麦田新型除草剂砜吡草唑的除草活性

徐洪乐[1]， 樊金星[1]， 张宏军[2]， 吴仁海[1]，
苏旺苍[1]， 薛 飞[1]， 孙兰兰[1]， 鲁传涛[1*]

(1. 河南省农业科学院植物保护研究所，河南省农作物病虫害防治重点实验室，郑州 450002；
2. 农业农村部农药检定所，北京 100125)

摘要 杂草严重影响小麦的丰产丰收，而使用除草剂是麦田杂草防除中最经济有效的手段。砜吡草唑是新型广谱、高活性的苗前土壤处理除草剂。明确砜吡草唑对麦田杂草的除草活性是该药剂在麦田应用的重要内容。本文采用温室盆栽法研究了其对麦田常见杂草的杀草谱及除草活性。研究结果表明：砜吡草唑土壤处理对麦田禾本科杂草鹅观草 *Roegneria kamoji*、多花黑麦草 *Lolium multiflorum*、雀麦 *Bromus japonicus*、棒头草 *Polypogon fugax*、蜡烛草 *Phleum paniculatum*，阔叶杂草大巢菜 *Vicia sativa*、播娘蒿 *Descurainia sophia*、麦家公 *Lithospermum arvense*、泽漆 *Euphorbia helioscopia* 具有良好的防除效果，但对节节麦 *Aegilops tauschii* 和野燕麦 *Avena fatua* 的防除效果略差。在推荐剂量 180 g/hm^2 下，对鹅观草、多花黑麦草、雀麦、棒头草、蜡烛草、大巢菜、播娘蒿、麦家公、泽漆的株抑制率和鲜重抑制率均可达到 90%以上。而对节节麦和野燕麦的 ED_{90} 分别为 209.54 和 886.43 g/hm^2，高于砜吡草唑的田间推荐剂量。砜吡草唑具有广泛的杀草谱及较高的除草活性，可作为小麦田杂草化学防除的重要候选药剂。

关键词 除草剂； 杂草； 苗前土壤处理； 小麦； 砜吡草唑

中图分类号： S 482.4 **文献标识码**： B **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2018312

Herbicidal activity of a novel herbicide pyroxasulfone in wheat field

XU Hongle[1]， FAN Jinxing[1]， ZHANG Hongjun[2]， WU Renhai[1]，
SU Wangcang[1]， XUE Fei[1]， SUN Lanlan[1]， LU Chuantao[1]

(1. *Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Henan Key Laboratory of Crop Pest Control, Zhengzhou* 450002, *China*; 2. *Institute for Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing* 100125, *China*)

Abstract Agricultural weeds posed seriously threat to wheat in the world, and applying herbicide was still the most effective and economical method for weeds control. Pyroxasulfone is a novel, highly effective pre-emergence herbicide. Evaluation of herbicidal activity in wheat field was important for the further application of this herbicide. Greenhouse experiments indicated that pyroxasulfone was effective on controlling the gramineous weeds *Roegneria kamoji*, *Lolium multiflorum*, *Bromus japonicus*, *Polypogon fugax*, *Phleum paniculatum*, and the broadleaf weeds *Vicia sativa*, *Descurainia sophia*, *Lithospermum arvense*, *Euphorbia helioscopia*. However, pyroxasulfon was less effective on controlling *Aegilops tauschii* and *Avena fatua* compared to other weeds. At the field recommend dose of 180 g/hm^2, application of pyroxasulfone resulted in higher than 90% plant and fresh weight reduction to *R. kamoji*, *L. multiflorum*, *B. japonicus*, *P. fugax*, *P. paniculatum*, *V. sativa*, *D. sophia*, *L. arvense* and *E. helioscopia*. The ED_{90} values of pyroxasulfone for *A. tauschii* and *A. fatua* were 209.54 and 886.43 g/hm^2, respectively. The results indicated that pyroxasulfone could be used as one of candidate herbicides for the weeds control in wheat fields.

Key words herbicide； weed； pre-emergence soil treatment； wheat； pyroxasulfone

收稿日期： 2018-07-16 **修订日期**： 2018-09-10
基金项目： 国家重点研发计划(2017YFD0201703)；河南省科技攻关计划(172102110279)；河南省农业科学院自主创新专项基金(2017ZC41)；河南省农业科学院科研发展专项资金(2019CY07)
* 通信作者 E-mail：chuantaolu@qq.com

小麦是全世界分布范围最广,种植面积最大,总产量最高的粮食作物,小麦的安全生产对世界经济乃至人类发展至关重要。我国是世界第一大小麦生产、消费和进口国[1]。国家统计局数据显示:2015 年我国小麦的总播种面积为 2 414 万 hm^2,占全国粮食作物总播种面积的 21.3%[2]。小麦田杂草严重影响着我国乃至世界范围的小麦生产。据报道,我国麦田杂草有 200 多种,全国麦田草害面积达 30%以上,每年造成小麦近 50 亿 kg 的损失[3]。麦田杂草的防除可采用农业及生态防除、物理防除、生物防除、化学防除等措施,但化学防除仍是目前杂草防除中最经济有效的方法。自 1956 年我国开始推广化学防除以来,农田化学除草已经有 60 多年的历史。农田化学除草日益被广大农民接受,化学除草面积在 20 世纪 90 年代初期达到 2 300 万 hm^2,至 90 年代中期,化学除草面积达到 4 000 万 hm^2,占全国作物播种面积的 1/4 以上[4-5]。

尽管化学防除对小麦田杂草的防除做出了巨大、不可替代的贡献,但是随着除草剂长时间大量使用也带来了杂草抗药性、杂草群落演替、常规药剂防效不理想等问题[6]。特别是杂草抗药性问题,目前全球已经有 315 种麦田杂草生物型对除草剂产生了抗药性[7]。针对麦田最新杂草发生形势,特别是抗药性杂草,研究开发新型除草剂,建立切实有效的麦田杂草防除方法对于保证小麦丰产、丰收至关重要。

砜吡草唑(pyroxasulfone,代号:KIH-485)是日本组合化学公司开发的新型广谱、高活性的苗前土壤处理除草剂[8]。该除草剂属于异噁唑类除草剂,是植物体内超长链脂肪酸(VLCFAs)生物合成的潜在抑制剂[8-9]。砜吡草唑的应用作物较为广泛,可以安全地用于玉米、棉花、花生、小麦、向日葵等作物;可有效防除狗尾草属、马唐属、稗属等禾本科杂草以及苋属、曼陀罗属、茄属、苘麻属等阔叶杂草[10-11]。砜吡草唑在澳大利亚等国家被认为是防除硬直黑麦草等抗药性杂草的最佳药剂[12]。砜吡草唑具有杀草谱广、活性高、用量低、安全性好等优良特点,使其受到越来越广泛的关注,目前也逐步作为麦田最新的土壤处理剂在我国进行登记和推广。然而,该药剂对我国麦田主要杂草的除草活性尚不清楚,使用范围及剂量也未明确,制约了该药剂的推广使用。本文对麦田最新除草剂砜吡草唑的除草活性进行了研究,明确其对我国麦田主要杂草的杀草谱及其除草活性,以期为该药剂的进一步推广使用提供重要的理论依据及实践指导。

1　材料与方法

1.1　供试材料

供试药剂:40%砜吡草唑悬浮剂(SC),上海群力化工有限公司。

供试禾本科杂草:野燕麦 *Avena fatua*、节节麦 *Aegilops tauschii*、雀麦 *Bromus japonicus*、多花黑麦草 *Lolium multiflorum*、棒头草 *Polypogon fugax*、蜡烛草 *Phleum paniculatum*、鹅观草 *Roegneria kamoji*;供试阔叶杂草:大巢菜 *Vicia sativa*、播娘蒿 *Descurainia sophia*、麦家公 *Lithospermum arvense*、泽漆 *Euphorbia helioscopia*。

1.2　试验方法

1.2.1　试验设计

采用温室盆栽法[13]。在直径为 9 cm 的塑料盆钵底部打孔,装满未使用过任何除草剂的过筛土(pH 6.0,有机质含量 1.4%),底部吸水至土壤水分饱和,分别播种一定数量的杂草种子。播种后 1 d,使用喷雾塔(农业部南京农业机械化研究所 3WP-2000 型行走式喷雾塔,TP6501 型扇形喷头,喷雾高度 300 mm,药液量 450 L/hm^2)进行土壤喷雾处理,喷雾后置于温室中继续培养(温度:白天约 20℃,晚上约 15℃)并保持土壤湿润。

1.2.2　测定内容及测定方法

砜吡草唑处理剂量为 22.5、45、90、180、360 g/hm^2,对照杂草喷施等量清水,每个处理 4 次重复。施药后 21 d 调查杂草株数并剪去地上部分称量鲜重,计算株抑制率及鲜重抑制率:

$$\text{鲜重抑制率}=\frac{\text{对照杂草鲜重}-\text{处理杂草鲜重}}{\text{对照杂草鲜重}}\times 100\%;$$

$$\text{株抑制率}=\frac{\text{对照杂草株数}-\text{处理杂草株数}}{\text{对照杂草株数}}\times 100\%。$$

1.3　数据分析

使用 Microsoft Excel 2010 处理数据并作图;采用 DPS 7.05 软件计算药剂对不同杂草鲜重的 ED_{50} 和 ED_{90}。试验数据采用 Probit 模型进行分析,拟合方程如下:$y=a+bx$。

2 结果与分析

2.1 砜吡草唑对禾本科杂草的除草活性

砜吡草唑对禾本科杂草的株抑制率见图 1。采用 40%砜吡草唑 SC 45 g/hm² 及以上剂量处理的鹅观草、多花黑麦草、雀麦、棒头草、蜡烛草几乎均未出苗，株抑制率均在 90%以上，显示了良好的防除效果。但对野燕麦和节节麦的株抑制率较差，360 g/hm² 剂量下株抑制率仅分别达到 6.94%和 61.67%。

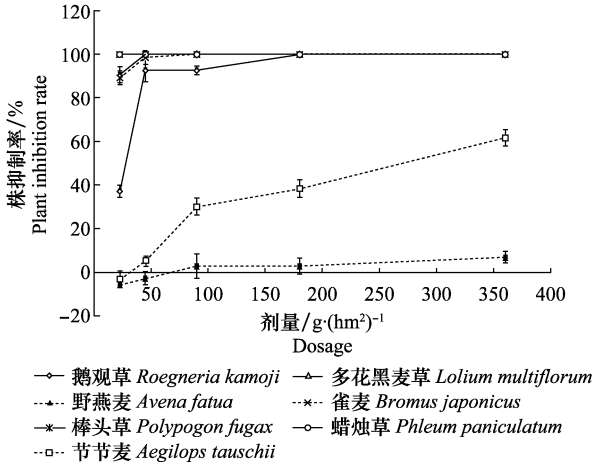


图 1 砜吡草唑对禾本科杂草的株抑制率

Fig. 1 Plant inhibition rates of pyroxasulfone on gramineous weeds

砜吡草唑对禾本科杂草的鲜重抑制率和防除效果见图 2～图 4。随着剂量的提高，砜吡草唑对禾本科杂草的鲜重抑制率逐渐提高。在 40%砜吡草唑 SC 推荐剂量 180 g/hm² 下，对野燕麦和节节麦的鲜重抑制率分别为 60.64%和 86.76%，对其他几种禾本科杂草的鲜重抑制率均达到 100%。

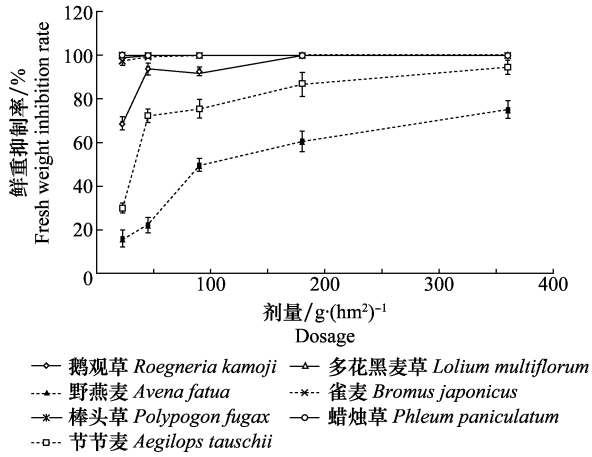


图 2 砜吡草唑对禾本科杂草的鲜重抑制率

Fig. 2 Fresh weight inhibition rates of pyroxasulfone on gramineous weeds

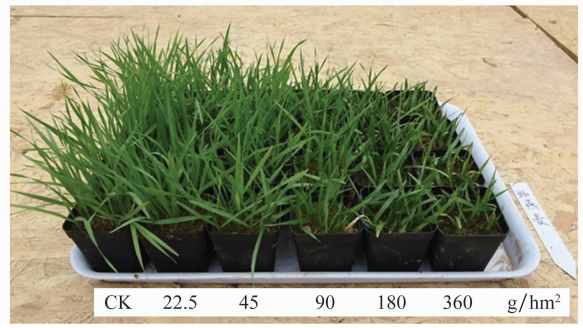


图 3 砜吡草唑对野燕麦的防除效果

Fig. 3 Effect of pyroxasulfone on *Avena fatua*

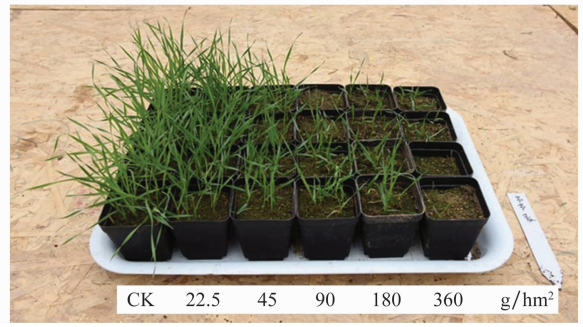


图 4 砜吡草唑对节节麦的防除效果

Fig. 4 Effect of pyroxasulfone on *Aegilops tauschii*

40%砜吡草唑 SC 对野燕麦、节节麦、鹅观草的 ED_{50} 分别为 116.09、32.79、20.32 g/hm²，ED_{90} 分别为 886.43、209.54、41.39 g/hm²；对其他几种禾本科杂草的 ED_{50} 和 ED_{90} 均小于 22.5 g/hm²。砜吡草唑对多花黑麦草、雀麦、棒头草、蜡烛草、鹅观草的除草活性较高，对节节麦的活性次之，对野燕麦的活性最差。

2.2 砜吡草唑对阔叶杂草的除草活性

40%砜吡草唑 SC 对阔叶杂草的株抑制率见图 5。在 45 g/hm² 及以上剂量，对播娘蒿、麦家公、泽漆的株抑制率均已达到 100%，具有良好的防除效果。40%砜吡草唑 SC 对大巢菜的株抑制率略差，在 45 g/hm² 剂量下株抑制率为 81.82%。

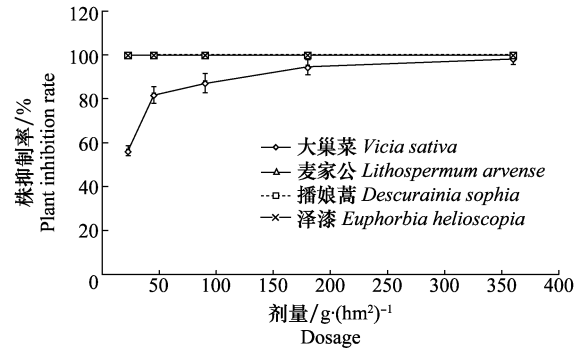


图 5 砜吡草唑对阔叶杂草的株抑制率

Fig. 5 Plant inhibition effect of pyroxasulfone on broadleaf weeds

砜吡草唑对阔叶杂草的鲜重抑制率见图 6。与株抑制率结果类似,40%砜吡草唑 SC 在 45 g/hm² 及以上剂量对播娘蒿、麦家公、泽漆的鲜重抑制率均已达到 100%,而对大巢菜的鲜重抑制率在 45 g/hm² 剂量达到 78.78%。

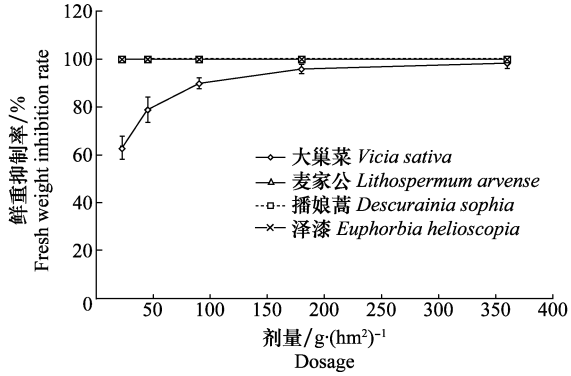


图 6　砜吡草唑对阔叶杂草的鲜重抑制率

Fig. 6　Fresh weight inhibition rate of pyroxasulfone on broadleaf weeds

40%砜吡草唑 SC 对大巢菜的 ED_{50} 为 13.06 g/hm²,ED_{90} 为 96.06 g/hm²;对其他几种阔叶杂草的 ED_{50} 和 ED_{90} 均小于 22.5 g/hm²。砜吡草唑对本研究的几种阔叶杂草均具有较高的除草活性。

3　结论与讨论

麦田杂草严重危害小麦的丰产丰收,对杂草的有效防除成为保证小麦安全生产的关键。随着常规麦田除草剂的长时间使用带来麦田杂草群落演化、杂草抗药性等诸多问题[14]。新型麦田除草剂的使用成为解决问题的最有效方法之一。砜吡草唑即是一种作用机制新颖、安全性高的麦田新型除草剂。本研究表明,砜吡草唑土壤处理对麦田禾本科杂草鹅观草、多花黑麦草、雀麦、棒头草、蜡烛草,阔叶杂草大巢菜、播娘蒿、麦家公、泽漆具有良好的防除效果,但是对节节麦和野燕麦的防除效果略差。禾本科杂草鹅观草、多花黑麦草、雀麦、棒头草、蜡烛草、节节麦、野燕麦分别属于鹅观草属、黑麦草属、雀麦属、棒头草属、梯牧草属、山羊草属、燕麦属;阔叶杂草大巢菜、播娘蒿、麦家公、泽漆分别属于野豌豆属、播娘蒿属、紫草属、大戟属杂草,本研究进一步对砜吡草唑的杀草谱进行了补充。截至目前,砜吡草唑可对 13 个属的禾本科杂草以及 11 个属的阔叶杂草进行有效防除,具有广泛的杀草谱[8-11]。

近年来,我国麦田杂草抗药性发生迅速,逐渐成为制约我国麦田杂草防除的最重要问题。据 http://weedscience.org/记录,我国从 1990 年以来已累计报道了 42 例,28 种杂草对除草剂产生了抗性[7]。我国小麦田杂草多花黑麦草、棒头草、节节麦、野燕麦、播娘蒿、麦家公已经对麦田除草剂产生了抗药性或耐药性,成为麦田杂草防除中的难点[15-21]。而雀麦、蜡烛草、大巢菜、泽漆也一直严重危害我国小麦生产,特别是在黄淮海地区极为严重[22-25]。在砜吡草唑推荐剂量 180 g/hm² 下,对禾本科杂草鹅观草、多花黑麦草、雀麦、棒头草、蜡烛草,阔叶杂草大巢菜、播娘蒿、麦家公、泽漆的株抑制率和鲜重抑制率均可达到 90%以上。砜吡草唑用于麦田防除这些具有抗药性或者危害严重的杂草具有良好的应用前景。

本研究中砜吡草唑对节节麦和野燕麦的防除效果不甚理想,ED_{90} 分别为 209.54 和 886.43 g/hm²,大于砜吡草唑的田间推荐剂量 180 g/hm²。节节麦是世界恶性杂草,在全球冬小麦种植区几乎均有分布,在我国主要分布于黄河中部的冬麦区[26]。目前,在小麦田能够安全使用并对节节麦有一定防除效果的药剂仅有甲基二磺隆和异丙隆,这使节节麦成为我国乃至全球冬小麦种植区危害最为严重的恶性杂草之一[27-28]。尽管本研究中砜吡草唑对节节麦的抑制效果不甚理想,但在推荐剂量 180 g/hm² 对节节麦的鲜重抑制率仍可达到 86.76%。鉴于目前节节麦防除的严峻形势,砜吡草唑仍可以作为防除该杂草的药剂使用。本研究中砜吡草唑对野燕麦的防除效果最差,在麦田单一使用该药剂可能会使野燕麦成为优势种群,建议野燕麦危害严重的农田可采用砜吡草唑复配吡氟酰草胺或氟噻草胺等药剂进行防除。

近年来,麦田播后苗前封闭除草剂成为除草剂登记的热点。土壤封闭处理可以在我国农村劳动力出现短缺的情况下大大提高劳动效率。长期单一使用某种除草剂是杂草对除草剂产生抗药性的重要原因之一。尽管砜吡草唑具有杀草谱广,环境相容性好,单位面积用药量低,除草效果好、持效期长等特点,但长期单一使用该药剂仍会带来抗药性问题。研究表明,连续单一施用砜吡草唑三年,硬质黑麦草即可对砜吡草唑产生抗药性甚至对其他药剂产生交互抗性[29-31]。因此,选择作用机理不同或者代谢机理不同的除草剂进行轮用、混用是麦田杂草化学防治最行之有效的方法[32-33]。

砜吡草唑土壤处理对麦田禾本科杂草鹅观草、多花黑麦草、雀麦、棒头草、蜡烛草以及阔叶杂草大巢菜、播娘蒿、麦家公、泽漆具有良好的防除效果。该药剂具有杀草谱广,除草活性高等特点,未来将成为麦田杂草化学防除中的重要药剂。

参考文献

[1] 郭天财. 我国小麦生产发展的对策与建议[J]. 中国农业科技导报,2001,3(4):27-31.

[2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2016.

[3] 张玉聚,徐凤波. 除草剂应用技术与市场开发[M]. 郑州:郑州大学出版社,2003.

[4] 张朝贤,胡祥恩,钱益新. 国外除草剂应用趋势及我国杂草科学研究现状和发展方向[J]. 植物保护学报,1997,24(3):278-282.

[5] 涂鹤龄. "八五"农田草害治理的重大成就、存在问题及对策[C]// 中国昆虫学会. 中国有害生物综合治理学术讨论会,1996.

[6] POWLES S B, YU Qin. Evolution in action: plants resistant to herbicides [J]. Annual Review Plant Biology, 2010, 61(1): 317-347.

[7] HEAP I M. International survey of herbicide resistant weeds [J]. http://www. weedscience. org/(21 August 2017).

[8] 杨吉春, 范玉杰, 吴峤, 等. 新型除草剂 pyroxasulfone [J]. 农药, 2010, 49(12): 911-914.

[9] TANETANI Y, KAKU K, KAWAI K, et al. Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone [J]. Pesticide Biochemistry & Physiology, 2009, 95(1): 47-55.

[10] 苏少泉. 除草剂新品种 pyroxasulfone 的开发与使用[J]. 农药,2012,51(2): 133-134.

[11] OLSON B L S, ZOLLINGER R K, THOMPSON C R, et al. Pyroxasulfone with and without sulfentrazone in sunflower (*Helianthus annuus*) [J]. Weed Technology, 2011, 25(2): 217-221.

[12] WALSH M J, FOWLER T M, CROWE B, et al. The potential for pyroxasulfone to selectively control resistant and susceptible rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) biotypes in Australian grain crop production systems[J]. Weed Technology, 2011, 25(1): 30-37.

[13] XU Hongle, ZHU Xudong, WANG Hongjun, et al. Mechanism of resistance to fenoxaprop in Japanese foxtail (*Alopecurus japonicus*) from China [J]. Pesticide Biochemistry & Physiology, 2013, 107(1): 25-31.

[14] 徐洪乐. 小麦田日本看麦娘(*Alopecurus japonicus*)对精噁唑禾草灵抗药性及靶标酶抗性机理研究[D]. 南京:南京农业大学,2015.

[15] CUI Hailan, ZHANG Zhaoxian, ZHANG Hongjun, et al. Confirmation of flixweed (*Descurainia sophia*) resistance to tribenuron in China [J]. Weed Science, 2008, 56(6): 775-779.

[16] 王合松,宋玉立,李九英,等. 警惕麦田恶性杂草黑麦草蔓延危害[J]. 植物保护,2008,34(2):149-151.

[17] 隋标峰. 节节麦(*Aegilops tauschii* Coss.)不同种群对甲基二磺隆的敏感性差异研究[D]. 北京:中国农业科学院,2010.

[18] CUI Hailan, ZHANG Chaoxian, WEI Shouhui, et al. Acetolactate synthase gene proline (197) mutations confer tribenuron-methyl resistance in flixweed (*Descurainia sophia*) populations from China [J]. Weed Science, 2011, 59(3): 376-379.

[19] 郭峰. 日本看麦娘(*Alopecurus japonicus* Steud.)、野燕麦(*Avena fatua* L.)对精噁唑禾草灵及炔草酸的抗药性研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2011.

[20] 吴小虎, 王金信, 刘伟堂, 等. 山东省部分市县麦田杂草麦家公(*Lithospermum arvense*)对苯磺隆的抗药性[J]. 农药学学报, 2011, 13(6): 597-602.

[21] TANG Wei, ZHOU Fengyan, CHEN Jie, et al. Resistance to ACCase-inhibiting herbicides in an Asia minor bluegrass (*Polypogon fugax*) population in China [J]. Pesticide Biochemistry & Physiology, 2014, 108(1): 16-20.

[22] 陆维成,朱家全. 大巢菜主要生物学特性及其防除[J]. 杂草科学,1986(2):1-2.

[23] 张俊喜,陈磊,仇彩云,等. 泽漆对小麦的为害损失及经济阈值研究[J]. 植物保护学报,1999,26(11):79-82.

[24] 朱良备,宋爱颖. 麦田蜡烛草生态经济阈值研究[J]. 现代农业科技,2012(18):112-113.

[25] LI Qi, DU Long, YUAN Guohui, et al. Density effect and economic threshold of Japanese brome (*Bromus japonicus* Houtt.) in wheat [J]. Chilean Journal of Agricultural Research, 2016, 76(4): 441-447.

[26] 房锋,高兴祥,魏守辉,等. 麦田恶性杂草节节麦在中国的发生发展[J]. 草业学报,2015,24(2):194-201.

[27] 张朝贤,李香菊,黄红娟,等. 警惕麦田恶性杂草节节麦蔓延危害[J]. 植物保护学报,2007,34(1):103-106.

[28] 房锋,张朝贤,黄红娟,等. 麦田节节麦发生动态及其对小麦产量的影响[J]. 生态学报,2014(14):3917-3923.

[29] BUSI R, GAINES T A, WALSH M J, et al. Understanding the potential for resistance evolution to the new herbicide pyroxasulfone: field selection at high doses versus recurrent selection at low doses [J]. Weed Research, 2012, 52(6): 489-499.

[30] BUSI R, POWLES S B. Cross-resistance to prosulfocarb and triallate in pyroxasulfone-resistant *Lolium rigidum* [J]. Pest Management Science, 2013, 69(12): 1379-1384.

[31] BUSI R, GAINES T A, VILA-AIUB M M, et al. Inheritance of evolved resistance to a novel herbicide (pyroxasulfone) [J]. Plant Science, 2014, 217/218(1): 127-134.

[32] NORSWORTHY J K, WARD S M, SHAW D R, et al. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations [J]. Weed Science, 2012, 60(SP1): 31-62.

[33] DÉLYE C, JASIENIUL M, LE CORRE V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds [J]. Trends in Genetics, 2013, 29(11): 649-658.

(责任编辑: 杨明丽)