

## 바이오 농법이란 무엇인가?

김 종 익(경기 여주, 바이오농법연구소장)

### 바이오 농법이란 무엇인가?

바이오 농법이란 원핵생물(광합성세균과 남조류)을 선택 배양하여 합성형 토양을 만들고 이러한 토양에서 고칼슘 고기능성 농작물을 생산하도록 하는 친환경 농법으로써 바이오 테크놀러지에 근거한 최첨단 농법이며 '바이오농법연구소'에서 발명하고 명명한 농법이다.

### 농법과 미생물의 관계

미생물의 응용효과에는 토양개량, 병해충억제, 품질과 수량 증대, 생력화 등 다양한 면이 있으나 농약과 화학비료를 사용하는 대중요법적 화학농법과 같이 단시간에 성과를 끌어내기는 어렵다. 왜냐하면 미생물의 작용에 의하여 농업에 나타나는 성과는 능력을 가진 미생물이 일정한 수준 이상의 밀도로 증식되었을 때 비로소 효과가 나타나기 때문이다.

바이오 농법과 유기농법은 같은 친환경 농법이지만 미생물의 응용면에서는 전혀 다르다. 바이오 농법에서는 독립 영양미생물인 합성계가 주체가 되고 유기농법과 자연농법은 종속성 영양미생물인 분해계가 주체가 되므로 농업환경에 미치는 영향과

농작물의 내용 수준에 현저한 차별성을 갖게 된다.

바이오 농업에서 주체가 되는 합성계 미생물은 광합성 세균과 남조류와 질소 고정균 등이다. 이 미생물을 우점(優占) 시킨 토양은 유기물 시용량(施用量)이 부족하여도 토양이 비옥해진다. 그 이유는 남조류는 독립영양 생물이라 스스로 광합성 작용을 하여 유기물을 생성하는 동시에 질소 고정을 하며, 광합성 세균 역시 질소고정능력이 있기 때문이다. 이러한 합성계 미생물들의 공생이 강하게 연동하면 토양이 비옥해지면서 병원균인 후사리움의 점유율이 낮아져 병해충 억제 기능이 높은 합성형 토양이라고 하는 가장 이상적인 토양이 된다.

지금까지 친환경 농업 하면 유기농업을 연상하게 되며, 유기농산물에 대한 사상적 인지도 또한 높게 평가되고 있지만, 무농약 무화학비료로 작물을 키워야 된다는 전제 때문에 농업 경영면에서는 적지 않은 애로와 노력이 뒤따라야 하고 실패 확률도 높기 때문에 농민들이 유기농업으로 전환하는데 용단을 쉽게 내리지 못하였다.

그러나 이보다 근본적인 원인은 미생물 응용과 토양관리에 관한 지식이 부족한 데 있다. 미생물도 지상부의 작물과 같은 관점에서 관리하여야 하는데 어떤 방법으로 관리하느냐가 대단히 중요하다. 어떤 물질의 소재를 토양에 첨가하느냐에 따라 관여하는 미생물상이 다르게 나타나고 이에 따라 발현성과가 전혀 다르게 표출되기 때문이다. 지금까지의 토양연구는 주로 물리성과 화학성에 중심을 두어 왔고 생물성에 대한 연구분야는 크게 뒤져있는 실정이다. 미생물의 재현성 확인에 쓰이는 노력에 비하여 성과는 기대 수준에 못 미치고 토양 생물의 동정분류가 복잡하고 미지의 분야가 너무 많기 때문이다.

## 발효와 부패

토양 속에는 많은 종류의 미생물이 있으며, 크게 분해계와 합성계로 분류한다. 분해의 계는 산화분해와 발효분해로 대별

되고, 발효분해는 유용발효(효모 유산균과 같은 발효균이 관여)와 유해발효(사상균 곰팡균과 같은 부패균이 관여)로 구분된다. 합성의 계는 질소동화와 탄소동화로 구분하게 된다.

유기농업이 어렵다는 원인을 분석해보면 발효퇴비의 질에 있다. 유용발효나 유해발효나 라는 것은 발효와 부패에서 나타나는데 부패된 퇴비는 토양을 오히려 악화시키고 많은 문제를 야기시키는 원인이 된다. 이처럼 중요한 퇴비의 질에 대하여 생산업자나 농민이 정확하게 이해하지 못하고 혼동하는 경향이 적지 않다.

부패란 유기물 분해과정에 부패균이 우점하면서 유기물이 갖고 있는 고유 에너지를 분해시켜 가스나 열로써 소진시키고 유해한 중간산물을 생성시키는 현상을 말한다. 유해생성물이 퇴비 속에 함유되면 작물생육에 많은 장애를 줄 뿐 아니라, 그런 퇴비를 토양에 시용하는 경우 부패물질과 부패균을 동시에 토양에 제공하는 결과가 되므로 토양을 부패형으로 만드는 원인이 된다.

발효가 잘된 경우에는 미생물 활동에 의한 유기물 분해 과정에서 에너지 방출이 극히 적어 부패 과정의 20분의 1정도의 에너지만으로 난용성의 유기물을 비교적 단시간에 가용화(작물이 흡수하기 쉬운 상태)시켜 작물이 흡수하기 용이하도록 해주고, 유용발효 미생물들이 분비한 생리활성 물질(각종 비타민과 호르몬 등)을 작물이 흡수하게 하여 건강한 생육을 할 수 있게 해준다. 당연히 이런 작물을 섭취하는 사람도 건강해지는 것이다.

그렇다면 유기농법에서 가장 중요한 것은 완숙된 양질의 유기질 비료의 선택이라 할 수 있는데 유기질비료의 좋고 나쁨이 육안으로 식별하기 어려울 뿐만 아니라, 기계적 판별도 쉽지 않아 생산자의 양식에 맡길 수밖에 없는 실정이다. 대안으로 농민자신이 정성 들여 만드는 방법이 있지만 현실적으로 어려운 실정이다. 유기물 시용 적정 범위가 있는데 이를 몰라서 남용과 오용을 함으로써 피해사항이 속출하고 있으므로 토양관리

측면에서 충분한 지식이 뒤따라야 할 것으로 본다.

### 바이오 농업에서 응용하는 합성형 미생물의 종류와 기능

합성계 미생물인 남조류와 광합성 세균은 유기물 생성과 질소 고정능력을 갖고 있는 미생물들이다. 광합성 세균은 그림엽색에서는 음성균이지만 그림양성균인 유산 생성균과 공존하게 된다. 그 이유는 산소요구도의 차이에도 있지만, 광합성 세균은 합성능력을 갖고 각종 유기산을 기질(基質=먹이)로 할 수 있기 때문이다. 남조류도 유산 생성균과 공존할 수 있으며, 유기물을 생성하여 토양 유기물의 증대와 비옥화에 공헌하면서 유산 생성균의 결핍을 보완하는 중요한 역할을 하게 된다. 광합성 세균은 적당한 수분조건과 유기물만 적정량 있으면 밭에서도 증식하게 된다. 광합성 세균은 혐기성균에 속하는데, 장소에 따라 호기적 활동을 하는 세균도 확인되고 있어 양성적 성질을 갖는 것도 적지 않은 것으로 판단된다.

미생물에 의한 질소고정은 무화학비료 재배의 커다란 관심사이기도 하며, 그 중심적 역할을 하는 것이 원핵세포 미생물에 속하는 광합성 세균과 남조류이다.

### 광합성세균과 남조류를 어떻게 선택 배양하는가?

토양 속에 서식하는 미생물의 대부분은 산도(PH)와 유기물, 미네랄 등의 함량과 균형에 따라 많은 변동을 하게 된다. 토양이 PH가 낮은 산성토양인 경우 유해 미생물의 서식밀도가 증가하여 부패형 토양으로 진화하게 되고, 그와 반대로 PH가 중성에서 약 알칼리성 토양이 되면 토착 합성계 미생물의 서식밀도가 증가하여 합성형 토양으로 진화하게 된다. 화학비료나 농약을 중심으로 한 기술체계에서는 항시 토양 미생물상은 유해 미생물 축이 우점할 수 있는 토양환경으로 변한다는 구조적인 약점을 갖고 있는데, 여기에 더하여 경제원리에 따른 연작의 불가피성은 토양의 물리성과 화학성을 가일층 악화시킬 뿐 아

나라, 유해균의 돌출조건을 양호하게 해주는 형태로 된다.

본 연구소에서는 이러한 토양의 구조적인 취약성을 개선하려면 PH의 교정, 유기물적량 투입, 미네랄의 밸런스 정돈 등 동시진행 형태로 토양을 관리하면 되겠다는데 착안하여, 오랜 연구 끝에 토착 원핵생물을 선택 배양할 수 있는 배지보전 자재를 개발하였고, 농업현장에서 많은 실험을 거친 결과 현저한 효능이 입증되었다. 즉, 본 연구소에서 개발한 배지보전자재를 토양검정에 따른 토양분석결과에 기초하여 적정 시비하는 것만으로 광합성세균과 남조류를 급속 증식시킬 수 있다.

### 농작물 품질의 개념과 대책

농작물의 품질이라고 하면 안전성과 그 작물이 갖는 영양수준과 맛, 즉 기능성이다. 이것은 어떤 농법으로 재배했느냐에 따라 그 내용 수준에 많은 영향을 주게된다. 농작물은 본래 외관과 내용이 일치해야 한다. 외모는 좋지 않은데 속은 좋더라든가 겉보기는 좋은데 속은 좋지 않다라든가 하는 말은 농업 초보자가 하는 말이다. 품질의 내용수준이라 하면 작물에 따라 차이는 있겠지만 첫째, 외모가 좋아야하고 둘째는 맛이 있고 셋째는 영양적 수준이 높아 건강에 도움을 줄 수 있어야 한다.

화학 농법에 의거 질소비료를 과다시비하여 작물이 질소성분을 과잉 흡수하게 되면 체내에 질산염과 아미이드라는 불안정한 물질이 집적되므로 생육 장애와 병해충을 유발시키는 원인이 될 뿐 아니라 그런 농작물은 발암물질의 생성, 부패의 촉진 등 많은 마이너스 요인을 안고 있다. 토양의 산성화란 토양 중에 염기류(칼슘, 마그네슘)의 용탈에 의하여 수소이온이 높아져 부패로 진화하는 과정을 말하는 것이다. 산성토양에는 부패균과 병원성균 등이 우점하여 산패(酸敗)에 관여함으로써 유독성 물질을 만들어 내게 된다. 이 부패를 중지시킬 수 있는 것이 미네랄인데 관행농법에서는 이 미네랄이 토양과 작물생육에 주는 효과를 깊이 인식하지 못하여 소홀히 취급하는 경향이 적

지 않아 결과적으로 농작물의 질을 떨어뜨리는 원인이 되기도 한다. 그럴 수밖에 없는 것이 지금까지의 농업학설에서는 토양 분석 결과 부족한 원소만 보충해 주면 된다고 되어있다. 미량 요소 분야에서는 결핍 심화 등에 의한 생리장해 등까지 깊이 연구 되어있으면서 미네랄에 대하여는 토양개량 측면에서만 머물고 있는 실정이다. 미네랄의 중요성을 미량요소 이상으로 발전시켜야만 고 품질의 농산물을 생산할 수 있게 된다. 농산물의 품질을 구성하는 물질은 당, 단백질, 지질, 아미노산, 유기산, 미네랄, 비타민, 효소의 활성화, 항생, 면역 물질 등 다양하다. 이 물질은 작물, 토양 미생물과의 공동작업에 의하여 결정되는 것이므로 토양관리 측면에서 소홀함이 없어야만 고 품질의 농산물을 생산하게 되는 것이다.

## **바이오 농법에서는 토양미네랄의 밸런스에 기초를 두고 토양을 관리한다**

우리 농법연구소에서 발명 보급(특허제품)하고 있는 미네랄 성분이 다량함유 된 블루그린소일(blue green soil)을 사용하면 토양이 소프트(soft)화 된다. 토양에 블루그린소일을 사용하면 토양의 이온화가 촉진되고 미네랄의 밸런스도 정돈된다. 그 결과 제일 먼저 토양에 나타나는 것이 토양의 소프트화 현상이다. 소프트란 토양이 부드럽게 부푼 상태가 된 것을 말하는 것인데 이것은 미생물에 의하여 단립 구조가 발달한 것이 아니고 회가루가 떨어져 쌓인 것과 같이 산뜻한 상태로 쌓인 것을 말한다. 블루그린소일의 사용량에도 관계가 있지만 2~3작기만 사용하면 10~30cm정도까지 소프트가 형성된다. 다량의 유기물을 투입한 것이 아닌데 왜 토양이 부드럽게 부푸는가? 이것은 이온화 된 블루그린소일이 토양 속으로 들어가면 점토입자층상(粘土粒子層狀)의 것과 입상(粒狀)의 것이 전기적 반발로 간극이 조금씩 넓어지기 때문이다. 이 간극(間隙)에 물이 들어가 층만 되기도 하고 미생물의 서식처가 되기도 한다. 미생물의

증식에 의하여 내수성 단립이 형성되고 미생물의 호흡작용에 의하여 맹렬한 스피드로 소프트가 진행되기도 한다. 이 과정 모두가 전기적 반발과 토양 속 생명의 최소단위인 미생물이라는 양대 물질의 역할이 토양을 부드럽게 만들어 쌓이게 한다는 것으로, 미크로의 변화가 가시권에 연결된다는 점에서 정말 감동하지 않을 수 없는 일이다. 이런 토양에는 미생물의 서식밀도가 증가되어 있기 때문에 잡초나 전작의 잔패물 등의 유기물을 토양 속에 투입해 보면 종전에 비하여 분해되는 속도가 훨씬 빠르다는 것을 확인하게 된다. 약 절반 정도의 시간에 완전 분해가 된다. 이는 합성형 토양에 발효계가 관여, 강하게 연동, 발효 합성형 토양이라는 가장 이상적인 토양으로 진화되었기 때문이다.

### 친환경 농업의 길잡이 바이오 농법

토양 속의 유기물의 분해는 부패 분해를 중심으로 진행하기 때문에 발효 미생물을 첨가하여도 부분적으로 부패의 계가 남아 있게 된다. 유기물의 유효이용이라는 측면에서는 발효형 미생물만으로는 충분한 처리가 어려워 합성형 미생물을 연동시킬 필요가 있는 것이다. 지금까지의 유기농업은 완숙 퇴비 사용이라는 수준이 고작으로, 부패와 발효의 균형상에서 머물고 있는 실정이다. 유기물을 분해해서 얻은 무기질소원을 부패분해가 머물고 있는 동안에는 농작물의 정상생육이나, 수확과 질에 대한 정확한 해답을 낸다는 것은 불가능한 것이다.

지금까지는 토양을 발효합성형으로 만들기 위하여 발효퇴비를 시용한 곳에 인공적으로 배양한 미생물자재를 시용 정착시키는데 노력해 왔으나 강력한 토착 미생물의 저항에 부딪혀 실효성을 얻지 못하는 실정이다. 바이오 농법에 따라 원핵생물선택배양 배지보전자재(블루그린소일)를 토양에 시용, 토착 합성계 미생물이 먼저 선택배양 될 수 있도록 토양환경을 조성해주고 합성계 미생물이 우점 된 시점에 유기물이 공급되어 발효

형 미생물과 연동할 수 있도록 해주면 엔트로피가 발생하지 않는 계와 엔트로피를 합성적으로 합성하는 계를 동시에 성립시키게 된다. 지금까지의 분해형 농업기술체계로서는 모든 면에 한계가 있다. 이를 돌파하려면 발효와 합성의 계를 강하게 연동시켜 토양에서 발생하는 오염원을 최소 한도로 억제시키는 농업기술의 체계가 성립되어야 한다. 유기물이 토양 속에서 부패로 인하여 무기화 할 경우 갖가지 유해한 중간 물질을 발생하지만 광합성 세균이나 남조류 등의 합성계 미생물이 관여하게 되면 그 같은 유해물질을 저에너지로 아미노산이나 당류에 재합성시킬 수 있는 능력을 갖고 있어 엔트로피의 원인이 되는 물질을 재활용, 유기 에너지로 하여 유용화 하는 역할을 한다. 이것은 발효의 계가 해낼 수 없는 부분으로 그 역할 분담을 합성계가 하는 미생물 응용기술에서 이루어 내는 것이다. 우리가 연구하는 바이오 농법은 이 메카니즘을 현실적으로 실현시킨 농법이라 할 수 있다.

### 바이오 농법이 만드는 발효합성형 토양의 자정능력

발효합성형 미생물이 우점되어 있는 토양에서는 부패성 유기물이 뿜어내는 악취가 발생하지 않고 미생물이 분비하는 다당질과 균사에 의하여 내수성 단립의 복합 구조가 발달하게 되는데 이 단립 구조는 강한 폭우에도 표류수가 오탁 하는 일없이 토양 속의 물을 청정하도록 해준다. 발효와 합성계 미생물이 강하게 연동하면 담수상태의 논의 물도 정화되어 가스의 발생이 정지된다. 이런 논에는 악취를 발하는 축산 폐수가 다소 유입되어도 악취가 사라지면서 수질이 정화된다. 수질이 정화된 논에서는 병해충의 발생이 적고 생산성이 높은 토양으로 전환, 양질의 농산물을 증산할 수 있게 된다. 바이오 농법으로 재배한 벼는 생육시 경엽이 강화되고 뿌리가 깊게 활착하여 도복율이 감소되고 미질면에서는 칼슘함량이 높은 기능성 쌀이 생산된다.



## 바이오 농법이 지향하는 발효 합성형 토양 관리와 제배법

미생물 선택배양과 강화자재인 : 블루그린소일을 토양에 시용하여 발효합성미생물의 공생밸런스가 잘 형성 될 수 있도록 토양미생물 관리와 토양관리를 요점으로 하는 바이오 농법에 따라 토양관리를 하면 토양의 화학성 물리성 생물성에 관계없이, 강산 강알카리토양, 사질토 중점질토양 등 본질적으로 전혀 성질이 다른 토양이라도 몇 작기 후에는 큰 차이가 없는 양질상태의 토양이 된다. 그 원리는 시용한 블루그린소일이 토양의 산도(PH) 교정, 유기물과 미네랄의 지속적 공급으로 유기에너지 재순환의 효율성을 높이면서 부식의 생성률도 높여주고, 토양 속의 언밸런스(unbalance)인 이온, 특히 수소이온( $H^+$ )과 수산이온( $OH^-$ )이 광합성세균의 킬레이트 작용에 의하여 둘러쌓이거나 유기산에 의하여 중화되기 때문이다. 유기물의 시용량이 충분하고 토양계 생물상이 발효합성형으로 안정되면 토양 개량을 특별히 하지 않아도 양질의 농산물을 생산할 수 있게 된다.

## 바이오 농법과 유기물이용

유기물 이용이라고 하면 지금까지 유기농법에서는 완숙 퇴비나 유기질 비료 시용이 원칙으로 되어있다. 어느 것이나 미숙 유기물일 경우 분해과정에서 발생하는 유해물질의 피해를 피할 수 없기 때문이다. 퇴비제조 공정상의 기술적 문제로 인하여 발효가 아닌 부패과정을 거쳐 부숙시킨 퇴비가 많다. 유기물이 부패과정을 거치게 되면 다량의 가스과 에너지가 방출되기 때문에 부숙 종료 후는 난분해성인 저칼로리의 유기물만 남게 되는데 에너지 재이용이라는 측면에서 볼 때 완전 부숙된 퇴비는 타고남은 재와 같아서 효율성이 아주 낮아 퇴비 시용에 의한 효율을 높이자면 대량투여가 불가피한 것이다. 이런 점에서 본다면 유기물은 미숙 된 편이 효과적이라 할 수 있다. 다만 부패형 토양일 경우는 더 많은 피해가 예상되므로 좋지 않

다. 발효합성형 토양이 되어 있으면 환원물질을 최대한 유효하게 이용할 수 있어 농작물의 질과 생산성을 높일 수 있게된다. 바이오 농법에서 원핵생물을 선택배양하기 위하여 시용 하는 블루그린소일은 동물성 배설물을 주원료로 하여 각종 미네랄과 미량원소를 배합한 후 화학반응공법에 의하여 합성시킨 제품이다. 토양 속에서 완효적으로 작용하기 때문에 생육 후반까지 작물에 지속적인 효과를 주게된다. 앞으로 외국농산물에 대처하기 위하여 고품질의 농산물을 생산하려면 종속 영양미생물에 의존하는 분해형 농업기술로는 한계점에 와있다고 보아야한다. 이를 돌파하기 위하여는 새로운 기술이 정립되어야하는데 미생물을 응용하는 친환경농법에서는 바이오 농법이 이론과 실제에 가장 깊게 접근했다고 판단하는 것이다.

## 우리 농업의 방향

최근 우리농업은 과거 어느 때보다 어려운 환경에 놓여 있다. 농산물 시장 전면 개방이라는 국경 없는 무한경쟁시대에 돌입하게 되었다. 수입농산물에 대처하기 위하여 고품질의 농산물 생산 밖에 없다고 판단된다. 고품질의 농산물을 생산하겠다는 발상은 좋지만 이를 실현시킬 수 있는 농업기술이 반드시 뒷받침되어야 한다. 지금까지 다비(多肥)에 의한 비배 관리에서 벗어나 친환경 농업으로 전환하려면 토양과 생물상을 정확히 이해하고 관리하는 기술이 뒤따라야 한다. 농산물의 품질은 작물과 토양 미생물과의 공동작업에 의하여 성립되는 것이므로 주먹구구식의 관행농업의 관습에서 벗어나 연구하는 자세로 농업에 임하지 않는 한 고품질의 농산물 생산이란 대단히 어렵다고 보아야 한다.

---

김종익 박사는 경기도 여주군 강천면 이호리에서 바이오농업연구소 바이오팜텍을 운영하고 있으며 전화는 031-885-0675, 011-9821-5088이다