름 처리구는 정식 후 45일과 수확기에 A 처리구의 잎 질소함량이 가장 많았다. 대파 잎의 시기별 질소 함량은

Table 4. The nitrogen and potassium content of green onion leaf according to types of basal fertilizer and fertigation level.

Types of basal fertilizer	Nutrients supply ratio through fertigation (%)	T-N (%)			K_2O (%)		
		Days after transplanting			Days after transplanting		
		45	70	97	45	70	97
Inorganic fertilizer	A (N 60, K 40)	2.8 n.s.†	3.0 n.s.	2.7 a	5.5 n.s.	4.0 ab	3.6 a
	B (N 70, K 60)	2.8	2.9	2.4 b	5.4	3.7 b	3.5 a
	C (N 80, K 80)	2.6	2.7	2.2 b	5.4	4.2 a	2.8 b
Organic fertilizer	A (N 60, K 40)	3.2 a	3.1 a	2.8 a	5.6 n.s.	3.7 b	3.6 a
	B (N 70, K 60)	2.8 b	2.8 b	2.7 a	5.4	4.0 ab	3.1 ab
	C (N 80, K 80)	2.5 c	2.9 ab	2.2 b	5.3	4.3 a	2.9 b
Compost	A (N 60, K 40)	3.0 a	2.6 b	2.7 a	5.1 n.s.	3.3 b	4.2 a
	B (N 70, K 60)	3.0 a	2.7 b	2.3 b	5.1	3.6 b	2.9 b
	C (N 80, K 80)	2.7 b	2.9 a	2.2 b	5.3	4.7 a	3.2 b

† Within each variable, means followed by the same letter are not differ significantly at $p < 0.05$ (DMRT).

생육 중반까지 증가하다 수확기에 감소했으며, 칼륨 함량은 수확기로 갈수록 감소하는 양상을 보였는데, 대체로 밑거름 비율이 높은 처리구에서 수확기까지 양분함량이 떨어지지 않는 것으로 나타났다.

관비 공급비율에 따른 대파의 잎 성분함량 차이에 의해 대파의 수확기 양분흡수량은 무기질비료, 유기질비료, 퇴비 밑거름 처리구 모두 관비 웃거름 비율이 가장 큰 C 처리구 (N80%, K80%)에서 질소와 칼륨 흡수량이 가장 적었다 (Table 5). 질소비료 이용률은 무기질비료의 경우 A 처리구에서 41.8%로 가장 높았고, 웃거름 비율이 높아질수록 비료 이용률이 떨어졌다. 유기질비료와 퇴비 처리구의 경우 반복 간 편차가 커 관비 웃거름 비율에 따른 유의성은 없었으나, 질소, 칼륨 웃거름 비율이 80%인 C 처리구는 A 처리구에 비해 평균 질소 이용률이 낮은 것을 확인할 수 있었다. 관비는 정식 30일이 경과한 이후 처리했기 때문에 생육 초반에는 A 처리구에 비해 관비 공급비율이 높은 B, C 처리구에서 질소 공급량이 적었다. 따라서 밑거름 공급량이 많은 A 처리구에서 생육 초반 대파 잎의 질소함량이 높았으며, 결과적으로 생육 초반의 잎 질소함량이 수확기의 질소흡수량에 영향을 미친 것으로 판단된다.

Table 5. The nutrient uptake and fertilizer use efficiency of green onion according to types of basal fertilizer and fertigation level.

Types of basal fertilizer	Nutrients supply ratio through fertigation (%)	Nutrient uptake (kg $10a^{-1}$)		Fertilizer use efficiency (%)	
		N	K_2O	N	K_2O
Inorganic fertilizer	A (N 60, K 40)	14.7 ± 1.3 a†	19.9 ± 3.0 a	41.8 a	42.8 n.s.
	B (N 70, K 60)	13.4 ± 1.6 ab	19.9 ± 3.6 a	32.4 ab	45.3
	C (N 80, K 80)	12.3 ± 1.0 b	15.8 ± 2.5 b	24.9 b	24.9
Organic fertilizer	A (N 60, K 40)	14.8 ± 0.9 a	19.4 ± 2.6 n.s.	32.2 n.s.	50.5 n.s.
	B (N 70, K 60)	14.6 ± 1.3 a	17.5 ± 3.4	32.2	37.5
	C (N 80, K 80)	12.1 ± 1.2 b	16.2 ± 2.7	11.7	27.9
Compost	A (N 60, K 40)	14.6 ± 1.6 a	22.4 ± 4.4 a	40.2 n.s.	59.3 n.s.
	B (N 70, K 60)	13.2 ± 0.6 ab	16.5 ± 1.9 b	30.1	30.4
	C (N 80, K 80)	12.2 ± 2.6 b	17.5 ± 4.3 b	22.8	41.8

† Within each variable, means followed by the same letter are not differ significantly at $p < 0.05$ (DMRT).

관비 웃거름 공급비율에 따른 토양 화학성 변화 토양 EC는 같은 처리 내에서 시기별로 약 20 - 30% 정도 변동이 있었다 (Fig. 1a). 밑거름으로 퇴비를 사용했을 때 관비 공급비율이 가장 적은 A 처리구에서 토양의 NO_3-N 함량은 수확기 (8월 2일)로 갈수록 점차 증가했다. 유기질비료의 원료인 유박과 퇴비를 사용했을 때 질소 무기화 속도를 비교한 기존 연구결과에 의하면 전체 질소의 50%가 무기화되는데 유박은 17일, 퇴비는 44일이 소요되었으며 (Im et al., 2017), 본 연구에서 퇴비 처리구의 경우 수확기까지 NO_3-N 함량이 상승한 것은 질소 무기화 속도가 영향을 미쳤을 것으로 추측된다 (Fig. 1b). Ex. K는 같은 처리구 내에서 수확기로 갈수록 유지 또는 감소하는 양상이었으며, 재배기간 중 Ex. K의 변화는 약 6 - 20%로 EC와 NO_3-N 보다 변동이 크지 않았다 (Fig. 1c).

토양의 EC, NO_3-N, Ex. K 함량은 밑거름 종류와 관계없이 A 대비 웃거름 관비 공급비율을 높인 B와 C 처리구에서 전반적으로 낮은 경향을 보였다. 따라서 웃거름 공급비율을 높인 전체 비료공급량 중 밑거름을 줄이고 관비로 양분을 공급하는 비율을 높이면 생육 초반부터 수확기까지 토양 양분함량 차이가 크지 않게 유지하는 것을 알 수 있었다. 밑거름은 토양에 비료를 살포하여 섞어주기 때문에 토양의 양분함량을 높일 수 있지만 관비는 물에 희석하여 저농도로

비료성분을 공급하기 때문이다. 또한 시설재배지는 관수를 과다하게 하지 않으면 재배 기간 중 양분의 손실이 크지 않지만, 노지재배는 강우의 영향을 받기 때문에 관비로 공급한 양분이 용탈될 우려도 있다 (Zinkernagel et al., 2020).

비옥도가 낮은 토양은 밑거름 공급비율을 많이 줄이면 생육 초반부터 수확기까지 양분함량이 낮게 유지되어 작물 생산성이 저하될 수 있으므로 밑거름과 웃거름의 적정 비율을 찾을 필요가 있었다. 대파의 양분흡수량과 토양의 NO_3-N와 Ex. K 함량을 비교하면, 밑거름 공급량을 줄이고 웃거름 관비 비율을 높일수록 대파의 수확기 양분흡수량이 적었고, 토양 중 NO_3-N와 Ex. K 함량도 낮게 유지되었다. 토양 양분함량이 낮은 곳과 높은 곳에 동일한 비료량을 관비로 공급했을 때 토양 양분함량이 높은 곳에서 오이의 질소 이용률이 높게 나타난 기존 연구결과와 마찬가지로 (Kim et al., 2022), 밑거름 공급으로 상승한 토양의 양분함량이 작물의 양분흡수에 영향을 미친 것으로 판단된다.

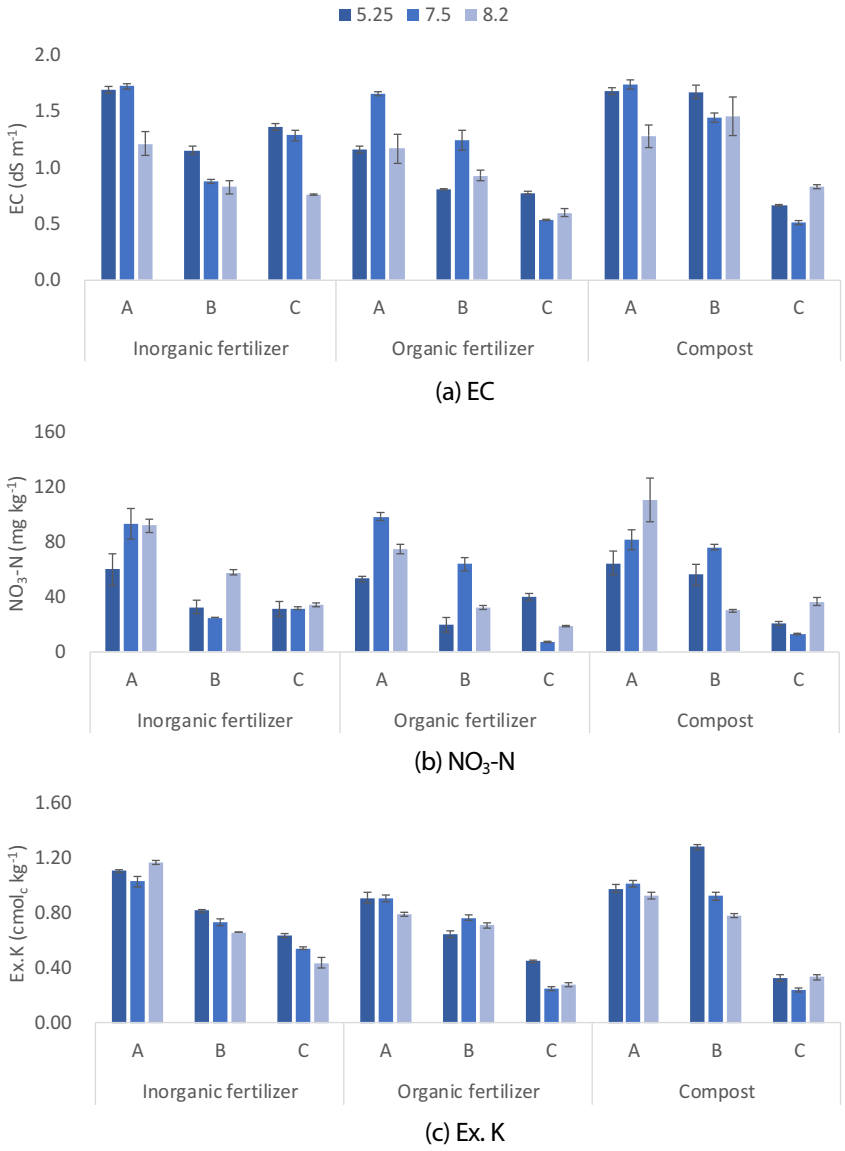

Fig. 1. Changes in soil EC, NO_3-N and Ex. K according to types of basal fertilizer and nutrients supply ratio (A: N60%, K40%; B: N70%, K60%; C: N80%, K80%) through fertigation during green onion growth early (May 25), middle (July 5) and harvest (August 2).

전체 처리구의 토양 EC와 NO_3-N, Ex. K를 각각 비교해보면, EC가 높을수록 NO_3-N와 Ex. K 함량이 직선적으로 증가하는 관계를 보였다 (Fig. 2). EC를 높이는 요인은 수용성 이온들의 양과 관련되나 (Gondek et al., 2020), 토경재배에서 관비로 공급하는 양분은 질소와 칼륨 비중이 크기 때문에 포장에서 이온 측정이 어려운 상황에서는 관비를 조절하는 지표로 EC를 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 다만 토양 EC는 수분 상태, 점토함량, 용적밀도 등 여러 요인에 따라 영향을 받으므로 보정이 필요한 점을 유의해야 한다 (Brune and Doolittle, 1990; Zhang and Wienhold, 2002).

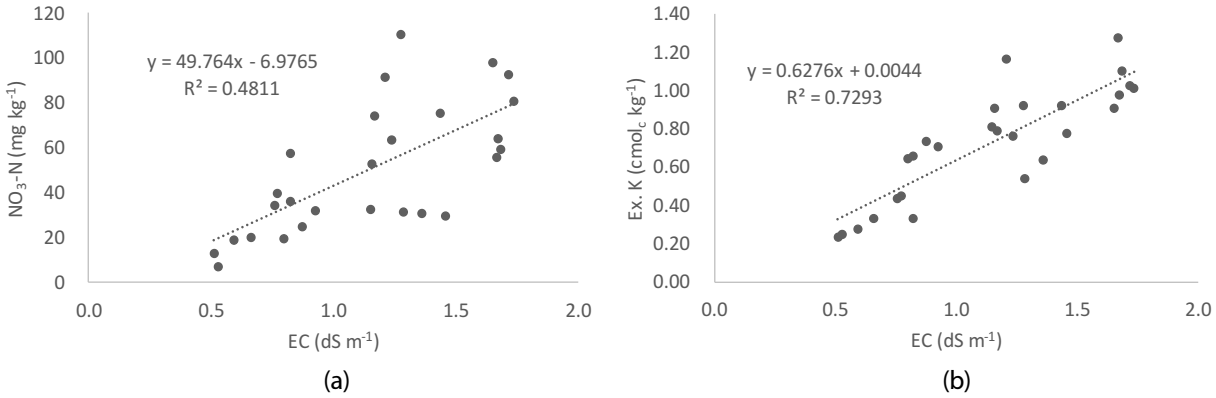

Fig. 2. The relationship among soil EC, NO_3-N, and Ex. K during green onion cultivation.

Conclusions

노지 대파의 관비 재배 시 기존 웃거름 공급비율인 N60%, K40%을 적용했을 때와 관비 웃거름 비율을 N70%, K60%와 N80%, K80%로 높였을 때 대파의 양분흡수와 토양 화학성 차이를 비교하였다. 웃거름 비율에 따른 대파 수량은 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 밑거름 종류와 관계없이 웃거름 비율을 N80%, K80%로 높이면 토양 양분함량 변화가 크지 않게 유지할 수 있었으나 생육초기부터 수확기까지 질소흡수가 떨어지는 경향이 있었다. 관비는 작물 생육시기에 맞추어 지속적으로 양분을 공급할 수 있기 때문에 웃거름 위주로 양분을 공급할 수 있으나, 노지재배는 밑거름량을 기준량보다 줄이면 생육 초반 작물이 이용할 수 있는 양분이 부족할 수 있어 관비 재배를 할 때도 기존대로 밑거름 비율을 유지할 필요가 있다고 판단된다. 따라서 노지 대파의 관비 웃거름 공급비율로 N60%, K40%을 추천한다. 또한 본 연구결과에서 재배기간 중 토양 EC와 NO_3-N, Ex. K이 직선적인 관계가 있었기 때문에 관비 조절 지표로 EC를 활용할 수 있다고 판단되며, 노지 토양의 양분상태에 따라 관비 공급량을 조절하기 위해서는 토양수분 및 EC 센서를 이용한 최적 관비량 조절 기준과 공급 빈도를 설정하는 연구가 추가적으로 필요할 것이다.

Acknowledgement

This work was supported by the “Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ01563502)”, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Ashrafi, M.R., M. Raj, S. Shamim, K. Lal, and G. Kumar. 2020. Effect of fertigation on crop productivity and nutrient use efficiency. J. Pharmacogn. Phytochem. 9(5):2937-2942.

Bhat, R. and S. Sujatha. 2009. Soil fertility and nutrient uptake by arecanut (*Areca catechu* L.) as affected by level and frequency of fertigation in a laterite soil. Agric. Water Manage. 96(3):445-456.

Brune, D.E. and J. Doolittle. 1990. Locating lagoon seepage with radarand electromagnetic survey. Geol. Water Sci. 16:195-207.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. p. 383-411. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis, Part 1. American Society of Agronomy, Madison, USA.

Gondek, M., D.C. Weindorf, C. Thiel, and G. Kleinheinz. 2020. Soluble salts in compost and their effects on soil and plants: A review. Compost Sci. Util. 28(2):59-75.

Im, J.U., S.Y. Kim, S.H. Jeon, J.H. Kim, Y.E. Yoon, S.J. Kim, and Y.B. Lee. 2017. Potential nitrogen mineralization and availability in upland soil amended with various organic materials. Korean J. Soil Sci. Fert. 50(1):40-48.

Incrocci, L., D. Massa, and A. Pardossi. 2017. New trends in the fertigation management of irrigated vegetable crops. Horticulturae 3(2):37.

Kim, Y.M., C.W. Lee, Y.S. Song, and Y.J. Lee. 2022. Varying nitrogen fertigation for cucumbers grown in greenhouses with soil of optimal or high nutrient status. Korean J. Soil Sci. Fert. 55(1):27-37.

KOSIS. 2021. Agricultural area statistics. Korean Statistical Information Service, Daejeon, Korea.

Lee, B.J. and Y.S. Kwak. 2022. Implementation of the smart IoT system for analysis of environmental factors for open-field agriculture. J. KIIT 20(2):63-69.

Lee, Y.J., J.K. Sung, S.B. Lee, J.E. Lim, Y.S. Sung, D.B. Lee, and S.Y. Hong. 2017. Plant analysis methods for evaluating mineral nutrient. Korean J. Soil Sci. Fert. 50(2):93-99.

Min, J.H. and J.Y. Park. 2018. Technology and standardization trends on smart agriculture. Electron. Telecommun. Trends 33(2):77-85.

Mohammad, M.J. 2004. Squash yield, nutrient content and soil fertility parameters in response to methods of fertilizer application and rates of nitrogen fertigation. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 68(2):99-108.

NIAS. 2019. Fertilizer recommendation for crop production (4th ed.). National Institute of Agricultural Science, RDA, Jeonju, Korea.

Salo, T., T. Suojala, and M. Kallela. 2002. The effect of fertigation on yield and nutrient uptake of cabbage, carrot and onion. Acta Hort. 571:235-241.

Zhang, R. and B.J. Wienhold. 2002. The effect of soil moisture on mineral nitrogen, soil electrical conductivity, and pH. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 63(2):251-254.

Zinkernagel, J., J.F. Maestre-Valero, S.Y. Seresti, and D.S. Intrigliolo. 2020. New technologies and practical approaches to improve irrigation management of open field vegetable crops. Agric. Water Manage. 242:106404.