

王淑枝, 段爱菊, 张自启. 四唑虫酰胺拌种对玉米田草地贪夜蛾的药效评价[J]. 山西农业科学, 2025, 53(3): 100-106.

WANG S Z, DUAN A J, ZHANG Z Q. Efficacy evaluation of seed dressing with tetrazolamide on *Spodoptera frugiperda* in maize field [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(3): 100-106.

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2025.03.12

四唑虫酰胺拌种对玉米田草地贪夜蛾的药效评价

王淑枝, 段爱菊, 张自启

(洛阳市农林科学院, 河南 洛阳 471023)

摘要:为明确四唑虫酰胺拌种处理对玉米田草地贪夜蛾的防治效果,采用不同剂量(0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 g/kg)的20%四唑虫酰胺SC对玉米种子进行拌种,以不同剂量(1.5、2.5、5.0 g/kg)的20%氯虫苯甲酰胺SC为对照,在室内和大田进行药效测定。室内药效试验结果表明,2种药剂不同用量拌种处理后对玉米出苗及生长均是安全的;出苗10 d后,5个剂量的20%四唑虫酰胺SC拌种处理对草地贪夜蛾防治效果均较优,防治效果达98.28%以上;2.5、5.0 g/kg的20%氯虫苯甲酰胺SC拌种处理的防治效果较优,防治效果分别达84.48%和93.10%,1.5 g/kg处理的防治效果较差。出苗20 d后,2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理防治效果较优,防治效果分别为76.27%和84.75%,其余处理防治效果均较差,20%氯虫苯甲酰胺SC不同处理防治效果均较差。大田药效试验结果表明,2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺处理的玉米出苗后25 d防治效果均高于80%;20%氯虫苯甲酰胺SC不同处理出苗后15、25 d的防治效果均较差。因此,采用剂量为2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺对玉米拌种处理,无论是速效性还是持效性,均对草地贪夜蛾有较好的防治效果,可以减轻草地贪夜蛾的危害。

关键词:四唑虫酰胺;玉米;种子拌种;草地贪夜蛾;防治效果

中图分类号:S435.132 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2481(2025)03-0100-07

Efficacy Evaluation of Seed Dressing with Tetrazolamide on *Spodoptera frugiperda* in Maize Field

WANG Shuzhi, DUAN Aiju, ZHANG Ziqi

(Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Luoyang 471023, China)

Abstract: In order to clarify the control effect of tetrazolamide seed dressing on *Spodoptera frugiperda* in maize field, in this study, indoor and field evaluations were carried out by dressing the maize seeds with different dosages of 20% of tetrazolamide SC (0.5, 1.0, 5.0, 1.5, and 2.5 g/kg) and the control with different dosages of 20% of chlorantraniliprole SC (1.5, 2.5, and 5.0 g/kg). The results of indoor efficacy determination showed that different dosages of the two agents were safe for both maize emergence and growth. After 10 days of emergence, the seed dressing treatments with 5 dosages of 20% of tetrazolamide SC showed better control effects on *Spodoptera frugiperda*, reaching more than 98.28%. The control effect of 20% of chlorantraniliprole SC seed dressing treatments with dosages of 2.5 and 5.0 g/kg was better, reaching 84.48% and 93.10%, respectively, while the control effect of 1.5 g/kg treatment was poor. After 20 days of emergence, the control effect of 20% of tetrazolamide SC treatments with 2.5 and 5.0 g/kg was better, with the control effect of 76.27% and 84.75%, respectively. The control effect of other treatments and the 20% of chlorantraniliprole SC was poor. The results of the field efficacy test showed that the control effect of maize seedlings treated with 20% of tetrazolamide at dosages of 2.5 and 5.0 g/kg at 25 days after emergence was more than 80%. The control effects of 20% of chlorantraniliprole SC at 15 and 25 days after different treatments were poor. Therefore, the use of 20% of tetrazolamide at dosages of 2.5 and 5.0 g/kg for maize seed dressing treatment had a good control effect on *S. frugiperda* in both rapid and sustained effects, which could reduce the damage

收稿日期: 2024-09-30

基金项目: 国家玉米产业技术体系(CARS-02-69)

作者简介: 王淑枝, 助理研究员, 主要从事农作物病虫害防治研究, E-mail: lysnks@126.com

通信作者: 张自启, 副研究员, 主要从事农林作物病虫害的防治研究, E-mail: lynkyzzq@126.com

caused by *S. frugiperda*.

Keywords: tetrazolamide; maize; seed dressing; *S. frugiperda*; control effect

草地贪夜蛾(*S. frugiperda*)为鳞翅目(Lepidoptera)夜蛾科(Noctuidae)灰翅夜蛾属(*Spodoptera*)昆虫,起源于美洲热带和亚热带地区,是世界粮农组织(FAO)全球预警的重大迁飞性害虫^[1-4]。草地贪夜蛾自2018年12月首次入侵我国,到2019年10月已经扩散到了26个省(市、自治区)^[5-8]。草地贪夜蛾作为近年来我国重点防治的外来入侵害虫,其具有寄主范围广、繁殖能力强、生活周期短、危害程度重、迁飞扩散快、防控难度大等特点^[9-10]。草地贪夜蛾的寄主作物种类高达76科353种^[11-12],张磊等^[13]通过分子鉴定发现,草地贪夜蛾可分为玉米型和水稻型2种生物型。目前,在我国发生的草地贪夜蛾均为玉米型,偏好玉米和高粱等^[14],主要危害玉米^[15-17]。玉米从苗期到籽粒期均会受到草地贪夜蛾危害,以苗期至大喇叭口期最为普遍^[18-19],且苗期危害最为严重^[20-21],可造成20%~72%的产量损失^[22],若不及时采取有效的防治措施,严重地块会造成毁种绝收^[23],对我国粮食安全生产造成严重威胁^[24-25]。

目前,我国对草地贪夜蛾的防治以化学防治为主要应急防控手段^[26]。化学防治具有杀虫谱广,作用快,效果明显,不受地区和季节性影响等优点,对于暴发性和突发性害虫是一种非常有效的方法^[27]。自2019年草地贪夜蛾入侵我国以来,农业农村部就紧急发布了一系列草地贪夜蛾应急防控的推荐用药名单,包括甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈(溴虫腈)、茚虫威、氯虫苯甲酰胺等药剂^[28]。科学家们也开展了常用化学杀虫剂针对草地贪夜蛾的室内活性测试和田间药效试验^[29-30]。试验结果表明,上述药剂对草地贪夜蛾均有不同程度的毒杀效果,但草地贪夜蛾对常用化学药剂抗药性提升较快,使防控难度增加^[31]。草地贪夜蛾化学防治方法是使用杀虫剂对茎叶进行喷雾处理。由于草地贪夜蛾的发生世代重叠严重,田间需要进行多次重复的喷药处理,导致用药次数增多,用药量增大,用药和用工成本增加^[32]。因此,种子处理是一种方便、高效、低成本的方法,可以减少药剂的使用量,更重要的是还可以有效缓解其抗药性的产生,进而延长农药使用寿命^[33-34]。

四唑虫酰胺是由德国拜耳有限公司最新开发

的邻甲酰氨基苯甲酰胺类的双酰胺类杀虫剂,主要以胃毒为主,通过激活钙释放通道中的兰尼碱,进而作用于害虫的鱼尼丁受体,引起细胞内钙离子无节制释放,导致害虫肌肉收缩、麻痹,直至死亡^[35-36]。目前,我国关于草地贪夜蛾的化学喷施药剂较多,但玉米种子处理方面的药剂较少。四唑虫酰胺当前登记的防治对象主要为水稻纵卷叶螟、水稻二化螟、甘蓝甜菜夜蛾、辣椒(保护地)烟青虫、番茄(保护地)棉铃虫、柑橘树潜叶蛾、苹果树桃小食心虫。

为了探索新型杀虫剂20%四唑虫酰胺玉米拌种处理对草地贪夜蛾的防治效果及安全性,笔者2022年进行了室内和田间药效试验,旨在为更好地防治玉米苗期草地贪夜蛾提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

玉米品种为洛玉206,由洛阳市农林科学院玉米研究所提供。20%四唑虫酰胺SC由拜耳作物科学(中国)有限公司生产;20%氯虫苯甲酰胺SC由美国富美实公司中国投资有限公司生产。室内试验虫源为河南省农科院植保所提供的草地贪夜蛾大龄幼虫,并在人工气候箱内以新鲜玉米叶片进行人工饲养,产卵,并选择个体大小和发育一致的健康3龄幼虫进行试验。饲养条件:温度为(26±1)℃,光周期为昼夜14 h/10 h,相对湿度为60%~70%,成虫用10%的蜂蜜水饲喂。田间试验虫源为田间自然发生,一般为2~4龄幼虫。

1.2 试验地概况

试验地设在洛阳市农林科学院玉米试验田,试验地平整,肥力中等,常年小麦、玉米轮作种植,近2 a在晚播玉米田草地贪夜蛾普遍发生且危害严重。

1.3 试验方法

试验以不同剂量(0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 g/kg, g/kg表示每千克种子加入0.5~5.0 g的药剂)的20%四唑虫酰胺SC种子拌种处理。以市面上常用防治鳞翅目害虫的不同剂量(1.5、2.5、5.0 g/kg)的20%氯虫苯甲酰胺SC拌种处理为对照,以不拌种种子为空白对照,共计9个处理。播种前1 d按

上述处理进行拌种,充分拌匀后在阴凉通风处晾干备用。

1.3.1 药剂安全性试验 为了便于大田试验的有效进行,室内试验玉米播种于 2022 年 5 月 21 日。挑选籽粒饱满、大小均匀且经不同剂量药剂拌种后的玉米种子各 300 粒,随机排列,每行 100 粒,每个处理 3 次重复。人工点播,单粒播种。播种 10 d 后,观察玉米苗是否有药害症状且调查不同处理的玉米出苗数,计算出苗率。

1.3.2 室内药效试验 将上述试验处理的玉米出苗 10、20 d 后分别拔取玉米幼苗,按不同处理在室内 26℃下饲喂草地贪夜蛾。幼虫选取大小一致且健康的 3 龄幼虫,在一次性塑料培养皿(直径 9 cm,高 3 cm)内进行饲喂。每个培养皿放置 20 头幼虫,每个处理 3 个重复,每个重复 3 个培养皿。在饲喂 24、48、72、96 h 后调查幼虫的死亡数、存活数。幼虫的虫体发黑、缩小,毛笔轻触虫体没有反应即判定为死亡。同时计算死亡率和校正死亡率。

1.3.3 田间药效试验 2022 年 7 月 28 日进行玉米播种,在出苗 15、25 d 后,分别调查不同处理下草地贪夜蛾危害株率。调查采用 5 点取样法取样,每点纵向连续调查玉米 10 株,以最新 2~3 片心叶出现空洞和缺刻作为被害标准。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPASS 26.0 软件进行方差分析,采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

$$\text{出苗率} = \text{出苗数} / \text{播种数} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{保苗率} = (\text{对照受害株率} - \text{药剂处理受害株率}) / \text{对照受害株率} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{虫口防治效果} = (\text{对照残虫量} - \text{药剂处理残虫量}) / \text{对照残虫量} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{死亡率} = \text{死亡试虫头数} / \text{供试虫头数} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{防治效果} = (\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}) / (1 - \text{对照组死亡率}) \times 100\% \quad (5)$$

2 结果与分析

2.1 不同药剂处理对玉米出苗率及安全性的影响

从表 1 可以看出,2 种药剂不同用量处理后玉米出苗率均达到 90% 以上。在整个试验过程中,观察发现,不同药剂处理后玉米叶色和生长势均和空白对照相似,各处理未发现对玉米产生药害和其他不良影响,说明 2 种药剂拌种处理后对玉米出苗及生长是安全的。

表 1 不同处理玉米出苗 10 d 后对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的安全性及防治效果分析

Tab.1 Analysis of the safety and control effect of different treatments on 3rd instar larvae of

S. frugiperda after 10 days of emergence of maize seedling

%

药剂名称 Insecticide	用药量/(g/kg) Dosage of formulation	出苗率 Seedling emergence rate	防治效果 Control effect			
			24 h	48 h	72 h	96 h
20% 四唑虫酰胺 SC 20% of tetraniliprole SC	0.5	93.00±1.00a	6.9±0.00ab	67.24±5.98bc	98.28±2.98a	98.28±2.98a
	1.0	91.00±2.65a	10.35±5.97ab	79.31±8.95ab	98.28±2.98a	98.28±2.98a
	1.5	93.33±1.53a	10.35±5.97ab	81.03±2.98ab	100±0.00a	100±0.00a
	2.5	92.33±3.21a	12.07±5.17ab	82.76±7.90ab	100±0.00a	100±0.00a
20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% of chlorantraniliprole SC	5.0	92.67±2.08a	13.79±5.97a	87.93±2.99a	100±0.00a	100±0.00a
	1.5	92.00±1.00a	2.88±3.59b	39.66±7.90d	63.79±5.18d	65.52±2.99c
	2.5	92.67±1.15a	8.62±5.97ab	63.79±5.18c	82.76±2.98c	84.48±5.18b
5.0	91.67±1.53a	10.35±2.98ab	72.41±7.90c	91.38±5.98b	93.10±7.90a	
空白对照 Control	0	92.67±2.03a				

注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

Note: Different lowercase letters indicated significant differences among different treatments($P < 0.05$). The same as below.

2.2 不同药剂处理下草地贪夜蛾室内药效测定

将 2 种药剂不同用量处理出苗 10 d 后的玉米叶在室内对草地贪夜蛾 3 龄幼虫进行饲喂,测定其

室内药效,结果如表 1 所示。2 种药剂不同用量处理在饲喂 24 h 后防治效果均较低,均小于 20%。饲喂 48 h 后防治效果较 24 h 显著提高($P < 0.05$),

且随着用药量的增加,防治效果增加;其中,用量为1.5、2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理的防治效果分别为81.03%、82.76%、87.93%,5.0 g/kg的20%氯虫苯甲酰胺SC处理防治效果为72.41%;饲喂72 h后,1.5、2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理的防治效果均达100%,0.5、1.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理防治效果达98.28%,且不同用量处理间差异不显著;1.5、2.5、5.0 g/kg的20%氯虫苯甲酰胺SC处理防治效果分别为63.79%、82.76%和91.38%,且不同处理间差异显著($P < 0.05$)。饲喂96 h后,20%四唑虫酰胺SC各处理与72 h相同,没有新增死亡率;1.5、2.5、5.0 g/kg的20%氯虫苯甲酰胺SC防治效果分别为65.52%、84.48%和93.10%。这些结果表明,20%四唑虫酰胺SC各处理在出苗10 d后均对草地贪夜蛾3龄幼虫具有较好的防治效果,2.5、5.0 g/kg的20%氯虫苯甲酰胺SC也对草地贪夜蛾3龄幼虫具有较好的防治效果。

将不同药剂处理出苗20 d后的玉米叶在室内对草地贪夜蛾3龄幼虫进行饲喂,测定其室内药效,结果如表2所示。不同处理在饲喂24 h后防治效果均较低。饲喂48 h后,20%四唑虫酰胺SC各处理的防治效果较24 h显著提高($P < 0.05$),且随着用药量的增加,防治效果增加。20%氯虫苯甲酰胺SC不同处理的防治效果均小于10%。饲喂72 h后,5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理的防治效果为83.05%;2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理的防治效果均大于60%。饲喂96 h后,2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理的防治效果大于70%,其中,5.0 g/kg处理的防治效果达84.75%;20%氯虫苯甲酰胺SC不同处理的防治效果较差。表明2.5、5.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理在出苗20 d后仍能对草地贪夜蛾3龄幼虫具有较好的防治效果,明显优于20%氯虫苯甲酰胺SC不同处理。

表2 不同处理玉米出苗20 d后对草地贪夜蛾3龄幼虫的防治效果分析

Tab.2 Analysis of the control effect of different treatments on 3rd instar larvae of *S. frugiperda* after 20 days of emergence of maize seeding

药剂 Insecticide	用量/(g/kg) Dosage of formulation	防治效果 Control effect			
		24 h	48 h	72 h	96 h
20% 四唑虫酰胺 SC 20% of tetraniliprole SC	0.5	1.67±2.89cd	8.47±5.09d	25.42±2.93d	28.81±5.09c
	1.0	5.00±5.00cd	22.03±2.94c	38.98±5.09c	42.37±5.87b
	1.5	8.33±5.77c	28.81±5.09bc	42.37±5.87c	45.76±2.93b
	2.5	15.00±5.00b	37.29±10.58b	66.10±16.35b	76.27±12.79a
	5.0	36.67±2.89a	67.80±7.77a	83.05±7.77a	84.75±8.80a
20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% of chlorantraniliprole SC	1.5	0.00±0.00d	0.00±2.93d	0.00±2.93e	0.00±2.93d
	2.5	3.33±2.89cd	1.70±2.93d	1.70±2.93e	1.70±2.93d
	5.0	1.67±2.89cd	1.70±2.93d	1.70±2.93e	1.70±2.93d
空白对照 Control	0				

2.3 不同药剂处理对草地贪夜蛾田间防治效果

将不同药剂处理玉米种子播种后,分别在出苗15、25 d后调查各处理玉米植株被草地贪夜蛾损害的情况,结果如表3所示。不同药剂处理在田间对草地贪夜蛾的防治效果差异较大。出苗15 d时,1.5、2.5 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理的保苗率和虫口防治效果均在90%以上;0.5、1.0 g/kg的20%四唑虫酰胺SC处理保苗率分别为67.06%、80.00%,虫口防治效果分别为80.49%、90.24%。2.5、5.0 g/kg的20%氯虫苯甲酰胺SC处理保苗率分别为50.59%和77.65%,虫口防治效果分别为

75.61%和78.05%,1.5 g/kg的20%氯虫苯甲酰胺SC处理保苗率最低,仅为31.76%,虫口防治效果仅为58.54%,防治效果较差。

出苗25 d后,20%四唑虫酰胺SC不同处理对草地贪夜蛾的防效较好,防治效果均在50%以上,其中,5.0 g/kg的防治效果最高,为89.04%;其次依次为2.5、1.5 g/kg处理,虫口防治效果分别为82.19%和67.12%;1.0、0.5 g/kg处理的虫口防治效果较低,分别为57.53%和53.43%。20%氯虫苯甲酰胺SC各处理对草地贪夜蛾的防治效果较差,虫口防治效果均低于50%。

表 3 不同处理对田间草地贪夜蛾的防治效果分析

Tab.3 Analysis of the field control effect of different treatments on *S. frugiperda*

%

药剂 Insecticide	用量/ (g/kg) Dosage of formulation	15 d			25 d		
		被害株率 Rate of damaged plants	保苗率 Survival rate of seedlings	虫口防治效果 Pest control effect	被害株率 Rate of damaged plants	保苗率 Survival rate of seedlings	虫口防治效果 Pest control effect
20% 四唑虫酰胺 SC	0.5	18.67	67.06±8.88b	80.49±11.18bc	32.67	55.86±4.13b	53.43±6.27cd
20% of tetra-niliprole SC	1.0	11.33	80.00±4.08b	90.24±4.22ab	30.00	59.46±5.41b	57.53±6.28bc
	1.5	4.00	92.94±3.53a	95.12±4.22a	26.00	64.86±7.15b	67.12±4.11b
	2.5	2.00	96.47±3.53a	97.56±4.22a	12.67	82.88±4.13a	82.19±6.28a
	5.0	0.67	98.82±2.04a	97.56±4.22a	7.33	90.09±1.56a	89.04±2.37a
20% 氯虫苯甲酰胺 SC	1.5	38.67	31.76±5.39e	58.54±11.18d	58.67	20.72±6.80d	34.25±10.87e
20% of chlorantraniliprole SC	2.5	28.00	50.59±7.06d	75.61±4.22c	43.33	41.44±4.13c	42.47±8.22de
	5.0	12.67	77.65±5.39c	78.05±0.00c	41.33	44.15±5.63c	45.21±6.27de
空白对照 Control	0	56.67			74.33		

3 结论与讨论

现阶段草地贪夜蛾的防控方法主要是在玉米心叶期以后进行药剂喷雾^[23]。已有研究发现,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素、茚虫威等药剂对草地贪夜蛾的防治效果较好,在用药第 3 天对草地贪夜蛾的防效可达 90% 以上,在用药 7 d 后对草地贪夜蛾的防效达 80% 以上^[29-30,37]。种子拌种或包衣控制草地贪夜蛾苗期危害的研究较少,已有研究表明,乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺丸粒化包衣可有效防控玉米苗期草地贪夜蛾的危害,有效防控在 25 d 以内^[34,38]。四唑虫酰胺是迄今为止唯一成功开发的含四唑结构的杀虫剂,根据 IRAC 作用机理,用四唑虫酰胺处理种子,其药效成分会随着种子萌发、生长,缓慢释放,被植物根部吸收,向上传导到达整个植株,起到良好的植株保护作用^[35]。

本研究表明,20% 四唑虫酰胺 SC 各处理玉米未产生药害和其他不良影响,对玉米安全。在室内药效试验结果表明,采用不同剂量 20% 四唑虫酰胺 SC 对玉米种子处理后,将出苗 10 d 后的玉米叶饲喂草地贪夜蛾,72 h 后防治效果高于 98%; 2.5、5.0 g/kg 的 20% 四唑虫酰胺 SC 处理出苗 20 d 后饲喂草地贪夜蛾,96 h 后的防治效果分别为 76.27% 和 84.75%。2.5、5.0 g/kg 的 20% 氯虫苯甲酰胺 SC 处理出苗 10 d 后饲喂草地贪夜蛾,96 h 后的防治效果均达 84.48% 以上;不同剂量的 20% 氯虫苯甲酰胺 SC 处理出苗 20 d 后饲喂草地贪夜

蛾,96 h 后各处理的防治效果均较差。大田试验结果表明,用 20% 四唑虫酰胺 SC 拌种,无论是速效性还是持效性,对草地贪夜蛾均有较好的防治效果。其中,防治效果最好的是 2.5、5.0 g/kg 的 20% 四唑虫酰胺 SC 处理,出苗 25 d 后的虫口防效仍能达到 82.19% 和 89.04%,显著优于 20% 氯虫苯甲酰胺 SC 处理。

通过以上研究表明,20% 四唑虫酰胺 SC 拌种为玉米田草地贪夜蛾的防治提供一种高效、安全的防治方法,能省工、省时、省力,减少药剂暴露和残留,减少环境污染,是一种经济环保的防治方法。其中,20% 四唑虫酰胺 SC 可以作为防治玉米草地贪夜蛾的药剂使用,也可与其他药剂轮换用药,以避免害虫产生抗药性。

本研究中,四唑虫酰胺拌种玉米种子,在播后 25 d 内的防效较为理想,在玉米生长中后期对草地贪夜蛾的防效降低。所以,用种子处理技术防控草地贪夜蛾,推荐在草地贪夜蛾周年繁殖区和苗期受害严重的区域选用此项技术^[39]。如果草地贪夜蛾发生晚,主要危害小喇叭口以后生育期,不推荐使用此项技术,应及时配合叶面防治手段,减轻草地贪夜蛾造成的为害。

参考文献:

- [1] 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.
- WU K M. Management strategies of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China[J]. Plant Protection, 2020, 46(2): 1-5.
- [2] 孙旭军, 张国彦, 刘一, 等. 河南省草地贪夜蛾迁入路径及虫

- 源地分析[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(3): 579-591.
- SUN X J, ZHANG G Y, LIU Y, et al. Tracking the migration path and source areas of the fall armyworm in Henan[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2021, 58(3): 579-591.
- [3] 吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 1-6, 18.
- WU Q L, JIANG Y Y, WU K M. Analysis of migration routes of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* from Myanmar to China[J]. Plant Protection, 2019, 45(2): 1-6, 18.
- [4] 吴秋琳, 姜玉英, 刘媛, 等. 草地贪夜蛾在中国西北地区的迁飞路径[J]. 中国农业科学, 2022, 55(10): 1949-1960.
- WU Q L, JIANG Y Y, LIU Y, et al. Migration pathway of *Spodoptera frugiperda* in northwestern China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2022, 55(10): 1949-1960.
- [5] 郭井菲, 何康来, 王振营. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(3): 361-369.
- GUO J F, HE K L, WANG Z Y. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2019, 56(3): 361-369.
- [6] 李国平, 王亚楠, 李辉, 等. 河南省苗期玉米田草地贪夜蛾幼虫与常见其他种类害虫的识别特征[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 747-754.
- LI G P, WANG Y N, LI H, et al. Larval identification of *Spodoptera frugiperda* and other common species occurring at seedling stage maize in Henan province[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2019, 35(5): 747-754.
- [7] 江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 12-18.
- JIANG X F, ZHANG L, CHENG Y X, et al. Advances in migration and monitoring techniques of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* [J]. Plant Protection, 2019, 45(1): 12-18.
- [8] 谭心阳, 赵海婷, 曹美伦, 等. 国内草地贪夜蛾发生、为害及防治现状[J]. 现代农药, 2022, 21(5): 13-20.
- TAN X Y, ZHAO H T, CAO M L, et al. The occurrence, damage and control status of *Spodoptera frugiperda* in China [J]. Modern Agrochemicals, 2022, 21(5): 13-20.
- [9] 卢增斌, 李丽莉, 张晴晴, 等. 草地贪夜蛾对山东省玉米的危害风险及其监测防控研究进展[J]. 山东农业科学, 2019, 51(6): 160-168.
- LU Z B, LI L L, ZHANG Q Q, et al. Potential damage of *Spodoptera frugiperda* to maize in Shandong province and research progress on its monitoring and control[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2019, 51(6): 160-168.
- [10] 徐蓬军, 张丹丹, 王杰, 等. 草地贪夜蛾对玉米和烟草的偏好性研究[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 61-64, 90.
- XU P J, ZHANG D D, WANG J, et al. The host preference of *Spodoptera frugiperda* on maize and tobacco[J]. Plant Protection, 2019, 45(4): 61-64, 90.
- [11] 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.
- WANG L, CHEN K W, ZHONG G H, et al. Progress for occurrence and management and the strategy of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J]. Journal of Environmental Entomology, 2019, 41(3): 479-487.
- [12] 李国平, 刘彬, 张大明, 等. 黄淮海夏玉米区草地贪夜蛾为害籽粒玉米的产量损失与防治阈值[J]. 植物保护学报, 2022, 49(5): 1472-1481.
- LI G P, LIU B, ZHANG D M, et al. Yield losses and control thresholds of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* on grain corn in Huang-Huai-Hai summer corn region[J]. Journal of Plant Protection, 2022, 49(5): 1472-1481.
- [13] 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, 56.
- ZHANG L, JIN M H, ZHANG D D, et al. Molecular identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Yunnan province[J]. Plant Protection, 2019, 45(2): 19-24, 56.
- [14] 刘杰, 姜玉英, 刘万才, 等. 亚洲十一国草地贪夜蛾发生防控情况与对策概述[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(2): 86-91.
- LIU J, JIANG Y Y, LIU W C, et al. Occurrence and control of *Spodoptera exigua* in eleven Asian countries and its countermeasures[J]. China Plant Protection, 2020, 40(2): 86-91.
- [15] 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]. 植物保护, 2020, 46(4): 126-131.
- SUN Y, LIU X G, LÜ G Q, et al. Comparison of population fitness of *Spodoptera frugiperda* feeding on wheat and different varieties of maize[J]. Plant Protection, 2020, 46(4): 126-131.
- [16] 王淑枝, 王利霞, 韩瑞华, 等. 5种作物对草地贪夜蛾实验种群生长发育及繁殖的影响[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(11): 10-14.
- WANG S Z, WANG L X, HAN R H, et al. Effects of five crops on the growth and reproduction of *Spodoptera frugiperda* laboratory population[J]. China Plant Protection, 2021, 41(11): 10-14.
- [17] 邱良妙, 刘其全, 陈秀琴, 等. 草地贪夜蛾对玉米和五种非禾本科作物的寄主选择性与寄主适合度及为害风险[J]. 植物保护学报, 2024, 51(4): 918-927.
- QIU L M, LIU Q Q, CHEN X Q, et al. Host selectivity, fitness, and risk analysis of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to maize and five non-gramineous crops[J]. Journal of Plant Protection, 2024, 51(4): 918-927.
- [18] 陈培育, 牛银亭, 鞠乐, 等. 草地贪夜蛾为害南阳地区夏玉米的经济阈值[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(11): 46-50.
- CHEN P Y, NIU Y T, JU L, et al. Economic threshold of summer maize damaged by *Spodoptera exigua* in Nanyang area[J]. China Plant Protection, 2022, 42(11): 46-50.
- [19] 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.
- JIANG Y Y, LIU J, XIE M C, et al. Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019 [J]. Plant Protection, 2019, 45(6): 10-19.
- [20] 林丹敏, 黄德超, 邵屯, 等. 不同生育期玉米上草地贪夜蛾的发生为害规律[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(6): 1291-1297.
- LIN D M, HUANG D C, SHAO T, et al. Occurrence and damage of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* at different growth stages of corn[J]. Journal of Environmental Entomology, 2020, 42(6): 1291-1297.
- [21] 田新湖. 2019年闽中地区草地贪夜蛾发生为害动态[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(10): 75-78, 82.

- TIAN X H. Occurrence and damage dynamics of *Spodoptera exigua* in central Fujian in 2019[J]. China Plant Protection, 2020, 40(10):75-78, 82.
- [22] 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.
- GUO J F, ZHAO J Z, HE K L, et al. Potential invasion of the crop-devastating insect pest fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to China[J]. Plant Protection, 2018, 44(6):1-10.
- [23] 杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议[J]. 植物保护, 2019, 45(4):1-6.
- YANG P Y, ZHU X M, GUO J F, et al. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China[J]. Plant Protection, 2019, 45(4):1-6.
- [24] 王翔, 王利民. 草地贪夜蛾对我国农业生产潜在影响程度的分析[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(4):229-236.
- WANG X, WANG L M. Analysis on the potential effect of *Spodoptera frugiperda* on agricultural production in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(4):229-236.
- [25] 徐永伟, 张国彦, 郝瑞, 等. 2019—2020 年河南省草地贪夜蛾发生情况分析[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(7):44-47.
- XU Y W, ZHANG G Y, HAO R, et al. Analysis on the occurrence of *Spodoptera frugiperda* in Henan from 2019 to 2020[J]. China Plant Protection, 2021, 41(7):44-47.
- [26] 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, 20.
- ZHAO S Y, SUN X X, ZHANG H W, et al. Laboratory test on the control efficacy of common chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda*[J]. Plant Protection, 2019, 45(3):10-14, 20.
- [27] 高希武. 我国害虫化学防治现状与发展策略[J]. 植物保护, 2010, 36(4):19-22.
- GAO X W. Current status and development strategy for chemical control in China[J]. Plant Protection, 2010, 36(4):19-22.
- [28] 刘小余, 王大文, 张凤邦. 草地贪夜蛾防控药剂的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(7):38-41.
- LIU X Y, WANG D W, ZHANG F B. Research progress on pesticide for controlling *Spodoptera frugiperda*[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2020, 48(7):38-41.
- [29] 闫文娟, 杨帅, 王勇庆, 等. 草地贪夜蛾应急防控药剂田间药效筛选[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4):788-792.
- YAN W J, YANG S, WANG Y Q, et al. Comparison of the effectiveness of chemical and biological agents for the emergency control of *Spodoptera frugiperda* in the field[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2019, 56(4):788-792.
- [30] 毛永凯, 李继虎, 陈艳艳, 等. 不同药剂对草地贪夜蛾的室内杀虫活性及田间防效研究[J]. 甘蔗糖业, 2022, 51(3):37-43.
- MAO Y K, LI J H, CHEN Y Y, et al. Study on laboratory insecticidal activity and field control efficacy of different insecticides against *Spodoptera frugiperda*[J]. Sugarcane and Cane-sugar, 2022, 51(3):37-43.
- [31] 王雪, 卢宝慧, 杨丽娜, 等. 我国玉米种衣剂应用现状与发展趋势[J]. 玉米科学, 2021, 29(3):63-69, 75.
- WANG X, LU B H, YANG L N, et al. Application and development of maize seed treatment in China[J]. Journal of Maize Sciences, 2021, 29(3):63-69, 75.
- [32] 黎柳锋, 王凤英, 廖仁昭, 等. 三种施药方式对玉米草地贪夜蛾田间防治效果研究[J]. 热带农业科学, 2024, 44(7):15-21.
- LI L F, WANG F Y, LIAO R Z, et al. Effect of the three application methods on control of *Spodoptera frugiperda* at different stages of maize growth[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2024, 44(7):15-21.
- [33] 李永平, 张帅, 王晓军, 等. 草地贪夜蛾抗药性现状及化学防治策略[J]. 植物保护, 2019, 45(4):14-19.
- LI Y P, ZHANG S, WANG X J, et al. Current status of insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* and strategies for its chemical control[J]. Plant Protection, 2019, 45(4):14-19.
- [34] 杨平俊, 黄亚川, 查国贤, 等. 几种药剂拌种及苗期喷雾对玉米草地贪夜蛾防效评价[J]. 中国农技推广, 2022, 38(10):82-84.
- YANG P J, HUANG Y C, ZHA G X, et al. Evaluation on the control effect of seed dressing with several chemicals and spraying at seedling stage on *Spodoptera exigua* in maize grassland[J]. China Agricultural Technology Extension, 2022, 38(10):82-84.
- [35] 谭海军. 双酰胺类杀虫剂四唑虫酰胺的特点、合成与应用[J]. 世界农药, 2021, 43(9):32-42, 56.
- TAN H J. Characteristics, synthesis and application of a diamide insecticide: tetraniliprole[J]. World Pesticide, 2021, 43(9):32-42, 56.
- [36] 陈小平, 柳爱平, 关少飞, 等. 双酰胺类杀虫剂及其应用市场与防治刺吸式口器害虫前景[J]. 世界农药, 2021, 43(11):1-12.
- CHEN X P, LIU A P, GUAN S F, et al. Diamide insecticides and their application market and prospect of controlling sucking pests[J]. World Pesticide, 2021, 43(11):1-12.
- [37] 张学峰, 唐艺婷, 赵云霞, 等. 12 种单剂及复配农药制剂对玉米田地贪夜蛾的防治效果[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(17):121-123, 127.
- ZHANG X F, TANG Y T, ZHAO Y X, et al. Control effects of 12 single and compound pesticides against *Spodoptera frugiperda* in maize field[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(17):121-123, 127.
- [38] 韩海亮, 郭井菲, 陈斌, 等. 不同种衣剂对糯玉米苗期草地贪夜蛾的防治效果[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(1):131-133.
- HAN H L, GUO J F, CHEN B, et al. Control effect of different seed coating agents on *Spodoptera frugiperda* at seedling stage of waxy maize[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2022, 63(1):131-133.
- [39] 谢殿杰, 唐继洪, 张蕾, 等. 我国草地贪夜蛾年发生世代区划分[J]. 植物保护, 2021, 47(1):61-67, 116.
- XIE D J, TANG J H, ZHANG L, et al. Annual generation numbers prediction and division of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in China[J]. Plant Protection, 2021, 47(1):61-67, 116.