

# 농가형 퇴비차 제조기 및 퇴비차 제조 매뉴얼 개발

정대이\*

경기도 광주시 농업기술센터

## 적 요

퇴비차는 질 좋은 퇴비를 원료로 하여 산소를 불어넣으며 액상 배양한 미생물 배양액으로 유용한 미생물의 접종원이 되며, 수용성 비료 역할도 한다. 해외에서는 가정원예나 유기농업 분야에 활발히 활용되고 있지만 국내에서는 아직 심도 깊은 논의가 되고 있지 않다. 이 연구는 국내에서 경시되고 있는 퇴비차(Compost tea)에 대한 이해를 돕고, 농장에서 즉각 활용할 수 있는 방법을 알려주고자 진행하게 되었다. 그 때문에 이 연구는 학술연구라기보다 현장 활용을 중시한 현장 매뉴얼에 가깝다.

퇴비차는 만들기 쉽고, 활용도가 높다. 퇴비차에 대해 이해하고, 농장 상황에 맞춰 적용하면 다른 어떤 친환경 자재보다 큰 효과를 낼 수 있다고 확신한다.

## I. 연구 배경 및 목적

- 광주시농업기술센터는 2005년부터 가축용 액상 생균제를 배양하기 시작했다. 요구르트나 김치에 많은 유산균, 술 담글 때 쓰이는 효모, 청국장 띄울 때 많이 자라는 고초균 등을 통칭하여 유용 미생물이라 하는데, 사람은 이러한 유용미생물을 발효 식품을 통해 섭취

---

\* 연구자는 가축용 액상 생균제 배양 연구를 시작으로 유용 미생물 배양과 지역 농업인에게 공급하는 활동을 해 오고 있으며, 이번 연구에서 국내에서 경시되고 있는 퇴비차에 대한 이해를 높이고, 농가에서 직접 만들어 사용할 수 있도록 현장 매뉴얼을 제시했다.

- 취한다. 가축의 경우에는 사람이 유용 미생물을 인공적으로 대량 배양하여 사료에 섞어 급여하게 되는데 이렇게 대량 배양한 유용 미생물을 통칭하여 생균제라 한다. 생균제는 가축의 장내에서 다른 유해한 미생물의 성장을 억제하고, 사료의 소화와 흡수를 도와주며, 면역물질을 생성하고, 다른 영양소 합성에 도움을 줌으로써 가축의 성장을 촉진한다.
- 축산에서와 마찬가지로 친환경 농업 분야에 있어서도 화학비료, 합성농약 등 합성물질의 사용을 최소화하고 작물생육 환경을 최적으로 조성, 작물을 건강하게 키우기 위하여 최근 인위적으로 유용한 미생물을 대량 배양하여 사용하고 있다. 이러한 농업용 미생물은 난분해성 유기물을 분해하여 작물에 영양분을 공급하고, 공중질소를 고정 천연비료의 역할을 하며, 병원균의 번식을 억제하여 농작물을 보호하는 등 친환경 농업의 기초 환경을 제공하고 있다.
  - 축산분야 뿐 아니라 친환경 농업을 위해 유용 미생물을 배양하여 지역 농업인에게 공급하다보니 자연스럽게 미생물이 토양 생태계의 근간을 이루고 있으며 미생물을 이해하지 않고는 지속가능한 친환경 농업을 논하기 어렵다는 생각이 들었다.
  - 이에 농업에서 유용 미생물을 활용할 수 있는 다양한 방법을 공부하다보니 자연스럽게 퇴비차(Compost tea)에 대해 접하게 되었다. 퇴비차는 질 좋은 퇴비를 원료로 하여 산소를 불어넣으며 액상 배양한 미생물 배양액이다. 퇴비차는 유용한 미생물의 집종원이 되며, 수용성 비료의 역할도 한다.
  - 미국에서는 퇴비차 관련 산업이 3조원의 시장을 형성하고 있으며, 가정원예나 유기농업 분야에 있어 활발히 활용되고 있지만 국내에서는 아직 심도 깊은 논의가 되고 있지 않다.
  - 이에 국내에서 경시되고 있는 퇴비차(Compost tea)에 대한 이해를 돕고, 농장에서 즉각 활용할 수 있는 방법을 알려주고자 이 연구를 진행하게 되었다. 그 때문에 이 연구는 학술연구라기보다 현장 활용을 중시한 활용 매뉴얼에 가깝다.
  - 퇴비차는 만들기 쉽고, 활용도가 높다. 퇴비차에 대해 이해하고, 농장 상황에 맞춰 적용하면 다른 어떤 친환경 자재보다 큰 효과를 낼 수 있다고 확신한다.

## II. 연구 방법 및 내용

- 퇴비차는 국내에 많이 소개되어 있지 않기 때문에 이 보고서는 퇴비차에 대한 이해를 높이는데 주안점을 두었다. 이를 위해 퇴비차 관련 국내외 자료를 망라하여 퇴비차가

무엇인지 논하고, 활용 방법을 제시하는데 큰 목적을 두었다.

- III. 퇴비차의 이해는 우선 퇴비차가 무엇인지부터 시작하여, 퇴비차가 갖는 이점, 퇴비차 품질에 영향을 미치는 요인, 퇴비차 제조를 위한 표준환경 등에 관해 자세히 알아보았다.
- IV. 퇴비차 관련 용어는 퇴비차와 혼동할 수 있는 용어들을 일괄 정리하여 차이점을 알아보았다.
- V. 유기액비와 퇴비차는 국내 친환경 농업에서 많이 사용되고 있는 액비들에 대한 개념을 정리하여 액비와 퇴비차의 유사점과 차이점을 살펴보고자 하였다.
- VI. 퇴비차 만드는 법에서는 일반적인 퇴비차 제조법을 사진을 통해 알기 쉽게 정리해 보았다. 또 미국에서 상업적으로 판매되고 있는 퇴비차 제조기에 대해서도 알아보았다.
- VII. 퇴비차 연구사례에서는 해외사례로 하버드 대학교의 퇴비차를 활용한 토양 복원 프로젝트에 대해 자세히 살펴보고, 토양 복원을 위한 실제적 퇴비차 활용 방법과 그 결과를 알아보는 한편, 국내사례로 경기도 농업기술원에서 진행하고 있는 퇴비차 제조 시험을 살펴보고 연구 결과를 해석해 보았다.
- VIII. 퇴비차 제조를 위한 자가 퇴비 만들기는 퇴비차 제조를 위해 가장 중요한 자가 퇴비 만들기에 대해 자체 연구 결과를 바탕으로 정리해 보았다. 또한 퇴비와 보카시의 차이점에 대해서도 알아보았다.
- IX. 농가형 퇴비차 제조기 제작은 구입 가능한 자재를 위해 농가형 퇴비차 제조기를 직접 제작해 퇴비차를 만드는 과정을 알아보았다.
- X. 퇴비차 재료에서는 퇴비차 제조에 필요한 재료와 퇴비차 품질과 관련하여 우점 미생물의 종류에 따른 재료 선정에 대해 알아보았다.
- XI. 퇴비차 배양 온도와 시간은 퇴비차를 배양하며 각각의 실험 결과를 바탕으로 배양온도와 시간 결정에 대한 기준을 제시하고자 하였다.
- XII. 퇴비차 내의 미생물은 퇴비차를 제조하며 퇴비차 내 미생물에 대한 이해와 사용법에 대해 논하였다.

### III. 퇴비차(Compost tea)의 이해

#### 1. 퇴비차를 사용하는 이유

- 퇴비차는 크게 2가지 목적으로 사용한다. 첫째, 미생물의 접종이다. 작물의 엽면과 토양에 부족한 유용한 미생물을 접종하기 위한 수단이다. 둘째, 수용성 양분의 공급이

다. 엽권에 양분을 공급하고, 토양 미생물이 활성화될 수 있도록 토양에 양분을 공급한다. 퇴비차는 농약, 화학비료 등의 사용 또는 강우에 의한 표토 유실 등 토양이나 작물에 필요한 유용한 미생물이 줄어들었을 때 사용한다.

## 2. 퇴비차란 무엇인가?

- 퇴비차는 퇴비로부터 수용성 양분과 세균, 사상균, 원충류, 선충 등을 우려낸 액체이다. 그러나 단순히 우려내는 것에서 그치지 않고, 유용한 미생물을 잘 배양하여 미생물 배양체를 만들어 놓은 것이다. 제조는 막걸리나 와인을 주조하듯 담그는 과정이 선행된다. 술을 담그는 것이 그렇듯 좋은 재료와 기술을 익히는 것이 필요하다. 세균, 사상균, 원충류 등 유용 미생물을 접종하기 위해서는 퇴비 재료부터가 좋아야 하며, 이런 미생물들이 활발히 배양되기 위해서 미생물 먹이, 공기 등을 붙여 넣어 준다.
- 퇴비차에는 퇴비로부터 우려낸 각종 수용성 양분 뿐 아니라 세균, 사상균, 원충, 좋은 선충 등이 가득하다. 그러나 이러한 좋은 퇴비차를 만들기 위해서는 무엇보다 좋은 퇴비를 쓰는 것이 필수적이다. 퇴비차의 모든 이점은 이 양분과 미생물의 시발점인 퇴비에서 온다.

## 3. 퇴비차의 이점

- 병원균의 경쟁적 배제 (선점)
  - 유용 미생물이 작물 표면에 고르게 도포되어 병원균이 감염될 자리를 찾기 어렵게 한다.
- 작물에 영양 공급
  - 1차 소비자인 선충과 원충류 등이 미생물을 먹고 내뿜는 대사산물 등이 작물에 필요한 저분자 양분으로 작용한다. 결과적으로 작물의 양분 이용 능력을 향상시키고 작물이 필요한 시기에 필요한 양 만큼의 양분을 공급하게 된다.
- 잎의 양분 흡수 능력 향상
  - 잎에 접종된 유용한 미생물은 대사과정 중 이산화탄소를 배출한다. 이산화탄소는 광합성을 증가시키고, 잎의 기공을 오랫동안 열고 있게 하여 양분 흡수 능력을 향상시킨다. 반면 호흡은 감소시킨다.
- 토양 보수(보비력 향상)
  - 미생물이 배출하는 대사산물 등이 토양 입단화를 촉진하여 보비력이 향상된다. 따라서 관수량과 비료 사용량이 줄어들고 양분 손실 또한 줄일 수 있다.
- 농약, 화학비료 사용으로 파괴된 미소 생태계 복원
  - 토양 미소 생태계는 세균, 사상균, 원충류, 선충, 톡토기와 같은 모든 미생물들이 어

올려 평형을 이룰때 성공적으로 순환될 수 있다. 퇴비차는 토양 미소 생태계의 빠른 복원을 도울 수 있다.

#### 4. 퇴비차 품질에 영향을 미치는 요인

##### 온 도

- 제조 온도는 토양 온도나 또는 작물이 생육하고 있는 온도와 상관이 있다. 만약 퇴비차가 서늘한 늦가을에 사용되면, 퇴비 외에도 이런 기후에서 수확 된 쌀겨나 귀리 등을 첨가하여 기후에 맞는 미생물 접종원을 다양하게 해 주는 편이 현명한 것이다. 미생물이 배양되기 위해서는 적당한 온도가 필요하지만 인위적으로 온도를 높일 필요는 없다.

##### 먹 이

- 미생물을 배양하기 위해 첨가하는 먹이는 이런 먹이를 이용할 수 있는 종류를 생각해 서 결정해야 한다. 설탕이나 단순단백질, 저분자 탄수화물 등은 세균이 좋아하는 먹이다. 밀가루, 콩가루, 귀리와 같은 복합 영양소와 휴믹산, 폴빅산 등은 사상균이 이용하기 좋은 먹이이며, 사상균이 1차 분해를 끝내면 세균이 이용한다. 원충류 등 1차 소비자는 건초를 첨가하거나, 건초를 담겼던 물을 첨가할 때 늘어난다.
- 그러나 퇴비 자체에 먹이원이 충분할 수도 있으며 당밀 등을 과도하게 쓰면 세균 만 과잉 증식하여, 오히려 안 좋은 결과를 가져올 수도 있다.
- 구연산은 세균의 먹이가 되고 pH를 교정하여 도움이 되기도 한다.
- 해조추출물은 미량원소의 공급원이 되지만 해조추출물을 얼마나 넣어야 하는지 는 식물체 분석이나 토양분석을 통해 판단할 수 있다.

##### 산 소

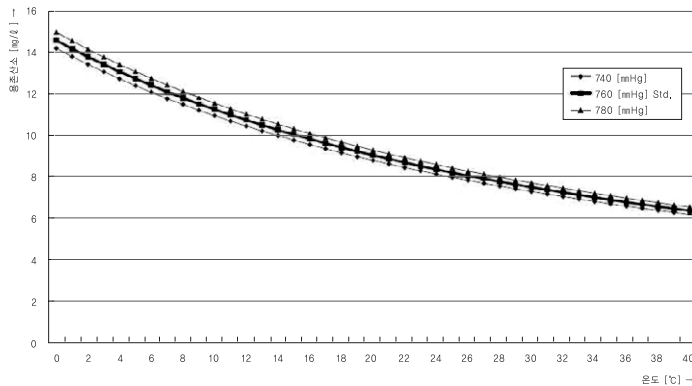
- 산소는 아마도 퇴비차를 이야기하는 척도가 될 것이다. 식물 생장을 촉진하고 병 원성 미생물에 항균력을 갖는 대부분의 유용 미생물은 호기성이다. 이러한 호기 성 미생물을 배양하기 위해서는 호기적 환경을 지속적으로 조성해 주어야 한다.
- 문제는 원하는 미생물을 배양하기 위해 항상 같은 환경을 유지하는 것도 쉽지 않 을뿐더러 먹이, 온도, 산소 공급 방식에 따라 퇴비차의 품질이 달라진다. 한번은 굉장한 효과를 보이기도 하고, 다음번에는 전혀 효과를 발휘하지 못하기도 하는데 이런 문제점이 퇴비차의 신뢰를 떨어뜨리는 요인이 된다. 따라서 가능한 퇴비차를 제조하는 과정을 정형화시켜서 안전하고, 일관된 품질을 유지하는 것이 중요하다.

- 산소 농도가 2~4mg/L이하의 혐기상태에서는 해로운 미생물이나 물질이 배양될 가능성이 있다. 때문에 퇴비차를 제조하는 전 과정에서 산소를 충분히 공급하여야 하며, 제조 후 곧바로 사용해야 한다.
- 포화 용존 산소량은 물 속에 녹을 수 있는 최대 산소량을 말한다. 포화 용존 산소량은 기압, 수온, 용존 염류 농도 등에 따라 변화한다. 아래 표는 1기압(760mm) 아래 증류수에서 온도에 따른 포화 용존 산소량을 나타낸 것이다.

온도	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
용존산소	11.9	11.4	10.8	10.4	9.9	9.5	9.2	8.8	8.5	8.2	7.9	7.7	7.4

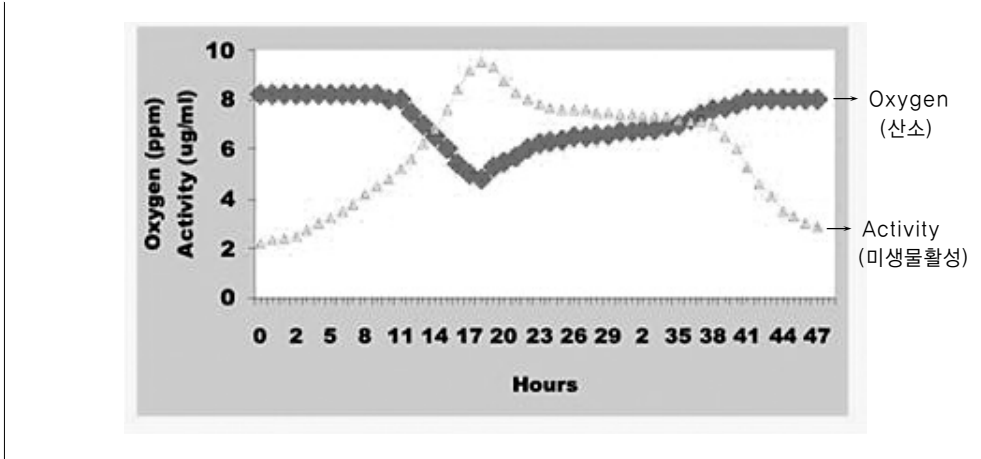
- 포화 용존 산소량은 온도에 따라 영향을 많이 받으며 온도가 높을 수록 줄어든다. 수온이 30도를 넘기면 포화용존산소량이 줄어들고, 미생물 배양시 급격히 산소가 소모되기 때문에 이상적인 용존산소를 유지하기 어렵게 된다.

압력별 온도에 따른 용존산소 농도



### 배양시간

- 용량이 작고, 산소를 충분히 공급하는 퇴비차 제조기로는 10~12시간 내에 질 좋은 퇴비차를 만들 수 있다. 그러나 퇴비차 제조기의 성능, 용량 등에 따라 미생물이 충분히 배양되는 시간이 달라지는데 어떤 기계로는 48시간이 걸리기도 한다. 충분히 산소를 공급하는 경우 사상균 우점 퇴비차는 24~48시간, 세균 우점 퇴비차는 18~24시간 정도 걸린다.
- 일반적인 상업용 제조기에서 미생물 활성은 16시간 이후 최대치를 보이며 24시간 정도면 안정된다. 먹이가 완전히 소비되면 미생물 활성이 급격히 떨어지는데 대략 40시간이후 이다.



요 약

- 사용 퇴비 - 작물이 필요한 다양한 미생물을 함유하고 있어야 한다.
- 퇴비망 또는 통 - 단순할수록 좋다. 너무 촘촘해서 미생물이 빠져나가지 못하거나, 두꺼운 천은 좋지 않다. 나일론, 그물망이 최고다.
- 배양 시간 - 길다고 좋지 않다.
- 배양 온도 - 퇴비 사용처의 온도를 참조하고, 30도 이상 고온은 좋지 않다.
- 물 - 염소, 황, 또는 보존제 등이 섞여 있지 않은 깨끗한 물을 사용하고, 수돗물을 쓸 경우 한 시간 정도 공기를 불어넣어 염소를 제거한다.
- 사용량
  - 작물이 사람 키 정도 일 때 엽면 살포량은 5ℓ /10a 정도이고, 관주량은 20ℓ /10a 정도이다. (각종 연구기관의 연구 결과를 기준으로함)

5. 퇴비차 제조를 위한 표준 환경

- 퇴비차 제조를 위한 표준 환경이 없다는 말들이 많은데, 사실 퇴비차 만들때 기준이 되는 환경을 설정하는 것이 재현성과 안전성을 위해 필요하다. 마치 술을 담그듯이 표준 환경을 설정해 주면 재현성을 가질 수 있어 믿을 수 있는 퇴비차를 제조할 수 있다. 일반적으로 고려해야할 환경들은 다음과 같다.

1. 초기 수온 : 20℃ 이상 상온
2. 염소 제거 (수돗물 1시간 이상 공기 교반)

- 3. 깨끗한 중성수 (pH 6.5 ~ 7.5)
- 4. 퇴비차 제조 전 기간 용존산소량 5.5ppm 이상 유지
- 5. 호기적으로 배양된 고품질 퇴비 사용

퇴비차 정상 제조 판단 기준

- 퇴비차 제조 전 과정에서 용존산소량 5.5ppm 이상 유지
- 좋은 냄새
- 거품은 미생물이 활발히 대사하고 있다는 표시로 거품이 발생하는 것이 정상적
- 사용하기 직전까지 지속적으로 공기 공급

## 6. 호기적 배양의 이점

- 병원균은 호기성균과의 경쟁에서 살기남기 위해서 항상 혐기상태를 선호한다. 토양에 서든지 퇴비나 퇴비차를 만들 때도 사람과 작물에 질병을 일으키는 병원균은 혐기상태일 때만 유용한 미생물과 경쟁할 수 있다.
- 질 좋은 퇴비에는 병원균이 없다. 퇴비에 병원균이 없다면 퇴비차에도 병원균이 있을 리 없다. 퇴비에 병원균이 있는지 없는지 알 수 있는 확실한 방법은 퇴비제조 과정에서 온도변화이다. 퇴비가 호기적 상태에서 잘 만들어졌으면 퇴비더미 온도가 57℃ ~70℃사이에서 최소 10~14일간 머물러 있거나 또는 적당한 숫자의 지렁이가 잘 소화시켜 놓아 병원균이 있을 수 없다.

참고자료 출처 : [www.soilfoodweb.com](http://www.soilfoodweb.com) article (Understanding compost Tea)

## IV. 퇴비차(Compost tea) 관련 용어

퇴비차를 이해하기 위해 관련된 용어와 기술에 대해 정리해 보는 것이 선행될 필요가 있

다. 퇴비차는 퇴비추출액, 퇴비 침출수와 어떻게 다른가?

### 1. 퇴비 침출수 (Compost Leachate)

- 퇴비 침출수는 쌓아놓은 퇴비단 바닥에서 흘러나오는 검은색 액체로 대부분 풍부한 수용성 영양분을 가지고 있다. 퇴비를 만들기 시작한 초기에 나오는 침출수는 병원균을 포함하고 있을 수 있어 사용에 조심해야 한다. 퇴비 침출수는 그냥 내버려 두면 땅으로 흘러들어가 환경오염원이 될 수 있으니 적절히 처리해야 하며, 엽면 살포용으로는 적합하지 않다.

### 2. 퇴비 추출액 (Compost Extract)

- 퇴비 추출액은 오래된 기술로 퇴비를 망에 넣고 7~14일간 물속에 담궈 수용성 영양분을 추출하는 방식으로 만든다. 이렇게 만든 추출액은 작물에 수용성 영양분을 공급하는 액비의 역할을 한다.

### 3. 퇴비차 (Compost Tea)

- 퇴비차는 좀더 현대화된 방법으로 퇴비에서 유용한 성분을 추출하는 동시에 유용한 미생물을 배양하는 기술이다. 이를 위해 산소를 지속적으로 불어 넣어주며 퇴비속의 미생물이 잘 자랄 수 있도록 미생물의 먹이가 되는 당밀, 해조추출물, 암석가루, 휴믹산 등을 첨가하여 만든다.

### 4. 요약

- 퇴비차는 만드는 방법과 사용하는 방법에서 퇴비 추출액과는 차이가 있다. 퇴비차는 미생물의 먹이와 미생물 성장에 필요한 각종 촉매물질을 첨가하여 인위적으로 공기방울을 불어넣어 호기적으로 만든다. 이런 식으로 24~26시간 제조하면 퇴비에서 유용 미생물을 추출해 내고 동시에 유용한 미생물을 배양하여, 풍부한 미생물 다양성을 가진 액체를 만들 수 있다. 이 때 퇴비는 미생물의 원천이 되며 첨가해준 먹이와 촉매

물질은 이 미생물을 배양하는데 도움을 준다. 미생물 먹이의 예로는 당밀, 해조가루, 어분 등이 있다. 미생물 촉매제로는 휴믹산, 유카추출물, 암석분말 등을 들 수 있다.

참고자료 출처 : [www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org) article (Notes on Compost Teas)

## V. 유기액비와 퇴비차

유기액비(Liquid Organic Extracts)로서 퇴비차의 개념을 정리한다고 하면, 관주나 엽면 살포용으로 사용되는 또다른 유기 액비에는 어떤 것들이 있을까? 국내의 사례를 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 해외사례

#### 가. 분뇨차 (Manure Tea)

- 동물의 배설물을 물에 담귀 수용성 영양분을 추출해 낸 것을 분뇨차로 정의할 수 있다. 퇴비침출액과 같은 방식으로 동물의 배설물을 망에 담아 7~14일간 물에 담귀 추출액을 사용한다. 분뇨차는 작물에 수용성 영양분을 공급하는 액비의 역할을 한다.

#### 나. 허브차(Herbal Tea)

- 허브차는 썬기풀, 쇠뜨기, 컴프리, 클로버와 같은 식물로 만드는 추출액이다. 일반적인 방법은 용기의 3/4 정도를 청초로 채우고, 청초가 완전히 잠길 정도로 미지근한 물을 붓는다. 적당한 온도에서 3~10일간 발효시켜 완성시킨다. 완성된 허브차는 걸러서 1:5~1:10 정도 물에 희석하여 관주 또는 엽면 살포용으로 사용한다. 허브차는 수용성 영양분을 공급할 뿐아니라 생리활성물질로서의 역할도 한다.

#### 다. 혼합발효액비 (Liquid Manures)

- 혼합액비는 썬기풀, 쇠뜨기와 같은 청초와 해초, 생선내장, 어분과 같이 바다에서 나는 것 등 동·식물의 부산물을 혼합하여 적당한 온도에서 3~10일간 발효시켜 만든

추출액이다. 혼합액비는 허브차와 비슷한 방식으로 재료들이 완전히 잠길 때까지 물을 붓고, 발효시킨 다음 거르고 희석해서 사용한다. 혼합액비는 허브차와 마찬가지로 수용성 영양분을 공급하고, 생리활성물질 역할도 한다.

**라. 요약**

- 퇴비차와 허브차는 토양을 비옥하게 하고, 엽권과 근권에 수용성 영양분, 유용 미생물, 미생물이 만든 대사산물을 공급해 줄 목적으로 사용한다.

**마. 주의점**

- 동물의 분뇨가 퇴비재료로 사용될 때는 퇴비더미의 온도가 최소 57℃ 이상에서 10~15일간 유지되어 병원균이 충분히 사멸되도록 해야 한다. 퇴비화가 충분히 진행되어 신선 유기물이 부식질로 바뀌면 초기에 존재하던 병원균은 모두 사멸된다. 이러한 관점에서 분뇨차는 퇴비차나 퇴비추출물과는 개념이 다르다. 새롭게 발병하고 있는 병원성 대장균 등을 생각할 때 분뇨차의 사용은 제고할 필요가 있다.

참고자료 출처 : [www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org) article (Notes on Compost Teas)

**2. 국내 사례**

국내에서도 다양한 방식의 유기액비(Liquid Organic Extracts)가 농가에서 활용되고 있다. 유기액비는 일반적으로 혈분, 골분, 어분(생선), 청초, 해초가루와 같은 유기물과 설포마그, 천매암, 맥반석, 패화석 등의 무기물을 목적에 따라 혼합하여 미생물로 액상 발효시켜 만든다. 무기물은 식물 생장에 필요한 각종 미량 광물질을 공급하고, 미생물을 활성화시키는 역할을 한다. 유기물은 분해되어 식물이 쉽게 이용할 수 있는 저분자 유기물화되며 이 과정에서 만들어진 각종 효소와 아미노산, 유기산 등 작물 생장에 도움을 준다. 또한 풍부히 배양된 발효 미생물은 작물 병해충에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 다음은 국내에서 많이 활용되고 있는 유기 액비들이다.

**가. 청초액비**

- 청초액비를 만드는 일반적인 방법은 용기의 3/4 정도를 잘게 썬 청초로 채우고, 유산

발효를 촉진시키기 위해 당밀을 첨가한 후 청초가 완전히 잠길 정도로 미지근한 물을 붓는다. 청초액비 대신 사용 대상 작물의 부산물을 넣기도 하는데 예를 들어 토마토의 경우 기형과 등을 모아 놓았다가 액비 재료로 사용한다. 청초액비는 적당한 온도에서 3~10일간 발효시켜는데 적당한 산소를 공급하기 위해 하루 2~3회 저어주며 완성시킨다. 유산발효를 위해 인위적으로 배양한 유산균 배양액을 넣기도 한다. 경우에 따라 목초액, 생선액비, 액상규산 등을 조금 첨가한다. 완성된 청초액비는 걸러서 잘 밀봉하여 필요시 사용하며 보존력을 향상시키기 위해 당밀을 더 첨가하기도 한다. 엽면시비의 경우 300~1,000배로 사용한다.

#### 나. 생선 아미노산 액비

- 생선과 설탕을 1:1로 혼합한 후 부엽토 또는 인위적으로 채취한 토착미생물을 조금 첨가하여 밀봉한 후 완전히 액상 형태가 될 때까지 잘 숙성시킨다. 자연조건에서 완전 발효될 때까지 1년~1년 6개월 정도 걸리며, 발효가 완료되면 향긋한 향이 난다. 인위적으로 배양한 유산균과 광합성균, 해초가루 등을 첨가해도 좋다. 완성된 액비는 밀봉하여 어두운 곳에 보관한다. 생선 아미노산 액비는 초기에는 질소질이 후기에는 인산질이 높으며, 관주로 활용한다.

#### 다. 혈분(골분) 액비

- 혈분 액비는 영양생장기에 아미노산과 미네랄 공급을 위해 주로 사용한다. 혈분 액비와 당밀, 풍화천매암, 해초가루, 각종 미량요소를 첨가하여 발효 숙성시킨다. 초기 발효촉진을 위해 인위적으로 배양한 유산균과 건조 효모를 첨가해 주기도 한다. 적당한 산소를 공급하기 위해서 초기에는 매일 2~3회 저어준다. 하절기에는 일주일 정도면 저어줄 때 올라오는 기포가 줄어들며 재료들이 잘 녹아난 것을 알 수 있다. 봄·가을에는 시간이 좀더 걸리는데, 완성된 액비는 사용하면서 당밀을 지속적으로 첨가하며 저어주면 변패없이 사용할 수 있다. 완성된 액비는 엽면시비의 경우 1,000배 이상, 관주용은 작물 상태에 따라 100~500배액으로 사용한다. 골분 액비는 혈분 대신 골분을 사용하며 생식생장기에 인산, 칼륨 등의 보충을 위해 사용한다. 사용법은 혈분액비와 같다.

#### 라. 요약

- 발효 방법으로 발열기를 이용하여 고온을 만들어 미생물 활성을 촉진시키기도 하고,

기포기를 활용하여 호기발효를 유도하기도 한다. 깻묵, 쌀겨와 같이 농가에서 구하기 쉬운 다양한 농산부산물을 활용할 수도 있으며, 막걸리 만드는 방법과 같이 쌀뜨물에 설탕을 넣고, 가루 효모를 넣어 막걸리 액비를 만드는 방법도 있다. 액비는 다양한 재료로 만들어 필요에 따라 질소 보충용, 인산 보충용, 칼슘, 미량원소 보충용 등으로 사용할 수 있으며, 현미식초, 마늘즙, 허브 등을 넣어 병해충 방제용으로 사용하기도 한다. 유기액비는 친환경 농업을 위해 필요한 농자재지만 재료에 대한 이해와 활용 기술을 익혀 노하우를 쌓는 것이 중요하다.

#### 마. 주의점

- 액비 제조를 위해 일반적으로 당밀, 설탕과 같은 당을 사용하여 유산발효를 한다. 당이 부족하거나, 빗물이 유입되는 등 잡균에 오염되면 심한 부패취가 난다. 또한 재료의 안전성이 의심될 때는 한번 끓여서 병원균을 사멸시키기도 한다. 재료는 성분이 다양할수록 다양한 종류의 미생물이 번식할 수 있는 환경이 되는데, 액비를 지속적으로 제조하며 노하우를 익혀 나가야 한다.

### 3. 퇴비차와 발효액비

- 퇴비차는 쉽게 말해 양질의 퇴비에 미생물 먹이를 첨가하여 호기적으로 짧은 시간 배양한 미생물 배양 복합체이다. 발효액비는 토착미생물 또는 인위적으로 배양한 유산균을 접종하여 미호기 상태에서 배양한다. 유산균은 통성 혐기성 균으로 완전히 호기적이거나 혐기적이지 않은 미호기 상태에서 활발히 배양되며 대사산물로 유산을 생성하여 pH를 낮춤으로써 병원성 미생물이 자라지 못하게 한다. 또한 유산균이 배출하는 항생물질이 작물에 좋은 영향을 줄 수도 있다.
- 그러나 어떤 환경에서 병원성 미생물을 제어하고 작물 병원균에 효과를 발휘하는지 밝혀진 바가 많지 않다. 더욱이 배양 시간, 배양에 필요한 적당한 먹이, 배양 결과물, 배양 방법에 대한 과학적 연구 결과가 많지 않아 항상 신뢰할 수 있는 결과를 얻지 못하는 단점이 있다. 만약 이러한 연구 결과가 계속 축적되어 과학적 근거를 마련한다면 일반적으로 활용될 수 있을 것이다.

## Ⅵ. 퇴비차(Compost tea) 만드는 방법

### 1. 혐기발효법 (Bucket-Fermentation Method)

- 양동이나 큰 통에 퇴비를 담은 망을 넣고 간간히 저어주며 수동적으로 퇴비차를 만드는 방식이다. 일반적으로 제조기간은 7~10일 정도이거나 더 길다. 유럽에서는 수백 년의 역사를 가지고 있는 방법으로 제조하였다기보다는 물에 담궈 우려내는 고전적 방법이다.

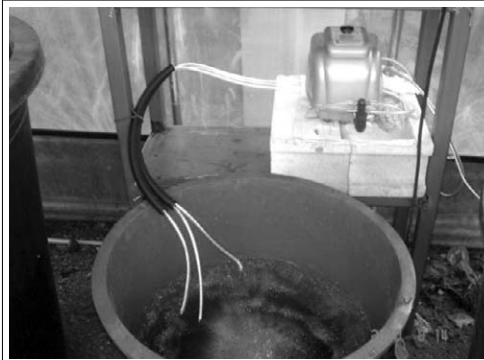
### 2. 소용량 기포기 활용법 (Bucket-Bubbler Method)

- 양동이나 큰 통에 퇴비를 담은 망을 넣고, 미생물 활성화를 위해 미생물의 먹이와 미생물 생장에 필요한 각종 촉매물질을 첨가하여 인위적으로 공기 방울을 불어넣어 호기적으로 만든다. 호기적으로 퇴비차를 만들 때 용존산소량을 유지시켜주는 것이 중요하기 때문에 일반적으로 수족관에서 사용하는 기포기에 3구짜리 공기분배기를 달아 사용한다. 가정에서 퇴비차를 만들때 일반적으로 거름망을 사용하는데 퇴비에서 미생물과 유용한 선충, 사상균 등은 우려내고, 퇴비입자는 빠져나오지 못하게 해야하므로, 나일론 스타킹, 세탁망 등이 적당하다. 폴리프로필렌으로 만든 천은 사상균이 잘 빠져나오지 못해 적당하지 않다.

### 가. 준비물

	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60L 고무통</li> <li>• 수족관 공기 펌프</li> <li>• 당밀 100mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 퇴비( 완숙퇴비, 유기질발효비료 혼합) 3kg</li> <li>• 공기 분배기 3구짜리, 호스</li> <li>• 부직포 망</li> </ul>

나. 만드는 법



1m 이상 되는 긴 튜브를 공기분배기에 연결하고, 에어스톤이 달린 공기 분배기를 물통 바닥에 닿도록 위치시킨다. 이때 공기펌프가 수면보다 위에 위치해야 물이 역류하여 공기펌프가 고장나는 일이 없다.



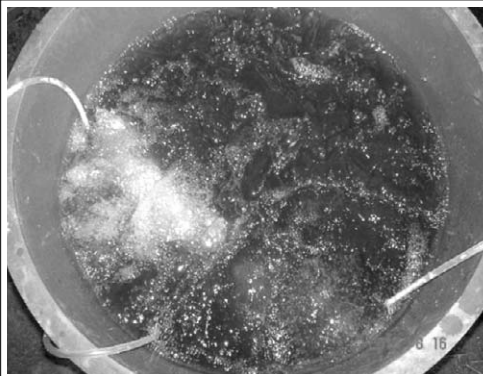
물통 위에서 10~20cm를 남기고 물을 통 속에 가득 채운다. (수돗물을 사용하면 퇴비를 넣기 전에 물만 넣고 한 시간 정도 공기를 주입하여 염소를 휘발시킨다.)



퇴비를 부직포망에 넣고 물속에 담근다. 부식질로 된 퇴비는 가볍기 때문에 물에 뜨는데 물을 잘 빨아들일 수 있도록 몇 번 저어주면 물속에 가라앉는다.



당밀 100g을 미생물 먹이로 통 속에 첨가한다. 당밀은 넣으면서 잘 저어서 당밀을 물에 잘 풀어 준다. 당밀은 유용한 미생물의 먹이가 되어 퇴비차 품질을 향상시킨다.



공기 주입 펌프를 켜고 2일간 퇴비를 우려낸다. 하루에 두세번 막대기로 부직포를 잘 저어 퇴비 속에서 유용한 미생물들이 잘 용출 되도록 도와준다.



2일간 공기를 계속 주입하며 퇴비차를 완성시킨다. 완성된 퇴비차는 향긋하고, 질 좋은 땅 냄새가 나야하며, 좋지 않은 냄새가 나면 제조가 실패한 것으로 버려야 한다. 부직포 망을건져내고 물만 사용한다.



이렇게 만들어진 퇴비차는 만든 즉시 작물에 사용해야 한다. 공기 주입이 안되면 유용한 호기성 미생물이 사멸하기 시작한다.

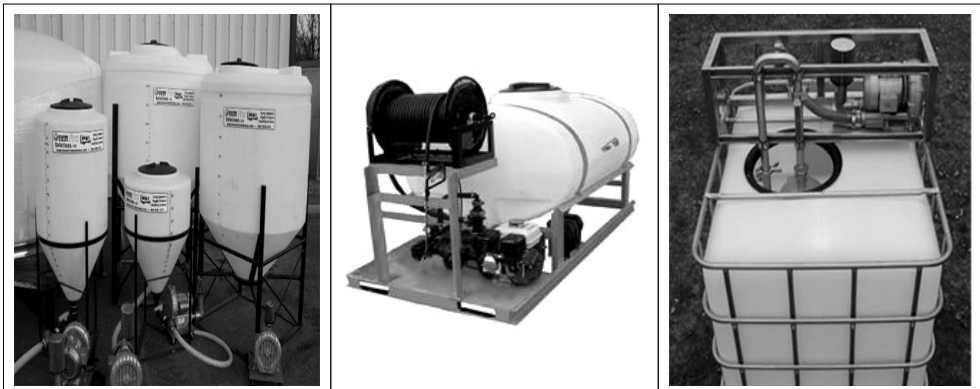


고품질 퇴비차를 만드는 기준은 용존 산소량이다. 용존산소량이 퇴비차 제조 기간 내내 5.5ppm 이상 유지되는지 확인해 보아야 한다.

- 공기를 주입하지 않고 퇴비차를 만들지 말아야 한다. 지속적으로 공기를 주입하지 않으면 미생물들이 재빨리 산소를 소비하여 혐기적 상태가 된다. 혐기적으로 만든 퇴비차는 작물에 해로울 수 있다.
- 지하수를 사용하면 바로 퇴비차 만드는 용도로 사용할 수 있지만 수돗물을 사용한 때는 한시간 정도 공기를 주입하여 염소를 날려보내야 한다. 그렇지 않으면, 염소가 유용한 미생물을 사멸시켜 문제가 생길 소지가 있다.
- 또한 이러한 방식으로 만드는 퇴비차는 1~2일간의 제조 기간이 필요하며 만든 즉시 사용해야 한다. 만약 3일 이상 퇴비차를 제조해야하면, 당밀을 좀더 첨가하여 유용한 미생물들이 다시 활동할 수 있도록 먹이를 공급한다.
- 제조를 마치고 나면 약 40리터 정도의 퇴비차가 나오는데 필요하다면 해조추출물이나 미량광물질과 같은 영양원을 첨가해도 좋다. 퇴비차는 만든 즉시 될 수 있으면 한시간 안에 사용하는 것이 좋다.
- 퇴비차는 옆면 살포를 하거나 땅에 관주할 수 있다. 퇴비차는 작물에 영양분과 에너지가 되어 작물 생육을 도와주고, 유해한 병원균과 해충을 막아주는 역할을 한다. 2주마다 한번씩 작물에 사용하면 매우 좋다.

### 3. 대용량 제조법 (Trough Method)

- 해외에서는 다양한 종류의 퇴비차 제조기가 판매되고 있다. 퇴비차 제조기는 일반적으로 퇴비를 넣는 통과 퇴비망, 산소공급장치, 교반장치 등으로 구성되어 있는데 농장 규모에 따라 용량을 결정하면 된다. 퇴비차를 제조하기 위해 미생물 먹이를 첨가하고 산소를 지속적으로 불어넣어준다.



다양한 종류의 퇴비차 제조기(Compost Tea Brewer)



#### 4. 요약

- 농장 규모와 재정여건에 따라 상업용 퇴비차 제조기를 구입하거나 자체 제작할 수 있다. 퇴비차 제조기에서 가장 중요한 것은 미생물이 충분한 산소를 공급받는가 하는 정도이다. Soil Foodweb에서 연구한 것을 보면 퇴비차 제조기의 종류와 사용하는 퇴비, 미생물 먹이 등에 따라 퇴비차의 품질 차이가 심하기 때문에 주의해야 한다.

참고자료 출처 : [www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org) article (Notes on Compost Teas)  
[www.dep.state.pa.us](http://www.dep.state.pa.us) article (Compost Tea as easy as 1,2,3)

## VII. 퇴비차 연구 사례

### 1. 하버드대학교의 퇴비차를 활용한 토양 복원 프로젝트

2008년부터 하버드대학교에서는 농약과 화학비료를 대신해 퇴비와 퇴비차를 이용하여 유기적으로 교정(校庭)을 관리하는 프로젝트를 진행하고 있다.

#### 가. 프로젝트 배경

- 하버드 교정 토양 복원 프로젝트는 1989년부터 성공적으로 진행되어온 맨하튼 소재 배터리 파크 시티 파크(BPCP)의 유기적 조경관리를 모델로 삼아 진행되었다. BPCP

프로그램은 2008년 하버드대학교 펠로우가 된 에릭 피셔와 동료들에 의해 개발되었다.

### 나. 프로젝트 목적

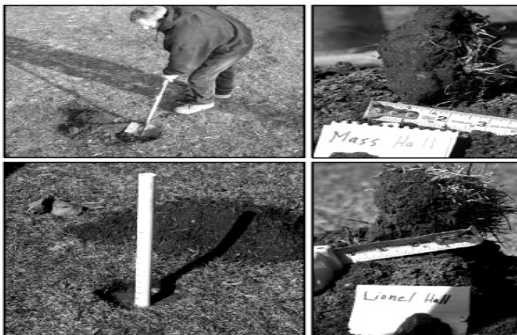
- 합성농약과 화학비료를 사용하지 않고 하버드대학 교정의 토양과 식물에게 생명력과 활기를 불어 넣어 준다.
- 에릭 피셔가 성공적으로 진행시켜온 BPCP 경험과 지식을 하버드 대학교의 유기적 교정 관리 프로그램에 적용하고, 그에 필요한 지원과 투자를 결정한다.
- 유기적 조경 관리의 이점을 하버드 공동체에 알리고, 학술 연구와 교육 기회를 제공한다.

### 다. 현장 실증 시험 (2008년 3월~6월)

#### 5단계 실행 (The 5 Step Process)

1. 살충제, 살균제, 제초제 등 독성 물질 사용 배제
2. 실험구(0.4ha)와 대조구(0.4ha) 지역 토양 검사
  - 현재 토양의 생물상, 물리성, 영양학적 환경 파악
3. 토양상에 맞는 퇴비차 개발과 적용 계획 수립
  - 토양 생물상의 복원과 자연스러운 영양 순환 도모
4. 11월 1일까지 2주 간격으로 뿌리 발육 측정 및 대조군과 비교
5. 기록 및 결과 분석
  - 결과 분석에 따른 수정 프로그램 적용

#### 실험전 토양 검사 (3월 11일)



- 실험 현장 토양의 수분흡수력, pH, 잔디뿌리 분석
- 토양의 생물학적, 영양학적, 물리적성질 검사를 위한 샘플 채취

현장 분석 및 실험실 검사 결과

현장 분석

- 수분흡수력은 실험구와 대조구에서 모두 만족스러운 수준이었다.
- 토양 pH는 6.2~6.4 정도 였다.
- 토양 표면으로부터 5~15cm 밑에서 딱딱한 경반층이 확인되었다.
- 뿌리는 실험구와 대조구 모두 5cm 깊이 정도까지 뻗어 있었다.

실험실 검사

- 평균 유기물 함량은 4.6%로 상대적으로 낮았다.
- 세균은 많은 편이나 1차 소비자인 원충류는 부족하고 사상균도 정상적이지 않았다.
- 질소량은 0.4ha 당 11.3~22.7kg 정도로 낮았다. (정상적인 좋은 토양은 보통 68kg/0.4ha 정도이다.)

토양 복원 전략

- 토양 검사 결과는 명백하게 토양 영양 순환 시스템에 문제가 있음을 지적하였다.
- 토양 복원 전략은 균형 잡힌 토양 미생물 밀도를 유지하는 것과 적당한 영양순환을 위한 활동에 초점을 맞췄다.
- 원충류(Protozoa) 숫자와 사상균 콜로니를 증가시키기 위해 이에 맞는 특별 퇴비차 제조법이 도입되었다. 퇴비차는 퇴비가 갖고 있는 유익한 생물상을 토양에 쉽게 적용하기 위해 호기적 추출 방법으로 만들어 진다.

초기 퇴비차 적용 (4월 1일)



- 실험지역(0.4ha)에 퇴비차 1,135ℓ 를 뿌림.
  - 퇴비차를 뿌리기 직전 약 3.8ℓ 의 액상 휴믹산과 0.95ℓ 의 북대서양 해조추출물(Kelp)을 퇴비차와 혼합 적용.
- 28평을 기준으로 과립형 휴믹물질 (Hydra Hume) 3.6kg과 잔디에 사용되는 천연 퇴적 유기물(TurfPro) 4.5kg을 사용

잔디 보파 (4월 8일)



- 실험지역의 잔디밭 토양이 부드러워지도록 5~8cm 깊이로 공기가 통할 수 있게 송곳같은 것으로 땅을 찔러줌.
- 현재 우세한 종과 가뭄에 잘 견디는 페스큐류를 보파함. 잔디 품종 다양성을 증가시키는 방향으로 선택함.
- 초봄 잔디 보파는 잡초가 자라는 것을 막아주는 효과가 있음.

퇴비 사용 (4월 15일)



- 실험지역 표층에 1.5cm 두께 정도로 퇴비 살포
- 퇴비는 유기물질을 증가시키고 미생물상을 안정시키는 물질로 사용됨.
- 잔디가 파인 부분에 추가적으로 잔디 보파.

뿌리 생육 측정과 퇴비차 주입 (5월 2일)



- 실험지역과 대조지역의 잔디 뿌리 생육 상황을 비교해본 결과 실험지역 잔디 뿌리는 경반층을 뚫고 들어가 15~20cm까지 자라 있었음.
- 대조지역은 잔디뿌리가 5~7.5cm 정도에 머물러 있으며, 경반층을 뚫고 들어가지 못함.
- 모든 나무의 뿌리 부분에 곰팡이 우세형 퇴비차를 물과 1:1로 희석하여 주입함.
  - 퇴비차 757ℓ 당 휴믹산 3.8ℓ 와 해조추출물 1.9ℓ 를 사용 직전 혼합함.
  - 내생균근과 외생균근의 포자도 혼합.

유기 비료 적용 (5월 20일)



- 기존 대비 절반의 유기비료(5-4-3) 사용
- 비료 살포는 식물이 모든 질소를 충분히 흡수할 수 있는 시점을 선택
- 상업화된 화학비료 사용은 자연 양분 순환을 도와주는 유용한 미생물 밀도를 감소시켜 지속적으로 화학비료에 대한 의존도를 높이는 악순환이 계속됨.

퇴비차 (6월 11일)와 유기비료(6월 25일) 사용



- 6월 11일 : 실험지역(0.4ha)에 퇴비차 1,135ℓ 를 뿌림.
  - 퇴비차를 뿌리기 직전 약 3.8ℓ 의 액상 휴믹산과 0.95ℓ 의 복대서양 해조추출물(Kelp)을 퇴비차와 혼합 적용.
- 6월 25일 : 기존 사용량 대비 절반의 유기비료(5-4-3) 사용

라. 토양 건강 증진

토양구조 (Soil Structure)



- 프로젝트의 중간 기점부터 실험지역의 잔디와 나무가 눈에 띄게 활력이 증진됨. 잔디 뿌리 생육 상황, 토양질소 함량 증가, 토양 보수력 증가 등을 볼 때 이 지역의 자연적인 토양 양분 순환 시스템이 획기적으로 개선됨을 알 수 있음.
- 실험지역 잔디 뿌리는 대조 지역보다 7.5~12.5cm 더 길게 자람. 왕성한 뿌리는 화학비료를 사용하지 않고 이루어짐.

질소 수치

- 9월 실험지역의 토양을 재검사한 결과 사용가능한 질소 수치가 프로젝트의 건강한 토양 수치인 44~66kg/0.4ha 까지 높아짐.

[ 작용 기작 ]

- 퇴비와 퇴비차 사용으로 사용가능한 질소의 결정 인자들인 유용한 사상균, 세균, 1차 소비자(원충, 선충)의 밀도가 높아짐.
- 사상균과 세균 특히 리조스포라(근균)는 뿌리 근처에서 효과적으로 질소를 고정하며, 식물의 질소 이용율을 향상시키고, 미생물 밀도를 향상시켜 1차 소비자가 미생물을 소비함으로써 질소도 함께 이용하는 효과가 있음.
- 1차 소비자는 대사산물로 이렇게 섭취한 질소를 내보내고, 이 질소를 식물이 다시 이용하게 됨.

토양 보수력 증가

- 이번 프로그램은 지상부보다 지하(뿌리) 생육 증가에 초점을 맞추었음.
  - 뿌리가 왕성해지면 수분 요구량이 줄어들고 면역력이 향상되어 더 건강한 작물이 됨.
- 실험지역은 뿌리가 깊게 뻗어 토양 보수력이 좋아짐으로써 대조지역에 비해 관수량이 30% 줄어듬.
- BPCP는 하버드 정원관리와 비교할 때 관수 양이 50% 정도에 불과함.
- 실험지역 토양에 잉여 질소가 없어 잔디가 천천히 자라서 대조 지역보다 잔디 깎는 횟수가 절반으로 줄어듬.

마. 하버드 퇴비차 제조법

○ 나무용 : 사상균 우점용 [ 제조 24~48시간 ]

용기 (L)	퇴비(kg)	해조추출물(g)	어분(g)	hydra-hume 휴믹산(g)	식물성기름(ml)	전분
60	1.4~1.8	112	112	112	5	1/2컵
120	2.8~3.2	224	224	224	10	1/2컵
200	3.2~3.6	336	336	336	10	1/2컵
400	4.5~5.4	672	672	672	10	1/2컵

○ 잔디용 : 세균 우점용 [ 제조 18~24시간 ]

용기 (L)	퇴비(kg)	당밀(g)	해조추출물(g)	어분(g)	식물성기름(ml)
60	1.4~1.8	112	112	112	5
120	2.8~3.2	224	224	224	5
200	3.2~3.6	336	336	336	5
400	4.5~5.4	672	672	672	10

퇴비차 제조기 및 학생교육



Eric T. Fleisher and Wayne Carbone (Manager FMO Landscape Services) show off the new Compost Tea Brewer in Harvard Yard.



FMO Landscape Manager, Wayne Carbone, shows local youngsters how Compost Tea is made.

참고자료 출처 : Harvard Yard Soils Restoration Project  
(Summary Report February 2009)

## 2. 경기도 농업기술원 퇴비차 연구

- 가축분 퇴비를 이용한 퇴비차 제조 및 사용효과 규명

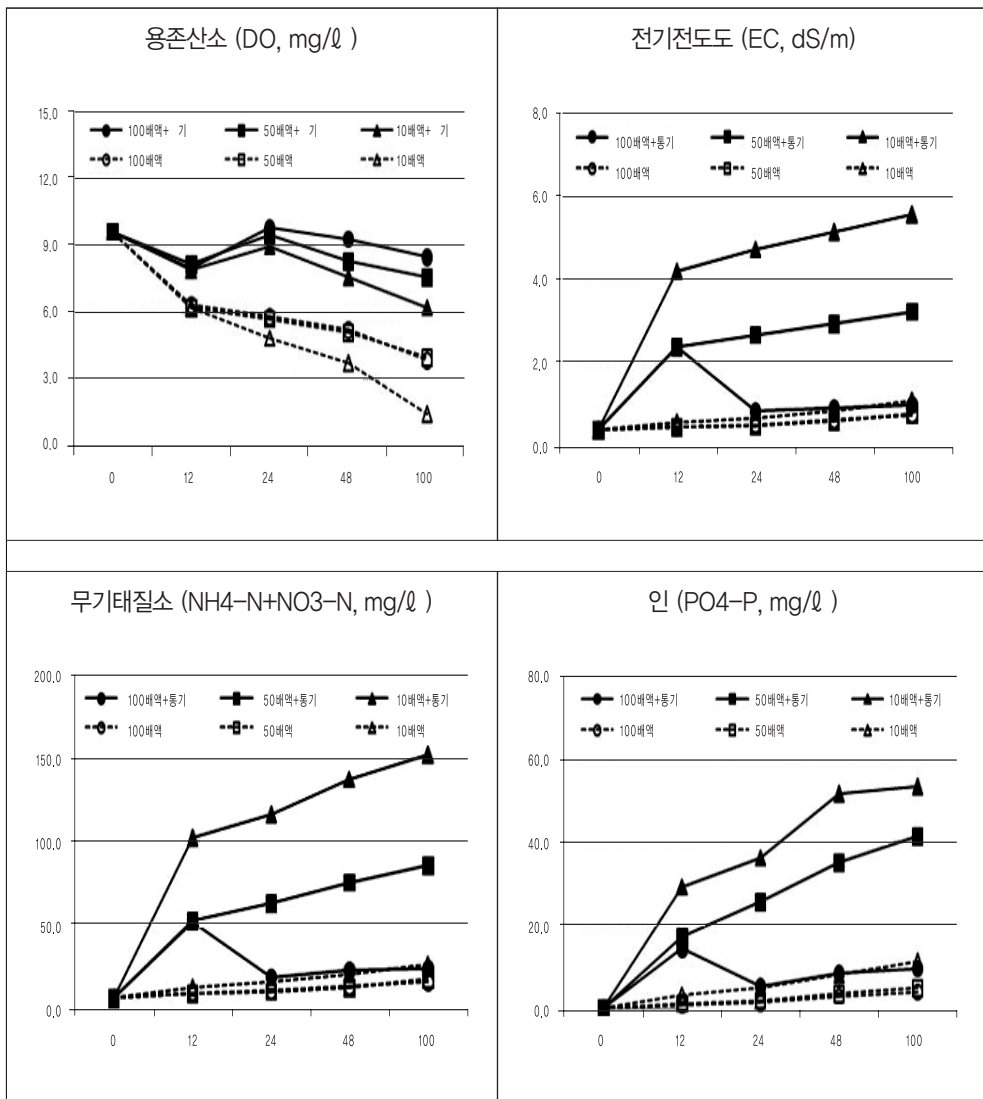
2009년부터 경기도 농업기술원에서는 지역단위 친환경 물질순환 연구의 세부과제로 '가축분 퇴비를 이용한 퇴비차 제조 및 사용효과 규명' 연구를 추진하고 있다. 2010년까지 발표된 내용을 토대로 연구결과를 정리해 보았다.

가. 연구 목적

- 가축분뇨 퇴비를 이용하여 유기농업 자재인 퇴비차 제조 및 시용 기술을 확립하여 유기농업 기술 및 가축분뇨 친환경 순환이용 확대

나. 계분 톱밥 발효퇴비를 이용한 퇴비차 제조 시험

- 물과 계분발효퇴비 비율(물:퇴비)을 10배, 50배, 100배로 조정하여 100시간동안 통기적 방법과 혐기발효 방법으로 제조했을 때 퇴비차의 경시적 성분변화를 측정했다 (20ℓ 용기에 기포기 설치).



해 석

- 통기적 조건에서는 퇴비가 가지고 있는 무기태 질소가 거의 전량 용출된다. 반면 통기적 조건이 아닐 때는 퇴비의 양과 상관없이 용출되는 양분이 극히 적다. 통기가 미생물배양뿐 아니라 퇴비로부터 양분 용출에 결정적 역할을 함을 알 수 있다.
- 통기적 조건일 때는 퇴비량에 관계없이 용존산소량이 항상 6ppm 이상으로 유지되었으나 통기적 조건이 아닐 때는 12시간 이후 6ppm 이하였다. 퇴비차 제조 시기가 한 겨울로 퇴비차 제조 과정에서 미생물의 배양이 원활하지 않았다는 것을 용존산소량의 변화로 유추해 낼 수 있다. 그러나 낮은 외기 온도에도 불구하고, 퇴비차내 질소와 인의 유출을 비교해 보면 통기의 중요성을 알 수 있다.

- 시험퇴비 화학성 (계분톱밥발효퇴비)

(단위 : %)

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	T-N (%)	OM/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	NaCl (%)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	수분 (%)
8.9	41.8	41.8	2.11	21.7	2.96	2.49	6.03	1.19	0.44	1,562	13.7	31.7

- 퇴비차 제조 후 화학성 (100배액 48시간 통기 추출액)

pH (1:5)	EC (dS/m)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)
7.6	0.92	16.4	6.7	8.6	123.9	37.7	11.6	42.3	99.0	175.0

## VIII. 퇴비차 제조를 위한 자가 퇴비 만들기

퇴비 속에 질 좋은 유용 미생물이 없다면 고품질 퇴비차를 얻을 수 있는 기회가 없다고 봐야한다. 퇴비차는 퇴비 속에 있는 유용한 미생물을 배양하여 숫자를 늘리는 것이기 때문에 퇴비 자체의 품질에 퇴비차의 품질이 좌우된다. 퇴비를 구입할 때 퇴비 제조과정을 믿을 수 있고, 공인데이터를 갖고 있는 업체의 것을 구입하는 것이 우선이다. 일반적으로 퇴비품질을 확인할 수 있는 방법은 내용물이 완전 부숙되어 형태를 알아볼 수 없으며, 색이 검고 냄새가 향긋해야 한다. 악취가 나거나, 구더기가 보이는 것은 부숙이 덜 되었거나 혐

기적 부패가 진행되었다고 보아야 한다. 시중에서 판매되는 부산물 퇴비는 보통 축분을 50% 이상 함유하여 고속발효시켜 만든 것으로 완전 부숙된 제품을 찾기 어렵다.

시중에서 판매되는 퇴비의 품질을 믿을 수 없다면 가장 좋은 방법은 자가 퇴비를 제조하는 것이다. 퇴비차용 퇴비를 직접 만들면 원료의 안전성을 보장하고, 다양한 유용미생물이 배양된 완숙퇴비를 사용할 수 있다.

본 연구에서는 고품질 퇴비차 제조를 위해 사무실 식당에서 발생하는 남은 음식물을 이용하여 퇴비화 연구를 추진하였다. 본 연구를 통한 자가 퇴비 제조 방법을 소개하고자 한다.

### 1. 좋은 퇴비를 만들기 위한 조건

#### 고품질 퇴비를 위한 중요 조건

가. 퇴비 재료는 다양하게!

- 탄소와 질소비율을 맞춰 미생물이 잘 자랄 수 있도록 볏짚, 낙엽, 팽연왕겨, 톱밥, 콩깍지와 같은 마른재료, 청초, 축분, 남은 음식물과 같은 젖은 재료, 재, 쌀겨, 부엽토, 유기토양 등 미생물 배양에 도움이 되는 재료 활용

나. 수분은 40% 이상 ~ 65% 이내

다. 뒤집기 - 미생물 활성화를 위해 거친 원료, 마른 원료를 섞어 수분을 조절하여 통기성을 좋게 하고, 고온 퇴비화를 위해 퇴비더미를 뒤집어 주어야 함.

#### 퇴비재료 (먹이, C/N율)

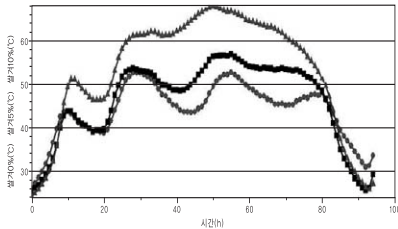
가. 분해성

- 미생물이 활발히 늘어나서 유기물을 분해하려면 적당한 먹이가 있어야 한다. 미생물에 의한 퇴비 부숙은 대개 3단계로 구분되는데 첫 단계가 호기성균이 당류, 아미노산, 지방산 등 분해되기 쉬운 재료를 이용해 발효열을 내는 단계다. 퇴비 초기에 발효열이 발생하여 퇴비더미 온도가 상승하지 않으면 고온 단계를 거친 안전한 퇴비를 만들기 어렵다.
- 따라서 분해가 쉬운 재료가 많이 들어가면 쉽게 온도를 끌어올릴 수 있으며 그만큼 쉽게 분해되기 어려운 물질을 빨리 부숙시켜 사용할 수 있다.
- 분해가 쉽고, 영양분이 풍부해 미생물이 좋아하는 먹이로는 대표적으로 쌀겨를 들 수 있다. 쌀겨, 밀기울, 소맥피, 깻묵 등은 모두 미생물이 쉽게 분해하고 영양분이 풍부한 먹이로 성공적인 퇴비를 만들기 위해서 필요한 재료들이다.

[ 실험 1 : 쌀겨첨가에 따른 남은 음식물 퇴비화 비교 ]

■ 연구 방법

- A : 남은 음식물 3kg + 팽연왕겨 10%(300g) + 왕겨숯 10% + 펠라이트 10%  
풍화천매암 10% (쌀겨 무첨가)
- B : 남은 음식물 3kg + 팽연왕겨 10%(300g) + 왕겨숯 10% + 펠라이트 10%  
풍화천매암 10% + (쌀겨 5% 첨가)
- C : 남은 음식물 3kg + 팽연왕겨 10%(300g) + 왕겨숯 10% + 펠라이트 10%  
풍화천매암 10% + (쌀겨 10% 첨가)



■ 연구결과

- 최고온도 A: 53°C B: 57°C C: 68°C
- 57°C도 이상 지속 : A,B 없음 C 51시간
- 96시간후 수분감소  
A 31%, B 41%, C 41%

■ 고찰

- 연구 기간 중 외기 최저 21°C, 최고 30°C 였고 남은 음식물은 밥과 감자껍질, 다듬은 야채 등으로 퇴비화에 적당한 환경이었음에도 쌀겨를 첨가하지 않은 경우 퇴비화 최고 온도가 53°C였다. 쌀겨를 10% 첨가한 경우 쉽게 57°C 이상 고온에 도달하였으며 고온 유지시간도 길었다. 쌀겨와 같이 분해가 빠른 재료의 첨가가 고온 퇴비화에 중요함을 알 수 있다.

나. 재료의 다양성

- 퇴비화 과정 중 탄소는 미생물의 에너지원으로 질소는 영양원으로 사용된다. 퇴비 원료의 탄소와 질소 비율을 탄질율(C/N비)이라 하는데 퇴비화 과정에 크게 영향을 미치는 중요 요인이다. 퇴비화를 위해 적당한 질소와 탄소의 비율은 대략 20~30 정도이다.
- 퇴비 만들기에 많이 이용되는 재료들의 탄질율은 아래와 같다.

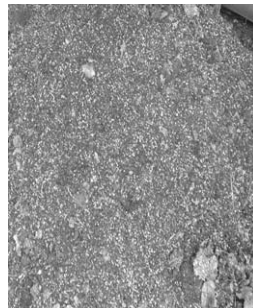
종류	계(돈)분	쌀겨	왕겨	청초	땅콩짚	낙엽	음식물쓰레기	톱밥	볏짚
C/N	8~12	8	94	12	20	45	7	500	50~100

- 퇴비재료는 작을 수록 표면적이 넓어 쉽게 분해되지만 반면 통기성이 나빠지기 때문에 혐기상태로 쉽게 진행되기도 한다. 때문에 탄질율, 크기 등을 고려하여 가능한 다양한 종류의 퇴비 재료를 확보하는 편이 좋다.

- 일반적으로 부피를 기준으로 마른 갈색재료(톱밥, 왕겨, 낙엽, 볏짚 등)와 푸른재료(남은 음식물, 청초, 축분류 등)를 3:1 비율로 섞으면 적당한 수분과 탄질율을 맞출 수 있다. 재료의 크기도 크고 작은 것을 적당히 혼합하여, 분해를 촉진시키면서도 충분한 통기가 이뤄질 수 있게 해야 한다.
- 퇴비를 만들 때 고등어대가리와 같은 생선부산물을 넣으면 질소질 보충에는 도움이 되지만 파리 구더기가 많이 생기고, 쥐를 불러들일 수도 있다. 식물성 재료만을 사용하면 구더기 등의 발생은 많이 줄일 수 있다.
- 수분조절을 위한 재료도 팽연왕겨, 톱밥 등 한가지 종류만 사용하는 것보다 팽연왕겨, 흙, 톱밥, 숯, 낙엽, 잔가지 등을 골고루 섞어주면 양질의 퇴비를 만드는데 도움이 된다.
- 퇴비더미의 크기가 작아도 재료의 종류가 다양하고, 수분이 조절되면 온도를 높이는데 전혀 문제가 되지 않는다. 남은음식물 3kg, 팽연왕겨 300g, 왕겨숯 300g, 펄라이트 300g, 쌀겨 300g, 풍화천매암 300g을 섞어 마대자루에 넣고 퇴비를 만들어 보았는데 최고온도가 68℃까지 올라갔다. 이 경우 수분증발이 부숙을 막는 제한 요인이 되어 물을 뿌려 주어야 했다.



팽연왕겨만을 수분조절제로 사용한 경우 수분이 증발되며 딱딱이 굳어버림.



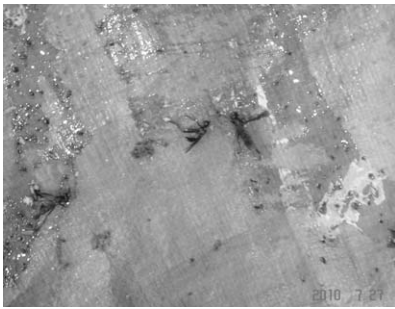
수분조절제로 펄라이트, 왕겨숯, 팽연왕겨를 고루 사용하면 통기성이 좋아지고, 수분증발 후에도 굳지 않음.

퇴비를 만들기 위한 곤충 활용

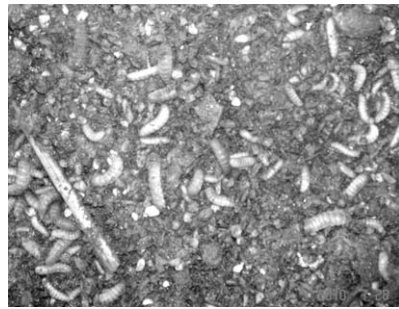
- 다양한 재료를 사용하여 퇴비를 만드는 초기에는 파리, 동애등애와 같은 곤충 애벌레 발생이 심하다. 퇴비가 유기물이 분해되어 더 이상 분해되기 어려운 물질과 분해과정 중에 새로 합성된 물질의 복합체, 부식(Humus)이라 하면 유기물 분해를 효과적이고 빠르게 일으키는 것 중 하나가 곤충의 애벌레다.
- 동애등애는 유기성폐자원의 처리를 위한 유용곤충으로 농촌진흥청에서도 많은 연구를 진행하였다. 음식물쓰레기 10kg에 분해 우수종으로 선발된 동애 등애의 유충 약 5천 두를 투입할 경우 3~5일이면 음식물 쓰레기의 80% 이상이 분해된다. 동애등애가 음식물 쓰레기를 먹고 배설하고 퇴비를 만드는데 2~3일만 되면 양질의 퇴비를 만들어서 좋은 거름으로 사용할 수 있다.

퇴비를 만들기 위한 곤충 활용

- 필자의 남은 음식물 퇴비화 실험 과정에서 생선부산물을 사용한 초기 집파리 애벌레가 발생하였으나, 며칠 후 동애등애가 우점하고부터는 파리 애벌레를 찾아보기 힘들었다. 동애등애는 자연발생하였다.
- 약 1m<sup>3</sup> 되는 퇴비더미에서 발생한 동애등애 애벌레를 관찰한 결과 퇴비더미 내부 온도가 70℃에 가깝고, 외부 온도도 40℃가 넘었지만 매우 활발히 남은 음식물을 분해하였다. 1~2주후 더 이상 먹어치울 음식물이 없어지자 자연소멸되는 것으로 볼 때 여름철 남은 음식물을 이용하여 퇴비를 만들때 인위적으로 동애등애 애벌레를 첨가하는 것도 퇴비화를 촉진시키는 좋은 방법일 듯하다.



○ 아메리카 동애등애 성충



○ 퇴비더미에 발생한 동애등애 애벌레

뒤집기

- 퇴비더미를 뒤집는 이유는 퇴비가 70℃ 이상 고온으로 올라간 경우 온도를 낮춰 퇴비화에 적합한 온도를 유지하고, 통기성을 좋게 하기 위해서이다. 또 퇴비더미를 뒤집어 줌으로써 재료들이 잘 섞여 고른 품질의 퇴비를 만들 수 있다.
- 그러나 퇴비더미를 뒤집는 데는 노동력이 많이 든다. 퇴비더미를 뒤집는 노동력을 줄이기 위해서는 통기성이 좋은 재료와 퇴비더미의 온도를 높일 수 있는 재료를 고루 사용하는 편이 좋다. 재료가 적당하면 1~2회 뒤집기만으로도 양질의 퇴비를 만들 수 있다. 시간이 오래 걸리기는 하지만 뒤집기를 하지 않고, 시간이 해결해 주기를 기대할 수도 있다.
- 외국에서는 가정용으로 판매되는 퇴비제조기가 많이 있다. 간편하게 뒤집기 할 수 있도록 다양한 아이디어를 결들여 생산된다. 많은 양이 아니라면 간편하게 뒤집을 수 있는 기계를 이용하는 것도 좋겠다.
- 다양한 재료들로 이루어져 있으며 수분이 적당하고, 통기성만 좋다면 나머지 환경은 큰 제한요인이 되지 않는다. 단, 미생물이 활발히 활동하는 온도는 20℃ 이상이기 때문에 외기온도가 낮으면 퇴비 만들기가 훨씬 어려워진다.

뒤집기



다양한 종류의 가정용 퇴비 제조기

## 2. 부식

○ 퇴비는 앞에서 설명했듯이 주변에서 얻을 수 있는 각종 유기성 자원을 퇴적, 발효 시킨 것이다. 눈에 보이는 곤충의 애벌레, 미소동물로 시작해 눈에 보이지 않는 세균, 방선균, 사상균, 원충류, 선충 미생물이 퇴비 재료에 달려들어 더 이상 쉽게 분해되지 않을 때까지 이 먹이를 먹어치운다. 이 과정이 끝나 퇴비가 안정화 상태에 접어들면 재료에 따라 차이가 있지만 대략 탄질율이 30~40%인 부식질이 만들어 진다. 부식은 쉽게 분해되지 않은 퇴비재료와 미생물의 사체, 대사산물 등이 엉켜 만들어진 검은색의 유기화합물이다. 퇴비 재료에 따라 부식 생성량이 매우 다른데 쉽게 분해되지 않는 리그린, 셀룰로오스의 함량이 높을수록 부식 생성량이 높고, 부식질이 되는데 걸리는 시간도 길다. 재료별 초기 무게를 100으로 보았을 때 내구 부식 생성량을 표로 정리해 보면 아래와 같다.

퇴비 재료의 내구 부식 생성량							
종류	벼짚	왕겨	보릿짚	유채대	낙엽	갈대	톱밥
부식 생성율(%)	10.8	12.8	13.2	15.4	15.8	20.0	48.5

이렇게 생성된 부식은 토양 속에서 오랜 기간 지력을 유지시켜 준다. 부식은 비료를 붙잡아 둘 수 있는 보비력과 보수력이 매우 크다. 또한 양성적 성질을 가지고 있어 음이온과 양이온을 고루 붙잡고 있을 수 있으며 중금속의 유해작용을 감소시킨다. 또한 미생물의 먹이와 거처가 되어 다양한 미생물이 활동할 수 있도록 도와준다. 이 과정에서 부식과 토양 미생물, 점토 등이 엉켜 토양 입단을 형성하여 토양의 물리성이 좋아지게 되는 것이다. 부속된 완전퇴비는 아무리 많은 양을 써도 토양에 해가 없다.

### 3. 퇴비와 보카시

- 퇴비는 유기물의 분해를 통해 얻어지는데 이 과정에서 에너지의 손실도 크다. 초기 재료가 가지고 있는 단백질, 탄수화물 등의 에너지원은 퇴비를 만드는데 소모되기 때문에 비료로서의 역할보다는 오랜 기간 효능을 발휘하며 지력을 유지하는 효과가 있다. 때문에 쌀겨, 깻묵, 제과부산물, 대두박 등 쉽게 분해되는 재료는 값도 비싸고 훌륭한 비료 원이기 때문에 미생물을 활성화 시킬 수 있는 양만을 퇴비 만들기에 사용하고 나머지는 유기질 비료원으로 사용하는 편이 좋다. 쉽게 분해되는 유기질원을 미생물로 발효시켜 미생물 균강, 유기질발효비료, 보카시(Bokashi), 영양부식 등 다양한 이름으로 부른다.
- 보카시는 변패되기 쉬운 유기물을 미생물로 발효시켜 유용한 미생물이 많이 함유된 균강과 비료의 역할을 동시에 할 수 있으며, 장기 보관도 가능하다. 유기질 비료의 원료로는 동물성은 어분, 골분, 혈분, 잠용 유박(번데기), 계분가공비료, 증제 피혁분 등이며, 식물성은 대두박, 채종유박(깻묵), 혼합 유박, 맥주오니, 혼합유기질비료 등을 들 수 있다. 유기질비료의 대략적인 비료 함량은 질소 4%, 인산 2~3%, 칼륨 1% 정도이며 C/N율은 7~10% 정도이다.
- 유기질 발효비료(보카시)를 만들 때는 에너지의 손실을 최소화 하기 위해서 온도관리에 유의해야 한다. 보카시 제조는 유기물의 분해를 목적으로 하는 것이 아니라 유용한 미생물을 배양하여, 재료의 보존력과 흡수율 등을 좋게 만드는 것이다. 때문에 재료의 수분함유량이 적으며 미생물이 활성화되기 어렵지만, 반대로 높아도 부패하기 쉽기 때문에 재료의 수분은 30~40%가 적당하다. 수분이 높으면 보존력이 나빠지고, 에너지의 손실도 크다. 수분은 적은 것이 높은 것보다 좋다. 제조 온도도 40℃ 이상을 넘지 않게 관리해야 한다. 40℃가 넘으면 중온성 미생물이 급격히 사멸하고, 에너지의 손실을 가져온다. 보카시를 만들 때 교반기를 이용하면 편한데 교반기가 없는 경

우 재료 높이를 50cm 정도로 하여 보온력을 줄이고, 교반을 쉽게 해야 한다. 보카시를 만들 때, 흙이나 맥반석, 게르마늄 등 광물질 등을 적절히 섞으면 수분이 마르며 딱처럼 굳는 것을 방지하고, 미량 광물질을 보충할 수 있다.

- 유기질 발효비료(보카시)는 속효성으로 사용 후 2주면 건물의 60% 이상이 모두 분해되며 나머지 40%는 퇴비와 마찬가지로 6개월 이상 천천히 분해되며 지력유지에 도움을 준다. 보카시의 비료효과는 사용후 2주만에 거의 소멸된다고 보면 기비로 사용하는 것보다 필요한 시기에 덧거름이나 액비를 만들어 사용하는 편이 효율적이다. 기비로 과량사용하며 불필요한 에너지 손실을 부르고, 화학비료를 다량 사용한 것처럼 염류집적의 원인이 되기도 한다.
- 유기질 발효비료(보카시)는 유용한 미생물이 다량 배양된 균체 역할을 하고, 영양이 풍부하여 난분해성 물질 분해에 큰 도움을 주기 때문에 퇴비 만들 때 균강으로 활용되기도 하며, 가축에 먹이면 생균제 역할을 한다.

퇴비와 유기질 발효비료(보카시) 비교

구분	퇴 비	유기질 발효비료(보카시)
최종산물	부식	발효된 유기질
질소함량	1% (적음)	4~6% (많음)
제조기간	수개월~재료에 따라 수년	1주일~1개월
제조온도	55℃ 이상 고온을 반드시 거쳐야함.	저온 (40℃ 이하)
사용	토양 입단 형성 등 지력 유지 (물리성개선) 비료 가치는 적음.	비료가치가 커 덧거름이나 액비원으로 사용
효과 기간	지효성	속효성 60%(2주) + 지효성 40%

제주친환경보타리 연구회 보카시 제조법

[ 보카시 제조법 ]

■ 보타리 발효비료(보카시) 재료

유기물 종류	비율	첨가이유
쌀 겨	40%	N,P,K(비료) 역할
깻묵 (유박)	± 10~30%	N,P,K(비료) 역할
어분	± 10~20%	N,P,K(비료) 역할
계껍질	5%	방선균활성화 및 토양산도 조정
골분	5%	인산칼슘역할
맥반석, 활성탄	5%	미네랄보충, 토양개량, 미생물활성화 등
당밀, 미생물원액	적당량	발효촉진

■ 만드는 법

1. 발효 미생물원액 1ℓ 와 당밀 10ℓ 를 총 재료분량 무게의 25~30% 물에 잘 희석한다.
2. 위의 물과 발효비료 재료를 교반기를 사용하여 잘 혼합한다. 혼합 후 손으로 쥐어보면 만두처럼 되나 손가락으로 누르면 부서지는 정도가 적당하다.
3. 미강의 자체 수분은 하절기에 15%, 동절기에는 10% 정도이며, 발효되비 수분은 30~35%를 유지하는 것이 가장 좋다. 수분이 적은 것이 많은 것보다 안정적인 발효비료를 제조하는데 이상적이다.
4. 발효방법은 호기적 방법과 혐기적 방법이 다 가능한데, 초보자는 혐기 발효하는 것이 쉽다. 혼합된 재료를 비닐봉지에 넣은 후 공기를 빼고 밀봉한다. 여름철에는 2주, 봄가을에는 약 5주 정도 발효기간이 필요하다.
5. 잘 발효된 것은 냄새가 향긋하면서 술 찌꺼기 냄새가 풍긴다. 장기 보관하려면 수분 10% 내외로 까실까실할 때까지 말린다. 보관시 직사광선은 피해야 한다. 보타리 발효비료는 생돈분, 우분과 같은 재료를 혼합하여 제조해도 문제가 없다.

\* 자료참고 : 제주형 친환경 생태농업(botari) 교육자료집

볼리비아의 보카시 제조법

**[ 1,500kg용 보카시 제조법 ]**

■ 천연비료(보카시) 재료

- 가축분(닭, 소, 토끼, 양, 염소 등) 400kg
- 잘게 썬 곡물 짚(귀리, 벼, 호밀, 밀 등) 400kg
- 흙(돌이나 수풀이 아닌 곳에서 얻은 것) 400kg
- 숯(작은 조각) 120kg
- 쌀겨, 옥분 또는 사료용 곡물가루 20kg
- 흙이 산성인 경우 석회 1kg
- 이스트, 옥수수엔실지리, 또는 이전에 만든 보카시 몇 kg
- 당밀 1ℓ + 물 225ℓ

■ 만드는 법

1. 짚을 시작으로 해서 흙, 축분, 숯, 왕겨, 석회 순으로 층층이 반복해서 쌓아 올린다.
2. 당밀은 물에 녹인 후, 유기물과 함께 혼합한다.
3. 층은 수평하게 50cm 높이까지 쌓아 올리고, 발효과정 동안 온도가 유지되도록 덮개를 덮는다.
4. 물은 처음 재료를 쌓을 때만 사용한다. 일단 미생물이 활동하기 적합한 수분만 맞춰지면 더 이상 물을 보충할 필요가 없다.
5. 약 2주간의 발효기간 동안 퇴비더미에서 열이 발생하지만 손을 댈 정도로 뜨거우면 안된다.
6. 보카시를 만드는 첫 2주간 서늘한 지역에서는 하루 한번, 더운 지역에서는 하루 두 번 뒤집기를 한다.

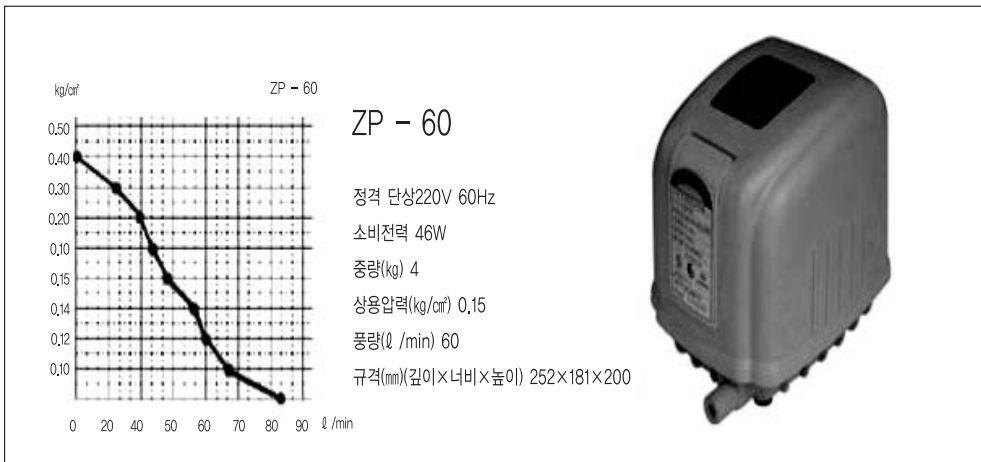
재료가 발효되어 보카시가 되기까지 2주정도 걸린다. 그러나 한달정도 여유를 두고 보카시를 사용하는 편이 더 좋다.

\* 자료참고 : IFOAM Training Manual on Organic Agriculture in the Tropics

## IX. 농가형 퇴비차(Compost tea) 제조기 제작

### 1. 소용량 기포기 활용법 (Bucket-Bubbler Method)

- 양동이나 큰 통에 퇴비를 담은 망을 넣고 수족관에서 사용하는 기포발생기에 3구짜리 공기분배기와 분산기를 달아 제작하였다. 기포발생기는 풍량에 따라 여러 종류가 판매 되는데 분당 60ℓ 이상의 대용량 기포 발생기를 사용하는 것이 좋다. 60ℓ 용 기포 발생기에 에어스톤 세 개를 장착하면 400ℓ 용량의 퇴비차를 만드는데도 큰 문제가 없다.



- 소규모 퇴비차 제조기 제작

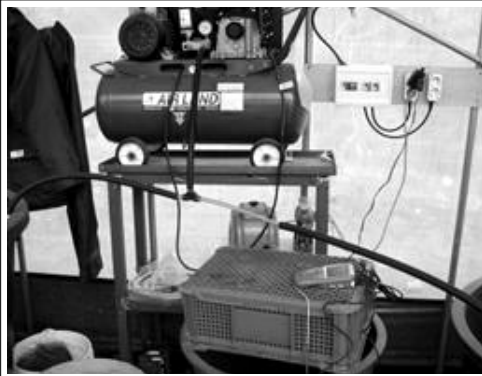


수족관에서 사용하는 기포발생기에 공기 분배기와 에어호스 3개를 단다. 기포발생기는 분당 60ℓ 이상의 대용량 기기를 구입하는 편이 좋다.

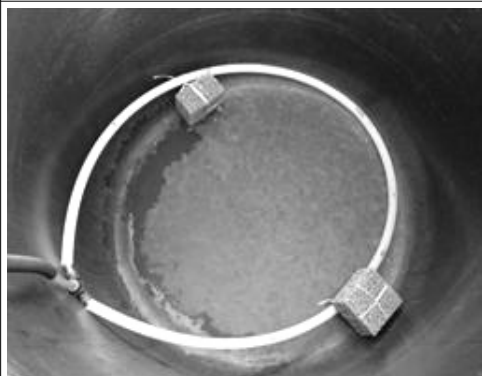
	<p>1m 이상 되는 긴 튜브를 공기분배기에 연결하고, 에어스톤이 달린 공기 분배기를 물통 바닥에 닿도록 위치시킨다. 이때 공기펌프가 수면보다 위에 위치해야 물이 역류하여 공기펌프가 고장 나는 일이 없다.</p>
	<p>물통 위에서 10~20cm를 남기고 물을 통속에 가득 채운다. 통은 크기는 20~400ℓ 까지 원하는 양에 맞춰 다양하게 활용 가능하다. 20~40ℓ 크기의 통이라면 에어스톤을 한개만 넣어 한꺼번에 3통을 만들 수도 있다.</p>
	<p>기포를 발생시키면 옆의 사진처럼 기포가 올라온다. 에어스톤이 무겁기 때문에 적당한 간격을 유지하여 에어스톤을 위치시키면 따로 고정하지 않아도 활용가능하다.</p>

## 2. 에어 콤프레셔 활용법

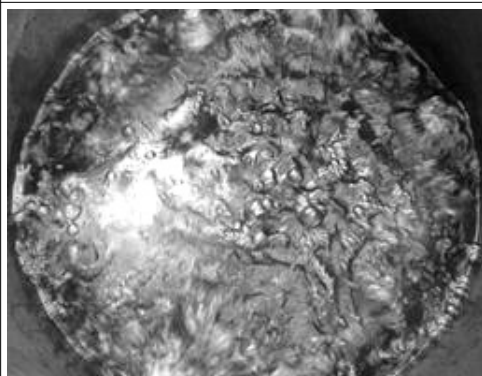
- 400ℓ 이상 대용량으로 퇴비차를 제조할 경우 에어 콤프레셔에 파이프를 연결하여 기포를 제작하는 것도 고려해볼 만 하다.



10마력짜리 에어컴프레서에 에어호스를 연결하고 분배기를 달아 400ℓ 와 600ℓ 고래통 두개에 동시에 에어를 공급할 수 있도록 제작해 보았다. 10마력이면 충분한 양의 기포를 공급할 수 있다. 에어컴프레서가 파이프 위로 위치하여 역류에 의해 손상을 입는 것을 방지해야 한다.



호스를 고래통 바닥에 연결시키고, 호스에 엑셀 파이프를 덧씌워 내구성을 보강하였다. 엑셀파이프와 호스는 10cm 간격으로 지름 1cm의 공기 구멍을 뚫어 놓았다. 고래통 바닥에 호스를 고정시키기 위해 양쪽 끝에 벽돌 두개를 매달아 보았다.



기포를 발생시키면 옆의 사진처럼 기포가 올라온다. 기포는 크기가 미세한 것이 꼭 좋은 것은 아니며 오히려 미생물의 배양에 해를 미칠 수 있다.



농가형 간이 퇴비차 제조기이다. 소규모부터 대용량까지 무리없이 활용이 가능하다. 에어컴프레서에는 타이머를 달아 10분 가동 후 3분 정지하는 방식으로 사용하였다.

## X. 퇴비차(Compost tea) 재료

### 1. 적용 작물에 따른 퇴비차 재료

- 퇴비차는 대상 작물에 따라 재료를 달리하는 편이 좋다. 예를 들어 채소와 같은 일년 초 작물에 작용할 것인지, 과수에 사용할 것인지에 따라 도움이 되는 미생물 종류가 틀리고, 이 미생물들은 또한 좋아하는 먹이가 다르다.
- 퇴비차 대상 작물에 따른 어떤 미생물이 우점하는 것이 좋은지 표로 정리해 보았다.

퇴비차 적용 작물	퇴비차 방식
채소, 풀(잔디)	적당한 세균 우점
관목 (블루베리 등)	세균과 곰팡이 균형
활엽수	적당한 곰팡이 우점
침엽수	강한 곰팡이 우점

- 사용하고자 하는 작물이 위 표에 없다면 가장 비슷한 적용 작물을 참고하면 된다. 예를 들어 가정원예(꽃 가꾸기)를 위해서라면 세균과 곰팡이가 적당히 균형을 이룬 편이 좋겠다.
- 대부분의 경우 퇴비차는 적용 작물에 따라 구분하는 것이 좋지만 땅이 심한 사양토라면 곰팡이가 우점하는 퇴비차를 사용하는 편이 좋다. 곰팡이는 토양 구조를 만드는데 세균보다 훨씬 도움이 된다.

### 2. 퇴비차 제조에서 가장 중요한 재료

- 퇴비차를 만드는데 가장 중요한 재료는 당연히 ‘퇴비’이다. 세균이 우점하는 퇴비차를 만들기 위해서는 세균우점 퇴비를 사용해야 하고, 곰팡이 우점 퇴비차를 만들기 위해서는 곰팡이 우점 퇴비를 사용해야 한다.
- 퇴비를 만들때 세균이 우점하는 퇴비를 만들기 위해서는 세균이 좋아하는 먹이 환경을 조성해야 하는데 위에서 설명했듯이 C/N비가 낮아야 한다. C/N비를 낮추기 위해서는 질소성분이 높은 쌀겨, 청초, 축분의 비율이 높아야 하고, 반대로 곰팡이 우점 퇴비는 낙엽이나 팽연왕겨, 볏짚과 같은 수분조절제의 비율이 높고, 청초나 쌀겨와 같은 질소 성분 재료가 적어야 한다.

### 3. 기본적인 퇴비차 재료

○ 20ℓ 용 기본적인 퇴비차 재료

세균+곰팡이 균형 퇴비차	세균 우점 퇴비차	곰팡이 우점 퇴비차
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 퇴비 700g (곰팡이+세균 균형 퇴비)</li> <li>• 휴믹산 45g</li> <li>• 액상 캘프 30g</li> <li>• 당밀 30g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 퇴비 700g (세균 우점 퇴비)</li> <li>• 당밀 60g</li> <li>• 액상 캘프 30g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 퇴비 900g (곰팡이 우점 퇴비)</li> <li>• 휴믹산 60g</li> <li>• 액상 캘프 30g</li> <li>• 귀리가루 2 티스푼</li> </ul>

○ 20ℓ 용 개량된 퇴비차 재료

- 세균 우점 퇴비(지렁이 분변토) 1 컵
- 곰팡이 우점 퇴비(부엽토) 1컵
- 산 흙 1컵
- 유기농 밭 흙 1컵
- 당밀 45g
- 단풍나무시럽, 액상 캘프, 휴믹산, 가수분해 어분 각각 30g
- 암석가루(맥반석 등) 3 티스푼

※ 확실한 곰팡이 우점 퇴비차를 만들고 싶으면 상품화되어 판매되는 곰팡이 포자를 첨가하거나, 토착미생물을 자가 배양하여 곰팡이를 키운 후에 사용 할 수도 있다.

### 4. 퇴비차에 적용 가능한 재료

○ 아래표는 퇴비차에 적용 가능한 재료들과 이 재료들이 세균과 곰팡이 중 어느 미생물을 키우기에 더 적당한지 나타내준다.

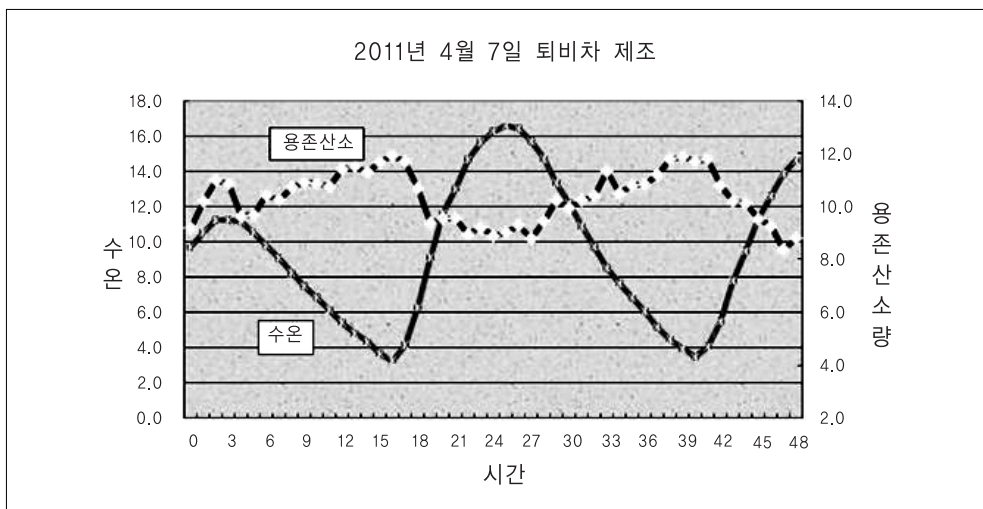
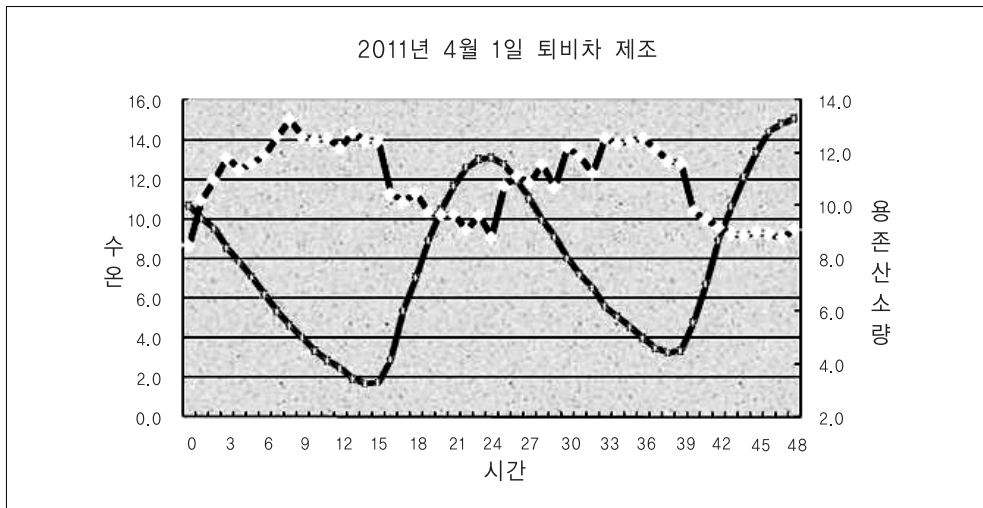
재 료	적당한 미생물	재 료	적당한 미생물
당밀	세균	단풍나무시럽	세균
옥칩	세균	생선 아미노산	세균
설탕	세균	가수분해 어분	곰팡이
과일즙	세균/곰팡이	귀리가루	곰팡이
캘프, 암석가루	세균/곰팡이	유카	곰팡이
휴믹산	세균/곰팡이	대두가루	곰팡이

참고자료 출처 : [www.compostjunkie.com/compost-tea-recipe.html](http://www.compostjunkie.com/compost-tea-recipe.html)

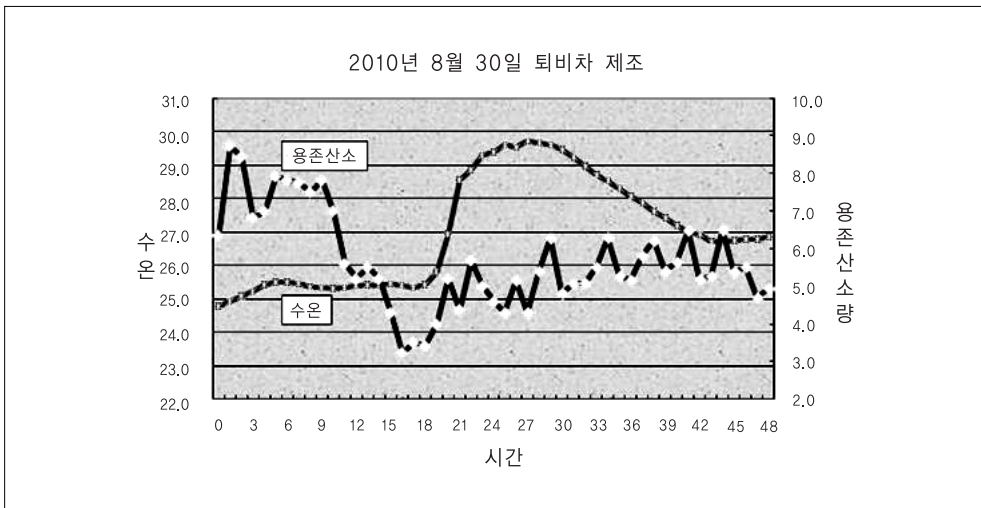
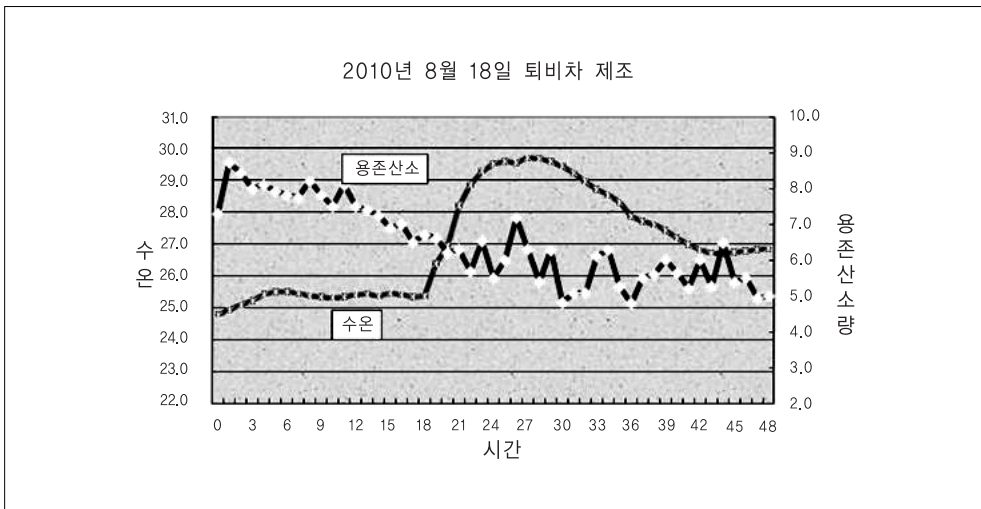
## XI . 퇴비차(Compost tea) 배양 온도와 시간

### 1. 퇴비차 제조 온도에 따른 배양시간 결정

- 퇴비차를 제조하는 계절에 따라 미생물을 배양하는 시간이 달라져야 한다. 미생물 배양은 온도에 영향을 많이 받으며, 수온이 낮으면 증식에 어려움이 있다. 4월과 8월 2회에 걸쳐 퇴비차를 제조하고 제조 온도에 따른 배양시간을 결정해 보았다.
- 퇴비차 재료로는 자가 퇴비와 방선균, 유산균, 바실러스, 슈도모나스 등을 인공 배양한 유기질 비료를 혼합사용(4%) 하였으며 당밀(0.2%)을 첨가하였다.



- 4월중 퇴비차를 제조하며 온도에 따른 용존산소의 변화 추이를 살펴보았다. 수온이 10℃ 이상이고 배양 후 18시간 경과후 용존산소가 유의적으로 하락하는 것으로 보아 미생물 증식을 위해서는 최소 10℃ 이상의 수온을 유지해 주어야 함을 알 수 있다.
- 퇴비차를 제조하며 1일차, 2일차, 3일차에 각각 샘플을 채취하여 세균수를 검사해 보았다. 1일차 평균  $2 \times 10^3$  cfu/mL, 2일차  $2.7 \times 10^5$  cfu/mL, 3일차  $5.9 \times 10^8$  cfu/mL 가 검출되었다. 작물 재배에 있어 인위적으로 접종하는 미생물 밀도 기준을  $1 \times 10^6$  cfu/mL 이상으로 본다면 평균 수온이 20℃ 이하일 때는 3일 배양이 적합해 보인다.



- 8월중 퇴비차를 제조하며 온도에 따른 용존산소의 변화 추이를 살펴보았다. 수온이 25℃ 이상이었는데 8월 18일에는 16시간 후 용존산소가 6ppm이하에 도달하였으며

8월 30일에는 9시간이 지나자 용존산소가 6ppm 이하가 되었다. 한여름에는 퇴비차 제조시 얼음덩어리를 한두개 띄워 수온을 낮춰 줄 필요가 있다. 퇴비차 제조에 가장 알맞은 수온은 평균 20 ℃ 이다.

- 퇴비차 제조에 있어 한여름에 제조시 하루를 넘기지 않아도 충분한 양의 미생물을 확보할 수 있으며 배양 시간이 길어지면 충분한 용존산소를 확보하지 못하고 혐기적 배양이 되어 부패균이 침입할 수 있다. 수온이 25 ℃ 에서 세균우점 퇴비는 16시간이면 배양 시간으로 충분했다.

## 2. 퇴비차 사용 적기

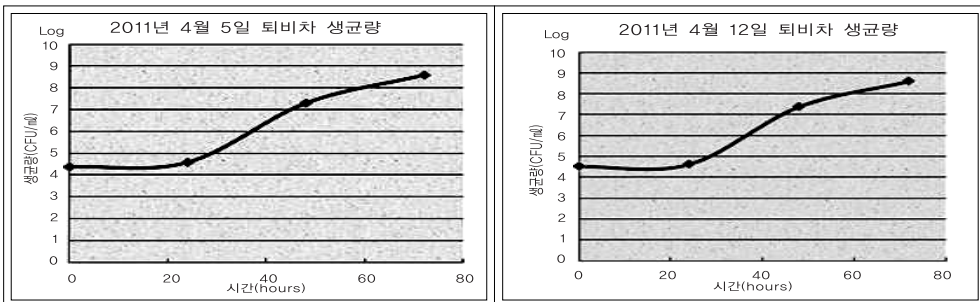
- 퇴비차를 제조하여 활용하는 적기는 만물이 소생할 때와 겨울을 대비할 때이다. 만물이 소생할 때 기운을 북돋아 주며 유해균의 침입을 막고 유용미생물을 우점시킬 수 있다. 겨우내 얼어붙었던 유기물의 빠른 분해를 촉진하여 땅의 상태를 좋게 한다. 또 늦가을, 겨울을 대비하기 위해 땅과 나무에 기운을 주는 용도로 사용하는 것도 좋다. 퇴비차는 낙엽의 분해를 돕는 것은 물론 영양제로 작용한다. 또, 우리나라에서는 한여름 잦은 강우로 작물 병이 다발하기 때문에 하루 이내로 짧게 배양한 세균우점 퇴비차를 병해 방제용으로 사용하는 것도 고려해 볼만 한다.
- 4월 초순과 늦가을에는 퇴비차를 3일 배양하여 충분한 미생물을 확보하고, 여름철에는 24시간 이내로 짧게 배양하여 사용한다.
- 세균 우점 퇴비차는 각종 병을 억제하는 효과를 보인다. 또 유해곤충을 물리치는데도 효과가 있는데 특히 바구미, 굽벙이 유충, 뿌리를 잘라먹는 나방 유충, 풍뎅이 등이 대상 곤충에 포함된다.

## XII. 퇴비차(Compost tea) 내의 미생물

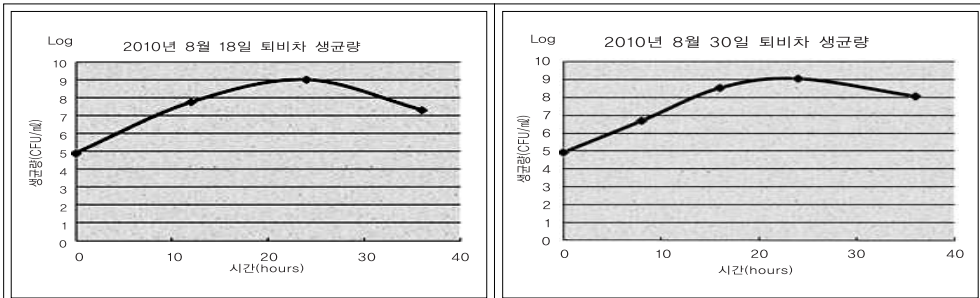
- 퇴비차를 제조하며 위상차 현미경을 이용해 퇴비차 내의 미생물들을 포착하였다. 세균부터 시작하여, 곰팡이, 원생생물, 선충까지 다양한 미생물의 집합체를 확인할 수 있었다.
- 특이한 점으로는 원생동물은 배양시간이 길어지면 늘어나며 세균을 먹이로 하고, 곰

팡이와 방선균 종류도 배양시간이 길수록 많아진다. 그러나 세균은 배양시간이 길면 오히려 줄어든다.

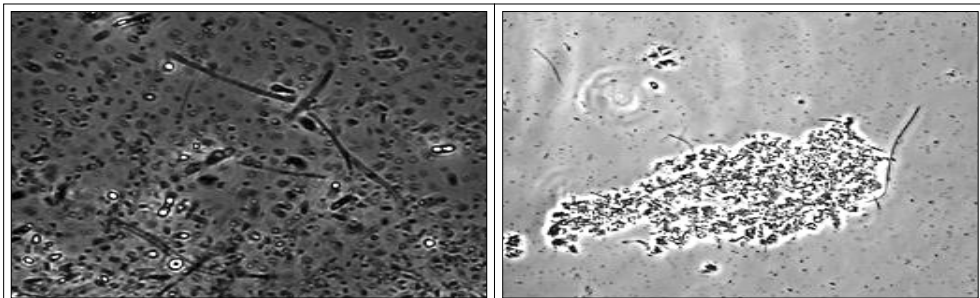
- 퇴비차는 호기성 미생물을 위주로 배양하며 수온에 따라 배양 시간에 차이가 크다. 수온이 평균 10℃정도 되는 초봄과 늦가을에는 3일 배양으로 호기성 미생물 수치를 최대로 올릴 수 있었다. 그러나 한여름 수온이 25℃ 이상일 때는 24시간 이내로 용존 산소량을 유지하고, 호기성 세균도 최대로 배양할 수 있다.
- 병원균에 효과가 있는 유용 미생물을 배양하기 위해서는 질 좋은 퇴비를 사용해야 하며, 시판되고 있는 유용 미생물을 첨가해 주는 것도 좋은 방법이다.



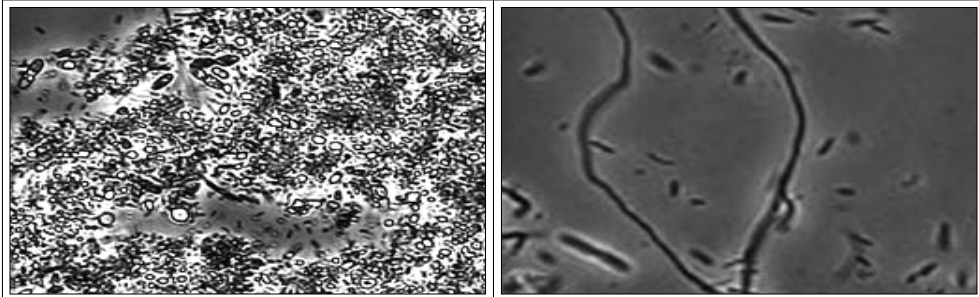
2011년 4월중 퇴비차 생균량을 측정해 보았다. 3일까지 지속적으로 생균량이 증가하였다.



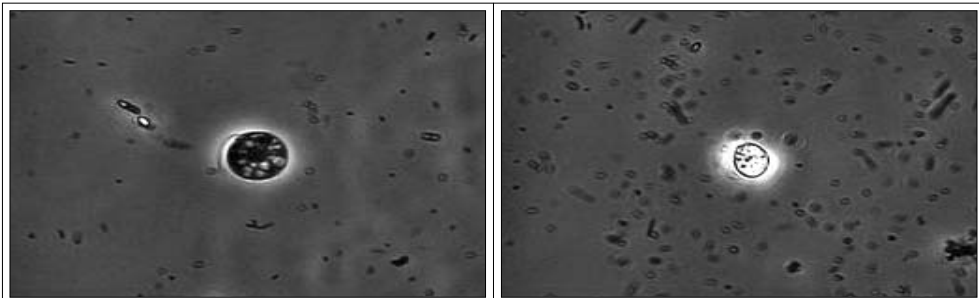
2010년 8월 퇴비차 생균량 측정치이다. 24시간까지는 지속적으로 생균량이 증가하지만 그 이후에는 오히려 균수가 줄어들었다.



퇴비차내 미생물 위상차 현미경 사진



퇴비차내 미생물 위상차 현미경 사진



퇴비차내 Protozoa 위상차 현미경 사진

### XIII. 퇴비차(Compost tea) 사용

- 퇴비차는 얼마든지 자주 뿌려도 되지만 토양 상태와 재배 작물에 따라 양을 달리해야 한다. 토양이 척박하고 사양토일 때는 곰팡이 우점 퇴비차를 자주 많이 뿌리면 토양을 가꾸는데 많은 도움이 된다.
- 유기적 토양 관리가 잘 되어있는 건강한 흙이라면 퇴비차를 일 년에 세 번 정도만 사용해도 충분하다. 그러나 관행농법에 의해 화학비료를 자주 사용해 왔던 토양이라면 격주로 계속 퇴비차를 사용하여 토양 먹이그물에 도움을 주어야 한다. 이렇게 퇴비차를 사용함으로써 다양한 유기체를 가진 유기적 토양으로의 빠른 복원이 가능하다.
- 분해가 덜 된 생유기물이나 미완숙 퇴비를 사용한 경우에 퇴비차를 사용하면 빠른 부숙을 유도할 수 있다.
- 일반적으로 퇴비차를 사용하는 양은 100평당 2리터 정도다. 물에 10배 희석하여 토

양에 골고루 뿌려준다. 작물을 재배중이라면 100평당 2리터는 토양에 관주하고 2리터는 엽면 시비하면 더욱 좋다.

- 퇴비차는 토양에 관주할 때는 원액을 사용하거나 희석하거나 큰 상관은 없지만 엽면 살포를 위해서는 10배 이상 희석하는 편이 안전하다.
- 여력이 되면 많은 양을 자주 사용하는 편이 좋으며 이렇게 많이 사용하면 작물의 각종 병을 효율적으로 예방할 수 있다.