

Sulfonylurea 및 imidazolinone계 除草劑의 殺草作用과 acetolactate synthase 活性 抑制作用

황인택 · 홍경식 · 조광연*

Acetolactate Synthase Activity Inhibition and Herbicidal Activity of Sulfonylurea and Imidazolinone Herbicides

Hwang I.T., K.S. Hong, K.Y. Cho *

ABSTRACT

Acetolactate synthase activity inhibition and herbicidal activities were investigated with 2 sulfonylureas [chlorsulfuron{2-chloro-N-[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl) amino] carboxyl} benzenesulfonamide], metsulfuron-methyl{methyl-2-[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)amino] carbonyl}amino} sulfonyl}benzoic acid}, and 2 imidazolinones [imazethapyr{2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methyl)-5-oxo-1H-imidazol-2-yl]-5-ethyl-3-pyridinecarboxylic acid}, imazaquin{2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methyl)-5-oxo-1H-imidazol-2-yl]-3-quinoline carboxylic acid} herbicides. A broad weeding spectrum was observed with the treated herbicides at low application rates. Both corn(*Zea mays* L.) and sorghum(*Sorghum bicolor* Moench) were very sensitive to the two herbicide groups. Although legumes, such as soybean(*Glycine max* Merr.), clover(*Trifolium repense* L.), and indian jointvetch(*Aeschynomene indica* L.) were sensitive to the sulfonylureas, they were tolerant to the imidazolinones. On the contrary, wheat(*Triticum aestivum* L.) and barley(*Hoderum sativum* Jess.) showed the reverse responses of the legumes to the two herbicide groups. Quackgrass(*Agropyron repens*(L.) P. Beauv.), however, was commonly tolerant to the two herbicide groups. Degrees of crop injury and acetolactate synthase inhibition also varied with the crops examined. The 50% inhibition concentrations of sulfonylureas on acetolactate synthase *in vitro* activity(IC₅₀) from corn, wheat, and soybean did not relate to the greenhouse herbicidal activities (GI₅₀). With chlorsulfuron, for example, wheat had more than 100 times higher GI₅₀ than corn and soybean, but the IC₅₀ was 4 to 10 times lower. Similar observation was made with metsulfuron-methyl. However, closer relationships between IC₅₀ and GI₅₀ were found with the imidazolinones. When imazethapyr was applied, the order of GI₅₀ values against corn, wheat, and soybean was the same as that of IC₅₀.

Key words : acetolactate synthase, herbicidal activity, sulfonylurea, imidazolinone, chlorsulfuron, metsulfuron-methyl, imazethapyr, imazaquin, IC₅₀ and GI₅₀

* 한국화학연구소(KRICT, P.O. Box 107, Daedeogdanji, Yuseong, Taejeon 305-606, Korea) <1995. 1. 20 접수>

序 言

앞으로의 除草劑 개발은 既存 除草劑의 作用機作과 다른 機作으로 광범위한 除草活性을 가지며, 동물에는 피해를 주지않고 식물에만 특이적으로 작용하는 除草劑가 필요하다. 이러한 除草劑의 개발을 위하여서는 既存 除草劑의 作用機作과 殺草作用의 관계를 조사하여 새로운 화합물의 設計에 필요한 정보를 蓄積하는 일이 하나의 중요과제라 할 수 있다.

최근에 개발된 sulfonylurea(SU) 및 imidazolinone(IM)계 화합물은 화학구조면에서 공통점이 없지만^{1,2,3}, 동일한 作用点으로 분지 아미노산(branched-chain amino acid)을 생합성하는 과정에 關與하는 첫번째 효소인 acetolactate synthase(ALS) 活性을 저해하는 것으로 보고되어 있다.^{4,5,6,7,8} 그동안 다양한 구조의 화합물들이 除草劑로 개발되어 사용되고 있지만, 분자 수준에서 보고된 作用機作은 광합성 과정의 D-1 protein⁹, PS-I, tetrapyrrole 생합성 과정의 protoporphyrinogen oxidase(PPO), carotenoid 생합성 과정의 phytoene desaturase, 아미노산 생합성 과정의 EPSP synthase, ALS, glutamine synthetase, 세포분열 과정의 tubulin, 脂質 생합성 과정의 acetyl CoA carboxylase(ACCase) 등¹⁰으로 되어 있다. 그러나 作用点에 대한 이해로부터 식물체가 枯死되는 과정을 설명할 수 있는 것은 아직까지 bipyridylum계 除草劑가 作用点 PS-I에서 singlet oxygen을 발생시키고, 이것이 脂質에 대한 酸化作用을 일으켜 세포막을 破壞하기 때문에 細胞質이 외부로 流出되어 식물체가 枯死한다는 것으로 설명되고 있을 뿐이다¹¹. 따라서 除草劑의 作用点 抑制로부터 殺草作用에 이르는 과정을 집중적으로 조사하게 된다면, 생화학적 스크리닝 방법의 확립을 위한 기초자료를 얻을 수 있으며, 또한 이상적인 신규除草劑의 개발에 필요한 결정적인 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각되어 분지 아미노산 생합성 효소인 ALS의 活性을 抑制하는 sulfonylurea 및 imidazolinone계 除草劑를 대상으로하여 일차적으로 약제별 ALS

活性 抑制作用과 殺草作用의 關係를 조사하고자 하였다.

材料 및 方法

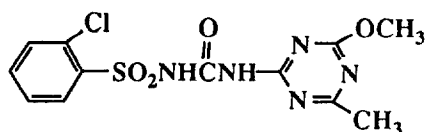
1. 草種別 藥劑 反應性 :

표면적 350cm²의 사각 플라스틱 포트에 멸균한 밭 토양을 일정량씩 담고 작물 5종 및 잡초 27종을 播種하여 온실에서 재배하였다. 약제처리는 播種 후 3 일(발아전)과 11일(발아후)에 chlorsulfuron과 metsulfuron-methyl은 100g/ha 부터 1/2씩, imazaquin과 imazethapyr은 400g/ha 부터 1/4씩 감소되는 량을 처리하였다. 약제 처리는 除草劑 원제를 용매(acetone)와 계면활성제(tween 20)로 조제한 乳劑 4ml/100cm² 량을 토양표면 또는 莖葉에 噴霧處理 하였고, 실험에 사용한 sulfonylurea 및 imidazolinone계 除草劑들은 한국화학연구소 除草劑실험실에서 합성하였으며, 이들의 구조를 그림 1에 나타내었다. 결과 조사는 약제처리 3주 후 達觀調査(0-100)를 하였고, 50% 生育 抑制濃度(GI₅₀) 값은 Probit 분석법¹²을 이용하여 계산하였다. 感受性 및 저항성 초종의 구분은 推薦 處理量을 기준으로 判定하였고, 例外가 있는 경우 특정 약제를 기준으로 선별하였다.

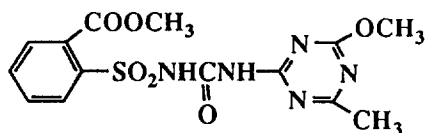
실험에 사용한 雜草種子는 재배 또는 야외 채종하여 수집한 종자로서 발아율은 70% 이상 이었고, 식물명은 "WSSA/WSSJ가 인정한 computer약어집"¹³과 "대한식물도감"¹⁴을 참고하였다(표 1).

2. Acetolactate synthase 活性 檢定

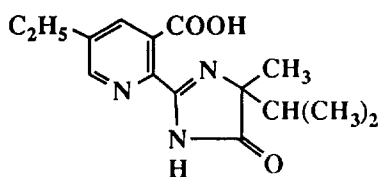
밀과 옥수수는 Shaner 등¹⁵의 방법을 이용하였고, 콩의 경우 Ray¹⁶의 방법을 이용하였다. 식물체의 지상부 생체중 50g씩 收穫하여 액체 질소로 동결시켜 마쇄하고, potassium-phosphate 緩衝溶液으로 混和시킨 후 抽出하였다. 5mM MgCl₂, 10mM sodium pyruvate를 용해시킨 0.1M potassium-phosphate 緩衝溶液(pH7.5) 100ml를 넣어 glass homogenizer로 균질화시킨 후 8겹의 cheese cloth를 통과한 여액을 밀과 옥수수의



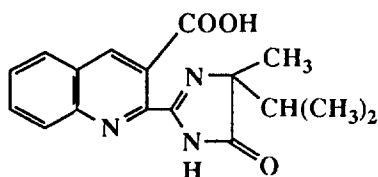
Chlorsulfuron
2-chloro-*N*-[[[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)amino]carbonyl]benzenesulfonamide



Metsulfuron-methyl
methyl-2[[[[[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)amino]carbonyl]amino]sulfonyl]benzoic acid



Imazethapyr
2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methyl)-5-oxo-1*H*-imidazol-2-yl]-5-ethyl-3-pyridinecarboxylic acid



Imazaquin
2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methyl)-5-oxo-1*H*-imidazol-2-yl]-3-quinoline carboxylic acid

Fig. 1. Structural formular of herbicides used in this study.

경우 4℃에서 15,000xg로 15분간, 콩의 경우 4℃에서 20,000xg로 20분간 원심분리하여 상정액을 ammonium sulfate(25-50% saturation)로 분별 침전시켜 다시 4℃에서 20,000xg로 20분간 원심분리하였다. 원심분리로 모아진 침전물을 0.1M potassium-phosphate 緩衝溶液에 현탁시켜 동일한 緩衝溶液으로 포화시킨 Sephadex G-25(1.5×30cm) 컬럼을 통과시켰다(유속 250ml/hr). 컬럼으로 부터 活性 部位만을 採取하여 분석용 조효소로 사용하였다. 活性은 조효소액 1ml(단백질 함량 3-4mg/ml)에 0.9ml의 반응액(10mM MgCl₂, 10mM sodium pyruvate, 0.1mM thiamine pyrophosphate를 용해시킨 50mM potassium phosphate 완충 용액, pH 7.5)을 첨가하고, 필요시 acetone에 용해시킨 除草劑 용액을 반응액에 0.1ml씩 처리하여 최종농도가 10⁻⁵, 10⁻⁶, 10⁻⁷, 10⁻⁸M이 되도록 하였다.

반응은 pyruvate를 첨가하면서 개시하였고, 30℃의 수조에서 30분간 반응시킨 후 10N H₂SO₄ 30 μl씩 넣어 반응을 종료시켰다. 活性은 Westerfeld¹⁷⁾의 방법에 따라 생성된 acetoin량을 다음과 같이 측정하였다. 반응을 종료시킨 시료는 60℃의 恒溫水槽에서 15분간 decarboxylation시키고 0.5%(w/v)의 creatine 용액 0.5ml와 10% NaOH에 용해시킨 5%(w/v)의 1-naphtol 용액 0.5ml를 넣고 흔들어 준 다음 60℃의 恒溫水槽에서 15분간 발색시켰다. 발색반응이 끝난 각 시료의 흡광도를 530nm에서 측정하였고, 酵素의 活性은 같은 방법으로 작성한 standard curve를 이용하여 단백질 mg당 단위 시간에 생성되는 acetoin의 양으로 표시하였다.

Table 1. Scientific, abbreviation, English, and Korean name of weeds and crops used in this study.

Scientific Name	Abbreviation	English Name	Korean Name
<i>Zea May</i>	ZEAMX	Corn	옥수수
<i>Glycine max</i>	GLXMX	Soybean	콩
<i>Triticum aestivum</i>	TRZAW	Wheat	밀
<i>Sorghum bicolor</i>	SORBI	Grainsorghun	수수
<i>Oryza sativa</i>	ORYSA	Rice	벼
<i>Lycopersicon esculentum</i>	LYPES	Tomato	토마토
<i>Brassica rapa</i>	BRsRA	Cabbage	배추
<i>Raphanus sativus</i>	RAPSN	Radish	무우
<i>Brassica oleifera</i>	BRsNN	Rape	유채
<i>Hordeum sativum</i>	HORSA	Barley	보리
<i>Cucumis sativus</i>	CUMSA	Cucumber	오이
<i>Digitaria sanguinalis</i>	DIGSA	Large crabgrass	바랭이
<i>Setaria viridis</i>	SETVI	Green foxtail	강아지풀
<i>Rumex crispus</i>	RUMCR	Dock	소리쟁이
<i>Aeschynomene indica</i>	AESIN	Indian jointvech	자귀풀
<i>Calystegia japonica</i>	CALJA	Bindweed	메꽃
<i>Solanium nigrum</i>	SOLNI	Blacknightshade	까마중
<i>Arthraxon hispidus</i>	ARTHI	Jointhead arthraxon	조개풀
<i>Quamoclit angulata</i>	QUAAN	Wildmorniglory	둥근잎유홍초
<i>Echinochloa crus-galli</i>	ECHCR	Barnyardgrass	돌피
<i>Eleusine indica</i>	ELEIN	Goosegrass	왕바랭이
<i>Sida spinosa</i>	SIDSP	Plickly sida	시다
<i>Lepidum sativum</i>	LEPSA	Cress	크레스
<i>Abutilon avicenna</i>	ABUTH	Velvetleaf	어저귀
<i>Datura stramonium</i>	DATST	Jimsonweed	독말풀
<i>Bidens tripartita</i>	BIDTR	Bur-merigold	가막사리
<i>Agropyron smithii</i>	AGRRE	Quackgrass	개밀
<i>Trifolium repense</i>	TRIRE	Clover	도끼풀
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	PANDI	Fall oanicum	미국개기장
<i>Avena fatua</i>	AVEFA	Wildoat	메귀리
<i>Helianthus annuus</i>	HELAN	Sunflower	해바라기
<i>Xanthium strumarium</i>	ZANST	Cocklebur	도꼬마리

結果 및 考察

1. 草種別 藥劑 反應性 :

SU 및 IM계 除草劑들의 殺草 作用力을 조사하기 위하여 32종의 작물 및 잡초종을 대상으로 SU계 除草劑인 chlorsulfuron, metsulfuron-methyl과 IM계 除草劑인 imazethapyr와 imazaquin을 처리한 결과 殺草 스펙트럼이 매우 넓었으며, SU계 除草劑들에 耐性을 보였던 식물은 발아전 토양처리시 밀, 보리, 개밀, 메귀

리 등이었고, 발아후 莖葉 처리시 밀, 보리, 까마중, 왕바랭이, 개밀, 미국개기장, 메귀리 등이었다. 그리고 벼, 토마토, 바랭이, 강아지풀, 돌피, 참새귀리, 해바라기 등이 특정 除草劑 또는 처리 시기별로 耐性을 나타내었지만, 기타 식물들은 모두 感受性으로 GI₅₀은 10g/ha 내외 이었다(표 2).

한편 IM계 除草劑들에 대하여 耐性을 보였던 식물은 발아전 처리시 콩, 자귀풀, 도깨비바늘, 메귀리, 개밀 등이었고, 발아후 처리시

Table 2. The 50% growth inhibition rates of plants to sulfonylurea and imidazolinone herbicides.

Plant	50% Inhibition rate(g/ha) - pre and post application							
	CHL*		MET		IMP		IMQ	
Corn	4.5	1.0	4.5	1.7	14	22	5.5	1.7
Soybean	2.8	<0.1	2.4	<0.1	522	207	1324	618
Wheat	>100	120	>100	>100	4.0	5.5	1.4	1.9
Sorghum	6.8	10	4.3	5.1	2.5	2.3	0.7	1.2
Rice	0.6	7.4	1.1	3.9	<0.1	<0.1	0.3	0.4
Tomato	8.8	6.2	0.9	0.8	1.6	1.8	11	12
Cabbage	0.2	0.1	<0.1	<0.1	5.1	14	0.4	0.7
Raddish	0.9	0.1	0.7	<0.1	1.6	1.5	0.8	1.6
Rape	0.2	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	17	1.6	11
Barley	128	83	39	31	13	9.5	6.8	1.6
Cucumber	2.2	15	<0.1	5.2	1.2	11	1.9	17
Crabgrass	5.6	25	1.0	17	1.6	2.1	0.4	8.8
Foxtail	2.5	4.0	13	3.5	<0.1	2.3	0.2	1.7
Dock	<0.4	0.4	<0.1	<0.1	0.4	12	0.6	8.9
Jointvetch	0.4	<0.4	1.4	1.0	23	52	6.7	50
Bindweed	0.2	0.5	0.5	1.0	<0.1	37	0.1	7.7
Nightshade	8.0	37	1.5	2.5	5.6	3.0	6.1	6.5
Jointhead	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1
Morninglory	<0.1	1.9	<0.1	2.1	0.7	29	0.3	26
Barnyardgrass	0.9	2.7	4.7	2.6	<0.1	0.4	1.0	0.7
Goosegrass	2.0	34	10	59	0.2	3.6	0.4	0.4
Sida	<0.1	0.4	<0.1	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	1.4
Cress	3.3	1.7	0.1	0.1	0.7	2.3	0.4	1.9
Velvetleaf	0.9	1.6	0.2	3.2	0.3	9.6	1.5	17
Jimsonweed	1.0	0.6	<0.1	<0.1	0.8	0.8	0.2	1.6
Merigold	2.1	2.6	<0.1	0.3	0.8	22	0.1	17
Quackgrass	>400	301	43	44	22	17	17	0.7
Clover	0.9	38	<0.1	3.9	8.1	455	0.6	322
Panicum	4.8	28	26	23	<0.1	<0.1	<0.1	1.9
Wildoat	>400	>400	26	36	11	5.1	5.8	<0.1
Sunflower	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	0.8	5.3	0.8	1.2
Cocklebur	1.2	11	<0.4	<0.4	0.7	<0.1	0.3	0.5

* CHL : Chlorsulfuron,
IMP : Imazethapyr,

MET : Metasulfuron-methyl.
IMQ : Imazaquin

콩, 자귀풀, 크로바 등으로 처리시기와 관계 없이 두과식물이 耐性을 보였으며, 그외에 유흥초, 메꽃 등도 비교적 耐性을 나타내었다.

이들을 반응특성에 따라 정리하면 SU 및 IM계에 공통적으로 感受性인 식물은 옥수수와 수수였다. 그리고 SU계에 感受性을 보이면서 IM계에 耐性을 보였던 식물은 콩, 크로바, 자귀풀 등 두과식물이었고, 이와 대조적으로 SU

계에 耐性을 보이면서 IM계에 感受性을 보였던 식물은 밀과 보리였다. 공통적으로 耐性을 보였던 식물은 개밀과 메귀리 등이었다(표 3).

2. 약제별 acetolactate synthase 活性 억제

SU 및 IM계에 공통적으로 感受性을 나타내었던 옥수수, SU계에 대하여 耐性을 보이면서 IM계에 感受性을 보였던 밀, 반대로 SU계에

Table 3. Sensitivity of the tested plants to sulfonylurea and imidazolinone herbicides.

Plant	Sulfonylurea	Imidazolinone
Corn, Grain sorghum	Sensitive	Imidazolinone
Soybean, Clover, Indian jointvetch	Sensitive	Tolerant
Wheat, Barley	Tolerant	Sensitive
Quackgrass	Tolerant	Tolerant

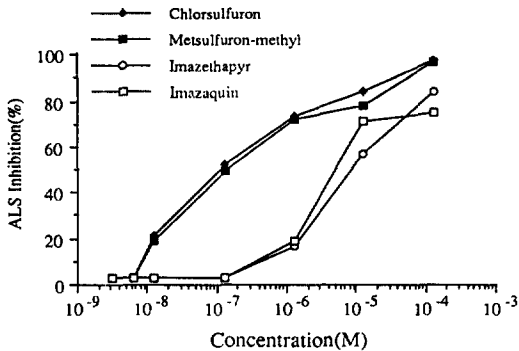


Fig. 2. Effects of sulfonylurea and imidazolinone herbicides on acetolactate synthase *in vitro* activity of corn.

感受性を 보이면서 IM계에 耐性を 보였던 콩을 대상으로 ALS 活性을 조사하였다.

대상작물 3종으로부터 추출한 ALS 活性에 대한 除草劑의 억제효과는 SU계 除草劑가 IM계 除草劑에 비하여 작물의 종류에 관계없이 높았다. 옥수수 ALS 活性 抑制作用은 SU계의 chlorsulfuron 및 metsulfuron-methyl은 10^{-8} M 부터 억제하기 시작하여 10^{-4} M이 되면 거의 완전하게 억제하였으나, IM계의 imazethapyr 및 imazaquin은 10^{-6} M 부터 억제하기 시작하여 10^{-4} M에서도 80% 정도만을 억제하였다(그림 2).

밀의 경우 ALS 活性에 대한 抑制作用은 SU계 두 除草劑는 10^{-8} M 부터 밀의 ALS 活性을 抑制하기 시작하여 10^{-7} M에서는 80%정도 억제하였고, 10^{-6} M에서는 거의 완전하게 억제하였다. 그러나 IM계 除草劑들은 ALS 活性을 10^{-6} M 부터 억제하기 시작하여 10^{-4} M에서는 90% 이상 억제하였다(그림 3). 끝으로 콩의 경우 ALS 活性에 대한 抑制作用은 SU계 두 除草劑는 10^{-8} M 부터 콩의 ALS 活性을 抑制하기 시작하여 10^{-4} M에서는 90%정도 억제하였지만, IM계 除草劑들은

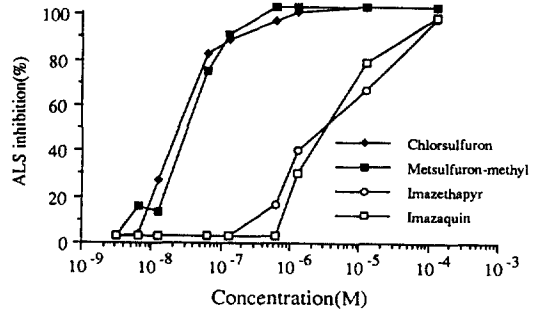


Fig. 3. Effects of sulfonylurea and imidazolinone herbicides on acetolactate synthase *in vitro* activity of wheat.

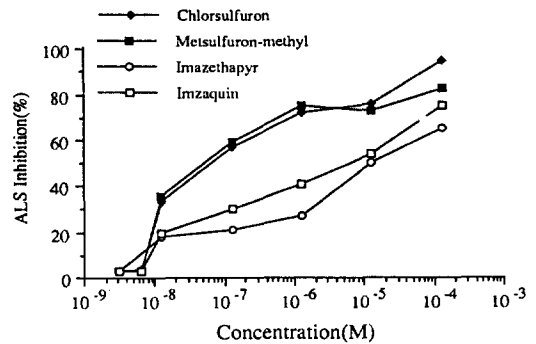


Fig. 4. Effects of sulfonylurea and imidazolinone herbicides on acetolactate synthase *in vitro* activity of soybean.

ALS 活性을 10^{-6} M 부터 억제하기 시작하여 10^{-4} M에서도 70%정도만 억제하였다(그림 4).

이상의 作物에 대한 포트 실험에서의 生育 抑制濃度와 ALS 活性 50% 抑制濃度사이의 관계를 정리하면, 온실실험에서 SU계의 2약제는 모두 옥수수와 콩에 대하여 강한 억제력을 나타내었고, 밀에 대한 억제력은 상대적으로 약하였지만, ALS 活性 억제는 옥수수와 콩 보다 밀에 대하여 크게 나타났다(표 4). 즉 온실실험에서 옥

Table 4. GI₅₀ of pot test and in vitro ALS(IC₅₀) of sulfonylurea and imidazolinone herbicides in crops.

Herbicide	Crop	Pot test(GI ₅₀)* (g/ha)	ALS(I ₅₀)** (nM)
Chlorsulfuron	Corn	1.0	285
	Wheat	120	28
	Soybean	<0.1	253
Metsulfuron-methyl	Corn	1.7	391
	Wheat	>100	31
	Soybean	<0.1	260
Imazethapyr	Corn	22	11015
	Wheat	5.5	2784
	Soybean	207	18840
Imazaquin	Corn	1.7	10021
	Wheat	1.9	3360
	Soybean	618	7876

GI₅₀ : Doses of plant growth inhibited by 50%.

ALS(IC₅₀) : Concentrations of acetolactate synthase activity inhibited by 50%.

수수와 콩은 chlorsulfuron에 대하여 感受性이었고, 밀은 耐性을 나타내어 GI₅₀ 값은 옥수수 1.0, 콩<0.1g/ha 및 밀 120g/ha 이었다. 그러나 각 초종으로 부터 추출한 ALS 活性억제 IC₅₀ 값은 옥수수 216, 콩 106nM과 밀 27nM로서 나타나 온실실험에서의 결과와 일치하지 않았다. 즉 온실실험에서 chlorsulfuron을 처리하면 옥수수와 콩에 비하여 밀은 100배 이상의 耐性을 보였지만, *in vitro* 실험에서는 반대의 결과로 밀에 대한 ALS 活性 억제 I₅₀ 값이 옥수수와 콩에 대한 IC₅₀ 값 보다 높게 나타나 작물에 대한 선택성은 ALS 活性 억제의 차이에 의한 것이 아님을 알 수 있었다. 이러한 경향은 metsulfuron-methyl에서도 동일한 경향으로 나타났다. 따라서 온실 실험에서 얻은 초종별 GI₅₀ 값과 각 초종으로 부터 추출한 ALS 효소 活性 억제 I₅₀ 값은 경향이 일치하지 않았다.

한편 IM계의 imazethapyr, imazaquin에 대하여 온실실험에서 얻은 초종별 GI₅₀ 값은 각 초종으로 부터 추출한 ALS 活性 억제 IC₅₀ 값과 어느정도 類似性을 나타내었다. 즉 imazethapyr의 경우 온실 실험에서 얻은 옥수수에 대한 GI₅₀ 값은 밀에 대한 GI₅₀ 값 보다 4배 정도 높았는데, 각 초종으로 부터 추출한 ALS 活性

억제 IC₅₀ 값도 비슷한 경향이였다. 또한 온실 실험에서 밀, 옥수수, 콩 순서로 感受性을 보였는데 ALS 活性 抑制도 같은 순서로 나타나 온실실험에서의 活性 차이는 ALS 活性 억제의 차이와 비교적 類似한 경향을 보였다.

그러나 밀에 대한 약제별 반응성을 검토할 경우 sulfonylurea계 약제들은 온실 실험에서 GI₅₀ 값이 100g/ha 내외로 옥수수와 콩에 비하여 耐性을 나타내었으나, ALS 活性 억제 IC₅₀ 값은 27-29nM로 나타났다. 그러나 imidazolinone계 약제에 대한 ALS 活性 억제 IC₅₀ 값은 3,500-4,500nM로 sulfonylurea계 약제의 IC₅₀ 값 보다 100배 이상 높았으나, 온실 실험에서 밀의 GI₅₀ 값이 10g/ha 미만으로 sulfonylurea계 약제의 GI₅₀ 값 보다 10배 이상 낮았다. 이와같은 결과는 imidazolinone계 약제가 밀의 ALS 活性 억제 이외의 殺草機作을 가지고 있을 가능성을 시사하는 것이었다. 또한 콩에 대한 sulfonylurea계 약제와 imidazolinone계 약제의 GI₅₀ 값과 IC₅₀ 값의 비교에서 콩에 대한 sulfonylurea계 약제의 GI₅₀ 값과 IC₅₀ 값 보다 imidazolinone계 약제의 GI₅₀ 값과 IC₅₀ 값이 모두 높았다. 그러나 GI₅₀ 값은 imidazolinone계 약제들이 2,000-6,000배 높았고, IC₅₀ 값은 150-

400배 정도 높았기 때문에 콩에 대한 imidazolinone계 약제들의 선택성은 ALS 활성 억제의 차이로 설명할 수는 없었다. 옥수수에 대한 두 계열 약제를 GI₅₀ 값과 IC₅₀ 값으로 비교하면 GI₅₀ 값은 비슷하였지만, IC₅₀ 값의 차이는 크게 나타나 藥劑에 대한 感受性 차이는 ALS 활성 억제제로 설명할 수 없으나, 두 系列의 약제가 동일한 ALS 활성을 억제한다 하여도 殺草作用에 기여하는 크기가 서로 相異함을 示唆하는 결과이었다. 이와같이 殺草 作用力과 ALS 활성 억제는 작물에 따라 경향이 서로 다르게 나타났다. 따라서 SU계 2약제는 *in vitro* 실험을 통한 ALS 활성 억제결과가 실제 식물에 대한 선택성이나 殺草力을 직접적으로 설명할 수 없었으나, IM계 약제들은 SU계 약제에 비하여 비교적 類似한 경향을 보였다. 동일한 作用점을 가지고 있다고 보고된 두 약제군의 ALS 활성 抑制作用 이후의 殺草機作은 동일하지 않은 것으로 생각되었다.

특히 밀은 sulfonylurea계에 대하여 耐性을, imidazolinone계에 대하여 感受性을 나타내었지만 ALS 활성 억제율은 반대로 나타났기 때문에 밀을 대상으로하여 두 계열 약제의 作用機作 비교연구가 필요하며, ALS 활성 억제 이후 殺草機作에 관한 연구가 심도있게 요구되는 결과이었다.

摘 要

분지 아미노산 생합성 효소인 ALS의 활성을 억제하는 sulfonylurea계 2약제 및 imidazolinone계 2약제를 대상으로 32초종에 대한 약제별 殺草 반응성 및 옥수수, 밀, 콩의 ALS 활성 억제 반응성을 통하여 ALS 활성 抑制作用과 殺草作用의 관계를 조사하였다.

1. Sulfonylurea계의 2가지 除草劑들의 殺草스펙트럼은 적은 처리량에서도 매우 넓었으며, 耐性을 보였던 식물은 발아전 토양처리에서 밀, 보리, 개밀, 메귀리 등이었고, 발아 후 경엽처리에서 밀, 보리, 까마중, 왕바랭이, 개밀, 미국개기장, 메귀리 등이었다.

2. Imidazolinone계 2종의 除草劑들에 대하여 耐性을 보였던 식물은 발아 전 처리에서 콩, 자귀풀, 도깨비바늘, 메귀리, 개밀 등이었고, 발아후 처리에서 콩, 자귀풀, 크로바 등으로 두과식물이었다.
3. Sulfonylurea 및 imidazolinone계 除草劑들에 대하여 공통적으로 感受性인 식물은 옥수수와 수수, sulfonylurea계에 感受性을 보이면서 imidazolinone계에 耐性을 보였던 식물은 콩, 크로바, 자귀풀 등 두과식물이었다. 이와 대조적으로 sulfonylurea계에 耐性을 보이면서 imidazolinone계에 感受性을 보였던 식물은 밀과 보리, 공통적으로 耐性을 보였던 식물은 개밀등 이었다.
4. Sulfonylurea계 약제에 대하여 온실 실험에서 얻은 초종별 GI₅₀ 값과 각 초종으로부터 추출한 ALS 활성 억제 IC₅₀ 값은 경향이 일치하지 않았다.
5. Imidazolinone계 약제에 대하여 온실 실험에서 얻은 초종별 GI₅₀ 값과 각 초종으로부터 추출한 ALS 활성 억제 IC₅₀ 값은 경향이 類似하였다.

인 용 문 헌

1. Guaciaro, M.A., M. Los, R.K. Russell, P.J. Wepplo, B.L. Lences, P.C. Lauro, P.L. Orwick, K. Umeda, and P.A. Marc. 1988. o-(5-thiono-2-imidazolin-2-yl)aryl Carboxylates Synthesis and Herbicidal activity. Synthesis and Chemistry of Agrochemicals. pp.87-99.
2. Hay, J.V. 1990. Chemistry of Sulfonylurea Herbicides. Pestic. Sci. 29 : 247-262.
3. Levitt, G. 1991. Discovery of the Sulfonylurea Herbicides. ACS Symp. Ser. 443 (Synth. Chem. Agrochem.) 2 : 16-31.
4. Blair, A.M. and T.D. Martin 1988. A Review of the Activity, Fate and Mode of Action of Sulfonylurea Herbicides. Pestic. Sci., 22 : 195-219.
5. Brown, H.M. 1990. Mode of Action, Crop

- Selectivity, and Soil Relations of the Sulfonylurea Herbicides. *Pestic. Sci.* 29 : 263-281.
6. Moberg, W.K. 1990. Herbicides Inhibiting Branched-chain Amino Acid Biosynthesis. *Pestic. Sci.* 29 : 241-246.
 7. Stidham, M.A. and D.L. Shaner. 1990. Imidazolinone Inhibition of Acetohydroxyacid Synthase *in vitro* and *in vivo*. *Pestic. Sci.* 29 : 335-340.
 8. Shaner, D.L., P.C. Anderson, and M.A. Stidham. 1984. Imidazolinones Potent Inhibitors of Acetohydroxy Acid Synthase. *Plant Physiol.* 76 : 545-546.
 9. Trebst, A. 1986. The three-dimensional structure of the herbicide binding niche on the reaction center polypeptides of photosystem II. *Z. Naturforsch.* 42C : 742-750.
 10. Kirkwood, R.C. 1991. "Target site for herbicide action". 389page, Plenum Press, New York.
 11. Dodge, A.D. 1991. Photosynthesis. In "Target site for herbicide action"(R.C. Kirkwood eds). pp.11-15. Plenum Press, New York.
 12. Finney, D.J. 1982. "QUOT 10" for probit analysis(modifiedby Y.H. song)
 13. Important Weeds of the World(Scientific and Common Names, and WSSA/WSSJ Approved Computer Codes). 1985. 4th edition, Published by the Agrochemicals Division of Bayer AG, Leverkusen, Federal Republic of Germany.
 14. 이창복. 1979. 대한식물도감. 향문사
 15. Shaner, D.L., M.L. Reider. 1986. Physiological Responses of Corn(*Zea mays*) to AC 243,997 in Combination with Valine, Leucine, and Isoleucine. *Pestic. Biochem. Physiol.* 25 : 248-257.
 16. Ray T.B. 1984. Site of Action of Chlorsulfuron : Inhibition of Valine, leucine and Isoleucine Biosynthesis in plants. *Plant Physiol.* 75 : 827-831.
 17. Westerfeld W.W. 1945. A Colorimetric Determination of Blood Acetoin. *J. Biol. Chem.* 161 : 495-502.