



张苏新, 黄元炬, 王春, 等. 乙氧氟草醚不同施药条件下对水稻安全性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2024(11):31-36.

# 乙氧氟草醚不同施药条件下对水稻安全性的影响

张苏新<sup>1</sup>, 黄元炬<sup>1</sup>, 王春<sup>1</sup>, 李广雨<sup>1</sup>, 王芊<sup>1</sup>, 刘亚光<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 植物保护研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为明确乙氧氟草醚不同时期、不同剂量施用对耐敏水稻的安全性,采用整株生物测定法分别测定乙氧氟草醚于水稻移栽前 5、3 和 1 d 及移栽后 3 和 5 d 施药对敏感性不同的水稻品种生长指标的影响。结果表明,对于耐药性水稻品种垦稻 31 而言,移栽前 5~3 d 施药,在乙氧氟草醚有效成分用量 36~108 g·hm<sup>-2</sup> 下对水稻株高、分蘖及地上部鲜重均无显著抑制作用,对水稻安全;移栽前 1 d 施用时,乙氧氟草醚有效成分用量在 36~54 g·hm<sup>-2</sup> 时对水稻生长指标影响较小,用药相对安全;移栽后 3~5 d 施药,有效成分用量为 36 g·hm<sup>-2</sup> 时对水稻相对安全,有效成分用量高于 36 g·hm<sup>-2</sup> 时水稻各项生长指标受到显著抑制。对于敏感性水稻品种龙粳 39 而言,乙氧氟草醚在移栽前 5~3 d 施用时,有效成分用量在 36~54 g·hm<sup>-2</sup> 时对水稻相对安全,有效成分用量高于 54 g·hm<sup>-2</sup> 时生长指标受到显著抑制作用;移栽前 1 d、移栽后 3~5 d 施药,在有效成分用量 36~108 g·hm<sup>-2</sup> 处理下,龙粳 39 各项生长指标受到显著抑制。乙氧氟草醚对敏感性不同的水稻品种最佳施药时期及施药剂量有差异,对于耐药水稻品种建议在移栽前 5~3 d 施用乙氧氟草醚,在推荐剂量范围内使用均安全;对于敏感性水稻品种如需施用乙氧氟草醚建议可在水稻移栽前 5~3 d 施用,有效成分用量不得超过 54 g·hm<sup>-2</sup>,亦可混配其他除草剂共同施用。

**关键词:**乙氧氟草醚;水稻;安全性;耐药性水稻;敏感性水稻

乙氧氟草醚(Oxyfluorfen)是一种二苯醚类除草剂,其作用原理为原卟啉原氧化酶(PPO)抑

制剂,而 PPO 是生物体叶绿素和血红素合成链上的关键酶,催化原卟啉原 IX 转化为原卟啉 IX,目

收稿日期:2024-07-03

基金项目:黑龙江省农业科技创新跨越工程重点攻关项目(CX23GG14);十四五国家重点研发计划项目(2023YFD1401100)。

第一作者:张苏新(1997-),女,硕士,研究实习员,从事有害生物综合防治研究。E-mail:574982719@qq.com。

通信作者:黄元炬(1970-),男,硕士,副研究员,从事有害生物综合防治研究。E-mail:huangyuanju@163.com。

## Control Effects and Safety of Flumioxazin·S-Metolachlor on Annual Weeds in Soybean Field

CONG Keqiang, WANG Yu, LUO Chan, GUO Xiaotong, GUO Yulian

(Plant Protection Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to efficiently utilize pre-emergence herbicide 882 g·L<sup>-1</sup> flumioxazin·s-metolachlor oil-based suspension concentrates (OD) against annual weeds in soybean fields, field efficacy trials were conducted by randomized block method in 2020–2021. The results denoted that the herbicide 882 g·L<sup>-1</sup> flumioxazin·s-metolachlor OD was used for the soil spray treatment of soybeans before emergence and had a good control effect on the primary weeds including *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Chenopodium album* L., *Persicaria bungeana* (Turcz.) Nakai ex T. Mori, *Abutilon theophrasti* Medicus and *Amethystea caerulea* L. at the ingredient dosage of 1 058.4–2 381.4 g·ha<sup>-1</sup>. The plant control efficacy and fresh weight control efficacy on the total weed were 92.9%–100.0%, 92.3%–99.1% and 94.8%–100.0%, 95.5%–99.7% respectively. At 20 days and 40 days after treatment and before ridding, the heart leaves of a small number plants were crumpled under the highest dose treatment in 2020, and the other treatments displayed no phytotoxicity. The yield of soybean was significantly increased by each treatment compared with the blank control, and the rate of yield increase was 202.8%–220.9% and 181.6%–196.9%. The appropriate application dose of 882 g·L<sup>-1</sup> flumioxazin·s-metolachlor OD is 1 200–1 500 mL·ha<sup>-1</sup> (the effective component is 1 058.4–1 323.0 g·ha<sup>-1</sup>).

**Keywords:** soybean; flumioxazin·s-metolachlor; soil treatment; weed control

前广泛存在于高等动物、植物、细菌和真菌等多种生命体内<sup>[1-2]</sup>。乙氧氟草醚能够抑制植物体内PPO活性,阻碍叶绿素和胡萝卜素合成,破坏敏感植物的细胞膜,最终植物会因为细胞与细胞器干枯解体而死亡<sup>[3]</sup>。乙氧氟草醚具有杀草谱广、持效期长、活性高、低毒、低残留等特点,且其抗性发生缓慢,能与多数除草剂混配使用,能够扩大杀草谱,增强药效,提高安全性,芽前芽后均可施用,因而广泛应用于我国水稻生产。乙氧氟草醚优点居多,但因其而在北方地区低温条件下极易产生药害,对水稻安全性不高<sup>[4]</sup>。因此,乙氧氟草醚在北方地区仅作为水稻移栽前封闭处理使用,严重限制了乙氧氟草醚的施药适期,导致近些年其销量急剧下降。除草剂对作物的危害不仅取决于除草剂的自身特性,还取决于作物品种对药剂表现出的耐性或敏感性和环境条件状况,由于施用剂量过高,施药时期不当,用药时的环境条件不良等造成的超过作物品种本身固有的耐性范围,则会产生药害<sup>[5]</sup>。吴绘鹏<sup>[6]</sup>研究发现不同水稻品种对氯氟吡啶酯的敏感性有较大差异,氯氟吡啶酯可降低敏感水稻品种的株高、穗重、穗粒数、实粒数和产量,而对耐药水稻品种的产量影响较小。徐蓬等<sup>[7]</sup>研究双唑草腈对水稻的安全性时发现,在水稻播后苗前或1叶期施用双唑草腈,其在‘南粳9108’(粳稻)、“K两优10”(杂交稻)和稗草间的选择性指数均大于4,对水稻安全。王俊平等<sup>[8]</sup>研究新型除草剂NC1对水稻的安全性时发现,NC1各剂量处理对籼稻鲜重抑制率要高于粳稻和糯稻的鲜重抑制率,且NC1各处理剂量对

1.5叶期水稻的鲜重抑制率要高于2.5叶期和3.5叶期水稻的鲜重抑制率,故早期施药时要注意使用剂量。

药害产生的原因可能与作物品种、施药时期、施药剂量等因素有关,但目前有关乙氧氟草醚对北方地区不同水稻品种的安全性、施药技术的研究尚未见报道。因此,研究不同时期、不同剂量条件下施用乙氧氟草醚对耐敏性不同的水稻品种安全性的影响意义重大。本研究选取前期筛选出的对乙氧氟草醚耐药和敏感的水稻品种进行试验,采用整株生物测定法分别测定乙氧氟草醚于水稻移栽前5,3和1d及移栽后3和5d施药对敏感性不同的水稻品种生长指标的影响,以期筛选出乙氧氟草醚对耐敏水稻的最佳施药时期及施药剂量,为乙氧氟草醚在北方地区稻田的安全使用提供技术支持,为农户水稻品种种植及药剂选择提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试药剂和仪器 供试药剂:240 g·L<sup>-1</sup>乙氧氟草醚(oxyfluorfen)乳油(美国陶氏益农公司)。

主要仪器设备:人工气候培养箱(常州海博仪器设备有限公司)、背负式电动喷雾器(山东卫士植保机械有限公司)、电子天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司)。

1.1.2 供试水稻品种 垦稻31(耐药性水稻)、龙粳39(敏感性水稻),水稻品种均由东北农业大学农学院提供。具体信息详见表1。

表1 试验水稻具体信息

品种	省份	积温带	类型	母本	父本	有效积温/℃
垦稻31	黑龙江	第四	粳型常规稻	垦06-1193	垦06-931	2350
龙粳39	黑龙江	第三	粳型常规稻	龙花96-1484	龙粳8号	2250

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 采用盆栽试验,试验地点位于东北农业大学盆栽场内。选取敏感和耐药的水稻品种进行试验。试验用土为未使用过除草剂的黑土,将土定量装于直径为36 cm的塑料盆钵中,施足底肥。水稻于2020年4月20日育苗,培养至3叶期,于5月20日移栽,插秧密度为40穴·m<sup>-2</sup>,每盆插秧密度为4穴,后续管理措施完全同生产实际相同。

乙氧氟草醚药剂浓度梯度根据有效成分用量设置为36,54,72和108 g·hm<sup>-2</sup>。乙氧氟草醚施

药时期设置为移栽前5,3和1d及移栽后3和5d 5个处理。乙氧氟草醚毒土法施药,将不同药剂浓度的乙氧氟草醚制剂与一定粒度的细干土混合均匀后,均匀撒施至各试验盆钵中(水稻移栽前施药可均匀撒施至整个盆钵中,移栽后施药应避免毒土撒至水稻上),施药时盆钵中保持2~3 cm水层,同时设清水对照,各处理3次重复。

1.2.2 测定项目及方法 施药后40 d测量水稻株高,调查每穴水稻分蘖数,剪下水稻地上部分称量每穴水稻鲜重,分别计算株高、分蘖及鲜重抑制率,公式(1)。

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{\text{空白对照测量数据} - \text{药剂处理测量数据}}{\text{空白对照测量数据}} \times 100 \quad (1)$$

1.2.3 数据分析 利用 Excel 2023 进行数据整理, DPS(v7.05) 软件进行统计分析, 采用新复极差法对数据进行  $P < 0.05$  水平差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同条件下施药对水稻株高的影响

由表 2 可知, 移栽前 5~3 d 施药, 不同品种水稻株高抑制率均随着施药剂量的增加而增大。乙氧氟草醚施药剂量在 36~54  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时, 耐药水稻垦稻 31 的株高与对照相比无显著抑制作用, 乙氧氟草醚各施药剂量处理间株高抑制率无显著差异, 株高受药剂影响较小; 乙氧氟草醚各施药剂量下, 敏感水稻龙粳 39 的株高均显著低于对照, 药剂浓度在 72~108  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时, 龙粳 39 株高抑制率显著高于 36~54  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理, 此时药剂对水稻株高影响较大。

移栽前 1 d、移栽后 3~5 d 施药, 不同品种水稻株高抑制率均随着施药剂量的增加而增大。乙氧氟草醚各施药剂量处理下, 不论是耐药品种垦

稻 31 还是敏感品种龙粳 39, 其各处理下株高均显著低于对照组, 此时期施药对耐敏水稻株高均有较大影响。在施药剂量 36~108  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理下, 垦稻 31 在各时期施药条件下株高抑制率分别为 5.45%~15.82%、6.91%~19.52%、6.05%~17.70%, 而龙粳 39 在各时期施药条件下株高抑制率分别为 12.42%~21.45%、14.25%~24.56%、13.91%~22.39%, 敏感水稻株高抑制率远高于耐药品种。

研究表明, 对耐药水稻垦稻 31 而言, 移栽前 5~3 d, 各施药剂量下对水稻株高影响较小, 此时用药对水稻相对安全。对于敏感水稻龙粳 39 而言, 移栽前 5~3 d, 施药有效成分用量为 36~54  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  的处理, 对水稻株高影响较小, 此条件下用药对敏感水稻安全。移栽前 1 d、移栽后 3~5 d, 药剂对耐药和敏感水稻株高均影响较大, 此时不建议施用该药剂除草。

表 2 不同时期和不同剂量下施药对水稻株高的影响

水稻品种	处理/ ( $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	移栽前 5 d		移栽前 3 d		移栽前 1 d		移栽后 3 d		移栽后 5 d	
		株高/ cm	抑制率/ %								
垦稻 31	0(CK)	48.90 a	—	51.70 a	—	55.00 a	—	59.89 a	—	60.75 a	—
	36	49.25 a	0.72 a	51.15 a	1.06 a	52.00 b	5.45 c	55.75 b	6.91 c	57.08 b	6.05 c
	54	48.25 ab	1.33 a	50.25 ab	2.80 a	50.00 bc	9.09 c	52.63 bc	12.13 b	54.18 bc	10.82 b
	72	46.50 b	4.91 a	48.45 bc	6.29 a	48.93 c	11.05 b	49.88 cd	16.72 b	51.70 cd	14.90 a
	108	46.83 b	4.24 a	47.25 c	8.61 a	46.30 d	15.82 a	48.20 d	19.52 a	50.00 d	17.70 a
龙粳 39	0(CK)	48.63 a	—	49.77 a	—	53.15 a	—	57.75 a	—	59.88 a	—
	36	45.83 b	5.77 b	46.13 b	7.32 b	46.55 b	12.42 b	49.48 b	14.25 b	51.55 b	13.91 b
	54	44.43 c	8.64 b	44.98 b	9.63 b	44.50 bc	16.27 ab	46.98 bc	18.46 ab	50.38 bc	15.87 b
	72	43.75 c	10.03 a	43.53 bc	12.55 a	43.25 bc	18.63 ab	45.30 c	21.37 ab	48.48 cd	19.05 ab
	108	41.13 d	15.43 a	41.50 c	16.62 a	41.75 c	21.45 a	43.55 c	24.56 a	46.48 d	22.39 a

注: 不同字母表示处理间差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )。下同。

### 2.2 不同条件下施药对水稻分蘖的影响

由表 3 可知, 移栽前 5~3 d 施药, 不同品种水稻分蘖抑制率与施药浓度呈正比。在乙氧氟草醚各施药剂量下, 垦稻 31 各处理分蘖数与对照相比无显著性差异, 分蘖受药剂影响较小; 当乙氧氟草醚有效成分用量大于 54  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时, 龙粳 39 分蘖数显著低于对照组, 说明药剂浓度处于高量 (72  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) 和倍量 (108  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) 时分蘖受到显著抑制。

移栽前 1 d 施药, 不同品种水稻分蘖抑制率与施药浓度呈正比。当乙氧氟草醚有效成分用量大于 54  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时, 垦稻 31 分蘖数显著低于对照, 说明药剂浓度处于高量和倍量时分蘖受到显

著抑制; 在乙氧氟草醚各施药剂量下, 龙粳 39 分蘖抑制率随施药剂量增加而增大, 且各处理下水稻分蘖数均显著低于对照组。

移栽后 3~5 d 施药, 不同品种水稻分蘖抑制率与施药浓度呈正比。当乙氧氟草醚施有效成分用量大于 36  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时, 垦稻 31 分蘖数显著低于对照, 药剂浓度处于中量至倍量 (54~108  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) 时分蘖受到显著抑制; 在乙氧氟草醚各施药剂量下, 龙粳 39 分蘖抑制率随施药剂量增加而增大, 且各处理下水稻分蘖数均显著低于对照组。

试验结果表明, 对于耐药水稻品种垦稻 31 而言, 移栽前 5~3 d, 有效成分用量为 36~108  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 移栽前 1 d, 施药剂量为 36~54  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 以及移栽

后 3~5 d,施药剂量为  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,垦稻 31 分蘖数与对照相比无显著抑制,此时用药安全。对于敏感水稻品种龙粳 39 而言,移栽前 5~3 d,施药剂量为  $36\sim 54 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,水稻分蘖数无显著抑

制作用,对水稻安全,移栽前 1 d 以及移栽后 3~5 d 施药,各施药剂量处理下水稻分蘖数均受到显著抑制作用,此时不建议施用该药剂除草。

表 3 不同时期和不同剂量下施药对水稻分蘖的影响

水稻品种	处理/ ( $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	移栽前 5 d		移栽前 3 d		移栽前 1 d		移栽后 3 d		移栽后 5 d	
		分蘖数/ 个	抑制率/ %								
垦稻 31	0(CK)	13.00 a	—	13.75 a	—	14.00 a	—	14.00 a	—	14.00 a	—
	36	14.00 a	-7.69 b	13.50 a	1.82 a	13.50 ab	3.57 a	13.00 a	7.14 b	13.25 a	5.36 b
	54	13.25 a	-1.92 ab	13.25 a	3.64 a	13.00 ab	7.14 a	12.75 b	8.93 b	12.75 b	8.93 ab
	72	12.75 a	1.92 ab	13.00 a	5.45 a	12.75 b	8.93 a	12.25 c	12.50 ab	12.50 c	10.71 ab
	108	12.50 a	3.85 a	12.50 a	9.09 a	12.25 b	12.50 a	11.75 c	16.07 a	12.00 c	14.29 a
龙粳 39	0(CK)	10.00 a	—	11.00 a	—	11.00 a	—	12.00 a	—	12.00 a	—
	36	8.50 ab	15.00 c	9.00 ab	18.18 c	8.00 b	27.27 c	8.50 b	29.17 c	8.75 b	27.08 c
	54	8.00 ab	20.00 bc	8.00 ab	27.27 bc	6.75 bc	38.64 bc	7.25 bc	39.58 bc	7.50 c	37.50 b
	72	7.25 bc	27.50 ab	7.25 bc	34.09 ab	5.75 cd	47.73 ab	6.00 cd	50.00 ab	6.50 d	45.83 ab
	108	6.50 c	35.00 a	6.75 c	38.64 a	5.00 d	54.55 a	5.25 d	56.25 a	5.50 e	54.17 a

### 2.3 不同条件下施药对水稻地上部鲜重的影响

由表 4 可知,移栽前 5~3 d 施药,不同品种水稻地上部鲜重抑制率与施药浓度呈正比。在乙氧氟草醚各施药剂量下,垦稻 31 各处理下地上部鲜重与对照相比无显著性差异,且各处理之间鲜重抑制率差异不显著,地上部鲜重受药剂影响较小;当乙氧氟草醚有效成分用量为  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,龙粳 39 的地上部鲜重与对照相比无显著性差异,高于  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时水稻地上部鲜重显著低于对照,且在药剂倍量( $108 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ )处理下地上部鲜重抑制率可达 25.10%。

移栽前 1 d、移栽后 3~5 d 施药,不同品种水稻地上部鲜重抑制率与施药浓度呈正比。乙氧氟草醚有效成分用量为  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,垦稻 31 的地上部鲜重与对照差异不显著,高于  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时

水稻地上部鲜重显著低于对照,在药剂倍量处理下地上部鲜重抑制率最高,为 17.34%;在乙氧氟草醚各施药处理下,龙粳 39 的地上部鲜重均显著低于对照组,且在药剂倍量处理下鲜重抑制率可达 53.29%。

研究表明,对于耐药水稻垦稻 31 而言,移栽前 5~3 d 施药,有效成分用量为  $36\sim 108 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,移栽前 1 d、移栽后 3~5 d 施药,乙氧氟草醚施药剂量为  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,垦稻 31 地上部鲜重受药剂影响小,与对照相比无显著差异,用药安全。对于敏感水稻龙粳 39 而言,移栽前 5~3 d,施药剂量为  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时,药剂对其地上部鲜重影响较小,与对照无显著性差异,移栽前 1 d、移栽后 3~5 d 施药,各施药剂量处理下水稻地上部鲜重均受到显著抑制作用,此时不建议施用该药剂除草。

表 4 不同时期和不同剂量下施药对水稻地上部鲜重的影响

水稻品种	处理/ ( $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	移栽前 5 d		移栽前 3 d		移栽前 1 d		移栽后 3 d		移栽后 5 d	
		地上部 鲜重/g	抑制率/ %								
垦稻 31	0(CK)	17.56 a	—	20.86 a	—	23.95 a	—	29.07 a	—	31.46 a	—
	36	18.32 a	-4.31 a	21.27 a	-1.98 a	22.60 ab	5.66 a	26.83 ab	7.71 b	29.27 ab	6.96 b
	54	17.63 a	-0.37 a	20.68 a	0.85 a	21.91 b	8.53 a	25.93 bc	10.79 a	28.89 b	8.17 b
	72	16.76 a	4.54 a	19.84 a	4.89 a	21.38 b	10.74 a	24.94 bc	14.21 a	27.80 b	11.63 a
	108	16.09 a	8.37 a	18.74 a	10.16 a	20.78 b	13.23 a	24.03 c	17.34 a	26.86 b	14.61 a
龙粳 39	0(CK)	14.73 a	—	17.28 a	—	20.12 a	—	26.15 a	—	30.04 a	—
	36	13.30 ab	9.73 b	15.30 ab	11.49 b	14.03 b	30.27 c	17.71 b	32.28 c	20.70 b	31.10 c
	54	12.70 bc	13.82 b	14.61 bc	15.47 b	12.52 bc	37.80 c	15.93 bc	39.08 c	18.96 bc	36.89 c
	72	12.14 bc	17.60 a	13.90 cd	19.59 a	11.36 cd	43.53 b	13.91 cd	46.80 b	17.12 cd	43.03 b
	108	11.18 c	24.12 a	12.94 d	25.10 a	9.72 d	51.68 a	12.22 d	53.29 a	16.04 d	46.62 a

### 3 讨论

乙氧氟草醚为触杀型除草剂,在有光的情况下发挥杀草作用,主要通过胚芽鞘、中胚轴进入植物体内,经根部吸收较少,只有极微量通过根部向上运输进入叶部,能有效防除一年生禾本科、莎草科及阔叶杂草,但对多年生杂草只有抑制作用,苗前和苗后早期用药效果最好<sup>[9]</sup>。评价一种除草剂能否用于作物田杂草防除,除了该除草剂对杂草的防效显著外,还需要考虑其对作物的安全性<sup>[10]</sup>。作物栽培过程中有许多原因能够导致除草剂对其产生药害,如:(1)外部环境的影响:温度、湿度、降雨、干旱等<sup>[11-12]</sup>;(2)施药技术的影响:随意加大施药量、施药时期不合理、施药方法不准确、不同药剂盲目混用等<sup>[13]</sup>;(3)作物自身特性的影响:不同作物品种的耐药性不同,同一品种作物的不同生育期耐药性也不同<sup>[14-15]</sup>;(4)除草剂特性的影响:有效成分、剂型、水溶性、挥发性等<sup>[16]</sup>。

本研究聚焦于乙氧氟草醚不同时期、不同剂量下施用对耐敏水稻生长发育的影响,研究结果表明,乙氧氟草醚可降低敏感水稻品种的株高、分蘖和地上部鲜重,对耐敏水稻品种影响较小。赵长山等<sup>[17]</sup>研究发现,除草剂施用后的一定时期内会抑制水稻株高、鲜重的增长和分蘖的发生,且随着施药剂量的增加抑制作用越大。秦猛等<sup>[18]</sup>研究发现,除草剂处理对寒地水稻生长发育负面影响的程度随用药量的升高而加重,因此建议在寒地稻田使用除草剂时选择较低剂量。本研究发现同样的规律,乙氧氟草醚对耐敏水稻的株高、分蘖及地上部鲜重均具有一定的抑制作用,且抑制程度与施药剂量呈正比,有效成分用量为低量( $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ )时,耐敏水稻地上部鲜重抑制率最高为 7.71%,敏感水稻鲜重抑制率最高为 32.28%,当有效成分用量达到倍量( $108 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ )时,耐敏水稻的地上部鲜重抑制率最高达 17.34%,敏感水稻的鲜重抑制率最高可达 53.29%。

除草剂施药时期不同对水稻安全性的影响不同<sup>[19-21]</sup>。本研究于不同时期施用乙氧氟草醚发现,移栽前 5~3 d 施用,在乙氧氟草醚各有效成分用量( $36, 54, 72$  和  $108 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ )下,耐敏水稻垦稻 31 的株高、分蘖和地上部鲜重等生长指标与对照相比均无显著性差异,施用安全;对敏感水稻龙粳 39 而言,施药剂量为  $36\sim 54 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时对水稻株高、分蘖和地上部鲜重抑制作用较小,用药安

全。移栽前 1 d 施药,对耐敏水稻垦稻 31 而言,乙氧氟草醚有效成分用量为  $36\sim 54 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时对水稻生长指标影响较小,施用安全,高于  $54 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时需谨慎施用;对敏感水稻龙粳 39 而言,此时期乙氧氟草醚各施药剂量对其株高、分蘖和地上部鲜重的影响均较重,不推荐施用。移栽后 3~5 d 施药时,乙氧氟草醚施药量为  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时对垦稻 31 生长指标影响较小,相对安全,高于  $36 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  时不建议施用;乙氧氟草醚各施药剂量下对龙粳 39 的株高、地上部鲜重、分蘖均有明显的抑制作用,不推荐施用。

总体而言,安全用药时期规律为水稻移栽前 5~3 d 优于移栽前 1 d 优于移栽后 3~5 d,推荐乙氧氟草醚在水稻田用药时期为移栽前 5~3 d,具体用药剂量根据水稻品种有所调整,对耐敏水稻而言,乙氧氟草醚推荐剂量范围内均可使用,对敏感水稻而言,施药剂量不得超过  $54 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,亦可混配其他除草剂共同施用。赵怀斌等<sup>[22]</sup>研究不同除草剂施用量和施用时间对水稻产量及株高影响时发现,乙氧氟草醚施药剂量为  $71.96$  和  $107.95 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理对水稻株高生长和产量的影响明显高于  $35.98 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理,且移栽前施用 24% 乙氧氟草醚乳油比移栽后施用对水稻安全性高,与本研究结论一致。

### 4 结论

乙氧氟草醚对敏感性不同的水稻品种最佳施药时期及施药剂量均有差异,乙氧氟草醚可降低敏感水稻品种的株高、分蘖及地上部鲜重指标,对耐敏水稻品种生长指标影响不大。安全用药时期规律为水稻移栽前 5~3 d 优于移栽前 1 d 优于移栽后 3~5 d,推荐乙氧氟草醚在水稻田用药时期为移栽前 5~3 d,具体用药剂量根据水稻品种有所调整,对耐敏水稻而言,乙氧氟草醚推荐剂量范围内均可使用,对敏感水稻而言,有效成分用量不得超过  $54 \text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,亦可混配其他除草剂共同施用。本研究仅针对乙氧氟草醚在不同时期和剂量下用药对耐敏水稻生长发育的影响,但对于不同水稻品种的其他生理生化指标的影响尚不明确,具体作用机制还有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] SOUSA S F, FERNANDES P A, RAMOS M J. Protein-ligand docking: current status and future challenges[J]. *Proteins*, 2006, 65(1): 15-26.

- [2] POWLES S B, YU Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides[J]. Annual Review of Plant Biology, 2010, 61: 317-347.
- [3] 王豪. 玉米-大豆轮作区反枝苋对氟磺胺草醚和烟嘧磺隆抗性机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [4] 曹丽萍.  $240\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  乙氧氟草醚 EC 对水稻田一年生杂草防效研究[J]. 黑龙江农业科学, 2021(4): 40-43.
- [5] 董晓雯. 烟嘧磺隆对不同玉米品种的安全性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2007.
- [6] 吴绘鹏. 氯氟吡啶酯对不同水稻品种的安全性及其混用效应研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [7] 徐蓬, 吴佳文, 王红春, 等. 双唑草腈的除草活性及对水稻的安全性[J]. 植物保护, 2017, 43(5): 198-204.
- [8] 王俊平, 于佳星, 李俊, 等. 新型酰胺类除草剂 NC1 的除草作用及对水稻的安全性[J]. 植物保护, 2022, 48(1): 150-157.
- [9] 吴志凤. 乙氧氟草醚的应用前景与使用技术[J]. 杂草科学, 2004, 22(4): 18-20, 47.
- [10] 项秉哈. 甲氧咪草烟防除耐甲氧咪草烟水稻田杂草的潜力与安全性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2021.
- [11] 任迪. 玉米除草剂药害症状产生原因及补救措施[J]. 现代农村科技, 2013(4): 28-29.
- [12] 崔香仙, 朴光春, 金基善. 稻田除草剂产生药害的原因及补救措施[J]. 吉林农业, 2015(2): 80.
- [13] 赵慧凝. 乙草胺不同时期应用对大豆安全性和杂草防效研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [14] 刘湘林, 柏连阳, 金晨钟, 等. 16 个水稻品种对乙草胺的敏感性研究(英文)[J]. 农业科学与技术: 英文版, 2015, 16(1): 88-92.
- [15] 赵建, 胡谢馨, 刘晴, 等. 6 个不同水稻品种对异丙甲草胺的敏感性差异[J]. 植物保护, 2015, 41(2): 176-180.
- [16] 滕璐璐. 噻草酮防除春大豆田杂草研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [17] 赵长山, 韩玉军. 阿罗津对水稻生长及生理的影响[J]. 农药, 2008, 47(10): 767-769, 778.
- [18] 秦猛, 董全中, 薛红, 等. 除草剂对寒地水稻生长特性影响的初步研究[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(12): 15-19.
- [19] 孙以文, 娄远来, 徐建伟, 等. 氯吡嘧磺隆、吡嘧磺隆及苄嘧磺隆对水稻的安全性[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5): 118-120.
- [20] 郁延坤. 7 种除草剂对水直播水稻安全性影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017.
- [21] 宋文钰, 杨德松. 4 种土壤处理除草剂对膜下滴灌水稻田杂草的防效及安全性[J]. 新疆农垦科技, 2018, 41(12): 37-39.
- [22] 赵怀斌, 赵长山, 郁延坤. 不同除草剂施用量和施用时间对水稻产量及株高的影响[J]. 作物杂志, 2017(2): 163-167.

## Effects of Oxyfluorfen on Rice Safety Under Different Application Conditions

ZHANG Suxin<sup>1</sup>, HUANG Yuanju<sup>1</sup>, WANG Chun<sup>1</sup>, LI Guangyu<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>1</sup>, LIU Yaguang<sup>2</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to clarify the safety of oxyfluorfen at different periods and doses on resistant and sensitive rice, in this experiment, whole plant bioassay was used to determine the effect of oxyfluorfen on the growth indicators of rice varieties with different sensitivity at 5 days, 3 days and 1 day before and 3 days and 5 days after transplanting. The results showed that for resistant rice Kendao 31, applied oxyfluorfen 5 to 3 days before transplanting, without significant inhibition of plant height, tillering and fresh weight at  $36$  to  $108\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage), for rice safety. When applied oxyfluorfen 1 day before transplanting, the effect on the growth index of rice was small at  $36$  to  $54\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage), it was relatively safe for rice. It was relatively safe for rice 3 to 5 days after transplanting at  $36\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage), when higher than  $36\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage), rice growth indicators were significantly inhibited. For the sensitive rice variety Longjing 39, when oxyfluorfen was applied 5 to 3 days before transplanting, the application was relatively safe at  $36$  to  $54\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage), and the growth indicators were significantly inhibited at higher than  $54\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage). The growth indicators of Longjing 39 were significantly inhibited 1 day before and 3 to 5 days after transplanting with the application amount of  $36$  to  $108\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage). Oxyfluorfen is different in the optimal application periods and doses of different rice varieties. For resistant rice varieties, it is recommended to apply oxyfluorfen 5 to 3 days before transplanting, which is safe to use within the recommended dose range. For sensitive rice varieties, it should be applied 5 to 3 days before rice transplanting, and the dose should not exceed  $54\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$  (effective ingredient dosage), or mixed with other herbicides.

**Keywords:** oxyfluorfen; rice; safety; resistant rice; sensitive rice