



刘亚光, 李晓妍, 吴绘鹏, 等. 氯氟吡啶酯对不同品种水稻安全性的研究[J]. 江西农业大学学报, 2022, 44(1): 45–54.
LIU Y G, LI X Y, WU H P, et al. Study on safety effects of florpyrauxifen on different rice varieties[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2022, 44(1): 45–54.

氯氟吡啶酯对不同品种水稻安全性的研究

刘亚光¹, 李晓妍¹, 吴绘鹏¹, 朱金文², 张苏新¹, 张春鹏¹

(1. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 浙江大学 农业与生物技术学院, 浙江 杭州 310029)

摘要:【目的】明确氯氟吡啶酯对不同水稻品种安全性及产量的影响, 为氯氟吡啶酯的推广及应用提供理论依据。【方法】以东北三省 32 个具有代表性的不同积温带水稻品种为研究对象, 采用整株盆栽法研究氯氟吡啶酯对不同水稻品种的安全性及产量的影响。【结果】不同叶龄的水稻对氯氟吡啶酯敏感性不同, 于水稻 2~3 叶期时施用氯氟吡啶酯, 供试 32 个水稻品种中有 22 个水稻品种对氯氟吡啶酯表现敏感; 于水稻 3~4 叶期时施用氯氟吡啶酯, 敏感水稻品种数量仅为 9 个。总而言之, 氯氟吡啶酯对 3 个敏感性品种产量的抑制作用显著高于对耐性品种的抑制作用。不同剂量的氯氟吡啶酯对松粳 22、九稻 60 和沈稻 529 3 个耐性品种的穗质量、穗粒数、实粒数和产量均未产生显著的抑制作用, 但是对龙粳 46、长白 19 和沈稻 11 3 个敏感水稻品种的穗粒数和实粒数均产生了显著的抑制作用, 同时对穗质量和产量也产生了一定的抑制作用。【结论】3~4 叶期施用氯氟吡啶酯对供试 32 个不同敏感性水稻品种的安全性显著地高于 2~3 叶期时施药; 当氯氟吡啶酯的施用剂量(有效成分)大于等于 22.5 g/hm² 时, 其对敏感性品种产量的抑制作用显著地高于耐性品种。

关键词: 氯氟吡啶酯; 水稻品种; 安全性; 水稻产量

中图分类号: S482.4; S451.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2022)01-0045-10

Study on Safety Effects of Florpyrauxifen on Different Rice Varieties

LIU Yaguang¹, LI Xiaoyan¹, WU Huipeng¹, ZHU Jinwen²,
ZHANG Suxin¹, ZHANG Chunpeng¹

(1. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 15003, China; 2. College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: [Objective] This research clarified the effects of florpyrauxifen on the safety and the yield of different rice varieties, thus providing an important theoretical basis for the promotion and application of florpyrauxifen. [Method] 32 rice varieties in northeastern China were selected as the research objects, the safety and the yield effects of florpyrauxifen on different rice varieties were investigated by whole-plant bioassay. [Results] Rice at different leaf ages had different sensitivities to florpyrauxifen, when florpyrauxifen was applied at 2–3 leaf stage, 22 of 32 rice varieties were sensitive. When it applied at the 3–4 leaf stage of rice, the number of sensitive rice varieties was only 9. Overall, the inhibition effect of florpyrauxifen on the yield of the three sensitive vari-

收稿日期: 2021-06-15 修回日期: 2021-08-20

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32072433)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(32072433)

作者简介: 刘亚光, 教授, 博士, 主要从事除草剂应用技术与杂草抗性研究, orcid.org/0000-0001-6632-1809, liuyaguang929@163.com。

eties was significantly higher than that of the resistance varieties. Different doses of florypyrauxifen had no significant inhibition effect on panicle weight, grain number per panicle, filled grain number and yield of Songjing 22, Jiudao 60 and Shendao 529, however, it had significant inhibitory effect on grain number per panicle and yield of the three sensitive rice varieties of Longjing 46, Changbai 19 and Shendao 11. **[Conclusion]** The safety of florypyrauxifen applied during the 3–4 leaf stage was significantly higher than that at 2–3 leaf stage of 32 different-sensitivity rice varieties, and when the dose of florypyrauxifen was greater than or equal to 22.5 g/hm², its inhibition effect on the yield of sensitive varieties was significantly higher than that of the resistant varieties.

Keywords: florypyrauxife; rice varieties; safety; rice yield

【研究意义】东北三省是中国粳稻主产区,种植面积和产量占全国的50%以上,东北三省的水稻生产对保证国家口粮安全具有重要意义^[1-3]。东北三省气候不利于病原菌和害虫越冬,稻田病虫害发生相较我国其他地区少,因此草害成为影响东三省水稻产量的最主要因素^[4]。目前东北三省稻田除草主要依赖化学除草剂,只有绿色高效且对作物安全的除草剂才能够在实现减药的同时保障水稻的稳产增产^[5-8]。氯氟吡啶酯属合成激素类除草剂,具有对人类与环境友好,在土壤和水中的残留较少,对其他有机体的毒性低等优点^[9]。【前人研究进展】近年来国内外学者对氯氟吡啶酯进行了施用效果的研究,结果表明氯氟吡啶酯的活性高、防效好,同时对单一供试品种水稻安全^[10-16]。但不同品种的水稻对同一除草剂的安全性可能存在差异。【本研究切入点】自上市以来,有关氯氟吡啶酯的研究,主要集中于药效试验以及混用配方的筛选,但有关其对不同水稻品种的安全性及产量影响的研究鲜有报道。【拟解决的关键问题】以东北三省32个不同积温带的水稻品种为研究对象,测定水稻不同叶龄期施用氯氟吡啶酯对水稻株高和鲜质量的影响,并筛选出敏感和耐性的水稻品种,进而探明氯氟吡啶酯对不同敏感性水稻的穗质量、穗粒数、实粒数等产量性状及产量的影响。明确氯氟吡啶酯对不同水稻品种的安全性,为氯氟吡啶酯的应用推广及水田杂草治理提供重要的理论依据,对保障水稻增产、稳产具有现实的指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试药剂和仪器 供试药剂:3%氯氟吡啶酯(florypyrauxifen)乳油(美国陶氏益农公司)。主要仪器设备:背负式电动喷雾器(山东卫士),电子天平(北京塞多利斯仪器系统有限公司)。

1.1.2 供试植物 水稻品种共32个,见表1。

表1 东北三省不同积温带的32个主栽水稻品种

Tab.1 32 main rice varieties selected from different accumulated temperature zones in northeast China

省份 Province	水稻品种 Rice variety
黑龙江省 Heilongjiang	龙洋16、松粳22、五优稻4号、松粳6号、绥粳4号、龙粳46、龙垦201、龙粳31、育龙9号、龙粳47
吉林省 Jilin	吉粳88、铁粳11、通育255、吉粳809、通科27、吉粘6号、延粳26、吉粘9号、松辽5号、吉粘10号、九稻60、长白19
辽宁省 Liaoning	沈稻9号、美锋稻669、辽粳390、富禾66、沈稻11、沈稻8号、铁粳13、沈稻529、沈星1号、隆粳772

1.2 试验方法

1.2.1 氯氟吡啶酯对不同水稻品种生长发育的影响 采用整株盆栽法,将不同品种水稻种子置于15%次氯酸钠溶液中浸泡消毒15 min,用蒸馏水洗净后浸泡72 h催芽至露白。选取各品种长势一致、均匀露白的稻种各15粒分别点播于底部有孔装满水分饱和和土壤的圆形塑料盆钵(上口直径12 cm、高8 cm)中,置于温室条件培养,待水稻出苗后定苗至10株/盆。待水稻生长至2~3叶期、3~4叶期时,按照氯氟吡啶酯剂量(有效成分)为15, 22.5, 30, 45 g/hm²采用背负式喷雾器进行茎叶处理,并设置清水对照,每个处理3次重复。药后观察水稻幼苗生长情况,药后15 d调查水稻的株高、鲜质量并计算抑制率。

1.2.2 氯氟吡啶酯对不同敏感性水稻产量性状的影响 根据预实验,3个省份各选取2个具有代表性的水稻品种龙粳46、松粳22、长白19、九稻60、沈稻11、沈稻529进行试验。采用整株盆栽法,将敏感性不

同的6个水稻品种分别播种于(上口直径42 cm、高27 cm)装有细土的盆钵内,浇水至保持水层5 cm。各品种水稻育秧,待水稻长至3叶1心期时进行移栽,每盆移栽15株,水稻返青后每盆定苗至10株。于水稻3~4叶期采用背负式喷雾器按照剂量为15,22.5,30,45 g/hm²的氯氟吡啶酯进行茎叶处理,并设置清水对照,每个处理3次重复。收获后测产,调查水稻的分蘖数、有效穗数、穗质量、实粒数、总粒数、结实率、千粒质量以及产量。

1.3 数据处理

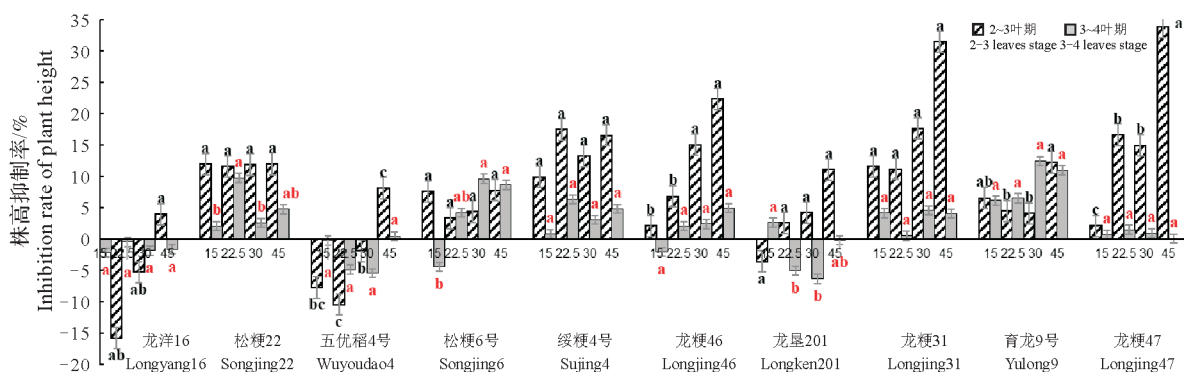
$$\text{抑制率} = \frac{\text{空白对照测量数据} - \text{药剂处理测量数据}}{\text{空白对照测量数据}} \times 100\%$$

试验数据的整理和分析采用 Excel 和 DPS(v7.05) 软件,平均值间的比较采用新复极差法(Duncan Method)。

2 结果与分析

2.1 氯氟吡啶酯对不同水稻品种生长发育的影响

2.1.1 氯氟吡啶酯对黑龙江省不同水稻品种的影响 由图1、2可知,黑龙江省的10个水稻品种在2~3叶期、3~4叶期对不同剂量氯氟吡啶酯的敏感性表现不同,株高、鲜质量受抑制趋势基本一致。在2~3叶期,龙粳31、龙粳47、绥粳4号、松粳22、龙粳46和育龙9号的株高、鲜质量抑制率与氯氟吡啶酯的剂量呈正相关,在4个不同剂量下平均鲜质量抑制率达10%以上,相对于另4个品种龙垦201、松粳6号、五优稻4号和龙洋16表现敏感;龙垦201在低剂量处理下对氯氟吡啶酯不敏感,在较高剂量氯氟吡啶酯处理下其株高、鲜质量明显受抑制。3个水稻品种松粳6号、五优稻4号和龙洋16在4个不同剂量下平均鲜质量抑制率远小于10%表现为耐性。

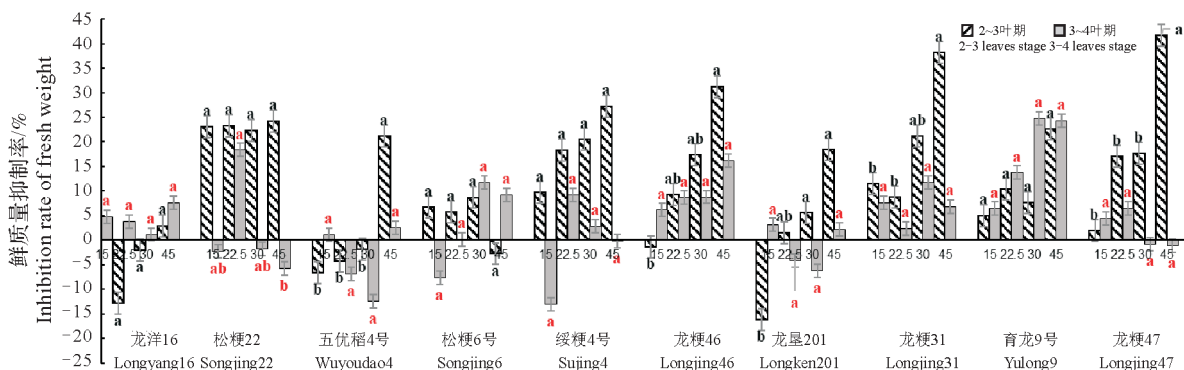


图中数据为平均值±标准误,各品种水稻同一类型柱上不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Data are means $\pm$ SE. Data followed by different letters in a same category indicate of each rice significant difference at 0.05 level.

图1 氯氟吡啶酯对不同叶龄黑龙江水稻品种的株高抑制率

Fig.1 Inhibiting rate of florypyrauxifen on plant height of different rice varieties in Heilongjiang Province at different leaf stages



图中数据为平均值±标准误,各品种水稻同一类型柱上不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Data are means $\pm$ SE. Data followed by different letters in a same category indicate of each rice significant difference at 0.05 level.

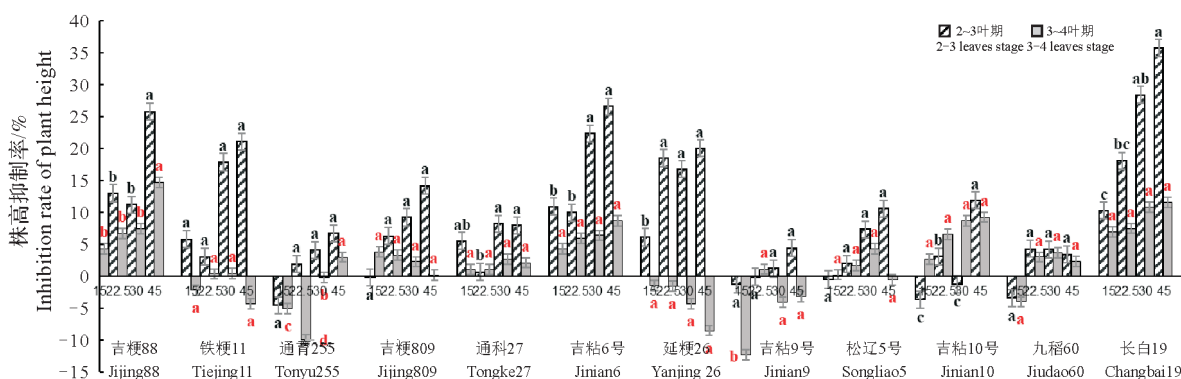
图2 氯氟吡啶酯对不同叶龄黑龙江水稻品种的鲜质量抑制率

Fig.2 Inhibiting rate of florypyrauxifen on fresh weight of different rice varieties in Heilongjiang Province at different leaf stages

在3~4叶期时供试水稻品种敏感性明显降低,仅育龙9号、龙粳31、龙粳46在氯氟吡啶酯不同剂量下平均鲜质量抑制率达5%以上,对其表现敏感,其他7个品种平均鲜质量抑制率远低于5%,对氯氟吡啶酯表现相对不敏感。

2.1.2 氯氟吡啶酯对吉林省不同水稻品种的影响 由图3、4可知,吉林省12个水稻品种在2~3叶期、3~4叶期对氯氟吡啶酯敏感性表现不同。在水稻2~3叶期,株高抑制率和鲜质量抑制率趋势基本一致,吉粘6号、长白19、吉粳88、延粳26、铁粳11和松辽5号在各剂量下平均鲜质量抑制率达10%以上,相较于其他6个品种水稻对氯氟吡啶酯表现敏感,且大多数品种的株高、鲜质量抑制率与氯氟吡啶酯的剂量呈正相关。吉粳809、吉粘10号和通科27在低剂量氯氟吡啶酯下表现不敏感,在较高剂量下明显受抑制。吉粘9号、九稻60和通育255为耐性品种,在各剂量下的平均鲜质量抑制率远低于10%。

在3~4叶期供试水稻敏感性明显降低,吉粳88、长白19、吉粘10号和吉粘6号均对氯氟吡啶酯表现敏感,各剂量下平均鲜质量抑制率达5%以上,其中吉粘10号在2~3叶期对氯氟吡啶酯表现不敏感,且氯氟吡啶酯对其鲜质量积累有促进作用,在而3~4叶期,其平均鲜质量抑制率高达10.38%;其他8个品种对氯氟吡啶酯表现不敏感,且氯氟吡啶酯对吉粘9号和延粳26的生长具有促进作用。

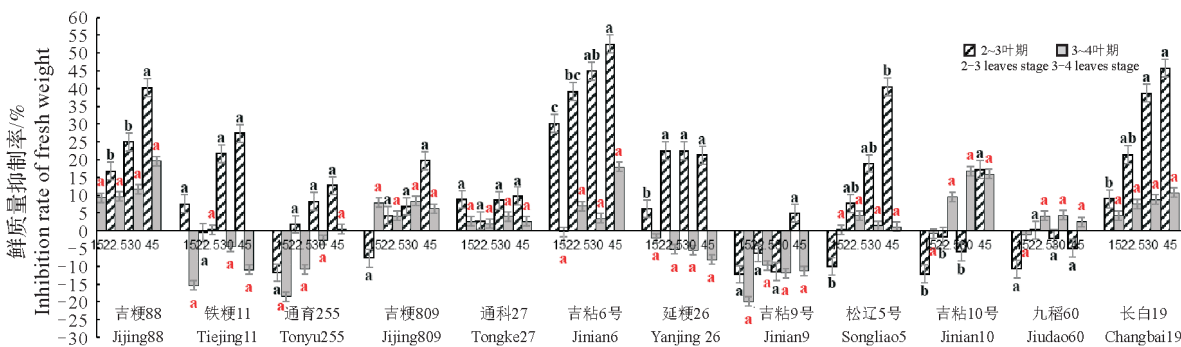


图中数据为平均值±标准误,各品种水稻同一类型柱上不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Data are means $\pm$ SE. Data followed by different letters in a same category indicate of each rice significant difference at 0.05 level.

图3 氯氟吡啶酯对不同叶龄吉林水稻品种的株高抑制率

Fig.3 Inhibiting rate of flupyrifluorfen on plant height of different rice varieties in Jilin Province at different leaf stages



图中数据为平均值±标准误,各品种水稻同一类型柱上不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Data are means $\pm$ SE. Data followed by different letters in a same category indicate of each rice significant difference at 0.05 level.

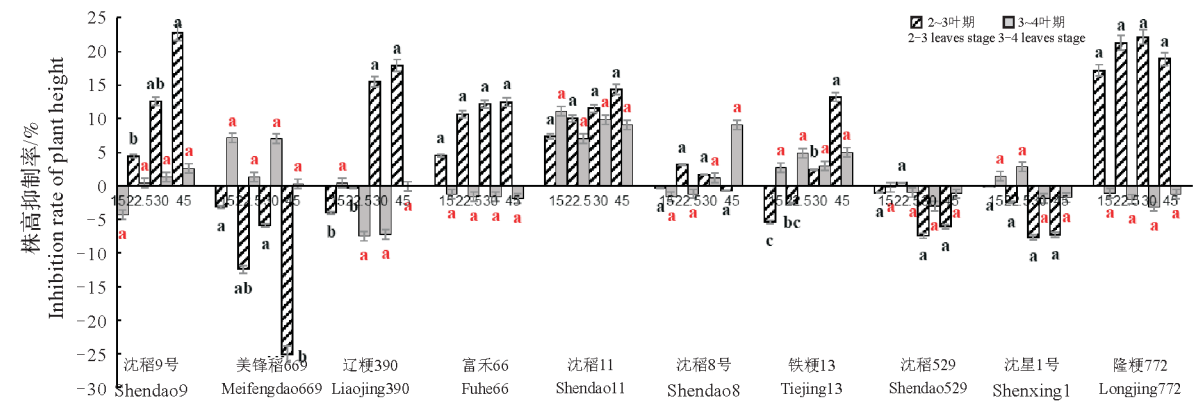
图4 氯氟吡啶酯对不同叶龄吉林水稻品种的鲜质量抑制率

Fig.4 Inhibiting rate of flupyrifluorfen on fresh weight of different rice varieties in Jilin Province at different leaf stages

2.1.3 氯氟吡啶酯对辽宁省不同水稻品种的影响 由图5、6可知,辽宁省供试10个水稻品种在2~3叶期、3~4叶期对氯氟吡啶酯的敏感性表现不同。在水稻2~3叶期,株高抑制率和鲜质量抑制率趋势大体一致,隆粳772、富禾66、沈稻11、沈稻9号、辽粳390均对氯氟吡啶酯相较于其他品种表现敏感,各剂量下的平均鲜质量抑制率达10%以上;铁粳13在低剂量处理下对氯氟吡啶酯不敏感,在较高剂量处理下对氯氟吡啶酯敏感。其余4个品种美锋稻669、沈星1号、沈稻8号和沈稻529对氯氟吡啶酯表现不敏感,各剂量氯氟吡啶酯处理对美锋稻669的生长均产生显著促进作用。

在水稻3~4叶期供试水稻品种敏感性均明显降低,仅沈稻11、沈稻8号对氯氟吡啶酯表现敏感,平均

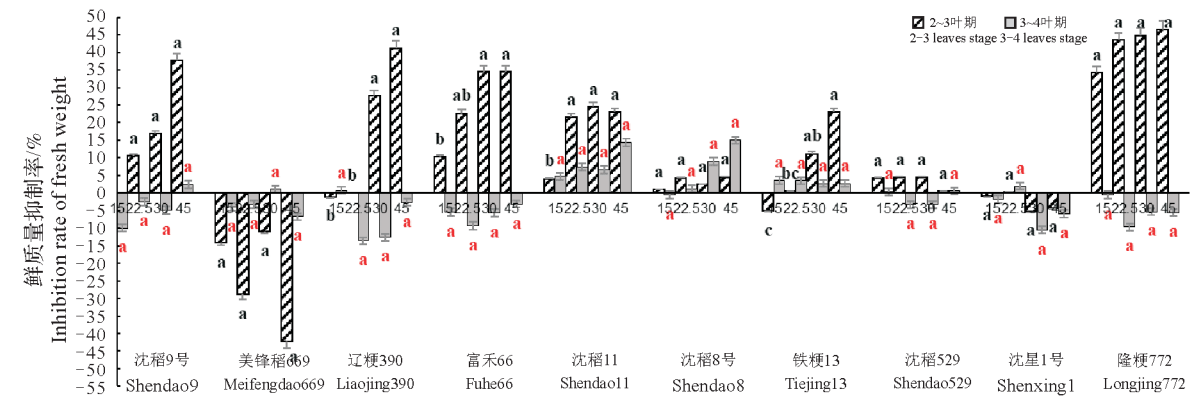
鲜质量抑制率达 5% 以上;其他 8 个品种对氯氟吡啶酯表现不敏感,且氯氟吡啶酯对 8 个水稻品种的生长均有一定的促进作用。



图中数据为平均值±标准误,各品种水稻同一类型柱上不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Data are means ± SE. Data followed by different letters in a same category indicate of each rice significant difference at 0.05 level.

图 5 氯氟吡啶酯对不同叶龄辽宁水稻品种的株高抑制率

Fig.5 Inhibiting rate of florypyrauxifen on plant height of different rice varieties in Liaoning Province at different leaf stages



图中数据为平均值±标准误,各品种水稻同一类型柱上不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Data are means ± SE. Data followed by different letters in a same category indicate of each rice significant difference at 0.05 level.

图 6 氯氟吡啶酯对不同叶龄辽宁水稻品种的鲜质量抑制率

Fig.6 Inhibiting rate of florypyrauxifen on fresh weight of different rice varieties in Liaoning Province at different leaf stages

2.1.4 小结 将供试各品种水稻在氯氟吡啶酯 3 个剂量下的鲜质量表现为抑制作用且与对照相比差异显著的品种用(S)标记为敏感品种,将鲜质量表现为抑制作用但与对照相比差异不显著或鲜质量表现为促进作用的品种用(N)标记为耐性品种,供试水稻品种在不同叶龄的敏感性汇总于表 2。

2.2 氯氟吡啶酯对不同敏感性水稻产量性状的影响

采用整株盆栽法进行试验,于水稻 3~4 叶期移栽返青后施药,待水稻收获后测定各施药剂量对不同品种水稻的分蘖数、有效穗数、穗质量、穗粒数、实粒数、千粒质量等产量性状的影响,试验结果如表 3 所示。

结果表明:在氯氟吡啶酯各剂量下对 6 个供试水稻品种的结实率、分蘖数、有效穗数和千粒质量均无显著影响。氯氟吡啶酯对龙粳 46、长白 19 和沈稻 11 3 个敏感水稻品种的穗质量、穗粒数、实粒数及产量产生了一定的抑制作用,且各处理下穗粒数和实粒数与对照差异显著;氯氟吡啶酯对松粳 22、九稻 60 和沈稻 529 3 个耐性品种的穗质量、穗粒数、实粒数和产量影响于各处理间差异不显著;由此可以判断氯氟吡啶酯是通过抑制敏感水稻品种的穗质量、穗粒数和实粒数来影响水稻的产量。

氯氟吡啶酯对不同敏感性的 6 个品种水稻产量损失率如图 7 所示。结果表明:各剂量下所有的耐性水稻品种的产量抑制率均低于敏感水稻品种的产量抑制率。在有效成分 15 g/hm²氯氟吡啶酯处理下各品种间差异不显著,在 22.5~45 g/hm²氯氟吡啶酯处理下 3 个敏感品种水稻的产量损失率与 3 个耐性品种的产量损失率相比差异显著,但产量损失率均未超过 10%。

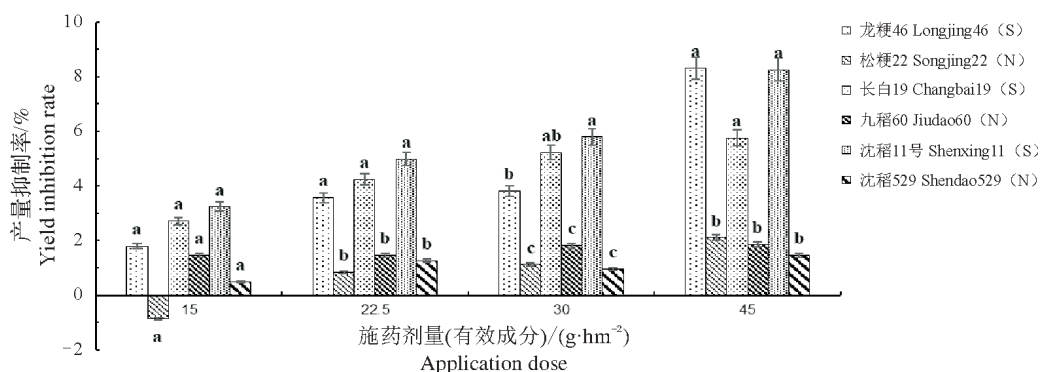
表 2 不同叶龄水稻品种对氯氟吡啶酯的敏感性
Tab.2 Sensitivity of different rice varieties to florpypauxifen at different leaf ages

地区 Regions	水稻品种 Rice variety	水稻叶龄:2~3 叶期 Leaf age:2~3 leaves stage			水稻叶龄:3~4 叶期 Leaf age:3~4 leaves stage		
		施药剂量(有效成分) Concentrations			施药剂量(有效成分) Concentrations		
		22.5 g/hm ²	30 g/hm ²	45 g/hm ²	22.5 g/hm ²	30 g/hm ²	45 g/hm ²
黑龙江 Heilongjiang	龙洋 16	N	N	N	N	N	S
	松粳 22	S	S	S	N	N	N
	五优稻 4 号	N	N	S	N	N	N
	松粳 6 号	N	S	S	N	S	S
	绥粳 4 号	S	S	S	N	N	N
	龙粳 46	S	S	S	S	S	S
	龙垦 201	N	N	S	N	N	N
	龙粳 31	S	S	S	N	S	S
	育龙 9 号	S	S	S	S	S	S
	龙粳 47	S	S	S	N	N	N
吉林 Jilin	吉粳 88	S	S	S	S	S	S
	铁粳 11	N	S	S	N	N	N
	通育 255	N	N	S	N	N	N
	吉粳 809	N	N	S	N	N	N
	通科 27	N	S	S	N	N	N
	吉粘 6 号	S	S	S	N	N	S
	延粳 26	S	S	S	N	N	N
	吉粘 9 号	N	N	S	N	N	N
	松辽 5 号	N	S	S	N	N	N
	吉粘 10 号	N	N	S	S	S	S
辽宁 Liaoning	九稻 60	N	N	N	N	N	N
	长白 19	S	S	S	S	S	S
	沈稻 9 号	N	S	S	N	N	N
	美锋稻 669	N	N	N	N	N	N
	辽粳 390	N	S	S	N	N	N
	富禾 66	S	S	S	N	N	N
	沈稻 11	S	S	S	S	S	S
	沈稻 8 号	N	N	N	N	S	S
	铁粳 13	N	S	S	N	N	N
	沈稻 529	N	N	N	N	N	N
	沈星 1 号	N	N	N	N	N	N
	隆粳 772	S	S	S	N	N	N
敏感品种占比		40.6%	62.5%	81.3%	18.8%	28.1%	34.4%

表3 氯氟吡啶酯对不同敏感性水稻品种产量性状的影响
Tab.3 Effects of florpyrauxifen on seed yield characteristics of different sensitive rice varieties

水稻品种 Rice variety	剂量 (有效成分)/ (g·hm ⁻²) Posage	穗质量/ (g·穗 ⁻¹) Spike weight	穗粒数/ (粒·穗 ⁻¹) Grains per spike	实粒数/ (粒·穗 ⁻¹) Filled grain number	结实率/% Seeding rate	分蘖数/ (个·株 ⁻¹) Tiller number	有效穗数/ (个·株 ⁻¹) Effective panicles	千粒质量/g 1 000- grain weight	产量/ (g·株 ⁻¹) Yield per plant
龙粳 46 (S) Longjing46	CK	2.30a	82.10a	76.20a	92.81a	4.93a	3.63a	27.08a	12.90a
	15	2.07ab	80.60ab	73.00ab	90.57a	4.63a	3.50a	26.96a	12.67a
	22.5	2.10ab	77.70b	71.50b	92.02a	4.67a	3.38a	26.69a	12.57a
	30	1.99ab	75.30b	69.40b	92.16a	4.70a	3.38a	26.65a	12.54a
	45	1.77b	76.80b	70.10b	91.28a	4.70a	3.38a	25.65b	11.83b
松粳 22 (N) Songjing22	CK	1.95a	86.20a	76.80a	89.09a	8.60a	4.63a	23.23a	16.55a
	15	2.12a	85.00a	75.60a	88.94a	8.50a	4.38a	24.06a	16.69a
	22.5	1.94a	85.10a	74.90a	88.01a	8.40a	4.50a	23.28a	16.41a
	30	1.92a	84.60a	74.20a	87.71a	8.80a	4.25a	23.37a	16.36a
	45	1.99a	84.20a	74.50a	88.48a	8.67a	4.38a	23.28a	16.27a
长白 19 (S) Changbai19	CK	2.36a	105.10a	95.60a	90.96a	10.83a	7.88a	23.48a	22.41a
	15	2.29a	103.80ab	93.50b	90.07a	10.73a	8.00a	23.69a	21.80ab
	22.5	2.24ab	102.70bc	92.20b	89.78a	10.60a	7.75a	23.19a	21.46b
	30	2.16bc	101.80c	90.30c	88.70a	10.83a	7.63a	22.97a	21.24b
	45	2.11c	99.10c	89.30c	90.11a	10.47a	7.63 a	23.01a	21.12b
九稻 60 (N) Jiudao60	CK	2.60a	134.10a	108.70a	81.05a	9.27a	6.38a	24.73a	19.54a
	15	2.56a	132.30a	107.50a	81.25a	9.47a	6.25a	24.71a	19.25a
	22.5	2.51a	130.70a	106.90a	81.79a	9.23a	6.00a	24.69a	19.25a
	30	2.49a	130.10a	107.30a	82.48a	9.50a	6.25a	24.52a	19.19a
	45	2.47a	131.60a	106.90a	81.23a	9.37a	6.13a	24.55a	19.18a
沈稻 11 (S) Shendao11	CK	1.92a	92.20a	84.90a	92.08a	11.57a	7.25a	23.54a	18.53a
	15	1.83ab	89.90b	82.70b	91.99a	11.40a	6.63a	23.48a	17.93b
	22.5	1.84ab	88.90b	82.20bc	92.46a	11.53a	6.50a	23.24a	17.61b
	30	1.80ab	89.80b	82.40b	91.76a	11.17a	6.50a	23.28a	17.46bc
	45	1.76b	87.20c	81.20c	93.12a	11.27a	6.38b	23.08a	17.00c
沈稻 529 (N) Shendao529	CK	2.21a	122.50a	108.10a	88.24a	11.30a	7.88a	24.66a	20.58a
	15	2.09a	122.70a	107.80a	87.86a	11.03a	7.75a	24.55ab	20.48a
	22.5	2.05a	119.40a	106.70a	89.36a	11.33a	7.63a	24.35ab	20.32a
	30	2.10a	120.20a	107.70a	89.60a	10.97a	7.75a	24.10ab	20.38a
	45	2.03a	119.40a	106.80a	89.45a	10.73a	7.63a	23.94b	20.28a

表中数据为平均值 ± 标准误,各品种水稻同系列间不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。
Data are means ± SE.Data followed by different letters of the same series indicate of each rice significant difference at 0.05 level.



图中数据为平均值±标准误,各施药剂量下不同类型柱上不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Data are means $\pm$ SE. Data followed by different letters in different category under each

application dose indicate significant difference at 0.05 level.

图7 氯氟吡啶酯对不同敏感性水稻品种的产量抑制率

Fig.7 Inhibition rate of floraspyrauxifen on yield of different sensitive rice varieties

3 结论与讨论

同一除草剂对同一作物的不同品种可能存在安全性差异^[17-19]。郭之杰等^[20]研究发现不同类型的水稻对双草醚的敏感性差异显著。赵学平等^[21]研究发现农美利对不同水稻品种安全性存在显著差异。牛志锋等^[22]研究发现不同品种小麦对苯磺隆的耐药性存在较大差异,会抑制敏感品种小麦的根、芽生长。袁立兵等^[17]研究发现不同品种小麦对啶磺草胺的敏感性存在差异,抑制敏感小麦品种的分蘖。本试验结果表明,不同水稻品种对氯氟吡啶酯的敏感性表现不同,在相同剂量处理下水稻不同叶龄表现出敏感性也存在差异。在水稻相同叶龄施用氯氟吡啶酯,其敏感性与施药剂量呈正相关,随着剂量的升高敏感品种的比例逐渐增多,随着水稻叶龄的增加水稻品种的敏感性大幅度降低。由此可以说明于水稻3~4叶期时施用氯氟吡啶酯明显比2~3叶期施药,对不同水稻品种的安全性更高。

在推荐剂量下施用除草剂一般不会造成作物药害,但对作物而言除草剂的施用仍是一种胁迫,可能会对作物形态指标造成影响进而抑制产量。陈林等^[23]研究表明每667 m²喷施80 mL以内稻杰对水稻是安全的,超过该剂量水稻的株高随着浓度逐渐增大而降低。赵同超等^[24]研究发现播种后4 d施用丙草胺土壤封闭处理的小麦药害程度低于播种后1 d施药,且药害程度与施药剂量呈正相关。毕冬玉^[25]发现不同剂量的丁草胺对寒地粳稻产量的影响不同,高剂量明显降低水稻有效穗数和穗粒数进而造成水稻减产。雷凯^[26]研究发现常规粳稻有效分蘖数随着除草剂浓度提高而减少,在过量使用除草剂时,有效分蘖数明显减少。肖红等^[27]研究发现,水稻在施用丁草胺和苄嘧磺隆后其有效穗数和单穗实粒数减少,最终导致减产。本试验的研究结果表明,施用氯氟吡啶酯剂量过高会导致敏感水稻品种的穗质量、穗粒数和实粒数降低,从而导致水稻产量的降低。而氯氟吡啶酯在供试剂量下对耐性水稻品种的分蘖、产量性状及产量无影响;而不同剂量的氯氟吡啶酯对6个敏感性不同的水稻品种的产量抑制表现不同,各剂量下3个耐性水稻品种的产量抑制率均低于3个敏感水稻品种。氯氟吡啶酯的田间推荐使用剂量(有效成分)为15~22.5 g/hm²,当施药剂量为15 g/hm²时,各品种间的产量抑制率差异不显著。但当剂量为22.5 g/hm²及更高时,敏感性水稻品种的产量抑制率则显著高于耐性水稻品种。因此,在生产实践中对龙粳46、长白19和沈稻11等敏感品种施用氯氟吡啶酯时,推荐剂量一定要低于22.5 g/hm²,或者通过混用方式降低其用量。以上结果说明氯氟吡啶酯是通过抑制敏感水稻品种的穗质量、穗粒数和实粒数来降低其产量的。因此,在生产中不能随意提高氯氟吡啶酯的用量,针对敏感性的水稻品种一定在推荐使用剂量范围内,采用较低的用量才能保障对水稻的安全性。

参考文献 References:

- [1] 王晓煜.东北三省水稻产量差与效率差解析[D].北京:中国农业大学,2018.

- WANG X Y. Study on yield gaps and efficiency gaps for rice in northeast China[D]. Beijing: China Agricultural University, 2018.
- [2] 王晓煜, 杨晓光, 孙爽, 等. 气候变化背景下东北三省主要粮食作物产量潜力及资源利用效率比较[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3091-3102.
- WANG X Y, YANG X G, SUN S, et al. Comparison of potential yield and resource utilization efficiency of main food crops in three provinces of northeast China under climate change[J]. Chinese journal of applied ecology, 2015, 26(10): 3091-3102.
- [3] 蔡卓, 朱崑, 王旭红, 等. 浅析东北三省水稻产业发展概况[J]. 园艺与种苗, 2019, 39(10): 49-51.
- CAI Z, ZHU W, WANG X H, et al. Analysis on the development of rice industry in northeast China[J]. Horticulture & seed, 2019, 39(10): 49-51.
- [4] 张鑫, 任彬元, 宋显东, 等. 东北三省水稻病虫害发生为害和防控现状分析[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(8): 61-66.
- ZHANG X, REN B Y, SONG X D, et al. Analysis on occurrence and control of rice diseases and insect pests in northeast China[J]. China plant protection, 2018, 38(8): 61-66.
- [5] 蒋易凡. 以稻稗和萤蔺为优势种的东北地区水稻机插秧田杂草防除技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2018.
- JIANG Y F. Study on weed control technology with the advantage of *Echinochloa oryzoides* and *Scirpus juncooides* in mechanized transplanting rice in northeast China. [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018.
- [6] 付丹妮. 野慈姑 *Sagittaria trifolia* L. 对苄嘧磺隆抗性机理及适合度代价的初步研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.
- FU D N. Studies on resistance mechanism and fitness cost of *Sagittaria trifolia* L. to bensulfuron-methyl [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2017.
- [7] 于佳星. 水稻田千金子 (*Leptochloa chinensis*) 对氯氟草酯抗性及其靶标酶机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- YU J X. Study on the resistance and target-site resistance mechanism of Chinese sprangletop (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees) to cyhalofop-butyl in rice paddy fields [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017.
- [8] 赵铂锤. 野慈姑 (*Sagittaria trifolia* L.) 对苄嘧磺隆代谢抗性研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- ZHAO B C. Study on metabolic resistance to bensulfuron-methyl in threeleaf arrowhead (*Sagittaria trifolia* L.) [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019.
- [9] ARENA M, AUTERI D, BARMAZ S, et al. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance florasulfuron (variant assessed florasulfuron-benzyl) [J]. European food safety authority journal, 2018, 16(8): e05378.
- [10] 孙进军, 唐涛, 曹杨, 等. 氯氟吡啶酯等药剂对直播稻田杂草的防除效果[J]. 湖南农业科学, 2018(8): 56-60.
- SUN J J, TANG T, CAO Y, et al. Effect of florasulfuron on weeds in direct seeding rice field [J]. Hunan agricultural sciences, 2018(8): 56-60.
- [11] 王晶峰, 张琼. 3% 氯氟吡啶酯乳油防治水田恶性杂草效果试验[J]. 中国农技推广, 2018, 34(2): 64-66.
- WANG J F, ZHANG Q. Effect of 3% florasulfuron EC on controlling weeds in paddy field [J]. China agricultural technology extension, 2018, 34(2): 64-66.
- [12] 覃春芳, 沈静霆. 氯氟吡啶酯与丙草胺复配防除直播稻田苗期杂草田间药效试验[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(12): 109-110.
- QIN C F, SHEN J T. Field efficacy test of chlorflupyridyl ester and propionamide against weeds in direct seeding rice field [J]. Anhui agricultural science bulletin, 2019, 25(12): 109-110.
- [13] 毕亚玲, 戴玲玲, 王曹阳, 等. 双环磺草酮与氯氟吡啶酯复配的联合除草活性及对水稻的安全性评价[J]. 农药学报, 2020, 22(1): 68-75.
- BI Y L, DAI L L, WANG C Y, et al. Evaluation of herbicidal activity and safety to rice of the combination of benzobicyclon and florasulfuron-benzyl [J]. Chinese journal of pesticide science, 2020, 22(1): 68-75.
- [14] 张心明, 杨海燕, 周丽花. 不同药剂对直播稻田杂草的防效和安全性研究[J]. 现代农业科技, 2020(14): 86-87.
- ZHENG X M, YANG H Y, ZHOU L H. Control effect and safety of different pesticides on weeds in direct seeding rice field [J]. Modern agricultural science and technology, 2020(14): 86-87.
- [15] 吴宪, 卢宗志, 李洪鑫, 等. 植保无人机喷施氯氟吡啶酯防除水稻田野慈姑田间药效试验[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(19): 139-140.
- WU X, LU Z Z, LI H X, et al. The test of spraying florasulfuron in paddy field by plant protection UAV to control *Sagittaria*

- trifolia* L.[J].Anhui agricultural sciences,2020,48(19):139-140.
- [16] TELÓ G M, WEBSTER E P, BLOUIN D C, et al. Florpyrauxifen-benzyl activity on perennial grass weeds found in Louisiana rice production[J]. Weed technology, 2019, 33(2): 246-252.
- [17] 袁立兵, 浑之英, 耿亚玲, 等. 啶磺草胺对河北省不同品种小麦的安全性[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(7): 65-67.
- YUAN L B, HUN Z Y, GENG Y L, et al. Safety evaluation of pyroxsulam to different wheat cultivars in Hebei Province[J]. China plant protection, 2018, 38(7): 65-67.
- [18] SIKKEMA P H, BROWN L, SHROPSHIRE C, et al. Responses of three types of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to spring-applied post-emergence herbicides[J]. Crop protection, 2007, 26(5): 715-720.
- [19] 刘君良, 刘伟堂, 李小芳, 等. 苯唑草酮等3种除草剂对不同玉米品种的安全性[J]. 农药, 2011, 50(6): 426-427.
- LIU J L, LIU W T, LI X F, et al. Tolerance of the different corn varieties to three herbicides[J]. Agrochemicals, 2011, 50(6): 426-427.
- [20] 郭之杰, 王红春, 姜远来. 不同类型和叶龄水稻对双草醚的敏感性差异[J]. 杂草科学, 2015(4): 59-62.
- GUO Z J, WANG H C, LOU Y L. Differential response of rice varieties at different leaf stages to bispyribac-sodium[J]. Weed science, 2015(4): 59-62.
- [21] 赵学平, 王秀梅, 王强, 等. 农美利等除草剂对水稻药害的研究[J]. 浙江农业学报, 2000, 12(6): 69-74.
- ZHAO X P, WANG X M, WANG Q, et al. Phytotoxicity of bispyribac sodium and other herbicides to rice.[J]. Acta agricultural Zhejiangensis, 2000, 12(6): 69-74.
- [22] 牛志锋, 杜慧玲. 不同小麦品种对苯磺隆除草剂的耐药性研究[J]. 山西农业科学, 2008, 36(2): 28-29.
- NIU Z F, DU H L. Study on tolerance of different wheat variety to tribenuron-methyl[J]. Journal of Shanxi agricultural sciences, 2008, 36(2): 28-29.
- [23] 陈林, 高哲, 银永安, 等. 不同浓度除草剂对膜下滴灌水稻苗期生长及土壤环境的影响[J]. 北方水稻, 2012, 42(3): 24-26.
- CHEN L, GAO Z, YIN Y A, et al. The effect of drip irrigation under plastic mulch on seedlings and soil environment by using different levels of herbicides[J]. North rice, 2012, 42(3): 24-26.
- [24] 赵同超, 武传志, 赵其森. 丙草胺土壤封闭处理对不同品种冬小麦的安全性探索[C]//中国植物保护学会杂草学分会. 第十三届全国杂草科学大会论文摘要集. 中国植物保护学会杂草学分会: 中国植物保护学会杂草学分会, 2017: 1.
- ZHAO T C, WU C Z, ZHAO Q S. Exploration on the safety of Propionamide soil sealing treatment for different winter wheat varieties [C]//Weed Science Society of China Plant Protection Society. Abstracts of the 13th national conference on weed science. Weed Science Society of China Plant Protection Society: Weed Science Society of China Plant Protection Society, 2017: 1.
- [25] 毕冬玉. 不同管理方式对水稻产量和品质的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- BI D Y. Effects of different management modes on rice yield and quality[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018.
- [26] 雷凯. 双季晚粳高产栽培关键技术研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2016.
- LEI K. Study on the key cultivation strategies of late japonica rice in double cropping rice area[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2016.
- [27] 肖红, 周启星, 曹莹, 等. 不同除草剂用量对水稻生产的影响研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 601-603.
- XIAO H, ZHOU Q X, CAO Y, et al. Effects of different application dosage of herbicide on rice production[J]. Chinese journal of applied ecology, 2003, 14(4): 601-603.