异噁唑草酮及其混剂噻酮·异噁唑的除草活性及对玉米的安全性

滕春红， 岳建超， 马艺倩， 冯曦茹， 王 博， 顾元琳， 陶 波*

（东北农业大学农学院，哈尔滨 150030）

摘要 异噁唑草酮和噻酮·异噁唑是新型、广谱、高活性的土壤处理除草剂。明确异噁唑草酮和噻酮·异噁唑对玉米田杂草的除草活性及对玉米的安全性是该药剂在玉米田应用的重要内容。本文采用温室整株生物测定法研究了两种药剂对玉米田常见杂草的除草活性及对玉米的安全性。结果表明：20%异噁唑草酮悬浮剂和26%噻酮·异噁唑悬浮剂土壤处理对玉米田杂草有较高的除草活性，两种药剂对各种杂草的GR_{90}均低于田间推荐剂量。20%异噁唑草酮悬浮剂土壤处理对阔叶杂草藜、苘麻、反枝苋和苍耳均有较高的除草活性，GR_{90}均小于54 g/hm^2，对禾本科杂草狗尾草、马唐、稗和野黍也有较高的除草活性，GR_{90}均小于63 g/hm^2。26%噻酮·异噁唑悬浮剂对阔叶杂草藜、反枝苋、苘麻和苍耳也有较高的除草活性，GR_{90}均小于62 g/hm^2，对禾本科杂草狗尾草、马唐、稗和野黍也有较高的除草活性，GR_{90}均小于59 g/hm^2。20%异噁唑草酮悬浮剂和26%噻酮·异噁唑悬浮剂土壤处理对玉米的安全性很高，对玉米和杂草的选择性指数均高于17。异噁唑草酮及其混剂噻酮·异噁唑用药量低、除草活性强、对玉米安全，是玉米田土壤处理除草剂较为理想的替代产品。

关键词 异噁唑草酮； 噻酮·异噁唑； 除草活性； 玉米； 安全性

中图分类号： S 451.2 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2020247

Weed control efficacy and safety on maize varieties by isoxaflutole and thiencabazone-methyl·isoxaflutole

TENG Chunhong， YUE Jianchao， MA Yiqian， FENG Xiru， WANG Bo， GU Yuanlin， TAO Bo*

（*College of Agriculture*，*Northeast Agricultural University*，*Harbin* 150030，*China*）

Abstract Isoxaflutole and thiencabazone-methyl·isoxaflutole are novel，broad-spectrum，highly active and soil applied herbicides. It is important to evaluate their herbicidal activity and safety to maize for their further application. The herbicidal activity of isoxaflutole and thiencabazone-methyl·isoxaflutole on four broadleaf weeds and four grass weeds and their safety on different maize varieties were measured by greenhouse whole plant bioassay. The results showed that soil treatment with isoxaflutole 20% SC and thiencabazone-methyl·isoxaflutole 26% SC had high herbicidal activity on weeds in maize field. The GR_{90} values of the two herbicides to weeds were lower than the recommended dose in the field. Isoxaflutole soil treatment had good herbicidal activity on the broadleaf weeds lamsquarters，velvetleaf，redroot pigweed and siberian cocklebur. The GR_{90} value of isoxaflutole was less than 54 g/hm^2 for the broadleaf weeds，and that of isoxazolone 20% SC soil treatment was less than 63 g/hm^2 for green foxtail，hairy crabgrass，barnyardgrass and hairy cupgrass. Thiencabazone-methyl·isoxaflutole 26% SC soil treatment had good herbicidal activity on the broadleaf weeds lambsquarters，velvetleaf，redroot pigweed and siberian cocklebur. The GR_{90} value of thiencabazone-methyl·isoxaflutole 26% SC was less than 62 g/hm^2 for broadleaf weeds，and that of thiencabazone-methyl·isoxaflutole 26% SC was less than 59 g/hm^2 for green bristlegrass，hairy crabgrass，barnyardgrass and hairy cupgrass. Isoxaflutole and thiencabazone-methyl·isoxaflutole were safe and didn't cause injury to maize. The selectivity indices of isoxaflutole 20% SC and thiencabazone-methyl·isoxaflutole 26% SC to maize and weeds were higher than 17. The results show that

收稿日期： 2020－05－11 **修订日期：** 2020－07－15
基金项目： 国家重点研发计划(2017YFD0201803)
* 通信作者 E-mail：botaol@163.com

isoxaflutole and thiencabazone-methyl · isoxaflutole have strong herbicidal activity at low dose and are safe to maize. They are ideal substitutes of soil applied herbicides in maize field.

Key words isoxaflutole; thiencabazone-methyl · isoxaflutole; herbicidal activity; maize; safety

异噁唑草酮(isoxaflutole)是德国拜耳作物科学公司新开发的玉米田除草剂,具有土壤兼苗后早期茎叶除草活性。异噁唑草酮施用后,可以被雨水再次激活,二次杀草,持效期较长[1-2]。噻酮磺隆(thiencabazone-methyl)是德国拜耳作物科学公司新开发的玉米田除草剂,土壤、茎叶兼能吸收[2]。26%噻酮·异噁唑悬浮剂是2016年德国拜耳作物科学公司开发的玉米田除草剂,杀草谱广,对玉米安全。可通过土壤封闭、苗后早期茎叶处理以及遇水激活三重除草机制来达到除草效果,使用适期灵活,玉米3叶1心前均可使用,控草时间长达45 d,适用于免耕、少耕等多种耕作系统,用药量极低,是玉米田较为理想的土壤处理剂[2-4]。

国内外对异噁唑草酮的报道主要集中在品种介绍、复配制剂活性及在土壤、植物中的代谢和对微生物影响等方面[5-11],对噻酮·异噁唑的报道主要集中在品种介绍、茎叶处理除草活性及在植物和土壤中代谢等方面[3-4,12-13],异噁唑草酮和噻酮·异噁唑土壤处理对东北地区玉米田优势杂草的室内活性未见报道。本文通过温室整株生物测定试验,研究异噁唑草酮和噻酮·异噁唑土壤处理的除草活性及对玉米安全性,为这两种药剂在东北地区的进一步推广应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试杂草:阔叶杂草4种,即苘麻 *Abutilon theophrasti* Medicus、反枝苋 *Amaranthus retroflexus* L.、苍耳 *Xanthium strumarium* Patrin. 和藜 *Chenopodium album* L.;禾本科杂草4种,即稗 *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.、狗尾草 *Setaria viridis* (L.) Beauv.、野黍 *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth 和马唐 *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.。以上杂草种子均采自黑龙江省哈尔滨市东北农业大学校内实习基地。

供试作物:玉米品种为'先玉335'和'嫩单8',均购于市场。

供试药剂:20%异噁唑草酮悬浮剂(SC),潍坊先达化工有限公司;26%噻酮·异噁唑悬浮剂(SC),德国拜耳作物科学公司。

主要仪器设备:KNAPSACK Hydraulic Sprayer(背负式喷雾器);电子天平(FA1004B),上海精密科学仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 异噁唑草酮及其混剂噻酮·异噁唑的除草活性

采用温室整株生物测定法。取未使用过除草剂的表层土壤过筛后风干,装入上口直径为15 cm的塑料盆钵中,分别在每个盆钵中播种25粒均匀一致的杂草种子,覆土1~2 mm,4次重复。将上述盆钵分别放入装有水的托盘中,让水逐渐渗入。杂草还未出苗时喷药,药后晾晒1 d后移入25~30℃的温室中培养。

采用KNAPSACK Hydraulic Sprayer喷雾器喷雾,喷压214 kPa,喷液量300 L/hm^2。20%异噁唑草酮悬浮剂施药有效剂量分别为15、30、60、120 g/hm^{2}和240 g/hm^2(分别为田间推荐剂量的1/8、1/4、1/2、1倍和2倍),26%噻酮·异噁唑悬浮剂的施药有效剂量分别为14.625、29.25、58.5、117 g/hm^{2}和234 g/hm^2(分别为田间推荐剂量的1/8、1/4、1/2、1倍和2倍),同时设置空白对照,每处理4次重复。施药后28 d称取杂草地上部分的鲜重。

1.2.2 异噁唑草酮及其混剂噻酮·异噁唑对玉米安全性测定

采用温室整株生物测定法。取未使用过除草剂的表层土壤过筛后风干,装入上口直径为25 cm的塑料盆钵中,分别在每个盆钵中播种25粒均匀一致的玉米种子,覆土3 cm,4次重复。上述盆钵分别放入装有水的托盘中,让水逐渐渗入。作物未出苗时施药,晾晒1 d后移入25℃~30℃的温室中培养。施药剂量及方法同1.2.1。施药后28 d称取玉米地上部分的鲜重。

1.3 数据处理

试验原始数据采用Excel进行整理,采用DPS软件对药剂剂量的对数值与鲜重抑制率的概率值进行回归分析,求得杂草鲜重抑制50%和90%的有效剂量GR_{50}和GR_{90}、玉米鲜重抑制10%的有效剂量GR_{10}及其95%置信区间,以及除草剂对作物和杂草的选择性指数。选择性指数常用来评价除草剂对作物与杂草间的选择性,选择性指数越高,表示除草剂对作物越安全[14-15]。

鲜重抑制率=(对照组平均鲜重-处理组平均鲜重)/对照组平均鲜重×100%;

选择性指数=玉米的 GR_{10}/杂草的 GR_{90}。

2　结果与分析

2.1　20%异噁唑草酮 SC 土壤处理的生物活性及对不同玉米品种的安全性

20%异噁唑草酮 SC 苗前土壤处理对玉米田杂草的除草活性如表 1 所示,20%异噁唑草酮 SC 土壤处理对玉米田常见的 8 种杂草均有较高的除草活性,GR_{50} 和 GR_{90} 均远低于田间推荐剂量 120 g/hm^2。对藜的活性最强,喷药后均未出苗,其次是苘麻,GR_{50} 为 5.28 g/hm^2,GR_{90} 为 17.86 g/hm^2,反枝苋、狗尾草、马唐和稗的 GR_{50} 为 11.60～14.39 g/hm^2,GR_{90} 为 24.57～28.84 g/hm^2,对苍耳和野黍的活性略差,GR_{90} 为 53.80～62.97 g/hm^2,其值也远低于田间推荐剂量。

表 1　20%异噁唑草酮 SC 对玉米田杂草的除草活性

Table 1　Control effect of isoxaflutole 20% SC to weeds in maize field

供试杂草 Tested weed	斜率±标准误 b±SE	GR_{50}(95%置信限)/ g·(hm^2)$^{-1}$ GR_{50}(95% confidence limit)	GR_{90}(95%置信限)/ g·(hm^2)$^{-1}$ GR_{90}(95% confidence limit)	χ^2	df
苘麻 *Abutilon theophrasti*	2.42±0.95	5.28(0.70～39.56)	17.86(5.39～59.17)	6.95	4
反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	4.13±1.06	13.64(5.58～33.34)	27.85(14.89～52.10)	9.05	4
苍耳 *Xanthium strumarium*	1.37±0.19	6.21(3.13～12.31)	53.80(40.93～70.72)	0.29	4
狗尾草 *Setaria viridis*	3.93±0.94	11.60(4.73～28.44)	24.57(13.20～45.74)	10.39	4
马唐 *Digitaria sanguinalis*	4.07±1.04	13.06(5.29～32.25)	26.95(14.33～50.66)	9.65	4
稗 *Echinochloa crus-galli*	4.25±1.02	14.39(6.39～32.40)	28.84(16.25～51.17)	7.76	4
野黍 *Eriochloa villosa*	4.20±1.23	31.21(15.89～61.31)	62.97(35.88～110.51)	7.23	4

20%异噁唑草酮 EC 苗前土壤处理对玉米和杂草的选择性指数如表 2 所示,异噁唑草酮土壤处理对玉米的安全性较好。20%异噁唑草酮 EC 对两个玉米品种'先玉 335'和'嫩单 8'的 GR_{10} 分别是 1 214.94 g/hm^2 和 1 071.24 g/hm^2,对苘麻的选择性最高,选择性指数分别为 68.03 和 59.98,对反枝苋、苍耳、狗尾草、马唐、稗、野黍的选择性虽然次之,但也均高于 17.01,可见异噁唑草酮对玉米与杂草之间有较高的选择性。

表 2　20%异噁唑草酮 SC 对玉米与杂草之间的选择性指数

Table 2　The selective index of isoxaflutole 20% SC between maize and weeds

作物 Crop	苘麻 *Abutilon theophrasti*	反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	苍耳 *Xanthium strumarium*	狗尾草 *Setaria viridis*	马唐 *Digitaria sanguinalis*	稗 *Echinochloa crus-galli*	野黍 *Eriochloa villosa*
先玉 335 Xianyu 335	68.03	43.62	22.58	49.45	45.09	42.13	19.29
嫩单 8 Nendan 8	59.98	38.46	19.91	43.61	39.75	37.15	17.01

2.2　26%噻酮·异噁唑 SC 土壤处理的生物活性及对不同玉米品种的安全性

26%噻酮·异噁唑 SC 苗前土壤处理对玉米田杂草的除草活性如表 3 所示,噻酮·异噁唑土壤处理对玉米田常见的 8 种杂草均有很好的活性,GR_{50} 和 GR_{90} 均远低于田间推荐剂量 117 g/hm^2。26%噻酮·异噁唑 SC 对藜的活性最强,喷药后均未出苗,其次是反枝苋,GR_{50} 为 4.35 g/hm^2,GR_{90} 为 15.64 g/hm^2,狗尾草、马唐、稗和苘麻的 GR_{50} 为 10.53～15.97 g/hm^2,GR_{90} 为 21.51～30.52 g/hm^2,对野黍和苍耳的活性略差,GR_{50} 分别为 29.43 g/hm^2 和 30.64 g/hm^2,GR_{90} 分别为 58.87 g/hm^2 和 61.34 g/hm^2,其值也远低于田间推荐剂量。

26%噻酮·异噁唑 SC 苗前土壤处理对玉米和杂草的选择性指数如表 4 所示,噻酮·异噁唑土壤处理对玉米的安全性比异噁唑草酮更高。两个玉米品种'先玉 335'和'嫩单 8'的 GR_{10} 分别是 1 718.41 g/hm^2 和 2 274.57 g/hm^2,相比玉米,噻酮·异噁唑对反枝苋的选择性最高,选择性指数分别为 109.87 和 145.43,对苘麻、苍耳、狗尾草、马唐、稗、野黍的选择性虽然次之,但也均高于 28.01,可见噻酮·异噁唑对玉米与杂草之间有较高的选择性。

表 3 26%噻酮·异噁唑 SC 苗前土壤处理对玉米田杂草的除草活性

Table 3 Control effect of thiencabazone-methyl·isoxaflutole 26% SC to weeds in maize field

供试杂草 Tested weed	斜率±标准误 b±SE	GR_{50}(95%置信限)/ g·(hm²)⁻¹ GR_{50}(95% confidence limit)	GR_{90}(95%置信限)/ g·(hm²)⁻¹ GR_{90}(95% confidence limit)	χ^2	df
反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	2.31±0.97	4.35(0.44～42.82)	15.64(4.04～60.53)	6.64	4
苘麻 *Abutilon theophrasti*	4.56±0.89	15.97(8.58～29.72)	30.52(19.48～47.83)	7.29	4
苍耳 *Xanthium strumarium*	4.25±1.20	30.64(15.98～58.75)	61.34(35.60～105.69)	8.11	4
狗尾草 *Setaria viridis*	4.13±0.72	10.53(5.26～21.09)	21.51(12.96～35.69)	9.18	3
马唐 *Digitaria sanguinalis*	3.93±0.78	10.69(4.98～22.95)	22.64(13.31～38.52)	9.58	4
稗 *Echinochloa crus-galli*	4.16±0.68	12.02(6.65～21.76)	24.43(16.08～37.12)	8.48	4
野黍 *Eriochloa villosa*	4.26±1.14	29.43(15.72～55.10)	58.87(35.23～98.39)	7.26	4

表 4 26%噻酮·异噁唑 SC 对玉米与杂草之间的选择性指数

Table 4 The selective index of thiencabazone-methyl·isoxaflutole 26% SC between maize and weeds

作物 Crop	反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	苘麻 *Abutilon theophrasti*	苍耳 *Xanthium strumarium*	狗尾草 *Setaria viridis*	马唐 *Digitaria sanguinalis*	稗 *Echinochloa crus-galli*	野黍 *Eriochloa villosa*
先玉 335 Xianyu 335	109.87	56.30	28.01	79.89	75.90	70.34	29.19
嫩单 8 Nendan 8	145.43	74.53	37.08	105.74	100.47	93.11	38.64

3 结论与讨论

异噁唑草酮和噻酮·异噁唑杀草谱广，对大多数一年生禾本科杂草及阔叶杂草均有效。在温室中，异噁唑草酮对阔叶杂草和禾本科杂草均有较好的除草活性，20%异噁唑草酮 SC 对阔叶杂草和禾本科杂草的 GR_{90} 为 17.86～62.97 g/hm²，其值均远低于田间推荐剂量，且对阔叶杂草藜和苘麻的活性优于对禾本科杂草稗和马唐。这与高兴祥等[16]的研究结果异噁唑草酮对苘麻的除草活性优于稗和马唐一致。26%噻酮·异噁唑 SC 对阔叶杂草和禾本科杂草的 GR_{90} 为 15.64～61.34 g/hm²，其值远低于田间推荐剂量。20%异噁唑草酮 SC 和 26%噻酮·异噁唑 SC 对两个玉米品种的 GR_{10} 都比较大，异噁唑草酮都在 1 071.24 g/hm² 以上，噻酮·异噁唑都在 1 718.41 g/hm² 以上，对玉米的选择指数比较高，对玉米安全。本研究结果可为这两种药剂在东北春玉米田应用提供理论依据和借鉴。前人相关研究结果也表明了异噁唑草酮和噻酮·异噁唑在玉米田杂草防控中应用的可能性[4,13,16-18]。

目前，东北地区春玉米田土壤封闭除草剂主要有乙草胺、嗪草酮和 2,4-滴丁酯或这几种活性成分的混剂或复配制剂，但均存在一定的问题。乙草胺对禾本科杂草活性较强，但对苍耳、铁苋菜等阔叶杂草效果略差，对苘麻无效。嗪草酮对苘麻无效，且对土壤有机质含量的要求较严格。2,4-滴丁酯易挥发，使用时容易造成登记作物和邻近作物药害事故，且对水生生物急性毒性及对人类存在干扰内分泌风险。从 2023 年 1 月 29 日起，国内将全面禁止销售和应用含 2,4-滴丁酯成分的所有产品[19]。除了除草剂品种的局限性外，东北地区玉米田土壤封闭处理除草剂用量过大，土壤残留严重，亟待找到高效的替代除草剂品种。异噁唑草酮和噻酮·异噁唑可通过土壤封闭、苗后早期茎叶以及遇水激活三重除草机制来达到除草效果，对玉米田阔叶杂草和禾本科杂草均有较高的除草活性，且对土壤处理难防除的阔叶杂草苘麻特效，公顷有效用量是现有土壤处理除草剂的 1/10～1/5，使用适期灵活，玉米 3 叶 1 心前均可使用，控草时间长达 45 d，且对玉米安全。是原有玉米田土壤处理除草剂较为理想的替代产品，是当前国家提倡的除草剂减施增效方案中的理想药剂。

参考文献

[1] 刘洋. 未来除草剂登记的热点产品之噻酮磺隆[J]. 农药市场信息，2018(14)：27－28.

[2] 刘洋. 未来玉米田除草剂的开发思路[J]. 农药市场信息，2015(28)：6－9.

[3] 冯文涛，张旭辉，王忠娣，等. 31.5%异噁唑草酮·噻酮磺隆防除夏玉米田杂草试验研究[J]. 陕西农业科学，2014，60(4)：43－45.

[4] 刘煜财，郑建波，李德春，等. 26.7%噻酮磺隆·异噁唑草酮悬浮剂

对玉米田杂草防效及安全性[J]. 农药,2012,51(12):912-914.

[5] PALLETT K E, CRAM S M, LITTLE J P, et al. Isoxaflutole: the background to its discovery and the basis of its herbicidal properties [J]. Pest Management Science, 2001, 57(2): 133-142.

[6] TOMKIEL M, BAĆMAGA M, BOROWIK A, et al. Effect of a mixture of flufenacet and I sxaflutole on population numbers of soil-dwelling microorganisms, enzymatic activity of soil, and maize yield [J]. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 2019,54(10): 1-11.

[7] 毛佳,冯义志,齐晓雪,等. 异噁唑草酮及其代谢物在玉米中残留分析方法[J]. 农药科学与管理,2019,40(1):35-40.

[8] 肖春艳. 78%扑草净·乙草胺·异噁唑草酮悬乳剂防除花生田杂草田间药效试验报告[J]. 农业与技术,2018,38(6):71.

[9] 吴幽鉴. 异噁唑草酮复配使用更有前途[J]. 农药市场信息,2017(20):66.

[10] ROUCHAUD J, NEUS O, EELEN H, et al. Soil metabolism of isoxaflutole in corn [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2002, 42(3): 280-285.

[11] MILAN M, FERRERO A, LETEY M, et al. Effect of buffer strips and soil texture on runoff losses of flufenacet and isoxaflutole from maize fields [J]. Journal of environmental science and health, Part B, 2013, 48(10/12): 1021-1033.

[12] 王东,闫思月,贾春虹,等. 分散固相萃取/超高效液相色谱-串联质谱法测定玉米和土壤中噻酮磺隆-异噁唑草酮及其代谢物残留[J]. 分析测试学报,2017,36(3):355-360.

[13] 李晓秋,夏振岩,潘玉荣,等. 爱玉优防除春玉米田杂草示范报告[J]. 吉林农业,2017(10):56-57.

[14] 王茂云,李蓉荣,刘纯,等. 三氟啶磺隆除草活性及对棉花的安全性评价[J]. 农药学学报,2014,16(1):23-28.

[15] 高兴祥,王宝亮,房锋,等. 氟噻草胺生物活性及对玉米和大豆安全性室内测定[J]. 植物保护学报,2017,44(4):703-704.

[16] 高兴祥,孙作文,李美,等. 异噁唑草酮防除玉米田杂草及玉米安全性效果测定[J]. 玉米科学,2016,24(5):157-160.

[17] 卢宗志,祝彦海,李洪鑫,等. 异噁唑草酮单用及混用对玉米田杂草的防治效果[J]. 农药,2017,56(11):840-843.

[18] 左兰. 异噁唑草酮在玉米田的应用研究[D]. 泰安:山东农业大学,2016.

[19] 汪建沃. 农业部将停止 2,4-滴丁酯田间试验和登记申请[J]. 农药市场信息,2016(4):9.

(责任编辑:田　喆)

(上接 287 页)

[24] PAN Deng, DOU Wei, YUAN Guorui, et al. Monitoring the resistance of the citrus red mite (Acari: Tetranychidae) to four acaricides in different citrus orchards in China [J]. Journal of Economic Entomology, 2020, 113(2): 918-923.

[25] LIAO Chongyu, XIA Wenkai, FENG Yingcai, et al. Characterization and functional analysis of a novel glutathione *S*-transferase gene potentially associated with the abamectin resistance in *Panonychus citri* (McGregor) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2016, 132: 72-80.

[26] 黄振东,方培林,陈道茂,等. 浙江柑橘全爪螨对炔螨特的敏感性变化[J]. 植物保护,2006,32(4):94-96.

[27] 朱祚亮,曹诗红,蔡世凤,等. 11 种杀螨剂防治柑橘红蜘蛛田间药效试验[J]. 湖北植保,2014(3):19-20.

[28] 黄有林,姜邦钊,陈上进. 1.8%阿维菌素乳油防治柑橘红蜘蛛药效试验[J]. 江西农业,2017(19):22.

[29] 龙友华. 6.8%阿维菌素·噻螨酮乳油对柑橘红蜘蛛毒力测定及田间药效试验[J]. 贵州农业科学,2010,38(11):147-149.

[30] 张绍勇,杨波,陈振,等. 大环内酯类新化合物天维菌素杀螨活性及田间防治效果[J]. 植物保护学报,2017,44(2):318-323.

[31] IRAC. Insecticide Resistance Action Committee [EB/OL]. [2020-04-12]. http://irac-online.org/mode-of-action/.

[32] 黄素青,张志祥,徐汉虹,等. 新型杀螨剂嘧螨酯对柑橘红蜘蛛的生物活性[J]. 农药,2005,44(2):81-83.

[33] 徐淑,陈凯歌,余瑶,等. 联苯肼酯对柑橘全爪螨的毒力测定及田间防效[J]. 植物保护,2014,40(5):191-195.

[34] 赵庆阳. 30%螺螨酯·联苯肼酯 SC 防治柑橘红蜘蛛田间药效试验[J]. 广西植保,2019,32(4):19-20.

[35] 黄振东,蒲占消,林荷芳,等. 25%螺螨酯 SC 防治柑橘红蜘蛛的田间试验效果[J]. 浙江柑橘,2010,27(4):21-23.

[36] 曹相余. 20%丁氟螨酯 SC 防治柑橘红蜘蛛田间药效示范试验[J]. 南方园艺,2014,25(2):28-29.

[37] 冯聪,宋玉泉,刘少武,等. 新型杀螨剂乙唑螨腈防治柑橘红蜘蛛田间应用[J]. 农药,2017,56(10):712-714.

[38] 刘少武,宋玉泉,张俊龙,等. 30%乙唑螨腈悬浮剂防治不同害螨田间药效试验[J]. 现代农药,2018,17(3):18-21.

[39] 莫小荣,徐法三,吴群. 乙唑螨腈等药剂防治柑橘红蜘蛛试验[J]. 浙江柑橘,2019,36(3):20-22.

[40] 姜友法,田大军,王宝林,等. 40%氟啶胺悬浮剂对柑橘红蜘蛛的防治效果[J]. 世界农药,2019,41(1):61-62.

[41] 中国农药信息网. 农药登记数据[EB/OL]. [2020-04-12]. http://www.icama.org.cn/hysj/index.jhtml.

[42] 张素英,门友均,唐明丽,等. 桂林地区柑橘园常用杀螨剂抗性及药害调查[J]. 南方园艺,2013,24(1):31-32.

[43] 李斌,于海波,罗艳梅,等. 乙唑螨腈的合成及其杀螨活性[J]. 现代农药,2016,15(6):15-16.

(责任编辑:田　喆)