

Primisulfuron, Imazethapyr와 Piperonyl Butoxide의 混合處理가 옥수수의 生長 및 ALS酵素 活性에 미치는 影響*

朴仁哲 · 卞鍾英¹

Effects of Primisulfuron and Imazethapyr Treated with Piperonyl Butoxide on Growth and Acetolactate Synthase Activity in Several Corn Cultivars*

Piao, R.Z. and J.Y. Pyon¹

ABSTRACT

The combined effects of primisulfuron and imazethapyr treated with piperonyl butoxide(PBO) on growth inhibition and acetolactate synthase(ALS) activity in corn were studied to identify the tolerance mechanism among corn cultivars.

Pioneer 3751 IR showed resistance to primisulfuron and imazethapyr, but Pioneer 3751 and Chalok 2 were susceptible to them. Pioneer 3751 IR was tolerant to primisulfuron regardless of PBO treatment, but Pioneer 3751, Suwon 118 and Chalok 2 were more greatly inhibited by combined treatment of primisulfuron with PBO. Synergistic effect on growth inhibition in Pioneer 3751 IR, Pioneer 3751, Suwon 118 and Chalok 2 was not occurred when imazethapyr was treated with PBO, but Pioneer 3751, Suwon 118 and Chalok 2 tended to inhibit by combined treatment of imazethapyr with PBO.

Pioneer 3751 IR showed higher ALS activity than Pioneer 3751 when primisulfuron or imazethapyr was treated. ALS activity was inhibited by primisulfuron at 0.01 μ M or above and imazethapyr at 1 μ M or above, and inhibitory effect on ALS activity was observed by primisulfuron and imazethapyr treatments with PBO.

Key words : Resistance, primisulfuron, imazethapyr, piperonyl butoxide, corn, acetolactate synthase (ALS)

緒 論

1980년대에 등장한 Sulfonylurea계와 Imidazo-

linone계 제초제들은 화학적인 골격은 서로 다르나 다양한 작물에서 대사 된 물질들의 작용점은 필수아미노산 합성에 참여하는 중요한 효

¹ 忠南大學校 農科大學 農學科(Department of Agronomy, College of Agriculture, Chungnam National University Taejon 305-764, Korea)

* 본 논문은 한국학술진흥재단 자유공모과제 연구비(1996)지원에 의하여 수행된 연구결과의 일부임. <'98. 11. 5 접수>

소의 하나인 acetolactate synthase(ALS)를 저해한다.^{5,7,8,10,12)} 저약량의 처리로 고도의 특이한 활성을 가지고 있을 뿐만 아니라 광범위한 살초스펙트럼을 나타내기 때문에 다양한 작물들에서 잡초방제에 널리 사용되고 있다.

그런데 이들 제초제가 효과적인 작물재배를 위해서 작물 수량과 품질을 저하시키는 병해충방제에 사용되는 살충제와 함께 사용되거나 옥수수 생육 기간 중 살충제의 약효상승제로 사용되는 Piperonyl butoxide(PBO)와 제초제가 함께 사용되면서 약해가 발생하는 사례가 있다.^{1,2,11)} 최근에 와서 ALS저해형 제초제들과 PBO의 혼합처리에서 나타나는 상호작용은 제초제의 대사감소와 제초제의 흡수를 증가하는 것으로 설명되고 있다.¹⁵⁾ 작물에 사용하는 살충제들과 ALS저해형 제초제들간의 상호작용으로부터 작물을 보호하기 위한 방법을 모색하고 있으며 그 성과도 있다.¹⁴⁾

한편 제초제와 PBO의 혼합처리가 작물에 미치는 영향에 대한 연구는 많았지만 국내에서는 아직 ALS저해형 제초제에 대한 옥수수저항성에 대한 연구와 옥수수 저항성품종의 저항성기작에 관한 연구도 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 국내 옥수수 품종과 국외에서 입수한 ALS저해형 제초제 저항성품종을 대상으로 Primisulfuron과 Imazethapyr을 처리하였을 때 약해 반응과 Cytochrome P-450저해제 PBO를 함께 처리하였을 때 옥수수에서 나타나는 감수성의 차이를 검정하고, PBO와 Primisulfuron 또는 Imazethapyr의 혼합처리가 옥수수에서 ALS효소 활성에 미치는 영향을 검정하였다.

材料 및 方法

1. Primisulfuron, Imazethapyr와 PBO의 혼합처리가 옥수수 생장에 미치는 영향

Primisulfuron 또는 Imazethapyr와 PBO 혼합처리가 옥수수 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 공시품종으로 국내에서 선발한 수원 118호, 찰옥 2호⁹⁾와 ALS저해형 제초제 저항성

옥수수품종 Pioneer 3751 IR과 감수성품종 Pioneer 3751을 공시하여 플라스틱 포트에 파종하고 Primisulfuron 0, 40(표준량), 80, 160g/ha, Imazethapyr 0, 70(표준량), 140, 280g/ha를 PBO 0, 2.0kg/ha(표준량)과 각각 혼합하여 옥수수 3-4엽기에 경엽처리하였다. 제초제처리 2주후에 초장, 지상부 생체중 및 건물중을 측정하였다.

2. Primisulfuron, Imazethapyr와 PBO의 혼합처리가 옥수수 ALS 효소활성에 미치는 영향

품종별로 옥수수의 잎을 채취하여 생체중을 측정한다 다음, 유발에 넣고 액체질소로 급냉시킨 후 마쇄하였다. Homogenization buffer(0.1M K_2HPO_4 , 1mM Sodium Pyruvate, 0.5mM $MgCl_2$, 0.5mM Thiamine Pyrophosphate, 10 μ M FAD, Glycerol 10% v/v, pH7.5)를 넣고 마쇄한 후 거즈로 여과하였다. 얻은 용액을 27,000g 4℃에서 20분간 원심 분리한 다음 상징액만 취하여 용량을 측정하고 같은 용량의 포화 $(NH_4)_2SO_4$ 용액을 넣은 다음 매 15분마다 흔들어주며 1시간 반응을 시켰다. 15,000g 4℃에서 15분간 원심 분리한 후 상징액은 버리고 침전된 pellet에 재현탁용액(0.1M K_2PO_4 , 20mM Sodium Pyruvate, 0.5mM $MgCl_2$, pH7.5) 2ml를 첨가하여 재용해시킨 다음 저온에서 G-25 PD-10 칼럼을 통과시켜 조효소를 얻었다.

Primisulfuron과 Imazethapyr용액을 반응용액(25mM K_2HPO_4 , 0.625mM $MgCl_2$, 25mM Sodium pyruvate)에 0.1ml씩 각 tube에 넣어 최종농도가 10^{-8} , 10^{-7} , 10^{-6} , $10^{-5}M$ 이 되게 하였으며 PBO는 반응용액에 혼합하였고 최종농도는 100 μ M이었다. 대조구는 미리 황산용액(6N H_2SO_4 50 μ l)을 넣었으며 처리당 4반복으로 하였다.

조효소 용액은 단백질량을 기준으로 하여 각각의 tube에 넣고 20초 vortex 해주고 30℃의 항온수조에서 30분간 반응시키는 동안 10분 간격으로 흔들어 주었다. 6N H_2SO_4 50 μ l를 넣어 반응을 종료한 다음, 60℃의 항온수조에 30분간 방치하고 creatin과 α -naphthol이 각각 0.5%, 5% 함유된 2.5N NaOH용액 1ml씩 각각의 tube

에 넣었다. 60℃의 항온수조에 30분간 발색시킨 후 530nm에서 흡광도를 측정하였다. 단백질 분석은 Lowry법에 의하여 측정하였다.

結果 및 考察

1. Primisulfuron과 PBO 혼합처리가 옥수수 생장에 미치는 영향

공시된 4품종에서 PBO처리에 의하여 잎에 반점 나타났고 무처리에 비해 약간의 생육저해가 나타났으나 유의성은 인정되지 않았다. Pioneer 3751 IR은 Primisulfuron 160g/ha 처리에서 초장 6.4%, 생체중 10.8%, 건물중은 12.4% 감소되어 높은 저항성을 나타냈고, 수원 118호는 160g/ha 처리량에서 초장 26%, 생체중 21.3%, 건물중은 27.3%의 감소를 보여 Pioneer 3751 IR 보다 심한 약해를 나타냈다. 감수성품종 Pioneer 3751과 찰옥 2호에서는 옥수수 잎이 말리고 줄기가 비틀리는 현상이 나타났고 생육이 아주

불량하여 성장억제가 매우 심하였다(표 1).

PBO와 Primisulfuron을 혼합처리하였을 때 Pioneer 3751 IR은 Primisulfuron 160g/ha 처리에서 초장 11.3%, 생체중 14.7%, 건물중은 17.6% 감소되어 PBO 무처리에 비해 생장이 약간 억제되었다. 그러나 Pioneer 3751에서는 초장, 생체중과 건물중이 각각 57, 75.9, 72.6% 감소되어 PBO처리에 따른 제초제 약해 상승작용이 크게 나타나 심한 성장억제가 나타났다. 이러한 결과는 Kwon 등⁶⁾의 Primisulfuron 40g/ha 처리에서 Ciba 4393 RSC는 PBO처리 여부와 관계없이 초장이 감소되지 않았으나 Ciba 4393은 Primisulfuron의 단독처리에서 7%의 감소율을 보였고 PBO와의 혼합처리에서 33%의 감소율을 나타낸 결과와 비슷한 경향을 보였다. 수원 118호는 Primisulfuron 160g/ha 처리에서 생체중이 70.8% 감소되었고 찰옥 2호는 87.1% 감소되어 ALS저해형 제초제 저항성품종인 Pioneer 3751 IR보다 저항성이 낮은 것으로 나타났다.

Table 1. Effects of primisulfuron and piperonyl butoxide on growth of 4 corn cultivars.

| Corn cultivar | Primisulfuron (g ai/ha) | Plant height(cm) | | Fresh weight(g/plant) | | Dry weight(g/plant) | |
|-----------------|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | | PBO (Kg ai/ha) | | | | | |
| | | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 |
| Pioneer 3751 IR | 0 | 47.8 ^a | 46.5 ^{abc} | 6.552 ^a | 6.517 ^a | 0.782 ^a | 0.738 ^{ab} |
| | 40 | 47.2 ^{ab} | 44.5 ^{abc} | 6.520 ^a | 5.953 ^a | 0.768 ^{ab} | 0.696 ^{ab} |
| | 80 | 46.7 ^{abc} | 42.2 ^{bc} | 6.072 ^a | 5.737 ^a | 0.741 ^{ab} | 0.628 ^{ab} |
| | 160 | 44.7 ^{abc} | 41.2 ^c | 5.843 ^a | 5.556 ^a | 0.685 ^{ab} | 0.608 ^b |
| Pioneer 3751 | 0 | 46.5 ^a | 43.2 ^{ab} | 6.373 ^a | 5.959 ^{ab} | 0.763 ^a | 0.644 ^a |
| | 40 | 39.4 ^{bc} | 31.8 ^d | 5.440 ^{ab} | 4.584 ^b | 0.662 ^a | 0.492 ^{ab} |
| | 80 | 37.0 ^{cd} | 19.3 ^e | 5.288 ^{ab} | 1.829 ^c | 0.635 ^a | 0.229 ^{bc} |
| | 160 | 33.5 ^{cd} | 18.5 ^e | 5.154 ^{ab} | 1.434 ^c | 0.593 ^a | 0.176 ^c |
| Suwon 118 | 0 | 45.3 ^a | 42.2 ^a | 6.593 ^a | 5.491 ^{ab} | 0.849 ^a | 0.671 ^{ab} |
| | 40 | 41.3 ^{ab} | 27.7 ^{cd} | 5.776 ^{ab} | 4.000 ^{bc} | 0.688 ^{ab} | 0.488 ^{bc} |
| | 80 | 38.3 ^{ab} | 22.0 ^{de} | 5.733 ^{ab} | 2.775 ^{cd} | 0.633 ^{ab} | 0.351 ^{cd} |
| | 160 | 33.2 ^{bc} | 17.7 ^e | 5.188 ^{ab} | 1.603 ^d | 0.617 ^{ab} | 0.216 ^d |
| Chalok 2 | 0 | 49.3 ^a | 42.7 ^a | 6.990 ^a | 5.489 ^{ab} | 0.861 ^a | 0.573 ^{ab} |
| | 40 | 27.5 ^b | 19.8 ^b | 3.014 ^{abc} | 1.581 ^{bcd} | 0.634 ^a | 0.215 ^{cd} |
| | 80 | 27.2 ^b | 21.2 ^b | 2.908 ^{abc} | 1.415 ^{cd} | 0.386 ^{bc} | 0.189 ^{cd} |
| | 160 | 24.7 ^b | 20.3 ^b | 2.277 ^{bc} | 0.710 ^d | 0.365 ^{bc} | 0.137 ^d |

* Means with the same letter within corn cultivar are not significantly different at the 5% level based on Duncan's multiple range test.

Pioneer 3751 IR의 GR₅₀값은 PBO처리 여부와 관계없이 160g/ha 이상이었고, 감수성품종 Pioneer 3751은 Primisulfuron처리시 GR₅₀값은 160g/ha 이상이였으나 PBO와 Primisulfuron을 혼합처리하였을 때 59.0g/ha으로 크게 감소하여 2.7배 이상의 감수성 차이를 보였다. 수원 118호는 Primisulfuron처리에서 GR₅₀값은 160g/ha 이상이고 PBO와 혼합처리하였을 때에는 77.9g/ha로 감소하여 2배 이상의 감수성의 차이가 나타났다. 찰옥 2호는 Primisulfuron처리에서의 GR₅₀값

은 49.8g/ha이었고 PBO와의 혼합처리에서 28.1g/ha로 저하되어 1.7배 정도의 감수성 차이를 보였다(표 2).

따라서 Primisulfuron과 PBO를 혼합처리함에 따라 감수성품종에서 약해가 크게 상승된 결과가 나타났는데, Holtum 등³⁾은 Primisulfuron대사 작용은 기타의 정상적인 옥수수 품종들에서 보다 Pioneer 3343 IR에서 더 빨리 일어났다고 하였고, Rehab 등¹⁾은 Bentazon, Tetcyclacis 그리고 PBO는 옥수수 줄기에서 Primisulfuron과 Ni-

Table 2. GR₅₀ and I₅₀ values for primisulfuron determined from plant fresh weight, and acetolactate synthase activity in primisulfuron-susceptible and -tolerant corn cultivars when piperonyl butoxide was treated.

| Corn cultivar | Piperonyl butoxide (kg ai/ha) | | | |
|-----------------|---|--------|-----------------------------------|------|
| | 0 | | 2.0 | |
| | GR ₅₀ (g ai/ha) ^a | | I ₅₀ (μM) ^b | |
| Pioneer 3751 IR | >160.0 | >160.0 | >10.00 | 7.01 |
| Pioneer 3751 | >160.0 | 59.0 | 0.05 | 0.02 |
| Suwon 118 | >160.0 | 77.9 | 0.06 | 0.06 |
| Chalok 2 | 49.8 | 28.1 | 0.01 | 0.01 |

^a GR₅₀ is the herbicide concentrations that reduce growth by 50%.

^b I₅₀ is the herbicide concentrations that inhibit ALS enzyme activity by 50%.

Table 3. Effects of imazethapyr and piperonyl butoxide on growth of 4 corn cultivars.

| Corn cultivar | Imazethapyr (g ai/ha) | Plant height(cm) | | Fresh weight(g/plant) | | Dry weight(g/plant) | |
|-----------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | PBO (kg ai/ha) | | | | | |
| | | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 |
| Pioneer 3751 IR | 0 | 47.8 ^a | 46.5 ^a | 6.552 ^a | 6.517 ^a | 0.782 ^a | 0.738 ^{ab} |
| | 70 | 43.3 ^a | 39.3 ^{ab} | 6.017 ^{ab} | 5.466 ^{ab} | 0.723 ^{ab} | 0.582 ^{bcd} |
| | 140 | 39.0 ^{ab} | 38.5 ^{ab} | 5.795 ^{ab} | 5.423 ^{ab} | 0.679 ^{abc} | 0.552 ^{cd} |
| | 280 | 37.7 ^{ab} | 32.0 ^b | 5.517 ^{ab} | 4.882 ^b | 0.635 ^{a-d} | 0.514 ^b |
| Pioneer 3751 | 0 | 46.5 ^a | 43.2 ^a | 6.373 ^a | 5.959 ^a | 0.763 ^a | 0.644 ^a |
| | 70 | 20.0 ^b | 18.2 ^b | 1.616 ^b | 0.863 ^{bc} | 0.259 ^b | 0.153 ^b |
| | 140 | 19.3 ^b | 16.0 ^b | 1.230 ^{bc} | 0.201 ^c | 0.203 ^b | 0.123 ^b |
| | 280 | 17.5 ^b | 0.0 ^c | 0.710 ^{bc} | 0.000 ^c | 0.164 ^b | 0.102 ^b |
| Suwon 118 | 0 | 45.3 ^a | 42.2 ^a | 7.336 ^a | 5.491 ^a | 0.849 ^a | 0.671 ^a |
| | 70 | 18.8 ^b | 16.2 ^b | 1.734 ^b | 1.218 ^b | 0.246 ^b | 0.210 ^b |
| | 140 | 15.0 ^b | 15.8 ^b | 1.082 ^b | 0.861 ^b | 0.199 ^b | 0.145 ^b |
| | 280 | 14.3 ^b | 15.0 ^b | 1.012 ^b | 0.457 ^b | 0.179 ^b | 0.121 ^b |
| Chalok 2 | 0 | 49.3 ^a | 42.7 ^b | 6.990 ^a | 5.489 ^a | 0.861 ^a | 0.573 ^b |
| | 70 | 22.5 ^c | 19.0 ^{cd} | 1.799 ^b | 0.762 ^{bc} | 0.296 ^c | 0.120 ^{cd} |
| | 140 | 20.2 ^{cd} | 14.5 ^d | 1.007 ^{bc} | 0.137 ^{bc} | 0.168 ^{cd} | 0.079 ^d |
| | 280 | 0.0 ^e | 0.0 ^e | 0.000 ^c | 0.000 ^c | 0.111 ^d | 0.045 ^d |

* Means with the same letter within corn cultivar are not significantly different at the 5% level based on Duncan's multiple range test.

cosulfuron의 대사작용을 억제한다고 하였다.

2. Imazethapyr와 PBO 혼합처리가 옥수수 생장에 미치는 영향

Pioneer 3751 IR은 Imazethapyr 280g/ha 처리량에서 초장, 생체중, 건물중이 각각 19, 15.7, 18.7% 감소되었고, Pioneer 3751은 이 농도에서 거의 고사되어 품종간 저항성 차이를 나타냈다(표 3). 수원 118호는 Imazethapyr 280g/ha 처리에서 초장, 생체중, 건물중이 각각 68.4, 86, 78.9% 감소되었고 찰옥 2호는 이 농도에서 고사되었다.

PBO와 Imazethapyr 280g/ha 처리에서 Pioneer 3751 IR은 생체중이 25% 감소되었고 Pioneer 3751은 고사되었으며, 수원 118호는 생체중이 91% 감소되어 고사 직전이었으며 찰옥 2호는 고사하여 심한 약해를 나타냈다. Imazethapyr와 PBO의 혼합처리에서 약해는 제초제 단독처리에 비해 성장저해가 더 나타난 경향이었으나 유의성은 인정되지 않았다(표 3).

Pioneer 3751 IR의 GR₅₀값은 PBO처리 여부와 관계없이 280g/ha 이상이었고 Pioneer 3751은 PBO와 제초제를 혼합처리하였을 때 25.2g/ha으로 감소하여 제초제 단독처리의 31.9g/ha에 비하여 1.2배 차이가 났고, 수원 118호는 Imazethapyr처리에서 GR₅₀값은 29.5g/ha이었고, PBO와 혼합처리하였을 때에는 29.3g/ha으로 차이가 아주 적었으며, 찰옥 2호는 제초제처리에서 GR₅₀값은 30.9g/ha이었고 PBO와의 혼합처리에서 25.1g/ha로 1.23배의 차이를 나타냈다(표 4).

본 실험의 결과를 종합하여 보면 Imazethapyr에서는 PBO처리에 따른 약해 상승작용은 적었다. Siminszky 등¹³⁾에 의하면 Pioneer 3343 IR은 포장실험에서 PBO의 처리여부와 관계없이 Terbufos와 Sulfonylurea 제초제들의 상호작용에 저항성을 보였다고 하였다.

3. Primisulfuron과 PBO혼합처리가 옥수수 ALS효소 활성에 미치는 영향

PBO와 Primisulfuron을 혼합처리하였을 때 ALS효소 활성은 Pioneer 3751 IR품종에서는 PBO 무처리에 비해 활성이 저하된 경향이었으나 Pioneer 3751보다 ALS효소 활성이 높았다. 수원 118호와 찰옥 2호에서는 PBO에 처리에 의한 품종내의 ALS효소 활성은 PBO무처리와 큰 차이가 없었으며 0.1μM보다 낮은 농도에서 수원 118호는 찰옥 2호보다는 높은 활성을 나타내어 제초제에 대한 품종간의 내성 차이를 나타냈으나 1μM농도에서부터 PBO 처리 여부와 관계없이 비슷하게 나타났다(그림 1).

Pioneer 3751 IR품종에서 ALS효소 활성을 50% 저해하는 Primisulfuron I₅₀값은 PBO를 처리하지 않았을 때는 10.0μM 이상이었으나 PBO를 처리하였을 때에는 7.01μM로 낮아졌다. Pioneer 3751에서의 I₅₀값은 0.05μM로 낮았으며 PBO와 혼합처리하였을 때는 0.02μM로 감소되어 2.5배의 감수성 차이를 보였다. 수원 118호는 제초제 처리조건에서 I₅₀값은 PBO 처리 여부와 관계없이 0.06μM이었고 찰옥 2호는 PBO 처리 여부와 관계없이 I₅₀값은 0.01μM이었다. 따라서

Table 4. GR₅₀ and I₅₀ values for imazethapyr determined from plant fresh weight, and acetolactate synthase activity in imazethapyr-susceptible, and -tolerant corn cultivars when piperonyl butoxide was treated.

| Corn cultivar | Piperonyl butoxide (kg ai/ha) | | | |
|-----------------|---|--------|-----------------------------------|--------|
| | 0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 |
| | GR ₅₀ (g ai/ha) ^a | | I ₅₀ (μM) ^b | |
| Pioneer 3751 IR | >280.0 | >280.0 | >10.00 | >10.00 |
| Pioneer 3751 | 31.9 | 25.2 | 8.19 | 6.33 |
| Suwon 118 | 29.5 | 29.3 | >10.00 | >10.00 |
| Chalok 2 | 30.9 | 25.1 | 9.24 | 7.87 |

^a GR₅₀ is the herbicide concentrations that reduce growth by 50%.

^b I₅₀ is the herbicide concentrations that inhibit ALS enzyme activity by 50%.

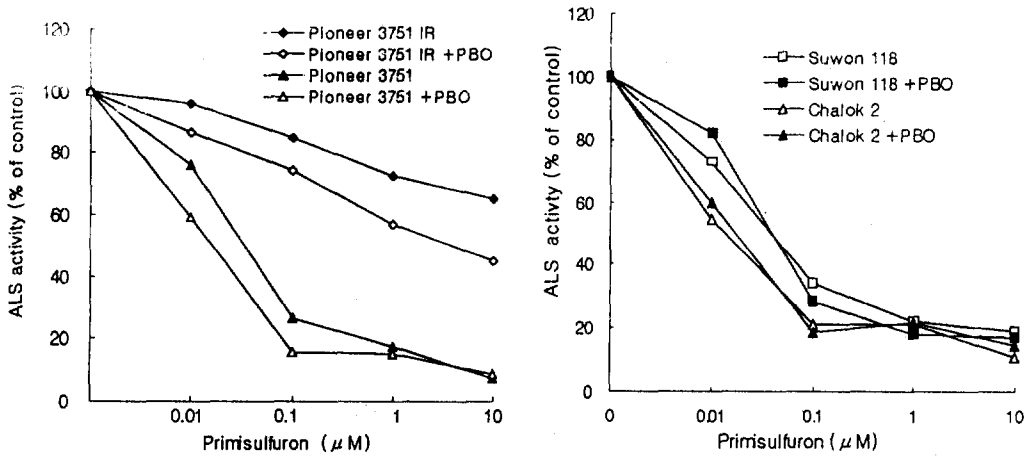


Fig. 1. Effects of primisulfuron and PBO on acetolactate synthase activity in four corn cultivars.

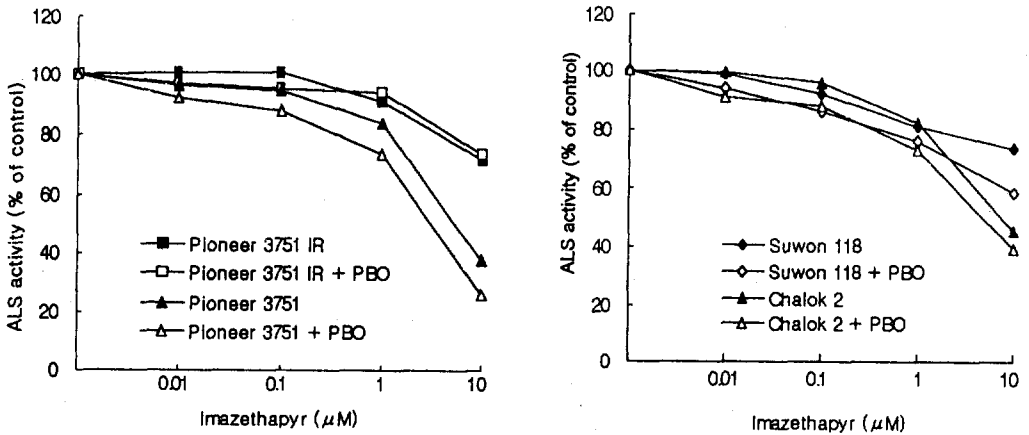


Fig. 2. Effects of imazethapyr and PBO on acetolactate synthase activity in four corn cultivars.

ALS효소 활성은 PBO처리에 의하여 Pioneer 3751 IR과 Pioneer 3751에서 영향을 받았고 수원 118호와 찰옥 2호에서는 영향을 적게 받는 것으로 생각된다(표 2).

4. Imazethapyr와 PBO의 혼합처리가 옥수수 ALS효소 활성에 미치는 영향

Imazethapyr처리에 의한 옥수수의 ALS효소 활성은 Pioneer 3751 IR, Pioneer 3751, 수원 118호와 찰옥 2호는 1μM보다 낮은 농도에서는 품종간 큰 활성차이가 나타나지 않았으나 10μM에서 Pioneer 3751 IR은 Pioneer 3751에 비하여 높은 활성을 나타내어 옥수수에서 Imazethapyr에 대한 저항성과 ALS효소 활성간에는 밀접한

관계가 있다는 것을 알 수 있었다(그림 2). 수원 118호와 찰옥 2호도 1μM보다 낮은 농도에서는 품종간 활성 차이가 나타나지 않았지만 10μM에서는 큰 활성차이가 나타났다.

Imazethapyr와 PBO혼합처리에서 공시된 4품종의 ALS효소 활성은 1μM 보다 낮은 농도에서 품종간 큰 활성차이가 나타나지 않았고 1~10μM농도에서 Pioneer 3751 IR 품종은 Pioneer 3751 품종에 비하여 높은 활성을 나타냈고 수원 118호는 찰옥 2호보다 높은 활성을 보였다(그림 2).

Pioneer 3751 IR 품종에서 ALS효소 활성에 대한 Imazethapyr I₅₀값은 PBO 처리 여부와 관계없이 10.0μM 이상 높게 나타났고 Pioneer 3751

에서는 Imazethapyr의 I_{50} 값은 $8.19\mu\text{M}$ 이었으며 PBO와 혼합처리하였을 때는 $6.33\mu\text{M}$ 로 낮아 1.29배의 감수성 차이를 보였고, 수원 118호의 I_{50} 값은 PBO의 처리 여부와 관계없이 $10.0\mu\text{M}$ 이상이었고 찰옥 2호는 PBO 무처리시의 I_{50} 값은 $9.24\mu\text{M}$ 이었고 PBO와 혼합처리하였을 때에는 $7.87\mu\text{M}$ 로 낮아져 1.17배의 감수성 차이를 나타냈다.

따라서 Imazethapyr에서 PBO처리에 의한 I_{50} 값은 PBO무처리에 비해 다소 감소하였으나 그 차이는 크지 않다는 것을 알 수 있었다(표 4). 황 등⁴⁾에 의하면 Imazaquin은 옥수수(황성옥)잎에서 추출한 ALS를 $1\mu\text{M}$ 농도에서부터 저해하기 시작하였고 I_{50} 값은 $5\mu\text{M}$ 이었다고 한다. 이 값은 본 실험에서의 Pioneer 3751 IR I_{50} 값과 비교하면 차이가 있었으나 감수성품종들의 I_{50} 값과는 비슷한 결과를 나타낸 값이라고 생각되며, 품종 내에서의 ALS효소 활성은 PBO에 의한 영향을 약간 받은 것으로 나타났으나 PBO와 제초제의 상호작용에 의한 상승작용은 크지 않은 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하여 보면 Primisulfuron과 Imazethapyr는 제초제로서의 식물에 대한 1차작용점은 단백질합성에 관여하는 ALS효소이지만 옥수수에서 Primisulfuron과 PBO혼합처리에 따라 제초제 약해가 상승된 반면, Imazethapyr에서는 적게 나타났고, Primisulfuron처리에 따른 ALS효소 활성 억제에는 Pioneer 3751 IR 품종을 제외한 3품종에서 $0.01\mu\text{M}$ 에서부터 현저하게 억제되기 시작하였으나 Imazethapyr에서는 $1\mu\text{M}$ 보다 낮은 농도에서는 품종간에 활성 차이가 크게 나타나지 않았으나 $1\mu\text{M}$ 농도에서 품종간 ALS효소 활성 차이가 나타났다.

摘 要

Primisulfuron 또는 Imazethapyr와 Cytochrome P-450 저해제인 PBO의 혼합처리가 옥수수의 생장 및 ALS효소 활성에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. Pioneer 3751 IR은 Primisulfuron과 Imazetha-

pyr에 높은 내성을 보인 반면, Pioneer 3751과 찰옥 2호는 감수성을 보였다.

2. Pioneer 3751 IR은 Primisulfuron과 PBO혼합처리에서 높은 저항성을 나타내어 PBO혼합처리에 따른 영향은 적었으나 Pioneer 3751, 수원 118호와 찰옥 2호는 PBO혼합처리에 따라 생장 저해가 PBO무처리에 비해 높게 나타났다.

3. Pioneer 3751 IR의 생장은 Imazethapyr와 PBO혼합처리에 따른 영향은 적었으며 Pioneer 3751과 수원 118호, 찰옥 2호는 생장저해가 심하였으나 PBO혼합처리에 따른 약해 상승작용은 크지 않았다.

4. ALS효소 활성은 Primisulfuron은 $0.01\mu\text{M}$ 에서부터, 그리고 Imazethapyr는 $1\mu\text{M}$ 에서부터 Pioneer 3751 IR 품종을 제외한 3품종에서 현저하게 억제되었으며, Primisulfuron과 PBO혼합 처리에 의하여 Pioneer 3751 IR과 Pioneer 3751에서는 활성저해가 더 크게 나타났고 수원 118호와 찰옥 2호에서는 차이가 없었으며, Imazethapyr와 PBO의 혼합처리에서는 4품종에서 모두 약간 억제되었다.

引用 文 獻

1. Biediger, D.L., P.A. Baumann, D.N. Weaver, J.M. Chandler, and M.G. Merkle. 1992. Interaction between primisulfuron and selected soil-applied insecticides in corn (*Zea mays*). Weed Technol. 6 : 807-812.
2. Corbin, F.T., D.E. Morel, and B. Siminszky. 1993. Metabolism of primisulfuron in terbufos and/ or naphthalic anhydride-treated corn. Abstr. Weed Sci. Soc. Amer. 33 : 70.
3. Holtum, J.A.M. and S.B. Powles. 1993. Membrane phenomena and herbicide resistance in ryegrass and wild oats. Abstr. Weed Sci. Soc. Amer. 33 : 77.
4. 황인택 · 김기주 · 이희재 · 조광연 · 전재철. 1996. Chlorsulfuron 및 Imazaquin에 의한 옥수수 Acetolactate Synthase활성의 저해 특성.

- 韓國雜草學會誌. 16(2) : 122-131.
5. Jordan, D.L., B.W. Skulman, R.E. Frans, and D.H. Johnson. 1993. Evidence for DPX-PE350 inhibition of corn(*Zea mays*) acetolactate synthase. Abstr. Weed Sci. Soc. amer. 33 : 100.
 6. Kwon, C.S, J.J. Kells and D. Penner. 1995. Combined effects of acetolactate synthase-inhibiting herbicides with terbufos and piperonyl butoxide on corn(*Zea mays*) and soybean(*Glycine max*). Weed Technol. 9 : 696-702.
 7. LaRossa, R.A. and J.V. Schloss. 1984. The sulfonylurea herbicide sulfometuron methyl is an extremely potent and selective inhibitor of acetolactate synthase in *Salmonella typhimurium*. J. Biol. Chem. 259 : 8755-8757.
 8. Morton, C.A., R.G. Harvey, J.J. Kells, W. E. Lueschen, and V.A. Fritz. 1991. Effect of DPX-V9360 and terbufos on field and sweet corn(*Zea mays*) under three environments. Weed Technol. 5 : 130-136.
 9. 박인철 · 변종영 · 노석원 · 안병석. 1998. Primisulfuron과 Terbufos의 相互作用이 옥수수 품종의 生長 및 Acetolactate Synthase活性에 미치는 영향. 韓國雜草學會誌. 18(2) : 171-178.
 10. Ray, T.B. 1984 Site of action of chlorsulfuron : inhibition of valine and isoleucine biosynthesis in plants. Plant Physiol. 75 : 827-831.
 11. Rehab, I.F., J.D. Burton, E.P. Maness, D.W. Monks, and D.A. Robison. 1993. Effect of safeners on nicosulfuron and primisulfuron metabolism in corn. Abstr. Weed Sci. Soc. Amer. 33 : 70.
 12. Shaner, D.L., P.C. Anderson, and M.A. Stidham. 1984. Imidazolinones : potent inhibitors of acetohydroxyacid synthase. Plant Physiol. 76 : 545-546.
 13. Siminszky, B., F.T. Corbin, B.S. Sheldon, and F.R. Walls, Jr. 1993. Nicosulfuron resistance mechanisms and metabolism in terbufos and/or naphthalic anhydride treated corn. Abstr. Weed Sci. Soc. Amer. 33 : 112.
 14. Simpson, D.M., K.E. Diehl, and E.W. Stoller. 1993. Mechanism for 2,4-D safening of nicosulfuron/terbufos interaction corn. Abstr. Weed Sci. Soc. Amer. 33 : 112.
 15. Varsano, R., H.D. Rabinowitch, M. Schonfeld, and B. Rubin. 1992. Mode of action of piperonyl butoxide as a synergist of atrazine and terbutryn in corn. Abstr. Weed Sci. Soc. Amer. 32 : 89.