

흙을 살리기 위한 유기물과 미생물의 활용

이태근 · 흙살림 회장

1. 유기농업과 흙살림

유기농업이란?

“유기농업”이란 토양생물, 식물, 작물, 가축, 사람을 포함한 농업생태계에서의 다양한 구성원이 조화를 이뤄 생산성을 최적화하기 위해 설계된 종합적인 생산체계를 말한다.

유기적 생산이란?

“유기적 생산”이란 자원의 순환적 활용, 생태계 균형촉진, 생물 종다양성 유지를 위한 재배적, 생물학적, 기계적 방식 등 종합적인 방법에 의한 생산을 말한다.

유기농업을 해야 하는 이유

1. 다음 세대를 보호하기 위해 :

아이들은 식품 속에 있는 농약성분 때문에 암에 걸릴 위험이 어른들보다 4배나 높다.

2. 토양침식을 막기 위해 :

해마다 30억 톤의 겉흙이 유실되는데 그것은 대부분 토양의 건강을 무시하는 관행농업 때문이다.

3. 수질 보호를 위해 :

미국 환경보호국의 평가결과 농약이 미국인구의 절반이상 먹는 물의 상수원을 오염시키고 있다.

4. 당신의 밥그릇에서 화학물질을 없애기 위해 :

농약은 살아 있는 생명체를 죽이도록 만들어진 것이기 때문에 사람에게도 해롭다.

5. 농부들의 건강을 위해 :

농약을 사용하는 농민들이 가장 직접적인 피해자이며 중독을 일으키기도 한다.

6. 에너지 절약을 위해 :

현재 합성비료를 만드는 데 사용되는 에너지

가 씨 뿌리고, 경작하고, 수확하는 전체 농사일에 들어가는 에너지보다 많다.

7. 농업인과 소규모 농가들을 돕기 위해 :

점점 더 많은 대규모 농가가 유기농업으로 바꾸고 있지만, 대부분의 유기재배 농가는 소규모이며 자립적인 가족농이다.

8. 건전한 경제발전을 위해 :

유기농산물은 비싼 것처럼 보인다. 그러나 당신의 세금은 관행농업에 의해 파괴되는 환경을 보전하고 쓰레기를 처리하는 데 쓰이고 있다.

9. 생물다양성을 증진하기 위해 :

1950년부터 1970년까지 해마다 똑같은 작물을 광범위한 농장에 심어왔기 때문에 생물상이 단순해지고 토질에도 나쁜 영향을 주었다.

10. 음식의 맛과 영양을 위해 :

유기농업은 토양에 양분을 주는 것부터 시작한다. 비옥한 땅에서 영양가 있고 맛있는 작물이 나올 수 있기 때문이다.

최소한 1 2년간의 전환 기간을 갖도록 하며, 국내에서는 전환기 유기재배가 1년 이상 되었을 때 유기농산물 인증을 받을 수 있다.

2) 제초제, 합성농약은 땅을 죽인다.

제초제는 합성약품으로 흙의 생명력을 죽이는 역할을 한다. 풀이 전멸함으로써 연쇄적으로 생물의 순환 고리가 끊어져 지렁이와 곤충이 사라지고 결국에는 죽는 땅이 된다.

3) 농가에서 만드는 퇴비는 흙살림의 시작이다.

농사에 쓰이는 자재중의 가장 기본이 되는 퇴비와 유기질 자재의 자가 제조는 흙을 살리는 농사기술의 시작이며 비용을 낮추는 지름길이다.

4) 과도한 시비는 병해충 발생의 원인이다.

화학비료든 유기질 비료든 과도한 시비는 염류장애 뿐만 아니라 작물을 연약하게 해서 각종 질병과 해충의 번식을 초래하고 결과적으로 이를 해결하는데 시간과 비용이 더 들어간다. 또한 품질을 낮추고 저장성을 나쁘게 한다.

2. 토양 관리 계획

1) 토양 정밀검사에 의한 토양 관리

연 1회 흙살림연구소 또는 농업기술센터에 의뢰하여 토양 정밀검사 후 석회, 유기물, 양분을 균형 있게 투입하여 비료과잉에 의한 토양, 수질오염을 방지한다. 유기질 비료인 쌀겨, 깻묵, 톱밥, 골분, 어분, 혈분 등 천연 비료와 천연

II. 토양 관리와 흙 살리기

1. 토양 관리의 자세

1) 살아 있는 흙은 하루아침에 이루어지지 않는다.

유기농이 가능한 토양은 3~5년의 관리계획에 의해 완성된다. 국제 유기농업 규정에서는

광물질을 이용하여 화학비료의 사용을 최소화한다.

2) 토양 소독

- 완숙 유기물 시용으로 미생물상을 개선함
- 여름철 태양열 소독으로 토양전염성 병원균을 방제함(시설원예)
- 목초액, 식초 등 천연자재로 소독하고 길항미생물을 투입함
- 계껍질 등 길항미생물 증진 자재를 균배양체와 퇴비제조 시 투입하거나 본포에 투입한다.

3) 토양 산도 개선

토양 검정 후 소요량을 계산하여 천연 석회질인 석회석, 석회고도, 패화석, 계란껍질 등을 50 200kg/300평 사용하고 곧바로 토양과 골고루 섞이게 함.

4) 유기물 함량의 유지

토양유기물 함량을 3%이상 유지시키기 위해 자가 제조 부식질이 풍부한 완숙발효퇴비를 연간 2 3톤/300평을 투입한다. 퇴비제조 시 또는 퇴비살포 시 발효미생물(흙살림골드)을 투입하여 유익 미생물을 공급해준다.

5) 양분, 미생물의 공급

완숙발효퇴비는 부식의 증대로 토양의 물리성을 좋게 하는 장기적인 차원에서 사용한다. 퇴비를 비료로 생각하여 과도한 사용은 자제한다.

다. 양분의 공급은 발효 유기비료인 균배양체와 유기질자재를 이용하여 생육 중에 필요한 양분을 공급한다.

6) 미량요소와 토양 개량제의 투입

- 봉사 투입 : 토양검정에 의해 300평당 1-3kg로 살포하고 토양과 골고루 섞이게 함
- 숯가루의 활용 : 2-3년에 1번씩 평당 1kg을 투입하여 토양미생물을 증식시키고, 토양물성을 개선시킴.
- 양이온 치환능력 개선 : 토양비료의 유실을 막기 위해 평당 1kg의 제오라이트를 2년에 1번 공급해 양이온치환능력을 높게 유지시킴.
- 미네랄의 공급 : 맥반석, 암석분말을 퇴비제조 시 투입하여 미량요소와 미네랄을 공급해줌

7) 토양 생물의 증진

무제초제에 의한 토양 내 지렁이, 곤충, 개구리, 도마뱀 등 생물 다양성을 증대시키고, 토양의 물리성을 개선함.

8) 물 관리

오염이 없는 물을 이용하고 지하수는 가능한 공기와 반응시켜 산소가 풍부한 물을 공급함.

관주 시 맥반석, 자가 제조 유기액비 등을 투입하여 작물의 품질을 높임. 질산염을 측정하여 허용기준에 맞는지 주기적으로 확인한다.

III. 흙을 살리는 퇴비, 균배양체, 유기 농업 양분 관리

1. 완숙퇴비

완숙퇴비는 복합비료이다. 축분퇴비의 단점으로는 성분을 조절하기 힘들어 특정 성분이 과잉되거나 부족하게 될 수 있다. 완숙퇴비는 부식이 풍부한 유기물이다. 부식은 토양의 양분보유력을 높이고 토양의 물리성을 좋게 한다. 완숙퇴비는 미생물의 보고이다. 각종 유기 미생물과 미생물의 분비물인 효소 및 천연항생 물질이 함유되어 내병성과 품질을 높인다.

축분이 없는 유기농업용 퇴비의 제조

톱밥, 낙엽, 볏짚 등 탄소질 유기물 1,000kg + 쌀겨 300kg + 흡살림골드(발효미생물) 2kg + 당밀 1-10kg을 혼합 발효, 완숙퇴비를 제조하기 위해 3개월 이상 발효시키고 사용전에 2-3회 뒤집기를 함

미국의 유기농업 퇴비기준

초기 탄질율(C/N율)을 25 - 40로 한다. 공

기 공급 방식의 경우 발효물 온도를 55-77 에서 최저 3일 이상, 퇴적방식에서는 55-77 에서 15일 이상 발효해야 하며 뒤집기를 5회이상 해야 한다.

퇴비차의 제조

병해충 예방을 위해 주로 이용되며, 퇴비에 물을 5-10배를 가하고 공기를 공급해주면서 1-7일정도 발효하여 사용한다. 흰가루병의 예방 및 치료에 효과적이라고 하며, 뿌리발육도 촉진한다.

2. 균배양체 비료 제조와 활용

1) 특징

균배양체는 각종 유기질자재를 배합하여 미생물로 발효시킨 자재로, 주로 축분 외의 자재를 주 배합원료로 이용한다. 축분을 이용한 퇴비의 경우 많은 장점에도 불구하고 양분의 균형을 이루기에는 부적합한 경우가 많은데 비해, 균배양체는 원료 배합법에 따라 양분의 조절이 가능한 것이 장점이며, 발효처리에 의해 흙을 살리는 미생물을 풍부하게 공급하는데도

〈 축종별 퇴비 사용량에 따른 양분 투입량 〉

종류와 투입량	성분함량(%)	질소(kg)	인산(kg)	가리(kg)	분함량(%)
계분퇴비 1,000kg	1.73-1.65-0.47	17.3	16.5	4.7	66.7
돈분퇴비 2,000kg	0.90-1.49-0.19	18.0	29.8	3.8	75.2
우분퇴비 3,000kg	0.41-0.56-0.09	12.3	16.8	2.7	80.0
축분퇴비 1,000kg	1.01-2.03-0.65	10.1	20.3	6.5	41.5

자료) 일본 농림수산성 통계

효과적이다. 속성 발효하여 이용하므로 시간을 절약할 수도 있다.

2) 기본형 균배양체의 제조

기본형 균배양체는 국내 자원을 주로 이용한다. 질소성분이 높은 깻묵과 인산성분이 높은 쌀겨를 1 : 1로 혼합하여 발효처리한다.

원료혼합 : 깻묵500kg + 쌀겨500kg + 흡살 림골드 1봉 + 당밀 또는 설탕 1~10kg + 물 200리터

- 발효법 : 비를 피할 수 있는 곳에서 골고루 혼합하여 수북하게 쌓아둠. 발효열이 축적되면 1주일 이상 발효함. 뒤집기는 1주일에 2번정도 함
- 보관 및 활용 : 장기보관시는 그늘에서 펴서 말려 자루에 담아 보관하고, 곧바로 이용해도 됨.
- 성분 : 질소 3%, 인산 2%, 가리 1%, 수분 30%, 미생물 1그램당 천만마리 내외의 유기질발효복합비료가 됨.

3) 균배양체의 변형제조와 활용

여러 가지 변형 균배양체를 제조할 수 있으나 기본형 균배양체를 주로 사용하여도 된다.

인산이 높은 토양, 질소질을 많이 요구하는 토양에서의 제조 : 깻묵과 쌀겨의 비율을 2 : 1로 배합하고 “활인산골드”로 발효시킨다.

염류집적이 많은 토양, 인삼밭예정지에서의 활용 : 깻묵, 쌀겨, 톱밥의 비율을 1 : 1 : 1로 배합하여 발효한다.

가리 성분을 보완한 균배양체의 제조 : 깻묵, 쌀겨, 일라이트의 비율을 1 : 1 : 1로 배합하여 발효한다.

하우스 추비용 균배양체의 제조 : 깻묵, 쌀겨, 일라이트, 흙의 비율을 1 : 1 : 1 : 1로 배합하여 1달 이상 발효한다.

선충이 많은 토양에서의 균배양체의 제조 : 깻묵, 쌀겨, 계껍질의 비율을 1 : 1 : 1로 배합하여 발효한다.

4) 활용법(300평당)

다비성 작물은 보통 1평당 2kg를 밑거름으로

작 물	밑거름(kg)	덧거름(kg)
벼농사	300	100
엽채류	300~600	100
과채류	300~600	100
과수류	300	100
시설원예	300	100
인삼밭예정지	200~300	
토양개량	100	
퇴비발효촉진	원료 1톤당 20kg 혼합	

자료) 일본 농림수산성 통계

사용하고, 일반작물은 1평당 1kg를 사용한다. 일 반유기물, 퇴비, 복합비료 등과 혼용 가능하다.

5) 사용상 주의사항

- 상토원료로 사용은 가급적 피한다. 단, 상 토에 10%정도 혼합 후 2달정도 발효하면 괜찮음.
- 정식전 7일전에는 사용하여 흙을 안정화 한다.
- 추비시에는 작물의 잎이나 뿌리에 직접 닿 지 않게 사용하고, 가급적 액비로 만들어 사용한다.
- 평당 5kg 이상을 사용하면 가스가 발생 될 수도 있음
- 양분 지속 기간이 2개월 이내이므로 액비 등 추비대책을 세운다.

유기농업용 미생물발효액비의 제조

발효된 균배양체 50kg + 골분 10kg + 혈분 10kg + 일라이트 12.5kg + 당밀 10kg + 활인 산 10리터 + 빛모음 1리터를 물 500리터에 넣 고 7일이상 공기를 넣어 발효하여 관주용 액비

로 활용. 200평에 1주일간격 10~20리터 사용

과일액비의 제조

각종 풀과 과일류(과채류) 400kg + 균배양 체 10kg + 당밀 10kg + 미생물(활인산 10리 터) + 빛모음 1리터를 넣고 밀봉시켜 3개월 이 상 발효시켜 당도 촉진용, 품질개선용 액비로 사용함. 각종 풀을 이용하기도 함

6) 완숙퇴비, 균배양체, 무기물을 이용한 종합 양 분설계(예, 300평 기준)

3. 유기농업 질소질 비료의 이용

유기농업에서 유기물의 공급과 양분의 공급 은 별도로 나누어서 생각할 수는 없지만 대략 질소질이 2%를 넘어선다면 비료적 가치가 큰 것으로 봐야하며, 질소성분으로 1% 이하면 양 분공급보다는 토양에 유기물 공급의 차원에서 그 가치가 크다고 봐야 할 것이다. 질소성분이 1~2% 사이라면 유기물 공급과 비료성분 공급 이 동시에 가치가 있다고 보면 된다.

〈 축종별 퇴비 사용량에 따른 양분 투입량 〉

종류와 투입량	성분함량(%)	질소(kg)	인산(kg)	가리(kg)	성분함량(%)
완숙퇴비 2,000kg	0.5 - 0.5 - 0.5	(5)	(5)	(5)	유기물 공급, 구효성
균배양체 200kg	3 - 2 - 1	6	4	2	밑거름, 속효성
갯묵(유박) 100kg	4 - 0 - 0	4	-	-	밑거름, 질소질 보충
일라이트 100kg	0 - 0 - 5	-	-	5	밑거름, 가리질 보충
균배양체 100kg	3 - 2 - 1	3	2	1	덧거름, 속효성
합 계		13	6	8	

자료) 일본 농림수산성 통계

- 토양의 장기적인 유기물 보급은 질소함량이 낮은 부산물위주로 선택함
- 양분공급 용도로는 작용하는 유기물은 질소함량이 높고 비효가 빠른 것을 이용함.
- 염류 축적지일수록 미숙 축분퇴비를 사용할 것이 아니라 부산물과 유기질비료를 이용하여 토양비료를 조절함.
- 추비용 유기질 비료는 성분이 2% 이상 되는 재료를 발효시켜 사용함
- 화학비료 중 질산태 질소 비료(질산칼슘, 질산가리 등)는 지하수의 질산염농도를 높이는 주범임

추비를 위한 동물성 생선액비의 제조

- 원료 : 생선 400kg + 당밀 100kg + 활인산 10리터 + 빗모음 1리터
- 제조방법 : 25말통에 생선을 차곡차곡 쌓고 당밀과 빗모음, 활인산을 넣고 6개월 이상 발효시켜 사용한다. 냄새가 안 좋으면 당밀과 미생물을 더 첨가한다.
- 사용 방법 : 질소질인 풍부한 생선아미노산액비로 생육촉진과 품질향상에 도움을 준다. 토양관주 시 300평당 3-5리터를 5-7일 간격으로 사용, 엽면살포 시에는 최소 200배 이상으로 희석하여 사용

질소비료 과다 축적 토양의 미생물 활용

- 빗모음(광합성균)을 당밀과 함께 1,000배 액으로 2-3회 사용

콩 재배 시 질소고정균의 활용

- 흙살림에서 공급하는 뿌리균B(뿌리혹박테리아)를 콩 3-5kg에 균을 묻혀 파종하

〈 천연물의 질소 함량 〉

종류	부산물				축분 퇴비			식물성유기질비료			동물성유기질비료		
	톱밥	왕겨	수피	벼짚	우분	돈분	계분	쌀겨	깨묵	대두박	골분	어분	혈분
함량(%)	0.06	0.47	0.5	0.68	0.7	1.4	1.8	2	4~5	6~8	5	6~10	10~12
비효	낮음 ← -----> 빠름												

〈 인산질 비료의 특성 〉

구분	종류	질소(kg)	인산(kg)	가리(kg)	비 고	허용 조건
천연인산질	쌀 겨	2	3	1.5	지방 함유	유기재배
	육골분	6	10	-	칼슘 함유됨	
	중제골분	4	18	-		
	소성골분	1	24	-		요소 포함 안 될 것
무기인산질	과 석		16		수용성	무농약 1/3량 저농약 1/2량
	중과석		30		수용성	
	용성인비		17		칼슘, 규산함유, 구용성	
	용과린		17		칼슘 함유, 구용성	

면 공중질소를 이용할 수 있다.

4. 유기농업 인산질 비료의 이용

유기농업에서의 인산질비료는 천연인산질을 사용하는데, 축분퇴비에는 다량의 인산비료가 함유되어 인산집적의 원인이 되곤 한다. 화산회토에는 인산질의 이용이 낮으므로 밀거름으로 많이 사용하는 경향이나 밀거름을 줄이고 덧거름을 주기적으로 하는 것이 유리할 수 있다. 국내 유기인증에서는 천연인산질만 허용되며, 쉽게 이용할 수 있는 것으로 쌀겨와 증제골분을 들 수 있고 어골(생선뼈)도 훌륭한 인산질 비료이다.

- 유기농업에서는 천연 인산질 위주로 선택하여 사용한다.
- 최근 인산과다 축적으로 토양 검정 후 사용량을 결정해야함
- 인산은 생육초기에 중요하므로 대부분 밀거름으로 사용함.
- 유기농업에서는 쌀겨(1kg/평)와 골분(0.3kg/평)을 주로 사용함.

인산 집적 토양의 미생물 활용

- 인산질 사용을 줄이고 활인산골드(인산가용화균)을 200평당 1봉지를 토양 관리 시기에 사용
- 공생균인 뿌리균A(균근균)를 작물 육묘 시 접종해준다.

- 재배중에는 당밀과 함께 15일마다 활인산(유산균)을 100평당 1리터 관주
- 무기인산을 줄이고 균배양체 액비 제조 시 쌀겨(30kg/500리터) 또는 골분(10kg/500리터)을 추가하여 제조하여 활용함.
- 쌀겨를 이용한 인산액비 제조 : 물 500리터에 쌀겨 50kg을 넣고 활인산 10리터, 빗모음1리터와 당밀 10리터를 넣고 상온에서 7일 이내 호기성 발효시켜 200평당 20리터 관주.

토양 내 인산이 과다 집적되는 원인과 대책

- 일반재배 시 인산함량이 높은 복합비료의 사용 : 저인산 복비를 선택
- 퇴비(돈분, 계분퇴비)의 과다사용 : 섬유질 위주의 퇴비를 사용
- 일본식 인산, 가리질 추비 - 국내토양과 일본의 토양은 인산이용율이 다른데도 인산을 많이 추비하는 일본식을 따르는 경우가 많음 : 국내토양 시비법을 따름
- 질소질의 과다시비(질소질 억제에 인산과 가리가 효과적이라고 믿음) : 질소 시비량을 줄여줌.

5. 유기농업에서 가리질 비료의 이용

가리질 비료는 기본적으로 유기태 가리질은 존재하지 않는다. 국내에는 저렴하고 성분이 높은 천연자재가 산출되지 않기 때문에 특히 유기농업에서 불리하다. 유기농업에서는 재,

퇴비, 암석분말, 일라이트 등을 통해 공급할 수 있다. 무농약, 저농약 인증에서는 일반 가리질 비료를 허용범위 내에서 사용할 수 있다.

- 천연가리질은 일반적으로 함량이 낮으나 재는 높고 빠르게 나타남, 비 맞은 재는 성분이 낮음(2%)
- 액비 제조 시 재(10kg/물500리터)나 일라이트(25kg/물500리터)를 추가하면 가리질이 높아짐.
- 밭에서 염화가리는 염류집적이 심함, 논에서는 황산가리가 황화수소를 만들 수 있음.

- 시판중인 가리질 비료를 이용할 경우, 해당 작물의 가리 요구량이 성분으로 10kg이 필요하다면 무농약 인증에서는 가리성분 총량 3.3kg(황산가리로 6.6kg), 저농약 인증에서는 5kg(황산가리로 10kg)까지 허용된다.

6. 유기농업에서 석회질 비료의 이용

석회질비료는 국내 생산이 풍부한 비료이다. 생석회와 소석회는 땅을 굳게 하는 성질이 있으므로 유기농업에서는 천연석회를 주로 이용한다.

< 가리질 비료의 특성 >

구분	종류	가리함량(%)	비고	허용조건
천연 가리질	퇴 비	1~1.5		유기재배
	암석분말	1	토양개량	
	일라이트	5~7	토양개량	
	재	8	알카리성	
가리질비료	염화가리	60	발토양 산성화	무농약 1/3량 저농약 1/2량
	황산가리	50		
	황산가리고토	22	고토18%, 유황22%	

< 석회질 비료의 종류와 특성 >

구 분	가공석회		천연석회					
	생석회	소석회	석회고토	석회석	패분	계란껍질	패화석	계껍질
알카리분	80	60	53	45	40			
칼슘함량	70	54	30(+21)	38	31	37	25	20
주 성 분	산화칼슘	수산화칼슘 탄산고토	탄산칼슘	탄산칼슘	탄산칼슘	탄산칼슘	탄산칼슘	탄산칼슘
허용조건	무농약/저농약재배		유기재배					
중화도	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ← 높음 -----> 낮음 </div>							

- 칼슘함량이 높을수록 토양중화가 빠르며, 과잉중화도 더 잘 발생함
- 칼슘함량이 낮을수록 사용량을 늘릴 수 있음
- 산도(pH) 1을 높이는데 100-200kg/300평 소요됨
- 산도가 7.0을 넘어서면 석회사용량을 절반이하로 줄여야 함.
- 유기농업에서는 천연석회를 사용함.
- 고토 부족 시에는 석회고토나 패화석을 활용함.

유기농업용 칼슘액비의 제조

- 목초액 또는 현미식초 20리터에 조개껍질 또는 계란껍질을 1-2kg 넣고 따뜻한 곳에 놔두고 기포(탄산가스)발생이 멈추면 윗물을 이용함.(고토석회를 이용할 수 있음)
- 칼슘함량은 1% 이내로 목초액, 현미식초 사용법에 준함.
- 용도 : 칼슘공급, 곰팡이 병해 예방 및 억제

일반칼슘제의 엽면 살포 - 일반재배에만 해당

- 질산칼슘 0.75-0.1%액, 1주 간격, 2-3회
엽면 살포 : 생육 과다 시 사용 불가
- 염화칼슘 0.3-0.5%액, 1주 간격, 2-3회
엽면 살포 : 다량 사용 시 하우스 염류 축적
- 제1인산칼슘 0.3%액, 1주 간격, 2-3회
엽면 살포 : 다량 사용 시 질소 흡수 억제

7. 유기농업에서 광물질과 미량요소의 활용

유기농업에서 퇴비, 유기비료의 사용으로 미량요소의 부족은 거의 발생하지 않지만, 맥반석 또는 그 지역의 암석분말, 작물재배를 하지 않은 신선한 산야토, 제오라이트 등을 이용하면 극복될 수 있다. 토양분석 후 부족한 성분에 대해서는 미량요소 비료의 사용을 허용한다. 3년에 1번 정도는 미량요소까지 토양정밀검사를 한다.

IV. 토양생물과 미생물의 종류와 이용

1. 토양 생물의 종류

- 미생물 : 세균, 방선균, 곰팡이 등
- 원생생물 : 아메바, 선충 등
- 절지동물 : 각종 곤충류
- 환형동물 : 지렁이 등

2. 미생물의 다양한 구분법

1) 생물학적 구분

- 세균 : 유산균, 바실러스균, 광합성균 등
- 방선균 : 스트렙토마리세스균
- 곰팡이 : 페니실리움균, 아스퍼질러스, 트리코테르마 등
- 효모 : 빵효모, 맥주효모 등

2) 산소 이용에 따른 구분

- 호기성균 : 바실러스균

- 통성 혐기성균 : 유산균, 광합성균 등
- 절대 혐기성균 : 메탄생성균, 일부 유산균

3) 먹이 이용에 따른 구분

- 유기물 이용균 : 일반 세균 등
- 무기물 이용균 : 질산화성균 등

4) 빛 이용에 따른 구분

- 광합성균(빛을 이용하는 균) : 녹색광합성균, 홍색광합성균
- 일반균(빛을 이용 못하는 균) : 유산균, 효모, 바실러스균 등

5) 기능에 따른 구분

- 병원성균 : 각종 동식물의 병원성 세균 및 곰팡이
- 길항균 : 병원균을 억제하는 각종 균
- 발효균 : 김치발효, 술발효, 빵반죽발효, 간장, 된장 발효
- 부패균 : 악취발생 또는 병원성균의 증식, 특정 혐기성균의 증식

6) 발효 산물에 의한 구분

- 젖산 생산균 : 젖산생산(유산균 등)
- 낙산 생산균 : 낙산 생산(클로스트리디움균)
- 초산 생산균 : 초산균(아세트박터균)
- 알콜 생산균 : 술 발효균(효모, 아스퍼지리우스 등)
- 아미노산 생산균 : 코리네박테리움 등

- 항생물질 생산균 : 페니실리움(곰팡이), 스트렙토마이세스(방균)
- 의약품 생산균 : 인슐린, 비타민등 각종 의약품 생산균
- 효소 생산균 : 단백질 분해효소, 탄수화물 분해효소, 섬유질분해효소 생산균 등

3. 주요 미생물의 종류

1) 유산균(=젖산균)

공기가 있건 없건 20~40 에서 대단히 빠른 속도로 자라며, 배양 과정 중 젖산을 생산하여 산도를 저하(pH 4)시키고 과산화수소(H₂O₂)를 생성함으로써 병원성 미생물의 증식을 억제하며 도양 병해를 방지한다.

또한 각종의 생리 활성 물질(비타민, 아미노산, 핵산 등), 항균물질, 항암물질을 생산함으로써 작물의 경우 식물체 자기 방어 능력을 증가시키며, 가축의 경우 장내 미생물상 안정화, 사료 효율 증가, 내병성 증가 효과를 나타낸다. 엔실리지(담근먹이)의 제조에도 이용된다.

작물재배에서는 인산과 각종 비료의 활성을 높게 해주어 생육을 촉진시키며, 각종 액비제조 시 발효에 활용된다. 가장 흔히 사용되는 균주는 간균(桿菌)인 *Lactobacillus acidophilus*와 구균(球菌)인 *Streptococcus lactis* 등이 있다.

2) 효모(Yeast, 이스트)

쌀겨, 밀기울 등 농가 부산물의 발효시 열 발생의 주요 미생물로서 유기물 분해 능력이 뛰

어나며 어떠한 악조건에서도 발효력이나 생존력이 우수하다.

따라서 악취발생원(축사 바닥 등)에 살포시 악취 제거 효과가 뛰어나다. 또한 아미노산, 비타민 등 작물 및 가축 성장에 필수적인 성분을 다량 생산하며 사료의 기호성을 높여준다. 공기가 있어야 잘 자란다. 주로 이용되는 균주는 *Saccharomyces cerevisiae*이다.

3) 방선균(방사선균)

병원성 곰팡이의 천적 미생물로서 토양 내에서 자라면서 병원균을 죽이거나 생육을 정지시키는 항생물질을 만들어 내는 유익균이다.

양질의 활성화된 토양이나 유기질을 많이 넣은 토양은 방선균의 밀도가 높은 특징이 있다. 퇴비발효시 내부 온도가 70~80일 때 퇴비내 우점 미생물은 고온성 세균과 고온성 방선균이며, 퇴비를 많이 넣은 토양의 병해 억제 능력이 바로 방선균에 의하여 생성된 다량의 항생물질 때문이다.

또 흙의 고유한 냄새가 바로 방선균의 냄새이기도 하다. 버섯 배지를 살균 후 후발효시키는 이유도 방선균을 배양하기 위한 것이며 방선균 배양이 잘 된 배지는 버섯 종균 접종 후 활착과정에서 잡균의 오염이 거의 없게 되는 것도 널리 알려진 사실이다.

주로 이용되는 균주는 *Streptomyces* 속 균으로 흙살림에서는 생명공학연구원과 함께 항생물질을 생산하는 균주를 이용한 제품개발을 수행해왔다.

4) 곰팡이

곰팡이는 생육 속도가 느린 편이며, 퇴비 발효시 발효 후반기에 나타나는 것도 이 때문이다. 섬유질 분해 능력이 우수하여 톱밥, 볏짚과 같이 섬유질 성분이 많은 유기물의 발효는 곰팡이에 의하여 완성된다.

균근균(마이코리자)이라고 하는 곰팡이는 작물 뿌리에 밀착 성장하면서 토양 내 난용성 성분(특히, 인산)을 흡수하여 작물에 제공하기도 하며, 또 뿌리 표면의 물리적 방어벽 역할을 하여 뿌리 병해를 방지하기도 한다.

즉, 곰팡이는 종류에 따라서 작물에 병을 일으키는 것이 있는가 하면 병원성 곰팡이로부터 작물을 보호해 주는 것도 있다.

흙살림에서는 길항력이 있는 트리코데마(*Trichoderma* 속)와 인산가용화균인 페니실리움(*Penicillium* 속)을 연구개발하였고, 축산에서는 누룩곰팡이(*Aspergillus* 속) 균을 이용하고 있다.

5) 광합성 세균

마치 식물처럼 햇빛을 이용하여 광합성을 행하는 세균이다. 진홍색을 띠며 균체내 단백질 함량이 매우 높고 각종 비타민, 미네랄, 생리 활성 물질 및 향균, 항바이러스 물질을 다량 생산한다.

광합성 세균은 암모니아, 유화 수소, 유기산 등 각종 악취 발생 물질을 섭취하면서 자라므로 악취 제거 효과가 우수하다. 광합성 세균은 가스 제거 역할도 수행함으로써 하우스의 미숙

유기물 시용에 따른 가스 피해를 방지할 수 있는 미생물이다.

또한 오염된 더러운 물의 정화 능력도 뛰어나 양어장의 정수 처리용 미생물로도 사용되고 있다. 농업에서 주로 이용되는 균주는 Rhodopseudomonas 속 균으로 황색비유황세균으로 분류된다. 발근촉진 효과와 화아 형성에 도움을 주며, 착색 촉진에도 효과적으로 이용된다.

6) 비티(B/T)균

미생물 살충제로 널리 사용되는 세균으로서 균체내에 독소를 만들며, 해충(청벌레, 좀나방, 자벌레, 파밤나방, 명나방 등)의 유충이 이 독소를 먹게 되면 장이 파괴되어 죽게 된다. 최근에는 토양 유해 선충을 죽이는 B/T균도 개발되고 있다. 주로 이용되는 균주는 Bacillus thuringiensis 이다.

7) 고온성 미생물

보통의 미생물들은 20~35의 온도에서 잘 자라나 이들 고온성 미생물은 50~70의 고온에서 최적 생장을 하며, 또한 그 활성이 대단히 우수한 각종 효소를 생산한다. 흙살림에서는 태양열 처리 시 고온성미생물을 이용한다. 고온성 미생물에는 세균이 많다.

8) 질소 고정균

모든 식물체는 대기 중의 질소를 질소원으로 직접 이용할 수 없으므로 화학 합성 질소비료

를 사용함으로써 질소분을 섭취하게 된다.

그러나 질소 고정 미생물은 대기 중의 질소를 고정하며 작물이 이용할 수 있는 형태로 만들어 줌으로써 질소비료 시비량을 절감시킬 수 있다. 주로 콩과작물에서 잘 관찰되지만 대부분의 작물이 다양한 질소고정균과 공생관계를 형성한다. 콩과에 공생하는 균은 리조비움 속이며, 다른 작물에 공생하는 균은 아조토박터 속이 많다.

9) 일반 호기성 세균

공기가 있는 상태에서 각종 유기물을 분해하면서 자라는 집단으로서, 균종에 따라서는 병원성 미생물을 억제하거나, 동식물 성장에 필요한 영양 성분을 생산하는 등 식물체의 모든 부위에 밀접한 관계를 가지는 미생물 집단이다. 토양을 분석해보면 각종 세균, 방선균, 곰팡이 등이 매우 많이 존재하는데 작물재배토양은 세균이 우점하고, 산림토양은 곰팡이가 우점한다.

V. 유기농업에서 윤작 효과

1. 공중질소 이용

환원가능한 유기물의 생산을 통한 토양유기물의 증진 및 근류균에 의한 공중질소의 이용이다. 윤작을 구성할 때 화분과 작물과 같이 유기물을 많이 생산하는 작물이 포함된 흙은 토양유기물함량이 증가하고, 두과작물과 같이 근류균에 의한 공중질소를 고정시키는 작물이 포

함된 흙은 질소의 함량이 증가한다.

따라서 토양내 유기물과 질소를 증가시키는 데는 화분과와 두과작물의 조합에 의해 관리하고, 동시에 토양미생물을 증식시켜 양분의 공급을 증대시킬 수 있다.

2. 토양 개량

토양은 윤작에 의해 토양의 물리성과 생물상을 개량시킨다. 물리성과 미생물상의 개량은 토양양분의 유효화와 작물뿌리의 기능을 향상시켜 양분의 공급능력을 개선시킨다.

3. 토양 양분균형 유지

작물은 윤작에 의해 양분 균형이 이루어지고 염기균형도 유지된다. 작물별로 양분흡수 특성이 다르기 때문에 양분흡수 특성이 다른 작물을 조합함으로써 양분 및 염류의 토양 내 균형이 이루어지고 시비량을 절약할 수 있다.

토양에 양분과 염류가 집적된 토양은 맥류 또는 옥수수과 같이 양분을 많이 흡수하는 화분과 작물을 조합하는 것이 양분을 효율적으로 이용하는 합리적인 조합이라고 할 수 있다.

채소 연작토양에서는 질소, 인산과 염류농도가 높아지고 고토와 가리의 비율 등 염기성 비료의 균형이 악화되고 있어 양분흡수량이 많은 옥수수를 비롯한 화분과 작물을 재배하여 양분의 균형을 맞추어 비효를 증대시키고, 유기물을 토양에 환원하여 유기물함량을 증대시키는

것이 중요하다.

4. 병해충 경감

윤작에 의해서 토양병해충을 경감시킬 수 있다. 토양병해충은 주로 토양전염성 곰팡이나 선충이 대부분을 차지하고 있는데, 선충은 기주특이성에 의해 유전적 관련성이 먼 작물과의 윤작으로 감소시킬 수 있다.

토양병해의 방지 또한 유기물의 보급으로 감소시킬 수 있는데, 유기물이 풍부하면 토양미생물이 다양해지고 탄질율이 증가함에 따라 병원성 미생물이 필요로하는 영양원이 감소하므로 토양병해가 감소하는 경향을 보인다.

작물연작시 토양미생물의 기주 특이성에 따라 토양미생물상이 단순해져 특정 병해 발생이 쉬워지는데, 이때 화분과 및 목초를 도입하여 토양유기물 증가와 토양양분 및 토양미생물의 조절을 통해 어느 정도 병을 경감시킬 수 있다.

5. 토양 유실 방지

동절기 및 휴작 기간에 윤작을 도입하여 토양 유실을 방지하고 생산성과 토지이용성을 높일 수 있다.

6. 생물다양성 증진

간작과 혼작에 의해 토양이용율을 높이고 농업생태계의 다양성을 구축한다. ●