

제초제 picolinafen의 제초활성 특성

이종남* · 구석진 · 김도순 · 황기환 · 김대황¹ · 고영관¹ · 정근희¹ · 류재욱¹ · 우재춘¹ · 구동완¹

LG생명과학기술연구원, ¹한국화학연구원

요약 : 본 연구에서 phytoene desaturase를 저해하여 식물체내의 카르티노이드의 생합성을 저해하는 picolinafen(N-(4-fluorophenyl)-6-[3-(trifluoromethyl)phenoxy]-2-pyridinecarboxamide)의 특성을 알아보기 위하여 밀(*Triticum aestivum* L.), 보리(*Hordeum vulgare* L.)에 대한 약해와 제초 spectrum, 처리적기, 잔효력, 저항성 잡초 방제효과 등을 평가하였다. Picolinafen은 밀, 보리에 대한 약해는 파종 동시 처리시 가장 높게 나타났으며, 처리시기가 늦어질수록 감소하였다. 제초활성은 발아 전, 후 처리 모두에서 나타나며, 화본과 잡초보다는 광엽 잡초에 높았다. 처리적기는 감수성의 차이에 따라 초종별로 다양하였으나 파종 후 5~15일 사이의 초기 경엽처리시 방제효과가 가장 높아 적기로 판단되었다. 잔효력은 60 g ai ha⁻¹ 처리시 바랭이(*Digitaria ciliaris*)와 유채(*Brassica napus*)에 대한 LT₅₀값(생체중을 50% 저해하는 잔효기간)이 각각 9.3일, 6.5일로 나타나 비교적 짧은 편이었다. Triazine계 제초제에 저항성인 털비름(*Amaranthus retroflexus*)에 대해서는 감수성 털비름과 제초활성에 차이가 없었다. 따라서 본 실험 결과 picolinafen은 광엽잡초를 주요 대상잡초로 생육 초기 경엽처리시 방제효과가 가장 우수하였으며, 저항성 잡초 방제에 사용 가능한 특성을 보여주었다. (2006년 11월 14일 접수, 2006년 12월 23일 수리)

색인어 : 약효, 제초 잔효력, 저항성잡초, picolinafen

서 론

카로티노이드 생합성 저해제는 식물체내에서 중요한 생리기능을 갖는 카르티노이드의 형성을 저해함으로써 1차적으로 카로티노이드의 식물체내 항산화 기능을 억제하여 엽록체의 기능 저하와 지질과산화작용을 유발하며(Jung, 2004), 광수집 보조 작용을 억제함으로써 식물체의 광합성을 저해하여 생육을 억제 및 괴사시키는 제초제이다(Trebst and Depka, 1997). 카로티노이드 생합성 단계에서 제초제의 작용점은 크게 phytoene desaturase(PDS), IPP~GGPP, lycopene cyclase 3개가 존재하며(Bramley and Pallet, 1993; Sandmann and Böger, 1997; 김 등, 1999), picolinafen은 이중 PDS를 저해하는 제초제로서 밀과 보리에 선택성이 높은 제초제이다(White et al., 1999; Breitenbach et al., 2002). PDS를 작용점으로 하는 제초제로는 norflurazone, fluridone, flutamone, diflufenican 등이 있으며 picolinafen은 diflufenican과 유사한 화학계통이다(Tal et al., 1984; Sandmann and Böger, 1993; Breitenbach et al., 2001).

PDS 저해제는 cyanobacteria의 효소를 이용한 in

vitro enzyme kinetic 실험에서 기질인 phytoene에 대한 비경쟁적(non-competitive) 저해 특성을 나타내어 phytofluene으로의 탈포화 작용을 저해하며(Sandmann et al., 1989; Kowalczyk-Schröder and Sandmann, 1992), NAD 또는 NADP는 조효소로서 작용하고(Schneider et al., 1997), 고등식물에서 수소(H₂)의 수용체 역할을 하는 plastoquinone에 대해서는 경쟁적(competitive)으로 저해한다(Breitenbach et al., 2001). PDS가 저해되면 phytoene이 축적되고 식물체내의 카로틴 및 xanthophyll의 함량은 현저히 감소한다(Böger and Sandmann, 1998). PDS 저해제들은 식물체내의 카로티노이드의 형성을 저해함으로써 주요 작용 부위인 엽록체내에서 광합성 반응중심내에서 발생하는 삼중항 엽록소와 일중항산소를 소거시키는 카로티노이드의 광분해보호기능을 저해하여 엽록소 및 엽록체를 파괴시켜 광합성의 저해를 일으키게 된다(Vecchia et al., 2001). 따라서 PDS 저해제는 엽록소의 붕괴로 백화증상을 유발하며, PDS 저해제가 처리된 토양에서 발아하게 되는 잡초는 광으로부터 엽록소를 보호할 수 있는 카로티노이드가 없기 때문에 발아하자마자 지질과산화작용이 일어나 백화현상이 나타나면서 고사되며 식물의 산화 스트레스가 높은 조건인 광의 강도가 높

*연락처자

Table 1. Growth stage of wheat and barley at each application timing

Crop	Growth stage								
	14 DAS ^{a)}			24 DAS			34 DAS		
	PH ^{b)} (cm)	LS ^{c)}	TN ^{d)}	PH (cm)	LS	TN	PH (cm)	LS	TN
Wheat	18.6	2.4	1	32.3	4.3	1	37.5	6.5	3
Barley	20.0	2.0	1	28.5	2.7	1	39.2	4.3	2

^{a)}Days after sowing, ^{b)}Plant height, ^{c)}Leaf stage, ^{d)}Tiller number.

거나 질소기아의 조건에서는 제초활성이 보다 높은 특징을 나타낸다(Salguero *et al.*, 2003).

Picolinafen은 유럽, 미국, 캐나다 등에 등록되어 밀, 보리, triticale을 주요 대상작물로 사용되고 있으며, 털비름(*Amaranthus retroflexus*), 말냉이(*Thlaspi arvense*), 들갓(*Sinapis arvensis*) 등에 방제효과가 우수한 것으로 알려져 있다(Pest Management Regulatory Agency Health Canada, 2005).

본 연구는 picolinafen의 국내 주요 화본과 발작물인 밀, 보리의 국내 재배종에 대한 약해와 주요 잡초들에 대한 살초범위, 처리적기, 잔효성 등을 평가하여, 제초제로서의 특성, 적정 사용법을 규명하고 저항성 잡초에 대한 방제 가능성을 평가하고자 실시하였다.

재료 및 방법

식물재료, 시험 조건, 약제 처리

실험에 사용한 식물은 배합상토(부농원예용:사양토=3:1, v/v)를 담은 직경 10 cm 또는 200 cm²의 사각플라스틱 포트에 주간 25~35℃, 야간 15~20℃로 유지되는 LG생명과학 온실에서 생육시켰다. 식물체는 약제 처리전까지 적정 온도, 광 조건에서 생육하였으며 실험에 따라 여러 시기에 약제를 살포하였다.

약제의 살포는 8001E flat fan 노즐이 장착된 track sprayer(R&D sprayer, USA)를 이용하였으며 살포량은 300 L ha⁻¹였다. 처리 약액의 조제는 각 처리 약량에 따라 칭량한 picolinafen 원제(순도 95.0%, 한국화학연구원)를 acetone에 녹인 후 전착제 Tween20[®] 2,000 ppm 용액과 1:1로 희석하여 Tween20[®]의 최종농도가 1,000 ppm이 되도록 하였다.

약해 평가

공시 작물은 밀(*Triticum aestivum* L., 조광밀), 보리(*Hordeum vulgare* L., 울보리)를 사용하였으며, 처리 시기별 약해를 평가하기 위해 파종 후 0, 14, 24, 34 일에 picolinafen을 처리하였다. 각 처리 시기별 밀, 보

리의 생육 상태는 표 1과 같았다. 처리 약량은 30, 60, 120, 240 g a.i. ha⁻¹이었으며, 처리된 포트는 완전임의배치법 3반복으로 온실에 배치하였고, 처리 후 30일에 생체중을 측정하였다.

제초 효과 평가

주요 발 잡초를 대상으로 picolinafen의 제초효과를 평가하였는데, 광엽잡초로는 갈퀴덩쿨(*Galium spurium*), 큰갈퀴덩쿨(*Galium aparine*), 까마중(*Solanum nigrum*), 도꼬마리(*Xanthium strumarium*), 독말풀(*Datura stramonium*), 명아주(*Chenopodium album*), 별꽃(*Stellaria media*), 쇠비름(*Portulaca oleracea*), 어저귀(*Abutilon theophrasti*), 유채(*Brassica napus*), 유홍초(*Ipomoea quamoclit*), 자귀풀(*Aeschynomene indica*), 털비름(*Amaranthus retroflexus*), mayweed(*Matricaria perforata*)의 14개 초종을 평가하였으며, 화본과 잡초는 개밀(*Agropyron tsukushiense*), 금강아지풀(*Setaria glauca*), 뚝새풀(*Alopecurus aequalis* var. *amurensis*), 서양뚝새풀(*Alopecurus myosuroides*), 물피(*Echinochloa crus-galli*), 미국개기장(*Panicum dichotomiflorum*), 바랭이(*Digitaria ciliaris*), ryegrass(*Lolium rigidum*)의 8개 초종을 평가하였다. 처리약량은 7.5, 15, 30, 60 g a.i. ha⁻¹이었으며, 파종 후 0, 14일에 각각 살포하였다. 처리된 포트는 완전임의배치법 3반복으로 온실에 배치하였으며 처리 후 20일에 달관 평가하였다.

처리적기 평가

화본과 잡초인 바랭이와 광엽잡초인 유채 및 별꽃의 생육 단계별 picolinafen에 대한 약량반응을 평가하여 처리적기를 판단하기 위하여 실시하였다. 처리약량은 7.5, 15, 30, 60 g a.i. ha⁻¹으로 파종 후 0, 5, 10, 20, 30일에 처리하였으며 각 처리시기의 식물의 생육 stage는 표 2와 같다. 처리된 포트는 완전임의배치법 3반복으로 온실에 배치하였으며 처리 후 20일에 생체중을 평가하였다

Table 2. Growth stage of weed at each application timing

Weed	Growth stage							
	5 DAS ^{a)}		10 DAS		20 DAS		30 DAS	
	P H ^{b)} (cm)	LS ^{c)}	PH (cm)	LS	PH (cm)	LS	PH (cm)	LS
<i>Digitaria ciliaris</i>	3.3	2.0	6.7	2.2	17.6	4.0	43.5	4.5
<i>Brassica napus</i>	5.9	0.2	7.0	2.0	12.8	3.8	14.0	4.5
<i>Stellaria media</i>	1.2	2.0	2.9	2.4	4.7	6.4	6.5	8.0

^{a)}Days after sowing, ^{b)}Plant height, ^{c)}Leaf stage.

잔효력 평가

Picolinafen 처리 후 잡초의 발생을 억제하는 잔효력을 평가하기 위하여 실시하였다. 배합상토가 담긴 200 cm² 크기의 사각포트에 picolinafen을 30, 60 g a.i. ha⁻¹로 각각 처리하고 약제 처리 후 0, 10, 20, 30일차에 약제처리 및 무처리 토양표면에 V자 형태로 흙을 만든 후 각 잡초의 종자를 20립씩 파종하고 양 옆의 토양으로 복토하였다. 각 처리별 3반복으로 완전임의 배치법으로 포트를 배치하였으며, 파종 후 20일, 30일에 잡초의 발아율과 생체중을 각각 조사하였다.

저항성 잡초에 대한 제초활성 평가

Triazine계 저항성과 감수성인 털비름(Herbiseed, UK)을 대상으로 picolinafen의 약량 7.5, 15, 30, 60, 120 g a.i. ha⁻¹과 triazine계 제초제인 simazine(씨마네수화제®, 성보화학)의 약량 250, 500, 1,000, 2,000 g a.i. ha⁻¹을 각각 처리하여 약량반응을 비교하였다. 약제처리는 파종 후 0, 14일 처리하였으며, 처리된 포트는 완전임의배치법 3반복으로 배치하였으며, 처리 후 20일에 생체중을 조사하였다.

통계처리

공시 식물의 생체중 자료를 일차적으로 분산분석

(ANOVA)을 통하여 분석한 후 Streibig(1980)의 표준약량반응 곡선을 이용하여 비선형 회귀분석을 실시하여 GR₁₀과 GR₅₀값(생체중 또는 생육을 각각 10%와 50% 감소하는데 필요한 제초제의 약량), LT₅₀값(50% 생체중 감소 또는 생육억제에 소요되는 일수)을 구하였다. 일련의 통계분석은 Genstat 5(Genstat Committee 1993)를 이용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

작물약해 안전성

Picolinafen의 경엽처리시 밀, 보리의 생육은 파종 후 0일 처리에서 가장 민감하게 저해되었으며, 처리 시기가 늦어질수록 민감도가 감소되는 경향을 보였다(그림 1). 밀과 보리의 파종 후 0일차 처리에서 GR₁₀값이 각각 55.45와 24.82 g a.i. ha⁻¹으로 처리 시기 중 가장 낮게 나타났으며, 파종 후 34일 처리에서는 130.66과 196.15 g a.i. ha⁻¹로 밀, 보리의 GR₁₀값이 파종 후 0일 처리보다 2.4배, 7.7배로 각각 높아졌다(표 3). 밀, 보리 모두 처리시기가 늦어질수록 약해 안전성도 높아졌으며, GR₁₀값의 비교시 파종 후 0, 14, 24일 처리에서는 밀이 보리에 비해 내성이 높았으나 파종 후 34일 처리에서는 보리의 내성이 보다 큰 것으

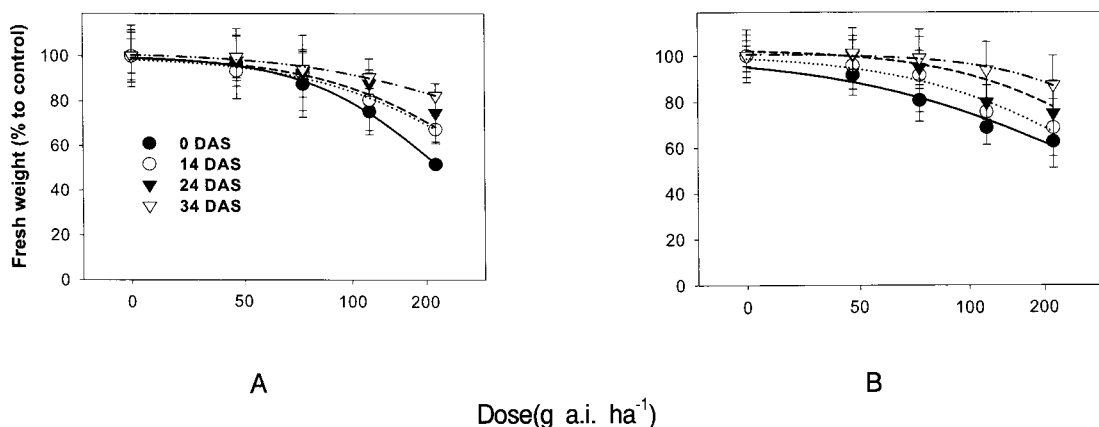


Fig. 1. Growth responses of wheat (A) and barley (B) to picolinafen when applied at different timings.

Table 3. GR₁₀ values of picolinafen for wheat and barley when applied at different timings

Application timing	GR ₁₀ value (g a.i. ha ⁻¹)	
	Wheat	Barley
0 DAS ^{a)}	55.45±1.00	24.82±2.16
14 DAS	61.69±2.44	54.84±3.28
24 DAS	93.63±4.55	75.69±3.14
34 DAS	130.66±17.36	196.15±10.60

^{a)}Days after sowing

로 나타났다. 따라서 picolinafen의 밀, 보리에 대한 추천 약량이 50 g a.i. ha⁻¹인 점을 고려할 때(White *et al.*, 1999), picolinafen의 밀, 보리에 대한 처리 가능 시기는 GR₁₀값이 50 g a.i. ha⁻¹ 이상으로 나타나는 시기를 기준으로 밀은 파종 후 모든 처리시기에 안전하며, 보리는 파종 후 14일 이후가 안전하다고 사료된다.

제조 활성

Picolinafen은 파종 후 0일 처리시 쇠비름을 비롯한 6 초종에 대해 GR₅₀값이 30 g a.i. ha⁻¹ 이하로 제조활성이 높게 나타났으며, 도꼬마리를 비롯한 4 초종은 GR₅₀값이 100 g a.i. ha⁻¹ 이상으로 내성인 것으로 나타났다(표 4). 파종 후 14일 처리에서는 털비름을 비

롯한 8 초종의 GR₅₀값이 30 g a.i. ha⁻¹ 이하로 picolinafen의 제조활성이 높게 나타났으며, 도꼬마리와 까마중은 GR₅₀값이 100 g a.i. ha⁻¹ 이상으로 내성을 보였다(표 4). 화본과 잡초에 대해서는 바랭이가 발아전 처리시 21 g a.i. ha⁻¹, 파종 후 14일 처리시 20 g a.i. ha⁻¹로 비교적 감수성이 높게 나타났으나 다른 화본과 잡초들에서는 모두 GR₅₀값이 50 g a.i. ha⁻¹ 이상으로 제조활성이 낮게 나타났다(표 4). Picolinafen의 제조력은 발아 전(파종 후 0일) 처리보다 발아 후(파종 후 14일) 처리에서 다소 높은 경향을 보였으며, 대체로 발아 전 처리시 감수성이 높은 잡초에 대해서 발아 후 처리에서도 제조활성이 높게 나타났다. 일부 잡초에서 발아 전후의 감수성 차이가 나타나는 것은 종자 자체의 발아 속도, 발아세 등에 의해 제조제의 흡수량에 차이가 생길 수 있으며 또한 발아중인 유식물의 자엽이나 뿌리를 통한 제조제의 흡수가 종자로의 흡수보다 쉽기 때문으로 사료된다(Willoughby *et al.*, 2003). Picolinafen은 대상 잡초의 발아율을 감소시키지 않았으며(결과 생략), PDS 저해제 중 fluridone과 norflurazone은 *Orobanche minor*의 발아율을 높여주는 효과가 있다는 보고가 있었으나(Chae *et al.*, 2004) 본 실험에서 발아율의 증가는 관찰되지 않았다.

Picolinafen의 발아 전 처리 후 잡초의 출아와 초기

Table 4. Herbicidal efficacy of picolinafen against major upland weeds

Application	Weeds	GR ₅₀ value (g a.i. ha ⁻¹)
Pre-emergence (0 DAS ^{a)})	Broad-leaved	POROL ^{b)} (3.20), AMARE (7.68), BRANA (17.12), MATPE (19.64), CHEAL (21.02), STEME (28.30), SOLNI (35.49), GALSP (46.62), ABUAV (58.06), IPOQU (68.64), AESIN (137.01), DATST (139.55), GALAP (175.87), XANTR (NC ^{c)})
	Grass	DIGCI (21.13), ECHCR (53.48), PANDI (61.72), SETGL (66.60), ALOAE (403.78), ALOMY (421.87), AGRTS (NC), LOLRI (NC)
Post-emergence (14 DAS)	Broad-leaved	AMARE (2.54), IPOQU (3.14), CHEAL (3.30), POROL (4.19), ABUAV (12.21), MATPE (14.07), DATST (14.56), STEME (23.86), GALSP (31.73), GALAP (36.66), BRANA (39.55), AESIN (74.42), XANTR (124.36), SOLNA (NC)
	Grass	DIGCI (20.28), PANDI (54.69), SETGL (95.05), ALOMY (206.00), ALOAE (NC)), AGRTS (NC), LOLRI (NC), ECHCR (NC)

^{a)}Days after sowing, ^{b)}ABUAV, *Albutilon theophrasti*; AESIN, *Aeschynomene indica*; AGRTS, *Agrpyron tsukushiense*; ALOAE, *Alopecurus aequalis* var. *amurensis*; ALOMY, *Alopecurus myosuroides*; AMARE, *Amaranthus retroflexus*; BRANA, *Brassica napus*; CHEAL, *Chenopodium album*; DATST, *Datura stramonium*; DIGCI, *Digitaria ciliaris*; ECHCR, *Echinochloa crus-galli*; GALSP, *Galium spurium*; GALAP, *Galium aparine*; IPOQU, *Ipomoea quamoclit*; LOLRI, *Lolium rigidum*; MATPE, *Matricaria perforata*; PANDI, *Panicum dichotomiflorum*; POROL, *Portulaca oleracea*; SOLNA, *Solanum nigrum*; SETGL, *Setaria glauca*; STEME, *Stellaria media*; XANTR, *Xanthium strumarium*.

^{c)}Not calculable.

생육에 미치는 영향은 식물체내의 카로티노이드 형성을 저해하여 자엽 또는 초엽을 백화시키며 지질과산화작용으로 식물체를 괴사시킨다. 잡초의 발아 후 picolinafen을 식물체에 경엽처리했을 때에는 광엽 잡초는 정단부의 생장점이 가장 먼저 백화증상이 나타나며 괴사되어 죽지만, 내성이 크거나 생육이 진전된 식물체는 점차 녹화되며 회복된다. 화본과 잡초는 신엽이 백화되어 식물체 전체로 괴사가 진행되지만, 내성인 경우 하위엽부터 백화증상이 회복되면서, 새로 발생하는 신엽이 녹색으로 나오며 회복이 진행된다. 이처럼 광엽잡초와 화본과 잡초의 감수성, 회복 증상의 차이는 형태적인 차이와 함께 화본과 잡초와 광엽잡초의 picolinafen의 흡수, 이행량의 차이(White *et al.*, 1999) 때문으로 사료된다. 따라서 picolinafen의 spectrum 특성을 고려할 때 picolinafen은 광엽 잡초를 중심으로 잡초방제에 사용될 수 있으며, 특히 밀, 보리밭의 난방제 잡초인 갈퀴덩굴과 mayweed에 대한 제초활성이 높은 점이 제초제로서 장점이 될 수 있다고 판단된다.

처리적기

Picolinafen의 생육 시기별 잡초에 대한 GR₅₀값의 변화는 그림 2와 같다. 대상 잡초 모두 처리시기가 20일, 30일로 잡초의 생육이 진전된 경우 GR₅₀값이 크게 증가되는 경향을 보였으며, 증가정도는 picolinafen에 대한 감수성의 차이에 따라 다르게 나타났다. 화본과 잡초인 바랭이는 파종 후 10일 처리에서 GR₅₀값이 가장 작은 8.5 g a.i. ha⁻¹로 나타났으며, 파종 후 20일 처리시 23.4 g a.i. ha⁻¹, 30일 처리에서는 275.9 g a.i. ha⁻¹로 급격히 증가 되었다. 광엽잡초인 유채에 대해서는 GR₅₀값이 파종 후 5일 처리에서 4.1 g a.i. ha⁻¹로 나타났으나 20일차 처리에서는 24.0 g a.i. ha⁻¹, 30일 처리에서는 163.9 g a.i. ha⁻¹로 역시 크게 증가되었다. 하지만 감수성이 높은 별꽃에 대해서는 GR₅₀값이 파종 후 10일 처리에서 2.4 g a.i. ha⁻¹로 나타났으며, 20일 처리에서는 9.3 g a.i. ha⁻¹, 30일 처리에는 17.4 g a.i. ha⁻¹로 비교적 완만하게 증가되는 경향을 나타냈다. 30일 처리에서 바랭이와 유채는 GR₅₀값이 급격히 증가되었지만 증가 정도는 바랭이가 더 크게 나타나는데 이는 약제 처리 후 바랭이는 신엽에 백화증상이 나타난 후 회복이 빨리 되는 반면 유채는 1차적으로 정단부의 생장점이 괴사되므로 회복이 비교적 늦게 나타났기 때문이다. 따라서 각 잡초별 처리시기에 따른 picolinafen의 제초활성은 1차적으로 식물의 감수성

에 의해 영향을 받으며, 화본과 잡초와 광엽잡초의 주요 작용점인 생장점의 위치 차이에 의해 2차적 영향을 받는 것으로 사료되었다.

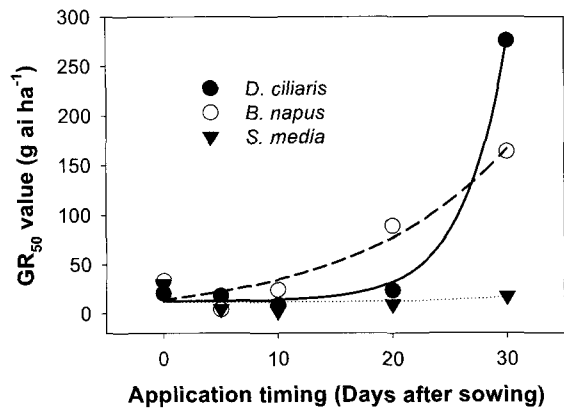


Fig. 2. Changes in GR₅₀ values of picolinafen for *Digitaria ciliaris*, *Brassica napus* and *Stellaria media* when applied at different timings. GR₅₀ value means the dose rate of picolinafen to reduce plant growth by 50%.

잔효력

Picolinafen의 바랭이에 대한 잔효력은 처리 후 0일차 파종에서는 30, 60 g a.i. ha⁻¹에서 유식물이 100% 괴사 되었으나 처리 후 10일차 파종에서 각각 25.3, 49.6%로 급격히 감소하였으며, 생체중을 50% 억제하는 잔효기간인 LT₅₀값은 각각 3.78, 9.26일로 비교적 짧은 것으로 나타났다(그림 3). 유채에 대해서도 유사한 경향으로 제초력은 잔효기간이 늘어남에 따라 급격히 감소되었으며, LT₅₀값은 30, 60 g a.i. ha⁻¹에서, 각각 0.47, 6.51일이었다. 제초제의 잔효력은 약제 처리 후 토양중에 잔류된 유효성분의 양과 상관관계에 있으며 잡초는 물론 후작물의 발아율, 초장, 엽면적, 생체중 등에 영향을 미치고(Aladesanwa, 2005), 화합물의 용해도, 유동성, 대사특성 및 토양의 유기물, 수분 함량에 의해 영향을 받는다(Cherrier *et al.*, 2005). Picolinafen의 발 토양조건에서 반감기는 2~14일로 비교적 짧은 편이며(Pest Management Regulatory Agency Health Canada, 2005) 본 실험에서의 결과와 일관성이 있다.

저항성 잡초 방제효과

PDS 저해제는 현재 사용량이 빈번하고 저항성 잡초가 많이 발생되고 있는 ALS 저해제, ACCase 저해제, triazine계열 등의 제초제와는 달리 diflufenican 저

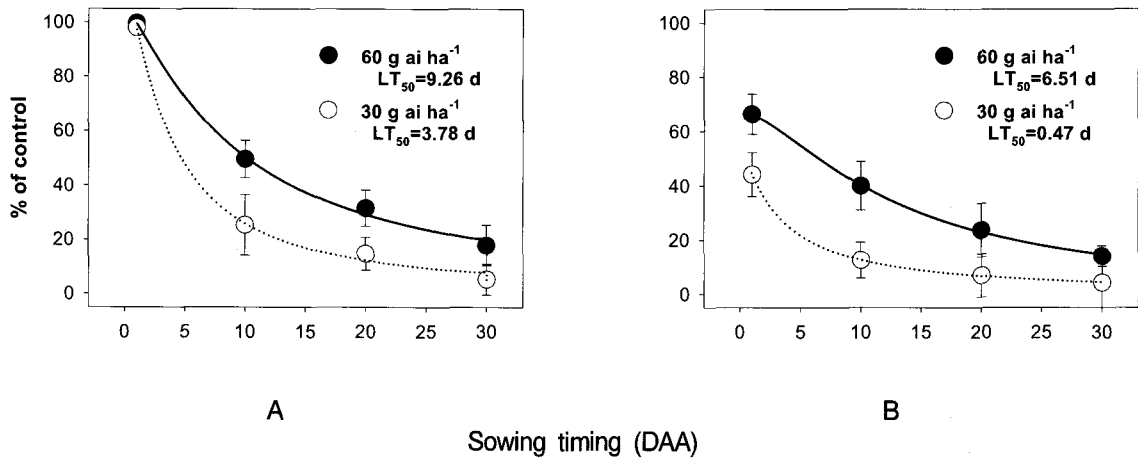


Fig. 3. Residual efficacy of picolinafen for *Digitaria ciliaris* (A) and *Brassica napus* (B).

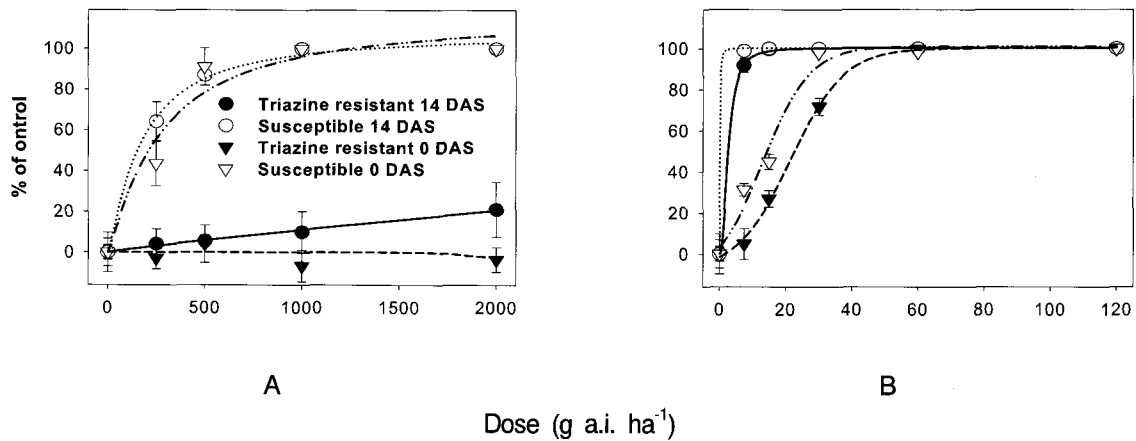


Fig. 4. Dose responses of *Amaranthus retroflexus* to simazine (A) and picolinafen (B) when applied at 0 and 14 days after sowing.

항성 유채(*Raphanus raphanistrum*) 외에 다른 저항성잡초의 발생이 보고되지 않고 있다(Yu *et al.*, 2003). 본 실험에서는 picolinafen에 대한 감수성이 높은 털비름의 triazine계열 저항성과 감수성 생태형에 대한 picolinafen의 제초활성을 비교하였다. Triazine계열 저항성 털비름은 simazine 처리시 파종 후 0, 14일 처리 모두 기준 약량의 2배인 2000 g a.i. ha⁻¹ 제초활성이 거의 나타나지 않았으며, picolinafen은 처리 시기와 상관없이 triazine계 저항성 및 감수성 잡초에 대해 모두 유사한 제초활성을 보였다(그림 4). 화분과 잡초인 서양뚝새풀에 대해서도 제초활성은 낮았지만, ACCase 저해제 저항성과 감수성간에 제초활성에 차이는 없었으며, ALS 저해제 저항성 일년생 광엽잡초에 대해서도 토양 처리시 저항성 및 감수성간에 제초활성에 차이는 없었다(결과 생략). 따라서 picolinafen의 spectrum

을 고려할 때(표 4), picolinafen과 같은 PDS 저해제는 타 작용점을 갖는 제초제의 저항성 광엽잡초 방제용, 특히 triazine과 ALS 저해제 저항성 잡초 방제용으로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

인용문헌

- Aladesanwa, R. D. (2005) Greenhouse evaluation of atrazine for soil residual activity on growth, development and nutritional quality of okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) in southwestern Nigeria. *Crop protection* 24:927~931.
- Böger, P. and G. Sandmann (1998) Carotenoid biosynthesis inhibitor herbicides-mode of action and resistance mechanisms. *Pestic. Outlook* 9:29~35.

- Bramley, P. M. and K. E. Pallett (1993) Phytoene desaturase: A biochemical target of many bleaching herbicide. Brighton Crop Protection Conference-Weeds, pp.713~722.
- Breitenbach, J., C. Zhu and G. Sandmann (2001) Bleaching herbicide norflurazon inhibits phytoene desaturase by competition with the cofactors. J. Agric. Food Chem. 49:5270~5272.
- Breitenbach, J., P. Böger and G. Sandmann (2002) Interaction of bleaching herbicides with target enzyme ζ -carotene desaturase. Pestic. Biochem. Physiol. 73:104~109.
- Chae, S. H., K. Yoneyama, Y. Takeuchi and D. M. Joel (2004) Fluridone and norflurazon, carotenoid biosynthesis inhibitors, promote seed condition and germination of the holoparasite *Orobanche minor*. Am. Soc. Plant Biologist; Southern Section pp.328~337.
- Cherrier, R., A. Boivin, C. Perrin-Ganier and M. Schiavon (2005) Sulcotrione versus atrazine transport and degradation in soil columns. Pest Manag. Sci. 61:899~904.
- Jung, S. (2004) Effect of chlorophyll reduction in *Arabidopsis thaliana* by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. Plant Physiol. Biochem. 42:225~231.
- Kowalczyk-Schröder, S. and G. Sandmann (1992) Interference of fluridone with the desaturation of phytoene in membranes of the cyanobacterium *Aphanocapsa*. Pestic. Biochem. Physiol. 42:7~12.
- Pest Management Regulatory Agency Health Canada (2005) Proposed regulatory decision document PRDD2005-05 AC900001.
- Salguero, A., B. de la Morena, J. Vigar, J. M. Vega, C. Vilchez and R. León (2003) Carotenoids as protective response against oxidative damage in *Dunaliella bardawil*. Biomolecular Engineering 20:249~253.
- Sandmann, G., H. Linden and P. Böger (1989) Enzyme-kinetic studies on the interaction of norflurazon with phytoene desaturase. Z. Naturforsch 44(C):787~790.
- Sandmann, G. and P. Böger (1993) Structure-activity correlations of substituted 3(2H)furanones chemically related to the bleaching herbicide flutamon. Z. Naturforsch 48(C):312~316.
- Sandmann, G. and P. Böger (1997) Phytoene desaturase as a target for bleaching herbicides. In herbicide activity: toxicology, biochemistry and molecular biology. R.M. Roe *et al.* (Eds.) IOS Press. pp.1~10.
- Schneider, D., P. Böger and G. Sandmann (1997) Heterologous expression in an active state, purification, and biochemical properties. Protein Expression Purif. 10:175~179.
- Streibig, J. C. (1980) Models for curve fitting herbicide dose response data. Acta Agric. Scan. 30:59~64.
- Tal, B., J. S. Rokem, J. Gressel and I. Goldberg (1984) The effect of chlorophyll bleaching herbicides on growth, carotenoid and diosgenin levels in cell suspension cultures of *Dioscorea deltoidea*. Phytochem. 23(6):1333~1335.
- Trebst, A. and B. Depka (1997) Role of carotene in the rapid turnover and assembly of photosystem II in *Chlamydomonas reinhardtii*. FEBS Letters 400:359~362.
- Vecchia, F. D., R. Barbato, N. L. Rocca, I. Moro and N. Rascio (2001) Responses to bleaching herbicides by leaf chloroplasts of maize plants grown at different temperatures. Exp. Bot. 52(357):811~820.
- White, R. H., W. S. Clayton, A. F. Burnhams, A. Goldsmith, G. Seaman and T. Walker (1999) AC900001: A new herbicide for broadleaf weed control in cereals. The 1999 Brighton Conference-Weeds pp.47~52.
- Willoughby, I., D. Clay and F. Dixon (2003) The effect of pre-emergent herbicides on germination and early growth of broadleaved species used for direct seeding. Forestry 76(1):83~94.
- Yu, Q., X. Q. Zhang, A. Hashem, M. J. Walsh and S. B. Powles (2003) ALS gene proline (197) mutations confer ALS herbicide resistance in eight separated wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations. Weed Sci. 51:831~838.
- 김진석, 김태준, 김성문, 조광연 (1999) 제초제 작용기작 연구의 최근 동향과 활용. 한국잡초학회지 19(4):261~268.

Herbicidal properties of picolinafen

Jong-Nam Lee*, Suk-Jin Koo, Do-Soon Kim, Ki-Hwan Hwang, Dae-Hwang Kim¹, Yong-Kwan Ko¹, Keun-Hoe Chung¹, Jae-Wook Ryu¹, Jae-Chun Woo¹, Dong-Wan Koo¹(*R&D Park, LG Life Sciences Ltd., Daejeon, Korea,*
¹*Bio organic Science Division, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon, Korea*)

Abstract : This study was conducted to evaluate herbicidal properties of picolinafen in terms of crop safety, weed control spectrum, application window, residual efficacy and resistant weed control. Herbicidal phytotoxicity of picolinafen to wheat and barley was greatest when applied at 0 days after sowing (DAS), but decreased significantly as plant growth advanced. Picolinafen showed greater activity against broadleaved weeds than grass weeds. Picolinafen showed highest activity when it was applied at early post emergence timing (5 to 15 DAS), and showed significantly decreased activity at 20 DAS application. The LT₅₀ values (the period from application required for residual control by 50%) was 9.3 and 6.5 days against *Digitaria ciliaris* and *Brasica naus* at 60 g a.i. ha⁻¹, respectively. Picolinafen showed similar activities against both triazine resistant and sensitive *Amaranthus retroflexus*. Collectively, picolinafen appeared to have a good fitness to control resistant broad leaved weeds control by early post emergence application.

Key words : picolinafen, crop safety, spectrum, residual efficacy, resistant weed.

*Corresponding author (Fax : +82-42-863-0239, Email : jnlee@lgls.co.kr)