

유기농 자재의 시용이 토양의 이화학적 특성과 배추의 생육 및 체내성분에 미치는 영향

정순재* · 정원복* · 김희태** · 강경희** · 이종성* · 오주성*
동아대학교 생명자원과학부* · 영남농업시험장 부산원예시험장**

Effect of the Soil Physicochemistry Property and Plant Growth and Components of Chinese Cabbage after Application Organic Farming Materials

Jeong Soon-Jae* · Chung Won-Bok* · Kim Hoe-Tae** · Kang Kyung-Hee** ·
Lee Jong-Sung* · Oh Joo-Sung*

College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University Pusan 604-022, Korea*
Pusan Horticultural Experiment Station, National Yeongnam Agri. Experiment. Sta., RDA. Pusan 618-300, Korea**

ABSTRACT

This experiment was focused on finding out the potential problems in organic farming system, which is recently emphasized on the produce of horticultural crops due to the serious environmental deterioration. Thus, in this study, the effect of the application of organic farming materials in soil on plant growth and components of chinese cabbage and the soil physicochemistry property were compared with conventional culture. The results were summarized as follows :

1. The effect of soil chemical properties after application of organic farming materials, The amounts of pH and O.M. in N, P, K treated plot were few of change, To the contray, fermentation compost and microorganisms fermentation compost treated plot were some increase, Amount of P_2O_5 , Ca and increase in comparison with the N, P, K treated plot, Specially chicken manure+ microorganisms fermentation compost treated plot was the highest.
2. Change of soil microbial after application of organic farming materials, The

number of bacteria and actinomycetes in N, P, K treated plot were appeared definite direction, to the fermentation compost and microorganisms fermentation compost treated plot showed the increased tendency, specially, chicken manure + microorganisms fermentation compost treated plot was the highest.

3. The growth characteristic of chinese cabbage after application of organic farming materials was superior in order of chemical fertilizers plot > microorganisms fermentation compost plot > fermentation compost plot. It shows the NO_3^- accumulation in chinese cabbage was higher in the outer leaves than in the inner leavess. It was some lower in the microorganisms fermentation compost plot, it was the highest at chemical fertilizers plot, all inner and outer leaves.

Key words : organic farming materials, soil microbial, chinese cabbage.

I. 서 언

최근 환경오염이 심각한 사회문제로 대두되면서 생명, 건강 및 식품의 안전성에 대한 국민들의 관심이 높아지고 있으며, 앞으로도 환경문제는 인류가 해결해야 할 최대 과제 중의 하나다. 특히 농업부분에 있어서도 예외는 아니어서 과거의 녹색혁명이 자연 또는 생태 순환질서의 효율적 이용보다 화학비료와 농약의 과다 사용, 그리고 단작 중심의 대규모 경영에 치우쳤기 때문에 증산목표는 달성할 수 있었으나 이 과정에서 환경파괴, 지표수와 지하수의 오염, 토양 유기물의 감소, 토양염류의 집적 등 많은 문제점들이 야기되었다. 따라서 이러한 농업 여건의 변화에 대하여 미래 세대의 건강과 자연 생태계의 복원까지를 고려한 지속가능하고 환경친화적인 유기농업의 필요성이 제기되면서 새로운 연구과제로 대두되고 있다. 유기농업은 농업과 환경의 조화를 위하여 생산을 위한 집약적 투입을 가급적 억제하고 농업생산에 의한 환경부하를 경감시켜 농업생태계 보호 및 농업으로 인한 환경오염의 피해를 가급적 줄이려는 농법이라 할 수 있다.^{1,2,3,4)} 아울러 화학비료와 농약의 사용을 배제하고 윤작과 휴경, 그리고 두과작물, 녹비작물 등을 재배하여 지력을 증진시키거나 유기물 및 농업부산물을 사용하여 작물을 안전하게 재배하는 농법이다.^{5,6)} 따라서 유기농업은 화학물질에 의존하는 근대 관행농법에 따른 환경부하를 줄일 수 있기 때문에 세계적으로 관심이 모아지고 있는 환경규제문제를 농업분야에서 극복할 수 있는 대안적 농법이다. 지금까지 우리 나라에서 이루어지고 있는 대부분의 유기농업은 시설내에서 재배되고 있으며, 투입 자재의 종류에 따라 효소농법, 미생물농법, 활성탄농법, 오리농법, EM농법, 목초액 농법, 태평농법 등 그 형태가 다양하다. 그리고 유기농업 농가에서 유기농 자재로 가장 많이 사용하고 있는 것은 발효퇴비와 미생물제제이다. 발효퇴비 재료는 축

분, 인분, 짚, 톱밥, 왕겨, 잡초 및 각종 유기성 폐기물, 그리고 농작물 잔사 등인데 이들 중 탄소질 재료인 짚종류, 잡초, 왕겨, 톱밥 등과 질소질 재료인 축분 등을 균형있게 배합하여 쓰고 있다. 그리고 목탄, 유산균, 천혜녹즙, 아미노산, 한방영양제, 토착미생물 배양체, 피트모스, 미네랄, 현미식초, 키토산, 그린이온칼슘, 과일효소, 인분주, 청초액, 맥반석효소, 수용성 P, 수용성 Ca, 주정식초 및 발효갯목 등 다양한 자재가 이용되고 있다. 그러나 각 유기농 자재의 사용방법은 그 체계가 아직 정립되어 있지 않고, 또한 투입 자재에 대한 장기적인 효과도 명확하지 않아 앞으로 유기농업 전문 기술교육을 실시하여 각 작물에 따른 재배 기술체계를 정립하고, 다각적인 환경보전형 유기농업의 필요성 및 실천방법을 연구하여 정착할 수 있도록 노력해야 할 것이다. 특히 유기농업이 정착되기 위해서는 무엇보다도 토양비옥도에 대한 관리를 철저히 하여 지력을 증진시키는 작업이 선행되어야 하고, 화학비료나 농약 등 인공합성 물질을 점차적으로 줄여 환경친화적 농업으로 변화시켜 지속가능한 유기농업을 정착시켜야 할 것이다.

따라서 본 연구는 토양오염을 최대한 줄이는 동시에 안전 농산물을 생산하는데 목적을 두고, 농업에 투하되는 화학물질 중 환경오염의 원인이 되는 화학비료와 농약의 대용으로 가축분의 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비를 사용하여 토양의 이화학적 성질 변화와 배추의 생육 및 체내 성분변화를 알아보기 위하여 본 시험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 배추의 생육 및 체내성분의 변화

공시 배추(*Brassica pekinensis* RUPR) 품종은 중앙종묘의 “가락신 1호”를 하였으며, 시험기간은 1998년 9월 1일부터 11월 30일까지 그리고 1999년 9월 1일부터 11월 30일까지 2년간 동아대학교 부속 종합농장 비닐하우스내에서 실시하였다. 시험처리내용은 각 처리구를 3.3m²씩 격리상을 만들어 각 처리구별로 동일한 시비를 하였다. 처리구는 대조구인 화학비료 처리구(N, P, K)와 발효퇴비를 처리한 우분구(OM: Ox Manure), 계분구(CM: Chicken Manure), 돈분구(SM: Swine Manure) 그리고 미생물발효퇴비를 처리한 우분+미생물발효퇴비구(OM+MFC: Microorganisms Fermentation Compost), 계분+미생물발효퇴비구(CM+MFC: Microorganisms Fermentation Compost), 돈분+미생물발효퇴비구(SM+MFC: Microorganisms Fermentation Compost)를 구분하여 7개 처리구를 두어 난괴법 3반복으로 시험하였다. 사용량은 대조구인 화학비료 처리구에는 N:P:K를 10a당 300:100:300kg을 사용하였는데, 질소는 기비 100kg, 추비 200kg을, 인산은 전량기비로, 가리는 기비 100kg을, 추비 200kg을 각각 시비하였다. 발효퇴비 사용은 우분, 돈분 및 계분을 각각 10a당 3,000kg씩 시비하였고, 미생물발효퇴비는 10a당 각 우분(2,000kg)+미생물발효퇴비(1,000kg), 계분(2,000kg)+미생물발효퇴비(1,000kg), 돈분(2,000kg)+미생물발

효퇴비(1,000kg)을 사용하였다. 그리고 병충해 예방을 위해 유기농 자재 처리구에는 목초액을 15일 간격으로 살포하였으며, 화학비료 처리구에는 제초제 및 농약을 3회 살포하였다. 배추의 생육조사는 엽수, 엽중, 엽장 및 엽폭을 조사하였다.

1998년에 수확한 배추잎의 내·외엽에 대한 NO_3^- 함량 분석방법은 손 등⁷⁾에 의한 *E. coli* 세포 질산환원분석법을 이용하여 분석하였다. 신선한 상태로 배추의 NO_3^- 가 집적되어 있는 세포 속의 액포 및 세포질이 파괴되지 않도록 막자와 막자사발을 이용하여 잘게 분쇄한 후 10g을 취하여 200ml 삼각플라스크에 넣고 3차 증류수를 100ml 가한 후 200rpm으로 침전시킨 후 0.8ml의 formate buffer를 가하고 37℃의 항온기에 넣은 채로 각 시험관에 일정 간격으로 질소가스를 투입하여 혐기적 상태를 만든후 NO_3^- 를 NO_2^- 로 환원시키기 위해 *E. coli*의 cell을 1ml 넣고 20분간 항온처리하였다. 이에 nitrite test reagent (NEDC+Sulanilamide)를 가하여 적자색으로 발색시킨 후 UV spectrophotometer(MILTON ROY Model : SPECTRONIC 601)를 이용하여 파장 540nm에서 측정하였다. 1999년도에 수확한 배추의 음이온 분석은 수확 직후 시료 5g을 취하여 막자사발로 분쇄한 침출액을 100배 희석하여 Ion chromatography(LC 20 chromatography Enclosure)로 분석하였다.

발효퇴비는 경남 김해시 대동면과 상동면의 농가에서 완전 부숙된 구비를 구입하여 사용하였으며, 우분, 돈분, 및 계분의 성분분석 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical properties of composted animal manures used in experiment

Division	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	T-N (%)	P2O5 (mg/kg)	Exchangeable Cation(cmol/kg)			
						K	Ca	Mg	Na
Ox manures	7.9	22.5	331	1.42	6,830	9.04	11.03	13.21	5.93
Swine manures	8.2	29.1	401	2.00	9,005	17.39	8.58	4.76	17.39
Chicken manure	7.6	33.6	433	2.59	11,431	21.04	8.11	5.77	20.06

미생물 발효퇴비는 우분, 돈분 및 계분 발효퇴비에 유용미생물(Effective Microorganisms) 제제를 혼합하여 사용하였다. 유용미생물제제는 비옥한 토양속에서 채취한 미생물을 엄선, 합성배양한 것으로 단종 미생물 제제보다 환경변화에도 안정적인 것이 특징이며 광합성세균, 유산 및 효모균들이 포함되어 있는 미생물제제이다. 본 공시 미생물제를 생명공학연구소에서 동정한 결과 *Lactobacillus*계가 수종 이었으며, YM배지에서 Yeast계로 *Candida Versatilis*가 조사되었다. 그리고 광합성세균으로 *Cyanobacteria* 등이 확인된 미생물제제이다. 미생물발효퇴비 제조는 구입한 완숙된 우분, 돈분 및 계분에 각각 미생물제제를 100배 희석하여 물뿌리개로 균등하게 뿌려주면서 수분이 30%전후(손으로 째 짜 쥐었을 때 덩어리가 되지 않을 정도)하여 만든 재료를 쌀포대등에 넣고 다시 비닐봉지에 넣어서 이중으로 밀봉한 다음 15일간 발효시켜 사용하였다.

2. 토양의 화학성 및 미생물상 변화

시험전후의 토양분석은 농촌진흥청 토양 화학분석법⁸⁾에 준하여 실시하였는데 1개의 시험구에서 10군데를 무작위로 시료를 채취하여 고루 섞은 후 그늘에서 풍건한 후 20mesh 체로 쳐서 조제하였고, 유기물 분석용 시료는 60mesh로 하였다. pH는 토양시료 5g에 증류수 25ml을 가한 후 가끔 저어주면서 1시간 방치 후 측정하였고, EC는 토양시료 5g에 증류수 25ml을 가한 후 가끔 저어주면서 1시간 방치 후 Conductivity meter로 측정하였다. 유기물함량은 토양시료(60mesh) 1g에 0.4N-K₂Cr₂O₇ 용액 10ml을 가하여 3분간 끓인 후 잔반의 K₂Cr₂O₇을 0.2N-FeSO₄(NH₄)₂ SO₄ 6H₂O 용액으로 적정하였다. 유효인산은 토양시료 5g에 Lancaster 침출액 20ml을 가한 후 10분간 진탕 침출하여 Amonium molybdate의 청색으로 발색시켜 비색 측정 토양시료 5g에 Bray No1 침출액 50ml을 가한 후 5분간 진탕 침출하여 Amonium molybdate로 발색 후 비색 측정하였으며, 치환성이온은 토양을 침출한 후 원자흡광분석기로 측정하였다.

토양미생물수 조사는 토양 시료 5g을 정량한 후 Soil extract agar medium을 사용하여 34℃에서 배양한 다음 멸균된 cap tube에 연속 희석한 후 각 특성배지에 평면 도말하고 자라난 Bacteria, Fungi, Actinomycetes 수를 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

유기농 자재인 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비의 시용에 따른 토양의 이화학적 변화와 배추의 생육 및 체내 성분 변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 토양의 화학성 및 미생물상 변화

가. 토양의 화학성 변화

유기농 자재의 시용에 따른 토양의 화학적 특성조사는 '98년과 '99년에 4월부터 7월까지 토마토를 2기작하고, 9월부터 11월까지는 배추를 2기작한 동일한 토양으로서 유기농 자재를 동일하게 4회 시용한 토양을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 시험전 토양의 pH는 평균 6.28 정도로서 우리 나라 경작지 토양의 적정치(6.50)에 비하면 조금 낮은 편이었고, 시험후에는 발효퇴비 처리구 및 미생물발효퇴비 처리에서 약간 증가하는 경향을 보였으나 처리간 큰 차이는 없었다. 그리고 화학비료 처리구에서는 변화가 없었다. 시험전 토양의 EC는 평균 0.45ds/m 였으나 시험후에는 0.74ds/m로서 모든 처리구에서 다소 증가하였는데 처리간에서는 화학비료 처리구에서 가장 높았다. 시험전 토양의 P₂O₅함량은 평균 730mg/kg로 나타났으나 시험후에는

740mg/kg로 나타났는데 이는 우리 나라 경작지 적정치(300)에 비해 상당히 높았다. 시험전 토양의 Ca는 평균 8.27Cmol/kg 이었으나 시험후에는 평균 9.69Cmol/kg로 증가하였는데 특히 돈분+미생물 발효퇴비 처리구에서 2.12Cmol/kg로 가장 많이 증가하였다. 시험전 토양의 Mg는 평균 2.73Cmol/kg이었으나 시험후에는 평균 3.49Cmol/kg로 증가하였는데 특히 돈분+미생물 발효퇴비 처리구에서 2.17Cmol/kg로 가장 많이 증가하였다. 시험전 토양의 K는 평균 0.80Cmol/kg이었으나 시험후에는 평균 0.83Cmol/kg로 증가하였다. 시험전 토양의 유기물함량은 2.33%로 나타났으나 시험후에는 2.37%로 나타났는데 이는 우리 나라 경작지 토양의 적정치(3.0%)에 비하면 낮았다. 이상의 결과를 보면 화학비료 처리구에서는 pH는 거의 변화가 없었으며, EC, P₂O₅, 유기물함량 및 무기물함량은 약간 증가하였다. 그리고 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서는 pH, EC, P₂O₅, 유기물함량 및 무기물함량 모두 다소 증가 하였는데 특히 미생물 발효퇴비 처리구에서 P₂O₅함량이 다른 처리구에 비해 다소 적게 나타났으며, 유기물함량은 약간 증가하였다. 일반적으로 시설 재배지내의 토양은 pH가 낮고, 염분농도가 높은 것이 특징인데 본 시험에서도 플라스틱 하우스내에서 시험하였던 바 비슷한 경향을 나타냈다. 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서 pH가 약간 증가하였는데, 이는 축분 및 미생물 발효퇴비 시용으로 토양 입단을 형성하여 완전분해되지 않고 잔류하여 토양이 이화학성을 다소 개선시켰다는 보고^{9,10,11,12}가 이를 뒷받침하고 있다. P₂O₅는 우리 나라 경작지 토양의 적정치보다 상당히 높게 나타났는데 이는 연작으로 인해 작물이 흡수하고 남은 성분이 계속 집적된 것으로 추정되며, 미생물 발효퇴비 처리구에서는 다소 적은 것으로 보아 미생물 등의 작용으로 토양이 약간 개량된 것으로 판단된다. 片野 등¹³은 돈분퇴비와 우분퇴비를 시용한 결과 토양중의 전탄소와 전질소, 인산, 치환성칼슘 및 마그네슘이 증가하고, 특히 우분퇴비 시용구에서는 치환성칼륨이 증가하였다고 하였는데, 본 시험에서도 비슷한 경향을 나타냈다. Ca, Mg 및 K 등도 화학비료 처리구보다 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서 약간 높게 나타났다. 유기물함량은 모든 처리구에서 약간 증가하였는데 미생물 발효퇴비 처리구에서 가장 많이 증가하였으나 유기재배 토양의 유기물함량의 기준치가 3%이상인 것을 감안할 때 앞으로 지력배양에 힘써 유기물함량을 높여야 할 것으로 사료된다. 유기농법으로 전환하려면 화학비료의 다량시용보다는 발효퇴비나 미생물 발효퇴비를 시용하여 토양의 이화학적 성질을 개선시켜 작물생육에 좋은 토양 환경을 만들어야 할 것이다. 김¹⁴ 등과 홍¹⁵은 무계획적인 유기물의 장기연용은 토양 유기물 증가보다 토양의 무기물함량을 더욱 증가시킨다는 보고도 있어 앞으로 유기농법으로 작물을 재배하기 위해서는 토양 비옥도의 유지와 증진은 Codex 기준안¹⁶에서 제시된 바와 같이 작물을 재배하기 위해 요구되는 식물영양의 공급이 우선적으로 녹비작물, 두과작물 재배 및 윤작을 통해 지력을 증진 시키고, 지력이 낮은 경우 추가적으로 사료첨가제나 오염이 되지 않은 사료를 섭취한 가축의 분뇨를 발효시켜 퇴비화하거나 미생물 발효퇴비를 시용하여 지력을 증진시켜야 하며, 이때 토양진단을 실시하여 그 분석 결과에 근거하여 최적 유기질비료 시용량을 결정하여야 될 것으로 판단된다.

Table 2. Changes of soil component after using organic fertilizers

Treatment	pH (1:5)		EC (ds/m)		P ₂ O ₅ (mg/kg)		Ex. cation(Cmol/kg)						OM (%)	
							Ca		Mg		K			
	before	after	before	after	before	after	before	after	before	after	before	after	before	after
OM	6.29	6.31	0.30	0.65	732	747	8.22	8.35	2.58	3.18	0.98	0.99	2.32	2.33
SM	6.30	6.32	0.47	0.91	735	742	8.27	11.10	2.79	4.16	0.87	0.89	2.33	2.35
CM	6.28	6.31	0.51	0.78	738	743	8.09	8.50	2.82	2.84	0.79	0.81	2.34	2.34
OM+MFC	6.29	6.32	0.65	0.73	731	739	9.13	10.50	2.91	3.42	0.78	0.79	2.31	2.38
SM+MFC	6.27	6.32	0.36	0.52	725	736	8.00	10.25	2.58	4.75	0.71	0.75	2.34	2.40
CM+MFC	6.28	6.31	0.33	0.59	719	735	7.98	10.10	2.75	3.82	0.70	0.80	2.33	2.41
N, P, K	6.28	6.28	0.50	1.00	732	741	8.20	9.01	2.69	3.24	0.79	0.82	2.31	2.33
Mean	6.28	6.31	0.45	0.74	730	740	8.27	9.69	2.73	3.49	0.80	0.83	2.33	2.37

나. 토양의 미생물상 변화

유기농 자재의 시용에 따른 토양 미생물상의 변화를 시험전후 토양에서 조사한 결과는 다음과 같다. 일반적으로 토양 속에는 세균, 방선균, 사상균, 효모, 조균 및 원생동물 등 거의 모든 미생물이 서식하고 있고, 토양의 미생물의 수는 토양의 물리적 및 화학적 조건 등의 비생물적 요인과 동식물 등의 생물적 요인에 따라 일정하지 않다. 이들 토양 미생물은 작물생육에 유익한 역할을 많이 하는데 유기물을 분해하여 암모니아를 생성하며, 유리질소를 고정하고, 무기성분을 변화시키며, 가용성 무기성분을 동화하여 유실을 적게 한다. 또한 균사 등의 점질물질에 의해서 토양의 입단을 형성하고, 미생물 간의 길항작용에 의해서 유해작용을 경감시키며, 호르몬성의 생장 촉진물질을 분비하는 등 작물생육에 많은 역할을 한다. 일반적으로 토양에는 세균이 가장 많고 방선균 및 사상균도 많이 서식하고 있다. 세균은 질화세균, 탈질균 등의 토양 고유형과 유기물의 첨가에 의해 급속히 증식하는 발효형으로 크게 나눈다. 방선균은 세균 다음으로 많으며 흙냄새의 원인이며 단백질 및 셀룰로오스 등의 분해에 관여하고 있다. 특히, *Streptomyces*균은 항진균성으로 곰팡이를 억제시키는 작용을 한다. 사상균은 *Mucor*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* 및 *Pithium* 등으로 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 단백질 등의 유기물의 분해에 관여하는 것이 많다.

따라서 본 시험 토양의 미생물상 조사는 작물 재배에 가장 중요한 역할을 하는 세균, 방선균 및 사상균 수를 조사하였다. 세균수를 조사한 결과를 Fig. 1에서 보면 시험전 토양에서는 거의 비슷한 수치를 나타내었으나 재배년수가 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. 유기농 자재의 시용에 따른 변화는 발효퇴비 처리구에서는 우분 처리구에서 약간 높았고, 미생물 발효퇴비 처리구에서는 우분+미생물 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났으며 대체적으로 발효퇴비 처리구보다 미생물 발효퇴비 처리구에서 세균수가 증가한 경향을 보였다. 그러나 화학비료 처리구에서는 일정한 경향이 없었다. 방선균수를 조사한 결과를 Fig. 2에서 보면 시험전 토양

에서는 우분+미생물 발효퇴비 처리구에서 가장 높게 나타났고, 계분 발효퇴비 처리구에서 가장 낮게 나타났는데 처리간 일정한 경향이 없었다. 그리고 재배년수가 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 우분 발효퇴비 처리구 및 계분 발효퇴비 처리구에서는 시험전 토양보다는 증가하다가 일정한 경향을 나타내었다. 유기농 자재의 시용에 따른 변화는 발효퇴비 처리구에서는 돈분 발효퇴비 처리구 및 계분 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났고 미생물 발효퇴비 처리구에서는 우분+미생물 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났으며 대체적으로 발효퇴비 처리구보다 미생물 발효퇴비 처리구에서 방선균수가 많은 것으로 나타났다. 그러나 화학비료 처리구에서는 일정한 경향이 없었다.

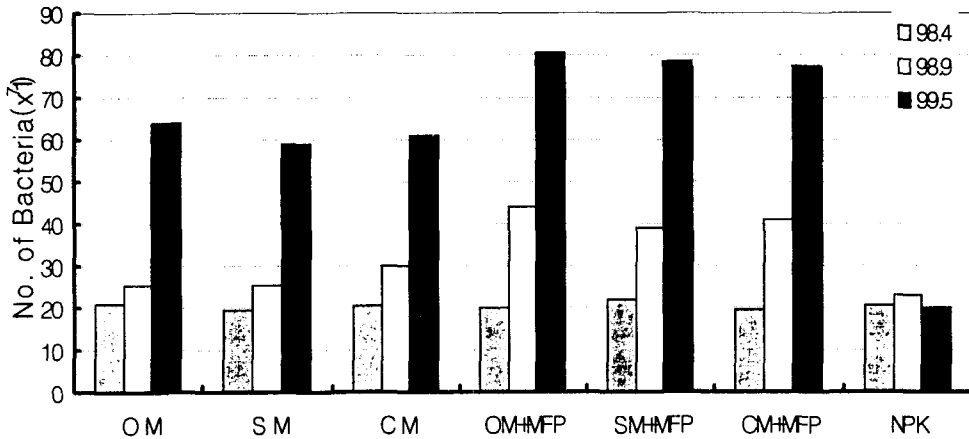


Fig. 1. Changes of number of bacterial after using organic fertilizers.

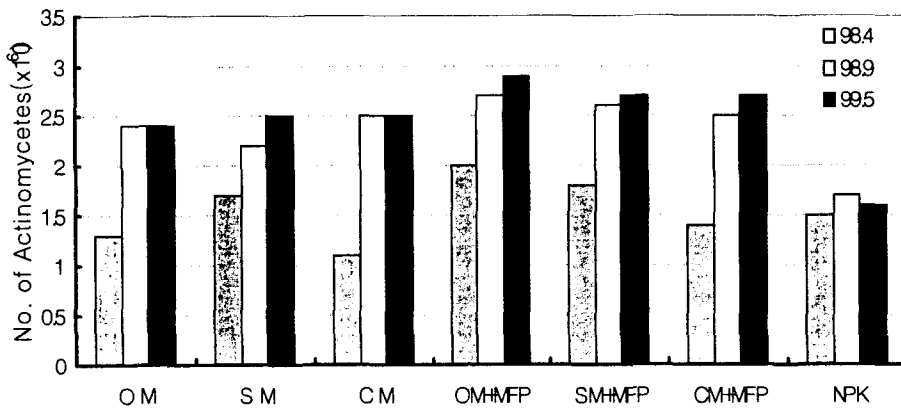


Fig. 2. Changes of number of actinomycetes after using organic fertilizers.

사상균수를 조사한 결과를 Fig. 3에서 보면 시험전 토양에서는 돈분 발효퇴비 처리구 및 계분 미생물 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났고, 우분 발효퇴비 처리구에서 낮게 나타났다. 그리고 재배년수가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 돈분 발효퇴비 처리구에서는 시험전 토양보다는 증가하다가 뒤에는 동일하였으며, 화학비료 처리구에서는 재배년수가 경과함에 따라 감소하였다. 유기농 자재 시용에 따른 변화는 발효퇴비 처리구에서는 돈분 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났고, 미생물 발효퇴비 처리구에서도 돈분+미생물 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났으며 대체적으로 발효퇴비 처리구보다 미생물 발효퇴비 처리구에서 사상균수가 많은 것으로 나타났다. 이상의 결과를 요약하면 화학비료 처리구에서는 세균, 방선균수는 재배년수가 경과하여도 거의 일정한 경향을 보였고, 사상균수는 다소 감소하는 경향을 보였다. 그러나 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서는 재배년수가 경과함에 따라 세균, 방선균 및 사상균수가 모두 증가하는 경향을 보였는데, 특히 미생물 발효퇴비 처리구에서 세균수는 상당히 증가하였다. 이는 미생물 작용에 의한 것으로 추정된다. 일반적으로 화학비료를 장기간 사용한 시설 재배지의 토양에 서식하는 미생물의 종류는 작물의 연작년수가 증가함에 따라 병원성 미생물 및 식물 독소함량이 증가되어 이병율이 높아진다고 하였으며,¹⁷⁾ 특히 식물 독소는 미생물 뿐만 아니라 식물에서도 분비되기 때문에 동일작물을 연작할 경우 자가 증독에 걸리기 쉽다는 보고¹⁸⁾도 있다. 그리고 사용하는 자재에 따라 토양 미생물상의 변화가 다르게 나타나는데, 서 등¹⁹⁾은 화학비료 및 유기물 등의 개량제를 43년간 동일재료를 사용해 온 논 토양을 퇴비시용 유무로 구분하여 볼 때 논 토양에 서식하는 고온성 *Bacillus*속은 퇴비 시용량이 많을수록 일정하게 증가하였다고 하였다.

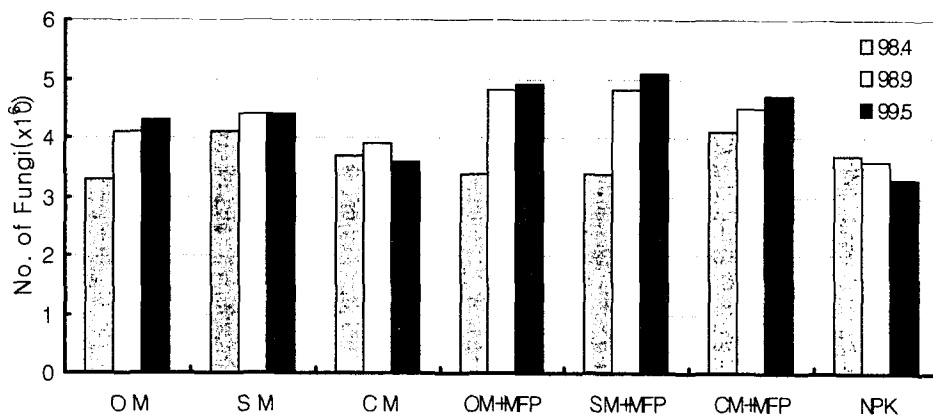


Fig. 3. Changes of number of fungi after using organic fertilizers.

따라서 토양에 서식하는 미생물은 유기물의 종류 및 함량과 매우 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 토양의 생물활성을 높이는 중요한 방법은 양질의 유기물 및 미생물 발효퇴비를 적정

량 사용하는 것이라 판단된다. 그리고 토양에 공급되는 시용자재의 종류, 시용량 및 시용방법에 따라 결과적으로 토양과 작물에 대한 효과를 증감시키게 되고 토양의 미생물상도 변화시킨다고 볼 수 있다. 지금까지 우리 나라 토양의 연대별 화학적 특성에 대한 조사에 의하면 토양의 유기물이 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이는 관행적인 영농방법에서 기계화와 집약화로 인한 화학비료의 다량사용과 퇴비 등 유기물의 생산감소 등이 큰 원인이라 할 수 있다. 따라서 화학비료 대신 발효퇴비나 미생물 발효퇴비 등 유기농 자재를 최대한 활용하여 토양 생태계를 건전하게 유지하고, 작물에 대하여 지속적인 양분의 공급을 할 수 있도록 토양 근권내 유익한 미생물수를 증식시켜야 할 것으로 사료된다.

다. 배추(*Brassica pekinensis* RUPR)의 생육 및 체내성분 변화

유기농 자재를 사용하여 시험한 배추의 생육 및 체내 성분을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 생육특성을 살펴보면 엽수에 있어서는 재배년수가 경과함에 따라 대조구인 화학비료 처리구, 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구 모두 엽수가 증가하였다. 전 처리구에서 보면 대조구인 화학비료 처리구에서 가장 많이 증가하였고, 발효퇴비 처리구보다는 미생물 발효퇴비 처리구에서 약간 증가하였다. 사용 자재에 있어서 발효퇴비 처리에서는 '98년에는 돈분 발효퇴비 처리구에서 높았고, '99년에는 계분 발효퇴비 처리구에서 높았다. 미생물 발효퇴비 처리구에서는 '98년과 '99년 공히 계분+미생물 발효퇴비 처리구에서 높았다. 엽중에서는 재배년수가 경과함에 따라 화학비료 처리구, 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구 모두 증가하였다. 전 처리구에서 보면 '98년에는 화학비료 처리구에서 가장 높았고, '99년에는 돈분+미생물 발효퇴비 처리구, 계분+미생물 발효퇴비 처리구 및 화학비료 처리구에서 비슷한 경향을 나타냈다. 사용 자재에 있어서 발효퇴비 처리에서는 '98년에는 계분 발효퇴비 처리구에서 높았고 '99년에도 계분 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났다. 미생물 발효퇴비 처리구에서는 '98년, '99년 공히 계분+미생물 발효퇴비 처리구에서 높게 나타났다. 엽장에 있어서는 재배년수가 경과함에 따라 대조구인 화학비료 처리구, 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구 모두 증가하였다. 사용 자재에 있어서 발효퇴비 처리에서는 '98년, '99년 공히 우분 발효퇴비 처리구에서 가장 높았고, 미생물 발효퇴비 처리구에서도 '98년, '99년 공히 계분 발효퇴비 처리구에서 가장 높았다. 엽쪽에 있어서는 재배년수가 경과함에 따라 화학비료 처리구, 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구 모두 증가하였다. 사용 자재에 있어서 발효퇴비 처리에서는 '98년과 '99년 공히 우분 발효퇴비 처리구에서 높았고, 미생물 발효퇴비 처리구에서는 '98년, '99년 공히 계분+미생물 발효퇴비 처리구에서 가장 높았으며, 화학비료 처리구와 비슷하게 나타났다.

이상의 결과를 요약하면 재배년수가 경과함에 따라 모든 처리구에서 엽수, 엽중, 엽장 및 엽폭 등이 증가하였으며, 사용 자재에 있어서는 화학비료 처리구> 미생물 발효퇴비 처리구> 발효퇴비 순으로 생육이 증가하였으며, 발효퇴비 처리구보다 미생물 발효퇴비에서 생육이 증가하였는데, 특히 전 처리구에서 볼 때 계분+미생물 발효퇴비 처리구에서 생육이 가장 좋았다. 이

는 미생물 발효퇴비 사용으로 토양의 이화학적 특성이 개선되어 생육에 영향을 끼친 것으로 사료된다. 일반적으로 유기농 자재를 사용할 경우 초기에는 관행농법에 비해 생산량이 작물에 따라 차이는 있으나 수확량이 20~30% 감소되는 것으로 알려져 있으나²⁰⁾ 본 시험에서는 거의 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 토양, 기상상태 및 재배년수에 기인된 것으로 사료된다.

Table 3. Growth characteristics of chinese cabbage after application organic fertilizers('98~'99)

Treatments	Leaf number per plant		Leaf weight per plant(g)		Leaf length (cm)		Leaf width (cm)	
	'98	'99	'98	'99	'98	'99	'98	'99
	OM	26.00	26.09	356.71	361.67	38.95	39.43	21.29
SM	26.05	26.08	357.00	358.67	38.84	39.23	21.14	21.33
CM	25.98	26.18	361.08	369.21	38.66	39.22	21.09	21.27
OM+MFP	26.08	26.29	370.01	374.41	38.83	39.13	21.59	21.72
SM+MFP	26.07	26.24	370.94	376.26	39.14	39.45	21.49	21.69
CM+MFP	26.15	26.41	371.71	377.65	39.35	39.67	21.61	21.76
Control	26.21	26.46	375.02	376.34	39.34	39.65	21.57	21.70
LSD 5%	1.97	2.06	34.71	36.04	4.23	4.02	1.64	1.59
1%	2.25	3.12	54.93	57.84	6.03	6.01	2.01	2.27

유기농 자재의 사용에 따른 배추의 체내 NO_3^- 함량을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 배추를 수확후 내엽과 외엽을 구분하여 NO_3^- 함량을 분석한 결과 외엽에서는 화학비료 처리구에서 가장 많았으며, 타 처리구에서는 뚜렷한 차이가 없었다. 내엽에서도 대조구인 화학비료 처리구에서 가장 많았으며, 우분+미생물 발효퇴비 처리구에서 가장 적었다. 이런 결과로 볼 때 배추의 NO_3^- 함량은 내엽보다는 외엽에서 많았다. 대체적으로 화학비료를 사용한 처리구에서 내·외엽 모두 NO_3^- 함량이 타 처리구보다 많았다. 일반적으로 채소류가 흡수하는 질소의 형태는 질산염이 대부분인데 질산염은 뿌리에서 동화하지 않고 잎으로 전류되어 엽세포의 액포와 세포질에 저장되어 있다가 엽록소에서 Glutamine synthetase에 의해 글루타민으로 합성되어지기 때문에 엽채류의 경우에는 과잉 시비시 다량의 질산염이 잎에 집적되는 것으로 알려져 있다. 손 등^{21,22)}과 Sohn²³⁾은 배추의 가식부위별 NO_3^- 집적량은 관행농법, 유기농법 공히 외부엽이 내부엽에 비해 다소 많았다고 하였고, 또한 배추, 양배추 및 양상추의 엽위에 따른 NO_3^- 함량은 엽위가 증가하여 잎의 크기가 클수록 NO_3^- 함량이 많았다는 보고와 본 시험은 일치하였다.

이상의 결과를 요약하면 엽채류에서 외엽이 내엽보다 NO_3^- 함량이 증가하는 것은 엽위가 증가할수록 세포의 연령이 증가하는데 보통 세포가 성장함에 따라 NO_3^- 가 축적되어 있는 액포의 크기가 세포가 성숙됨에 따라 소형의 액포가 서로 융합하여 대형화되며, 보통 식물체내에서 NO_3^- 를 NO_2^- 로 환원하는 질산염효소가 오래된 잎일수록 그 효소 활성도가 떨어지기 때문에

NO₃⁻ 함량이 증가하는 것으로 추정된다. 그리고 채소의 NO₃⁻ 집적량은 생육기간중의 토양 근권 내 가급대 질소량에 좌우됨으로 화학비료나 유기질비료의 과다 시비에 따라서도 영향을 받는 것으로 알려져 있기 때문에 유기농업 농가에서는 유기질퇴비 추천 시용량을 준수하여 토양에 축적되지 않고 작물에 흡수될 수 있도록 하는 것도 NO₃⁻ 함량을 줄일 수 있는 방안이 될 것으로 사료된다.

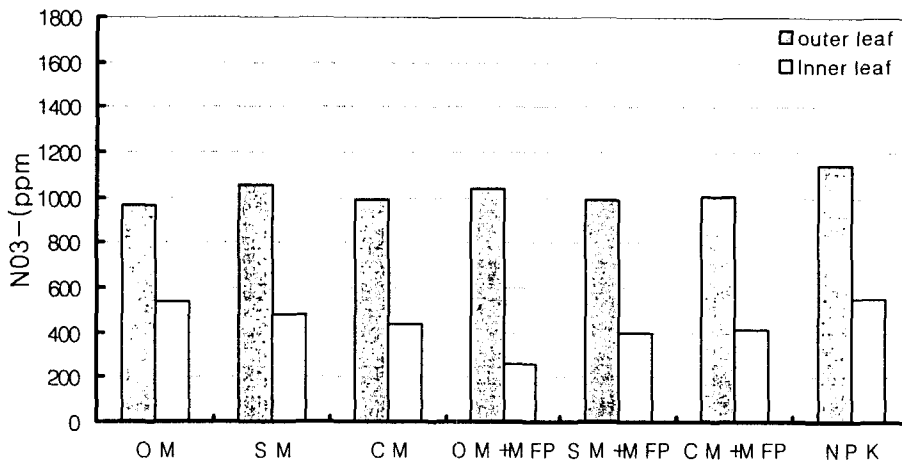


Fig. 4. Change of nitrate content in chinese cabbage after application organic fertilizers('98)

유기농 자재를 시용한 배추의 유기물 합성에 영향을 미치는 음이온 함량을 내엽과 외엽을 구분하여 분석한 결과는 Table 4와 같다. F함량은 처리구 모두 내엽보다 외엽에서 많았으며 발효퇴비에서는 계분 발효퇴비 처리구가, 미생물 발효퇴비 퇴비구에는 돈분+미생물 발효퇴비 처리구에서 많았으며, 전 처리구중에서는 계분 발효퇴비 처리구가 많았다. 내엽에서는 외엽과 비슷한 경향이었으나 돈분 발효퇴비 처리구에서 내·외엽의 차이가 컸다. Cl함량은 처리구 모두 내엽보다 외엽에서 많았으며 발효퇴비에서는 우분 발효퇴비 처리구가, 미생물 발효퇴비 처리구에는 돈분+미생물 발효퇴비 처리구에서 많았다. P함량은 처리구 모두 내엽보다 외엽에서 많았으며, 전 처리구에서 비슷하게 나타났다. S함량은 처리구 모두 내엽보다 외엽에서 많았으며, 외엽에서는 계분 발효퇴비 처리구에서 많게 나타났고, 내엽에서는 전 처리구에서 비슷한 경향을 나타냈다. 이상의 결과를 요약하면 내엽보다 외엽에서 음이온함량이 많게 나타났으며, 처리간에는 큰 차이가 나타나지 않았다.

Table 4. Nutrient contents of Chinese cabbage after application organic fertilizers('99)

		(Unit : ppm)			
Treatments	Division	F	Cl	P	S
O M	Outer Leaf	51	290	985	848
	Inner Leaf	47	221	912	640
S M	Outer Leaf	48	278	1001	854
	Inner Leaf	42	216	911	633
C M	Outer Leaf	55	289	967	859
	Inner Leaf	44	219	909	641
OM+MFP	Outer Leaf	45	281	998	857
	Inner Leaf	31	207	914	644
SM+MFP	Outer Leaf	47	289	984	846
	Inner Leaf	38	210	900	647
CM+MFP	Outer Leaf	45	279	987	849
	Inner Leaf	26	199	908	649
Control	Outer Leaf	48	271	1006	854
	Inner Leaf	43	209	913	651
LSD 5%		6.71	22.06	43.08	41.27
1%		8.62	31.58	59.00	54.08

유기농 자재를 사용한 배추의 체내 무기성분을 분석한 결과는 Table 5와 같다. T-N함량은 외엽보다 내엽에서 많았으며, 외엽에서는 계분+미생물 발효퇴비 처리구에서 많았고, 내엽에서는 우분+미생물 발효퇴비 처리구에서 많이 나타났다. P함량은 내엽보다 외엽에서 많았으며, 외엽에서는 돈분 발효퇴비 처리구에서 많았고, 내엽에서는 화학비료 처리구에서 많았다. 유기농 자재 처리간에는 공히 비슷한 경향을 나타냈다. Ca함량은 내엽보다 외엽에서 많았으며, 전 처리구에서 볼 때 외엽에서는 돈분 발효퇴비 처리구에서 많았고, 내엽에서는 우분 발효퇴비 처리구에서 많았다. Mg함량은 내엽보다 외엽에서 많았고, 전 처리구에서 볼 때 외엽에서는 돈분 발효퇴비 처리구에서 많았고, 내엽에서는 우분+미생물 발효퇴비 처리구에서 많았다. K함량은 내엽보다 외엽에서 많았고, 전 처리구에서 볼 때 외엽에서는 계분 발효퇴비 처리구에서 많았고, 내엽에서는 우분 발효퇴비 처리구 및 계분 발효퇴비 처리구를 제외한 모든 처리구에서 많이 나타났다. 이상의 결과를 요약하면 P, Ca, Mg 및 K함량은 전 처리구 모두 내엽보다는 외엽에서 많았으며, T-N 함량은 외엽보다는 내엽에서 많은 것으로 나타났다. 그리고 유기농 자재의 처리간에는 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

Table 5. Mineral element of Chinese cabbage after application organic fertilizers('99)

(Unit : ppm)

Treatments	Division	T-N	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K
O M	Outer Leaf	2.61	1.69	2.17	0.49	5.08
	Inner Leaf	3.35	1.57	1.39	0.43	4.44
S M	Outer Leaf	2.09	2.00	2.61	0.52	5.80
	Inner Leaf	2.85	1.55	0.98	0.41	4.72
C M	Outer Leaf	2.63	1.87	1.88	0.50	6.12
	Inner Leaf	3.24	1.69	0.97	0.44	4.38
OM+MFP	Outer Leaf	2.77	1.75	1.37	0.50	5.82
	Inner Leaf	3.78	1.52	1.23	0.46	5.44
SM+MFP	Outer Leaf	2.71	1.98	2.08	0.49	5.22
	Inner Leaf	3.18	1.70	1.10	0.42	5.12
CM+MFP	Outer Leaf	2.98	1.92	2.49	0.64	5.91
	Inner Leaf	3.37	1.73	0.75	0.44	5.37
Control	Outer Leaf	2.71	1.90	1.71	0.45	5.56
	Inner Leaf	3.72	1.75	0.88	0.41	5.27
LSD	5%	0.21	0.14	0.15	0.09	0.51
	1%	0.54	0.29	0.31	0.11	0.87

유기농 자재의 시용에 따른 배추의 생육 및 체내 성분을 분석한 결과를 종합하면 화학비료 처리구, 발효퇴비 처리구 및 미생물 발효퇴비 처리구 공히 재배년수가 경과함에 따라 생육이 양호하게 나타났으며, 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서도 화학비료 처리구와 거의 비슷한 생육상태를 나타내었다. 전 처리구에서 보면 계분+미생물 발효퇴비 처리구에서 생육이 가장 좋았는데 이는 계분이 우분이나 돈분에 비해 질소함량이 많아서 배추의 영양생장을 촉진시켜 생육이 양호한 것으로 추정된다. 그리고 NO₃⁻함량은 처리간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았으나 대체적으로 내엽보다는 외엽에서, 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구보다는 화학비료 처리구에서 NO₃⁻함량이 약간 많았다. 일반적으로 토양중 NO₃⁻N함량이 높을수록 채소내 NO₃⁻함량이 증가한다고 하였는데²⁴⁾ 본 시험에서도 화학비료 처리구에서 NO₃⁻함량이 많은 것으로 나타난 것은 화학비료의 시용으로 토양 근권내에 NO₃⁻N함량이 축적되어 이것이 체내로 전류되어 NO₃⁻함량이 많은 것으로 판단되며, NO₃⁻함량을 줄이기 위해서는 녹비작물 재배, 두과작물 재배 및 윤작 등을 통해 토양 비옥도를 증진시키고, 유기물을 사용하는 것이 채소내 NO₃⁻함량도 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 배추 체내 무기성분은 T-N은 외엽보다 내엽에서 많았으며, P, Ca, Mg 및 K함량은 내엽보다 외엽에서 많게 나타났으나 처리간에는 일정한 경향을 볼 수 없었는데 이는 재배환경 및 시험기간이 짧았기 때문인 것으로 추정된다.

IV. 적 요

화학비료와 농약의 대응으로 가축분의 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비를 사용하여 토양의 이화학적 성질 변화와 배추의 생육 및 체내 성분변화를 알아보기 위하여 본 시험을 수행하였던 바 결과는 다음과 같다.

1. 유기농 자재를 시용한 토양의 화학적 성질을 보면 pH 및 유기물함량은 화학비료 처리구에서는 거의 변화가 없었던 반면 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서는 약간 증가하였고, 인산, 칼슘 및 칼리 성분은 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서 화학비료 처리구보다 증가하였으며, 특히 계분+미생물 발효퇴비 처리구에서 가장 높았다.
2. 유기농 자재를 시용한 토양의 미생물상의 변화는 화학비료 처리구에서는 세균 및 방선균수는 거의 일정한 경향을 보였고 사상균수는 약간 감소하는 경향을 보인 반면 발효퇴비 및 미생물 발효퇴비 처리구에서는 세균, 방선균 및 사상균수가 모두 증가하는 경향을 보였으며, 특히 미생물 발효퇴비 처리구에서는 세균수가 상당히 증가하였다.
3. 유기농 자재의 시용에 따른 배추의 생육은 화학비료 처리구 > 미생물 발효퇴비 처리구 > 발효퇴비 처리구 순으로 높았고, 체내 NO₃⁻ 함량은 내엽보다 외엽에서 많았고, 처리간에는 화학비료 처리구에서 내·외엽 모두 가장 많았으며, 미생물 발효퇴비 처리구에서 다소 적었다.
4. 유기농 자재의 시용에 따른 배추의 체내성분은 처리간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

참고문헌

1. 김종숙. 1994. 유기농업농가의 경영실태. -유기농업의 현황 및 발전방향에 관한 심포지엄-. pp.95-110.
2. 保田茂. 1986. 日本の有機農業. 東京. タイセン社. p.29.
3. A.G. 하워드 저, 최병철 역. 1987. 농업성전. 서울. 동화출판사. p.51.
4. 농촌진흥청. 1995. 외국의 유기농업. 해외농업기술정보 제38호.
5. 中村耕三. 1989. 歐美諸國における有機農業の現況. 農業および園藝. 64(1) : 109-116.
6. Board on Agriculture, National Research Council. 1989. Alternative agriculture. National Academy Press, Washington D. C., pp.135-194.
7. 손상목·이윤진. 1997. *E. coli* cell을 이용한 植物體, 土壤, 水質의 窒酸態窒素 分析方法. 韓國土壤肥料學會誌 30(4) : 361-369.
8. 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법.
9. 金鼎濟. 1990. 中小規模 畜産廢水의 效率的 處理方案 開發에 관한 研究-試製品 (Sludge)堆肥가 土壤에 미치는 影響과 肥效試驗. 韓國科學財團報告書.

10. 吳旺根. 1978. 有機物の施用이 土壤의 化學的 性質에 미치는 影響. 韓土肥誌. 11(3) : 161-174.
11. 박상근·김광용·이지원·신영안·이응호. 1993. 고추 연작지에 있어서 수질탄화물 사용이 생육 및 土壤의 化學성에 미치는 效果. 韓國環境農化學會誌. 12(12) : 1-8.
12. 유진창·이용석. 1973. 밭토양에 있어서 각종 有機物 資源別 效果試驗. 農機報告書 : 58-67.
13. 片野 豊 ほか. 1988. 有機物の連用が施設土壤の化學性に及ぼす影響. 愛知農總試研報. 20 : 324-328.
14. 김재규·박노권·최정. 19093. 동일비료 연용시험. 경북진흥원농시연보. 368-373.
15. 홍종운. 1993. 유기자원의 활용현황과 전망. 환경보존을 위한 토양관리 심포지엄. 한국토양비료학회. 31-37.
16. Riddle, J. and Ford, J. 1995. Organic Inspection Manual. Independent Organic Inspectors Association. Minnesota/USA.
17. 大橋恭一, 岡本將宏. 1985. 野菜の養分吸收と土壤の化學性に及ぼすおがくず入り牛ふん 廐肥 連用の影響. 土肥誌. 56 : 378-383.
18. 山田 裕. 1991. 有機農業の技術的評價に關する研究 : 無機肥料及び有機肥料連用圃場における地力窒素の評價. 神奈川農總研報. 133 : 67-74.
19. 서상선·연병열. 1998. 부숙퇴비 시용내력 지표미생물로서의 고온성 Bacillus. 한토비지. 31(3) : 285-290.
20. 서종혁·김종숙·전장수. 1992. 유기농산물의 생산 및 유통실태와 장기발전방향. 한국농촌경제연구소. pp.1-70.
21. 손상목·오경석·문우택. 1994. 일반관행농법과 유기농법 배추, 무의 가식부위내 NO₃⁻ 집적량 차이. 한국유기농업학회지 3(1) : 87-97.
22. 손상목·김영호·윤지영. 1999. 우리 나라 유기농 채소내 질산염함량의 경시적 추이. 한국유기농업학회지 7(2) : 125-152.
23. Shon, S. M. 1994. NO₃⁻ Accumulation in Edible Parts of Chinese Cabbage and Radish Cultivated by Conventional and Organic Farming and its Limit Value for Safe Agricultural Products. 10th IFOAM Conference (11-16th December), Lincoln University, New Zealand, p.139.
24. 손상목·오경석. 1993. 질소비료 저투입에 의한 우수 농산물 간이 판정 지표로서 주요 농작물의 "가식부위내 NO₃⁻활용 가능성에 관한 연구". 한국유기농업학회지. 2 : 10-19.