

Red Pepper Productivity and Soil Properties as Affected by Different Intervals of Side-dressing N and K Applications in Plastic Film House

Byung-Koo Ahn, Ga-Young Im, Kab-Cheol Kim, Hyong-Gwon Chon, Seong-Soo Jeong, and Jin-Ho Lee^{1*}

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea

¹*Department of Bioenvironmental Chemistry, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea*

(Received: February 24 2014, Accepted: May 2 2014)

Consecutive pepper cultivation in plastic film houses may lead to salt accumulation because pepper is considered a heavy nutrient feeder. For this reason, appropriate methods of fertilizer application should be established. Thus, we investigated the effect of different intervals of side-dressing N and K fertilizer applications on soil and red pepper in a plastic film house. All the amounts of recommended compost and phosphorus fertilizer were applied as basal dressing. Cultivars of the pepper plant were Cheon-Ha-Dae-Se (CHDS) and NW-BiGaLim (NW-BGL). Nitrogen and potassium fertilizers were treated as side-dressing at different intervals, 22 times in every 10 days, 15 times in every 15 days, and 11 times in every 20 days. Soil pH decreased with decreasing the intervals of side-dressing applications, whereas electrical conductivity (EC) declined with the increasing fertilizer application intervals. In particular, EC value decreased by up to 75% with CHDS cultivar in the plot of 20 day-interval and with NW-BGL cultivar in the plot of 15 day-interval. The concentrations of available phosphorus in the soils increased with increasing the interval. The concentration of exchangeable K⁺ increased but exchangeable Ca²⁺ and Mg²⁺ decreased in all the plots, except in the control plot. The concentrations of nitrogen and phosphorus in leaves of the pepper plants were lowest in the control plot. Potassium concentrations in the pepper leaves were high in the control plot and in the plots of CHDS with 10 day-interval and NW-BGL with 15 day-interval. Red pepper productivity was high in the plots of 10- and 15 day-intervals for CHDS cultivar and 15- and 20 day-intervals for NW-BGL cultivar. Therefore, the 15 day-interval of side-dressing N and K applications was considered as an appropriate method for cultivating pepper plants and protecting soil in plastic film houses.

Key words: Red pepper, Side-dressing, Fertilizer application interval, Soil property, Pepper productivity

Changes in soil chemical properties at harvest time of red pepper as influenced by different intervals of side-dressing N and P applications.

Application intervals	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cations				
					K	Ca	Mg	Na	
Day	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				
CHDS									
Control	5.0	1.69	29.9	203	0.33	4.96	1.13	0.14	
10	4.4	1.43	30.0	271	0.35	4.42	0.61	0.10	
15	4.5	1.60	28.5	276	0.31	3.35	0.98	0.18	
20	5.0	0.50	34.3	291	0.33	3.25	0.71	0.06	
NW-BGL									
Control	5.7	1.65	33.0	224	0.37	6.85	1.39	0.14	
10	4.5	1.59	29.8	258	0.41	4.65	0.74	0.14	
15	4.9	0.50	30.1	314	0.30	4.16	0.54	0.13	
20	4.8	0.82	29.1	277	0.32	3.49	0.57	0.08	
Optimal range	6.0~6.5	2<	25~35	450~550	0.7~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-	

*Corresponding author : Phone: +82632702545, E-mail: jinholee@jbnu.ac.kr

§Acknowledgement: This research was supported by Rural Development Administration (PJ008815032013), Korea.

Introduction

전라북도의 고추생산량은 전국 생산량 (104,146 Mg, 2012)의 약 12%를 차지하고 있으며, 재배면적은 2010년 5,581 ha에서 2012년 5,630 ha (전북 농경지의 2.76%)로 매년 증가하고 있다. 도내 고추생산액은 841억원 (2011년)으로 농산업 부문 중 상당한 비중을 차지하고 있다 (통계청자료).

최근 잦은 기상변화에 따른 집중호우나 태풍 등에 의해 정읍과 임실지역 고추농가에서 역병과 탄저병이 각각 9.6~23.8%와 4.0~10.0%가 발생한 것으로 조사되었다 (NAAS, 2013). 따라서 노지고추의 병해충 피해를 최소화하고 고추 산업 활성화를 위해 시설재배가 필요하고, 고령화와 노동력 감소에 따른 생산비 절감을 위해 기계수확에 적합한 재배방식이 필요하게 되었다. 원활한 농작업을 수행하기 위해서 밭보다는 논에서 더 많은 시설재배가 이루어지고 있다. 논과 밭은 농경지 특성이 다르기 때문에 재배방식이 달라야 한다. 답전전환에 따른 토양산성화와 토양비옥도를 개선하고, 집중호우 시 침수에 따른 피해를 최소화해야 한다. 논 시설에서 고추를 재배하기 위해서는 통기성과 보수성 향상을 위한 물리성개선, 시비기준, 적정 관주용 비료의 개발이 필요하다.

시설재배에서는 재배기간이 길어 다수확이 가능하고, 강우가 차단된 상태에서 재배되기 때문에 역병 및 탄저병을 예방할 수 있다. 하지만 노지재배처럼 습관적으로 시비가 이루어지고, 토양의 양분상태를 고려하지 않은 과잉시비 등으로 토양 pH가 증가하면서 작물의 미량요소가 결핍되기도 한다. 또한 시설재배에서 건고추 생산을 목적으로 하는 경우 재배기간 연장에 따른 적절한 시비기준 및 방법 설정이 필요하다. 시설재배지는 노지와 달리 빗물에 의한 양분용탈이 이루어지지 않아, 비료 사용량이 적절하지 않을 경우 염류가 집적되는 문제점이 있다. 즉 시설토양에서는 강우가 차단되어 온도 상승에 따른 수분 증발량이 많게 되어 토양 중 많은 성분들이 물과 함께 상승되어 질산칼륨이나 질산칼슘 형태의 염류가 쌓이게 된다. 또한 고추가 흡수·이용하고 남은 비료성분들이 토양 중에 남아 노지재배에 비해 많은 염류가 집적되는 등 연작 장애가 발생 할 수 있다 (Kang et al., 2011).

시설재배에서 염류 직접을 최소화하기 위한 방법은 생육 시기에 따라 적절한 비료량을 근권에 액체 형태로 공급하는 관비 재배를 하는 것이다. 웃거름 분시효과는 여러 연구에서 보고하였다. Kim et al. (2009)은 질소와 칼리를 12회 분할하여 공급 하였을 때 토양 EC 농도와 비료 용해도가 적당하였고, Lee et al. (2009)은 웃거름으로 유기질비료를 6회 사용했을 때 토양산도, 유기물함량, 치환성 Ca^{2+} 농도를 증가시켜 시비효율이 높았다고 보고하였다. 노지에서 멜론을 재배하면서 질소와 칼리를 웃거름으로 8회 사용함에 따라

과실의 품질 및 당도가 증가 (Rhee et al., 2008)하였으며, Kim (2000)은 5일 간격 관주가 더덕 수량 증가에 효율적이었다고 보고하였고, 시설 참외 재배시 10일 간격으로 8회 시비하였을 때 상품과율이 95% 증수 하였다 (Jung et al., 2010)는 연구결과가 있다.

따라서 본 연구는 논시설 재배지에서 건고추를 생산하는 동안 토양환경을 개선하고, 염류집적을 최소화 할 수 있는 효율적인 시비 방안을 마련하고자 수행하였다.

Materials and Methods

재료 및 처리 고추 비가림 시설재배에 적합한 시비방법을 설정하기 위하여 전북 임실군 신태면 오궁리 884-3 (E127.14, 00.90, N35.41.22.25) 고추 재배 농가의 시설 하우스에서 천하대세 (동부팜농)와 NW-비가림 (농우바이오) 품종을 육묘하여 2013년 4월 11일 재식밀도 120 x 45 cm 간격으로 정식하였다.

처리구는 표준재배구를 대조구로 하였고, 질소와 칼리를 밑거름으로 시비하지 않고 전량을 동일한 양으로 나누어 10, 15, 20일 간격으로 관주하는 3처리를 단구제로 배치하였다. 시비량은 $N-P_2O_5-K_2O=246-83-131$ kg ha^{-1} 을 토양검정에 의해 10일 간격 처리구는 질소-칼리복합비료 ($N-K_2O=16-16$) 54.4 kg ha^{-1} 과 황산암모늄 11.7 kg ha^{-1} 를 22회 관주하였고, 15일 간격 처리구는 질소-칼리복합비료 79.8 kg ha^{-1} 과 황산암모늄 17.1 kg ha^{-1} 를 15회 관주, 20일 간격 처리구는 질소-칼리복합비료 108.8 kg ha^{-1} 과 황산암모늄 28.4 kg ha^{-1} 를 11회 관주하였다. 단, 정식 20일전 인산 전량과 퇴비 20 ton ha^{-1} 을 밑거름으로 처리하였다.

생육조사 고추 지상부 생육조사는 정식 이후 품종 및 처리별로 각각 10주씩을 선정하여 초장, 경경 (줄기 직경)과 절수를 정식 후 30일 간격으로 2회 (5월 10일, 6월 11일) 실시하였고, 고추 수량은 5회 (7월 29일, 8월 8일, 8월 22일, 9월 24일, 11월 8일)에 걸쳐 수확하면서 생체중과 이병과 등을 조사하였다.

토양 및 식물체분석 채취한 토양은 실험실에서 풍건하고 2 mm체를 통과한 것을 국립농업과학원의 토양화학분석법 (NAAS, 2010)과 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 따라 실시하였다. 토성은 micro pipette법으로 분석하였으며, 판정은 미국농무부 분류기준을 따랐다 (Gee and Bauder, 1986). 토양 화학성 조사는 pH와 EC는 풍건토양과 증류수를 1:5 (w/v)로 혼합하고 30분 진탕 후 pH meter (Orion3 star, Thermo)와 EC meter (TEMP Meter C75, Istek)로 각각 측정하였다. 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster 법, 치환성 양이온 (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+)은 1 N CH_3COONH_4

Table 1. Analytical conditions of HPLC for determining capsaicinoids.

Parameters	Condition
Column	C ₁₈ um 4.8x150 mm
Flow rate	0.8 mL min ⁻¹
Ex λ	230 nm
Column temp.	35°C
Sample temp.	25°C
Solvent	35 : 65(w/v) = H ₂ O : ACN
Runtime	10 min
Injection volume	20 uL

(pH 7.0) 으로 치환 추출하여 원자흡광분광광도계 (Atomic Absorption Spectrophotometer, GBC Avanta PM, Australia) 를 이용하여 분석하였다.

식물체시료는 수확기에 과실과 잎을 채취하여 증류수로 세척 후 70°C에서 72시간 건조 후 분쇄기 (Pulverisette, Fritsch 5, Germany)로 분쇄하여 사용하였다. 식물체 시료를 흑연 블록 산순환포집분해장치 (Ecopre, OD-lab)를 이용하여 전 처리하고, 인산은 ammonium vanadate법에 의한 비색정량, K, Ca, Mg는 원자흡광분광광도계 (Atomic Absorption Spectrophotometer, GBC Avanta PM, Australia)를 이용하여 분석하고, Fe, Mn은 유도결합플라즈마분광계 (Integra, GBC, Australia)를 이용하여 분석하였다.

고추 신미도는 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 조사하였는데 건고추 시료 1 g을 50 mL tube에 취한 후 methanol 5 mL를 가하고 60°C 항온수조에서 145 rpm으로 10분 동안 추출하였다. 추출액과 methanol을 1:9 (v/v)비율로 희석하여 여과 (0.2 um)하여 사용하였다. 분석은 HPLC (High-Pressure Liquid Chromatography, Alliance 2695 System, Water)를 이용하여 분석하였고, 분석 조건은 Table 1과 같다. 이때 표준용액은 Sigma-Aldrich 제품을 사용하였다.

통계분석 조사한 자료의 통계분석은 SPSS (19.0K)를 사용하여 실시하였다.

Results and Discussion

토양특성 시험포장의 토양은 선상 및 곡간지에 주로 분포하는 행곡토으로 자갈이 많은 양질계 충적토이었으며, 토양의 물리화학적 특성은 Table 2와 같다. 토성은 모래 29.5%, 미사 39.4%, 점토 31.1%인 식양토였으며, 용적밀도는 1.03 g cm⁻³이었다. Jung et al. (2004)에 의하면 고추생육은 사양토에서 양호하고, 수량도 증가했고, 또한 대부분 배수가 양호한 토양에서 재배되고 있었으나, 배수가 약간 양호한 저지대와 답전운환 형태로 논토양에서도 일부 재배

Table 2. Selected physical and chemical properties of the soil used in this experiment.

Parameters	Value
Particle size distribution(%)	
Sand	29.5
Silt	39.4
Clay	31.1
Soil texture	Clay loam
Bulk density (g cm ⁻³)	1.03
pH (1:5)	5.3
EC (dS m ⁻¹)	2.0
SOM (g kg ⁻¹)	30.0
Available P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	223.0
Exch. Cations (cmol _c kg ⁻¹)	
K	0.23
Ca	6.5
Mg	1.1
Na	0.18

되고 있다.

토양화학적성은 pH, 유효인산, 치환성 K⁺을 제외하고 일반적인 시설재배지의 특징과 비슷하였다. 특히 유효인산과 치환성 K⁺은 각각 고추재배기준의 44.6%와 30.7% 수준이었다.

치리구별로 웃거름을 관주형태로 공급하면서 5차례에 걸쳐 홍고추를 수확하였고, 수확기 토양특성 변화를 조사하기 위해 2013년 11월 8일 5번째 고추를 수확하면서 토양을 채취하였다 (Table 3). 재배한 두 품종 모두 토양특성 변화양상은 비슷하게 나타났다. 고추 정식 전에 비해 유효인산과 치환성 K⁺은 증가하였고, 나머지 조사성분은 감소하는 경향을 보였다.

시험한 두 품종 모두 토양 pH는 고추정식 전에 비해 모두 감소하였고, 웃거름 시비 간격이 짧을수록 감소폭이 컸다. 토양 pH가 감소한 것은 정식전 pH 5.3인 토양에 인산과 함께 밑거름으로 시비한 가축분퇴비의 유기물이 분해할 때 생기는 이산화탄소, 또는 공기 중의 이산화탄소가 관개수에 용해되어 생성된 탄산에 의해 토양중 치환성 염기가 용탈되었거나, 유기물 분해산물인 유기산이 토양염기를 용탈하여 산성화가 진행되었고, 웃거름으로 시비할 때 질소-칼리복합비료와 함께 사용한 황산칼륨의 해리작용으로 토양에 남게 되는 황산근 때문에 토양 pH가 낮아진 것으로 판단된다.

EC농도는 대체로 시비 간격이 길어질수록 감소하는 경향이었는데 천하대세의 경우 20일 간격, NW-비가림은 15일 간격에서 정식전보다 75% 감소하였지만, 대조구는 18.3~21.2% 감소하였다. Shin et al. (2005)은 토양염류 변화는 동일 기상 조건에서 시용한 비료 종류와 시비량의 영향과 재배작물의 생육에 의한 흡수차이 때문이라고 보고하였다.

Table 3. Changes in soil chemical properties at harvest time of red pepper as affected by different intervals of side-dressing N and P applications.

Application intervals	pH	EC	SOM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cations			
					K	Ca	Mg	Na
Day	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
CHDS†								
Control	5.0	1.69	29.9	203	0.33	4.96	1.13	0.14
10	4.4	1.43	30.0	271	0.35	4.42	0.61	0.10
15	4.5	1.60	28.5	276	0.31	3.35	0.98	0.18
20	5.0	0.50	34.3	291	0.33	3.25	0.71	0.06
NW-BGL‡								
Control	5.7	1.65	33.0	224	0.37	6.85	1.39	0.14
10	4.5	1.59	29.8	258	0.41	4.65	0.74	0.14
15	4.9	0.50	30.1	314	0.30	4.16	0.54	0.13
20	4.8	0.82	29.1	277	0.32	3.49	0.57	0.08
Optimal range	6.0~6.5	2<	25~35	450~550	0.7~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-

†CHDS, Cheonhadaese cultivar.

‡NW-BGL, NW-Bigalim cultivar.

Table 4. Growth of red pepper plants as affected by different intervals of side-dressing N and P applications.

Application intervals	Plant height		Stem diameter		Node	
	May 10	Jun 11	May 10	Jun 11	May 10	Jun 11
Days	cm		mm		No. plant ⁻¹	
CHDS†						
Control	31.7b‡	87.2c	6.02b	14.34a	9.1a	11.5a
10	28.7b	91.4b	6.05b	12.02a	7.4a	10.1a
15	33.4a	103.3a	6.23ab	12.20a	9.0a	10.6a
20	34.5a	92.9b	6.66a	12.28a	8.7a	10.2a
NW-BRL‡						
Control	29.9b	107.1b	6.75a	11.60a	8.3a	11.1a
10	30.0b	100.6c	5.71c	12.01a	7.6a	10.3a
15	34.8a	112.6a	6.64a	12.11a	8.8a	10.8a
20	31.4ab	107.0b	6.09b	12.39a	7.8a	11.1a

†CHDS, Cheonhadaese cultivar.

‡Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different(Duncan's test, $p < 0.05$).

‡NW-BGL, NW-Bigalim cultivar.

따라서 본 연구에서는 웃거름으로 소량씩 공급한 비료성분을 고추가 충분히 이용할 수 있는 시간이 주어질 토양에 축적되는 양이 적은 것으로 판단된다.

토양유기물 함량은 천hadaese의 20일 간격 시비구와 NW-비가림의 대조구를 제외하고는 정식전과 차이가 없었다. Yang et al. (2011)은 시설 고추 재배지에서 녹비작물 재배로 유기물함량은 녹비작물 파종 전과 유의적인 차이는 없었지만, 녹비작물 환원 후 고추를 재배한 토양의 유기물함량은 환원전보다 24~33% 정도 감소하였다고 하였다. Yoon and Nam (2009)은 유기물함량 감소는 유기물이 분해되어 고추가 흡수·이용한 결과라고 하였다.

최종 수확기 토양 중 유효인산함량은 두 품종 모두 대조구를 제외하고 정식전보다 증가하였으며, 웃거름 시비 간격

이 길어질수록 증가하는 경향을 보였지만, 고추재배 적정범위 (450~550 mg kg⁻¹)보다 낮았다. 대체적으로 산성조건에서는 식물이 흡수하지 못하는 불용성 인산 형태로 바뀌는 경향이 있는데, 본 연구에서는 오히려 증가하는 결과를 보였다. 이는 본 시험에서 밑거름으로 사용한 인산질비료가 용성인비로서 비료내에 존재하는 구용성형태의 인산이 산성조건에서 지효성으로 작용했기 때문인 것으로 판단된다.

치환성 양이온은 K⁺과 NW-비가림 품종의 대조구에서 Ca²⁺과 Mg²⁺을 제외하고 고추 정식전에 비해 모두 감소하였다. 고추를 재배하는 동안 시비하는 비료성분은 N, P₂O₅, K₂O 위주로 이루어지기 때문에 치환성 K⁺은 증가하고, 치환성 Ca²⁺과 Mg²⁺는 감소한 것으로 보인다 (Park et al., 2010). 따라서 고추뿐만 아니라 모든 농작물을 재배하기 전

에 토양검정을 실시하고, 비료사용처방에 따라 CaO나 MgO가 공급될 수 있는 시비가 필요하다.

생육 특성 고추 정식 후 30일과 60일에 지상부 생육상황을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 정식후 30일인 5월 10일 조사에서 초장은 천하대세가 평균 32.1 cm, NW-비가림은 평균 31.5 cm 이었지만, 6월 11일 조사에서는 천하대세가 93.7 cm, NW-비가림은 106.8 cm로 13.1 cm 차이가 있었다. 지표면에서 2 cm 높이에서 측정한 줄기직경은 5월 10일 조사에서는 NW-비가림이 컸지만, 6월 11일 조사에서는 천하대세가 0.69 mm 더 컸다. 절수는 두 품종 간에 차이가 없었다.

처리구별로는 초장은 웃거름을 15일 간격으로 시비했을 경우 가장 우수하였고, 나머지는 같은 수준을 보였다. 줄기 직경은 5월 10일 조사에서 천하대세는 15와 20일간격에서,

NW-비가림은 15일 간격에서 가장 우수하였지만 6월 11일 조사에서는 통계적인 유의차가 없었다. 절수 또한 두 번의 조사 시기별로 통계적인 유의차는 없었다.

무기성분 함량 1차 수확기 (7월 29일)에 채취한 고추 잎에 함유되어 있는 양분함량은 Table 5에서 보는 바와 같다. 품종별로 웃거름 시비간격에 따라 양분함량은 다르게 나타났다. N과 P는 천하대세의 경우 대조구에서 가장 낮았고, 웃거름 시비 간격에 따라 통계적인 유의차는 없었지만, NW-비가림에서는 10일 간격으로 시비했을 때 가장 높았다.

K는 천하대세의 경우 대조구, 10일, 20일 간격 시비구에서 높았고, NW-비가림에서는 대조구와 15일 간격 시비구에서 높았다. Ca는 천하대세 품종에서 20일 간격 처리구에서 가장 높았지만, NW-비가림 품종에서는 처리간에 유의성이 없었다. Mg는 천하대세 품종에서 유의성이 없었지만,

Table 5. Selected nutrient contents of red peppers from CHDS and NW-BGL cultivars as affected by different intervals of side-dressing N and P applications.

Application intervals	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
Days	%	mg kg ⁻¹	%				mg kg ⁻¹
CHDS†							
Control	5.17b‡	1,603b	7.14a	2.80b	0.97a	122a	322a
10	5.52ab	1,738a	6.67a	2.78b	0.98a	119a	435a
15	5.49ab	1,684a	5.79b	2.69b	1.03a	121a	376a
20	5.72a	1,684a	6.07b	3.28a	1.17a	118a	412a
NW-BGL*							
Control	5.39b	1,600b	6.94a	2.32a	0.60b	124a	332a
10	5.69a	1,746a	6.62b	2.43a	0.72a	130a	449a
15	5.20b	1,532b	7.20a	2.74a	0.85a	137a	474a
20	5.14b	1,522b	6.60b	2.74a	0.83a	121a	359a

†CHDS, Cheonhadaese cultivar.

‡Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different(Duncan's test, $p < 0.05$).

* NW-BGL, NW-Bigalim cultivar.

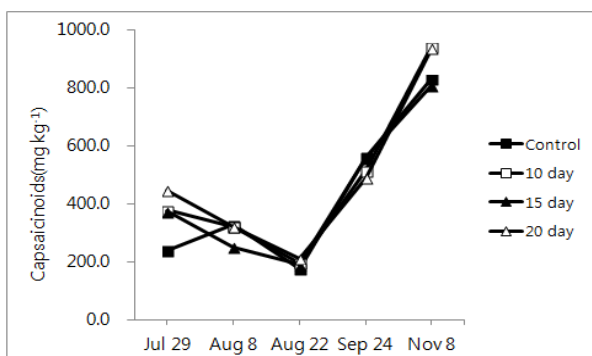


Fig. 1. Changes in the concentrations of capsaicinoids in red peppers from CHDS cultivar during the harvesting period as affected by different intervals of side-dressing N and P applications.

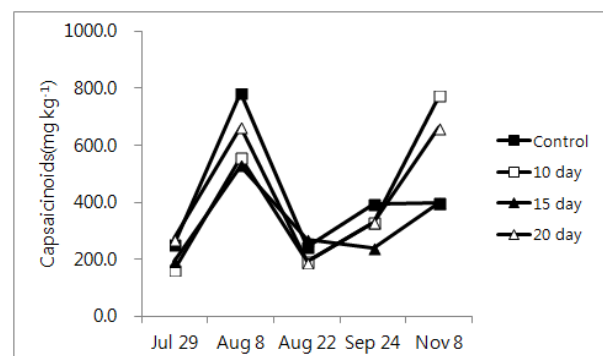


Fig. 2. Changes in the concentrations of capsaicinoids in red peppers from NW-BGL cultivar during the harvesting period as affected by different intervals of side-dressing N and P applications.

NW-비가림은 대조구를 제외하고는 같은 수준을 보였다. Fe과 Mn은 두 품종 모두 처리간에 유의성이 없었다.

신미도 특성 수확시기별로 신미도 특성을 조사하기 위해 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 측정하여 합계를 표시한 결과는 Fig. 1 (천하대세)과 Fig. 2 (NW-비가림)에서 보는 바와 같다. 천하대세 품종의 처리간 변화특성은 비슷한 경향을 보였다. 수확 3차시기까지는 감소하다 이후에는 증가하였다. NW-비가림은 2차에 증가하다가 감소후 다시 증가하였는데 이는 홍고추 수량 변화와 반대 경향이었으며 수확시기에 따라 큰 차이가 있었다. Cho et al. (2004)도

capsaicinoids 분석치는 수확시기에 따라 편차계 심하게 나타난다고 하였다.

시기별로 수확한 견고추를 혼합하여 신미도를 조사한 결과 (Table 6) 두 품종에 함유되어 있는 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량은 비슷한 수준을 보였다. 천하대세 품종의 capsaicin은 253.0~373.9 mg kg⁻¹, NW-비가림은 253.3~330.2 mg kg⁻¹이었고, 천하대세 품종의 dihydrocapsaicin은 72.5~121.0 mg kg⁻¹, NW-비가림은 72.4~115.3 mg kg⁻¹ 이었다. 두 품종 모두 웃거름 시비 간격에 따른 신미도 차이는 통계적인 유의성이 없었다. 매운맛은 기상스트레스 (Harvell and Bosland, 1997)나 품종에 의해 크게 영향 (Shin, 1991)을 받

Table 6. Concentrations of capsaicinoids in red peppers from CHDS and NW-BGL cultivars as affected by different intervals of side-dressing N and P applications.

Application intervals	Capsaicin	Dihydrocapsaicin	Capsaicinoids
Days	mg kg ⁻¹		
CHDS†			
Control	253.0a‡	72.5a	325.5a
10	349.2a	121.0a	470.2a
15	333.1a	103.4a	437.5a
20	373.9a	105.4a	479.2a
NW-BGL‡			
Control	324.4a	90.0a	414.4a
10	286.9a	115.3a	402.2a
15	253.3a	72.4a	325.8a
20	330.2a	93.3a	432.5a

†CHDS, Cheonhadaese cultivar.

‡Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different(Duncan's test, $p < 0.05$).

‡NW-BGL, NW-Bigalim cultivar.

Table 7. Parameters to evaluate red pepper productivity as affected by different intervals of side-dressing N and P applications.

Application intervals	Total yield of red pepper	Non-product of red pepper	Product rate of red pepper	Yield of dry red pepper	Yield index
Days	FW, kg ha ⁻¹		%	kg ha ⁻¹	
CHDS†					
Control	2,956.1b‡	196.6b	93.4	519.9	100.0
10	3,497.9a	248.2a	92.9	612.2	117.8
15	3,764.3a	201.5b	94.7	671.2	129.1
20	3,152.2b	202.1b	93.6	555.8	106.9
NW-BGL‡					
Control	3,493.7b	184.9d	94.7	623.4	100.0
10	3,484.7b	419.2a	89.7	690.6	110.8
15	4,307.4a	286.8c	93.3	757.5	121.5
20	4,175.8a	373.3b	91.1	716.4	114.9

†CHDS, Cheonhadaese cultivar.

‡Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different(Duncan's test, $p < 0.05$).

* NW-BGL, NW-Bigalim cultivar.

고, 그 정도차이가 46~78%에 달한다 (Boslnad, 1996). 본 실험의 결과는 capsaicinoids 함량은 재배지역의 영향보다 품종의 영향을 받으며, capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량은 유의적인 차이가 없다는 보고 (Lee et al., 2013)와 비슷하였다.

수량 특성 전체 5회에 걸쳐 수확한 홍고추 수량특성은 Table 7에서 보는 바와 같다. 두 품종의 홍고추나 건고추 수량은 NW-비가림 품종이 더 많았다. 처리별로 홍고추 수량은 천하대세 품종의 경우 10일, 15일 간격으로 시비했을 때 가장 많았고, NW-비가림 품종은 15일과 20일 간격 시비구에서 가장 많았다.

비상품과 수량은 천하대세의 경우 10일 간격 시비구에서 248.2 kg ha^{-1} , NW-비가림 품종 또한 10일 간격 시비구에서 419.2 kg ha^{-1} 로 가장 많았다. 한편 천하대세의 상품과율은 92.9~94.7% 수준이었고, 15일>20일>대조구>10일 순으로 높았으며, NW-비가림은 89.7~94.7% 수준이었고, 대조구>15일>20일>10일 순이었다. 천하대세 품종의 건고추 수량은 대조구보다 웃거름 시비간격을 달리한 모든 구에서 6.9~29.1% 증가한 것으로 나타났으며, NW-비가림 품종은

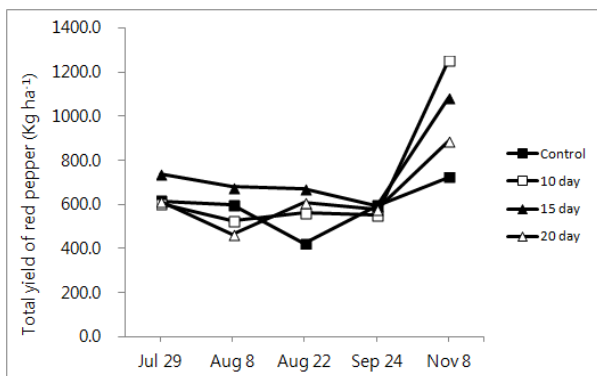


Fig. 3. Effects of side-dressing N and P application intervals on yields of red pepper from CHDS cultivar during the harvesting period.

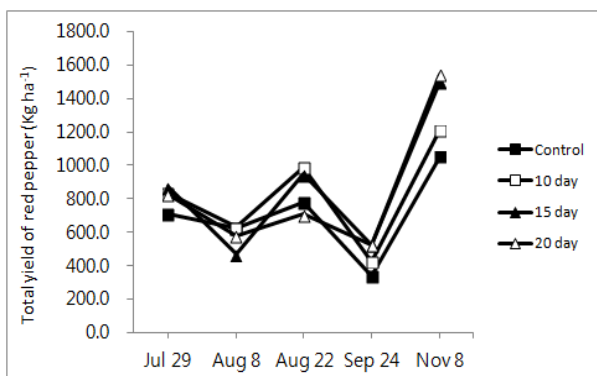


Fig. 4. Effects of side-dressing N and P application intervals on yields of red pepper from NW-BGL cultivar during the harvesting period.

10.8~21.5% 증가하였다. 따라서 고추 비가림 재배에서 홍고추 수확을 위한 시비방법은 표준재배방식보다는 관수시 질소와 칼리를 10~20일 간격으로 나누어 분시하여 재배하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

품종별로 수확시기에 따라 홍고추 수량변화를 조사한 결과 품종별로 수확시기에 따른 수량차이가 있었다. 천하대세 품종 (Fig. 3)은 4차 수확기까지는 완만한 감소 경향을 보이다가 5차 수확기에서는 급격히 증가하였고, NW-비가림 (Fig. 4)은 2차 수확기는 감소했다가 3차 수확기에는 증가 후 다시 감소하고 5차 수확기에서 급격히 증가하였다. 다섯 번째 수확기에 홍고추 수량이 증가한 것은 마지막 수확으로 거의 모든 홍고추를 수확하기 때문이고, 수확시기별로 증가와 감소를 반복하는 것은 시설재배 환경에 따른 품종적인 특성 때문인 것으로 판단된다.

Conclusion

시설고추 재배지의 염류집적 방지와 연작장해 경감을 위한 시비방법을 설정하기 위해 질소 (N)와 칼리 (K_2O) 전량을 웃거름으로 시비하면서 천하대세와 NW-비가림 품종을 재배하였다. 퇴비와 P_2O_5 는 전량 밑거름으로 시비하고, 질소-칼리를 10일 간격으로 22회, 15일 간격으로 15회, 20일 간격으로 11회 시비하였다.

웃거름 시비 간격이 짧을수록 수확기 토양 pH 감소폭이 컸고, EC의 경우 시비 간격이 길어질수록 감소하였으며, 천하대세 품종은 20일 간격, NW-비가림 품종은 15일 간격에서 각각 정식 전 EC에 비해 75% 감소하였다. 토양유기물 함량은 정식전과 차이가 없었고, 유효인산 함량은 두 품종을 재배한 모든 토양에서 웃거름 시비 간격이 길어질수록 증가하였다. 치환성 K^+ 은 정식전보다 증가하였지만, 치환성 Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 은 대조구를 제외하고 모두 감소하였다.

정식 후 60일에 조사한 초장은 15일 간격 시비구에서 가장 우수하였지만, 줄기직경과 절수는 차이가 없었다. 고추 잎의 N과 P함량은 대조구에서 가장 낮았고, K는 대조구나 천하대세 품종의 10일 간격, NW-비가림 품종의 15일 간격에서 높았으나, 처리구간에 유의성은 없었다. Capsaicinoids는 천하대세 품종의 경우 수확 3차시기까지 감소하다 증가하였고, NW-비가림 품종은 2차와 5차 수확기에 증가하였지만, 시비간격에 따른 차이는 없었다.

홍고추 수량은 천하대세 품종의 경우 10일과 15일 간격에서, NW-비가림 품종은 15일과 20일 간격에서 가장 많았다. 상품과율은 천하대세 품종의 경우 처리구간 따라 92.9~94.7% 수준이었고, 처리구간 순서는 15일>20일>대조구>10일 이었으며, NW-비가림은 89.7~94.7% 수준을 보였고, 처리구간 순서는 대조구>15일>20일>10일 이었다. 건고추 수량은 천하대세 품종의 경우 웃거름 시비 간격을 달리한

처리구에서 6.9~29.1% 증가하였고, NW-비가림 품종의 경우 10.8~21.5% 증가하였다. 따라서 고추 비가림 재배시 질소와 칼리를 15일 간격으로 15회 나누어 분시하면 품종에 따라 21.5~29.1%의 건고추 수량이 증가하였다.

References

- Bosland, P.W. 1996. The chile industry in the western region of the USA. J. Kor. Capsicum. Res. Coop. 4:1-9.
- Cho. B.C., K.W. Park, H.M. Kang, W.M. Lee. and J.S. Choe. 2004. Correlation between climatic elements and internal characteristics of red pepper fruit in different growing periods. J. Bio-Environ. Control. 13(2):67-72.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In Methods of soil analysis, Part In A. Klute(2nd Ed.). pp. 383-411. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Harvell, K.P. and P.W. Bosland, 1997. The environment produces a significant effect on pungency of chillies. Hort Sci. 32:1292
- 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.
- Jung. S.J, B.S. Bark, G.S. Jang, B.K. Hyun, and S.K. Rim. 2004. Suitability class criteria for red pepper cultivation with respect to soil morphology and physical properties. Korean J. Soil Sci. Fert. 37(5):336-340.
- Kang, B.K, Y.G. Kim, W.C. Cheo, S.C. Lim, and C.G. Roh. 2011. Effect of the application of chemical fertilizer and soil conditioner on chemical properties of soil and growth of red pepper under greenhouse. Korean J. Soil Sci. Fert. PC-17.
- Kim, S.K. 2000. Studies on cultivation of *Codonopsis lanceolata*. Annual Report of Agricultural Experiment Research. pp. 346-349. Gyeongsangbuk-Do Agricultural Research & Extension Services.
- Kim, S.Y., Y.A. Jang, J.H. Moom, J.G. Lee, J.G. Lee, and S.H. Cha. 2009. Effects of nitrogen and potassium sources on growth and yield of strawberry 'Seolhyang' and 'Maehyang' in fertigation culture. J. Bio-Environ. Control. 18(4):436-441.
- Lee. J.T., I.J. Ha, H.D. Kim, J.S. Moon, and S.D. Lee. 2009. Times and frequencies of additional fertilization to improve nutrient efficiency of organic liquid fertilizer for onion organic cultivation. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(1):30-36.
- Lee. S.E, H.M. Ham, Y.H. Kim, J.H. Sung, I.G. Hwang, S.M. Yu, H.S. Jeong, and J.S. Lee. 2013. The content of capsaicinoids in peppers by cultivation region in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42(1):129-133.
- NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2010. Methods of soil chemical analysis. NAAS, Rural Development Administration, Korea.
- NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2013. Study on establishment of national monitoring network against outbreak and major disease in red pepper. Report of NAAS. p 482-498. RDA (in Korean).
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Methods of soil and plant analysis. NIAS, Rural Development Administration, Korea.
- Park, J.M., T.J. Lim, S.B. Kang, I.B. Lee, and Y.I. Kang. 2010. Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Korean J. Soil. Sci. Fert. 43(5):610-615.
- Rhee, H.C., M.W. Cho, Y.C. Uhm, J.M. Park, and J.H. Lee. 2008. Control of irrigation amount for production of high quality fruit in melon fertigation cultivation. J. Bio-Environ. Cont. 17(4):288-292.
- Shin, J.S., S.H. Lee, W.H. Kim, J.G. Kim, S.H. Yoon, and K.B. Lim. 2005. Effects of ammonium sulfate and potassium sulfate fertilizer on dry matter yield and forage quality of sorghum x sudangrass hybrid in reclaimed tidal land. J. Korean Grassl Sci. 25(4):245-250.
- Shin, K.H. 1991. Studies on the quality estimation in red pepper powder. MS Thesis, Seoul Nat'l Univ. Seoul (In Korean).
- Yang, S.K., Y.W. Seo, Y.S. Lee, H.W. Kim, K.C. Ma, K.H. Lim, H.J. Kim, J.G. Kim, and W.J. Jung. 2011. Effects of green manure crops on red-pepper yields and soil physico-chemical properties in the vinyl house. Korean J. Org. Agri. 19(2): 215-228.
- Yoon, D.H. and K.W. Nam. 2009. Effect of intercropping of spring-sowing rye for organic soybean cultivation. Korean J. Org. Agri. 17(4):529-538.