



王宇,王克勤,刘兴龙.减施化学杀虫剂对亚洲玉米螟的防控效果[J].黑龙江农业科学,2022(1):34-38,39.

减施化学杀虫剂对亚洲玉米螟的防控效果

王宇,王克勤,刘兴龙

(黑龙江省农业科学院 植物保护研究所/农业农村部哈尔滨作物有害生物科学观测实验站,
黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为构建玉米螟绿色防控技术体系,在肇东和宾县开展化学杀虫剂减量施用及新型 *Bt* 制剂防治玉米螟的田间试验。结果表明:两个添加助剂的杀虫剂处理在施药量减少 30% 后对玉米螟的防治效果均达到 84% 以上,减药加入助剂后的高效氯氟氰菊酯处理的防效要比常规的高效氯氟氰菊酯处理防效略高,挽回损失率在 4.6%~6.5%,增产 8.2%~8.7%。氯虫苯甲酰胺常规用量处理对玉米螟的防效最高,两试验地防效分别为 92.5% 和 92.9%,在肇东和宾县两地的挽回损失率分别是 6.8% 和 4.8%,增产 10% 以上。*Bt* 制剂比化学杀虫剂的防效要低,两地防效均在 81% 以上,挽回损失率 4.4% 以上,增产率 5.2% 以上。因此,减量施用化学杀虫剂添加助剂的防控技术和新型 *Bt* 制剂均可有效防控玉米螟,可以作为玉米螟绿色防治技术手段应用于生产实践。

关键词:亚洲玉米螟;杀虫剂;苏云金杆菌(*Bt*);防治效果

亚洲玉米螟 [*Ostrinia furnacalis*] Guenée (简称玉米螟)是玉米生产上发生最重、危害最大的常发性害虫。黑龙江省是我国玉米生产大省,也是受玉米螟危害最严重的省份,一般发生年份产量损失率在 5%~10%,严重时达 20%~30%^[1]。在黑龙江省玉米产区,一代玉米螟幼虫在玉米大喇叭口期发生,钻蛀茎秆可造成折茎,影响养分输送;为害玉米的雄穗,可导致花粉质量不达标或数量不够;玉米螟幼虫也可直接为害果穗导致和加重玉米穗腐病的发生,不仅影响玉米的产量,还严重影响其品质,降低玉米商品等级,威胁玉米及粮食生产安全^[2-3]。防治玉米螟策略包括释放赤眼蜂、性诱剂诱杀、心叶撒颗粒剂和喷施化学药剂等多种方法^[4-5],生产中化学喷雾最为实用,在玉米螟卵孵化盛期喷施杀虫剂是防治玉米螟的有效方法之一^[6]。但杀虫剂的过量及不合理使用造成玉米螟抗药性增强、药剂残留及污染等一系列问题^[7-8]。苏云金杆菌 (*Bacillus thuringiensis*, *Bt*) 作为微生物杀虫剂一直以减少抗药性、农残和环境污染等优点被广泛应用于害虫可持续综合防治策略中,*Bt* 防治是玉米螟的绿色防

控技术之一^[9]。另外,通过使用无毒或低毒的增效助剂,提高药剂防效是降低农药用量的有效途径之一。为推动科学用药,合理降低农药使用量,有效消除农药的负面作用,本研究开展高效氯氟氰菊酯、氯虫苯甲酰胺减量施用和新型苏云金杆菌 G033A 制剂防治玉米螟的田间试验,为构建玉米螟绿色防控技术体系提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2019 年在黑龙江省肇东市群力村 (45.93°N, 126.04°E) 和宾县仁和村 (45.89°N, 127.81°E) 两个地点进行。

1.2 材料

供试玉米品种为天农 9 号和先玉 335。

试验药剂为 2.5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂 (山东曹达化工有限公司); 200 g·L⁻¹ 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 (富美实中国投资有限公司); 苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂 (32 000 IU·mg⁻¹, 武汉科诺生物科技股份有限公司)。

供试助剂为迈润 (中国化工集团有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设 5 种药剂及空白对照共 6 个处理 (表 1)。每个处理面积 104 m², 4 次重复。在玉米螟卵孵化盛期进行人工喷雾处理, 肇东喷药时间为 2019 年 7 月 8 日, 宾县喷药时间为 2019 年 7 月 9 日, 按试验设计用量, 分别将 5 个处理药剂用水稀释, 均匀喷施在玉米植株上。

收稿日期: 2021-10-10

基金项目: 黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项 (HNK2019CX14); 国家重点研发计划 (2017YFD0201803)。

第一作者: 王宇 (1981—), 男, 博士, 助理研究员, 从事有害生物防治研究。E-mail: wangyuryan@163.com。

通信作者: 刘兴龙 (1975—), 男, 硕士, 副研究员, 从事害虫生物防治与综合治理研究。E-mail: 13804505330@163.com。

表 1 供试药剂试验用量

处理	商品名	药剂	药剂剂量
1	高效氯氟氰菊酯	2.5%高效氯氟氰菊酯	750.0 mL·hm ⁻²
2	高效氯氟氰菊酯+迈润	2.5%高效氯氟氰菊酯+迈润	525.0 mL·hm ⁻² +1000×
3	康宽	200 g·L ⁻¹ 氯虫苯甲酰胺	75.0 mL·hm ⁻²
4	康宽+迈润	200 g·L ⁻¹ 氯虫苯甲酰胺+迈润	52.5 mL·hm ⁻² +1000×
5	禁卫军	苏云金杆菌 G033A	1500.0 g·hm ⁻²
6		空白对照	

1.3.2 调查项目及方法 安全性测定:施药后观察各处理对玉米生长的安全性,调查是否有药害发生及玉米的成熟时期。

植株被害情况:玉米成熟后收获前,剖秆调查试验各处理区玉米植株被害情况,计算被害株减退率、虫口减退率(百秆活虫减退率)、蛀孔减退率,并计算平均防治效果^[10]。每个小区调查100株。

被害率(%)=被害株数/总调查株数×100

减退率(%)=(空白对照区被害率-处理区被害率)/空白对照区被害率×100

平均防治效果(%)=[(被害株减退率+虫口减退率+蛀孔减退率)/3]×100

挽回产量损失情况:参照玉米不同受害部位产量损失率常数,雌穗上部折茎的产量损失率为11.4%,雌穗下部折茎产量损失率为32.1%,穗柄受害产量损失率为13.0%,秆受害产量损失率为5.84%^[11]。将玉米受害分为雌穗上部折茎、雌穗下部折茎、穗柄受害和茎秆受害4个不同部位,分别调查试验各处理不同受害部位的虫害株率,再与不同受害部位植株的产量损失率常数相乘即得产量损失率,对照区产量损失率与防治区产量损失率之差即为挽回产量损失率^[10]。

产量损失率=11.4%×穗上部折茎株率+32.1%×穗下部折茎株率+13.0%×穗柄受害株率+5.84%×茎秆受害株率

挽回产量损失率=对照区产量损失率-防治区产量损失率

产量测定:玉米收获前对肇东和宾县两地试验各处理进行产量测定,每个处理5 m²,进行产量测定,按标准水分14%含水量折算产量,与空白对照区比较计算增产率。

14%含水率玉米产量=(1-籽粒含水率)/(1-14%)×自然水玉米产量

增产率(%)=(处理区产量-空白对照区产

量)/空白对照区产量×100^[11]

1.3.3 数据分析 采用Excel 2007 软件对原始数据进行整理分析,采用DPS 7.05 统计分析软件进行差异显著性分析,采用Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 安全性

参试的5个处理施药后,对玉米生长均无药害表现,玉米生长及生育期与空白对照无差异,成熟期正常,表明5种药剂处理对玉米的安全性均较好。

2.2 防治效果

通过对肇东和宾县两地试验各处理的被害株率、活虫数和蛀孔数防效进行统计分析,发现所有药剂处理均与对照差异显著,防效均达到81%以上,说明所有药剂处理对玉米螟防治都有显著的效果。

对肇东各药剂处理防效进行分析结果表明,减量30%高效氯氟氰菊酯加入助剂迈润(处理2)的平均防效达到了87.2%,高于常规用量的高效氯氟氰菊酯(处理1)的防效,但未达到显著差异;减量30%氯虫苯甲酰胺加入助剂迈润(处理4)平均防效达到了87.4%,显著低于常规用量的氯虫苯甲酰胺(处理3)的防效。Bt G033A 制剂(处理5)平均防效达到了82.7%,显著低于常规用量的氯虫苯甲酰胺,与其他化学杀虫剂处理差异不显著(表2)。

对宾县各药剂处理防效进行分析结果表明,减量30%高效氯氟氰菊酯加入助剂迈润(处理2)的平均防效达到了86.4%,高于常规用量的高效氯氟氰菊酯(处理1)的防效,但未达到显著差异;减量30%氯虫苯甲酰胺加入助剂迈润(处理4)平均防效达到了86.9%,显著低于常规用量的氯虫苯甲酰胺(处理3)的防效。Bt G033A 制剂(处理5)的防效虽然达到了81.7%,但与化学处理的防效均达到了显著差异(表3)。

表 2 肇东不同杀虫剂处理防治玉米螟的田间防效

处理	被害株率/%	被害株减退率/%	百秆活虫数/头	虫口减退率/%	蛀孔数/个	蛀孔减退率/%	平均防效/%
1	7.0±5.0 bc	84.1	1.0±1.2 b	87.1	7.5±3.1 b	84.5	85.2±1.6 b
2	4.0±2.8 bcde	90.9	1.0±1.2 b	87.1	8.0±1.6 b	83.5	87.2±3.7 ab
3	3.0±3.8 ce	93.2	0.5±1.0 b	93.6	4.5±3.0 b	90.7	92.5±1.5 a
4	7.0±2.0 bcd	84.1	0.5±1.0 b	93.6	7.5±1.9 b	84.5	87.4±5.3 ab
5	8.0±7.5 b	81.8	1.3±1.0 b	83.9	8.5±3.9 b	82.5	82.7±1.1 b
6(CK)	44.0±3.7 a		7.8±1.7 a		48.5±3.8 a		

注:同列数据后字母代表 0.05 水平差异显著性(Duncan 新复极差法)。下同。

表 3 宾县不同杀虫剂处理防治玉米螟的田间防效

处理	被害株率/%	被害株减退率/%	百秆活虫数/头	虫口减退率/%	蛀孔数/个	蛀孔减退率/%	平均防效/%
1	6.5±3.1 b	82.4	1.25±1.5 b	87.8	7.0±2.5 b	84.7	85.0±2.7 b
2	5.8±2.2 b	84.5	1.25±1.5 b	87.8	6.0±2.6 b	86.9	86.4±1.7 b
3	2.5±0.6 b	93.2	0.75±1.0 b	92.7	3.3±0.5 b	92.9	92.9±0.3 a
4	5.0±2.3 b	86.5	1.25±1.5 b	87.8	6.3±4.3 b	86.3	86.9±0.8 b
5	7.0±4.0 b	81.1	2.00±1.4 b	80.5	7.5±3.8 b	83.6	81.7±1.7 c
6(CK)	37.0±10.1 a		10.25±2.1 a		45.8±10.9 a		

综合肇东和宾县两地对玉米螟的防效分析得出,化学杀虫剂加入助剂减量处理对玉米螟的田间防效都在 86%以上,证明加入助剂减少化学杀虫剂用量防治玉米螟技术是可行的;新型 *Bt* G033A 制剂处理对玉米螟的防效虽然低于化学杀虫剂处理的防效,但仍对玉米螟实现了有效的控制,防效均在 81%以上,可以作为替代化学杀虫剂田间防治玉米螟的生物防治方法。

2.3 挽回产量损失率

肇东秋季玉米收获前进行调查结果表明(表 4),空白对照的玉米平均产量损失率为 7.4%,常规用量的氯虫苯甲酰胺(处理 3)和减量氯虫苯甲酰胺加入助剂(处理 4)的平均产量损失率分别为 0.5%和 1.1%,挽回产量损失率分别为 6.8%和 6.3%。常规用量的高效氯氟氰菊酯(处理 1)和减量高效氯氟氰菊酯加入助剂(处理 2)的平均产量损失率分别为 1.2%和 0.8%,挽回产量损失率分别为 6.2%和 6.5%。*Bt* G033A 制剂(处理 5)

平均产量损失率为 1.3%,与常规用量的氯虫苯甲酰胺处理的产量损失率达到了显著差异,与其他处理均未达到显著差异,挽回产量损失率为 6.0%,与其他化学药剂处理均未达到显著差异。所有药剂处理的产量损失率均显著低于空白对照。

宾县秋季玉米收获前调查结果表明(表 5),空白对照的玉米平均产量损失率为 5.2%,常规用量的氯虫苯甲酰胺(处理 3)和减量氯虫苯甲酰胺加入助剂(处理 4)的平均产量损失率分别为 0.4%和 0.7%,挽回产量损失率分别为 4.8%和 4.5%。常规用量的高效氯氟氰菊酯(处理 1)和减量高效氯氟氰菊酯加入助剂(处理 2)的平均产量损失率分别为 0.8%和 0.7%,挽回产量损失率分别为 4.4%和 4.6%。*Bt* G033A 制剂(处理 5)平均产量损失率为 0.8%,挽回产量损失率为 4.4%,与其他药剂处理的产量损失率和挽回产量损失率均未达到显著差异。所有药剂处理的产量损失率均显著低于空白对照。

表 4 肇东不同杀虫剂处理防治玉米螟的挽回产量损失率

单位: %

处理	被害株率	秆受害率	穗上部折茎株率	穗下部折茎株率	穗柄受害株率	产量损失率	挽回产量损失率
1	7.0±5.0 bc	6.3±2.4 b	2.3±0.5 b	1.3±1.0 b	1.0±0.0 b	1.2±0.5 bc	6.2±0.3 a
2	4.0±2.8 bcde	3.3±1.7 b	2.0±0.8 b	1.0±0.8 b	0.8±0.5 b	0.8±0.4 bc	6.5±0.6 a
3	3.0±3.8 ce	2.0±1.2 b	1.3±0.5 b	0.8±0.5 b	0.3±0.5 b	0.5±0.3 c	6.8±0.2 a
4	7.0±2.0 bcd	5.8±1.0 b	2.0±0.8 b	1.3±1.0 b	0.8±0.5 b	1.1±0.5 bc	6.3±0.7 a
5	8.0±7.5 b	6.3±2.9 b	2.8±1.0 b	1.5±0.6 b	1.3±0.5 b	1.3±0.5 b	6.0±0.5 a
6(CK)	44.0±3.7 a	40.0±1.8 a	16.0±1.8 a	7.5±0.6 a	6.0±0.8 a	7.4±0.5 a	

表 5 宾县不同杀虫剂处理防治玉米螟的挽回产量损失率

单位: %

处理	被害株率	秆受害率	穗上部折茎株率	穗下部折茎株率	穗柄受害株率	产量损失率	挽回产量损失率
1	6.5±3.1 b	5.8±2.2 b	1.5±0.6 b	0.5±0.6 b	0.8±0.5 b	0.8±0.3 b	4.4±0.8 a
2	5.8±2.2 b	5.0±1.6 b	1.6±1.0 b	0.5±0.6 b	0.5±0.6 b	0.7±0.3 b	4.6±0.9 a
3	2.5±0.6 b	1.8±0.5 b	0.8±0.5 b	0.5±0.6 b	0.3±0.5 b	0.4±0.2 b	4.8±0.9 a
4	5.0±2.3 b	4.3±2.1 b	1.3±0.5 b	0.8±0.5 b	0.8±0.5 b	0.7±0.3 b	4.5±1.0 a
5	7.0±4.0 b	5.5±2.4 b	1.8±1.0 b	0.5±0.6 b	1.3±0.5 b	0.8±0.4 b	4.4±1.0 a
6(CK)	37.0±10.1 a	33.3±9.2 a	13.3±1.5 a	4.3±1.3 a	3.0±0.8 a	5.2±1.1 a	

综合肇东和宾县两地挽回产量损失率分析得出,在减量杀虫剂加入助剂和 *Bt* G033A 制剂均可显著降低玉米螟田间为害的产量损失率,与杀虫剂常规用量处理的挽回损失率差异不显著。

2.4 产量

由表 6 可知,肇东地区 5 种药剂处理防治玉米螟后均可达到增产的作用,增产率在 5.2%~12.4%。5 种药剂处理的 14%标准水分玉米平均产量极显著高于空白对照。减药加入助剂(处理 2 和 4)与 *Bt* G033A 制剂(处理 5)增产率分别在

8.7%、10.0%和 5.2%。
通过对宾县试验区玉米产量进行分析结果表明(表 6),5 种药剂防治玉米螟处理均可达到增产的作用,增产率在 5.9%~10.6%。5 种药剂处理的 14%标准水分玉米平均产量极显著高于空白对照。减药处理(处理 2 和 4)与 *Bt* G033A 制剂(处理 5)增产率分别在 8.2%、8.9%和5.9%。
综合肇东和宾县两地产量测定结果得出,防治玉米螟有助于提高产量,所有防治玉米螟的处理都显著提高了玉米产量。

表 6 两地不同杀虫剂处理防治玉米螟产量分析

处理	肇东			宾县		
	产量/ (kg·hm ⁻²)	折合 14%标准水分 产量/(kg·hm ⁻²)	增产率/%	产量/ (kg·hm ⁻²)	折合 14%标准水分 产量/(kg·hm ⁻²)	增产率/%
1	16125.0±287.2 abA	13159.3±150.8 cBC	7.3	12275.0±250.0 bcAB	10090.9±205.3 bB	7.1
2	16375.0±471.7 abA	13333.5±194.8 bcB	8.7	12400.0±200.0 abAB	10190.4±173.4 bAB	8.2
3	16600.0±516.4 aA	13784.9±135.0 aA	12.4	12675.0±95.7 aA	10416.9±178.9 aA	10.6
4	16450.0±57.7 aA	13489.5±132.8 bAB	10.0	12450.0±238.0 abAB	10260.2±203.5 bAB	8.9
5	15750.0±404.1 bA	12894.4±203.1 dC	5.2	12050.0±173.2 cB	9976.0±158.5 cC	5.9
6(CK)	14925.0±478.7 cB	12262.6±160.9 eD		11425.0±125.8 dC	9419.0±161.9 dD	

注:同列数据后不同大小写字母分别代表 0.01 和 0.05 水平差异显著性(Duncan 新复极差法)。

3 讨论

3.1 *Bt* 与化学杀虫剂对玉米螟的防效比较

苏云金杆菌(*Bt*)属微生物源杀虫剂、具有广谱、低毒等特点,作用方式为胃毒,对大多数鳞翅目害虫幼虫具有较好的防治效果^[12-13]。*Bt* G033A 是具有高毒力的双价基因工程菌,可同时防治鳞翅目和鞘翅目叶甲科等重要农业害虫^[14]。防治试验中作为生物杀虫剂 *Bt* G033A 对玉米螟的防效低于两种化学杀虫剂所有处理的防效,但也表现出了理想的防治效果,两地平均防效均可达到 81%以上,在肇东的试验中对玉米螟的平均防效与高效氯氟氰菊酯常规用量处理无显著差异。*Bt* G033A 制剂防治玉米螟技术可以作为一

个有效的手段应用于生产实践中,完全可以作为化学杀虫剂的替代药剂,是全程绿色防控玉米螟技术的一项重要组成部分。
3.2 加入助剂减施化学杀虫剂防治玉米螟的防效比较
研究表明,助剂可降低药液的表面张力和界面张力,提高药剂对植物的渗透性,从而增加药液的润湿性和铺展性,缩短药剂渗透进入植物的时间,进而提高药剂的防效^[15]。郝友武等^[16]系统研究了 Kao 系列助剂的增效作用及作用机制,发现此类助剂可显著提高药剂对害虫和杂草的防效,平均可降低农药用量 1/3 以上,并且这种增效作用是通过添加助剂提高药剂的铺展性、润湿性

和渗透性获得的。本试验中使用的助剂为甲酯化植物油型多功能喷雾增效助剂,可明显降低药液表面张力,促进渗透吸收,增强粘附性,减少药液流失,对杀虫剂、杀菌剂、杀螨剂、除草剂等药剂都有明显的减施增效作用^[17]。

本试验中助剂对两种杀虫剂的增效作用在防效上表现有所不同,减量加助剂的氯虫苯甲酰胺的防效显著低于常规用量处理;而减量加助剂的高效氯氟氰菊酯防效略高于常规用量处理,但未达到显著差异。两种杀虫剂加入助剂后的防效差别有可能与两种药剂的杀虫作用机理不同有关。氯虫苯甲酰胺是内吸杀虫剂,胃毒为主,兼具触杀^[18]。高效氯氟氰菊酯以触杀和胃毒作用为主,无内吸作用^[19-20]。助剂能提高渗透性,缩短药剂渗透进入植物的时间,因此对内吸性杀虫剂氯虫苯甲酰胺的增效作用不显著。助剂通过降低表面和界面张力来提高药剂在虫体表面的湿润性和铺展性,因此对于以触杀为主要杀虫方式的高效氯氟氰菊酯增效明显。综上所述,田间化学杀虫剂防治玉米螟最佳药剂是氯虫苯甲酰胺,但在化学杀虫剂中加入助剂确实能减少化学杀虫剂的使用量,同时达到理想的防治效果,说明加入助剂减少化学药剂使用量是减施农药的有效途径之一。

4 结论

氯虫苯甲酰胺、高效氯氟氰菊酯和苏云金杆菌 G033A 均可有效防控田间玉米螟,并提高玉米产量。助剂迈润可有效保证化学杀虫剂降低用量后的防治效果,同时发现助剂迈润可能对触杀和胃毒作用方式的杀虫剂增效作用高于内吸作用为主的杀虫剂;苏云金杆菌 G033A 制剂可以作为防治田间玉米螟的生物药剂。综合以上结果总结出田间药剂防治玉米螟的 3 个防治策略。第一,注重玉米螟田间防效时选择氯虫苯甲酰胺常规用量;第二,不使用化学杀虫剂时选择生物制剂苏云金杆菌 G033A 进行田间玉米螟防治同样可以获得较好的防效;第三,减少化学杀虫剂使用量时可以选择加入助剂,这样既可较少化学杀虫剂的用量又可以达到理想的效果,尤其是以触杀和胃毒作用为主的化学杀虫剂。

参考文献:

[1] 赵秀梅,张树权,曲忠诚,等. 4 种亚洲玉米螟绿色防控技术田间防效及效益比较[J]. 中国生物防治学报,2014,30(5): 685-689.

[2] 何康来,周大荣,王振营,等. 甜玉米玉米螟的发生危害与防治措施[J]. 植物保护学报,2002,29(3):199-204.

[3] 徐文静,隋丽,高鹏,等. 球孢白僵菌可湿性粉剂防治玉米螟的研究与应用[J]. 中国生物防治学报,2020,36(6): 862-865.

[4] 杨芷,路杨,毛刚,等. 松毛虫赤眼蜂携带球孢白僵菌防治亚洲玉米螟技术研究与应用[J]. 中国生物防治学报,2020,36(1):52-57.

[5] 张万民,马辉,洪晓燕,等. 东北玉米螟 2 代发生区绿色防控技术集成和管理模式探讨[J]. 中国植保导刊,2017,37(2): 77-80.

[6] 王桂跃,赵福成,韩海亮,等. 浙江省鲜食玉米新品种产量、品种和抗性分析及其育种目标选择[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2018,44(3):343-355.

[7] 支昊宇,丁新华,陈萍,等. 氯虫苯甲酰胺对亚洲玉米螟解毒酶活性及生长发育的影响[J]. 南京农业大学学报,2021,44(1):89-96.

[8] 陈永伟,于丽,卜建华,等. 5 种药剂对枸杞蚜虫的田间防效试验[J/OL]. 东北农业科学: 1-6[2021-10-12]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1376.s.20210525.1437.006.html>.

[9] SANCHIS V. From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: History of the biopesticide *Bacillus thuringiensis*. A review[J]. Agronomy for Sustainable Development,2011,31(1):217-231.

[10] 赵秀梅,郑旭,王连霞,等. 苏云金芽胞杆菌 G033A 大面积防治二代区亚洲玉米螟效果评价[J/OL]. 中国生物防治学报: 1-8 [2021-10-12]. <https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2021.05.012>.

[11] 全国农业技术推广服务中心. 中国植保手册. 玉米病虫防治分册[M]. 北京:中国农业出版社,2007.

[12] 赵国庆. 生物农药苏云金杆菌[J]. 农业知识,2020(12): 30-33.

[13] 马雪,邱丽娜,弓爱君,等. *Bt* 生物农药研究进展[J]. 山东农业科学,2009(10):65-69.

[14] 刘华梅,许国建. 微生物农药苏云金杆菌 G033A[J]. 农药科学与管理,2018,39(4):59-60.

[15] 宋玉莹,曹冲,徐博,等. 农药雾滴在植物叶面的弹跳行为及调控技术研究进展[J]. 农药学报,2019,21(5-6): 895-907.

[16] 郝友武,龟井昌敏,田村辰仙,等. Kao 系列桶混助剂的增效作用及其增效机制[J]. 世界农药,2016,38(3):42-48.

[17] 秦培文,陈扬,徐娟,等. 桶混助剂迈润对乙羧草醚防除大豆田阔叶杂草的增效作用[J]. 沈阳农业大学学报,2020,51(4):500-505.

[18] 王猛,王凯,刘峰,等. 溴氰虫酰胺和氯虫苯甲酰胺对三种鳞翅目害虫的毒力作用比较[J]. 植物保护学报,2014,41(3):360-366.

[19] 郭崇友,杨琴,陈叶青,等. 2.5% 高效氯氟氰菊酯纳米微乳剂的研发与应用[J]. 农药,2020,59(2):99-102.

[20] 樊东,王继伟,司修洋,等. 黏虫 UDP-葡萄糖基转移酶 UGT33J12 基因序列分析及对两种杀虫剂的响应[J]. 东北农业大学学报,2021,52(4):20-28.