

Cyclosulfamuron이 벼의 생육과 Acetolactate Synthase 활성에 미치는 영향

지승환 · 송성도¹⁾ · 정병룡*

대구대학교 생명자원학부, ¹⁾한국바스프 아그로㈜
(2002년 12월 3일 접수, 2003년 1월 22일 수리)

Effect of Cyclosulfamuron on Rice Growth and Acetolactate Synthase Activity

Seung-Hwan Ji, Sung-Do Song¹⁾ and Byeong-Ryong Jeong* (Department of Agronomy, College of Natural Resources, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea, ¹⁾BASF Korea Agro, Seoul 100-094, Korea)

ABSTRACT : Cyclosulfamuron, a herbicide of sulfonyleurea type, is a relatively new compound which control broad leaves and perennial weeds in rice field. However, this herbicide has a minor disadvantage of decreasing rice plant growth, especially in early growth stage. Therefore, for introducing this cyclosulfamuron as a herbicide in rice field, it is important to minimize the suppression of early plant growth with maintaining weed control efficacy. This study was conducted to evaluate effects of cyclosulfamuron on early plant growth and acetolactate synthase activity of rice (*Oryza sativa* cv Dongjinbyeo, Hwasungbyeo, Ilpumbyeo). Rice growth was inhibited by cyclosulfamuron in their early growth stage. The concentrations required for 50% inhibition of Dongjinbyeo, Hwasungbyeo and Ilpumbyeo growth were 6.3, 9.2 and 146.8 mg/kg, respectively. Inhibition effect of cyclosulfamuron on the root elongation was greater than the effect on the shoot growth. Concentrations required for 50% inhibition of acetolactate synthase activity from Dongjinbyeo, Hwasungbyeo, Ilpumbyeo were 42.7, 32.7 and 56.7 μ M, respectively.

Key words: acetolactate synthase(ALS), cyclosulfamuron, rice.

서 론

우리나라의 쌀 생산성은 국제적으로 그 경쟁력이 매우 낮은 수준에 있다. 우리나라의 경우 쌀의 생산비 중 토지이용비가 약 44.1%, 노력이 22.8%를 차지하고 있어¹⁾ 토지이용비의 절감이 가장 필요하지만 토지이용비는 사회적인 현상이기 때문에 농업부문에서 취급하기 어렵다. 따라서 농업부문에서 쌀의 국제경쟁력을 높이기 위한 방안은 농작업을 생력화하여 노력비를 절감할 수 있는 대책을 마련하는 것이다.

벼 재배에서 노동력이 가장 많이 소요되는 작업은 잡초방제, 모내기, 탈곡, 예취, 경운·정지 등인데 지금은 잡초방제에 제초제를 이용하고, 다른 작업은 농기계를 이용하여 인력으로 벼를 재배할 때보다 노동시간이 현저히 감소되었다. 1999년 현재 우리나라에서는 논의 약 93%가 이앙재배를 하고 있으며, 그것도 손이앙을 하지 않고 대부분 이앙기를 이용하고 있다.

기계이앙재배를 할 때는 육묘기간이 길면 모가 노화하기 때문에 10~35일모를 심고 있다. 특히 최근 가온시설이 있는 육묘공장에서는 10~15일모를 육묘하고 있어 점점 어린모를 이앙하고 손이앙보다 더 천식하는 경향이 있다. 이와 같이 어린모를 천식할 경우 벼는 성묘를 깊이 심는 것보다 제초제에 대한 저항성이 약하여 약해를 받기 쉬우므로 벼가 활착되는 이앙 후 5~10일 사이에 논물을 3~5 cm 깊이로 대고 손으로 입제를 살포한다. 그러나 이러한 방법은 노력과 비용이 많이 들고, 제초제를 고르게 뿌리기 어려울 뿐 아니라 제초제를 제 때 처리하지 못하여 제초효과를 떨어뜨리기 쉽다.

한편 제초제를 이앙기에 부착된 장치로 이앙과 동시에 일관작업으로 제초제를 살포하면 시간을 단축시키고, 살포시기를 놓치지 않으며, 균일하게 살포되므로 과량살포나 중복살포에 의한 약해의 우려가 적고, 불균일 살포에 의한 제초효과 저하의 염려가 없다.

현재 국내에서 최근 널리 쓰이고 있는 sulfonyleurea 계열의 제초제들은 낮은 약량으로 대부분의 일년생잡초와 다년생잡초를 동시에 방제할 수 있고, 일반적으로 토양흡착력이 낮

*연락처:

Tel: +82-53-850-6764 Fax: +82-53-850-6769

E-mail: bjeong@daegu.ac.kr

으며, 효과 지속기간이 45일 정도로 긴 장점이 있다. 그러나 이앙동시 및 이앙직후에 처리될 경우 벼의 활착 또는 초기 생육을 억제시키는 것으로 알려져 있으며, 벼의 생육 억제는 이앙 후 처리 시기가 빠를수록, 천식 조건일수록 크게 나타나는 것으로 보고되어 있다^{2,3)}. 따라서 벼의 기계이앙시 초기생육 억제를 최소화하기 위하여 이앙 후 5~10일 사이에 처리해야 할 뿐 아니라 이 경우 피에 대한 약효가 부족한 문제점이 있다⁴⁾. 따라서 sulfonylurea계 제초제는 피에 대한 방제효과를 높이기 위하여 피 방제 전문 제초제와 함께 혼합한 제형으로 개발한 소위 일발처리제의 제초제가 개발되어 사용되고는 추세이다⁵⁾.

한편 비교적 최근에 개발되어 국내에 소개된 cyclosulfamuron [1-[2-(cyclopropylcarbonyl)phenylsulfamoyl]-3-(4,6-dimethoxy-pyrimidin-2-yl)urea]은 1차 분지아미노산인 valine, isoleucine, leucine을 합성하는 ALS(Acetylactate synthase)를 저해하는 것으로 알려져 있다^{6,7)}. 또한 벼 재배 시에 발생하는 잡초 종에 대하여서도 광범위하면서도 강한 제초 활성을 나타내며, 낮은 토양중 이동성 및 긴 약효 지속 기간을 가지고 있는 것으로 보고되어 있다⁸⁾.

따라서 본 실험은 sulfonylurea계 제초제인 cyclosulfamuron을 대상으로 벼의 초기 생육에 미치는 영향과 ALS 활성을 검정하여 이앙과 동시처리 제초제로서 사용 가능성을 검토하여 벼의 새로운 생력재배기술을 개발하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시약제로 사용한 cyclosulfamuron은 한국바스프 아그로(주)에서 분양을 받아 사용하였다.

처리농도에 따른 벼의 생육반응

Cyclosulfamuron이 벼의 초기 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 농가에서 많이 재배되는 동진벼, 화성벼, 일품벼 종자를 27°C에서 발아시킨 후 유아가 1 cm인 개체를 선발하여 cyclosulfamuron의 농도가 다른 토양슬러리에 이앙하여 초기 성장반응을 조사하였다.

토양슬러리의 제조에 사용된 토양은 논에서 채취하여 그 늘진 곳에서 풍건한 다음 2 mm체를 통과한 것을 사용하였으며, 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 토양미생물에 의한 제초제의 분해를 예방하기 위하여 토양을 고온멸균용 비닐에 넣고 입구를 봉한 뒤 120°C에서 30분간 고압멸균하였다.

농가의 cyclosulfamuron의 표준사용량인 60 g/ha를 작토층 10 cm를 기준으로한 살포량은 0.05 mg/kg이지만, 토양 중

cyclosulfamuron의 이동성을 표층 2 cm로 가정한다면 0.25 mg/kg에 해당된다⁹⁾. 또한 벼의 생육이 50%가 억제되는 cyclosulfamuron의 농도를 구하기 위하여 3,000 mg/kg까지의 고 농도를 처리하였다. 이를 위하여 앞서의 멸균된 토양을 상온에서 식힌 후 토양 40 g을 일회용 플라스틱컵(직경 5 cm × 높이 7.5 cm)에 넣은 후 토양 1 g 당 cyclosulfamuron 농도가 0.1~3,000 mg/kg이 되도록 제초제 수용액 25 mL을 가하여 균일화시킨 뒤 약 1시간 방치하였다. 안정화된 토양슬러리는 수심 0.5 cm 정도가 되었으며 이 위에 초장 1 cm의 벼 묘묘를 5개체씩 이앙하였다.

포트에 이앙한 벼 묘묘는 27±2°C의 항온실에서 명주기 14 시간, 암주기 10시간으로 6일간 성장시켰다. 생육기간 동안 포트 안의 수분이 증발되는 것을 막기 위하여 포트를 플라스틱 상자(30 × 35 × 25 cm)에 넣고 상자 바닥에 약간의 물을 채운 뒤 투명 랩으로 덮고 조그마한 공기 구멍을 만들어 주었으며, 시험기간 동안 포트의 수분증발량은 육안으로 판단해 볼 때 거의 미미하였다. 이식한 5개 개체 중 초장이 제일 큰 것과 제일 작은 것을 제외한 3개체의 초장을 조사하여 무처리에 대비하여 처리농도에 따른 벼의 초장을 Sigmaplot 프로그램을 이용하여 Log-logistic model로 분석하였다¹⁰⁾.

벼의 Acetolactate synthase 활성화 검정

Cyclosulfamuron이 벼의 acetolactate synthase(ALS) 활성화에 미치는 영향을 측정하기 위하여 온실(35/25°C)에서 화성벼, 동진벼 및 일품벼를 포트(20 × 20 × 15 cm)에 재배하여 20일째 지상부를 채취하여 ALS 추출 시료로 사용하였다.

ALS 추출은 Ray¹¹⁾의 방법을 약간 변형하여 추출하였다. 벼 지상부 40 g을 액체 질소로 동결시킨 뒤 막자사발로 마쇄하여 추출완충용액(100 mM potassium phosphate, 10 mM sodium pyruvate, 0.5 mM MgCl₂, pH 7.5) 80 mL를 넣어 균질화시킨 후 glass wool로 여과한 여액을 4°C(이하 ALS 추출조건은 4°C를 유지하였다)에서 10,000 rpm으로 15분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 이 상등액에 ammonium sulfate를 첨가하여 20~50%에서 1시간 동안 침전시킨 후 10,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 침전물을 얻었다. 침전물을 추출완충용액 1 mL에 현탁시킨 후 microcentrifuge에서 10,000 rpm으로 5분간 원심분리하여 상등액을 동일한 완충용액으로 포화된 sephadex G-25 column을 통과시켜 column으로부터 활성부위만 취하여 *in vitro* 실험의 ALS 조효소로 사용하였다.

ALS 활성 측정은 0.5 mL의 추출한 조효소액에 0.4 mL의 반응액(20 mM potassium phosphate, 20 mM sodium pyruvate, 0.5 mM MgCl₂, 0.5 mM TPP, 10 μM FAD, pH 7.0)과 실험설계의 요소에 따른 제초제의 최종 처리 농도가 일정하게 되도록 조제한 제초제 용액을 0.1 mL 넣고 30°C의 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 50 μL의 6 N H₂SO₄ 용액을 넣어 반응을 정지시켰다.

효소의 활성은 Westerfeld¹²⁾의 방법에 따라 생성된 aceto인산을 다음과 같이 측정하였다. 반응이 정지된 시료를 10,000 rpm

Table 1. Physicochemical properties of the soil used in soil-slurry culture

Soil texture	Soil separate (%)			pH	OM (%)	CEC (cmol/kg)
	Sand	Silt	Clay			
SiCL	12.0	57.1	30.9	5.7	1.9	15.5

에서 5분간 원심분리하여 침전된 단백질을 제거한 후 상등액을 60°C의 항온 수조에서 30분간 decarboxylation 시킨 후 0.5%의 creatine 용액과 2.5 N NaOH에 용해시킨 5% (W/V)의 α -naphthol 용액을 각각 0.5 mL씩 넣고 vortex mixer로 섞은 다음 60°C의 항온 수조에서 15분간 발색시켰다. 발색이 끝난 각 시료를 spectrophotometer를 이용하여 파장 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. 단백질의 양은 Bradford의 방법으로 측정하였다¹³⁾.

결과 및 고찰

처리농도에 따른 벼의 생육반응

제초제 cyclosulfamuron의 처리농도에 따른 초장의 생장

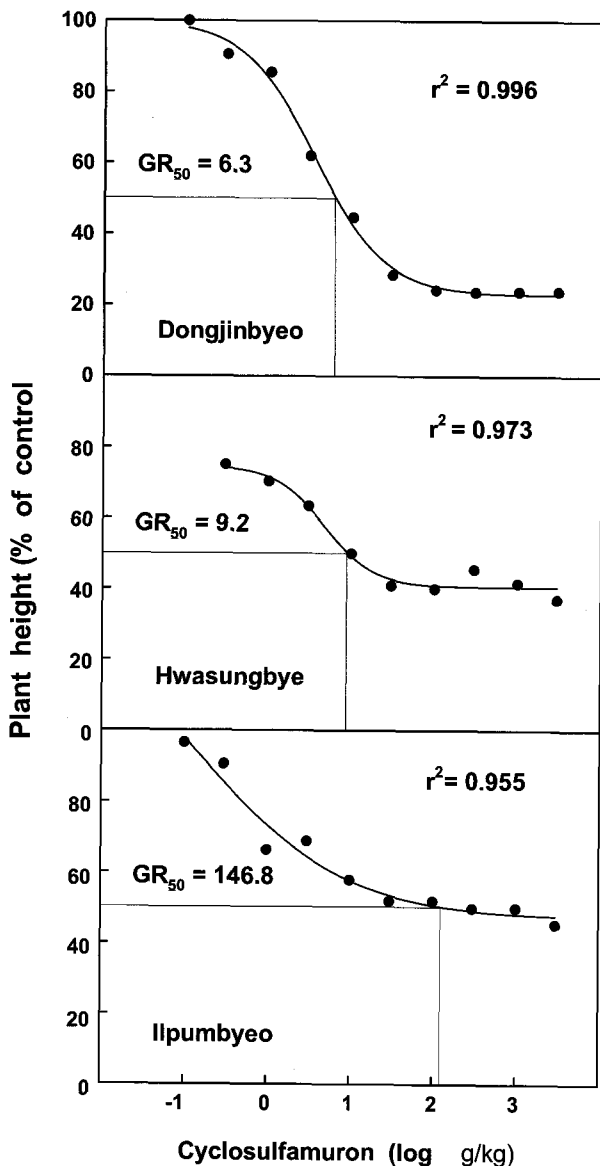


Fig. 1. Response of rice growth to cyclosulfamuron in soil-slurry culture.

정도를 무처리 대비 생장률로 표시하여 Fig. 1에 나타내었다. 모든 회귀식은 r²값이 0.95 이상이었으며 통계적으로 유의하였다.

초장이 50% 억제되었을 때의 cyclosulfamuron의 농도 (GR₅₀)를 품종별로 비교하면 동진벼, 화성벼, 일품벼의 경우 각각 6.3, 9.2, 146.8 mg/kg으로 동진벼와 화성벼간에는 큰 차이가 없었으며 일품벼가 제초제 cyclosulfamuron에 가장 둔감하게 반응하였다.

포장에서 벼 재배 시에 cyclosulfamuron의 살포 추천량은 60 g ai/ha로서 처리 20일 후 초장의 생육 억제가 10~15% 정도 된다고 보고되어 있다^{3,14)}. 이러한 추천량을 토양 건조 기준(작토층 10 cm 기준)으로 환산하면 0.06 mg/kg이 되나, 본 실험과 동일한 토양에서 cyclosulfamuron의 이동성을 조사한 이 등⁹⁾의 결과에서처럼 실제적으로 cyclosulfamuron은 토양 흡착성이 높아 표토 2 cm 이내로 이동이 제한된다는 면을 감안하면 포장에서의 60 g ai/ha의 처리농도는 0.3 mg/kg이 된다. 이는 본 실험의 경우 포트의 토양의 깊이가 1.5 cm인 것과 유사하여 포장 실험의 다른 결과와 간접적인 측면에서의 비교가 가능하다. 본 실험의 0.3 mg/kg 처리시 화성벼, 동진벼 및 일품벼의 경우 초장의 생육 억제 정도는 각각 약 25, 10, 7% 정도가 억제되었으며, 일품벼가 cyclosulfamuron에 대하여 가장 저항성이 있는 것으로 나타났다.

Shin 등¹⁵⁾은 벼 300 품종 및 계통을 대상으로 제초제에 대해 조사한 결과 동일한 제초제에 대하여 품종간 다양한 생육 반응을 보인다고 하였으며, Park 등¹⁶⁾은 sulfonylurea 계통의 cinosulfuron을 수용액 상태로 화진벼와 IR74에 처리하였을 때 초기 생육에 미치는 영향은 품종간 차이가 있으며 GR₅₀ 값이 화진벼와 IR74에서 각각 6과 100 ppm이라고 보고하였다. 양 등¹⁷⁾도 bensulfuron-methyl에 대한 품종간 차이가 있음을 보고하였으며, 동진벼를 기계 이앙 후 3일차에 60 g ai/ha로 처리하였을 때 처리 21일 후 초장이 15% 정도 억제된다고

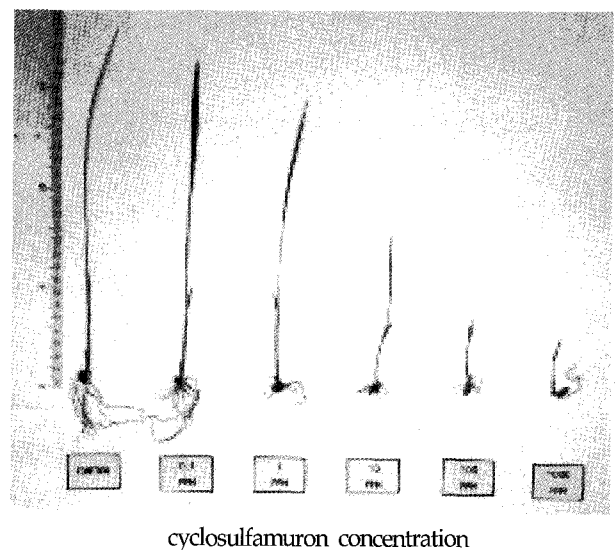


Fig. 2. Growth of Dongjinbyeo at various concentrations of cyclosulfamuron in soil-slurry culture.

보고하였다. 이러한 결과를 종합하여 볼 때 본 실험에서 공시된 cyclosulfamuron은 sulfonylurea 계열의 다른 제초제와 유사한 정도로 벼의 초기 생육을 억제하는 특성을 가지는 것으로 판단된다.

Fig. 2는 cyclosulfamuron이 동진벼의 지상부와 뿌리의 생육에 미치는 영향을 나타내는 것이다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 100 mg/kg까지는 뿌리의 수에서 큰 차이가 없으나 뿌리의 생장이 큰 폭으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 그러나 그 이상의 농도에서는 뿌리의 발생이 극히 미미한 것으로 보아 cyclosulfamuron은 일차적으로 새 뿌리의 발생보다는 발생된 뿌리의 신장을 억제하는 것으로 보이며, 일정 농도 이상에서는 뿌리의 발생과 생장을 동시에 억제하는 것으로 판단된다.

Cyclosulfamuron 농도별로 동진벼에 처리한 후 지상부와 지하부의 건물중의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 지상부의 건물중은 1 mg/kg 까지는 그 감소 정도가 낮아 14% 감소하였으나, 그 이후 30 mg/kg까지 급격히 감소하였고(62%), 그 이상의 농도에서는 생육이 정지되어 더 이상의 건물중의 감소가 없었다. 반면 뿌리는 10 mg/kg까지는 거의 직선적으로 감소하였으며(72%) 그 이상의 농도에서는 그 감소 정도가 미미하였다. 이러한 결과는 cyclosulfamuron의 처리는 지상부보다는 지하부의 생육을 먼저 억제하며 그 결과 지상부의 생육이 억제된다는 것을 의미한다.

Park 등¹⁶⁾은 cinosulfuron 수용액을 1 ppm처리하였을 때 japonica계 품종인 화진벼의 경우 지상부의 건물중은 약 25% 정도의 억제를 보였으나 뿌리에서는 억제되는 정도가 50%에 달하여 뿌리의 억제정도가 지상부보다도 크다고 하였다. 본 실험의 경우에도 동진벼를 대상으로 하여 cyclosulfamuron을 토양혼화처리한 실험결과 1 mg/kg 농도에서 지상부와 뿌리의 건물중의 감소정도는 각각 14, 48%로 지상부보다는 뿌리가 더욱 cyclosulfamuron에 억제되는 정도가 큰 것으로 나타났다. 본 실험은 토양혼화처리하여 수용액 상태로 처리한 Park 등¹⁶⁾의 결과와 직접적인 비교는 어려우나 지상부 및 지

하부에 대한 억제 경향은 그 결과와 유사함을 확인하였다.

Acetolactate synthase 활성 검정

Sulfonylurea계 제초제는 ALS 효소의 활성을 저해하는 것으로 알려져 있으나 아직까지 cyclosulfamuron이 ALS에 미치는 영향에 대한 연구는 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서 벼의 지상부에서 추출한 ALS를 대상으로 cyclosulfamuron의 농도별로 억제되는 정도를 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Cyclosulfamuron의 농도에 따라 ALS 효소의 활성이 억제되는 경향은 품종간에 큰 차이가 없었으며 50% 억제되는 농도 (I_{50})는 화성벼, 동진벼 및 일품벼의 경우 각각 42.7, 32.7 및 56.7 μ M이었다. 이는 동일 계열의 제초제인 chlosulfuron의 I_{50} 값이 0.033 mM이라는 Bae 등¹⁸⁾의 결과와도 잘 일치하였다.

황 등¹⁹⁾은 sulfonylurea 계열의 chlosulfuron과 metsulfuron-methyl을 옥수수, 밀과 콩에서 분리한 ALS를 대상으로 I_{50} 값을 조사한 결과 10^8 에서 10^6 M의 범위에 있었으며 작물에 따른 차이는 인정이 되나 두 제초제 사이에는 거의 유사하였다고 보고하였다. 그러나 I_{50} 값이 반드시 생육을 억제하는 농도인 GR_{50} 과는 일치하지 않는다고 하였다.

Park 등¹⁶⁾도 japonica 계통인 화진벼와 indica 계통인 IR74에서 cinosulfuron의 농도에 따른 ALS 활성의 억제 정도를 측정된 결과 억제 양상은 두 품종간 차이가 없었으나 지상부 및 지하부의 생육 억제는 뚜렷한 차이가 있다고 하였다. 강 등²⁰⁾은 14 C-동위원소를 이용하여 bensulfuron에 대한 벼 품종간 선택성 차이를 실험한 결과 bensulfuron에 대한 감수성 정도는 구 등²¹⁾의 결과에서처럼 식물이 가지고 있는 대사 능력의 차이에 의한 것이라고 하였다.

본 실험에서도 생육을 억제하는 GR_{50} 의 값은 품종에 따라 비교적 큰 차이가 있었으나 I_{50} 은 품종간 차이가 거의 없는 것으로 판단된다. 이상의 결과로 볼 때 cyclosulfamuron의 벼에 대한 작용특성은 sulfonylurea 계열의 다른 제초제와 유사한 것으로 판단된다.

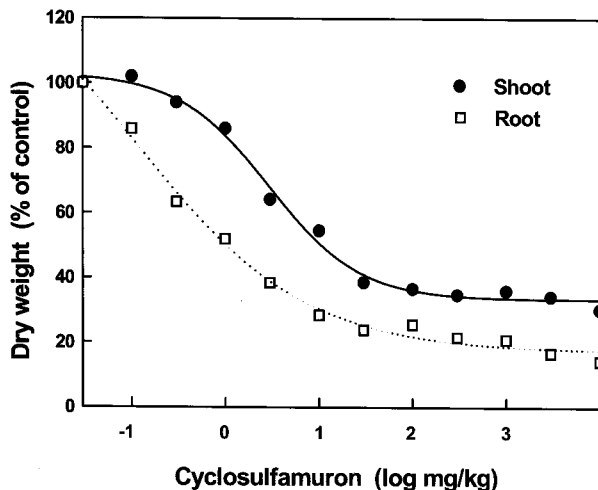


Fig. 3. Change of dry weight in Dongjinbyeo at various concentrations of cyclosulfamuron in soil-slurry culture.

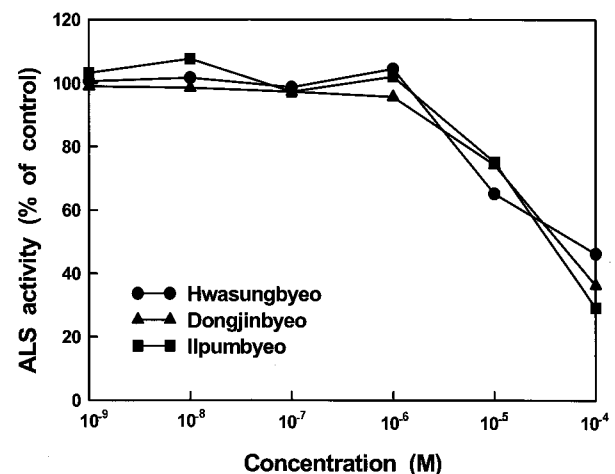


Fig. 4. *In vitro* effects of cyclosulfamuron on acetolactate synthase(ALS) activity isolated from different rice cultivars.

요 약

토양혼화실험을 통한 초장의 신장 억제제를 조사한 결과 초장이 50% 억제되었을 때의 cyclosulfamuron의 농도를 품종별로 비교하여 보면 동진벼, 화성벼, 일품벼의 경우 각각 6.3, 9.2, 146.8 mg/kg으로 동진벼가 제초제 cyclosulfamuron에 가장 민감하게 지상부의 생육이 억제되었다. 또한 cyclosulfamuron은 동일한 농도에서 지상부보다는 지하부의 생육을 더 크게 억제하였으며, 0.3 mg/kg 처리 수준에서 동진벼의 경우 건물중의 억제정도는 지상부가 4.8% 정도이었으나 지하부는 38.9%이었다. 벼의 acetolactate synthase 활성을 cyclosulfamuron의 농도별로 검정한 결과 공시된 품종간에 큰 차이가 없었으며 50% 억제되는 농도는 화성벼, 동진벼 및 일품벼의 경우 각각 42.7, 32.7 및 56.7 μ M이었다.

감사의 글

이 논문은 2002 대구대학교 학술연구비의 지원에 의한 논문임.

참 고 문 헌

1. Ministry of Agriculture and Forestry. (1999) Agricultural and forestry statistical yearbook.
2. Ryang, H. S., Choi, Y. C., Lee, J. H. and Choi, E. S. (1990) Effect of transplanted-seeding age on the herbicidal phytotoxicity and yield in machine-transplanted rice, *Kor. J. Weed Sci.* 10(4), 248-254.
3. Ku, Y. C., Seong, K. Y., Song, D. Y., Lee, S. B. and Huh, L. P. (2000) Weed control effect of herbicide applicator mounted rice transplanter, *Kor. J. Weed Sci.* 20(1), 17-22.
4. Takeda, S., Yuyama, T., Ackerson, R. C. and Weigel, R. C. (1985) Herbicidal activity of new rice herbicide DPX-F5384, *Weed Res.(Japan)* 30, 284-289.
5. Peudpaichit, S., Ide, G. S., Poola-O, C. R. and Tipya-sothi, P. (1985) DPX-F5384 herbicide application flexibility for broadleaf weed control in direct seed rice, *Proceedings of the 10th APWSS.* p.156-157.
6. Tomlin, C. (2000) The pesticide manual, 12th ed., British crop protection council, surrey, UK, p.217-218.
7. Condon, M. E., Feist, T. E., Malefyt, D., Quakenbush, M. P., Rodaway, L. S., Shaner, D. L. and Teclé, B. (1993) AC 322,140-a new broad-spectrum herbicide for selective weed control in rice and cereals, *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, Brighton, UK*, p.41-46.
8. Quakenbush, L. S., Rodaway, S. J., Teclé, B., Brady, T. E., Lapade, B., Marc, P., Condon, M. E. and Malefyt, T. (1993) AC 322,140-a new broad-spectrum herbicide for selective weed control in transplanted and water-seeded rice, *Proceedings of the 10th Australian Weeds Conference, Brisbane, Australia*, p.36-40.
9. Lee, Y. D. and Song, S. D. (2001) Dissipation of cyclosulfamuron in rice paddies, *Kor. J. Environ. Agri.* 20(4), 269-276.
10. Seefeldt, S. S., Jensen, J. E. and Fuerst, E. P. (1995) Log-logistic analysis herbicide dose response relationships, *Weed Technology.* 9, 218-227.
11. Ray, T. B. (1984) Site of action of chlorsulfuron : inhibition of valine and isoleucine biosynthesis in plants, *Plant Physiol.* 75, 827-831.
12. Westerfeld, W. W. (1945) A colorimetric determination of blood acetoin. *J. Biol. Chem.* 161, 495-502.
13. Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method of the quantification microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding, *Anal. Biochem.* 72, 248-254.
14. Korea Crop Protection Association (2000) Agrochemicals use guide book. p.595-599.
15. Shin, D. H., Moody, K., Zapata, F. J. and Kim, K. U. (1996) Differences in response of rice(*Oryza sativa* L.) cultivars to herbicides, *Kor. J. Weed Sci.* 16(2), 140-149.
16. Park, S. J., Kim, K. U. and Shin, D. H. (1996) Response and acetolactate synthase activity in different rice cultivars(*Oryza sativa* L.) to cinosulfuron, *Kor. J. Weed Sci.* 16(2), 132-139.
17. Ryang, H. S., Jang, I. S., Ma, S. Y. and Jeong, S. H. (1986) Studies on the herbicidal properties of bensulfuron methyl (DPX-F5384)-1. Variation of phytotoxicity and weeding effect caused by herbicide treatment in mechanically transplanted paddy field, *Kor. J. Weed Sci.* 6(2), 134-145.
18. Bae, Y. T., Lee, J. H. and Koo, S. J. (1997), In vitro acetolactate synthase inhibition of LGC-40863 in rice and barnyardgrass, *Kor. J. Weed Sci.* 17(1), 66-70.
19. Hwang, I. T., Hong, K. S. and Cho, K. Y. (1995) Acetolactate synthase activity inhibition and herbicidal activity of sulfonyleurea and imidazolinone herbicides, *Kor. J. Weed Sci.* 15(1), 54-62.
20. Kang, T. G. and Pyon, J. Y. (1995) Absorption, translocation and metabolism of bensulfuron in rice and weeds at different temperatures, *Kor. J. Weed Sci.* 15(4), 321-328.
21. Guh, J. O., Pyon, J. Y. and Ishizuka, K. (1988) Differential absorption and translocation of bensulfuron-methyl between selected rice cultivars, *Kor. J. Weed Sci.* 8(1), 45-52.