

과제구분	지역농업 기술개발	Code LS0603	수행시기	전반기	연구기간	'99~'01(완결)
연구과제명	Recycle 개념의 생물전환에의한 농업생산 폐기물의 효율적 이용기술개발					
세부과제명	고체발효기술에 의한 농산폐기물의 퇴비 소재화					
구분	성명	소속		직급	전화번호	
세부과제책임자	서정식	작물경영연구과		지방농업연구소	(033)258-5711	
공동연구자	이안수	특화작목개발시험장		"	(033)243-1822	
	박영학	"		"	"	
색인용어	고체발효, 농산폐기물, 퇴비화					

1. 연구배경

농산부산물 및 가공폐기물의 재이용은 자원의 재활용이라는 측면과 함께 환경오염에 적극적으로 대처한다는 점에서 대단히 중요한 과제라고 할 수 있으며 이를 해결하기 위한 연구의 필요성은 매우 높다고 하겠다. 더욱이 농산부산물 및 가공폐기물 중에는 인진썩박과 같이 난분해성인 것들이 많으며 이들은 분해가 어려워 장기간 환경을 오염시키고 농업적인 재활용도 어려워 문제가 크다고 할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 강원도내에서 폐기되고 있는 주요 농산부산물 중 분해가 어려운 농산 폐기물을 퇴비화하여 재활용하고자 고체발효기로 퇴비를 제조시 반응물의 퇴비화 정도를 물리화학적 특성과 미생물상의 변화를 조사하여 분석함과 아울러 고체발효에 의한 퇴비 제조시 최적조건과 발효퇴비의 효과를 채소류의 육묘 및 본포장에서 검토하고자 실시하였는바 그 결과를 보고하는 바이다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 1999년부터 2001년까지 3개년간 고체발효기를 이용한 농산폐기물의 퇴비화에 따른 물리화학적 및 미생물상 변화와 최적 발효조건 그리고 생산된 퇴비의 효과를 실증하는 3단계로 나누어 실시하였는데 단계별 재료 및 방법을 기술하면 다음과 같다.

가. 고체발효기를 이용한 농산폐기물의 퇴비화에 따른 물리화학적 및 미생물상 변화

본 과제는 도내 식품가공공장에서 부산물로 발생되어 대부분 폐기되고 있는 인진썩박, 칩박, 도토리박, 맥주박 및 버섯 폐배지를 시료로 사용하였는데 도토리박은 통기성을 개량할 목적으로 팽화제(bulking agent)로 불리는 포플러 톱밥을 사용하여 팽화시켜 수분을 조절하여 사용하였다.

발효장치는 (주)한국 바이오콤으로부터 주문 제작한 고체발효기(SSFR : Solid State Fermentation Reactor)로 기기의 규격 및 발효 조건은 <표 1>과 같았다.

표 1. 고체발효기의 규격 및 발효조건

총용적(ℓ)	발 효 조 건			
	온도(℃)	환기량(ℓ/min)	교반속도(rpm)	효소투입량(v/v)
5	50	3~4	5~6	5%

고속 퇴비화를 위한 발효촉진용 발효제를 첨가하였는데, 이 발효제도 역시 (주)한국 바이오콤으로부터 구입하여 사용하였다.

퇴비재료 및 퇴비화 과정 중 채취한 시료는 토양화학분석법(농촌진흥청, 1989) 및 비료분석법(김, 1985)에 준하여 분석하였다. 수분함량은 수분측정기(Denver Instrument Mark 2HP, USA)로 측정하였고, 유기물 함량은 550℃ 회화법으로 구하였으며, 총탄소 함량은 Nelson과 Sommers의 관계식(%탄소=(100-%회분)/1.8)으로부터 계산하였다(Nelson, '95). 총질소 함량은 질소분석기(Kjeltec Auto-1035 Sampler System, Tecator, Sweden)를 사용하여 구하였고, 무기성분은 ICP(Inductive Coupled Plasma, Spectrometer, Integra XMP, GBC, Australia)로 정량 하였다.

pH는 시료와 멸균수를 1:10으로 현탁하여 pH meter로 측정하였고 CO₂는 진공법 가스 검지기(Kitagawa Recision Gas Detectors AP-400)를 사용하여 변색된 검지관의 눈금을 읽어 ppm 단위로 정량하였다. 한편, 미생물의 계수는 퇴비시료 5g을 50ml의 멸균수에 현탁하고, 30분간 진탕한 후 토양미생물 실험법에 따라 희석평판법 (한국미생물학회 1987)으로 구하였다. 이때 미생물의 배양을 위해 사용한 배지는 세균용으로 NA(nutrient agar), 방선균(actinomycetes)은 SCA(soluble starch casein agar), 그리고 사상균(fungi)은 RBA(rose-bengal agar)를 사용하였다(Atlas 1993). 배양온도는 본 퇴비화 실험이 50℃에서 진행되었기 때문에 고온성 균을 2일간 배양한 다음, 생성된 colony를 계수 하였다.

나. 농산폐기물의 퇴비화 최적조건 구명

농산폐기물의 퇴비화 최적조건을 구명하기 위해 인진숙박을 공시하여 발효시간은 36 ~ 84시간(5수준), 발효온도는 30 ~ 60℃(4수준), 발효제 첨가량은 3 ~ 7%(5수준), pH는 4 ~ 7(4수준)으로 하여 퇴비를 제조하고 퇴비화 정도를 측정하는 지표로 호열성 세균의 농도, C/N율, 인산함량, 총유기물 함량의 변화를 조사하였다

다. 농산폐기물의 고체발효에 의한 퇴비의 실용화 가능성 검토

본 과제는 상추(적측면), 배추(올림픽), 토마토를 (하우스도태랑) 공시하여 인진숙박, 맥주박<그림 1>을 고체발효기<그림 2>에서 수퍼엔자임 발효제를 첨가하여 제조한 퇴비의 육묘상토로서의 활용가능성 검토를 위해 실시하였다. 상토는 용량비로 마사토와 1:0, 2:1, 1:1, 1:2로 혼합하여 사용하였으며 대비로 상추와 배추는 배추마을상토를, 토마토는 부농상토 원예5호를 사용하였다. 상추와 배추는 128공 플러그육묘 상자에, 토마토는 72공 플러그육묘 상자에 파종한 후 출현율, 묘소질 등을 조사하고 농촌진흥청 조사기준에 따라 식물체의 T-N율, P₂O₅, K₂O, MgO를 분석하였다.



그림 1. 발효전 인진쑥박 및 맥주박



그림 2. 고체발효기

본 포장에서의 퇴비 활용가능성 검토를 위해 배추(올림픽)를 공시하고 앞의 방법으로 생산된 인진쑥박, 맥주박 퇴비를 10a당 0, 1,500, 2,500, 3,500kg을 사용하여 춘천시 신북읍 발산리 유근구 농가 포장에서 수행하였다.

대조구에는 시판 퇴비(참퇴비)를 10a당 1,500kg을 사용하였으며 기타 비료는 <표 2>와 같이 시비하였으며 0.03mm 흑색비닐 멀칭 후 9월 6일 정식하여 배추 표준재배법에 준하여 재배하고 11월 14일 수확하여 농촌진흥청 조사기준에 따라 생육 및 수량조사를 실시하였다.

표 2. 배추 시비량 및 시비방법

비료명	총량	기비	추비(kg/10a)			
			1차	2차	3차	4차
요소	65	30	7	8	12	8
용과린	45	23	-	7	8	7
염화加里	100	100	-	-	-	-
소석회	100	100	-	-	-	-
붕사	1.5	1.5	-	-	-	-
시비시기	-	-	정식 후 15일	정식 후 30일	정식 후 45일	정식 후 60일

3. 결과 및 고찰

가. 고체발효기를 이용한 농산폐기물의 퇴비화에 따른 물리화학적 및 미생물상 변화

1) 퇴비화 재료의 물리화학적 특성

퇴비의 재료로 쓰인 농산폐기물의 물리화학적 특성을 조사한 결과는 <표 3>에서와 같이 5종의 농산폐기물 모두 유기물 함량이 80% 이상이었으며, pH는 4.97~6.87로 약산성 내지 중성을 나타내었다. C/N율은 맥주박만 10.2로 낮았으며 나머지 4종은 모두 45~62 범위이었다. 또 무기성분은 폐기물의 종류에 따라 달랐다.

표 3. 농산폐기물의 퇴비화 재료의 물리화학적 특성

구 분	pH (1:10)	유기물함량 (%)	총탄소 (%)	총질소 (%)	C/N율 (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)
인진숙박	6.73	88.6	44.9	0.72	62.4	0.17	0.16	0.56	0.11
참 박	6.87	80.0	40.7	0.74	55.0	0.19	0.48	1.02	0.38
도토리박	4.46	80.7	41.1	0.90	45.7	0.09	0.38	0.27	0.07
맥 주 박	5.16	84.6	42.7	4.17	10.2	0.53	0.05	0.40	0.25
폐 배 지	4.97	81.6	41.5	0.84	49.4	0.77	0.75	0.48	0.40

2) 발효제의 성분 및 미생물 성상

퇴비의 효율적인 분해를 위해 첨가한 발효촉진용 발효제의 성분 및 미생물 분포는 <표 4>와 같았다. 수분함량은 2.29%이고 회분은 67.57%로 매우 높았으며 총탄수화물은 22.69%이었다. 한편, 미생물은 다양한 종류의 미생물이 존재하였으며, 중온성(mesophilic) 세균이 고온성세균에 비해 많았고 미생물 종류로는 세균>방선균>사상균>순으로 많았다.

표 4. 발효제의 성분 및 미생물상

성 분(%)				미생물(cfu/g dry solid)					
수분	회분	조단백	조지방	탄수 화물	중온성			고온성	
					세균	방선균	사상균	세균	방선균
2.29	67.57	6.72	0.73	22.69	2.8×10^7	6.3×10^6	8.4×10^5	2.6×10^4	4.1×10^5

고온성(thermophilic) 미생물에는 중온성과 달리 곰팡이가 없었으며, 분포도 방선균>박테리아 순으로 많았다. 따라서 본 발효제를 사용하여 50℃에서 퇴비를 제조 할 때 주로 고온성의 세균과 방선균이 유기물의 분해에 크게 관여한 것을 알 수 있다.

3) 퇴비화 과정중 반응물의 물리화학적 변화

퇴비제조 시간에 따른 물리화학적 특성을 조사한 결과는 <표 5, 6, 7>과 같았다. 수분함량은 시간이 경과함에 따라 초기 수분함량에 비해 점차 감소하였는데 감소의 정도는 폐기물의 종류에 따라 달랐다. 그러나 도토리박의 경우는 초기 수분함량에 비해 48시간 후의 수분함량이 큰 변화가 없어 퇴비화가 매우 느리게 진행됨을 알 수 있었다. 이는 도토리박의 입도가 다른 폐기물에 비해 매우 작아 물리성을 개선하기 위해 팽화제로 톱밥을 첨가하였기 때문에 퇴비화가 느려지게 된것으로 판단되어 첨가효과를 기대할 수가 없었다. CO₂ 발생량은 모든 농산폐기물에서 6시간 후부터 증가하다가 12~36시간에 최대값인 1,500~10,000ppm을 나타내었고 이후로는 오히려 감소하는 경향이였다. CO₂는 미생물에 의해 유기물이 분해되면서 생성되는 분해산물로 퇴비화의 진행정도를 알수 있는데 본 시험 결과로 보아 퇴비화 속도는 36시간까지가 빠르게 이후에는 완만하게 진행되는 것을 알 수 있었다

표 5. 농산폐기물의 발효시간 경과에 따른 물리적 변화

구 분		발효시간 (hrs)					
		0	6	12	24	36	48
인진숙박	수분(%)	50.6	34.0	25.4	8.03	2.98	1.56
	CO ₂ (ppm)	500	1,000	1,500	750	500	1,000
	pH	5.15	5.04	4.71	4.79	4.96	4.94
참 박	수분	59.7	57.7	49.5	38.6	3.5	5.1
	CO ₂	1,000	1,800	3,500	3,500	750	1,000
	pH	4.41	4.60	4.65	4.43	4.82	4.82
도토리박	수분	58.9	60.6	61.1	61.2	60.0	50.3
	CO ₂	500	750	6,000	1,700	1,000	750
	pH	4.03	4.16	4.31	3.96	3.19	3.26
맥 주 박	수분	59.0	52.2	45.3	39.7	35.5	34.1
	CO ₂	500	1,000	3,500	8,500	10,000	4,000
	pH	3.83	4.46	5.30	5.13	4.87	4.79
폐배지	수분	63.0	62.5	56.7	56.9	29.6	28.9
	CO ₂	750	3,000	1,000	6,000	2,500	2,000
	pH	3.94	3.70	4.36	4.17	3.43	3.44

pH는 부산물 종류에 따라 차이가 있어 도토리박에서는 약간 감소하는 경향이었고, 맥주박과 폐배지에서는 증가하다가 감소하는 경향을 나타내었으나 큰 변화가 없었다. 이와같이 부산물의 종류에 따라 pH의 차이가 보이는 것은 부산물의 종류에 따라 분해속도가 다르기 때문에 pH에 관계되는 생성물 차이에 의한 것으로 판단되었다.

C/N율은 맥주박에서는 변화가 없었고, 도토리박에서는 감소하였으며, 인진숙박, 참박 및 폐배지에서는 오히려 증가하였다. 이와같이 부산물 종류에 따라 일정한 경향이 없는 것은 퇴비재료가 지니고 있는 탄수화물과 질소화합물에 의해 차이에 의한 것으로 추정되었다. 한편 유기물은 큰 차이가 없었으며, 회분은 인진숙박, 참박 및 버섯재배 폐배지의 경우는 감소하였고 도토리박과 맥주박에서는 약간 증가하였다. 무기성분(P₂O₅, K₂O, CaO, MgO)은 인진숙박, 참박 및 폐배지에서는 퇴비화 시간이 경과함에 따라 감소하였으나 도토리박과 맥주박에서는 오히려 증가하였다.

표 6. 농산폐기물의 발효시간 경과에 따른 화학적 변화

구 분	발효시간 (hrs)						
	0	6	12	24	36	48	
인진썩박	C/N율(%)	34.5	50.8	54.3	61.4	54.0	52.4
	유기물(%)	72.5	82.7	86.0	96.7	93.7	86.8
	회분 (%)	27.5	17.3	14.0	13.3	15.3	13.2
참 박	C/N율	45.1	49.2	48.8	54.4	60.8	57.4
	유기물	76.9	76.3	78.7	78.6	84.4	83.5
	회 분	23.1	23.7	21.3	21.4	15.8	16.5
도토리박	C/N율	64.8	62.8	57.6	58.0	57.5	55.2
	유기물	87.6	85.8	84.5	84.9	83.9	85.0
	회 분	12.4	14.2	15.5	15.1	16.1	15.0
맥 주 박	C/N율	13.2	14.0	13.0	14.5	14.3	13.1
	유기물	81.4	83.5	81.8	82.3	81.8	80.8
	회 분	18.6	16.5	18.2	17.7	18.2	19.2
폐 배 지	C/N율	48.1	56.5	66.2	63.4	67.6	68.8
	유기물	71.0	79.2	79.8	82.1	77.5	82.8
	회 분	29.0	20.8	20.2	17.9	22.5	17.2

표 7. 농산폐기물의 발효시간 경과에 따른 무기물 함량 변화

구 분	발효시간 (hrs)						
	0	6	12	24	36	48	
인진썩박	P ₂ O ₅ (%)	0.19	0.17	0.11	0.23	0.14	0.13
	K ₂ O(%)	0.71	0.39	0.32	0.31	0.44	0.52
	CaO(%)	1.54	0.68	0.46	0.47	0.70	0.85
	MgO(%)	1.67	0.73	0.46	0.41	0.64	0.90
참 박	P ₂ O ₅	0.33	0.24	0.22	0.31	0.35	0.30
	K ₂ O	0.72	0.74	0.64	0.65	0.58	0.56
	CaO	1.71	1.90	1.41	1.61	1.47	1.42
	MgO	1.91	1.96	1.63	1.73	1.43	1.35
도토리박	P ₂ O ₅	0.14	0.27	0.34	0.17	0.30	0.21
	K ₂ O	0.60	0.47	0.61	0.59	0.68	0.65
	CaO	0.85	0.42	0.82	0.76	0.97	0.84
	MgO	0.93	0.64	0.92	0.97	1.19	1.05
맥 주 박	P ₂ O ₅	0.29	0.36	0.50	0.25	0.46	0.50
	K ₂ O	0.37	0.32	0.37	0.32	0.44	0.41
	CaO	0.86	0.69	0.89	0.65	0.96	0.90
	MgO	1.24	1.07	1.25	1.01	1.32	1.30
폐배지	P ₂ O ₅	0.60	0.38	0.28	0.57	0.27	0.53
	K ₂ O	0.93	0.84	0.70	0.79	0.79	0.81
	CaO	0.96	1.04	0.73	0.75	0.93	0.74
	MgO	1.54	1.43	0.97	1.12	1.18	1.17

4) 농산폐기물 퇴비화 과정 중 미생물상의 변화

퇴비화 과정 중 고온성 미생물의 변화를 조사한 결과는 <그림 1, 2>와 같았다. 퇴비화가 진행되면서 고온성 세균의 수는 인진썩박과 참박에서는 6시간만에 크게 증가하다 그 이

후 감소하였으며 24시간 이후에는 다시 증가하는 등 변화가 심하였다. 도토리박과 맥주박의 경우는 시간이 경과함에 따라 큰 변화는 없었으나 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

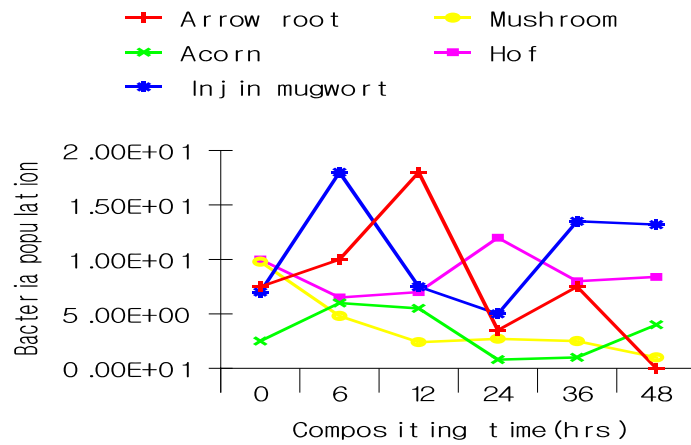


그림 3. 퇴비화과정 중 고온성 세균수의 변화

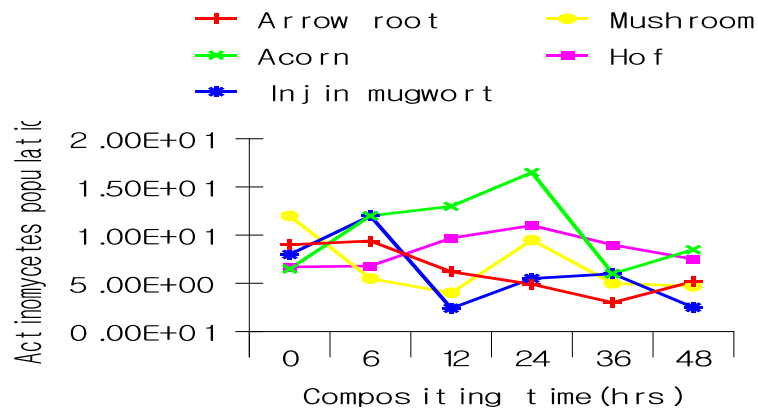


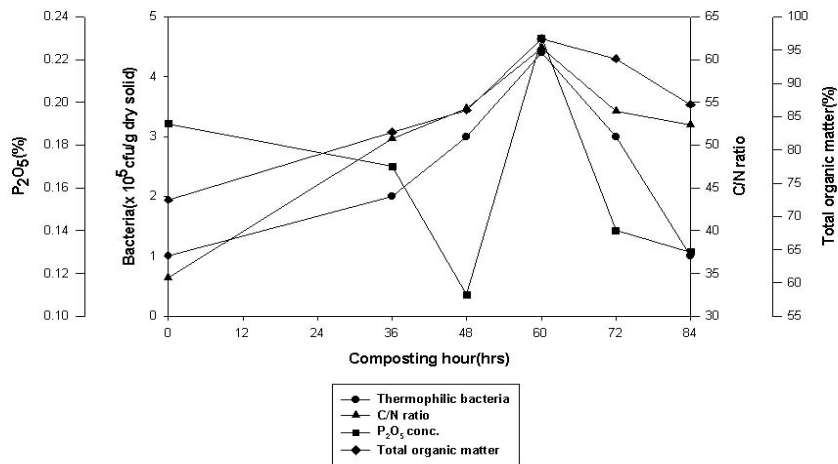
그림 4. 퇴비화 과정중 고온성 방선균수의 변화

한편, 고온성 방선균의 경우는 도토리박에서는 24시간까지 증가하다가 그 이후에는 감소하였으며 나머지 농산폐기물은 시간 경과에 따른 변화가 크지 않았다.

이상의 결과에서 발효제 첨가량 5%(v/v), 퇴비화 소요시간 48시간, 온도 50°C의 조건이 가장 우수하였으나 물리화학적 지표에 의한 부숙도를 보아 완전한 퇴비화가 되지 못한 것으로 판단되었다. 따라서 이를 해결하기 위해 효소 첨가량 증가, 제조시간의 연장 및 퇴비화 온도의 과정별 변온(30°C→40°C→50°C)등이 추가적으로 검토되어야 할 것으로 판단됨에 따라 퇴비화 최적조건 구명 시험을 재수행하였다.

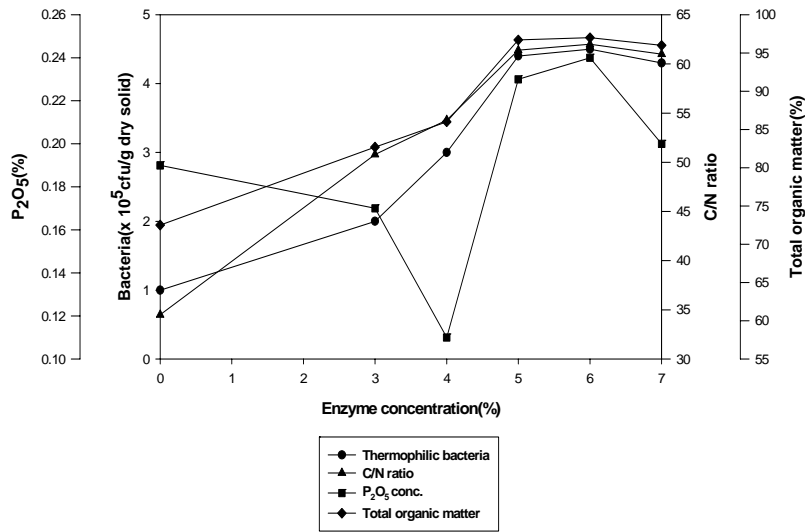
나. 농산폐기물의 퇴비화 최적조건 결정 시험

앞의 시험에서 도출된 문제점을 해결하기 위하여 제조조건을 달리하여 시험을 수행한 결과 제조시간의 경과에 따른 고온성 세균수, C/N율, 인산함량, 총유기물함량을 조사한 결과는 <그림 5>과 같았다. 시간이 경과할수록 인산함량, 세균수, C/N율, 총유기물함량 모두 60시간까지는 증가하다가 그 이후에는 감소하는 경향으로 최적 발효시간은 50~60시간으로 확인되었다.



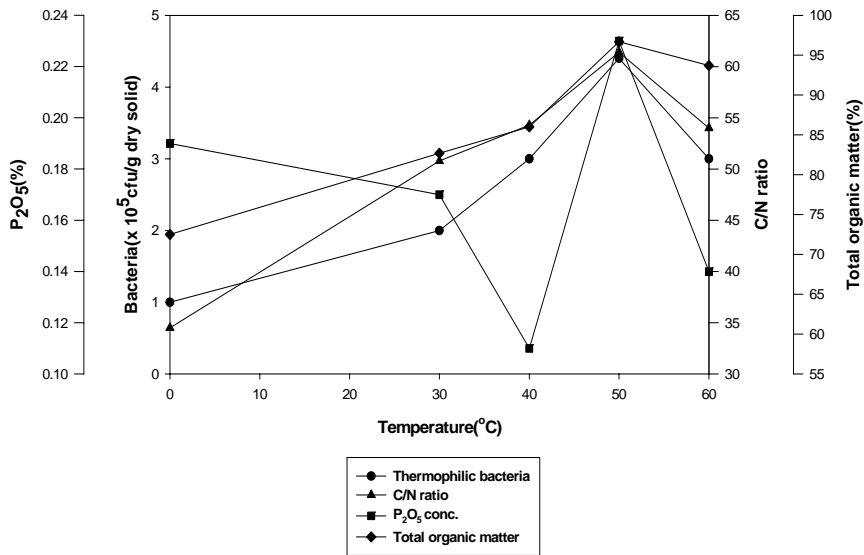
<그림 5> 인진숙박 발효시 발효시간의 영향

또한 퇴비화 촉진을 위해 첨가하는 발효제는 <그림 6>에서와 같이 첨가량이 증가할수록 발효도는 지속적으로 증가해 5% 이상 첨가해야 경제적인 발효가 이루어질 것으로 예측되었다. 한편 퇴비화에 따른 유기물함량의 변화는 발효조건에 따라 큰 변화는 없었으며 무기성분(P₂O₅)은 퇴비화 시간이 경과함에 따라 감소하였다.



<그림 6> 인진숙박 발효시 발효제 첨가농도의 영향

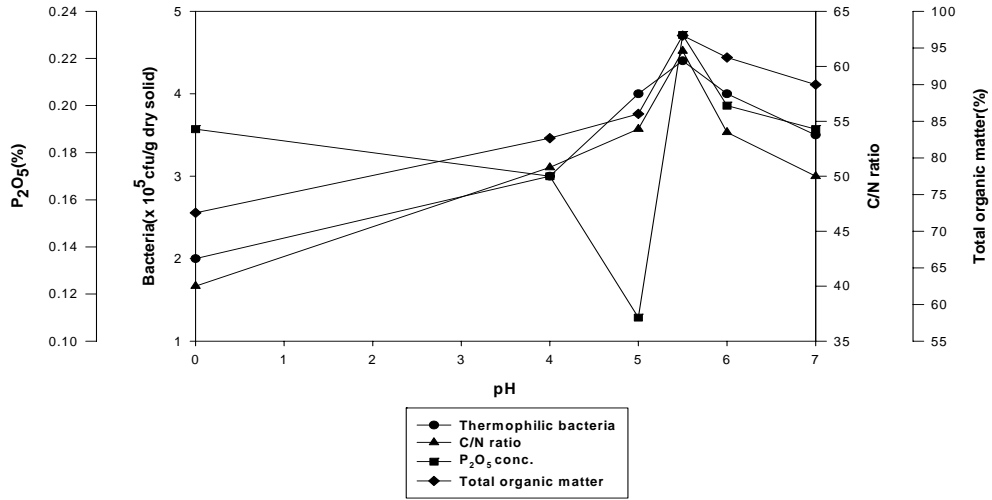
발효온도에 따른 퇴비화 정도는 <그림 5>에서와 같이 최적발효 온도는 50°C로 조사되었으며, 이보다 높은 온도에서는 퇴비화 속도가 급격히 감소하여 온도에 상당히 민감한 반응을 나타내는 것으로 조사되었다.



<그림 7> 인진숙박 발효시 온도의 영향

pH는 <그림 8>에서와 같이 pH 5 ~ 6이 최적인 것으로 나타났는데 pH는 폐기물의 종류에 따라 미생물이 분해되는 속도가 다르기 때문에 유기산 및 암모니아 등 pH에 관계되는 생성물의 생성량과 생성시간 등이 서로 차이가 있으므로 pH의 변화도 달라진다고 하였다 (서 등 1994). 따라서 본 실험에서 전반적으로 발효과정 중 pH가 큰 변화가 없었고 온도보

다는 덜 민감하게 반응한 것은 퇴비 제조전 pH가 6.6 ~ 7.2 정도로 적정선을 유지하였기 때문인 것으로 추정되었다.



<그림 8> 인진숙박 발효시 pH의 영향

다. 농산폐기물의 고체발효기술에 의한 발효퇴비의 유기물 시용효과

1) 발효퇴비의 육묘상토 활용 가능성

인진숙박, 맥주박 발효산물<그림 9, 10>을 퇴비로 제조한 후의 이화학성은 <표 8>과 같이 각각 7.9, 7.0으로 나타나 육묘상토로 사용시 적당한 pH 범위였으며 유기물함량도 각각 91.1, 88.2로 비교적 높게 나타났다. EC는 맥주박이 18.15로 매우 높게 나타났는데 채소류의 플러그 육묘시 적정 EC 범위인 0.5 ~ 1.2 mS/cm보다 매우 높게 나타났다.

표 8. 고체발효한 농산폐기물 퇴비의 이화학성

구 분	pH (1:5)	EC (dS/cm)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ca K Mg (cmol(+)/kg)		
					Ca	K	Mg
인진숙박	7.9	1.29	91.1	-	34.1	14.23	12.4
맥주박	7.0	18.15	88.2	158	9.1	22.66	7.5



그림9. 발효된 인진숙박



그림 10. 발효된 맥주박

발효퇴비를 마사토와 혼합하여 육묘 상토로 활용한 결과는 <표 9>과 같았다. 배추는 일반 상토에 비해 출현일수는 큰 차이가 없었으나 출현율이 낮았고 요소질도 떨어지는 경향이었다.

표 9. 농산폐기물 발효퇴비 상토의 배추육묘시 출현 및 요소질

구 분	출 현		요 소 질		
	일수(일)	율(%)	초장(cm)	옆폭(cm)	엽수(매)
시판 육묘상토	1	97.9	14.3	4.9	4.9
인진쑥박:마사토					
100 : 0	2	78.2	6.5	2.6	3.0
70 : 30	2	84.4	9.1	3.2	3.3
50 : 50	2	66.0	6.6	2.7	3.2
30 : 70	2	70.9	6.4	2.5	4.4
맥주박:마사토					
100 : 0	-	-	-	-	-
70 : 30	2	3.9	-	-	-
50 : 50	1	12.5	4.8	2.6	5.1
30 : 70	2	10.4	7.1	1.1	6.0

농산폐기물 발효퇴비를 활용하여 배추를 육묘한 후 식물체를 분석한 결과는 <표 10>과 같았다. 인진쑥박 퇴비에서는 일반상토에서 육묘한 배추에 비해 T-N율, K₂O, CaO, MgO는 낮았으나 P₂O₅는 높게 나타났다. 맥주박 퇴비는 T-N율만이 높았고 나머지 성분은 인진쑥박과 같은 경향이었다.

표 10. 농산폐기물 발효퇴비 활용 배추 육묘 후 식물체 분석 결과

구 분	T-N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)	CaO(%)	MgO(%)
시판 상토	2.61	0.8	4.87	2.39	0.52
인진쑥박:마사토					
100 : 0	1.64	1.55	2.69	2.06	0.39
70 : 30	1.69	4.01	2.94	1.83	0.27
50 : 50	1.50	1.80	2.73	1.80	0.34
30 : 70	-	-	-	-	-
맥주박:마사토					
100 : 0	-	-	-	-	-
70 : 30	-	-	-	-	-
50 : 50	3.55	2.97	1.67	1.80	0.32
30 : 70	2.75	0.60	2.55	2.19	0.46

상추와 토마토도 <표 11, 12>에서와 같이 2종의 발효퇴비 모두 요소질이 일반상토에 비해 불량하였으며 따라서 실용성이 없는 것으로 판단되어 묘의 식물체 분석은 생략하였다.

표 11. 농산폐기물 발효퇴비 활용 상추 육묘시 출현 및 요소질

구 분	출 현		요 소 질		
	일수(일)	율(%)	초장(cm)	옆폭(cm)	엽수(매)
시판 상토	3	68.8	14.4	3.9	5.6
인진썩박:마사토 100 : 0	3	29.2	-	-	-
70 : 30	3	11.5	4.8	2.4	4.3
50 : 50	3	29.2	3.8	2.1	4.0
30 : 70	3	18.8	3.4	2.0	3.6
맥주박:마사토 100 : 0	-	-	-	-	-
70 : 30	-	-	-	-	-
50 : 50	-	-	-	-	-
30 : 70	2	20.7	-	-	-

표 12. 농산폐기물 발효퇴비의 활용 토마토 육묘시 출현 및 요소질

구 분	출 현		요 소 질			
	일수(일)	율(%)	초장(cm)	옆폭(cm)	경태(mm)	엽수(매)
시판 상토	3	95.4	29.9	1.4	0.38	3.8
인진썩박:마사토 100 : 0	3	57.3	11.0	1.3	0.28	4.3
70 : 30	3	98.6	11.4	2.0	0.20	5.0
50 : 50	3	94.3	13.7	1.2	0.24	5.0
30 : 70	3	88.7	12.2	1.8	0.18	7.8
맥주박:마사토 100 : 0	3	-	-	-	-	-
70 : 30	3	-	-	-	-	-
50 : 50	3	11.1	-	-	-	-
30 : 70	3	6.5	12.2	2.0	0.23	5.0

가. 발효퇴비의 본포에서의 퇴비 활용 가능성

발효퇴비의 본포에서의 퇴비 활용 가능성을 검토하기 위해 배추 포장시험 전 토양의 이

화학적 분석한 결과는 <표 13>와 같았다. 그 결과, 우리나라 밭토양의 평균치인 유기물 함량 2.4%, pH 5.7, P₂O₅ 506ppm 등(농업과학기술원, 2000)에 비해 유기물, Ca, K 및 Mg 함량은 다소 낮았으나 pH 및 P₂O₅는 비교적 높았다.

표 13. 포장시험전 토양의 이화학적 성질

pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ca	K	Mg
				(cmol(+)/kg)		
6.5	0.14	2.1	551	3.6	0.43	1.0

한편 인진숙박 및 맥주박 발효퇴비를 사용하여 배추를 재배한 후 토양의 이화학적 성질을 분석한 결과는 <표 14>와 같이 인진숙박 발효퇴비구에서는 일반퇴비구에 비해 pH, 유기물, 인산, 칼슘, 칼리, 마그네슘이 증가되었으나 맥주박에서는 EC와 칼리만이 증가되었고 기타 성분은 줄었거나 차이가 없었다.

표 14. 농산폐기물 발효퇴비 사용 배추 포장시험 후 토양의 이화학적 성질

처리 내용		pH (1:5)	EC (dS/cm)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ca	K	Mg
종 류	사용량 (kg/10a)					(cmol(+)/kg)		
인진숙박	1500	7.5	0.70	25	995	3.1	0.36	0.8
	2500	7.0	0.36	25	998	2.8	0.27	0.6
	3500	7.4	0.22	28	1115	3.3	0.30	0.8
	0	7.2	0.31	27	693	2.2	0.31	0.6
시판퇴비(대조)	1500	7.0	0.49	18	696	2.5	0.19	0.8
맥주박	1500	7.0	0.70	21	698	2.2	0.28	0.6
	2500	7.0	1.13	20	604	1.9	0.34	0.6
	3500	6.7	1.36	16	640	2.4	0.36	0.8
	0	7.3	2.47	26	820	4.4	1.86	1.4
시판퇴비(대조)	1500	7.1	0.38	22	829	2.6	0.25	0.8

배추의 생육 및 수량을 조사한 결과는 <표 15>와 같이 인진숙박 및 맥주박 발효퇴비를 사용시 시판 퇴비시용구에 비해 생육 및 수량이 증가하는 경향이었으며 시비량 간에는 1,500kg/10a에서 가장 증수되어 시판퇴비의 시비수준과 같이 하여야 될 것으로 판단되었다. 따라서 인진숙박 및 맥주박의 발효퇴비의 활용 가능성은 충분함이 입증되었다.

표 15. 농산폐기물 발효퇴비 시용에 따른 배추의 생육 및 수량

처리 내용	시용량 (kg/10a)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	외엽수 (매)	내엽수 (매)	총엽수 (매)	주중 ^J (kg/주)	구고 (cm)	구폭 (cm)	구중 (kg/주)
인진숙박	1500	39.3	29.3	12.5	72.6	85.0	3.73 a ^J	29.1	19.3	2.46
	2500	38.5	27.7	11.7	70.9	82.8	3.51ab	28.4	18.5	2.37
	3500	40.0	28.4	11.9	74.6	86.8	3.50ab	27.3	17.5	2.27
	0	38.5	28.2	13.1	71.5	84.5	3.21 b	26.9	16.8	2.01
시판퇴비 (대조)	1500	38.0	30.3	12.6	73.9	85.8	3.52ab	27.6	17.3	2.29
맥주박	1500	40.3	31.5	11.3	75.0	86.5	3.93 a	29.2	19.2	2.80
	2500	40.7	28.5	11.7	72.2	83.5	3.89 a	28.4	19.0	2.66
	3500	38.4	29.8	15.0	71.7	80.8	3.81 a	27.9	19.3	2.69
	0	39.4	29.3	12.5	72.2	84.3	3.73 a	28.5	19.5	2.48
시판퇴비 (대조)	1500	40.3	31.6	11.3	72.9	74.0	3.64 a	27.8	18.6	2.51

^J DMRT 5%

4. 적 요

난분해성 농산폐기물을 유기물자원으로 활용하기 위해 도내에서 폐기되고 있는 주요 농산폐기물을 대상으로 고체발효기를 이용한 퇴비화 연구 및 실증시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

가. 고체발효기를 이용한 농산폐기물의 퇴비화에 따른 물리화학적 및 미생물상 변화

- 1) 5종의 농산폐기물의 성분을 조사한 결과 유기물 함량은 80% 이상, pH는 4.97 ~ 6.87, C/N율은 10.2 ~ 62였으며 무기성분은 폐기물의 종류에 따라 달랐다.
- 2) 농산폐기물의 효율적인 분해를 위해 첨가한 발효촉진용 발효제는 수분함량 2.29%, 회분 67.57%, 총탄수화물은 22.69%이었으며 미생물은 중온성(mesophilic) 세균이 고온성 세균에 비해 많았고 미생물종류는 세균, 방선균, 사상균이었다
- 3) 퇴비제조 시간이 경과함에 따라 수분함량은 감소하였고 CO₂ 발생량은 6시간 후 부터 증가하다가 12 ~ 36시간에 최대치가 된 후 이후로는 감소하는 경향이었다. pH는 큰 변화가 없었으며 C/N율은 맥주박에서는 변화가 없었고, 도토리박에서는 감소하였으며, 인진숙박, 칩박 및 폐배지에서는 오히려 증가하였다. 무기성분(P₂O₅, K₂O, CaO, MgO)은 인진숙박, 칩박은 감소, 도토리박과 맥주박에서는 증가하였다
- 4) 퇴비화 과정 중 인진숙박과 칩박은 고온성 세균의 수는 증가, 도토리박과 맥주박은 감소하는 경향이었다.

나. 퇴비화 최적조건

퇴비화 최적조건을 구명하기 위해 인진숙박을 공시 시험한 결과, 온도 50 ~ 52℃, 시간 55 ~ 65시간, 효소제첨가량 4 ~ 5%(v/v), pH는 6.6 ~ 7.2가 최적조건으로 구명되었으며 이러한 조건에서 발효시킨 퇴비는 pH는 7.0 ~ 7.9, 유기물함량은 88 ~ 91%였다.

다. 농산폐기물의 고체발효기술에 의한 발효퇴비의 유기물 시용효과

인진숙박 및 맥주박 발효퇴비는 배추, 상추, 토마토 모두 출현율 및 요소질이 시판 상토에 비해 낮아 상토로 활용은 어려울것으로 판단되었으나, 배추 재배시 본 포장에서는 시판퇴비에 비해 수량이 떨어지지 않아 활용가능성이 있음이 확인되었다.

5. 인용문헌

- 국가전문행정연수원. 1999. 유기질비료 생산반교재.
- 김영일. 1985. 비료분석법.
- 농업과학기술원. 2000. 발토양 환경보전 관리기술 종합보고서(1995~1999). p106
- 농촌진흥청. 1989. 토양화학 분석법. 농업기술연구소.
- 농촌진흥청. 1995. 채소육묘기술. p85~93.
- 농촌진흥청. 1997. 환경농업을 위한 퇴비제조와 이용. p32.
- 민경범, 조현숙, 이진일, 남윤규. 1995. 톱밥돈분 발효퇴비가 하우스재배 토마토의 수량 및 양분흡수에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 28(1) : 88-94
- 손보균, 홍지형, 박금주. 1996. 우분뇨와 왕겨 혼합물의 퇴비화에서 정치식과 통기퇴적식의 비교 연구. 1. 퇴비재료의 이화학적 환경변화. 한국토양비료학회지. 29(4) : 403-410
- 서정윤, 주우홍. 1994. 가정용 소형 퇴비화 용기에 위한 부엌쓰레기 분산식 퇴비화. 실험실 조건에서 퇴비화 연구. 한국환경농학회. 13, 3.
- 서정윤. 1997. 음식쓰레기 1차 부숙퇴비의 숙성과정중 상태 변화. 한국환경농학회지 16, 2.
- 신항식, 황응주. 1998. 유기성 폐기물 자원화 가능성 및 퇴비이용 전망 평가. 폐기물자원화 6, 2.
- 오왕근, 오재섭, 이규하. 1975. 아미노산 발효부산물 농업적 이용에 관한 연구. 한국토비지. 8(2) : 97-103
- 오왕근. 1978. 유기물 시용이 토양의 화학적 성질에 미치는 영향. 한국토비지.11(3): 161~174
- 육창수, 조성진. 1985. 고추에 대한 맥류오니 시용 효과 시험(제1보). 한국토비지.18(2) : 113-120
- 윤세영. 1996. 팽화왕겨의 퇴비화에 관한 연구. 한국토양비료학회지. 29(2) : 124-129
- 이기상. 1998. 비료의 개발과 이용. 한국토양비료학회지. p31
- 임수길, 김상돈, 이상규. 1990. 유기물(Bio-Com) 시용이 답토양의 이화학적 성질과 수도 수량에 미치는 영향. 한토비지 23(1) :26 ~ 33.
- 임정남. 1978. 토양화학분석법. 농촌진흥청.
- 장기운, 김상덕, 최우영, 이규용. 1992a. 제지슬릿지 퇴비의 농업적 이용 연구. 1. 강낭콩에 대한 시용 효과. 한국토양비료학회지. 25(2) : 149-154
- 장기운, 김상덕, 최우영, 이규승. 1992b. 제지슬릿지 퇴비의 농업적 이용 연구. II. 당근에 대한 시용 효과. 한국토양비료학회지. 25(2) : 155-159
- 정광용. 1998. 유기성 폐기물 비료화. 한국토양비료학회지. p31.
- 조백현, 조성진, 박천서, 엄대익. 1986. 삼정 토양학, p.137 ~ 139
- 최의소, 임수길. 1982. 분뇨의 위생적 처리와 비료화에 관한 연구. 국립환경연구소
- 한국미생물학회. 1987. 미생물학 실험, 아카데미서적

- 한국자원재생공사. 1996. 퇴비제품의 안정성 및 효율성 평가
- 한국토양비료학회. 1994. 21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지엄
- 한기학. 1986. 유기질 비료자원으로서 산업폐기물. 한토비지11(3) : 195 ~ 206
- 홍종운, 정이근, 박천서, 김영섭. 1973a. 구르타민산 발효잔사 가공물의 성질과 비효. 그 성질과 옥수수에 대한 비효. 한국토양비료학회지. 6(3) : 159-163
- 홍종운, 정이근, 박천서, 김영섭. 1973b. 구르타민산 발효잔사 가공물의 성질과 비효. II 토양의 이화학적 성질 개량 효과. 한국토양비료학회지. 6(4) : 227-230
- Allison, F. E, 1973, Soil organic matter and its role in crop production, Elsevier.
- Atlas, R. M., "Microbiological media", CRC press, Inc., 1993.
- Cheng, B. T. 1977, Soil organic matter as a plant nutrition IAEA-SM-211/59 : 31-39.
- Nelson, D. W. and Sommer, L. E., "Methods of soil analysis Part 3, Chemical method, SSSA, Madison, WI, 1996