

河西地区玉米田棉铃虫发生规律及其化学防治技术

袁伟宁^{1,2}, 何树文³, 魏建荣⁴, 郭成^{1,2},
周天旺^{1,2}, 郭建国^{1,2}, 张新瑞^{1,2*}

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070; 2. 农业部天水作物有害生物科学观测实验站, 天水 741200;
3. 甘肃省张掖市植保植检站, 张掖 734000; 4. 甘肃省武威市植保植检站, 武威 733000)

摘要 近年来,棉铃虫在甘肃省河西地区重度发生,严重阻碍了玉米生产。为有效防治棉铃虫,保障玉米生产安全,本研究调查了玉米田棉铃虫发生规律,介绍了两种高效施药器械的应用,并测定了两种生物农药的田间防治效果。结果表明:棉铃虫在河西地区1年可发生3代。越冬蛹主要分布在0~5 cm土层中,占总越冬蛹量的55.56%,2016年玉米连作田平均蛹量200.10头/667 m²。越冬蛹于4月下旬开始羽化,羽化高峰为5月中下旬,1代棉铃虫羽化高峰为7月下旬,2代棉铃虫羽化高峰为8月中旬。棉铃虫成虫在玉米不同生育期的产卵习性不同,玉米雌穗吐丝后87.86%的卵着落在花丝上。29℃下,棉铃虫卵期4.53 d,幼虫平均历期24.60 d,蛹期9.93 d,成虫寿命为10.07 d,完成一个世代需49.13 d。田间防治效果显示,高架喷雾防治效果优于无人机喷雾。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐防治效果较Bt高,且速效性好。综上所述,河西地区棉铃虫越冬基数大,以2代棉铃虫为害最重,玉米吐丝期为防治的关键时期,喷雾防治时可优先选用高架喷雾方式。

关键词 棉铃虫; 生物学特性; 发生规律; 生物防治; 施药器械

中图分类号: S 435.79 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2017399

Seasonal occurrence of *Helicoverpa armigera* on maize and its chemical control techniques in Hexi area, Gansu

YUAN Weining^{1,2}, HE Shuwen³, WEI Jianrong⁴, GUO Cheng^{1,2},
ZHOU Tianwang^{1,2}, GUO Jianguo^{1,2}, ZHANG Xinrui^{1,2}

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Tianshui, Ministry of Agriculture, Tianshui 741200, China;
3. Plant Protection and Quarantine Station of Zhangye, Gansu Province, Zhangye 734000, China; 4. Plant Protection and Quarantine Station of Wuwei, Gansu Province, Wuwei 733000, China)

Abstract In recent years, the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* has become the most damaging pest of maize and threatened local maize production in Hexi area, Gansu Province. In order to ensure maize production and to control this pest, we analyzed the occurrence of the cotton bollworm and studied chemical control measures in local area. The results showed that the cotton bollworm could occur three generations a year in Hexi area. About 55.56% of overwintering pupae distributed in 0—5 cm depth of soil layer, and the average pupae density in maize rotation cropping field in 2016 was 200.10 pupae per 667 m². The overwintering pupae began to emerge in late April, and the emergence peak occurred in mid-May. The emergence peak of the 1st generation occurred in late July, and the emergence peak of the 2nd generation occurred in mid-August. Female cotton bollworm have different oviposition habits in different growth periods of maize. Though the moth laid some eggs on both side of leaf at fifth leaf stage, 87.86% of eggs were laid on silk after silk exposing from corn bracts. Under laboratory conditions, developmental duration of the cotton bollworm was observed. At 29℃, the average period for eggs,

收稿日期: 2017-10-19 修订日期: 2017-11-22

基金项目: 甘肃省科技支撑计划(1604NKCA063)

* 通信作者 E-mail: zxr@gsagr.ac.cn

larvae, pupae and adults were 4.53, 24.60, 9.93 and 10.07 days, respectively, and its whole life span was 49.13 days. Field control efficacy comparison of two machines showed that the high rod sprayer had higher control efficacy than that of unmanned aerial vehicle sprayer. The control effect of emamectin benzoate was higher than that of Bt, with more rapid availability. In a word, the cotton bollworm have a large overwintering population in Hexi area, and a great damage was caused by the 2nd generation in silking period of maize. Therefore, it was recommended that control of this pest should be conducted in silking period of maize, and the high rod sprayer should be the first choice.

Key words *Helicoverpa armigera*; biological characteristics; seasonal incidence; biological control; pesticide atomizer

甘肃河西地区地处祁连山与北部山系之间,大陆季风气候,年平均气温 9.11℃,年日照时数 2 200~3 030 h,无霜期 85~165 d,太阳辐射量 530.86~576.84 kJ/cm²,年平均降雨量 200 mm 以下,降水主要集中在 6—8 月,占全年降水量的 47%~64%^[1],平均气候生产潜力为 313.36 kg/(hm²·年)^[2]。河西地区因其得天独厚的光照和地理环境成为全国最大、最优越的玉米制种基地。但近年来棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的发生严重阻碍了玉米制种产业的发展^[3]。

棉铃虫属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae,除直接取食玉米引起产量损失外,其钻蛀产生的伤口和排泄物还容易引起玉米穗腐病,并且病原菌代谢过程中产生的伏马毒素和玉米赤霉烯酮等毒素对人畜具有高度危害性^[4-5]。为了降低棉铃虫为害带来的损失,人们大量使用广谱性杀虫剂,如氨基甲酸酯、有机磷酸酯类和拟除虫菊酯类^[6-9]等。但棉铃虫具有多食性、多化性和迁飞性,非选择性杀虫剂的大量使用摧毁了自然天敌种群,并且使棉铃虫产生抗药性^[6-8],导致害虫再猖獗屡见不鲜。为了治理棉铃虫抗药性发展,人们提出了害虫综合治理(Integrated Pest Management, IPM)和大区治理(Area-Wide Management, AWM)模式,但无论是 IPM 还是 AWM,都以棉铃虫生物学特性和发生规律为基础^[10],并以其作为天敌防控、物理防治、性诱剂诱杀和适时化学防治等具体防治措施实施的参考和依据。

不同地区生态环境条件不同,棉铃虫生物学特性和发生规律有很大差异。在我国,棉铃虫发生区域分为黄河流域棉区、长江流域棉区、西北内陆棉区、北部特早熟棉区、华南棉区五个区域^[11]。甘肃河西地区处于西北内陆棉区,棉铃虫 1 年可发生 3 代,以 2 代棉铃虫为害玉米雌穗造成的损失最重。河西地区 2 代棉铃虫产卵期与玉米雌穗吐丝期相吻

合,成虫多将卵散产于花丝端部,卵孵化后先取食卵壳,数小时后取食花丝,1 龄末期即钻蛀至穗顶部取食为害,造成直接经济损失。因此,卵孵化盛期和 1 龄幼虫期是防治的关键时期,顾学平等^[12]依此提出了诱杀成虫和剪花丝等防治措施。并且,为了进行合理的化学防治,初步研究表明,武威市玉米田 2 代棉铃虫幼虫孵化盛期的防治指标为百穗 33.5~48.7 头^[13]。

虽然学者对棉铃虫已经做了较多研究,但不同生态区气候环境条件不同,影响棉铃虫发生规律,使防治适期有较大差异。尤其在河西地区独特的地理位置和生态环境下,棉铃虫发生规律尚不清楚,较大程度阻碍了棉铃虫的适期防控。为了有效防治棉铃虫,保障玉米生产安全,必须充分了解和掌握其发生规律,以确定防治适期,制定相应防治策略,因此作者对河西地区玉米田棉铃虫发生动态进行了调查,并开展了药剂防治试验,以期生产实践提供指导。

1 材料与方法

1.1 越冬蛹量调查

2016 年 11 月和 2017 年 3 月,分别在甘肃省张掖市九公里园艺场(39°51′18″N,100°30′51″E)和武威市黄羊河农场(37°42′49″N,102°56′36″E)玉米田调查棉铃虫越冬蛹量。田间调查采取双对角线取样法,四周地埂上调查时,每一地埂上任选 1 点调查。每点调查面积 2 m²,深 20 cm,每 5 cm 为一梯度,分别记载不同土层深度的蛹量。

1.2 成虫发生规律调查

成虫发生规律研究采用黑光灯诱集法。2017 年 4 月 15 日至 2017 年 10 月 1 日在张掖市九公里园艺场和武威市黄羊河农场分别设 3 个玉米标准地,每标准地相距至少 1 000 m 以上,面积 1 334 m²,标准地旁边空地上设一台黑光灯(宁波纽康),每日 18:00 至次日 6:00 开灯,每天将诱集的昆虫带回室内

鉴定并计数。

1.3 卵分布规律调查

在棉铃虫产卵盛期,分别调查玉米 5 叶期、抽雄期和吐丝期不同部位的着卵量,计算不同部位的着卵率。五点取样调查,每点 20 株。

1.4 各虫态发育历期研究

将 30 头越冬蛹置于 29℃,光照 L//D=16 h//8 h、相对湿度(70 ± 10)%条件下羽化,记录成虫产卵量、寿命和卵期,人工饲料饲喂幼虫,每 12 h 观察幼虫蜕皮,记录各龄幼虫发育历期。

1.5 高架喷雾和无人机喷雾的防效比较

选择 0.5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油,利用高架喷雾(自走式喷雾机 3WPYZ-2000 丰诺植保机械制造有限公司)和八旋翼无人机喷雾(扇形压力喷头,飞行高度距植株顶端 50 cm,水平飞行速度 8 m/s)两种不同施药器械于玉米雌穗吐丝期进行常规喷雾防治 1 次,施药量为 50 g/667 m²,喷雾后分别于第 1、3、7 天进行五点取样,每点 20 株,挂牌标记,定点定株调查棉铃虫虫口数量,以棉铃虫虫口减退率评价两种施药器械对棉铃虫的防治效果。

虫口减退率=(对照田虫口数量-处理田虫口数量)/对照田虫口数量×100%。

1.6 两种生物农药的防效比较

选择 32 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂(湖北康欣农药药业有限公司)和 0.5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油(深圳诺普信农化股份有限公司),在棉铃虫卵盛孵期,利用高架喷雾方式以推荐剂量(分别为 100 g/667 m² 和 50 g/667 m²)进行喷雾防治,喷雾后分别于第 1、3 和 7 天进行五点取样,每点 20 株,挂牌标记,定点定株调查棉铃虫虫口数量,并计算防治效果。

防效=(药剂处理区虫口减退率-空白对照区虫口减退率)/(1-空白对照区虫口减退率)×100%。

2 结果与分析

2.1 棉铃虫越冬蛹量调查

由表 1 可知,棉铃虫越冬蛹主要分布在 1~5 cm 土层中,占总蛹量 55.56%,蛹量为 0.17 头/m²,随着土层深度增加,越冬蛹分布逐渐减少,至 15 cm 以下,无越冬蛹分布。调查数据显示,2016 年玉米连作田棉铃虫越冬蛹量达 0.30 头/m²。

表 1 玉米田棉铃虫越冬蛹量

Table 1 Number of overwintering *Helicoverpa armigera*

pupa in corn field		
土层深度/cm Depth of soil	越冬蛹量/头·m ⁻² Overwintering pupa	占比/% Proportion of pupae
1~5	0.17	55.56
6~10	0.10	33.33
11~15	0.03	11.11
16~20	0	0

2.2 棉铃虫成虫发生规律

由图 1 可知,棉铃虫越冬蛹于 4 月下旬开始羽化,羽化高峰为 5 月中下旬,至 7 月上旬羽化结束。1 代棉铃虫初见期为 7 月上旬末,至 7 月下旬羽化达到高峰。1 代成虫与 2 代成虫可出现世代重叠,2 代成虫羽化高峰为 8 月中旬,9 月中旬以后 2 代棉铃虫羽化结束。

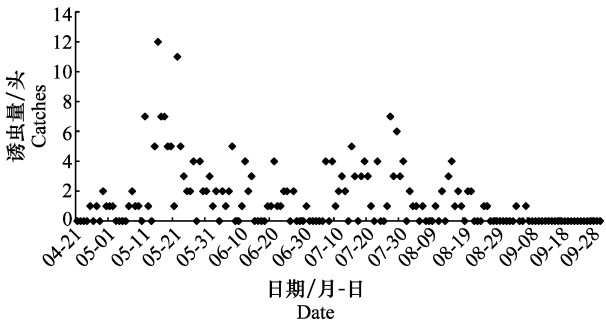


图 1 棉铃虫成虫在玉米田间发生规律

Fig. 1 Occurring pattern of *Helicoverpa armigera* adults in corn field

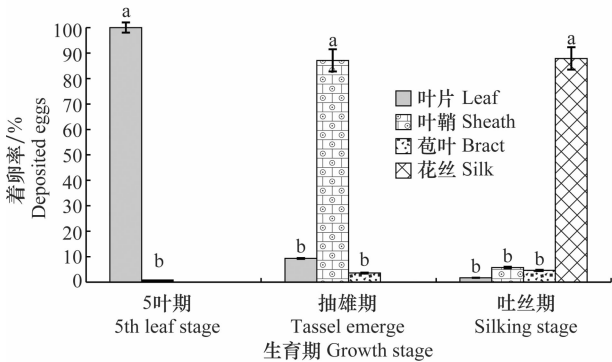
2.3 玉米不同生育期棉铃虫的产卵选择

由图 2 可知,棉铃虫在玉米不同生育期的产卵习性不同。玉米 5 叶期,卵均产在玉米叶正面或背面,不在叶鞘上产卵。玉米抽雄期,雌穗未吐丝时,卵主要产在叶鞘部位,占总产卵量的 87.10%,叶片和苞叶上也有着卵,但着卵量显著低于叶鞘,不足总产卵量的 10%。玉米吐丝后,卵主要产在花丝部位,着卵量占总产卵量的 87.86%,产在叶鞘部位的比例为 5.78%,产在苞叶和叶片上的比例不足 2%。由此可见,玉米花丝或雌穗可能对棉铃虫有引诱作用,使棉铃虫在其上或附近产卵。

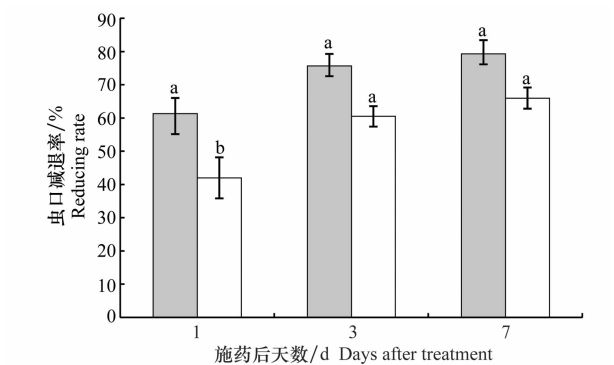
2.4 棉铃虫发育历期

由表 2 可以看出,29℃下,棉铃虫卵期 4.53 d,幼虫平均每龄历期 4.10 d,1~4 龄历期相对较短,在 3.58~3.78 d 之间,5 龄和 6 龄历期相对较长,分别为 5.65 d 和 4.17 d,蛹期为 9.93 d,羽化后成虫

饲喂 20%~30% 蜂蜜水, 寿命为 10.07 d, 棉铃虫完成一个世代需 49.13 d。

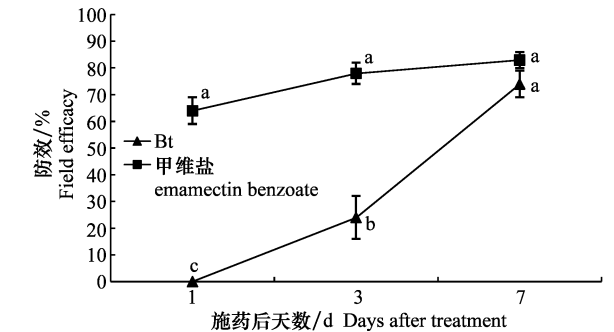


图中数据为平均值±标准误, 同一生育期不同柱上小写字母不同, 表示玉米不同部位着卵率有显著差异($P<0.05$, Duncan氏新复极差法)
The data are mean±SE, different letters on the bar in the same group indicate significant difference at the 0.05 level by Duncan's new multiple range test



图中数据为平均值±标准误, 同一喷雾方式不同柱上的小写字母表示虫口减退率差异显著($P<0.05$, Duncan氏新复极差法)
The data are mean±SE, different small letters on bar in the same treatment mean significant difference at the 0.05 level by Duncan's new multiple range test

图 3 两种药械防治后的虫口减退率
Fig. 3 Reducing rate of *Helicoverpa armigera* larvae under two spraying equipment treatments



图中数据为平均值±标准误, 同一标记线上不同小写字母表示防效有显著差异($P<0.05$, Duncan氏新复极差法)
The data are mean±SE, different small letters on line mean significant difference at the 0.05 level by Duncan's new multiple range test

图 4 Bt 和甲维盐对棉铃虫的田间防效
Fig. 4 Field efficacy of Bt and emamectin benzoate against *Helicoverpa armigera*

图 2 棉铃虫在玉米不同生育期不同部位的着卵率
Fig. 2 Percentage of *Helicoverpa armigera* eggs in different growth periods and position of maize plants

表 2 棉铃虫各虫态发育历期(29℃)
Table 2 Developmental duration of *Helicoverpa armigera* at different stages (29℃)

虫态 Insect stage	发育历期/d Developmental duration	虫态 Insect stage	发育历期/d Developmental duration
卵 Egg	4.53±0.08	5 龄 5th instar	5.65±0.69
1 龄 1st instar	3.58±0.08	6 龄 6th instar	4.17±0.11
2 龄 2nd instar	3.78±0.11	蛹 Pupa	9.93±0.15
3 龄 3rd instar	3.72±0.10	成虫 Adult	10.07±0.38
4 龄 4th instar	3.70±0.10	全世代 Whole life	49.13±1.80

2.5 两种高效喷雾方式的防效对比

由图 3 可以看出, 高架喷雾方式下药后第 1、3、7 天棉铃虫虫口减退率差异不显著, 为 61.33%~79.33%。无人机喷雾方式下第 3 天和第 7 天虫口减退率显著高于第 1 天, 最高为 66.00%。在药剂持效期内, 两种喷雾方式下棉铃虫虫口减退率均呈上升趋势, 且高架喷雾方式防治效果整体高于飞机喷雾。

2.6 两种生物农药的田间防效

由图 4 可以看出, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(简称: 甲维盐)在 7 d 有效期内, 药后 1 d 和 3 d 防效增加不显著, 至药后 7 d, 累积防效显著高于药后 1 d 和 3 d。苏云金芽孢杆菌(Bt)在 7 d 有效期内, 田间防效呈显著上升趋势, 但施药后 1 d 和 3 d 防效明显低于甲维盐。药后 7 d 防效虽然低于甲维盐, 但二者防效差异减小, 甲维盐防效为 82.60%, Bt 防效为 73.60%。

3 结论与讨论

玉米 *Zea mays* L. 是重要的粮食作物、饲料作物、工业原料和能源植物, 在国民经济和农业生产中占有重要地位。河西地区作为我国优良的玉米制种基地, 近年来受棉铃虫威胁, 严重阻碍了玉米生产^[14-16]。因此本文研究了棉铃虫在玉米田的发生规律, 产卵习性, 发育历期和药剂防治措施。

3.1 棉铃虫发生规律

研究结果显示, 2016 年河西地区玉米田棉铃虫越冬基数为 200.10 头/667 m², 越冬蛹 88.89% 分布在 1~10 cm 土层中, 以 1~5 cm 土层分布最多。该地区生态和气候与新疆具有相似性, 因此越冬蛹在土壤中的分布规律一致^[17]。越冬蛹翌年 4 月下旬羽化,

羽化高峰为5月中旬,1代羽化高峰为7月下旬,2代羽化高峰为8月中旬。河西地区棉铃虫1年3次羽化高峰符合西北内陆棉区的发生规律,但不同地区棉铃虫羽化高峰出现时间不同,在适温区内,环境温度越高则发育速度越快,羽化高峰越早出现^[11]。棉铃虫发生规律是预测预报的重要组成部分,对棉铃虫适期防治和释放天敌具有实际指导意义。

3.2 棉铃虫产卵选择性

棉铃虫在玉米不同生育期的产卵习性不同,1代成虫发生期为玉米苗期,卵主要产在玉米叶片上。2代成虫发生期为玉米抽穗期,雌穗未吐丝时,卵多产在雌穗当节或上节的叶鞘上,研究结果与Fefelova^[18]的调查结果相同。他认为棉铃虫在玉米上的产卵部位影响卵和幼虫的存活率,因为不同部位的营养组成有差异。玉米雌穗吐丝后,卵散产于花丝上,着卵量迅速增加,占总卵量87.86%。Barber^[19]的研究显示,棉铃虫可在玉米所有部位产卵,但花丝吐露后,雌穗上的着卵量会迅速增加,并迎来产卵高峰,与本研究结果相同。因此在防治2代棉铃虫时,雌穗吐丝可以作为预测产卵高峰来临的物候特征。

3.3 棉铃虫发育历期

室内研究表明,29℃下,棉铃虫卵期4.53 d,幼虫平均历期24.6 d,蛹期9.93 d,成虫寿命10.07 d,完成一个世代需49.13 d。昆虫生长发育受温度、湿度、光照^[20]和寄主^[21-23]等多种因素影响,不同条件下生长发育历期有差异。

3.4 棉铃虫药剂防治

河西玉米密植模式和国家减药计划的实施促使人们寻求高效节药的施药方式,以高架喷雾^[24]和无人机喷雾^[25]应用较广。田间研究数据显示,高架喷雾方式防治效果优于无人机喷雾,这与两种施药方式的用水量和雾化程度有关。高架喷雾可负载量大,雾化程度虽然较无人机低,但高密度种植模式下,药液喷施量相对大,更有利于药液到达穗部及植株下部^[26],从而杀死幼虫。同时为了提高食品安全,减少环境污染,生物农药的选择与应用成为必然^[27]。当前应用较广的制剂为Bt和甲维盐,研究结果表明,甲维盐的田间防效优于Bt,对棉铃虫杀伤作用较快,这是因为棉铃虫对Bt抗性较甲维盐

强^[10],并且两种农药的作用方式也不同。Bt经过棉铃虫肠道蛋白酶水解才能转换为有杀虫活性的多肽分子,并和中肠上皮细胞结合,引起败血症,使其致死^[28-29],而甲维盐被棉铃虫摄取后,直接作用于神经元突触或神经肌肉突触的 γ -氨基丁酸(GABA)系统,阻断神经冲动传导,使昆虫麻痹和拒食,最终致其死亡^[20],因此甲维盐较Bt速效性强。本研究仅分析了棉铃虫发生规律和药剂防治措施,以期在生产实践提供指导。若要综合防治,还需补充天敌防控、农业治理和物理防治等多方面的数据。

参考文献

- [1] 关惠平,王生花.甘肃河西走廊水资源与生态环境状况分析[J].兰州铁道学院学报,2002,21(4):17-21.
- [2] 罗永忠,成自勇,郭小芹.近40a甘肃省气候生产潜力时空变化特征[J].生态学报,2011,31(1):221-229.
- [3] 刘海启.我国玉米制种产业发展现状及战略选择[J].中国农业资源与区划,2015,36(1):9-14.
- [4] 李人杰,魏铁松,郭聪聪,等.棉铃虫为害与拟轮生镰孢感染对玉米穗腐病发生及玉米籽粒中伏马毒素污染水平的影响[J].植物保护,2015,41(4):68-72.
- [5] 郭聪聪,朱维芳,付萌,等.甘肃省玉米籽粒中镰孢菌分离频率及伏马毒素含量监测[J].植物保护学报,2015,42(6):942-948.
- [6] GUNNING R V, BALFE M E, EASTON C S. Carbamate resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae) in Australia [J]. Australian Journal of Entomology, 1992, 31(2):97-103.
- [7] GUNNING R V, MOORES G D. Insensitive acetylcholinesterase as sites for resistance to organophosphates and carbamates in insects; insensitive acetylcholinesterase confers resistance in Lepidoptera [M]//ISHAAYA I. Biochemical sites of insecticide action and resistance. Springer Berlin Heidelberg, 2001:221-238.
- [8] GUNNING R V, MOORES G D, DEVONSHIRE A L. Esterases and fenvalerate resistance in a field population of *Helicoverpa punctigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia [J]. Pesticide Biochemistry & Physiology, 1997, 58: 155-162.
- [9] MURRAY D A H, LLOYD R J, HOPKINSON J E. Efficacy of new insecticides for management of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in Australian grain crops [J]. Australian Journal of Entomology, 2005, 44:62-67.
- [10] DOWNES S, KRITICOS D, PARRY H, et al. A perspective on management of *Helicoverpa armigera*: transgenic Bt cotton, IPM, and landscapes [J]. Pest Management Science, 2016, 73(3):485-492.
- [11] 郭予元.棉铃虫的研究[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [12] 顾学平,王佩汤,马学军.玉米田棉铃虫发生规律及综合防治

- 措施[J]. 甘肃农业科技, 2007(4): 25-26.
- [13] 李小泉. 武威市玉米田棉铃虫幼虫孵化盛期防治指标的初步研究[J]. 甘肃农业科技, 2003(12): 46-47.
- [14] 魏铁松, 朱维芳, 庞民好, 等. 棉铃虫和玉米螟危害对玉米穗腐病的影响[J]. 玉米科学, 2013, 21(4): 116-118.
- [15] 胡韬纲. 玉米穗腐病研究进展[J]. 粮食科技与经济, 2015, 40(3): 50-52.
- [16] 段灿星, 王晓鸣, 宋风景, 等. 玉米抗穗腐病研究进展[J]. 中国农业科学, 2015, 48(11): 2152-2164.
- [17] 刘瑞红, 喻峰华, 张建萍. 石河子地区棉铃虫发生规律及药剂防治技术[J]. 中国农学通报, 2014, 30(7): 292-296.
- [18] FEFELOVA Y A, FROLOV A N. Distribution and mortality of corn earworm (*Helicoverpa armigera*, Lepidoptera, Noctuidae) on maize plants in Krasnodar Territory [J]. Entomological Review, 2008, 88(4): 480-484.
- [19] BARBER G W. Oviposition habits of the earworm moth in relation to infestation in the ears and to control [J]. Entomological Society of America, 1943, 36(4): 611-618.
- [20] JHA R K, TUAN S J, CHI H, et al. Life table and consumption capacity of corn earworm, *Helicoverpa armigera*, fed asparagus, *Asparagus officinalis* [J]. Journal of Insect Science, 2014, 14(34): 1-17.
- [21] GOMES E S, SANTOS V, ÁVILA C J. Biology and fertility life table of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in different hosts [J]. Entomological Science, 2017, 20(1): 419-426.
- [22] KUMAR R, RAM K, MISHRA V K, et al. Seasonal incidence of *Helicoverpa armigera* on Pigeonpea [J]. Annals of Plant Protection Sciences, 2017, 25(1): 221-222.
- [23] 马艳, 夏敬源. 不同寄主作物对棉铃虫产卵和生长发育的影响[J]. 中国棉花, 1997, 24(5): 17-18.
- [24] 李海龙, 曲金平, 郑宏伟. 东方红 3WX_280G 型高杆喷雾机施药防治玉米螟试验[J]. 现代农业科技, 2009(24): 167-168.
- [25] 日召. 农用无人机成市场新亮点[J]. 山东农机化, 2015(1): 50.
- [26] 张琳娜, 王金凤, 叶玉涛, 等. 高杆喷雾技术中雾滴在玉米植株上沉积分布衰减现象的初步观察[C]//公共植保与绿色防控—中国植物保护学会 2010 年学术年会. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010: 646-649.
- [27] 王淑敏. 生物农药与化学农药的辩证审视[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(16): 6849-6852.
- [28] 李怡萍, 梁革梅, 作均祥, 等. 苏云金芽孢杆菌杀虫机理及害虫对其抗性机制的研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(9): 118-128.
- [29] 彭琦, 周子珊, 张杰. 苏云金芽孢杆菌杀虫晶体蛋白研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 712-722.
- [30] 王龙龙, 刘钰, 崔蕊蕊, 等. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐研究开发现状与展望[J]. 农药, 2015, 54(6): 394-399.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 166 页)

- [3] 孙昌学, 王剑义. 黑龙江省甜菜害虫防治的进展[J]. 中国甜菜糖业, 1985(2): 56-59.
- [4] JACOBSEN S E, MUJICA A, JENSEN C R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors [J]. Food Reviews International, 2003, 19(1/2): 99-109.
- [5] 蔺雪艳, 任宏干, 张文权, 等. 正宁县藜麦引进种植试验[J]. 中国农业信息, 2014(12): 96.
- [6] 王晨静, 赵习武, 陆国权, 等. 藜麦特性及开发利用研究进展[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(2): 296-301.
- [7] 郭晓凤. 试论藜麦的推广前景及栽培技术[J]. 现代农业, 2015(2): 61-63.
- [8] 常儒, 尹亮, 王玖新, 等. 中国甜菜象虫种类及其分布[J]. 中国甜菜糖业, 2000(4): 24-27.
- [9] 任贵兴, 杨修仕, 么杨. 中国藜麦产业现状[J]. 作物杂志, 2015(5): 1-5.
- [10] 肖正春, 张广伦. 藜麦及其资源开发利用[J]. 中国野生植物资源, 2014, 33(2): 62-66.
- [11] 张桂芬, 张金良, 万方浩, 等. 甜菜筒喙象 *Lixus subtilis* Boheman 在藜麦上大暴发[J]. 植物保护, 2017, 43(2): 202-207.
- [12] 张金良, 梅丽, 张桂芬, 等. 藜麦甜菜筒喙象发生规律与防治技术[J]. 农业工程, 2017, 7(2): 133-135.
- [13] 孙昌学, 王剑义. 黑龙江省甜菜害虫防治的进展[J]. 甜菜糖业, 1985(2): 56-59.
- [14] 康乐. 甜菜筒喙象初步观察[J]. 昆虫知识, 1984(2): 63-65.
- [15] 冯祥和. 甜菜筒喙象的防治[J]. 植保技术与推广, 1994(4): 35.
- [16] 杨安沛, 曹禹, 孙桂荣, 等. 甜菜筒喙象田间危害规律及消长动态[J]. 中国糖料, 2015, 37(6): 28-29.
- [17] 刘靖, 王芹. 新疆甜菜田杂草危害与防治[J]. 中国糖料, 2000(2): 43-45.
- [18] 李娜娜, 裴艳婷, 宫永超, 等. 藜麦研究现状与发展前景[J]. 山东农业科学, 2016, 48(10): 145-148.
- [19] 世界潜在入侵象虫网[EB/OL]. (2013-01-01)[2018-05-08]. <http://www.piweevils.com/?app.html>.

(责任编辑: 杨明丽)