

제초제 Paraquat의 미생물 생육저해 작용

김미림¹ · 박찬성² · 최경호^{1*}

¹대구효성가톨릭대학교 식품영양학과, ²경산대학교 식품과학과

초록 : 시판 농약류의 미생물에 대한 독성을 검정한 결과 제초제인 paraquat(1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridylum dichloride)가 편성혐기성 세균을 제외한 세균류와 효모 및 곰팡이에 걸치는 광범위한 미생물의 증식을 저해하였다. Paraquat는 1.0 µM(0.186 ppm)의 농도에서도 공시균(*Escherichia coli* KCTC 1039)의 turbidometric growth를 지연시켰으나, 생균수 변화 및 well test 등의 결과로부터 공시균에 대한 paraquat의 생육저해 최소 농도는 1.0 mM (186 ppm)로 평가되었다. Paraquat 처리시 공시균의 생균수는 처리직후에 대조구의 약 50%로 급격히 감소되었으나, 이후 4시간 동안 1.0 mM의 paraquat 존재하에서도 유의적으로 증가되었다. 그러나 처리 4시간 이후로는 생균수가 서서히 감소되었으며 계속된 배양에도 불구하고 재증식은 관찰되지 아니하였다(1995년 5월 4일 접수, 1995년 7월 3일 수리).

서 론

Paraquat(1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridylum dichloride)는 영국 ICI사에서 개발한 속효성 제초제로서 세계적으로는 1950년대부터 사용되어 왔으나 우리나라에서는 1970년 과원의 잡초방제용으로 사용된 것이 시효로 알려져 있다.¹⁾ 근간 농촌 노동력 감소 및 우리나라의 농업형태가 미작 중심에서 고소득 작물로 이행됨에 따라 농약 사용량이 전반적으로 증가되는 추세에 있으나, paraquat 사용량은 다른 농약류 보다 빠른 속도로 증가되어 왔으며 앞으로도 지속적으로 증가될 전망이다.²⁾

Paraquat는 토양입자, 특히 점토에 강하게 흡착되어 상당기간 잔류되므로^{3,4)} 토양을 오염시킬뿐만 아니라 유기물이 적은 사질토양 중에서는 빗물 또는 관개수에 의하여 용탈되어 수질을 오염시키고 나아가 작물중으로 이행되고 있다.⁵⁾

Paraquat에 의한 토양오염에 관하여는 Fryer 등⁶⁾이 토양중 paraquat의 잔류문제를 보고한 이래 Kanathrana⁷⁾는 고무농장 토양에서 2.6~17.0 ppm의 paraquat를 검출하였고 Constenla 등⁸⁾은 Costa Rica의 커피 농장의 토양에서 100~500 ppm에 달하는 높은 농도의 paraquat를 검출하였다. 식품이나 작물중 paraquat 혼입에 관하여서는 Constenla 등⁸⁾이 커피중 0.02 ppm, Paschal 등⁹⁾은 해바라기 씨에서, Winterlin 등¹⁰⁾은 목화에서 각각 0.01 ppm 이상의 paraquat 함량을 보고하였다.

Paraquat는 *Pseudomonas aeruginosa*,¹¹⁾ *Lipomyces starkeyi*^{12,13)} 등 일부의 미생물에 의하여 분해될 수 있으나, 여타의 많은 미생물에 대해서는 종류와 개체수를 감소시키고¹⁴⁾ 돌연변이를 유발하는 등의 독성을 미치는 것¹⁵⁾으로 보고되어 있다. Davision 등,¹⁶⁾ Fisher 등,¹⁷⁾ Hassan

등,¹⁸⁾ Peterson 등¹⁹⁾ 및 Kitzler 등²⁰⁾은 각각 *Escherichia coli*를 위시한 장내세균류에 대한 paraquat의 독성을 보고 하였으며, 박 등²¹⁾은 *Saccharomyces*, Farag 등²³⁾은 *Aspergillus*에 대한 영향을 보고하였다. 본 연구에서는 paraquat가 독작용을 미칠수 있는 미생물의 범위와 독작용을 나타내기 위한 약제의 농도를 규명하고자 하였으며 여기에 추가하여 현재 국내에서 시판되고 있는 농약류들의 미생물에 대한 영향을 paraquat와 비교검토 하였다.

재료 및 방법

균주 및 배양

Paraquat의 독성실험에는 세균 6균주, 효모 2균주 및 곰팡이 4균주를 사용하였으며 균주 및 배양에 사용한 배지의 종류 및 배양온도는 Table 1과 같다. 배지는 적정 pH로 조정된 후 0.75 kg/cm²에서 10분간 가압살균하여 사용하였다. 세균은 편성호기성, 통성혐기성 및 편성혐기성균으로 나누어 사용하였으며 *Escherichia coli*(KCTC 1039)를 주된 공시균으로 사용하였다.

호기성 균주는 액체배지 20 ml에 1~2 백금이의 균체를 접종하여 15~18시간 진탕배양(90 rpm, stroke 3 cm)한 것을 종균으로 하여 신선한 배지에 재 접종하고 전배양과 동일한 조건으로 배양하였다. 재 접종시에는 광전비색계(東京光電, 7A)를 사용하여 배양액의 탁도(OD₆₆₀)를 0.1로 조정하였다.

혐기성 균주는 potato-glucose 배지에 전배양한 종균을 액체배지에 접종하여 발효관을 꽂은 후 15~18시간 정치배양하였다. 이 배양액을 신선한 배지에 초기탁도가 0.1이 되도록 재 접종한 후 Tumberg's tube를 이용하여 감압배양하였다.

찾는말 : Paraquat, microbial growth, inhibition.

*연락처

Table 1. Microorganisms and cultural media used in the experiment

Microorganisms	Cultural conditions	
	Media	Temperature
Bacteria		
Obligative aerobes		
<i>Bacillus megaterium</i> (KCTC 3007)	LB	30°C
<i>Bacillus subtilis</i> (KCTC 1021)	LB	30
Facultative anaerobes		
<i>Escherichia coli</i> (KCTC 1039)	LB	37
<i>Salmonella typhimurium</i> (KCTC 1925)	LB	37
Obligative anaerobes		
<i>Clostridium sporogenes</i> (IFO 12636)	TYA	30
<i>Lactobacillus casei</i> (ATCC 4646)	MRS	37
Yeasts		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (KCTC 1213)	YM	24
<i>Candida utilis</i> (KCTC 7137)	YM	26
Molds		
<i>Aspergillus oryzae</i> (KCTC 2114)	PDA	24
<i>Mucor ambigus</i> (KCTC 6142)	PSA	24
<i>Penicillium citrinum</i> (KCTC 1255)	PDA	24
<i>Rhizopus stolonifer</i> (KCTC 6174)	PDA	24

Abbreviations of the media: Luria-Bertani's (LB), tryptophan-yeast extract-acetate (TYA), Man-Rogosa-Sarpe's (MRS), yeast-malt extract (YM), potato-dextrose-agar (PDA or PGA) and potato-sucrose agar medium (PSA)

Table 2. Type and concentration of pesticides used in the experiments

Chemicals	Type	Contents of active ingredient (%)	Remarks
Insecticides			
Fenobucarb	EW	97.0	T
Phosphamidon	EW	50.0	T
demeton-s-methyl	EW	46.0	T
Dichlorvos	EW	50.0	시판
Phenthoate	EW	47.5	시판
Parathion	EW	95.0	T
Carbofuran	SP	3.0	T
Fungicides			
Validamycin	SP	64.3	T
Kasugamycin	SP	69.3	T
Streptomycin	SP	20.0	T
Mancozeb	SP	75.0	T
Chlorothalonil	SP	75.0	T
Captafol	SP	80.0	T
IBP	EW	96.0	T
Herbicides			
Paraquat (A)	EW	43.0	T
(B)		98.0	R
Butachlor	EW	88.0	시판
2,4-D	EW	40.0	T

Symbols represent as EW, emulsion, oil in water; SP, water soluble powder; T, technical and R, reagent grade. Paraquat A(Hannong Co.) and B(Tokyo Chemical Co.) was used for assay of general toxicity of chemicals and paraquat-specific toxicity, respectively. Chemicals except paraquat were kindly provided Kyoung Nong Co.

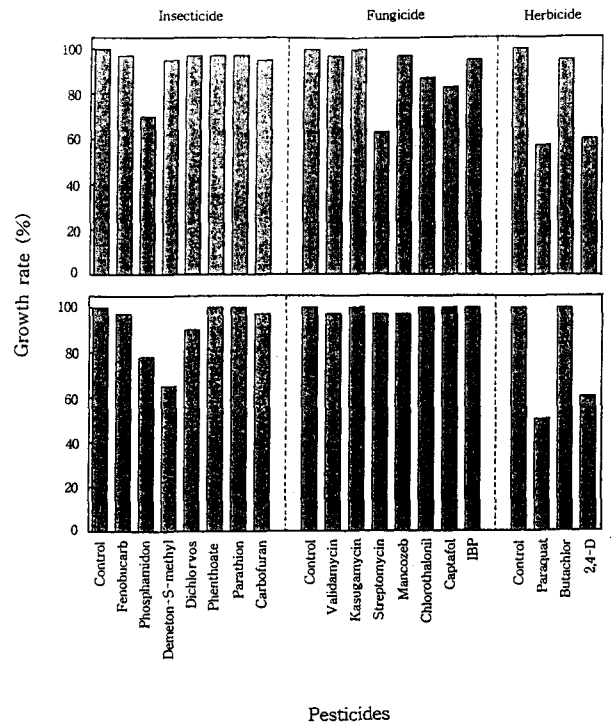


Fig. 1 Effects of pesticides chemicals on turbidometric growth of organisms. *Escherichia coli*(upper) and *Aspergillus oryzae*(lower) were used as the indicator organisms. The organisms were cultivated in the presence of 10ppm of each chemicals for 8 hours. Turbidity of the culture was measured at 660nm for bacterium, while dry weight was measured for mold. Scores are presented as the relative growth rate against control.

증식도 측정

세균 및 효모는 배양액의 탁도를 측정하였으며 곰팡이는 균체를 여과, 세척한 후 60°C에서 24시간, 105°C에서 항량이 될때까지 건조하여 칭량하였다. 균체의 세척에는 인산완충액(1/15 M, pH 7.0)을 사용하였다.

생균수 측정

인산완충용액(1/15 M, pH 7.0)으로 희석한 균체 배양액 0.2 ml를 고체 평판배지에 도말한 후 37°C에서 48시간 배양하여 생성된 colony수로 측정하였다.

농약류의 미생물 독성 검정

농약약제별(살충제 7종, 살균제 7종 및 제초제 3종) 미생물에 대한 독성은 *E. coli*(KCTC 1039)와 *A. oryzae* (KCTC 2114)를 검정균으로 시험하였으며 사용한 농약류의 상세내역은 Table 2와 같다. 이들 농약은 최종농도가 10 ppm이 되도록 배양 4시간 (*E. coli*) 및 18시간 (*A. oryzae*)이 경과한 후에 첨가하였다.

Paraquat 처리

대수증식 증기(세균 및 효모: 배양 4~6시간째, 곰팡이: 18시간째)의 공시균 배양액에 1.0 mM의 paraquat (Tokyo Chemical)를 첨가하고 계속하여 배양함으로 처

리하였다. Paraquat는 증류수로 희석하여 농도를 조정하였다.

결과 및 고찰

농약류가 균체증식에 미치는 영향

*E. coli*와 *A. oryzae*의 증식에 대한 농약약제류의 영향을 대조구에 대한 상대적 증식도로 표시한 결과는 Fig. 1과 같다. *E. coli*는 phosphamidon, streptomycin, 2,4-D 및 paraquat에 의하여 증식이 유의적으로 저해 되었으며 나머지 농약류에 의하여는 거의 저해를 받지 않았다. *A. oryzae*는 phosphamidon, demeton-s-methyl, 2,4-D 및 paraquat에서 두드러진 증식저해를 보였다.

미생물의 증식이 사용 농약의 농도와 처리시간 등 실험조건에 따라 영향을 받으나²³⁾ paraquat가 10 ppm의 동일처리농도에서 다른 농약류들에 비하여 미생물에 대한 증식억제 정도가 40%로 월등히 높았으며, 제초제임에도 불구하고 전통적인 살균제들에 비하여 강한 살균력을 보인것은 특이한 사실이라 사료된다.

Paraquat에 의한 균주별 증식저해

1) 세균에 대한 영향

편성 호기성균인 *B. subtilis* 및 *B. megaterium*과 통성

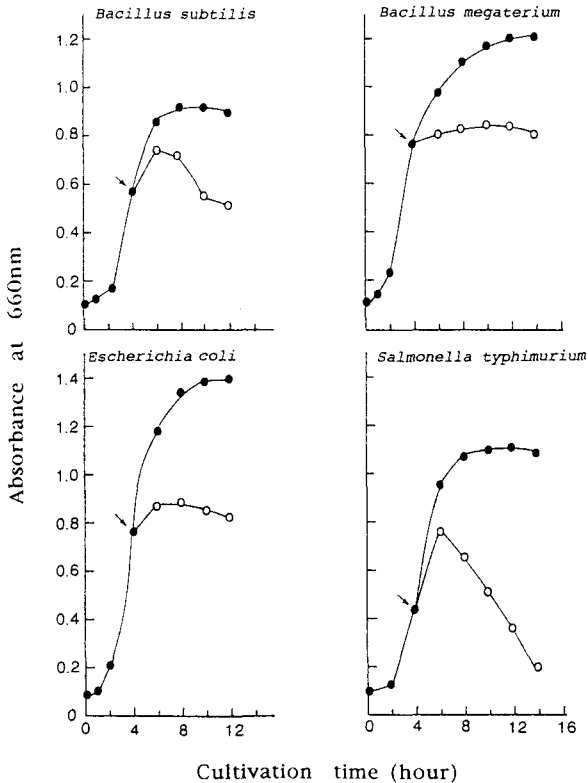


Fig. 2 Effect of paraquat treatment on the turbidometric growth of obligative aerobes and facultative anaerobes. The organisms were aerobically cultivated in 1.0 mM paraquat. Symbols are ●-● for control and ○-○ for paraquat. Paraquat was treated at the time indicated by the arrow.

혐기성 균인 *E. coli* 및 *S. typhimurium*에 대한 영향은 Fig. 2와 같다. 대조구의 경우 4균주 모두 1~2시간의 유도기를 거쳐 4~5시간째에 대수증식중기에 도달하여 탁도가 0.6~0.75의 범위였으며 *B. subtilis*는 8시간째에 탁도 0.9, 나머지 3균주는 12시간째에 각각 1.2, 1.4 및 1.1 등의 최고 탁도를 보여 정지기에 도달하는 증식도를 보였다. Paraquat 처리구는 *B. megaterium*의 경우 경시적인 탁도의 변화가 거의 없는 증식저해현상을 보였고 나머지 세균주에서는 paraquat 처리후 2시간까지는 증식이 가능하였으나 그이후 *E. coli*는 완만한 경사의 증식저해를 보였으며 *B. subtilis*와 *S. typhimurium*은 탁도가 급격히 감소되어 사멸되는 양상이었다. 종래에는 paraquat가 토양 미생물에 미치는 영향이 근소한 것으로 사료 되었으나¹¹⁾, 토양과 유리된 상태에서는 상당기간 독성이 잔류되며 1.0 mM 이상의 농도에서 *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. cerevisiae*, *S. faecalis* 등의 장내 세균류의 증식까지도 저해하는 것으로 보고¹⁹⁾ 된 바 있다.

편성 혐기성균인 *L. casei*와 *C. sporogenes*는 Fig. 3에서와 같이 두 균주 모두 paraquat에 의한 증식저해 현상은 없었다. 이는 김 등²⁴⁾의 보고와 일치되며, paraquat의 독성이 생체내 superoxide radical을 다량 생성시키고 또한 이들을 처리하는 superoxide dismutase (SOD)활성을 저해하는데 기인한 것¹⁴⁾으로 혐기성 세균에는 SOD 및 catalase와 cytochrome호흡연쇄가 결여되어 있기 때문이라 사료된다.

2) 효모에 대한 영향

*S. cerevisiae*와 *C. utilis*에 대한 결과는 Fig. 4와 같다. *S. cerevisiae*의 경우 탁도 0.72인 대수증식 중기에 paraquat를 투여한 후 6째시간까지 대조구의 최고탁도인 1.35에는 못미치나 탁도 1.1까지 계속된 증식으로 세균보다 완화된 증식저해의 결과였다. 이는 미생물의 종류에 따라 세포의 표층구조가 달라짐으로 항균작용의 범위가 제한되는 것에 기인한 것으로 세균에 대하여는 넓은

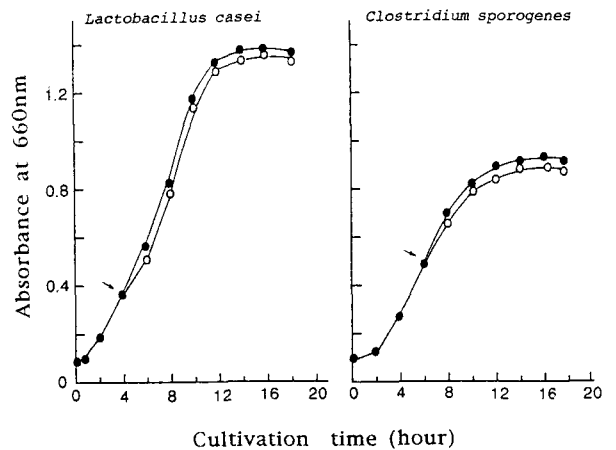


Fig. 3 Effect of paraquat treatment on the growth of obligative anaerobes. The organisms were anaerobically cultivated in the Tumberg's tubes. Symbols are ●-● for control and ○-○ for paraquat. Paraquat was treated at the time indicated by the arrow.

항균 spectrum을 가지는 penicillin도 glucomannan을 주 축으로 한 효모의 세포벽 합성은 저해할 수 없기때문에 효모를 위시한 진균류의 증식은 저해되지 않으나, paraquat가 세균뿐만 아니라 효모와 진균류까지도 저해 한다는 것은 특이하다 하겠다. 또한 증식저해의 정도가 세균에 비하여 완화된것도 세포벽을 통한 paraquat의 침투가 어려웠던데 기인한 것으로 판단되며 따라서 효모에 대한 paraquat의 생육저해를 위한 최소농도는 세균에 비하여 높은 수준이 요구된다고 판단된다. *C. utilis*는 편성 혐기성 세균에서와 같이 paraquat에 의한 증식저해는 없었다. 이는 Hata 등¹³⁾이 토양 효모인 *Lipomyces starkeyi*가 paraquat분해성 균주로서 paraquat를 질소원으로 이용할 수 있다는 보고 및 Carr 등¹²⁾이 역시 동일한 균주에서 세포벽을 제거하면 분해능이 없어진다는 보고로 봐서 세포벽의 구조상의 차이와 함께 paraquat에 대한 다른 방어기전이 있는 것으로 사료된다.

3) 곰팡이에 대한 영향

곰팡이의 결과는 Fig. 5와 같다. *M. ambiguis*는 대조구에 비해 paraquat 처리 후 증식의 감소현상이 뚜렷

하였으며, *R. stolonifer*와 *A. oryzae*는 투여후 6시간까지는 약간의 증식을 하였으나 대조구에는 훨씬 못 미쳤으며 이후 급격히 감소하는 경향이였다. *P. citrinum*은 효모인 *S. cerevisiae*와 같이 투여 후 꾸준한 증식 증가로 다른 3종의 곰팡이보다 저해의 정도가 약했으나 대조구의 증식도에는 상당히 못 미치는 상대적인 증식저해의 결과를 보였다. 혐기성 대사경로를 가지는 *P. citrinum*을 제외하고는 세균이나 효모에 비해 증식저해가 급격히 진행된 것은 곰팡이가 증식에 있어서 높은 산소 요구성인데 기인하는 것으로 판단되며 paraquat독성이 산소 의존성임을 나타내는 결과라 하겠다.

4) Paraquat 농도에 따른 영향

*E. coli*의 증식에 미치는 paraquat의 농도별 영향에

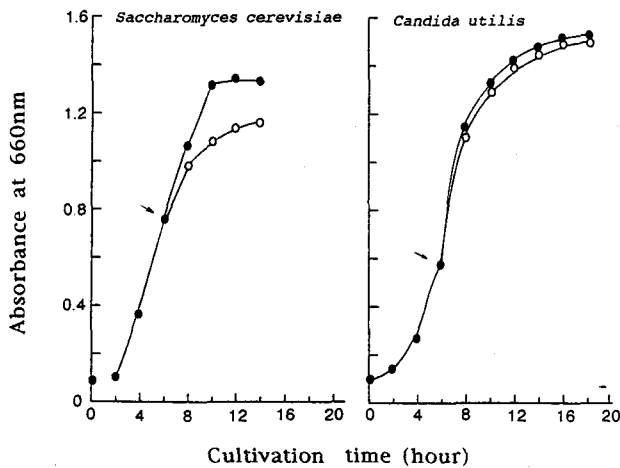


Fig. 4 Effect of paraquat treatment on the growth of yeasts. The organisms were aerobically cultivated by shaking. Symbols are ●—● for control and ○—○ for paraquat. Paraquat was treated at the time indicated by the arrow.

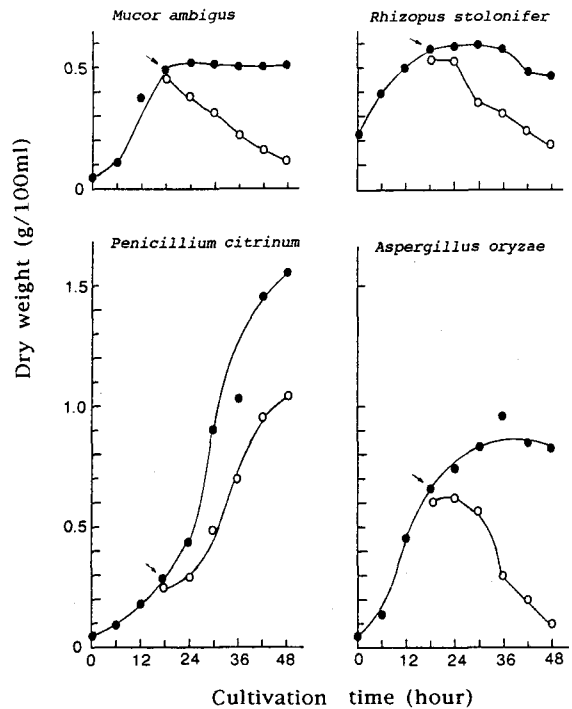


Fig. 5 Effect of paraquat treatment on the growth of molds. The organisms were aerobically cultivated by shaking. Cells were dried at 105°C. Symbols are ●—● for control and ○—○ for paraquat. Paraquat was treated at the time indicated by the arrow.

Table 3. Changes in the number of viable cell counts of *E. coli* according to paraquat concentration

(unit: cells/ml)

Concentration of paraquat (M)	Cultivation time after paraquat treatment (Hour)		
	0 hour	4 hour	8 hour
0	$(3.57 \pm 0.28) \times 10^{9aA}$	$(1.28 \pm 0.15) \times 10^{11aB}$	$(2.82 \pm 0.15) \times 10^{11aC}$
10^{-6}	$(3.19 \pm 0.28) \times 10^{9aA}$	$(1.02 \pm 0.10) \times 10^{11aB}$	$(1.88 \pm 0.16) \times 10^{11bC}$
10^{-5}	$(2.89 \pm 0.26) \times 10^{9bA}$	$(9.74 \pm 0.24) \times 10^{10bB}$	$(1.25 \pm 0.16) \times 10^{11cC}$
10^{-4}	$(2.03 \pm 0.22) \times 10^{9cA}$	$(7.58 \pm 0.37) \times 10^{10cB}$	$(9.04 \pm 1.29) \times 10^{10dC}$
10^{-3}	$(1.79 \pm 0.24) \times 10^{9dA}$	$(5.21 \pm 0.29) \times 10^{10dB}$	$(6.32 \pm 0.73) \times 10^{9eC}$
10^{-2}	$(1.37 \pm 0.39) \times 10^{9dA}$	$(3.87 \pm 0.41) \times 10^{9eB}$	$(1.05 \pm 0.19) \times 10^{9fA}$
10^{-1}	$(6.00 \pm 1.10) \times 10^{7eA}$	$(7.51 \pm 1.14) \times 10^{7fA}$	$(2.45 \pm 1.06) \times 10^{7gC}$

Viable cell counts were determined by plate method. Values in the Table indicate means±SEM. Different first letters in same column and different second letters in same line were significantly different at the level of P<0.05, respectively.

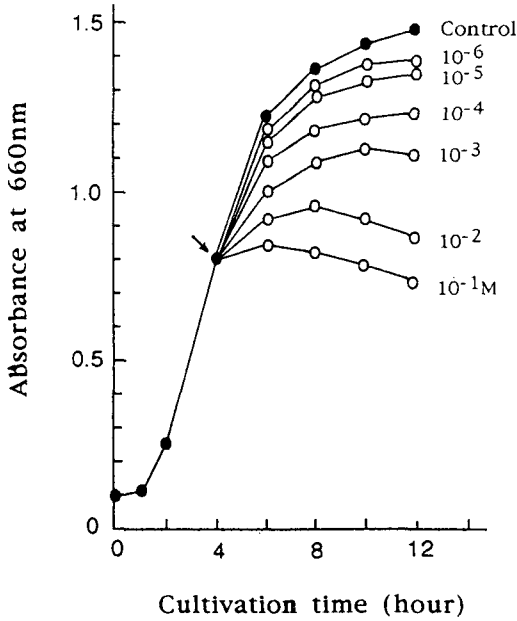


Fig. 6 Effect of paraquat treatment on turbidometric growth of *E. coli* cells according to concentration of the herbicide. Paraquat was added at 4 hours after cultivation(arrowed).

대한 결과는 Fig. 6과 같이 높은 농도에서 낮은 농도로 순차적인 저해의 감소 현상을 볼 수 있었다.

1.0 mM의 paraquat 농도를 기준으로 그 미만의 농도에서는 증식이 가능 하였으나 1.0 mM 이상의 농도에서는 증식이 불가능 하였다. 이러한 경향은 Fig. 7의 well test 결과에서도 1.0 mM 이상의 농도에서 증식저지환이 생성 되었다.

Paraquat 처리 후 생균수를 측정한 경우에도 Table 3과 같이 1.0 mM을 기준으로 그 미만의 농도에서는 4 시간 및 8시간째의 생균수가 계속 증가하였으나 1.0 mM 이상의 농도에서는 4시간 까지는 생균수가 증가하다가 8시간째에는 감소하였다. 또한 0시간째의 결과에서 대조구는 생균수가 배양액 ml당 3.57×10^9 cell 이었으나 1.0 mM의 paraquat 처리구는 1.79×10^9 cell로서 대조구에 비해 생존율이 약 50%정도였으며 그후 4시간까지는 재증식하였다가 8시간째에는 다시 감소하였다. 이 결과는 paraquat의 독성이 농도의존성임과 아울러, 공시균이 1.0 mM보다 높은 농도의 paraquat에 노출된 경우에는 회복이 어려운 정도의 손상을 받으나 그 이하의 농도에서는 배양시간이 길어짐에 따라 손상이 회복됨을 나타내는 것으로서 세균에대한 paraquat의 생육저해 최소농도는 1.0 mM로 판단된다. 미생물에 대한 paraquat의 독작용은 미생물의 종류, 배양조건, paraquat처리시 균체의 증식상태 및 처리한 paraquat의 농도 등에 영향을 받으며, 최 등²⁵⁾은 *B. megaterium*의 증식 및 SOD 활성이 μ M 단위의 paraquat 농도에서도 저해되나 mM 농도 이상에서 SOD 활성이 50% 이하로 저해됨을 보고하였고, Peterson 등¹⁹⁾은 *E. coli*와 *B. megaterium*에서 각각 1.0 mM을 공시균의 증식저해를 위한 paraquat의 최소

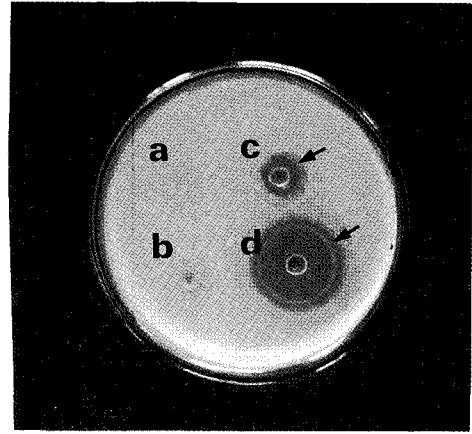


Fig. 7 Inhibitory zone formation by paraquat treatment. Bacterial killing action of paraquat was investigated by well test. *E. coli* was used as the indicator. Arrows represent inhibitory zones. Symbols represent concentration of the paraquat as a, 0.01; b, 0.1; c, 1.0 and d, 10 mM

농도로 보고하였다. 균체의 증식 상태에 따른 paraquat의 영향은 차 등²⁶⁾과 강 등²⁷⁾이 배양 초기에 1.0 mM의 paraquat를 처리한 결과 유도기가 대조구에 비해 3배정도 연장됨과 대수증식 말기에서도 동일 농도의 paraquat를 처리한 결과 현저한 증식저해 현상을 보고하였다. 또한 1.0 mM paraquat 처리구에서 처리 0시간에 공시균의 약 50%가 사멸되나, 이후 계속된 배양에 의하여 일시적으로 증식능을 회복하였다가 다시 사멸되는 생균수의 변화는 paraquat의 독작용이 두가지의 상이한 기작으로 구성되어 있음을 나타내고 있다. 본 실험에서 0시간 이라함은 paraquat처리 직후에 시료를 취하여 10^5 배 이상 희석한 후 paraquat를 함유하지 않은 신선한 배지에 평판도말한 것으로서 paraquat처리로 부터 평판도말 종료까지의 소요시간이 약 2분정도임을 감안하면 0시간에 약 50%가 사멸된것은 매우 빠른 생육저해의 기전이 존재함을 나타내고 있다. 반면에 이 후의 배양에서 일시적으로 증식하다가 최종적으로 사멸되는 것은 보다 늦은 또하나의 생육저해의 기전이 존재함을 나타내고 있다.

감사의 말

이 논문은 1994년도 대구효성가톨릭대학교의 학술연구 조성비에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

1. 梁桓承 (1976) 土壤中における除草劑の行動特性に関する研究. 日本京都大學校 博士學位論文.
2. 통계연보, 한국농약협회 (1992). 155.
3. 박창규 (1989) 농산물 및 농업환경중의 농약잔유. '89 진흥청 심포지엄 6, 27-44.
4. 임수길, 봉원에 (1992) Studies on the several soil factors affection on alachlor and paraquat adsorption by soils. *Korean J. Environ. Agric.* 11, 101-108.

5. Green, R. E. (1974) Pesticide-clay-water interaction. *J. Series No 1904 of the Hawaii Agr. Exp. Station*. Honolulu, Hawaii. Cit. Pesticide in soil and water. 3-36.
6. Fryer, J. D. Hance, R. J. and Luduig, J. W. (1975) Long term persistence of paraquat in soil. *Weed Res.* **15**, 189-194.
7. Kanathrana, P. (1986) Column efficiency for the determination of paraquat residues in soil. *J. Environ. Sci. Health.* **21**, 167-175.
8. Constenla, M. A., Riley, D. Kennedy, S. H., Rojas, C. E., Mora, L. E and Stevens, J. E. B. (1986) Paraquat behavior in Costa Rican soils and residues in coffee. *J. Agric. Food. Chem.* **38**, 1985-1988.
9. Paschal, D. C., Needham, L. L., Rollen, Z. J. and Liddle, J. A. (1979) Determination of paraquat in sunflower seeds by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chromat.* **177**, 85-90.
10. Winterlin, W. L., McChesney, M. M., Schoen, S. R. and Seiber, J. N. (1986) Chemical residues during screening, composting, and soil incorporation of cotton gin waste. *J. Environ. Sci. Health.* **B21**, 507-528.
11. Tu, C. M. and Bollen, W. B. (1968) Interaction between paraquat microbes in soils, *Weed Res.* **8**, 38-45.
12. Carr, R. J. G., Bilton, R. F. and Atkinson, T. (1985) Mechanism of biodegradation of paraquat by *Lipomyces starkeyi*. *J. Gen. Appl. Environ. Microbiol.* **49**, 1290-1294.
13. Hata, S. J., Shirata, K. and Takagishi, H. (1986) Degradation of paraquat and diquat by the yeast *Lipomyces starkeyi*. *J. Gen. Appl. Microbiol.* **32**, 193-202.
14. Carr, R. J. G., Bilton, R. F. and Atkinson, T. (1986) Toxicity of paraquat to microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* **52**, 1112-1114.
15. Vaishampayan, A. (1985) Mutagenicity of bipyridilium salts in a N_2 -fixing cyanobacterium. *Microbios.* **43**, 53-65.
16. Davison, C. L. and Papirmeister, B. (1971) Bacteriostasis of *Escherichia coli* by the herbicide paraquat. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **136**, 359-364.
17. Fisher, H. and Williams, G. (1976) Paraquat is not bacteriostatic under anaerobic conditions. *Life Sci.* **19**, 421-426.
18. Hassan, H. and Fridovich, I. (1978) Superoxide radical and the oxygen enhancement of the toxicity of paraquat on *E. coli*. *J. Biol. Chem.* **253**, 8143-8148.
19. Peterson, E., Fairsher, R., Morrison, J. and Cesario, T. (1981) Effect of the herbicide paraquat dichloride on bacteria of human organ. *Appl. Environ. Microbiol.* **41**, 327-328.
20. Kitzler, J. and Frodovich, I. (1986) Effect of paraquat on *Escherachia coli* distinction between bacteriostasis and lethality. *J. Free Radic. Biol. Medic.* **2**, 245-248.
21. 박영실, 김미림, 최경호. (1986) *Saccharomyces cerevisiae*에 대한 제초제 paraquat의 증식저해 작용 및 효모균체의 미세구조의 변화. *한국농화학회지* **29**, 359-365.
22. Farag, R. S., El-Leithy, M. A., Basyony, A. E. and Daw, Z. Y. (1987) Growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus* in a medium containing plant hormones, herbicides or insecticides. *J. Food Protec.* **50**, 1044-1047.
23. Han, S. S., Kim, S. J., Baek, S. H. and Choi, H. J. (1990) Effect of Pesticides on change of soil microflora in flooded paddy soil. *Korea J. Environ. Agric.* **9**, 83-93.
24. 김경희 (1992) 세균에 대한 paraquqt의 독성-Paraquqt에 대한 혐기성 세균의 동향. 효성여자대학교 대학원 석사학위논문.
25. 최경호, 김춘숙, 유지선. (1993) Paraquat 처리에 의한 *Bacillus megaterium*의 superoxide dismutase 활성저해. 효성여자대학교 연구논문집 **46**, 251-262.
26. 차기선, 김형주. (1982) *Bacillus megaterium*의 증식에 미치는 농업약제의 영향. 효성여자대학교 가정대학 논문집 **1**, 43-47.
27. 강주화, 류옥림. (1986) 대장균 superoxide dismutase에 대한 paraquat의 호기적 활성저해. 효성여자대학교 가정대학 논문집 **5**, 38-43.

Inhibition of Micobial Growth by Paraquat

Mi-Lim Kim¹, Chan-Sung Park² and Kyoung-Ho Choi^{1*} (¹Department of Food Science and Nutrition, Daegu Hyosung Catholic University, Hayang-eup, Kyongsan-Kun, Kyounbuk 713-702, Korea; ²Department of Food Science, Kyongsan University, Kyongsan-si, Kyounbuk 712-240, Korea)

Abstract : This study was carried out to investigate the toxic action of herbicide, paraquat(1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridylum-dichloride), against microorganisms. The toxic effect of paraquat was observed mainly using *Escherichia coli*(KCTC 1039), as follows; Growth of aerobic microorganisms which comprise 4 strains of bacteria and 2 strains of yeast and 4 strains of mold was inhibited drastically in the presence of 1.0mM paraquat. But the growth of anaerobic bacteria was not affected by the chemical. When actively growing cells of *E. coli* were exposed to the paraquat at the concentration higher than 1.0 mM, they rapidly lost their ability to form colony and clearly formed inhibitory zone by well test. More than 50% of the cells were killed by 1.0 mM paraquat treatment, even at immediate addition of paraquat to the medium.

*Corresponding author