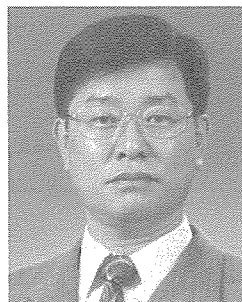


원적외선 방사 바이오 세라믹스 혼합미생물 복합분말 비료의 개발

상희선 · 경일대학교 교수



원적외선 방사 다공성 바이오 세라믹스·혼합미생물 복합분말 비료를 개발하여 현장 실험결과 유실물의 종류에 따라 약간 다르나 성장율이 평균 40%, 열매는 평균 50%증가, 당도는 평균 30% 향상되는 결과를 얻었다.

1. 서 언

미생물의 이용은 의약, 식품가공, 공해대책, 환경보전, 작물생산 등의 많은 분야에서 자연농법과 더불어 응용되고 있으나 국내의 기술은 아직 초보적인 단계에 머무르고 있다.

현재, 농약, 화학비료, 축산폐기물, 쓰레기, 하수 등의 농·축산업에 의한 환경오염이 문제화되고 있으며, 근본적인 대책이 요구되고 있으며, 이는 미생물을 제외하고는 문제를 해결할 수 없다. 이에 대하여 몇 개의 서적과 연구결과(1)~(8)가 있으나 복합분말에 관하여는 없다.

본고는 미생물의 역할을 적극적으로 평가하여 그 효과를 높이고 응용기술에 목표를 맞추고 원적외선 방사 다공성 바이오 세라믹스 분말

을 제조하고, 여기에 미생물을 혼합·담체화 한 후 숙성 발효시켜서 비료로 사용할 수 있도록 한, 혼합미생물·다공성 바이오 세라믹스의 복합분말을 제조할 수 있는 기술에 관하여 기술적인 문제를 필자가 연구·실험한 결과(9)를 정리하여 기술한다.

미생물은 수분, 통기성, pH, 기온 등 주위조건이 미생물의 응용효과에 크게 관계된다. 복합분말은 식물 뿌리에 영양분 및 유용한 미생물을 안정적으로 제공하고, 굳어 있는 토양에 통기성, 보수, 보비력을 부여함으로써 토질을 개량시켜 식물생장을 현저하게 촉진시킨다.

현재 연구기관에서 토양의 병해 방제를 위한 미생물에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 파·부추 등의 재배에 길항미생물을 이용하는 제품이 판매되고 있다. 이와 같이 의도적으로 미생물을 이용하므로써 토양병해를 방제하거나 토양을 개선하려고 하는 움직임이 확대되고 있으나, 그 효과는 아직 미온적인 경우가 많다. 그 이유는 농약과 달리 살아있는 길항미생물을

배양하고 응용하는 기술이 단순하지 않고 사용조건과 대상에 따라 효과가 일정하지 않기 때문이다.

또한 농약이 환경과 토질개량면에서 문제시되고 있는 요즘 미생물의 활약은 기대되는 바가 크다. 미생물에는 병해 방제와 토양의 활성화라는 점에서 볼 때 대단히 중요하다. 실험실에서 병원균에 대해 강한 항균작용을 갖는 미생물이라고 해도 그것을 실제 작물에 투입한 경우 효과가 나타나지 않는 경우가 있다. 이것은 그 미생물이 토양이나 작물의 근권에 잘 정착하지 않기 때문이다. 특히 직접적인 병해방제를 목표로 한 경우에는 미생물을 토양에 투입하기만 하면 효과가 나타난다고 기대 할 수는 없다.

미생물을 잘 응용하기 위해서는 이를 토양이나 작물에 정착시키는 기술과 토착 미생물을 활성화시키기 위한 기술이 중요하므로 연구결과를 현장의 토질에 직접 적용하여 확인하지 않으면 안된다.

2. 종래 기술의 문제점

현재, 작물재배시 화학비료의 과다한 사용은 토양의 질을 점차 악화시키는 요인이 되며, 유해물질이 함유된 농산물의 생산을 초래하여 소비자의 건강에 위협요소가 되고 있을 뿐 아니라, 인근의 강이나 바다 등의 수질을 오염시키는 원인이 되고 있다. 이러한 화학비료의 부작용을 해소하기 위하여 천연비료에 관한 연구개발이 수행되고 있으며, 주로 톱밥, 한약밥, 어분 및 가축분을 혼합한 천연 유기물을 이용하는 경우가 대부분이다.

그러나 이러한 천연유기물 비료는 그 제조와 취급이 번잡하고, 비교적 대규모 시설과 유지관리가 필요하며, 유기물이 과량 함유된 비료를 장기간 사용할 경우에는 작물의 생장에 피해를 줄 수 있다. 즉, 톱밥은 충분히 발효되지 않았을 때는 탄닌이나 리그닌 등이 잔류하여 작물에 피해를 줄 수 있고, 축분, 어분 등은 부패과정에서 유기산이 생성되어 작물 뿌리에 손상을 유발 할 수 있다. 또한 이들 천연유기물비료는 토양에의 흡착능력이 낮아 쉽게 유실되어 시비효과의 지속성이 낮으며, 화학비료와 마찬가지로 수질을 부영양화 시키는 문제점이 있다. 또한 종래의 화학비료 또는 천연유기물비료에는 식물성장에 필요한 미

량원소가 거의 포함되어 있지 않아서 완벽한 식물성장 보조제로 기능하기에는 미흡한 점이 많다.

세라믹류를 이용하여 비료화 한 예가 있으나, 이 기술은 세라믹 분말과 톱밥, 한약밥, 어분 및 가축분 등의 유기물을 호기성 미생물과 혼합·발효시켜 퇴비로 제조한 것으로서, 그 재료성분상 부패에 의해 유기산을 다량 생산하는 유기물질이 상당량 함유될 수밖에 없고, 또한 퇴비의 형태로 제조되기 때문에 전면 산포나 엽면시비 등의 방법에는 이용할 수 없기 때문에 사용방법이 제한되는 문제점이 있다. 여기서 세라믹류란 본 연구개발·제조하여 사용한 원적외선 방사 다공성 바이오 세라믹스에 혼합미생물을 정착·고정화 시킨 담체·분말비료와는 성상이 다르다. 종래의 세라믹류는 식물성장 및 식물의 질병예방에 필요한 혼합미생물이 포함되어 있지 않으므로 비료로서의 효과가 충분하다고는 할 수 없다.

따라서 바이오 세라믹스·혼합미생물 복합분말 비료는 원적외선에 의한 효과를 이용하여 생물의 성장을 촉진 시키고, 화학, 유기물을 사용하지 않으므로 토양의 산성화를 방지하며, 대량생산이 용이하고 사용방법도 간편한 장점이 있다. 또한 기공률이 높아 산성으로 굳어진 토양에 통기성을 충분히 부여할 수 있

다.

또한 종래의 방법보다 단위 무게 당 미생물의 함량이 많고, 미생물의 흡착성이 높으며, 영양제(인삼즙, 죽순즙, 케일즙, 쑥즙 등의 식물즙)를 조금 첨가하기 때문에 제품원가를 낮출 수 있다.

3. 기술의 내용

본 기술은 근권 미생물 등 식물에 유용한 혼합미생물의 성장 촉진 및 이의 제조기술, 원적외선이 방사하는 다공성 바이오 세라믹스 분말의 제조기술 및 혼합미생물과 다공성 바이오 세라믹스의 복합분말을 제조하는 제조기술이 필요하다. 제조된 비료는 토양에 통기성, 보수성, 보비력을 증대시키고 많은 량의 근권미생물 등의 유용한 혼합미생물이 잘 흡착될 수 있도록 다공성 바이오 세라믹스 원광을 적당온도 하에서 소성처리 후에 분체화 하여 미생물의 배양액을 혼합한 후 발효시킨다.

또한 소성처리 제품을 응용하기 때문에 근권미생물이 안정적으로 담체화 되며, 굳어진 토양의 공극률을 증대시켜 생물의 생장이 촉진되도록 토양을 개량하는 등 종래 기술에서는 기대할 수 없었던 효과를 갖는다. 제조된 비료는 종래의 광석분말보다 비중이 약 1/15~1/20 정도

이기 때문에 살포시 분무기 등의 장비를 마모시키지 않으며, 장비를 손상시킬 염려가 없고, 물에 희석하여 살포 또는 엽면시비할 수 있는 장점이 있다.

세라믹분말에서 방사하는 원적외선 에너지에 의하여 식물체 내의 물분자 및 고분자가 활성화되어 생물의 성장촉진에 기여하는 이점이 있다. 사용된 세라믹스는 원적외선 방사율이 평온에서 0.80 이상의 세라믹스 분말이다. 예를 들면 진주석, 점토, 규석, 장석, 고령토, 활석, 화강암, 게르마늄석, 맥반석 및 제올라이트 등이며, 이를 적당히 섞어서 사용하였으나 소성하거나 소성하지 않은 황토분말이나 알칼리성의 패화석 분말도 가능하다.

사용되는 혼합미생물은 활엽수림에서 채취한 토양미생물을 배양하여 사용하였다. 제조기법은 다음과 같다.

1) 원적외선 방사 다공질 바이오 세라믹스 분말 재료의 제조

진주석, 점토, 규석, 장석, 고령토, 활석, 화강암, 게르마늄석, 맥반석, 제올라이트 중에서 하나 또는 두물질 이상의 혼합물로 된 천연원석, 소성처리한 세라믹 재료 또는 천연원석과 세라믹의 혼합물을 평균입자경이 300mesh 정도로 분쇄화한 후, 900°C 정도의 상압에서 소성하여, 약

12~20배 팽창된 다공성 세라믹스 얻는다. 여기에 성상에 따라 소성하거나 소성하지 아니한 황토, 패화석 분말 등을 혼합하여 사용한다.

2) 미생물의 채취 및 숙성기법

미생물이 증식하기 좋은 고품의 식물성 배지를 만들어 배양한 후, 요소비료성분과 설탕적당량이 함유된 수용성 액체배지에 접종한 후 교반하면서 40°C~60°C에서 7일정도 배양한다. 배양액 적당량을 고품의 식물성 배지 100kg에 고르게 살포하여 혼합한 후, 50°C 정도에서 10일 정도 1~2일에 한번씩 재 혼합시키면서 발효시킨다. 고품의 배지의 작은 덩어리 내부까지 미생물이 침투하여 성장·담체화가 확인되면 발효를 중지하고, 상온의 음지에서 완전 건조시킨 후에 분쇄하여, 물에 혼합하여 분무기 등으로 살포 사용한다.

3) 미생물의 배양기법

사용된 미생물은 Actinomyces, Mucor, Rhizopus, Absidia, Hansenula, Aspergillus, Penicillin, Trichoderma, Arthrobacter, Spirillum, Azospirillum, Pseudomonas, Azotobacter, Rhizobium, Methylococcus, Acetobacter, Bacillus, Lactobacillus, Nitrobacter,

Thiobacillus, Alcaligenes 등에서 1종 이상을 임의로 선택하여 상기한 고품의 식물성 배지에 접종하여 40°C에서 2주일 정도 배양한 후 꺼내 잘 혼합한 다음 미생물이 증식된 상기 고품의 배지와 설탕을 층상으로 담은 다음 공기가 통하도록 뚜껑을 덮어 40°C에서 용기내의 미생물 생육배지가 점도 있는 액상으로 변할 때까지 배양한다. 이후는 위의 2)에 기재된 방식으로 유용한 혼합미생물 접종원을 얻는다.

4) 원적외선 방사 혼합미생물·다공성 바이오 세라믹스 복합분말의 제조 방법

상기 2) 또는 3)에서 얻은 유용한 혼합 미생물 접종원 분말 50g 정도를 요소비료성분 2%, 설탕 20% 정도 함유된 수용성 액체배지 100 l에 접종한 후 교반하면서 온도가 50°C 정도에서 2주일 정도 배양한다. 상기 배양액과 상기 1)에서 얻은 다공성의 광석분말(또는 황토분말이나 패화석 분말)을 1:3~1:10의 비율로 고르게 혼합한 후에 60°C 정도에서 2주일 정도 1~2일에 한번씩 재 혼합시키면서 숙성시킨다. 분말의 내부까지 미생물이 성장된 것이 확인되면 숙성을 중단하고 상온의 음지에서 완전 건조시킨다.

4. 제조설비의 특징

설비가 단순화하여 설치면적이 적고, 설비의 자동화가 가능하여 운전원이 필요 없으며, 시설투자비가 적으며, 시설유지·관리면에서 경제적이다.

5. 예비실험 수행결과

다음은 제조된 제품을 이용한 실시예, 비교예 및 실험예를 들어 구체적으로 설명한다.

제조예 1

경북 경주지방에서 채석한 진주석을 이용하여 복합분말을 제조하였으며, 분석결과 성분조성은 다음표 1과 같다.

표 1 복합분말 성분조성

SiO ₂ (73.6%),	Al ₂ O ₃ (14.1%),
Fe ₂ O ₃ (0.95%),	CaO(0.91%),
MgO(0.25%),	K ₂ O(4.93%),
Na ₂ O(5.03%)	

먼저 세라믹 진주석 분말을 분쇄기로 입자경이 평균 300mesh 정도로 분쇄한 후, 소성로에서 900°C로 가열처리하여 다공성 광석분말을 얻었다. 이 광석분말 5kg에 상기 2)에서 얻은 미생물 배양액 1.0 l를 첨가한 후, 교반하여 통기성이 좋은 나

무상자에 20cm의 높이로 담고, 60°C를 유지하면서 2일 간격으로 뒤집어 주는 것을 반복하여 14일간 숙성 발효시켜 혼합 미생물·다공성 바이오 세라믹스 분말을 제조하였다.

제조예 2

고온 가열 처리된 세라믹 진주석 분말 6.0kg, 구운 황토분말 및 구운 폐화석분말 각 0.5kg을 사용한 것 외에는 제조예 1과 동일하게 실시하였다.

제조예 3 및 4

상기 2)에서 얻은 미생물 배양액 1.0 l 대신 3)에서 얻은 Mucor, Rhizopus의 혼합 배양액 1.0 l를 사용한 것 이외에는 제조예 1 및 2와 동일하게 실시하였다.

비교예 1

본 연구의 혼합미생물·다공성 바이오 세라믹스 복합분말 대신에 고온처리하지 아니한 세라믹 분말을 사용하고, 미생물, 세라믹 및 톱밥과 계분을 동시에 혼합한 후 발효시킨 것을 제외하고는 제조예 1과 동일하게 실시하여 제조하였다. 이 경우에는 본 연구와 같은 분말 상태의 제품을 얻을 수는 없었다.

비교예 2

본 연구의 혼합미생물·다공성 바

이오 세라믹스 복합분말 대신에 고온처리하지 아니한 세라믹 분말을 사용한 것 이외에는 제조예 1과 동일하게 실시하였다.

비교예 3

본 연구의 혼합미생물·다공성 바이오 세라믹스 복합분말 대신에 액체영양 배지에 Mucor, Rhizopus를 접종하여 35°C에서 5일간 배양하여 미생물 배양액을 얻었다.

상기 미생물 배양액 1 l에 인삼 생즙과 이카시아 뿌리즙의 혼합식물즙 10 ml를 혼합하였다. 이 혼합액을 다음 표 2의 조성을 가진 장식용 300mesh로 분쇄한 분말 2.5kg과, 장식분말을 열처리 한 분말 2.5kg으로 된 혼합분말 5kg에 첨가한 후, 제조예 1에 기재된 대로 숙성 발효시켜 미생물처리 하여 복합분말을 얻었다. 복합분말의 성분조성은 다음 표 2와 같다.

표 2 복합분말 성분조성

SiO ₂ (67.24%),	Al ₂ O ₃ (15.07%),
CaO(2.43%),	FeO(1.29%),
Fe ₂ O ₃ (2.02%),	K ₂ O(3.66%),
MgO(1.61%),	MnO(0.045%),
Na ₂ O(3.69%),	기타

실험예 1

기계 이양용 상자(58×28×3cm)에 논흙 2.5kg을 담고 상기 제조예

1, 2, 4 및 비교예 1, 2, 3의 제품을 25g 투입, 혼합한 후 아끼바리묘 300주를 파종한 후, 평균 성장률(mm)을 측정하였으며, 자세한 실험결과는 참고문헌 11)에 기재되어 있다.

본 실험 예에서 제조 예 1, 2, 4 및 비교 예 2, 3의 경우는 최종적으로 얻어진 복합분말 100g을 지하수 10 l에 희석하여, 식물주위의 토양시비 및 엽면시비를 병행하였다. 그러나, 비교 예 1의 경우는 퇴비형태이므로 토양시비만을 행하였다.

본 연구에 따른 제조 예 1, 2, 4의 분말을 시비한 경우에 양호한 성장률을 나타내었으며, 특히 천연광석 분말만을 이용한 경우(제조 예 1) 보다 황토분말 및 패화석 분말이 첨가된 경우(제조 예 2)의 효과가 보다 우수하였으며 이는 패화석의 알칼리성분이 산성인 흙을 중화시켰기 때문인 것으로 판단된다.

가열 처리된 다공성의 광석분말 대신 세라믹 분말을 이용한 경우(비교 예 2)에는 가열·팽창처리 된 다공성의 광석분말을 이용한 제조예 1, 2, 4에 비하여 성장률이 낮았다. 이 결과에 의하면, 특정조성으로 인위적으로 조성된 세라믹 보다는 다수의 미량원소가 풍부하게 포함되어 있는 천연광석을 이용할 경우에 식물성장을 더욱 촉진시킨다는 것을 확인할 수 있었다.

또한 천연광석 보통세라믹과 미

생물 배양액에 식물즙을 혼합한 경우(비교 예 3)에도 제조예 1, 2, 4에 비하여 성장률이 다소 낮은 것으로 나타났는데, 이는 다공질의 광석 분말에 의하여 흙의 통기성이 증대되고 유용한 근권 미생물의 생장이 활발하게 되어 식물의 생육에 상승효과가 부여되었음을 말해 주는 것이다. 그리고 본 실험과는 다른 형태인 보통세라믹을 이용한 제품의 경우(비교 예 1)에는 성장률이 가장 낮았다.

실험 예 2

9년생 후지 사과나무에 수확 50일 전부터 상기 제조 예 2, 3 및 비교 예 1 내지 3의 비료를 시비하고, 수확 후 상등품 사과 60개의 평균과중 및 당도를 측정하여, 그 결과를 표 3에 나타내었다.

본 실험 예에서 제조 예 2, 3 및 비교 예 2, 3의 경우는 최종적으로 얻어진 복합분말 150g을 30% 지하수 10 l에 희석하여, 사과나무 주위의 토양에 뿌리고, 동시에 사과나무에 전면 살포하였다. 비교 예 1의 경우는 토양시비만을 행하였다.

표 3 후지 사과나무 실험결과

구 분	실시에2	실시에3	실시에4	실시에5	실시에6
평균과중(g)	256.4	255.7	233.3	240.1	250.2
당도(Brix)	12.5	12.6	11.5	11.9	12.3

상기 표 3의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 본 연구에 따른 제조 예 2, 3을 시비한 경우에 수확과실의 평균과중 및 당도가 가장 우수하였고, 세라믹을 이용한 퇴비의 경우(비교 예 1) 그 결과치가 가장 낮았는데, 이는 비료성분 자체의 차이 뿐 아니라 퇴비의 경우는 토양시비만 가능하고 사과나무에의 전면산포가 불가능하기 때문에 효과가 가장 뒤떨어진 것으로 여겨진다.

실험 예 3

밭흙 2.5kg에 상기 제조 예 2 및 비교 예 3의 제품 25g을 투입, 혼합한 후 자판기용 종이 컵에 채우고 컵당 고추씨 3개씩을 파종한 것 각각 10개씩을 비닐하우스에서 90일간 키웠다. 고추의 전체중량, 지상부 길이, 잎수의 평균을 표 4에 나타내었다.

표 4 고추 실험결과

예 / 구 분	전체중량(g)	지상부길이(cm)	잎수(개)
실시에 2	56.7	29.52	14.50
실시에 3	51.2	23.44	13.60

가열·소성처리 한 다공성의 광석분말을 이용한 본 연구의 제품을 사용하는 경우에는 다른 경우의 복합분말을 사용하는 경우보다 전체 중량, 지상부 길이 및 잎의 수에서 모두 월등히 우수한 결과를 얻었다.

실험 예 4

제조 예 1과 비교예 3의 복합분말 각 2.0g을 멸균수 100ml에 넣고 12시간 교반한 후 3시간 정치시켜서 얻은 상등액을 10배 희석한 희석액 0.5ml를 설탕 및 배추즙이 첨가된 한천배지에 도포 하여 30°C에서 24시간 배양하여 한천배지에서 자란 미생물 콜로니수를 비교하였다. 결과를 다음 표 5에 나타낸다.

표 5 미생물 수

구분 / 예	실시에 1	실시에 2
1 군	47	5
2 군	38	10
3 군	43	8
평 균	42.7	7.7

실험결과 천연광석 또는 전통 세라믹 광석을 이용한 것(비교 예 3)보다 가열·소성처리 한 다공성의 광석분말을 이용한 실시 예 1에 미생물이 약 6배 가까이 많이 존재함을 확인 되었다. 이는 본 연구의 소성처리된 다공성의 광석분말의 팽창비가 12~20배에 이르는 바, 소성에 의하여 생성되거나 확장된 기공 내에 많은 미생물이 활착할 수 있기 때문인 것으로 보인다. 이 실험 결과는 상기 실험 예 1, 2 및 3에서 본 연구에 의한 제품이 다른 경우의 제품보다 우수한 효과를 나타내는 원인을 보여준다.

6. 결 론

본고에서는 원적외선 방사 다공성 바이오 세라믹스·혼합미생물 복합분말 비료를 개발하여 현장실험을 통하여 좋은 결과를 얻었으므로 이에 대한 기본적인 사항들을 기술하였다. 앞으로 본 기술이 유용하게 응용되어 농·임업분야에 크게 기여할 수 있을 것을 기대된다

참고문헌

- 1) 이상국: "원적외선 기술과 응용" 조사 연구보고 71호, 산업기술정보원, 1992.
- 2) Okazaki M., Ito H. and R. Toei: AIChE, Sympo. series vol.73, No.163, 164, 1977.
- 3) Imakoma, H., M. Okazaki and R. Toei: J. Chem. Eng. Japan, 18(2), 184, 1985.
- 4) 池上良一: 遠赤外線加熱의 應用, (3) 加工에의 應用, 電熱, 22호, p.59, p.61, p.63, 1985.
- 5) 天海弘: 遠赤外線의 麵類에의 應用과 效果, 遠赤外線의 食品에의 應用, 工業技術會, p.7~10, 1988.
- 6) 山崎敏子: 遠赤外線療法의 科學, 人間과 歷史社, 1987.
- 7) 한국 원예기술 정보센터 일본판번역: 길항미생물을 이용한 병해방제, 1994.
- 8) 한국 원예기술 정보센터 일본판번역: 미생물의 농업적응과 환경보전, 1992
- 9) 상희선, 송해범, 조재근: Bio ceramics 혼합미생물이 작물의 생육에 미치는 영향, 산학협동연구, 경일대학교 부설 산업기술연구소, 1998