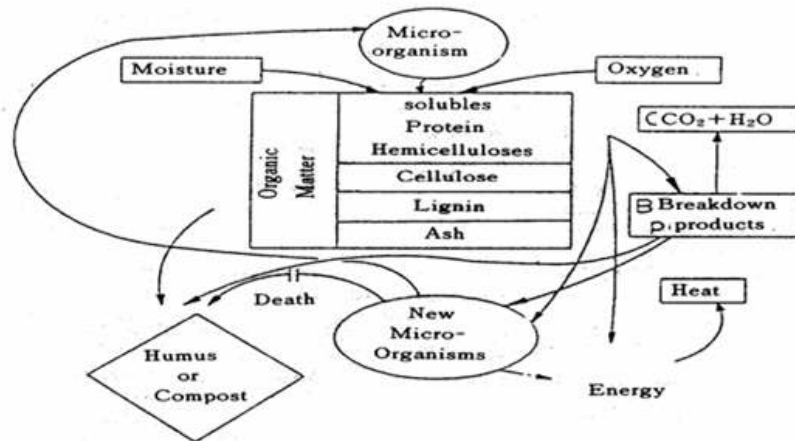


I. 퇴비의 정의

1. 정의

퇴비는 유기물이 퇴비화 과정에 의해 분해되어 생성된 최종 물질을 말하며, 퇴비화란 가축분, 산야초 등 유기물이 미생물 및 토양동물(지렁이 등)에 의하여 분해되어 토양과 유사한 물질로 안정화 되는 과정을 말한다.



퇴비화 과정

유기물은 미생물 등에 의해 완전히 분해되면 이산화탄소, 물로 전환된다. 그러나 유기물 중에 미생물의 분해 작용에 저항성을 갖는 물질과 분해과정 중에 새로이 합성된 물질은 부식(humus)으로 잔류한다. 이 과정을 부숙화라고 하면 부숙이 완료되는 단계를 완숙이라고 한다.

퇴비의 원료로 사용되는 물질로는 현재 가장 많은 양을 차지하고 있는 가축분과 전통적으로 퇴비원료로 사용되어 오던 산야초, 작물의 유체 등이 있으며, 근래에 음식물 쓰레기, 종이, 섬유, 나무로부터 하수 슬러지와 이것들의 혼합물 등을 포함한다. 퇴비화 하는 1차 목적은 폐기물을 불안정하고 더러운 상태에서 안정된 최종산물로 전환하는 것이다.

토양이나 대기 중에는 세균, 방선균 및 사상균 등 다양한 종류의 미생물이 존재한다. 미생물은 통기성, 수분, 영양원 등 서식하기에 적합한 환경이 주어지면 유기물을 분해한다. 이와 같은 미생물의 특성을 이용하는 것이 퇴비화 이며 퇴비화는 비교적 고온(40~60℃)에서 이루어지는 호기성 분해공정이며 보통 유기성 고형 폐기물의 처리에 이용하고 있다.

2. 퇴비 제조의 목적

토양의 화학성과 물리성 및 생물성을 좋게 유지하기 위해서는 토양중에 적절한 양의 유기물이 들어 있는 것이 중요하다. 이를 위해서 농토에 유기물을 지속적으로 줄 필요가 있다. 그런데 이때에 주의할 점이 있다. 즉 벧짚이나 보리짚 처럼 탄소 함량에 비해 질소함량이 상대적으로 적은 유기물을 많이 주면 벧짚이나 보릿짚이 썩는 동안 토양 중 미생물들이 토양에 있는 질소를 이용하기 때문에 작물이 질소를 이용할 수 없게 되어 작물이 잘 자라지 못하게 된다. 어떤 유기물은 분해되는 과정 중에 작물에게 해로운 물질을 발생시킬 수도 있으며 가축분뇨 같은 것은 유해한 기생충을 갖고 있고 또 악취 때문에 다루기도 불편하고 또 발효 시켜 각종 유기물들이 가지고 있는 여러 가지 바람직하지 않은 성질들을 제거하는 데에 있다.

퇴비제조의 목적을 요약하면 다음과 같다.

- ① 유기물 중의 C/N율을 30전후로 조절함으로써 토양 중에서 급격한 분해, 작물의 질소기아를 방지한다.
- ② 유기물에 함유된 유해성분을 미리 분해하여 작물의 생육장해를 방지한다.
- ③ 유기물 중의 유해 해충, 잡초의 종자를 고열에 의하여 사멸시킨다.
- ④ 오물감을 없애므로 취급이 쉬우며, 안심하고 사용할 수 있다.

II. 퇴비 제조의 기본 이론

토양 중에 동식물의 유체가 혼입되면 토양 미생물의 분해과정을 받아 안정한 화합물인 부식으로 전환된다. 이와 같은 기작은 근본적으로 인위적 퇴비화 과정과 같다.

인위적 퇴비화 과정은 제한된 조건에서 비교적 빠른 시기에 부식과 같은 안정된 물질을 얻는 과정이다. 따라서 퇴비화 속도는 미생물의 활성에 절대적 영향을 받게 되며, 미생물의 활성을 최적상태로 유지하는 것이 퇴비화의 기본이다. 퇴비화 과정에서 고려해야 할 기본인자들은 C/N율, pH, 통기성, 수분함량, 온도, 입자의 크기 등이다.

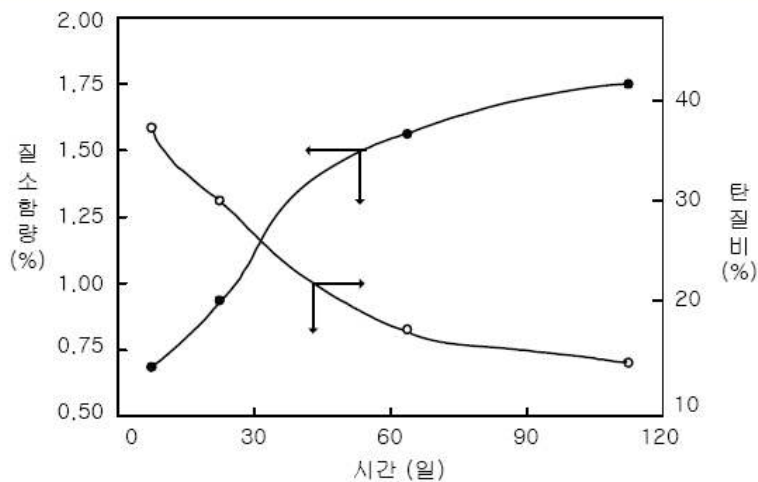
1. 퇴비화의 중요인자

가. C/N율

퇴비화 과정 중 탄소는 미생물들이 성장하기 위한 에너지 생성 및 탄소골격 물질의 합성에 사용되고, 질소는 생장에 필요한 단백질 합성에 주로 쓰인다.

C/N율은 분해대상 유기성 폐기물에 따라 다른데, 처음에는 높다가 분해가 진행될수록 낮아져서 최종적으로 미생물 세포자체의 탄질비와 비슷해 질 때까지 감소한다.

퇴비의 원료에 있어서 가장 적합한 탄소와 질소비(C/N율)는 약 20-30이라고 알려져 있다. 그러나 이러한 탄질소비도 원료에 따라 좌우되며, 원료의 종류에 따라서는 탄소를 많이 요구하거나, 질소를 많이 요구하는 경우가 있다.



적정한 C/N율을 유지하기 위한 수단으로 대부분의 퇴비화공정에서는 2종류의 원료를 혼합하여 사용하는 방법을 이용하고 있다. 예를 들면 C/N율이 높은 수피와 낮은

닭똥과를 혼합하기도 한다.

C/N을 조절의 의의는 C/N율이 높은 원료는 질소원이 부족하여 미생물의 증식이 제한되게 되고, C/N율이 낮은 원료는 유기물이 양호하게 분해되지만 암모니아가 대량으로 발생하여 비료 성분으로서 질소의 손실이 일어난다. 또, 냄새 대책 면에서도 불리하다.

탄소원에 대해서는 C/N율도 중요하나, 그 구성성분이 어떤 것인가가 중요하다. 즉 단백질, 당, 수용성전분 등은 분해가 잘되어 퇴비화가 원만히 진행되나, 셀룰로오스나 리그닌 등은 분해가 잘되지 않은 퇴비화에 있어서 많은 시간이 용된다. C/N율이 20 이하라도 분해 속도가 낮은 예도 있다.

나. pH

pH는 퇴비화 과정 중의 퇴비화에 있어서 유기물 분해는, 중성 혹은 약알칼리성의 범위에서 활성이 가장 높은 것으로 알려져 있다. 혐기조건으로 방치되어진 음식물쓰레기 등은 초산 등의 저급 지방산이 축적되어 pH가 4-5 부근까지 저하하기도 한다.

원료의 pH가 중성 부근으로부터 극단적으로 벗어나가 있는 것은 활발한 분해가 일어날 때까지 많은 시간이 걸린다.

초기에 투입되어진 원료 중에 포함되어진 전분질, 각종 산, 단백질에 유래되는 탄소는 서서히 분해되어 공기 중의 CO₂으로 전환되고, 질소원은 일부 탈질이 일어나나, 주로 암모니아로 전환되며, 이러한 암모니아에 의하여 pH가 상승되어 pH는 8 보다 약간 높은 값으로 자연적으로 제어되게 된다.

다. 통기성

퇴비화 과정은 주로 유기물의 호기적 산화분해이기 때문에 산소의 존재가 필수적이다. 퇴비화 과정에서 공급되는 공기는 미생물이 호기적 대사를 할 수 있도록 하고, 온도를 조절하며, 수분, CO₂ 및 다른 기체들을 제거하는 역할을 한다. 그러나 과도한 많은 공기를 공급하면 필요한 수분이 제거되고 겨울철에는 퇴비온도가 저하되어 퇴비화가 늦어진다.

통기성은 입자의 물리적 성질에 영향을 받기 때문에 입자가 작고 수분이 많은 재료는 수분조절제를 사용하여 통기성을 양호하게 해 주어야 하며, 톱밥이 일반적으로 이용되고 있다. 최근에는 부족한 톱밥의 수요를 대체하기 위하여 팽화왕겨와 파쇄목 등 농림부산물의 활용도 점차 증가되는 추세이다.

라. 수분함량

퇴비더미의 수분 함량은 퇴비화 속도를 지배하는 필수적 요소이다. 퇴비화에 적합한 초기 수분함량은 50~65% 범위이다. 수분함량이 40%미만인 경우는 분해속도가 저하되며, 65%이상인 경우는 호기성 미생물의 활성이 억제되어 퇴비화가 지연되고 퇴비더미의 혐기상태를 초래하여 악취를 일으키는 원이 된다.

퇴비더미의 수분함량이 40% 이하로 낮아질 경우는 수분의 추가공급이 필요하다. 수분조절제는 통기성 개량을 위한 팽화제와 같은 개념으로 이용되고 있다.

마. 온도

퇴비화 과정 중의 온도 상승은 미생물에 의한 유기물의 분해에 기인되며 광합성의 역과정으로 이해될 수 있다, 퇴비화 과정 중 온도는 40℃이하의 중온대와 40℃이상의 고온대로 구분된다. 유기물 분해에 가장 효율적인 온도범위는 45~65℃범위이다.

신선유기물 퇴비화의 부수적인 효과 중 병원균과 잡초종자의 사멸도 중요하기 때문에 고온대의 퇴비화 과정은 반드시 필요하다. 그러나 65℃이상의 고온대에서는 미생물의 활성이 떨어지기 때문에 오히려 퇴비화를 지연시키는 요인이 되기도 한다. 따라서 퇴비더미의 과도한 온도상승은 통기량 조절로 관리 필요가 있다.

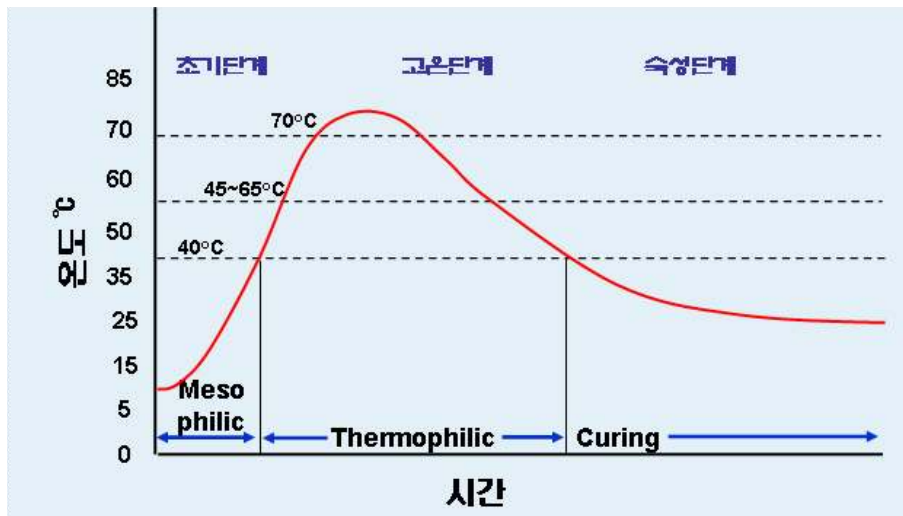
2. 퇴비화 과정의 환경변화

퇴비화는 호기성 미생물에 의해 진행되는 부숙과정으로 중온성(Methophilic)균과 고온성(Thermophilic)균이 관여한다. 미생물에 의한 퇴비 부숙과정은 다음과 같이 3단계로 구분된다.

첫번째 단계는 퇴비원료 중에 당류, 아미노산, 지방산 등 분해되기 쉬운 물질들이 분해되는 초기단계로서 부숙온도가 상승한다.

두번째 단계는 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 펙틴등 난해성 물질들이 분해되는 단계로서 고온성 미생물이 관여하며 수주간 지속된다.

세번째 단계는 퇴비더미의 온도가 떨어지며 분해속도도 지연되는 단계로서 숙성단계라고 하며 방선균을 중심으로 한 중온성 균들이 관여한다.



① 퇴비화 단계

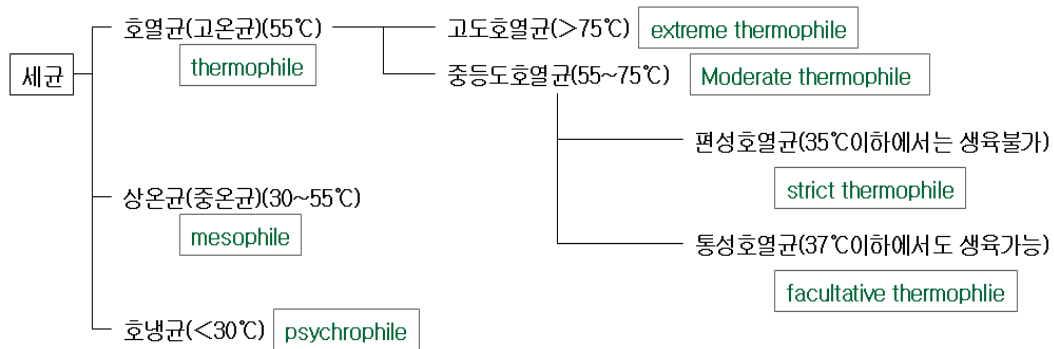
일반적으로 퇴비화는 이러한 3단계 과정을 거치며, 최근에 사용되고 있는 기계식 퇴비화 장치들은 모두 이와 같은 퇴비화 과정을 전제로 설계되어 있다.

가. 초기단계

퇴비화 과정 초기단계에는 중온성 세균과 사상균이 유기물 분해에 관여한다. 유기물이 분해되면서 퇴비온도 40°C 이상으로 상승하면 중온성 균은 고온성 균으로 대체된다. 퇴비화 과정에 관여하는 중온성 균은 퇴비원료에 따라 사이하나 일반적으로 토양 중에 존재하는 미생물과 유사한 종류가 많다.

나. 고온단계

초기 단계에서 중온성 미생물에 의해 폐기물이 분해되어 열이 발생되고 퇴비 더미의 온도가 상승하면 중온성 미생물들의 밀도와 분해활동이 급격히 감소한다. 반면에 고온성미생물의 농도가 증가한다.



② 퇴비화 과정에서 세균

고온 단계에서 퇴비온도는 50~60°C로 유지되지만 때에 따라서 온도가 60°C 이상 상승하면 퇴비 중의 고온성 박테리아 및 방선균 조차 모두 사멸하고 견딜 수 있는 포자형성 박테리아만 남게 되어 퇴비화 효율이 급격히 떨어진다.

퇴비화 진행이 65~70°C의 고온에서 빨리된다고 알려진 것은 잘못된 지식이며, 여러 미생물학자들의 실험에 의해 퇴비화는 40~45°C에서 가장 효율적으로 진행됨이 판명되었다.

다. 숙성단계

고온성 미생물의 작용에 의한 분해가 끝나면 대부분의 분해 가능한 유기물이 제거되었기 때문에 분해속도가 느려지고 퇴비 온도도 40°C 이하로 떨어진다. 이때 다시 중온성 미생물이 재정착을 하는데 초기 단계의 미생물 종류와 밀도와는 차이가 있다. 왜냐하면 숙성단계의 유기물들은 상당부분이 더 이상 분해가 쉽지 않는 부식질(humus)이기 때문이다.

부식질은 리그닌(lignin)함량이 높고, 가용 영양분의 함량이 낮기 때문에 이러한 환경에 적합한 방선균이 많아진다.

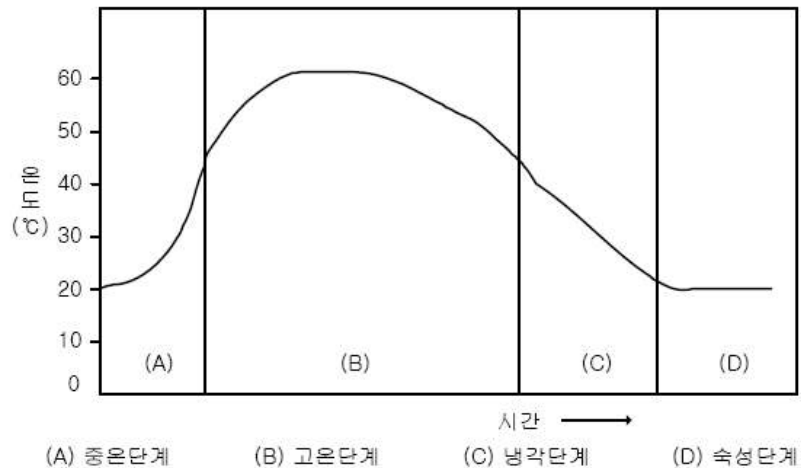
3. 퇴비화 과정의 물리·화학적변화

퇴비화 과정의 물리·화학적 변화는 거의 모두가 생물작용의 결과 생기는 것으로 미생물에 의한 생화학적 분해작용 이외에도 지렁이나 미소곤충에 의한 작용도 중요한 역할을 한다. 유기성 폐기물은 탄수화물(cellulose, pectin, 전분 등), 단백질, 지질과 무기염류등으로 구성되어 있다. 유기물 폐기물은 보통 탄소가 40~50%(건조 중량비)를 차지하는데, 이것의 일부는 균체형성에 쓰이고 일부는 산화에 의해 생장에너

지로 사용되어 최종적으로 CO₂로 변화된다.

가.. 물리적 변화

퇴비화가 진행되면 유기물의 산화분해로 인한 열이 발생되어 퇴비 더미 속의 온도가 60℃까지 상승하고 그 후 다시 실온으로 냉각된다.



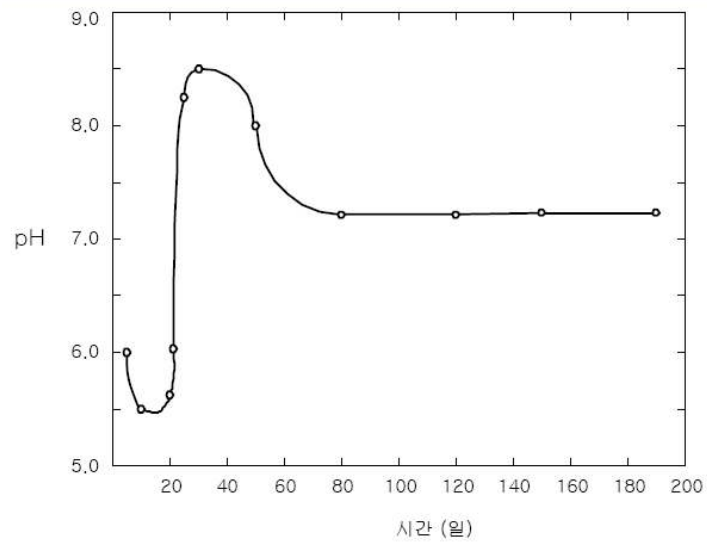
③ 퇴비화 진행 단계별 온도변화

온도변화와 함께 퇴비 내의 수분, 산소량 등등 줄어드는데 산소는 기계적으로 교반으로 공급해 줄 수 있다.

나. 화학적 변화

퇴비화가 진행되면 총유기탄소의 함량이 처음보다 30% 정도 감소하며 아미노산과 저급 지방산의 양도 많이 감소한다. 유기탄소/질소비(탄질비)도 처음의 26에서 최종적으로 5~6으로 변한다

유기물의 분해되어 부식으로 형성되는 과정에서 pH도 변화한다. 식물체 성분을 퇴비화 할때 처음에는 미생물이 산을 생성하여 pH가 낮아진다. 그 후 암모니아가 생성되면서 알칼리성으로 전환되었다가 부식이 형성됨에 따라 이것의 완충능력으로 인하여 다시 중성이 pH7~8로 돌아온다.



④ 퇴비화 과정에서 pH의 전형적인 변화

산에 의해 pH가 낮아졌을 때는 초산 또는 부티르산의 냄새가 감지된다. 그러나 퇴비화 조건에 따라서는 pH가 일정하게 유지되는 경우도 있다.

Ⅲ. 퇴비 원료

퇴비 원료의 선택은 제조된 퇴비의 품질에 직접 영향을 미치므로 많은 주의가 요구된다. 과거에 사용하던 볏짚류는 퇴비제조에 유해물질의 혼입가능성이 없었으나 최근에 사용하는 퇴비원료들은 가축분을 포함하여 음식물 쓰레기 및 산업폐기물과 도시폐기물까지 확대되고 있다.

환경분야에서 가극적 처리하기 힘든 유기성 폐기물을 퇴비화하여 터리부담을 경감시키기 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 농업분야는 퇴비제조 이용의 목적이 폐기물 처리가 아니고 양질의 퇴비를 사용하여 토양의 질을 향상시키고 우수농산물을 생산하기 위한 것이다. 따라서 양질의 원료를 선택적으로 이용하는 지혜가 필요하다.

1. 가. 퇴비 원료의 종류별 특성

가. 농산부산물

농산부산물은 비료가치는 낮고 유기물 함량이 높은 것이 특징이다. 물량이 많은 대표적인 농산부산물은 볏짚과 왕겨로서 볏짚은 칼리함량이 비교적 높아 1.84%에 달하지만 C/N율은 50정도로서 높은 편이다.

왕겨는 3요소 성분이 모두 낮을 뿐만 아니라 조직구조가 미생물에 의한 분해에 저항성을 갖고 있어 팽연화 등 가공과정을 거쳐야 퇴비로 활용이 가능하다.

농산부산물은 퇴비화의 주원료보다는 가축분뇨 등 유기성 폐기물 토비화의 팽화제로 활용이 가능한 자원으로 평가되고 있다.

나. 임산부산물

임산부산물의 대표적인 것으로는 톱밥이 있다.

톱밥은 흡습성과 통기성이 좋기 때문에 함수율이 높은 재료의 퇴비화에 보조재로 활용되고 있다.

그러나 톱밥은 C/N율이 500~1,000정도로 높아 분해가 늦고 비료성분도 낮아 함수율이 높은 재료의 흡습제로의 기능 이외에 퇴비의 품질에는 좋은 영향을 주지 못하는 문제점이 있다.



⑤ 임산부산물 (좌: 우드칩, 우:톱밥)

톱밥은 주로 수입 목재 가공과정에서 생산되고 있기 때문에 장기적으로 톱밥을 대체할 수 있는 수분조절제 개발이 시급하다.

다. 가축분뇨

가축분은 비료가치가 높고 입자의 규격이 일정하기 때문에 질적인 측면에서 퇴비 원료로 우수하다.

가축분퇴비화는 가축분뇨의 처리와 경종농가의 퇴비수요를 충족하기 위하여 국책 사업으로 지원하고 있다.



⑥ 축산액비

축종에 따라 C/N율은 다소 차이가 있는데 계분은 8.4 돈분은 12.2, 우분은 20.1 정도이다.

라. 음식물 쓰레기

음식물쓰레기의 유기물 함량 분포는 22.5~94.8% 범위이며, 평균값은 83.4%로서 매우 높은 편이다. 질소 함량도 0.76~6.83%의 범위로 평균 3.31%의 높은 수준을 보이고 있으며 인산과 칼리의 평균함량도 각 1.21%, 0.42%로 높은 특히 퇴비원료로 많이 쓰이는 돈분 퇴비와 비교하여 볼 때 질소와 인산의 비율이 비교적 이상적임을 알 수 있다. 또한 중금속 함량에 있어서도 다른 퇴비 원료와 비교적할 때 매우 낮은 수준을



⑦ 음식물 쓰레기

유지하고 있지만, 염분의 함량이 3% 내외로 높고, 비닐, 플라스틱등 많은 이물질의 혼입이 단점으로 지적되고 있다.

(1) 수분조절제

1) 수분조절제 역할

수분 함량이 높은 퇴비재료는 쌓아 두면 눌림 현상이 일어나 입자간의 공간이 적어지고, 수분으로 채워지기 때문에 공기 이동에 제한을 받게 되어 산소부족으로 혐기상태가 되어 결국에는 미생물의 활력이 저하된다.

미생물의 활동을 최적화시키기 위해서 입자간 공기유통을 원활하게하고 수분 함량을 적정수준으로 조정하여야 한다.

2) 수분조절제의 종류와 특성

(가) 톱밥

톱밥은 국내 가축분퇴비의 수분조절제와 팽화제로 가장 많이 사용되는재료이다. 톱밥은 C/N율이 높고, 입자가 크며, 수분 흡수율이 높기 때문에 퇴비화를 위한 부자재로 가장 많이 사용되고 있다.

(나)왕겨

왕겨는 입자의 크기와 형태로 보아 흡수율이 높은 재료의 팽화제로는 적합하지만 수분흡수율이 낮아 수분조절제로 톱밥보다 능력이 떨어진다. 최근에는 왕겨의 수분흡수율 향상을 위하여 팽연화 또는 마쇄왕겨를 이용하는 퇴비공장도 있다. 팽화왕겨는 수분흡수율이 톱밥과 유사하여 C/N율 및 화학적 조성이 톱밥보다 우수하여 앞으로 부족한 토밥의 수요는 팽화왕겨로 대체가 가능하다고 판단된다.

(다)벼짚

벼짚은 수분흡수율이나 팽화제로서 기능은 우수하지만 가밀도가 너무 낮아 다루기가 불편하여 전분 퇴비제조 업체에서 활용이 어렵다.

그러나 자급퇴비 제조에는 톱밥이나 왕겨보다 벼짚을 절단하여 이용하는 것이 가장 이상적인 퇴비제조 수단이 될 수 있다.

(다) 과쇄목

과쇄목은 산리가꾸기 사업이 시작되면서 산간 인근 지역에서 직접 사용하거나 퇴비화시 가축분과 혼합 사용하여 왔으나 입자가 너무 크고 흡습성이 적은 것이 단점이다.

IV. 유기 퇴비 제조기술

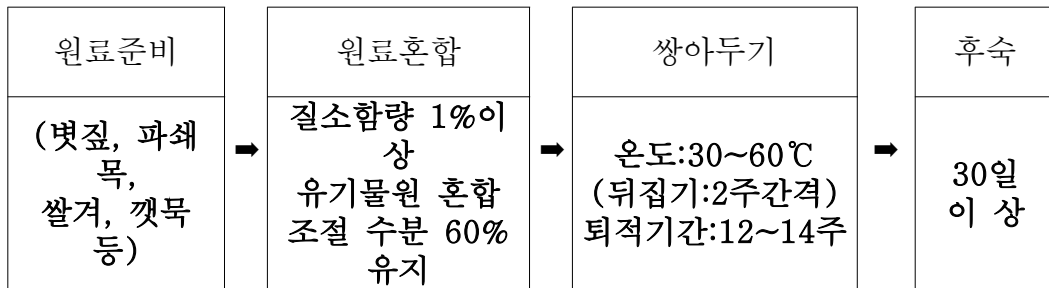
유기농법의 기본은 토양을 잘 가꾸는 것입니다. 토양을 건전하고 지속적으로 가꾸기 위해서는

첫째 모든 유기자원은 토양에 되돌려 주고

둘째 돌려짓기, 사이짓기, 섞어짓기 등의 작부체계를 실천하고 녹비작물을 재배하며

셋째 토양 생태계의 안정성 유지하기 위하여 양질의 퇴비를 사용하는 것입니다.

1. 제조과정



가. 원료준비 및 특성

주재료(유기물공급원) : 벼짚, 파쇄목, 산야초 등

부재료(양분공급원) : 쌀겨, 깻묵, 식물성 유박 등

유기물원		pH	유기물 (%)	질소 (%)	C/N율 (탄질비)	인산 (%)	칼리 (%)
주재료	벼짚	6.4	89	0.67	77	0.28	0.89
	파쇄목	6.3	93	0.12	450	0.03	0.39
	수피	4.6	91	0.31	170	0.52	0.73
	톱밥	4.9	94	0.08	680	0.12	0.19
부재료	깻묵	5.6	88	6.50	7.8	3.01	1.36
	쌀겨	6.1	91	2.25	23	4.31	2.57
산야초		4.4	96	2.58	22	2.48	2.10

나. 퇴비원료

중산간지대 : 임산부산물

* 종류 : 톱밥, 수피, 파쇄목, 대팻밥, 산야초 등

* 특징 : 유기물 함량이 높고, 질소 함량이 낮아 비료적 가치가 낮으나 흡습성과

통기성이 양호하여 토양 물리성 개량제로 가치가 큼

평야지대 : 농산부산물

* 종류 : 벃짚, 황겨, 보릿짚 등

* 특징 : 유기물 자원확보가 요이하고 풍부하여 양질의 퇴비 원료로 적절

다. 혼합방법

- 중산간지대 : 수피 또는 파쇄목과 깻목을 7:3 비율로 혼합

- 평야지대 : 벃짚과 쌀겨를 7:3 비율 또는 벃짚과 깻목을 8:2 비율로 혼합

- 기타 농가 부산물, 해산부산물, 미생물제, 용성인비 등을 첨가하여 양분을 공급

- 주재료와 부재료를 층층이 혼합(질소 1%이상 함유됨)

- 수분조절 : 50~60%로 유지(손으로 쥐어서 물이 스며나올 정도)

라. 쌓아두기

퇴비더미는 호기상태를 유지하여 퇴비화 과정이 충분히 일어날 수 있도록 폭 2m, 높이가 1m이상이 되지 않도록 야적

빗물에 의한 유출 수 방지 및 보온을 위하여 퇴비더미를 비닐 등으로 비가림 설치

마. 뒤집기 작업

퇴비화 과정을 촉진시키고 퇴비원료 혼합으로 균질한 부숙을 위하여 약 2주 간격으로 퇴비 뒤집기를 실시하는 것이 좋음

2. 친환경유기제조 퇴비 특성

가. 비료적가치

구 분	pH	양분함량(%)				C/N율 (탄질비)
		유기물	질소	인산	칼리	
공장형 축분퇴비	7.8	34	1.0	2.4	1.3	20
평야지대 (볏짚70% + 쌀겨30%)	6.4	70	2.4	2.2	1.4	17
중산간지대 (수피70% + 깻묵30%)	7.3	90	1.4	1.7	1.6	37

나. 퇴비효과

- 토양미생물 활동을 촉진하여 작물에 균형있는 양분공급
- 토양 개량제로서 토양의 물리성을 좋게 함
- 토양유기물 함량을 높여 토양 비옥도를 향상