

## 저농도에타놀용액에 의한 새로운 토양소독법에 대하여

소명철, 김철우

최근에 개발된 저농도에타놀용액을 리용한 토양소독법은 묽은 에타놀용액으로 토양을 일시적으로 처리하고 농업용비닐박막 등으로 토양결면을 피복하는 방법으로 토양을 소독하는 원가가 적게 드는 간단한 기술이다.[1, 2] 이 방법은 혼중소독방법의 한 형태로서 그 실용화가 기대되고있는데 도마도시늪병, 오이혹선충병, 카네손시늪병, 박과부패병, 시금치시늪병, 딸기위황병, 도마도밤색뿌리썩음병 등에 대한 실험적연구에서 일정한 성과를 거두고있다.[2]

해당 지역이나 토양, 대상작물과 병해충종류에 따라 적합한 에타놀처리농도나 처리량이 서로 다르다. 일반적으로 0.5~1.0%(v/v)정도의 에타놀용액을 1m<sup>2</sup>당 50~100L 처리하면 뿌리혹선충이나 토양전염성병원균에 대해 구제효과가 있다는것이 밝혀졌다. 대체로 우와 같은 값을 표준으로 하여 매 조건에 맞게 사용량을 검토하면 처리원가를 더 줄일수도 있다.

현재 토양미생물들에 주는 저농도에타놀용액처리의 영향을 평가하고 소독물립새를 밝히기 위한 연구가 진행되고있는데 여기서는 현재까지 얻어진 결과들에 대해 보기로 한다.

### 1. 저농도에타놀용액처리가 토양미생물에 미치는 영향

도마도시늪병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)에 대한 소규모시험에서 4kg의 토양에 0.5%(v/v)의 에타놀용액 1L를 처리하고 30℃에서 9일동안 방치할 때 병원균의 후막포자가 사멸한다.[1, 3, 5] 이러한 소독작용은 에타놀처리에 앞서 다른 소독처리를 진행한 토양에서는 나타나지 않았다. 이것은 저농도에타놀용액처리가 토양속의 미생물소독에서 필수적이라는것을 보여준다.

또한 토양에 처리하는 에타놀의 농도보다도 처리전의 토양물기함량이 소독작용에 크게 영향을 미친다는 결과도 얻어지고있다. 상대체적물기함량이 0.20과 0.29인 토양 6.5kg에 0.25~2.0%(v/v)의 에타놀용액 850mL를 첨가하고 25℃에서 2주일동안 배양하였다. 그 결과 물기함량이 많은 조건에서는 0.25%(v/v)의 에타놀용액처리구에서 도마도시늪병균이 사멸한데 비해 물기함량이 적은 조건에서는 2.0%(v/v)의 에타놀용액처리구에서도 도마도시늪병균이 살아있다는것이 확인되었다. 이 결과는 관개용수를 충분히 리용할수 있는 환경이라면 토양속의 물량을 어느 정도 많게 함으로써 보다 적은 양의 에타놀로도 안정한 소독효과를 얻을수 있다는것을 보여주고있다. 또한 토양이 건조한 경우에는 흡수성이 높아지고 물이 스며드는 큰 빈틈들이 많아지는것으로 하여 에타놀수용액이 한쪽으로 치우쳐 스며들게 된다. 이러한 경우에는 에타놀용액을 처리하기 전에 적당한 정도의 토양물기가 보장되도록 균일하게 관수해두는것도 효과가 있다.

어느 한 포전에서 진행한 시험에서는 1%(v/v)의 에타놀용액을 1m<sup>2</sup>당 100L 처리하고 3주일동안 피복하였다가 벗긴 토양과 1주일동안 바람말림시킨 토양, 클로로피크린을 처리한 토양들에서 평판희석법으로 토양미생물수를 비교하였다. 그 결과 *F. oxysporum*의 수는 저농도에타놀용액처리구와 클로로피크린처리구에서 다같이 검출한계이하까지 낮아졌다. 또한 총세균수는 모든 처리구에서 큰 차이는 없었으며 곰팡이수는 클로로피크린처리구에서 가

장 적었다.

우와 같이 처리한 토양들에 도마도시들병균포자를 토양 1g당  $10^5$ 개정도 되게 첨가하고 도마도를 5주동안 재배하였을 때의 발병정도를 비교하였다. 그 결과 클로로피크린소독구에서는 시들병이 심하게 발생했음에도 불구하고 저농도에타놀용액처리구에서는 발병이 매우 적었다. 재배가 끝난 다음 토양의 총미생물수와 곰팡이군집구조를 각각 배양법과 PCR-DGGE법으로 비교했을 때 클로로피크린처리구에서는 다른 두 처리구에서보다 곰팡이수가 적었고 다양성도 낮다는것이 밝혀졌다.

## 2. 저에타놀용액처리의 소독물림새

### 1) 유기산의 작용

저농도에타놀용액처리에 리용되는 에타놀용액의 농도는 최대로 2%(v/v)정도이다. 이 농도의 에타놀용액에서는 도마도시들병균의 포자나 균실중 어느것이나 다 살균되었다.

미리 멸균처리한 토양에 병원균을 접종하였을 때에는 에타놀을 첨가하여도 병원균이 죽지 않는다는데로부터 에타놀이 직접적으로 살균작용에 관여하는것은 아니라는것이 밝혀졌다.[2, 4, 7] 또한 토양환원소독법에서와 같이 저농도에타놀용액처리에서도 토양환원이 촉진된다는데로부터 이 방법도 토양환원소독의 변법의 하나라고 보고있다. 그러나 단순히 환원된 환경조건이 살균효과에 관여하고있는것은 아니다. 이것은 수소가스를 불어넣어 환원상태를 유지한 증류수(산화환원전위평균값  $-234\text{mV}$ )속에서도 도마도시들병균의 포자나 균실중 어느것도 다 살균되지 않았다는 실험결과로부터도 밝혀졌다.[3, 6]

토양환원소독법에서는 토양의 환원과 함께 젖산이나 초산과 같은 유기산이 생성, 축적된다는것이 알려져있다. 또한 저농도에타놀용액처리에서도 충분한 소독효과가 얻어지는 처리조건에서 토양용액속에  $1\,000\sim3\,000\text{mg/L}$  정도의 초산이 검출된다. 도마도시들병균의 포자는 0.05%(v/v) 정도의 초산용액속에서도 쉽게 멸균되지만 토양현탁액에서는 초산을 첨가하는것만으로는 도마도시들병균에 대한 살균작용을 완전히 재현시킬수 없다.[2, 5] 한편 가지과의 청고병균(*Ralsotonia solanacearum*)에 대해서는 토양현탁액에 초산과 젖산을 첨가하면 비교적 쉽게 살균된다. 일부 연구자들은  $10\text{mmol/L}$  초산용액속에서 선충의 생존률이 pH 3.0~4.0일 때에는 거의 0%로 되지만 pH 5.5~6.5일 때에는 80~90%로서 선충살균효과가 거의 없어진다는 연구결과를 발표하였다. 한편 다른 실험에서도 pH가 높아지는데 따라 초산의 도마도시들병균에 대한 살균효과가 현저히 떨어진다는 자료가 얻어졌다.

저농도에타놀용액을 처리한 토양에서는 토양pH가 약간 떨어지는 경향성이 있는데 측정값은 최소로 5.2정도이다. 여러 병원균들의 유기산에 대한 감수성과 토양 pH와의 관계를 비롯하여 유기산의 작용을 설명하기 위해서는 아직 많은 검토과제들이 남아있다.

### 2) 금속이온의 작용

초산을 토양에 첨가하여 토양속의 도마도시들병균을 완전히는 아니지만 어느 정도로는 죽일수 있다. 그런데 미리 멸균한 토양에 첨가한 병원균에 대해서는 같은 량의 초산을 첨가하여도 살균작용이 나타나지 않고 오히려 병원균을 첨가하지 않은 토양에 비해 병원균이 증가하는 현상이 확인되고있다.[3, 6] 이때 살균작용이 나타난 미리 멸균하지 않은 토양에서는 토양환원과정이 진행되었다.

토양환원소독법이나 저농도에타놀용액처리에서는 많은 경우 토양환원과정의 세기 정도와 소독효과와 일치한다. 유기물질의 첨가와 담수처리의 배합, 논발전환에 의한 토양전염

성병원균의 억제작용은 오래전부터 알려져있다.[6, 7] 이러한 연구에서도 토양의 환원과정이 중요한 요인으로 되고있다는것이 예상된다.

토양환원과정에 2가망간( $Mn^{2+}$ )이나 2가철( $Fe^{2+}$ )과 같은 금속이온들이 유리된다. 연구자들은 수용액속에서 도마도시들병원균이  $Fe^{2+}$ 이나  $Mn^{2+}$ 에 의하여 살균된다는것을 확인하고있다. 앞으로 이러한 금속이온들이 토양속에서의 소독효과에 어떻게 관여하는가를 검증할 필요가 있다. 아직까지  $Fe^{2+}$ 이나  $Mn^{2+}$ 이 토양전염성병원균에 미치는 영향을 조사한 실례는 거의 없다. 지금까지 잘 알려져있었기때문에 그리 주목되지 않았던 대상이 사실은 살균작용과 밀접히 관련되어있는지도 모른다.

### 3. 토양환원과정에 대한 간단한 조사방법

토양의 환원과정은 산화환원전위계를 리용하는 방법외에 2,2'-디피리딜이나 1,10-페난트롤린용액을 리용하여 환원상태로 생성되는  $Fe^{2+}$ 을 검출하여 환원정도를 평가하는 비색법 등이 있다. 어느 한 실험에서는 다공질자기관을 리용하여 토양용액 0.9mL에 0.1mL의 페난트롤린용액을 넣었을 때의 발색정도를 비교하는 방법과  $Fe^{2+}$ 검사지를 리용한 방법으로 환원정도를 판정하였다.[8] 다공질자기관을 리용한 방법은 미리 다공질자기관을 토양속에 설치해두기때문에 농업용비닐박막을 제거하지 않고서도 쉽게 환원정도를 확인할 수 있게 한다. 토양에 지시약을 분무하는 방법에서는 토양자체의 색깔에 의하여 발색정도를 확인하기 곤란한 경우가 있지만 다공질자기관을 리용한 방법은 그러한 영향을 받지 않고 시각적으로도 판단이 쉽다. 따라서 다공질자기관을 리용한 방법은 원가가 적게 드는 간편한 방법이므로 저농도에타놀용액처리나 토양환원소독법의 보급에 얼마간 도움이 되리라 고 본다.

### 맺 는 말

저농도에타놀용액에 의한 토양소독의 구체적인 시험결과에 대해서는 취급하지 않았다. 그것은 앞에서도 언급한것처럼 토양소독에 적당한 에타놀용액의 처리량이나 농도는 소독 대상으로 되는 병원균과 포전조건에 따라 다르기때문이다. 앞에서 본 도마도시들병원균의 경우에는 토양물기함량이 많은 조건에서 0.25%와 2.0%의 에타놀용액처리가 동등한 효과를 나타낸다는것이 확인되었다. 이 경우 에타놀의 량에서만도 8배의 차이가 있지만 실제로 에타놀용액의 처리량이나 농도를 결정할 때에는 원가를 줄이면서도 충분한 소독효과를 기대할 수 있을 정도로 여유있게 정하여야 한다는것도 중요하다.

저농도에타놀용액처리는 현재 일반적으로 리용되고있는 토양소독용농약에 비해 토양이 원래부터 가지고있는 발병억제능력을 약화시킬 가능성이 보다 낮다고 보고있다. 이 방법에 리용되는 에타놀에 대해서도 그것이 토양속에서 모두 인차 분해되어 없어지며 더우기 살균작용에 관련되는 유기산은 분해되어 없어지고 금속이온은 산화되어 원래의 형태로 되돌아가기때문에 사람에게 대한 독성이 없다. 이로부터 저농도에타놀용액처리는 환경에 대한 부하가 적고 안정성이 높은 기술이라고 본다. 이 방법에 리용되는 저농도에타놀수용액은 그자체가 살균효과를 나타내는 재료로 된다고 볼수는 없는데로부터 농약이 대신할수 없는 토양환원재료로 취급되고있으며 그에 따라 제품화도 진행되고있다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. Momma et al.; J. Gen. Plant Pathol., 83, 247, 2017.
- [2] N. Momma et al.; J. Gen. Plant Pathol., 82, 336, 2016.
- [3] H. Okazaki et al.; Ann. Phytopathol. Soc. Jpn, 82, 384, 2016.
- [4] C. Albrecht et al.; Plant J., 32, 605, 2015.
- [5] S. M. Bradbury et al.; New Phytol., 139, 115, 2010.
- [6] G. Duc et al.; Plant Sci., 87, 215, 2015.
- [7] T. Helgason et al.; Nature, 411, 421, 2015.
- [8] D. Morandi et al.; Mycorrhiza, 25, 37, 2015.

주체110(2021)년 1월 5일 원고접수

### **On New Soil Disinfection Technique by Low Concentration Ethanol Solution**

*So Myong Chol, Kim Chol U*

The new soil disinfection by low concentration ethanol solution is an inexpensive simple technique sterilizing soil surface as the method of temporarily treating soil with thin ethanol solution and covering soil surface with agricultural vinyl film.

The suitable concentration and amount of ethanol solution for treatment is different according to region, soil, crops and harmful insect.

It has revealed that the treatment of 50~100L per 1m<sup>2</sup> of 0.5~1.0%(v/v) ethanol solution has stamping effect for root knot nematode and soil infective disease.

Now the studies for evaluating the effect of thin ethanol solution treatment for soil microbes and revealing its stamping mechanism are proceeding.

Keywords: tomato wilting pathogen, soil reducing disinfection, ethanol, biological soil disinfection