

유기인계 살충제 fenitrothion 분해미생물 탐색

최혁 · 김복진 · 배도용¹⁾ · 이영득²⁾ · 강선철³⁾

영남대학교 농학과, ¹⁾대구광역시 보건환경연구원, ²⁾대구대학교 농화학과, ³⁾대구대학교 생물공학과

Screening of Organo Phosphorus Insecticide Fenitrothion-Degrading Microorganisms

Hyuek Choi, Bok Jin Kim, Do Yong Bae¹⁾, Young Deuk Lee²⁾, Sun Chul Kang³⁾ (Department of Agronomy, Yeungnam University, Kyungsan City, 712-749, Korea; ¹⁾Department of Environmental Research, Taegu City Government Public Health and Environment Research Institute, Taegu City, 706-090, Korea; ²⁾Department of Agricultural Chemistry and ³⁾Department of Biotechnology, Taegu University, Kyungsan City, 712-714, Korea)

Abstract : Fenitrothion-degrading microorganisms were isolated from 124 sampling sites of paddy, upland, forest and polluted soil, and wastewater. A total of 1,071 strains were isolated from each selective medium supplemented with 50mg/l of fenitrothion - nutrient agar (NA) 601, potato dextrose agar (PDA) 201, Actinomycetes isolation agar (AIA) 168 and basal salt medium (BSM) 101, respectively.

Twenty-eight effective strains of them, which showed more than 80% degradation of fenitrothion by the gas-liquid chromatography(GLC) analysis, were successfully selected from each liquid culture supplemented with 50mg/l of fenitrothion - NB 12(upland soil 3, paddy soil 3, forest soil 2, polluted soil 4), PDB 8(upland soil 1, paddy soil 2, forest soil 2, polluted soil 3) and BSB 8(upland soil 1, forest soil 1, polluted soil 6), respectively.

Four strains - NP1, NF1, PF1 and BP1, which have the most powerful degradation activity were finally selected among 28 fenitrothion-degrading microorganisms based on the degradation rate at the concentration of 100 mg/l fenitrothion in enrichment media.

Key Words : fenitrothion, fenitrothion-degrading microorganisms, phosphorus insecticide

서 론

최근에 이르러 환경오염에 대한 사회적 인식이 중요시되면서 연간 유효성분량으로 25,000 M/T이나 사용되고 있는 350여종 농약의 안전성에 대한 관심이 계속적으로 높아져 왔다. 이는 농약이 갖고 있는 생물학적 고효성으로 인하여 유발될 수 있는 급만성적 위해성¹⁾과 잔류분의 환경오염에 대한 많은 사례보고^{2,3,4)}에 의한 환경문제 가능성이 대두되고 있기 때문이다. 그러나 인구증가에 반하여 농업인구의 노령화 · 부녀화가 가속화됨에 따라 농업노동력이 감소되고, 이에 따른 농업생산성 향상을 위해 농약사용은 계속적으로 요구되고 있다. 따라서 농약의 다량 사용에 따른 환경오염⁵⁾과 토양축적⁶⁾에 따른 위해 가능성은 여전히 상존하고 있는 실정이다.

현재 사용되는 유기인계 농약의 수는 약 50여종에 달하는데, 대부분이 살충제로서 구조적으로는 인산과 이탈기(leaving group) 사이의 ester 화합물이다⁷⁾. 유기인계 살충

제 농약은 제 2차 세계대전 중에 대량 살상을 위한 신경가스로 개발되었으나 그 이후 농업용 살충제 개발에 이용되어 1950년대 이후부터 농약으로 광범위하게 사용되기 시작하였다⁸⁾. 이 농약은 유기염소계에 비하여 잔류성이 짧은 장점을 가지고 있으나, 포유동물에 대하여 강한 급성 및 만성독성을 나타내고 있어 잔류분에 의한 위해 유발 가능성이 높은 농약 부류이며⁹⁾, 현재까지 다량 사용되고 있는 농약이다⁷⁾.

대표적인 유기인계 살충제인 fenitrothion (O,O-dimethyl O-4-nitro-m-tolyl phosphorothioate)은 유기인계 농약 중 가장 많은 phosphorothioate계 화합물이다⁸⁾. 이 농약은 1964년 국내에 도입되어 현재까지 30년 이상 사용되고 있으므로 만성독성에 의한 위해 가능성이 높은 농약이다.

유기인계 농약의 대량생산 및 사용에 따라 유효기간(3년) 경과나, 저장 불량으로 농약제품을 폐기하는 경우와 농약 생산공장에서의 부산물이 유출될 경우 심각한 환경오염을 초래할 가능성이 있으며, 그 결과 최종적으로 인간에

게 심각한 해를 주게 될 것이다. 현재 국내에서는 농약폐기물을 대부분 매립에 의해 처리하고 있으며, 이로부터 유래한 침출수가 수질오염을 유발시킬 수 있다²⁾. 또한 소각 처리 경우에는 유독가스에 의한 대기오염을 일으키게 된다⁸⁾. 따라서 매립 및 소각에 의한 농약폐기물의 처리는 2차 오염문제 때문에 생물학적으로 무독화 처리하는 것이 가장 적합한 접근법이라 인식되고 있다.

토양 중의 농약은 여러 물리화학 및 생화학적 작용에 의하여 소실되지만 그 중 미생물에 의한 분해가 가장 중요한 인자로 알려져 있다⁹⁾. 따라서 농약 잔류성과 미생물간의 관계를 이해하는 것이 폐농약의 생물학적 처리를 위해서는 필수적이다. 농약은 토양미생물의 종류에 따라 분해 정도가 매우 상이하게 나타나며^{10,11,22)}, 최종적으로 미생물이 농약을 탄소 및 에너지원으로 이용하여^{13,14,15)}, 완전 분해가 가능하다는 점에서 중요하다. 또한 폐농약 처리에 미생물을 이용한 생물공학기술을 도입할 경우 분해과정을 보다 효율적으로 조절할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 농약폐수나 폐기물을 효율적으로 처리하기 위한 방안의 하나로 유기인계 살충제인 fenitrothion을 공시농약으로 선정하여, 다양한 미생물 급원과 선발배지에서 fenitrothion 분해력이 우수한 미생물 균주를 탐색하고자 하였다.

재료 및 방법

미생물 급원

Fenitrothion 분해미생물 급원은 대구·경북 일대의 논, 밭, 임야 및 대구 성서, 달성공단 등지의 오염지 토양과 대구 인근지역의 염색, 도금 및 제지공장 폐수를 채취하여 미생물 급원으로 사용하였다. 토양 및 폐수시료를 시료 급원별로 요약한 것은 Table 1과 같다.

Table 1. Soil and wastewater samples collected from different sources for the screening of fenitrothion-degrading microorganisms.

Source	Upland soil	Paddy soil	Forest soil	Polluted Waste soil	Total water	Total
No. of samples	30	30	30	30	4	124

공시농약

공시농약인 fenitrothion(상표명: 스미치온)은 시중에 시판되고 있는 50% 유제를 구입하여 사용하였으며, 분석용 fenitrothion 표준품(순도: 95.0%)은 (주) 동방아그로에서 분양 받았으며, 그 화학적 구조는 Fig. 1과 같다.

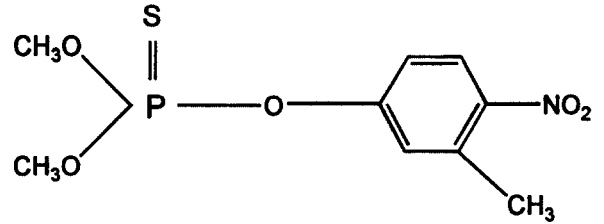


Fig. 1. Structural formula of fenitrothion.

선발배지

Fenitrothion 분해미생물을 1차 선발하기 위한 선택배지로서 세균 분리를 위하여 nutrient agar(NA) 배지(beef extract 3 g, peptone 3 g, agar 12 g/l), 사상균 분리를 위하여 potato dextrose agar(PDA) 배지(potato 200 g, dextrose 20 g, agar 15 g/l), 방선균 분리를 위하여 Actinomycetes isolation agar(AIA) 배지(sodium caseinate 2 g, asparagine 0.1 g, sodium propionate 4 g, dipotassium phosphate 0.5 g, magnesium sulfate 0.1 g, ferrous sulfate 0.001 g, agar 15 g/l), 기타 일반 미생물을 얻기 위하여 basal salt medium(BSM) 배지(sodium chloride 8g, ammonium sulfate 1g, potassium phosphate 0.5g, dipotassium hydrogen phosphate 0.5g, magnesium sulfate 0.1g, calcium chloride 0.1g, agar 15 g/l)를 사용하였다. 이때 선택성 미생물 분리를 위하여 각 배지에 50 mg/l의 fenitrothion을 첨가하였다.

한편 fenitrothion 분해율을 정량적으로 측정하기 위해서 위의 각 배지에서 agar만을 제외하고 다른 성분은 동일하게 조절된 액체배지를 제조하였다. 이때 각 액체배지는 nutrient broth(NB), potato dextrose broth(PDB), Actinomycetes isolation broth(AIB) 및 basal salt broth(BSB) 배지로 구분하였다.

고체평판배지 배양

1차 균분리를 위해 토양시료(1.0 g)를 serial dilution법에 의해 멸균 증류수로 1 ~ 10⁵까지 10배수 간격으로 희석하였다. 또한 폐수시료는 폐수 1 ml을 멸균 증류수로 10배 희석하여 각 희석수 1 ml을 50 mg/l의 fenitrothion이 첨가된 선발용 고체평판배지에 도말하였다. 도말된 NA, PDA, BSM 배지는 30°C, AIA 배지는 25°C에서 배양하면서 생성된 colony를 분리하였다.

2차 선발을 위한 액체배양

2차 fenitrothion 분해미생물 선발을 위하여 20 ml vial에 50 mg/l의 fenitrothion이 첨가된 NB, PDB, AIB, BSB 배지를 각각 10 ml씩 넣고 1차 선발에서 얻은 colony들을 접종하였다. NB, PDB, BSB 배지는 30°C, AIB 배지는 25

Table 2. GLC operating parameters for the analysis of fenitrothion.

Instrument	Hewlett Packard 5890 series II gas chromatograph
Detector	Nitrogen-phosphorus detector (NPD)
Column	2 mm i.d. × 2 m spiral glass column packed with 3% DC-200 on Gas Chrom Q (80~100 mesh)
Temperature	Column oven 185°C Injection port 220°C Detector block 270°C
Gas flow rate	Carrier : Helium 40 ml/min Fuel : Hydrogen 3ml/min Air 100 ml/min

℃에서 150 rpm으로 3일간 진탕 배양하여 gas-liquid chromatography(GLC)로 fenitrothion 분해율을 측정하였다.

3차 선발을 위한 액체배양

Erlenmeyer flask(100 ml)에 100 mg / l의 fenitrothion 이 첨가된 NB, PDB 배지를 각각 20 ml씩 넣고, 농약이 없는 배지에서 2일간 전배양하여 활성화시킨 공시균주를 각 1 ml씩 취하여 접종하였다. 이것을 배양기에서 150 rpm으로 5일간 진탕 배양한 후 fenitrothion 분석에 공시하였다.

Fenitrothion 분석

배양이 끝난 vial과 flask의 배양액 전량을 취해 동량의 n-hexane으로 2회 분배추출하고 상등액인 n-hexane 층만을 분리, GLC로 fenitrothion 잔량을 분석하였다. 미생물에 의한 fenitrothion 분해율은 아래식에 의하여 계산하였으며, fenitrothion을 정량적으로 측정하기 위한 GLC 분석조건은 Table 2와 같다.

$$\% \text{ 분해율} = \frac{(\text{fenitrothion 처리량} - \text{fenitrothion 잔량})}{\text{fenitrothion 처리량}} \times 100$$

결과 및 고찰

Fenitrothion 분해미생물의 1차 선발

Fenitrothion 50 mg / l가 첨가된 NA, PDA, AIA, BSM 고체평판배지에 논, 밭, 임야, 오염지 토양시료와 폐수시료를 희석, 도말하여 분리한 fenitrothion 분해미생물의 수는 Table 3과 같다.

분리된 fenitrothion 분해미생물의 총수는 1,071 종이었으며, 그 중 NA 배지에서 601 종, PDA 배지에서 201 종, AIA 배지에서 168 종, BSM 배지에서 101 종이 각각 분리되었다. 미생물 급원별로 보면 논, 밭, 임야, 오염지 토양에서 분리된 미생물이 각각 20% 내외의 비슷한 수준으로 검출되었다. 그러나 폐수에서는 3% 정도의 낮은 수준으로

Table 3. The number of fenitrothion-degrading microorganisms isolated from different screening media and sources of microorganisms. (Unit : CFU)

Medium	Source of microorganism					Total
	Paddy soil	Upland soil	Forest soil	Polluted soil	Waste water	
NA	152	148	141	152	8	601
PDA	40	47	45	57	12	201
AIA	45	48	42	25	8	168
BSM	16	20	14	50	1	101
Total	253	263	242	284	29	1,071

미생물이 검출되었다. 분리균주는 세균류가 약 56%로 가장 많았으며, 다음으로 사상균류가 19%, 방선균류가 16%를 차지하였다. BSM 배지에서는 전체 분리된 미생물 중에 약 9%가 분리되었으며, 이 배지에서 선발된 미생물은 대부분이 사상균류이었으므로 실제의 사상균류 비율은 총 분리된 균주 중 약 28%를 차지하였다.

NA 배지에서 분리한 미생물의 fenitrothion 분해율

1차 NA 배지에서 선발된 균주를 대상으로 50 mg / l의 fenitrothion이 첨가된 NB 액체배지에서 3일간 진탕 배양한 후 GLC로 각 미생물들의 fenitrothion 분해력을 정량적으로 분석하였다. 이때 fenitrothion 분해율에 따른 미생물들의 분포를 조사한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 이 결과에 의하면 1차 선발에서 얻은 미생물은 실제로 fenitrothion 분해력이 있는 미생물도 있었지만 그 중의 상당수는 fenitrothion 분해력 없이 내성만 가진 균주도 확인되었다. 따라서 본 연구의 목적에 부합되는 fenitrothion 분해력이 우수한 미생물을 선발하기 위하여 액체배양에서 분해율이 80% 이상인 우수한 미생물만을 2차 선발하였다.

분석한 601 종의 미생물 중에서 미생물 급원별로 구분하면 fenitrothion 분해율이 80% 보다 낮은 경우가 모든 급원에서 97% 이상을 점유하였다. 그리고 80% 이상의 우수한 분해율을 갖는 균주는 논 토양에서 3 종, 밭 토양 3 종, 임야 토양 2 종, 오염지 토양 4 종이 분리되어 총 12 종이 분리되었다. 그러나 폐수에서는 60 ~ 70% 범위의 비교적 높은 분해율을 가진 균주가 2 종 발견되었으나, 80% 이상 분해하는 균주는 한 종도 존재하지 않았다. 이상에서 선발된 균주는 각각 분리원에 근거하여 NPp1 (N; NA 배지, Pa; paddy soil, 1; 1번 균주의 뜻임), NPp2, NPp3, NUp1, NUp2, NUp3, NFo1, NFo2, NPo1, NPo2, NPo3, NPo4로 명명하였다.

PDA 배지에서 분리한 미생물의 fenitrothion 분해율

1차 PDA 배지에서 분리한 미생물을 50 mg / l의 fenitrothion이 첨가된 PDB 액체배지에서 3일간 진탕 배양

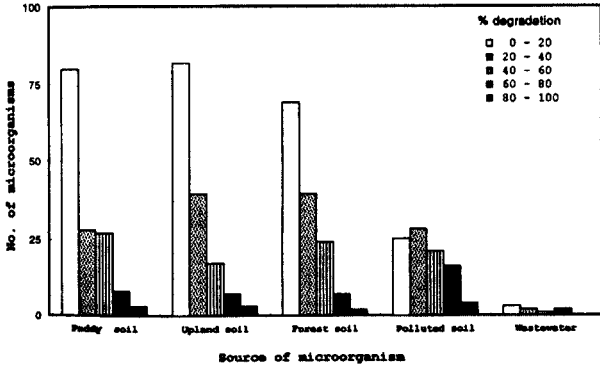


Fig. 2. Number of fenitrothion-degrading microorganisms isolated from different sources on an NA medium.

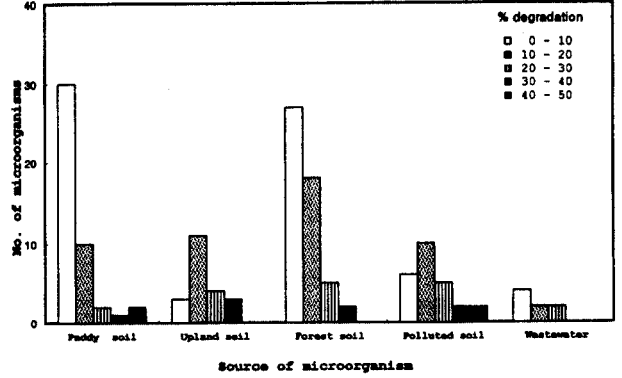


Fig. 4. Number of fenitrothion-degrading microorganisms isolated from different sources on an AIA medium.

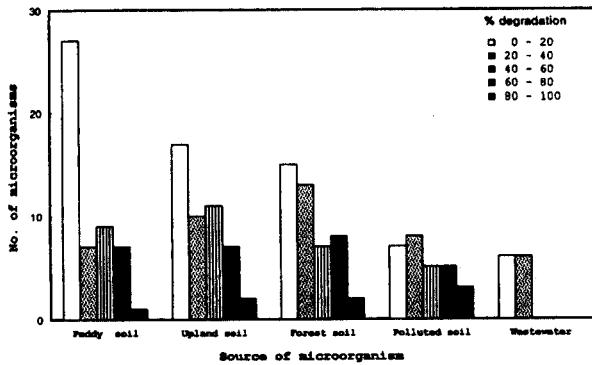


Fig. 3. Number of fenitrothion-degrading microorganisms isolated from different sources on a PDA medium.

한 후 GLC로 분석하였다. 각 미생물들의 fenitrothion에 대한 분해율 분포는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 이 결과에 의하면 분석한 201 종의 미생물은 모든 급원에서 fenitrothion 분해율이 80% 보다 낮은 경우가 96% 이상을 점유하였다. 80% 이상의 우수한 분해율을 갖는 균주는 논 토양에서 1 종, 밭 토양에서 2 종, 임야 토양에서 2 종, 오염지 토양에서 3 종이 각각 분리되어 총 8 종이 분리되었다. 그러나 폐수에서는 30 ~ 40% 범위의 낮은 분해율을 가진 균주가 3 종 발견되었으나, 80% 이상 분해하는 균주는 한 종도 존재하지 않았다. 이상에서 선발된 균주는 분리원에 근거하여 PPa1, PUpl, PUp2, PFol, PFo2, PPol, PPo2, PPo3로 명명하였다.

AIA 배지에서 분리한 미생물의 fenitrothion 분해율

AIA 배지에서 분리한 미생물을 50 mg / l 의 fenitrothion이 첨가된 AIB 액체배지에서 3일간 진탕 배양한 후 GLC로 분석하여, 미생물의 fenitrothion에 대한 분해율별 분포를 조사하면 Fig. 4와 같다. 이 결과에 의하면 분석한 168 종의 미생물들은 모든 시료에서 fenitrothion 분해율이 50% 이하이었다. 그 중에서 다소 높은 분해율을 갖는 균주는 논 토양에서 40 ~ 50% 범위의 분해율을 가진

균주가 2 종, 밭 토양에서 30 ~ 40% 범위의 분해율을 가진 균주가 3 종, 임야 토양에서 30 ~ 40% 범위의 분해율을 가진 균주가 2 종, 오염지 토양에서 40 ~ 50% 범위의 분해율을 가진 균주가 3 종, 폐수에서는 20 ~ 30% 범위의 분해율을 가진 균주가 2 종 발견되었다.

BSM 배지에서 분리한 미생물의 fenitrothion 분해율

BSM 배지에서 분리한 미생물을 50 mg / l 의 fenitrothion이 첨가된 BSB 액체배지에서 3일간 진탕 배양한 후 GLC 분석하여, 미생물의 fenitrothion에 대한 분해율별 분포를 조사하면 Fig. 5와 같다. 이 결과에 의하면 분석한 101 종의 미생물 중에서 fenitrothion 분해율이 80% 보다 낮은 경우가 88% 이상을 점유하였다. 80% 이상의 우수한 분해율을 갖는 균주는 논 토양에서 1 종, 임야 토양에서 1 종, 오염지 토양에서 6 종이 각각 분리되어 총 8 종이 분리되었다. 그러나 밭 토양과 폐수에서는 80% 이상 분해하는 균주는 한 종도 존재하지 않았다. 이상에서 선발한 균주는 분리원에 근거하여 BPa1, BFo1, BPol, BPo2, BPo3, BPo4, BPo5, BPo6로 명명하였다.

강화배양

2차 선발에서 얻은 우수 fenitrothion 분해미생물 28 종을 100 mg / l 의 fenitrothion이 고농도로 첨가된 배지에서 강화배양하면서 고체배지에서의 성장정도와 액체배지에서의 분해율을 조사하였다. 이때 강화배지에서 성장이 양호하며 동시에 분해율이 상대적으로 높은 균주를 3차 선발의 주 대상으로 삼았다.

먼저 균의 생육정도를 평가하기 위하여 50 mg / l 와 100 mg / l 의 fenitrothion이 첨가된 고체평판배지에 2차 선발한 균체를 접종시켰다. 여기서 colony 형성정도를 육안으로 관찰한 후 생육 왕성, 양호, 빈약, 불량의 4단계로 평가하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 이 결과에 의하면 2차 선발된 우수 분해미생물들은 50 mg / l 의

fenitrothion 첨가배지에서는 모든 균의 성장이 양호하였으나, 100 mg / l의 fenitrothion으로 강화된 배지에서는 미생물 종에 따라 성장정도에 큰 차이를 보였다. 특히 세균류 중에서는 NPa2와 사상균류 중에서는 BPo5 균주가 100 mg / l의 fenitrothion이 첨가된 강화배지에서는 거의 성장이 없었다. 그러나 대다수의 균주에서는 성장정도가 다소

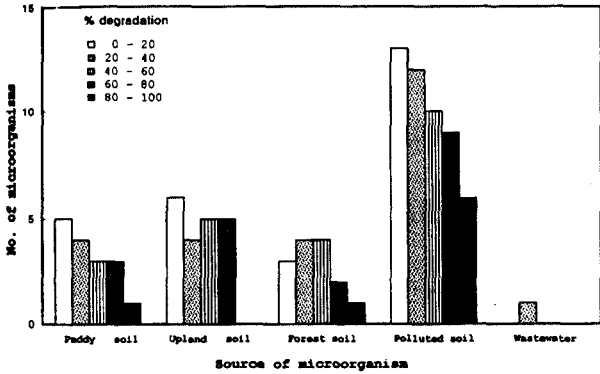


Fig. 5. Number of fenitrothion-degrading microorganisms isolated from different sources on a BSM medium.

둔화되기는 하였지만 성장이 가능하였으며, 세균류 보다는 사상균류가 고농도 fenitrothion에서도 대체로 성장이 양호하였다.

한편 100 mg / l의 fenitrothion 농도로 강화된 NB 배지와 PDB 액체배지에 2차 선발된 세균 12 종과 사상균 16 종들을 접종하여 30°C, 150 rpm으로 5일간 진탕 배양한 후 fenitrothion 분해율을 측정 한 결과(Table 5), 2차 선발 균주들은 100 mg / l의 fenitrothion이 첨가된 액체배지에서 농약분해율이 전반적으로 약간씩 저하되었다. 이는 미생물에 의한 fenitrothion 분해과정 중 가수분해경로에서 생성되는 phenol계 화합물의 일종인 3-methyl-4-nitrophenol이 강력한 살균효과¹⁰⁾를 가지고 있기 때문에 생긴 결과로 추측된다. 즉 fenitrothion 농도가 높아질수록 분해산물인 3-methyl-4-nitrophenol의 양이 많아져 되먹임 저해(feedback inhibition) 기작에 의한 미생물들의 생육저해가 생기는 것으로 생각된다. 따라서 고농도에서의 각 미생물들간의 분해율 차이는 미생물에 의한 직접적 분해율 차이보다는 오히려 각 미생물들의 phenol 화합물에 대한 내성정도에 따라 주요한 차이가 발생할 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하면 세균 중에서 fenitrothion 분해율이 가장 높은 것은 Npa1과 NFo1 균주 2종 이었으며, 사상균 중에서는 PFo1과 BPo1 균주 2종인 것으로 최종 확인되었다.

요 약

논, 밭, 임야, 오염지 토양과 폐수 등 124 지점의 미생물

Table 4. Growth of fenitrothion-degrading microorganisms at the concentrations of 50 and 100 mg / l fenitrothion.

Strain	Fenitrothion concentration	
	50 mg / l	100 mg / l
NPa1	+++	++
NPa2	++	-
NPa3	++	+
NUp1	++	++
NUp2	++	+
NUp3	++	+
NFo1	++	+
NFo2	++	+
NPo1	++	+
NPo2	++	+
NPo3	++	+
NPo4	++	+
PPa1	++	+
PUp1	+++	++
PUp2	++	+
PFo1	+++	++
PFo2	++	++
PPo1	+++	++
PPo2	+++	++
PPo3	++	+
BPa1	+++	++
BFo1	+++	++
BPo1	+++	++
BPo2	++	+
BPo3	+++	++
BPo4	+++	++
BPo5	++	-
BPo6	++	++

Symbols denote the degree of growth: +++, good; ++, fair; +, weak; -, poor.

균원에서 fenitrothion 분해미생물을 탐색하였다. 그 결과 총 1,071 균주를 1차 분리하였다. 배지별로는 nutrient agar, potato dextrose agar, Actinomyces isolation agar 및 basal salt medium 고체배지에서 각각 601, 201, 168, 101 종의 활성균주를 1차 분리하였다.

이 중에서 fenitrothion 분해력이 상대적으로 우수한 미생물을 선발하기 위하여 액체배양을 통한 GLC분석 결과 분해율이 80% 이상인 균주 28 종을 2차 선발하였다. 이들을 선발배지별, 미생물 균원별로 살펴보면 NA 배지에서는 논 토양에서 3 종, 밭 토양에서 3 종, 임야 토양에서 2 종, 오염지 토양에서 4 종이 각각 분리되어 총 12 종이 분리되었다. PDA 배지에서는 논 토양에서 1 종, 밭 토양에서 2 종, 임야 토양에서 2 종, 오염지 토양에서 3 종이 각각 분리되어 총 8 종이 분리되었다. BSM 배지에서는 논 토양에서 1 종, 임야 토양에서 1 종, 오염지 토양에서 6 종이 각각 분리되어 총 8 종이 분리되었다. 그러나 AIA 배지에서는 모든 균주가 fenitrothion 분해율이 50% 이하이었다.

Table 5. Degradation of fenitrothion by selected microorganisms isolated from the 2nd screening, at the concentrations of 50 and 100 mg / l fenitrothion.

Strain	Fenitrothion concentration	
	50 mg / l	100 mg / l
NPa1	94.2	83.4
NPa2	89.3	22.3
NPa3	88.5	80.5
NUp1	96.2	75.2
NUp2	86.7	38.4
NUp3	87.5	56.6
NFo1	94.7	85.3
NFo2	88.3	81.0
NPo1	93.5	81.9
NPo2	96.9	28.0
NPo3	93.9	79.7
NPo4	86.8	63.3
PPa1	85.2	70.0
PUp1	89.3	70.1
PUp2	86.3	71.2
PFo1	91.1	80.4
PFo2	84.3	72.7
PPo1	89.0	71.9
PPo2	84.3	70.5
PPo3	85.5	64.1
BPa1	92.0	35.8
BFo1	88.9	77.2
BPo1	93.0	86.1
BPo2	83.3	30.4
BPo3	86.2	71.7
BPo4	88.7	71.7
BPo5	84.8	18.9
BPo6	85.6	41.8

한편 100 mg / l 의 고농도 fenitrothion 첨가 배지에서 2 차 선발 균주를 강화배양하면 세균 중에서는 Npa1과 NFo1 균주가, 사상균 중에서는 PFo1과 BPa1 균주가 분해율이 가장 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Hayes, W. J. and E. R. Laws (1991) Handbook of pesticide toxicology, Academic Press, Inc.,
- 茂岡忠義 (1991) 農業の水生生態系への影響評價, 水質汚濁研究, 14(2):88-91.
- Ryang, H. S., Y. H. Moon, E. S. Choi, M. S. Jang, J. H. Lee and Y. N. Chang (1991) Residual activity and effect of soil-applied herbicides on succeeding crops in vegetable fields - 4. Residual amount of herbicides nitratin and napropamide, Korean J.

- Environ. Agric., 10(2):113-118.
- Park, C. K., D. S. Han and J. H. Hur (1984) Organophosphorus pesticide residues in major environmental components of Nakdong river, Korean J. Environ. Agric., 3(1):36-44.
- Lee, S. H. and J. W. Hong (1987) Pesticides, 2nd Ed., Hyang-Mun Press.
- Worthing, C. R. (1991) The pesticide manual, ninth edition, The British Crop Protection Council.
- Agricultural Chemicals Industrial Association (1995) Agrochemical Yearbook.
- 田博, 加藤龍夫 (1988) 農薬による大気汚染現象と濃度評價, 安全工学, 27, 387.
- Schoen, S. R. (1987) The effects of various soil factors and amendments on the degradation of pesticide mixtures, J. Environ. Sci. Health, 22(3):347-377.
- Han, S. S., P. J. Park, D. H. Jeong and Y. S. Rim (1996) Degradation ability of fungicide myclobutanil by several soil bacteria, Korean J. Environ. Agric., 15(1):25-36.
- MacRae, I. C. (1989) Microbial metabolism of pesticides and structurally related compounds, Rev. Environ. Contam. Toxicol., 109:1-88.
- Sato, Y. (1992) Degradation of fenitrothion by bacteria isolated from forest soil, J. Jpn. For. Soc., 74(6):482-487.
- Adhya, T. K., B. Sudhakar and N. Sethunathan (1981) Fate of fenitrothion, methyl parathion and parathion in anoxic sulfur-containing soil systems, Pestic. Biochem. Physiol., 16:14-20.
- Bruhn, C., H. Lenke and H. J. Knackmuss (1987) Nitrosubstituted aromatic compounds as nitrogen source for bacteria, Appl. Environ. Microbiol., 53(1):208-210.
- Han, S. S., C. G. Choi, J. H. Joeng and S. H. Baek (1995) Residue of fungicide myclobutanil and change of soil microflora in upland soil at different environmental conditions, Korean J. Environ. Agric., 14(1):28-44.
- Wright, J. A., M. W. Hermonat and R. G. Hards (1982) A degradation product of fenitrothion, 3-methyl-4-nitrophenol, is an inhibitor of mammalian ribonucleotide reductase, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 28:480-483.

[바로잡습니다]

17권 2호 162쪽의 Fig. 3의 내용이 잘못 인쇄되었기에 아래의 내용으로 바로잡습니다.

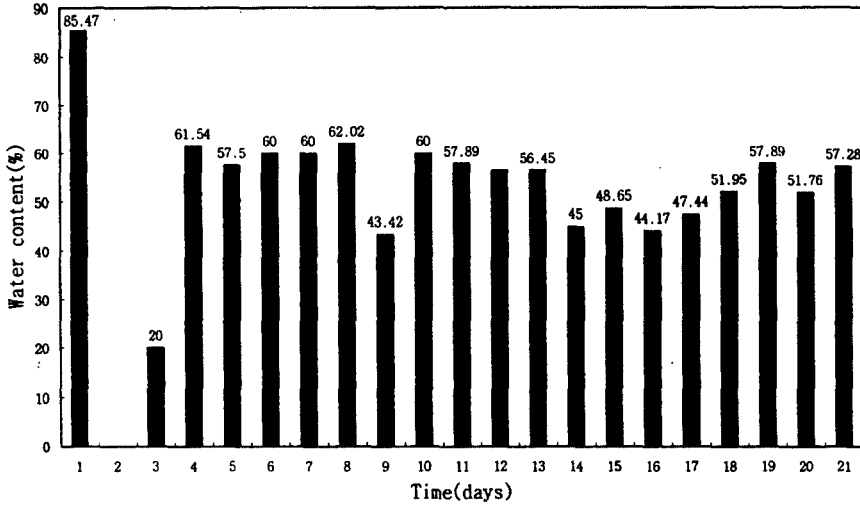


Fig. 3. Water content evolution of the compost during experimental period at 45°C