

시설재배지 유기물자원 적정 시용기준 설정

강보구* · 이상영 · 임상철 · 김영상 · 홍순달¹ · 정근욱¹ · 정덕영²

충청북도농업기술원, ¹충북대학교 농업생명환경대학, ²충남대학교 농업생명과학대학

Establishment of Application Level for the Proper Use of Organic Materials as the Carbonaceous Amendments in the Greenhouse Soil

Bo-Goo Kang*, Sang-Young Lee, Sang-Cheol Lim, Young-Sang Kim, Soon-Dal Hong¹,
Keun-Yook Chung¹, and Doug-Young Chung²

Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Servies, Cheongwon 363-883, Korea

¹College of Agriculture, Life & Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju Korea

²College of Agriculture & Life Science, Chungnam National University, Daejun Korea

For the environmental friendly soil management on the cultivation of crops in the greenhouse, organic materials, such as the by product-fertilizer derived from livestock manure, rice straw, mushroom media, rice hulls, wood sawdust, and cocopeat, were used as carbon sources adjusting the ratio of carbon to nitrogen to 10, 20, and 30 based on the inorganic soil N. In each C/N ratio of greenhouse soil, watermelon was cultivated in the greenhouse as crop for experiment for the spring and summer of the year and the experimental results were summarized as follows. The concentration of T-C in the organic materials applied were between 289~429 g kg⁻¹. In the C/N ratio of 10, using watermelon as the crop cultivated during the second half of the year in the greenhouse soil, the NO₃-N and EC were reduced by 21 to 37%, and 26 to 33%, respectively, except the by product-fertilizer from livestock manure, compared to the soil NO₃-N and EC used in the experiment. After the watermelon was cultivated in soils that C/N ratios were controlled as 10, 20, and 30 with wood sawdust adding as carbon sources in the three soils with the different EC values, EC values of the soils were reduced by 33, 42, and 39%, respectively, compared to the soil EC used in the experiment. The weight of watermelon was 10.1-13.4 kg per one unit, and, of the three soils with different EC values. In the soils with three different EC values controlled at C/N ratio of 20, the weight of watermelon was good. The degree of sugar of watermelon were 11.8 to 12.3 Brix, which means that the difference between the treatments was not significant. In conclusion, the C/N ratio of 20 controlled by the proper supply of organic materials according to the representative EC values shown in the greenhouse soils was optimal condition enough to maintain the soil management for the organic culture with the proper nutrient cycling.

Key words: Organic materials, Carbonaceous Amendment, Soil EC, Watermelon

서 언

남부지방과 도시근교 중심으로 보급되던 시설재배가 경제성장에 따른 식생활 수준의 향상으로 원예작물 수요가 증가되면서 전국의 시설재배면적이 2009년에 74,983 ha로 매년 증가 추세에 있다 (KOSIS, 2010). 또한 최근 환경문제가 대두되면서 식품의 안전성에 대한 소비자들의 인식 전환에 따른 친환경농산물 생산에 대한 관심이 고조되면

서 작물의 생산성 향상과 안전성을 동시에 추구하기 위하여 토양특성과 작물생육에 적합한 유기자원 시용 연구가 수행되었다 (Kwak et al., 2003; Lee et al., 2002; Yoon et al., 2002). 한편 저탄소 녹색성장의 국정지표에 부응하기 위하여 농업분야에서도 오염원을 경감시키면서 토양의 질을 높일 수 있는 연구가 요구되고 있다. 시설재배는 강우가 차단된 상태에서 토지이용을 높이기 위하여 연중 집약적으로 재배함으로써 노지재배에 비하여 많은 연작장해가 발생되고 있으며, 가장 큰 문제 중의 하나가 염류집적이다. 농가에서 관행적으로 과다하게 시용된 농자재 중에서 농작물이 흡수하고 남은 성분들이 토양 중에 남아 토양에 염류집적의 원인이 되고 있다. 국립농업과학기술

접수 : 2011. 4. 8 수리 : 2011. 4. 14

*연락처 : Phone: +82432205661

E-mail: kabk@korea.kr

원에서 4년 1주기로 수행되는 농업환경변동조사에 의하면 시설재배지의 토양염류농도 (EC) 평균치는 2000년 2.8 dS m⁻¹, 2004년 3.30 dS m⁻¹, 2008년 3.60 dS m⁻¹로 계속 증가하는 추세로 5.0 dS m⁻¹ 보다 과다 집적된 재배지가 50% 이상으로 보고하고 있다 (RDA, 2008). 토양의 염류집적은 작물의 생육장애와 더불어 토양환경 악화 및 수질오염 등 농업환경오염의 원인이 될 수 있다 (Kang, 1997). 연작장애 해결을 위하여 담수, 객토, 심토반전, 암거배수, 흡비작물 재배, 답전유환 등을 염류집적대책으로 제시되고 있지만 (Hwang et al., 1993; Kim et al., 1996; Kim et al., 2001) 시설에 투자한 자본을 환수하기 위해서 연작이 필연적인 현실에서 농가가 실천하기는 어려운 실정이다. 투입된 유기물에서 유래된 무기태 질소는 작물생육에 필수적인 무기성분이며, 미생물의 영양원으로 매우 중요한 성분이지만 과다하게 집적된 무기태 질소는 토양의 EC에 가장 큰 영향을 미치는 성분 중의 하나 이다 (Kang et al., 1997). 토양미생물은 영양원으로 토양중의 무기태 질소를 이용하기 때문에 토양의 무기태 질소 함량이 높은 염류집적지 토양에 에너지원인 탄소를 공급함으로써 미생물 활성에 의한 염류성분 경감 및 토양내의 물질대사작용에 의한 토양양분의 공급원이자 저장고의 역할 (Coleman et al., 1983)을 하여 작물의 생산성에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 잘 알려져 왔다 (Duxbury et al., 1989).

농가에서 농부산물로 생산되는 볏짚 등을 가축의 조사료로 이용되고 있고 주로 가축분 위주의 퇴비자원을 추천량 이상으로 사용하고 있으며, 최근 친환경농업이 대두되면서 화학비료 대체로 수입된 유기질비료 및 유기자원 등이 토양의 특성과 무관하게 과다 투입되어 특히 시설재배지에서 양분의 축적이 심화되어 토양환경의 악화 뿐만 아니라 작물의 생산성에도 많은 영향을 미치고 있다 (Jung et al., 2003; Kim et al., 2000; Kwon et al., 1996; Song et al., 1996). 최근에는 탄질비가 높은 고분자탄소원의 유기물자원 및 저분자 이분해성탄수화물을 활용한 염류집적경감 연구도 수행되었다 (Kang et al., 2006).

시설재배지의 염류집적은 과다한 화학비료의 사용에도

원인이 있지만, 어느 면에서는 유기물자원으로 활용되는 가축부산물비료의 무분별한 사용이 더 큰 원인이 될 수 있으며 유기농업에 사용되는 토양관리 자재에 대한 토양환경에 미치는 영향 평가 (Won et al., 2007) 등을 고려하여 본 연구는 시설토양의 특성에 따른 유기물자원의 사용기준을 개선하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 처리 시험재료는 유기물자원으로 부산물비료, 볏짚, 버섯배지, 팽연왕겨, 우드톱밥, 코코피트의 무기성분을 분석하여 처리하였다 (Table 1). 시험에 사용한 유기물자원의 T-C는 289~429 g kg⁻¹이었고 C/N율은 13~116 이었으며 부산물비료와 버섯배지가 다른 유기물자원에 비하여 무기성분이 높은 편이었다. 유기물자원의 사용에 따른 토양 EC 경감효과를 구명하기 위한 1년차 (2008) 시험은 유기물자원의 T-C에 대한 토양의 무기태질소 주로 질산태질소를 C/N율 10 조절량을 수박정식 15일 전에 전면 살포한 후 경운하여 충청북도농업기술원 수박연구소 비닐하우스 시험포장에서 수행하였다. 2, 3년 (2009~2010)차는 토양 EC 및 유기물자원 C/N율 조절기준에 따른 토양의 EC 경감 및 수박의 생육에 미치는 영향을 구명하기 위하여 토양 무기태 질소 대비 유기물자원의 탄소함량을 C/N율 10, 20 및 30조절 기준으로 1년차의 유기물자원중 우드톱밥을 사용하여 포트시험을 비닐하우스내에서 수행하였다. C/N율 조절을 위한 토양의 무기태질소량은 토양의 가밀도를 1.2 Mg m⁻³로 가정하여 환산하였으며, 유기물자원은 수분함량을 감안하여 C/N율 조절량을 잘 혼합하여 포트 (지름: 80 cm, 깊이: 100 cm)에 수박정식 15일 전에 처리하여 수행하였다.

시험토양 및 수박재배 시험 1년차는 충북농업기술원 수박연구소의 10년간 비닐하우스 재배를 한 토양으로 EC 3.3 dS m⁻¹이고 질산태질소가 172 mg kg⁻¹인 토양

Table 1. The chemical component amount of organic materials used in this experiment.

Organic materials	T-C	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N	Moisture content
By-product ferti. [†]	----- g kg ⁻¹ -----							g kg ⁻¹
By-product ferti.	289	22.3	25.0	25.0	55.3	8.6	13	432
Rice straw	378	5.4	2.1	13.7	2.7	1.7	70	101
Mushroom media	419	13.6	26.8	11.6	2.9	8.8	30	476
Rice hulls	379	3.8	0.5	6.6	1.4	0.5	99	162
Wood sawdust	349	6.4	0.8	4.0	4.5	2.6	55	217
Cocopeat	429	3.7	1.1	8.0	2.9	2.4	116	231

[†]By-product ferti. : By-product fertilizer derived from livestock manure.

Table 2. Chemical properties of soil used in this experiment for the effect of application of organic materials on the friend soil management in the plastic film house.

pH	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			CEC	NO ₃ -N	EC
			K	Ca	Mg			
(1:5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹				mg kg ⁻¹	dS m ⁻¹
6.2	18	375	0.29	4.4	1.7	11.5	172	3.31

Table 3. Chemical properties of soil used in C/N ratio of plastic film house soils.

Soils [†]	pH	EC	OM	NO ₃ -N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			CEC
						K	Ca	Mg	
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹			
Soil I	6.5	2.01	18.1	129	749	0.41	10.6	2.4	13.0
Soil II	6.7	4.93	23.4	215	910	0.52	10.4	2.6	15.8
Soil III	6.6	7.90	25.6	251	1156	1.12	12.7	2.8	16.3

[†]Soils : Soil I (≤ 2.0 dS/m), Soil II (2.0-6.0 dS/m), Soil III (6.0 dS/m ≤).

(Table 2)에서 2008년에 시험을 수행하였고, 2~3년차 시험은 지름이 80 cm 및 깊이가 100 cm의 무저 풋트를 표토의 지면과 동일하게 매설하여 충청북도 음성지역의 수박재배 농가 포장에서 토양의 EC가 2.01, 4.93 및 7.9 dS m⁻¹의 3개의 각기 다른 토양 (Table 3)을 채취하여 충진한 다음 비닐하우스 내에서 2009년부터 2010년까지 수행하였다. 관수는 1년차 시험은 10 cm 간격의 점적호수를 이용하였고 2, 3년차의 풋트 시험은 스틱관수시스템을 이용하여 표토 10 cm 깊이에 풋트 당 2개씩을 꽂아서 점적관수를 실시하였다.

시험작물인 수박은 공동 육묘장에서 50일 육묘한 삼복꿀을 1기작은 4월 18일에 2기작은 7월 15일에 1년차 시험은 45 × 300 cm 재식밀도로 2, 3년차 시험은 풋트 당 1주를 정식하여 재배하였다. 양분공급은 토양을 정밀분석하여 시설수박에 추천하는 시비수준을 관수시설을 이용하여 관비하였으며 수박의 생육관리는 농촌진흥청 표준재배에 준하여 관리하였다.

생육조사 및 분석 수박의 생육조사는 정식 후 30, 45 일에 만장을 조사하였고, 수확기에 총 생중, 과중, 과경, 과피 및 당도 등을 조사하였다. 수박의 경엽 중 무기성분은 수박정식 후 60일에 시료를 채취하여 분석하였으며 토양은 시험 전·후에 시료를 채취하여 분석하였다. 유기자원, 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청 국립농업과학원 토양의 화학성 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다 (NIAST, 2000). 토양 pH는 시료와 증류수를 1:5의 비율로 혼합 30분 진탕후 pH meter (Radiometer M-92, Denmark)로 측정하였고, 토양의 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster 방법으로 분광광도계 (Varian Cary 50, Australia)을 이용 비색정량하였다. 암모니아태 및 질산태 질소는 Kjeldal 방법으로

측정하였고, 치환성 양이온 (K, Ca 및 Mg) 는 1N ammonium acetate로 침출하여 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)을 이용하여 분석하였다. 식물체는 70°C에서 킬링 건조시켜 분쇄하여 시료를 습식분해법인 산분해용 (HClO₄ : H₂SO₄ = 10:1) 시약으로 분해하여 전질소는 Kjeldal 법으로, 인산은 vanadate 법으로 그리고 K는 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)을 이용하여 분석하였다. 유기자원의 T-C와 T-N은 건조된 시료를 150~200 mg을 평량하여 원소분석기 (Elementar Analysensysteme, Vario Max CN, Germany)을 이용하여 분석하였고, P, K, Ca 및 Mg는 식물체와 동일한 방법으로 분석하였으며, 수분함량은 중량법으로 측정하였다. 수박의 당도는 수확기에 당도측정기 (GMK-703T)을 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

토양화학성 변화 1년차 시험에서는 유기물자원별로 토양무기태질소 대비 유기물자원의 탄소함량과 C/N을 10으로 조절하여 수박을 1, 2기작 재배 후 유기물자원별 시험 전·후 토양의 화학적 특성 변화는 Table 4와 같다. 토양의 pH는 시험전의 토양에 비하여 무처리와 유기자원별 처리간에 거의 차이가 없었고, 토양의 유기물은 유기물자원 처리구에서 시험전에 비하여 시험 후에 약간 증가하는 경향이였다. 유효인산과 치환성 양이온인 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 시험 전에 비하여 부산물비료와 버섯배지처리에서 약간 증가하였으며, 다른 유기물자원 처리에서는 낮아지는 경향이였다. 양이온치환용량은 시험전·후 및 유기물자원 처리간에 차이가 거의 없었다. 토양의 질산태 질소는 시험전 172 mg kg⁻¹에 비하여 시험 후 토양의 부산물비료

Table 4. The changes of chemical properties of soil applied by the different organic materials after watermelon cultivation.

Materials	pH	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			CEC	NO ₃ -N
				K	Ca	Mg		
	(1:5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				mg kg ⁻¹
Before experiment	6.2	18.0	575	0.29	4.4	1.7	11.5	172
By-product ferti.	6.4	18.4	598	0.30	4.5	2.1	11.9	183
Rice straw	6.2	19.2	572	0.28	3.1	1.6	11.3	120
Mushroom media	6.1	18.8	613	0.29	3.4	1.9	11.1	147
Rice hulls	6.2	18.4	537	0.21	3.6	1.3	11.8	109
Wood sawdust	6.3	18.4	549	0.25	3.7	1.5	11.9	136
Cocopeat	6.0	18.7	563	0.25	3.4	1.8	11.8	127

Table 5. The changes of chemical properties of soil applied by the wood sawdust was used as carbon sources adjusting the ratio of carbon to nitrogen to 10, 20 and 30 based on the inorganic soil N after watermelon cultivation.

Soils	C/N ratio	pH	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			CEC	NO ₃ -N	EC
					K	Ca	Mg			
		(1:5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				mg kg ⁻¹	dS m ⁻¹
Soil I	Before experiment	6.5	18.1	749	0.41	10.6	2.4	13.0	129	2.01
	10	7.0	18.0	540	0.59	11.6	2.3	16.2	84	0.89
	20	7.1	18.2	515	0.54	11.9	2.2	17.0	67	1.11
	30	7.1	18.7	512	0.53	11.3	2.3	16.7	92	1.16
	Mean	7.1	18.1	522	0.60	11.7	2.3	16.0	83	1.03
Soil II	Before experiment	6.7	23.4	910	0.52	10.4	2.6	15.8	215	4.93
	10	7.1	23.1	707	0.27	10.3	2.8	15.5	103	3.34
	20	6.7	23.7	714	0.34	10.3	2.9	16.9	118	3.10
	30	6.8	24.0	727	0.32	10.2	2.7	17.4	112	2.49
	Mean	6.8	23.6	712	0.30	10.4	2.8	16.1	112	3.10
Soil III	Before experiment	6.6	25.6	1156	1.12	13.7	2.8	16.3	251	7.90
	10	6.6	25.0	872	0.68	13.3	3.3	19.3	229	6.92
	20	6.6	25.9	915	0.60	12.3	3.1	18.4	109	4.51
	30	6.6	27.0	912	0.65	13.6	3.3	20.2	203	5.78
	Mean	6.6	26.0	899	0.60	13.0	3.2	18.8	190	5.68

구에서 약간 증가하는 경향이었으며 기타 유기물자원의 처리에서는 감소하는 경향이였다.

2, 3년차에는 토양의 EC와 유기물자원의 C/N을 조절간에 토양의 화학성 변화를 검토하기 위하여 토양의 EC를 2 dS m⁻¹ 전·후, 2~6 dS m⁻¹, 6.0 dS m⁻¹ 이상의 3토양에 1년차 시험에 사용한 유기물 자원 중 우드톱밥을 토양 무기태질소 대비 C/N율을 10, 20, 30 수준으로 사용하여 수박을 1, 2 기작 재배한 후 시험 전·후 토양의 화학성을 비교한 결과는 Table 5와 같다. 토양의 pH는 3개의 토양 다 같이 시험 전에 비하여 같거나 약간 증가하는 경향을 보였으며 처리간 차이는 없었다. 토양의 유기물은 시험 전의 토양에 비하여 약간 증가하는 경향이였으며 C/N 30 수준에서 가장 높았다. 토양의 유효인산과 치환성 칼리는 시험

전에 비하여 모든 토양에서 약간 감소하는 경향을 보였는데 이와 같은 결과는 시험 전 토양의 유효인산 함량이 높아 인산질비료를 사용하지 않아 토양중의 인산을 수박이 이용한 결과로 해석된다. 칼리는 수박에서 많이 흡수하는 성분으로 토양 I에서는 수박재배 후 약간 증가한 반면 토양 II, III에서는 시험 전에 비하여 감소하는 경향이였다. 치환성 칼슘과 마그네슘은 시험 전·후 큰 차이 없이 시설 채소 재배 적정수준 보다 높았으며, 따라서 양이온들이 토양에 집적됨으로서 산도가 일반농경지 토양에 비하여 높아져 시설토양이 점차 알칼리화되고 있음을 알 수 있다. 농업환경변동조사 (RDA, 2008)에 의하면 시설재배 토양의 pH 7.0 이상인 분포비율이 '99년 9.7%에서 '08년 17%로 증가한 결과에서도 잘 반영해주고 있다. 시험 전 토양에

비하여 우드톱밥 C/N 조절 시용구에서 다 같이 수박재배 후 토양에서 질산태질소가 감소하였으며, C/N율 20조절처리에서 다른 처리에 비하여 가장 많이 감소하는 경향이였다. 수박이 재배 중에 토양의 무기태질소를 흡수하는 한편 토양 중의 T-C, T-N, 유효인산 및 미생물의 생체량과 상관성이 높아 유기물의 탄질비가 20 이상일 때 토양의 유기적인 요인이 증가되며 (Lee et al., 2006; Shin et al., 2007), 탄소원의 공급에 의하여 미생물의 에너지원이 많아져 토양중의 질소원을 영양원으로 이용하여 미생물체의 활성이 증가되어 무기화와 부동화 과정을 통해 토양내의 물질대사를 통한 토양양분의 유효와 작물의 생산성에 큰 영향을 미쳤다는 보고 (Coleman et al., 1983; Dexbury et al., 1989), 질소가 토양에서 무기화되는 분기점이 C/N율 25 정도로 보고된 결과 (Allison, 1966) 등을 고려하여 토양의 무기태질소 대비 유기자원 C/N율 20조절이 미생물 활성화에 유리한 조건으로 작용하여 토양환경 개선에 영향을 미친 것으로 평가된다.

토양의 염류농도 변화 시험1년차의 유기물자원별로 토양의 무기태질소 대비 C/N율 10조절량을 처리하여 수박을 2기작 재배한 후 토양의 EC 변화는 Fig. 1과 같다. 재배전의 토양의 EC 3.31 dS m⁻¹에 비하여 부산물비료 처리에서는 약간 증가하였으며, 유기물자원 처리구에서 26~33% 감소하였다. 시험2, 3년차에서 토양의 EC가 상이한 3개의 토양에 우드톱밥을 토양무기태질소 대비 10, 20 및 30 조절량을 처리하고 시험1년차와 같이 수박을 2기작 재배한 후 토양의 EC를 시험 전과 비교하여 경감되는 비율을 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 시험 전 토양의 EC가 낮은 토양(토양 I)이 높았던 토양(토양 II, III)에 비하여 감소하는 수치는 적었지만 시험 전 토양의 EC(토양 I : 2.01 dS m⁻¹, 토양 II : 4.93 dS m⁻¹, 토양 III 7.90 dS m⁻¹) 대비 감소하는 비율은 토양 I > 토양 II > 토양 III 순이었다. 토양 I은 C/N율이 낮은 순으로, 토양 II는 C/N율이 높을수록 EC의 경감비율이 높은 경향이였으며, 토양 III은 C/N 20 조절에서 토양의 EC의 경감율이 높았다. 토양 중의 무기태질소 함량에 따라 유기물자원의 무기화가 영향을 받을 수 있다는 것을 시사하고 있다. 토양의 EC가 상이한 3개의 토양의 유기물자원 C/N율 조절별 EC의 경감비율을 평균한 결과 33~42% 경감효과가 있었으며 유기물자원 C/N 20 조절량 처리에서 가장 높았다. 팽화왕겨와 볏짚처리에서 EC가 10~24% 감소되었다는 연구결과 (Joh et al., 2003; Roh et al., 2005)와 같이 탄질비가 높은 유기물자원 시용에 의한 토양 EC의 경감효과가 인정되었다. 농업환경조사 사업 (RDA, 2007) 으로 추진되고 있는 년차별 시설재배지의 토양 EC가 증가하는 추세를 감안 할때 탄질율이 높은 유기물자원의 시용에 의한 토양의 EC와 무기태질소의 경감에 의한

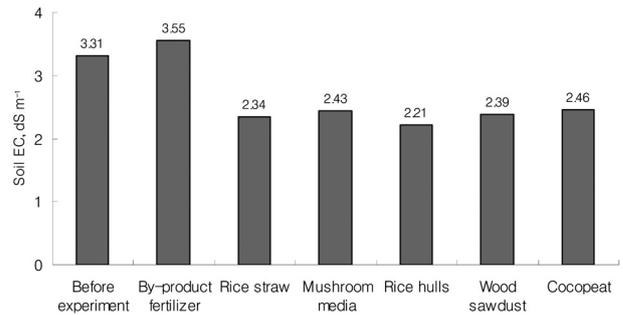


Fig. 1. The changes of EC of soil applied by the different organic materials after watermelon cultivation.

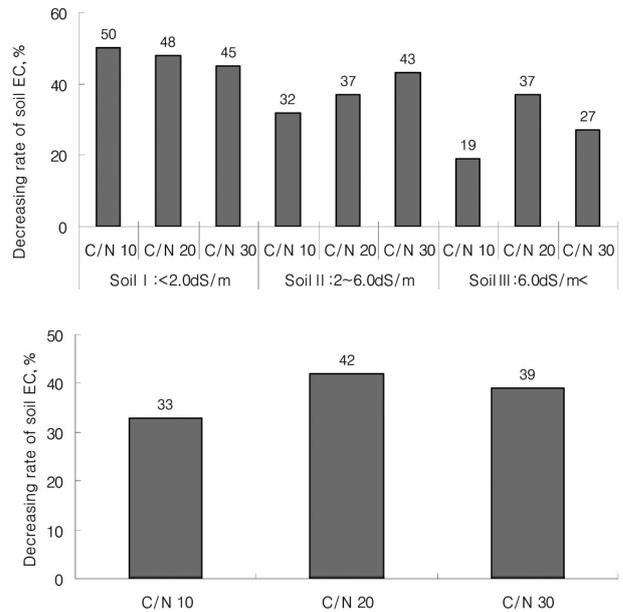


Fig. 2. The decreasing rate of soil EC applied by the wood sawdust was used as carbon sources adjusting the ratio of carbon to nitrogen to 10, 20 and 30 based on the inorganic soil N after watermelon cultivation.

화학성 및 토양의 질을 높일 수 있는 장기적인 토양관리 연구결과 (Jho et al., 2003; Roh et al., 2005; Seo, 2001)를 활용할 필요성이 있다. 따라서 토양의 특성 및 환경에 무관하게 기존의 양적인 개념의 시용량 기준은 토양의 물질순환적 토양관리를 위한 시용기준으로 개선 할 필요성이 있다고 본다.

수박의 경엽중 무기성분 함량 1년차 시험에 대한 수박의 성숙기인 정식 후 60일에 수박의 경엽을 채취하여 무기성분을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 수박의 엽중에 함유한 질소함량은 19.6~22.0 g kg⁻¹, 인산은 4.6~5.2 g kg⁻¹, 칼륨은 20.2~24.8 g kg⁻¹이었으며, 무처리를 제외하고는 유기물자원간에 큰 차이는 없었지만 코코피트에서 약간 높은 경향이였다. 칼슘은 64.8~77.9 g kg⁻¹이었으며 부산물비료 처리에서 다른 처리에 비하여 높았는데 유기

Table 6. The chemical component amount of leaf and stem of watermelon applied by the different organic materials at harvesting stage.

Materials	Leaf					Stem				
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	----- g kg ⁻¹ -----									
By-product ferti.	21.9	4.8	20.4	77.9	6.0	15.5	4.4	25.2	18.5	3.4
Rice straw	19.6	4.9	20.8	73.0	6.2	14.0	4.8	26.6	16.5	3.3
Mushroom media	19.9	5.2	20.9	64.8	6.0	15.3	5.1	25.0	15.8	3.4
Rice hulls	19.7	4.8	20.2	66.0	6.3	16.3	4.7	24.0	15.1	3.1
Wood sawdust	20.2	4.6	20.7	65.0	6.1	17.5	5.4	25.4	14.0	3.5
Cocopeat	22.0	5.2	24.8	69.9	6.4	15.3	4.5	24.8	16.5	4.2

Table 7. Growth and fruit qualities of watermelon applied by the different organic materials at harvesting stage.

Materials	Stem length [†]	Fresh weight	Fruit stalk	Fruit length	Fruit skin	Fruit weight	Sugar content
	cm	kg plant ⁻¹	-----	cm -----	-----	kg	Brix
By-product ferti.	248.1abc [‡]	1.48a	80.1	42.8	1.3	9.0ab	12.0
Rice straw	249.8ab	1.43ab	87.7	43.7	1.1	9.6a	12.2
Mushroom media	258.0a	1.45ab	81.7	43.1	1.2	9.3ab	12.5
Rice hulls	248.7ab	1.38abc	84.4	41.2	1.2	9.1ab	12.1
Wood sawdust	245.9abc	1.44ab	86.7	43.6	1.2	9.4a	12.4
Cocopeat	243.9bc	1.41ab	85.1	41.1	1.1	9.2ab	12.2

[†]Stem length : 45 day after planting.

[‡]Different letters indicate statistical significance at the $p=0.05$ level.

물자원 중에서 부산물비료가 칼슘함량이 높았던 결과로 해석된다. 마그네슘은 6.0~6.4 g kg⁻¹이었으며 처리간에 차이가 없었다. 수박의 줄기의 무기성분은 질소는 14.0~17.5 g kg⁻¹, 인산은 4.4~5.4 g kg⁻¹, 칼륨은 24.0~26.6 g kg⁻¹, 칼슘은 14.0~18.5 g kg⁻¹, 마그네슘은 3.1~4.2 g kg⁻¹이었으며 처리간에 뚜렷한 차이는 없었다. 수박의 경엽 중 무기성분은 엽 중에서는 칼슘이 줄기에서는 칼륨이 다른 성분에 비하여 높은 경향이므로 과실 비대기에 충분한 칼륨과 칼슘의 공급이 필요하며 품질과 저장에 영향을 미치는 마그네슘 공급도 요구된다.

수박의 생육 및 수량성 1년차 시험에 대한 수박의 생육 및 수량은 Table 7과 같다. 수박은 줄기가 지면을 뚫어 가는 작물로 생육을 평가하기는 상당히 어려운 작물 중의 하나이다. 정식 후 45일에 만장을 조사한 결과 243.9~258.0 cm로 벚꽃배지 처리에서 가장 길었으며 다른 처리에서는 뚜렷한 차이는 없었다. 과중을 제외한 수박의 성장량을 조사한 주 당 총생중은 1.38~1.48 kg plant⁻¹로 부산물비료 처리에서 가장 높았으며 팽화왕겨 처리에서 가장 적은 경향이였다. 과정 및 과장은 벚꽃과 우드톱밥에서 다른 처리에 비하여 길었으며 과피는 처리간에 차이가 없었다. 수박의 수량을 나타내는 과중은 개당 9.0~9.6 kg으로 모든 처

리에서 상품성을 유지하였고 벚꽃과 우드톱밥에서 약간 높은 경향이였다. 당도는 12.0~12.5 °Brix로 처리간에 차이가 없었으며 대체로 높은 편이였다. 염류가 집적된 시설재배지에서 엽채류 재배시 유기물자원 사용으로 2~7%의 증수요인이 있었다는 보고 (Roh et al., 2005)와 같이 염류집적에 의한 토양환경이 악화된 시설수박재배지에 탄소함량이 높은 유기물자원을 사용함으로써 친환경적 토양관리 및 수박의 수량과 상품성을 향상시킬 수 있는 안정재배를 기대할 수 있을 것으로 평가되었다

토양의 EC가 상이한 3개 토양에 유기물자원을 토양 무기태질소 대비 C/N율을 10, 20, 30 조절량으로 사용하고 수박을 2년 재배하여 생육 및 과실특성을 조사한 결과는 Table 8과 같다. 정식후 30일의 수박의 만장은 토양II (EC: 2.0~6.0 dS m⁻¹)에서 가장 길었으며, 3개 토양 모두 토양의 C/N을 처리간에는 차이가 없었다. 수박의 과실 특성인 과정, 과장은 토양의 EC가 낮은 토양 I>토양II>토양III 순으로 길었으며 동일 토양의 C/N을 처리간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 수박의 과피는 1.20~1.50 cm로 토양과 처리간에 뚜렷한 경향은 없었다. 수박의 상품과 수량을 나타내는 과중은 개당 10.1~13.4 kg으로 상품성에는 문제가 없었고 토양의 EC가 낮은 토양 I>토양II>토양III 순으로 수박의 과중이 높았으며 각 토양의 C/N을 처리간에는 차이

Table 8. Growth and fruit qualities of watermelon applied by the wood sawdust was used as carbon sources adjusting the ratio of carbon to nitrogen to 10, 20 and 30 based on the inorganic soil N at harvesting stage.

Soils	C/N ratio	Stem length [†]	Fruit stalk	Fruit length	Fruit skin	Fruit weight	Sugar content
Soil I	C/N10	183.1	75.0	44.0	1.45	13.3a [‡]	12.2
	C/N20	179.3	73.3	42.5	1.48	13.4a	11.8
	C/N30	180.5	73.4	42.1	1.28	13.2a	11.7
Soil II	C/N10	185.7	69.4	40.8	1.30	11.9bc	12.2
	C/N20	188.4	70.9	42.2	1.48	12.4bc	11.8
	C/N30	187.2	70.3	41.4	1.50	12.2bc	12.3
Soil III	C/N10	175.5	68.5	40.3	1.32	10.1c	11.7
	C/N20	179.2	68.2	39.7	1.20	11.6bc	12.0
	C/N30	182.3	69.8	39.9	1.40	11.5bc	11.8

[†]Stem length : 30 day after planting

[‡]Different letters indicate statistical significance at the $p=0.05$ level.

가 없었다. 연작에 의한 토양의 염류집적이 수박의 생육과 수량성에 직접 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 토양의 EC에 의한 시설작물의 생리장애와 유기물자원 시용에 의한 토양 EC 경감과 물리성 개선에 의한 시설작물의 생육과 수량성 증가되었다는 연구결과 (Joh et al., 2003; Roh et al., 2005; Uhm et al., 2001; Won et al., 2007)와 같이 연작장애의 한 원인인 염류집적을 경감하므로써 품질과 수량성 증수를 기대할 수 있었으며, 시설재배토양의 특성을 대표 할 수 있는 토양의 EC농도에 따라 유기물자원을 토양의 무기태질소 대비 C/N율을 조절하여 물질순환적 유기재배의 토양관리에 활용하여도 큰 문제가 없을 것으로 평가되었다.

요 약

시설재배 토양의 장기적인 물질순환적 친환경 토양관리를 위하여 유기물자원 (가축분부산물비료, 볏짚, 버섯배지, 팽연왕겨, 우드톱밥, 코코피트)을 토양의 무기태질소 대비 C/N율 10, 20, 30 조절량을 사용하는 처리를 두어 수박을 시험작물로 비닐하우스에서 2기작으로 재배하여 수행한 결과는 다음과 같다.

사용한 유기물자원의 T-C는 289~429 g kg⁻¹이었으며, 유기물자원을 토양의 무기태질소 대비 C/N율 10 조절량을 시용하여 수박을 2기작 재배 후 토양의 질산태 질소는 시험전 토양에 비하여 가축분 부산물비료 처리를 제외 하고 21~37% 감소하였으며, 토양의 EC는 26~33% 경감효과가 있었다. 우드톱밥을 토양의 EC가 상이한 3개의 토양에 토양의 무기태질소 대비 C/N율을 10, 20, 30 조절 처리하여 수박을 재배한 결과 시험전 토양에 비하여 토양의 EC가 각각 33, 42, 39% 경감되었다. 수박의 과중은 개당 10.1~13.4

kg으로 토양의 EC가 낮은 토양 I>토양II>토양III 순으로 수박의 과중이 높았으며 C/N 20 조절처리에서 3개의 토양은 양호한 경향이였다. 수박의 당도는 11.8~12.3 °Brix로 처리간에 차이는 없었으며 수박의 과실 특성상 상품에는 문제가 없었다. 탄소함량이 높은 유기물자원 공급으로 토양의 연작장애의 한 원인인 염류집적이 경감되어 품질과 수량성 증수를 기대할 수 있었다. 시설재배토양의 특성을 대표 할 수 있는 토양의 EC농도에 따라 유기물자원 시용시 토양의 무기태질소 대비 C/N 20 조절 시용기준을 적용하여도 물질순환적 유기재배의 토양관리에 문제가 없을 것으로 평가되었다.

인 용 문 헌

- Allison, F.E. 1966. The fate of nitrogen applied to soils. *Adv. Agronomy* 18:219-258.
- Coleman, D.C., C.P.P. Reid, and C.Cole. 1983. Biological strategies of nutrient cycling in soil system. *Adv. Eco. Res.* 13:1-55.
- Duxbury, J.M., M.S. Smith, and J.W. Doran. 1989. Soil organic mater as source and a sink of plant nutrients. In *Dynamic of Soil Organic Mater in Tropical Ecosystem*. pp 33~68. University of Hawaii Press. Honolulu.
- Hwang, S.W., Y.S. Kim, B.R. Yeon, Y.J. Lee, and Y.D. Park. 1993. Effect of several methods of salt reduction on salt removal of soil in plastic film house. *Paper of agrcultural sciences in RDA, Korea.* 35:276-280.
- Joh, K.R., C.S. Kang, A.S. Roh, J.M. Sim, and S.R. Park. 2003. Effect of applicaton of organic materials on reduction of salt in plastic film house. *Annual research report of Kung-gi Agricultural research and extension services.* p. 463-473.

- Jung, B.G., G.B. Jung, and J.H. Yoon. 2003. Survey on the change of chemical properties of agricultural fields in Korea. p. 7-55 (In Proceeding of symposium on monitoring project on agri-environment quality in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea).
- Kang, B.K. 1997. Chemical characteristics and salt movement of soil in green house area. Doctor Thesis. Chungbuk National University, Korea.
- Kang, B.G., I.M. Jeong, J.J. Kim, S.D. Hong, and K.B. Min. 1997. Chemical characteristics of plastic film house soils in Chungbuk area. Korean J. Soil Sci. Fert. 30: 265-271.
- Kang, C.S., A.S. Roh, T.J. Won, and S.E. Lee. 2006. Effect of application of easily decomposable carbon on reducing of soil salinization. Annual research report of Kung-gi Agricultural research and extension services. p. 409-420.
- Kim, J.G., C.H. Lee, J.G. Joh, and Y.H. Lee. 1996. Subsoil inverting depth and fertilizer needs in salt accumulated soils of plastic film house. Rural Development Administration J. Agri. Sci. (Soil & Fert.). 38: 370-375.
- Kim, J.G., G.J. Jeong, S.J. Kang, and J.M. Jeong. 2000. Effect of application of organic mater on chemical characteristics of soil and quality of cucumber. Annual research report of Jeon-nam Agricultural research and extension services. p. 249-258.
- Kim, L.Y., H.J. Cho, B.K. Hyun, and W.P. Park. 2001. Effects of physical improvement practices at plastic film house soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:2-97.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2010. Agriculture statistical database
- Kwak, H.K., K.S. Seong, N.J. Lee, S.B. Lee, M.S. Han, and K.A. Roh. 2003. Changes in chemical properties and fauna of plastic film house soil by application of chemical fertilizer and composted pig manure. Korean J. Soil Sci. Fert. 36:304-310.
- Kwon, J.B., J.R. Kwon, Y.S. Shin, C.R. Kim, and B.S. Choi. 1996. Effect of organic matters on horticultural characteristics and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) in greenhouse. Korean J. Hort. Sci. 37:137-145.
- Lee, Y., S.C. Kim, and Y.H. Park. 2002. Development of nutrient balance indicator. p. 282-296. In Research report of agro-environment research. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Lee, Y.H., S.G. Kim, S.H. Shin, J.H. Choi, Y.J. Lee, and H.M. Kim. 2006. Investigation of the utilization of organic materials and the chemical properties of soil in the organic farms in Korea. Korea J. Organic Agriculture. 14:55-67.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Analytical methods of soil and plant. NIAST, Suwon, Korea.
- RDA (Rural Development and Administration). 2008. Annual report of the monitoring project on agricultural environment quality. p. 11.
- Roh, A.S., K.R. Joh, T.J. Won, and S.E. Lee. 2005. Effect of long term application of organic mater on reducing of soil salinization. Annual research report of Kung-gi Agricultural research and extension services. p. 485-496.
- Seo, Y.H. 2001. Improvement on the greenhouse soil. Annual research report of Kang-won Agricultural research and extension services. p. 719-720.
- Shin, J.H. 2007. Determine appropriate rate of organic matter application according to the soil condition of organic farming. In research report of NIAST, Suwon, Korea.
- Shin, Y.K., Y.H. Lee, K.N. Hwang, and K.S. Lee. 1992. Effect of application of organic mater on horticultural crops. p. 239-243. In Research report of agro-environment research. NIAST, Suwon, Korea.
- Song, Y.S., H.K. Kwak, B.L. Hur, and S.E. Lee. 1996. Use efficiency of nitrogen accumulated in plastic film house soils under continuous vegetable cultivation. Korea J. Soc. Soil Sci. Fert. 29:347-352.
- Uhm, M.J., S.G. Han, K.C. Chel, Y.H. Moon, and J.S. Choi. 2001. Properties of plastic film house soils and physiological disorder of eggplant. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:192-198.
- Won, T.J., K.R. Joh, C.S. Kang, A.S. Roh. 2007. Evaluation on effect of application of organic culture materials on reducing of soil salinization. Annual research report of Kung-gi Agricultural research and extension services. p. 514-527.
- Yoon, J.H., L.Y. Kim, P.K. Jung, J.S. Suh, and H.J. Jun. 2002. Development of soil quality indicators. p. 240-258. In Research report of agro-environment research. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.