

반응표면분석에 의한 참외 관비액 농도결정

서영진* · 연일권 · 신용습 · 서동환 · 최성용 · 박소득 · 장원철 · 서전규¹

경상북도농업기술원, ¹경북대학교 원예과학과

Determination of NPK Concentration in Fertigation Solution for Production of Greenhouse Oriental Melon (*Cucumis melo* L.) Using Response Surface Methodology

Young-Jin Seo*, Il-Kweon Yeon, Yong-Seub Shin, Dong-Whan Suh, Seong-Yong Choi, So-Deuk Park, Won-Cheol Jang, and Jun-Kyu Suh¹

Institute of Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services, Daegu, 702-708, Korea

¹*Department of Horticultural science, kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea*

Fertigation with drip irrigation provides effective and cost-efficient way to supply both nutrient and water to crop. However, inappropriate management of fertigation systems may cause inefficient nutrient and water use, thereby diminishing expected yield benefits as well as contributing to deterioration of soil properties. In this study, greenhouse experiments were conducted to investigate the optimal concentration of N, P and K fertigation solution for maximum production of oriental melon (*Cucumis melo* L.) using a response surface methodology, to evaluate an efficiency of nutrients uptake and an effect on soil chemical properties. Canonical analysis of response surface and contour plot interpretation revealed that 108.3 mg L⁻¹ of nitrogen (N), 54.8 mg L⁻¹ of phosphorous (P) and 158.3 mg L⁻¹ of potassium (K) resulted in maximum yield of oriental melon (2,966 kg 10a⁻¹). Compared to conventional practice, fertigation increased fruit yield up to 23.0% (p<0.001), uptake of N and K by plant also up to 33.3% (p<0.001) and 15.7% (p<0.01), respectively. These results suggest that fertigation has the advantage of the increase in yield and fertilizer use efficiency.

Key words: Fertigation, Oriental melon, Response surface methodology, Fertilizer

서 언

참외 (*Cucumis melo* L.)는 봄철에 파종하여 여름철에 수확이 이루어지는 여름작물이었으나 점목재배가 이루어지면 서 저온에서도 생육이 가능하여 12월 상순에 정식하여 이듬해 10월 하순까지 연장재배가 이루어지는 작형이 주를 이루고 있다. 참외의 연중 생산체계에 따라 화학비료와 가축분 퇴비 등의 사용량 증가로 토양중 염류가 과다하게 집적되고 이에 따른 생리장애 발생이 증가하는 추세이다. 참외는 손자덩굴에 착과되는 특성으로 인하여 연속착과가 가능하므로 농가에서는 수량 및 품질 증대를 위해 수분과 양분을 동시에 공급할 수 있는 관비형태의 추비를 대부분 실시하고 있다.

관비재배는 양분을 물에 녹여 분수호스 또는 점적호스 등을 통하여 주기적으로 공급이 가능하므로 시간과 노력을

절감시킬 수 있는 효율적인 방법으로 알려져 있다 (Bar-Yosef, 1999; Hanson et al., 2006). 이러한 장점으로 오이 등의 과채류와 장미와 같은 화훼류에서도 관비재배를 위한 적정 관비액 공급농도에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 오이의 경우 관비재배시 토양중 질산태질소 함량이 200 mg L⁻¹에서 주당 과실수, 상품율 및 수량이 가장 높아 토양용액중 적정 농도는 100~200 mg L⁻¹의 범위가 적절하다고 보고하였다 (Lim et al., 2001a). 절화장미는 질소와 칼리의 적정 농도를 50 mg L⁻¹으로 하여 양분공급시, 절화 생산량과 품질이 높고 비료이용 효율 증대를 통한 토양의 염류집적을 경감시킬 수 있다고 하였다 (Lim et al., 2001b). 또한 비료염을 공급하는 관주형태의 관비재배 연구 뿐만 아니라 돈분 발효액비와 같은 유기성자원을 화학비료 대체자원으로 활용성을 높이기 위하여, 원예작물에 대한 관비액 공급원으로서의 가능성을 평가한 결과, 오이와 토마토 등의 과채류 재배시 토양검정에 의한 돈분뇨 액비를 사용할 경우 화학비료를 대체할 수 있는 것으로 보고하였다 (Park et al., 2010; Park et al., 2011).

접수 : 2012. 6. 15 수리 : 2012. 8. 8

*연락처 : Phone: +82546738064

E-mail: francisc@korea.kr

하지만 참외의 경우 대부분의 농가에서 추비의 공급은 관비로 공급이 되고 있으나 현재까지는 일부 연구자 (Lee et al., 2003)에 의해서 연작에 따른 양분 불균형 해소를 위해 규산질 비료 및 인산석고 등의 공급을 통한 토양개량 효과에 대한 연구가 이루어져 있는 반면, 관비재배에 대한 연구는 거의 이루어져 있지 않았다. Chung et al. (2010)이 참외에 대하여 수행한 관비시험의 경우 토양분석을 통하여 질소관비 시비기준을 설정한 후 질소와 칼리를 혼합하여 관비액을 공급하는 시험을 수행하였는데, 질소는 검정시비량의 0.5배를 관비로 공급할 경우 상품과 생산이 가장 높았다고 보고하였다. 하지만 참외의 생육, 수량 및 과일의 품질에 질소 뿐만 아니라 인산 및 칼리의 효과가 매우 높기 때문에 이들 양분을 동시에 공급할 경우 단일성분을 공급할 때와는 달리 양분간 교호작용에 의한 참외의 반응이 상이할 것으로 추정된다. 이와 같이 여러가지 변수들이 영향을 미치는 실험에서는 요인수준 변화에 따른 반응변수의 변화패턴을 보고, 최적 반응값을 제공하는 요인의 최적조건을 찾는 것이 중요하며 이를 위해서 고안된 회귀분석의 일종인 반응표면분석법 (Response Surface Methodology) 이 많이 이용되고 있다. 반응표면분석법은 식품의 신제품 개발, 품질향상, 관능적 특성평가와 관비재배를 위한 관수량 및 양분공급량 등의 조건을 찾는 연구에 많이 사용되고 있다 (Dalvi et al., 1999; Kim et al., 2009; Lee et al., 1996; Lee et al., 2010).

따라서 본 연구에서는 반응표면분석법을 이용하여 참외 관비재배에 적합한 질소, 인산, 칼리의 적정농도를 구명하고, 관비재배가 양분의 흡수량과 수량성 및 토양화학성에 미치는 영향을 평가하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

시험장소 및 공시토양 본 시험은 경상북도 성주군 대가면 대천리 635번지에 위치하고 있는 경상북도농업기술원 성주과채류시험장 (위도 : 35° 52' 47", 경도 : 128° 10' 39", 해발고도 140 m) 시험포장에서 수행하였다. 공시토양은 사양질계 회색토인 석천통 (coarse loamy, mixed, nonacid, mesic family of Fluvaquentic Endoaquepts)에 미사질양토

의 토성을 가지는 토양을 약 50 cm 정도로 적토한 인위토로서 2004년도 시험전 토양의 유기물 함량은 23.2 g kg⁻¹, 유효인산은 535 mg kg⁻¹, 전기전도도 (EC)는 1.02 dS m⁻¹로 적정범위에 가까운 편이나 pH는 7.2, 치환성 Ca과 치환성 Mg의 함량은 8.20 cmol_c kg⁻¹, 3.70 cmol_c kg⁻¹로 비교적 높았고 치환성 K는 0.26 cmol_c kg⁻¹로 낮은 편 이었다.

참외재배 및 시비방법 참외 재배시험은 성주과채류 시험장의 농가형 단동비닐하우스 (폭 7 m × 길이 50 m)에서 실시하였는데 2004년에는 관비액 농도결정을 위한 시험을 수행하였고 2005년에는 2004년도 시험에서 결정된 관비액 농도를 이용하여 관행재배와 비교시험을 수행하였다. 시험에 사용된 참외는 슈퍼금싸라기 참외를 접수로 하여 신토좌 호박을 대목으로 접목한 묘를 사용하였으며 40 cm 간격으로 2월 4일에 정식 한 후 참외재배총서의 표준재배법에 따라 재배하였다. 시비량은 작물별 시비처방기준 (NAAS, 2010)에 준하였으며, 참외를 정식하기 15일 전 퇴비를 1,500 kg 10a⁻¹ 살포하고 삼요소 비료는 요소, 용성인비, 염화칼리를 사용하여 성분량으로 질소 9.7 kg 10a⁻¹, 인산 6.3 kg 10a⁻¹, 칼리 5.7 kg 10a⁻¹의 양을 기비로 사용하였다. 추비로 사용된 관비는 질소 공급원으로 요소, 인산 공급원은 인산나트륨 (NaH₂PO₄·2H₂O), 칼리 공급원은 염화칼리를 사용하였으며 정식 30일 후 부터 추비를 실시하였다. 관비재배구는 수분장력계 (Jet-fill tensiometer, Soil moisture Inc., USA) 를 15 cm 깊이에 매설하고 관수개시점을 -30 kPa, 관수목표점을 -20 kPa가 되도록 총 7회 관비액을 공급하였으며 이때 공급되는 질소는 각각 3.5 kg 10a⁻¹, 7.0 kg 10a⁻¹, 10.6 kg 10a⁻¹, 14.1 kg 10a⁻¹이었고 인산은 2.6 kg 10a⁻¹, 5.3 kg 10a⁻¹, 7.9 kg 10a⁻¹, 10.6 kg 10a⁻¹였으며 칼리는 5.3 kg 10a⁻¹, 10.6 kg 10a⁻¹, 15.8 kg 10a⁻¹, 21.1 kg 10a⁻¹였다. 관행재배구는 질소와 칼리는 2회 분시하였으며 물관리는 관비재배구와 동일하게 점적관수를 실시하였다.

자료분석 및 통계처리 참외 관비액 조성을 위한 시험구배치로 중심합성계획을 사용하였으며, 무비구 1처리와 N, P, K의 3 요인에 대하여 각 요인변수들은 -2, -1, 0, 1, 2의 다섯 단계로 15 처리구를 독립변수로 두고 (Table 1), 참외 수량을 이들 독립변수에 영향을 받는 종속변수로 하여 실험

Table 1. Experimental range and values of the independent variables in the central composite design for optimal levels of fertigation solution.

Independent variables	Coded variables levels				
	-2	-1	0	1	2
Nitrogen (N, mg L ⁻¹)	0	40	80	120	160
Phosphorus (P, mg L ⁻¹)	0	30	60	90	120
Potassium (K, mg L ⁻¹)	0	60	120	180	240

결과인 반응변수와의 관계를 2차 다항 회귀식을 구하였다. 최고 참외수량을 나타내는 N, P, K의 농도를 구하기 위하여 회귀분석의 일종인 반응표면분석을 실시하여 회귀계수, 상관계수 및 변이계수를 구하였다.

관비처리와 관행시비에 따른 양분흡수량, 수량 및 토양 화학성의 차이를 검증하기 위하여 T-test를 실시하였으며, 모든 자료의 통계처리는 SAS 통계프로그램 (Ver. 9.13, 2006)을 이용하였다.

식물체 및 토양 분석 관비처리에 따른 양분흡수량 평가를 위하여 참외를 3반복으로 채취한 후 줄기와 과일을 분리하여 열풍건조기로 50°C에서 1주일간 건조시켜 건물생 산량을 구하였다. 건조된 시료를 분쇄하여 폴리에틸렌 봉투에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 참외 시료의 질소 함량은 살리실산-황산법으로 참외를 분해 한후 케달증류장치로 증류시켜 분석을 하였으며, 인산, 칼리 함량 분석을 위해 시료를 마이크로웨이브 분해장치 (Mars 5, CEM)의 분해용기에 넣고 진한 질산 10 ml을 가하여 분해시키고 분해액을 유도결합플라즈마분석기 (Optima 3200RL, Perkin Elmer, USA)로 분석하였다. 토양의 화학성 분석은 2 mm체를 통과한 풍건시료를 사용하여 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 pH, 유기물, 유효인산, 치환성 양이온, 전기전도도를 분석하였다.

결과 및 고찰

참외 수량에 따른 관비조성 농도결정 중심구합성계획에 의하여 3요인 (질소, 인산, 칼리), 5수준 (-2, -1, 0, 1, 2)과 무비구의 16개 실험 처리구와 각 조건에 따른 참외의 수량반응을 조사하였다. 독립변수인 질소, 인산, 칼리와 종속변수인 참외수량의 회귀관계, 모형설명력 (r²)과 반응표면 분석을 통해 얻은 다항 회귀식은 Table 2와 같은데 회귀모형의 설명력이 높은 특성은 절편 (β₀, p < 0.01), 인산에 대한 1차 회귀관계 (β₂, p < 0.01), 질소에 대한 2차 회귀관계 (β₁₁, p < 0.1)의 3가지 변수가 참외 수량반응에 대한 설명력이 높았으며 질소와 칼리의 교호작용도 90% 수준에서는 효

과 (p = 0.0667)가 있었다. 참외수량 반응에 대해 반응표면 분석을 통해 얻은 회귀식의 설명력은 88%였고 변이계수는 9.56%로 나타났다. 다항 회귀식의 절편은 무비구에서 참외 수량을 의미하므로 토양에서 공급되는 양분과 유의한 관계를 가지는 것을 의미한다. 그리고 인산의 농도가 증가할수록 참외의 수량증가에 미치는 영향에 대한 연구결과는 없으나, 인산석고를 사용한 농가에서 참외의 생육이 양호하였고 인산석고를 CaO 기준으로 70 kg 10a⁻¹ 사용할 경우 참외줄기의 길이, 엽수, 엽폭 및 엽장 등의 생육이 우수하였으며 총 수확과실수와 상품과율이 유의하게 증가한 것으로 보고하였다 (Chung, 2005). 따라서 인산사용에 따른 참외의 암꽃 착생, 과일착과 등의 개화생리에 관한 추가연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다. 참외의 수량은 무비구에서 1,275 kg 10a⁻¹을 나타내었으며, 관비액중 질소농도가 40 mg L⁻¹ 처리구는 평균수량이 2,462 kg 10a⁻¹ (2,106 ~ 2,688 kg 10a⁻¹), 80 mg L⁻¹ 처리구의 평균수량은 2,693 kg 10a⁻¹ (2,241 ~ 2,937 kg 10a⁻¹), 120 mg L⁻¹ 처리구에서는 2,696 kg 10a⁻¹ (2,356 ~ 3,089 kg 10a⁻¹)의 수량을 나타내어 질소농도가 증가할수록 참외의 수량이 증가하는 경향을 보였으나, 질소농도가 160 mg L⁻¹ 처리구에서는 참외의 수량이 2,548 kg 10a⁻¹으로 감소하였다. Chung et al. (2010)의 보고에 따르면 참외 재배시에 정식후 30일까지는 건물중 증가가 적은 편이나 착과 후에는 급격한 건물중 증가가 일어난다. 질소의 공급이 부족할 시 생육장해가 일어나 참외의 생산량 감소를 초래하며, 양분이 적은 토양일 경우 기비로 퇴비를 충분히 사용하더라도 추비로 질소를 사용하지 않으면 생육이 억제되는 것으로 보고하였다. 참외의 최대 수량반응을 나타내는 관비액 농도는 질소 108.3mg L⁻¹, 인산 54.8 mg L⁻¹, 칼리 158.3 mg L⁻¹으로 조사되었고 이때 참외의 최대수량은 2,966.8 kg 10a⁻¹으로 분석되었다.

반응표면분석을 통해 얻은 회귀식 (y=1,349.25 + 10.11N + 28.35P + 3.70K - 0.10N² - 0.02NP - 0.07NK - 0.12P² - 0.09PK - 0.02K²)을 이용하여 질소, 인산, 칼리의 관비농도에 참외 수량반응에 대한 등고선 반응은 Fig. 1과 같다. 관비액중 질소농도가 적정수준 보다 낮거나 높을 때 수량반응의 차이가 큰 편이었으며 인산은 적정범위 이상으로 농도가 높을 경우에는 수량감소폭은 낮아지는 것으로 나타났다.

Table 2. Regression coefficients of polynomial equation and predicted value of optimal fertigation level by response surface methodology (RSM).

Regression coefficients										r ²	C.V.	Predicted value [§]		
β ₀	β ₁	β ₂	β ₃	β ₁₁	β ₁₂	β ₁₃	β ₂₂	β ₂₃	β ₃₃			N	P	K
----- mg L ⁻¹ -----														
1,349.25**	10.11	28.35**	3.70	-0.10*	-0.02	-0.07	-0.12	-0.09	-0.02	0.88	9.56	108.3	54.8	158.3

[†]y = β₀ + β₁N + β₂P + β₃K + β₁₁N² + β₁₂NP + β₁₃NK + β₂₂P² + β₂₃PK + β₃₃K².

*, ** indicate significant difference at 95%, 99% probability level and C.V. means coefficient of variation.

§ Values was calculated by response surface methodology.

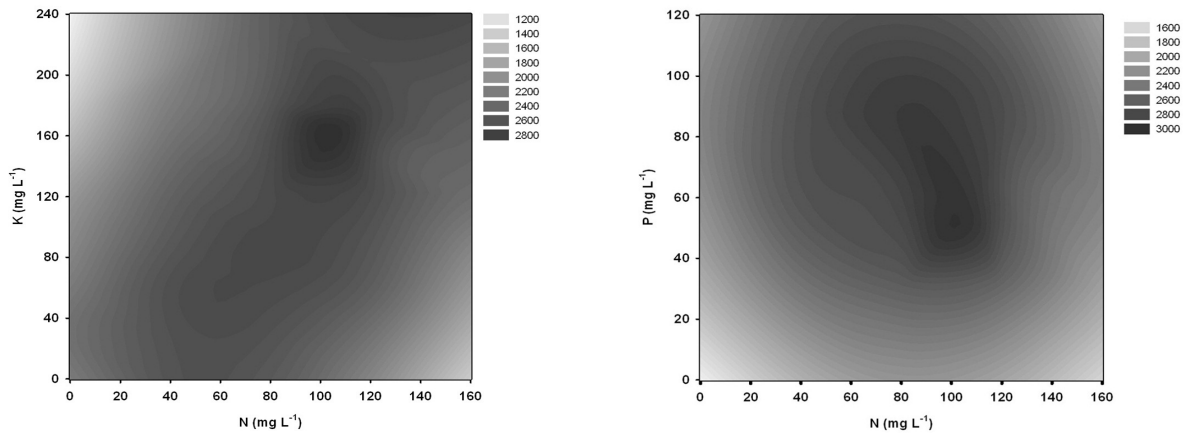


Fig. 1. Interpolated result of response surface for fruit yield of oriental melon (*Cucumis melo* L.) with concentration of fertigation solutions. (Legend unit : kg 10a⁻¹)

Table 3. Effects of fertigation on NPK uptake and fruit yield of oriental melon (*Cucumis melo* L.).

Treatment	Amount of NPK uptake			Fruit yield
	N	P	K	
	kg 10a ⁻¹			
Fertigation	9.81 ± 0.08	1.10 ± 0.08	8.54 ± 0.21	2,678 ± 75.50
Conventional fertilization	7.36 ± 0.18	0.93 ± 0.14	7.38 ± 0.11	2,177 ± 63.01
t-value	21.4386 ^{***}	1.9219 ^{NS}	7.5940 ^{**}	8.2041 ^{***}

data indicate mean ± standard deviation.

[†]*, **, *** and NS indicate significant difference at 95%, 99%, 99.9% probability level and not significant by t-test (n=3).

이러한 특성은 질소의 농도가 지나치게 높아질 경우 식물체 중 질소의 농도가 높아져 참외의 줄기신장이 지나치면 과일 착과에 많은 영향을 주기 때문인 것으로 사료되며 인산 또한 Chung (2005)의 조사결과로 미루어 농도가 적정수준 보다 낮을 경우 개화생리 등에 영향을 주므로 참외의 수량에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 칼리의 농도도 적정수준 보다 낮을 경우에는 수량감소의 폭이 매우 큰 편으로 나타났다. 참외는 장기간 고온이 계속되면 고온장해를 받게 되며 화이분화, 착과 등에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있는데 (Park et al., 2006), 시설내 온도분포를 조사한 결과 참외의 생육적온보다 매우 높아 생육불량, 과일의 수분 및 수정능력 저하로 인한 착과불량, 수분장해 및 품질저하 등의 문제가 발생할 수 있는 것으로 보고하였다 (Shin et al., 1996). 칼륨이온은 기공개폐 등에 관여하여 수분스트레스 반응을 조절하는 것으로 알려져 있으며 (Kweon et al., 2003), 엽중 칼리함량은 생육초기 3.65%, 정식후 30일경에는 5.21 ~ 5.55%로 질소와 인산의 농도에 비해 2.4배 이상 높은 수치를 나타내어 (Chung et al., 2010), 참외재배시 적정 수준의 칼리비료를 공급하는 것이 중요한 것으로 판단된다.

참외수량, 양분흡수량 및 토양화학성에 대한 관비재배 효과 반응표면분석을 통해 도출한 관비액의 질소, 인

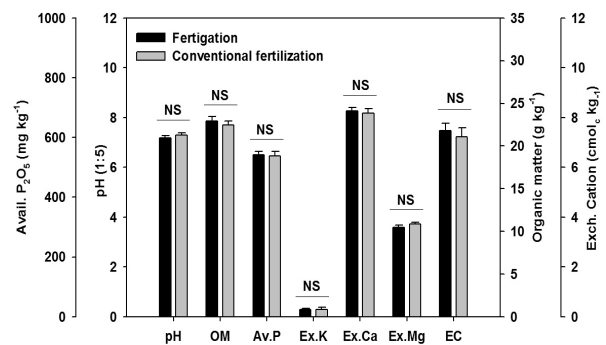


Fig. 2. Effects of fertigation on soil chemical properties. Data indicate mean ± standard deviation (n=3) and NS is not significant by t-test.

산, 칼리농도를 기준하여 관비액을 조제하고 참외를 재배한 결과, 관행재배에 비하여 인산의 흡수량 증가는 차이가 없었으나 질소는 관비처리구에서 관행재배구에 비하여 약 33.3%의 질소흡수량 증가가 있었으며 (p < 0.001), 칼리의 경우 관비처리구가 관행재배에 비해 약 15.7%의 칼리흡수량이 증가하였다 (p < 0.01) (Table 3). 관비재배시 표면살포 처리에 비해 질소의 이용효율이 높아진다는 보고와 같이 (Yoo et al., 2001) 관비재배에 따른 습윤구역내에서 양분의 흡수가 표면살포 처리구보다 용이하여 양분의 흡수율이 높아진 것으로 사료되며 참외의 수량도 관비재배 처리구가 관

행처리구에 비해 23% 정도 증수되었다 ($p < 0.001$).

관비처리에 따른 시험후 토양화학성은 관행처리구와 큰 차이가 없었다. 참외재배시 질소 108 mg L^{-1} , 인산 55 mg L^{-1} , 칼리 160 mg L^{-1} 의 농도로 관비액 공급시 질소 $9.49 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$, 인산 $4.84 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$, 칼리 $14.1 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 의 양분이 공급되는 것으로 환산되며 검정시비량과 비교해 보면 질소는 0.71 배, 인산 2.0 배, 칼리 0.54 배에 해당된다.

요 약

시설재배 참외재배시 적정 관비액 농도조성 결정을 위하여 질소, 인산, 칼리 3요인에 대한 참외 수량반응에 대하여 반응표면분석을 실시한 결과 최대 수량을 나타내는 관비액 농도는 질소 108.3 mg L^{-1} , 인산 54.8 mg L^{-1} , 칼리 158.3 mg L^{-1} 으로 조사되었고 참외의 최대수량은 $2,966.8 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 으로 분석되었다

관행재배에 비하여 관비재배시 인산흡수량 증가는 없었으나, 질소 관비처리시 관비재배 처리구에 비해 약 33.3%의 질소흡수량 증가가 있었으며 ($p < 0.001$), 칼리의 경우 관비처리구는 약 15.7%의 칼리흡수량 증가가 있었다 ($p < 0.01$). 참외의 수량도 관비재배 처리구에서 $2,678 \pm 75.50 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 으로 관행처리구 $2,177 \pm 63.01 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 보다 23% 정도 증수되었으며 ($p < 0.001$), 관비처리와 관행처리간 토양화학성 차이는 없었다.

인 용 문 헌

- Bar-Yosef, B. 1999. Advance in fertigation. *Adv. Agronomy*. 65:1-75.
- Choi, T.S., S.M. Kang, D.S. Park, K.P. Hong, and C.W. Rho. 2011. Combined effects of leaf/fruit ratios and N and K fertilization levels on growth and distribution of nutrients in pot grown persimmon trees. *Scientia Horticulturae*. 128:364-368.
- Chung, J.B. 2005. Effects of phophogysum on the growth of oriental melon and soil properties. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 38(6):334-339.
- Chung, K.S., K.H. Jung, W.K. Park, Y.S. Song, and K.H. Kim. 2010. Establishing of the optimum nitrogen application rates for oriental melon at various stages with a fertilization system in a plastic film house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(3):349-355.
- Dalvi, V.B., K.N., Tiwari, M.N., Pawade, and P.S., Phirke. 1999. Response surface analysis of tomato production under microirrigation. *Scientia Horticulturae*. 41:11-19.
- Hanson, B.R., J. Šimůnek, and J.W., Hopmans. 2006. Evaluation of urea-ammonia-nitrate fertigation with drip irrigation using numerical modeling. *Agricultural Water Management*. 86:102-113.
- Kim, H.R., K.M., Kim, and K.O, Kim. 2009. Optimizing steeping conditions of waxy rice based on the sensory properties of Gangjung (a traditional Korean oil-puffed snack). *Korean J. Food Sci. Tecnnol.* 41(4):464-470.
- Lee, G.D., J.S., Kim, and J.H., Kwon. 1996. Monitoring of dynamic changes in maillard reaction substrate by response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Tecnnol.* 28(2):212-219.
- Lee, H.S., K.H., Kwon, B.S., Kim, J.H., Kim, H.S., Cha, and K.H., Chung. 2010. Optimization of the molecular press dehydration method for ginger using response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Tecnnol.* 42(4):398-406.
- Lee, S.H., H.J., Cho, H.J., Shin, Y.S., Shin, S.D., Park, B.J., Kim, and J.B., Chung. 2003. Effect of silicate fertilizer on oriental melon in plastic film house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(6):407-416.
- Lim, J.H., I.B., Lee, and H.L, Kim. 2001a. A criteria of nitrate eeconcentration in soil solution and leaf petiole juice for fertigation of cucumber (*Cucumis sativa* L.) under greenhouse cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34(5):316-325.
- Lim, J.H., I.B., Lee, and J.M., Park. 2001b. Effect of nitrogen and potassium fertigation concentration on the growth and yield of cut-flower rose (*Rosa hybrida* L.). *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34(6):413-420.
- NAAS. 2000. Method of analysis soil and plant. National Academy of Agricultural Science, Suwon, Korea (In Korean).
- NAAS. 2010. Fertilization guidelines of agricultural crops. p. 75. National Academy of Agricultural Science, Suwon, Korea (In Korean).
- 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, growth and development of cucumber (*Cucumis Sativa* L.). *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(2):194-199.
- Park, J.M., T.J., Lim, S.E., Lee, and I.B. Lee. 2011. 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.
- Park, S.D., Y.S., Shin, S.G., Bae, I.K., Yeon, H.W., Do, and Y.J., Seo. 2006. Manual for production of high quality oriental melon. p. 61-67. Horticulture division of Nonghyup central union of, Seoul, Korea.
- Shin, Y.S., I.K., Yeon, H.W., Do, D.H., Suh, S.G., Bae, S.K., Choi, and B.S. Choi. 1996. Effect of the ventilation method on the growth and quality of melon (*Cucumis melo* L.) in greenhouse of tunnel type. *J. Bio. Fac. Env.* 5(2):187-193.
- Yoo, S.H., K.H. jung, H.M. Rho, and W.J. Choi. 2001. Distribution of inorganic N from fertigated and broadcast applied ^{15}N -Urea along drip irrigation domain. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34(4):292-301.