플루세토설푸론의 제초활성에 미치는 환경요인

이종남, 김도순[1]*, 황기환, 구석진

Environmental Factors Affecting the Herbicidal Performance of Flucetosulfuron

Jong-Nam Lee, Do-Soon Kim[1]*, Ki-Hwan Hwang and Suk-Jin Koo

ABSTRACT This experiment was conducted to investigate the effects of temperature, light, water depth, rainfall, run-off and N-fertilizer on the activity of flucetosulfuron in the glasshouse. The herbicidal activity of flucetosulfuron against *Echinochloa* spp. was slightly reduced under low temperature of 20℃ and shaded conditions. The activity was also slightly reduced at deep water of 6 cm after soil application, but not significantly affected by water depth at the time of foliar application. Water run-off significantly decreased the herbicidal activity, with LT_{90} (days required to achieve more than 90% weed control) values of 3.4 and 6.7 days for 50% and 100% run-off, respectively, indicating that at least 4-7 days of run-off-free period were required to get more than 90% weed control. Rainfall subsequently 1 hr after foliar application did not affect the activity seriously. Increasing the level of soil basal N-fertilizer tended to increase herbicidal efficacy of flucetosulfuron.

Key words: flucetosulfuron; light; N-fertilizer; rainfall; run-off; temperature; water depth.

서 언

Flucetosulfuron(code 명 : LGC-42153)은 sulfonylurea 계에 속하는 신규제초제로서 토양처리와 경엽처리에 모두 사용 가능한 벼(Koo 등 2003) 및 밀, 보리용(Kim 등 2003) 제초제이다. Flucetosulfuron은 광엽 및 사초과 잡초는 물론 화본과 잡초인 피에 대한 방제 효과가 우수한 것으로 알려져 있으며(Kim 등 2003), 경엽과 뿌리를 통해 흡수되어(Lee 등 2003), 분지 아미노산의 생합성관련 효소인 acetolactate synthase (ALS)를 억제하여 제초활성을 나타낸다(Hwang 등 2003).

제초제의 제초활성은 온도나 광과 같은 기후조건, 담수심, 강우, 누수, 환수 등과 같은 물 관련 조건, 토성, 비옥도, 유기물 함량 등과 같은 토양 관련 요인 등 다양한 환경요인과 경운, 관개, 재배법 및 시비와 같은 재배적 요인의 영향을 받는다(Jikihara 1981). 온도의 경우 일반적으로 고온에서 제초활성이 높은 것

[1] (주)LG생명과학 기술연구원, 305-380 대전광역시 유성구 문지동 104-1(R&D Park, LG Life Sciences Ltd, 104-1, Moonji-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-380, Korea).

* 연락저자(corresponding author) : Phone) 042-866-2342, Fax) 042-863-0239, E-mail) dosoonkim@lgls.co.kr

(Received December 6. 2005; Accepted February 14, 2006)

으로 알려져 있지만(Noda 등 1965; Merritt 1984; Ichizen 등 1991), pyrazosulfuron-ethyl의 너도방동사니에 대한 제초활성과 같이 저온조건에서 제초활성이 향상된다는 사례(Suzuki 등 1994)도 있다. 광의 경우도 광도가 높은 조건에서 amitrol, norflurazon, ioxynil salt와 같이 제초활성이 높은 경우도 있지만(Merritt 1984; Vecchia 등 2001), bromoxynil, diquat, paraquat과 같이 낮은 광도조건에서 제초활성이 높아지는 경우도 있다(Savory 1968; Brian 1967; Brian, 1968).

제초제 처리 전후 논의 담수심은 벼제초제의 활성에 영향을 미치는데, 토양처리제의 경우 담수는 처리 약제의 흡수와 유효 성분의 유지에 꼭 필요하며 담수 조건에서 효과적인 잡초방제가 가능하다. 일반적으로 깊은 담수심은 잡초의 발아, 생육을 억제하고 제초제의 세포벽에 대한 투수성이 높이며, 제초제의 흡수부위를 증가시켜 제초활성을 높일 수 있다고 한다(Jikihara 등 1981). 일반적으로 pyrazosulfuron-ethyl, butachlor, pretilachlor와 같은 설포닐우레아계 및 아마이드계 제초제들은 담수심이 깊을수록 약효가 높다고 하며, 담수시기에 의해서도 제초활성이 달라질 수 있다고 한다(Suzuki 등 1994; Ichizen 등 1991; Murakami 등 1990). 경엽처리제의 경우 일반적으로 충분한 배수 조건에서 제초활성이 높은 것으로 알려져 있는데 이는 살포한 제초제의 식물체 부착량의 증가로 인한 것이며 대표적인 제초제가 bentazon과 propanil이다(De Datta 1981). 논에서 제초제를 토양처리한 후 발생하는 누수와 환수(overflow)에 의한 제초제 유효성분의 손실은 제초효과를 현저히 감소시킬 수 있는데 이러한 물의 이동에 의한 유효성분의 손실로 야기된 제초활성에 관한 연구(Jikihara 등 1981; Soong 1981)가 많이 되었다. 경엽처리제의 경우는 강우와 관련하여서도 많은 연구가 이루어졌으며, 약제 살포 후 강우까지의 시간과 강우량에 의해 크게 영향을 받으며(Mersie 등 1986), 일반적으로 강우에 의하여 제초효과가 현저히 감소되는 사례가 많이 보고 되었다(Jikihara 등 1981). Diphenamid는 강우에 의해 제초 효과가 감소되며 강우량이 동일 할 경우 강우 횟수가 많을수록 제초효과가 낮다고 한다(Horowitz 등 1974).

토양의 비옥도도 제초제의 활성에 직간접적으로 영향을 미친다. 특히 질소는 작물에서 가장 많은 연구가 이루어진 비료 성분중의 하나이다(Di Tomaso 1995). 비료가 충분한 조건에서 자란 식물은 그렇지 못한 식물에 비해 생육이 왕성하여 식물체가 크며, 표면은 wax 성분이 적고 연약해 보다 많은 양의 살포액이 부착될 수 있다(Lutman 1974). 또한 제초제의 흡수(King과 Radosevich 1979) 및 이행(Nevins와 Loomis 1970)을 증가시켜 제초활성을 증가시킨다고 한다(Cathcart 등 2002; Kim 1999).

따라서 본 실험은 flucetosulfuron의 제초활성에 대한 온도, 광, 수분 등의 환경적인 영향을 규명하여 flucetosulfuron의 최적사용을 위한 지침을 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 포트에서 자란 식물을 이용하여 주간 25~35℃, 야간 15~20℃로 유지되는 LG생명과학 온실에서 수행되었다. 벼(추청벼)는 파종 후 12일된 유묘를 식양토로 충진된 15cm×10cm 크기의 플라스틱 포트에 이앙하여 일정기간 경과 후에 사용하였다. 잡초로 물피(*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*), 자귀풀(*Aeschynomene indica*), 유채(*Brassica napus*)를 지름이 10cm인 원형 포트나 10cm×10cm의 플라스틱 포트에서 생육시킨 후 실험에 사용하였다. 식물체는 약제 처리 전까지는 동일한 온도, 광 조건에서 생육하였으나, 약제처리 후 각각의 처리 환경조건에 맞게 조절하여 생육하였다.

약제의 경엽처리는 8002E flat fan 노즐이 장착된 track sprayer(R&D Sprayer, USA)를 이용하여, 살포약량이 1000L ha^{-1}이 되도록 이루어졌으며 토양처리는 실험 포트에 담수한 후 수면 처리하였다. 경엽처리 실험에는 flucetosulfuron 50% 입상수화제와 대조약제로 bentazone 40% 미탁제가 사용되었으며, 토양처리실험에는 flucetosulfuron 0.07% 입제와 대조약제로 pyrazosulfuron-ethyl+molinate입제(0.07+0.5%)

를 사용하였다.

약제를 처리한 후 20일~30일에 식물체 지상부를 수확하여 생체중을 조사하였으며, 본 실험은 3~ 4반복의 완전임의배치법으로 이루어졌다.

환경요인

기후와 관련된 요인으로는 온도와 광 조건을 평가하였다. 온도요인의 평가는 벼와 물피를 온실에서 동일한 조건에서 벼 이앙후 15일차(피 3.0엽기)까지 생육시킨 후 flucetosulfuron을 토양처리한 후 가온조건을 달리한 15~25℃(평균 20℃)와 25~35℃(평균 30℃)의 각각 온도조건에서 벼와 물피에 대한 제초활성을 비교하였다. 광의 경우 온도와 마찬가지로 피와 유채를 동일한 조건에서 각각 3엽기와 2엽기까지 생육시킨 후 flucetosulfuron을 경엽처리하고 서로 다른 광조건에서 제초활성을 비교하였다. 광조건은 차광망으로 광투과량을 조절하여 조성하였으며 광도계(DT800, Data taker Pty Ltd., Australia)로 측정 결과 0, 50, 75%의 차광조건이 되었다.

물과 관련된 요인에 대한 실험은 담수심, 환수, 강우 조건에 대해 이루어졌다. 토양 처리시 담수심의 효과를 평가하기 위하여 벼와 피를 약제 처리 1일 전까지 1cm의 동일한 담수심에서 벼 이앙후 15일차(피 3.0엽기)까지 생육시켰다. 약제처리 직전 담수심을 각각 1cm 와 6cm로 달리한 후 flucetosulfuron을 토양처리하여 벼와 물피에 대한 제초활성을 비교하였다. 경엽처리시 담수심의 효과를 평가하기 위하여 동일한 담수심에서 자귀풀을 7.2엽기(초장 18.5cm) 생육한 후 약제처리 직전 완전배수(0cm)와 5cm 담수의 각각의 조건에서 flucetosulfuron과 bentazone을 경엽처리한 후 자귀풀에 대한 제초활성을 비교하였다.

토양처리에 있어 환수영향을 평가하기위해서 피를 3.0엽기까지 담수조건에서 생육시킨 후 약제처리 직전 담수심이 6cm가 되도록 조절하였다. Flucetosulfuron 입제와 pyrazosulfuron-ethyl+molinate입제를 각각 담수토양에 처리한 후 1, 2, 4, 8일차에 포트에 채워진 물의 각각 50%와 100%씩 환수시키고 다시 환수한 양 만큼의 물을 보충하여 피에 대한 제초활성을 평가하였다. 경엽처리에 있어 강우의 영향을 평가하기 위하여 flucetosulfuoron 50% WG를 경엽처리 후 1, 2, 4, 8시간차에 8004 EVB 노즐을 장착한 track sprayer(R&D Sprayer, USA)를 이용하여 30분간 5mm의 인공 강우를 실시한 후 피에 대한 제초활성을 평가하였다.

질소 비료의 영향을 평가하기위해 0, 27.5, 55, 110N kg ha^{-1}로 기비수준을 달리한 조건에서 벼와 물피를 벼 이앙후 15일까지(0N kg : 1.5엽, 27.5N kg : 2.5엽, 55N kg : 3.5엽, 110N kg : 4.5엽) 생육시킨 후 flucetosulfuron 입제를 담수토양에 다양한 약량으로 처리하여 피에 대한 제초활성을 평가하였다.

통계 분석

벼와 잡초의 생체중 자료를 일차적으로 분산분석(ANOVA)을 통하여 분석한 후 Streibig(1981)의 표준약량반응 곡선(수식 1)을 이용하여 비선형 회귀분석을 실시하였다. 수식에서 W는 생체중을, W_o는 무처리의 생체중, LD_{50}는 50% 생체중 감소 또는 생육억제에 필요한 제초제의 약량, B는 약량반응곡선의 기울기 또는 반응속도를 의미한다. 일련의 통계분석은 Genstat 5(Genstat Committee 1993)를 이용하여 수행하였다.

$$W = \frac{W_o}{1+\left(\frac{Dose}{e^{LD_{50}}}\right)^{B}} \quad (1)$$

결과 및 고찰

온도의 영향

Flucetosulfuron의 물피에 대한 제초활성은 평균온도 30℃에서 평균온도 20℃보다 다소 높게 나타났다(그림 1A). LD_{90}값은 20℃에서 15.3g ai ha^{-1}이었으나 30℃에서는 14.6g ai ha^{-1}로 다소 낮았는데 이는 butachlor와 MCPA가 낮은 온도에서 제초활성이 낮았다는 결과와 유사하였다(Ichizen 등 1991; Noda 등 1965). 그러나 통계적 유의차이는 없었으며, 이는 flucetosulfuron이 비교적 낮은 온도조건에서도 제초활성이 높은 것을 시사하는 것이며, 밀의 주요 잡초인

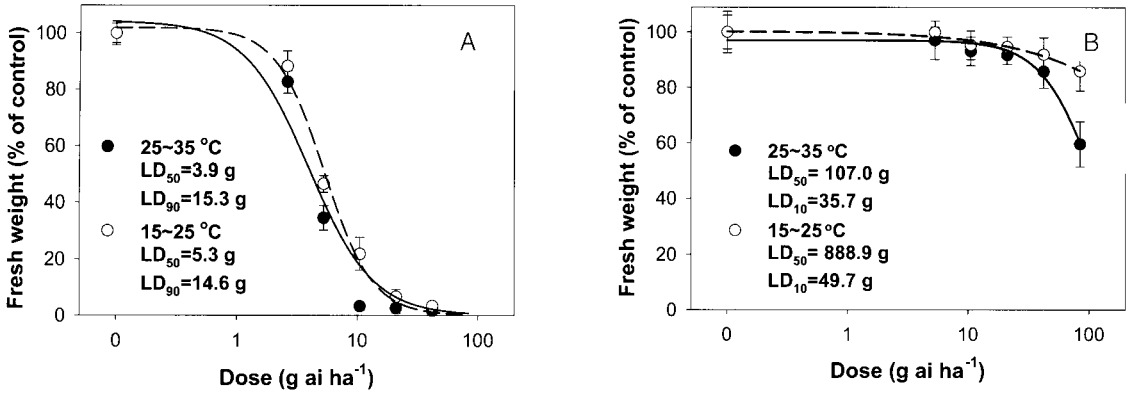

Fig. 1. Responses of *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* (A) and rice (B) to flucetosulfuron at different temperature regimes; 15~25 and 25~35℃. Application was made directly to the water surface of the pots.

갈퀴덩굴(*Galium aparine*)에 대한 flucetosulfuron의 제초활성이 저온에서 약간 감소되었으나, 대조약제인 fluroxypyr, florasulam보다는 온도의 영향이 적었다는 보고(Kim 등 2003)와 일치하였다.

벼에 대한 활성은 물피와 마찬가지로 30℃조건에서 높게 나타났지만 84g ai ha^{-1} 이상의 약량에서 유의적 차이가 나타났다(그림 1B). 벼에 대한 LD_{10}값은 고온에서 35.7g ai ha^{-1}이었으나 저온에서 49.7g ai ha^{-1}로 다소 차이가 있었다. 피에 대한 LD_{90}값과 비교한 선택성지수(LD_{10}(벼)/LD_{90}(피))는 30℃에서 2.6, 20℃에서 3.2로 고온조건에서 피와 벼에 대한 선택성의 폭이 줄어드는 것을 볼 수 있으나 그 값이 여전히 높았다. 결론적으로 flucetosulfuron의 제초활성은 높은 온도조건에서 비교적 높게 나타나지만 피와 벼에 대한 선택성을 고려하면 실용적 적용에 큰 문제는 없는 것으로 판단된다.

광의 영향

물피와 유채에 대한 flucetosulfuron의 제초활성은 차광조건에서 다소 낮았다(그림 2). 물피에 대한 LD_{90} 값은 0% 차광 조건에서 2.3 g ai ha^{-1}, 50% 차광조건에서 3.9g ai ha^{-1}, 75% 차광조건에서 14.0 g ai ha^{-1}로 증가되었으나 0% 차광조건과 50% 차광조건과의 차이는 약량이 증가 할수록 감소하였다. 유채에 대한 LD_{90} 값은 0% 차광 조건에서 6.8g ai ha^{-1}, 50% 차광조건에서 7.6g ai ha^{-1}, 75% 차광조건에서 28.1g ai ha^{-1}로 증가되어 물피의 경우와 유사한 반응을 보였다. 일반적으로 광은 광합성을 통해 세포벽의 투과성을 높이고 대사물질의 이동도 활성화시키며 증발산에 의해 기공과 물관을 통한 대사물질과 물의 이동을

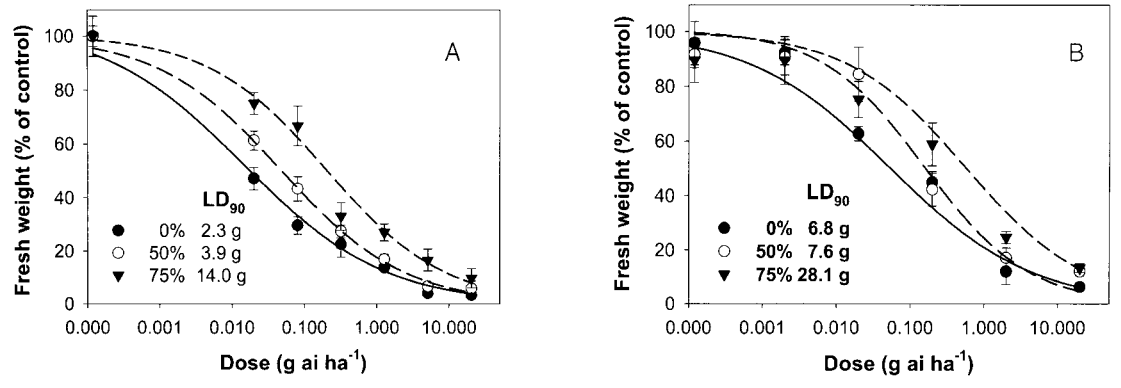

Fig. 2. Responses of *Echinochloa crus-galli var. crus-galli* (A) and *Brassica napus* (B) to flucetosulfuron at different shading conditions; 0, 50 and 75%.

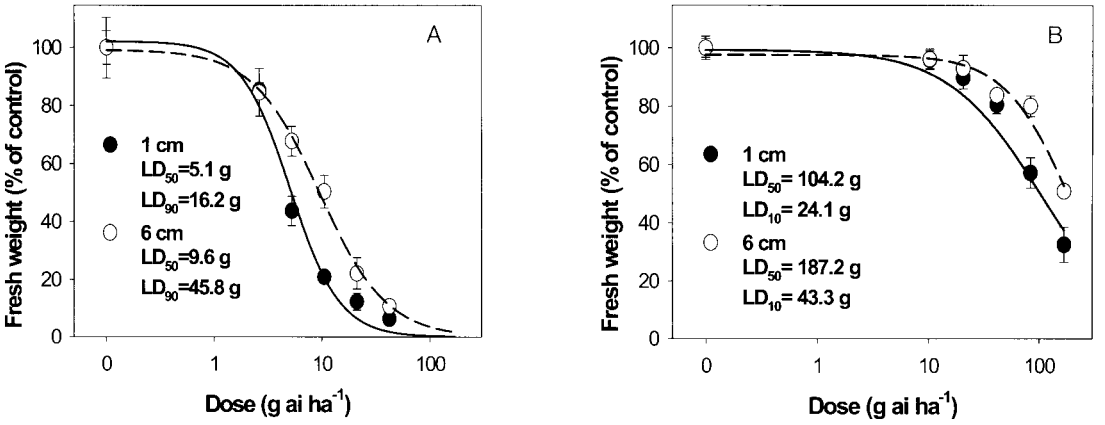

Fig. 3. Responses of *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* (A) and rice (B) to flucetosulfuron at different water depth regimes; 1 and 6cm.

증가시키므로 제초활성에 영향을 미치는 주요 요인 중의 하나이다(Brian 1968). 본 연구의 결과는 amitrol과 norflurazon(Vecchia 등 2001)은 높은 광도조건에서 제초활성이 증가하고, ioxynil salt의 경우 차광조건에서 제초효과가 감소한다(Merritt 1984)는 기존의 결과와 유사하였다.

담수심의 영향

제초제를 토양처리하는 경우 담수심은 제초제의 농도를 결정하며 제초제와 벼 또는 잡초와의 접촉 및 흡수에 영향을 미친다. 피에 대한 flucetosulfuron의 제초활성은 6cm의 깊은 담수조건 보다는 1cm의 낮은 담수조건에서 높아(그림 3A), LD_{90}값은 6cm 조건에서 45.8g ai ha^{-1}, 1cm에서는 16.2g ai ha^{-1}이었다. 벼에 대한 활성도 6cm보다는 1cm에서 높아(그림 3B), LD_{10}값은 6cm 조건에서 43.3g ai ha^{-1}, 1cm에서는 24.1g ai ha^{-1}이었다. 그러나 본 결과는 깊은 담수심에서 제초제의 세포벽에 대한 투수성이 높고, 제초제의 흡수부위를 증가시켜 제초활성을 높일 수 있다(Jikihara 등 1981)는 보고와 pyrazosulfuron-ethyl, butachlor, pretilachlor는 담수심이 깊을수록 약효가 높다는 기존의 연구결과(Suzuki 등 1994; Ichizen 등 1991; Murakami 등 1990)와 상반된다. 이는 기존의 연구가 상당기간 동안 잡초를 서로 다른 담수심 조건에 생육한 후 제초제를 처리하여 제초활성을 비교한 결과이다. 본 연구에서는 약제처리 이전까지는 동일한 담수조건에서 잡초와 벼를 생육하였고, 약제처리 바로 직전에 담수심을 달리한 후 약제를 처리한 후 제초활성의 차이를 비교한 것이기 때문으로 생각된다. 본 시험과는 별도로 생육초기부터 담수심을 1cm와 6cm로 달리하여 flucetosulfuron의 제초활성을 평가한 시험에서는 기존의 연구결과와 동일하게 6cm 담수심에서 제초활성이 높게 나타났다(결과 생략). 따라서 약제처리 전 일정기간의 깊은 담수조건은 식물체의 전반적인 생육억제에 따른 감수성 증대는 물론 침수된 식물부위의 해부형태학적 변화로 인한 제초제의 흡수, 이행의 촉진으로 제초활성이 증대한 것으로 이해되며, 본 연구에서 flucetosulfuron의 농도는 낮은 담수 조건에서 더 높아 식물체로의 약제의 흡수가 더 증가하여 제초활성이 높아진 것으로 사료된다. 따라서 flucetosulfuron의 토양처리에 있어서 약제처리 전 후의 담수심의 적정 관리가 효과적인 잡초방제에 필수적인 요건이라고 판단된다.

경엽처리시 담수심의 영향을 flucetosulfuron과 대표적인 경엽처리제인 bentazone을 비교한 결과는 그림 4와 같다. Bentazone의 경우 기준 약량인 1600g ai ha^{-1}을 완전 배수조건에서 처리한 경우 자귀풀에 대한 방제효과가 93%이었으나 5cm 담수심 조건에서는 85%로 현저하게 감소하였다. 그러나 flucetosulfuron 30g ai ha^{-1}에서는 담수심의 큰 영향을 받지 않아 방제효과가 0cm 조건에서 90%, 5cm 조건에서 88%이었다. 이러한 차이는 약량을 1/2로

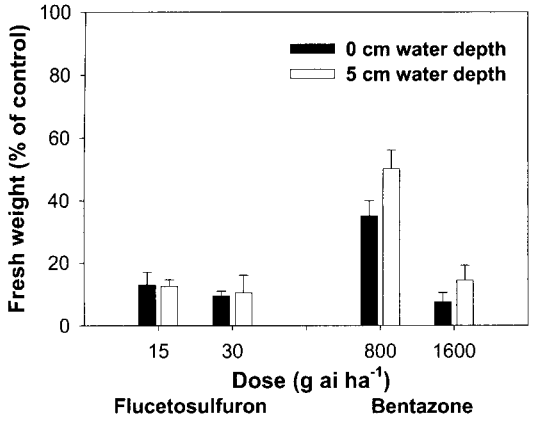

Fig. 4. Response of *Aeschynomene indica* to flucetosulfuron and bentazone at 0 and 5 cm water depths. Flooding was made immediately prior to herbicide application, and then water depths were maintained thereafter.

낮은 경우 더욱 커져, bentazone은 현저하게 약효가 감소하였으나 flucetosulfuron은 약효의 감소 및 담수심의 영향이 작았다. 이는 flucetosulfuron이 잎은 물론 줄기와 뿌리를 통해서도 흡수가 가능하며(Lee 등 2003), 경엽에 부착되지 않고 토양 및 담수에 도달한 유효성분이 가용한 상태로 존재 또는 흡수될 수 있기에 담수의 영향이 적은 반면 bentazone은 처리시의 담수심에 의해 잡초 경엽에 부착되는 유효성분의 양이 영향을 받으며 토양 및 담수에 도달한 유효성분은 식물체로 흡수, 이행이 잘되지 않기 때문에 담수의 영향을 현저히 받는 것으로 사료된다.

환수의 영향

Flucetosulfuron과 대조약제인 pyrazosulfuron-ethyl+molinate입제를 각각 토양처리한 후 인위적으로 환수를 실시하여 물피에 대한 방제효과의 변화를 평가한 결과, 환수량과 환수시기 모두 제초제의 방제 효과에 크게 영향을 미쳤으며, 그 정도는 실험 약제인 flucetosulfuron과 대조약제에서 유사하게 나타났다(그림 5). 또한 90% 이상의 피 방제효과 확보를 위해 필요한 제초제 처리 후 환수처리 전까지의 일자(LT_{90})를 비선형회귀식으로 계산한 결과 50% 환수조건에서 flucetosulfuron은 3.3일, 대조약제는 3.2일 정도였다. 그러나 100% 환수조건에서는 flucetosulfuron이 6.7일, 대조약제는 3.7일이었다. 따라서 flucetosulfuron은 약제처리 초기에 환수나 누수의 영향이 있을 경우 제초활성이 현저하게 낮아질 것으로 판단되었다. 담수된 논에 입제 제초제를 토양처리살포한 후 물의 누수 및 환수는 처리된 제초제의 유효성분의 손실을 의미하며 이러한 손실은 현저한 방제효과의 저하를 야기한다. Benthiocarb는 하루에 3cm 이상의 누수심에서는 제초효과가 감소되는 것으로 나타나 안정적이고 충분한 제초활성을 얻기 위해 4~5일 이상의 담수기간이 필요하다고 하며(Jikihara 등 1981), molinate는 약제처리 후 효과적인 잔효력을 위해서는 48시간 이상의 안정적인 담수조건이 필요하다고 한다(Soong 1981). 따라서 유효한 제초효과를 확보하기 위해서는 flucetosulfuron 처리 후 4~6일간 적정한 물관리가 필요하다.

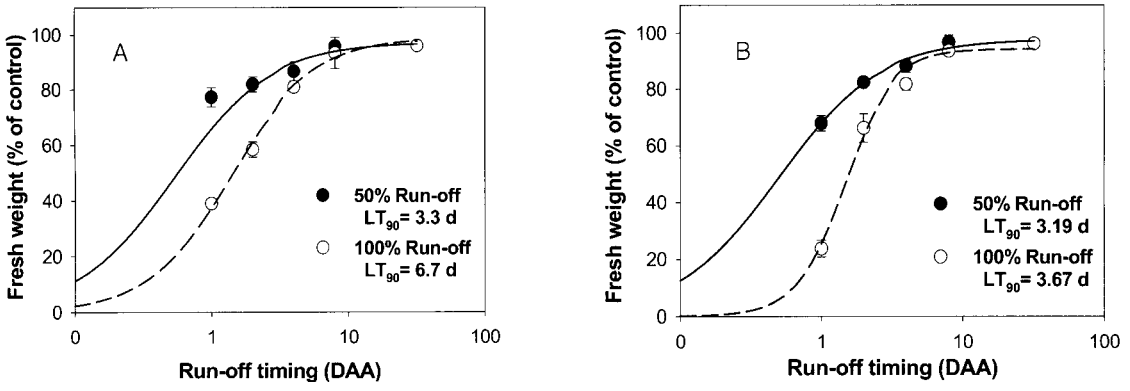

Fig. 5. Herbicidal activity of flucetosulfuron (A) and pyrazosulfuron+molinate GR (B) on *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* under different run-off conditions. The LT_{90} indicates run-off free days required to achieve 90% weed control.

강우의 영향

Flucetosulfuron의 피에 대한 방제효과는 약제처리 후 강우 시간이 빨라질수록 다소 감소되는 경향을 보였으나, 그 차이는 크지 않았다(그림 6). 본 연구결과만을 고려하면 flucetosulfuron이 내우성이 우수한 것으로 판단할 수 있는데 이는 flucetosulfuron이 경엽처리 시 유효성분의 흡수, 이행이 비교적 빠르다는 결과(Lee 등 2003)로 이해할 수 있다. 일반적으로 강우의 제초활성에 대한 영향은 약제살포 후 강우까지의 시간과 강우량에 의해 크게 영향을 받는데(Coupland 등 1987; Mersie 등 1986), glyphosate의 경우 약제처리 후 6시간 내의 강우는 약효를 경감시킬 수 있으며, 2시간 이내에 강우가 되었을 경우 약제의 재처리가 필요하고

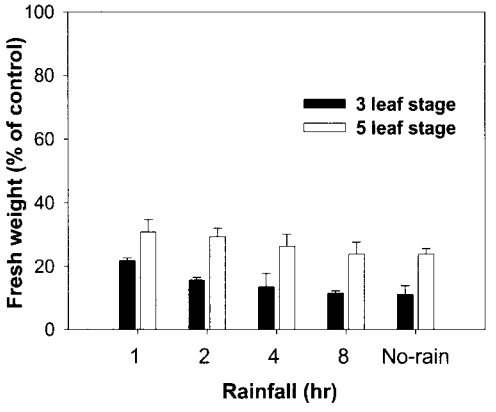

Fig. 6. Effect of rainfall on flucetosulfuron efficacy against *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*. Rainfall amount was 5mm for 30min.

(Jikihara 등 1981), diphenamid는 강우에 의해 제초효과가 감소되며 강우량이 동일할 경우 강우 횟수가 많을수록 제초효과가 낮다고 한다(Horowitz 등 1974).

질소 시비량에 의한 영향

Flucetosulfuron의 제초활성은 질소비료의 시비량에 의해 영향을 받아(그림 7), 물피에 대한 LD_{90}값은 0 kg ha^{-1} 질소 기비조건에서 177g ai ha^{-1} 이었으나 표준 기비량의 2배 조건인 110 kg N ha^{-1}에서는 27g ai ha^{-1}로 현저히 낮았다(표 1). 벼 대한 LD_{10}값은 질소를 시비하지 않은 조건에서 101g ai ha^{-1} 이었으나 110kg N ha^{-1}에서는 27g ai ha^{-1}이었다. 이는 flucetosulfuron이 질소 시비량이 증가 할수록 잡초에 대한 방제효과도 높아지지만 벼에 대한 약해도 함께 증가함을 보여주고 있는 것이다. 비료는 제초제의 잡초에 대한 제초활성에 영향을 미치며 특히 질소는 식물에 대한 제초제의 활성을 증가시킬 수 있다(Kim 1999). 비료가 충분한 조건에서 자란 식물은 생육이 왕성하여 식물체가 크며, 표면은 wax 성분이 적고 연약해 보다 많은 양의 살포액이 부착될 수 있어 일차적으로 약제의 부착량에 영향을 미쳐 제초활성이 높게 나타난다(Lutman 1974). 반면 질소비료가 부족한 조건에서 자란 식물체는 표면의 wax층과 큐티클 층이 두꺼워 제초제의 흡수량이 적어지고(King과 Radosevich 1979), 제초제의 이행이 감소되어(Nevins와 Loomis 1970), 제초활성이 감소한다(Cathcart 등 2002). Kim 등(1999)

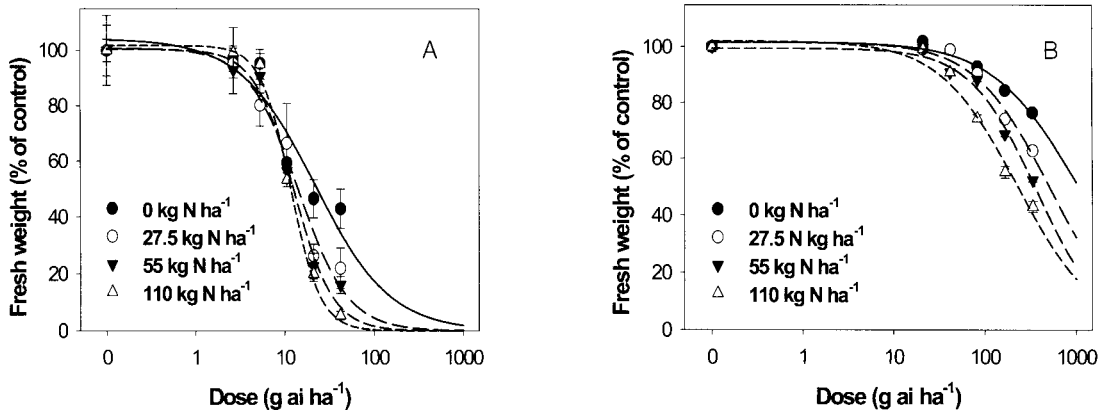

Fig. 7. Dose-responses of *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* (A) and rice (B) to flucetosulfuron at different levels of basal N-fertilizer.

Table 1. LD_{50} and LD_{90} values (g ai ha^{-1}) of flucetosulfuron for *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* and rice (*Oryza sativa*) at different levels of basal N-fertilizer.

N fertilizer (kg N ha^{-1})	*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*		Rice	
	LD_{50}	LD_{90}	LD_{50}	LD_{90}
0	21.22	177.31	1019.43	100.90
27.5	13.85	56.94	493.24	65.46
55	12.43	37.74	356.74	59.34
110	11.49	26.76	222.07	26.74

은 이러한 제초활성에 미치는 질소비료의 영향을 분석하여 그 상호작용을 수학적인 모델로 해석한 결과 질소비료의 증가에 따른 LD_{50}값이 지수적으로 감소함을 보여 주었다. 결론적으로 질소비료는 제초제 특히 flucetosulfuron의 제초활성에 지대한 영향을 미치므로 질소시비조건에 따른 합리적인 처리약량 결정이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

본 실험은 flucetosulfuron의 제초활성에 미치는 주요 환경요인의 영향을 평가하고자 온실조건에서 수행되었다. 저온이나 광도가 낮은 조건에서보다 고온이나 광도가 높은 조건에서 flucetosulfuron의 활성이 높았으나 그 영향은 미미하였다. 담수심의 경우 토양처리에서는 낮은 담수심(1cm)에서 약효가 높게 나타났으며, 경엽처리에서는 담수조건이 flucetosulfuron의 제초활성에 큰 영향을 미치지 않았다. 경엽처리 후 강우도 flucetosulfuron의 제초활성에 큰 영향을 미치지는 않았다. 토양처리후의 환수조건은 flucetosulfuron의 제초활성에 큰 영향을 미쳐 약효를 현저히 감소시켰으며, 충분한 잡초 방제 효과를 확보하기위해서는 4~7일간의 적절한 담수관리가 필요한 것으로 파악되었다. 질소비료의 시비량 또한 제초활성에 영향을 미쳐 시비량이 증가할수록 제초활성이 증가하였다.

인 용 문 헌

Brian, R. C. 1967. Darkness and the activity of diquat and paraquat on tomato, broad beans and sugar beet. Ann. Appl. Biol. 60:77-80.

Brian, R. C. 1968. The effect of environment on the activity of bipyridylium herbicides. Proc. 9th Brit. Weed Control Conf., pp. 108-114.

Cathcart, R. J., K. Chandler and C. J. Swanton. 2002. Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides. Weed Science. 52:291-196.

Coupland, D. 1987. Influence of environmental factors on the performance of sethoxydim against *Elymus repens* (L.). Weed Research. 27:329-36.

De Datta, S. K. 1981. Weeds and weed control in rice. In : Principles and practices of rice production. Jony Wiley, NY, USA, pp. 460-512.

Di Tomaso, J. M. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. Weed Science 43: 491-497.

Horowitz, M., N. Hulin., T. Blumenfeld and G. Herzlinger. 1974. Effect of environmental factors on herbicidal activity of diphenamid. Phytoparasitica. 2 (2):67-81.

Hwang, K. H., D. S. Kim., J. N. Lee and S. J. Koo. 2003. Crop and weed selectivity to a new sulfonylurea herbicide LGC-42153. Proceedings of the 19th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Manila, Philippines. pp. 689-693.

Ichizen, N., T. Takeuchi, H. Omokawa., M. Konnai and T. Takematu. 1991. Effect of soil type, water depth, water leakage and temperature of flowable and granular formulations of herbicides. Weed Research Japan. 36 (4):338-342.

Jikihara, K., Y. Nakamura and H. Nakayama. 1981. Influence of environmental factors on herbicidal efficacy. FFTC Book Series. 20, pp. 143-159.

Kim, D. S. 1999. Modeling herbicide and nitrogen

effects on crop-weed competition. Ph.D. thesis, Bristol University, 291 pp.

Kim, D. S., S. J. Koo., J. N. Lee., K. H. Hwang., T. Y. Kim., K. G. Kang., K. S. Hwang., G. H. Joe and J. H. Cho. 2003. Flucetosulfuron : a new sulfonylurea herbicide. Proceeding of the BCPC International Congress, Crop Science & Technology, Glasgow, UK, pp. 87-92.

Kim, D. S., J. N. Lee., K. H. Hwang., T. Y. Kim., S. J. Koo and J. C. Caseley. 2003. Flucetosulfuron : a new tool to control *Gallium aparine* and broadleaf weeds in cereal crops. Proceeding of the BCPC International Congress, Crop Science & Technology, Glasgow, UK, pp. 941-946.

King, M. G and S. R. Radosevich. 1979. Tanoak (*Lithocarpus densiflorus*) leaf surface characteristics and absorption of triclopyr. Weed Science. 27: 599-604.

Koo, S. J., D. S. Kim., K. G. Kang., T. Y. Kim., J. N. Lee., K. H. Hwang., G. H. Cho., Y. W. Kwon and D. W. Kim. 2003. LGC-42153 : A new generation sulfonylurea herbicide. Proceedings of the 19th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Manila, Philippines. pp. 662-667.

Lee, J. N., D. S. Kim., K. H. Hwang and S. J. Koo. 2003. Rapid measurement of herbicide translocation and the effect of climatic conditions on the translocation of LGC-42153. Proceedings of the 19th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Manila, Philippines, pp. 845-850.

Lutman, P. J. W., G. R. Sagar., C. Marshall and D. W. R. Headford. 1974. The influence of nutrient status on paraquat activity. Weed Research. 14: 355-363.

Merritt, C. R. 1984. Influence of environmental factors on the activity of ioxynil salt and ester applied to *Stellaria media*. Weed Research. 24:173-182.

Mersie W. and C. L. Foy. 1986. Effects of acidity of simulated rain and its influence on the phytotoxicity of chlorsulfuron on velvetleaf and barley. Environmental and Experimental Botany. 26:341-347.

Murakami, S. 1990. Glasshouse study on herbicidal activity of pretilachlor on rice and *Echinochloa oryzicola* Vasing. Weed Research Japan. 35 (2):155-163.

Nevins, D. J and R. S. Loomis. 1970. Nitrogen nutrition and photosynthesis in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Crop Science. 10:21-25.

Noda, K., K. Ibaraki and K. Ozawa 1965. Variation in activity of herbicides as influenced by air temperature. Weed Research Japan. 4:127-131.

Savory, B. M. 1968. Some investigations into the effects of environment on the activity of the hydroxybenzonitriles. Proc. 9th. Brit. Weed Control Conf. p. 102.

Soong, S. Y. C. 1981. New uses of molinate combinations and application techniques. In : Weed Control in Rice, International Rice Research Institute, Los Bano, Philippines.

Suzuki, K., N. Tsutomu and S. Watanabe. 1994. The effect of environmental factors on the herbicidal activity of pyrazosulfuron-ethyl under paddy conditions. Weed Research Japan. 39 (1):46-51.

Vecchia, F. D., R. Barbato., N. La Rocca., I. Moro and N. Rascio. 2001. Responses to bleaching herbicides by leaf chloroplasts of maize plants grown at different temperatures. J. Experimental Botany. 52:811-820.