

菜蔬作物의 淸淨栽培를 위한 無菌 床土材料의 開發에 關한 研究

홍순달

(충북대학교 농과대학 농화학과)

Study on the Development of Sanitary Bed Material for Cultivation of Vegetable Crops

Hong Soon-Dal

Dept. of Agric. Chemistry, Coll. of Agric., Chungbuk Nat'l Univ.

Cheongju 360-763, Korea

Abstract

The growth responses of Chinese Cabbage, lettuce, and spinach were evaluated to investigate the feasibility of carbonized rice-hulls as a sanitary cultivation media instead of soil. The carbonized rice-hulls were pretreated with several inorganic acid such as nitric, sulfuric, hydrochloric, and phosphoric acid for neutralization.

The neutralization of the carbonated material using nitric, sulfuric, and phosphoric acid did not alter the growth responses of these vegetables compared to those of control plants grown on the normal cultivation soil. Especially, the nitric acid pretreatment resulted in the better growth of these plants than the mixture of soil and compost. This is probably due to the additional supply of the nitrate-nitrogens. However the growth responses of lettuce and spinach on the carbonated materials neutralized with hydrochloric acid were different and appeared to be having symptom which is analogous to the chloride toxicity during the late stage of growing. Although no difference was observed in chemical composition, the contents of protein-nitrogen were higher in the plants grown on the carbonated material compared to those of plant grown on the mixture of soil and compost.

Based on our preliminary results, the carbonized and neutralized rice-hulls are very useful bed material for the sanitary cultivation under the controlled environmental condition.

I. 서론

國民生活水準이 향상됨에 따라 環境汚染에 대한 인식이 높아지면서 최근에는 食品으로서의 농산물에 대한 安全性이 매우 강조되고 있다. 산업화과정과 일상생활에서 派生되는 有害물질이나 농산물의 生産性 안정화를 위해 사용되는 농약류들은 작물이 자라고 있는 環境인 토양,

수질 및 대기의 汚染을 유발시켜 우리가 섭취하는 농산물의 안정성을 威脅하고 있다. 때문에 無公害 또는 低公害 농산물을 점차로 선호하면서 그 수요는 점차로 증가되고 있는 추세이다. 有害物質의 오염과는 관계없이 토양에서 재배되는 농산물은 병충해에 대한 위험이 항상 常存하므로서 防除을 위한 농약의 사용은 피할수 없는 농업과정인 되고있다. 이러한 이유로 농약의 제조방향도 인체에 해롭지 않은 무공해 혹은 저공해 농약류를 開發하기 위해 많

은 연구가 집중되고 있다. 無公害 농산물의 選好에 따른 수요증대에 부응하기 위한 생산방법으로서 最近에는 水耕栽培가 많이 활용되고 있으나 막대한 시설비와 努力뿐 아니라 기술적 어려움 때문에 일반 농가에 확대 보급되기에는 많은 制限이 뒤따르고 있다. 또한 水耕栽培를 약간씩 변형시킨 養液栽培라는 개념으로 작물의 支持물질로서 자갈, 모래, 燐炭 및 스티로폼 등을 활용하는 방법^{1,7,9,10,12,14,15}이 이용되고 있으나 토양조건에서의 재배방법에 비하여 까다롭기는 마찬가지이다.

본 연구에서 검토한 材料는 농촌에서 쉽게 구할수 있는 왕겨를 무게감소율로 약 50%, 부피감소율로 약 55% 되도록 不完全 燃燒시킨 왕겨燐炭이다. 왕겨혼탄은 炭화된 후에도 왕겨형태를 절반정도 유지하므로써 입자간의 組織이 성글러서 통기성을 좋게 할 뿐만 아니라 탄화물이 갖는 특유의 水分保存能力이 크므로써 토양종류에서는 찾아볼 수 없을만큼 根圈의 物理的 性質이 좋은 특성을 가지고 있다. 또한 成分含量中에 규소가 많은편이고 높은 온도의 탄화과정에서 雜草種子와 病原 微生物이 저절로 제거된 淸淨한 상토재료라고 볼수 있다. 일반적으로 규소 함량은 식물조직의 외피층을 두껍게 하여 병원균의 침투를 억제하는 作用을 가진다고 밝혀져 있고, 李등⁸은 토마토의 水耕栽培에서 규소의 첨가는 생산성을 양호하게 한다고 보고한 바 있는데 왕겨혼탄중에 많이 함유된 규소 함량은 作物生育에 바람직한 영향을 줄것으로 생각된다. 탄화물의 鹽基性은 稀釋酸으로 중화시키면 작물생육에 적절한 酸度로 임의 조절이 가능하며 약한 支持力은 자갈 등을 혼합하여 보완할수도 있으나 含水狀態에서는 燐炭

입자간의 응결도가 높아지므로 작물재배 조건에서는 충분한 貯지력을 갖게 된다.

土壤 이외의 상토재료로서 작물을 재배하려는 研究는 아직 많지 않은 실정인데 本 研究에 앞서 稀釋질산으로 왕겨혼탄의 pH를 달리하여 몇가지 채소류의 生長반응을 검토한 結果²⁾ 酸 中和燐炭은 水耕栽培를 대체할 수 있는 일종의 培養物質로서 활용가능한 것으로 究明되었다. 따라서 본 연구는 왕겨혼탄의 中和에 사용될 수 있는 酸 種類들에 대하여 몇가지 채소류의 生長반응을 比較 檢討 하였으며 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

왕겨혼탄의 제조는 연통 5m 정도의 연통을 세우고 自然對流를 이용하여 不完全하게 燃燒시키면서 숯이 되도록 하였으며 이 방법에 의해 조제된 왕겨혼탄은 무게감소율은 약 50%, 부피감소율은 약 55% 정도를 나타냈다. 왕겨혼탄의 物理化學性은 <표 1>에 나타낸바와 같이 pH가 약 8.5인 약알카리성을 나타냈으며 유효규산 함량이 약 28% 정도로 많은 편이었고 수용성 칼륨도 약 0.5% 정도가 함유되었다. 物理性에서 왕겨혼탄의 容積密度는 약 0.10, 입자밀도는 약 0.73으로 공극율이 약 86%를 갖는 성글은 組織密度를 보였으며 아울러 水分 保存能力도 양호하여 含水率조건에서 자체중량의 약 2.5배까지 수분을 함유하여 통기성과 수분보존능력 둘다를 양호하게 겸비하고 있는 特性을 보였다.

Table 1. Physico-chemical properties of carbonized rice hull

pH (1:20)	Water Soluble Cations			SiO ₂ (%)	Bulk Density (g/ml)	Particle Density (g/ml)	Porosity (%)	Water Holding Capacity (%, W/DW)
	K	Ca	Mg					
	(ppm)							
8.45	4747	27	32	28.4	0.103	0.730	85.9	248.5

작물의 생육에 알맞는 pH 조건으로 조절하기 위한 왕겨혼탄의 中和處理는 (그림 1)의 酸 種類의 농도별 pH 변화관계로 부터 왕겨혼탄과 산 용액의 용적비율을 5:1로 混合하여 조절하였다. 中和된 왕겨혼탄의 pH가 약 6.5

정도일때 첨가되는 酸의 규정농도는 질산, 황산, 및 염산의 경우 0.05N 정도였고 인산의 경우는 약 0.10N 정도로서 더 높은 농도에서 中和되었다. 이러한 결과는 磷酸이 왕겨혼탄의 鹽基性 물질과 중화반응하는 수소이온

의 電離度가 다른 강산들 보다 낮기 때문이다.

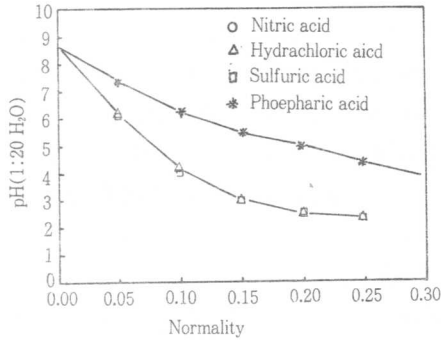


Fig. 1. pH curve of carbonized rice hull neutralized by acids

여러가지 酸 種類에 의해 중화된 왕겨혼탄의 화학성은 <표 2>에 나타낸바와 같이 中和되기 전의 pH 8.54로부터 약 6.5~6.6으로 조절되었다. 희석酸類의 첨가에 따른 水溶性 칼륨, 석회, 및 고토 등의 함량은 크게 증가되는 경향을 보였으며 稀釋질산으로 중화된 처리는 NO₃-N의 附加的 함유량이 약 0.14% 되었다.

Table 2. Chemical components in cultural materials before experiment

Treatment	pH (1:20)	SiO ₂ (%)	NO ₃ -N	Water soluble cations		
				K	Ca	Mg
				(ppm)		
* Control(soil+manure)	**5.91	0.01	56	28	78	22
Non-Neutralization	8.54	28.4	18	4747	27	32
neutralized by HNO ₃	6.59	27.0	1425	7709	121	72
Neutralized by H ₂ SO ₄	6.53	28.3	22	6473	75	75
Neutralized by H ₃ SO ₄	6.58	28.8	14	6909	98	72
Neutralized by HCl	6.49	26.8	37	5455	195	85

*Control:Mixture of soil, manure, and sand (3:2:1 v/v)

**The pH value was measured in condition of 1:5 H₂O ratio

調製된 中和燻炭은 작물을 재배하기 위하여 가로, 세로, 높이가 40×60×15cm의 밑면에 배수구멍이 있는 상자에 充塡하였다. 이때 작물의 지지력을 증대시키기 위하여 강가에서 채취한 자갈(직경 7~10cm)을 혼탄 사이에 층이 되도록 혼합하여 비닐하우스내 지표면 40cm 위에 設置하였다.

供試作物은 시설재배 채소류중에서 배추, 상치 및 시금치를 택하였고 酸 種類別로 중화 처리된 왕겨혼탄에 播種한 다음 幼苗(파종후 14일 묘)를 移植하여 재배하였

다. 배추, 상치 및 시금치의 파종은 각각 1992년 4월 2일에 하였고 14일후인 4월 16일 이식하여 6월 10일까지 生育시켰다. 그리고 對照區로서 원야토, 퇴비 및 모래를 부피비율로 3:2:1로 혼합한 堆肥床土에서 같은 방법으로 供試作物들을 이식하여 재배 하였다.

중화된 왕겨혼탄중에는 작물생육에 충분한 營養分이 함유되어 있지 않으므로 營養液을 공급해 주며 生育시켜야 하는데, 本 試驗에 앞서 검토된 結果(2)로부터 <표 3>과 같은 성분조성을 갖는 복합비료(10-10-20) 水

溶液을 사용하였다. 영양액의 공급방법은 일반 상토재배에서 수분부족시에 灌水하는 것과 같은 방법으로 수분상태에 따라 생육초기에는 3~4일에 한번씩, 蒸散量이 증가되는 生育後期에는 하루에 한번씩 상기의 영양액을 공급해 주었으며 대조구인 퇴비상토에도 같은 방법으로 營養液을 공급해 주었다.

Table 3. Chemical composition of nutrients solution

pH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Urea-N P K		
			(mg/L)		
7.35	154	----	98	252	505

植物體 시료는 생육중반기와 수확기때 2회 채취하여 70°C에서 건조시킨 다음 乾物重을 조사하고 분쇄하여 화학성분의 分析試料로 조제 하였다. 그리고 상토재료중의 잔류양분들을 분석하기 위하여 시험이 종료되고 난후 시료를 채취하였다.

식물체 試料는 Sulfuric-salicylic acid 혼합액과 Hydrogen peroxide를 첨가하여 分解 하였고 窒素는 Microkjeldahl法, 인산은 Ammonium Vanadate 比色法, 그리고 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 원자 흡광분광광도계법으로 각각 分析하였다. 질산태질소는 Nitrate electrode 法으로, 電氣傳導度는 Electroconductivity meter로 測定 하였다.

II. 결과 및 고찰

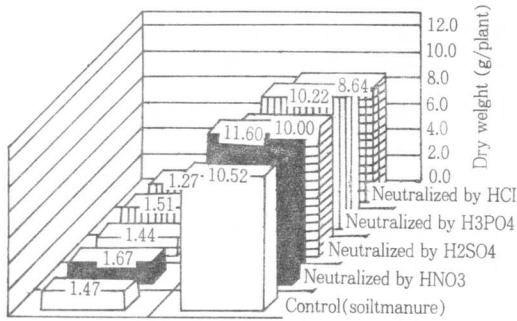
중화처리에 사용된 酸 種類에 따른 배추, 상치, 및 시금치의 성장량을 (그림 2)에 주당 乾物重으로 나타냈다. 공시된 3개 作物 모두에서 이식후 36일째나 55일째 건물중은 질산중화 처리에서 경우 가장 많아서 生育初期부터 생장이 가장 양호한 것으로 나타났다. 반면에 鹽酸中和 처리는 가장 낮은 건물중을 보이며 생육이 不振하였는데 특히 생육후기에 상치와 시금치에서는 葉 先端부가 황화되는 生育障害 증상을 보였다. 배추의 건물중은 질산 퇴비상토 ≥ 인산 ≥ 황산 > 염산처리의 順으로 감소하였으

며 인산이나 황산으로 중화된 처리에서도 堆肥床土와 거의 비슷한 乾物重을 나타냈다. 상치의 건물중은 배추의 경우와 같은 경향이나 질산중화 처리를 제외하고는 퇴비상토 보다 생장이 부진한 傾向이었다. 그러나 시금치는 염산중화 처리이외의 모든 酸 中和 처리는 퇴비상토 보다 양호한 성장을 보여 질산 > 황산 > 인산 > 퇴비상토 > 염산 처리의 順이었다. 다른 종류의 산중화 처리에 비하여 질산중화 처리에서 가장 양호한 성장량을 보인 原因은 생육 초기에 질산태질소의 附加的 供給效果 때문인 것으로 생각된다. 대개의 작물들이 선호하여 흡수하는 질소형태는 질산태질소라는 많은 研究結果들^{3,4,5,16,17,18)}과 관련하여 고려해 볼때 질산태질소가 함유된 질산중화 처리에서 가장 양호한 성장을 나타낸 결과는 妥當하다고 할 수 있다. 또한 왕겨훈탄 처리들이 퇴비상토 보다 양호한 성장을 나타낸것은 材料의 물리성에서 작물의 성장에 밀접하게 영향을 미치는 通氣性和 水分 供給能力이 양호한 효과^{8,11,13,15)} 때문인 것으로 생각된다.

이식후 36일째와 55일째 植物體중의 無機成分들의 함량을 (표 4)에 나타냈다. 이식후 55일째에 질소성분들을 비교해 볼 때 전질소 함량은 배추가 2.5~3.0%, 상치가 3.1~4.6%, 그리고 시금치는 3.2~5.1% 범위로서 堆肥床土 처리와 酸 中和 燻炭 처리들간에 차이가 없이 비슷하였다. 질산태질소 함량은 배추, 상치, 및 시금치작물 모두에서 이식후 36일째에는 질산태질소의 附加的 효과가 있는 질산중화처리에서 가장 높았으나 55일째에는 질산중화 처리가 오히려 가장 낮은 경향을 보였다. 작물별 질산태질소 함량은 상치 > 배추 > 시금치의 順이었으며, 상치와 시금치에서 질산태질소 함량은 生育後期에 장해 증상을 보였던 염산중화훈탄 처리에서 가장 높았으나 이를 除外하면 퇴비상토 처리가 산 중화훈탄 처리보다도 더 높은 含量을 보였다. 蛋白態窒素 함량은 배추와 시금치의 경우 全窒素에서의 경향과 유사하여 퇴비상토 처리와 산 중화훈탄 처리들간에 비슷한 함량을 보였으나 상치에서는 퇴비상토 처리보다 산 중화훈탄 처리들에서 더 높은 함량을 보였다. 칼륨 함량은 供試作物 모두에서 산 중화훈탄 처리들이 堆肥床土에 비하여 높았는데 이는 산 중화 처리에 의해 훈탄중의 칼륨함량이 높았던 것과 관련 되었다. 磷酸含量은 중화처리에서 부가적으로 공급된 인산중화훈탄 처리에서 가장 높았고 石灰 함량은 상토재료중에

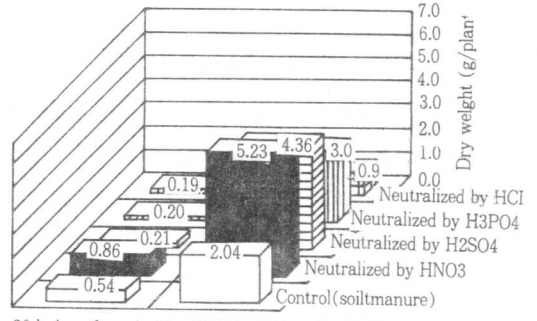
석회가 가장 많았던 퇴비상토 처리에서 가장 높은 함량을 보였다. 培養物質中の 조규산 함량은 堆肥床土 보다 양겨 혼탄중에 매우 많았지만 식물체에서는 그 함량이 差異를 보이지 않으며 일정한 傾向을 보이지 않았다. 식물체중

鹽素含量은 공시작물 모두에서 중화처리때 부가적으로 공급된 염산중화혼탄 처리에서 가장 높았으며 특히 염소 과다에 의한 뚜렷한 障害症狀를 나타냈던 상치의 경우 현저하게 높은 含量을 보였다.



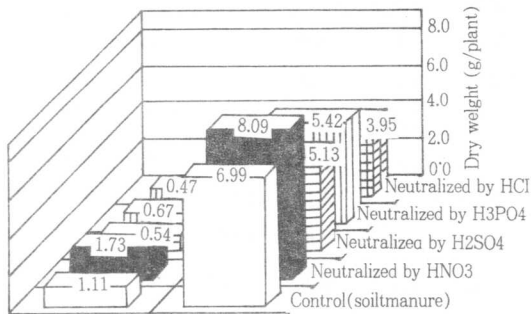
36th day after planting 55th day after planting

(A) Chinese Cabbage



36th day after planting 55th day after planting

(C) Spinach



36th day after planting 55th day after planting

(B) Lettuce

Fig 2. Dry weights of three vegetables at the 36th and the 55th day after planting
(A) Chinese Cabbage
(B) Lettuce
(C) Spinach

(그림 2)

Table 4. Inorganic components in three vegetables at the 36th and the 55th day after planting

(Vegetable)	Treatment	T-N	NO ₃ -N	Prot.-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S ₂ O ₂	Cl
Date		(%)	(ppm)	—————			—————			
〈Chinese Cabbage〉										
36th day	Control(soil+manure)	1.57	105	0.98	2.36	3.67	2.21	0.37	1.01	1.65
	Neutralized by HNO ₃	3.08	116	0.95	2.42	6.43	1.24	0.38	1.27	1.65
	Neutralized by H ₂ SO ₄	2.48	95	1.23	2.36	5.94	1.88	0.65	2.12	1.50
	Neutralized by H ₃ PO ₄	2.14	101	1.61	2.93	5.95	1.68	0.44	0.95	1.49
	Neutralized by HCl	2.46	117	1.44	2.99	7.89	1.15	0.45	1.58	1.83
55th day	Control(soil+manure)	2.90	297	1.93	2.44	7.57	3.18	0.43	1.65	1.41
	Neutralized by HNO ₃	2.62	112	1.65	2.28	8.54	2.03	0.53	1.44	1.42
	Neutralized by H ₂ SO ₄	2.59	190	1.86	2.24	8.38	2.12	0.50	1.15	1.57
	Neutralized by H ₃ PO ₄	2.66	109	1.51	2.55	7.24	1.06	0.43	1.08	1.55
	Neutralized by HCl	2.59	171	1.61	2.32	7.73	1.86	0.45	0.85	1.66
〈Lettuce〉										
36th day	Control(soil+manure)	2.69	104	1.58	1.50	6.85	1.33	0.36	2.46	1.72
	Neutralized by HNO ₃	4.31	1072	2.80	1.97	11.61	0.88	0.35	1.70	1.93
	Neutralized by H ₂ SO ₄	2.65	114	1.75	1.51	8.05	0.71	0.18	1.51	1.72
	Neutralized by H ₃ PO ₄	2.33	131	2.21	1.77	7.89	0.80	0.13	0.93	0.87
	Neutralized by HCl	2.52	171	1.93	1.49	9.51	0.88	0.24	0.92	3.04
55th day	Control(soil+manure)	3.92	721	1.52	2.09	8.05	1.68	0.42	3.07	1.59
	Neutralized by HNO ₃	3.36	412	2.59	1.65	8.70	1.15	0.28	1.42	1.86
	Neutralized by H ₂ SO ₄	4.62	444	2.24	1.99	9.67	1.15	0.26	2.07	1.66
	Neutralized by H ₃ PO ₄	3.08	290	2.52	2.13	8.86	1.50	0.31	1.82	1.56
	Neutralized by HCl	3.92	1078	2.59	1.52	8.86	1.15	0.41	1.04	2.10
〈Spinach〉										
36th day	Control(soil+manure)	3.02	148	1.82	3.66	10.32	0.80	0.72	0.89	1.96
	Neutralized by HNO ₃	4.41	1346	3.01	2.44	15.35	0.35	0.50	2.04	1.59
	Neutralized by H ₂ SO ₄	2.94	367	2.60	4.53	12.27	0.71	0.54	1.64	1.45
	Neutralized by H ₃ PO ₄	2.52	363	2.52	5.48	12.75	0.80	0.54	1.38	1.76
	Neutralized by HCl	1.96	373	2.40	4.20	9.35	0.27	0.34	1.72	2.02
55th day	Control(soil+manure)	4.41	247	3.01	1.71	8.38	1.15	0.90	1.51	1.02
	Neutralized by HNO ₃	4.92	610	2.49	3.75	12.75	0.71	0.46	1.34	0.92
	Neutralized by H ₂ SO ₄	4.48	552	3.08	3.34	11.30	1.41	0.55	1.19	0.86
	Neutralized by H ₃ PO ₄	3.15	613	1.57	3.76	11.94	1.59	0.63	1.10	1.02
	Neutralized by HCl	5.11	1366	3.01	2.91	11.46	0.80	0.51	0.82	1.20

收穫後 상토재료중에 殘留되는 몇가지 양분들의 함량을 (표 5)에서 比較해 볼때 3개 공시작물 모두에서 酸中和燻炭 처리들은 堆肥床土 보다 水溶性 양이온들과 전기전도도가 높은 경향이었다. 특히 수용성 칼륨함량과 전기전도도값은 生育障害 증상을 보였던 염산중화혼탄 처리에서 가장 높아 養分の 吸收利用率이 가장 적었음을 나

타냈다. 또한 작물종류에 따른 수용성 양이온들과 질산태 질소의 함량 및 전기전도도는 배추<상치<시금치의 순으로 뚜렷한 증가를 나타냈는데 이것은 作物에 따라 要求되는 양분량이 다르기 때문인것으로 생각된다. 그리고 작물 栽培後 모든 床土材料의 pH 는 재배전보다 다소 감소되는 傾向을 나타냈다.

Table 5. Chemical components in cultural materials after harvesting of three vegetables

Vegetables	Treatment	pH (1:20)	NO ₃ -N	Water soluble cations			Electro-conductivity (mmhos/cm)
				K	Ca	Mg	
Chinese Cabbage	Control(soil+manure)	5.71	31	79	63	25	0.09
	Neutralized by HNO ₃	5.89	17	598	32	12	0.27
	Neutralized by H ₂ SO ₄	5.80	27	140	103	35	0.16
	Neutralized by H ₃ PO ₄	5.73	23	349	80	22	0.20
	Neutralized by HCl	6.13	20	616	78	32	0.27
Lettuce	Control(soil+manure)	5.51	15	92	73	28	0.12
	Neutralized by HNO ₃	5.84	25	759	126	45	0.34
	Neutralized by H ₂ SO ₄	5.77	20	759	271	80	0.39
	Neutralized by H ₃ PO ₄	5.21	21	581	423	77	0.39
	Neutralized by HCl	6.18	56	1079	194	65	0.42
Spinach	Control(soil+manure)	5.78	27	140	103	35	0.16
	Neutralized by HNO ₃	5.19	209	1061	372	78	0.47
	Neutralized by H ₂ SO ₄	5.30	107	1044	52	98	0.55
	Neutralized by H ₃ PO ₄	5.09	196	1061	600	95	0.56
	Neutralized by HCl	6.04	387	1756	423	97	0.64

적 요

채蔬類의 施設栽培에서 水耕栽培를 代替 할 수 있는 淸정한 培養物質로서 왕겨혼탄의 활용방안을 究明하기 위하여 왕겨혼탄을 中和시킬 수 있는 酸 種類를 달리하여 몇가지 채소류의 生長反應을 비교 검토 하였다.

鹽酸을 제외한 酸 中和燻炭은 채蔬類 栽培를 위한 培養物質로 활용할수 있을만큼 정상적인 生育을 보였으며 특히 酸 中和 처리에 의해 질산태질소의 부가적 供給效果가 있는 질산중화혼탄 처리는 배추, 상치, 및 시금치의 생장

량이 퇴비상토 처리보다 良好하였다. 그러나 염산중화혼탄 처리에서는 특히 상치 및 시금치작물에서 生育後期에 障害症狀을 보이며 가장 부진한 生育을 나타냈다. 산 중화혼탄 처리에서 자란 植物體中の 化學成分들은 퇴비상토에서와 거의 비슷한 含量分布를 보였으며 蛋白態窒素 함량은 오히려 酸 中和燻炭 처리들에서 더 높았다.

따라서 채蔬類의 生長과 化學成分등을 考慮할 때 질산중화혼탄은 施設 채蔬栽培를 위한 淸淨한 培養物質로서 바람직할것으로 생각된다.

참고 문헌

1. Biebel, J. P., 1960. Hydroponics—— the science of growing crops without soil. Fla. Dept. Agr. Bull. 130.
2. 洪 淳達, 1992. 菜蔬作物의 施設栽培 床土材料로서 양겨燻炭의 活用方案에 關한 研究, 1. 양겨燻炭의 pH 條件이 몇가지 菜蔬作物의 生長에 미치는 影響. 農業科學研究(忠北大學校 農業科學研究所), 第10卷 1號;125-132
3. 李 允煥, 洪 淳達, 1982. 溫度가 空酸中和燻炭床土의 煙草苗 生育에 미치는 影響. 韓國煙草學會誌, 4권 1호;43-49.
4. 李 允煥, 洪 淳達, 1985. 煙草加工副産物의 炭化程度에 따른 空酸中和能力和 肥效. 韓國土壤肥料學會誌, 18권 1호;89-93.
5. 李 允煥, 洪 淳達, 金 容淵, 鄭 勳采, 姜 瑞奎, 1981. 煙草用 床土材料로서의 양겨숯(燻炭)의 空酸中和效果. 韓國土壤肥料學會誌, 14권 3호;130-136.
6. 李 龍範, 裴 公英, 權 智善, 申 建哲, 1991. 水耕栽培에서 硅素가 토마토 生育, 收量, 品質 및 NH_4-N 毒性에 미치는 影響. 韓國園藝學會 論文發表要旨, 7권 2호;46-47.
7. 李 應鎬, 李 炳駟, 1991. 미나리의 水耕栽培體系開發에 關한 基礎研究, 1. 養液條件이 無機養分 吸收와 生育에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌 32(1);29-42.
8. Morin, J. and Y. Benyamini, 1977. Rainfall infiltration into bare soils. Water Resources Research, vol 13(5);813-817
9. 朴 尙根, 金 光勇, 李 應鎬, 1991. 養液栽培用 培地로서의 木炭의 特性과 效果, 2. 木炭培地가 몇가지 菜蔬作物의 生育에 미치는 影響. 韓國園藝學會 論文發表要旨 7권 1호;58-59.
10. Robbins, W. R., 1946. Growing plants in sand cultures for experimental work. Soil Sci. vol 62;3-22.
11. Speck, L. Y., 1981. Influence of nitrate and aeration on growth and chemical composition of Zea Mays L. Plant and Soil, vol 63;115-118.
12. Steiner, A. A., 1961. The future of soilless culture: its possibilities and restrictions under various conditions all of the world. Int. Hort. Cong. Proc. 15(1);112-117.
13. Veen, B. W., 1981. Relation between root respiration and root activity. Plant and Soil, vol 63;73-76.
14. 梁 元模, 鄭 淳柱, 梁 承烈, 1990. 噴霧耕과 薄膜循環養液栽培에 따른 토마토의 生理, 生態 및 形態的 適應에 關한 比較研究, 1. 養液의 溫度, 噴霧間隔 및 充填培地의 差異에 따른 根圈環境變化 및 生育反應. 韓國園藝學會誌 31(1);22-36.
15. 梁 元模, 丁 蓮圭, 姜 宗求, 趙 白容, 1991. 새로운 水耕農法 開發에 關한 基礎研究, 1. 養液내 酸素水準에 따른 토마토의 生理, 生態 및 形態的 特性. 韓國園藝學會誌 32(3);305-313.
16. 岩田正利, 1983. 窒素의 形態와 施肥期間이 菜蔬의 生長, 收量 및 品質에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌 24(4);265-275.
17. 但野利秋, 田中明, 1976. アンモニア態および硝酸態窒素 適應性の 作物種間差, 第1報 生育初期における アンモニア態および硝酸態窒素 選擇吸收能と 生育反應. 日本土肥誌, 47권 7호;321-327.
18. 秋谷達司, 山下貴, 1970. 土壤消毒と 被覆下における アンモニア態窒素と 硝酸態窒素의 施肥割合. 秦野 たほこ 試報 67;37-47.