

최	종
연	고
구	서
보	

가축분뇨를 이용한 기능성 원예배양토 제조공정 및
실용화 기술개발

연구기관

단국대학교 생명자원과학대학

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “가축분뇨를 이용한 기능성 원예배양토 제조공정 및 실용화 기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 11.

주 관 연 구 기 관 명 : 단국대학교

생물자원환경연구소

총괄연구책임자 : 김 정 우

협동연구책임자 : 서 정 근

참여기업 : (주) 대한종묘원

연구원 : 김인호, 홍종욱

권오석, 이상환

주문갑, 이애경

이정철, 이완희

요 약 문

I. 제 목

가축분뇨를 이용한 기능성 원예 배양토 제조공정 및 실용화 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구과제는 원예작물의 재배시 고품질의 경쟁력이 있는 상품을 지속적으로 생산하기 위해서는 각 작물별 적합한 배양토(토양조건) 선정과 과학적인 영양(비배) 관리가 절실히 요구되는 데 이에 따라 가축분뇨를 이용한 기능성 원예 배양토 제조 공정 및 실용화 기술의 개발에 있다. 이미 선진국에서는 분화용 또는 재배용 배양토를 기능적으로 전문화하여 산업에 활용하고 있으며 이 분야에 대해서는 폐자원의 효율적 이용 등에 대한 산·학·연이 공동으로 연구하여 실용화에 이르고 있다. 그러나 아직 국내에서는 배양토에 이용되는 원료(피트모스, 펄라이트, 암면 등)를 대부분 수입하여 이용하고 있다. 원예산업 현장에서는 육묘 또는 분화에 이용되는 모래나, 가축분뇨 또는 왕겨, 톱밥 등을 이용하여 자가생산, 공급을 하고 있으나 배양토로서의 물리·화학적 특성이 작물생육에 적합치 않아 실제 재배상에 많은 문제점들이 야기되고 있다. 현재 국내의 대규모 기업형 축사 또는 돈사에서 발생하는 축분은 환경오염의 근원이 되나 충분히 부숙 또는 특수가공처리를 한다면 필요한 배양토 조제에 효율적이고 기능적인 자원으로 활용할 수 있을 것으로 평가되고 있다. 그러나 불균일한 성분이나 미발효 축분의 무분별한 토양시용으로 암모니아 가스 발생, 염류장해, 산성화 또는 수질오염 등이 다발함에 따라 장해규명의 필요성이 점점 시 되고 있는 실정이다. 또한 최근 경북지방에서 부산물비료 제조시 산업폐기물을 사용으로 문제점이 야기되고 있어 양질의 배양토 생산기술 확립이 절실히 요구되고 있다. 대부분의 육묘용, 분화, 양액재배는 수입성 재료에 의한 배양토에 의존에서부터 탈피해야만 하는 실정이다. 원예작물의 저부가가치 농업에서 환경친화적 고부가가치 농업형태로 구조적 전환이 절실이 필요한 현실을 감안 할 때 부숙 축분을 이용한 친환경적 기능성 원예용 배양토의 제조기술 확립이 절실히 필요한 실정이다. 부숙축분을 이용한 기능성 원예용 배양토 제조와 원예작물의 응용기술 개발을 위하여 부숙 완료된 부숙유기물의 배양토화(기능성)에 대한 적합성을 규명하기 위한 각종 유기 및 무기성분의 구성비율을 조사하여 작물 및 원예작물용 배양토로서의 효율성 및 안정성을 제고하고, 이를 원예작물의 기능별 배양토로 활용할 수 있는 응용기술을 개발하여 산업화함으로서 수입대체 효과를 최대화하는데 본 연구개발의 목적이 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 제 1 세부과제 : 원예배양토 보조재로서의 활용을 위한 가축분뇨의 부숙공정 기술 개발

(1) 최적 부숙조건 구명(1차 년도)

1) 간이부숙조(Bench scale)에서 원예 배양토 보조재의 혼합첨가별 돈우분뇨(돈분, 우분, 돈분+우분)의 최적 부숙조건 구명

2) (1)항에서 생산된 생산부숙물의 원예용 배양토에 대한 물리화학적 특성 구명

3) 기존 발효상((주)우진)을 이용하여 1항의 주요결과를 현장시험

(2) 악취제거효율 증진방법 구명(2차 년도)

1) 간이부숙조에서 가축분뇨 발효과정중 토양미생물 혹은 기능성 물질 첨가에 의한 악취 제거효과 조사

2) (1)항에서 생산된 생산부숙물의 원예용 배양토에 대한 물리화학적 특성 구명

3) 기존 발효상((주)우진)을 이용하여 1항의 결과를 현장시험

(3) 배양토 보조재로서의 분뇨의 부숙공정기술 확립(3차 년도)

1) 간이부숙조에서 보조재 혼합첨가 시기별(발효초기, 부숙초기), 축분별(豚糞, 牛糞) 최적부숙 조건과 악취제거조건 구명

▶ 발효개시시의 축분에 배양토용 보조재 혼합첨가 효과 조사

▶ 부숙개시시의 발효축분에 배양토용 보조재 혼합첨가 효과 조사

2) 1)항의 결과를 근거로, 기존 발효상((주)대한중묘원)에서 최적의 부숙효과와 악취제거효과를 가지는 원예용 보조재 혼합 첨가 시기별 확립을 위한 현장시험

3) 1)항에서 생산된 축분별, 보조재 혼합시기별 생산부숙물의 물리·화학적 특성 분석

2. 제 2 세부과제 : 기능성 원예용 배양토 제조 및 실용화 기술개발

(1) 발효 축분의 물리화학적인 특성 분석에 따른 적정 배양토의 기준설정

(2) 기능성 원예용 배양토

- 배양토 조제를 위한 혼합공정 작성
- 배양토의 이화학적 특성분석
- 작물의 생장반응 조사

(3) 기능성 배양토 조성시험

- 육묘전용 배양토 조성시험
- 분화전용 배양토 조성시험
- 관비재배 전용 배양토 조성시험

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (1998)	<p>- 분뇨의 최적 발효 조건 구명</p> <p>- 기능성 원예용 배양토 제조 및 실용화 기술 개발</p>	<p><간이부숙조>에서의 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎ 배양토 보조재 첨가시 豚牛糞尿(돈분, 우분, 돈분+우분)의 부숙촉진효과 구명(보조재: 팽연왕겨, 버미큘라이트, 퍼라이트, 톱밥, 마사토 등) ◎ 축분별(돈분, 우분, 돈분+우분), 최적부숙을 위한 배양토 보조재의 최적 혼합비율 조건 확립 ◎ 부숙단계별(돈분, 우분, 돈분+우분) 생산부숙물의 media 성분 분석 <p><기존 발효상>(주)우진)에서의 현장 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎ 기존 발효상((주)우진)을 이용하여 현장시험 ◎ 배양토용 보조재의 혼합제조 공정 ◎ 부숙축분(돈분, 우분, 돈분+우분)의 물리화학적인 특성조사 및 배양토 조제기준 조사 및 설정 <ul style="list-style-type: none"> ◎ 육묘전용 배양토 조성 확립 및 실증시험(채소 및 화훼류) ◎ 분화전용 배양토 조성확립을 위한 실증시험(화훼류) ◎ 관비재배 전용 배양토 조성 확립 및 실증시험(국화, 배합)

<p>2차 년도 (1999)</p>	<p>- 배양토용 보조재 첨가에 따른 분뇨의 악취제거 효과 구명</p> <p>- 기능성 원예용 배양토 제조 및 실용화 기술개발</p>	<p><간이부숙조>에서의 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎ 간이부숙조에서 가축분뇨(돈분, 우분, 돈분+우분) 발효과정중 토양미생물 혹은 기능성 물질 첨가에 의한 악취 제거효과조사(1차년도에서 가장 좋은 배양토에 대한 악취 제거효과) ◎ 생산된 생산부숙물(돈분, 우분, 돈분+우분)의 원예용 배양토에 대한 물리화학적 특성 구명(1차년도에서 가장 좋은 배양토에 대한 물리화학적 특성 구명) ◎ 부숙단계별 생산부숙물(돈분, 우분, 돈분+우분)의 media 성분 분석 <p><기존 발효상>(주)우진)에서의 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎ 기존 발효상((주)우진)을 이용하여 현장시험 ◎ 부숙단계별 생산부숙물((돈분, 우분, 돈분+우분)의 media 성분 분석 ◎ 배양토용 보조재의 혼합제조 공정 <ul style="list-style-type: none"> ◎ 육묘전용 배양토 조성 확립 및 실증시험(채소 및 화훼류) ◎ 분화전용 배양토 조성확립을 위한 실증시험(화훼류) ◎ 관비재배 전용 배양토 조성 확립 및 실증시험(국화, 백합) ◎ 보조재 비율별 생장 반응 조사
-----------------------------	--	--

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
3차 년도 (2000)	<p>- 보조재의 혼합 첨가에 의한 배양토 제조공정의 개발</p> <p>- 기능성 원예용 배양토 제조 및 실용화 기술 개발</p>	<p><간이부속조>에서의 연구</p> <p>◎ 보조재 혼합첨가 시기별, 축분별(돈분, 우분, 돈분+우분) 최적부속조건과 악취제거 조건 구명(첨가시기: 발효개시 시, 부속개시 시)(1차년도에서 가장 좋은 배양토에 대한 구명)</p> <p>◎ 발효 축분(돈분, 우분, 돈분+우분)의 물리화학적인 특성 분석에 따른 적정 배양토의 기준설정(1차년도에서 가장 좋은 배양토에 대한 구명)</p> <p><기존 발효상>(주)대한종묘원에서의 연구</p> <p>◎ 기존 발효상((주)대한종묘원)에서 최적의 부속효과와 악취제거 효과를 가지는 원예용 보조재 혼합첨가 시기별 확립을 위한 현장시험</p> <p>◎ 배양토용 보조재의 혼합제조 공정</p> <p>◎ 육묘전용 배양토 조성 확립 및 실증시험(채소 및 화훼류)</p> <p>◎ 분화전용 배양토 조성확립을 위한 실증시험(화훼류)</p> <p>◎ 관비재배 전용 배양토 조성 확립 및 실증시험(백합, 장미)</p> <p>◎ 보조재 비율별 생장 반응 조사</p>

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 돈분의 부숙후 최종산물의 물리화학적 성상 연구

돈분의 부숙시 수분조절재 및 악취 제거를 위하여 기능성 물질의 첨가로 인한 물리·화학적 성상 변화를 조사하였다. 처리구는 T1; 돈분 + 왕겨, T2; 돈분 + 왕겨 + 펴키토, T3; 돈분 + 왕겨 + 유카, T4; 돈분 + 버미큘라이트, T5; 왕겨 + 버미큘라이트 + 펴키토, T6; 돈분 + 버미큘라이트 + 유카, T7; 돈분 + 펴라이트, T8; 돈분 + 펴라이트 + 펴키토, T9; 돈분 + 펴라이트 + 유카로 처리하였다. 최종 산물의 화학적 분석 수치와 중금속 및 휘발성 지방산 수치를 요약하여 보면, 최종 산물의 유기물 함량은 T1~T3에서는 75% 수준이었고, T4~T9 처리구에서는 30% 수준이었으며, 총 질소의 함량은 1.3~1.6% 수준이었고, 초기 부숙 시간이 지난 생성물의 C/N비에서도 T1~T3을 제외한 다른 처리구에서는 20% 이하의 수치를 보였다. 암모니아태 질소 함량이 감소되는 경향도 유기물이 높은 왕겨에서 기능성 물질의 첨가 효과가 높은 것으로 나타내었다. 중금속 중 카드뮴의 경우 왕겨나 펴라이트 첨가구에 비해 버미큘라이트 첨가로 인해 높은 경향을 보였다. 휘발성 지방산 중 acetic acid의 성분이 돈분과 왕겨에 펴키토를 첨가한 구보다 유카를 첨가하므로서 현저히 줄어드는 경향을 보였다. 하지만 버미큘라이트에 기능성 물질의 효과는 왕겨에 비해 없는 것으로 나타났으며, 또한 펴라이트 처리구의 경우 펴키토나 유카의 첨가로 acetic acid 성분이 줄어드는 경향을 보였다. 결론적으로, 부숙 기간동안 유기물의 함량이 높은 왕겨에서 배양토화의 효과가 양호한 것으로 보였다.

2. 돈분의 부숙후 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성 연구

돈분 부숙시 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성을 조사하였다. 처리구는 T1; 돈분뇨 + 왕겨, T2; 돈분뇨 + 왕겨 + 버미큘라이트, T3; 돈분뇨 + 왕겨 + 펴라이트, T4; 돈분뇨 + 버미큘라이트, T5; 돈분뇨 + 버미큘라이트 + 펴라이트, T6; 돈분뇨 + 펴라이트, T7; 돈분뇨 + 왕겨 + 버미큘라이트 + 펴라이트로 혼합하였다. 발효 촉진을 위해 발효제 1.5%, 악취 제거를 위해 펴키토 1%를 혼합하였다. 온도의 변화는 초기온도에서 3-4일 후 급격한 온도 상승 후 최고 온도에 도달하는 전형적인 부숙화 온도 변화 양상을 볼 수 있었다. pH는 상승 후 점차 안정화를 거치는 전형적인 부숙 양상을 볼 수 있다. 최종산물의 수분, 유기물 및 총 질소 함량의 경우 왕겨를 함유한 처리구에서 버미큘라이트나 펴라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. C/N비 역시 왕겨의 첨가에 따라 높아지는 경향을 보였다. 암모니아

태 질소나 전기전도도의 경우 처리간의 차이는 보여주지 않았다. 중금속 중 카드뮴과 크롬의 경우엔 다른 처리구에 비해 버미큘라이트의 첨가구에서 높은 농도를 보여주고 있는데, 이는 버미큘라이트내 카드뮴의 농도가 높은 것으로 사료된다. 그 외 중금속들의 수준은 처리간의 차이를 보이지 않고 유사한 경향을 보였으며, 왕겨를 첨가한 처리에서 휘발성 지방산의 수준이 낮은 경향을 보였다. 결론적으로, 부숙 전기간 동안 유기물의 함량이 높은 왕겨에서 배양토화의 효과가 양호한 것으로 보였다.

3. 돈분의 부숙시 악취 제거 기능성 물질의 첨가 효과

돈분의 부숙 기간동안 악취 제거 기능성 물질의 첨가 효과를 조사하였다. 처리구는 T1와 T5; 돈분 + 버미큘라이트, T2와 T6; 돈분 + 펄라이트, T3와 T7; 돈분 + 버미큘라이트 + 펄라이트, T4와 T8; 돈분 + 바크를 혼합하였으며, T1, T2, T3과 T4 처리구에는 시험 개시시 기능성 물질을 첨가하였고, T5, T6, T7과 T8 처리구는 최고 온도 도달시 기능성 물질을 첨가하여 암모니아 가스 및 부숙에 미치는 영향을 관찰하였다. 시험 기간동안 부숙화의 최고 온도가 50~60℃까지 상승하였다가 감소하였다. 휘발성 지방산은 기능성 물질의 첨가 시기와는 상관없이 줄어들었다. 유기물과 총 질소 함량 및 C/N비에서는 바크를 함유한 처리구에서만 버미큘라이트나 펄라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. pH와 전기전도도에 있어서도 처리간의 차이는 없었으나, pH의 경우 전체적으로 약알칼리성을 나타내었다. 인산(P_2O_5)과 칼리(K_2O)의 함량은 1-3% 수준의 수치를 보였고, 부숙 기간중 유해산물인 중금속 중 Pb, Cd, As와 Hg의 경우는 흔적조차 나타나지 않았으며, Cr은 원보조재인 버미큘라이트의 화학적 성상에 영향을 받은 T1, T3, T5, T7에서 높은 수치를 나타내었다. 이상의 결과로 보아, 버미큘라이트와 펄라이트의 첨가로 부숙의 적정 수치를 만족시킬 수 있었다고 사료된다.

4. 배양토의 이화학적 특성분석

분뇨 종류 및 원보조재 종류별로 부숙된 분뇨의 화학성 분석결과를 보면 산도(pH)는 처리간의 큰 차이가 없었으나, 전기전도도(EC)는 우분이 포함된 처리구에서 낮게 나타났고 돈분이 포함된 처리구에서 높게 나타났다. 전질소량(T-N)은 혼합분(돈분+우분) 처리구에서 높게 나타났다. 원보조재별 부숙분뇨와 보조재인 질석을 혼합비율별로 조성한 배양토의 화학성분 분석결과를 보면 pH는 처리간에 차이가 나

타나지 않았으나 전기 전도도 및 유기물함량에 있어서는 원보조재에 관계없이 보조재 함량이 적어질수록 높아지는 경향을 나타내었으며, 인산 및 칼륨함량도 증가하는 경향을 보였다. 원보조재별 부숙분뇨와 보조재인 질석을 혼합비율별로 조성한 배양토의 물리성 분석결과를 보면 진비중은 원보조재에 관계없이 보조재 함량이 적어질수록 낮아지는 경향을 보였으며 가비중은 다소 높아지는 경향을 나타내었다. 수리전도도는 보조재의 함량이 많을수록 값이 높게 나타났다.

5. 작물의 생장반응 조사

상추(*Lactuca sativa* var. 'Dduk-sum')에 있어서 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 전체적으로 볼때 생육은 원보조재로 왕겨 및 보조재로 질석 처리가 모든 처리구에 비해 대체적으로 증가하는 경향을 보였으며, 우분 부숙의 경우 원보조재로 질석 및 보조재로 질석 처리에서 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였다. 혼합분(돈분+우분) 부숙의 경우 원보조재로 왕겨 및 보조재로 질석처리시 대조구에 비해 생육이 증가하는 경향을 보였다. 배추(*Brassica* spp.)에 있어서는 원보조재로 왕겨 및 보조재로 질석 처리에서 대조구에 비해 생육이 증가하였으며, 우분 부숙의 경우 원보조재로 질석 및 보조재로 질석 처리에서 생육이 증가하는 경향을 보였으며, 혼합분(돈분+우분) 부숙의 경우 원보조재로 질석 및 보조재로 질석 처리에서 생육이 증가되었다.

6. 육묘전용 배양토 조성시험

샬비어(*Salvia splendens*)에 있어서 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아율 및 생육은 원보조재 왕겨처리에서 다른처리 보다 높게 나타났으며, 보조재는 부숙왕겨처리에 비해 질석처리시 발아율 및 생육이 더 증가 됐다. 우분 부숙의 경우에 있어서 발아일수 및 생육은 보조재로 질석 처리시 부숙왕겨처리 보다 다소 증가되는 경향을 보였다. 혼합분(돈분+우분) 부숙의 경우도 보조재로 질석처리가 증가되었으며, 생육은 전체적으로 보면 왕겨:질석 및 질석:질석 처리구가 비교적 좋은 경향을 나타내었다. 메리골드(*Tagetes putula*)에 있어서 원보조재로 질석처리가 다른 처리보다 발아 및 생육이 증가되는 경향을 나타냈다. 우분 부숙의 경우 원보조재로 펄라이트를 처리 했을시 다른 처리보다 발아 및 생장이 증가되었다. 다른 처리와 비교해 보면 생육은 전체적으로 원보조재로 질석과 보조재로 질석 처리가 비교적 증가되는 경향을 나타

내었다. 배추(*Brassica* spp.)의 경우 발아일수는 처리간에 다소 차이를 나타내었으며, 발아율도 질석:질석 및 펠라이트:질석 처리에서 비교적 높은 경향을 나타내었다. 고추(*Capsicum annuum*)에 있어서는 원보조재로 질석처리 및 보조재로 질석처리가 다른 처리에 비해 생육이 증가하는 경향을 보였다.

7. 분화전용 배양토 조성시험

국화(*Dendranthema grandiflora* 'Soo-Bang-Ryuk', 'Champion')에 있어서 부숙돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 원보조재로 돈분처리가 다른 처리보다 생육이 다소 증가되었으며, 보조재로 질석처리가 왕겨처리보다 생육이 더 증가되었다. 아이리스(*Iris hallandica* 'Blue Magic')의 경우 원보조재로 혼합분(돈분+우분)처리가 돈분처리보다 생육이 증가되었으며 개화도 빨랐으며, 보조재로 질석처리보다 왕겨처리가 생육이 다소 증가되었다. 아이리스('Golden Beauty')에 있어서도 아이리스('Blue Magic')과 유사한 결과를 나타내고 있다. 수선화의 경우 모든 품종에서 우분 부숙 처리가 돈분처리와 비교해 볼 때 다소 생육이 증가되었으며 원보조재로 질석을 처리하였을시 다른처리보다 생장이 증가되었으며, 보조재로 질석처리가 왕겨처리보다 생육이 증가되는 경향을 나타내었다. 히야신스(*Hyacinthus orientalis* L.)의 경우 모든 품종에서 우분 부숙 처리시 돈분처리와 비교해 볼 때 다소 생육이 증가되었으며 원보조재로 질석을 처리하였을 시 다른 처리보다 생육이 증가되는 경향을 나타냈다. 산호수에 있어서 원보조재로 질석처리 및 보조재로 질석 처리가 다른 처리보다 생육이 현저히 증가되었다. 국화('Back-Sun')의 경우를 보면 대조구에 비해 모든 처리가 생육이 좋았으며, 원보조재를 질석으로 혼합한 처리가 펠라이트 혼합 처리보다 생육이 더 증가하는 경향을 보였다. 국화('Argus')에 있어서도 국화('Back-Sun')과 비슷한 결과를 보여주었다. 튜립('Lucky Strike')에 있어서 원보조재로 질석처리가 다른 처리보다 생육이 다소 증가되는 결과를 보였다.

8. 관바재배 전용 배양토 조성시험

백합(*Lilium oriental* hybrid 'Casa Blanca')에 있어서 부숙돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 전체적으로 보면 원보조재로 펠라이트처리 및 보조재로 질석 처리가 다른 처리보다 생육이 증가되는 경향을 나타내었다. 백합('Marco Polo')에 있어서는 원보조재로 질석처리 및

보조재로 질석 처리가 다른 처리보다 생육이 다소 증가되는 경향을 나타내었다. 장미(*Rosa hybrida* 'Little Mable')의 경우 초장, 꽃수 및 화경수에 있어서 펄라이트 원보조재 처리가 다른처리와 비교해 볼 때 더 증가하는 경향을 보였으며 보조재 혼합비율 처리시, 질석함량이 높을수록 생장 및 개화가 증가되었다.

SUMMARY

1. Studies on the physicochemical parameters of final compost in composting of swine manure

This study was conducted to investigate physicochemical changes during the composting of swine manure with different butchery wastes and functional ingredients. Treatments were T1; Swine manure + Rice hull, T2; Swine manure + Rice hull + Fermkito, T3; Swine manure + Rice hull + Yucca, T4; Swine manure + Vermiculite, T5; Swine manure + Vermiculite + Fermkito, T6; Swine manure + Vermiculite + Yucca, T7; Swine manure + Perlite, T8; Swine manure + Perlite + Fermkito and T9; Swine manure + Perlite + Yucca. Organic matter of T1~T3 and T4~T9 were 75% and 30%, respectively. Total-N of final products was 1.3~1.6%. C/N ratio was 20% in treatments except for T1~T3. Ammonia-N supplement of rice hull with yucca and fermkito was decreased compared to that of vermiculite and perlite with yucca and fermkito supplement. Vermiculite treatments were higher Cd than rice hull and perlite treatments. Yucca supplement in rice hull treatment was decreased acetic acid compared to that of fermkito supplement in rice hull treatment. Yucca and fermkito supplements in perlite treatments were lower acetic acid than perlite treatment without functional ingredients. In conclusion, rice hull containing high organic content was greater composting effects than vermiculite and perlite containing low organic content.

2. Study of chemical parameters on butchery wastes as a bulking agent in composting of swine manure

This study was conducted to evaluate chemical parameters on butchery wastes as a bulking agent in composting of swine manure. Treatments included T1; Swine manure + Rice hull, T2; Swine manure + Rice hull + Vermiculite, T3; Swine manure + Rice hull + Perlite, T4; Swine manure + Vermiculite, T5; Swine manure + Vermiculite + Perlite, T6; Swine manure + Perlite, T7; Swine manure + Rice hull + Vermiculite + Perlite. During the composting period, changes of temperature and pH were showed traditionally composting trend.

Moisture, organic matter, total nitrogen and C/N ratio were higher rice hull than vermiculite and perlite treatments. Ammonia-N and EC were not differences among the treatments. In heavy metal, Cd and Cr were showed higher vermiculite treatments than other treatments. Rice hull treatments were decreased volatile fatty acids compared to that of other treatments. In conclusion, rice hull containing high organic content was greater composting effects than vermiculite and perlite containing low organic content.

3. Effects of functional ingredients supplementation as a bulking agent in composting of swine manure

This study was conducted to evaluate the effects of functional ingredients with supplementation as a bulking agent in composting of swine manure. Treatments were T1 & T5; Swine mature + Vermiculite, T2 & T6; Swine manure + Perlite, T3 & T7; Swine manure + Vermiculite + Perlite, T4 & T8; Swine manure + Bark. T1, T2, T3 and T4 were supplemented with functional ingredients on d 0 of composting. T5, T6, T7 and T8 were supplemented with functional ingredients on d 3 of composting. Functional ingredients were Fermkito and Yucca. During the composting period, changes of temperature were showed traditionally composting trend. Volatile fatty acids were decreased regardless of treatments in functional ingredients supplementation. Organic matter, T-N and C/N ratio were showed higher bark treatments than other treatments. pH and EC were not differences among the treatments. P₂O₅ and K₂O were showed level of 1-3%. In heavy metal, Cr were showed higher in vermiculite treatment than other treatments. In conclusion, vermiculite and perlite treatments were greater composting effects than bark.

4. Chemical characteristics of hort-media.

Results of chemical characteristics for how to develop practical hort-media from decomposed animals manure are summarized as follows; pH was not significantly different among treatment. However, EC showed relatively low in the treatment of ox manure, whereas mixture of swine manure was high. The

highest total nitrogen content was obtained in mixture of swine manure and ox manure. Results of chemical characteristics for composition rate hort-media from origin supplement of decomposed animals manure and supplement of vermiculite, pH didn't show difference among treatment, but EC and organic matter content were showed highly as content of supplement goes low without concern kind of origin supplements, also the content of phosphorus and potassium were increased. Results of physical characteristics for composition rate hort-media from origin supplement of decomposed animals manure and supplement of vermiculite, specific gravity were showed lowly as content of supplement goes low without concern kind of origin supplements, bulk density showed a little highly. Hydraulic conductivity tended toward high as content of supplement goes high.

5. Research of growth response in horticultural crops.

On the whole, the growth of *Lactuca sativa* var. 'Dduk-Sum' were promoted by treatment of original supplement decomposed swine manure with rice hulls mixed vermiculite, however, treatment of ox manure with vermiculite mixed vermiculite increased than control. In mixture manure (swine manure+ox manure), growth were promoted than control by treatment of original supplement with rice hulls mixed with vermiculite. The growth of *Brassica* spp. showed relatively increase in treatment of original supplement decomposed swine manure with rice hulls mixed with vermiculite, treatment of ox manure with vermiculite mixed vermiculite and treatment of original supplement mixture manure (swine manure+ox manure) with vermiculite mixed with vermiculite.

6. Research of media composition for seedling production.

Effect of decomposed swine manure hort-media on germination and growth of *Salvia splendens*, germination rate and growth were promoted by treatment of original supplement decomposed swine manure with rice hulls and supplement with vermiculite. In decomposed ox manure and mixture manure (swine manure+ox manure), days to germination and growth showed relatively high in

treatment of supplement with vermiculite. On the whole, growth relatively promoted in treatment of rice hulls : vermiculite and vermiculite : vermiculite. The germination and growth of *Tagetes putula*, were promoted in treatment of original supplement decomposed swine manure with vermiculite. In decomposed ox manure, germination and growth showed relatively high than different treatments. On the whole, growth were promoted than different treatment by treatment of original supplement with vermiculite and supplement with vermiculite. In the days to germination of *Brassica* spp., showed a little difference among treatments and showed germination rate high in treatment of vermiculite : vermiculite and perlite : vermiculite. In *Capsicum annuum*, growth were promoted by original supplement with vermiculite mixed with vermiculite.

7. Research of media composition for pot flower production.

In effect of decomposed swine manure hort-media on germination and growth of *Dendranthema grandiflora* 'Soo-Bang-Ryuk', 'Champion', growth were promoted by original supplement with decomposed swine manure and supplement with vermiculite. In the growth of *Iris hollandica* 'Blue Magic', growth were promoted and the days to flowering were shortened by treatment of origin supplement with mixture manure (swine manure+ox manure), and supplement with rice hulls were promoted growth. Also, *Iris hollandica* 'Golden Beauty' showed resemblance results. The growth of *Narcissus* 'Dutch Master', 'Salome', 'Dick Wilten' 'Tefe a Tefe', 'Ice Follies' were relatively promoted by treatment of decomposed ox manure, origin supplement with vermiculite and supplement with vermiculite. In all species of *Hyacinthus orientalis* L., also growth were increased by treatment of decomposed ox manure and origin supplement with vermiculite. The growth of *Ardisia pusilla* increase clearly by treatment of origin supplement and supplement with vermiculite. In *Dendranthema grandiflora* 'Back-Sun', 'Argus', growth promoted in all treatments than control and origin supplement with vermiculite than perlite. Treatment of origin supplement with vermiculite were increased growth in *Tulita gesneriana* 'Lucky Strike'.

8. Research of media composition for nutrivation.

On the whole, the growth of *Lillium oriental* hybrid 'Casa Blanca' promoted in treatment of origin supplement with perlite and supplement with vermiculite, and in *Lillium oriental* hybrid 'Marco Polo', the treatment of origin supplement and supplement with vermiculite were increased growth. The treatment of origin supplement with perlite were increased plant height, number of flower and number of flower stalk in *Rosa hybrida* 'Little Mable'. And the growth and flowering were promoted by composition rate of supplement with vermiculite.

목 차

요약문	iv
SUMMARY	x v
목차	x x
제 1 장 서 론	1
제 1절 연구개발의 목적과 범위	1
제 2절 연구개발의 중요성	2
제 2 장 가축분뇨의 최적 발효조건 규명	4
제 1절 서설	4
제 2절 돈분의 최적 부숙조건 규명	5
1. 재료 및 방법	5
2. 결과 및 고찰	7
제 3절 우분의 최적 부숙조건 규명	13
1. 재료 및 방법	13
2. 결과 및 고찰	15
제 4절 돈분 및 우분의 최적 부숙조건 규명	21
1. 재료 및 방법	21
2. 결과 및 고찰	23
제 3 장 돈분의 부숙후 최종산물의 물리화학적 성상 연구	29
제 1절 서설	29
제 2절 재료 및 방법	30
1. 공시재료	20
2. 조사항목	33
제 3절 결과 및 고찰	33
1. 온도의 변화	33

2. 부숙 과정 중 pH의 변화	35
3. 함수율	36
4. 최종 산물의 화학적 분석	37
5. 최종 산물의 중금속 분석	38
6. 최종 산물에 대한 휘발성 지방산	39
제 4 장 돈분의 부숙시 원보조제의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성 연구	40
제 1절 서설	40
제 2절 재료 및 방법	41
1. 공시재료	41
2. 발효조건	42
3. 조사항목	42
제 3절 결과 및 고찰	43
1. 온도의 pH의 변화	43
2. 최종산물의 수분 및 화학적 성분 함량	45
3. 최종 산물의 중금속 분석	46
4. 최종 산물에 대한 휘발성 지방산	47
제 5 장 돈분의 부숙시 약취 제거 기능성 물질의 첨가 효과	48
제 1절 서설	48
제 2절 재료 및 방법	49
제 3절 결과 및 고찰	51
1. 부숙 기간 중 온도의 변화	51
2. 최종 산물에 대한 휘발성 지방산	52
3. 최종 산물의 이화학적 조성	52
제 6 장 가축분뇨를 이용한 기능성 원예배양토 제조공정 및 실용화 기술개발 부숙후 최종산물의 물리화학적 성상 연구	56
제 1절 서설	56
제 2절 재료 및 방법	57
제 3절 결과 및 고찰	59

1. 기능성 원예용 배양토 제조	59
(1) 배양토 제조를 위한 혼합공정 작성	59
(2) 원보조재 종류별 비율별 화학적 특성 분석	60
(3) 작물의 생장 반응 조사	63
2. 기능성 원예용 배양토 조성시험	70
(1) 육묘전용 배양토 조성시험	70
(2) 분화전용 배양토 조성시험	89
(3) 관비재배 전용 배양토 조성시험	115
제 7 장 인용문헌	119

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

근래 축산의 사육형태를 보면 사육형태가 집단화 및 전업화됨에 따라 사육두수가 증가되었으며, 이러한 양축 규모의 증가에 따라 축산 폐기물인 분뇨의 발생량이 해마다 증가함으로써 환경오염을 일으키기 때문에 그 해결 방안으로 실용적 가축분뇨 처리 기술 개발이 양돈 산업의 당면한 과제라 볼 수 있다.

축분은 다른 산업 폐기물과는 달리 N, P, K 등의 비료성분이 포함되어 있기 때문에 과거에는 토양의 지력 증진용으로도 사용되어져 왔다(김 등, 1997). 이에 따라 적절한 축산 폐기물의 처리기술을 도입하여 배양토로 이용하여 다량의 화학비료 사용 대체에 따른 경영비 절감뿐만 아니라, 토양의 산성화를 지연시킬수 있다는 측면에서도 그 효용가치가 매우 크다(정 등, 1997). 이와 더불어 대부분의 현지 양돈농가에서는 돈분뇨의 폐수 처리에 대한 어려움으로 인하여 분뇨 분리 시설이 있어도 분뇨를 혼합한 슬러리 형태로 배양토화하고 있는 실정이다.

부숙이란 분뇨에 다량 함유된 유기물질을 무기물질로 변화시켜 주는 공정으로(Iannotti 등, 1993), 이러한 배양토화 공정에서 수분조절재(충진재)로 있는 것이 톱밥, 왕겨, 볏짚 등이 많이 사용되고 있으며, 신문지 등의 폐지류도 그 이용 가능성이 보고되고 있다(고 등, 1997; 김, 1997; 최와 노, 1998). 부숙의 올바른 진행을 위해선 C/N 비, 공기공급량, 수분함량등의 인자들의 적정값 연구가 중요한데, 이 중 C/N 비란 부숙화 대상 물질의 탄소와 질소의 원료함량의 비로써, 미생물의 균형 있는 영양소 공급을 위해 그 값이 중요하다. 특히 C/N 비의 값이 20 이하일 경우 질소성분이 안정화 없이 유용 가능한 탄소의 소모가 일어나 결과적으로 암모니아 또는 질산화물이 발생하면서 악취가 발생하게 된다(정 등, 1996).

가축분뇨 발효처리시 수분조절재로 사용되는 톱밥, 수피 등의 자원은 제한되어 구입가격이 비싸고 또 품귀현상마저 일어남에 따라 톱밥의 대체소재를 개발하는 것이 현안으로 등장하였다. 따라서, 톱밥의 대체물로서 원예용 배양토의 국산원료인 팽연왕겨, 퍼라이트, 질석 등을 활용하여 가축분뇨의 발효 기능과 부숙 분뇨의 저장 기능을 동시에 갖는 축산분뇨처리 시스템의 개발, 즉 축분의 발효 및 부숙 건조과정에서 직접적으로 유기질 배양토와 원예용 배양토를 동시에 제조할 수 있는 효율적인 가축분뇨처리 시스템의 개발이 필요하다고 본다. 또한, 국내의 대규모 기업형 축사 또는 돈사에서 발생하는 축분은 환경오염의 근원이 되나 충분히 부숙 또는 특수가공처리를 한다면 필요한 배양토 조제에 효율적이고 기능적인 자원으로 활용할 수 있을 것으로 평가되고 있다(이 등, 2000).

이에 따라 본 연구의 목적은 축산업현장에서 발생하는 가축분뇨를 원예작물용 배

양토 보조재의 재원으로 재활용하기 위하여 미생물과 원예용 배양토의 원자재를 이용한 축분의 부숙효율 및 악취제거 효율을 향상시킬 수 있는 처리공정 과정을 개발하는데 그 목적이 있다. 아울러 부숙 완료된 부숙유기물의 배양토화(기능성)에 대한 적합성을 규명하기 위한 각종 유기 및 무기성분의 구성비율을 조사하여 작물 및 원예작물용 배양토로서의 효율성 및 안정성을 제고하고, 이를 원예작물의 기능별 배양토로 활용할 수 있는 응용기술을 개발하여 산업화함으로서 수입대체 효과를 최대화하는데 본 연구개발의 목적이 있다.

본 연구에 사용된 공시재료는 축분에 왕겨, 버미큐라이트, 펄라이트, 바크를 수분 조절재로 사용하였고, 악취 제거를 위해 기능성 물질인 유카와 효소제인 펌키토를 첨가하여 부숙 공정 단계별로 시료를 채취한 후 이들의 물리화학적인 성분 변화를 통해 돈분의 배양토화를 위한 특성을 구명하여, 축산 폐기물의 발효 및 부숙 건조 과정에서 직접적으로 유기질 배양토와 원예용 배양토를 동시에 제조할 수 있는 효율적인 가축분뇨처리 시스템 개발을 위한 기초자료를 제시하기 위하여 실시하였다.

제 2 절 연구개발의 중요성

원예작물의 재배시 고품질의 경쟁력이 있는 상품을 지속적으로 생산하기 위해서는 각 작물별 적합한 배양토(토양조건) 선정과 과학적인 영양(비배)관리가 절실히 요구된다. 이미 선진국에서는 분화용 또는 재배용 배양토를 기능적으로 전문화하여 산업에 활용하고 있으며 이 분야에 대해서는 폐자원의 효율적 이용 등에 대한 산·학·연이 공동으로 연구하여 실용화에 이르고 있다. 그러나 아직 국내에서는 배양토에 이용되는 원료(피트모스, 퍼라이트, 암면 등)를 대부분 수입하여 이용하고 있다.

원예산업 현장에서는 육묘 또는 분화에 이용되는 모래나, 가축분뇨 또는 왕겨, 톱밥 등을 이용하여 자가생산, 공급을 하고 있으나 배양토로서의 물리·화학적 특성이 작물생육에 적합치 않아 실제 재배상에 많은 문제점들이 야기되고 있다. 현재 국내의 대규모 기연형 축사 또는 돈사에서 발생하는 축분은 환경오염의 근원이 되나 충분히 부숙 또는 특수가공처리를 한다면 필요한 배양토 조제에 효율적이고 기능적인 자원으로 활용할 수 있을 것으로 평가되고 있다. 그러나 불균일한 성분이나 미발효 축분의 무분별한 토양시용으로 암모니아 가스 발생, 염류장해, 산성화 또는 수질오염 등이 발생함에 따라 장해규명의 필요성이 점점 늘어가고 있는 실정이다. 또한 최근 경북지방에서 부산물비료 제조시 산업폐기물을 사용으로 문제점이 야기되고 있어 양질의 배양토 생산기술 확립이 절실히 요구되고 있다. 대부분의 육묘용, 분화, 양액재배는 수입성 재료에 의한 배양토에 의존에서부터 탈피해야만 하는 실정이다.

이에 따라 원예작물의 저부가가치 농업에서 환경친화적 고부가가치 농업형태로 구조적 전환이 절실이 필요한 현실을 감안 할 때 부숙 축분을 이용한 친환경적 가능성 원예용 배양토의 제조기술 확립이 절실히 필요하다.

제 2 장 가축분뇨의 최적 발효조건 구명

제 1 절 서 설

최근 들어 가축 사육형태가 집단화, 규모화, 전업화됨에 따라 가축 사육두수가 증가되었으며, 이러한 양축규모의 증가에 따른 축산 폐기물의 발생량이 해마다 증가하고 있다. 이와 더불어, 농업의 현대화, 작물재배기술의 발달, 그리고 환경보전과 땅을 살리자는 생산자와 소비자의 욕구가 일치하여 환경오염을 최소화 할 수 있는 축분의 처리방법의 하나로서 유기농법에 관심이 집중되고 있다. 유기농법에 이용될 양질의 퇴구비를 만드는데 축분을 이용하면 토양의 물리-화학적 및 미생물상이 개선되어 작물의 생육이 좋아지고 화학비료에 의한 농가생산비를 절감하여 많은 이익을 얻을 수 있을 것으로 기대된다(Chanyasak과 Kubota, 1981; Lannotti 등, 1993).

유기성 폐기물 총발생량의 13.9%를 차지하고 있는 축산 폐기물은 최근 여러 가지 환경문제를 야기시키는 주요 오염물질로 대두되고 있다. 또한 대량으로 발생된 축산 폐기물이 환경 오염원으로 인식되어지고 축산 폐기물에 관한 관련법규가 강화됨에 따라 양축농가는 많은 어려움에 처해 있을 뿐만 아니라, 가축분의 효과적인 처리 및 활용방법에 많은 관심과 투자가 필요하게 되었다. 축산 폐기물은 산업 폐기물과는 달리 N, P, K 등의 비료성분이 포함되어 있기 때문에 적절한 축산 폐기물의 처리기술을 도입하여 배양토로 만들어 이용하여 다량의 화학비료 시용 대체에 따른 경영비 절감뿐만 아니라, 토양의 산성화를 지연시킬수 있다는 측면에서도 그 효용 가치가 매우 크다(성 등, 1997).

축분은 질소, 인산, 칼리 등의 비료성분이 골고루 포함되어 있어 과거에는 토양의 지력을 증진시키는 비료자원으로서 토양에 환원시키는 것을 원칙으로 여겨 왔으나 오늘날 가축의 사육형태의 대규모화와 집단화에 따른 분뇨생산량의 증가는 전담과상수도원의 수질오염을 일으키기 때문에 축분처리의 기술집적 현상이 요구된다. 올바른 부숙화 처리를 위해서는 원료부숙더미의 환경조건을 미생물이 생육하고 활동하기 좋은 최적의 상태로 유지시키는 기술이 필요하다. 부숙화 관련 미생물이 활동하기 좋은 조건을 조성하기 위해서는 부숙화 원료중의 수분 함유량, 산소량, 이용가능 영양소, 온도, 산도등 기타 여러 요인들이 복합적으로 최적의 상태를 유지하여야 한다. 그러나 자연상태에서 축분 내의 조건들을 갖추기가 어렵기 때문에 인위적인 영향을 가하는데 현재의 부숙화 기술수준으로는 부숙화 초기의 환경조절 즉 부자재를 사용한 발효조건 개선이 부숙화 전 과정에서 중요한 영향을 미치게 된다.

이에 따라 본 연구의 목적은 우분, 돈분, 돈분-우분을 혼합하여 여기에 각기 다른 수분 조절재를 첨가하였을 경우 발효진행 과정에 따른 배양토의 물리적 성질 변화

를 구명하고, 축산 폐기물의 발효 및 부숙 건조과정에서 직접적으로 유기질 배양토와 원예용 배양토를 동시에 제조할 수 있는 효율적인 가축분뇨처리 시스템 개발을 위한 기초자료를 제시하기 위하여 실시하였다.

제 2 절 돈분의 최적 부숙화

1. 재료 및 방법

(1) 공시재료

공시 돈분은 충남 목천면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 것을 사용하였으며, 발효를 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업개발)를 1% 첨가하였다. 돈분의 수분함유율은 77%였으며, 수분 조절재로 왕겨, 버뮤클라이트, 펄라이트를 첨가하여 수분함유율을 65%로 조절하여 본 실험에 이용하였다. 돈분과 수분조절재 그리고 효소제 첨가량은 Table 2-1과 같다.

Table 2-1. Supplementation of butchery wastes and functional ingredients as bulking agent.

Item	Swine manure+ Rice hull	Swine manure+ Vermiculite	Swine manure+ Perlite
Swine manure, kg	100	100	100
Bulking agent, kg	22	20	19
Enzyme, kg	1.74	1.74	1.74

(2) 발효조건

돈분과 수분조절재를 Table 2-1.과 같이 혼합하여 발효조에서 재료의 초기온도가 30℃이상이 되도록 가온한 후, 돈분과 수분조절재 혼합물의 수분 증발 방지 및 초기 발효열의 발산을 막기 위하여 48시간동안 폴리에틸렌을 덮어두었다. 48시간이 지난 후 폴리에틸렌을 제거한 뒤 발효가 종료될때까지 1일 1회 교반하였다.

(3) 조사항목

발효가 진행중인 배양토를 오후 6시경에 퇴비의 온도를 측정된 후 시료를 채취한 뒤 교반하였다. 채취한 시료를 이용하여 pH, 조수분 함량, 그리고 유기물 함량을 조사하였다.

1) 배양토의 온도 측정

배양토화 과정에서 시료의 온도는 발효조의 표면으로부터 20cm 깊이의 지점에서 디지털 온도계(Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였다.

2) pH 측정

시료 20g과 증류수 200ml을 혼합(1:10, wt/v)한 후 5분간 실온에서 정치시킨 뒤에 pH meter(DMP 600, Dongwon Medical)를 이용하여 측정하였다.

3) 수분 및 유기물 함량 측정

시료 2g을 100℃에서 6시간동안 건조한 후에 방냉하였다가 건조 전후의 중량을 비교하여 측정하였다. 유기물 함량 측정은 Ben Dor과 Banin(1989)의 방법에 준하여 시료 2g을 500℃의 회화로에서 5시간동안 회화시킨 후에 방냉한 후, 회화 전후의 중량을 비교하여 측정하였다.

4) 질소 함량 측정

질소(N) 분석은 켈달(Kjeldahl)방법에 의하여 시료 1g에 H₂SO₄ 10ml와 분해 촉진제(K₂SO₄:CuSO₄ = 8:1) 8g을 가한 후 270℃에서 2시간 동안 분해한 시료액을 질소 자동분석기(Kjeltec auto 1038)를 사용하여 측정하였다. 암모니아태 질소(NH₄-N)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H₂SO₄로 적정하여 함량을 조사하였다.

5) 중금속 함량 및 휘발성 지방산 측정

중금속 분석 중 구리, 카드뮴은 원자흡광 광도계(Hitachi z-6000)로 측정하였다.

수은은 자동분석기(SP-1)로 분석하였다. 크롬, 비소 등의 중금속의 함량은 국립농업 자재 검사소의 비료 분석법(1985)을 이용하여 시료를 분해한 후 원자흡광분석기(SP-9)로 분석하였다. 최종 산물에 대한 휘발성 지방산의 함량은 GC를 이용하여 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

(1) 발효 과정중 온도의 변화

발효 과정중 미생물은 고유의 성장온도 범위를 가지므로 부숙화 과정 중의 온도 변화와 더불어 미생물 군집의 천이가 발생하게 된다(Chen 등, 1993). 본 실험의 경우 부숙화가 시작되는 초기온도는 30℃였으며, 2일 후에 40℃ 이상으로 온도가 상승하여 주발효가 약 8일 정도 지속되었다(Figure 2-1)

미생물에 의한 유기물 분해시 발생하는 열에 의하여 식물병원성 미생물과 잡초의 씨앗이 사멸된다(Hoitink 등 1986). 온도가 60℃ 이상 상승하게 되면 유기물의 분해율은 감소하게되며, 50~55℃의 범위가 최적의 분해율을 갖는 온도 범위이며(김 등, 1997) 본 실험에서 이러한 온도범위는 약 4일간 유지되었다.

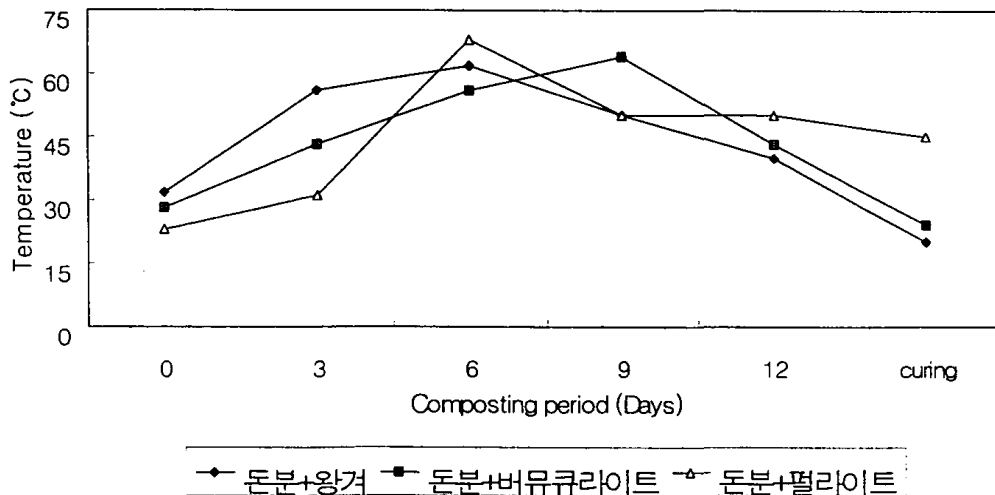


Figure 2-1. Changes of temperature in composting materials.

(2) 부숙 과정중 함수율 변화

본 실험의 초기 함수율은 65%이었으며, 부숙이 진행되는 동안 서서히 감소하여 발효 후에는 50%수준을 유지하였다. 부숙화 과정중 수분 조절재의 종류를 달리하였을 때의 수분변화는 Figure 2-2와 같다. 돈분에 왕겨를 첨가한 구와 펄라이트를 첨가한 구는 3일째 되는 날부터 수분량이 감소하기 시작하였다.

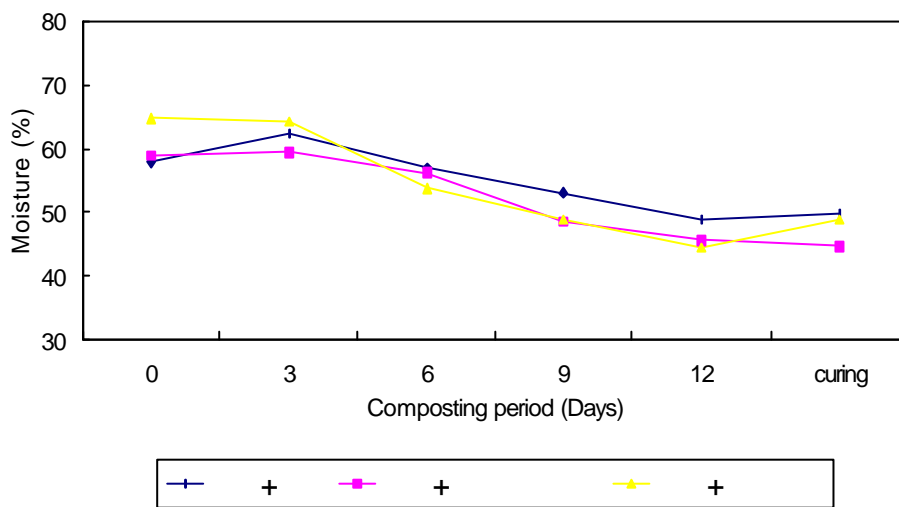


Figure 2-2 Changes of moisture in composting materials.

(2) 부숙 과정중 함수율 변화

본 실험의 초기 함수율은 65%이었으며, 부숙이 진행되는 동안 서서히 감소하여 발효 후에는 50%수준을 유지하였다. 부숙화 과정중 수분 조절재의 종류를 달리하였을 때의 수분변화는 Figure 2-2와 같다. 돈분에 왕겨를 첨가한 구와 펄라이트를 첨가한 구는 3일째 되는 날부터 수분량이 감소하기 시작하였다.

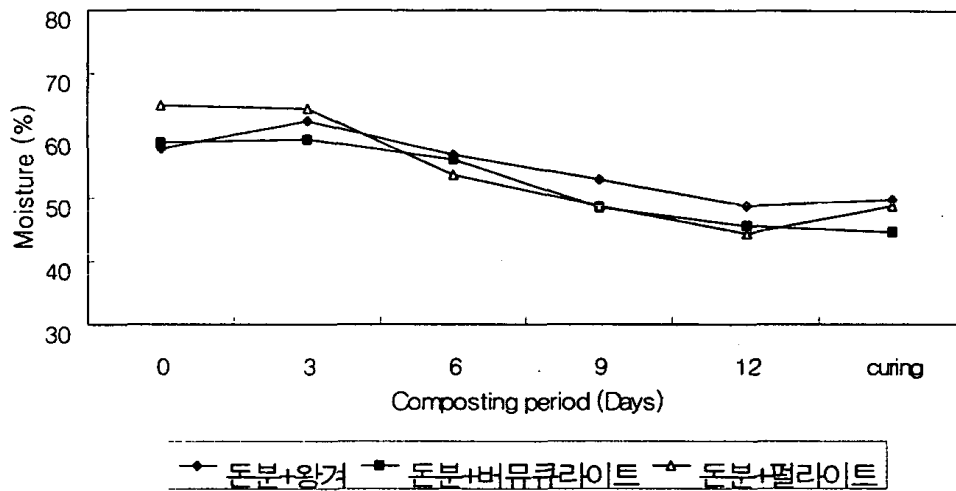


Figure 2-2. Changes of moisture in composting materials.

(3) 부숙 과정중 pH의 변화

본 실험에서 부숙 과정중 pH의 변화는 왕겨, 펄라이트를 첨가한 구의 pH 값이 점차 상승하다가 감소하는 추세를 보이고 있다. 버뮤큐라이트는 3일째 감소하다가 다시 상승하여 12일이 지나고 감소하는 추세를 보였다. Table 2-2에서 보는 바와 같이 종료된 부숙화 과정에서의 pH는 7-8 정도로 최종 안정화되었다.

Table 2-2. Periodical pH change during composting at various bulking agent to cattle manure.

	Swine manure + Rice hull	Swine manure + Vermiculite	Swine manure + Perlite
Initial	7.74	7.41	7.52
3 days	8.4	7.2	7.9
6 days	9.4	8.3	9.5
9 days	9.7	9.5	10
12 days	10.0	9.9	10
Curing	9.89	9.71	9.94

(4) 부숙화 과정 중 질소 변화

Table 2-3은 부숙 과정중의 질소의 함량을 나타낸 것이다. 초기의 질소함량은 돈분에 왕겨를 첨가한 구가 14.1%, 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 15.4%, 펄라이트를 첨가한 구가 14.9%로 나타났다. 우분에 비해 질소의 양이 많이 검출되었는데 이는 돈분이 노와 같이 혼합되었기 때문으로 사료된다. 이 결과는 부숙화 기간중 총 질소의 유실량은 경우에 따라 상당한 차이가 있으나 평균 20-50% 정도에 이른다 (Otto, 1981)는 보고와 비교하여 수치상 차이는 있었지만 유사한 결과를 나타낸다고 할 수 있다.

Table 2-3. Changes of nitrogen during composting process of swine manure(DM base). (unit : %)

	Swine manure + Rice hull	Swine manure + Vermiculite	Swine manure + Perlite
Initial	14.1	15.4	14.9
3 days	12.1	14.7	12.3
6 days	11.5	12.9	10.5
9 days	13.7	12.1	10.2
12 days	13.5	12.6	10.6
Curing	12.7	11.8	9.8

(5) 최종 산물의 중금속 함량

Table 2-4는 최종 산물의 중금속 함량인데, 배양토 중에 포함된 중금속이 토양에 가해지면 토양 및 지하수의 오염뿐만 아니라 작물이 흡수하게 되어 이를 사람이 먹게 되면 인체에 심각한 해를 미칠 수 있어, 최근 우리나라의 경우 배양토 중의 몇 가지 중금속 함량에 대한 규제가 강화되고 있는 실정이다. Pb의 경우 버뮤큐라이트를 첨가한 구에서 53.0(mg/kg), 왕겨를 첨가한 구는 10.2(mg/kg), 펄라이트를 첨가한 구에선 8.4(mg/kg)로 각각의 수분 첨가제의 종류에 따라 큰 차이가 나타났다. Cd는 왕겨와 펄라이트를 첨가한 구가 각각 1.83(mg/kg), 1.46(mg/kg)으로 별다른 차이를 보이지 않았지만, 버뮤큐라이트는 8.37(mg/kg)로 왕겨와 펄라이트를 첨가한 구와 비교할 때 차이를 보였다. Cu는 30-35(mg/kg)으로 서로간에 별다른 차이를 보이지 않았지만 Cr의 경우 버뮤큐라이트를 첨가한 구는 111.6(mg/kg), 펄라이트를 첨가한 구는 23.0(mg/kg), 왕겨를 첨가한 구는 20.5(mg/kg)으로 서로 큰 차이가 나타났다. As와 Hg의 경우 각각의 수분 조절재를 첨가하였을 경우 서로 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 2-4. Heavy metals of final compost(DM base).

Item	Swine manure + Rice hull	Swine manure + Vermiculite	Swine manure + Perlite
Pb(mg/kg)	10.2	53.0	8.4
Cd(mg/kg)	1.83	8.37	1.46
Cu(mg/kg)	31.4	34.8	33.7
Cr(mg/kg)	20.5	111.6	23.0
As(mg/kg)	1.04	1.21	0.96
Hg(mg/kg)	0.02	0.02	0.03

(6) 최종산물의 화학성상

Table 2-5에서는 발효와 부숙단계를 거친 부숙이 끝난 최종 산물의 화학적 성질을 나타낸 것이다. 유기물의 함량은 왕겨를 첨가한 구가 11.1%, 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 11.0%, 펄라이트를 첨가한 구가 11.4%로 각각의 유기물의 함량은 서로 별다른 차이를 보이지 않았으며, 처리구들의 전기 전도도는 평균 11.0으로 나타났다. 전기 전도도는 수용성 염류의 다소를 나타내는 지표로서 배양토의 염류농도를 측정할 수 있다.

총 질소의 평균 함량은 215.9ppm으로 나타났고, 그 중의 질산태 질소 평균 함량은 10.8ppm이고, 암모니아태 질소의 평균 함량은 205.1ppm으로 나타났다. 인의 평균 함량은 476.5ppm, 칼륨의 평균 함량은 1186.0ppm이었고, 칼슘은 239.0(ppm)으로 나타났다.

Table 2-5. Chemical properties of final compost(DM base).

Item	Swine manure + Rice hull	Swine manure + Vermiculite	Swine manure + Perlite
Organic Matter (%)	11.1	11.0	11.4
EC (mS/cm)	6.64	9.15	8.58
NO ₃ -N (ppm)	52.6	69.1	65.2
NH ₄ -N (ppm)	247.4	425.6	264.3
Total-N (ppm)	300	494.7	329.5
P (ppm)	643	1470.2	1476.7
K (ppm)	2513	2732	2845
Ca (ppm)	182.5	294.7	268.4
Mg (ppm)	194.1	408.8	282.8

제 3 절 우분의 최적 부숙화 조건 구명

1. 재료 및 방법

(1) 공시재료

공시 우분은 충남 목천면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 것을 사용하였으며, 발효를 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업개발)를 첨가하였다. 우분의 수분 함유율은 76%였으며, 수분 조절재로 왕겨, 버뮤클라이트, 펄라이트를 첨가하여 수분 함유율을 65%로 조절하여 본 실험에 이용하였다.

(2) 실험 설계 및 발효방법

우분에 첨가된 수분 조절재는 왕겨, 버뮤클라이트, 펄라이트로 그 종류를 달리하고 효소제를 1% 첨가하였다. 우분 100kg에 1) 왕겨 25kg+ 효소제 1.88kg, 2) 버뮤클라이트 19kg+ 효소제 1.75kg, 3) 펄라이트 17.5kg+ 효소제 1.75kg을 각각 첨가하였다.

우분과 수분 조절재를 혼합하여 발효조에서 배양토의 초기온도가 30℃ 이상이 되도록 가온한 후, 우분과 수분 조절재 혼합물의 수분 증발방지 및 초기 발효열의 발산을 막기 위하여 48시간동안 폴리에틸렌을 덮어두었다. 48시간이 지난 후 폴리에틸렌을 벗겨내고, 발효가 진행중인 배양토를 오후 6시경에 퇴비의 온도를 측정하고 시료를 채취한 뒤 1일 1회 교반하였다. 1차 발효를 시킨 다음 일정기간 후숙(curing)시켜 배양토화를 종료하고 비료로 사용하였다.

(3) 성분분석

1) 수분과 유기물

수분 함량 측정은 시료 2g을 100℃에서 6시간동안 건조한 후에 방냉하여 건조 전후의 중량을 비교하여 측정하였다(AOAC, 1984).

유기물 함량 측정은 Ben Dor과 Banin(1989)의 방법에 준하여 시료 2g을 500℃의 회화기(muffle furnace)에서 6시간 동안 회화시킨 후에 방냉한 후, 회화 전후의 중량을 비교하여 측정하였다.

2) 온도와 pH

부숙화 과정중 시료의 온도는 발효조의 표면으로부터 20cm되는 지점에서 디지털

온도계(Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였다.

3) 질소화합물

암모니아태 질소($\text{NH}_4\text{-N}$)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H_2SO_4 로 적정하여 함량을 조사하였다. 그리고 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 후 여과액을 취해 데발다 합금 0.5g을 첨가하여 증류한 후 증류액을 0.005n H_2SO_4 로 적정하였다(APHA, 1992). 총 질소는 시료 1g에 H_2SO_4 10ml와 분해 촉진제($\text{K}_2\text{SO}_4\text{:CuSO}_4=8\text{:1}$) 8g을 가한 후 420℃에서 2시간동안 분해한 시료액을 질소 자동분석기(Kjeltec auto 1038)를 사용하여 측정하였다.

4) 기타성분

인산(P_2O_5)과 칼리(K_2O)의 측정은 회화한 분쇄 시료 2g을 1:1 염산으로 분해하여 시료액을 조제한 다음 여과하여 일정 비율로 희석한 후 발색제로 발색시킨 다음 Spectrophotometer(470nm)로 흡광도를 측정하여 총 인 함량을 조사하여 P_2O_5 로 환산하였고, 칼리는 원자흡광광도계(766nm)를 이용하여 측정하고 K_2O 로 환산하였다. 탄소는 Tyurin법을 이용하여 총 탄소량을 측정하였다. pH와 전기전도도(EC)는 증류수를 10배 희석하여 추출한 후 pH는 pH meter(DMP 600, Dongwon Medical)로 EC는 EC meter(Hana H8820N)기로 각각 측정하였다.

2 결과 및 고찰

(1) 부숙 과정중 온도의 변화

Figure 2-3은 우분에 수분 조절재를 첨가한 각 처리구의 발효온도를 나타낸 것이다. 본 부숙화 실험의 경우 초기 온도는 20-30°C이었으나 3일 후에는 40°C 이상 되면서 주발효가 시작되었고, 6일 후에는 50°C 이상으로 온도가 상승하여 발효가 활발히 진행됨을 알 수 있었다.

부숙 개시후 최고 온도 도달일은 우분에 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 9일째 되는 날 50°C로 가장 먼저 상승한 후 하강하기 시작하였고, 펠라이트, 왕겨를 각각 첨가한 구가 12일날째까지 온도가 상승한 후 하강하였다. 이는 부숙이 진행되면서 초기에 온도가 상승한 후 시간이 지남에 따라 하강하는 전형적인 부숙화 온도패턴을 보여주고 있으나(Wilson and Dalmat, 1986; Rynk 등 1992), 수분 조절재의 종류에 따라 약간의 차이를 나타내고 있다.

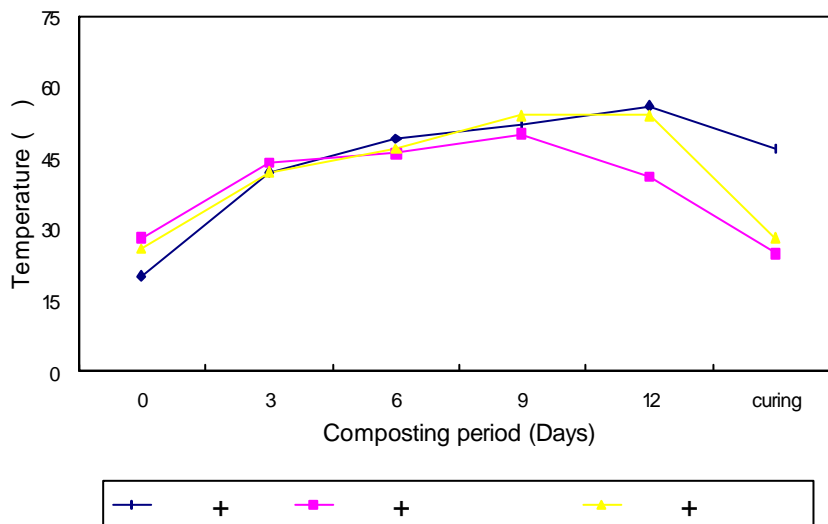


Figure 2-3. Change of temperature during composting at various bulking agent to cattle manure.

2. 결과 및 고찰

(1) 부숙 과정중 온도의 변화

Figure 2-3은. 우분에 수분 조절재를 첨가한 각 처리구의 발효온도를 나타낸 것이다. 본 부숙화 실험의 경우 초기 온도는 20-30℃이었으나 3일 후에는 40℃이상 되면서 주발효가 시작되었고, 6일 후에는 50℃이상으로 온도가 상승하여 발효가 활발히 진행됨을 알 수 있었다.

부숙 개시후 최고 온도 도달일은 우분에 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 9일째 되는 날 50℃로 가장 먼저 상승한 후 하강하기 시작하였고, 펠라이트, 왕겨를 각각 첨가한 구가 12일날째까지 온도가 상승한 후 하강하였다. 이는 부숙이 진행되면서 초기에 온도가 상승한 후 시간이 지남에 따라 하강하는 전형적인 부숙화 온도패턴을 보여주고 있으나(Wilson and Dalmat, 1986; Rynk 등 1992), 수분 조절재의 종류에 따라 약간의 차이를 나타내고 있다.

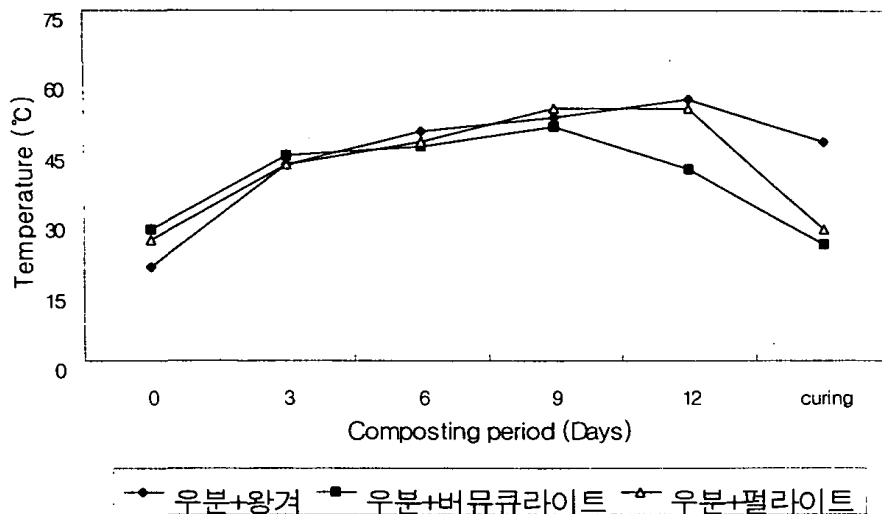


Figure 2-3. Change of temperature during composting at various bulking agent to cattle manure.

(2) 부숙 과정중 함수율 변화

본 실험의 초기 함수율은 65%이었으며, 부숙이 진행되는 동안 서서히 감소하여 발효 후에는 50% 수준을 유지하였다. 부숙화 과정중 수분 조절재의 종류를 달리하였을 때의 수분변화는 Figure 2-4와 같다. 우분에 왕겨를 첨가한 구와 버뮤큐라이트를 첨가한 구는 3일째 되는 날부터 수분량이 감소하기 시작하였다. 반면에 펠라이트를 첨가한 구는 9일째까지 수분량이 증가하였으나 그 다음날부터 급격히 감소되었다.

이는 펠라이트가 다른 수분 조절재보다 수분 흡수력이 낮은 것으로 보인다. 하지만 9일 이후에는 급격히 수분의 양이 감소하는 것으로 보아 공극이 커서 수분의 증가량이 급속히 감소된 것으로 사료된다. 함수율은 미생물이 살아가는데 있어서 매우 중요한 환경요인이다. 적당량의 수분함량은 미생물 성장에 도움이 되지만 과잉의 수분함량은 토양입자 사이의 공극에 영향을 주어 산소 공급을 저해하며, 수분이 부족할 경우에는 수분활성도의 감소로 미생물이 성장하지 못한다(Miller, 1989).

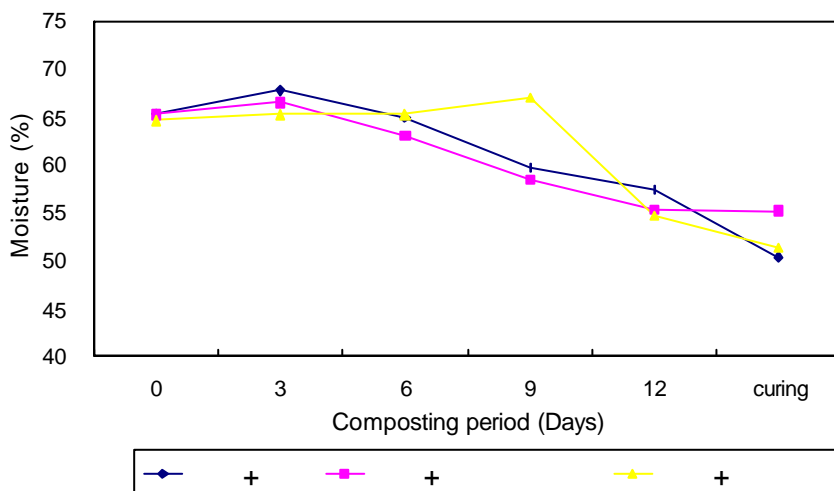


Figure 2-4. Change of moisture during composting at various bulking agent to cattle manure.

(2) 부숙 과정중 함수율 변화

본 실험의 초기 함수율은 65%이었으며, 부숙이 진행되는 동안 서서히 감소하여 발효 후에는 50% 수준을 유지하였다. 부숙화 과정중 수분 조절제의 종류를 달리하였을 때의 수분변화는 Figure 2-4와 같다. 우분에 왕겨를 첨가한 구와 버뮤큐라이트를 첨가한 구는 3일째 되는 날부터 수분량이 감소하기 시작하였다. 반면에 펄라이트를 첨가한 구는 9일째 되는 날부터 수분량이 증가하였으나 그 다음날부터 급격히 감소되었다.

이는 펄라이트가 다른 수분 조절제보다 수분 흡수력이 낮은 것으로 보인다. 하지만 9일 이후에는 급격히 수분의 양이 감소하는 것으로 보아 공극이 커서 수분의 증가량이 급속히 감소된 것으로 사료된다. 함수율은 미생물이 살아가는데 있어서 매우 중요한 환경요인이다. 적당량의 수분함량은 미생물 성장에 도움이 되지만 과잉의 수분함량은 토양입자 사이의 공극에 영향을 주어 산소 공급을 저해하며, 수분이 부족할 경우에는 수분활성도의 감소로 미생물이 성장하지 못한다(Miller, 1989).

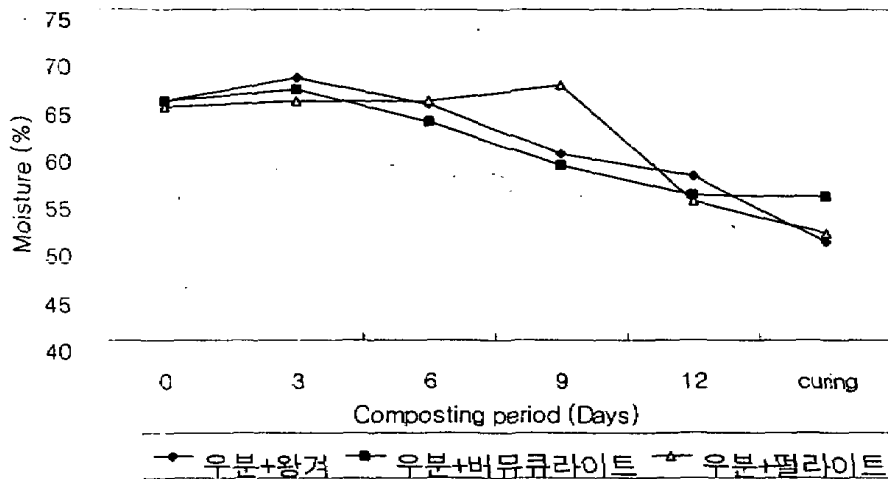


Figure 2-4. Change of moisture during composting at various bulking agent to cattle manure.

(3) 부숙 과정중 pH의 변화

부숙을 위한 적정 pH는 다소 차이가 있지만 보통 6.5-9.5의 범위로 알려져 있다 (Espstein, 1987). 부숙화 과정중 pH는 초기에 감소하다가 점차 분해되어 생성되는 암모니아 등의 영향으로 점차 상승하고 최종에는 안정화 과정을 거쳐 pH 7-8사이에 이른다(Finstin and Morris 1975).

본 실험에서는 우분에 왕겨를 첨가한 구가 pH의 기폭이 다른 구에 비해 심하지만 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다. 다른 구들은 pH의 값이 상승하다가 감소하는 추세를 보이고 있다. Table 2-6에서 보는 바와 같이 종료된 부숙 과정에서의 pH는 7-8정도로 최종 안정화되었다.

Table 2-6. Periodical pH change during composting at various bulking agent to cattle manure.

	Cattle manure+ Rice hull	Cattle manure + Vermiculite	Cattle manure + Perlite
Initial	8.52	9.02	9.69
3 days	9.66	9.08	9.35
6 days	9.27	8.92	9.44
9 days	9.39	8.87	9.47
12 days	9.16	8.66	9.24
Curing	9.46	9.25	9.36

(4) 부숙 과정중의 질소의 변화

Table 2-7은 부숙화 과정중의 질소의 함량을 나타낸 것이다. 초기의 질소함량은 우분에 왕겨를 첨가한 구가 10.5%, 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 12.5%, 펄라이트를 첨가한 구가 10.8%로 나타났다. 부숙화가 진행되면서 3-6째부터 다소 떨어지는 경향을 보였으나 점차 총 질소의 양이 증가하는 경향을 알 수 있다. 특히 왕겨의 경우 초기의 질소량보다 높은 경향을 보였다. 부숙 초기 원료 물질에 함유되어 있는 질소들은 단백질, 펩타이드 및 아미노산 등이며, 부숙에 관여하는 대부분 타급 영양 미생물들에 의하여 탄소, 질소 및 에너지원으로 이용하게 된다(서정윤, 1988, Fogarty와 Tuovinen, 1991). 부숙화 기간 중 총 질소의 유실량은 경우에 따라 상당한 차이가 있으나 평균 20-50% 정도에 이른다(Otto, 1981).

Table 2-7. Changes of nitrogen during composting process of cattle manure(DM base). (unit : %)

	Cattle manure+ Rice hull	Cattle manure + Vermiculite	Cattle manure + Perlite
Initial	10.5	12.5	10.8
3 days	8.2	11.3	9.5
6 days	9.8	10.8	9.1
9 days	9.8	11.6	9.4
12 days	10.4	11.7	9.1
curing	11.9	11.3	10.5

(5) 최종 산물의 중금속 함량

Table 2-8에는 우분에 수분 조절재를 첨가한 각 처리구의 최종 산물의 중금속 함량을 나타낸 것이다. Pb의 경우 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 53.0(mg/kg), 왕겨를 첨가한 구가 10.2(mg/kg), 펄라이트를 첨가한 구가 8.4(mg/kg)로 각각의 수분 첨가제의 종류에 따라 큰 차이가 나타났다. Cd는 왕겨와 펄라이트를 첨가한 구가 각각 1.83(mg/kg), 1.46(mg/kg)으로 별다른 차이를 보이지 않았지만 버뮤큐라이트는 8.37(mg/kg)로 왕겨와 펄라이트를 첨가한 구와 비교할 때 차이를 보였다. Cu는 30-35(mg/kg)으로 서로간에 별다른 차이를 보이지 않았지만 Cr의 경우 버뮤큐라이트를 첨가한 구는 111.6(mg/kg), 펄라이트를 첨가한 구는 23.0(mg/kg), 왕겨를 첨가한 구는 20.5(mg/kg)으로 나타났다. As와 Hg의 경우 각각의 수분 조절재를 첨가하였을 경우 서로 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 2-8. Heavy metals of final compost(DM base).

Item	Cattle manure+ Rice hull	Cattle manure+ Vermiculite	Cattle manure+ Perlite
Pb(mg/kg)	10.2	53.0	8.4
Cd(mg/kg)	1.83	8.37	1.46
Cu(mg/kg)	31.4	34.8	33.7
Cr(mg/kg)	20.5	111.6	23.0
As(mg/kg)	1.04	1.21	0.96
Hg(mg/kg)	0.02	0.02	0.03

(6) 부숙 종료 후의 화학적 성질

Table 2-9는 부숙이 끝난 최종 산물의 화학적 성질을 나타낸 것이다. 최종 pH는 7-8 사이로 부숙 최적 pH인 6.50-8.07(Rynk 등, 1992) 사이에 있었다. 전기 전도도는 수용성 염류의 많고 적음을 측정하는 것으로 우분에 펄라이트를 첨가한 구가 3.60(mS/cm)로 가장 높은 수치를 보였으나, 다른 처리구에서는 서로 큰 차이를 보이지 않았다. 총 질소와 질산태 질소의 양은 펄라이트를 수분조절재로 사용한 구가 가장 높은 수치를 보였고, 그 다음으로 왕겨, 버뮤큐라이트 순으로 나타났다. 암모니아태 질소는 펄라이트, 버뮤큐라이트, 왕겨순이었다. 유기물질의 함량은 약 11%순으로 차이가 없었다.

인의 함량은 우분에 왕겨를 첨가한 구가 584ppm, 펄라이트를 첨가한 구가 563ppm, 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 446ppm 순으로 검출되었으며, 칼리의 함량은 왕겨와 버뮤큐라이트를 첨가한 구는 약 800ppm으로 서로 비슷하게 나타났으며, 펄라이트를 첨가한 구는 약 600ppm수준이었다. 칼슘의 성분은 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 686ppm, 펄라이트를 첨가한 구가 541ppm, 왕겨를 첨가한 구가 442ppm로 분석되었다. Mg는 2550-2650ppm으로 검출되었다.

Table 2-9. Chemical properties of final compost(DM base).

Item	Cattle manure+ Rice hull	Cattle manure + Vermiculite	Cattle manure + Perlite
OM (%)	11.1	11.0	11.4
EC (mS/cm)	2.57	2.88	3.60
NO ₃ -N (ppm)	169	188	238
P (ppm)	584	446	563
K (ppm)	854	859	601
Ca (ppm)	442	686	541
Mg (ppm)	2,593	2,643	2,565

제 4 절 돈분과 우분의 최적 부숙

1. 재료 및 방법

(1) 공시재료

공시 돈분-우분은 충남 목천면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 것을 사용하였으며, 발효를 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업개발)를 첨가하였다. 돈분-우분의 혼합분의 수분함유율은 76.4%였으며, 수분 조절재로 왕겨, 버뮤클라이트, 펄라이트를 첨가하여 수분함유율을 65%로 조절하여 본 실험에 이용하였다.

(2) 실험 설계 및 발효방법

돈분-우분에 첨가된 수분조절재의 종류를 달리하고 효소제를 1% 첨가하였다. 돈분-우분 100kg에 1) 왕겨 25kg + 효소제 1.88kg, 2) 버뮤클라이트 19kg + 효소제 1.75kg, 3) 펄라이트 17.5kg + 효소제 1.75kg을 각각 첨가하였다.

돈분-우분과 수분조절재를 혼합하여 발효조에서 부숙의 초기온도가 30℃이상이 되도록 가온한 후, 돈분-우분과 수분조절재 혼합물의 수분 증발 방지 및 초기 발효열의 발산을 막기 위하여 48시간동안 폴리비닐을 덮어두었다. 48시간이 지난 후 폴리비닐을 벗겨내고, 발효가 진행중인 배양토를 오후 6시경에 퇴비의 온도를 측정하고 시료를 채취한 뒤 1일 1회 교반하였다. 1차 발효를 시킨 다음 일정기간 후숙(curing)시켜 부숙화를 종료하고 비료로 사용하였다.

(3) 성분분석

1) 수분과 유기물

수분 함량 측정은 시료 2g을 100℃에서 6시간동안 건조한 후에 방냉하여 건조 전후의 중량을 비교하여 측정하였다(AOAC, 1984). 유기물 함량 측정은 Ben Dor과 Banin(1989)의 방법에 준하여 시료 2g을 500℃의 회화기(muffle furnace)에서 6시간 동안 회화시킨 후에 방냉한 후, 회화 전후의 중량을 비교하여 측정하였다.

2) 온도와 pH

부숙화 과정중 시료의 온도는 발효조의 표면으로부터 20cm되는 지점에서 디지털

온도계(Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였다.

3) 질소화합물

암모니아태 질소($\text{NH}_4\text{-N}$)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H_2SO_4 로 적정하여 함량을 조사하였다. 그리고 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 후 여과액을 취해 데발다 합금 0.5g을 첨가하여 증류한 후 증류액을 0.005n H_2SO_4 로 적정하였다(APHA, 1992). 총 질소는 시료 1g에 H_2SO_4 10ml와 분해 촉진제($\text{K}_2\text{SO}_4\text{:CuSO}_4=8\text{:1}$) 8g을 가한 후 420°C 에서 2시간동안 분해한 시료액을 질소 자동분석기(Kjeltec auto 1038)를 사용하여 측정하였다.

4) 기타성분

인산(P_2O_5)과 칼리(K_2O)의 측정은 회화한 분쇄 시료 2g을 1:1 염산으로 분해하여 시료액을 조제한 다음 여과하여 일정 비율로 희석한 후 발색제로 발색시킨 다음 Spectrophotometer(470nm)로 흡광도를 측정하여 총 인 함량을 조사하여 P_2O_5 로 환산하였고, 칼리는 원자흡광광도계(766nm)를 이용하여 측정하고 K_2O 로 환산하였다. 탄소는 Tyurin법을 이용하여 총 탄소량을 측정하였다. pH와 전기전도도(EC)는 증류수를 10배 희석하여 추출한 후 pH는 pH meter(DMP 600, Dongwon Medical)로 EC는 EC meter(Hana H8820N)기로 각각 측정하였다.

2 결과 및 고찰

(1) 부숙 과정중 온도의 변화

부숙이 일어나는 동안 미생물에 의한 분해는 열의 형태로 많은 양의 에너지를 내놓게 된다. 그런데 부숙 물질 자체가 보온하는 성질을 갖고 있어 열이 축적되어 온도가 상승하게 된다. 동시에 수분이 증발되면서 공기 이동이 수증기와 기타 온난 가스를 휩쓸고 가기 때문에 계속적으로 열을 잃게 된다.

본 실험에서는 초기 온도가 15-20°C인 분과 수분 조절재의 각각의 처리구가 6일째에서 60°C 이상을 상승하여 3일간 유지되었으며, 9일째부터 온도가 감소하였다.

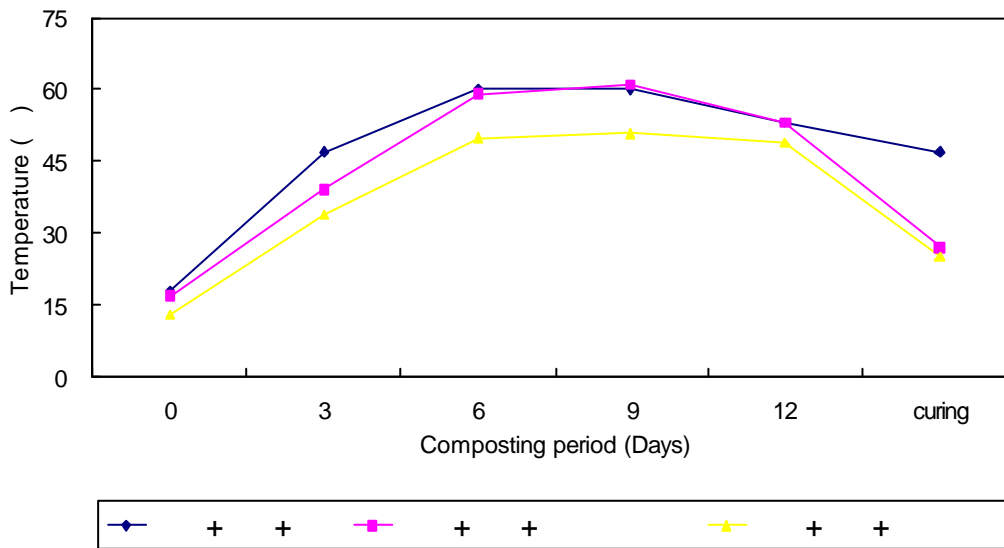


Figure 2-5. Changes of temperature during composting at various bulking agent to mixed swine and cattle manure.

2. 결과 및 고찰

(1) 부숙 과정중 온도의 변화

부숙이 일어나는 동안 미생물에 의한 분해는 열의 형태로 많은 양의 에너지를 내놓게 된다. 그런데 부숙 물질 자체가 보온하는 성질을 갖고 있어 열이 축적되어 온도가 상승하게 된다. 동시에 수분이 증발되면서 공기 이동이 수증기와 기타 온난 가스를 휩쓸고 가기 때문에 계속적으로 열을 잃게 된다.

본 실험에서는 초기 온도가 15-20℃인 분과 수분 조절제의 각각의 처리구가 6일째에서 60℃ 이상을 상승하여 3일간 유지되었으며, 9일째부터 온도가 감소하였다.

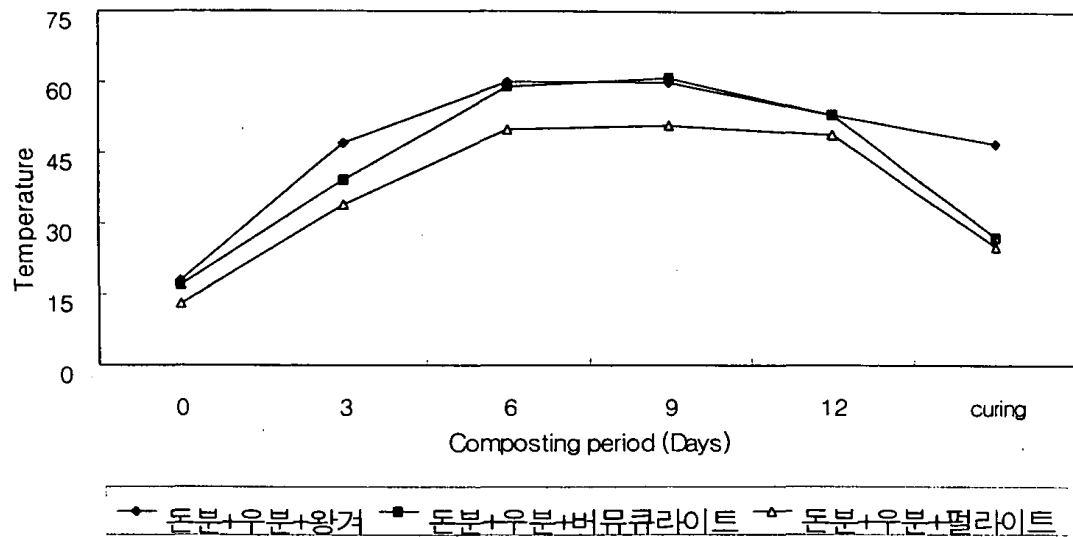


Figure 2-5. Changes of temperature during composting at various bulking agent to mixed swine and cattle manure.

(2) 부숙 과정중 함수율 변화

온도의 감소와 더불어 수분의 양도 감소하게 되는데 다음의 Figure 2-6은 돈분과 우분, 수분 조절재를 혼합하였을 때의 수분함량을 나타낸 것이다. 수분은 미생물의 대사과정 유지에 필수적이다. 부숙화는 수분 함량이 약 40%일 때 저해를 받는데 이는 수분 함량이 40% 미만일 경우에 미생물 활동이 느리게 일어나기 때문이다.

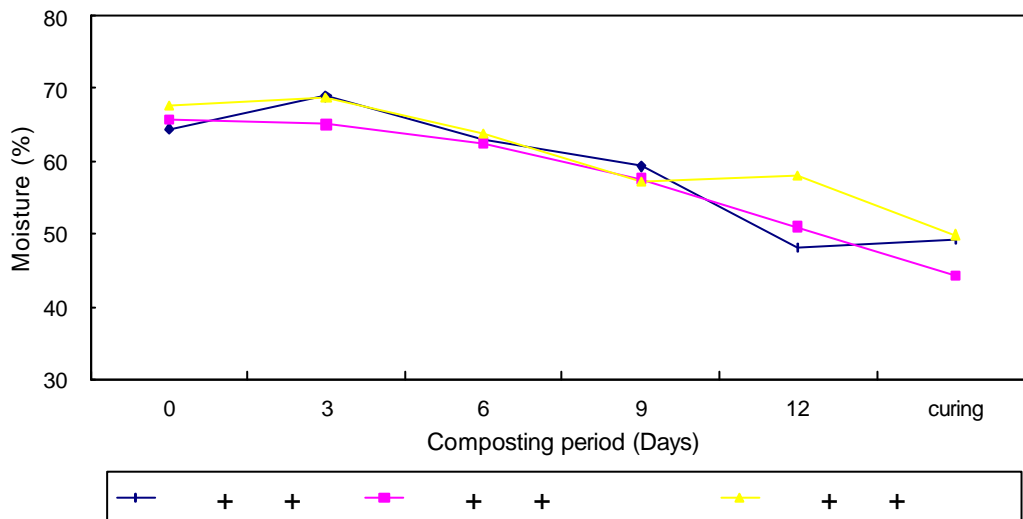


Figure 2-6. Moisture change during composting at various bulking agent to mixed swine and cattle manure.

(2) 부숙 과정중 함수율 변화

온도의 감소와 더불어 수분의 양도 감소하게 되는데 다음의 Figure 2-6은 돈분과 우분, 수분 조절재를 혼합하였을 때의 수분함량을 나타낸 것이다. 수분은 미생물의 대사과정 유지에 필수적이다. 부숙화는 수분 함량이 약 40%일 때 저해를 받는데 이는 수분 함량이 40% 미만일 경우에 미생물 활동이 느리게 일어나기 때문이다.

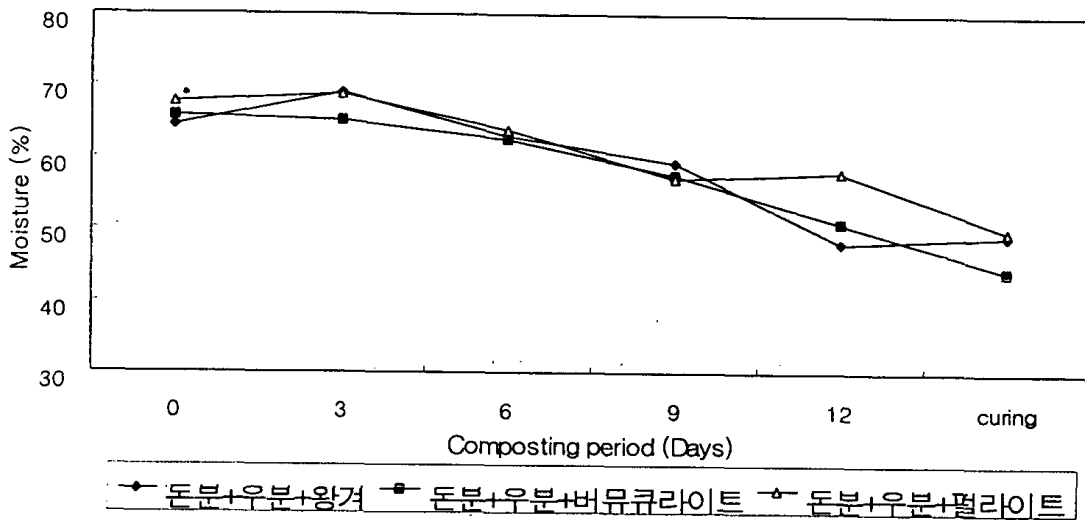


Figure 2-6. Moisture change during composting at various bulking agent to mixed swine and cattle manure.

(3) 부숙 과정중 pH의 변화

Table 2-10은 부숙 과정중의 pH의 변화를 나타낸 것이다. 돈분과 우분을 혼합한 분에 왕겨를 첨가한 구의 pH는 펄라이트를 첨가한 구와 같이 8.25로 나타냈고, 버뮤큐라이트는 7.90으로 다소 낮게 나타났다. 부숙 과정중의 pH는 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 최종산물의 pH는 전형적인 부숙화 pH 수치인 7-8로 나타났다.

Table 2-10. Periodical pH change during composting at various bulking agent to swine manure and cattle manure.

	Swine manure + Cattle manure + Rice hull	Swine manure + Cattle manure + Vermiculite	Swine manure + Cattle manure + Perlite
Initial	8.25	7.90	8.25
3 days	9.08	8.93	7.91
6 days	9.40	9.06	9.11
9 days	9.57	9.35	9.52
12 days	9.41	9.25	9.48
curing	9.71	9.69	9.90
Final	7.59	7.38	7.24

(4) 부숙 과정에서 질소의 변화

초기의 질소 양은 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 14.6%, 왕겨를 첨가한 구가 14.4%, 펄라이트를 첨가한 구가 14.0% 순으로 나타났다. 전반적으로 모두 감소하는 추세를 보이다가 12일이 지나면서 다시 증가하는 경향을 보여주고 있다(Table 2-11).

Table 2-11. Changes of nitrogen during composting process of mixed swine manure and Cattle manure(DM base). (unit : %)

	Swine manure + Cattle manure + Rice hull	Swine manure + Cattle manure + Vermiculite	Swine manure + Cattle manure + Perlite
Initial	14.4	14.6	14.0
3 days	12.4	13.4	11.8
6 days	11.4	13.0	11.5
9 days	11.7	12.7	11.3
12 days	11.1	13.0	12.1
curing	14.5	13.8	12.8

(5) 최종 산물의 중금속 함량

Table 2-12는 돈분과 우분을 혼합한 분에 각기 다른 수분 조절재의 첨가 후 최종 산물의 중금속 함량을 나타내고 있다.

Pb의 경우 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 48.7(mg/kg), 왕겨를 첨가한 구가 13.5(mg/kg), 펄라이트를 첨가한 구가 11.4(mg/kg)로 각각의 수분 첨가제의 종류에 따라 큰 차이가 나타났다. Cd는 왕겨와 펄라이트를 첨가한 구가 각각 1.83(mg/kg), 1.60(mg/kg)으로 별다른 차이를 보이지 않았지만 버뮤큐라이트는 7.68(mg/kg)로 왕겨와 펄라이트를 첨가한 구와 비교할 때 차이를 보였다. Cu는 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 277.7(mg/kg), 왕겨를 첨가한 구가 244.4(mg/kg)으로 서로간에 별다른 차이를 보이지 않았지만 펄라이트를 첨가한 구는 150.9(mg/kg)로 서로 다른 차이를 보였다. Cr의 경우 버뮤큐라이트를 첨가한 구는 99.0(mg/kg), 펄라이트를 첨가한 구는 20.1(mg/kg), 왕겨를 첨가한 구는 17.7(mg/kg)으로 나타났다. As와 Hg의 경우 각각의 수분 조절재를 첨가하였을 경우 서로 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 2-12. Heavy metal of final compost(DM base).

Item	Swine manure + Cattle manure + Rice hull	Swine manure + Cattle manure + Vermiculite	Swine manure + Cattle manure + Perlite
Pb(mg/kg)	13.5	48.7	11.4
Cd(mg/kg)	1.83	7.68	1.60
Cu(mg/kg)	244.4	277.7	150.9
Cr(mg/kg)	17.7	99.0	20.1
As(mg/kg)	1.03	1.24	0.92
Hg(mg/kg)	0.02	0.03	0.03

(6) 최종 산물의 화학적 성상

최종 부숙을 거친 돈분과 우분의 화학적 성질은 다음 Table 2-13과 같다. OM의 함량은 왕겨를 첨가한 구가 11.0%, 버뮤큐라이트를 첨가한 구가 11.6%, 펄라이트를 첨가한 구가 11.2%로 각각의 유기물의 함량은 서로 별다른 차이를 보이지 않았다. 전기 전도도는 3-5 수준을 나타내었다.

부숙이 완료된 최종 산물의 총질소 함량은 왕겨를 첨가한 구는 106.1%, 버뮤큐라이트를 첨가한 구는 140.0%, 펄라이트를 첨가한 구는 142.1%로 나타났다. 암모니아태 질소는 펄라이트, 버뮤큐라이트, 왕겨순이었으며. 또한, 비료 성분인 인, 칼리, 칼슘 및 마그네슘의 함량은 부숙의 여건을 충족시킬 수 있는 수준이라 볼 순 없지만, 유기축산의 활용도 면에서는 우수한 수치라고 사료된다.

Table 2-13. Chemical properties of final compost(DM base).

Item	Swine manure + Cattle manure + Rice hull	Swine manure + Cattle manure + Vermiculite	Swine manure + Cattle manure + Perlite
OM(%)	11.0	11.6	11.2
EC	3.70	4.82	5.03
T-N(ppm)	106.1	140.0	142.1
NO ₃ -N(ppm)	9.4	12.6	17.8
NH ₄ -N(ppm)	96.6	127.4	124.3
P(ppm)	295.9	820.1	569.7
K(ppm)	749.1	847.9	955.9
Ca(ppm)	12.1	84.9	29.9
Mg(ppm)	29.6	77.6	48.6

제 3 장 돈분의 부숙후 최종산물의 물리화학적 성상 연구

제 1 절 서 설

근래 양돈 사육형태를 보면 사육형태가 집단화 및 전업화됨에 따라 사육두수가 증가되었으며, 이러한 양축 규모의 증가에 따라 축산 폐기물인 분뇨의 발생량이 해마다 증가하므로써 환경오염을 일으키기 때문에 그 해결 방안으로 실용적 가축분뇨 처리 기술 개발이 양돈 산업의 당면한 과제라 볼 수 있다. 특히 대부분의 현지 양돈농가에서는 돈분뇨의 폐수 처리에 대한 어려움으로 인하여 분뇨 분리 시설이 있어도 분뇨를 혼합한 슬러리 형태로 배양토화하고 있는 실정이다.

부숙이란 분뇨에 다량 함유된 유기물질을 무기물질로 변화시켜 주는 공정으로 (Iannotti 등, 1993), 이러한 부숙화 공정에서 수분조절재(충진재)로 있는 것이 톱밥, 왕겨, 벚짖 등이 많이 사용되고 있으며, 신문지 등의 폐지류도 그 이용 가능성이 보고되고 있다(고 등, 1997; 김, 1997; 최와 노, 1998). 배양토화의 올바른 진행을 위해선 C/N 비, 공기공급량, 수분함량등의 인자들의 적정값 연구가 중요한데, 이 중 C/N 비란 부숙화 대상 물질의 탄소와 질소의 원료함량의 비로써, 미생물의 균형 있는 영양소 공급을 위해 그 값이 중요하다. 특히 C/N 비의 값이 20 이하일 경우 질소성분이 안정화 없이 유용 가능한 탄소의 소모가 일어나 결과적으로 암모니아 또는 질산화물이 발생하면서 악취가 발생하게 된다(정 등, 1996).

가축분뇨의 부숙시 수분조절재로 사용되는 톱밥, 수피 등의 자원은 제한되어 구입가격이 비싸고 또 품귀현상마저 일어남에 따라 톱밥의 대체소재를 개발하는 것이 현안으로 등장하였다. 따라서, 톱밥의 대체물로서 원예용 배양토의 국산원료인 팽연 왕겨, 펄라이트, 질석 등을 활용하여 가축분뇨의 발효 기능과 부숙 분뇨의 저장 기능을 동시에 갖는 축산분뇨처리 시스템의 개발, 즉 축분의 발효 및 부숙 건조과정에서 직접적으로 유기질 배양토와 원예용 배양토를 동시에 제조할 수 있는 효율적인 가축분뇨처리 시스템의 개발이 필요하다고 본다. 또한, 국내의 대규모 기업형 축사 또는 돈사에서 발생하는 축분은 환경오염의 근원이 되나 충분히 부숙 또는 특수 가공처리를 한다면 필요한 배양토 조제에 효율적이고 기능적인 자원으로 활용할 수 있을 것으로 평가되고 있다(이 등, 2000).

이에 따라 본 연구에서는 1차년도 실험 결과 배양토의 가능성이 가장 우수한 돈분에 왕겨, 버미큐라이트, 펄라이트를 수분조절재로 사용하였고, 악취 제거를 위해 기능성 물질인 유카와 효소제인 펄키토를 첨가하여 부숙 공정 단계별로 시료를 채

취한 후 이들의 물리화학적인 성분 변화를 통해 돈분의 배양토화 특성을 구명하여, 축산 폐기물의 발효 및 부숙 건조과정에서 직접적으로 유기질 배양토와 원예용 배양토를 동시에 제조할 수 있는 효율적인 가축분뇨처리 시스템 개발을 위한 기초자료를 제시하기 위하여 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시재료

돈분뇨의 부숙은 충남 전의면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 것을 사용하였으며, 발효를 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업개발)를 1% 첨가하였다. 돈분뇨의 수분함유율은 81%였으며, 수분조절재로 수분함수율이 각각 46%, 3.3%, 0.3%인 왕겨, 버뮤클라이트, 펄라이트를 첨가하여 수분 함유율을 60%로 조절하여 본 실험에 이용하였다. 돈분뇨와 수분조절재 그리고 부숙 처리과정 중 악취 제거를 위하여 첨가한 기능성 물질의 첨가량은 Table 3-1과 같다.

2. 조사항목

부숙이 진행중인 돈분뇨 재료를 오후 6시경에 온도를 측정한 후 시료를 채취한 뒤 교반하였다. 온도와 pH 측정은 시험 진행 과정 중에 실시하여 그 변화 양상을 관찰하여 부숙 종료 시점을 결정하였고, 시험 종료시인 시험 개시 20일 후에 최종 산물을 채취하여 수분, 유기물 함량, 총 질소 함량, 유기물 대 질소비, 전기전도도, 암모니아태 질소 그리고 중금속 및 휘발성 지방산 함량을 조사하였다

1) 온도 측정

부숙 과정중 시료의 온도는 발효조의 표면으로부터 20cm되는 지점에서 디지털 온도계(Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였다.

2) pH 측정

시료 20g과 증류수 200ml을 혼합(1:10, wt/v)하여 희석한 후 5분간 실온에서 정치시킨 후에 pH meter(DMP 600, Dongwon Medical)를 이용하여 측정하였다.

3) 함수율 및 유기물 함량 측정

함수율은 시료 2g을 100℃에서 6시간동안 건조한 후에 방냉하여 건조 전후의 중량을 비교하여 감량분을 수분함량으로 하여 함수율을 측정하는 건조중량법으로 정량하였고(AOAC, 1990), 유기물 함량 측정은 Ben Dor과 Banin(1989)의 방법에 준하여 시료 2g을 500℃의 회화기(muffle furnace)에서 5시간동안 회화시킨 후에, 회화 전후의 중량을 비교하여 총 유기물 함량을 계산하였다.

4) 질소 함량 측정

질소(N) 분석은 켈달(Kjeldahl)방법에 의하여 시료 1g에 H₂SO₄ 10ml와 분해 촉진제(K₂SO₄:CuSO₄ = 8:1) 8g을 가한 후 270℃에서 2시간 동안 분해한 시료액을 질소 자동분석기(Kjeltec auto 1038)를 사용하여 측정하였다. 암모니아태 질소(NH₄-N)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H₂SO₄로 적정하여 함량을 조사하였다.

5) 중금속 함량 및 휘발성 지방산 측정

중금속 분석 중 구리, 카드뮴은 원자흡광 광도계(Hitachi z-6000)로 측정하였다. 수은은 자동분석기(SP-1)로 분석하였다. 크롬, 비소 등의 중금속의 함량은 국립농업 자재 검사소의 비료 분석법(1985)을 이용하여 시료를 분해한 후 원자흡광분석기(SP-9)로 분석하였다. 최종 산물에 대한 휘발성 지방산의 함량은 GC를 이용하여 측정하였다.

Table 3-1. Supplementation of Butchery Wastes and Functional Ingredients as Bulking agent.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Swine manure(kg)	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Bulking agent(kg)	30	10	10	9	9	9	8.7	8.7	8.7
Fermentation agent(g)	975	675	675	660	660	660	656	656	656
Fermkito(g, 1%)	-	650	-	-	440	-	-	437	-
Yucca(g, 200ppm)	-	-	13	-	-	8.8	-	-	8.7

T1; Swine manure + Rice hull

T2; Swine manure + Rice hull + Fermkito

T3; Swine manure + Rice hull + Yucca

T4; Swine manure + Vermiculite

T5; Swine manure + Vermiculite + Fermkito

T6; Swine manure + Vermiculite + Yucca

T7; Swine manure + Perlite

T8; Swine manure + Perlite + Fermkito

T9; Swine manure + Perlite + Yucca

제 3 절 결과 및 고찰

1. 온도의 변화

부숙화 지표 중의 하나인 온도의 변화는 미생물 활동에 의해 상승되는 것으로 알려져 있으며(Chen 등, 1993), 부숙의 최적 온도로 50~60℃인 것으로 보고되고 있다(김 등, 1997; 이 등, 1998). 본 실험의 경우 각기 다른 수분조절재와 효소제 첨가에 따른 부숙의 온도 변화 양상은 Figure 3-1, 3-2, 3-3에서 보는 바와 같다. 효소제의 첨가 유무와 종류에 상관없이 수분조절재로 왕겨를 사용한 1~3번 처리구(Figure 3-1)에서는 실험 개시후 4일까지 온도의 급격한 상승으로 부숙의 최적온도인 60℃ 이상까지 도달하였으며, 그 이후에는 감소하여 7일에는 20℃까지 감소하여 부숙을 종료하였다. 효소제의 첨가 유무와 종류에 상관없이 수분조절재로 버미큘라이트를 사용한 4~6번 처리구(Figure 3-2)에서는 3일에 최적온도까지 상승하였다가 6일에 20℃까지 감소하였다. 이는 왕겨와 비교하여 온도의 변화 양상이 빠른 속도 변화를 보여주었다. 상대적으로, 수분조절재를 펄라이트로 사용한 7~9번 처리구(Figure 3-3)에서는 뚜렷한 온도 변화없이 실험 개시 후 7일에 20~35℃ 수준까지 일정하게 상승하는 경향을 보였다. 다만, 효소제를 Fermkito로 처리한 8번 처리구에서만 그 온도 변화 양상이 좀 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 이 등(1998)의 보고와도 유사한데 수분조절재인 왕겨와 버미큘라이트 그리고 펄라이트의 비중이나 통기성의 차이라 볼 수 있다.

Figure 3-1. Changes of temperature in composting materials.

- + : T1. Swine manure + Rice hull
- × : T2. Swine manure + Rice hull + Fermkito
- * : T3. Swine manure + Rice hull + Yucca

Figure 3-2. Changes of temperature in composting materials

- + : T4. Swine manure + Vermiculite
- × : T5. Swine manure + Vermiculite + Fermkito
- * : T6. Swine manure + Vermiculite + Yucca

Figure 3-3. Changes of temperature in composting materials

- + : T7. Swine manure + Perlite
- × : T8. Swine manure + Perlite + Fermkito
- * : T9. Swine manure + Perlite + Yucca

2. 부숙 과정 중 pH의 변화

부숙 과정 중 pH의 변화는 Figure 3-4에서 보는 바와 같이 발효초기에는 별 영향이 없다가 기질의 분해로 인한 암모니아 등의 영향에 의해 점차 상승하였다가 최종적으로 안정화를 거쳐(Cardenas와 Wang, 1999) pH가 9.5 정도를 유지하는 경향으로 볼 때, Rynk 등(1992)이 보고한 6.5~8.1를 부숙의 최적 pH라는 결과와는 다소 차이를 보여주고 있으나, 김 등(1997)의 결과와는 비슷한 양상을 보였고, 부숙을 위한 적정 pH를 6.5~9.5의 범위라 보고한 Espstein(1987)의 결과로 볼 때, pH의 범위가 수분조절재나 기능성 물질의 종류에 따라 다르게 나타난다고 보여지며, 전형적인 부숙 양상과 비슷하다고 볼 수 있다.

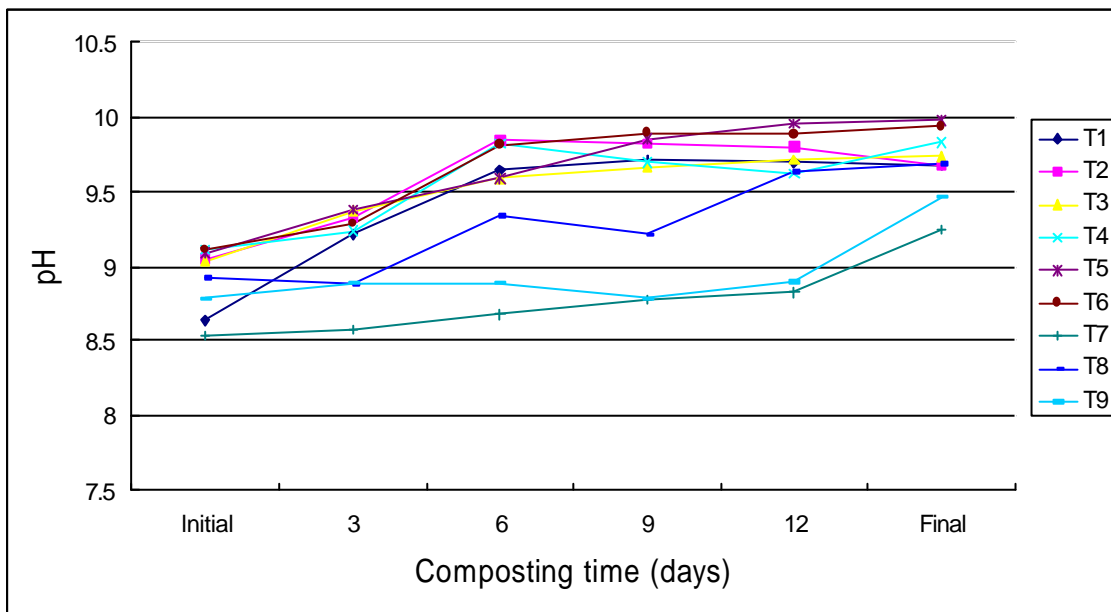


Figure 3-4 Change of pH in composting materials.

2. 부숙 과정 중 pH의 변화

부숙 과정 중 pH의 변화는 Figure 3-4에서 보는 바와 같이 발효초기에는 별 영향이 없다가 기질의 분해로 인한 암모니아 등의 영향에 의해 점차 상승하였다가 최종적으로 안정화를 거쳐(Cardenas와 Wang, 1989) pH가 9.5 정도를 유지하는 경향으로 볼 때, Rynk 등(1992)이 보고한 6.5~8.1를 부숙의 최적 pH라는 결과와는 다소 차이를 보여주고 있으나, 김 등(1997)의 결과와는 비슷한 양상을 보였고, 부숙을 위한 적정 pH를 6.5~9.5의 범위라 보고한 Espstein(1987)의 결과로 볼 때, pH의 범위가 수분조절제나 기능성 물질의 종류에 따라 다르게 나타난다고 보여지며, 전형적인 부숙 양상과 비슷하다고 볼 수 있다.

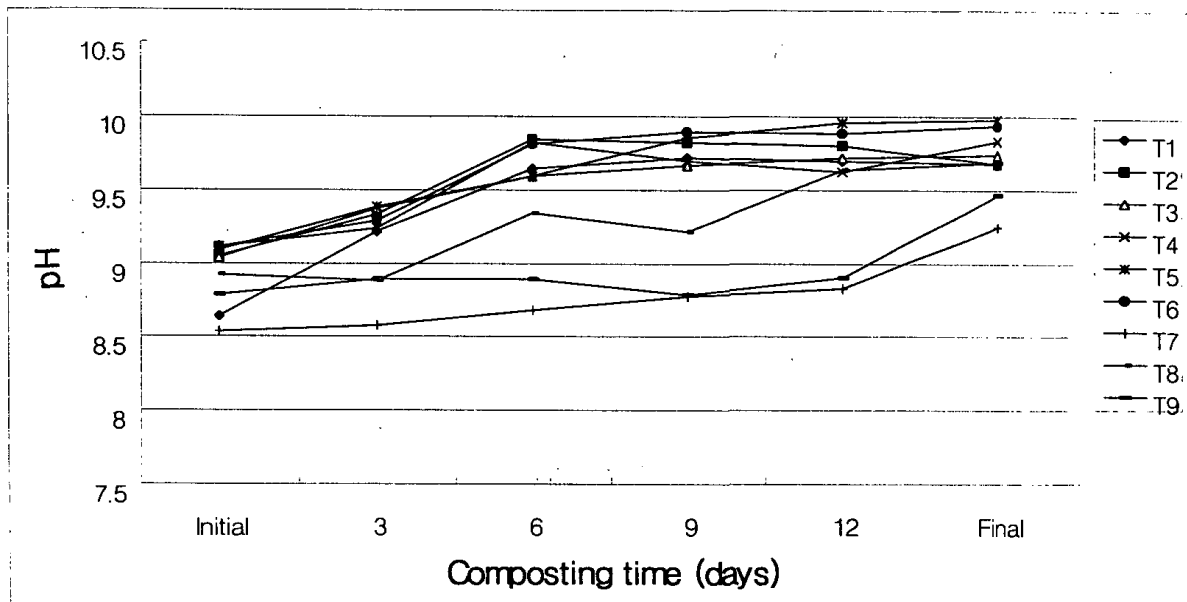


Figure 3-4. Change of pH in composting materials.

3. 함수율

Figure 3-5에서 보는 바와 같이 펄라이트 처리구를 제외한 모든 처리구에서 개시 시 60% 이상이던 수분 함량이 시간이 지날수록 감소하여 시험 종료시엔 40% 이하 까지 내려갔다. 이 결과는 Mayer와 Hofer(1987)와 김 등(1997)의 부숙이 끝나는 시기의 수분 함량이 30-35%가 된다는 보고와 일치하며, 펄라이트 처리구도 시간상 문제는 있겠지만, 함수율이 떨어지는 전형적인 부숙화 경향은 비슷하게 보여주고 있다.

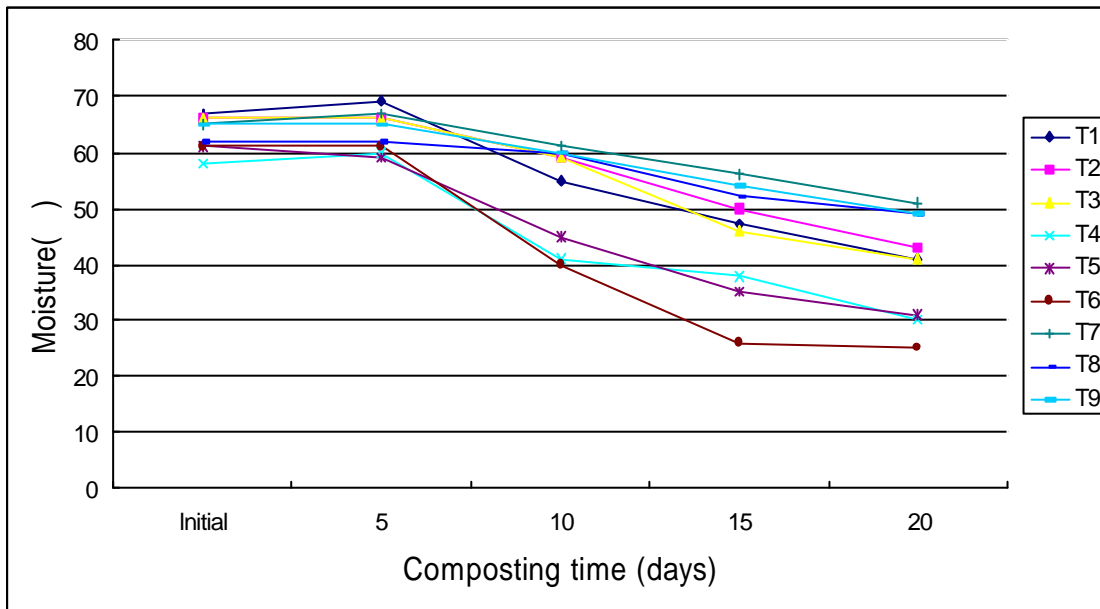


Figure 3-5. Change of moisture contents of during compost.

3. 함수율

Figure 3-5에서 보는 바와 같이 펄라이트 처리구를 제외한 모든 처리구에서 개시 시 60% 이상이던 수분 함량이 시간이 지날수록 감소하여 시험 종료시엔 40% 이하 까지 내려갔다. 이 결과는 Mayer와 Hofer(1987)와 김 등(1997)의 부숙이 끝나는 시기의 수분 함량이 30-35%가 된다는 보고와 일치하며, 펄라이트 처리구도 시간상 문제는 있겠지만, 함수율이 떨어지는 전형적인 부숙화 경향은 비슷하게 보여주고 있다.

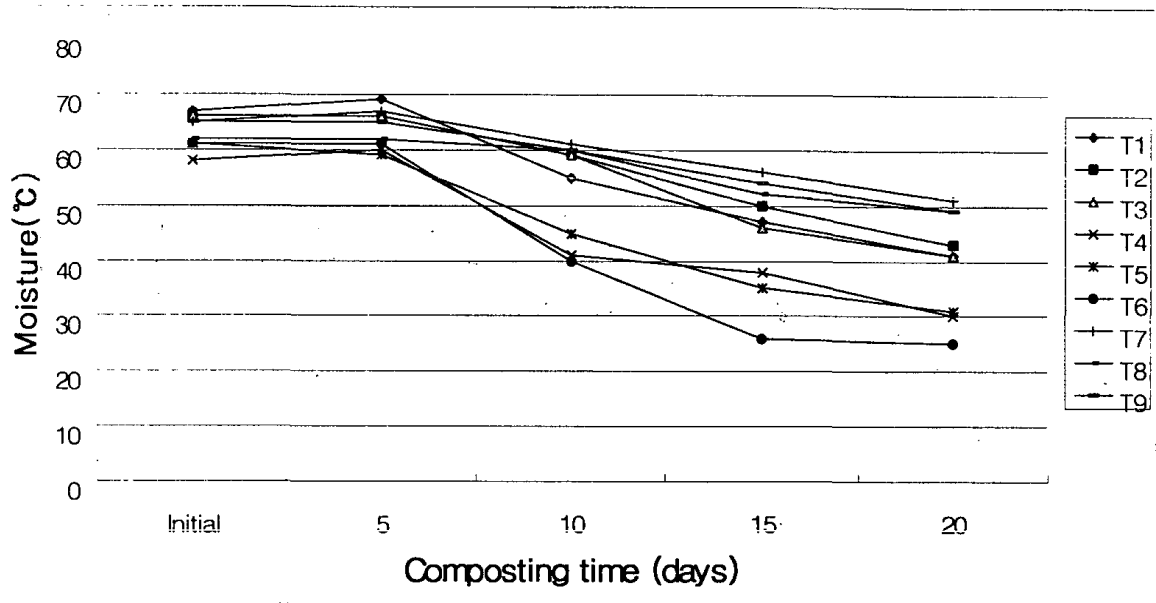


Figure 3-5. Change of moisture contents of during compost.

4. 최종 산물의 화학적 분석

기능성 첨가물질에 따른 배양토의 화학적 성분분석은 Table 3-2에서 보여주고 있다. 유기물 함량은 왕겨 처리구에서만 75%를 상회하였을 뿐, 버미큘라이트와 펠라이트 처리구에서는 30% 수준의 수치를 나타내었다. 이는 각 처리간에 차이를 보여주고 있으며 이는 버미큘라이트나 펠라이트는 광물질 성분이 높은 물질이므로 유기물의 수준 차이를 보인 것으로 사료된다. 총 질소의 함량은 1.3~1.6 수준으로 거의 비슷한 수치를 나타내었는데, 이는 신과 이(1996)의 보고와도 비슷한 수치를 나타내었다. 일반적으로 Finstin와 Morris(1975)에 의하면 부숙 과정을 거치면서 질소가 미생물 등에 의해 에너지원으로 쓰여 배양토 중 질소의 함량이 감소함을 알 수 있다.

생성물에 대한 부숙의 가장 기본 척도인 C/N 비에 있어서도 왕겨 처리구를 제외한 모든 처리구에서 20% 이하의 수치를 나타내었다. 이는 부숙 과정 중 부숙의 완료 조건인 C/N 비가 20~30% 수준이라는 Wetterauar와 Killorn(1996)의 보고와 일치하였다. 상대적으로 왕겨에서 유기물과 C/N 비가 높은 것은 부숙화 시간이 좀 더 지속되어야 한다고 사료된다. 부숙후 이루어진 최종 산물의 암모니아태 질소의 함량은 아주 미량으로 나타났는데, 이는 Koster(1986)는 암모니아태 질소의 수준이 pH의 변화에 영향을 미치고 결국 배양토의 발효과정에 영향을 미친다는 보고와 일치하는 결과이며, 이와 같이 암모니아태 질소 함량이 감소되는 경향은 특히 유기물의 함량이 높은 왕겨에서 기능성 물질의 첨가 효과가 높은 것으로 나타내었다. 최종 산물의 염분 농도를 나타내는 NaCl 함량은 버미큘라이트 처리구에서는 3% 수준으로 약간 높게 나타났으나, 다른 처리구에서는 0.28~0.48% 수준으로 낮게 나타났다. 전기전도도는 분자가 이온화됨에 따라 증가하여 최종 산물에서 5mS/cm 수준을 나타내었다는 정 등(1997)의 결과와 비슷한 수치인 4mS/cm 수준을 나타내었다.

Table 3-2. Chemical properties in final compost byproduct(DM base).

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Organic matter(%)	74.70	75.35	76.29	29.91	30.09	31.39	24.27	32.04	27.89
Total-N(%)	1.34	1.51	1.55	1.65	1.58	1.55	1.35	1.43	1.37
C/N ratio	55.74	49.90	49.21	18.12	19.04	20.25	17.97	22.40	20.35
NH ₄ -N(%)	0.0117	0.0099	0.0059	0.0015	0.0065	0.0015	0.0054	0.0063	0.0053
NaCl(%)	0.28	0.44	0.28	3.48	2.79	3.05	0.36	0.48	0.39
EC(mS/cm)	4.29	4.13	4.12	4.53	4.30	3.94	3.63	3.70	3.79

5. 최종 산물의 중금속 분석

최종 산물의 중금속 함량은 Table 3-3에서 보여주고 있다. 중금속 중 카드뮴의 경우 왕겨나 펄라이트 첨가구에 비해 버미큘라이트 첨가로 인해 높은 경향을 보였다. 버미큘라이트의 자체내 카드뮴의 수준이 높은 것으로 사료되며 그 외 중금속의 차이는 보이지 않았다. 부숙의 제약요인이 될 수 있는 유해성 중금속인 Pb는 15~30mg/kg 정도였고, Cd는 0.23~1.55mg/kg 수준이었다. 구리는 최저 326mg/kg에서 최고 522mg/kg 정도로 나타내었으며, 크롬은 버미큘라이트에서 1400mg/kg 수준으로 다량 검출되었을 뿐, 다른 처리구에서는 30mg/kg 이하의 수치를 나타내었다. 그리고, As는 0.40mg/kg 이하로 미량 검출되었고, Hg는 0.02mg/kg 이하가 검출되었거나 흔적조차 보이지 않은 처리구도 있었다. 이상의 수치는 김 등(1997)의 결과와도 유사한 수치를 나타내었으며, 부숙공정규격에 나타나 있는 구리의 300mg/kg 과 비교하였을 때 약간 상회하는 수치를 나타낸 처리구도 있었지만, 대체로 만족할 수 있는 수치를 나타내었다.

Table 3-3. Heavy metal contents in final compost byproduct(DM base).

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Pb(mg/kg)	17.27	14.28	24.33	29.80	20.35	15.99	21.19	15.36	29.35
Cd(mg/kg)	1.00	0.38	0.55	1.34	3.01	1.55	0.10	0.23	0.31
Cu(mg/kg)	326.21	340.89	506.54	522.1	421.28	474.86	395.01	380.97	384.19
Cr(mg/kg)	12.76	27.01	27.76	1465.34	1413.70	1350.52	11.83	23.48	23.88
As(mg/kg)	0.21	0.25	0.29	0.34	0.40	0.35	0.46	0.42	0.40
Hg(mg/kg)	0.02	0.01	0.01	-	-	-	0.02	0.01	0.02

6. 최종 산물에 대한 휘발성 지방산

기능성 첨가물질에 따른 배양토의 휘발성 지방산 성분은 Table 3-4에서 보여주고 있다. 휘발성 지방산 중 acetic acid의 성분이 돈분과 왕겨에 펴키토를 첨가한 구보다 유카를 첨가함으로써 현저히 줄어드는 경향을 보였다. 이는 배양토로서 사용할 경우 악취제거에 큰 효과가 있을 것으로 사료된다. 하지만 버뮤클라이트에서 기능성 물질의 효과는 왕겨에 비해 없는 것으로 나타났으며, 또한 펄라이트 처리구의 경우 펴키토나 유카의 첨가로 acetic acid 성분이 줄어드는 경향을 보였다. 전반적으로 휘발성 지방산이 유기물이 높은 왕겨에서 감소하는 경향을 보였다.

결론적으로 기능성 물질 중 왕겨에 유카를 첨가하므로써 암모니아태 질소가 줄어드는 경향이 높아 휘발성 지방산의 감소와 상관관계가 있는 것으로 사료된다. 결국 악취제거의 효과는 왕겨와 같은 유기물이 높은 물질에서 더욱 큰 효과를 유발할 수 있으리라 사료된다.

Table 3-4. Volatile fatty acids in final compost byproduct.

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Acetic acid (ppm)	177.01	170.38	77.00	21.64	32.67	36.09	61.23	32.39	32.03
Propionic acid (ppm)	7.97	9.66	7.78	6.02	5.90	7.69	8.72	5.45	5.12
Butyric acid (ppm)	13.1	11.2	9.76	9.36	7.31	6.96	5.87	4.64	4.46

제 4 장 돈분의 부숙시 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성 연구

제 1 절 서 설

최근 가축분뇨에 대한 환경오염 규제가 점차 강화되는 추세에 따라 해결 방안으로 실용적인 가축분뇨의 처리 기술 개발이 양돈 산업의 가장 큰 당면 과제라 볼 수 있다. 이에 따라 대두된 것이 환경보전형 축산, 혹은 유기 축산인데 그 중에서도 축산 폐기물의 처리 기술인 부숙후 배양토 제조는 분뇨에 다량 함유된 유기물질을 적절한 조건을 유지시켜 무기물질로 변화시켜 주는 공정으로(Iannotti 등, 1993), 가축 분뇨에 다량 함유되어 있는 유기질 비료원을 적절히 활용할 경우 화학비료 과다 사용에 의한 토양의 산성화를 방지하여 지력을 향상시키고 작물의 생육 증진과 병충해에 대한 저항력을 키울 수 있다는 측면에서 그 필요성은 절실하다고 본다.

예전부터 축분은 그 중에서도 돈분은 N, P, K 등의 비료성분이 다량 포함되어 있기 때문에 토양의 지력 증진용으로 사용되어져 왔으며(김 등, 1997), 다량의 화학비료 대체에 따른 경영비 절감뿐만 아니라, 토양의 산성화를 지연시킬수 있다는 측면에서도 그 효용가치가 매우 크다고 본다(정 등, 1997). 또한, 국내의 대규모 기업형 축사 또는 돈사에서 발생하는 축분은 수집이 양호하기 때문에 부숙 또는 특수가공 처리 기술이 뒤따른다면 배양토 조제에서도 효율적이고 기능적인 자원으로 활용할 수 있을 것으로 평가되고 있다(이 등, 2000). 일반적으로 부숙 공정에서 수분조절재로 사용되고 있는 것으로는 톱밥, 왕겨, 볏짚 등이 있으며, 신문지 등의 폐지류도 그 이용 가능성이 보고되고 있다(정 등, 1996). 하지만, 톱밥 같은 자원은 제한되어 구입가격이 비싸고 또 품귀현상마저 일어남에 따라 톱밥의 대체 소재를 개발하는 것이 현안으로 등장하였다.

이에 따라 본 연구에서는 1·2차 년도 실험에서 규명된 돈분의 최적 발효 조건과 최종산물의 물리화학적 성상을 분석하여 본 결과를 토대로, 돈분에 왕겨, 버미큘라이트, 펄라이트를 수분조절재로 사용하여, 돈분의 부숙시 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성을 조사하였다. 또한, 악취 제거를 위해 기능성 물질인 펙키토를 첨가하여 부숙 공정에서 나타나는 최종산물의 화학적인 성분 분석을 통하여 돈분의 배양토화 특성을 규명하고자 하였으며, 아울러 축산 폐기물의 발효 및 부숙 건조과정에서 직접적으로 유기질 배양토와 원예용 배양토를 동시에 제조할 수 있는 효율적인 가축분뇨처리 시스템 개발을 위한 기초자료를 제시하기 위하여 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시재료

공시 돈분은 충남 전의면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 수분함유율이 81%인 것을 사용하였고, 수분조절재로 쓰인 왕겨, 버뮤클라이트, 펄라이트의 수분함유율은 각각 46%, 3.3%, 0.3%이었다. 이 수분조절재를 각 처리마다 수분 함유율을 60%로 조절하기 위하여 Table 4-1과 같이 첨가하였다. 발효를 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업개발)를 1.5% 첨가하였으며, 악취제거를 위하여 기능성 물질인 펌키토를 1% 첨가하였다.

Table 4-1. Supplementation of Butchery Wastes and Functional Ingredients as Bulking agent.

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Swine mature(kg)	70	70	70	70	70	70	70
Rice hull(kg)	37	18.5	18.5				18.5
Vermiculite(kg)		9.25		18	9		4.6
Perlite(kg)			9.25		9	17	4.6
Fermentation agent(%)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Fermkito(%)	1	1	1	1	1	1	1

2. 발효조건

혼합된 처리구들은 발효조에서 부숙의 초기온도가 30℃ 이상이 되도록 가온한 후, 돈분과 수분조절제 혼합물의 수분 증발 방지 및 초기 발효열의 발산을 막기 위하여 48시간 동안 폴리에틸렌을 덮어두었다. 48시간이 지난 후 폴리에틸렌을 벗겨낸 후 부숙이 종료될 때까지 1일 1회 교반하였다.

3. 조사항목

1) 온도와 pH 측정

부숙 과정중 시료의 온도는 부숙조의 표면으로부터 20cm되는 지점에서 디지털 온도계(Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였다. pH의 측정은 시료 20g과 증류수 200ml을 혼합(1:10, wt/v)하여 희석한 후 5분간 실온에서 정치시킨 후에 pH meter(DMP 600, Dongwon Medical)를 이용하여 측정하였다.

2) 수분 및 유기물 측정

시료 2g을 100℃에서 6시간동안 건조한 후에 방냉하여 건조 전후의 중량을 비교하여 감량분을 수분함량을 측정하였고(AOAC, 1990), 유기물 함량 측정은 Ben Dor 와 Banin(1989)의 방법에 준하여 시료 2g을 500℃의 회화기(muffle furnace)에서 5시간 동안 회화시킨 후에, 회화 전후의 중량을 비교하여 총 유기물 함량을 계산하였다.

3) 화학적 분석

질소(N) 분석은 켈달(Kjeldahl)방법에 의하여 측정하여 총 질소 함량 및 C/N비를 조사하였으며, 암모니아태 질소(NH₄-N)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H₂SO₄로 적정하여 함량을 조사하였다.

4) 중금속 함량 및 휘발성 지방산 측정

배양토의 유해 요소인 구리, 카드뮴은 원자흡광 광도계(Hitachi z-6000)로 측정하였다. 수은은 자동분석기(SP-1)로 분석하였다. 크롬, 비소 등의 중금속의 함량은 농촌진흥청의 표준분석법(1988)을 이용하여 시료를 분해한 후 원자흡광분석기(SP-9)로 분석하였다. 최종 산물의 휘발성 지방산 함량 측정은 GC를 이용하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 온도와 pH의 변화

부숙 과정 중 온도의 변화는 Figure 4-1에 잘 나타나 있다. 온도의 변화는 초기 온도에서 3-4일 후 급격한 온도 상승 후 최고 온도에 도달하는 전형적인 부숙화 온도 변화 양상을 볼 수 있었다. 이는 부숙 기간 및 수치의 차이는 있었지만 기존의 보고인 정 등(1996), 고 등(1997), 김(1997), 손 등(1997)의 결과와 유사한 경향을 보였다.

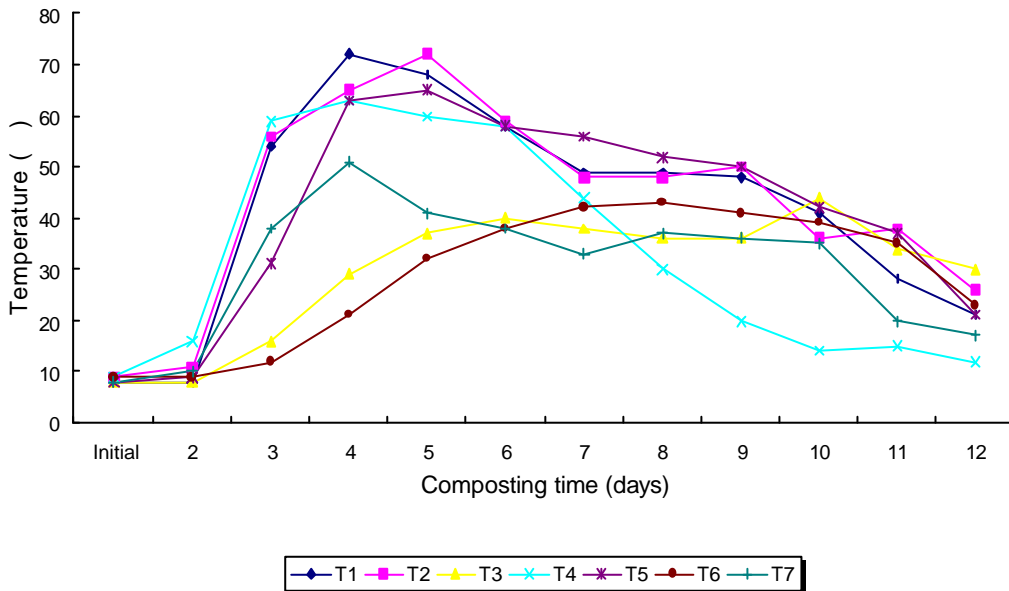


Figure 4-1. Changes of temperature during the composting period

제 3 절 결과 및 고찰

1. 온도와 pH의 변화

부숙 과정 중 온도의 변화는 Figure 4-1에 잘 나타나 있다. 온도의 변화는 초기 온도에서 3-4일 후 급격한 온도 상승 후 최고 온도에 도달하는 전형적인 부숙화 온도 변화 양상을 볼 수 있었다. 이는 부숙 기간 및 수치의 차이는 있었지만 기존의 보고인 정 등(1996), 고 등(1997), 김(1997), 손 등(1997)의 결과와 유사한 경향을 보였다.

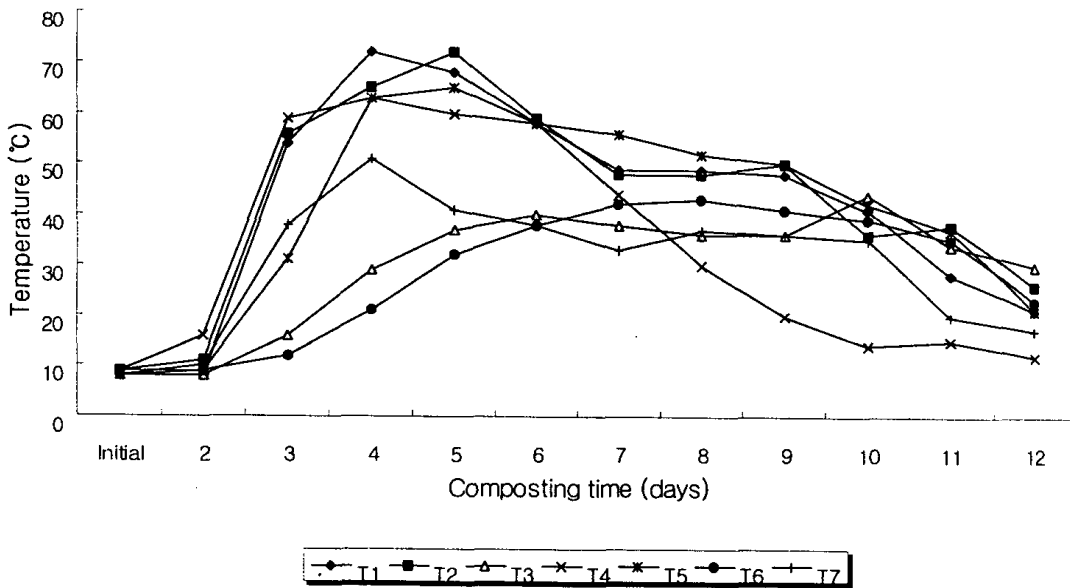


Figure 4-1. Changes of temperature during the composting period.

Figure 4-2은 양돈분뇨와 원보조재의 혼합비에 따라 발효과정에서 일어나는 pH의 변화를 나타낸 것이다. Cardenas와 Wang(1999)에 의하면 기질 분해로 인한 암모니아 등의 영향으로 상승 후 점차 안정화를 거친다는 전형적인 부숙 양상을 볼 수 있었는데, 본 실험에서 사용한 원보조재들의 pH가 알칼리성 특성으로 부숙화 기간 동안 큰 폭의 pH 변화는 볼 수 없었다.

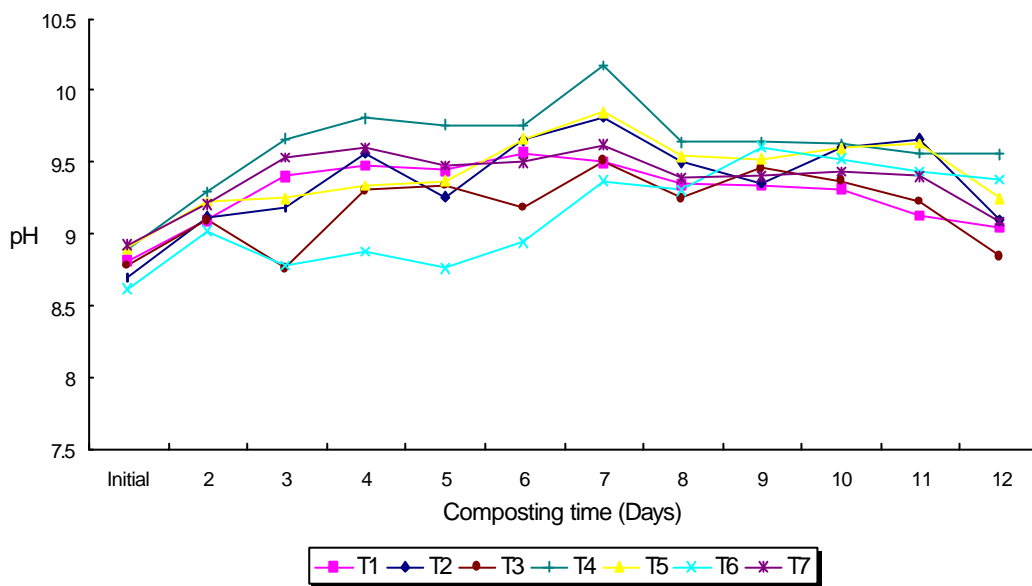


Figure 4-2 Changes of pH during the composting period

Figure 4-2은 양돈분뇨와 원보조재의 혼합비에 따라 발효과정에서 일어나는 pH의 변화를 나타낸 것이다. Cardenas와 Wang(1989)에 의하면 기질 분해로 인한 암모니아 등의 영향으로 상승 후 점차 안정화를 거친다는 전형적인 부숙 양상을 볼 수 있었는데, 본 실험에서 사용한 원보조재들의 pH가 알칼리성 특성으로 부숙화 기간 동안 큰 폭의 pH 변화는 볼 수 없었다.

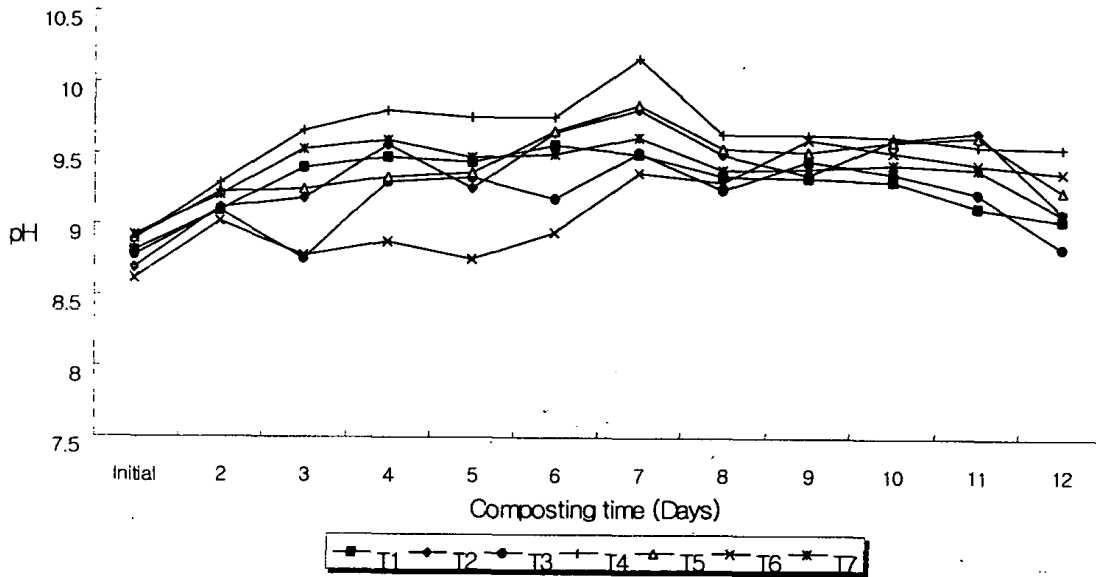


Figure 4-2. Changes of pH during the composting period.

2. 최종산물의 수분 및 화학적 성분 함량

양돈분뇨와 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 수분, 유기물, 총 질소 함량, C/N비, 암모니아태 질소 및 전기전도도의 수치는 Table 4-2와 같다. 최종산물의 수분, 유기물 및 총 질소 함량의 경우 왕겨를 함유한 처리구에서 버미큘라이트나 펠라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. C/N비 역시 왕겨의 첨가에 따라 높아지는 경향을 보였다. 암모니아 태 질소나 전기전도도의 경우 처리간의 차이는 보여주지 않았다. 이 결과로 보아, 유기물을 다량 함유한 왕겨의 첨가구에서 최종산물의 수분 및 화학적 수치가 상승하는 결과를 관찰할 수 있었다. Chen과 Inbar(1993)에 의하면 부숙화에 있어 미생물의 영양원으로 쓰이는 탄소와 질소의 함량 및 C/N비의 관찰이 중요하다 하였고, C/N비가 20 이하 수준을 일반적인 적정 부숙 조건이라 하였다. 하지만 본 결과에서 보면, 유기물이 다량 함유된 왕겨의 화학적 특성상 적정 C/N비보다는 높은 수준을 나타내었는데, 이는 미생물의 활동에 의하여 암모니아 질소의 소실과 부자재의 화학적 특성에 따라 차이를 보일 수 있다는 Robert(1992)의 보고와 유사하다고 사료된다.

Table 4-2. Chemical properties in final compost byproduct(DM base)

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Moisture(%)	3.44	2.63	2.45	1.75	1.78	1.95	2.38
Organic matter(%)	72.53	47.84	49.38	31.30	29.41	32.54	52.40
T-N(%)	1.49	1.66	1.47	1.65	1.50	1.42	1.54
C/N ratio	48.67	28.81	33.59	18.96	19.60	22.91	34.62
NH ₄ -N(ppm)	0.010	0.005	0.007	0.004	0.004	0.008	0.013
EC(mS/cm)	4.43	4.43	3.34	4.80	4.46	4.02	4.19

3. 최종산물의 중금속 함량

배양토의 품질을 평가하는 항목 중 공중보건학적 안전성과 비효성 측면에서 배양토내의 병원성 세균문제와 중금속 함량 그리고 악취 문제를 들 수 있는데, 이 중 중금속은 미량 존재시에도 배양토 품질에 영향을 미칠 수 있어 그 잔량을 규명하는 것이 중요하다(정 등, 1996). Table 4-4은 부숙화 저해 산물인 중금속 함량이 제시되어 있다. 중금속 중 카드뮴과 크롬의 경우엔 다른 처리구에 비해 버미큘라이트의 첨가구에서 높은 농도를 보여주고 있는데, 이는 버미큘라이트내 카드뮴의 농도가 높은 것으로 사료된다. 그 외 중금속들의 수준은 처리간의 차이를 보이지 않고 유사한 경향을 보였으며, 이 결과들은 부숙중 중금속 기준치(장과 임, 1994)를 크게 벗어나지 않는 결과를 보여주고 있다.

Table 4-4. Heavy metal contents in final compost byproduct

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Pb(mg/kg)	11.8	14.41	27.34	25.25	31.10	23.95	16.65
Cd(mg/kg)	0.23	0.77	0.46	0.81	0.83	0.25	0.96
Cu(mg/kg)	355.92	372.84	331.64	348.24	348.78	355.08	344.56
Cr(mg/kg)	44.86	898.55	32.81	1308.06	670.84	90.33	912.88
AS(mg/kg)	0.53	0.52	0.46	0.50	0.23	0.48	0.35
Hg(mg/kg)	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01

4. 최종산물의 휘발성 지방산 함량

원보조재의 혼합비에 따른 휘발성 지방산의 변화는 Table 4-5와 같다. 전반적으로 왕겨를 첨가한 처리에서 휘발성 지방산의 수준이 낮은 경향을 보였다. 원보조재의 혼합비에 대해서는 특별한 영향을 주지 않은 것으로 사료되나 식물의 성장 반응 정도에 대한 차이는 나타낼 수 있는 것으로 사료된다. 이에 따라 식물성장 등 물리적인 특성의 변화 조사가 필요하리라 사료된다.

Table 4-5. Volatile fatty acid in final compost byproduct

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Acetic acid(mg/kg)	43.38	81.09	52.26	91.50	77.06	92.75	75.76
Propionic acid(mg/kg)	3.68	12.21	3.23	10.03	5.40	17.15	13.95
Butyric acid(mg/kg)	5.45	16.54	4.26	8.49	4.71	8.86	5.44

제 5 장 돈분의 부숙시 악취 제거 기능성 물질의 첨가 효과

제 1 절 서 설

최근 인류의 생존과 번영을 위해서 가장 절실히 요구되고 있는 것 중의 하나가 자연환경을 파괴하지 않고 보존하는 기술의 개발인데, 이러한 노력의 일환으로 유기농업의 중요성이 점차 강조되고 있다. 하지만, 이러한 유기농업운동은 사실 그 필요성에 비해 체계적인 실천 기술의 개발은 빈약한 실정이다. 이러한 현실에서 토양 개량제의 역할을 하는 유기물 배양토의 사용은 이 운동의 시발점인데, 유기물 배양토의 효과로는 부숙과정 중에 비료 성분을 함유하며 유기물이 분해되어 만들어지는 부식의 효과가 있다. 또한, 배양토 중에는 질소, 인산 칼리를 비롯하여 작물 생육에 필수원소인 미량원소가 다량 함유되어 있어, 이를 이용할 경우 미량원소의 결핍에 따른 작물의 피해를 막을 수 있다(Robert, 1992).

이에 따라 축분, 특히 돈분의 배양토 제조는 환경오염의 원인인 가축분뇨를 원예용 배양토 보조재로 재활용하여 환경오염을 방지함은 물론, 배양토 제조용 재료의 수급에 있어 수입 대체 효과를 가져오며, 경제적이며 부가가치가 높은 양질의 상품 생산이 가능하게 된다(이 등, 2000). 하지만 양돈분뇨의 부숙을 위해서는 분 중에 수분 및 유기물 함량이 다량 함유되어 있으므로(김, 1997), 수분조절제 및 보조재의 첨가가 필수적이다. 부숙시 이러한 기능으로 사용되고 있는 톱밥은 그 이용성 면에서 자원의 제한 및 구입가격이 비싸 경쟁력이 떨어지며, 근래 들어 품귀현상에 따른 한계가 있어, 톱밥의 대체 물질 개발 기술이 현안으로 등장하였다(정 등, 1997). 또한, 불균일한 성분이나 미발효 축분의 무분별한 토양시용으로 암모니아 가스 발생, 염류장해, 산성화 또는 수질오염 등이 다발 가능성에 따라 장해규명의 필요성이 점증되고 있다(Iannotti 등, 1993).

따라서 본 연구에서는 돈분의 부숙시 악취 제거용 기능성 물질의 첨가 시기별로 부숙 처리에 따른 이화학적인 성상 변화를 규명하여, 배양토 조제에 효율적이고 기능적인 자원으로의 활용 가능성을 평가하고자 한다.

제 2 절 재료 및 방법

시험에 사용한 돈분뇨는 충남 전의면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 것으로 수분함유율이 81%였으며, 수분조절재로 쓰인 버뮤클라이트, 펄라이트 및 바크의 수분함수율은 각각 3.3%, 0.3% 및 5%이었다. 부숙을 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업개발)를 1.5% 첨가하였으며, 악취제거를 위하여 기능성 물질인 펌키토와 유카를 각각 1%와 200ppm 첨가하였다. 돈분과 각 수분조절재의 배합량은 각 처리마다 수분 함유율을 60%로 조절하기 위하여 Table 5-1과 같이 첨가하였다.

돈분과 수분조절재 혼합물의 수분 증발 방지 및 초기 발효열의 발산을 막기 위하여 48시간 동안 폴리비닐을 덮어두었다. 48시간이 지난 후 폴리비닐을 벗겨낸 후 발효가 종료 될때까지 1일 1회 교반하였다. T1, T2, T3과 T4 처리구는 시험 개시 시 기능성 물질을 첨가하였고, T5, T6, T7과 T8 처리구는 최고 온도 도달시 기능성 물질을 첨가하여 암모니아 가스 및 부숙화에 미치는 영향을 관찰하였다.

부숙 과정에서 시료의 온도는 부숙조의 표면으로부터 20cm되는 지점에서 디지털 온도계(Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였고, 최종 산물에 대한 휘발성 지방산의 함량은 GC를 이용하여 측정하였다.

최종산물의 이화학적 성상 중 수분 측정은 AOAC(1990)의 방법을 이용하였으며, 유기물 함량 측정은 Ben Dor과 Banin(1989)의 방법을 사용하였고, 질소(N) 분석은 켈달(Kjeldahl)방법을 사용하여 측정하였으며, 암모니아태 질소(NH₄-N)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H₂SO₄로 적정하여 함량을 측정하였다. 인산(P₂O₅)과 칼리(K₂O)의 함량은 회화한 분쇄 시료 2g을 1:1 염산으로 분해하여 시료액을 조제한 다음 여과하여 일정 비율로 희석한 후 발색제로 발색시킨 다음 Spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다(농촌진흥청, 1988). pH와 전기전도도(EC)의 측정은 증류수를 10배 희석한 후 pH meter와 EC meter로 각각 측정하였다. 최종산물의 중금속 중 구리와 카드뮴은 원자흡광 광도계(Hitachi z-6000)로 측정하였으며, 수은은 자동분석기(SP-1)로 분석하였다. 그리고, 크롬, 비소 등의 중금속의 함량은 시료를 분해한 후 원자흡광 분석기(SP-9)로 분석하였다.

Table 5-1. Supplementation of Butchery Wastes and Functional Ingredients as Bulking agent

Item	T1	T2	T3	T4	T5*	T6*	T7*	T8*
Swine mature(kg)	80	80	80	80	80	80	80	80
Vermiculite(kg)	25	-	12	-	25	-	12	-
Perlite(kg)	-	25	12	-	-	25	12	-
Bark	-	-	-	25	-	-	-	25
Fermentation agent(kg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Fermkito(kg)	1	1	1	1	1	1	1	1
Yucca(g)	20	20	20	20	20	20	20	20

* Supplementation of functional ingredients(fermkito and yucca) on medium phase of composting.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 부숙 기간 중 온도의 변화

본 실험의 경우 각기 다른 수분조절재와 기능성 물질의 첨가에 따른 부숙화의 온도 변화 양상을 Figure 5-1에서 보여지고 있다. Chen과 Inbar(1993)에 의하면 부숙 기간 중 온도의 변화는 미생물 활동에 의해 상승되었다가 점차 안정화되는 양상을 보인다 하였고, 부숙화의 최적 온도로 50~60°C인 것으로 보고되고 있다(김 등, 1997). 이에 따라 본 시험의 온도 변화 양상이 기존의 보고와 비교하여 전형적인 부숙화 경향을 보인다고 사료된다.

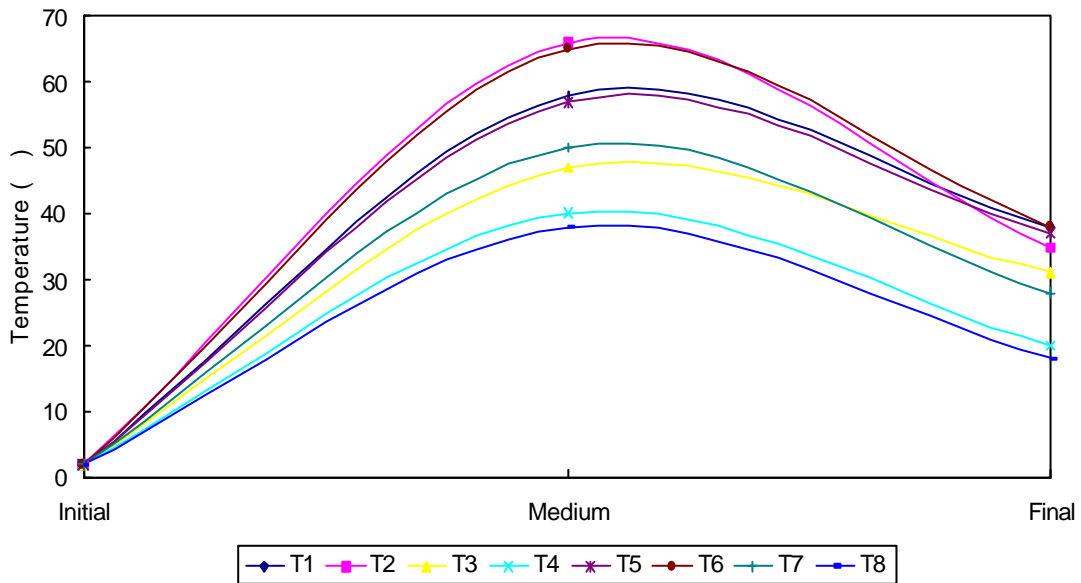


Figure 5-1. Changes of temperature during the composting period.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 부숙 기간 중 온도의 변화

본 실험의 경우 각기 다른 수분조절제와 기능성 물질의 첨가에 따른 부숙화의 온도 변화 양상을 Figure 5-1에서 보여지고 있다. Chen과 Inbar(1993)에 의하면 부숙 기간 중 온도의 변화는 미생물 활동에 의해 상승되었다가 점차 안정화되는 양상을 보인다 하였고, 부숙화의 최적 온도로 50~60℃인 것으로 보고되고 있다(김 등, 1997). 이에 따라 본 시험의 온도 변화 양상이 기존의 보고와 비교하여 전형적인 부숙화 경향을 보인다고 사료된다.

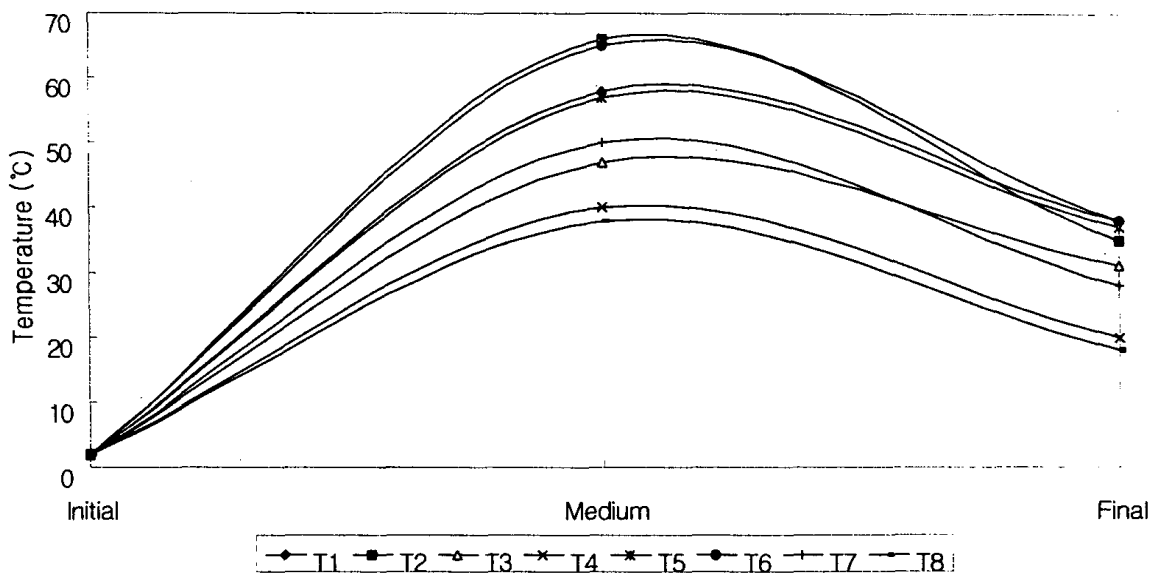


Figure 5-1. Changes of temperature during the composting period.

2. 최종산물의 휘발성 지방산

최종산물에서 수분조절재의 차이 및 기능성 물질의 첨가시기에 따른 휘발성 지방산의 변화는 Table 5-2와 같다. 전반적으로 바크를 첨가한 처리구에서만 휘발성 지방산의 수준이 높게 나타나는 경향을 보였다. 또한, 기존의 보고와 비교하였을 때, 기능성 물질의 첨가 시기와는 상관없이 휘발성 지방산 함량이 많이 감소하고 있음을 알 수 있었다. 이에 따라, 기능성 물질의 첨가 시기와는 상관없이 부숙시 휘발성 지방산을 감소시킨다고 사료되며, 이러한 기능성 물질의 첨가로 부숙시 악취 제거용으로 사용 가능하리라 본다.

Table 5-2. Volatile fatty acid of final compost(DM base)

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Acetic acid (mg/kg)	52.41	436.81	107.53	1,799.72	84.75	439.29	167.21	1,549.82
Propionic acid (mg/kg)	19.80	28.30	16.28	112.23	43.46	29.42	15.10	105.68
Butyric acid (mg/kg)	15.94	15.10	9.28	46.29	25.70	13.20	8.04	39.92

3. 최종산물의 이화학적 조성

1) 최종산물의 화학적 조성 함량

최종산물의 유기물, 총 질소 함량, C/N비, 암모니아태 질소, pH와 전기전도도는 Table 5-3에서 보여지는 바와 같다.

유기물, 총 질소 함량 및 C/N비에서는 바크를 함유한 처리구에서만 버미큘라이트나 펄라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. 이는 바크의 공극률이나 섬유소 함량으로 인하여 배양토화의 수분조절재 역할을 못하고 있음을 보여주었다. 암모니아태 질소에 있어서는 펄라이트나 바크의 처리구인 T2, T4, T6, T7, T8에서 버미큘라이트 처리구인 T1, T3, T5에 비해 높은 수치를 나타내었다. 하지만 기능성 물질의 첨가 시기별 차이는 나타나지 않았다. 특히, 부숙을 결정하는 데 있어 중요한 요소 중의 하나인 C/N비에 있어서 바크 처리구를 제외하고 20 이하의 적정 수치를

나타내었는데, 이는 기존 문헌(Golueke; 1977, Wong; 1985, 김 등; 1997)과 비교하였을 때 거의 유사한 수치를 보여주었다. 이 결과들은 부숙화 과정을 거치면서 질소가 미생물 등에 의해 에너지원으로 쓰여 최종산물의 질소 함량을 감소시킨다는 Finstin와 Morris(1975)의 보고와 일치하였고, 결과적으로 유기물과 총 질소 함량 및 C/N비의 감소를 초래하였다고 보여지며, 또한 Overcash 등(1983)에 의하면 부숙 과정이 진행될수록 암모니아태 질소의 증발이 보여지므로, 본 실험에서는 기능성 물질의 첨가로 악취제거의 효과까지 나타날 수 있다고 사료된다.

pH와 전기전도도에 있어서도 처리간의 차이는 없었으나, pH의 경우 전체적으로 약알칼리성을 나타내었다. 이는 약알칼리성 부숙은 화학비료의 사용으로 산성화된 토양에 적용하였을 때 토양을 중화시켜 완충능력을 증대시킬 수 있다(김, 1997)는 보고로 보았을 때, 적정 부숙화의 기준이라 볼 수 있다. 배양토의 시용량을 결정하는데 있어 주요한 원인이 되는 전기전도도에 있어서는 3.5-5mS/cm의 수치를 나타내었는데, 이는 농림부(2000)의 결과와 비슷한 수치를 나타내었다.

Table 5-3. Chemical properties in final compost byproduct(DM base)

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Organic matter(%)	28.03	29.31	27.79	83.42	27.19	31.74	29.22	82.18
T-N(%)	1.71	1.45	1.56	2.05	1.62	1.69	1.56	2.02
C/N ratio	16.39	20.21	17.81	40.69	16.78	18.78	18.73	40.68
NH ₄ -N(ppm)	127.52	316.92	193.76	314.73	148.82	300.28	277.77	250.77
pH	8.18	7.54	8.07	6.20	8.17	7.28	7.64	6.35
EC(mS/cm)	3.58	5.20	4.49	5.31	3.77	4.97	4.18	5.18

2) 비료성분

Table 5-4에 나타나 있는 비료성분을 결정요인인 인산(P_2O_5)과 칼리(K_2O)의 함량은 김 등(1997)의 성상과 거의 유사한 1-3% 수준의 수치를 보여, 이는 배양토의 여건을 충족시킬 수 있는 수준이라 볼 순 없지만, 유기축산의 활용도 면에서는 우수한 수치라고 사료된다.

Table 5-4. Contents of P and K in final compost byproduct(DM base)

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
P_2O_5 (%)	2.06	2.50	2.15	1.83	2.13	2.36	1.99	2.06
K_2O (%)	3.00	0.36	1.83	1.39	3.07	0.34	1.59	1.16

3) 최종산물의 중금속 함량

Table 5-5에는 최종산물의 중금속 함량이 보여지는데, 부속 유해산물인 중금속 중 Pb, Cd, As와 Hg의 경우는 흔적조차 나타나지 않았으며, Cr은 원보조재인 버미큘라이트의 화학적 성상에 영향을 받은 T1, T3, T5, T7에서 높은 수치를 나타내었다. 하지만, 장과 임(1994)이 제시한 기준치와 비교하였을 때 대체로 만족할 만한 수치를 보였다.

이상의 결과로 보아, 기능성 물질의 첨가에 있어 시험 개시시 첨가구와 최고 온도 도달시 기능성 물질의 첨가 효과에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 최종산물의 암모니아태 질소 등에 있어서 기준치와 비교하였을 때 악취 제거 효과를 규명할 수 있었다. 또한, 좀 더 보완 연구가 되어 식물의 생장에 필요한 배양토로서의 가치를 규명해야 하겠지만 버미큘라이트와 펄라이트의 첨가로 부속 적정 수치를 만족시킬 수 있었다고 사료되며, 바크 처리구에서는 바크의 공극률이나 섬유소 함량으로 인하여 부속의 수분조절제 역할을 못하고 있음을 보여준다.

Table 5-5. Heavy metal contents in final compost byproduct(DM base)

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Pb(mg/kg)	- ¹	1.50	2.63	3.20	-	-	-	2.43
Cd(mg/kg)	-	0.07	-	-	-	-	-	-
Cu(mg/kg)	297.32	221.45	257.25	207.66	231.05	187.14	184.98	249.69
Cr(mg/kg)	651.98	25.86	232.50	30.73	611.94	20.30	198.80	30.83
AS(mg/kg)	0.05	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	-
Hg(mg/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-

¹- : not detected

제 6 장 가축분뇨를 이용한 기능성 원예배양토 제조공정 및 실용화 기술개발

제 1 절 서 설

문명이 발달하고 산업화되면서 사람들은 각박한 현실을 떠나 자연으로 돌아가고자 하는 욕망이 생기게 되었고 하루의 반 이상을 차지하는 실내에 자연을 도입함으로써 욕망을 해소하려 하였다. 이에 관상식물의 수요가 증가하게 되었고 이들의 소비형태 또한 다양하게 변화되어 꽃다발 등의 수명이 짧은 절화 소비에서 지속적인 관상가치가 있는 분화식물이 실내장식이나 취미용으로 이용되고 있다. 따라서 고품질의 경쟁력이 있는 상품을 지속적으로 생산하기 위해서는 각 작물별 적합한 배양토(토양조건) 선정과 과학적인 영양(비배)관리가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 이미 선진국에서는 분화용 또는 재배용 배양토를 기능적으로 전문화하여 산업에 활용하고 있으며 이 분야에 대해서는 폐자원의 효율적 이용 등에 대한 산·학·연이 공동으로 연구하여 실용화에 이르고 있다. 그러나 아직 국내에서는 화학비료의 장기간 투입으로 인한 토양의 산성화와 배양토에 주로 이용되는 질석 및 펄라이트, 피트모스 등과 같은 고급배양토 원료들은 외국에서 분화용 배양토 원료로 많이 쓰이는 것들로서 수입에 의존하여 사용되고 있으며, WTO 체제하에서는 앞으로 더 많은 양이 수입되리라 본다. 또한 원예산업 현장에서는 수입에 의존하는 원료의 대체방안으로 육묘 또는 분화에 이용되는 모래나, 가축분뇨, 왕겨, 톱밥 등을 자가생산, 공급하고 있으나 배양토로서의 물리·화학적 특성이 작물생육에 적합하지 않을 뿐만 아니라 그 양이 제한되어 구입가격이 비싸고 품귀현상까지 일어나고 있어 실제 재배상에 많은 문제점들이 야기되고 있다. 현재 국내의 대규모 기업형 축사 또는 돈사에서 발생하는 분뇨는 환경오염의 근원이 되나 충분히 부숙 또는 특수가공 처리를 한다면 화학비료의 장기간 투입으로 인한 토양의 산성 토양의 이차학적 성질을 개선시킬 수 있으며 필요한 배양토 조제에 효율적이고 기능적인 자원으로 활용할 수 있을 것이다.

따라서 본 실험에서는 부숙 완료된 부숙돈분의 배양토화(기능성)에 대한 적합성을 규명하기 위하여 각종 유기 및 무기성분의 구성비율을 조사하고 실내조경식물용 배양토로서의 효율성 및 안정성을 제고하여 이를 원예작물의 기능별 배양토로 활용할 수 있는 응용기술로 기능성 원예용 배양토 제조 및 실용화 기술을 개발하기 위한 일련의 자료를 얻고자 수행하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 기능성 원예용 배양토 제조

1) 배양토 조제를 위한 혼합공정 작성

공시재료는 축분에 왕겨, 질석, 펄라이트의 원보조재를 혼합하여 수분 60% 수준에서 부숙시켜서 생산된 부숙분을 이용하였으며, 처리내용은 원보조재를 혼합하여 생산된 부숙분에 보조재인 부숙왕겨, 질석을 각각 1:9, 1:4, 1:3, 2:3, 1:2, 1:1, 3:2, 3:1 4:1(v/v)의 비율로 혼합 조제하였다.

2) 원보조재 종류별 비율별 화학적 특성분석

공시재료는 1차 실험시 돈분, 우분, 돈분+우분(혼합분) 별로 왕겨, 질석, 펄라이트의 원보조재를 수분 60~70% 수준에서 부숙시켜서 생산된 부숙분을 사용하였으며, 2차 실험시 돈분에 왕겨, 질석, 펄라이트의 원보조재를 혼합하여 수분 60~70% 수준에서 부숙시켜서 생산된 부숙분뇨와 왕겨, 질석, 펄라이트의 보조재를 1:1, 1:2, 1:3, 1:4의 비율로 혼합한 배양토를 사용하였으며, 분석방법은 질소(N)는 Kjeldahl법, 인산(P)은 Vanadate법으로 측정하였으며, K, Ca, Mg의 함량은 원자흡광비색법을 사용하여 NO₃-N, NH₄-N, T-N, P, K, Ca, Mg의 무기성분 함량을 분석하였고, 배양토의 pH, EC를 측정하였다.

3) 작물의 성장반응 조사

공시 재료로는 상추(*Lactuca sativa* var 'Dduk-Sum')와 배추(*Brassica* spp. 'Jeung-II-Poom')를 이용하였으며, 처리 내용은 대조구를 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)로 하여 Masterblend(USA, N:P:K = 20:10:20) 500ppm을 주 2회 관주하고, 돈분, 우분, 돈분+우분(혼합분) 별로 왕겨, 질석, 펄라이트 원보조재로 부숙시켜서 생산된 부숙분뇨를 보조재인 질석을 각각 1:1, 1:2, 1:3, 1:4(v/v)의 비율로 혼합 조제하였다. 파종은 육묘용 72공 plug tray에 각각 조성된 상토를 충전시킨후 실시하였으며, 완전 임의배치법 3반복으로 처리하였다. 조사내용은 엽수, 엽장, 엽폭, 근장, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중을 조사하였다.

2. 기능성 원예용 배양토 조성시험

1) 육묘전용 배양토 조성시험

공시재료는 샬비어(*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista'), 메리골드(*Tagetes patula* L. 'Orange Boy'), 배추(*Brassica campestris* L. spp), 고추(*Capsicum annuum* L.)를 이용하였으며, 처리내용은 대조구를 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)로 하여 Masterblend(USA, N:P:K = 20:10:20) 500ppm을 주 2회 관주하고, 돈분, 우분, 혼합분 별로 왕겨, 질석, 펄라이트 원보조재로 부숙시켜서 생산된 부숙분뇨를 보조재인 질석과 부숙왕겨를 이용하여 각각 1:3, 1:1, 3:1(v/v)의 비율로 혼합 조제하였다. 파종은 육묘용 72공 plug tray에 각각 혼합비율별로 조성된 비율의 상토를 충전하였으며, 완전임의배치법 3반복으로 처리하였다. 조사내용은 맹아일, 발아율, 초장, 엽폭, 줄기직경, 뿌리길이, 지상부와 지하부의 생체중을 조사하였다.

2) 분화전용 배양토 조성시험

1차 실험시 공시재료는 국화(*Dendranthema grandiflora* 'Soo-Bang-Ryuk', 'Champion'), 아이리스(*Iris hollandica* 'Blue Magic', 'Golden Beauty'), 수선화(*Narcissus* 'Dutch Master', 'Salome', 'Dick Wilten'Tefe a Tefe', 'Ice Follies'), 히아신스(*Hyacinthus* 'Anna Marie', 'Pink Pearl', 'Carnegie', 'Jan Bos' 'Delft Blue'), 산호수(*Ardisia pusilla*)를 이용하였으며, 처리내용은 대조구를 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)로 하여 Masterblend(USA, N:P:K = 20:10:20) 500ppm을 주 2회 관주하고, 돈분에 왕겨, 질석, 펄라이트 원보조재로 부숙시켜서 생산된 부숙분뇨를 보조재인 왕겨 및 질석을 각각 1:4(v/v)의 비율로 혼합 조제하였다.

2차 실험시 공시재료는 국화(*Dendranthema grandiflora* 'Back-Sun', 'Argus'), 튜립(*Tulipa gesneriana* 'Lucky Strike')을 이용하였으며 돈분에 각각 질석, 펄라이트 원보조재를 혼합하여 부숙시켜서 생산된 부숙분뇨를 보조재인 질석을 각각 1:9, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1(v/v)의 비율로 혼합 조제하였으며 각 처리당 완전 임의배치법 3반복으로 수행하였다. 조사내용은 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 개화소요일수, 꽃수, 화폭, 화수장 등을 조사하였다.

3) 관비재배 전용 배양토 조성시험

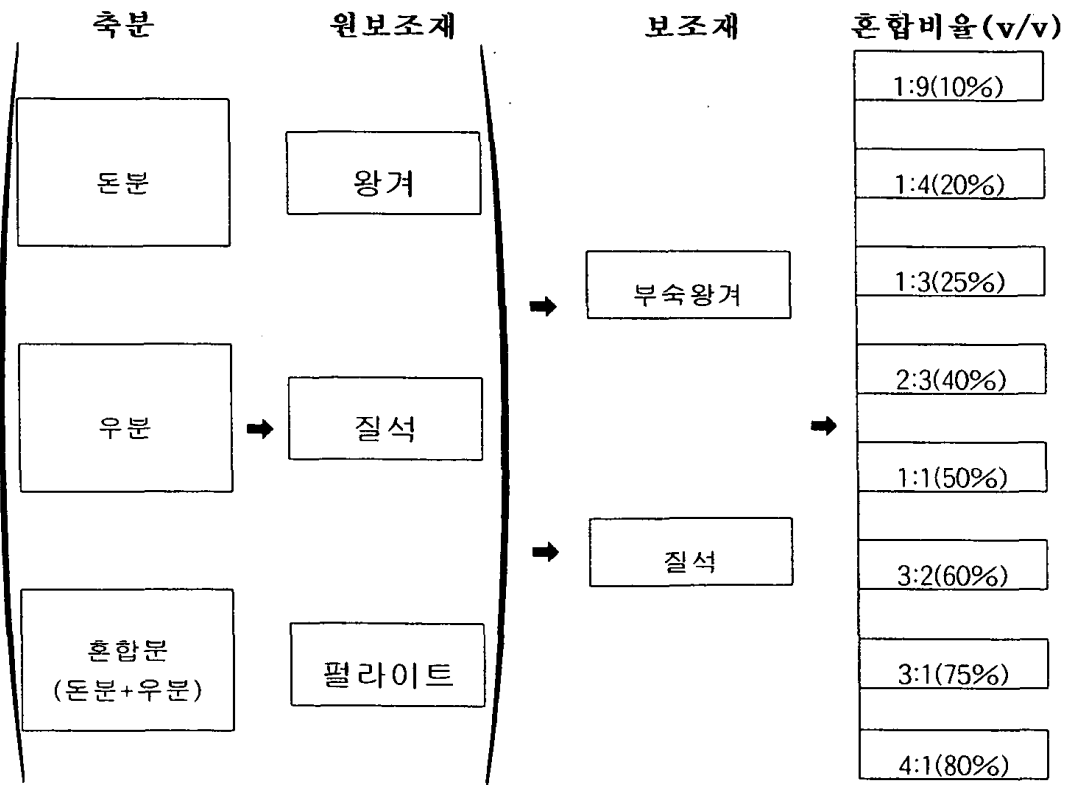
1차 실험시 공시재료는 백합(*Lilium oriental* hybrid 'Casa Blanca', 'Marco Polo')을 이용하였으며, 처리내용은 대조구는 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)에 Masterblend(USA, N:P:K = 20:10:20) 500ppm을 주 2회 관주하고, 돈분에 왕겨, 질석, 펄라이트를 원보조재로 부숙시켜서 생산된 부숙분뇨를 보조재인 왕겨 및 질석을 각각 1:4(v/v)의 비율로 혼합 조제하여 계면활성제(MAQ-L, Dankook, Korea)를

각각 2000배로 처리하였다. 2차 실험시 공시재료는 장미(*Rosa* hybrid 'Little Marble')를 이용하였으며 돈분에 왕겨, 질석, 펄라이트를 원보조재로 부속시켜서 생산된 부속분뇨와 보조재인 질석을 각각 1:1, 1:2, 1:3, 1:4(v/v)의 비율로 혼합 조제하였다. 주 1회 단국양액을 시비하였으며, 각 처리당 완전 임의배치법 3반복으로 수행하였다. 조사내용은 초장, 화경장, 개화소요일수, 꽃수, 퇴화눈수, 엽수, 낙엽수 등을 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 기능성원예용 배양토 제조

(1) 배양토 조제를 위한 혼합공정 작성



(2) 원보조재 종류 및 비율별 이화학적 특성 분석

분뇨종류 및 원보조재 종류별로 부속된 분뇨의 화학성 분석결과를 보면 산도(pH)는 처리간의 큰 차이가 없었으나, 전기전도도(EC)는 우분이 포함된 처리구에서 낮게 나타났고 돈분이 포함된 처리구에서 6.64, 9.15, 8.58mS/cm로 높게 나타났다. 전질소량(T-N)은 혼합분(돈분+우분) 처리구에서 96.6, 127.4, 124.3ppm로 다른 처리구에 비해 높게 나타났다. 인(P)은 돈분+우분이 포함된 처리구에서 높게 나타났으며, 돈분+우분+질석 처리구에서 820.1ppm로 가장 높게 나타났다. 칼륨(K)은 돈분+우분이 포함된 처리구에서 높게 나타났고, 돈분+우분+질석 처리구에서 955.9ppm로 가장 높게 나타났다. 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)은 우분+질석 처리구에서 151.2와 150.1ppm로 다른 처리구에 비해 가장 높게 나타났다(Table 6-1).

Table 6-1. 축분종류 및 원보조재 종류별로 생산된 부속분의 화학적 특성

처 리	pH	EC	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-N	P	K	Ca	Mg
돈분+왕겨	7.6	6.64	52.6	24.7	30.3	64.3	251.3	18.2	19.4
돈분+질석	7.4	9.15	69.1	42.6	49.5	147.0	237.2	29.5	40.9
돈분+펠라이트	7.9	8.58	65.2	26.4	33.0	147.7	284.5	26.8	28.3
우분+왕겨	7.4	2.57	15.6	30.4	46.0	75.6	506.6	15.5	29.3
우분+질석	7.4	2.88	7.8	34.1	41.9	73.9	122.3	151.2	150.1
우분+펠라이트	7.5	3.60	39.0	48.9	87.9	119.2	638.9	29.6	29.6
돈분+우분+왕겨	7.6	3.70	9.4	96.6	106.1	295.9	749.1	12.1	12.1
돈분+우분+질석	7.4	4.82	12.6	127.4	140.0	820.1	847.9	84.9	84.9
돈분+우분+펠라이트	7.2	5.03	17.8	124.3	142.1	569.7	955.9	29.9	29.9

원보조재별 부속분뇨와 보조재인 질석을 혼합비율별로 조성한 배양토의 화학성분 분석 결과를 보면 pH는 처리간에 차이가 나타나지 않았으나 전기 전도도 및 유기물 함량에 있어서는 원보조재에 관계없이 보조재 함량이 적어질수록 높아지는 경향을 나타내었으며, 인산 및 칼륨함량도 증가하는 경향을 보였다.

Table 6-2. 부속 토분을 이용한 보조재 혼합 비율별로 조성된 배양토의 화학적 특성

원보조재	보조재 혼합비율(v/v)	pH	EC	OM (%)	NH ₄ (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)
질석	질석(1:4)	7.70	0.52	9.6	535	0.97	3.1	4.0	4.16	651
	질석(2:3)	7.19	1.70	10.9	189	1.92	4.2	11.4	6.21	1746
	질석(3:2)	7.54	1.45	20.0	387	2.76	3.5	6.2	6.06	2493
	질석(4:1)	7.32	2.61	16.1	3168	2.48	4.0	14.0	7.11	3751
왕겨	질석(1:4)	7.42	0.47	21.6	1191	1.32	2.5	3.9	2.09	625
	질석(2:3)	7.43	0.72	36.8	1055	2.42	2.7	5.2	1.71	799
	질석(3:2)	7.52	1.08	49.7	2226	3.25	2.7	7.0	1.25	1380
	질석(4:1)	7.61	1.35	59.1	2339	4.00	2.8	6.2	1.00	1487
펄라이트	질석(1:4)	7.57	0.49	6.5	377	0.91	2.9	4.6	2.55	504
	질석(2:3)	7.51	0.69	8.5	1834	1.46	3.1	7.3	2.44	843
	질석(3:2)	7.72	1.24	18.1	1200	3.39	2.8	6.8	2.19	1659
	질석(4:1)	7.72	1.73	25.2	1380	5.24	2.7	6.9	1.83	2208

원보조재별 부속분뇨와 보조재인 질석(Vermiculite)을 혼합비율별로 조성한 배양토의 물리성 분석결과를 보면 진비중은 원보조재에 관계없이 보조재 함량이 적어질수록 낮아지는 경향을 보였으며 가비중은 다소 높아지는 경향을 나타내었다. 수리전도도는 보조재의 함량이 많을수록 값이 높게 나타났는데 이는 보조재의 함량이 많을수록 물 빠짐 정도가 크기 때문에 물 이동이 빠르다고 할 수 있다. 공극률에 있어서 보조재의 함량이 많을수록 공극률도 커지는 것을 알 수 있다.

Table 6-3. 부속 토분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토의 물리적 특성

원보조재	보조재 혼합비율(v/v)	진비중 (g/cm ³)	가비중 (g/cm ³)	수리전도도 (g/min)	공극률 (%)
질석	질석(1:4)	2.44	0.19	10.41	92.2
	질석(2:3)	2.37	0.23	1.45	90.3
	질석(3:2)	2.13	0.22	0.55	89.7
	질석(4:1)	2.35	0.25	0.41	89.4
왕겨	질석(1:4)	2.25	0.16	17.46	92.9
	질석(2:3)	2.00	0.16	9.88	92.0
	질석(3:2)	1.77	0.16	16.56	91.0
	질석(4:1)	1.61	0.15	14.74	90.7
펄라이트	질석(1:4)	2.45	0.16	15.04	92.2
	질석(2:3)	2.35	0.17	1.86	91.3
	질석(3:2)	2.44	0.21	4.58	91.4
	질석(4:1)	2.23	0.23	3.24	89.7

(3) 작물의 생장 반응조사

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 상추('Dduk-Sum')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 엽수, 지상부와 지하부의 건물중과 생체중은 왕겨;질석(1:3) 처리구에서 6.0개, 31.66g, 6.66g, 1.26g 및 0.73g으로 모든 처리구에 비해 증가하였다(Table 6-4). 엽장은 질석:질석(1:1) 처리구에서 18.9, 엽폭은 질석:질석(1:4) 처리구에서 7.3cm로 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였다.

Table 6-4. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 상추(*Lactuca sativa* 'Dduk-Sum')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	근장 (cm)	생체중(g/5주)		건물중(g/5주)	
						지상부	지하부	지상부	지하부
혼합비율(v/v)									
대조구 ²⁾		3.6	11.5	4.4	9.7	7.18	0.51	0.36	0.05
왕겨	질석(1:1)	4.8	14.3	4.9	19.2	14.51	2.90	0.48	0.60
	질석(1:2)	5.8	15.6	6.4	17.1	20.14	2.33	0.76	0.35
	질석(1:3)	6.0	15.8	6.6	15.7	31.66	6.66	1.26	0.73
	질석(1:4)	5.8	14.8	6.3	14.7	23.07	5.86	0.80	0.60
질석	질석(1:1)	5.8	18.9	6.2	13.9	30.33	1.47	0.72	0.26
	질석(1:2)	4.8	16.7	6.6	14.9	29.44	2.43	1.23	0.30
	질석(1:3)	4.2	15.0	6.6	12.4	19.75	2.18	0.58	0.22
	질석(1:4)	4.2	15.0	7.3	12.8	17.41	1.59	0.42	0.21
펠라이트	질석(1:1)	4.0	13.0	4.8	11.2	8.86	0.74	0.41	0.10
	질석(1:2)	4.8	15.2	5.7	14.5	18.01	2.34	0.81	0.33
	질석(1:3)	5.0	11.8	5.1	11.6	11.50	1.09	0.43	0.12
	질석(1:4)	3.6	10.2	5.0	12.6	7.57	0.39	0.24	0.07
Level of significance		1.0	1.5	0.9	2.2	6.04	1.98	0.39	0.24
LSD 5%									

²⁾ 대조구 : 발효:모래:부엽(1:1:1, v/v)

우분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 상추('Dduk-Sum')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 엽장, 엽폭 및 지상부의 생체중은 질석:질석(1:1) 처리구에서 19.8cm, 6.5cm 및 29.62g으로 대조구에 비해 현저히 증가하였으며, 엽수와 지상부의 건물중은 펄라이트:질석(1:1) 처리구에서 6.0개와 0.97g으로 모든 처리구에 비해 증가하는 경향을 보였다(Table 6-5).

Table 6-5. 부숙 우분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 상추(*Lactuca sativa* 'Dduk-Sum')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	근장 (cm)	생체중(g/5주)		건물중(g/5주)	
						지상부	지하부	지상부	지하부
혼합비율(v/v)									
대조구 ²⁾		3.6	11.5	4.4	9.7	7.18	0.51	0.36	0.05
왕겨	질석(1:1)	6.0	13.4	4.8	17.2	18.00	3.87	0.57	0.40
	질석(1:2)	4.6	19.3	3.8	16.8	12.03	3.52	0.48	0.29
	질석(1:3)	5.2	13.0	4.5	13.4	14.03	4.30	0.58	0.42
	질석(1:4)	5.0	12.8	4.5	15.2	15.06	4.20	0.66	0.52
질석	질석(1:1)	5.2	19.8	6.5	13.5	29.62	1.17	0.96	0.14
	질석(1:2)	4.4	17.0	6.4	13.5	18.01	1.34	0.56	0.12
	질석(1:3)	5.4	17.4	5.7	15.8	27.93	4.14	0.63	0.39
	질석(1:4)	4.6	17.1	5.1	13.9	16.23	1.18	0.48	0.16
펄라이트	질석(1:1)	6.0	13.9	6.1	13.9	28.83	1.63	0.97	0.11
	질석(1:2)	5.6	17.0	5.2	16.5	20.87	2.76	0.72	0.17
	질석(1:3)	5.0	16.2	5.2	12.9	20.22	4.28	0.78	0.28
	질석(1:4)	4.6	16.5	6.1	12.1	22.89	3.46	0.72	0.22
Level of significance		0.9	2.4	1.3	1.7	5.11	1.32	0.28	0.19
LSD 5%									

²⁾ 대조구 : 발효:모래:부엽(1:1:1, v/v)

혼합분(돈분+우분) 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 상추('Dduk-Sum')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 엽수, 엽장, 엽폭 및 지상부의 생체중은 왕겨:질석(1:1)처리구에서 4.1개, 11.3cm, 6.9cm 및 15.2g으로 대조구에 비해 현저히 증가하는 경향을 보였으며, 지하부의 생체중과 지상부와 지하부의 건물중은 질석:질석(1:1) 처리구에서 4.7, 0.7 및 0.4g으로 모든 처리구에 비해 증가하였다(Table 6-6).

Table 6-6. 부숙 혼합분(돈분+우분)을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 상추(*Lactuca sativa* 'Dduk-Sum')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	엽수	엽장	엽폭	근장	생체중(g/5주)		건물중(g/5주)	
						지상부	지하부	지상부	지하부
혼합비율(v/v)		(개)	(cm)	(cm)	(cm)				
대조구 ²⁾		2.0	1.4	0.7	5.8	0.2	0.1	0.1	0.1
왕겨	질석(1:1)	4.1	11.3	6.9	12.3	15.2	3.0	0.7	0.2
	질석(1:2)	4.0	9.4	6.4	12.3	12.2	2.3	0.6	0.2
	질석(1:3)	4.1	7.7	5.4	12.3	8.6	3.2	0.5	0.3
	질석(1:4)	4.0	6.8	4.7	13.3	6.6	2.9	0.4	0.3
질석	질석(1:1)	3.9	7.4	5.8	11.3	11.3	4.7	0.7	0.4
	질석(1:2)	4.1	7.5	5.5	12.5	9.1	3.5	0.5	0.3
	질석(1:3)	3.7	7.4	5.0	12.7	6.9	2.6	0.4	0.2
	질석(1:4)	3.7	5.9	6.0	11.6	6.2	3.2	0.3	0.2
펠라이트	질석(1:1)	4.9	7.3	6.6	8.0	15.2	4.1	0.8	0.3
	질석(1:2)	3.9	5.7	5.8	9.1	8.8	4.2	0.5	0.3
	질석(1:3)	4.1	5.4	4.2	10.2	4.8	1.7	0.3	0.2
	질석(1:4)	3.8	5.5	4.6	9.1	5.1	2.3	0.4	0.3
Level of significance		1.5	1.3	1.1	0.9	1.7	1.1	0.2	0.1
LSD 5%									

²⁾ 대조구 : 발효:모래:부엽(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 배추 ('Jeung-II-Poom')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 엽수와 지하부의 생체중 및 지상부와 지하부의 건물중은 왕겨:질석(1:1) 처리구에서 7.5개와 1.55g 및 2.74와 0.87g으로 대조구에 비해 현저히 증가하였으며, 근장과 지상부의 생체중은 19.5cm와 28.04g으로 모든 처리구에 비해 증가하였다.(Table 6-7).

Table 6-7. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 배추 (*Brassica campestris* 'Jeung-II-Poom')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	근장 (cm)	생체중(g/5주)		건물중(g/5주)	
						지상부	지하부	지상부	지하부
혼합비율(v/v)									
대조구 ²⁾		3.1	2.5	1.3	8.8	0.33	0.05	0.16	0.04
왕겨	질석(1:1)	7.5	14.2	8.8	14.8	18.59	1.55	2.74	0.87
	질석(1:2)	7.0	12.3	9.1	15.4	14.11	1.47	1.44	0.86
	질석(1:3)	6.3	15.1	5.8	14.2	23.70	1.77	2.15	0.75
	질석(1:4)	6.2	14.1	5.3	15.4	14.88	0.99	1.63	0.46
질석	질석(1:1)	6.2	13.4	5.0	16.8	11.85	1.30	1.13	0.57
	질석(1:2)	6.3	19.2	6.7	16.7	25.03	1.31	2.38	0.65
	질석(1:3)	6.3	17.0	6.6	15.8	27.57	1.22	2.16	0.57
	질석(1:4)	6.0	15.9	6.2	17.1	24.69	1.30	2.15	0.59
펄라이트	질석(1:1)	7.3	18.4	6.3	18.1	27.58	1.14	2.24	0.49
	질석(1:2)	7.5	18.1	6.1	19.5	28.04	1.39	2.67	0.65
	질석(1:3)	3.5	11.9	5.7	15.6	11.51	0.39	0.78	0.15
	질석(1:4)	4.3	11.4	5.2	15.5	7.62	0.39	0.90	0.15
Level of significance		0.9	1.8	0.9	1.4	3.24	0.29	0.71	0.13
LSD 5%									

²⁾ 대조구 : 발효:모래:부엽(1:1:1, v/v)



Figure 6-2 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조성된 배양토에서
 배추(*Brassica campestris* L. spp)의 생육(파종 후 4주째)
 위 : 대조구, 왕겨:질석(1:3), 왕겨:질석(1:1), 왕겨:질석(3:1)
 가운데 : 대조구, 질석:질석(1:3), 질석:질석(1:1), 질석:질석(3:1)
 아래 : 대조구, 질석:부숙왕겨(1:3), 질석:부숙왕겨(1:1),
 질석:부숙왕겨(3:1)



Figure 6-2. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서
 배추(*Brassica campestris* L. spp)의 생육(파종 후 4주째)
 위 : 대조구, 왕겨:질석(1:3), 왕겨:질석(1:1), 왕겨:질석(3:1)
 가운데 : 대조구, 질석:질석(1:3), 질석:질석(1:1), 질석:질석(3:1)
 아래 : 대조구, 질석:부숙왕겨(1:3), 질석:부숙왕겨(1:1),
 질석:부숙왕겨(3:1)

우분 부속시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 배추 ('Jeung-II-Poom')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 엽수와 근장은 질석:질석(1:2) 처리구에서 6.8개와 21.3cm로 대조구에 비해 현저히 증가하는 경향을 보였으며, 엽장, 엽폭 및 지상부의 생체중은 19.2cm, 7.0cm 및 22.48g으로 모든 처리구에 비해 증가하였다. 지상부와 지하부의 건물중은 왕겨:질석(1:1) 처리구에서 1.62와 0.48g으로 모든 처리구에 비해 증가하였다(Table 6-8).

Table 6-8. 부속 우분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 배추 (*Brassica campestris* 'Jeung-II-Poom')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	근장 (cm)	생체중(g/5주)		건물중(g/5주)	
						지상부	지하부	지상부	지하부
대조구 ²⁾		3.1	2.5	1.3	8.8	0.33	0.05	0.16	0.04
왕겨	질석(1:1)	6.2	16.3	5.5	15.9	19.69	1.13	1.62	0.48
	질석(1:2)	6.4	11.0	4.6	19.2	10.44	0.82	1.00	0.35
	질석(1:3)	5.8	10.6	4.4	16.6	8.29	0.68	1.52	0.31
	질석(1:4)	5.4	10.5	4.1	16.4	8.81	0.72	0.84	0.27
질석	질석(1:1)	6.5	19.2	7.0	19.5	22.48	0.73	0.94	0.27
	질석(1:2)	6.8	17.0	6.1	21.3	21.31	1.09	1.24	0.37
	질석(1:3)	6.3	14.9	5.5	20.3	17.42	0.98	1.19	0.31
	질석(1:4)	6.2	13.0	4.8	21.3	13.53	0.96	0.90	0.26
펄라이트	질석(1:1)	6.7	13.7	5.3	20.9	15.89	1.17	1.24	0.36
	질석(1:2)	6.0	12.0	4.5	18.0	11.01	0.89	0.93	0.28
	질석(1:3)	5.9	11.5	4.5	15.5	10.13	0.59	0.99	0.19
	질석(1:4)	4.9	9.8	4.1	15.0	8.85	0.63	0.98	0.20
Level of significance		0.9	2.7	0.9	1.6	3.09	0.25	0.40	0.19
LSD 5%									

²⁾ 대조구 : 발효:모래:부엽(1:1:1, v/v)

혼합분(돈분+우분) 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 배추 ('Jeung-II-Poom')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 엽수와 엽장은 질석:질석(1:1) 처리구에서 7.6개와 7.1cm로 대조구에 비해 현저히 증가하였으며, 엽폭, 근장 및 지상부 생체중과 지상부와 지하부의 생체중은 왕겨:질석(1:1) 처리구에서 3.8cm, 13.6cm 및 15.2g과 1.2g, 0.4g으로 모든 처리구에 비해 증가하였다(Table 6-9).

Table 6-9. 부숙 혼합분(돈분+우분)을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 배추(*Brassica campestris* 'Jeung-II-Poom')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	엽수	엽장	엽폭	근장	생체중(g/5주)		건물중(g/5주)	
						지상부	지하부	지상부	지하부
	혼합비율(v/v)	(개)	(cm)	(cm)	(cm)				
대조구 ²⁾		2.0	1.1	0.8	6.8	0.2	0.3	0.1	0.1
왕겨	질석(1:1)	7.2	8.3	3.8	13.6	15.2	5.8	1.2	0.4
	질석(1:2)	6.3	6.6	3.1	13.3	9.3	3.4	0.7	0.3
	질석(1:3)	5.5	4.9	2.7	12.1	6.0	4.0	0.5	0.4
	질석(1:4)	6.7	5.5	2.7	12.1	6.4	4.6	0.6	0.4
질석	질석(1:1)	7.6	7.1	3.4	13.0	13.6	7.6	1.1	0.5
	질석(1:2)	7.6	6.7	3.1	12.0	13.0	7.4	1.1	0.6
	질석(1:3)	6.3	5.8	2.6	13.1	7.5	4.3	0.7	0.3
	질석(1:4)	5.8	5.4	2.4	13.4	5.8	3.9	0.6	0.4
펠라이트	질석(1:1)	6.3	5.4	3.2	12.1	8.0	4.1	0.7	0.4
	질석(1:2)	6.0	5.2	2.7	11.5	6.2	3.1	0.6	0.3
	질석(1:3)	6.0	5.1	2.7	11.9	5.7	2.6	0.6	0.3
	질석(1:4)	5.3	4.5	2.6	10.2	4.9	2.2	0.4	0.2
Level of significance		1.2	1.2	1.0	1.4	4.2	1.3	0.3	0.2
LSD 5%									

²⁾ 대조구 : 발효:모래:부엽(1:1:1, v/v)

2. 기능성 원예용 배양토 조성시험

(1) 육묘전용 배양토 조성시험

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 셀비어(*Salvia splendens* 'Red Vista')의 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아율은 왕겨:질석(1:1)과 왕겨:질석(3:1) 처리구에서 99%로 높게 나타났으며, 초장, 엽장, 엽폭, 줄기직경은 왕겨:질석(1:1), 질석:질석(1:3), 질석:부숙왕겨(1:3) 처리구에서 다른 처리구에 비해 현저히 증가된 결과를 나타내었다(Table 6-10).

Table 6-10. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 셀비어(*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista')의 발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	발아일수	발아율	초장	엽장	엽폭	줄기직경
혼합비율(v/v)		(일)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)
대조구 ²⁾		16.7	92	2.2	8.6	7.2	2.1
왕겨	질석 (1:3)	16.3	93	2.2	9.0	8.4	2.5
	질석 (1:1)	16.8	99	2.5	10.2	9.1	3.1
	질석 (3:1)	15.2	89	2.1	8.8	7.0	3.1
	부숙왕겨 (1:3)	14.8	94	2.1	4.8	4.4	1.1
	부숙왕겨 (1:1)	16.7	94	2.0	6.3	5.3	1.4
	부숙왕겨 (3:1)	15.7	89	2.0	7.6	6.9	2.1
질석	질석 (1:3)	16.5	78	2.2	11.9	9.8	3.1
	질석 (1:1)	16.5	83	1.1	3.5	2.8	1.3
	질석 (3:1)	16.8	57	0.9	1.7	1.4	0.8
	부숙왕겨 (1:3)	17.9	88	3.7	10.3	9.3	2.7
	부숙왕겨 (1:1)	18.0	42	1.4	5.9	5.5	2.6
	부숙왕겨 (3:1)	17.3	14	0.8	1.7	1.4	1.3
펠라이트	질석 (1:3)	15.7	60	2.5	5.9	5.7	2.2
	질석 (1:1)	13.2	90	2.2	8.9	8.0	2.1
	질석 (3:1)	16.2	99	1.3	7.0	6.3	2.3
	부숙왕겨 (1:3)	16.5	81	1.1	0.5	4.1	1.9
	부숙왕겨 (1:1)	17.9	93	1.6	8.3	6.7	2.1
	부숙왕겨 (3:1)	18.1	38	0.8	3.6	3.0	1.7
Level of significance		1.4	11	1.0	1.2	2.0	0.6
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펠라이트(1:1:1, v/v)



Figure 6-3. 부숙 토탄을 이용한 보조재 혼합비율별로 조성된 배양토에서
 셀비어(*Salvia splendens* P. SELLO 'Red Vista')의 생육(파종 20일째)
 위 : 대조구, 왕겨:질석(1:3), 왕겨:질석(1:1), 왕겨:질석(3:1)
 아래 : 대조구, 질석:부숙왕겨(1:3), 질석:부숙왕겨(1:1), 질석:부숙왕겨(3:1)

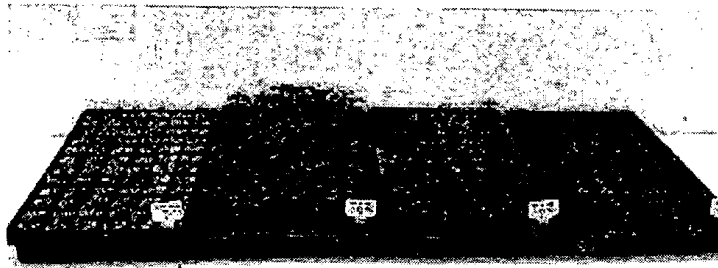


Figure 6-3. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서
셀비어(*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista')의 생육(파종 20일째)
위 : 대조구, 왕겨:질석(1:3), 왕겨:질석(1:1), 왕겨:질석(3:1)
아래 : 대조구, 질석:부숙왕겨(1:3), 질석:부숙왕겨(1:1), 질석:부숙왕겨(3:1)

돈분 부속시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 셀비어('Red Vista')의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 뿌리길이는 원보조재에 왕겨가 첨가된 것이 다른 처리구에 비해 전반적으로 높게 나타났으며(Table 6-3), 왕겨:질석(1:3) 처리구가 18.4cm로 가장 높게 나타났다. 지상부의 생체중은 원보조재 왕겨처리구와 질석:질석(1:3), 질석:부속왕겨(1:3) 및 펄라이트:질석(3:1) 처리구에서 대체로 증가된 결과를 나타내었음(Table 6-11).

Table 6-11. 부속 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 셀비어 (*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista')의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	생체중(g)	
			지상부	지하부
혼합비율(v/v)				
대조구 ²⁾		18.5	0.540	0.030
왕겨	질석 (1:3)	18.4	1.140	0.710
	질석 (1:1)	14.0	1.720	0.310
	질석 (3:1)	12.7	1.220	0.350
	부속왕겨 (1:3)	13.4	0.133	0.021
	부속왕겨 (1:1)	14.6	0.350	0.036
	부속왕겨 (3:1)	15.7	0.570	0.047
질석	질석 (1:3)	12.1	1.770	0.160
	질석 (1:1)	7.3	0.080	0.007
	질석 (3:1)	2.9	0.060	0.003
	부속왕겨 (1:3)	12.8	1.540	0.250
	부속왕겨 (1:1)	8.5	0.340	0.280
	부속왕겨 (3:1)	1.4	0.029	0.004
펄라이트	질석 (1:3)	8.7	0.490	0.024
	질석 (1:1)	12.6	0.690	0.200
	질석 (3:1)	11.1	1.180	0.104
	부속왕겨 (1:3)	10.4	0.340	0.190
	부속왕겨 (1:1)	12.7	0.890	0.190
	부속왕겨 (3:1)	10.9	0.240	0.016
Level of significance		2.3	0.4	0.3
LSD 5%				

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

우분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 셀비어('Red Vista')의 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아일수는 왕겨:부숙왕겨(1:3)과 왕겨:부숙왕겨(1:1) 처리구에서 5.1일로 타 처리구에 비해 빨랐으며, 질석:질석(3:1) 처리구는 100%로 높은 발아율을 보였다. 초장은 왕겨:질석(1:3), 질석:질석(1:3), 질석:부숙왕겨(3:1), 질석:부숙왕겨(1:1) 및 펄라이트:질석(3:1) 처리구에서 상당히 증가되었으며, 엽장, 엽폭 및 줄기직경도 유사한 경향을 나타내었다(Table 6-12).

Table 6-12. 부숙 우분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 셀비어 (*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista')의 발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	발아일수	발아율	초장	엽장	엽폭	줄기직경
혼합비율(v/v)		(일)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)
대조구 ²⁾		6.7	92	5.2	8.6	7.2	2.07
왕겨	질석 (1:3)	6.0	94	6.1	6.1	5.4	0.96
	질석 (1:1)	6.2	93	5.8	7.2	5.7	0.87
	질석 (3:1)	5.8	79	4.9	9.9	8.6	1.73
	부숙왕겨 (1:3)	5.1	90	2.9	9.6	8.8	2.18
	부숙왕겨 (1:1)	5.1	86	3.2	11.6	9.9	1.82
	부숙왕겨 (3:1)	6.4	99	4.9	12.7	11.5	2.71
질석	질석 (1:3)	6.4	97	4.6	9.3	9.7	1.64
	질석 (1:1)	6.9	94	4.2	8.4	6.9	1.52
	질석 (3:1)	6.1	100	6.2	8.8	8.1	2.06
	부숙왕겨 (1:3)	5.4	79	2.2	4.7	3.9	0.52
	부숙왕겨 (1:1)	5.2	90	8.1	6.2	5.4	1.41
	부숙왕겨 (3:1)	6.7	97	3.3	8.2	8.2	1.74
펄라이트	질석 (1:3)	5.4	93	1.0	9.2	6.9	2.30
	질석 (1:1)	5.2	90	9.1	9.9	8.5	2.61
	질석 (3:1)	5.4	93	7.0	10.5	9.9	2.29
	부숙왕겨 (1:3)	5.8	93	3.3	4.1	3.6	1.12
	부숙왕겨 (1:1)	5.9	88	2.7	5.3	5.0	1.41
	부숙왕겨 (3:1)	6.1	92	5.7	6.7	5.8	1.55
Level of significance		1.3	3.5	2.1	2.6	1.9	1.0
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

우분에 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 셀비어(S'Red Vista')의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 뿌리길이는 질석:부숙왕겨(1:3) 처리구가 13.6cm로 높게 나타났으며, 지상부 생체중과 건물중은 왕겨:부숙왕겨와 펄라이트:질석 처리구에서 다른 처리구에 비해 좋은 결과를 나타내었다. 그중 왕겨:부숙왕겨(3:1) 처리구는 지상부의 생체중은 1.742g, 지하부는 0.037g로 다른 처리구에 비해 증가되었다(Table 6-13).

Table 6-13. 부숙 우분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 셀비어 (*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista')의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	생체중(g)	
			지상부	지하부
혼합비율(v/v)				
대조구 ²⁾		8.5	0.540	0.030
왕겨	질석 (1:3)	8.6	0.077	0.012
	질석 (1:1)	11.5	0.094	0.012
	질석 (3:1)	9.5	0.532	0.018
	부숙왕겨 (1:3)	11.8	0.564	0.027
	부숙왕겨 (1:1)	10.4	0.671	0.023
	부숙왕겨 (3:1)	8.2	1.742	0.037
질석	질석 (1:3)	10.0	0.358	0.013
	질석 (1:1)	7.9	0.391	0.013
	질석 (3:1)	8.8	0.645	0.014
	부숙왕겨 (1:3)	13.6	0.024	0.008
	부숙왕겨 (1:1)	10.0	0.172	0.011
	부숙왕겨 (3:1)	9.7	0.416	0.015
펄라이트	질석 (1:3)	11.6	0.590	0.023
	질석 (1:1)	10.3	0.846	0.034
	질석 (3:1)	9.3	0.810	0.027
	부숙왕겨 (1:3)	10.1	0.082	0.006
	부숙왕겨 (1:1)	7.7	0.141	0.006
	부숙왕겨 (3:1)	8.4	0.216	0.007
Level of significance		3.1	0.1	0.04
LSD 5%				

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

혼합분(돈분+우분) 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 셀비어('Red Vista')의 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아일수는 왕겨:질석(1:1)과 펄라이트:질석(1:1) 처리구에서 5.1일로 가장 빨랐으며, 발아율은 질석:질석(1:1)과 질석:질석(1:1) 처리구와 펄라이트:부숙왕겨 처리구에서 대체로 높게 나타났다. 엽장과 엽폭은 질석:부숙왕겨(1:1) 처리구가 12.4, 11.2cm로 다른 처리구에 비해 높았으나 전체적으로 왕겨:질석 및 질석:질석 처리구가 비교적 좋은 경향을 나타내었다(Table 6-14).

Table 6-14. 부숙 혼합분(돈분+우분)을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 셀비어(*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista')의 발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	발아일수	발아율	초장	엽장	엽폭	줄기직경
혼합비율(v/v)		(일)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)
대조구 ²⁾		6.7	92	5.23	8.6	7.2	2.07
왕겨	질석 (1:3)	6.1	86	7.59	12.0	10.1	2.64
	질석 (1:1)	5.1	90	7.45	12.1	9.2	2.39
	질석 (3:1)	6.8	89	8.18	12.1	11.3	2.69
	부숙왕겨 (1:3)	5.3	86	5.03	7.2	6.1	1.51
	부숙왕겨 (1:1)	6.9	11	3.01	3.4	2.7	0.61
	부숙왕겨 (3:1)	5.4	21	2.27	4.5	3.2	1.12
질석	질석 (1:3)	5.8	92	7.19	10.9	7.2	2.23
	질석 (1:1)	6.9	96	6.24	13.1	9.5	2.08
	질석 (3:1)	6.8	88	5.10	9.6	8.2	2.30
	부숙왕겨 (1:3)	5.3	86	6.15	11.2	9.8	2.10
	부숙왕겨 (1:1)	6.7	85	6.97	12.4	11.2	2.16
	부숙왕겨 (3:1)	5.4	86	4.01	6.6	5.9	2.03
펄라이트	질석 (1:3)	5.5	90	6.93	11.4	9.6	2.01
	질석 (1:1)	5.1	86	6.19	11.4	10.0	2.01
	질석 (3:1)	6.0	44	4.93	4.6	3.5	0.71
	부숙왕겨 (1:3)	5.9	96	4.40	7.6	6.5	1.20
	부숙왕겨 (1:1)	6.5	89	7.42	11.6	8.5	2.00
	부숙왕겨 (3:1)	6.0	89	7.10	10.8	8.8	1.70
Level of significance		1.3	10.1	2.3	2.1	2.5	1.2
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

혼합분(돈분+우분) 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 셀비어('Red Vista')의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 뿌리길이, 지상부와 지하부의 생체중은 왕겨:질석 처리구가 좋았고, 그 중에서 왕겨:질석(1:3) 처리구가 다른 처리구에 비해 높았다(Table 6-15).

Table 6-15. 부숙 혼합분(돈분+우분)을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 셀비어(*Salvia splendens* F. SELLO 'Red Vista')의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	생체중(g)	
			지상부	지하부
혼합비율(v/v)				
대조구 ²⁾		8.5	0.540	0.030
왕겨	질석 (1:3)	11.7	1.367	0.043
	질석 (1:1)	10.3	1.051	0.028
	질석 (3:1)	11.2	1.301	0.031
	부숙왕겨 (1:3)	10.6	0.250	0.030
	부숙왕겨 (1:1)	6.2	0.056	0.008
	부숙왕겨 (3:1)	6.5	0.840	0.005
질석	질석 (1:3)	10.4	1.107	0.031
	질석 (1:1)	8.3	0.720	0.029
	질석 (3:1)	8.3	0.653	0.026
	부숙왕겨 (1:3)	10.5	0.616	0.023
	부숙왕겨 (1:1)	8.5	0.671	0.024
	부숙왕겨 (3:1)	7.1	0.300	0.017
펠라이트	질석 (1:3)	8.8	0.618	0.028
	질석 (1:1)	8.4	0.716	0.024
	질석 (3:1)	5.3	0.033	0.004
	부숙왕겨 (1:3)	10.1	0.163	0.021
	부숙왕겨 (1:1)	8.3	0.650	0.033
	부숙왕겨 (3:1)	8.6	0.467	0.025
Level of significance		2.1	0.1	0.02
LSD 5%				

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펠라이트(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 메리골드('Orange Boy')의 종자발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 모든 처리구가 대조구에 비해 발아일수, 초장과 엽폭은 떨어지는 반면 발아율은 왕겨:질석 (1:1)에서 99%, 엽장은 질석:질석(1:3)에서 11.1cm, 줄기직경은 펄라이트:질석(3:1)에서 2.45mm로 대조구에 비해 증가되는 경향을 보였다(Table 6-16).

Table 6-16. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 메리골드 (*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 종자발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	발아일수	발아율	초장	엽장	엽폭	줄기직경
혼합비율(v/v)		(일)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)
대조구 ²⁾		5.6	89	9.5	10.6	9.8	2.21
왕겨	질석 (1:3)	7.3	90	6.0	9.4	7.9	2.00
	질석 (1:1)	7.6	99	6.3	8.6	7.4	2.33
	질석 (3:1)	7.2	96	7.5	8.4	7.3	1.85
	부숙왕겨 (1:3)	7.2	93	5.5	5.7	5.2	1.31
	부숙왕겨 (1:1)	7.0	86	5.0	6.0	5.4	1.62
	부숙왕겨 (3:1)	7.0	78	4.2	7.0	6.3	1.56
질석	질석 (1:3)	5.9	78	7.8	11.1	9.3	2.09
	질석 (1:1)	6.3	63	4.9	9.1	8.4	2.12
	질석 (3:1)	6.4	82	7.9	8.4	7.5	2.15
	부숙왕겨 (1:3)	6.0	81	8.3	9.7	8.7	2.13
	부숙왕겨 (1:1)	6.0	93	7.4	9.5	8.3	2.34
	부숙왕겨 (3:1)	7.5	65	5.9	8.5	7.6	2.2
펄라이트	질석 (1:3)	6.8	79	7.9	8.7	7.4	1.93
	질석 (1:1)	7.3	96	7.4	8.6	8.1	2.13
	질석 (3:1)	7.2	90	9.2	10.0	8.9	2.45
	부숙왕겨 (1:3)	7.5	79	4.2	4.5	4.1	1.51
	부숙왕겨 (1:1)	6.8	96	6.5	7.1	6.4	1.81
	부숙왕겨 (3:1)	6.7	90	6.0	8.3	7.6	2.16
Level of significance		2.3	7.6	3.0	1.1	1.6	1.3
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)



Figure 6-4 부숙 우분을 보조재 혼합비율별로 조성된 배양토에서 메리골드 (*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 생육(파종 20일째)

- 위 : 대조구, 왕겨:질석(1:3), 왕겨:질석(1:1), 왕겨:질석(3:1)
- 가운데 : 대조구, 질석:질석(1:3), 질석:질석(1:1), 질석:질석(3:1)
- 아래 : 대조구, 펄라이트:부숙왕겨(1:3), 펄라이트:부숙왕겨(1:1),
펄라이트:부숙왕겨(3:1)

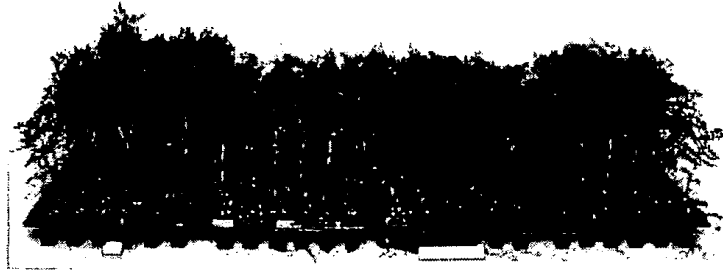


Figure 6-4. 부숙 우분을 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서 메리골드 (*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 생육(파종 20일째)

- 위 : 대조구, 왕겨:질석(1:3), 왕겨:질석(1:1), 왕겨:질석(3:1)
 가운데 : 대조구, 질석:질석(1:3), 질석:질석(1:1), 질석:질석(3:1)
 아래 : 대조구, 펄라이트:부숙왕겨(1:3), 펄라이트:부숙왕겨(1:1),
 펄라이트:부숙왕겨(3:1)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 메리골드('Orange Boy')의 뿌리길이, 화아분화율 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 뿌리길이는 펄라이트:질석(1:1), 펄라이트:왕겨 처리구에서 대체로 증가되었고, 지상부의 건물중은 펄라이트:질석(3:1)에서 2.130g, 지하부는 질석:부숙왕겨(1:1)에서 1.140g으로 대조구에 비해 증가되었다. 화아분화율은 펄라이트:질석(1:3) 처리구에서 94%로 조기에 개화되었고, 지상부의 건물중은 대조구에 비해 큰 차이를 보이지 않았다(Table 6-17).

Table 6-17. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 메리골드 (*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 뿌리길이, 화아분화율 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	화아 분화율 (%)	생체중(g)	
				지상부	지하부
대조구 ²⁾		11.2	90	1.680	0.100
왕겨	질석 (1:3)	7.0	82	1.050	0.490
	질석 (1:1)	6.6	83	1.420	0.880
	질석 (3:1)	7.0	83	0.800	0.460
	부숙왕겨 (1:3)	7.6	29	0.360	0.060
	부숙왕겨 (1:1)	6.4	42	0.500	0.270
	부숙왕겨 (3:1)	6.1	44	0.490	0.070
질석	질석 (1:3)	12.5	76	0.970	0.720
	질석 (1:1)	6.9	68	1.390	0.350
	질석 (3:1)	1.3	65	1.300	0.940
	부숙왕겨 (1:3)	7.0	67	1.490	0.760
	부숙왕겨 (1:1)	6.4	86	1.920	1.140
	부숙왕겨 (3:1)	1.5	49	0.970	0.720
펄라이트	질석 (1:3)	7.3	94	1.140	0.120
	질석 (1:1)	15.2	60	1.240	0.140
	질석 (3:1)	6.7	86	2.130	0.850
	부숙왕겨 (1:3)	7.1	33	0.400	0.260
	부숙왕겨 (1:1)	10.8	60	0.900	0.440
	부숙왕겨 (3:1)	7.7	81	1.140	0.190
Level of significance		2.4	8.9	0.1	0.02
LSD 5%					

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

우분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 메리골드('Orange Boy')의 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아일수는 왕겨:부숙왕겨(3:1) 처리구에서 4.5일, 발아율은 펄라이트:부숙왕겨(1:1) 처리구에서 100%로 대조구에 비해 증가되었다. 초장은 보조재로 질석이 첨가된 처리구 왕겨:질석(1:3), 질석:질석(1:3), 질석:질석(1:1), 질석:질석(3:1), 펄라이트:질석(3:1)에서 10.5, 10.6, 10.6, 10.2, 10.8cm로 증가되는 경향을 보였다. 엽장과 엽폭도 질석이 보조재로 첨가된 처리구에서 증가되는 경향을 보였으며, 펄라이트:질석(1:1) 처리구에서 대체로 증가된 결과를 나타내었다(Table 6-18).

Table 6-18. 부숙 우분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 메리골드 (*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	발아일수	발아율	초장	엽장	엽폭	줄기직경
혼합비율(v/v)		(일)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)
대조구 ²⁾		5.6	89	9.5	10.6	9.8	2.21
왕겨	질석 (1:3)	5.4	89	10.5	9.0	7.4	1.55
	질석 (1:1)	5.2	83	8.9	10.8	8.7	1.90
	질석 (3:1)	5.1	81	8.8	11.3	8.5	2.10
	부숙왕겨 (1:3)	4.8	94	7.9	5.8	4.1	1.39
	부숙왕겨 (1:1)	5.1	99	7.8	5.6	4.9	1.53
	부숙왕겨 (3:1)	4.5	94	8.0	7.9	6.0	1.54
질석	질석 (1:3)	4.7	94	10.6	11.3	9.8	2.00
	질석 (1:1)	4.8	97	10.6	11.1	9.4	2.15
	질석 (3:1)	5.0	96	10.2	10.1	7.9	2.10
	부숙왕겨 (1:3)	5.3	94	6.8	5.7	4.4	1.12
	부숙왕겨 (1:1)	5.0	96	8.0	8.2	6.6	1.94
	부숙왕겨 (3:1)	5.0	86	6.3	9.7	7.2	2.07
펄라이트	질석 (1:3)	4.8	96	9.6	10.1	8.8	1.87
	질석 (1:1)	5.1	97	9.6	12.3	11.1	2.11
	질석 (3:1)	5.0	96	10.8	11.1	10.2	2.18
	부숙왕겨 (1:3)	5.0	93	9.5	9.5	9.1	1.79
	부숙왕겨 (1:1)	6.2	100	7.6	6.9	5.6	1.35
	부숙왕겨 (3:1)	5.8	96	10.0	11.8	10.3	2.08
Level of significance		1.1	9.1	1.3	2.1	1.1	1.3
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

우분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 메리골드('Orange Boy')의 뿌리길이, 화아분화율 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 뿌리길이는 왕겨:질석(1:1) 처리구에서 15.8cm로 대조구에 비해 증가되었으며, 부숙왕겨가 보조재로 첨가된 처리구에서 화아분화율이 높게 나타났다(Table 6-19).

Table 6-19. 부숙 우분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 메리골드 (*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 뿌리길이, 화아분화율 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	화아 분화율 (%)	생체중(g)	
				지상부	지하부
대조구 ²⁾		11.2	90	1.680	0.100
왕겨	질석 (1:3)	6.1	88	0.490	0.050
	질석 (1:1)	15.8	83	0.680	0.050
	질석 (3:1)	13.8	78	1.040	0.070
	부숙왕겨 (1:3)	13.4	94	1.320	0.090
	부숙왕겨 (1:1)	11.8	93	0.300	0.130
	부숙왕겨 (3:1)	10.8	94	0.420	0.140
질석	질석 (1:3)	11.3	92	0.530	0.120
	질석 (1:1)	11.8	96	1.300	0.130
	질석 (3:1)	11.4	83	1.290	0.090
	부숙왕겨 (1:3)	6.3	94	1.010	0.040
	부숙왕겨 (1:1)	10.3	90	0.240	0.080
	부숙왕겨 (3:1)	13.6	86	0.800	0.080
펠라이트	질석 (1:3)	15.6	96	0.120	0.050
	질석 (1:1)	12.8	94	0.150	0.030
	질석 (3:1)	9.7	92	0.170	0.050
	부숙왕겨 (1:3)	14.8	93	0.150	0.050
	부숙왕겨 (1:1)	11.9	97	0.070	0.020
	부숙왕겨 (3:1)	8.8	96	0.150	0.030
Level of significance		2.3	2.5	0.2	0.02
LSD 5%					

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펠라이트(1:1:1, v/v)

혼합분(돈분+우분) 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 메리골드('Orange Boy')의 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아일수는 왕겨:부숙왕겨(1:3) 처리구에서 4.5일로 대조구에 비해 빨랐으며, 발아율은 보조재로 질석이 첨가된 처리구에서 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였다. 초장은 펄라이트:질석(1:1), 질석:부숙왕겨 및 왕겨:부숙왕겨 처리구가 대조구에 비해 대체로 증가하였고, 엽장은 왕겨:질석(1:3), 왕겨:부숙왕겨(3:1), 질석:질석(1:3), 질석:부숙왕겨(3:1) 처리구에서 대체로 대조구에 비해 증가되었다. 엽폭과 줄기직경은 왕겨:부숙왕겨(1:1)과 질석:부숙왕겨(1:1)에서 대조구에 비해 증가되는 경향을 나타내었다(Table 6-20).

Table 6-20. 부숙 혼합분(돈분+우분)을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 메리골드(*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	발아일수 (일)	발아율 (%)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	줄기직경 (mm)
대조구 ²⁾		5.6	89	9.5	10.6	9.8	2.21
왕겨	질석 (1:3)	5.1	93	12.7	13.9	12.5	2.54
	질석 (1:1)	5.0	93	9.9	9.8	8.8	2.39
	질석 (3:1)	6.5	88	11.2	11.8	10.6	2.18
	부숙왕겨 (1:3)	4.5	76	11.2	10.0	9.1	2.20
	부숙왕겨 (1:1)	5.8	75	12.1	12.6	13.8	2.84
	부숙왕겨 (3:1)	5.4	65	12.6	13.9	11.9	2.89
질석	질석 (1:3)	5.1	93	12.7	13.9	12.5	2.54
	질석 (1:1)	5.0	93	9.9	9.8	8.8	2.39
	질석 (3:1)	6.5	88	11.2	11.8	10.6	2.18
	부숙왕겨 (1:3)	4.5	76	10.0	11.2	9.1	2.20
	부숙왕겨 (1:1)	5.8	75	12.1	12.6	13.8	2.84
	부숙왕겨 (3:1)	5.4	65	12.6	13.9	11.9	2.89
펄라이트	질석 (1:3)	5.0	94	12.1	13.2	10.9	2.36
	질석 (1:1)	5.5	97	13.0	12.9	11.5	2.66
	질석 (3:1)	6.3	89	10.8	10.3	9.2	2.22
	부숙왕겨 (1:3)	5.4	94	9.8	7.9	6.7	2.21
	부숙왕겨 (1:1)	5.0	93	9.8	10.9	9.2	2.04
	부숙왕겨 (3:1)	5.0	92	12.0	12.4	10.5	2.52
Level of significance		1.1	2.0	1.2	1.3	1.4	0.1
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

혼합분(돈분+우분) 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 메리골드 ('Orange Boy')의 뿌리길이, 화아분화율 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 뿌리길이는 펄라이트:부숙왕겨(1:3) 처리구에서 13.3cm로 증가되었고, 화아분화율은 질석:부숙왕겨(3:1) 처리구에서 99%로 대조구에 비해 증가되었다. 지상부와 지하부의 생체중은 왕겨:부숙왕겨(1:1) 처리구에서 대조구에 비해 다소 증가한 결과를 나타내었다(Table 6-21).

Table 6-21. 부숙 혼합분(돈분+우분)을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 메리골드 (*Tagetes patula* L. 'Orange Boy')의 뿌리길이, 화아분화율 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	화아 분화율 (%)	생체중(g)	
				지상부	지하부
혼합비율(v/v)					
대조구 ²⁾		11.2	90	1.680	0.100
왕겨	질석 (1:3)	11.3	90	1.780	0.120
	질석 (1:1)	8.6	93	1.100	0.020
	질석 (3:1)	6.0	85	1.380	0.010
	부숙왕겨 (1:3)	13.2	69	1.580	0.050
	부숙왕겨 (1:1)	18.1	75	3.470	0.280
	부숙왕겨 (3:1)	12.4	49	3.200	0.280
질석	질석 (1:3)	13.2	83	1.570	0.120
	질석 (1:1)	8.6	97	2.300	0.100
	질석 (3:1)	9.4	94	1.900	0.150
	부숙왕겨 (1:3)	11.4	90	1.560	0.050
	부숙왕겨 (1:1)	8.8	97	2.090	0.040
	부숙왕겨 (3:1)	9.7	99	2.480	0.220
펄라이트	질석 (1:3)	9.7	89	1.790	0.160
	질석 (1:1)	9.1	97	2.810	0.080
	질석 (3:1)	6.8	86	1.430	0.050
	부숙왕겨 (1:3)	13.3	90	0.720	0.030
	부숙왕겨 (1:1)	13.2	93	2.090	0.100
	부숙왕겨 (3:1)	9.6	88	1.350	0.030
Level of significance		2.1	4.6	1.1	0.02
LSD 5%					

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 배추의 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아일수는 처리간에 다소 차이를 나타내었으나 큰 차이를 나타내지 않았다. 발아율도 질석:질석 및 펄라이트:질석 처리구에서 비교적 높은 경향을 나타내었다. 초장은 질석:질석 및 펄라이트:질석 처리구는 대조구나 타 처리구보다 증가된 결과를 나타내었다. 특히 질석:질석(1:3) 처리구는 대조구나 타 처리구에 비해 엄청난 생육촉진 효과를 나타내었다(Table 6-22).

Table 6-22. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 배추 (*Brassica campestris* L. spp)의 발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	발아일수 (일)	발아율 (%)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	줄기직경 (mm)
혼합비율(v/v)							
대조구 ²⁾		18.5	95	5.2	10.0	2.0	6.0
왕겨	질석 (1:3)	17.8	98	8.9	14.7	6.2	7.4
	질석 (1:1)	16.8	79	5.9	14.1	5.2	6.7
	질석 (3:1)	17.4	98	7.1	11.8	5.1	7.0
	부숙왕겨 (1:3)	16.8	37	1.6	10.6	4.1	6.7
	부숙왕겨 (1:1)	16.2	80	2.4	12.5	4.2	6.5
	부숙왕겨 (3:1)	17.3	65	2.7	7.3	2.9	5.6
질석	질석 (1:3)	16.8	100	11.3	26.1	12.8	10.6
	질석 (1:1)	15.9	88	8.8	14.1	5.4	7.9
	질석 (3:1)	18.5	100	7.0	15.1	6.8	7.8
	부숙왕겨 (1:3)	18.8	91	7.5	13.5	4.4	9.0
	부숙왕겨 (1:1)	15.4	81	8.1	15.9	6.7	8.7
	부숙왕겨 (3:1)	16.2	95	10.9	14.0	6.8	8.6
펄라이트	질석 (1:3)	20.2	83	7.9	13.6	4.9	7.0
	질석 (1:1)	19.8	86	6.7	13.9	4.6	8.6
	질석 (3:1)	15.4	90	6.6	14.2	4.5	6.7
	부숙왕겨 (1:3)	17.4	56	2.3	15.6	4.7	7.2
	부숙왕겨 (1:1)	18.5	75	5.2	11.1	4.8	7.3
	부숙왕겨 (3:1)	16.4	51	2.2	11.1	3.9	7.6
Level of significance		1.1	9.3	2.3	2.3	1.0	0.8
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 배추의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 모든처리가 대조구에 비해 뿌리 생육 및 지상부, 지하부 생체중에 월등히 촉진되는 결과를 나타내었다(Table 6-23).

Table 6-23. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 배추 (*Brassica campestris* L. spp)의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	생체중(g)	
			지상부	지하부
혼합비율(v/v)				
대조구 ²⁾		12.4	0.56	0.03
왕겨	질석 (1:3)	16.4	8.16	0.47
	질석 (1:1)	13.2	5.98	0.44
	질석 (3:1)	11.0	3.16	0.17
	부숙왕겨 (1:3)	12.7	4.21	0.22
	부숙왕겨 (1:1)	13.3	2.45	2.16
	부숙왕겨 (3:1)	12.4	2.09	0.15
	질석	질석 (1:3)	33.7	35.5
질석 (1:1)		14.3	13.2	2.32
질석 (3:1)		12.7	7.54	0.57
부숙왕겨 (1:3)		15.9	9.67	0.50
부숙왕겨 (1:1)		13.7	12.36	0.74
부숙왕겨 (3:1)		12.8	7.48	0.45
펠라이트		질석 (1:3)	13.3	12.12
	질석 (1:1)	13.6	5.70	0.67
	질석 (3:1)	14.6	5.23	5.03
	부숙왕겨 (1:3)	12.9	7.30	3.82
	부숙왕겨 (1:1)	14.2	4.85	0.31
	부숙왕겨 (3:1)	12.6	3.18	0.54
	Level of significance		2.0	2.3
LSD 5%				

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펠라이트(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 고추의 발아 및 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 발아는 질석:질석(1:1) 또는 질석:질석(3:1) 처리구에서 다소 촉진이 되었다. 발아율도 질석:질석 처리구에서 100%로 거의 발아가 다 되었다. 또한 질석:질석(1:1)처리가 다른처리에 비해 생육이 증가하는 경향을 보였다 (Table 6-24).

Table 6-24. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 고추 (*Capsicum annuum* L.)의 발아 및 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	발아일수	발아율	초장	엽장	엽폭	줄기직경
혼합비율(v/v)		(일)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)
대조구 ²⁾		12.5	98	22.0	14.1	7.7	4.7
왕겨	질석 (1:3)	12.5	95	65.7	31.0	16.7	7.4
	질석 (1:1)	11.4	98	78.3	46.5	24.3	8.5
	질석 (3:1)	14.2	97	55.5	35.6	21.5	6.6
	부숙왕겨 (1:3)	11.8	91	51.1	41.9	21.8	8.7
	부숙왕겨 (1:1)	12.5	72	24.9	26.7	15.8	6.3
	부숙왕겨 (3:1)	11.5	88	39.4	22.6	12.6	5.7
	질석	질석 (1:3)	13.4	100	106.9	53.6	28.4
질석 (1:1)		9.8	100	121.7	61.8	30.2	9.2
질석 (3:1)		8.4	100	83.3	59.2	29.8	9.0
부숙왕겨 (1:3)		12.3	94	56.0	41.5	22.4	8.8
부숙왕겨 (1:1)		11.4	80	69.5	47.7	24.7	9.7
부숙왕겨 (3:1)		12.4	93	92.8	45.3	21.2	8.8
펠라이트		질석 (1:3)	12.5	95	83.0	48.4	26.3
	질석 (1:1)	12.5	90	97.6	50.8	28.0	9.3
	질석 (3:1)	12.2	94	56.4	37.3	18.3	8.2
	부숙왕겨 (1:3)	10.5	97	90.0	53.5	26.0	8.8
	부숙왕겨 (1:1)	11.2	95	37.7	28.4	16.8	6.5
	부숙왕겨 (3:1)	13.4	93	33.0	21.2	10.6	5.4
	Level of significance		2.1	2.0	4.4	4.6	3.0
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펠라이트(1:1:1, v/v)

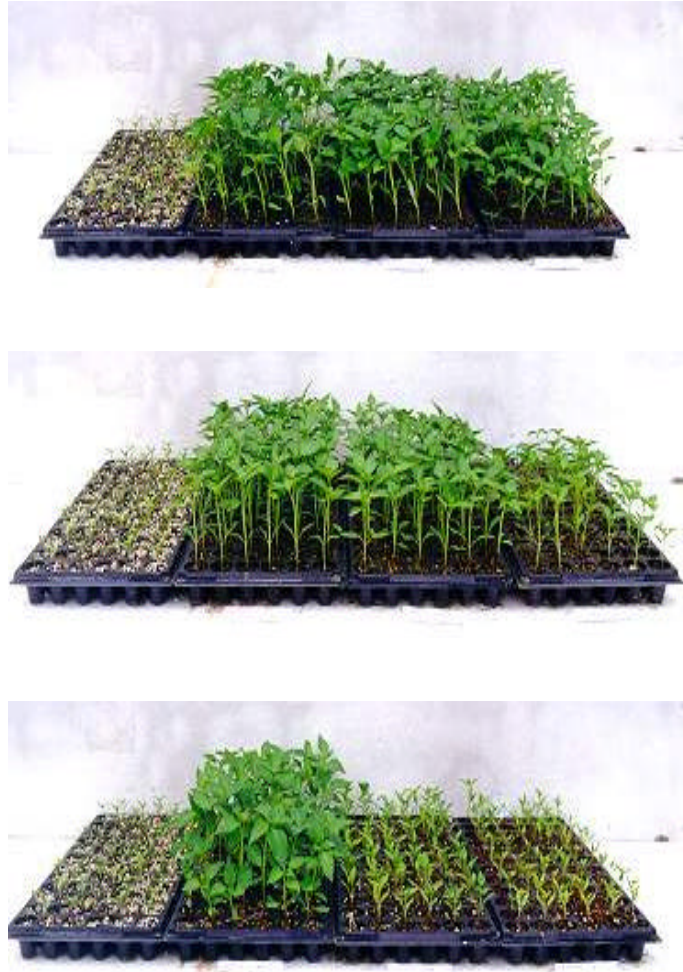


Figure 6-5 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조성된 상토에서
고추(*Capsicum annuum* L.)의 생육(파종 20일째)

- 위 : 대조구, 질석:질석(1:3), 질석:질석(1:1), 질석:질석(3:1)
 가운데 : 대조구, 펠라이트:질석(1:3), 펠라이트:질석(1:1), 펠라이트:질석(3:1)
 아래 : 대조구, 펠라이트:부숙왕겨(1:3), 펠라이트:부숙왕겨(1:1),
 펠라이트:부숙왕겨(3:1)

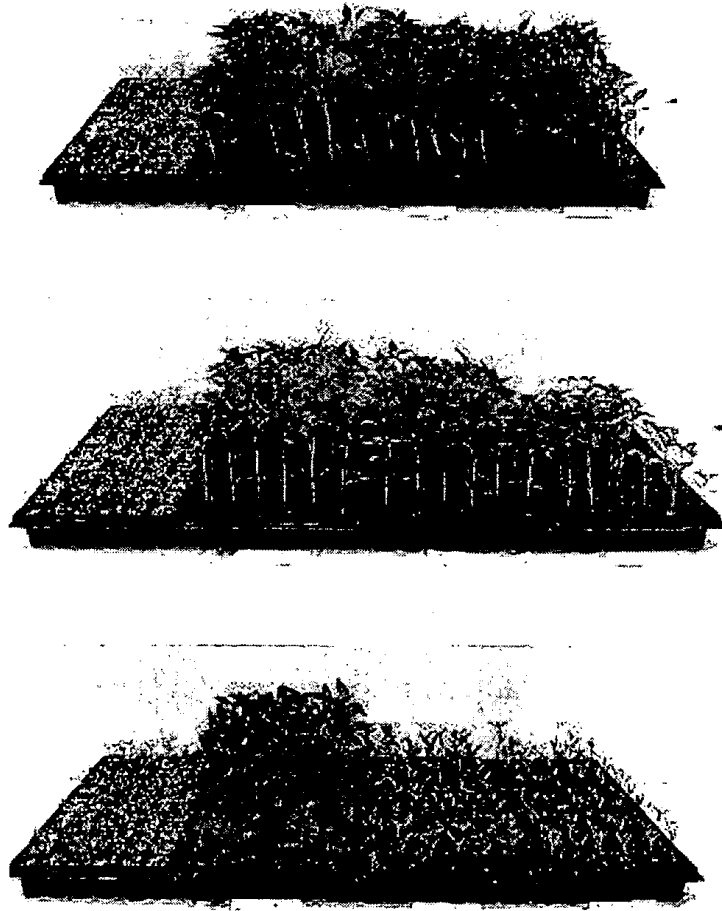


Figure 6-5. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 상토에서
고추(*Capsicum annuum* L.)의 생육(과중 20일째)

- 위 : 대조구, 질석:질석(1:3), 질석:질석(1:1), 질석:질석(3:1)
 가운데 : 대조구, 펄라이트:질석(1:3), 펄라이트:질석(1:1), 펄라이트:질석(3:1)
 아래 : 대조구, 펄라이트:부숙왕겨(1:3), 펄라이트:부숙왕겨(1:1),
 펄라이트:부숙왕겨(3:1)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 고추의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향을 실험한 결과 뿌리생육도 왕겨:질석(3:1), 질석:질석(1:1), 펄라이트:질석 처리구에서 전반적으로 촉진이 되었으며 생체중도 유사한 경향을 나타내었다(Table 6-25).

Table 6-25. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 고추 (*Capsicum annuum* L.)의 뿌리길이 및 생체중에 미치는 영향

원보조재	보조재	뿌리길이 (cm)	생체중(g)	
			지상부	지하부
	혼합비율(v/v)			
대조구 ²⁾		9.2	0.08	0.03
왕겨	질석(1:3)	13.3	0.73	0.49
	질석(1:1)	13.4	1.23	0.74
	질석(3:1)	14.7	0.82	0.62
	부숙왕겨 (1:3)	12.9	1.25	0.74
	부숙왕겨 (1:1)	13.1	0.40	0.35
	부숙왕겨 (3:1)	13.3	0.33	0.34
질석	질석(1:3)	12.4	3.32	0.95
	질석(1:1)	15.4	2.11	0.65
	질석(3:1)	13.8	1.95	0.67
	부숙왕겨 (1:3)	10.2	1.16	0.48
	부숙왕겨 (1:1)	13.7	1.70	0.72
	부숙왕겨 (3:1)	14.1	1.36	0.64
펄라이트	질석(1:3)	14.5	1.45	0.77
	질석(1:1)	15.3	1.65	0.93
	질석(3:1)	15.4	0.91	0.61
	부숙왕겨 (1:3)	12.6	0.89	1.50
	부숙왕겨 (1:1)	12.2	0.44	0.42
	부숙왕겨 (3:1)	9.5	0.27	0.27
Level of significance		1.2	0.5	0.2
LSD 5%				

²⁾ 대조구 : 피트모스:질석:펄라이트(1:1:1, v/v)

(2) 분화전용 배양토 조성시험

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇 가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 국화 ('Soo-Bang-Ryuk')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장은 (우분)펠라이트:왕겨(1:4) 처리구에서 20.5cm로 대조구에 비해 증가하였으며, 엽장과 엽폭은 (돈분+우분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 5.6cm와 4.3cm로 모든 처리구에 비해 증가하였다 (Table 6-26). (돈분)펠라이트:질석(1:4) 처리구에서 개화는 48.7일로 대조구 69.4일에 비해 현저히 촉진되었으며, 꽃수는 4.6개로 대조구에 비해 증가하였다.

Table 6-26. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 국화 (*Dendranthema grandiflorum* 'Soo-Bang-Ryuk')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개)	개화소요일수 (일)	꽃수 (개)	화폭 (cm)
대조구 ²⁾		10.2	3.9	3.5	21.4	69.4	2.9	2.3
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	13.1	3.7	3.8	19.5	71.9	2.4	1.8
	질석(1:4)	15.3	5.3	3.8	32.2	54.9	4.3	3.2
(돈분)질석	왕겨(1:4)	15.1	5.2	4.0	27.8	63.3	3.6	2.5
	질석(1:4)	15.2	4.9	3.8	24.1	66.3	4.2	3.2
(돈분)펠라이트	왕겨(1:4)	9.8	4.2	3.6	15.6	79.1	2.4	1.5
	질석(1:4)	18.0	5.4	4.2	23.4	48.7	4.6	2.1
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	14.3	5.0	3.8	22.1	61.6	3.4	3.5
	질석(1:4)	13.2	4.5	3.6	20.9	57.9	3.4	2.5
(우분)질석	왕겨(1:4)	11.6	4.9	3.5	20.6	81.1	3.1	1.2
	질석(1:4)	20.4	4.5	3.7	30.7	49.3	3.9	2.6
(우분)펠라이트	왕겨(1:4)	14.8	5.0	3.8	22.9	64.9	3.0	2.1
	질석(1:4)	20.5	5.3	4.0	23.7	48.8	3.9	3.2
(돈분+우분)왕겨	왕겨(1:4)	9.1	5.0	3.7	16.8	81.1	2.7	3.0
	질석(1:4)	16.7	4.5	3.3	23.9	70.8	4.4	3.6
(돈분+우분)질석	왕겨(1:4)	17.7	5.6	4.3	20.2	71.7	3.0	3.0
	질석(1:4)	20.2	4.8	3.5	30.0	53.1	3.3	3.9
(돈분+우분)펠라이트	왕겨(1:4)	12.3	4.6	3.4	12.4	76.3	2.6	2.1
	질석(1:4)	19.9	5.5	4.1	19.1	51.6	4.6	2.7
Level of significance LSD 5%		2.3	0.5	0.4	4.1	4.0	0.7	0.7

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)



Figure 6-6. 부숙 토분을 이용한보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서 국화 (*Dendranthema grandiflorum* 'Soo-Bang-Ryuk')의 생육에 미치는 영향
 (좌로부터 : 펠라이트:질석, 펠라이트:왕겨, 질석:질석, 질석:왕겨, 왕겨:질석, 왕겨:왕겨, 대조구)



Figure 6-6. 부숙 돈분을 이용한보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서 국화 (*Dendranthema grandiflorum* 'Soo-Bang-Ryuk')의 생육에 미치는 영향 (좌로부터 : 펠라이트:질석, 펠라이트:왕겨, 질석:질석, 질석:왕겨, 왕겨:질석, 왕겨:왕겨, 대조구)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 국화 ('Champion')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장과 엽장은 (돈분+우분)왕겨:질석(1:4) 처리구에서 15.5와 5.0cm로 대조구에 비해 증가하였으며, 엽수는 (돈분)펠라이트:질석(1:4) 처리구에서 30.0개로 모든 처리구에 비해 증가하는 경향을 보였다 (Table 6-27). 개화는 (돈분+우분)펠라이트:질석(1:4) 처리구에서 40.1일로 대조구 59.4일에 비해 현저히 촉진되었다.

Table 6-27. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 국화 (*Dendranthema grandiflorum* 'Champion')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개)	개화소요일수 (일)	꽃수 (개)	화폭 (cm)
대조구 ²⁾		12.9	4.0	3.4	16.9	59.4	6.1	3.8
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	10.6	4.4	3.7	17.9	63.7	5.1	3.5
	질석(1:4)	14.2	4.7	3.6	23.4	50.5	12.0	4.1
(돈분)질석	왕겨(1:4)	14.3	4.7	3.9	18.9	56.3	8.8	3.2
	질석(1:4)	13.7	4.8	3.9	19.4	45.4	9.4	3.7
(돈분)펠라이트	왕겨(1:4)	13.0	4.2	3.6	26.3	62.2	6.4	3.2
	질석(1:4)	14.4	4.3	3.8	30.0	41.7	8.3	3.7
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	13.2	4.0	3.2	28.0	54.6	5.4	2.2
	질석(1:4)	13.6	4.5	3.7	18.9	50.9	7.1	3.8
(우분)질석	왕겨(1:4)	13.9	4.4	3.4	13.0	60.7	6.3	3.6
	질석(1:4)	15.3	4.7	3.8	19.3	41.6	9.9	4.3
(우분)펠라이트	왕겨(1:4)	12.6	4.2	3.5	12.9	55.8	6.3	3.6
	질석(1:4)	13.6	4.7	3.8	18.3	45.8	9.1	4.1
(돈분+우분)왕겨	왕겨(1:4)	12.6	3.8	3.1	12.2	59.4	4.4	3.7
	질석(1:4)	15.5	5.0	3.9	15.7	57.3	8.9	4.0
(돈분+우분)질석	왕겨(1:4)	14.7	4.3	3.4	14.2	48.6	7.8	4.0
	질석(1:4)	14.3	5.2	4.2	17.9	42.7	8.0	4.2
(돈분+우분)펠라이트	왕겨(1:4)	13.7	4.2	3.4	13.2	50.2	5.6	3.7
	질석(1:4)	13.8	4.6	3.8	13.9	40.1	8.2	3.9
Level of significance		0.8	0.5	0.4	4.3	3.8	2.2	0.5
LSD 5%								

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 아이리스('Blue Magic')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장과 화폭은 (돈분)펠라이트:왕겨(1:4) 처리구에서 55.9와 10.4cm로 대조구에 비해 증가하였으며, 개화는 (돈분+우분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 88.1일로 대조구에 비해 현저히 촉진되었다(Table 6-28). 엽장은 대조구에 비해 모든 처리구가 감소하는 경향을 보였으며, 엽폭은 유의차를 나타내지 않았다.

Table 6-28. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 아이리스 (*Iris hollandica* 'Blue Magic')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	소화경장 (cm)	개화소요일수 (일)	화폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
대조구 ²⁾		52.1	7.7	94.6	9.9	61.3	2.0
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	55.5	6.7	98.2	8.6	53.2	1.9
	질석(1:4)	42.0	7.1	91.0	9.9	53.0	2.1
(돈분)질석	왕겨(1:4)	48.3	7.4	97.2	10.2	53.5	1.9
	질석(1:4)	46.0	7.5	92.4	9.3	58.5	1.9
(돈분)펠라이트	왕겨(1:4)	55.9	7.7	89.7	10.4	57.2	1.9
	질석(1:4)	40.9	7.2	90.5	9.9	52.5	1.9
(돈분+우분)왕겨	왕겨(1:4)	49.5	7.5	88.2	8.8	60.4	2.1
	질석(1:4)	39.1	7.4	88.2	9.9	54.4	2.1
(돈분+우분)질석	왕겨(1:4)	54.8	7.8	88.1	9.7	59.9	2.0
	질석(1:4)	42.0	6.8	88.2	9.1	51.9	1.8
(돈분+우분)펠라이트	왕겨(1:4)	51.1	7.7	88.3	10.0	57.1	1.9
	질석(1:4)	50.2	7.6	86.4	9.8	58.4	2.0
Level of significance LSD 5%		3.5	0.4	2.0	0.4	2.6	NS

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)



Figure 6-7. 부숙 가축분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조성된 배양토에서 아이리스(*Iris hollandica* 'Blue Magic')의 생육에 미치는 영향(생육시)



Figure 6-7. 부숙 가축분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조성된 배양토에서 아이리스(*Iris hollandica* 'Blue Magic')의 생육에 미치는 영향(생육시)

가축분뇨 부속시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 아이리스 ('Golden Beauty')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장과 소화경장은 (돈분) 펄라이트:왕겨(1:4) 처리구에서 63.2cm로 대조구에 비해 다소 증가하였으며, 개화는 (돈분+우분)질석:왕겨(1:4)와 (돈분+우분)펄라이트:질석(1:4) 처리구에서 87.9일로 대조구에 비해 현저히 촉진되었다(Table 6-29). 화폭은 (돈분+우분)왕겨:질석(1:4) 처리구에서 10.3cm로 대조구에 비해 증가하였으며, 엽장은 (돈분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 57.3cm로 모든 처리구에 비해 증가하였다. 엽폭은 유의차를 나타내지 않았다.

Table 6-29. 부속 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 아이리스 (*Iris hollandica* 'Golden Beauty')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	소화경장 (cm)	개화소요일수 (일)	화폭 (cm)	엽장 (일)	엽폭 (개)
대조구 ²⁾		61.6	7.4	100.2	9.8	53.2	1.5
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	55.5	6.7	102.5	9.0	51.0	1.2
	질석(1:4)	44.0	7.2	99.6	9.8	40.0	1.3
(돈분)질석	왕겨(1:4)	64.4	7.5	98.3	9.9	57.3	1.4
	질석(1:4)	49.2	6.8	97.1	8.8	41.2	1.4
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	63.2	6.9	94.5	9.5	49.6	1.2
	질석(1:4)	51.9	7.0	92.3	9.5	46.5	1.3
(돈분+우분)왕겨	왕겨(1:4)	62.2	6.5	90.7	8.4	52.2	1.4
	질석(1:4)	52.0	7.6	89.8	10.3	45.5	1.4
(돈분+우분)질석	왕겨(1:4)	53.7	7.0	87.9	9.0	44.5	1.4
	질석(1:4)	43.3	6.6	86.2	8.7	40.7	1.3
(돈분+우분)펄라이트	왕겨(1:4)	58.8	7.2	88.3	10.0	49.2	1.3
	질석(1:4)	56.3	7.6	87.9	9.0	50.0	1.4
Level of significance LSD 5%		2.7	0.5	3.1	0.3	4.0	NS

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 수선화('Dutch Master')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장은 (돈분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 36.3cm로 모든 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며, (우분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 개화는 49.7일로 촉진되었으며, 엽장과 엽폭은 35.7와 2.0cm로 대조구에 비해 현저히 증가하였다(Table 6-30).

Table 6-30. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 수선화 (*Narcissus* 'Dutch Master')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장	화수장	개화소요일수	화폭	엽장	엽폭
혼합비율(v/v)		(cm)	(cm)	(일)	(cm)	(cm)	(cm)
대조구 ²⁾		30.0	2.5	55.5	10.1	26.8	1.6
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	27.5	2.4	55.5	10.1	26.3	1.8
	질석(1:4)	33.4	2.4	55.3	10.2	29.3	1.8
(돈분)질석	왕겨(1:4)	36.3	2.6	53.5	10.5	33.1	1.7
	질석(1:4)	31.6	2.8	54.0	10.6	30.0	1.9
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	29.1	2.6	54.5	9.6	23.6	1.7
	질석(1:4)	30.6	2.6	52.7	9.7	25.4	1.7
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	30.2	3.3	52.5	10.1	28.6	1.6
	질석(1:4)	33.7	3.3	51.7	10.3	29.2	1.8
(우분)질석	왕겨(1:4)	28.4	3.6	49.7	10.1	35.7	2.0
	질석(1:4)	34.8	3.3	50.5	10.3	31.8	1.6
(우분)펄라이트	왕겨(1:4)	31.6	3.3	51.0	10.6	33.2	1.9
	질석(1:4)	35.8	3.3	50.0	10.6	33.6	2.0
Level of significance		3.0	0.5	2.9	0.4	3.0	0.3
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)



Figure 6-8. 부속 토분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서 수선화(*Narcissus* 'Dutch Master')의 생육에 미치는 영향
 (좌로부터 : 대조구, 왕겨:왕겨, 왕겨:질석, 질석:왕겨, 질석:질석, 펄라이트:왕겨, 펄라이트:질석)



Figure 6-8. 부숙 토분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서 수선화(*Narcissus* 'Dutch Master')의 생육에 미치는 영향 (좌로부터 : 대조구, 왕겨:왕겨, 왕겨:질석, 질석:왕겨, 질석:질석, 펄라이트:왕겨, 펄라이트:질석)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 수선화 ('Salome')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장은 (돈분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 35.4cm로 대조구에 비해 현저히 증가하였으며, 개화는 (우분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 49.0일로 모든 처리구에 비해 매우 촉진되었다(Table 6-31). 엽장은 (우분)펄라이트:왕겨(1:4) 처리구에서 33.5cm로 모든 처리구에 비해 증가되었다.

Table 6-31. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 수선화 (*Narcissus* 'Salome')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장	화수장	개화소요일수	화폭	엽장	엽폭
혼합비율(v/v)		(cm)	(cm)	(일)	(cm)	(cm)	(cm)
대조구 ²⁾		22.9	2.7	57.5	8.2	24.3	1.6
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	24.3	2.8	61.0	8.4	27.9	1.8
	질석(1:4)	29.5	2.6	62.0	8.5	31.0	2.0
(돈분)질석	왕겨(1:4)	35.4	2.5	55.0	10.5	31.0	1.6
	질석(1:4)	30.5	2.4	52.0	10.4	24.8	1.5
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	28.6	2.4	53.3	9.8	29.2	1.7
	질석(1:4)	30.6	2.5	52.0	10.0	26.8	1.7
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	21.6	3.0	63.0	8.4	33.0	1.3
	질석(1:4)	33.1	2.5	51.0	10.4	29.8	1.5
(우분)질석	왕겨(1:4)	29.6	3.1	49.0	9.1	27.5	1.8
	질석(1:4)	25.9	3.0	49.5	8.4	22.7	1.8
(우분)펄라이트	왕겨(1:4)	29.6	2.7	58.5	9.2	33.5	1.9
	질석(1:4)	29.4	2.7	60.3	9.0	28.6	1.8
Level of significance		3.2	0.3	3.9	1.0	3.2	0.2
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 수선화('Dick Wilten')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장과 엽장은 (우분)질석:질석(1:4) 처리구에서 30.5와 34.3cm로 대조구에 비해 다소 증가하는 경향을 보였으며, 화수장과 개화는 (우분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 3.2cm로 모든 처리구에 비해 증가하였으며, 49.0일로 촉진되는 경향을 보였다(Table 6-32).

Table 6-32. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 수선화 (*Narcissus* 'Dick Wilten')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	화수장 (cm)	개화소요일수 (일)	화폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
대조구 ²⁾		26.9	2.4	56.5	9.0	30.3	1.7
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	22.2	2.2	59.0	7.7	26.0	1.9
	질석(1:4)	21.6	2.2	59.0	8.4	27.6	1.8
(돈분)질석	왕겨(1:4)	15.0	2.6	55.0	9.3	27.2	2.0
	질석(1:4)	23.8	2.3	52.5	9.8	30.2	1.8
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	26.4	2.6	52.5	9.1	29.2	1.9
	질석(1:4)	27.3	2.5	52.0	9.4	26.6	1.8
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	18.3	2.4	54.5	8.5	26.8	2.1
	질석(1:4)	28.0	3.1	50.0	9.8	24.1	2.1
(우분)질석	왕겨(1:4)	25.3	3.2	49.0	8.9	25.0	1.8
	질석(1:4)	30.5	2.5	51.0	9.1	34.3	2.0
(우분)펄라이트	왕겨(1:4)	25.7	2.3	53.5	9.0	29.6	2.0
	질석(1:4)	28.5	2.6	54.5	8.9	27.8	1.7
Level of significance LSD 5%		2.7	0.5	2.9	0.4	3.1	0.2

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 수선화('Tefe a Tefe)의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 (돈분)왕겨:질석(1:4) 처리구에서 대조구에 비해 초장은 13.8cm로 증가하였으며, 개화는 46.5일로 촉진되었다(Table 6-33). 엽장은 (돈분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 11.6cm로 모든 처리구에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 화수장과 엽폭은 유의차를 나타내지 않았다.

Table 6-33. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 수선화 (*Narcissus* 'Tefe a Tefe)의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장	화수장	개화소요일수	화폭	엽장	엽폭
혼합비율(v/v)		(cm)	(cm)	(일)	(cm)	(cm)	(cm)
대조구 ²⁾		12.0	2.3	43.2	4.4	10.1	1.4
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	12.4	2.4	45.1	4.7	10.5	1.5
	질석(1:4)	13.8	2.2	46.5	4.6	8.3	1.3
(돈분)질석	왕겨(1:4)	12.8	2.4	45.5	4.5	11.6	1.4
	질석(1:4)	11.7	2.6	45.5	4.7	10.4	1.4
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	13.4	2.4	44.8	4.7	10.7	1.6
	질석(1:4)	11.5	2.2	45.5	4.5	9.8	1.4
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	10.9	2.5	45.0	4.4	10.5	1.3
	질석(1:4)	10.9	2.5	44.5	4.6	10.6	1.2
(우분)질석	왕겨(1:4)	12.8	2.4	44.0	4.8	10.9	1.5
	질석(1:4)	11.5	2.2	44.7	4.6	9.1	1.3
(우분)펄라이트	왕겨(1:4)	11.5	2.3	43.0	4.9	10.0	1.5
	질석(1:4)	13.3	2.3	43.5	4.4	11.0	1.4
Level of significance		1.1	NS	1.9	0.3	0.8	NS
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 수선화('Ice Follies')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장은 (돈분)질석:질석(1:4) 처리구에서 28.8cm로 모든 처리구에서 증가하였으며, 화수장은 대조구에 비해 모든 처리구가 감소하는 경향을 보였다(Table 6-34). 개화는 대조구가 47.0으로 모든 처리구에 비해 촉진되었으며, 엽장은 (돈분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 28.5cm로 대조구에 비해 증가하는 경향을 나타내었다.

Table 6-34. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 수선화 (Narcissus 'Ice Follies')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장	화수장	개화소요일수	화폭	엽장	엽폭
혼합비율(v/v)		(cm)	(cm)	(일)	(cm)	(cm)	(cm)
대조구 ²⁾		22.9	3.8	47.0	8.7	26.5	1.7
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	24.4	2.8	54.0	8.9	24.8	1.9
	질석(1:4)	25.7	2.9	54.0	9.1	28.1	1.9
(돈분)질석	왕겨(1:4)	26.0	3.0	52.3	9.2	28.5	1.9
	질석(1:4)	28.8	2.9	51.8	9.0	29.3	1.9
(돈분)펠라이트	왕겨(1:4)	20.7	2.7	55.0	8.5	24.9	1.9
	질석(1:4)	22.8	2.6	54.0	8.6	25.0	1.9
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	26.4	2.6	52.5	9.2	25.7	1.9
	질석(1:4)	25.8	3.0	53.0	9.5	27.6	2.0
(우분)질석	왕겨(1:4)	23.8	3.0	51.3	8.8	25.8	2.0
	질석(1:4)	23.6	3.0	50.3	9.1	27.0	1.7
(우분)펠라이트	왕겨(1:4)	23.9	2.8	52.0	8.5	24.3	1.8
	질석(1:4)	23.3	3.1	50.3	8.8	22.8	1.8
Level of significance		2.1	0.4	2.9	0.4	1.8	0.2
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 히야신스 ('Anna Marie')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 소화는 (돈분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 19.0개로 모든 처리구에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 초장, 화경장, 화수장, 개화소요일수, 엽장 및 엽폭은 대조구에 비해 모든 처리구가 감소하는 경향을 보였다(Table 6-35).

Table 6-35. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 히야신스 (*Hyacinthus 'Anna Marie'*)의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장	화경장	화수장	개화소요일수	소화수	엽장	엽폭
혼합비율(v/v)		(cm)	(cm)	(cm)	(일)	(개)	(cm)	(cm)
대조구 ²⁾		19.4	11.5	7.9	49.0	14.3	11.2	2.7
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	10.2	5.6	3.6	59.0	12.0	4.3	2.0
	질석(1:4)	15.5	9.1	6.4	54.0	12.0	6.5	2.3
(돈분)질석	왕겨(1:4)	15.7	8.0	7.7	53.0	19.0	7.9	2.3
	질석(1:4)	16.5	9.5	7.0	51.3	15.3	7.8	2.0
(돈분)펠라이트	왕겨(1:4)	8.9	4.5	3.4	56.0	10.0	3.8	1.8
	질석(1:4)	15.2	10.0	7.8	53.0	14.5	6.3	2.6
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	15.2	7.6	7.6	55.0	13.0	7.7	2.3
	질석(1:4)	15.5	8.3	7.2	53.0	16.0	7.2	2.5
(우분)질석	왕겨(1:4)	17.5	9.7	7.8	50.7	14.7	9.7	2.8
	질석(1:4)	15.4	7.9	7.5	50.5	17.0	7.6	2.3
(우분)펠라이트	왕겨(1:4)	15.8	8.9	6.9	51.3	13.7	10.2	2.4
	질석(1:4)	15.4	8.1	7.3	54.0	13.3	6.9	2.4
Level of significance		2.3	1.3	0.6	1.8	2.1	1.3	0.4
LSD 5%								

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)



Figure 6-10. 부속 토분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서
hyaacinthus(*Hyacinthus 'Anna Marie'*)의 생육에 미치는 영향
(좌로부터 : 왕겨:왕겨, 왕겨:질석, 질석:왕겨, 질석:질석,
펄라이트:왕겨, 펄라이트:질석)



Figure 6-10. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토에서
히야신스(*Hyacinthus* 'Anna Marie')의 생육에 미치는 영향
(좌로부터 : 왕겨:왕겨, 왕겨:질석, 질석:왕겨, 질석:질석,
펄라이트:왕겨, 펄라이트:질석)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 히야신스('Pink Pearl')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장은 (우분)질석:질석(1:4)과 (우분)펄라이트:질석(1:4) 처리구에서 14.7cm로 대조구에 비해 다소 증가하였으며, 화경장과 엽폭은 (우분)질석:질석(1:4) 처리구에서 6.5와 2.6cm로 모든 처리구에 비해 증가하는 경향을 보였다(표 36). 화수장은 (우분)펄라이트:질석(1:4) 처리구에서 9.8cm로 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 소화수는 (돈분)왕겨:질석(1:4) 처리구에서 29.0개로 모든 처리구에 비해 현저히 증가하였다.

Table 6-36. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 히야신스 (*Hyacinthus 'Pink Pearl'*)의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장	화경장	화수장	개화소요일수	소화수	엽장	엽폭
혼합비율(v/v)		(cm)	(cm)	(cm)	(일)	(개)	(cm)	(cm)
대조구 ²⁾		13.9	5.2	8.8	53.0	16.5	9.5	2.3
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	10.4	4.2	6.3	58.0	21.0	8.5	2.2
	질석(1:4)	12.0	4.7	7.3	54.0	29.0	8.0	2.1
(돈분)질석	왕겨(1:4)	11.1	4.5	6.6	62.5	23.5	9.6	2.2
	질석(1:4)	11.8	4.8	7.0	54.0	20.5	7.7	2.2
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	12.8	5.2	7.6	60.0	19.0	10.0	2.2
	질석(1:4)	9.9	3.8	6.1	58.0	20.0	7.1	2.4
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	12.2	5.0	7.2	55.0	16.0	8.7	2.4
	질석(1:4)	13.9	5.4	8.6	52.5	17.0	8.6	2.4
(우분)질석	왕겨(1:4)	14.6	6.1	8.6	53.0	23.5	10.2	2.3
	질석(1:4)	14.7	6.5	8.2	52.0	15.5	10.1	2.6
(우분)펄라이트	왕겨(1:4)	14.4	6.3	8.2	52.0	17.5	9.9	2.3
	질석(1:4)	14.7	4.9	9.8	52.0	21.5	9.0	2.1
Level of significance		0.6	0.9	0.9	2.9	2.8	1.0	0.3
LSD 5%								

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 히야신스 ('Carnegie')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장과 화수장은 (우분)왕겨:왕겨(1:4) 처리구에서 16.6과 9.8cm로 대조구에 비해 다소 증가하는 경향을 보였으며, 화경장과 엽장은 (돈분)펄라이트:질석(1:4) 처리구에서 7.5와 12.0cm로 모든 처리구에 비해 증가하였다(Table 6-37). 소화수는 (우분)펄라이트:질석(1:4) 처리구에서 19.0개로 대조구에 16.0개에 비해 다소 증가하는 경향을 보였다.

Table 6-37. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 히야신스 (*Hyacinthus 'Carnegie'*)의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재 혼합비율(v/v)	초장 (cm)	화경장 (cm)	화수장 (cm)	개화소요일수 (일)	소화수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
대조구 ²⁾		14.4	6.5	7.9	52.3	16.0	8.3	2.8
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	10.6	4.3	6.3	60.0	16.0	7.0	2.9
	질석(1:4)	11.3	4.0	7.3	54.0	17.0	7.0	2.9
(돈분)질석	왕겨(1:4)	8.2	3.4	4.8	63.0	14.0	6.2	2.9
	질석(1:4)	7.3	3.1	4.2	65.0	13.0	5.4	3.3
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	14.4	6.5	7.9	56.0	14.0	8.2	3.1
	질석(1:4)	16.2	7.5	8.7	59.0	18.0	12.0	2.9
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	16.6	6.8	9.8	53.0	18.0	9.0	2.9
	질석(1:4)	14.5	6.8	7.7	57.0	17.0	9.1	2.9
(우분)질석	왕겨(1:4)	15.1	6.8	8.3	52.7	16.7	9.9	3.3
	질석(1:4)	14.8	5.7	9.1	52.0	16.0	8.6	3.0
(우분)펄라이트	왕겨(1:4)	12.1	4.7	7.4	53.0	18.0	7.7	2.6
	질석(1:4)	15.0	6.5	8.5	57.0	19.0	9.4	3.2
Level of significance		1.7	0.9	0.9	3.9	2.4	2.0	0.3
LSD 5%								

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 히야신스 ('Jan Bos')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 (우분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 초장은 13.3cm로 모든 처리구에 비해 다소 증가하는 경향을 보였으며, 개화는 52.5일로 다

소 촉진되는 경향을 보였다(표 38). 소화수는 (돈분)왕겨:질석(1:4)과 (돈분)질석:질석(1:4) 처리구에서 23.0개로 대조구에 18.0개에 비해 23.0개로 증가하였다.

Table 6-38. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 히야신스 (*Hyacinthus 'Jan Bos'*)의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재 혼합비율(v/v)	초장 (cm)	화경장 (cm)	화수장 (cm)	개화소요일수 (일)	소화수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
대조구 ²⁾		13.0	5.6	7.4	53.0	18.0	7.5	2.1
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	7.6	3.5	4.1	58.0	20.0	4.3	1.7
	질석(1:4)	11.0	4.8	6.2	57.0	23.0	7.0	1.8
(돈분)질석	왕겨(1:4)	11.3	3.7	7.1	53.5	17.0	7.5	2.1
	질석(1:4)	10.8	3.4	7.4	54.0	23.0	6.5	1.7
(돈분)펠라이트	왕겨(1:4)	10.5	5.2	5.3	59.0	19.0	6.1	1.8
	질석(1:4)	10.6	4.5	6.1	55.0	15.0	6.3	2.2
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	11.0	3.7	7.3	54.0	20.5	6.5	2.2
	질석(1:4)	10.0	3.8	6.2	54.5	19.5	7.2	2.1
(우분)질석	왕겨(1:4)	13.3	5.5	7.8	52.5	22.0	7.1	2.0
	질석(1:4)	13.0	5.8	7.2	53.0	21.0	7.0	2.0
(우분)펠라이트	왕겨(1:4)	4.7	1.9	2.8	60.0	12.0	4.2	1.9
	질석(1:4)	11.3	5.3	6.0	56.0	17.0	6.8	1.8
Level of significance		2.1	0.9	1.0	3.3	2.4	1.1	0.3
LSD 5%								

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

가축분뇨 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 히야신스('Delft Blue')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 (우분)질석:왕겨(1:4) 처리구에서 초장, 화경장, 화수장 및 엽장은 17.1, 8.3, 8.9 및 9.7cm로 모든 처리구에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 소화수는 25.0개로 대조구에 비해 다소 증가하는 경향을 보였다 (Table 6-39).

Table 6-39. 부숙 축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 히야신스 (*Hyacinthus 'Delft Blue'*)의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	화경장 (cm)	화수장 (cm)	개화소요일수 (일)	소화수 (개)	엽장 (일)	엽폭 (개)
대조구 ²⁾		13.0	5.9	7.1	54.0	22.7	7.3	2.2
(돈분)왕겨	왕겨(1:4)	6.2	2.8	3.4	64.0	20.0	4.8	2.2
	질석(1:4)	13.9	5.8	8.1	58.0	19.0	8.3	2.1
(돈분)질석	왕겨(1:4)	15.1	6.4	8.7	57.0	19.0	9.4	2.4
	질석(1:4)	15.2	6.5	8.7	56.0	18.0	8.2	2.1
(돈분)펄라이트	왕겨(1:4)	8.9	3.4	5.5	59.0	18.0	6.5	1.8
	질석(1:4)	12.2	5.4	6.8	62.0	20.0	6.8	1.7
(우분)왕겨	왕겨(1:4)	16.5	8.1	8.4	52.0	21.0	9.3	2.4
	질석(1:4)	13.8	6.5	7.3	53.5	18.0	8.5	2.4
(우분)질석	왕겨(1:4)	17.1	8.3	8.9	53.0	20.5	9.7	2.5
	질석(1:4)	12.5	5.9	6.6	54.5	25.0	8.1	2.2
(우분)펄라이트	왕겨(1:4)	10.2	3.4	6.8	57.0	23.0	6.2	2.3
	질석(1:4)	11.3	4.7	6.6	56.0	12.0	6.9	2.6
Level of significance LSD 5%		2.3	1.6	1.2	3.5	2.7	1.0	0.4

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율이 산호수의 생육에 미치는 영향에서는 질석:질석(1:4, v/v) 처리구가 다른 보조재 혼합 처리구보다 산호수의 생육에 있어 현저한 증가를 보였다(Table 6-40).

Table 6-40. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 산호수 (*Ardisia pusilla*)의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	신초수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	줄기직경 (mm)	뿌리길이 (cm)
왕겨	질석(1:4)	43.4	5.0	8.1	4.1	3.3	16.3
	질석(2:3)	39.8	3.2	6.7	3.1	3.0	18.4
	질석(3:2)	39.7	3.8	7.1	3.1	3.1	17.7
	질석(4:1)	31.9	2.8	6.0	3.1	3.1	14.4
질석	질석(1:4)	45.2	8.0	8.5	4.0	3.2	16.9
	질석(2:3)	44.1	5.6	10.2	4.6	3.4	15.2
	질석(3:2)	45.5	7.8	10.1	4.8	3.5	14.3
	질석(4:1)	39.3	5.4	7.5	3.6	3.2	13.3
펄라이트	질석(1:4)	48.0	5.4	7.9	4.7	3.4	12.8
	질석(2:3)	44.3	4.4	9.4	4.4	3.3	15.2
	질석(3:2)	28.0	3.2	5.0	2.4	2.7	13.4
	질석(4:1)	- ²⁾	-	-	-	-	-
Level of significance		3.5	1.1	2.0	1.1	1.0	2.1
LSD 5%							

²⁾ 식물체고사

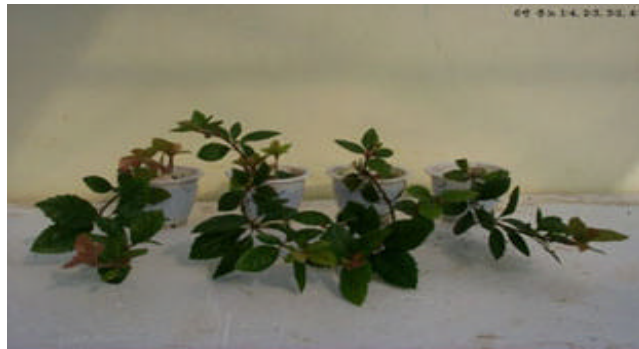


Figure 6-11. 부숙 토분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조성된 배양토가 산호수(*Ardisia pusilla*)의 생육에 미치는 영향
 위 - 왕겨:질석 (왼쪽부터 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, v/v)
 가운데 - 질석:질석 (왼쪽부터 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, v/v)
 아래 - 펄라이트 :질석 (왼쪽부터 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, v/v)



Figure 6-11. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토가 산호수(*Ardisia pusilla*)의 생육에 미치는 영향
 위 - 왕겨:질석 (왼쪽부터 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, v/v)
 가운데 - 질석:질석 (왼쪽부터 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, v/v)
 아래 - 펄라이트 :질석 (왼쪽부터 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율이 국화('Back-Sun')의 생육에 미치는 영향에서는 대조구에 비해 모든 처리가 생육이 좋았으며, 원보조재를 질석으로 혼합한 처리가 펄라이트 혼합 처리보다 더 생육이 증가하는 경향을 보였다. 또한 두가지의 원보조재 모두 보조재와의 혼합비율이 질석(1:9, v/v) 처리가 다른 보조재 혼합비율 처리보다 생육이 증가하는 경향을 보였다. 특히 개화소요일수에 있어서 보조재와의 혼합비율이 질석(1:9, v/v) 처리에 있어서 대조구보다 9일 정도 단축되는 결과를 보였다(Table 6-41).

Table 6-41. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 국화 (*Dendranthema grandiflora* 'Back-Sun')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	개화일 (일)	줄기직경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
대조구 ²⁾		39.1	137.1	3.4	5.0	2.8
질석	질석(1:1)	49.8	132.1	6.1	8.5	4.0
	질석(1:2)	55.7	125.6	6.4	8.3	4.3
	질석(1:3)	58.8	129.9	5.9	7.8	4.6
	질석(1:4)	55.0	131.1	5.4	7.5	4.5
	질석(1:9)	59.7	128.1	5.2	6.9	4.1
펄라이트	질석(1:1)	35.7	135.3	4.6	7.4	4.0
	질석(1:2)	38.4	133.4	5.4	7.6	4.3
	질석(1:3)	41.8	135.3	5.3	7.9	4.4
	질석(1:4)	47.1	133.0	5.7	8.6	5.0
	질석(1:9)	47.0	134.2	5.9	7.5	4.4
Level of significance		3.2	2.3	2.0	2.1	1.0
LSD 5%						

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율이 국화('Back-Sun')의 생육에 미치는 영향에서 지상부 및 지하부 각각의 생체중 및 건물중을 비교해 본 결과 지상부에 있어서 대조구에 비해 모든 처리가 증가되었다(Table 6-42).

Table 6-42. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 국화 (*Dendranthema grandiflora* 'Back-Sun')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	꽃수 (개)	뿌리길이 (cm)	생체중(g)		건물중(g)	
				지상부	지하부	지상부	지하부
대조구 ²⁾		7.1	15.2	10.5	10.1	4.6	2.0
질석	질석(1:1)	9.8	10.2	24.6	3.8	6.6	1.2
	질석(1:2)	11.1	12.1	34.6	6.8	7.4	1.4
	질석(1:3)	8.6	11.3	24.8	5.7	7.0	1.3
	질석(1:4)	8.7	13.9	24.9	6.5	7.0	1.5
	질석(1:9)	7.6	16.8	23.6	11.2	7.3	2.0
펄라이트	질석(1:1)	6.2	11.9	17.4	4.6	4.5	1.1
	질석(1:2)	8.4	13.2	24.5	6.7	5.7	1.4
	질석(1:3)	6.1	14.2	19.5	8.3	5.6	1.5
	질석(1:4)	7.0	12.7	24.5	6.2	6.1	1.3
	질석(1:9)	6.6	16.2	22.6	10.0	6.9	1.8
Level of significance		1.3	1.0	2.3	1.3	1.2	NS
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

돈분 부속시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율이 국화('Argus')의 생육에 미치는 영향에서는 백선과 비슷한 결과를 보여 주었다. 모든 처리가 대조구에 비해 생육이 좋았으며, 원보조재를 질석으로 혼합한 처리가 펄라이트 혼합 처리보다 다소 생육이 증가하는 경향을 보였다. 또한 두가지의 원보조재 모두 보조재와의 혼합비율이 질석(1:2, v/v) 처리가 다른 보조재 혼합비율 처리보다 개화일이 단축되었으며, 초장에 있어서는 질석을 원보조재로 하여 보조재와의 혼합비율이 질석(1:9, v/v) 처리가 다른 처리구보다 증가된 결과를 보였다. 줄기직경은 모든 처리가 대조구보다 월등히 두꺼운 경향을 나타냈다(Table 6-43).

Table 6-43. 부속 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 국화 (*Dendranthema grandiflora* 'Argus')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	초장 (cm)	개화일 (일)	줄기직경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
대조구 ²⁾		31.6	-	2.9	4.6	2.6
질석	질석(1:1)	52.8	128.3	5.2	10.2	4.7
	질석(1:2)	55.7	121.2	5.6	9.9	4.9
	질석(1:3)	59.4	136.5	5.3	8.5	4.4
	질석(1:4)	56.6	134.0	5.1	8.5	4.3
	질석(1:9)	60.6	133.7	4.5	7.9	4.0
펄라이트	질석(1:1)	39.3	129.4	4.5	9.3	4.2
	질석(1:2)	55.9	119.6	5.1	9.0	4.2
	질석(1:3)	54.8	123.8	5.0	9.0	4.1
	질석(1:4)	51.5	125.0	5.0	8.5	4.1
	질석(1:9)	50.7	129.3	5.0	7.5	3.9
Level of significance		2.2	2.3	1.4	1.3	1.8
LSD 5%						

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율이 국화('Argus')의 생육에 미치는 영향에서 꽃수에 있어서 두가지의 원보조재 모두 보조재와의 혼합비율이 질석(1:2, v/v) 처리가 다른처리에 비해 많았으며, 지상부 및 지하부 각각의 생체중 및 건물중을 비교해 본 결과 지상부에 있어서 대조구에 비해 모든 처리가 증가되었다(Table 6-44).

Table 6-44. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 국화 (*Dendranthema grandiflora* 'Argus')의 생육에 미치는 영향

원보조재 혼합비율(v/v)	보조재	꽃수 (개)	뿌리길이 (cm)	생체중(g)		건물중(g)	
				지상부	지하부	지상부	지하부
대조구 ²⁾		-	20.3	7.9	8.1	4.1	1.8
질석	질석(1:1)	14.1	12.8	29.5	5.0	6.2	1.3
	질석(1:2)	25.8	15.1	27.5	6.1	6.5	1.5
	질석(1:3)	13.3	22.1	22.9	10.7	7.6	1.7
	질석(1:4)	17.3	21.5	16.6	10.4	6.0	1.8
	질석(1:9)	17.3	30.0	17.9	10.8	6.0	1.7
펄라이트	질석(1:1)	21.1	11.3	25.2	3.3	5.3	1.0
	질석(1:2)	27.9	19.5	27.4	10.6	7.2	1.8
	질석(1:3)	21.9	19.9	24.1	9.4	7.2	1.4
	질석(1:4)	22.8	29.8	14.3	9.8	6.4	1.7
	질석(1:9)	21.6	21.1	21.8	11.9	7.0	2.2
Level of significance		2.3	4.4	3.2	3.0	1.8	0.5
LSD 5%							

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별이 튨립('Lucky Strike')의 생육에 미치는 영향에 있어서 초장 및 제1절간장, 제2절간장, 제3절간장, 화경장의 경우 펄라이트+질석(1:4) 처리구가 다른 처리구에 비해 현저히 촉진되었음을 알 수 있었다(Table 6-45).

Table 6-45. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 튨립(*Tulipa gesneriana* 'Lucky Strike')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장	제1절간장	제2절간장	제3절간장	목길이	꽃길이	화경장
혼합비율(v/v)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
대조구 ²⁾		29.3	2.4	3.1	3.7	12.7	4.1	25.3
질석	질석(1:1)	29.0	6.1	3.5	3.9	11.2	4.2	25.1
	질석(1:2)	32.5	6.4	3.8	4.4	13.5	4.3	28.9
	질석(1:3)	27.5	5.5	3.7	4.2	10.9	4.1	24.7
	질석(1:4)	32.1	6.9	4.2	4.6	12.4	4.1	28.3
	질석(1:9)	34.0	6.7	3.8	4.7	14.9	4.5	30.3
펄라이트	질석(1:1)	- ^{y)}	-	-	-	-	-	-
	질석(1:2)	23.9	4.7	3.0	3.6	9.2	3.9	20.6
	질석(1:3)	30.0	6.6	3.9	4.6	10.8	4.1	26.0
	질석(1:4)	34.5	7.5	4.5	5.0	13.4	4.2	30.4
	질석(1:9)	33.0	6.3	4.0	4.8	13.6	4.6	29.0
Level of significance		2.1	2.1	0.2	0.3	1.0	0.1	2.5
LSD 5%								

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

^{y)} 식물체 고사



Figure 6-12. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토가 튤립 (*Tulipa gesneriana* 'Lucky Strike')의 생육 및 개화에 미치는 영향
 위 : 질석:질석 (왼쪽부터 1:9, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1(v/v), control)
 아래 : 펄라이트 :질석 (왼쪽부터 1:9, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1(v/v), control)

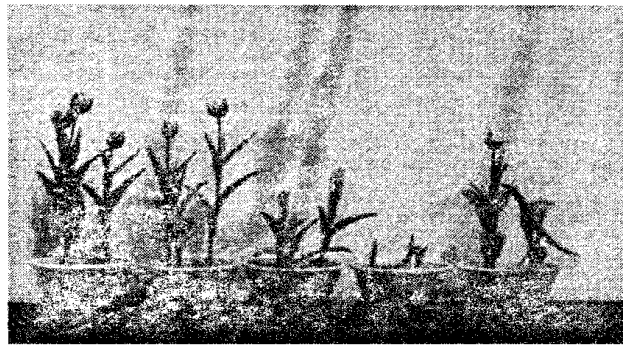
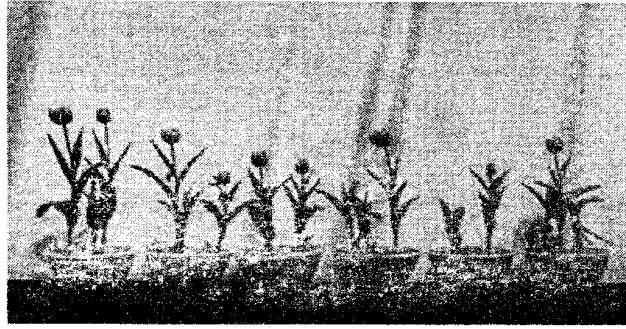


Figure 6-12. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합비율별로 조제된 배양토가 튤립 (*Tulipa gesneriana* 'Lucky Strike')의 생육 및 개화에 미치는 영향
 위 : 질석:질석 (왼쪽부터 1:9, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1(v/v), control)
 아래 : 펄라이트 :질석 (왼쪽부터 1:9, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1(v/v), control)

(3) 관비제배 전용 배양토 조성시험

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 백합('Casa Blanca')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장과 화경장은 펄라이트:왕겨(1:4) 처리구에서 107.6과 89.1cm로 대조구 97.9와 81.4cm에 비해 다소 증가하였으며, 개화는 질석:왕겨(1:4) 처리구에서 83.1일로 모든 처리구에 비해 현저히 촉진된 결과를 나타내었다(Table 6-46). 엽수는 대조구 45.0개에 비해 모든 처리구가 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 6-46. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 백합 (*Liliumoriental* hybrid 'Casa Blanca')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장 (cm)	화경장 (cm)	개화소요일수 (일)	꽃수 (개)	퇴화눈수 (개)	엽수 (개)	낙엽수 (개)
대조구 ²⁾		97.9	81.4	92.5	3.1	0.4	45.0	18.3
왕겨	왕겨(1:4)	106.6	80.1	84.2	3.3	0.2	38.0	24.0
	질석(1:4)	84.6	70.0	92.0	2.6	0.3	38.4	24.0
질석	왕겨(1:4)	105.6	87.1	83.1	3.0	0.3	31.9	17.1
	질석(1:4)	106.0	86.8	86.8	3.4	0.1	34.1	24.3
펄라이트	왕겨(1:4)	107.6	89.1	81.4	3.2	0.2	42.4	18.2
	질석(1:4)	103.1	82.4	83.2	3.3	0.0	40.4	20.6
Level of significance		4.2	3.1	2.7	0.4	0.3	4.9	4.1
LSD 5%								

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 백합('Marco Polo')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 초장과 화경장은 펄라이트:왕겨(1:4)+계면활성제 처리구에서 103.0과 72.3cm로 대조구에 비해 증가하였으며, 개화는 질석:왕겨(1:4) 처리구에서 70.0일로 대조구에 비해 현저히 촉진되었다(Table 6-47). 꽃수는 대조구에 비해 모든 처리구가 감소하는 경향을 보였으며, 엽수는 질석:질석(1:4) 처리구에서 40.9개로 모든 처리구에 비해 다소 증가하는 경향을 보였다.

Table 6-47. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 백합(*Lilium oriental* hybrid 'Marco Polo')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재	초장 (cm)	화경장 (cm)	개화소요일수 (일)	꽃수 (개)	퇴화눈수 (개)	엽수 (개)	낙엽수 (개)
대조구 ²⁾		98.3	65.8	80.5	4.5	1.5	38.2	24.2
왕겨	왕겨(1:4)	79.2	55.2	80.2	3.5	1.8	37.2	17.5
	질석(1:4)	63.9	49.1	81.0	4.3	3.7	34.2	17.8
질석	왕겨(1:4)	92.9	62.4	70.0	4.3	0.8	34.6	19.1
	질석(1:4)	101.0	70.7	76.0	3.8	0.7	39.0	18.2
펄라이트	왕겨(1:4)	95.9	65.8	74.4	4.3	1.1	43.3	12.4
	질석(1:4)	81.3	57.6	78.3	3.2	1.2	38.4	13.7
Level of significance LSD 5%		4.5	3.3	3.1	0.6	0.7	4.4	4.1

²⁾ 대조구 : Pt:Ve:Pe(1:1:1, v/v)

돈분 부숙시, 첨가된 몇가지 원보조재와 보조재의 조성비율별 장미('Little Mable')의 생육에 미치는 영향을 실험한 결과 펄라이트:질석(1:4, v/v) 처리가 초장과 화폭이 25.4cm, 3.36cm로 다른 처리에 비해 증가하였으며, 왕겨:질석(1:2, v/v)에서는 분지수가 15.2개, 화경굵기는 왕겨:질석(1:2, v/v) 처리에서 2.09mm로 현저한 증가를 보였다(Table 6-48).

Table 6-48. 부숙 돈분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 장미(*Rosa* 'Little Mable')의 생육에 미치는 영향

원보조재	보조재 혼합비율(v/v)	초장 (cm)	화폭 (cm)	꽃수 (개)	화경수 (개)	분지수 (개)	화경굵기 (cm)
왕겨	질석(1:1)	18.5	3.05	2.8	2.8	13.4	1.83
	질석(1:2)	20.7	3.33	4.6	4.4	15.2	1.91
	질석(1:3)	23.1	3.36	6.4	5.8	13.0	2.09
	질석(1:4)	18.1	3.28	4.4	3.2	10.4	1.82
질석	질석(1:1)	15.8	2.86	3.6	3.6	13.2	1.58
	질석(1:2)	15.9	3.09	3.8	3.8	10.8	1.88
	질석(1:3)	15.2	3.21	2.6	2.2	13.2	1.67
	질석(1:4)	20.3	3.22	4.2	4.2	12.0	1.77
펄라이트	질석(1:1)	16.6	3.11	7.0	7.0	12.0	1.87
	질석(1:2)	19.9	3.21	4.2	4.0	12.2	1.68
	질석(1:3)	22.3	3.11	5.6	4.6	10.6	1.87
	질석(1:4)	25.4	3.36	5.6	5.6	14.2	1.83
Level of significance		3.1	0.4	1.3	2.0	2.5	0.4
LSD 5%							



Figure 6-12. 부숙 돈축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가 장미(*Rosa* 'Little Mable')의 생육에 미치는 영향
 위 - 부숙왕겨:질석 (왼쪽에서 오른쪽 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, v/v),
 가운데 - 펄라이트:질석(왼쪽에서 오른쪽 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, v/v),
 아래 - 질석:질석(왼쪽에서 오른쪽 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, v/v)

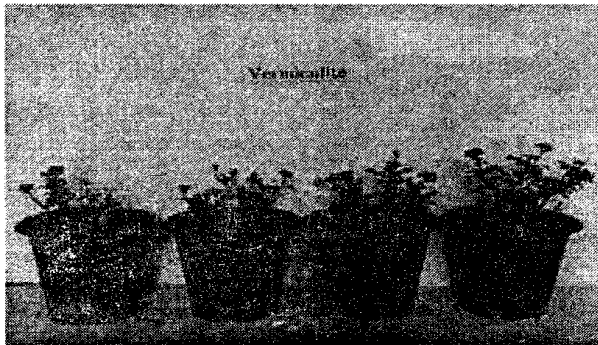
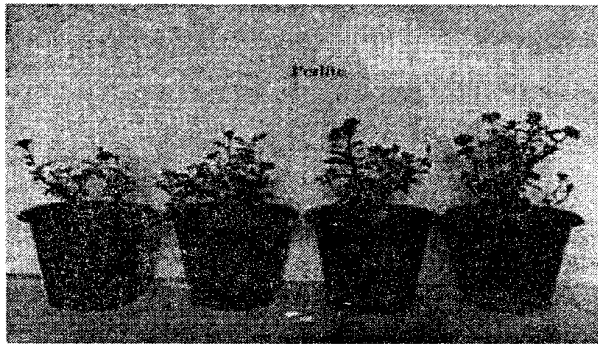


Figure 6-12. 부숙 돈축분을 이용한 보조재 혼합 비율별 조성된 배양토가

장미(*Rosa* 'Little Mable')의 생육에 미치는 영향

위 - 부숙왕겨:질석 (왼쪽에서 오른쪽 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, v/v),

가운데 - 펄라이트:질석(왼쪽에서 오른쪽 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, v/v),

아래 - 질석:질석(왼쪽에서 오른쪽 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, v/v)

제 7 장 인 용 문 헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Ben-Dor, E. and A. Banin. 1989. Determinations of organic matter content in arid-zone soils using a simple "loss on ignition" methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20; 1675-1695.
- Cardenas, R. R. and Wang, L. K. (cited by Jimenez, E. I. and Garcia, V. P. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: A review. *Biological Wastes*, 27; 115-142).
- Chen, Y. and Y. Inbar. 1993. Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. p.551-600. In H. Holtink and H. Keener(eds.) *Science and engineering of composting*. Renaissance Publications, Washington, Ohio State University.
- Espstein, E. 1987. *Anaerobic sludge digestion*. Techna Type, Inc., 55-80.
- Finstin, M. S. and M. L. Morris. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. *Adv. appl. Microbiol.*, 19; 113-151.
- Golueke, C. G. 1977. *Biological reclamation of solid wastes*. Redale Press, Emmaus, Pennsylvania.
- Iannotti, D. A., Pang, T., Toth, B. L., Elwell, D. L., Keener, H. M. and Hoitink, A. J. 1993. A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. *Compost Science & Utilization*. 1(3); 52-65.
- Koster, I. W. 1986. Characteristics of the pH-influenced adaptation of methanogenic sludge to ammonia toxicity. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 36; 445-455.
- Mayer, M. and Hofer, H. 1987. *New trends in waste recycling*. Technical note by Buehler Brothers Ltd. Uzwil St. Gallen, Switzerland.
- Overcash, M. R., Humenick, F. I. and Miner, J. R. 1983. *Livestock waste management*. 1(2). CRC.
- Robert, R. 1992. *On farm composting handbook*. NRAES.
- Rynk, R., van de Kamp, M., Willson, F. B., Singley, M. E., Richard, T. L. and Kolega, J. J., Gouin, F. R., Laliberty, I., Kay, D., Murphy, D. W., Hoitink, H. A. J. and Brinton, W. F. 1992. *On-farm composting handbook*. Northeast Regional Agric. Eng. Service Ithaca NY.

- Wetterauar, D. and Killorn, R. 1996. Composting animal manure with municipal yard trimmings. *BioCycle* Oct. p.54-57.
- Wong, M. H. 1985. Phytotoxicity of refuse compost during the process of maturation. *Environ. Pollut. Ser.*, 37(2) : 159-174.
- 고병구, 정이근, 정광용, 소규호, 하호성. 1997. 가축분 퇴비제조를 위한 톱밥의 대체 물질 선발. *농업환경논문집*. 39(1); 37-42.
- 김두환. 1997. 산업폐기물의 수분조절재 대체가 양돈분뇨의 퇴비화에 미치는 영향. *축산시설환경*. 3(1); 19-26.
- 김성균, 최경호, 정문식. 1997. 충전재의 생분해도가 돈분 퇴비화 효율에 미치는 영향에 관한 연구. *한국환경위생학회지*. 23(2) : 35-43.
- 김윤석, 강명규, 배경숙, 이규승, 이영하, 1997. 우분 퇴비화의 주발효과정 중 이화학적 및 미생물학적 파라미터의 변화. *Kor. J. Microbiol.* 33(4); 267-273.
- 김태일, 정광화, 최기춘, 류병희, 광경훈, 전영수, 박치호, 김형호, 한정대. 1997. 돈분의 호기성 퇴비화 단계별 물리·화학적 성상 변화. *축산시설환경*, 3(1) : 13-18.
- 김형호, 박치호, 김태일, 정광화, 최희철, 이덕수, 한정대. 1997. 木片을 이용한 豚糞堆肥化에 관한 研究. *축산시설환경*. 3(1); 27-34.
- 농림부. 2000. 부산물비료의 물리성 품질관리 기준설정. 고려대학교 최종연구보고서.
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 1988. 토양화학분석법.
- 손현석, 양원호, 정문식. 1997. 퇴비화를 이용한 하수슬러지 처리에 있어서 적정 수분함량과 C/N비에 관한 연구. *한국환경위생학회지*. 23(2) : 44-56.
- 신완식, 이규승. 1996. 돈분 및 계분의 초기 퇴비화 과정중 이화학적 특성과 미생물 활성 변화. *축산시설환경*. 2(2); 135-145.
- 이정철, 이시래, 이완희, 서정근, 김정우. 2000. 가축분뇨를 이용한 기능성 원예 배양토 개발 - 배양토의 혼합비율이 *Tagetes 'Orange Boy'*와 *Brassica 'Jeung-II-Poom'*의 plug seedling의 생장에 미치는 영향 -. *한국생물환경조절학회 2000년 학술발표논문집*. p.51-57.
- 이홍재, 조주식, 허종수. 1998. 공단 폐수 슬러지의 퇴비화 최적 조건. *한국환경과학회지*. 7(1); 96-103.
- 장기운, 안재신. 1994. 유기성 폐자원을 이용한 퇴비제품화 요건. *유기성폐기물학회지*. 1(1) : 41.
- 정광화, 김태일, 최기춘, 한정대, 김원호. 1997. 계분의 호기성 퇴비화 과정중 성분 변화. *한국축산학회지*. 39(6); 731-738.
- 정문식, 박석환, 최경호, 양원호, 강주원, 손현석, 김성균, 박지영. 1996. 돈분과 폐지류의 혼합물 퇴비화에 있어서 공기공급량이 퇴비화 효율에 미치는 영향. *한국환경위생학회지*. 22(2); 58-68.
- 최찬섭, 노수홍. 1998. NF, RO를 이용한 돈뇨의 농축. *한국막학회 98년도 추계학술발표 논문집*. p.140-142.