韓國雜草學會誌
Kor. J. Weed Sci. 31(2) : 183～191(2011)

DOI:10.5660/KJWS.2011.31.2.183
ISSN 0253-7468

# ACCase 및 ALS 저해 제초제 저항성 강피의 엽기별 약제방제효과

이인용[1], 권오도[2*], 김창석[1], 이정란[1], 신해룡[2], 문병철[3], 박재읍[3], 국용인[4]

# Weeding Effect of *Echinochloa oryzoides* Resistant to ACCase and ALS Inhibitors by the Leaf Stages

**In-Yong Lee[1], Oh-Do Kwon[2*], Chang-Seok Kim[1], Jeongran Lee[1], Hae-Ryoung Shin[2], Byung-Chul Moon[3], Jae-Eup Park[3] and Yong-In Kuk[4]**

**ABSTRACT** Weeding effect was investigated based on the leaf stages to several different herbicide treatments for an integrated weed management of herbicide resistant *Echinochloa oryzoides* to ACCase and ALS inhibitors in a rice field. Efficacy of soil-applied herbicide treatments before resistant *E. oryzoides* occurred was very effective. Pentaxazon 5% SC showed over 98% of weeding effect although *E. oryzoides* were emerged 31 days after the treatment. Until the leaf stage of 2.5, five herbicides, azimsulfuron · carfenstole 1.05% GR, bensulfuron-methyl · benzobicyclone · mefenacet 24.52% SC, bensulfuron-methyl · fentrazamide 7% SC, bensulfuron-methyl · mefenacet · oxadiargyl 21.6% SC and mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR showed perfect weeding effect. Benzobicyclone · mefenacet · penoxulam 21.5% SC and mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR were effective at the leaf stage of 3.0. It is very important to select the right herbicides for timing and their systematic application for controlling of *E. oryzoides* resistant to ACCase- and ALS-inhibitors.

**Key words:** ACCase; ALS; *Echinochloa oryzoides*; herbicide resistance.

[1] 국립농업과학원 농업생물부, 441-707 경기도 수원시 권선구 수인로 150번지(Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea).
[2] 전남농업기술원 쌀연구소, 520-715 전남 나주시 산포면 산제리 206-7번지(Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea).
[3] 국립농업과학원 농산물안전성부, 441-707 경기도 수원시 권선구 수인로 150번지(Department of Agro-Food Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea).
[4] 순천대학교 생명산업과학대학 자원식물개발학과, 540-742 전남 순천시 중앙로 413번지(Dept. of Development in Resources, College of Life Science and Natural Resources, Sunchon National University, Jeonnam 540-742, Korea).
* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +82-61-330-2527, Fax) +82-61-336-8177, E-mail) odkwon1@korea.kr

*(Received May 20, 2011; Examined June 7, 2011; Accepted June 15, 2011)*

## 서 언

Acetyl CoA carboxylase(ACCase) 저해제들에 대한 저항성잡초는 1982년 이후 diclofop-methyl에 대한 *Lolium rigidum* Gaudin이 최초 발견된 후 많은 초종에서 발견되었다(Heap와 Knight 1982). 피에서는 fenoxaprop-P-ethy에 저항성을 보이는 *Echinochloa colona* (L.)Link 생태형이 1994년에 발견된 이후 미국 등 주요국가에서 발견되었다. 국내에서는 최근 서산지역에서 수집된 일부 물피에서 cyhalofop-butyl, fenoxaprop-P-ethyl 그리고 panoxsulam에 대한 저항성이 있음이 보고되었다(Im 등 2009; Im 2009).

서산 간척지에서 대규모 벼 재배가 행해지거나 직파재배 면적이 증가하면 논 주요 잡초인 피 발생량은 크게 증가할 것으로 예측하고 있다. 따라서 피를 방제하기 위한 cyhalofop-butyl, fenoxaprop-P-ethyl 등의 ACCase 경엽처리 제초제의 사용량은 더욱 많아 질 것으로 예상됨에 따라 후기 피 방제 어려움은 더욱 커질 것으로 생각된다. 더욱이 후 발생 피의 저항성 여부에 따라서 2차 경엽처리하는 등의 제초제 체계처리가 완전히 달라야 하므로 저항성여부를 조기에 판단하는 것은 매우 중요하다.

그리고 ACCase 저해 경엽처리 제초제에 저항성을 보인 피가 acetolactate synthase(ALS) 저해 제초제들에도 저항성을 보인다는 보고(Park 등 2010)도 있다. 이와 같이 교차저항성을 보이는 피를 효과적으로 방제하기 위해서는 방제 가능 제초제별로 또는 엽기별로 나타나는 약제반응 결과에 따라 종합방제체계 수립이 가능할 것이다.

피에 대한 제초제 저항성이 국내에 보고되기 이전인 1999년 서산 간척지답에서 설포닐우레아(SU)계 제초제에 대한 저항성 물달개비가 최초 보고된 이후(Park 등 1999), 2010년까지 논에서 일년생 5초종, 다년생 5초종 등 총 10종이 SU계 제초제 저항성 잡초로 확인되면서 이러한 초종들이 빠르게 확산되고 있는 것으로 보고되었다(Kwon 등 2009; Im 등 2003; Im 2010; Park 등 2001a, 2002, 2009). 그리고 SU계 저항성 잡초를 방제하기 위해 많은 약효시험 등이 수행되었으며 약제처리시 비SU계 제초제들과 혼합하면 효과적으로 방제가 가능하다고 하였다(Kwon 등 2009; Park 등 2001b, 2003).

피는 논에서 가장 심각한 문제잡초로 발생시 수량이 크게 감소되며 전 세계적으로 널리 분포하는 잡초이다. 피 발생시 수량은 평방미터당 4～8본만 발생되더라도 7～13% 수량이 감소하며 피가 다발생(多發生)된 논은 수량을 거의 기대할 수 없을 정도로 피해가 큰 것으로 알려져 있다(Kwon 등 2002). 피에 대한 저항성은 1990년대 초반 미국에서 피를 방제하기 위하여 propanil을 연용함에 따라 저항성 피가 출현되었다고 최초로 보고하였다(Blatazar와 Smith 1994; Carey와 Talbert 1994; Smith 등 1992). 특히 propanil에 대한 저항성을 보이는 피는 직파를 주로 하는 캘리포니아나 아칸소에서 주로 발생되고 있다. 우리나라에서는 Kim 등(2001)에 의해 저항성 피에 대한 연구결과가 보고된 바 있으나, 이것은 우리나라에서 흔히 발생되는 피가 아닌 jungle rice를 대상으로 하였다.

한편 Lim 등(2010)과 Im 등(2009)에 의하면 충남 서산 간척지에서 ACCase 제초제인 cyhalofop-butyl과 fenoxaprop-p-ethyl에 저항성을 보이는 강피가 출현하였다고 보고되었다. 따라서 이들 제초제 저항성 강피의 효과적인 방제법을 확립하기 위하여 수행한 시험결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

제초제 저항성 피에 대한 종합방제체계를 수립하기 위한 약제별 반응시험은 2009년 전북 김제시 죽산면에서 수집한 제초제 저항성 강피를 이용하였다. 2009년 10월에 수집한 강피를 4℃ 저온냉장고에 2010년 4월까지 보관한 후 시험에 사용하였다.

약제반응은 1/2000a 와그너 폿트에 논흙을 채운 후 제초제 저항성 강피를 파종하였다. 약제처리방법은 피 발생 전 토양처리와 피 발생 후 엽기별(1.0엽, 2.0엽, 2.5엽, 3.0엽) 토양처리로 나누어 시험하였다. 피 발생전 토양처리제(이앙전 처리제)로는 벤조비사이클론 3.5% 액상수화제, 뷰타클로르 33% 유탁제, 옥

**Table 1.** Soil-applied herbicides used before emergence of barnyardgrass to control ACCase and ALS inhibitors resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide[1)] | Dosage (10a) | Application time[2)] |
|---|---|---|
| benzobicyclon 3.5% SC | 400㎖ | IAP～2DBT |
| butachlor 33% EW | 400㎖ | IAP～2DBT |
| oxadiargyl 1.7% EC | 400㎖ | IAP～3DBT |
| oxadizon 12% EC | 400㎖ | IAP～2DBT |
| pentoxazon 5% SC | 400㎖ | IAP |
| pretilachlor 37% EW | 400㎖ | IAP～2DBT |
| pyrazolate 36% SC | 500㎖ | IAP |
| benzobicyclone · pretilachlor 12% SE | 400㎖ | IAP |
| benzobicyclone · thiobencarb 32.5% SE | 400㎖ | IAP |
| fentrazamide · oxadiagil 3.3% EC | 400㎖ | IAP～2DBT |
| Control | - | - |

[1)]SC : suspension concentrate; EW : oil emulsion in water; EC : emulsifiable concentrate; SE : suspo-emulsion.
[2)]IAP : immediately after puddling; 2DBT : 2 days before transplanting.

사디아길 1.7% 유제, 옥사디아존 12% 유제 등 10종 (표 1), 피 발생 후 엽기별 처리제는 뷰타클로르 5% 입제, 아짐설퓨론 · 티오벤카브 7.05% 입제, 벤설퓨론메틸 · 펜트라자마이드 7% 액상수화제, 메페나

**Table 2.** Soil-applied herbicides used after of emergence barnyardgrass for control ACCase and ALS inhibitor resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide[1)] | Dosage (10a) | Application time[2)] | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1.0 leaf | 2.0 leaves | 2.5 leaves | 3.0 leaves |
| butachlor 5% GR | 3kg | ○ | - | - | - |
| pretichlor 37% EW | 150㎖ | ○ | - | - | - |
| butachlor · pyrazolate 9.5% GR | 3kg | ○ | - | - | - |
| esprocarb · pyrazosulfuron-ethyl 5.07% GR | 3kg | ○ | ○ | - | - |
| azimsulfuron · carfenstole 1.05% GR | 3kg | ○ | ○ | ○ | - |
| azimsulfuron · thiobencarb 7.05% GR | 3kg | ○ | ○ | ○ | - |
| bensullfuron-methyl · benzobicyclon · mefenacet 24.52% SC | 500㎖ | ○ | ○ | ○ | - |
| bensullfuron-methyl · fentrazamide 7% SC | 500㎖ | ○ | ○ | ○ | - |
| bensullfuron-methyl · indanofan 3.4% SC | 500㎖ | ○ | ○ | ○ | - |
| bensullfuron-methyl · mefenacet · oxadiargyl 21.6% SC | 500㎖ | ○ | ○ | ○ | - |
| benzobicyclon · penoxulam 3.48% SC | 500㎖ | ○ | ○ | ○ | - |
| dymuron · imazosulfuron · oxaziclomefone 11.5% SC | 500㎖ | ○ | ○ | ○ | - |
| benzobicyclon · mefenacet · penoxulam 21.5% SC | 500㎖ | ○ | ○ | - | ○ |
| carfentrazon-ethyl · flucetosulfuron 0.32% GR | 3kg | ○ | ○ | - | ○ |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriftalid 0.67% GR | 3kg | ○ | ○ | - | ○ |
| mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR | 3kg | ○ | ○ | ○ | ○ |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriminobac-methyl 0.17% GR | 3kg | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Control | - | - | - | - | - |

[1)]GR : granule; EW : oil emulsion in water; SC : suspension concentrate.
[2)]application time was leaf stages of barnyard grass.

셋 · 피라조설퓨론에틸 3.57% 입제 등 17종으로 하였다(표 2). 약제는 피 1.0, 2.0, 2.5 그리고 3.0엽기에 표준사용량으로 처리하였으며, 완전임의 배치 3반복으로 하였다. 약제방제효과는 피 발생전 토양처리제는 약제처리 후 45일, 피 발생 후 엽기별 처리제는 약제처리 후 34～38일에 폿트별로 건물중으로 무처리 대비하여 계산하였다.

본 시험에 사용한 약제는 현재 우리나라에 등록된 제초제 중에서 피뿐만 아니라 일년생잡초를 효과적으로 방제할 수 있는 제초제를 대상으로 하였다. 그 이유는 제초제 저항성 피가 발생된 논이라도 피 뿐만 아니라 다른 제초제 저항성잡초가 발생될 수 있으므로 1회 처리로 다른 잡초까지 방제할 수 있어야 하기 때문이다.

## 결과 및 고찰

### 피 발생전 토양처리 제초제 방제효과

피 발생전 토양처리 제초제 10종을 써레질과 동시 또는 이앙 2일전에 처리한 후 45일에 방제효과를 확인하였다. 약제처리 후 10일까지는 10종 제초제 모두 90%이상의 방제효과를 보였으나(성적 제시 생략), 약제처리 후 45일에는 뷰타클로르 33% 유탁제, 옥사디아길 1.7% 유제, 옥사디아존 12% 유제, 펜톡사존 5% 액상수화제, 펜트라자마이드 · 옥사디아길 3.3% 유제 등의 5종만 피를 94% 이상 방제하였다(표 3). 이 때의 피 초장, 분얼수 및 건물중은 표 3과 같다.

즉 제초제 저항성 피가 발생한 논에서는 써레질할 때 뷰타클로르 33% 유탁제, 옥사디아길 1.7% 유제, 옥사디아존 12% 유제 등을 살포하면 제초제 저항성 피를 효과적으로 방제할 수 있었다. 이런 방법은 써레질과 동시에 이루어 질 수 있으므로 경제적이다. 그러나 써레질할 때 이들 약제를 살포했어도 물관리 미숙으로 논바닥이 노출된 채 1주일이상 방치할 경우에는 다시 피가 발생할 수 있으므로 써레질 후 2～3일에는 이앙을 하여야 한다.

### 피 발생후 토양처리 제초제 방제효과

*피 1.0엽기 때 약제방제효과*

피 1.0엽기일 때 토양처리제인 17종을 처리하였을 때의 피 방제효과는 표 4와 같다. 즉 약제처리 38일 후에 제초제 저항성 강피를 90%이상 방제할 수 있는 약제는 아짐설퓨론 · 카펜스트롤 1.05% 입제 등 10

**Table 3.** Control effect of several soil-applied herbicides before emergence of ACCase and ALS inhibitor-resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide | Dosage (10a) | P.H.[1)] (cm) | N.P.[2)] (pot) | D.W.[3)] (g/pot) | W.E.[4)] (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| benzobicyclon 3.5% SC | 400㎖ | 47.6 | 39.0 | 8.9 c | 66.8 |
| butachlor 33% EW | 400㎖ | 26.3 | 3.0 | 1.5 d | 94.4 |
| oxadiargyl 1.7% EC | 400㎖ | 0.0 | 0.0 | 0.0 d | 100.0 |
| oxadizon 12% EC | 400㎖ | 0.0 | 0.0 | 0.0 d | 100.0 |
| pentoxazon 5% SC | 400㎖ | 28.5 | 1.0 | 0.4 d | 98.5 |
| pretilachlor 37% EW | 400㎖ | 53.0 | 30.5 | 7.1 c | 73.5 |
| pyrazolate 36% SC | 500㎖ | 39.7 | 162.5 | 13.9 b | 48.1 |
| benzobicyclone · pretilachlor 12% EW | 400㎖ | 40.8 | 10.0 | 2.9 d | 89.2 |
| benzobicyclone · thiobencarb 32.5% EW | 400㎖ | 50.8 | 24.0 | 8.5 c | 68.3 |
| fentrazamide · oxadiargyl 3.3% EC | 400㎖ | 0.0 | 0.0 | 0.0 d | 100.0 |
| Control | - | 49.4 | 241.7 | 26.8 a | - |
| C.V(%)[5)] | | | | 27.1 | |

[1)]P.H : plant height; [2)]N.P. : No. of plants; [3)]D.W. : dry weight; [4)]W.E. : weeding effect on 45 days after application. [5)]Means with the same letters in a row did not significantly differ at 5% by DMRT.

**Table 4.** Control effect of several soil-applied herbicides at the 1st leaf stage of ACCase and ALS inhibitor-resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide | P.H.[1)] (cm) | N.P.[2)] (pot) | D.W.[3)] (g/pot) | W.E.[4)] (%) |
|---|---|---|---|---|
| butachlor 5% GR | 53.0 | 13.0 | 5.9 e | 78.0 |
| pretichlor 37% EW | 58.3 | 13.0 | 9.9 d | 63.1 |
| butachlor · pyrazolate 9.5% GR | 54.7 | 47.0 | 9.8 d | 63.4 |
| esprocarb · pyrazosulfuron-ethyl 5.07% GR | 56.3 | 12.0 | 4.6 ef | 82.8 |
| azimsulfuron · carfenstole 1.05% GR | 2.3 | 3.0 | 0.4 g | 98.5 |
| azimsulfuron · thiobencarb 7.05% GR | 38.0 | 10.0 | 2.6 g | 90.3 |
| bensullfuron-methyl · benzobicyclon · mefenacet 24.52% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 g | 100.0 |
| bensullfuron-methyl · fentrazamide 7% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 g | 100.0 |
| bensullfuron-methyl · indanofan 3.4% SC | 0.0 | 0.0 | 0.4 g | 98.5 |
| bensullfuron-methyl · mefenacet · oxadiargyl 21.6% SC | 6.0 | 2.0 | 0.3 g | 98.9 |
| benzobicyclon · penoxulam 3.48% SC | 48.7 | 64.0 | 13.8 c | 48.5 |
| dymuron · imazosulfuron · oxaziclomefone 11.5% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 g | 100.0 |
| benzobicyclon · mefenacet · penoxulam 21.5% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 g | 100.0 |
| carfentrazon-ethyl · flucetosulfuron 0.32% GR | 50.3 | 160.0 | 21.4 b | 20.2 |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriftalid 0.67% GR | 12.3 | 4.0 | 1.0 g | 96.3 |
| mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR | 0.0 | 0.0 | 0.0 g | 100.0 |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriminobac-methyl 0.17% GR | 49.6 | 133.3 | 15.4 c | 42.5 |
| Control | 49.4 | 241.7 | 26.8 a | - |
| C.V.(%)[5)] | | | 19.9 | |

[1)]P.H : plant height; [2)]N.P. : No. of plants; [3)]D.W. : dry weight; [4)]W.E. : weeding effect on 38 days after application. [5)]Means with the same letters in a row did not significantly differ at 5% by DMRT.

종으로 확인되었다. 특히 벤설퓨론메틸 · 벤조비사이클론 · 메페나셋 24.52% 액상수화제, 벤설퓨론메틸 · 펜트라자마이드 7% 액상수화제, 다이뮤론 · 이마조설퓨론 · 옥사지클로메폰 11.5% 액상수화제, 벤조비사이클론 · 메페나셋 · 페녹슐람 21.5% 액상수화제, 메페나셋 · 피라조설퓨론에틸 3.57% 입제 등 5종은 제초제 저항성 강피를 100% 방제하였다.

그러므로 제초제 저항성 피가 1.0엽기일 때에는 이들 약제를 살포하면 1회 처리로 피를 효과적으로 방제할 수 있다. 그러나 피 방제효과가 낮거나 없는 일부 제초제는 저항성 피를 전혀 방제할 수 없고 다시 재생되어 저항성 피가 확산되어 2～3회 약제를 처리하여야 하므로 농가경영비 상승 원인이 될 수 있다.

### *피 2.0엽기 때 약제방제효과*

피 2.0엽기일 때 토양처리제인 14종을 처리하여 제초제 저항성 피에 대한 방제효과를 확인하였다(표 5). 제초제 저항성 피 2.0엽기에 효과적으로 방제할 수 있는 제초제는 아짐설퓨론 · 카펜스트롤 1.05% 입제, 벤설퓨론메틸 · 벤조비사이클론 · 메페나셋 24.52% 액상수화제, 벤설퓨론메틸 · 펜트라자마이드 7% 액상수화제, 벤설퓨론에틸 · 메페나셋 · 옥사디아길 21.6% 액상수화제, 벤조비사이클론 · 메페나셋 · 페녹슐람 21.5% 액상수화제, 메페나셋 · 피라조설퓨론에틸 3.57% 입제 등의 6종으로 이들은 모두 피를 100% 방제할 수 있었다. 약효조사 시기에 각 처리구별 피 초장, 분얼수 등의 생육상황은 표 5와 같다.

일부 합제의 경우는 SU계 제초제가 함유되어 있어, SU계 제초제 저항성잡초 방제효과가 떨어질 수 있을 것으로 생각할 수 있으나 다른 계통의 합제가 포함되어 있어 걱정할 우려는 없다. 즉 carfenstole, fentrazamide, mefenact, oxadiargyl 등은 피를 효과적으로 방제할 수 있고, SU계는 광엽잡초를 효과적으로 방제할 수 있다.

**Table 5.** Control effect of several soil-applied herbicides at the 2nd leaf stage of ACCase and ALS inhibitor-resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide | P.H.[1)] (cm) | N.P.[2)] (pot) | D.W.[3)] (g/pot) | W.E.[4)] (%) |
|---|---|---|---|---|
| esprocarb · pyrazosulfuron-ethyl 5.07% GR | 51.3 | 31.0 | 8.9 d | 66.8 |
| azimsulfuron · carfenstole 1.05% GR | 0.0 | 0.0 | 0.0 e | 100.0 |
| azimsulfuron · thiobencarb 7.05% GR | 63.7 | 197.0 | 18.2 c | 32.1 |
| bensullfuron-methyl · benzobicyclon · mefenacet 24.52% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 e | 100.0 |
| bensullfuron-methyl · fentrazamide 7% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 e | 100.0 |
| bensullfuron-methyl · indanofan 3.4% SC | 42.0 | 3.0 | 2.9 e | 89.2 |
| bensullfuron-methyl · mefenacet · oxadiargyl 21.6% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 e | 100.0 |
| benzobicyclon · penoxulam 3.48% SC | 51.3 | 132.0 | 18.0 c | 32.8 |
| dymuron · imazosulfuron · oxaziclomefone 11.5% SC | 34.0 | 5.0 | 1.6 e | 94.0 |
| benzobicyclon · mefenacet · penoxulam 21.5% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 e | 100.0 |
| carfentrazon-ethyl · flucetosulfuron 0.32% GR | 42.7 | 245.0 | 22.8 b | 14.9 |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriftalid 0.67% GR | 15.7 | 6.0 | 0.9 e | 96.6 |
| mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR | 0.0 | 0.0 | 0.0 e | 100.0 |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriminobac-methyl 0.17% GR | 48.7 | 157.7 | 16.7 c | 37.7 |
| Control | 49.4 | 241.7 | 26.8 a | - |
| C.V(%)[5)] | | | 18.1 | |

[1)]P.H : plant height; [2)]N.P. : No. of plants; [3)]D.W. : dry weight; [4)]W.E. : weeding effect on 36 days after application. [5)]Means with the same letters in a row did not significantly differ at 5% by DMRT.

*피 2.5엽기 때 약제방제효과*

표 6은 피 2.5엽기일 때 처리한 토양처리 제초제 10종의 방제효과를 나타낸 것이다. 피 2.0엽기에 효과적이었던 제초제 중 5종이 우수한 방제효과를 보였

**Table 6.** Control effect of several soil-applied herbicides at the 2.5 leaf stage of ACCase and ALS inhibitor-resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide | P.H.[1)] (cm) | N.P.[2)] (pot) | D.W.[3)] (g/pot) | W.E.[4)] (%) |
|---|---|---|---|---|
| azimsulfuron · carfenstole 1.05% GR | 0.7 | 1.0 | 0.0 d | 100.0 |
| azimsulfuron · thiobencarb 7.05% GR | 46.3 | 124.0 | 12.4 c | 53.7 |
| bensullfuron-methyl · benzobicyclon · mefenacet 24.52% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 d | 100.0 |
| bensullfuron-methyl · fentrazamide 7% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 d | 100.0 |
| bensullfuron-methyl · indanofan 3.4% SC | 48.0 | 1.0 | 2.1 d | 92.2 |
| bensullfuron-methyl · mefenacet · oxadiargyl 21.6% SC | 0.0 | 0.0 | 0.0 d | 100.0 |
| benzobicyclon · penoxulam 3.48% SC | 49.3 | 185.0 | 19.8 b | 26.1 |
| dymuron · imazosulfuron · oxaziclomefone 11.5% SC | 50.3 | 6.0 | 3.0 d | 88.8 |
| mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR | 0.0 | 0.0 | 0.0 d | 100.0 |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriminobac-methyl 0.17% GR | 52.0 | 219.0 | 21.4 b | 20.2 |
| Control | 49.4 | 241.7 | 26.8 a | - |
| C.V(%)[5)] | | | 23.1 | |

[1)]P.H : plant height; [2)]N.P. : No. of plants; [3)]D.W. : dry weight; [4)]W.E. : weeding effect on 35 days after application. [5)]Means with the same letters in a row did not significantly differ at 5% by DMRT.

**Table 7.** Control effect of several soil-applied herbicides at the 3rd stage of ACCase and ALS inhibitor-resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide | P.H.[1)] (cm) | N.P.[2)] (pot) | D.W.[3)] (g/pot) | W.E.[4)] (%) |
|---|---|---|---|---|
| benzobicyclone · mefenacet · penoxulam 21.5% | 0.0 | 0.0 | 0.0 c | 100.0 |
| carfentrazon-ethyl · flucetosulfuron 0.32% GR | 46.0 | 175.0 | 22.2 b | 17.2 |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriftalid 0.67% GR | 22.0 | 7.0 | 2.2 c | 91.8 |
| mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR | 0.0 | 0.0 | 0.0 c | 100.0 |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriminobac-methyl 0.17% GR | 45.8 | 189.5 | 22.6 b | 15.7 |
| Control | 49.4 | 241.7 | 26.8 a | - |
| C.V(%)[5)] | | | 15.0 | |

[1)]P.H : plant height; [2)]N.P. : No. of plants; [3)]D.W. : dry weight; [4)]W.E. : weeding effect on 34 days after application. [5)]Means with the same letters in a row did not significantly differ at 5% by DMRT.

다. 이러한 제초제들은 아짐설퓨론 · 카펜스트롤 1.05% 입제, 벤설퓨론메틸 · 벤조비사이클론 · 메페나셋 24.52% 액상수화제, 벤설퓨론메틸 · 펜트라자마이드 7% 액상수화제, 벤설퓨론에틸 · 메페나셋 · 옥사디아길 21.6% 액상수화제, 메페나셋 · 피라조설퓨론에틸 3.57% 입제 등이다.

*피 3.0엽기 때 약제방제효과*

피 3.0엽기는 피가 분얼하기 직전으로 이 시기에 적당한 토양처리형 제초제를 살포하여 방제하지 않으면 노동력이 많이 소요되는 경엽처리 제초제를 처리하여야만 피를 방제할 수 있는 중요한 시기이다. 피 3.0엽기일 때도 토양처리 제초제인 벤조비사이클론 · 메페나셋 · 페녹슐람 21.5% 액상수화제나 메페나셋 · 피라조설퓨론에틸 3.57% 입제를 살포하면 34일 후에도 100% 방제효과를 보였다(표 7).

피 3.0엽기에 토양처리 제초제를 처리한 후 34일 경과한 이후에 발생되는 피는 벼의 수량감소에 그다지 큰 영향을 주지 않을 뿐 아니라 종자 생산도 부실하여 확산을 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 즉 시간적으로 계산하면 중부지방의 이앙 적기인 5월 25일경에 이앙하면, 약제처리를 6월 5일(이앙 후 10일경)에

**Table 8.** Control effect of several soil-applied herbicides at the 1st to 3rd leaf stage of ACCase and ALS inhibitor-resistant *Echinochloa oryzoides*.

| Herbicide | Dosage (10a) | Application time | Weeding effect | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1.0 L[2)] | 2.0 L | 2.5 L | 3.0 L |
| azimsulfuron · carfenstole 1.05% GR | 3kg | 15 DAA[1)] | ○[3)] | ◎ | ◎ | - |
| bensulfuron-methyl · benzobicyclone · mefenacet 24.52% SC | 500㎖ | 15 DAA | ◎ | ◎ | ◎ | - |
| bensulfuron-methyl · fentrazamide 7% SC | 500㎖ | 15 DAA | ◎ | ◎ | ◎ | - |
| bensulfuron-methyl · indanofan 3.4% SC | 500㎖ | 15 DAA | ○ | △ | ○ | - |
| bensulfuron-methyl · mefenacet · oxadiagyl 21.6% SC | 500㎖ | 15 DAA | ○ | ◎ | ◎ | - |
| dymuron · imazosulfuron · oxaziclomefone 11.5% SC | 500㎖ | 15 DAA | ◎ | ○ | △ | - |
| benzobicyclone · mefenacet · penoxulam 21.5% SC | 500㎖ | 10～12 DAA | ◎ | ◎ | - | ◎ |
| pyrazosulfuron-ethyl · pyriftalid 0.67% GR | 3kg | 15 DAA | ○ | ○ | - | ○ |
| mefenacet · pyrazosulfuron-ethyl 3.57% GR | 3kg | 5～15 DAA | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |

[1)]DAA : days after application; [2)]leaf stage of barnyard grass.
[3)]Weeding effect : ◎ 100%, ○ 91～99%, △ 89% (invested time 34～38 days after treatment).

실시하고 다시 34일이 경과하면 7월 9일경으로 벼가 번무하여 캐노피(canopy)를 형성하여 피 뿐만 아니라 다른 잡초의 발생을 억제할 수 있기 때문이다.

피 엽기별 토양처리 제초제에 의한 처리효과를 종합하면 표 8과 같다. 즉 피 2.5엽기까지 방제가 가능한 제초제는 아짐설퓨론・카펜스트롤 1.05% 입제, 벤설퓨론메틸・벤조비사이클론・메페나셋 24.52% 액상수화제, 벤설퓨론메틸・펜트라자마이드 7% 액상수화제, 벤설퓨론메틸・메페나셋・옥사디아길 21.6% 액상수화제, 메페나셋・피라조설퓨론에틸 3.57% 입제 등 5종이었다. 그리고 벤조비사이클론・메페나셋・페녹슐람 21.5% 액상수화제와 메페나셋・피라조설퓨론에틸 3.57% 입제는 피 1.0엽기부터 3.0엽기까지 제초제 저항성 강피를 100% 방제하였다. 그리고 몇몇 제초제는 100%는 아니었지만 90%이상의 방제효과를 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ006630201008)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 요 약

제초제 저항성 피의 종합방제를 위해 약제별, 엽기별 방제효과를 확인하였다. 저항성 강피 발생전 토양처리 제초제의 효과는 옥사디아길 1.7% 유제, 옥사디아존 12% 유제, 펜트라자마이드・옥사디아길 3.3% 유제의 3종에서 100% 방제되었으며, 펜톡사존 5% 액상수화제는 약제처리 후 31일부터 후발 피가 발생되기도 하였으나 98% 이상 우수한 효과를 보였다. 저항성 피 1.0～2.5엽까지 100% 방제가 가능한 제초제는 아짐설퓨론・카펜스트롤 1.05% 입제, 벤설퓨론메틸・벤조비사이클론・메페나셋 24.52% 액상수화제, 벤설퓨론메틸・펜트라자마이드 7% 액상수화제, 벤설퓨론메틸・메페나셋・옥사디아길 21.6% 액상수화제, 메페나셋・피라조설퓨론에틸 3.57% 입제 등 5종이었다. 피 3.0엽기까지 방제가 가능한 제초제는 벤조비사이클론・메페나셋・페녹슐람 21.5% 액상수화제와 메페나셋・피라조설퓨론에틸 3.57% 입제 등 2종이었다. ACCase 및 ALS 제초제 저항성 피를 완벽하게 관리하기 위해서는 발아전 제초제와 초・중기 토양처리제초제의 선택과 이들 제초제의 체계처리가 중요할 것으로 판단된다.

## 인 용 문 헌

Baltazar A. M., and R. J. Smith. 1994. Propanil-resistant barnyard grass (*E. crus-galli*) control in rice. Weed Tech. 8:575-581.

Carey V. F., and R. E. Talbert. 1994. Investigation of propanil-resistant barnyard grass *(E. crus-galli*) in Arkansas. WSSA Abstracts 34:38.

Im, Il-bin. 2009. Control and emergence of herbicides resistant *Echinochloa oryzicola* in paddy field of Korea. Kor. J. Weed Sci. 29(Supp. 2):103-104.

Im, Il-bin. 2010. Control and emergence of Sulfonylurea herbicides resistant *Lemna paucicostata* in paddy field of Korea. Kor. J. Weed Sci. 30(Supp. 1):60-61.

Im, Il Bin, Sun Kim, Jong-Gook Kang and Seung Yong Na. 2003. Weed control of small flatsedge (*Cyperus difformis* L.) with resistant response to Sulfonylurea herbicides in th paddy of Korea. Kor. J. Weed Sci. 23(1):63-70.

Im, Su-Hyeon, Min-Won Park, Min-Jeong Yook and Do-Soon Kim. 2009. Resistance to ACCase inhibitor cyhalofop-butyl in *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* collected in Seosan, Korea. Kor. J. Weed Sci 29(2):178-184.

Kwon, Oh Do, Yong In Kuk, Do Jin Lee, Hae Ryong Shin, In Jin Park, Eul Bae Kim and Ja Ock Guh. 2002. Growth and yield of rice as affected by competitive period of resistant

*Monochoria vaginalis* biotypes to Sulfonylurea herbicides. Kor. J. Weed Sci. 22(2):147-153.

Kwon, O. D., Y. I. Kuk, S. H. Cho and H. R. Shin. 2009. Control of Sulfonyluera-resistant biotype of *Eleocharis acicularis* in paddy fields in Jeonnam province, Korea. Kor. J. Weed Sci. 29(Supp. 1):32-34.

Heap, J., and R. Knight. 1982. A population of ryegrass tolerant to the herbicide diclofop-methyl. J. Austral. Ins. Agric. Sci. 48:156-157.

Kim D. S., J. C. Caseley, P. Brain, C. R. Riches and B. E. Valverde. 2001. Rapid detection of propanil and fenoxaprop resistance in *Echinochloa colona* (jungle rice). Kor. J. Pesticide Science 11(Sub. 1):51.

Lim, Soo-Hyun, Jong-Seok Song, Chuanjie Zhang and Do-Soon Kim. 2010. ACCase inhibitor cyhalofop-butyl resistance in *Echinochloa oryzicola* collected in Chungnam and Jeonbuk province, Korea. Kor. J. Weed Sci. 30(Supp. 1):45-46.

Park, Tae-Seon, Bon-Il Ku, Sin-Koo Kang, Min-Kyu Choi, Hong-Kyu Park, Kyong-Bo Lee and Jae-Kwon Ko. 2010. Response of the resistant biotype of *Echinochloa oryzoides* to ACCase and ALS inhibitore, and effect of alternative herbicides. Kor. J. Weed Sci. 30(3):291-299.

Park, Tae Seon, Byeong Chul Moon, Se Moon Oh and Kil Ung Kim. 2002. Whole plant response and Acetolactate synthase activity of Sulfonylurea-resistant *Monochoria korsakowii* occurred in paddy fields of Korea. Kor. J. Weed Sci. 222(4):359-367.

Park, T. S., C. K. Kang, J. E. Park, B. I. Ku, H. K. Park, M. G. Choi, W. Y. Choi, Y. D. Kim and J. K. Ko. 2009. Identification and management of Sulfonylurea-resistant biotype of *Scirpus planiculmis* in reclaimed paddy fields, Korea. Kor. J. Weed Sci. 29(Supp. 1):35-37.

Park, Tae-Seon, Chang-Seok Kim, Byeong-Chul Moon, In-Yong Lee, Soon-Taek Lim, Jae-Eup Park and Kil Ung Kim. 2001a. Occurrence and control of *Lindernia dubia* (L.) Pennell var. *dubia*, Sulfonylurea resistant biotype in paddy fields in southern areas of Korea. Kor. J. Weed Sci. 21(1):33-41.

Park, T. S., C. S. Kim, J. E. Park, Y. K. Oh and K. U. Kim. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochroria korsakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. Kor. J. Weed Sci. 19(4):340-344.

Park, Tae Seon, Oh Do Kwon, Chang Seok Kim and Kil Ung Kim. 2001b. Sulfonylurea resistant weeds occurred in rice fields in south-western region of Korea and their response to several other herbicides. Kor. J. Weed Sci. 21(3): 213-217.

Park, Tae Seon, In Yong Lee and Jae Eup Park. 2003. Resistance in Korea : Where are we now? and Where are we going? Kor. J. Weed Sci. 23(1):1-10.

Smith R. J., R. E. Talbert and A. M. Baltazar. 1992. Control, biology and ecology of propanil-tolerant barnyard grass. Arkansas Rice Research Studies, University of Arkansas, 46-50.