麦田草地贪夜蛾农药防治技术研究

杨现明[1]， 韩 蕾[2]， 赵胜园[1]， 王兴亚[2]， 姜玉英[3]， 吴孔明[1*]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；
2. 沈阳农业大学植物保护学院，沈阳 110866；3. 全国农业技术推广服务中心，北京 100125）

摘要 草地贪夜蛾可为害苗期至灌浆期的小麦，但国内目前尚未进行麦田农药防治的研究工作。我们利用农业农村部推荐的草地贪夜蛾防控药剂在云南完成了对拔节期麦田草地贪夜蛾的防治试验，结果表明，不同类型农药7 d后的防治效果有显著差别。25%乙基多杀菌素WG、200 g/L氯虫苯甲酰胺SC、5%多杀霉素SC、5%甲维盐ME、10%虫螨腈SC、50 g/L虱螨脲EC、150 g/L茚虫威及10%高效氯氟氰菊酯EC防效为70.4%～97.2%，拟除虫菊酯类杀虫剂10%高效氯氰菊酯EC和有机磷杀虫剂40%氧乐果EC的防效分别为49.8%和46.8%。生物农药32 000 IU/mg苏云金杆菌WP防效为65.1%，100亿孢子/mL短稳杆菌SC、300亿孢子/g球孢白僵菌WP和10亿PIB/L斜纹夜蛾核型多角体病毒SC的防效为35.3%～41.9%。因此，麦田草地贪夜蛾种群高密度下建议使用乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺等化学农药防治，低密度下可选择苏云金杆菌、短稳杆菌等生物农药，研究结果为麦类作物草地贪夜蛾的应急防控提供了依据。

关键词 草地贪夜蛾； 小麦； 农药； 生物农药

中图分类号： S 482 **文献标识码**： B **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2020177

Insecticides applications for control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in wheat field

YANG Xianming[1]， HAN Lei[2]， ZHAO Shengyuan[1]， WANG Xingya[2]， JIANG Yuying[3]， WU Kongming[1*]

（1. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests*, *Institute of Plant Protection*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100193, *China*; 2. *College of Plant Protection*, *Shenyang Agricultural University*, *Shenyang* 110866, *China*; 3. *China National Agro-Tech Extension and Service Center*, *Beijing* 100125, *China*）

Abstract Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, can damage wheat plants from seedling to filling stage. Currently, there is no research on using insecticides to control fall armyworm in wheat fields in China. We performed an experiment to control fall armyworm on wheat at jointing stage using several insecticides recommended by Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Our results showed that the control effects of different types of insecticides were different 7 days after spraying, The control efficacies of spinetoram 25% WG, chlorantraniliprole 200 g/L SC, spinosad 5% SC, emamectin benzoate 5% ME, chlorfenapyr 10% SC, lufenuron 50 g/L EC, indoxacarb 150 g/L EC and *lambda*-cyhalothrin 10% EC were between 70.4% and 97.2%; The control efficacy of *beta*-cypermethrin 4.5% EC and omethoate 40% EC were 49.8% and 46.8%, respectively. Biopesticide *Beauveria bassiana* 30 billion spores/mL WP had a control efficacy of 65.1%, while *Empedobacter brevis* 10 billion spores/mL SC, *Beauveria bassiana* 30 billion spores/mL WP and *S. litura* nucleopolyhedrovirus 1 billion PIB/L SC showed a lower control efficacy of 35.3%－41.9%. Hence, chemical insecticides, such as spinetoram and chlorantraniliprole are recommended for the control of fall armyworm at high density in wheat field and biopesticide, such as *Bacillus thuringiensis* and *Empedobacter brevis* could be used when the population density is low. Our results provide technical support for the emergency control of fall armyworm in wheat field.

Key words fall armyworm； wheat； pesticide； bio-pesticides

小麦是我国最重要的粮食作物，保障小麦的安全生产对保障国家粮食安全及农业健康发展至关重要。世界性重大农业害虫草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 于2018年12月11日入侵我国后[1]，已

收稿日期： 2020－04－07 **修订日期**： 2020－04－16
基金项目： 国家重点研发计划(2019YFD0300102)；中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CAAS-ZDRW202007，Y2019YJ06)
* 通信作者 E-mail：wukongming@caas.cn

侵入全国 26 省(区、市),严重威胁全国农业生产[2-3]。入侵我国的草地贪夜蛾为玉米型[4-6],主要为害玉米,当玉米缺乏时,可向小麦、大麦等作物转移为害。已有研究表明,草地贪夜蛾可严重为害小麦、大麦等麦类作物,威胁我国粮食生产安全[2,6-7]。

草地贪夜蛾可从小麦苗期至灌浆期持续为害,以苗期小麦最易受害[7]。草地贪夜蛾主要取食小麦叶片及茎秆,为害严重地块可导致缺苗断垄,引起绝产。苗期至分蘖期为害小麦的草地贪夜蛾多为低龄幼虫,拔节期低龄及高龄幼虫均有,抽穗至灌浆期为害小麦则以高龄幼虫为主[7]。在我国云南曲靖、楚雄等地,草地贪夜蛾在大麦、青稞上也具有较高的虫口密度,具有较大为害风险[8-9]。

因草地贪夜蛾 2019 年已在中国南方和周边国家的热带、亚热带地区完成定殖,2020 年虫口基数较 2019 年加大,且迁飞起点北移,发生时间提前 1～2 个月[10]。据预测,草地贪夜蛾将随季风向北逐代迁移,今年 4 月初草地贪夜蛾可迁至长江流域,5 月份到达黄河流域,6－7 月份到达东北地区[11]。草地贪夜蛾 4、5 月份分别迁入长江中下游、江淮和黄淮地区时,小麦为拔节至灌浆期,处于草地贪夜蛾适宜为害时期,因此该地区的小麦成为潜在受害对象[10-12]。

为避免草地贪夜蛾严重为害小麦而产生粮食安全问题,现阶段需要对草地贪夜蛾实施协同化学防治、物理防治、生物防治和农业防治的综合防治策略[13]。其中,化学农药具有高效、速效和使用方便的特点,是草地贪夜蛾暴发性和突发性为害应急防控的主要手段。生物农药具有低毒、低残留及环境友好等特点,是减少化学农药使用量实现绿色防控的重要措施。因此,明确防控小麦田草地贪夜蛾的适宜农药种类对指导应急防控工作具有重要意义。据农业农村部《农业农村部办公厅关于做好草地贪夜蛾应急防治用药有关工作的通知》和《2020 年全国草地贪夜蛾防控预案》,防控草地贪夜蛾的化学农药有甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、茚虫威、四氯虫酰胺、氯虫苯甲酰胺、虱螨脲、虫螨腈、乙基多杀菌素、氟苯虫酰胺等 8 种化学农药的单剂及其复配剂,高效氯氟氰菊酯是几种复配制剂的重要成分;生物农药有甘蓝夜蛾核型多角体病毒、苏云金杆菌、金龟子绿僵菌、球孢白僵菌、短稳杆菌等。目前,相关科研单位已进行了玉米田的防治试验[14-16],但麦田的试验工作尚未开展。因草地贪夜蛾主要隐匿为害,但玉米与小麦的株型、种植密度等差别较大,可能会影响农药施用效果。因此,我们在云南省寻甸县金源乡测试了多种农业农村部推荐及常用农药对拔节期小麦草地贪夜蛾的防治效果,旨在为长江中下游、江淮和黄淮等麦区的草地贪夜蛾防控工作提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂见表 1。使用浓度约为各农药登记的害虫防治推荐剂量范围的平均值,以常规喷雾药液量(40 kg/667 m^2)换算农药的稀释倍数(表 1)。每种农药配制 4 L 药液备用。

表 1 供试农药信息

Table 1 Information of insecticides used in this study

商品农药 Commercial insecticide	农药类别 Type	厂家信息 Producer	稀释倍数 Dilution times
200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 chlorantraniliprole 200 g/L SC	邻甲酰胺基苯甲酰胺类	美国富美实公司	4 000
5%甲维盐微乳剂 emamectin benzoate 5% ME	大环内酯类	深圳诺普信农化股份有限公司	4 000
25%乙基多杀菌素水分散粒剂 spinetoram 25% WG	大环内酯类	美国陶氏益农公司	3 000
5%多杀霉素悬浮剂 spinosad 5% SC	大环内酯类	山东国润生物农药有限责任公司	880
40%氧乐果乳油 omethoate 40% EC	有机磷类	昆明农药有限公司	500
10%高效氯氰菊酯乳油 *beta*-cypermethrin 10% EC	拟除虫菊酯类	济南科海有限公司	2 000
10%高效氯氟氰菊酯乳油 *lambda*-cyhalothrin 10% EC	拟除虫菊酯类	江苏辉丰生物农业股份有限公司	2 200
10%虫螨腈悬浮剂 chlorfenapyr 10%SC	吡咯类	巴斯夫欧洲有限公司	800
50 g/L 虱螨脲乳油 lufenuron 50 g/L EC	苯甲酰脲类	瑞士先正达作物保护有限公司	720
150 g/L 茚虫威乳油 indoxacarb 150 g/L EC	噁二嗪类杀虫剂	美国富美实公司	2 400
300 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂 *Beauveria bassiana* 30 billion spores/g WP	微生物农药	山西绿海农药科技有限公司	330
100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂 *Empedobacter brevis*10 billion spores/mL SC	微生物农药	镇江市润宇生物科技开发有限公司	900
32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂 *Bacillus thuringiensis* 32 000 IU/mg WP	微生物农药	武汉科诺生物科技股份有限公司	400
10 亿 PIB/L 斜纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂 *Spodoptera litura* nucleopolyhedrovirus 1 billion PIB/L SC	微生物农药	湖南泽丰农化有限公司	500

施药药械为背负式电动喷雾器(清元 3WBD-16 型,临沂佳士通农业机械有限公司),由当地农资市场购买。试验地点位于云南省寻甸回族彝族自治县金源乡中五里松村附近小麦田(25.866°N,103.117°E),当地实行玉米小麦轮作制度,前茬种植玉米,10 月 6 日种植冬小麦(自留种),土壤肥力中等,播种方式为撒播,种植密度约 250 株/m^2。施药前,田间草地贪夜蛾虫口密度为 30 头/m^2,大多处于 2 龄,少部分为 3 龄;11 月 9 日施药,小麦处于拔节期。

1.2　试验方法

试验设置 14 个药剂处理,以清水为对照,共计 45 个小区,每个小区 22 m^2,小区间隔 0.5 m 保护行,各小区随机排列组合。以茎叶喷雾方式施药,均匀喷雾。药后 1、2、3、5、7 d 采用五点取样法调查各小区虫口密度,每点调查 15 株小麦,记录每点虫口数、可见死虫数。根据下列公式分别计算虫口减退率(%)和防治效果(%)。

$$\text{虫口减退率}=\frac{\text{药前活虫数}-\text{药后活虫数}}{\text{药前活虫数}}\times 100\%;$$

$$\text{防治效果}=\frac{\text{处理区虫口减退率}-\text{对照虫口减退率}}{1-\text{对照虫口减退率}}\times 100\%。$$

1.3　数据处理与统计分析

调查数据使用 Excel 整理后采用 SAS 9.4 对不同处理药后 1～3 d 的防治效果进行单因素方差分析并进行多重比较。药后 5 d 和 7 d 的防治效果采用非参数秩和检验并进行多重比较,多重比较方法采用 LSD 法,显著性水平 $P<0.05$。

2　结果与分析

试验结果显示化学农药 25%乙基多杀菌素 WG 具有很好的速效性,药后 1 d 防效达到 91.5%,显著高于其他药剂处理(表 2)。5%甲维盐 ME、5%多杀霉素 SC、10%高效氯氟氰菊酯 EC、200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC、10%虫螨腈 SC 防效为 52.2%～62.6%之间;50 g/L 虱螨脲 EC、150 g/L 茚虫威 EC、10%高效氯氰菊酯 EC、40%氧乐果 EC 速效性较差,防效分别为 24.3%、40.4%、33.0%和 34.2%。微生物农药 32 000 IU/mg 苏云金杆菌 WP 防效也达到 52.8%;其他 3 种生物农药防效均低于 40%。

药后 3 d,化学农药 25%乙基多杀菌素 WG、200 g/L氯虫苯甲酰胺 SC、5%甲维盐 ME 防效达到 98.6%、90.8%、85.0%;10%虫螨腈 SC 为 72.3%;5%多杀霉素 SC、10%高效氯氟氰菊酯 EC 和 150 g/L茚虫威 EC 的防效分别为 68.9%、66.2%和 62.9%。10%高效氯氰菊酯 EC、50 g/L 虱螨脲 EC 和 40%氧乐果 EC 的防效分别为 42.6%、42.6%和 42.3%。微生物农药 32 000 IU/mg 苏云金杆菌 WP 防效达 57.7%,其余 3 种在 40%以下。

表 2　14 种杀虫剂对麦田草地贪夜蛾的防效[1)]

Table 2　Control effect of 14 insecticides against larvae of *Spodoptera frugiperda* in wheat fields

药剂处理 Insecticide	防治效果/% Control effect				
	药后 1 d 1 day after spraying	药后 2 d 2 days after spraying	药后 3 d 3 days after spraying	药后 5 d 5 days after spraying	药后 7 d 7 days after spraying
25%乙基多杀菌素 WG spinetoram 25% WG	(91.5±2.5)a	(95.2±3.2)a	(98.6±1.4)a	(98.6±1.4)a	(97.2±2.8)a
200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC chlorantraniliprole 200 g/L SC	(53.9±11.6)bc	(76.3±10.1)abc	(90.8±3.9)ab	(91.5±1.7)ab	(95.4±2.5)ab
5%多杀霉素 SC spinosad 5% SC	(61.4±7.4)b	(71.7±6.0)bcd	(68.9±9.2)bcd	(71.2±11.4)bcd	(87.7±4.3)abc
5%甲维盐 ME emamectin benzoate 5% ME	(62.6±10.7)b	(81.8±6.4)ab	(85.0±10.0)abc	(86.3±1.6)abc	(84.1±10.3)abc
10%虫螨腈 SC chlorfenapyr 10% SC	(52.2±11.3)bc	(68.7±11.3)bcde	(72.3±8.5)abc	(76.6±4.0)bcd	(83.4±1.3)bcd
50 g/L 虱螨脲 EC lufenuron 50 g/L EC	(24.3±11.4)d	(56.7±6.7)cdef	(42.6±7.2)def	(52.0±16.4)defg	(75.1±5.8)cd
150 g/L 茚虫威 EC indoxacarb 150 g/L EC	(40.4±9.5)bcd	(47.8±12.6)efg	(62.9±3.8)bcde	(64.5±9.6)cdef	(74.1±7.5)cd
10%高效氯氟氰菊酯 EC *lambda*-cyhalothrin 10% EC	(57.0±8.5)bc	(66.6±5.5)bcde	(66.2±10.8)bcd	(66.4±12.1)cde	(70.4±5.5)cd
32 000 IU/mg 苏云金杆菌 WP *Bacillus thuringiensis* 32 000 IU/mg WP	(52.8±2.9)bc	(56.6±5.4)cdef	(57.7±11.3)cde	(63.2±9.4)cdef	(65.1±10.4)de
10%高效氯氰菊酯 EC *beta*-cypermethrin 10% EC	(33.0±7.4)cd	(42.6±6.4)fg	(42.6±12.8)def	(43.1±5.1)fg	(49.8±1.4)ef
40%氧乐果 EC omethoate 40% EC	(34.2±5.4)cd	(51.4±8.2)defg	(42.3±5.4)def	(36.2±17.0)fg	(46.8±5.6)ef

续表 2 Table 2(Continued)

药剂处理 Insecticide	防治效果/% Control effect				
	药后 1 d 1 day after spraying	药后 2 d 2 days after spraying	药后 3 d 3 days after spraying	药后 5 d 5 days after spraying	药后 7 d 7 days after spraying
100 亿孢子/mL 短稳杆菌 SC *Empedobacter brevis* 10 billion spores/mL SC	(34.7±6.1)cd	(46.7±5.0)efg	(40.0±18.2)def	(29.5±6.3)g	(41.9±9.7)f
300 亿孢子/g 球孢白僵菌 WP *Beauveria bassiana* 30 billion spores/g WP	(26.9±2.8)d	(43.2±10.5)fg	(25.7±8.6)f	(30.6±24.2)efg	(37.5±20.3)ef
10 亿 PIB/L 斜纹夜蛾核型多角体病毒 SC *Spodoptera litura* multicapsid nucleopolyhedrovirus 1 billion PIB/L SC	(15.9±12.3)d	(30.5±7.4)g	(36.3±14.7)ef	(31.3±11.0)g	(35.3±8.9)f

1) 表中数据为平均值±标准误差,同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Data in the table are mean ± SE, and different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

药后 7 d,25%乙基多杀菌素 WG、200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC 防效在 95%以上;5%多杀霉素 SC、5%甲维盐 ME 和 10%虫螨腈 SC 防效均大于 80%。50 g/L 虱螨脲 EC、150 g/L 茚虫威 EC 和 10%高效氯氟氰菊酯 EC 防效分别为 75.1%、74.1%和 70.4%。10%高效氯氰菊酯 EC 和 40%氧乐果 EC 的防效仅为 49.8%和 46.8%。32 000 IU/mg 苏云金杆菌 WP 防效为 65.1%;100 亿孢子/mL 短稳杆菌 SC、300 亿孢子/g 球孢白僵菌 WP 和 10 亿 PIB/L 斜纹夜蛾核型多角体病毒 SC 防效仅 41.9%、37.5%和 35.3%。

3 讨论

试验结果表明,多种化学农药可用于麦田草地贪夜蛾的应急防控。大环内酯类、酰胺类等多种新型化学农药和苏云金芽胞杆菌等生物农药对麦田草地贪夜蛾具有较高防效。25%乙基多杀菌素 WG、200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC、5%多杀霉素 SC、5%甲维盐 ME 和 10%虫螨腈 SC 对麦田草地贪夜蛾药后 7 d 防效大于 80%。菊酯类杀虫剂防效较低,10%高效氯氟氰菊酯 EC 7 d 后防效为 70%,而 10%高效氯氰菊酯 EC 7 d 后防效在 50%以下;有机磷类农药 40%氧乐果 EC 防效也低于 50%。进一步表明入侵定殖我国的草地贪夜蛾已经对有机磷、拟除虫菊酯等化学杀虫剂产生了较高的抗性[17-18]。因此,在对麦田草地贪夜蛾的防控中应合理选用多种新型杀虫剂。但大面积使用酰胺类等为数不多的高效杀虫剂将很快引起抗药性的产生。为了延缓抗性产生,要轮换使用不同杀虫机制的化学农药。由于小麦苗期易受害,应注意研究适合种子处理的农药种类和剂型。

生物农药中,除 32 000 IU/mg 苏云金杆菌 WP 对麦田草地贪夜蛾药后 7 d 防效大于 65%外,短稳杆菌、球孢白僵菌及斜纹夜蛾核型多角体病毒的防效均较低。防效较低的原因可能为田间供试幼虫龄期偏高。农药施用时麦田草地贪夜蛾的龄期多为 2 龄末期和 3 龄初期,对多种生物农药的敏感性下降。因此,生物农药应尽量在幼虫低龄期使用。另外,环境因素也是影响生物农药防效的重要原因,试验时处于秋末,夜间平均温度偏低,导致短稳杆菌、球孢白僵菌等生物农药不能发挥最佳效果[19-21]。本研究测试的斜纹夜蛾核型多角体病毒的寄主专一性强,可能导致对草地贪夜蛾防效较低[22],在生产上应选择广谱性核型多角体病毒杀虫剂对草地贪夜蛾进行防治,如甘蓝夜蛾核型多角体病毒、苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒等。同时,应加强针对草地贪夜蛾专一、高效的核型多角体病毒杀虫剂的研发。苏云金杆菌、球孢白僵菌和短稳杆菌具有生态安全、不易产生抗性等优点,在虫量低密度发生的条件下,可用于草地贪夜蛾的防治。同时,在小麦田草地贪夜蛾的防治中,种群密度低、高温高湿环境下昆虫病毒制剂会具有较好效果,速效性虽差,但有利于在害虫种群内形成疾病流行[23-24],应加强此类制剂的研发。

在美国,草地贪夜蛾一般从每年的 3—4 月起开始周年繁殖区向北迁飞为害,7—8 月到达美国中北部地区[25]。草地贪夜蛾多于秋季取食为害小麦,虫量大时也可引起缺苗断垄[26-28]。针对麦田草地贪夜蛾,一般利用灭多威、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、多杀霉素、氟氯氰菊酯、氯氟氰菊酯、氯氰菊酯等化学农药和微生物农药苏云金杆菌进行防控[26-30]。因

农药的大量使用,已导致草地贪夜蛾对菊酯类、有机磷类农药产生了较高的抗性[31-34]。因此,结合国内外研究结果,麦田草地贪夜蛾防控应注意合理选择农药种类。

在我国,草地贪夜蛾表现出春夏季为害玉米、秋末冬初向小麦、大麦等麦类作物转移的寄主转移规律。草地贪夜蛾 2019 年在中国南方和周边国家的热带、南亚热带地区完成定殖过程后,迁飞起点北移,迁飞时间提前,草地贪夜蛾于 4—5 月份迁至长江流域后,因缺乏偏好寄主玉米,一代幼虫可能以小麦作为过渡寄主,类同棉铃虫在我国黄河流域棉区的为害,即一代幼虫多取食小麦,二代转移至棉花、玉米等作物上继续为害[35]。在国外原生地,草地贪夜蛾在非偏好作物生长季节或非偏好作物种植区,可通过取食非偏好寄主维持种群,从而威胁下季作物安全生产。在巴西的旱季,草地贪夜蛾以谷子作为过渡寄主,导致其在玉米种植及非种植季节均可保持较高虫量[36]。同时,草地贪夜蛾可在非喜食作物田旁边或作物田内以杂草作为桥梁寄主产卵为害,增加对偏好作物的损害程度[2]。因此,应密切监控长江和黄淮流域麦田中草地贪夜蛾的种群动态,利用性诱、灯诱测报技术密切监视田间成虫,根据卵巢及精巢发育分级,预测产卵盛期及幼虫防治适期[37-39]。同时,加强田间调查,摸查田间卵量和幼虫发生量。在高虫口密度小麦田块,尤其是苗期小麦,应及时施用高效、速效性化学农药,如乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、甲维盐、虫螨腈、虱螨脲等,压低虫口密度,减轻产量损失。在低虫口密度小麦田块,可采用苏云金杆菌、短稳杆菌等生物农药,将虫量降低在经济阈值以下,减轻对小麦的直接为害程度,同时作为轮换用药避免草地贪夜蛾对化学农药的抗性升级。最终,通过以上防治措施一方面压低小麦上虫口密度,保障主粮生产,另一方面切断区域内、区域间寄主转移途径,减轻对下一茬及迁入区玉米的为害程度,保障玉米生产。

参考文献

[1] SUN Xiaoxu, HU Chaoxing, JIA Huiru, et al. Case study on the first immigration of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* invading into China [J/OL]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18: 2-10. Doi: 10.1016/S2095-3119(19)62839-X.

[2] 姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 等. 2019 年我国草地贪夜蛾扩散规律观测[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 10-19.

[3] WU Qiulin, HE Limei, SHEN Xiujing, et al. Estimation of the potential infestation area of newly-invaded fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in the Yangtze River Valley of China [J/OL]. Insects, 2019, 10(9): 298. https://doi.org/10.3390/insects10090298.

[4] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSAG-GMEZDR D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286-301.

[5] 张磊, 柳贝, 姜玉英, 等. 中国不同地区草地贪夜蛾种群生物型分子特征分析[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 20-27.

[6] 张磊, 靳明辉, 张丹丹, 等. 入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 19-24.

[7] 杨现明, 孙小旭, 赵胜园, 等. 小麦田草地贪夜蛾的发生为害、空间分布与抽样技术[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 10-16.

[8] 杨现明, 赵胜园, 姜玉英, 等. 大麦田草地贪夜蛾的发生为害及抽样技术[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 18-23.

[9] 赵雪晴, 陈福寿, 尹艳琼, 等. 草地贪夜蛾在云南元谋县青稞、燕麦、糜子田的发生为害特征[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 216-221.

[10] 农业农村部关于印发《2020 年全国草地贪夜蛾防控预案》的通知[EB/OL]. (2020-02-21)[2020-04-01]. https://www.zzys.moa.gov.cn/gzdt/202002/t20200221_6337551.htm.

[11] 吴孔明,杨现明,赵胜园,等. 草地贪夜蛾防控手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2020.

[12] 徐丽娜,胡本进, 苏卫华, 等. 安徽发现草地贪夜蛾为害早播小麦[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 87-89.

[13] 吴孔明. 中国草地贪夜蛾的防控策略[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 1-5.

[14] 赵胜园, 杨现明, 杨学礼, 等. 8 种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 74-78.

[15] 赵胜园, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 10-14.

[16] 赵胜园, 杨现明, 孙小旭, 等. 常用生物农药对草地贪夜蛾的室内防效[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 21-26.

[17] 吴超, 张磊, 廖重宇, 等. 草地贪夜蛾对化学农药和 Bt 作物的抗性机制及其治理技术研究进展[J]. 植物保护学报, 2019, 46(3): 503-513.

[18] 吴益东, 沈慧雯, 张正, 等. 草地贪夜蛾抗药性概况及其治理对策[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4): 599-604.

[19] 阙生全, 喻爱林, 刘亚军, 等. 白僵菌应用研究进展[J]. 中国森林病虫, 2019, 38(2): 29-35.

[20] 徐汉虹, 安玉兴. 生物农药的发展动态与趋势展望[J]. 农药科学与管理, 2001, 22(1): 32-34.

[21] LUZ C, FARGUES J. Temperature and moisture requirements for conidial germination of an isolate of *Beauveria bassiana*, pathogenic to *Rhodnius prolixus* [J]. Mycopathologia, 1997, 138(3): 117-125.

(下转 315 页)

Dickeya species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review [J]. Annals of Applied Biology, 2014, 166(1): 18 - 38.

[8] HAAN E G D, DEKKER-NOOREN T C E M, GÉ W V D B, et al. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* can cause potato blackleg in temperate climates [J]. European Journal of Plant Pathology, 2008, 122(4): 561 - 569.

[9] 马宏. 我国马铃薯软腐病防治的研究进展[J]. 生物技术通报, 2007(1): 42 - 44.

[10] CZAJKOWSKI R, PÉROMBELON M. C. M, VEEN J A V, et al. Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review [J]. Plant Pathology, 2011, 60(6): 999 - 1013.

[11] 严益民. 比浊法在测定发酵液菌体浓度中的应用[J]. 抚顺石油学院学报, 2001, 21(1): 23 - 26.

[12] 张大明. 黄姜粗提物对植物病原真菌及细菌抑制效果的初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.

[13] 张学君, 王金生, 方中达. 马铃薯品种抗软腐病测定条件的研究[J]. 南京农业大学学报, 1989, 12(1): 67 - 72.

[14] ONKENDI E M, MOLELEKI L N. Characterization of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *brasiliense* from diseased potatoes in Kenya [J]. European Journal of Plant Pathology, 2014 139(3): 557 - 566.

[15] 徐习习. 生态环境中农用链霉素残留的光电化学传感分析[D]. 镇江: 江苏大学, 2018.

[16] 宋根苗, 蒋家珍, 邱立红. 噻霉酮和苯醚甲环唑混配对 4 种不同病原菌的增效作用[J]. 植物保护, 2012, 38(4): 171 - 174.

[17] 刘兆良, 袁忠林, 罗兰. 8 种杀菌剂对黄瓜细菌性角斑病的防治效果[J]. 山东农业科学, 2017, 49(6): 107 - 111.

[18] 吴明琼, 韩宁宁, 廖咏梅. 4 种杀菌剂对柑橘溃疡病菌的室内毒力测定[J]. 广西植保, 2018, 31(1): 14 - 16.

[19] 韩凤英, 杨慧, 杨向黎, 等. 4 种杀菌剂对白菜软腐病的田间防效[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(20): 125 - 126.

[20] 姜珊珊, 辛志梅, 吴斌, 等. 春雷霉素与叶枯唑对黄瓜细菌性角斑病菌的联合毒力[J]. 山东农业科学, 2016, 48(9): 103 - 106.

[21] 王震, 谢晓霞, 施晓艳, 等. 有机番茄生产中"10 亿芽孢/克枯草芽孢杆菌可湿性粉剂"的应用效果[J]. 食品安全导刊, 2017(33): 144 - 145.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 285 页)

[22] 秦启联, 程清泉, 张继红, 等. 昆虫病毒生物杀虫剂产业化及其展望[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(2): 157 - 164.

[23] 陈万斌, 李玉艳, 王孟卿, 等. 草地贪夜蛾的昆虫病原微生物资源及其应用现状[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 1 - 9.

[24] 张海波, 王风良, 陈永明, 等. 核型多角体病毒对玉米草地贪夜蛾的控制作用研究[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 254 - 260.

[25] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. The Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82 - 86.

[26] 2020 Wheat insect control recommendations [R/OL]. (2020 - 1 - 15) [2020 - 04 - 01]. http://www.utcrops.com/cotton/cotton_insects/pubs/PB1768 - all.pdf.

[27] MICHAUD J P, WHITWORTH R J, SCHWARTING H N. Wheat insect management [R]. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MF845, 2015.01.

[28] SCHAFFER J A, PALM E, MUNSON R. Barley [R/OL]. Extension University of Missouri. MF845. 1993.10. https://extension2.missouri.edu/g4312.

[29] STUDEBAKER G E, KRING T, LORENZ G, et al. Wheat insect management and control [R/OL]. University of Arkansas Cooperative Extension Service Printing Services. FSA7016-PD-11-04RV.

[30] PORTER P. Fall armyworm [R/OL]. TEXAS A & M Agrilife Extension Entomology. https://extensionentomology.tamu.edu/insects/fall - armyworm.

[31] YU S J. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1991, 39(1): 84 - 91.

[32] YU S J. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 1992, 85(3): 675 - 682.

[33] YU S J, NGUYEN S N, ABO - ELGHAR G E. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2003, 77(1): 1 - 11.

[34] CARVALHO R A, OMOTO C, FIELD L M, et al. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. PLoS ONE, 2013, 8(4): e62268. DOI: 10.1371/journal.pone.0062268.

[35] 吴孔明, 郭予元. 棉铃虫种群的地理型分化和区域性迁飞规律[J]. 植物保护, 2007, 33(5): 6 - 11.

[36] FAVETTI B M, BRAGA - SANTOS T L, MASSAROLLI A, et al. Pearl millet: a green bridge for lepidopteran pests [J]. Journal of Agricultural Science, 2017, 9(6): 92 - 97.

[37] 和伟, 赵胜园, 葛世帅, 等. 草地贪夜蛾种群性诱测报方法研究[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 48 - 53.

[38] 赵胜园, 杨现明, 和伟, 等. 草地贪夜蛾卵巢发育分级与繁殖潜力预测方法[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 28 - 34.

[39] 姜玉英, 刘杰, 杨俊杰, 等. 2019 年草地贪夜蛾灯诱监测应用效果[J]. 植物保护: 2020, 46(3): 118 - 122.

(责任编辑: 杨明丽)