

Quizalofop-Ethyl이 콩과 옥수수의 Glutathione-S-Transferases와 Carboxylesterase의 활성에 미치는 영향

김희권*, 김명석*, 박인진*, 서용택**
전남농촌진흥원 식물환경과*· 전남대학교 농화학과**

Effect of Quizalofop-Ethyl on Glutathione-S-Transferases and Carboxylesterase Activity of Soybean and Corn Plants.

Hee-Kwon Kim*, Myoung-Seok Kim*, In-Jin Park* and Yong-Tack Shu**

(Plant environment department, Chonnam provincial Rural Development Administration, Dept. of Agri. Chemistry, College of Agriculture Chonnam University).

Abstract : Biochemical characteristics and activities of glutathione-S-transferases(GSTs) and carboxylesterase extracted from soybean and corn plants treated with quizalofop-ethyl were investigated.

Km value and Vmax of GSTs extracted from soybean and corn plants were 6.7×10^{-3} nmole/mg/min, 50, 20 nmole/mg/min, respectively. Optimum pH of carboxylesterase from soybean and corn was 7.0. Km value and Vmax of carboxylesterase extracted from soybean and corn plants were 4.2×10^{-4} , 2.5×10^{-4} nmole/mg/min, 33, 10 nmole/mg/min, respectively. GSTs and carboxylesterase activity were reduced by quizalofop-ethyl. GSTs and carboxylesterase activity of corn was more reduced than that of soybean. When soybean and corn were treated by 80 ppm of quizalofop-ethyl. Soybean recovered after 10 days elapsing, but corn withered after 3days elapsing.

서 론

재료 및 방법

Quizalofop-ethyl은 일년생 및 다년생 광엽잡초를 방제할 목적으로 사용하며, quizalofop-ethyl에 내성인 작물은 콩, 배추, 당근, 상추, 감자, 토마토 등이다. 이들 작물에 의해 흡수된 quizalofop-ethyl은 가수분해 및 포합반응 등의 대사경로를 거쳐 무독화되는데 작물에 흡수 이행되는 정도는 식물의 종류와 생육시기에 따라 다를뿐만 아니라 가수분해 및 포합반응에 관여하는 효소의 활성에 따라 다르다⁹⁾. GSTs는 식물체내에서 여러가지 화합물과 친전자적으로 conjugation을 이루고 비극성 물질을 친수성으로 전환시키는 해독효소로 밝혀져 왔으며 모든 생물에서 이물질의 대사적 해독에 중요하다¹⁴⁾. 또한 carboxylesterase는 식물이나 곤충체내의 지방산 및 방향족 ester를 가수분해하는 효소로서 유기인계 농약이나 카바메이트 농약에 의해 피해를 받지만 생체내의 대사에 중요한 역할을 한다²⁰⁾. 따라서 본 연구에서는 quizalofop-ethyl에 내성이 큰 콩과 감수성이 큰 옥수수에 quizalofop-ethyl를 처리하여 GSTs의 carboxylesterase의 활성을 비교 연구한 결과를 보고하는 바이다.

1. 효소의 생화학적 활성

5엽기의 콩과 옥수수잎에서 추출한 glutathione-S-transferases (GSTs) 및 carboxylesterase의 최적 반응속도 결정인자를 알아보기 위하여 온도, pH, 효소농도, 반응시간 및 기질농도를 달리하여 GSTs 및 carboxyl-esterase의 활성을 측정하였다.

가. Glutathione-S-transferases 활성

1) Glutathione-S-transferases 추출

콩과 옥수수의 잎을 가위로 잘게 자른 다음 잘 섞어서 1g을 칭량하여 막자사발에 넣고 pH 8.2의 0.2M 인산나트륨 완충용액 5ml을 가하여 마쇄하고 잘 마쇄된 homogenate를 2중 가제로 여과하여 10,000×g에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 초고속 원심분리기에서 105,000×g로 60분간 원심분리하여 상등액을 효소액으로 하였다. 조효소액중의 단백질은 Lowry 등¹³⁾의 방법에 의해 분석하였다.

2) Glutathione-S-transferases 활성 측정

GSTs의 활성은 Habig 등⁶⁾의 방법에 준하여 수행하였다. Glutathione 15 nM용액 1ml와 효소액 2

ml를 시험관에 넣고 20℃의 항온기에서 5분간 반응시킨 후 150 nM CDNB 0.02ml를 가하여 파장 340 nm에서 5분간 30초 간격으로 흡광도를 측정하였으며 소멸계수는 9.6 nM/min로 계산하였다.

나. Carboxylesterase 활성

1) Carboxylesterase의 추출

잘게 자른 콩과 옥수수 잎 1g을 칭량하여 막자사발에 넣고 pH 7.0의 0.4M 인산나트륨 용액 5ml를 가하여 균질화시켜 2중 가제로 여과하고 여액을 효소액으로 하였다.

2) Carboxylesterase 활성 측정

Carboxylesterase의 활성은 Van Asperen의 방법²⁰⁾에 따라 3×10⁻⁴M의 α-naphthylacetate(α-NA) 5 ml에 10⁻⁴M eserine과 p-hydroxy-mercuribenzoic acid(PHMB)를 각각 1ml씩 시험관에 가하고 효소액 1ml와 섞어 27℃의 수조에서 30분간반응시켜 Diazo Blue sodium laurylsulfate(DBLS)용액 (1% tetrazotated di-o-anisidine : 5% sodium laurylsulfate, 2 : 5) 1ml를 가하여 600 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2. Quizalofop-ethyl에 의한 콩과 옥수수의 glutathione-S-transferases와 carboxylesterase 활성 및 생육저해

5엽기의 콩과 옥수수에 quizalofop-ethyl 0, 5, 10, 20, 30, 40, 80ppm 액 15ml를 초자 sprayer로 식물체 엽에 살포하고 5일이 경과한 후 GSTs와 carboxylesterase의 활성을 측정하였으며 효소활성 저해율은 다음과 같이 계산하였다.

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A : 대조구 효소활성

B : 공시농약이 처리된 구의 효소 활성

그리고 콩과 옥수수의 생육은 20개체의 초장과 건전한 잎수 및 quizalofop-ethyl의해가 나타난 엽수를 조사하여 산술평균한 값을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 효소의 생화학적 특성

가. Glutathione-S-transferases의 생화학적 특성

GSTs의 활성 측정하기 위하여 효소농도, 반응시간, pH, 온도 및 기질농도를 달리하여 실험한 결과

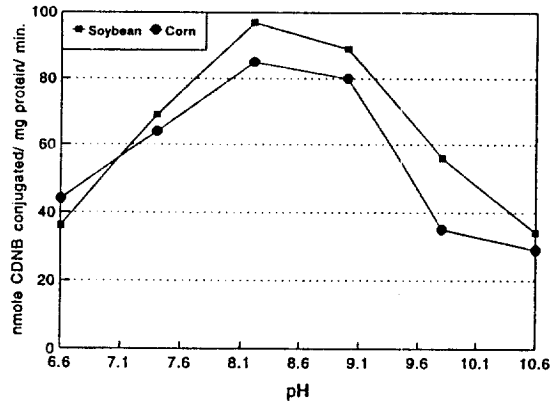


Fig. 1. Effect of pH on the activity of glutathione-S-transferases from soybean and corn plants.

는 Fig. 1-5에 나타내었다. GSTs의 최적 pH는 0.2M 인산나트륨 완충용액 pH 8.2로 나타났다(Fig. 1). 효소의 활성은 Fig. 2에 나타난 것처럼 추출효소액중 단백질 함량이 0.4mg까지 직선적으로 나타났으며, 반응 시작후 1시간 동안 활성이 직선적으로 증가하였으며, 배양초기에는 콩의 GSTs 활성이 옥수수보다 큰 경향이였으나 반응 40분 후에는 콩과 옥수수간에 차이가 없었다(Fig. 3).

온도에 따른 GSTs의 활성은 5℃에서 15℃까지는

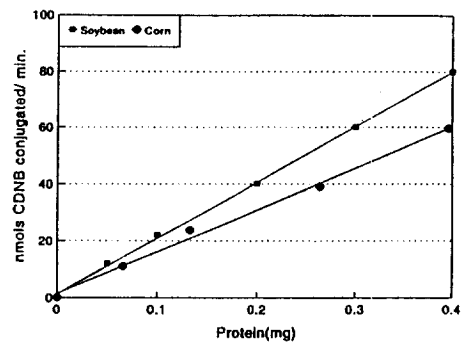


Fig. 2. Effect of enzyme protein level on the activity of glutathione-S-transferase from soybean and corn plants

급격히 증가하였고, 15℃에서 20℃까지는 일정한 수준을 유지하였으며, 20℃이상에서는 약간 감소하는 경향으로 GSTs의 최적반응온도는 15℃~20℃로 확인되었다(Fig. 4). 콩과 옥수수의GSTs 활성은 기질농도를 달리하여 측정한 결과 Fig. 5에서 보는바와 같이 Km값이 콩 6.7×10⁻³M, 옥수수가 2.5×10⁻³M로 콩에서 높게 나타났으며, Vmax는 콩이 50 nmole/mg/min 옥수수가 20 nmole/mg/min이었다. Yu²¹⁾는 콩에서 GSTs의 Km값은 1.27M이며, Vmax는 55.6 nmole/mg/min이라고 하였는데 Km값은 본

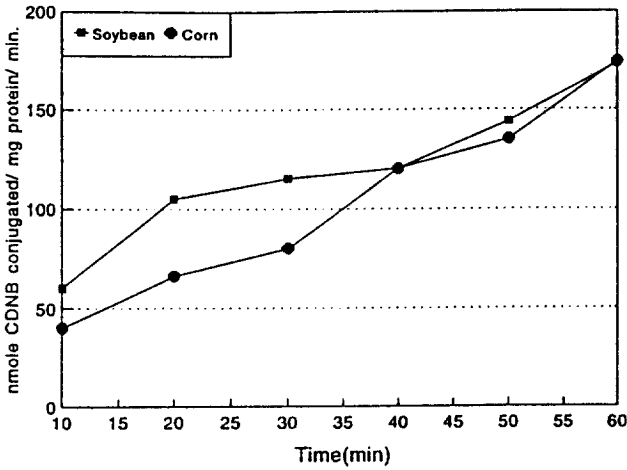


Fig. 3. Effect of reaction time on the activity of glutathione-S-transferases from soybean and corn plants.

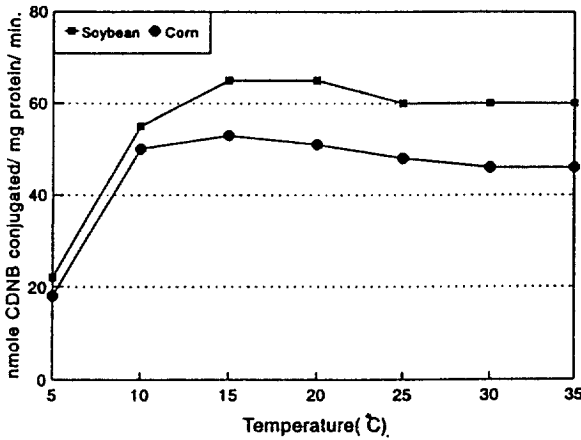


Fig. 4. Effect of incubation temperature on the activity of glutathione-S-transferases from soybean and corn plants.

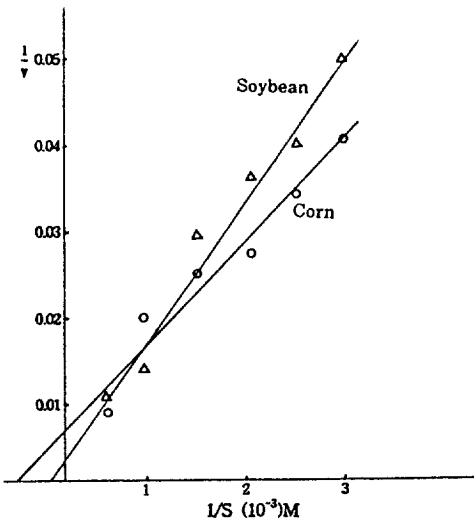


Fig. 5. Lineweaver-Burk plot of GSTs activity from soybean and corn plants.

시험보다 높았으나 Vmax는 비슷한 경향이였다.

나. Carboxylesterase의 생화학적 특성

콩과 옥수수의 carboxylesterase 측정을 위한 최적 조건을 결정하기 위하여 효소농도, 반응시간, pH, 온도 및 기질농도를 달리하여 실험을 수행하였는데 그 결과는 Fig. 6-10과 같다.

Carboxylesterase의 적정 pH를 결정하기 위하여 0.1M 인산나트륨 완충용액 pH 6.2에서 pH 8.2까지의 범위에서 활성을 측정한 결과 Fig. 6에서 보는 바와같이 pH 6.2에서 pH 7.0까지는 carboxylesterase의 활성이 현저하게 증가하였고 pH 7.0 이상에서는 급격하게 감소한 것으로 보아 carboxylesterase의 측정을 위한 적정 pH는 7.0인것으로 보였다. 단백질 함량에 따른 carboxylesterase의 활성은 단백질 0.3mg까지 직선적으로 증가하였다(Fig. 7) Fig. 8에서 보는 바와 같이 반응시간에 따른 carboxylesterase의 활성은 반응60분까지 증가하였으며, 또 온도에 의한 carboxylesterase의 활성은 35°C까지 증가하였다(Fig. 9). 콩과 옥수수의 carboxylesterase의 활성을 기질농도를 달리하여 측정한 결과 Fig. 10에서 보는 바와 같이 Km값이 콩 $4.2 \times 10^{-4}M$, 옥수수가 $2.5 \times 10^{-4}M$ 로 콩에서 높게 나타났으며, Vmax는 콩이 33 nmole/mg/min 옥수수는 10 nmole/mg/min 이었다.

2. Quizalofop-ethyl 처리에 따른 콩과 옥수수 체내 효소의 활성 변화

가. GSTs 활성

콩과 옥수수 식물의 5엽기에 quizalofop-ethyl를 처리하여 5일 경과한 후 처리 농도별 GSTs 활성은 Table 1과 같다.

Quizalofop-ethyl의 농도가 같을 때 GSTs의 활성

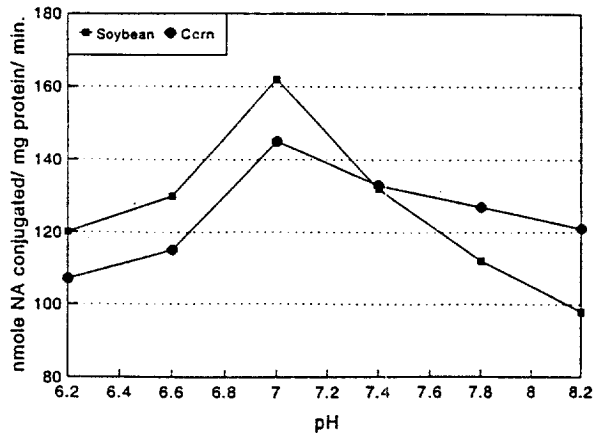


Fig. 6. Effect of pH on the activity of carboxylesterase from soybean and corn plants.

Table 1. Inhibitor of glutathione-S-transferase activity at fifth day after quizalofop-ethyl treatment
unit : specific activity* (nmole/mg protein/min)

crops	concentration (ppm) of quizalofop-ethyl treated					
	control	5	10	20	30	40
soybean	169.6±4.8	164.4±4.1	149.9±10.1	137.4±4.0	130.3±3.5	125.2±5.3
inhibition(%)	0	3.0	11.6	22.5	23.1	26.1
corn	145.1±3.4	123.3±4.5	84.22.4	69.5±7.1	60.6±5.6	41.5±6.7
inhibition(%)	0	2.4	20.2	34.4	42.9	61.1

* Average of triplicate

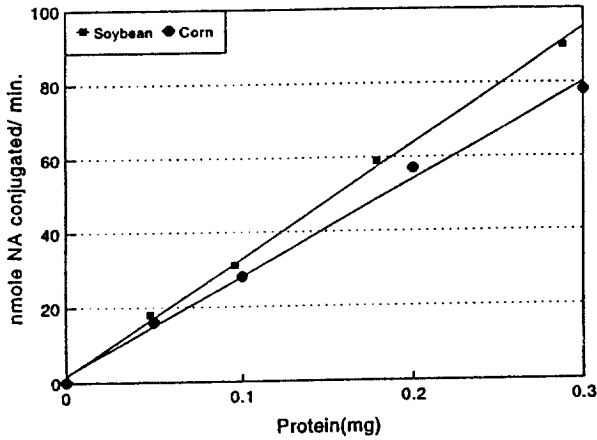


Fig. 7. Effect of enzyme protein level on the activity of carboxylesterase from soybean and corn plants.

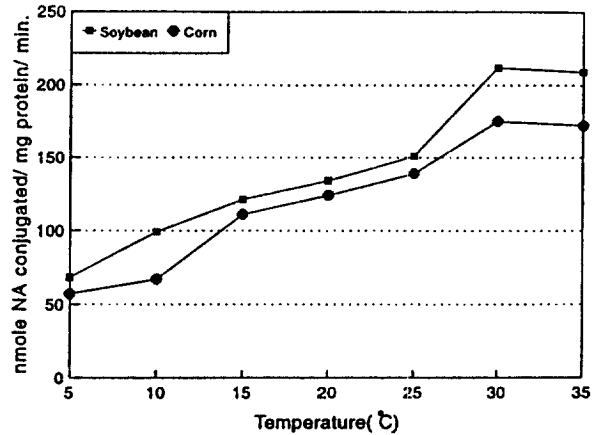


Fig. 9. Effect of incubation temperature on the activity of carboxylesterase from soybean and corn plants.

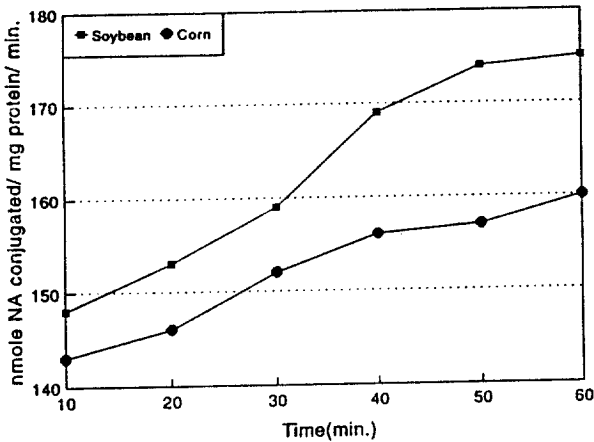


Fig. 8. Effect of reaction time on the activity of carboxylesterase from soybean and corn plants.

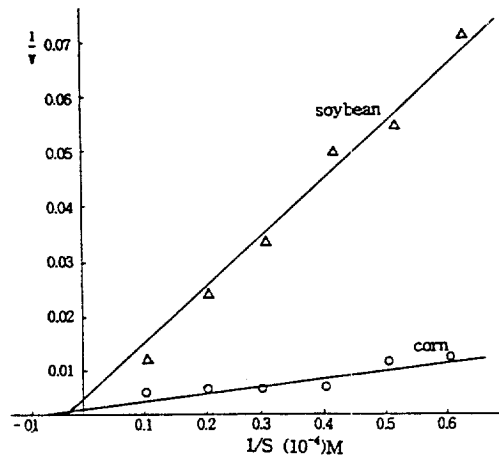


Fig.10. Lineweaver-Burk plot of carboxylesterase activity from soybean and corn plants.

은 콩이 옥수수보다 컸으며 quizalofop-ethyl의 농도가 증가할수록 콩과 옥수수간의 GSTS 활성의 차이가 커졌다.

GSTS는 외부도입 독성물질의 분해 및 대사에 중요한 역할을 하는 효소로서 수많은 친전자 화합물과 환원된 glutathione(GSH)와의 conjugation을 촉매한다^{10,15,21}. 외부에서 도입된 물질의 분해 및 배설을 유도하는 첫 단계는 mercapturic acid 경로로서 GSTS가 관여하여 conjugation을 형성하고 계속하

여 대사과정을 거쳐 무독화된다^{3,5,6,8,11,12}. Gronwald⁴¹는 수수의 어린 묘에 처리한 CGA와 naphthalic anhydride는 수수 어린묘 중의 GSTS를 감소시켰고 dichloromide와 flurazole은 GSTS 활성을 24, 48%씩 각각 증가시켰으며, in vitro 실험에서

metolachlor는 수수의 GSTS 활성을 증가시켰는데 그 결과 metolachlor가 glutathione과 conjugation을 형성하여 무독화를 가속화 했다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 저농도의 quizalofop-ethyl의 처리에서 GSTS의 활성증가는 관찰되지 않았다.

Quizalofop-ethyl에 대하여 상당히 내성이 강함에도 불구하고 GSTS활성이 증가하지 않는 것은 콩의 또다른 대사계에 의해 quizalofop-ethyl이 대사되는 것으로사료되며 quizalofop-ethyl이 다른 대사계를 저해 하므로써 그에 따른 영향으로 GSTS 활성이 감소된 것으로 생각된다¹⁴⁾. 또 GSTS의 활성저해는 quizalofop-ethyl 40ppm 처리시 옥수수가 콩보다 3배정도 높았다 Quizalofop-ethyl 처리 후 경과 일수에 따른 GSTS의 활성변화를 측정하기 위하여 수행한 시험결과는 Table 2에 나타낸 것처럼 옥수수에서는 quizalofop-ethyl을 처리하여 시간이 경과할수록 GSTS의 활성이 낮아져 40ppm 처리구에서는 5일 이후에 GSTS의 활성을 측정할 수 없었고 80ppm 처리구에서는 3일 이후에 GSTS 활성 측정이 불가능하였다. 그러나 콩에서는 quizalofop-

에서 감소폭이 컸다. Carboxylesterase는 자연계에 광범위하게 분포되어 있으며 기질 특이성과 저해제에 대한 민감성의 차이에 따라 구분되는 복잡한 효소로서 carboxylic acid를 유리산이나 알콜로 가수분해를 촉매하며 체내에 침입하는 물질에 대한 해독작용을 하는것으로 알려져 있다.^{7,16,19)}

Nakahira 등¹⁴⁾은 quizalofop-ethyl의 작용기작 연구에서 식물에 살포된 quizalofop-ethyl은 식물체내에서 저급지방산 합성을 저해한다고 보고하였다. Shimabukuro 등¹⁷⁾은 carboxylesterase에 의해 촉매되는 diclofop-methyl의 biotransformation 연구에서 diclofop-methyl의 ester glucoside를 형성한다고 보고하였으며, Koeppe 등⁹⁾은 콩의 quizalofop-ethyl 대사연구에서 quizalofop-ethyl이 glucose와 conjugate를 형성하고 있는 것을 발견하였다.

이와 같은 사실로 미루어 볼 때 quizalofop-ethyl이 대사되는 과정에서가수분해 된 다음 다시 glucose와 conjugate를 형성한다는 사실은 본 실험에서 콩에 살포된 quizalofop-ethyl이 가수분해되어 glucose와 conjugate를 형성하여 무독화되는 과정을

Table 2. Changes of glutathione S-transferases activity after quizalofop-ethyl treatment
unit : specific activity* (nmole/mg protein/min)

Quizalofop-ethyl (ppm)	Crops	days elapsed					
		0	1	2	3	5	10
40	soybean	170.3±4.5	143.4±1.0	130.4±3.8	124.0±2.2	132.0±3.6	148.9±3.4
	corn	154.4±4.0	125±5.4	96.0±3.4	70.4±5.1	57.4±3.6	-
80	soybean	170.3±3.0	141.2±5.5	125.2±3.4	113.4±3.4	123.2±5.8	143.4±3.0
	corn	147.3±4.7	111.2±12.6	79.4±5.5	66.3±4.7	-	-

* Average of triplicate

ethyl을 처리하여 3일이 경과 할때까지 GSTS의 활성이 낮아졌으나 그 이후 다시 회복되기 시작하였다. 나. Carboxylesterase 활성

콩과 옥수수의 5엽기에 quizalofop-ethyl을 처리하여 5일 경과 전 후 처리 농도별 carboxylesterase의 활성을 Table 3에 나타내었다. Quizalofop-ethyl의 처리농도가 5ppm에서 40ppm까지 증가함에 따라 carboxylesterase의 활성이 감소하였고콩보다 옥수수

carboxylesterase가 촉진시키는 것으로 사료되었다. 또 처리농도별 carboxylesterase의 저해는 콩보다 옥수수에서 큰 것으로 나타났다.

Quizalofop-ethyl을 처리하여 경과일수에 따른 carboxylesterase의 활성변화를 측정한 결과는 table 4에서 보여준 바와 같이 콩에서는 quizalofop-ethyl 처리후 5일이 경과할 때까지 계속하여 carboxylesterase의 활성이 감소하였으나 그 이후 10일경에는

Table 3. Inhibition of carboxylesterase activity at fifth day after quizalofop-ethyl treatment
unit : specific activity* (nmole/mg protein/min)

crops	concentration(ppm) of quizalofop-ethyl treated					
	control	5	10	20	30	40
soybean	172.3±3.8	169.1±4.1	156±3.0	142.6±5.1	124.5±3.2	115.5±3.8
inhibition (%)	0	1.9	9.1	17.2	27.7	32.9
corn	149.6±4.7	147.1±9.8	129±8.7	106±5.1	84.1±11.1	68.8±7.4
inhibition (%)	0	1.6	13.8	28.8	43.9	54.0

* Average of triplicate

Table 4. Changes of carboxylesterase activity after quizalofop-ethyl treatment.

unit : specific activity* (nmole/mg protein/min)

Quizalofop-ethyl (ppm)	Crops	days elapsed					
		0	1	2	3	5	10
40	soybean	159.3±2.7	139.4±10.1	115.1±5.6	104.1±3.6	91.5±4.1	126±5.4
	corn	144.2±10.5	112.1±4.2	95.6±3.0	74.2±9.6	66.3±6.4	-
80	soybean	167.3±8.0	127.0±3.5	187.1±4.7	97.5±6.8	95.4±7.9	105.7±9.6
	corn	141.4±3.5	97.3±3.0	72.9±2.2	54.5±7.2	-	-

* Average of triplicate

다시 증가하였다. 그러나 옥수수에서는 quizalofop-ethyl 처리 후 시간이 경과함에 따라 carboxylesterase의 활성이 계속 감소하여 40ppm 수준에서는 5일, 80ppm에서는 3일 지난 이후에는 고사하여 효소의 측정이 불가능하였다.

이와 같은 결과는 콩과 옥수수에 quizalofop-ethyl을 처리한 후 각각 20 개체씩 임의로 선정하여 전체 잎수와 육안으로 관찰하여 약해가 나타나는 잎수를 조사한 table 5의 콩과 옥수수의 생육상태와 잘 일치하며 콩의 엽수는 quizalofop-ethyl을 40, 80ppm으로 처리하였음에도 불구하고 quizalofop-ethyl을 처리하기 전의 5.2, 5.0 보다 3.8 및 3.3 엽이 증가한 9.0 및 8.3 엽이었다.

콩과 옥수수의 GSTs, 활성과 생육 저해율과의 관계는 유의적 부의 상관관계로서 효소의 활성이 클수록 저해율은 낮아졌으며 상관계수(r)는 콩이 -

Table 5. Inhibition of soybean and corn growth by quizalofop-ethyl.

Quizalofop-ethyl	crops	Elapsing days after treatment	No. of control	Total leaves treatment	No. of inhibition leaves	Inhibition percent
40	soybean	0	5.3	5.2	0	0
		1	5.9	5.5	0.4	7.3
		2	6.6	5.8	0.8	13.8
		3	7.4	6.1	1.3	21.3
		5	8.4	7.4	1.1	14.9
		10	9.7	9.0	0.8	8.9
	corn	0	5.3	5.3	0	0
		1	6.1	5.4	1.1	21.0
		2	7.7	5.6	2.2	39.2
		3	8.6	5.8	2.8	48.1
80	soybean	5	9.0	6.1	3.1	50.0
		10	10.1	*	*	100
		0	5.0	5.0	0.0	0
		1	5.9	5.2	0.6	14.0
		2	6.4	5.4	1.0	19.0
		3	7.0	5.6	1.5	26.7
	corn	5	7.8	6.6	1.3	19.6
		10	9.7	8.3	1.4	16.8
		0	5.0	5.1	0.1	0
		1	6.6	5.3	1.4	26.4
corn	2	8.0	5.5	2.5	45.5	
	3	8.7	5.7	3.0	52.6	
	5	9.4	*	*	100	
	10	10.1	*	*	100	

* Withered plant

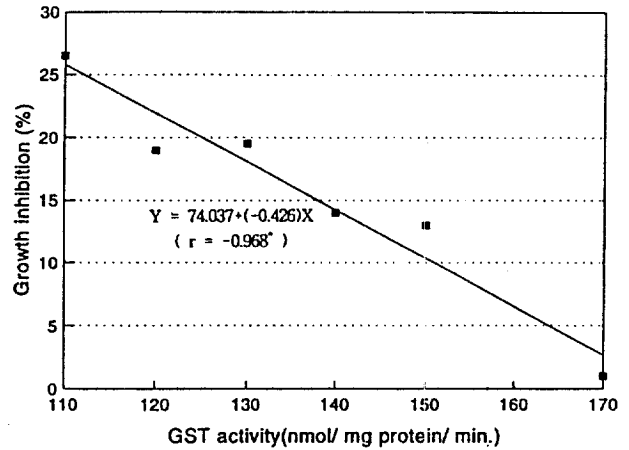


Fig.11. Correlation between glutathione-S-transferases activity and growth inhibition percent of soybean plants.

0.968*, 옥수수가 -0.986*이었다 (Fig.11,12). Carboxylesterase도 GSTs와 같은 경향이었으며 상관계수(r)는 콩이 -0.958* 옥수수가 -0.987*이었다. (Fig. 13,14)

적 요

콩과 옥수수에 glutathione-S-transferases와 carboxylesterase의 생화학적 특성과 quizalofop-

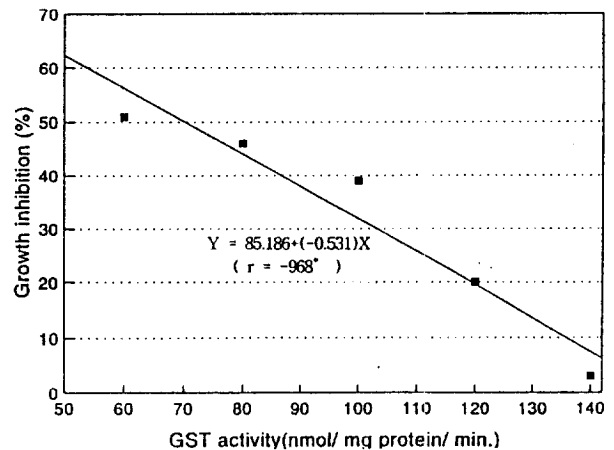


Fig.12. Correlation between glutathione-S-transferases activity and growth inhibition percent of corn plants.

ethyl 처리에 따른 식물체내 효소의 활성 변화를 조사한 결과는 다음과 같다. GSTS의 최적 pH는 8.2이고, Km값은 콩 $6.7 \times 10^{-3}M$, 옥수수 $2.5 \times 10^{-3}M$ 이었으며, Vmax는 콩 50nmole/mg/min, 옥수수 20nmole/mg/min이었다.

Carboxylesterase의 최적 pH는 6.2~7.0 범위이고, Km값은 콩 $4.2 \times 10^{-4}M$, 옥수수 $2.5 \times 10^{-4}M$ 이었으며, Vmax는 콩 33 nmole/mg/min, 옥수수 10nmole/mg/min이었다. 콩과 옥수수에 살포된 quizalofop-ethyl은 콩과 옥수수의 GSTs와 carboxy-lesterase의 활성을 감소시켰고, quizalofop-ethyl 80ppm을 처리했을 때 콩은 10일이 경과후 회복되었지만, 옥수수는 3일이 경과후 고사하였다.

참고문헌

1. Abdel-Aal, Y. A. I., and R. M. Roe (1990) Conjugation of chlorodinitrobenzene with reduced glutathione in the absence and presence of glutathione-S-transferase from larvae of the southern Armyworm, *spodoptera eridanja*. Pesticide Biochemistry and Physiology 36 : 248-258
2. Choen, E., A. Gamliel, and J. katan(1985) Glutathione and glutathione-S-transferase in fungi: Effect of pentachloronitrobenzene and chloro-2,4-dinitrobenzene; purification and characterization of the Transterase from *Fusarium*. Pesticide Biochemistry and Physiology, 33 : 1-9
3. Furest E. P. and J. W Gronwald (1986) Induction of rapid metabolism of metachlor in sorghum(*sorghum bicolor*) shoots by CGA 92194 and other antidotes. Weed Sci., 34 :
4. Gronwald, J. W. (1986) Effect of Haloxyfop and Haloxyfop-Methyl on longation and Respiration of corn(*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) Roots. Weed Sci., 34 : 196-202
5. Gronwald, J. W., E. P. Fuerst, C. V. Eberlen, and M. A. Egil(1987) Effect of herbicide Antidotes on glutathione content and Glutathione S-Transferase activity of sorghum shoots. Pesticides Biochemistry and Physiology., 29 : 66-76
6. Habig, W. H., M. J. Pabst and W. B. Jakoby(1974) Glutathione-S-Transterase : the first enzyme step in mercapturic acid synthesis. J. Biol. Chem., 249 : 7130-7139
7. Hassal, K. A(1990). The biochemistry and use of pesticide. Macmillan. Press. London., p.p : 60-80
8. Jakoby, W. B., W. H. Habig(1980) Glutathione S-Transferase, In enzymatic Basis of Detoxification, Jakoby, W. B. Ed., Academic Press. New york. Vol. II, p.p : 63-94
9. Koeppe, K., J. J. Aanderson, and L. M. Shalaby (1990) Metabolism of [¹⁴C] Quizalofop-ethyl in soybean and cotton plants. J. Agri. Food Chem., 38 : 1085-1091
10. Kotze. A. C. , and H. A. Rose,(1987) Glutathione-S-transferases in the Australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina*(wiedeman) pesticide. Bicochmistry and physiology, 29 : 77-86
11. Heap, I. M., B. G. Murray, H. A. Loeppky, and I. N. Morisdon(1993) Resistance to Aryloxyphenoxy propionate and Cyclohexane-

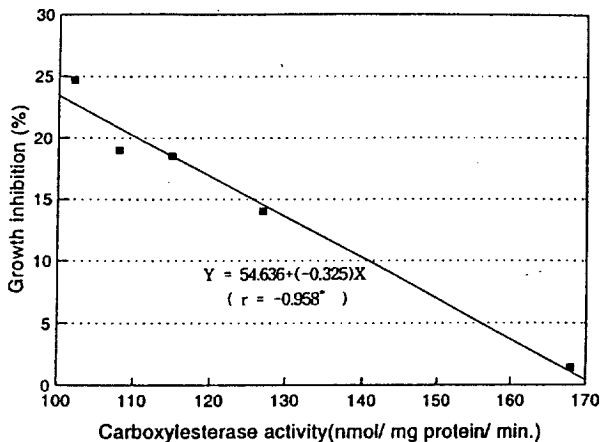


Fig.13. Correlation between caroxylesterase activity and growth inhibition percent of soybean plants.

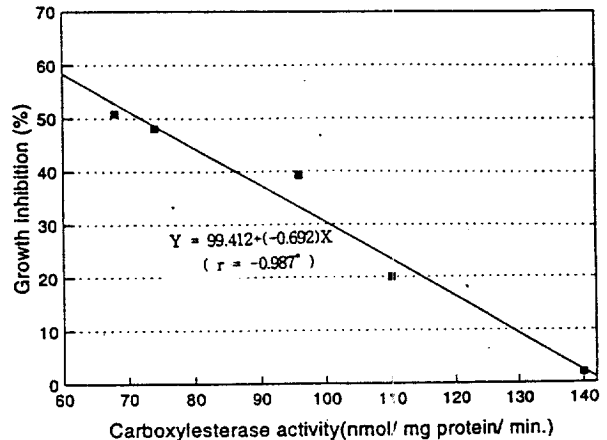


Fig.14. Correlation between caroxylesterase activity and growth inhibition percent of corn plants.

- dione Herbicides in wild oat (*Avena fatua*).
Weed Sci., 41 : 232-238
12. Leavitt, J. R. C and D. Penner (1979)
In vitro conjugation of glutathione and other
thiols with acetanilide herbicides and EPTC
sulfoxide and the action of the herbicide
antidote R-25788. J. Agri Food Chem., 27 :
533
 13. Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. F
and R. J. Randell(1951)Protein measerment
with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem.,
193 : 265-275
 14. Nakhira K., M. Haga, M. Uchiyama, K.
Suzuki (1990) Comparative Effects of
Quizalofop and Its esters on Acetyl-CoA
Carboxylase and Fatty Acid Biosynthesis in
Corn Leaf Chloroplast. J. Pesticide Science,
15 : 189-197
 15. Hendley P., J. W. Dicks, T. J. Monaco,
S. M. Slyfield. O. J. Tumon(1985)
Translocation and Metabolism of pyridinyloxy-
phenoxy ropionate Herbicides in Rhizomatous
Quackgrass(*Agropyron repens*). Weed Sci., 33
: 11-24
 16. Scavetta, R., D. Chu, J. Gosar, R. Siedel, J.
Hoyt, K. Schegg, W, Weich (1990) Captan
produces Differential in vivo inhibition of esterase
activity in *Penicillium dupcentii* *Penicillium*
chrysogenum. Pesticides Biochemistry and
Physiology, 38 : 81-91
 17. Shimabukuro, R. H., W. C. Walsh, and A. J
Acobson (1987)Aryl-o-glucoside of Diclofop a
Detoxication Product in wheat shoots and
wild oat cell Suspension culture. J. Agri., Food
Chem., 35 : 393-397
 18. Smith, A. E(1976) Esterification of the
ydrolysis Product of the herbicide Dichlofop-
Methyl in methanol. J. Agri. Food Chem.,
24(5) : 1077 -1078
 19. Suzuki,T. and J.Miyamoto(1978) Purification
andproperties ofpyrethroid carboxylesterase
in rat liver microsome. Pesticide Bicochemistry
and Physiology, 8 : 186
 20. Van Asperen, K.(1962)A study of housefly
esterase by means of a sensitive colorimetric
method. J. Insect Physiol., 8 : 401-416.