

## Polynactin Complex (Tetranactin)와 BPMC 혼합제의 사과 및 토양 잔류성

윤재천 · 이석준 · 박종우 · 김장억

경북대학교 농화학과

Residue of Combined Insecticide of Polynactin Complex(Tetranactin)  
and BPMC in Apple and Soil

Jae Cheon YOON · Seok Joon LEE · Jong Woo PARK · Jang Eok KIM

Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University

### Abstracts

The residues of combined insecticide of polynactin complex(tetranactin) and BPMC were determined to establish an index for the safety use to apple. Evaluation was made on residual concentration of tetranactin and BPMC in apple as a function of application frequency and date when the combined insecticide of tetranactin and BPMC was sprayed into apple. Their persistence in soil were also studied under the field and laboratory conditions. Recovery percentage from apple was ranged from 74.0 to 77.5 in tetranactin, 87.1 to 83.6 in BPMC, those from soil was 82.3 to 88.4 in tetranactin, 83.6 to 87.1 in BPMC. The minimum detectable limits of tetranactin and BPMC were 0.01ppm in apple pulp and 0.03ppm in apple peel and soil. The residue percentage of tetranactin and BPMC in the peel and pulp part of apple was about 96 in peel part by five sprays up to 3th day before harvest. The residues of tetranactin and BPMC in apple are proved to 0.39ppm and 0.75ppm by five sprays up to 30 days before harvest. Maximum residue limit(MRL) of BPMC for fruits was established of 0.3ppm in Environment Protection Agency of Korea, and thus it is suggested that the preharvest intervals of combined insecticide for apple could be 30 days with twice spray. The half life of tetranactin in soil under field and laboratory conditions was 6.9 and 24.4 days, and in case of BPMC was 6.3 and 23.2 days, respectively.

Key Words : Polynactin complex(tetranactin), BPMC, Residue, MRL, Half life.

서 론

최근 농작업에 있어서 두 종류 이상의 농약

을 혼합하여 동시에 살포하는 혼합제가 많이 개발 보급되고<sup>1,12)</sup> 있어서 약효의 상승작용으로 인한 방제폭의 확대는 물론이고 노동력의 절

감, 저항성 중의 효율적인 방제 등의 효과가 있어서 앞으로도 약제간의 화학적인 반응으로 인한 약효감소 및 약해작용이 없고 적절한 제형만 개발된다면 바람직한 농약의 사용형태가 될 것이다.

Polynactin complex(tetranactin)는 *Streptomyces aureus*에서 분리정제한 항생물질로 1972년 일본에서 개발되어 사과, 차, 국화 등의 응애류 방제에 널리 사용되어온 약제이다.<sup>1-3,15)</sup> 지금까지 응애류의 방제에 사용되어온 많은 약제들이 비표적 생물체(non-target organisms) 특히 온혈동물(warm-blooded animals)에게 높은 독성을 가지며, 응애류는 가해하는 작물의 종류도 많을 뿐만 아니라, 작물의 생육기간중 거의 계속적으로 발생하며 연간 세대수도 10여 회나 반복되므로 쉽게 저항성이 나타나는 문제점 등으로 인해 응애류 방제에 어려움이 많았다. 그러나 농업용 항생물질인 polynactin complex(tetranactin)는 비교적 생물체 특히 온혈동물에 매우 낮은 독성을 지니며 응애류에 대한 치사효과가 매우 높고 또한 환경중에 잔류되어 부차적인 영향을 미치지 않는 물질로 알려져 있다. 이 약제의 작용기작에 대해서 Sagawa 등<sup>15)</sup>은 tetranactin의 화학적인 성질이 lipophilic이기 때문에 mites의 세포와 접촉 되었을 때 cell membrane을 녹여 potassium 및 sodium ion의 농도구배를 파괴시킨다고 보고 하였다.

BPMC (2-sec-butyl phenyl-N-carbamate)는 1962년 Metcalf 등<sup>11)</sup>에 의하여 살충력이 처음 보고된 뒤 수도의 멸구류 방제용으로 주로 사용되고 있는 접촉독성의 carbamate계 살충제로서 국내에서는 1974년 부터 생산되어 벼의 멸구류 및 매미충류 방제에 주로 사용되고 있다. Carbamate계 농약인 BPMC는 주로 수도의 멸구류 방제용으로 사용되어 왔기 때문에 논토양 중에서의 잔류성에 관한 논문들은 다수 있으나<sup>8,14,19)</sup> 과실류에서의 잔류성에 관한 논문들은 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 tetranactin이 응애의 성충에 대해서는 현저한 살비활성을 보이나 egg-killing에는 미미한 활성을 보이는 단점을 협력제로서 BPMC를 사용하여 tetranactin의 살란효과를 크게 개선 시켰다는 보고<sup>3)</sup>를 근거

로 화학적인 성질과 생물학적 효과도 전혀 상이한 tetranactin과 BPMC를 혼합유제 형태로 조제하여 사과의 응애 방제약으로 사용하였다. 이때 살포된 두 약제의 사과에서의 잔류성을 규명하여 안전사용기준을 설정하기 위한 기초 자료로 활용하고자 하였으며 아울러 토양환경 중에서의 잔류정도도 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

#### 1) 공시약제

본 연구에 사용된 polynactin complex(tetranactin)와 BPMC는 사과에서의 잔류성 시험과 포장에서의 토양잔류성 시험을 위해서는 혼합제로서 유제를(tetranactin:12%, BPMC:30%) 사용하고 토양잔류성 실내시험에서는 표준품(tetranactin:90%, BPMC:90.5%)을 사용하였으며 두 농약의 이화학적인 성질<sup>6,17)</sup>은 Table 1과 같다.

#### 2) 공시작물

본 시험에 사용된 작물은 경상북도 농촌진흥원의 과수원에서 15년생 Fuji 품종을 11주 선정하여 실험을 수행하였다.

#### 3) 공시토양

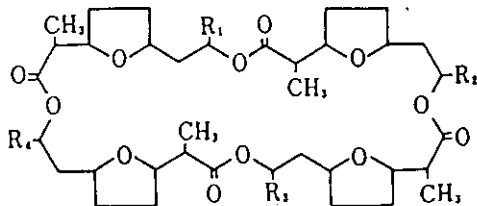
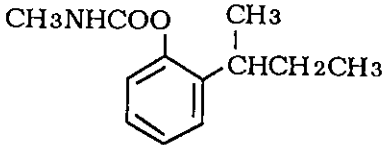
경북대학교 농과대학 부속농장(칠곡)의 포장을 선정하여 포장실험을 하였으며 실내실험의 토양은 포장의 토양을 채취하여 풍건시킨 다음 2mm sieve를 통과시킨 시료를 사용하였다. 공시토양의 물리 화학적 성질에 대한 분석<sup>3)</sup> 결과는 Table 2와 같다.

## 2. 실험 방법

### 1) 약제 살포

사과에 대한 약제살포는 polynactin complex(tetranactin)와 BPMC 혼합유제(tetranactin:12%, BPMC:30%)를 1,000배 희석액으로 조제하여 tetranactin의 경우에는 주성분 함량이 0.06kg a.i./10a이고, BPMC는 0.15kg a.i./10a의 수준으로 처리하였으며 처리회수 및 처리간격은 Table 3과 같다.

Table 1. Physico-chemical properties of polynactin complex(tetranactin) and BPMC

Properties	Polynactin complex (Tetranactin)	BPMC
Chemical structure :	 <p>R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>=methyl; nonactin  R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>=methyl, R<sub>4</sub>=ethyl; monactin  R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>=methyl, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>=ethyl; dinactin  R<sub>1</sub>=methyl, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>=ethyl; trinactin  R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>=ethyl; tetranactin</p>	
Chemical name :	5, 14, 23, 32-tetraethyl-2, 11, 20, 29-tetramethyl-4, 13, 22, 31, 37, 38, 39, 40-octaoxapentacyclo(32. 1. 1 <sup>7,10</sup> , 1 <sup>16,19</sup> , 1 <sup>25,28</sup> )tetracontane-3, 12, 20, 30-tetraone	o-sec-butylphenyl methyl carbamate
v. p.* :	1.5 × 10 <sup>-7</sup> mmHg(30°C)	0.808mmHg(30°C)
Solubility :	insoluble in water	660mg/l in water(30°C)
Toxicology :	Acute oral : LD <sub>50</sub> >2500mg/kg(rats), >2000mg/kg(rabbit)	Acute oral : LD <sub>50</sub> 700mg/kg (rats), 500mg/kg(mice)

\* Vapour pressure

Table 2. Physico-chemical properties of soil

Soil	Texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	pH* (1:5)	O. M. (%)	CEC (me/100g)
Chilgok	Loam	14.5	34.0	51.5	5.9	1.31	7.8

\* Soil : H<sub>2</sub>O

Table 3. The application design of polynactin complex(tetranactin) and BPMC for apple

Formulation	Application rate (kg a. i./10a)	No. of application	Preharvest interval
Polynactin complex (Tetranactin)	0.06	0	-
BPMC	0.15	1	60
		2	60-30 60-15 60-3
		3	60-30-15 60-15-7 60-7-3
		4	60-30-15-7 60-15-7-3
		5	60-30-15-7-3

## 2) 토양잔류성

실험실 조건에서의 토양잔류성을 규명하기 위하여 공시토양 20g을 포장용수량의 60% 수준으로 증류수로 맞춘 후 30°C의 incubator에서 1주일간 배양한 다음 tetranactin과 BPMC의 표준품을 acetone 및 methanol에 녹여 10ppm 수준으로 처리하고 유기용매를 휘발시켜 30°C의 incubator에 보관하면서 0, 7, 15, 30, 60, 90일 경과 후 잔류량을 분석하였다. 또한 포장상태에서 잔류성을 규명하기 위하여 포장을 가로 및 세로 2m씩 구획으로 만든 다음 공시약제를 제제로 살포하였으며 tetranactin의 경우에는 0.18kg a.i./10a이고, BPMC의 경우는 0.45kg a.i./10a수준으로 살포하고 0, 3, 7, 15, 30, 60, 90일 경과 후 일정량의 시료를 채취하여 2mm sieve를 통과시킨 다음 수분함량을 측정 후 잔류분석용 시료로 사용하였다.

## 3. 분석 방법

### 1) Tetranactin

사과 시료를 유 등<sup>19)</sup>의 잔류 분석방법에 준하여 속 및 움쪽파인 부분을 cock borer로 제거시켜 과육과 과피로 구분한 다음 과육은 100g, 과피는 20g씩 평량하여 acetone을 가해서 homogenize한 후 Celite 545층의 Büchner funnel에서 여과 시켰다. 이 여액을 분액여두에서 dichloromethane으로 3회 추출하고 anhydrous sodium sulfate로 수분을 제거시킨 다음

rotary evaporator에서 감압 농축시켰다. 이 농축액을 acetone으로 재 용해시켜 coagulation 용액 (NH<sub>4</sub>Cl 50ml, Celite 2g, KMnO<sub>4</sub> 20ml)을 넣고 15분간 반응시켜 여과하였다. 이 여액을 dichloromethane으로 다시 추출하고 농축시켜서 dichloromethane 10ml로 재 용해시킨 후 sodium picrate 5ml를 넣어 발색시킨 다음 377nm의 spectrophotometer로 비색정량 하였다. 토양시료도 실내 및 포장토양 20g을 acetone으로 2시간 진탕추출 시킨 다음 여과하고 이 여액을 사과에서와 같은 방법으로 추출 및 정제하여 잔류량을 분석하였다.

### 2) BPMC

사과 및 토양 중의 BPMC분석은 tetranactin에서의 추출방법과 동일하게 하여 BPMC를 acetone으로 추출한 다음 추출 및 정제과정을 거쳐 최종적으로 농축시킨 시료를 methanol로 용해시켜 산성조건에서 aniline과 sodium nitrite를 반응시켜 azo발색단을 형성시킨 후 potassium hydroxide로 발색시켜 450nm에서 비색정량<sup>13)</sup>하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 회수율

Tetranactin과 BPMC의 사과 및 토양 중 잔류량 분석에 사용된 분석방법의 회수율과 검출한계는 Table 4 및 5와 같다.

Table 4. Recoveries of tetranactin and BPMC from soil and apple fortified with two concentrations

Pesticide	Application	Fortification levels (ppm)	Recovery(%)
Tetranactin	Soil	0.5	82.3
		1.0	88.4
	Apple	0.5	74.0
		1.0	77.5
BPMC	Soil	0.5	97.2
		1.0	82.2
	Apple	0.5	87.1
		1.0	83.6

Table 5. Detection limit of tetranactin and BPMC

Application		Detection limit (ppm)	
		Tetranactin	BPMC
Soil		0.03	0.03
Apple	pulp	0.01	0.01
	peel	0.03	0.03

Tetranactin의 경우 토양에 0.5ppm 및 1.0ppm 수준으로 spike하여 확립된 잔류분석법에 의해 분석한 결과 회수율은 82.3-88.4% 수준이었으며, 사과에서는 74.0-77.5% 수준이었다. BPMC의 경우는 토양에서 82.2-97.2% 정도 이었으며, 사과에서는 83.6-87.1%의 회수율을 보였다. Tetranactin과 BPMC는 토양 시료 20g, 사과 과육부분 100g 및 과피 20g을 사용해서 잔류량을 분석한 결과 토양시료에서의 검출한계는 0.03ppm 이었으며, 사과에서는 과육의 경우 0.01ppm 이었고 과피의 경우는

0.03ppm 이었다.

2. Tetranactin과 BPMC의 사과중 잔류성

Tetranactin 및 BPMC 혼합유제의 살포횟수 및 살포시기에 따른 사과에서의 잔류량을 평가하고 또한 사과의 부위별 잔류정도를 알아보기 위하여 사과를 과육 및 과피부분으로 구분하여 tetranactin과 BPMC의 잔류량을 분석한 결과는 Table 6 및 7과 같다.

Table 6. Residue of tetranactin in apple

No. of application	Preharvest interval	Elapsed days after final application	Residue(ppm)*		
			Pulp	Peel	Total
Control	-	-	<0.01	<0.03	<0.01
1	60	60	0.04	0.24	0.04
2	60-30	30	0.06	0.52	0.12
	60-15	15	0.04	0.87	0.14
	60-7	7	0.06	1.12	0.18
	60-3	3	0.08	1.99	0.27
3	60-30-15	15	0.05	1.60	0.21
	60-15-7	7	0.07	1.78	0.24
	60-7-3	3	0.07	2.26	0.29
4	60-30-15-7	7	0.05	2.26	0.27
	60-15-7-3	3	0.07	2.87	0.35
5	60-30-15-7-3	3	0.08	3.17	0.39

\* Each value is the mean of triplicates

Tetranactin 및 BPMC 혼합제를 최종 수확일을 기준으로 수확전 60일 부터 3일전 까지 최저 1회 살포에서 최고 5회 살포한 후 수확된 사과에서의 잔류분석을 실시한 결과 그 잔류수준은 tetranactin의 경우 총 잔류량은 1회 살

포시 0.04ppm에서 5회 살포시 0.39ppm 수준으로 나타나 살포횟수가 증가되고 수확기가 임박할수록 잔류량이 많은 것으로 나타났다. 사과의 부위별로 잔류수준을 알아보기 위하여 사과를 과육부분과 과피부분으로 구분하여

Table 7. Residue of BPMC in apple

No. of application	Preharvest interval	Elapsed days after final application	Residue(ppm)*		
			Pulp	Peel	Total
Control	-	-	<0.01	<0.03	<0.01
1	60	60	0.03	0.23	0.05
2	60-30	30	0.05	0.26	0.07
	60-15	15	0.10	0.65	0.16
3	60-7	7	0.15	1.34	0.27
	60-3	3	0.18	2.90	0.45
	60-30-15	15	0.11	1.65	0.26
	60-15-7	7	0.16	2.93	0.44
4	60-7-3	3	0.20	3.15	0.50
	60-30-15-7	7	0.18	3.97	0.56
5	60-15-7-3	3	0.20	4.35	0.62
	60-30-15-7-3	3	0.22	5.53	0.75

\* Each value is the mean of triplicates

잔류량을 분석한 결과 과육부분에서는 1회 살포시 0.04ppm에서 5회 살포시 0.08ppm수준으로 나타났다. 과피부분에서는 1회 살포시 0.24ppm에서 5회 살포시 3.17ppm수준으로 나타나 tetranactin은 사과와 과피 부분에 많이 잔류되는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 통해서 tetranactin은 물에 거의 녹지 않는 lipophilic한 성질이 있어서 사과 과피의 wax층으로는 쉽게 침투되나 과육부분으로는 거의 침투되지 않는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 tetranactin과 같은 지용성의 성질을 지니고 있는 dicofol, chlorothalonil 및 captafol약제를 사과에 처리하였을때 95-97%가 과피에 잔류하였다는 보고<sup>9,10)</sup>와 propagite약제의 95%가 과피에 잔류하였다는 FAO/WHO의 보고<sup>7)</sup>와 유사한 경향으로 나타났다.

BPMC의 경우에도 총 잔류량은 1회 살포시 0.05ppm에서 5회 살포시 0.75ppm 수준으로 살포횟수가 증가되고 수확시기가 임박할수록 잔류량은 높은 것으로 나타났다. 사과의 부위별 잔류량은 과육에서는 0.03-0.22ppm의 수준이었으며 과피에서는 0.23-5.53ppm의 수준으로 나타났다. 전반적으로 BPMC는 tetranactin의 경우와 같이 살포된 약제의 상당부분이 과피부분에

잔류되는 것으로 나타났다. BPMC의 잔류수준이 tetranactin보다 높은 것은 혼합유제를 제조할때 BPMC의 주성분 함량과 tetranactin의 주성분 함량과의 차이로 인해 10a당 처리수준으로 환산하였을때 BPMC는 0.15kg 수준이고 tetranactin은 0.06kg수준이었기 때문에 잔류량이 차이가 난 것으로 생각된다.

Polynactin complex(tetranactin)와 BPMC 혼합제의 사과에 대한 잔류량 성적을 토대로 수확전 살포횟수 및 시기를 나타내는 안전사용기준의 설정은 현재 농업용 항생제들의 대부분이 인축에 대한 낮은 독성 때문에 MRL값이 설정되어 있지 않음을 감안할 때 BPMC의 잔류 성적이 기초자료가 되어야 한다. 따라서 현재 우리나라 환경청에서 고시한 BPMC의 최대 잔류허용치(Maximum Residue Level)는 과실류에서 0.3ppm이므로 BPMC의 사과에 대한 잔류시험에서 2회 살포구인 60-30일 및 60-15일의 두 시험구에서만 각각 0.07 및 0.16ppm의 낮은 수준으로 검출되어 MRL값 이하로 나타났다. 따라서 농약의 약효 지속성과 안전성을 고려한다면 60-30일 구가 적합할 것으로 판단되어 안전사용기준은 수확 30일전 2회 살포하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

### 3. Tetranactin과 BPMC의 토양중 잔류

농약은 본래 그 표적이 작물의 병해충 및 잡초 등을 제어하는 목적이 있지만 다른 한편으로는 표적 이외의 곤충, 미생물 및 식물 등에 대해서도 여러 형태로 영향을 미치게 된다. 또한 살포된 농약의 상당량이 토양중에 집적되어 토양환경 중에 영향을 미치게 되므로 농약의 토양 중에서의 동태도 파악되어야 한다. 따라서 tetranactin 및 BPMC의 토양환경 중에서의 동태를 파악하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 경시적으로 90일 까지 분해되는 정도를 포장 및 실내시험을 통해서 분석한 결과는 Fig.1 및 2와 같다.

Tetranactin의 포장시험에서의 잔류량은 약 제처리 직후에는 9.20ppm으로 나타났으며 대체적으로 실험 초기인 7일 정도 까지는 약 57% 정도로 급격하게 분해되었으며 그 이후 부

터 90일 까지는 서서히 분해되는 경향을 나타내었다. 포장에서의 tetranactin의 잔류량을  $Y = a \cdot e^{-bt}$ 의 지수함수식을 이용하여 분해 반감기를 구한 결과 Table 8과 같이 6.9일로 나타났다.

포장조건에서 초기의 빠른 분해양상은 많은 양의 강우와 이로 인한 유실, 가수분해, 태양광에 의한 광분해, 휘산 등의 요인들이 복합적으로 작용하여 일어난 것으로 생각되며 후반부의 느린 분해 현상은 주로 토양미생물의 작용 때문인 것으로 추정된다. 포장에서 농약의 분해에 주로 관여하는 요인을 배제하고 같은 토양으로 실내에서 수행한 결과의 분해 반감기는 24.4일로 나타나 분해 반감기의 17.5일 정도는 주로 포장에서의 물리적인 요인이 작용하였기 때문인 것으로 생각된다.

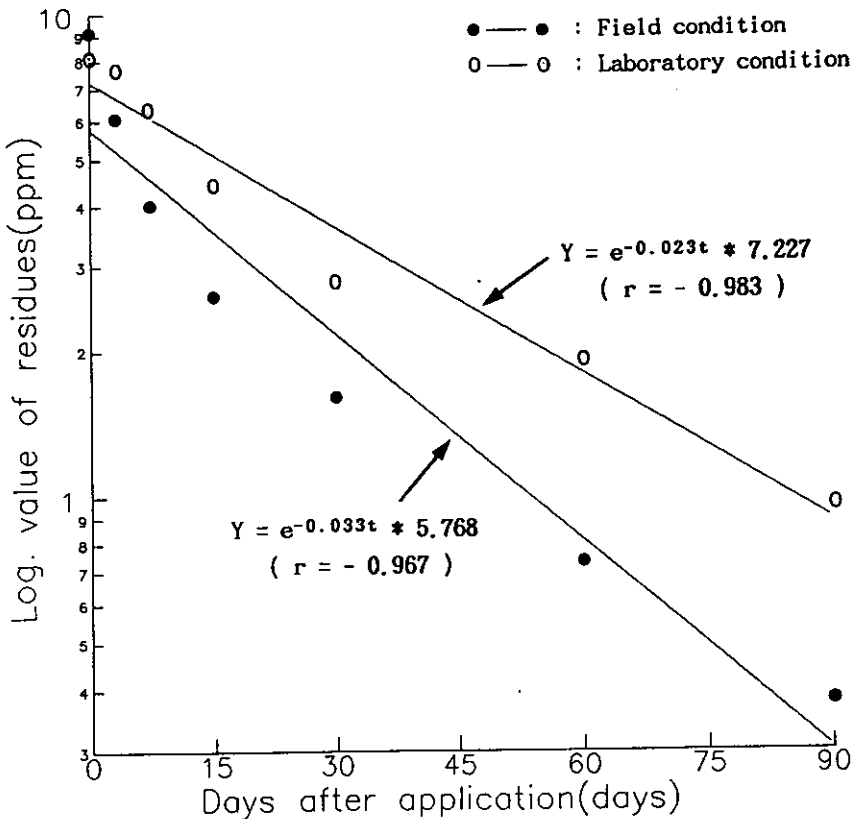


Fig. 1. Residue of tetranactin in soil

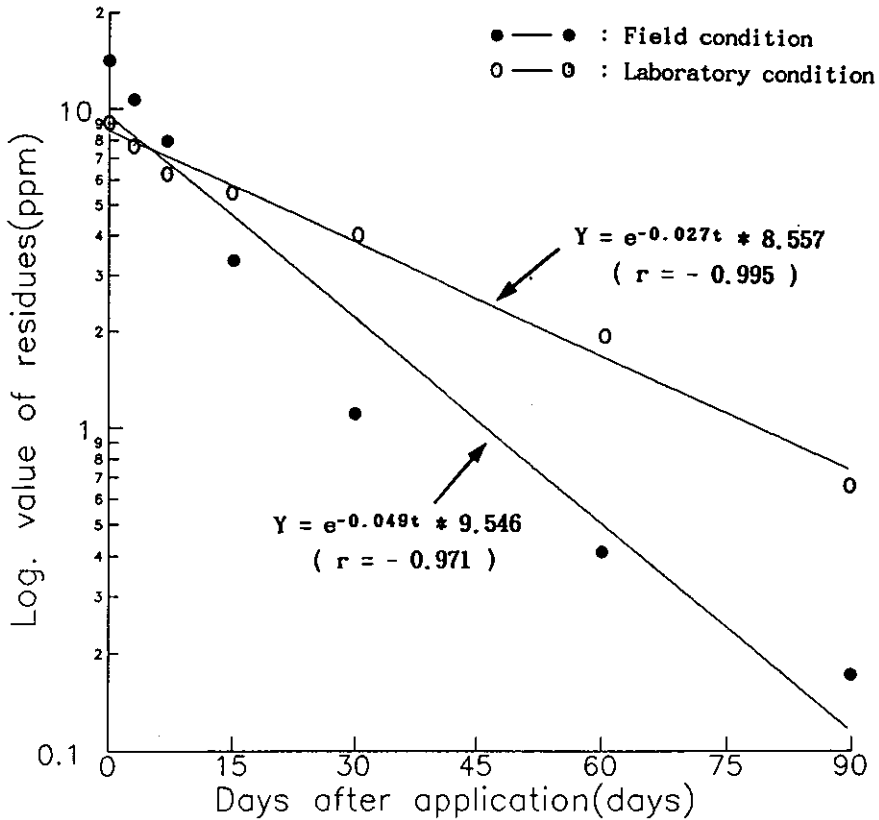


Fig. 2. Residue of BPMC in soil

Table 8. Exponential regression equations of tetranactin and BPMC in soil

Pesticide	Soil condition*	Exponential regression equation	-r**	half-life (days)
Tetranactin	F	$Y = e^{-0.033t} * 5.768$	0.967	6.9
	L	$Y = e^{-0.023t} * 7.227$	0.983	24.4
BPMC	F	$Y = e^{-0.049t} * 9.546$	0.971	6.3
	L	$Y = e^{-0.027t} * 8.557$	0.995	23.2

\* : F = field condition, L = laboratory condition

\*\* : Significant at 1% level

Sasaki 등<sup>16)</sup>의 보고에 의하면 tetranactin은 cyclic ester bond의 절단에 의해 linear tetramer가 되고 더 나아가 trimer, dimer 및 monomer로 분해가 진행되며, 햇빛에 의한 광분해에 민감하고 또한 토양미생물에 의해 최종적으로 H<sub>2</sub>O 및 CO<sub>2</sub>로 분해 된다고 하였다. 또한 Ando 등<sup>1)</sup>은 tetranactin의 토양 중 분해

는 토양미생물 *Bacillus sp.*와 *Micrococcus sp.*에 의해 ester bond가 가수분해되어 homononactic acid를 생성하고, 이어서 soil fungi에 의해 homononactic acid가 CO<sub>2</sub> 및 H<sub>2</sub>O로 최종적으로 대사되어 토양환경 내에서 분해 반감기가 약 8-10일 정도로 보고 하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 사용된 토양조건 하에서의 반감



기와의 거의 일치하는 것으로 나타나 본 연구에서도 결국 tetranactin의 ester bond가 가수분해되어 빨리 분해된 것으로 추측된다.

BPMC도 같은 조건의 포장시험과 실내시험을 한 결과 tetranactin의 경우와 분해되는 양상이 비슷하게 나타났는데 Table 8에서와 같이 포장에서의 분해 반감기는 6.3일, 실내시험에서의 분해 반감기는 23.2일 정도로 나타났다. 이러한 BPMC의 호기적 발토양에서의 분해경향이 실험초기에 분해가 빨리 일어나고 후기에 분해가 지연된 현상은 담수토양 중에서 BPMC의 분해를 연구한 박 등<sup>14)</sup>과 Ueji 등<sup>15)</sup>의

보고와도 유사한 경향으로 나타났다.

Tetranactin과 BPMC는 화학적으로 분류할 때 전혀 상이한 계열임에도 불구하고 같은 조건으로 분해실험을 한 결과 분해 반감기가 비슷하게 나타났는데 이는 두 약제 모두 화학구조 중에 ester bond를 가지고 있는 것이 공통점이므로 토양 중에서의 빠른 분해는 이 ester bond가 절단되어 빨리 분해되는 것으로 추정된다.

본 연구를 수행하는 동안 포장에서의 기온과 강우량의 변화에 대한 자료는 Fig. 3과 같다.

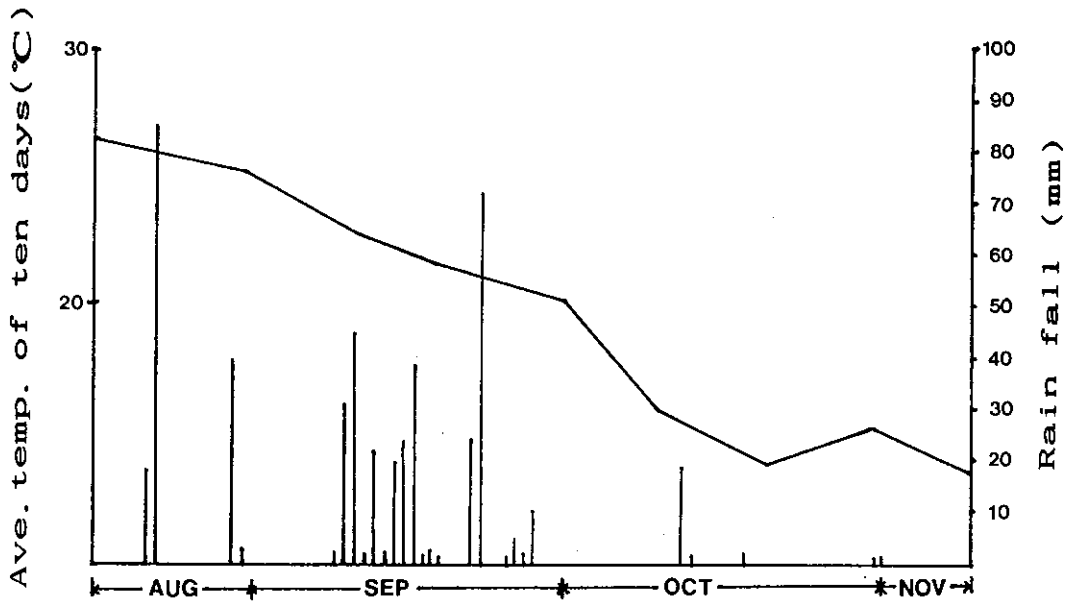


Fig. 3. Climatic condition of field during the experimental period

### 요 약

Tetranactin과 BPMC 혼합 유제의 사과 재배 중 살포횟수 및 처리시기에 따른 잔류정도와 토양에 처리한 후의 분해정도를 조사한 결과는 다음과 같다.

Tetranactin과 BPMC의 잔류분석시의 회수율은 사과에서 0.5ppm과 1.0ppm의 농도 수준에서 tetranactin은 74.0-77.5% 이었으며 BPMC는 83.6-87.1% 이었다. 토양에서의 회수율은 tetranactin 82.3-84.4%, BPMC 83.6-87.1%

이었다. Tetranactin 및 BPMC의 잔류분석시의 검출한계는 두 약제 모두 사과의 과육 부분에서는 0.01ppm, 사과의 과피 및 토양에서는 0.03ppm 이었다. 사과의 과육 및 과피부분에서 tetranactin 및 BPMC의 잔류량은 수확 3일전 5회 처리에서 잔류량의 96% 정도가 사과의 과피 부분에 잔류되는 것으로 나타났다. 사과에 대한 tetranactin 및 BPMC의 잔류량은 수확 3일전 5회 처리에서 tetranactin은 0.39ppm, BPMC는 0.75ppm이 잔류되어 tetranactin 및 BPMC의 사과에 대한 안전사용기준은 수확

30일전, 2회 이내의 사용으로 추천할 수 있다. Tetranactin 및 BPMC의 토양 중 분해 반감기는 포장시험 조건에서 각각 6.9일과 6.3일 이었으며 실내시험 조건에서는 각각 24.4 및 23.2일로 나타났다.

### 참 고 문 헌

1. Ando, K., Nawata, Y. and Y. Murakami. 1971, Tetranactin, a new miticidal antibiotic : Elucidation of structure. *J. Antibiotic.* 24: 418-422.
2. Ando, K. and Y. Nawata. 1979, Industrial application of a macrotetrolide antibiotics. *J. Appl. Microbiol.* 7:102-115.
3. Ando, K., Sagawa, T., Okutomi, T., Suzuki, K., Okazaki, H., Sawada, M. and H. Oishi. 1971, Tetranactin, a new miticidal antibiotic: Isolation and characterization of tetranactin. *J. Antibiotic.* 24:347-352.
4. 정영호·송병훈·박영선·권영욱·강창식. 1985, 도열병, 벼멸구 동시 방제용 혼합입제 개발연구. *농사시험연구논문집* 27:109-115.
5. 최정·김정제·신영오. 1985, 토양학 실험. 형설출판사. 113p.
6. C. R. Worthing. 1991, *The Pesticide Manual* (ninth Ed.), The British Crop Protection Council. UK. pp. 371.
7. FAO/WHO. 1977, *Pesticide Residues in Foods.* pp. 409.
8. H. Kazamo. 1983, Insecticidal, metabolic and environmental characteristics of carbamate insecticide. *J. Pestic. Sci.* 8:233-242.
9. 이해근·이영득·신용화. 1988, 사과와 감귤 중 농약 잔류에 관한 조사연구. *농사시험연구논문집* 30:42-51.
10. 이영득·이해근. 1985, 사과와 박파와 세척이 농약의 잔류경감에 미치는 효과 시험. *농약연구소. 시험연구보고서* 86-88.
11. Metcalf, R. L., Fukuto, T. R. and M. Y. Wnton. 1962, Insecticidal carbamates : Position isomerism in relation to activity of substituted phenyl-N-methylcarbamates. *J. Econ. Entomol.* 55:889-894.
12. 농약공업협회. 1993, '93 농약사용지침서. 서울. 576p.
13. 오병렬·정영호·박영선. 1982, 작물체중 N-Methylcarbamate계 농약의 잔류분석법에 관한 연구. *한국환경농학회지* 1:14-21.
14. 박창규·허연태. 1983, 담수토양중 BPMC 및 Carbofuran의 분해특성. *한국환경농학회지* 2:65-72.
15. Sagawa, T., Hiramio, S., Takahashi, H., Tanaka, N., Oishi, H., Ando, K. and K. Togashi. 1972, Tetranactin, a new miticidal antibiotic : Miticidal and other biological properties. *J. Econ. Entomol.* 65:372-375.
16. Sasaki, H., Suzuki, K., Ichikiwa, T., Sawada, M., Iwane, Y. and K. Ando. 1980, Microbial degradation of a macrotetrolide miticide in soil. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 264-268.
17. Tomizawa, C., Ueji, M. and M. Koshioka. 1989, *Pesticide Data Book* (2nd Ed.). Soft Science Publication. Tokyo. pp. 302.
18. Ueji, M. and J. Kanazawa. 1979, Degradation of o-sec-butylphenyl N-methylcarbamate(BPMC) in soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 21:29-34.
19. 유홍일·이해근·전성환. 1991, 농약잔류분석 방법. *동화기술.* pp. 19-88.