安徽北部小麦田草地贪夜蛾发生情况及田间防治试验

胡 飞[1#], 刘玉军[2#], 苏贤岩[1], 胡本进[1], 周子燕[1], 徐丽娜[1*], 邱 坤[3], 郑兆阳[3], 张启勇[3], 陈爱红[4], 廖 辰[5], 王振营[6*]

(1. 安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所, 合肥 230031; 2. 安徽省科学技术研究院, 合肥 230088; 3. 安徽省植物保护总站, 合肥 230031; 4. 安徽省阜阳市农业技术推广中心, 阜阳 236000; 5. 安徽瑞然生物药肥科技有限公司, 宁国 242300; 6. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要 2019年11月9日至15日对安徽北部小麦田草地贪夜蛾发生情况进行了调查,发现涡阳县、蒙城县、利辛县、谯城区、临泉县等地部分田块为害偏重,每平方米最高虫量达51头,百株被害率最高为66.85%。利用*CO*Ⅰ和*Tpi*基因进行遗传分析,发现采自涡阳小麦田的试虫均为玉米型。田间防治试验结果表明,10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺悬浮剂和12%甲维盐·虫螨腈悬浮剂药后3 d防效分别为90.64%和92.17%;药后14 d防效分别为91.32%和92.26%,速效性和持效性皆较佳,可作为防治小麦田草地贪夜蛾的推荐药剂。

关键词 小麦; 草地贪夜蛾; 虫量; 被害率; 防效

中图分类号: S 433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020154

Occurrence of *Spodoptera frugiperda* and control experiments in wheat field of northern Anhui province

HU Fei[1#], LIU Yujun[2#], SU Xianyan[1], HU Benjin[1], ZHOU Ziyan[1], XU Lina[1*], QIU Kun[3], ZHENG Zhaoyang[3], ZHANG Qiyong[3], CHEN Aihong[4], LIAO Chen[5], WANG Zhenying[6*]

(1. *Institute of Plant Protection and Agro-Products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei* 230031, *China*; 2. *Anhui Academy of Science and Technology, Hefei* 230088, *China*; 3. *Anhui Provincial Plant Protection General Station, Hefei* 230031, *China*; 4. *Fuyang Agricultural Technology Extension Center, Anhui Province, Fuyang* 236000, *China*; 5. *Anhui Rirane Pesticide Fertilizer Biotech Co., Ltd, Ningguo* 242300, *China*; 6. *Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100193, *China*)

Abstract The occurrence of *Spodoptera frugiperda* in wheat field of northern Anhui province was investigated from November 9th to 15th in 2019. It was found that the wheat in some fields were seriously damaged by *S. frugiperda* in Guoyang, Mengcheng, Lixin, Linquan counties and Qiaocheng district. The density of *S. frugiperda* larvae reached 51 individuals per square meter, and the highest damage rate was 66.85%. Based on analysis of *CO*Ⅰ and *Tpi* gene sequences, the larvae collected in Guoyang county were all identified as corn strain. The results of the field experiments showed that the control efficacy of emamectin benzoate · chlorantraniliprole 10% SC 3 and 14 days post application was 90.64% and 91.32%, respectively, and for emamectin benzoate · chlorfenapyr 12% SC, it was 92.17% and 92.26%, respectively. Both insecticides showed quick effect and long persistence against *S. frugiperda*, and can be recommended for the control of *S. frugiperda* in wheat field.

Key words wheat; *Spodoptera frugiperda*; number of larvae; damage rate; field control efficacy

收稿日期: 2020-03-27 **修订日期:** 2020-04-13

基金项目: 安徽省科技重大专项(201903a06020027);安徽省农业科学院生物农药研究与高效应用团队(2019YL049);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y2019YJ06);合肥市博士后工作站科研活动经费(2018HFB021)

* 通信作者 E-mail:徐丽娜 caasxln@163.com;王振营 zywang@ippcaas.cn

为并列第一作者

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*（J. E. Smith），别名秋黏虫（fall armyworm），属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 灰翅夜蛾属 *Spodoptera*，原分布于美洲热带和亚热带地区，幼虫食量大，食性杂，寄主植物包括 76 科 353 种[1-3]，是 2019 年入侵我国的暴发性、危险性、迁飞性农业新害虫，具迁飞能力强、繁殖倍数高、暴食为害重、防治难度大等特点[4]。该虫自 2019 年 1 月侵入我国后为害范围迅速扩大，截至 10 月 8 日已在 26 省 1 538 个县区发生为害，对我国粮食生产安全造成严重威胁[5-7]。

安徽地处暖温带与亚热带过渡地区，气候温和，日照充足，作物种类丰富、生长适期长，玉米、小麦等在淮河以北均有大面积种植。2019 年 5 月 17 日黄山区首次发现草地贪夜蛾，至 9 月上旬，全省 16 市玉米田均发现其为害；2019 年 10 月 22 日在寿县发现草地贪夜蛾为害早播小麦。由于是新入侵害虫，目前国内防治草地贪夜蛾主要借鉴其他鳞翅目害虫的防治经验，无正式登记药剂可用。为确保粮食安全、控制草地贪夜蛾为害，全国各地仍以喷施化学药剂进行应急防控，也取得了良好的防治效果[8]。但在长期的选择压力下，草地贪夜蛾对多种化学药剂已产生不同程度的抗性[9]。针对不同地区不同作物为害，进一步筛选出安全高效防治药剂，可为草地贪夜蛾科学防控提供技术支持。

安徽省沿淮淮北地区常年麦玉/麦豆轮作，冬季作物以小麦为主，种植面积约 185 万 hm^2。2019 年 10 月 10 日－12 月 5 日，先后于沿淮、淮北地区小麦田发现草地贪夜蛾迁入为害，并对局部田块麦苗生长造成严重影响。本文调查了草地贪夜蛾在皖北 11 县/区小麦田为害情况，并采集涡阳麦田幼虫进行种群遗传分析，同时在为害严重田块开展 5 种药剂的田间防治试验，以期寻找高效控制麦田草地贪夜蛾为害的防治药剂及使用方法，为科学制定草地贪夜蛾防控方案提供依据。

1 材料与方法

1.1 小麦田草地贪夜蛾发生调查

于 2019 年 11 月 9 日－15 日在安徽省淮河以北主要小麦种植县（区）调查草地贪夜蛾发生情况。小麦品种主要为当地常规品种，种植密度 350～400 株/m^2，田块前茬作物均为玉米，调查时小麦处于苗期。播种前封闭除草 1 次，期间未施用杀虫剂。每个县（区）选取有明显为害状的，单块面积大于 333 m^2 的田块 5 块，每块田采用“Z”字形均匀取样，全田调查 6 个点，每点调查 1 m^2，共 6 m^2，详细记录区域内草地贪夜蛾虫态、数量和为害情况。

1.2 试虫采集和遗传分析

从安徽省涡阳县 5 个田块采集草地贪夜蛾 3～6 龄幼虫样本共 40 份（表 1），放入泡沫箱中给予新鲜小麦，活体常温带回实验室。采用昆虫组织 DNA 提取试剂盒提取单头草地贪夜蛾幼虫 DNA，分别对其 *CO* Ⅰ和 *Tpi* 两个基因片段进行扩增，纯化回收 PCR 产物，送生工生物工程（上海）股份有限公司测序。对获得的所有 *CO* Ⅰ基因序列进行比对，构建系统进化树。针对 *Tpi* 基因，首先区分杂合位点，然后根据玉米型和水稻型两种特征单倍型，运用 DNAMAN 软件进行特异位点比对分析，并对杂合位点、类型进行标记。

1.3 田间药效试验

1.3.1 试验药剂

10％甲维盐·氯虫苯甲酰胺（emamectin benzoate · chlorantraniliprole）悬浮剂，35 g/667m^2，本团队初步研制；12％甲维盐·虫螨腈（emamectin benzoate · chlorfenapyr）悬浮剂，30 g/667m^2，安徽瑞然生物药肥科技有限公司；5％甲氨基阿维菌素苯甲酸盐（emamectin benzoate，简称甲维盐）水分散粒剂，20 g/667m^2，四川金珠生态农业科技有限公司；50亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* NG-Ma40 可分散油悬浮剂，150 g/667m^2，本团队初步研制；10％四氯虫酰胺（tetrachlorantraniliprole）悬浮剂，50 g/667m^2，沈阳科创化学品有限公司。

1.3.2 田间防治试验

试验地设在涡阳县花沟镇草地贪夜蛾为害严重田块，小区采用随机区组排列，小区面积为 60 m^2，每个处理 4 次重复，小区间设 1 m 宽的保护行，于 2019 年 11 月 16 日喷施药液 1 次，试验期间未喷施其他药剂，无异常天气出现。

采用“Z”字形均匀取样，每小区调查 6 个点，每点调查 1 m^2。根据小麦受害状，明确草地贪夜蛾活动区域。由于温度下降时草地贪夜蛾幼虫喜好钻入浅土层，调查时拨开表面土壤统计虫量。在施药前、药后 3、7、14 d 各调查 1 次，计算虫口减退率，根据虫口减退率计算校正防效。

$$虫口减退率=\frac{药前虫口数-药后虫口数}{药前虫口数}\times 100\%;$$

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

1.4　数据处理

用 SPSS 19.0 软件对数据进行方差分析。

2　结果与分析

2.1　安徽淮河以北小麦田草地贪夜蛾为害情况

调查发现,安徽淮河以北小麦产区临泉县、涡阳县、谯城区、利辛县、蒙城县、太和县、颍上县、寿县、怀远县、濉溪县、砀山县均发现草地贪夜蛾为害,其中后 6 个县区为零星发生,未作统计调查,而前 5 个县区在局部田块呈集中为害,部分严重田块造成缺苗断垄或毁种。由表 1 结果可知,5 个县区草地贪夜蛾重发田块多个龄期同时出现,世代重叠严重,平均密度为 4.40～44.60 头/m^2,平均受害株率为 4.58%～52.96%;其中以 3～5 龄幼虫数量多,平均比例为 70.86%～95.46%;个别田块最高密度为 51 头/m^2,受害株率达 66.85%。由图 1 结果可知,5 个县区草地贪夜蛾幼虫量与小麦受害株率呈显著正相关。

表 1　草地贪夜蛾在安徽北部地区麦田发生情况

Table 1　Occurrence of *Spodoptera frugiperda* in wheat fields of northern Anhui province

地点 Location	样地 Sampling site	受害株率/% Rate of plant damaged	虫量/头·m^{-2} Larva number	不同龄期幼虫数量/头·$(6m^2)^{-1}$ Number of different instar larvae					
				1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	6 龄 6th instar
临泉县 Linquan county	1	38.21	26	0	24	42	42	36	12
	2	41.26	27	0	36	48	48	24	6
	3	45.51	31	0	30	48	60	42	6
	4	35.23	26	0	12	54	42	30	18
	5	28.19	23	0	18	36	30	24	30
	平均	37.68	26.60	0.0	24.0	45.6	44.4	31.2	14.4
涡阳县 Guoyang county	1	51.21	45	0	6	66	72	72	54
	2	66.85	51	6	18	72	72	102	36
	3	50.28	42	0	0	0	78	90	84
	4	43.21	38	0	0	6	60	114	48
	5	53.26	47	0	12	30	84	96	60
	平均	52.96	44.60	1.2	7.2	34.8	73.2	94.8	56.4
谯城区 Qiaocheng district	1	42.36	33	0	0	36	48	72	42
	2	49.56	37	0	6	30	66	60	60
	3	51.59	32	6	12	24	48	48	54
	4	38.28	28	6	6	18	60	54	24
	5	30.57	21	0	12	30	30	18	36
	平均	42.47	30.20	2.4	7.2	27.6	50.4	50.4	43.2
利辛县 Lixin county	1	7.56	8	0	0	0	18	18	12
	2	12.11	9	0	6	12	18	12	6
	3	4.32	6	0	0	0	6	12	18
	4	13.25	11	0	0	0	24	24	18
	5	4.36	5	0	0	0	6	24	0
	平均	8.32	7.80	0.0	1.2	2.4	14.4	18.0	10.8
蒙城县 Mengcheng county	1	5.22	5	0	0	0	0	24	6
	2	5.66	6	0	0	0	24	12	0
	3	4.85	5	0	0	0	30	0	0
	4	3.86	4	0	0	0	12	12	0
	5	3.31	2	0	0	0	0	12	0
	平均	4.58	4.40	0.0	0.0	0.0	13.2	12.0	1.2

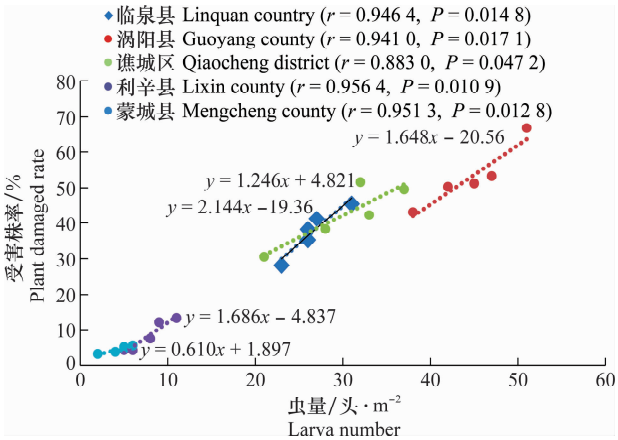


图 1　草地贪夜蛾幼虫量与小麦受害株率的关系

Fig. 1　Relationship between the larva number of *Spodoptera frugiperda* and damaged rate of wheat

2.2　皖北麦田草地贪夜蛾生物型

通过对 *CO* Ⅰ基因序列进行比对分析发现，采自涡阳麦田的 40 份草地贪夜蛾幼虫 *CO* Ⅰ基因序列完全一致，选取其中一个样本（GY-Wheat）*CO* Ⅰ序列与 NCBI 公布的各地草地贪夜蛾 *CO* Ⅰ序列进行比对，以棉铃虫 *Helicoverpa armigera CO* Ⅰ序列作为外群构建系统进化树（图 3）。结果表明，该草地贪夜



a: 缺苗; b: 浅土层幼虫; c: 已孵化卵块; d: 各龄幼虫
a: Lacking seedlings; b: Larva in shallow soil; c: Hatched egg masses; d: The various instar larvae

图 2　草地贪夜蛾为害小麦苗情况

Fig. 2　Symptoms of wheat seedlings damaged by *Spodoptera frugiperda*

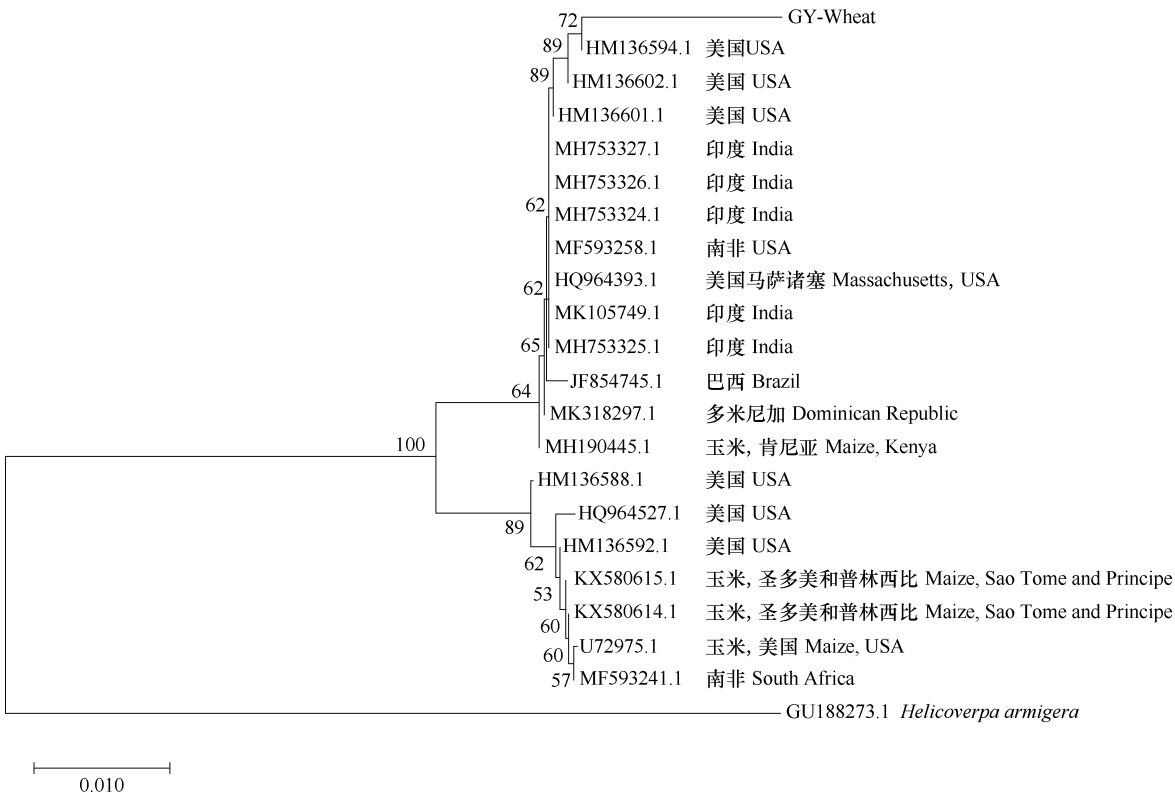


图 3　基于 *CO* Ⅰ序列构建的涡阳草地贪夜蛾系统进化树

Fig. 3　Phylogenetic tree inferred from *CO* Ⅰ gene fragments of *Spodoptera frugiperda* collected in Guoyang county

蛾种群与美国佛罗里达州的水稻型 *CO* Ⅰ基因序列亲缘关系最近,而作者前期研究发现,采自安徽玉米的草地贪夜蛾种群中 86.23%的个体同样属于这一类群[10],根据张磊等[11]的报道,这一类型被定义为 Strain2(水稻型)。然而在该分支中并非所有类群的寄主均为水稻,比如来自印度的 MH753325 序列,其虫源寄主便为玉米。

对所有样品的 *Tpi* 基因序列进行分析,针对水稻型和玉米型 10 个差异单倍型位点进行比对,发现采自涡阳麦田的草地贪夜蛾样品的 *Tpi* 基因第 3 和 4 位差异单倍型位点存在 2 种不同类型。其中 37 个样本表现为玉米型单倍型(AT),3 个样品为杂合型(AT/GA),属于玉米型。基于上述两种分析方法判断,涡阳麦田的草地贪夜蛾属于水稻型母本和玉米型父本杂交产生并经过长期繁衍而演化形成的特殊玉米型。

2.3　5 种药剂对草地贪夜蛾的田间防治效果

由表 2 可知,10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺悬浮剂等 4 种化学药剂对麦田草地贪夜蛾都具有较好的防治效果,而我单位自主研发的生物药剂——50 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 NG-Ma40 可分散油悬浮剂也具有一定的控制效果。其中 10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺悬浮剂、12%甲维盐·虫螨腈悬浮剂药后 3 d 防效分别为 90.64%、92.17%;药后 14 d 防效分别为 91.32%、92.26%,速效性和持效性均较好;5%甲维盐水分散粒剂速效性较好,药后 3 d 防效可达 88.03%;10%四氯虫酰胺悬浮剂防效稳定,药后 14 d 防效达 86.57%;50 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 NG-Ma40 可分散油悬浮剂,药后 14 d 防效为 51.08%,虽有一定防效,但显著低于其他 4 种化学药剂。

表 2　5 种药剂对小麦田草地贪夜蛾田间防治效果(涡阳县花沟镇)[1)]

Table 2　Field control efficacy of five insecticides against *Spodoptera frugiperda* (Huagou town, Guoyang county)

处理 Treatment	施药量/g·(667 m²)⁻¹ Dosage	虫口基数/头·(6 m²)⁻¹ Number of larvae	药后 3 d 3 days after treatment		药后 7 d 7 days after treatment		药后 14 d 14 days after treatment	
			存活幼虫数/头·(6 m²)⁻¹ Number of survival larvae	防治效果/% Control efficacy	存活幼虫数/头·(6 m²)⁻¹ Number of survival larvae	防治效果/% Control efficacy	存活幼虫数/头·(6 m²)⁻¹ Number of survival larvae	防治效果/% Control efficacy
10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺 SC emamectin benzoate·chlorantraniliprole 10% SC	35	83.00	8.00	90.64 a	5.25	93.89 a	7.25	91.32 a
12%甲维盐·虫螨腈 SC emamectin benzoate·chlorfenapyr 12% SC	30	89.75	7.25	92.17 a	5.50	94.06 a	7.00	92.26 a
5%甲维盐 WG emamectin benzoate 5% WG	20	95.25	11.75	88.03 b	5.50	86.00 b	21.50	77.47 c
50 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 NG-Ma40 OD *Metarhizium anisopliae* NG-Ma40 5 billion spore/mL OD	150	88.00	91.50	0.20 d	77.50	14.54 c	43.25	51.08 d
10%四氯虫酰胺 SC tetrachlorantraniliprole 10% SC	50	90.50	14.75	84.19 c	13.50	85.52 b	43.25	86.57 b
CK	-	93.00	96.50	-	96.25	-	93.75	-

1) 表中数据为平均值。同列数据后不同小写表示在 0.05 水平差异显著。
Data in the table are mean. Data followed by different lowercase in the same column are significantly different ($P<0.05$) according to Duncan's multiple range test.

3　讨论

研究认为,入侵我国的草地贪夜蛾是一种特殊的玉米型[11],其能够为害玉米、甘蔗、高粱、花生、马铃薯、甘蓝、小麦等作物。国外研究认为,除玉米、黑麦草、高粱以外,小麦是草地贪夜蛾最喜欢产卵的寄主之一[12],取食小麦的草地贪夜蛾化蛹率、蛹重、羽化率、产卵量等指标均低于取食玉米的相应指标,整个种群在小麦上的适合度低于在玉米上的适合度,但其能够在小麦上完成生长发育并实现种群扩繁,表明在喜食寄主玉米匮乏时,草地贪夜蛾可转移为害小麦[13-14]。2019 年 10 月 22 日,首次在安徽早播麦田发现草地贪夜蛾为害小麦苗,虫量较大,为害情况重[10]。由于安徽省北部大部分地区玉米、小麦常年轮作,这有可能导致草地贪夜蛾在为害玉米时转移为害小麦。

2019年11月9日至15日对安徽北部小麦田草地贪夜蛾发生情况进行了调查，发现涡阳县、蒙城县、利辛县、谯城区、临泉县等地均呈点片状集中为害，部分严重田块造成缺苗断垄或毁种。5个县区草地贪夜蛾重发田块多个龄期幼虫同时出现，世代重叠严重，其中以3～5龄幼虫居多，每平方米最高虫量达51头，百株被害率最高为66.85%。重发田块前茬玉米收割较早，田间大多存在玉米自生苗残株，在小麦未出苗前成为草地贪夜蛾产卵的寄主，这为后期幼虫转移为害提供了虫源；另外重发田块小麦播种时间相对于周边田块又略早，早出的麦苗为草地贪夜蛾提供更多的适合寄主，从而造成局部地区小麦田草地贪夜蛾呈点片状集中为害。

近年来，随着草地贪夜蛾的扩散和多种新型杀虫剂的开发应用，在该害虫发生为害比较严重的地区，一系列杀虫剂新品种发挥了突出的作用[15]，如：甲维盐、氯虫苯甲酰胺、除虫脲、虱螨脲、茚虫威、氟苯虫酰胺、溴氰虫酰胺、乙基多杀菌素等。国外已登记用于玉米和小麦上防治草地贪夜蛾的药剂有灭多威和高效氯氰菊酯等[16]。2019年农业农村部鉴于目前我国无防治草地贪夜蛾的登记农药，提出了25种应急使用的农药产品，其中大部分为化学农药，也包含金龟子绿僵菌等生物农药。

在涡阳县开展的5种药剂对小麦田草地贪夜蛾田间防治效果试验，其中10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺悬浮剂等4种化学药剂对草地贪夜蛾都具有较好的防治效果，可作为小麦田草地贪夜蛾的防治药剂，鉴于冬小麦出苗后，气温逐步下降，幼虫喜好钻入土层下1.0～2.5 cm，为害小麦根茎部，建议进行药剂防治时加大用水量，对准小麦根部及土层喷施，以达到药液浸润土层的目的。生物药剂——50亿孢子/mL金龟子绿僵菌NG-Ma40可分散油悬浮剂也具有一定的控制效果，由于其具有绿色无毒和无残留的特点，可考虑用于鲜食玉米及果蔬等作物草地贪夜蛾的防治药剂。

草地贪夜蛾将成为我国又一个“北迁南回，周年循环”的重大迁飞性害虫[17]。根据全国农业技术推广服务中心病虫情报推测，2020年安徽省草地贪夜蛾发生时间至少会比2019年提前一个月，此时安徽省小麦处于返青至收获期，正值小麦生产的关键时期。如果此时草地贪夜蛾在该区域小麦上定殖为害，必将影响小麦安全生产，在小麦上繁殖的草地贪夜蛾种群可能会对黄淮海夏玉米和北方春玉米造成更大的为害。因此，亟待加强对安徽省小麦田草地贪夜蛾的全年监测和防治。

参考文献

[1] CRUZ I, TURPIN F T. Yield impact of larval infestations of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to midwhorl growth stage of corn [J]. Journal of Economic Entomology, 1983, 76(5): 1052-1054.

[2] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82-87.

[3] CRUZ I, DE LOURDES CORRÊA FIGUEIREDO M, DA SILVA R B, et al. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize [J]. International Journal of Pest Management, 2012, 58(1): 83-90.

[4] 郭井菲，赵建周，何康来，等. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵中国[J]. 植物保护，2018，44(6)：1-10.

[5] 全国农业技术推广服务中心. 草地贪夜蛾在云南西南部3市州为害冬玉米[R]. 植物病虫情报，2019年第8期，2019-01-31.

[6] 病虫害测报处. 草地贪夜蛾侵入13省份为害春玉米[J]. 农药市场信息，2019(11)：58.

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

[8] 王磊，陈科伟，钟国华，等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害、防控研究进展及防控策略探讨[J]. 环境昆虫学报，2019，41(3)：479-487.

[9] 王芹芹，崔丽，王立，等. 草地贪夜蛾对杀虫剂的抗性研究进展[J]. 农药学学报，2019，21(4)：401-408.

[10] 徐丽娜，胡本进，苏贤岩，等. 入侵安徽省草地贪夜蛾的遗传分析[J]. 植物保护，2019，45(5)：47-53.

[11] 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.

[12] PITRE H N, MULROONEY J E, HOGG D B. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition: crop preferences and egg distribution on plants [J]. Journal of Economic Entomology, 1983, 76(3): 463-466.

[13] 巴吐西，张云慧，张智，等. 草地贪夜蛾对小麦和玉米的产卵选择性及其种群生命表[J]. 植物保护，2020，46(1)：17-23.

[14] 孙悦，刘晓光，吕国强，等. 草地贪夜蛾在小麦和不同玉米品种上的种群适合度比较[J/OL]. 植物保护：1-8[2020-03-27]. https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2020099.

[15] IRAC. Integrated pest management (IPM) & insect resistance management (IRM) for fall armyworm in South Africa maize [EB/OL]. IRAC South Africa, www.irac-oline.org, May 2018.

[16] 崔丽，芮昌辉，李永平，等. 国外草地贪夜蛾化学防治技术的研究与应用[J]. 植物保护，2019，45(4)：7-13.

[17] 吴秋琳，姜玉英，胡高，等. 中国热带和南亚热带地区草地贪夜蛾春夏两季迁飞轨迹的分析[J]. 植物保护，2019，45(3)：1-9.

（责任编辑：王 音）