

三氯吡氧乙酸、氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯和草甘膦对葎草的防除活性比较

徐宇宽^{1,2}, 陈国奇^{1,2*}, 张琳³, 霍中洋^{1,2}

(1. 江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏省作物栽培生理重点实验室, 扬州大学农学院, 水稻产业工程技术研究院, 扬州 225009; 2. 江苏省粮食作物现代产业技术协同创新中心, 扬州大学, 扬州 225009; 3. 上海青浦区农业技术推广服务中心, 上海 201700)

摘要 本文通过温室整株生物测定法比较研究了三氯吡氧乙酸、氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯钠和草甘膦异丙胺盐 4 种常用于水稻、小麦种植区防控大龄阔叶杂草的茎叶处理除草剂对 6~8 叶期葎草 *Humulus scandens* 的防除活性。结果表明, 在 210 g/hm² 剂量下, 三氯吡氧乙酸和氯氟吡氧乙酸可完全杀灭供试葎草植株, 在 420 g/hm² 剂量下, 2 甲 4 氯钠对葎草的鲜重抑制率达到 95.25%, 而草甘膦异丙胺盐 840 g/hm² 剂量处理对葎草的鲜重抑制率仍不足 80%。进一步通过 Logistic 曲线模型分析除草剂对葎草鲜重抑制率达到 50% 和 90% 的剂量 (GR₅₀ 和 GR₉₀ 剂量) 发现, 三氯吡氧乙酸、氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯钠和草甘膦异丙胺盐相应的 GR₅₀ 分别为 58.74、76.96、182.52 和 272.82 g/hm²; GR₉₀ 分别为 143.97、202.83、678.27 和 2 980.11 g/hm²。结论: 对于水稻、小麦种植区葎草危害, 优先推荐使用三氯吡氧乙酸防除, 其次是氯氟吡氧乙酸; 使用 2 甲 4 氯防控效果不够理想, 使用草甘膦无法有效控制。

关键词 葎草; 剂量反应曲线; 整株生物测定; 内吸传导型除草剂; 稻麦种植区

中图分类号: S 451.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019217

Comparisons on the efficacy of triclopyr, fluroxypyr, MCPA and glyphosate against *Humulus scandens*

XU Yukuan^{1,2}, CHEN Guoqi^{1,2*}, ZHANG Lin³, HUO Zhongyang^{1,2}

(1. Jiangsu Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology, Jiangsu Key Laboratory of Crop Cultivation and Physiology, Agricultural College of Yangzhou University, Research Institute of Rice Industrial Engineering Technology, Yangzhou 225009, China; 2. Jiangsu Co-Innovation Center for Modern Production Technology of Grain Crops, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 3. Shanghai Qingpu District Agricultural Technology Extension Service Center, Shanghai 201700, China)

Abstract The efficacies of four post-emergence herbicides against *Humulus scandens* seedlings with 6–8 leaves, including triclopyr, fluroxypyr, MCPA-Na and glyphosate-isopropylammonium, which are commonly used for controlling broadleaf weeds in rice and wheat planting areas, were investigated by whole-plant bioassay. The results indicated that at the dose of 210 g/hm², triclopyr and fluroxypyr totally killed *H. scandens* seedlings. At the dose of 420 g/hm², MCPA-Na killed most *H. scandens* seedlings with an inhibition rate of 95.25% of the above-ground fresh weight. However, at the dose of 840 g/hm², glyphosate-isopropylammonium showed an inhibition rate below 80% of the above-ground fresh weight. Logistic regression analyses indicated that the GR₅₀ doses (the effective doses of herbicide causing 50% reduction of aboveground fresh weight) for triclopyr, fluroxypyr, MCPA-Na and glyphosate-isopropylammonium were 58.74, 76.96, 182.52 and 272.82 g/hm², respectively, and the GR₉₀ doses (the effective doses of herbicide causing 90% reduction of aboveground fresh weight) for the four herbicides were 143.97, 202.83, 678.27 and 2 980.11 g/hm², respectively. In conclusion, triclopyr is the preferred candidate for to *H. scandens* control in rice and wheat planting areas, followed by fluroxypyr, while MCPA or glyphosate is not recommended.

收稿日期: 2019-04-26

修订日期: 2019-06-05

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0300802); 江苏高校优势学科建设工程(PAPD)

* 通信作者 E-mail: chenguoqi_21@163.com

Key words *Humulus scandens*; dose-response curve; whole-plant bioassay; translocated herbicide; rice and wheat planting areas

葎草 *Humulus scandens* 为大麻科葎草属蔓生杂草,常见于荒地、路边、果园、作物田边等生境下。以种子繁殖,其种子可在 10~20℃ 条件下萌发,高温季节茎叶生长迅速而常形成大面积的单优势群落。葎草 7 月—8 月开花,9 月—10 月结实后逐渐枯萎^[1-2]。近年来,随着水稻、小麦生产中劳动力投入的持续减少,葎草从田埂侵入田间发生严重危害的现象越来越常见,施用除草剂是葎草防控的重要手段^[2-3]。

葎草是一种阔叶杂草,其在水稻、小麦种植区发生危害的方式主要是在田边出苗后快速生长,蔓延至田内。因此,筛选对葎草具有较好防除效果、对水稻、小麦安全的茎叶处理除草剂是水稻、小麦种植区葎草防控的关键。由于田边生境通常杂草丛生,并且葎草幼苗十分粗壮,触杀型除草剂和土壤处理除草剂防控葎草难有成效,而主要针对较小叶龄阔叶杂草的茎叶处理除草剂也难以有效控制葎草危害。例如,李美等通过野外小区试验测定了 15 种除草剂对葎草(藤长度 5~10 cm)的防效,发现触杀型除草剂灭草松、唑草酮、辛酰溴苯腈对葎草幼苗防效不佳,而内吸传导型除草剂 2,4-D、苯磺隆在对小麦安全剂量范围内对葎草幼苗具有较好的防效^[2];而刘学等的麦田小区试验研究发现,双氟磺草胺·唑啉磺草胺复配剂以及双氟磺草胺·2,4-D 复配剂对葎草的防效均不理想^[3]。因此,防控葎草除草剂筛选应关注内吸传导型大龄阔叶杂草除草剂品种。

三氯吡氧乙酸、氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯、草甘膦均常被用于水稻、小麦种植区防除大龄阔叶杂草。三氯吡氧乙酸在我国主要登记在非耕地使用防除灌木、大龄阔叶杂草,并且登记在免耕直播油菜田播前清园使用和东北地区水稻移栽前使用^[4]。一些研究表明,三氯吡氧乙酸对水稻、小麦具有较好的安全性,因此在一些国家,登记在水稻、小麦田使用^[5-7]。氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯均登记在我国水稻、小麦田使用,对大龄阔叶杂草具有高防效^[4, 8];草甘膦也主要用于非耕地防除大龄杂草,也登记在免耕直播稻田播前清园使用^[1, 8]。综合文献资料,这 4 种除草剂中,三氯吡氧乙酸、氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯对水稻、小麦具有较好的安全性,特别是对 3 叶期之后、拔节期之前的水稻、小麦幼苗,可以在本田使用。草

甘膦对水稻、小麦幼苗安全性差,不能在本田使用,用于稻、麦田埂使用时,需要采取措施防止药液飘移到幼苗上而导致严重药害。目前,已有研究通过野外小区试验分析了氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯钠对葎草的防效,然而,关于三氯吡氧乙酸、草甘膦对葎草的防效还未见报道。因此,本文通过室内控制条件下开展盆栽整株生物测定试验比较研究了这 4 种除草剂对较大叶龄葎草的防除活性,以期对水稻、小麦种植区葎草防控提供支持。

1 材料与方法

1.1 葎草培养

2019 年 2 月,从葎草发生严重的弃耕田中取葎草枯枝下 0~5 cm 土壤表层整块移入规格为 20 cm×20 cm×5 cm 的塑料托盘内,浇水至饱和后放入扬州大学农学院校内的玻璃温室培养,温度设置为 10℃/20℃(黑夜/白天),以利于土壤中的葎草种子出苗。葎草出苗后真叶展开时(株高约 4 cm),分别移栽至规格 7 cm×7 cm×7 cm 的塑料花盆中,试验用土统一采用复合基质(pH 6.8,含水量 20%,总养分含量 3.8%,南京多乐园艺有限公司生产),每个花盆移栽 2 株。

1.2 供试除草剂

48%三氯吡氧乙酸乳油,20%氯氟吡氧乙酸乳油,美国陶氏益农公司生产;56% 2 甲 4 氯钠可溶粉剂,澳大利亚纽发姆有限公司生产;30%草甘膦异丙胺盐水剂,美国孟山都公司生产。

1.3 试验处理

待葎草长至 6~8 叶期(3 个完全展开的节间,爬藤长约 20 cm),通过整株生物测定的方法^[9-10]测定 4 种除草剂对葎草幼苗地上部分鲜重的抑制率。采取茎叶喷雾法对葎草进行处理,喷雾设备喷头孔径为 1.0 mm,喷雾压力为 0.2 MPa。供试的 4 种除草剂的处理剂量均为 52.5、105、210、420、840 g/hm²(均为有效成分,下同),同时设置清水处理作为对照组。每个处理重复 4 盆,每盆 2 株。施药后继续放在玻璃温室内培养,施药后 30 d,统计各处理下葎草的地上部分鲜重,计算鲜重抑制率。

1.4 数据分析

文中所有剂量均为有效成分用量。采用 SPSS

16.0 软件单因素方差分析(LSD 法)比较菎草在同一剂量的不同除草剂处理下鲜重差异的显著性。基于各个处理组菎草地上部分鲜重,计算各种除草剂对菎草鲜重的抑制率:

鲜重抑制率=(对照组鲜重-处理组鲜重)/对照组鲜重×100%。

采用 R 软件“drc”程序包中的 *drm* 函数中的 3 参数 Logistic 方程拟合菎草鲜重抑制率与除草剂处理剂量之间的毒力回归曲线,计算各供试除草剂抑制菎草鲜重 50% 和 90% 的剂量(GR₅₀ 和 GR₉₀ 剂量)^[9, 11],计算公式为:

$$Y=d/[1+(x/x_0)^b]$$

公式的 3 个参数中,*x*₀代表 GR₅₀,*d* 代表置信区间的上限,*b* 代表 *x*₀ 附近的斜率。采用 SigmaPlot 软件进行剂量反应曲线作图。

表 1 不同除草剂剂量处理下菎草平均每株地上部分鲜重和抑制率¹⁾

Table 1 Average fresh weight per plant (FW) and inhibiting rates (IR) of *Humulus scandens* seedlings treated by different herbicides with various doses

剂量/g·(hm ²) ⁻¹ Dose	三氯吡氧乙酸 triclopyr		氯氟吡氧乙酸 fluroxypyr		2 甲 4 氯钠 MCPA-Na		草甘膦异丙胺盐 glyphosate-isopropylammonium	
	鲜重/g FW	抑制率/% IR	鲜重/g FW	抑制率/% IR	鲜重/g FW	抑制率/% IR	鲜重/g FW	抑制率/% IR
52.5	(3.77±0.12)c	44.01	(4.40±0.15)b	34.73	(5.67±0.14)a	15.83	(5.60±0.16)a	16.87
105	(1.46±0.14)c	78.30	(2.72±0.19)b	59.65	(4.38±0.65)a	34.91	(4.56±0.12)a	32.28
210	(0±0)b	100	(0±0)b	100	(3.67±0.20)a	45.55	(3.71±0.21)a	44.94
420	(0±0)b	100	(0±0)b	100	(0.32±0.32)b	95.25	(3.10±0.49)a	53.99
840	(0±0)b	100	(0±0)b	100	(0±0)b	100	(1.48±0.42)a	77.98

1) 同一行中不同字母表示不同除草剂同一剂量处理组之间有显著差异,对照组菎草平均每株地上部分鲜重为:(6.73±0.88)g, *P*<0.05。
The average fresh weight per plant of the control treatment was (6.73±0.88)g. Different letters among different herbicides with the same dose indicated significant difference (*P*<0.05).

进一步采用 Logistic 曲线模型分析 4 种除草剂对供试菎草大苗的剂量反应曲线(图 1),发现三氯吡氧乙酸对菎草 6~8 叶期大苗地上部分鲜重抑制率达到 50% 和 90% 的剂量(GR₅₀ 和 GR₉₀ 剂量)分别为 58.74 g/hm² 和 143.97 g/hm²;氯氟吡氧乙酸对菎草的 GR₅₀ 和 GR₉₀ 剂量分别为 76.96 g/hm² 和 202.83 g/hm²;2 甲 4 氯钠对菎草的 GR₅₀ 和 GR₉₀ 剂量分别为 182.52 g/hm² 和 678.27 g/hm²;草甘膦异丙胺盐对菎草的 GR₅₀ 和 GR₉₀ 剂量分别为 272.82 g/hm² 和 2 980.11 g/hm²。

3 讨论

3.1 应用草甘膦和 2 甲 4 氯难以有效控制水稻、小麦种植区菎草危害

首先,草甘膦和 2 甲 4 氯控制水稻、小麦田周边菎草的效果并不理想。菎草是我国黄河以南地区水

2 结果与分析

不同除草剂表现出对菎草 6~8 叶期大苗具有不同的防除活性。在 52.5 g/hm² 剂量处理下,2 甲 4 氯钠与草甘膦异丙胺盐的抑制率均低于 20%,残存植株地上部分鲜重显著高于其他 2 种药剂处理(表 1)。在 105 g/hm² 剂量处理下,草甘膦异丙胺盐与 2 甲 4 氯钠对菎草的抑制率最低,这两种药剂处理后残存植株的地上部分鲜重高于其他两种药剂处理(*P*<0.05),氯氟吡氧乙酸,三氯吡氧乙酸的抑制率最高。在 210 g/hm² 剂量及更高处理下,三氯吡氧乙酸和氯氟吡氧乙酸均完全杀灭菎草 6~8 叶期大苗;2 甲 4 氯钠在 420 g/hm² 剂量处理下对供试菎草大苗的抑制率能达到 95.25%,而草甘膦异丙胺盐在 840 g/hm² 剂量处理下抑制率仍然不足 80%。

稻、小麦田周边十分常见的恶性杂草,发生量大,常密集包围水稻、小麦田,甚至侵入其中造成严重减产^[1,8]。种植户在防控作物田周边杂草时最常用的除草剂是草甘膦单剂或其复配剂,其中草甘膦和 2 甲 4 氯复配剂是最常见的非耕地除草药剂之一^[4]。然而,本文的研究表明,菎草对草甘膦并不敏感。供试的草甘膦异丙胺盐在水稻田埂定向喷雾的推荐有效剂量上限为 1 800 g/hm²,在其他作物田田埂的推荐剂量更低,草甘膦在免耕小麦田的推荐剂量上限为 1 125 g/hm²(江苏龙灯化学有限公司生产的草甘膦异丙胺盐 30% 水剂)^[4],然而这些剂量均远低于草甘膦异丙胺盐对菎草的 GR₉₀ 剂量(2 980.11 g/hm²),因此,应用草甘膦难以有效控制作物田周边菎草危害。尽管 2 甲 4 氯对菎草的活性要高于草甘膦,2 甲 4 氯钠对菎草的 GR₉₀ 剂量为 678.27 g/hm²,然而目前登

记在非耕地使用的 2 甲 4 氯推荐用量上限通常低于 300 g/hm^2 , 且均为与草甘膦复配使用^[4]。此外, 李美等的研究发现 2 甲 4 氯对菵草的防除效果低于本文的试验结果, $1\,500 \text{ g/hm}^2$ 处理对菵草的抑制率仅为 61%, 其中可能的原因是本文的试验在玻璃温室内通

过盆栽方法进行整株生物测定, 试验期间的温度相对较高 ($10\sim 20^\circ\text{C}$) 且不受降雨、刮风等因素干扰, 而李美等在野外空闲地上进行小区试验, 施药时的气温为 $4\sim 13^\circ\text{C}$, 试验前后 10 d 的平均气温 10.1°C , 降雨 5.5 mm ^[2]。

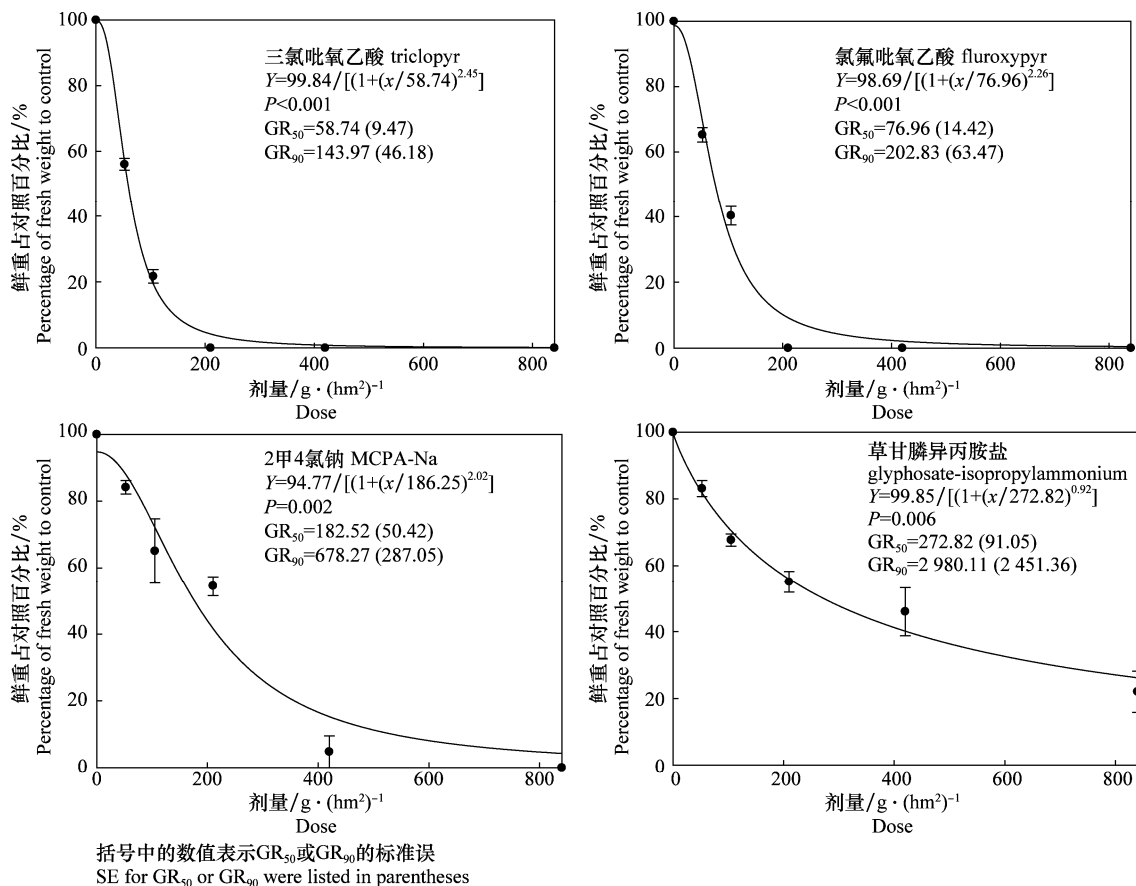


图 1 菵草鲜重抑制率对三氯吡氧乙酸、氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯钠和草甘膦异丙胺盐处理的剂量反应曲线

Fig. 1 Dose-response curves of *Humulus scandens* seedlings treated by triclopyr, fluroxypyr, MCPA-Na and glyphosate-isopropylammonium

其次, 应用草甘膦和 2 甲 4 氯控制水稻、小麦田内菵草危害效果有限。菵草种子在 10°C 到 20°C 条件下萌发, 黄河以南地区多为春季出苗, 春末夏初开始快速生长, 到夏季进入花期, 秋季结实并开始干枯死亡^[1]。因此, 控制菵草危害的主要时期应为春季至夏初。麦田使用 2 甲 4 氯的剂量通常不超过 500 g/hm^2 , 仍然低于 2 甲 4 氯对菵草的 GR_{90} 剂量。春末夏初时, 水稻刚播种或移栽, 此时田内通常还不能施用 2 甲 4 氯。而草甘膦在免耕水稻田清园处理的推荐用量上限通常低于 $2\,500 \text{ g/hm}^2$ ^[4], 也低于草甘膦对菵草的 GR_{90} 剂量。

3.2 采用三氯吡氧乙酸控制水稻、小麦种植区菵草优于氯氟吡氧乙酸

氯氟吡氧乙酸为重要的水稻、小麦田除草剂, 其在水

稻、小麦田登记的推荐剂量上限通常为 210 和 324 g/hm^2 左右^[4], 高于其对菵草的 GR_{90} 剂量 (203 g/hm^2)。因此, 可以用氯氟吡氧乙酸防除水稻田边或田内的菵草, 对小麦田边或小麦田内菵草也能达到较好的防效。李美等的研究发现氯氟吡氧乙酸对菵草无效^[2], 这一结果与本文的试验结果差异较大, 其中可能的原因是试验条件不同 (见前文分析), 但仍需进一步研究; 此外, 有研究表明, 苯磺隆对菵草幼苗具有较好防效, 因此, 在小麦田可以采用氯氟吡氧乙酸 + 苯磺隆复配剂防除麦田菵草。

三氯吡氧乙酸对菵草的 GR_{90} 剂量为 143.97 g/hm^2 , 远低于该药剂登记在水稻田的用量 (三氯吡氧乙酸三乙胺盐在东北地区移栽稻田的推荐用量上限为 330 g/hm^2), 更低于该药剂在非耕地的推荐剂量^[4]。在

美国,三氯吡氧乙酸被广泛用于水稻田防除阔叶杂草,推荐剂量上限为 420 g/hm²。研究表明,三氯吡氧乙酸 420 g/hm²对 3~4 叶期水稻十分安全^[5];三氯吡氧乙酸在小麦播种后麦苗 8 叶期使用 960 g/hm²^[7]或在免耕直播小麦田使用 360 g/hm²^[12]均具有很好的安全性。

综上所述,对 6~8 叶期的律草防除活性最高的是三氯吡氧乙酸,其次是氯氟吡氧乙酸、2 甲 4 氯钠、草甘膦异丙胺盐。对于水稻、小麦种植区律草危害而言,优先推荐三氯吡氧乙酸防除,其次是氯氟吡氧乙酸;使用 2 甲 4 氯防控效果不够理想,使用草甘膦无法有效控制其危害。

参考文献

- [1] 李扬汉. 中国杂草志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [2] 李美, 高兴祥, 高宗军, 等. 15 种除草剂防除打碗花、律草效果评价[J]. 农药, 2009, 48(9): 686-688.
- [3] 刘学, 朱文达. 5 种除草剂防除麦田律草等杂草效果试验[J]. 湖北农业科学, 2003, 42(4): 52-53.
- [4] 农业农村部农药检定所. 中国农药信息网 [DB/OL]. [2019-4-26]. <http://www.chinapesticide.org.cn>.
- [5] BOND J A, WALKER T W. Control of volunteer glyphosate-resistant soybean in rice [J]. Weed Technology, 2009, 23(2):

225-230.

- [6] ZHANG Wei, WEBSTER E P, PELLERIN K J, et al. Weed control programs in drill-seeded imidazolinone-resistant rice (*Oryza sativa*) [J]. Weed Technology, 2006, 20(4): 956-960.
- [7] VASILAKOGLU I B, DHIMA K V, ELEFTHEROHORINOS I G. Hoary cress (*Cardaria draba*) control in winter wheat with postemergence herbicides [J]. Weed Technology, 2006, 20(3): 585-592.
- [8] 鲁传涛, 吴仁海, 王恒亮, 等. 农田杂草识别与防治原色图鉴 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2014.
- [9] 蒋易凡, 陈国奇, 董立尧. 稻田马唐对稻田常用茎叶处理除草剂的抗性水平研究[J]. 杂草学报, 2017, 35(2): 67-72.
- [10] CHEN Guoqi, WANG Lingyue, XU Hongle, et al. Cross-resistance patterns to acetyl-CoA carboxylase inhibitors associated with different mutations in Japanese foxtail (*Alopecurus japonicus*) [J]. Weed Science, 2017, 65(4): 444-451.
- [11] CHEN Guoqi, XU Hongle, ZHANG Teng, et al. Fenoxa-prop-*P*-ethyl resistance conferred by cytochrome P450s and target site mutation in *Alopecurus japonicus* [J]. Pest Management Science, 2018, 74(7): 1694-1703.
- [12] 俞大昭, 何燕红, 朱文达. 三氯吡氧乙酸·草甘膦对免耕麦田杂草的防效及对田间光照和水肥的影响[J]. 杂草科学, 2010, 28(1): 33-35.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 233 页)

- [8] 孙元友, 李颖, 薛俊华. 铜绿丽金龟的生活习性及其防治技术 [J]. 吉林林业科技, 2009, 38(5): 54-55.
- [9] 张莉, 罗秀英, 刘士国. 高唐县小麦金针虫发生加重的原因分析及防治方法[J]. 中国植保导刊, 2008, 28(10): 44.
- [10] 张李娜, 谭忠, 刘纪高, 等. 不同药剂防治花生蛱螬药效研究 [J]. 现代农业科技, 2013(16): 105.
- [11] 周靖华, 李艳红, 张林林, 等. 几种杀虫剂对铜绿丽金龟成虫的触杀作用[J]. 西北农业学报, 2012, 21(9): 179-183.
- [12] 刘刚. 氯虫苯甲酰胺可用于防治花生田蛱螬[J]. 农药市场信息, 2009(22): 39.
- [13] 徐尚成, 俞幼芬, 王晓军, 等. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展[J]. 现代农药, 2008(5): 8-11.
- [14] 冯聪, 宋玉泉, 班兰凤. 鱼尼汀受体类杀虫剂抗药性研究进展 [J]. 农药, 2014, 53(7): 469-472.
- [15] 金剑雪, 金道超, 李文红, 等. 防治白背飞虱的农药复配增效配方筛选[J]. 植物保护, 2017, 43(1): 199-204.
- [16] 河北省沧州地区农科所. 蛱螬的饲养和观察方法[J]. 昆虫知识, 1977(1): 27-28.
- [17] MANSOUR N A, ELDEFRAWI M E, TOPPOZADA A, et al. Toxicological studies on the Egyptian cotton leafworm, *Prodenia litura* V. contact versus stomach toxicity of insecticides to larvae [J]. Journal of Economic Entomology, 1966, 59

- [18] SUN Yunpei, JOHNSON E R. Analysis of joint action of insecticides against house flies [J]. Journal of Economic Entomology, 1960, 53(5): 887-892.
- [19] 张鹏, 赵云贺, 韩京坤, 等. 七种新烟碱类杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊幼虫及蚯蚓的选择毒力 [J]. 植物保护学报, 2015, 42(4): 645-650.
- [20] 刘顺通, 段爱菊, 张自启, 等. 35% 氯虫苯甲酰胺 WG 防治花生田蛱螬田间药效评价[J]. 农药, 2009, 48(10): 769-770.
- [21] 李耀发, 高占林, 党志红, 等. 18 种杀虫剂对华北黑鳃金龟和铜绿丽金龟的毒力比较[J]. 中国农学通报, 2008(3): 296-299.
- [22] 化黎玲, 袁俊云, 王国娟, 等. 4 种药剂防治华北黑鳃金龟子药效研究[J]. 现代农业科技, 2013(2): 128.
- [23] 宋协松, 仵树亮, 宋文武, 等. 化学农药对金龟甲的毒力测定 [J]. 植物保护学报, 1986(4): 2340.
- [24] 陈立, 徐汉虹, 李云宇, 等. 农药复配最佳增效配方筛选方法的探讨[J]. 植物保护学报, 2000, 27(4): 349-354.
- [25] 张志祥, 程东美, 胡珊, 等. 以共毒系数评价农药联合作用的不合理性[J]. 植物保护, 2008, 34(1): 34-36.
- [26] 常静, 张薇, 李海平, 等. 吡虫啉与三种拟除虫菊酯杀虫剂对马铃薯桃蚜的联合毒力[J]. 植物保护, 2016, 42(6): 225-228.
- [27] 付志能, 朱秀, 魏敬怀, 等. 阿维菌素与其他 3 种药剂复配对朱砂叶螨的联合作用[J]. 植物保护, 2015, 41(1): 196-200.

(责任编辑: 杨明丽)