

파프리카 관비재배를 위한 질소 및 칼륨의 시비량 설정

최경이^{1*} · 이한철¹ · 여경환¹ · 이성찬¹ · 강남준² · 최효길³

¹국립원예특작과학원 시설원예연구소, ²경상대학교 농업생명과학원, ³공주대 원예학과

Establishment of Optimum Nitrogen and Potassium Application for Paprika Fertigation

Gyeong Lee Choi^{1*}, Kyung Hwan Yeo¹, Han Cheol Rhee¹, Seong Chan Lee¹,
Nam Jun Kang², and Hyo Gil Choi³

¹Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman, 52054, Korea

²Institute of Agric. & Life Sci., Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

³Department of Horticulture, Kongju National University, GibgJu, 32588, Korea

Abstract. The paprika has emerged as one of the highest-income crops by increase in domestic and export demand in the greenhouse crops. Nevertheless, there is no standard for fertigation in soil, because general culture system is soilless culture. This study was conducted to establish the optimum nitrogen and potassium application level for paprika fertigation. Four different levels of nitrogen and potassium were applied, treatment levels were 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing. Experiment to instigate the optimum amounts of nitrogen and potassium were carried out in 2012 and 2013, respectively. Nitrogen application : stem diameter of 0.5 times was significantly lower than other treatments, but stem length was not affected by nitrogen fertigation levels. Number of fruit and yield of first fruiting group harvest were not significant difference. but those of the second fruiting group were decreased by increasing nitrogen level beyond 1.0 times treatment and were the lowest in 0.5 times treatment. Overall, the optimum level of nitrogen for fertigation was judged 1.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing. Potassium application : Growth was no significant trend except stem length. Number of locule, fresh thickness and sugar content were not significant difference. Number of fruit and yield were not significant difference at the first and second fruiting group harvest. But those were significant difference at third fruiting group harvest, maximum yield was obtained by 1.5 times fertigation level. The optimum level of potassium for fertigation was judged 1.5 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing.

Additional key words : fertigation equation by soil testing, standard amount of fertilizer, pimiento

서 론

파프리카는 최고 수출효자 품목으로 수출 뿐 아니라 국내 수요도 꾸준히 증가하여 시설재배 최고 소득작물 중 하나로 부상하였다. 그런데 파프리카는 주로 수경재배로 생산되고 있고, 작형은 한여름 불량환경을 피하여 8~9월에 정식하여 익년 6~7월까지 재배하고 있어 8~11월 생산이 급감하므로 연중 안정생산과 수출 물량 확보가 어렵다. 고랭지나 강원도에서 일부는 4~5월에 정식하여 11월까지 수확하는데, 단경기 생산이 주 목적이고 재배기간이 짧기 때문에 주로 토양 관비재배로 파프리카를

생산한다. 관비재배(Fertigation)는 관수와 양분을 함께 공급하는 방법으로 수분과 양분을 적기에 공급할 수 있는 효과적인 방법으로(Bucks 등, 1981; Shalhevet 등, 1983) 많은 시설재배농가에 보급되고 있다.

파프리카 관비재배를 위하여 각 나라별 토양조건을 고려하여 시비기준을 설정한 바 있는데 미국의 경우 플로리다 지역의 적정한 시비량은 질소 224kg/ha, 인산과 칼륨은 0~224kg/ha으로 제시하였고(Olson 등, 2004) 캘리포니아는 224kg/ha(Hartz 등, 1993), 요르단(Qawasmi 등, 1999)과 중국(Kong 등, 2011)의 적정한 질소 시비량은 150kg/ha으로 제시하였다. 네덜란드는 파프리카 적정 양분요구량을 NO₃-N, 9~13mM, NH₄-N, 0.3~0.5mM과 K, 4.0~5.4mM 이라고 제시하였는데, 알스미어에서는 토양 유효인산이 매우 높기 때문에 관비를 하지 않아도 큰 영향을 받지 않는다고 보고한 바 있다(Camacho,

*Corresponding author: chlruddl@korea.kr

Received September 29, 2016; Revised November 30, 2016;

Accepted December 23, 2016

2003). 우리나라 파프리카 관비재배 연구는 관수개시점 (Yu와 Bae, 2004), 양액공급 농도(Bae와 Kim, 2004; Zhang 등, 2010) 등 주로 수경재배 기술을 기반으로 한 방법으로 수행되었기 때문에 토경재배에 관한 뚜렷한 시비기준이 마련되어 있지 않다. 또 농촌진흥청에서 발간되는 ‘작물별 시비처방 기준’(RDA, 2010)에 표준시비량 87작물, 토양검정에 의한 시비기준 설정 77작물에도 파프리카는 속해있지 않아서 고추나 피망의 시비기준을 참고하는 경우가 많다.

파프리카는 양분요구도가 매우 높은 작물로 알려져 있어 파프리카에 맞는 기준 설정이 필요하며 일반적으로 관비재배의 경우 시비효율이 높기 때문에(Lee 등, 2001; Rhee 등, 2009) 일반적인 토경재배와는 다른 시비기준이 필요하다. 따라서 본 시험은 파프리카 토경재배 시비기준을 마련하여 생산성 향상을 기하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

1. 품종 및 재배개요

파프리카 ‘Cupra’ 품종을 이용하였으며 50공 성형트레이에 파종하여 육묘하였다. 질소시비량 설정시험은 2012년 1월 30일에 파종, 4월 12일에 정식하여 10월 19일까지 수행하였다. 칼륨시비량 설정시험은 2013년 2월 1일에 파종, 4월 1일에 정식하여 12월 6일까지 수행하였다. 질소비료는 요소, 칼륨비료는 염화칼륨을 이용하였고 질소와 칼륨은 관비하고 인산과 유기물(2500kg/10a)은 관행량을 기비로 투입하였다.

2. 시비량 결정 및 처리내용

파프리카는 토양재배 시비기준이 없어서 피망의 토양검정에 의한 시비 추천식을 이용하여 질소의 연간시비량은 $y = 39.011 - 0.129x$ (x : $\text{NO}_3\text{-N}$)과 칼륨의 연간시비량은 $y = 35.025 - 61.996x$ (x : 치환성 $\text{K}/\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}$)을 이용하여 계산하였다. 시험전 토양의 $\text{NO}_3\text{-N}$, K함량 각각 54.8mg/kg, 0.08cmol/kg으로 10a당 계산된 연간 시비량

은 질소 31.9kg, 칼륨 33.6kg였으며, 관비는 10일 간격으로 수행하였다. 질소와 칼륨의 처리는 계산된 검정시비량의 0.5, 1.0, 1.5, 2.0배 처리구를 두었다.

3. 조사 및 통계 분석

파프리카는 1주당 2가지를 유인하여 생육은 반복당 15주를 조사하였고, 과실 품질은 그룹별로 2번째 착과 과실(반복당 30과)를 조사하였다. 평균 과중, 주당 과중 및 수량은 총 수확기간에 수확된 과실로 산정하였다.

질소시비량 시험의 경우 재배전, 정식후 3개월, 시험종료 직후에 채취하여 토양내 질소의 변화를 분석하였으며, 칼륨 시비량 시험에서는 정식시부터 매일 5일 토양과 식물체를 채취하여 칼륨의 함량을 분석하였다. 식물체는 생장점으로부터 5번째 완전히 전개된 잎을 채취하여 80°C 건조기에서 48시간 건조하여 분석하였다. 토양과 식물체 분석은 농촌진흥청의 분석법에 준하였다(RDA, 2000). 토양내 질소는 시료 10g에 10% KCl 25mL용액을 혼합하여 추출여과 후 Automatic wet chemistry analyzer(SAN++, SKALAR Analytical B.V, 네덜란드)로 분석하였다. 식물체 시료는 0.5g을 평량하여 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$ 용액으로 습식 분해하여 ICP(ICAP7400, Thermo Scientific, 미국)를 이용하여 칼륨 함량을 분석하였다.

시험은 난괴법으로 3반복으로 수행하였으며 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.2, SAS Institute Inc., USA)을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 파프리카 관비재배를 위한 질소 시비량 결정

생육 초기의 파프리카 주지와 측지의 길이 및 두께는 처리 간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 후기 생육에서도 0.5배 관비구가 주지와 측지의 두께가 얇은 것을 제외하고는 큰 차이가 없었다(Table 1).

파프리카 1그룹 수확시 과경, 과고는 처리간 차이가 없었으나 과피두께가 0.5배 관비구가 다른 처리구에 비

Table 1. Length and diameter of main stem and lateral shoot of paprika as affected by nitrogen fertigation levels.

N level ²	June 26.				October 17.			
	Main stem		Lateral shoot		Main stem		Lateral shoot	
	Length (cm)	Diameter (mm)	Length (cm)	Diameter (mm)	Length (cm)	Diameter (mm)	Length (cm)	Diameter (mm)
0.5	24.1 a ³	11.1 a	50.5 a	7.4 a	24.4 a	15.5 b	179.5 a	11.2 b
1.0	24.5 a	11.9 a	56.1 a	8.4 a	25.1 a	16.7 a	198.1 a	11.9 a
1.5	25.4 a	12.1 a	57.8 a	8.3 a	26.0 a	16.5 a	194.0 a	11.7 a
2.0	24.5 a	11.9 a	55.3 a	8.2 a	24.9 a	16.3 a	183.2 a	11.5 ab

²Nitrogen level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing(1.0 times = 31.9kg/10a/year).

³Means separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Fruit characteristic of paprika as affected by nitrogen fertigation levels.

N ² level	Harvest group	Weight (g)	Diameter (mm)	Height (mm)	No. of locule	Fresh thickness(mm)	Sugar content(°Bx)
0.5	1st	165.6 b ^y	75.7 a	87.3 a	3.40 a	6.6 b	5.8 a
1.0		181.0 a	77.4 a	89.2 a	3.23 ab	6.9 a	5.8 a
1.5		173.5 ab	76.5 a	87.9 a	3.23 ab	6.9 a	6.0 a
2.0		177.4 ab	76.9 a	87.9 a	3.17 b	7.0 a	6.0 a
0.5	2nd	77.9 c	60.4 a	62.2 a	3.27 ab	4.7 a	6.0 ab
1.0		83.6 b	62.0 a	65.6 a	3.30 a	4.7 a	6.2 a
1.5		90.5 a	59.8 a	62.6 a	3.27 a	4.5 a	6.1 ab
2.0		84.3 b	60.6 a	62.6 a	3.13 b	4.7 a	5.8 b

^yNitrogen level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimienta fertilization recommendations based on soil testing(1.0 times = 31.9kg/10a/year).

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

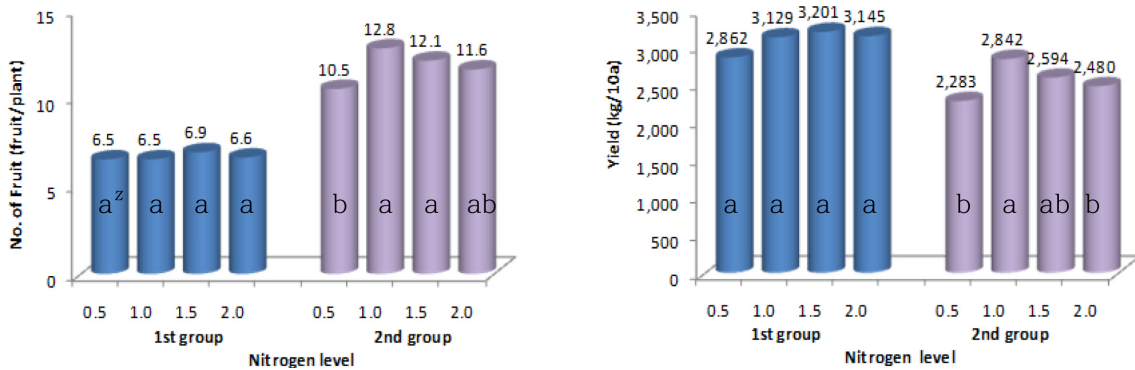


Fig 1. Distribution of No. of fruit(Left) and yield(Right) of harvest group as affected by nitrogen fertigation level. Nitrogen level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimienta fertilization recommendations based on soil testing(1.0 times = 31.9kg/10a/year).

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

하여 얇았고 과중도 적었다. 질소의 관비량이 많을수록 심실수가 감소하는 경향을 나타내었고 당도는 큰 차이를 나타내지 않았다. Kim 등(2012)은 쿠프라 품종의 평균 과중이 173g 이라 하였는데 2그룹 과실의 경우 과실의 크기가 매우 작아졌다. 이것은 고온기 착과가 불량한 경향을 나타낸다고 보고되고 있기 때문에(Won 등, 2009) 본 시험에서는 착과조절을 하지 않아 과다하게 착과되었고, 고온에 의한 과실의 비대 불량(Won 등, 2009)이 복합적으로 작용한 것으로 판단된다. 과중은 1.5배 관비구에서 가장 무겁고 1.0배, 2.0배, 0.5배 순으로 나타났는데 1.0배보다 1.5배 관비구에서 더 무거운 것은 착과수와 관련이 있는 것으로 판단된다. 당도는 1그룹에서는 처리간 차이가 없었으나 2그룹에서는 2.0배 관비구에서 낮아 질소 과잉 공급에 의한 일반적인 당도저하(Rhee 등, 2009)를 확인할 수 있었다(Table 2).

1그룹 주당 착과수는 6.5~6.9개로 처리간 차이가 없었으나 2그룹에서는 10.5~12.8개로 착과수가 1그룹에 비하여 착과량이 많아 고온기 착과불량(Won 등, 2009) 현상은 나타나지 않았다. 2그룹의 착과수는 0.5배 관비 처리

구가 다른 처리구에 비하여 착과수가 적었고, 1.0배 이상 처리구에서는 시비량이 많아질수록 착과수가 감소하는 경향이였다(Fig. 1).

수량은 1그룹 수확시 처리간 통계적인 차이는 없었으나 0.5배 처리구에서 평균과중이 적었기 때문에 수량이 적은 경향을 나타내었다. 2그룹에서는 0.5배 관비 처리구에서 수량이 확연히 감소하였고 1.0배 이상 처리구에서는 시비량이 많아질수록 착과수가 감소하는 경향이였다. 이것은 관비재배의 경우 시비효율이 높아 시비량을 절감할 수 있다는 결과(Lee 등, 2001)와는 딸기(Rhee 등, 2009)와 참외(Jung 등, 2010)에서 검정시비를 기준으로 0.5배 농도로 관비재배 했을 때 생산성이 가장 우수하였다는 결과와는 상반되는 것이지만 수경재배에서 피망에 비하여 파프리카는 급액기준농도가 훨씬 높은 것을 본다면 양분의 요구도가 높은 파프리카를 피망을 기준으로 시비기준을 했기 때문이라고 판단된다.

토양내 질소는 재배 약 3개월 후(7월 16일) 질소 2배 처리구는 초기농도에 비하여 높았지만 다른 처리는 초기 농도 보다 낮아졌으며, 시험 종료시에는 모든 처리에서

시험전의 초기 농도보다 낮아졌다. 재배기간이 경과함에 따라서 토양내 질소의 함량이 지속적으로 감소하는 것으로 볼 때, 파프리카는 양분요구도가 매우 높고 비료로 공급되는 것 뿐 아니라 토양내 질소도 효과적으로 이용하는 것으로 추측된다(Fig. 2).

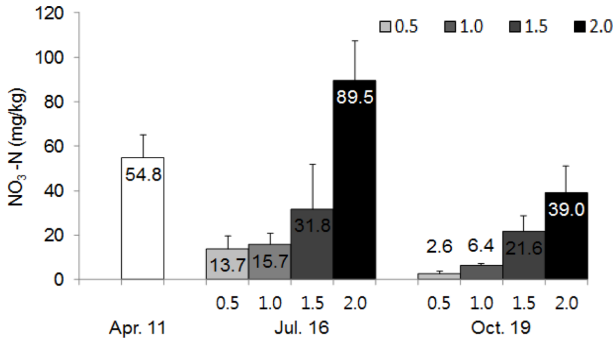


Fig 2. Nitrogen content in soil as affected by nitrogen fertigation level. Data represent means and standard deviation. Nitrogen level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing(1.0 times = 31.9kg/10a/year).

2. 파프리카 관비재배를 위한 칼륨 시비량 결정

파프리카 주지와 측지의 길이 및 두께는 처리간 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 다만 생육초기에 비하여 후기 생육에서는 관비량이 많은 처리구일수록 측지의 길이가 길어지는 경향을 나타내었다(Table 3).

과실의 크기를 제외한 심실수, 과피두께 등의 전체적인 과실형태와 당도는 처리에 따른 차이를 나타내지 않았다. 과실 크기는 1그룹에서는 1.0배, 1.5배 관비구가 무거운 것으로 나타났고 0.5배구는 가벼운 것으로 나타나 생육초기부터 양분요구도 보다 적은 시비로 인한 칼륨 결핍의 영향을 받은 것으로 나타났다. 2그룹은 시비 처리에 따른 과실특성 차이가 발생하지 않았는데 이것은 한여름 불량환경에서 착과와 비대가 이루어져 처리의 영향보다 고온의 영향을 받았기 때문이라고 판단된다. 3그룹은 0.5배 처리구의 착과량이 다른 처리에 비하여 현저히 적었기 때문에 과실이 상대적으로 가장 컸다(Table 4).

주당 착과수와 수량은 1그룹과 2그룹에서는 처리에 따른 통계적인 차이를 나타내지는 않았으나 2그룹 착과에

Table 3. Length and diameter of main stem and lateral shoot of paprika as affected by potassium fertigation levels.

K level ^z	August 20.				November 16.		
	Main stem		Lateral shoot		Main stem	Lateral shoot	
	Length (cm)	Diameter (mm)	Length (cm)	Diameter (mm)	Diameter (mm)	Length (cm)	Diameter (mm)
0.5	26.9 ab ^y	14.5 b	118.0 b	9.6 a	19.8 a	177.1 b	12.1 a
1.0	28.6 a	15.3 ab	122.3 ab	10.5 a	18.5 a	194.7 ab	12.2 a
1.5	27.6 ab	15.8 a	134.5 a	10.8 a	18.7 a	208.6 a	12.6 a
2.0	25.5 b	15.4 a	133.5 a	10.6 a	19.7 a	218.1 a	12.9 a

^zPotassium level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing(1.0 times = 33.6kg/10a/year)

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

Table 4. Fruit characteristic of paprika as affected by potassium fertigation level

K level ^z	Harvest group	Weight (g)	Diameter (mm)	Height (mm)	No. of locule	Fresh thickness (mm)	Sugar content(°Bx)
0.5	1st	142.0 b ^y	81.6 a	87.5 a	3.38 a	6.99 a	4.25 a
1.0		152.3 a	81.8 a	89.5 a	3.47 a	6.95 a	4.38 a
1.5		155.9 a	82.9 a	90.0 a	3.51 a	7.20 a	4.03 a
2.0		148.8 ab	83.0 a	91.0 a	3.51 a	6.84 a	4.32 a
0.5	2nd	128.5 a	75.2 a	85.4 a	3.57 a	4.26 a	5.42 a
1.0		128.7 a	77.5 a	82.8 a	3.36 a	4.28 a	4.76 a
1.5		129.5 a	76.5 a	85.1 a	3.33 a	4.46 a	5.05 a
2.0		128.1 a	75.8 a	84.8 a	3.22 a	4.13 a	5.86 a
0.5	3rd	117.3 a	72.9 a	69.5 c	3.13 a	6.00 a	7.36 a
1.0		114.1 ab	69.5 a	75.3 b	3.33 a	6.14 a	6.78 a
1.5		113.5 ab	72.5 a	81.1 a	3.48 a	6.33 a	6.91 a
2.0		105.3 b	67.9 a	69.0 c	3.24 a	6.04 a	7.11 a

^zPotassium level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing(1.0 times = 33.6kg/10a/year)

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

파프리카 관비제배를 위한 질소 및 칼륨의 시비량 설정

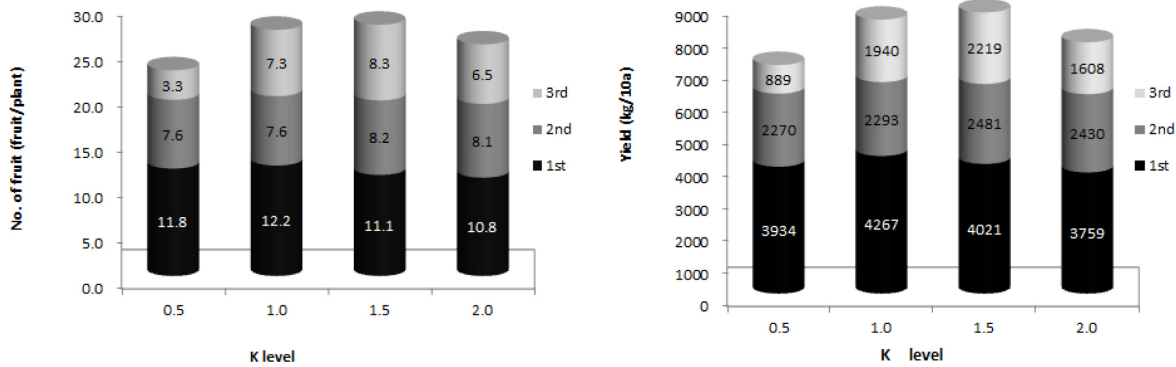


Fig 3. Distribution of No. of fruit and yield of harvest group as affected by potassium fertilization level. Potassium level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing (1.0 times = 33.6kg/10a/year).

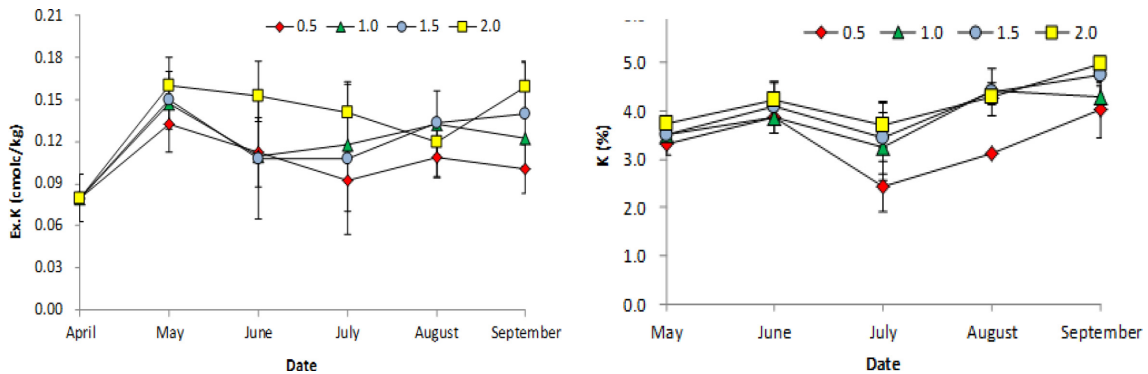


Fig 4. Potassium content in the soil(left) and leaf(right) as affected by nitrogen fertilization level. Data represent means and standard deviation. Potassium level was 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 times of pimiento fertilization recommendations based on soil testing(1.0 times = 33.6kg/10a/year).

서는 관비농도가 높았던 1.5배와 2배구가 많았다. 3그룹에서는 0.5배구는 3.3개, 1.0배는 7.3개, 1.5배는 8.3배, 2.0배구는 6.5개로 처리에 따른 차이가 뚜렷해졌다. 시비량이 착과와 과실비대에 영향을 구명하기 위하여 착과수를 조절하지 않았기 때문에 1그룹의 착과수와 수량이 매우 많았기 때문에 이후 파프리카의 착과와 비대에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다(Fig. 3).

토양내 K는 정식후 1개월간은 모든 처리에서 증가하였고 처리간 차이가 크지는 않았으나 관비량이 많을수록 토양내 K 함량도 높은 경향이였다. 이후 2배 관비구를 제외하고는 급격히 감소 후 생육기간이 경과함에 따라서 시비량이 많을수록 토양내 함량이 높아지는 경향을 나타내었는데 이것은 과실 착과와 비대에 따라 K의 요구도가 높아졌기 때문이라고 판단된다. 그러나 재배전 토양내 K 함량이 매우 낮은 상태였으므로 토양내 적정수준인 0.7~0.8cmol⁺(RDA, 2010)에는 이르지 못하였는데 이것은 시비된 비료가 작물에 바로 흡수되었기 때문이라고 판단된다. 엽내 K 함량은 생육초에는 관비량에 따른 현저한 차이를 나타내지는 않았고 7월 이후 0.5배 관비를

제외하고는 3~5% 수준으로 Johnson과 Decoteau(1996)의 엽내 칼륨의 적정함량과 일치하였다(Fig. 4).

적 요

파프리카는 내수 뿐 아니라 수출 수요 증가로 시설재배 작물 중 가장 고소득 작물중의 하나로 부상하였다. 그런데 파프리카가 일반적으로 수경재배로 생산되고 있기 때문에 토양재배에서는 시비기준이 없어 시험을 수행하였다. 질소와 칼륨의 관비기준을 설정하기 위하여 피망의 검정시비량을 기준으로 0.5, 1.0, 1.5, 2.0배로 시험 처리구를 두었고 질소 시험은 2012년에, 칼륨 시험은 2013년에 각각 수행하였다. 질소 관비 시험에서는 0.5배 관비구에서 다른 처리에 비하여 측지 두께가 비하여 얇았으나 길이는 처리의 영향을 받지 않았다. 착과수와 수량은 1그룹 수확에서 처리에 따른 차이가 발생하지 않았으나, 2그룹 수확에서는 1.0배 이상 처리에서 시비량이 많아질수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 0.5배 처리구에서 가장 낮았다. 전체적인 수량을 기준으로 판단

했을 때 파프리카 관비재배 시 질소의 시비량은 피망검정시비량의 1.0배가 적정하다고 판단되었다. 칼륨 관비 시험에서는 관비량이 많은 처리구일수록 측지의 길이가 길었던 것을 제외하고 처리간 뚜렷한 생육의 차이를 나타내지 않았다. 심실수, 과피두께, 당도는 처리에 따른 차이를 나타내지 않았다. 과실의 착과수와 수량은 1, 2 그룹에서는 통계적 유의차를 나타내지 않았으나 3그룹에서는 처리간에 뚜렷한 차이가 발생하여 1.5배 관비구에서 최대가 되었다. 전체적인 수량을 기준으로 판단했을 때 토양검정을 기준으로 한 관비재배에서 칼륨시비량은 피망검정시비량의 1.5배가 적정하다고 판단된다.

추가 주요어 : 토양검정 시비식, 표준시비량, 피망

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구과제(과제번호: PJ011428)의 지원에 의해 수행되었음

Literature cited

- Bae, J.H., and K.H., Kim. 2004. The effect of irrigation concentration on the growth and fruit quality of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in fertigation. *J. Bio-Env. Con.* 13:167-171.
- Buck, D.A., L.J. Erie, O.F. French, F.S. Nakayama, and W.D. Pew. 1981. Subsurface trickle irrigation management with multiple cropping. *Trans ASAE.* 24:1482-1489.
- Camacho, F. 2003. *Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos.* Almería, Spain: Instituto de Estudios de Cajama.
- Johnson, D.C., and D.R. Decoteau. 1996. Nitrogen and potassium fertility affects jalapeno pepper plant growth, pod yield and pungency. *HortScience* 31:1119-1123.
- Hartz, T.K., M. Lestrangle, and D.M. May. 1993. Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *HortScience* 28:1097-1099.
- 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. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 43:349-355.
- Kim, K.D., T.Y. Kim, I.H. Cho, and E.Y. Nam. 2005. Effects of alteration of fertigation water concentration. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23(suppl. I):64.
- Kim, C.K., G.K. Yang, J.H. Lee, J.G. Kang, and J.H. Bae. 2012. Comparison plant growth and fruit setting among sweet pepper cultivars of red line. *J. Bio-Env. Con.* 23: 247-251.
- Kong Q., G. Li, Y. Wang, and H. Huo, 2011. Bell pepper response to surface and subsurface drip irrigation under different fertigation levels. *Irrig Sci.* Published online.
- Lee, E.H., H.J. Kweon, J.N. Lee, J.T. Lee, and W.B. Kim. 2001. Effect of fertigation on onion in highland. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19(Suppl. II):42
- National academy of agricultural science, RDA. 2000. Soil and plant analysis.
- National academy of agricultural science, RDA. 2010. Fertilizer application prescribe standards.
- Rhee H.C., J.M. Park, T.C. Seo, G.L. Choi, M.Y. Roh, and M.W. Cho. 2009. Effects of nitrogen and potassium fertigation on growth, yield and quality of musk melon. *J. Bio-Env. Con.* 18:273-279.
- Rubio J.S., F.G. Sánchez, P. Flores, J.M. Navarro, and V. Martínez. .2010. Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilization with Ca²⁺ and K⁺. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 8:170-177.
- Shalhevet, J., D. Shimshi, and T. Meir. 1983. Potato irrigation requirements in a hot climate using sprinkler and drip methods. *Agron. J.* 75:13-16.
- Olson, S. M., E.H. Simonne, D.N. Maynard, G.J. Hochmuth, C.S. Vavrina, W.M. Stall, T.A. Kucharek, S.E. Webb, T.G. Taylor, and S.A. Smith. 2004. Pepper production in Florida. In vegetable production handbook for Florida 2004-2005, eds. S. M. Olson and E. H. Simonne, 247-258.
- Qawasmi W., M.J. Mohammad, H. Najim, and R. Qubursi. 1999. Response of bell pepper grown inside plastic houses to nitrogen fertigation. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2499-2509.
- Yu S.O., and J.H. Bae. 2004. The effect of fertigation setting point on the growth and fruit quality of sweet pepper. *J. Bio-Env. Con.* 13:102-106.
- Won, J.H., B.C. Jeong, J.K. Kim, and S.J. Jeon. 2009. Selection of suitable cultivars for the hydroponics of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in the alpine area in summer. *J. Bio-Env. Con.* 18:425-430.
- Zhang C.H., Y.S. Lim, H.M. Kang, and I.S. Kim. 2010. Effect of nutrient solution concentration on the growth and quality of paprika grown by fertigation using waste nutrient solution. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:46-50.