Research Article

Open Access

유기질비료와 화학비료의 시용수준에 따른 시설수박 생육과 토양화학성의 변화

엄미정,^{1*} 노재종,² 전형권,² 권성환,¹ 송영주¹

¹전라북도농업기술원 원예과, ²전라북도농업기술원 수박시험장

Application Effect of Organic Fertilizer and Chemical Fertilizer on the Watermelon Growth and Soil Chemical Properties in Greenhouse

Mi Jeong Uhm,^{1*} Jae Jong Noh,² Hyong Gwon Chon,² Sung Whan Kwon¹ and Young Ju Song¹(¹Horticulture Division, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Service, Iksan 570-704, Korea, ²Watermelon Experiment Station, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Service, Gochang 585-863, Korea)

Received: 10 February 2012 / Accepted: 22 March 2012

© 2012 The Korean Society of Environmental Agriculture

Abstract

BACKGROUND: Organic fertilizers in watermelon cultivation are widely used to supply nutrient and organic matter. This study was conducted to investigate the effects of application rate of organic fertilizer on the watermelon growth and soil chemical properties in greenhouse

METHODS AND RESULTS: The organic fertilizers used in this experiment were mixed expeller cake (MEC) and mixed organic fertilizer (MOF). The treatments were conducted with 4 levels (1.0 N, 0.7 N, 0.5 N and 0.3 N) on the basis of soil testing nitrogen fertilization (STNF) using MEC or MOF as the basal dressing, and using chemical fertilizers (CF) as the additional dressing on the rest of STNF. These fertilizations were compared to CF 1.0 N (0.3 N as the basal and 0.7 N as the additional dressing) and non fertilization (NF). The leaf area of watermelon in treatment 0.5 N and 0.3 N using MEC or MOF was similar to CF treatment. The absorbed nutrient amounts by leaf, weight and sugar contents of fruit in the 0.5 N and 0.3 N treatments were higher than other treatments. In 0.5 N and 0.3 N treatments using MEC or MOF on the basis of STNF, soil

chemical properties such as electrical conductivity (EC), available P₂O₅ and exchangeable K concentrations after experiment showed tendency to decreasing or similar level before experiment.

CONCLUSION(s): These results suggest that the MEC or MOF application as the basal dressing at the 30 ~ 50% level of STNF and CF application as the additional dressing on the rest of STNF be best to maintain adequate nutrient of soil and to increase marketable yield for watermelon.

Key Words: *Citrullus lanatus* Tumb, Fruit characteristics, Nutrient absorbed amounts

서 론

우리나라의 대표적인 여름철 과실인 수박(*Citrullus lanatus* Tumb.)은 2010년도 국내 재배면적이 16,396ha, 생산량은 178,810톤으로 전체 시설작물 재배면적의 15.4%를 차지하는 농가소득 비중이 매우 큰 작목으로 최근에는 소득수준 향상과 다양한 작부체계 개발 등에 따라 연중 생산되고 있으며, 초기에는 노지재배 면적이 많았으나 기상 등의 요인과 지역 브랜드화의 경향에 의해 시설재배로 전환, 1997년을 기점으로 시설재배 면적이 노지재배 면적보다 많아졌다(MIFAFF, 2011).

한편, 우리나라는 식량 증산에 의한 생산성과 집약농업으로 인하여 화학비료 소비량은 질소, 인산, 가리의 합계가 1967년 대비 2007년에는 230%가 증가되었고, 생산량 또한

*교신저자(Corresponding author),
Tel: +82-63-290-6072; Fax: +82-63-290-6059;
E-mail: uhm1005@korea.kr

매년 증가하여 2007년에 3,432천톤에 이르렀으며, 점차 그 사용량이 줄어들고 있는 반면, OECD 평균보다는 여전히 높은 수준이다(Lee *et al.*, 2009). 이러한 문제로 농림수산물 부에서는 농림축산 부산물의 재활용과 자원화를 촉진하고 화학비료 대체를 유도함으로써 친환경농업을 정착시켜 지속가능한 농업을 영위하기 위하여 1999년부터 유기질비료 지원사업을 지속적으로 추진, 2010년에는 250만톤, 1,450억원까지 그 지원물량을 확대하였다. 화학비료 회사들의 경우도 대거 유기질비료 시장진출과 함께 각 지방 자치단체의 친환경 농업자재에 대한 보조사업량의 증가와 관련하여 전체적인 업체 수도 점차적으로 증가하고 있다. 이러한 상황에서 혼합유박을 포함한 유기질비료의 생산량은 '01년에 144천톤에서 '09년에 485천톤으로 지속적으로 증가해오고 있으며(Kbiz, 2010), 주로 시설재배 농가에서 고소득 작물재배를 위해 양분공급원 및 유기물 공급원으로 많이 이용하고 있다.

우리나라의 유기질비료로는 2012년 현재 19종이 비료공정규격에 설정되어 있으며, 유기질비료 중 혼합유박은 2종 이상의 유박을 혼합한 것으로 질소전량, 인산전량 또는 칼리 전량 중 2종 이상의 합계량이 7% 이상, 유기물이 70% 이상을, 혼합유기질비료는 2종 이상의 유기질비료를 혼합한 것으로 질소전량, 인산전량 또는 칼리 전량 중 2종 이상의 합계량이 7% 이상, 유기물이 60% 이상을 함유하도록 규정하고 있다. 유기질비료는 가축분 퇴비보다 양분함량이 높은 특성을 지니며, 이의 사용효과는 양분공급에 의한 작물 생산성 증진 그리고 유기물 공급에 따른 토양 환경개선 등이 있다(Cho *et al.*, 2009; Kang *et al.*, 2002; Lim and Lee, 1992; Yang *et al.*, 2008). 그러나 이들을 과다 사용할 경우 토양염류 농도를 증가시키고, 집적된 염류는 작물의 발아억제와 유묘성장에 가장 큰 장애를 유발할 수 있는 소지가 있으며(Lee *et al.*, 2004; Garg and Gupta, 1997; Ramoliya and Pandey, 2002) 또한, 작물 성장과정에서도 삼투압현상에 의한 수분과 양분흡수 저해, 불균형적 양분흡수 등으로 주로 근권신장의 장애를 유발하고 지상부의 생육을 불량하게 하여 생산성과 품질을 저하시키는 것으로 알려져 있으며(Mer *et al.*, 2000), 용탈에 의한 지하수 오염의 가능성도 가지고 있어(Chung and Lee, 2008) 작물 영양불균형과 환경오염에 대한 우려가 있는 것이 사실이다.

실제 국내 시설재배 농가의 대부분이 경험에 의해 무분별하게 유기질비료를 이용하고 있는 실정으로 위와 같은 문제점을 야기할 가능성이 있어 유기질비료를 활용하고자 할 경우

비료의 성분조성과 토양의 양분함량을 고려한 적절한 수준의 시비를 통한 합리적인 활용이 중요시되고 있다. Simamoto (2000)는 수확기까지 흡수하는 비료량을 기준으로 하여 여러 채소작물에 대한 유기질비료의 사용량을 설정한 바 있으며, 국내에서 유기질비료에 대한 연구는 주로 혼합유박을 이용한 일부 작물에 대한 사용량 설정 등의 연구(Kim *et al.*, 1998; An *et al.*, 2007; Lim *et al.*, 2011)가 있으나 화학비료와의 수준을 고려한 다양한 작물로의 활용 연구는 아직 미약한 실정이다.

따라서 본 시험에서는 시설수박 재배시 밀거름으로 많이 사용하고 있는 유기질비료인 혼합유박과 혼합유기질비료를 이용하여 이들의 양을 화학비료와 함께 수준별로 조절하여, 그에 따른 재배토양의 화학성 변화와 수박 수량 및 품질에 미치는 효과를 검토하여 화학비료 사용량을 절감함과 동시에 유기질비료의 적정 시비량에 대한 기준을 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

본 시험은 2010년 전북 고창군 대산면 소재 수박시험장 시설하우스에서 수행되었다. 시험토양은 10년간 수박을 연작한 토양으로 토양통은 원곡통(Wongok series, WdB)이었으며, 시험 전 토양의 이화학적 성질은 Table 1과 같이 유효인산, 치환성칼슘, 치환성 마그네슘 함량 등이 수박 재배지 적정 수준보다 1.5~2.0배 가량 높은 사질식양토(모래 56.5%, 미사 19.0%, 점토 24.5%)였다. 시험에 사용된 수박(*Citrullus lanatus* Thunb.) 품종은 '삼복꿀', 대목은 박(*Lagenaria leucanth* Standl.)인 '불로장생'으로, 3월 6일에 파종하여 12일간 묘상에서 키운 후에 접목하고, 접목묘를 18일간 육묘하여 4월 6일에 270 cm × 45 cm 간격으로 정식하여 3줄기 재배하였으며, 정식 90~95일 후에 수확하였다.

본 시험에 사용한 유기질비료는 혼합유박과 혼합유기질비료로써 혼합유박은 아주까리유박 50%, 미강박 20%, 대두박 15%, 채종박 14% 등으로, 혼합유기질비료는 아주까리유박 40%, 미강박 20%, 채종박 10%, 미강박 10%, 팥박 10%, 아미노산박 5% 등으로 이루어진 입상형태의 비료였다. 또한 그 성분량은 Table 2와 같이 혼합유박은 질소 3.9%, 인산 2.0%,加里 0.9%, 유기물 75.3%, 혼합유기질비료는 질소 4.1%, 인산 2.1%,加里 1.1%, 유기물 71.2%로 비료공정규격에 적합한 것을 이용하였다.

Table 1. Physicochemical properties of the soil used for the field experiment

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation (cmol _c /kg)			NO ₃ -N (mg/kg)	Soil texture
				K	Ca	Mg		
6.0	1.55	27	524	1.41	8.3	4.2	142	Sandy clay loam

Table 2. Nutrient concentration of organic fertilizers used for the field experiment

Organic fertilizers	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OM	C/N
	%				
MEC ^z	3.9	2.0	0.9	75.3	11.2
MOF	4.1	2.1	1.1	71.2	10.1

²MEC, mixed expeller cake; MOF, mixed organic fertilizer

처리방법

시험처리를 위한 시비량은 작물별 시비처방기준(NAIST, 2006)에 따른 질소 사용량을 기준으로 1.0배, 0.7배, 0.5배, 0.3배 해당량을 수박 정식 15일전에 혼합유박과 혼합유기질비료를 각각 전량 밀거름으로 토양에 살포하였으며, 나머지 양은 웃거름으로 수용성 질소와 칼리 비료를 이용하여 수박 착과 후 3회 분시하여 관주하였다. 또한 대조구로 밀거름과 웃거름을 각각 30%와 70% 비율로 화학비료만을 이용한 처리와 무비구를 두었으며 대조구에서 사용된 화학비료로는 질소질비료는 요소, 인산질비료와 가리질비료는 CM용인과 썰포마그를 이용하였다. 한편 정식 30일전 벧짚은 1,000 kg/10a 기준으로 사용하였다.

조사 및 분석방법

토양화학성은 표토 0~20 cm 깊이의 토양을 $\Phi 5$ cm auger를 이용하여 채취하였고, 음지에서 자연 건조시킨 후 2 mm 체를 통과한 토양을 시료로 사용하였으며 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법(NAIST, 2000)에 의하여 분석하였다. pH는 토양과 물을 1:5로 혼합하여 30분간 진탕한 후 pH meter(720P, Istek, Korea)로 측정하였고, 유기물은 Tyurin 법, 전질소는 Kjeldahl 증류법을 이용하였고 유효인산은 Lancaster 법으로 측정하였다. 치환성 Ca, K, Mg는 1 N ammonium acetate로 침출한 후 AAS(SpectrAA 220FS, Varian, USA)로 분석하였다.

유기질비료의 질소 무기화율 측정을 위해 Stanford 와 Smith(1972)가 제시한 방법에 준하여 항온시험을 실시하였는데, 토양체(2 mm)를 통과한 건조 토양 100 g 당 각각의 유기질비료 20 g을 잘 혼합한 후 0.45 μ m cellulose acetate membrane 필터가 부착된 150 ml 용기에 넣고 25°C에서 100일간 항온 정치하였으며, 매주 증류수를 첨가하여 포장용 수량의 70% 수분이 되도록 습도를 조절하였다. 항온기간 중 30일, 60일, 100일째 되는 시기에 질소함량을 분석하였으며, 건조토양만 넣은 경우와 비교하여 유기질비료의 질소함량을 계산 후 무기화율로 환산하였다. 또한 이와 별도로 2종의 유기질비료 각각을 1 mm 메쉬의 망에 20 g씩을 담아 수박 정식 2주전에 재배토양의 15 cm 깊이로 평평히 퍼서 묻고 수박 생육기간 중 일정 간격으로 꺼내 시료를 채취하여 잔류하고 있는 유기물의 건물 중 및 질소함량을 측정하였다. 질소분석은 합수시료를 산 가수분해 후 Kjeldahl법을 이용하여 분석하였으며, 항온시험과 재배포장시험의 결과를 평균하여 질

소무기화율로 하였다.

수박 생육과 과실특성 등은 각 처리구에서 무작위로 선택된 20개 개체를 대상으로 조사하였으며, 생육조사는 농업과 학기술연구 조사분석기준(RDA, 2003)에 준하여, 엽장, 엽폭, 과중 등을 조사하였으며, 엽록소 측정은 엽색측정기(SPAD-502, Minolta, Japan), 당함량은 당도계(Atago, PAL-1, Japan)를 사용하여 측정하였다. 또한, 식물체 중 양분흡수량은 수박 수확기에 일정면적 내의 식물체 엽을 채취하여 70°C 항온건조기에서 48시간 동안 건조한 후 건물중을 측정하고 이 중 일부를 무기양분 함량 분석에 사용한 후 그 분석치를 곱하여 흡수량으로 계산하였다. 이 때 질소함량은 원소분석기(VarioMaxCN, Elementar, Germany)로 측정하였으며, 인산과 칼륨함량은 1.0N HCl용액으로 건식분해 후 인산은 Vanadate법을 이용하였고, 칼륨함량은 AAS(SpectrAA 220FS, Varian, USA)로 정량하였다.

처리 평균간의 유의성 검증은 SAS 프로그램(Ver 8, SAS Institute, 1995)을 사용하여 수행하였으며, Duncan's multiple range test analysis를 통해 95% 신뢰수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

시험에 사용된 유기질비료의 건물중 변화와 이에 따른 질소 무기화율은 Fig. 1과 같다. 건물중은 시용 30일 후에는 55.4~58.8% 수준까지 감소하였으며 그 후에는 서서히 감소하다가 시용 100일 후에는 42.9~43.1% 수준을 보였다. 이에 따른 질소 무기화율은 살포초기인 정식 2주전에 비해 30일만 경과되어도 혼합유박은 61.2%, 혼합유기질비료는 65.0%로 나타났다. 그 뒤로는 분해가 서서히 진행되면서 60일후인 정식 45일 경에 해당하는 수박 착과기에는 71.4~75.6%까지 무기화되어 작물에 이용되거나 이용될 수 있는 형태로 되었으며, 100일 후인 수박 수확기에는 77.5~78.0%를 나타내고 있어, 이 시기에 일정량의 질소가 무기화되지 않고 남아있음을 볼 수 있었다. 계분퇴비, 우분퇴비 등 퇴비종류별 질소 무기화율이 25°C 조건에서 12주 후 사양토는 39~76%, 식양토는 16~48%였던 결과(Kim *et al.*, 2000)의 보다 높은 수치로 이는 유기질비료가 화학비료에 비해서는 비효가 완만하다고 알려져 있으나 퇴비에 비해서는 C/N율이 비교적 낮으므로 속효성인 특징을 지닌 결과인 것으로 보이며, 또한 하우스내의 높은 지온 조건, 수박 재배를 위해 주기적인 관수를 통한 수분 공급과 경운에 의한 통기성이 양호하여 호기성 미생물의 활동이 활발할 수 있는 조건이 형성되어 본 연구에서 혼합유박이나 혼합유기질비료의 시용에 따른 질소의 무기화율을 다른 연구자의 연구결과보다 더 높았던 것으로 생각된다. 또한 혼합유기질비료의 경우 혼합유박보다 C/N율이 낮아 무기화율이 다소 많았던 것으로 여겨진다. 한편 수박 재배 후에도 12.0~12.5% 가량의 질소 양분이 무기화되지 않고 잔류하고 있어 후작으로 재배되는 작물의 생산성에도 영향을 끼칠 것으로 보여 추후 세부적인 연구수행으로 유기질비료의 올바른 활용을 위한 충분한 검토가 필요하다고 판단된다.

Fig. 1. Decreasing rate of dry weight (A) and mineralization rate of nitrogen (B) of organic fertilizers by the days after application during watermelon cultivation period (MEC, mixed expeller cake; MOF, mixed organic fertilizer).

유기질비료의 화학비료와의 사용수준별로 조사한 수박 착과기와 수확기의 생육상황은 Table 3과 같다. 정식 45일경에 수박 착과기의 엽장과 엽면적은 혼합유박 사용량인 1.0배, 0.7배, 0.5배인 처리에서 화학비료 단용처리와 유사하였으며, 혼합유박 사용량이 0.3배인 처리가 상대적으로 작게 나타났다. 또한 혼합유기질비료 시험에서도 밀거름을 전량 사용한 구와 0.7배를 사용한 구에서 엽장과 엽면적이 크게 나타났다. 엽록소 함량의 경우 혼합유박 1.0배 처리는 $52.5 \text{ mg}/100\text{cm}^2$, 혼합유박 0.7배 처리는 $52.4 \text{ mg}/100\text{cm}^2$, 화학비료 단용구는 $52.2 \text{ mg}/100\text{cm}^2$ 를 보여 다른 처리에 비해 높은 경향으로 이러한 경향은 혼합유기질비료 처리에서도 유사하였다. 이는 밀거름으로 사용된 유기질비료의 많은 양이 무기화되어 이 시기에 이용될 수 있었고(Fig. 2), 사용량이 많은 만큼 흡수 이용할 수 있는 양도 많았을 것으로 추측되며, 속효성의 특징을 가지고 있는 화학비료의 경우에도 바로 흡수 이용되어 엽록소 함량에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

Table 3. Influence on the growth of watermelon by the different levels of applied organic fertilizers

Fertilizers (Basal:Additional) ²	Fruit setting period (45 day after planting)			Fruit harvesting period (90 day after planting)		
	Leaf length (cm)	Leaf area (cm ²)	Chlorophyll (mg/100cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf area (cm ²)	Chlorophyll (mg/100cm ²)
MEC 1.0 N : CF 0.0 N ^y	25.8a ^x	279a	52.5a	29.4ab	353ab	53.1ab
MEC 0.7 N : CF 0.3 N	25.8a	275a	52.4a	27.9b	328b	53.2ab
MEC 0.5 N : CF 0.5 N	26.5a	271a	50.6b	31.4a	371a	54.6ab
MEC 0.3 N : CF 0.7 N	25.1ab	261ab	50.8b	30.5a	375a	56.0a
CF 0.3 N : CF 0.7 N	26.1a	275a	52.2a	29.6a	363ab	56.7a
NF	23.2b	241b	50.5b	27.1b	305c	51.8b
MOF 1.0 N : CF 0.0 N	26.1a	281a	52.1a	28.8ab	338b	54.0ab
MOF 0.7 N : CF 0.3 N	25.6a	276a	52.8a	28.9ab	348ab	52.9b
MOF 0.5 N : CF 0.5 N	24.6ab	268ab	51.1ab	30.2a	365a	56.7a
MOF 0.3 N : CF 0.7 N	25.0ab	267ab	50.6ab	30.6a	360a	56.0a
CF 0.3 N : CF 0.7 N	24.8ab	277ab	51.7ab	29.1ab	351ab	54.6ab
NF	23.9c	252c	50.4b	27.6b	320c	52.9b

²Means application ratio of basal fertilizer and additional fertilizer on the basis of recommended nitrogen amount by soil testing.

^yMEC, mixed expeller cake; MOF, mixed organic fertilizer; CF, Chemical fertilizer; NF, Non fertilization.

^xDifferent letters indicate statistical significance at 5% level.

한편 수확기 생육에서는 2종의 유기질비료 모두에서 밀거름으로 0.5배량 처리에서의 엽장은 30.2~31.4 cm, 엽면적은 365~371 cm²였고, 0.3배량 처리에서의 엽장은 30.5~30.6 cm, 엽면적은 360~375 cm²으로 유기질비료 단용처리나 화학비료의 단용처리보다 엽생육이 좋게 나타났다. 또한, 엽록소 함량의 경우 무비구에서는 52.9~53.2 mg/100cm²로 가

장 적은 반면, 혼합유박 0.3배량 처리와 화학비료 단용구에서 각각 56.0 mg/100cm², 56.7 mg/100cm², 혼합유기질비료의 경우 0.5배량, 0.3배량 처리구에서 각각 54.6 mg/100cm², 56.0 mg/100cm²으로 가장 많았다. 조사시기인 수확기는 과실 비대기를 거쳐 당이 축적되는 시기로 엽 생육이 좋아 엽면적이 크면 그만큼 광합성에 유리하였을 것이며 이에 따라 엽

중 양분이 과실로 전이하여 과실 비대나 당 축적에 유리했을 것으로, 본 조사결과 엽생육이 좋았던 처리구에서 과실의 크기나 품질에 유리한 영향을 끼쳤을 것으로 예상되었다.

Fig. 2. Nutrient absorbed amounts of watermelon leaves by the different levels of applied organic fertilizers. O, organic fertilizers (MEC, mixed expeller cake; MOF, mixed organic fertilizer); C, Chemical fertilizer; NF, Non fertilization; Number means application ratio of basal and additional fertilizer on the basis of recommended nitrogen amount by soil testing. Vertical bars represent standard errors.

혼합유박과 혼합유기질비료 사용수준에 따른 단위면적당 엽중 N, P, K의 양분흡수량은 Fig. 2와 같다. 혼합유박의 사용이 0.5배량인 처리의 경우 10a당 N, P, K 흡수량은 각각 7.33 kg, 0.56 kg, 7.38 kg 이었고, 0.3배량 처리에서는 10a당 N는 8.58 kg, P는 0.69 kg, K는 6.50 kg을 흡수하여 다른 처리에 비해 가장 많았으며, 혼합유기질비료 처리에서도 화학비료와 일정비율로 사용되었던 3가지 처리 모두에서 화학비료 단독처리보다 N흡수량이 108~126%, K 흡수량은 114~132% 수준으로 많았다. 착과기 이후 많은 양분을 필요로 하는 수박의 생육 특성에 따라 유기질비료와 화학비료의 처리시기나 양이 적절히 이루어졌을 때 생육이 가장 양호했을 것이다. 이는 Table 3과 같이 유기질비료를 0.5배량, 0.3배량으로 사용한 경우 엽 생육이 가장 좋았던 것으로 확인할 수 있으며, 생육량의 증가는 단위면적당 흡수량 증가로 이어

졌을 것이다. 따라서 본 시험에서는 수박의 양분흡수와 생육을 가장 높게 했던 효율적인 처리가 밀거름으로 혼합유박이나 혼합유기질비료를 0.5배량이나 0.3배량으로 사용하고 나머지 사용량은 웃거름으로 화학비료를 사용한 처리였던 것으로 나타났다.

혼합유박과 혼합유기질비료 사용수준에 따른 수확기 수박의 과실특성과 수량은 Table 4와 같다. 수박의 평균 과중은 혼합유박 0.5배량 처리에서 10.5 kg, 0.3배량 처리에서 10.7 kg으로 가장 무거웠고, 혼합유기질비료를 사용한 경우에서도 0.5배량 처리에서 9.9 kg, 0.3배량 처리에서 10.1 kg으로 다른 처리에 비해 무거웠으며, 과장과 과폭도 이와 유사한 경향을 나타냈다. 또한 당도는 혼합유박 사용구에서는 0.5배량, 0.3배량 사용구가 각각 11.1 °brix, 11.3 °brix로 화학비료 단용구의 10.6 °brix보다 높았으며, 혼합유기질비료 사용구에서는 0.3배량 처리에서 11.6 °brix으로 가장 양호하였다. 수박의 경우 충분한 과실 비대 후 당분의 축적이 이루어지는데 혼합유박이나 혼합유기질비료의 사용비율이 높았던 처리의 경우 수확기까지 잔류하는 질소성분이 상대적으로 많아 당의 축적에 영향을 끼친 것으로 보이며, 이는 단고추와 토마토에서 토양 중 질소의 감소가 당도의 증가를 가져온 결과(Del Amor, 2007; Heeb *et al.*, 2006)와 비슷한 맥락이다. 또한 수박의 수량과 수량지수는 혼합유박을 0.5배량, 0.3배량 수준으로 밀거름으로 사용하고 나머지 양을 화학비료로 처리한 경우가 화학비료 단용구에 비해 각각 7%, 10% 증수하였으며, 혼합유기질비료 사용시에도 0.5배량, 0.3배량 사용수준에서 각각 3%, 6% 증수하였다.

혼합유박과 혼합유기질비료의 사용수준에 따른 수박 재배 후 토양화학적 변화는 Table 5와 같다. 토양의 화학성분 중 pH는 시험전에 비하여 유기질비료 사용비율이 높았던 처리에서 약간 낮은 경향으로, 혼합유박을 이용한 벼 재배시 표준 시비구와 혼합유박 사용구 간에 차이가 없었던 결과(Yang *et al.* 2008)의 결과와는 다소 상이하며, 시설고추에 대한 혼합유박 처리구에서 낮은 경향을 보인 결과(충북농업기술원 시험연구보고서, 2009)와는 유사하였는데, 이는 유기질비료의 종류나 토양조건에 따른 차이에 기인하는 것으로 보인다. 또한 시험후의 EC, NO₃-N의 함량은 각각의 유기질비료를 질소기준 0.5배와 0.3배 수준 밀거름으로 사용한 처리구에서는 시험전과 비슷한 수준을 유지하고 있는 반면, 혼합유박이나 혼합유기질 비료를 전량 밀거름으로 사용한 구나 0.7배로 사용한 구에서는 시험전에 비해 EC는 5.8~16.1%, NO₃-N는 30.3~77.5%가 증가하여 시험 후 잔류양분이 많음을 볼 수 있었다. 사용된 유기질비료에서 유래된 질산態 질소와 같은 무기態 질소는 작물생육에 필수적인 무기성분이며, 미생물의 영양원으로 매우 중요한 성분이지만 과다하게 집적될 경우 토양의 EC에 가장 큰 영향을 미치는 성분 중의 하나로 알려져 있는데(Kang *et al.*, 1997) 상대적으로 많은 양의 유기질비료를 투입시 작물 수확후 잔류되는 양분의 증가가 있었음을 확인할 수 있었다.

Table 4. Comparison of fruit characteristics and yield by the different levels of applied organic fertilizers

Fertilizers (Basal:Additional) ^z	Fresh weight (kg)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Fruit skin (mm)	Sugar content (°brix)	Yield (kg/10a)	Yield index
MEC 1.0 N : CF 0.0 N ^y	9.5b ^x	29.2b	25.0b	11.7a	10.3b	5,065bc	94
MEC 0.7 N : CF 0.3 N	9.7b	30.9b	25.9a	10.8b	10.9a	5,161bc	96
MEC 0.5 N : CF 0.5 N	10.5a	31.3a	26.1a	11.9a	11.1a	5,772a	107
MEC 0.3 N : CF 0.7 N	10.7a	31.4a	26.3a	10.8b	11.6a	5,932a	110
CF 0.3 N : CF 0.7 N	10.1ab	30.8ab	26.0a	10.9b	10.6b	5,393b	100
NF	9.1c	29.3c	25.0b	11.1b	10.2b	4,718c	87
MOF 1.0 N : CF 0.0 N	9.4ab	29.3ab	25.2a	12.4a	10.5b	4,910bc	93
MOF 0.7 N : CF 0.3 N	9.5ab	29.5ab	24.9a	10.4b	11.0ab	5,024bc	95
MOF 0.5 N : CF 0.5 N	9.9a	29.5a	25.1a	11.2ab	10.9ab	5,452ab	103
MOF 0.3 N : CF 0.7 N	10.1a	29.9a	25.1a	11.7ab	11.6a	5,627a	106
CF 0.3 N : CF 0.7 N	9.5ab	28.5b	24.4b	11.3ab	10.9ab	5,286b	100
NF	8.8b	28.2b	24.2b	11.7ab	10.4b	4,690c	89

^zMeans application ratio of basal fertilizer and additional fertilizer on the basis of recommended nitrogen amount by soil testing.

^yMEC, mixed expeller cake; MOF, mixed organic fertilizer; CF, Chemical fertilizer; NF, Non fertilization.

^xDifferent letters indicate statistical significance at 5% level.

Table 5. Chemical properties of soil after the experiment by the different levels of applied organic fertilizers

Fertilizers (Basal:Additional) ^z	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation (cmol _c /kg)			NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	
MEC 1.0 N : CF 0.0 N ^y	5.8	1.76	32	586	1.54	7.8	3.8	186
MEC 0.7 N : CF 0.3 N	6.0	1.64	31	547	1.42	7.7	3.5	212
MEC 0.5 N : CF 0.5 N	5.9	1.44	31	484	1.40	7.5	3.4	135
MEC 0.3 N : CF 0.7 N	5.9	1.56	29	491	1.36	7.1	3.4	156
CF 0.3 N : CF 0.7 N	5.9	1.67	28	512	1.52	6.8	3.2	168
NF	6.0	1.21	21	442	1.09	7.1	3.2	125
MOF 1.0 N : CF 0.0 N	5.8	1.80	34	606	1.47	7.9	3.6	258
MOF 0.7 N : CF 0.3 N	5.9	1.67	33	553	1.42	7.6	3.6	185
MOF 0.5 N : CF 0.5 N	5.9	1.47	33	526	1.34	7.7	3.4	151
MOF 0.3 N : CF 0.7 N	6.1	1.47	31	505	1.32	7.5	3.2	142
CF 0.3 N : CF 0.7 N	6.0	1.49	29	522	1.56	7.3	3.2	152
NF	6.1	1.25	24	419	1.00	7.1	3.1	131

^zMeans application ratio of basal fertilizer and additional fertilizer on the basis of recommended nitrogen amount by soil testing.

^yMEC, mixed expeller cake; MOF, mixed organic fertilizer; CF, Chemical fertilizer; NF, Non fertilization.

유효인산 함량은 혼합유박이나 혼합유기질비료의 사용비율이 많을수록 증가하였는데 전반적으로 수박 재배토양에 적정범위인 350~450 mg/kg(농촌진흥청 연구개발보고서, 1999)보다 1.3배정도 높게 나타났으며, 특히 전체시비량의 0.7배나 1.0배를 유기질비료로 사용한 처리구에서는 시험 전 함량인 524 mg/kg를 상회하였다. 이는 토양검정 질소기준으로 처리된 본 시험에서 사용된 2종의 비료에 의한 인산 투입량이

토양검정 인산기준량에 비해 상대적으로 많았던 이유인 것으로 보이며, 따라서 유효인산 함량이 많은 재배지의 유기질비료 사용시에는 토양인산함량을 고려한 사용량에 대한 연구도 필요하리라 여겨진다. 한편 유기물함량은 혼합유박이나 혼합유기질비료의 사용량이 많을수록 다소 높아지는 경향으로 이는 투입된 유기질비료 자체의 높은 유기물함량에서 유래한 것으로 여겨진다.

치환성 칼륨 함량은 시험전에 비하여 무비구에서 25%가량이 감소되었으나 대부분의 시험구에서는 시험 전의 수준을 유지하거나 약간 감소하는 경향을 보였고 처리간 차이는 크지 않았다. 이는 사용된 2종류의 유기질비료 중 칼리 함량이 0.9%와 1.1%로 낮아 밀거름으로 공급된 투입량은 적었지만, 수박생육에 필요한 칼륨이 관비형태의 웃거름으로 충분히 공급되었기 때문으로 생각된다. 한편, 칼륨은 수박 100 kg 생산에 필요한 양분흡수량이 0.37 kg 정도로 수박 재배에 많이 필요한 성분으로 알려져 있다(RDA, 2003). 치환성 칼륨과 마그네슘 함량도 화학비료 단용처리에 비하여 혼합유박이나 혼합유기질비료가 이용된 시용구에서 높았고, 또한 처리비율이 높을수록 증가하였는데 이는 유기질비료의 시용으로 토양 중의 유기물 함량 증가와 이에 따른 유기물의 지속적인 분해는 높은 수준의 치환성 양이온 함량을 유지시켰다고 한 결과(Chung and Lee, 2008)와 비슷한 경향으로 여겨진다.

본 시험을 통하여, 시설수박 재배시에 혼합유박과 혼합유기질비료와 같은 유기질비료를 이용하는 경우 토양검정을 통하여 산출된 일정량을 밀거름으로 사용하고 나머지 양은 화학비료를 이용하여 웃거름으로 사용한다면 과다한 염류집적 방지 및 수박의 수량과 상품성을 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단되며, 후작으로 재배되는 작물의 생산성과 친환경적 토양관리를 고려한 관련 추가 연구 또한 필요할 것으로 생각된다.

요 약

시설수박 재배시 안정적 수량확보와 과다시비에 따른 환경오염을 방지하기 위해 유기질비료의 적정 시비기준을 마련하고자 유기질비료인 혼합유박과 혼합유기질비료를 이용하여 시험을 수행하였다. 시험에 사용한 유기질비료는 혼합유박이 질소 3.9%, 인산 2.0%, 가리 0.9%, 혼합유기질비료는 질소 4.1%, 인산 2.1%, 가리 1.1%로 수박의 엽면적은 2가지 비종 모두에서 질소기준 0.5배량과 0.3배량 수준의 처리구가 화학비료 단용처리구와 비슷한 수준을 보였으며, 엽중 양분흡수량 및 수박의 과중과 당도는 가장 크게 나타났다. 수확 후 시험 토양은 2가지 비종 모두에서 밀거름으로 50%와 30% 수준으로 사용하고, 웃거름으로 화학비료를 이용한 경우가 EC, 유효인산, 치환성 칼리 함량이 시험전에 비해 비슷하거나 낮아져 다른 처리에 비하여 시설하우스 토양의 염류집적 우려가 적었다. 이에 따라 시설수박 재배시 혼합유박이나 혼합유기질비료의 적정시비량은 토양검정 질소시비량의 0.3~0.5배량 수준을 정식전 밀거름으로 사용하고, 나머지 양은 화학비료를 웃거름으로 관비를 통해 공급하는 것이 3~10%의 수량 증가 효과가 있었다.

참고문헌

An, X.H., Lee, S.B., Im, I.B., Kim, S., Kim, J.D., 2007. Effects of organic materials on growth of rice and

- paddy weeds, *Kor. J. Weed Sci.* 27, 123-139.
- Cho, K.R., Won, T.J., Kang, C.S., Lim, J.W., Park, K.Y., 2009. Effects of mixed organic fertilizer application with rice cultivation on yield and nitrogen use efficiency in paddy field, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42, 152-159.
- Chung, J.B., Lee, Y.J., 2008. Comparison of soil nutrient status in conventional and organic apple farm, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41, 26-33.
- Del Amor, F. M., 2007. Yield and fruit quality response of sweet pepper to organic and mineral fertilization, *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22, 233-238.
- Garg, B.K., Gupta, I.C., 1997. *Saline Wastelands Environment and Plant Growth*, Scientific Publishers, Jodhpur, India.
- Heeb, A., Lundegardh, B., Savage, G., Ericsson, T., 2006. Impact of organic and inorganic fertilizers on yield, taste, and nutritional quality of tomatoes, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169, 535-541.
- Kang, B.G., Jeong, I.M., Kim, J.J., Hong, S.D., Min, K.B., 1997. Chemical characteristics of plastic film house soils in Chungbuk area, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 30, 265-271.
- Kang, S.W., Yeo, C.H., Yang, C.H., Han, S.S., 2002. Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35, 272-279.
- Kbiz, Republic of Korea, 2010. <http://www.kofic92.or.kr/index.html>.
- Kim, J.G., Lee, K.B., Lee, S.B., Lee, D.B. Kim, S.J., 2000. The effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil, *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 33, 416-431.
- Kim, M.S., Chung, B.J., Park, G.C., Park, T.D, Kim, S.C., Shin, J.H., 1998. Effect of organic fertilizers on growth and yield of *Achyranthes japonica* N, *Korean. J. Medical Crop Sci.* 6, 131-136.
- Lee, K.S., Kim, W.J., 2009. The development and use of fertilizer for 40 years in Korea, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42. Supplement, 195-211.
- Lee, Y.J., Choi, D.H., Kim, S.H., Lee, S.M., Lee, Y.H., Lee, B.M., Kim, T.W., 2004. Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farm systems in Korea, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37, 228-234.
- Lim, S.K., Lee, K.H., 1992. Effect of organic fertilizers

- application on radish and cabbage growth, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 25, 52–56.
- Lim, T.J., Park, J.M., Lee, S. E., Jung, H.C., Jeon, S.H., Hong, S.D., 2011. Optimal application rate of mixed expeller cake and rice straw and impacts on physical properties of soil in organic cultivation of tomato, *Korean J Environ Agric.* 30. 105–110.
- Mer, R.K., Prajith, P.K., Pandya, D.M., Pandey, A.N., 2000. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, and *Brassica juncea*, *J. Agro. Crop Sci.* 185, 209–217.
- MIFAFF, 2011. 2010 Present state of greenhouse and actual yield of vegetables, Department of vegetables and industrial crop, Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Korea.
- NAIST, 2000. Method of soil and plant analyses, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- NAIST, 2006. Recommended rate of fertilizer on crops, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Ramoliya, P.J., Pandey, A.N., 2002. Effect of increasing salt concentration on emergence, growth and survival of seedlings of *Salvadora oleoides* (Salvadoraceae), *J. Arid Environ.* 51, 121–132.
- RDA, 2003. Standard of investigation for agricultural research, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Simamoto, K, 2000. Advanced microbial farming for promoting soil. Gardening Part. pp.181–334, third ed. Translated by Korean Society of Compost Farming, Seongju, Korea.
- Stanford, G., Smith. S.J., 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils, *Soil. Sci. Amer. Proc.* 36, 465–472.
- Yang, C.H., Yoo, C.H., Kim, B.S., Park, W.O., Kim, J.D., Jung, K.Y., 2008. Effects of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41, 103–111.