

· 研究论文 ·

五氟磺草胺对水稻种子萌发及幼苗生长的影响

朱金文*, 魏方林, 陆小磊, 朱国念

(浙江大学 农药与环境毒理研究所, 浙江 杭州 310029)

摘要: 采用琼脂床法种子萌发试验研究了五氟磺草胺对不同品种水稻种子萌发及幼苗生长的影响。结果表明: 对五氟磺草胺敏感性较高的水稻品种有加育 253、加昆 1 号、秀水 0209、加绍二号、B 优 827 等, 抑制根长的 IC_{50} 值在 $1.65 \times 10^{-2} \sim 4.48 \times 10^{-2}$ mg/L 之间; 敏感性较低的品种有两优培等。敏感性高与敏感性低者 IC_{50} 值相差 44 倍, IC_{10} 值相差 51 倍, 总体上粳稻品种较为敏感, 而多数杂交稻品种的敏感性相对较低。在较低温度下水稻对五氟磺草胺更为敏感, 15℃ 时五氟磺草胺对株高与根长的 IC_{50} 值分别为 6.74×10^{-2} 与 1.58×10^{-2} mg/L, 在 20、25、30、35℃ 条件下对根长的 IC_{50} 值分别是 15℃ 时的 1.1、2.2、4.0、7.2 倍。在水稻立针期用药液浸根处理后 5 d 浓度大于 0.10 mg/L 的处理株高均明显受到抑制。在水稻幼苗 2 叶期时用五氟磺草胺茎叶喷雾处理后 15 d 用药量 (有效成分) 超过 30 g/hm² 者水稻幼苗生长受到抑制。

关键词: 五氟磺草胺; 水稻; 种子萌发; 幼苗生长

中图分类号: S482.4

文献标识码: A

文章编号: 1008-7303(2006)02-0129-05

Influence of Penoxsulan to Seed Germination and Seedling Growth of *Oryza sativa*

ZHU Jin-wen*, WEI Fang-lin, LU Xiao-lei, ZHU Guo-nian

(Institute of Pesticide and Environmental Toxicology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract Susceptibility of paddy rice to penoxsulan in seed germination and influence of temperature on it were conducted by the method of Agar-agar bed. Some varieties of paddy rice such as JIAYU 253, JIAKUN 1, XIUSHU 10209, JIASHAO 2 and BYOU 827 were relatively sensitive to penoxsulan, the IC_{50} value was $1.65 \times 10^{-2} \sim 4.48 \times 10^{-2}$ mg/L, other varieties such as LIANGYOUPEI were relatively tolerant toward it. The IC_{50} value of relatively tolerant variety was 44 times of that of sensitive variety, the IC_{10} value of relative tolerant variety was 51 times of that of sensitive variety, in general the japonica rice was relatively sensitive and most of hybrid rice was relatively tolerant toward it. The paddy rice was more sensitive to penoxsulan in relatively low temperature, the IC_{50} value for shoots and roots for variety of XIUSHU 10209 in temperature 15℃ were 6.74×10^{-2} and 1.58×10^{-2} mg/L, respectively. The IC_{50} value for roots in temperature of 20, 25, 30 and 35℃ was 1.1, 2.2, 4.0 and 7.2 times of that in temperature of 15℃, respectively. The shoots of variety of XIUSHU 10209 was inhibited significantly when the penoxsulan concentration was more than 0.10 mg/L with the roots immersed in penoxsulan solution in the growth stage of needle leaf. Also, the shoots of variety of XIUSHU 10209 was inhibited significantly when the penoxsulan dosage was more than 30 g/hm², with the treatment of spraying in the growth stage of two leaves.

Key words penoxsulan; *Oryza sativa*; seed germination; seedling growth

收稿日期: 2006-02-14 修回日期: 2006-04-17.

作者简介: * 朱金文 (1967-), 男, 浙江人, 通讯作者, 在职博士, 讲师, 主要从事除草剂药理与使用技术研究. 联系电话: 0571-86971220

E-mail: zhjw@zju.edu.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

水稻直播是目前主要的轻型栽培技术之一,近年来其面积增长较快。直播稻由于生长前期供杂草生长的空间大,田水干湿交替也有利于杂草发生,草害问题尤为突出。另一方面,由于水稻种子萌发时对除草剂甚为敏感,因此可在直播田使用的除草剂品种较少。苄嘧磺隆与吡嘧磺隆是国内外直播稻田防治莎草与阔叶杂草的主要除草剂,但由于长期连续使用,异型莎草 *Cyperus difformis*、萤蔺 *Scirpus juncooides*、慈姑 *Sagittaria montevidensis* spp. *calycina* 雨久花 *Monochoria korsakowii* 鸭舌草 *Monochoria vaginalis*、陌上菜 *Lindernia procumbens* 等稻田主要杂草已对苄嘧磺隆等磺酰胺类除草剂出现了不同程度的抗性^[1]。五氟磺草胺是新型三唑并嘧啶磺酰胺类除草剂,用于防治水稻田一年生杂草。该药剂作用靶标也是乙酰乳酸合成酶(ALS),但是抗磺酰胺类除草剂的杂草对三唑并嘧啶磺酰胺类除草剂的交互抗性水平显著低于对其他磺酰胺类药剂^[2]。五氟磺草胺的除草活性与其他ALS抑制剂也有明显差异,对稗草等禾本科杂草的活性优于苄嘧磺隆等除草剂,对莎草与阔叶杂草也有较高的生物活性,是防治稻田杂草较理想的除草剂^[3]。研究表明,不同品种水稻对ALS抑制剂的敏感性往往不同,如双草醚对籼稻与粳稻的安全性差异很大,只限于在籼稻上使用^[4]。直播早稻在水稻生长前期气温往往较低,在较低温度条件下使用ALS抑制剂容易导致玉米等作物出现药害^[5]。然而,有关不同品种水稻对五氟磺草胺的敏感性以及温度对敏感性的影响尚未见报道。作者开展了不同品种水稻种子萌发与幼苗生长对五氟磺草胺的敏感性试验,现报道如下。

1 材料与方 法

1.1 供试生物

水稻 *O. riza sativa* Linn. 品种分别是秀水 0209 两优培九、川香 9 号、中优 3Q 加 991 加绍二号、汕优 1Q 二优 836 B 优 827 汕优 63 加昆 1 号、加育 143 二优、二优明 96 祥湖 914 加育 253 由浙江省嘉兴市农业科学院与杭州市种子公司提供。

1.2 药剂与仪器

有效成分质量分数为 2.5% 的五氟磺草胺油悬浮剂 (penoxsulam, 25 OF), 美国陶氏益农公司产品;有效成分质量分数为 10% 的苄嘧磺隆可湿

性粉剂 (bensulfuron-methyl 100 WP), 由浙江大学农药与环境毒理研究所配制, 制剂配方中含有木质素磺酸钠、SOPA-27Q、白炭黑等。ASP-1098 自动喷雾装置 (浙江大学农药与环境毒理研究所), 人工气候箱 (宁波江南仪器设备公司) 等。

1.3 不同品种水稻种子萌发对五氟磺草胺的敏感性

在预备试验的基础上, 将五氟磺草胺按一定的等比级差设计 6 个浓度 ($2.00 \times 10^{-4} \sim 1.56 \text{ mg/L}$)。采用琼脂床法进行种子萌发试验: 药剂与琼脂培养基溶液在一次性塑料杯中混匀, 并用清水定容至 100 mL。选取经催芽且大小一致的刚露白种子种于药剂培养基表层, 杯口覆盖保鲜膜后置于光照培养箱中培养, 温度 (25 ± 1) °C, 相对湿度 $80\% \pm 5\%$ 。每处理设 3 个重复, 每重复 10 粒水稻种子。培养过程中观察记录水稻的药害症状, 药剂处理后 5 d 测量株高与根长。利用 DPS (3.01 版) 统计软件对浓度对数与抑制率几率值进行线性回归, 求出抑制中浓度 (IC_{50}) 与抑制 10% 浓度 (IC_{10}) 及 95% 置信限^[6,7]。

1.4 不同温度条件下水稻种子萌发对五氟磺草胺的敏感性

秀水 0209 是对五氟磺草胺较敏感的主要栽培品种之一, 故选择秀水 0209 进行试验。试验温度分别为 (15 ± 1)、(20 ± 1)、(25 ± 1)、(30 ± 1)、(35 ± 1) °C, 其他试验方法同 1.3 节。

1.5 水稻立针期浸根处理对五氟磺草胺的敏感性

选择秀水 0209 进行试验。在预备试验的基础上, 将五氟磺草胺按一定的等比级差设计 5 个浓度 ($0.10 \sim 8.10 \text{ mg/L}$)。药剂与标准 Hogland 营养液在玻璃缸 ($12 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$) 中混匀, 每个浓度处理用 500 mL 药液。水稻种子经催芽后在细沙中培养至立针期, 株高 4~5 cm, 幼苗用泡沫板与海绵固定, 仅使水稻根系浸于药液中, 在光照培养箱中培养, 温度 (25 ± 1) °C, 相对湿度 $80\% \pm 5\%$, 药剂处理后 5 d 测量株高与鲜重。其他试验方法同 1.3 节。

1.6 水稻幼苗茎叶喷雾处理对五氟磺草胺的敏感性

以秀水 0209 进行试验, 五氟磺草胺设 3.75、7.50、15.00、30.00、37.50、45.00 g/hm^2 6 个处理剂量。水稻种子经催芽后播种于培养钵 (11 cm

×9 cm)中,土壤 pH 值为 6.6,有机质质量分数为 1.36%,在温室中(20~28℃)培养至 2 叶期供试。用 A SP-1098 型自动喷雾装置茎叶喷雾处理,相当于每公顷施药液量为 450 L。待药液自然晾干后,移回温室中培养,采用培养钵底部吸收法补充水分与液态养分。设清水处理为对照,药剂处理后 15 d 测量株高与鲜重^[6,8]。其他试验条件同 1.3 节。

2 结果与讨论

2.1 不同品种水稻种子萌发对五氟磺草胺的敏感性

结果表明,五氟磺草胺对不同品种水稻根系生长的影响差异较大(见表 1)。对五氟磺草胺敏感性较低的品种有两优培九、川香 9 号、加育 143、二优 836、二优明 96 等,对根长的 IC_{50} 值为 0.25~0.74 mg/L; 而敏感性较高的品种有加育 253、加

昆 1 号、秀水 0209、加绍二号、B 优 827 等,对根长的 IC_{50} 值为 $1.65 \times 10^{-2} \sim 4.48 \times 10^{-2}$ mg/L; 敏感性高与敏感性低者 IC_{50} 值相差 44 倍, IC_{10} 值相差 51 倍。分析本试验的 16 个水稻品种,总体上粳稻品种的敏感性相对较高,而多数杂交稻品种的敏感性相对较低。从毒力回归方程可以看出,不同品种间 b 值差异较大,说明不同品种水稻对五氟磺草胺的反应分散性大小存在差异。

已有的研究表明,不同品种水稻体内 ALS 酶的活性不同,且不同品种水稻 ALS 酶在离体条件下对同一药剂的敏感性也不同^[4,9],药剂在同一作物的不同品种体内降解速度也有差异^[10],这可能是不同品种水稻对五氟磺草胺敏感性存在差异的原因。生产上在使用该药剂时,应根据不同水稻品种对药剂的耐受程度,在用药量与施药时期等方面加以注意,避免较敏感品种出现药害。

Table 1 Inhibition of penoxsulam to seed germination of varieties of paddy rice*

Varieties	Regression equation (Y =)	r	IC_{50} / (mg/L)	95% CL / (mg/L)	IC_{10} / (mg/L)	95% CL / (mg/L)
XIU SHUI 0209	7.032 4 + 1.407 0x	0.989 3	3.59×10^{-2}	$(2.67 \sim 5.03) \times 10^{-2}$	4.41×10^{-3}	$(2.80 \sim 6.31) \times 10^{-3}$
LIANGYOUPEI	5.096 7 + 0.724 0x	0.993 1	0.74	0.30~14.70	1.25×10^{-2}	$(1.01 \sim 27.40) \times 10^{-3}$
CHUANXIANG 9	5.592 3 + 1.107 8x	0.999 9	0.29	0.19~0.70	2.04×10^{-2}	$(8.11 \sim 32.50) \times 10^{-3}$
ZHONGYOU 30	5.539 4 + 0.757 5x	0.986 1	0.19	0.12~0.46	3.90×10^{-3}	$(1.02 \sim 8.10) \times 10^{-3}$
JIA 991	6.283 9 + 1.028 4x	0.991 9	5.60×10^{-2}	$(3.60 \sim 7.81) \times 10^{-2}$	3.21×10^{-3}	$(5.10 \sim 80.20) \times 10^{-4}$
JISHAO 2	6.279 7 + 0.926 3x	0.940 8	4.15×10^{-2}	$(2.15 \sim 6.09) \times 10^{-2}$	1.70×10^{-3}	$(1.01 \sim 55.11) \times 10^{-4}$
SHANYOU 10	5.811 5 + 1.044 9x	0.992 1	0.17	$9.81 \times 10^{-2} \sim 0.52$	9.91×10^{-3}	$(3.81 \sim 16.00) \times 10^{-3}$
ERYOU 836	5.542 9 + 0.897 0x	0.985 0	0.25	0.16~0.55	9.30×10^{-3}	$(1.40 \sim 20.70) \times 10^{-3}$
B YOU 827	6.147 0 + 0.850 6x	0.987 5	4.48×10^{-2}	$(3.00 \sim 7.44) \times 10^{-2}$	1.41×10^{-3}	$(1.01 \sim 40.10) \times 10^{-4}$
SHANYOU 63	5.714 5 + 1.107 3x	0.986 3	0.23	0.16~0.39	1.58×10^{-2}	$(5.10 \sim 27.90) \times 10^{-3}$
JIAKUN 1	7.676 4 + 1.628 5x	0.999 9	2.27×10^{-2}	$(1.70 \sim 2.85) \times 10^{-2}$	3.72×10^{-3}	$(1.62 \sim 6.10) \times 10^{-3}$
JIAYU 143	5.658 8 + 1.153 8x	0.999 0	0.27	0.19~0.49	2.08×10^{-2}	$(8.01 \sim 34.40) \times 10^{-3}$
ERYOU	5.966 8 + 1.372 9x	0.964 5	0.20	0.15~0.29	2.30×10^{-2}	$(1.13 \sim 3.50) \times 10^{-2}$
ERYOUMING 96	5.992 7 + 1.639 0x	0.991 3	0.25	0.19~0.37	4.10×10^{-2}	$(2.64 \sim 5.47) \times 10^{-2}$
XIANGHU 914	6.150 6 + 0.895 7x	0.995 2	5.19×10^{-2}	$(2.77 \sim 8.27) \times 10^{-2}$	1.90×10^{-3}	$(4.01 \sim 51.00) \times 10^{-4}$
JIAYU 253	6.699 0 + 0.953 3x	0.995 0	1.65×10^{-2}	$(1.10 \sim 2.42) \times 10^{-2}$	8.01×10^{-4}	$(3.01 \sim 15.10) \times 10^{-4}$

Note: The results were expressed as length inhibition of roots 5 days after treatment

2.2 不同温度条件下水稻对五氟磺草胺的敏感性

在 15~20℃条件下,水稻幼苗与根系生长缓慢,且次生根数量极少。在较低温度下,水稻对药剂的敏感性较高(表 2): 15℃时五氟磺草胺对株高的 IC_{50} 值为 6.74×10^{-2} mg/L,而在 20、25、30、35℃条件下对株高的 IC_{50} 值分别是 15℃时的 2.3、4.8、5.4、5.1 倍; 15℃时对根长的 IC_{50} 值为

1.58×10^{-2} mg/L,在 20、25、30、35℃下对根长的 IC_{50} 值分别是 15℃时的 1.1、2.2、4.0、7.2 倍。对株高与根长的 IC_{10} 值也呈现类似的趋势。在较高温度下,毒力回归方程中 b 值较大,说明温度较高时水稻对五氟磺草胺的反应分散性减小。

温度是影响除草剂除草活性以及对作物安全性的重要因素^[5,11],温度低于 10℃或高于 32℃条件下,按推荐剂量使用烟嘧磺隆对玉米会产生药

害^[5],在 14℃条件下玉米体内砒嘧磺隆的降解速度明显比 21℃条件下慢^[10]。作物对外源化合物代谢能力的降低可能是低温胁迫条件下水稻对五

氟磺草胺敏感性较高的主要原因之一。春季水稻播种后往往处于较低温环境中,在这种气候条件下尤其要注意五氟磺草胺对水稻的安全性。

Table 2 Inhibition of penoxsulam to seed germination of paddy rice in different temperatures*

Tem peratures /℃	Regression equation (Y =)	r	IC ₅₀ / (m g /L)	95% CL / (m g /L)	IC ₁₀ / (m g /L)	95% CL / (m g /L)	
15	Shoots	5.746 5 + 0.504 5x	0.999 9	6.74 × 10 ⁻²	(4.00~13.70) × 10 ⁻²	1.20 × 10 ⁻³	(3.60~25.10) × 10 ⁻⁴
	Roots	6.174 4 + 0.651 5x	0.975 1	1.58 × 10 ⁻²	(8.80~26.90) × 10 ⁻³	1.70 × 10 ⁻⁴	(2.01~55.00) × 10 ⁻⁵
20	Shoots	5.533 4 + 0.655 5x	0.996 9	0.15	(7.70~46.90) × 10 ⁻²	1.71 × 10 ⁻³	(4.70~36.40) × 10 ⁻⁴
	Roots	6.163 7 + 0.661 0x	0.985 0	1.74 × 10 ⁻²	(9.90~29.60) × 10 ⁻³	2.00 × 10 ⁻⁴	(3.00~61.10) × 10 ⁻⁵
25	Shoots	5.369 2 + 0.757 7x	0.961 2	0.33	0.21~0.55	6.61 × 10 ⁻³	(1.80~14.90) × 10 ⁻³
	Roots	6.965 2 + 1.346 7x	0.993 9	3.47 × 10 ⁻²	(2.57~4.89) × 10 ⁻²	3.90 × 10 ⁻³	(2.40~5.71) × 10 ⁻³
30	Shoots	5.367 2 + 0.838 2x	0.998 7	0.37	0.24~0.60	1.08 × 10 ⁻²	(3.82~21.40) × 10 ⁻³
	Roots	6.250 6 + 1.046 6x	0.974 1	6.38 × 10 ⁻²	(3.76~9.21) × 10 ⁻²	3.80 × 10 ⁻³	(1.10~8.50) × 10 ⁻³
35	Shoots	5.546 1 + 1.168 8x	0.980 9	0.34	0.25~0.50	2.73 × 10 ⁻²	(1.49~4.27) × 10 ⁻²
	Roots	6.060 1 + 1.121 8x	0.983 4	0.11	7.56 × 10 ⁻² ~0.16	8.20 × 10 ⁻³	(3.21~15.50) × 10 ⁻³

Note: The variety of paddy rice was X IU SHU I 0209. The results were expressed as height inhibition of shoots and length inhibition of roots 5 days after treatment

2.3 水稻立针期浸根处理对五氟磺草胺的敏感性

在水稻立针期用五氟磺草胺浸根处理,5 d后浓度大于 0.10 m g/L 处理者株高都受到明显的抑制(图 1)。以药剂处理后株高增长量为参数进行线性回归,求得五氟磺草胺对水稻株高增长的抑制 IC₅₀值为 0.51 m g/L,抑制 IC₁₀值为 5.10 × 10⁻³ m g/L;而对照药剂砒嘧磺隆对水稻株高的抑制 IC₅₀值为 1.91 m g/L,IC₁₀值为 6.06 × 10⁻² m g/L。说明水稻对五氟磺草胺的敏感性高于对砒嘧磺

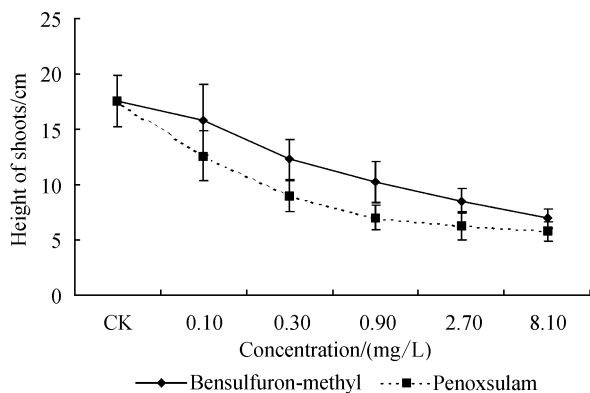


Fig 1 Inhibition of penoxsulam to paddy rice (X IU SHU I 0209) in grow th stage of needle leaf with the roots immersed in penoxsulam solution

Note: The results were expressed as height inhibition of shoots 5 days after treatment

隆。鲜重的测定结果也呈同样的趋势。五氟磺草胺在田间主要有茎叶处理与毒土法处理两种施药方式,其中毒土法处理时药剂主要与水稻基部及根系接触。水稻播种后土壤含水量较低时不利于扎根,裸露的根系将直接与药剂接触,类似原因造成的药害在生产上时有发生^[12]。五氟磺草胺按推荐剂量(有效成分)30 g/hm²使用,若稻田水层深度分别为 1、2、4、8 cm,则田水中药剂的初始浓度分别约为 0.30、0.15、7.50 × 10⁻²、3.80 × 10⁻² m g/L,均高于 IC₁₀值。因此,田间使用五氟磺草胺时应保持一定深度的水层,并尽量避免药剂与根系直接接触,以提高对水稻的安全性。

2.4 五氟磺草胺茎叶处理对水稻幼苗生长的影响

在水稻幼苗 2 叶期时用五氟磺草胺茎叶喷雾处理后 15 d,不同剂量处理均会使水稻生长受到不同程度的影响(图 2)。有效剂量 3.75 g/hm²对水稻生长有一定的促进作用,植株略高于 CK;7.50~15.00 g/hm²处理者株高与 CK 相当;30.00 g/hm²处理者植株比 CK 略矮;37.50~45.00 g/hm²处理者植株较明显矮于 CK,叶片与叶鞘较短,叶片绿色略深。对照药剂砒嘧磺隆用量在 3.75 g/hm²时对水稻生长也有一定的促进作用,但 45.00 g/hm²的处理未观察到明显的株高抑制现象。说明五氟磺草胺用量低于 30 g/hm²

时对水稻幼苗较安全,但相同剂量下安全性低于苄嘧磺隆。鲜重的试验结果也相类似。

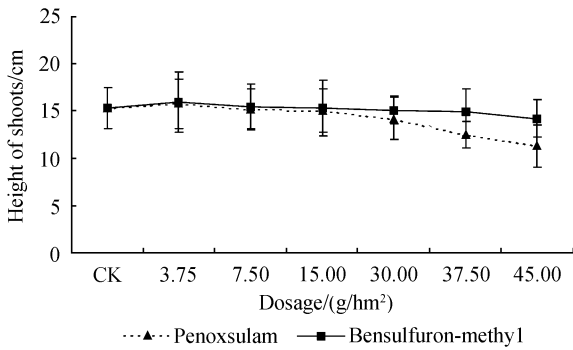


Fig 2 Inhibition of penoxsulam to paddy rice (XU SHU I 0209) in growth stage of 2 leaves

Note: The results were expressed as height inhibition of shoots 15 days after treatment of spraying.

水稻生长至 2~3 叶期时有一定的叶面积,有利于除草剂雾滴在叶片上沉积,但该时期水稻处于离乳期,抗逆性较差,因此,水稻 2~3 叶期是考察茎叶处理除草剂对水稻幼苗安全性的主要生育期之一。生产上对五氟磺草胺的推荐使用剂量为 15~30 g/hm²,采用茎叶处理方式防除杂草时,除草效果最理想的用药时间也正是水稻 2~3 叶期。根据本试验结果,生产上使用五氟磺草胺时不可随意提高用药量,并应注意施药时的雾化方法与施药者的田间行进方式,使药剂在田间的分布尽量均匀,以避免局部地块施药量过多而影响水稻幼苗的生长。

3 小结

本试验结果表明,不同品种水稻对五氟磺草胺的敏感性差异较大,总体上粳稻品种的敏感性相对较高,而多数杂交稻品种的敏感性相对较低。在 15~20℃ 较低温度条件下水稻对该药剂的敏感性较高。如果水稻在立针期根系接触到浓度大于 0.10 mg/L 的五氟磺草胺,或茎叶处理时用药量超过 30 g/hm²,可能导致水稻幼苗生长暂时受到抑制,因此生产上使用该药剂时应加以注意,以避免药害的发生。当然,除草剂的选择性为相对选择性,ALS 抑制剂引起的水稻幼苗生长暂时受阻,程度轻者往往能够逐渐恢复。因此,还需要综合考虑药剂使用后对水稻产量与品质的影响,以全面评价五氟磺草胺对水稻的安全性。

参考文献:

- [1] SU Shao-quan (苏少泉). 稻田杂草对除草剂的抗性及其防治 [J]. Pesticides (农药), 2001, 40(7): 11-14
- [2] Kudsk P, Mathiassen S K, Cotteman J C, et al. Sulfonylurea resistance in *Stellaria media* (L.) Vill [J]. Weed Research, 1995, 35(1): 19-24.
- [3] JING Wei-feng (荆卫锋), FU Hua-xin (傅华欣), LU Yun-mei (陆云梅), et al. 五氟磺草胺防除水直播稻田杂草效果 [J]. Chin J Weed Sci (杂草科学), 2005, (1): 36-37.
- [4] WANG Qiang (王强), WANG Yong (王勇), ZHAO Xue-ping (赵学平), et al. 水稻与稗草 ALS 活性测定及农美利选择机理研究 [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis (浙江农业学报), 2000, 12(6): 303-307.
- [5] DING Guang-zhou (丁广州). Tolerance of Different Varieties of Common Nicosulfuron under Influence of Temperature and Air Relative Humidity (玉米不同品种对玉农乐 Nicosulfuron 的耐性及温湿效应的研究) [D]. Harbin (哈尔滨): Northeast Agricultural University (东北农业大学), 2003
- [6] USEPA. Background-Non-target Plant Testing [EB/OL]. http://www.epa.gov/opptsfrs/OPPTS_Hamornized/850_Ecological_Effects_Test_Guidelines/Drafts/850-4000.pdf EPA 712-C-96-151, OPPTS 850 4000, 1996.
- [7] USEPA. Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test [EB/OL]. http://www.epa.gov/opptsfrs/OPPTS_Hamornized/850_Ecological_Effects_Test_Guidelines/Drafts/850-4200.pdf EPA 712-C-96-154, OPPTS 850 4200, 1996.
- [8] USEPA. Early Seedling Growth Toxicity Test [EB/OL]. http://www.epa.gov/opptsfrs/OPPTS_Hamornized/850_Ecological_Effects_Test_Guidelines/Drafts/850-4230.pdf EPA 712-C-96-347, OPPTS 850 4230, 1996.
- [9] HUANG Xin-fa (黄新法). Preliminary Study on the Susceptibility of Herbicide-targeted Acetylactate Synthase to Inhibitors and Its Molecular Mechanism (除草剂靶标乙酰乳酸合成酶对抑制剂敏感性及其分子机理的初步研究) [D]. Hangzhou (杭州): Zhejiang University (浙江大学), 2003
- [10] Fuentes C L, Leroux G D. Rim sulfuron uptake, translocation, metabolism and ALS sensitivity to rim sulfuron in two maize hybrids [J]. Agronomia Colombiana, 2003, 21(1/2): 17-27.
- [11] Light G G, Dotray P A, Mahan J R. Thermal dependence of pyriothiac efficacy in *Amaranthus palmeri* [J]. Weed Science, 1999, 47(6): 644-650
- [12] ZHAO Xue-ping (赵学平), WANG Xiu-mei (王秀梅), WANG Qiang (王强), et al. 农美利等除草剂对水稻药害的研究 [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis (浙江农业学报), 2000, 12(6): 368-373.

(Ed. TANG J)