

杨帆,望勇,蔡定军,等. 武汉地区草地贪夜蛾对常用杀虫剂的敏感性[J]. 江苏农业科学,2024,52(5):146-151.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.05.022

武汉地区草地贪夜蛾对常用杀虫剂的敏感性

杨帆,望勇,蔡定军,周利琳,司升云,骆海波,王攀

(武汉市农业科学院蔬菜研究所,湖北武汉 430345)

摘要:为明确入侵武汉地区草地贪夜蛾对农业农村部推荐使用的 6 种主打防控药剂的敏感性,采用浸叶法测定草地贪夜蛾田间种群和室内对照种群 3 龄幼虫对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、4 氯虫酰胺、虫螨腈、茚虫威等 6 种杀虫剂的敏感性差异。结果表明,草地贪夜蛾田间种群对 6 种杀虫剂的敏感性依次为甲维盐>乙基多杀菌素>氯虫苯甲酰胺>4 氯虫酰胺>虫螨腈>茚虫威。其中对甲维盐和乙基多杀菌素的敏感性较高,药剂处理 48 h 后 LC_{50} 值分别为 0.035、0.118 mg/L;其次为氯虫苯甲酰胺和 4 氯虫酰胺, LC_{50} 值分别为 4.006、5.015 mg/L;对虫螨腈和茚虫威的敏感性较低, LC_{50} 值分别为 10.434、71.403 mg/L。6 种药剂对田间种群 3 龄幼虫的 LC_{50} 值分别是室内对照种群的 1.40、1.55、3.88、3.51、4.94、1.50 倍。说明武汉地区草地贪夜蛾种群对甲维盐和 2 基多杀菌素较敏感,对虫螨腈、氯虫苯甲酰胺和 4 氯酰胺的抗性水平有上升趋势。研究结果对于在湖北武汉地区针对草地贪夜蛾制定合理的药剂轮换和药剂复配策略,以延长农药的田间使用寿命,并指导科学防控具有实践意义。

关键词:草地贪夜蛾;杀虫剂;敏感性;抗药性;武汉地区

中图分类号:S433.4;S482.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)05-0146-05

草地贪夜蛾又称秋黏虫,是联合国粮农组织全球预警的跨国界迁飞性重大农业害虫^[1]。草地贪夜蛾具有适生区域广、迁飞速度快、繁殖能力强和防控难度大等特点,可危害玉米、水稻、小麦、甘蔗、大豆等 350 种农作物。该虫原分布于美洲热带和亚热带地区,自 2019 年 1 月从缅甸迁入我国云南省江城后,由南向北快速扩散蔓延^[2-3],对我国多种农作物的安全生产造成重大威胁^[4-7]。

化学防控具有速效、便捷、不受地域季节影响的特点,是当前应急防控草地贪夜蛾暴发性危害的主要手段^[8-11],但杀虫剂的长期不合理使用必将加速草里贪夜蛾抗药性的发生和发展^[12]。目前,草地贪夜蛾已对 40 多种杀虫剂有效成分产生了不同程度的抗性,包括有机磷类、拟除虫菊酯类和氨基甲酸酯类等传统杀虫剂,以及双酰胺类、苯甲酰脲类

和乙基多杀菌素等新型杀虫剂^[13-17]。草地贪夜蛾迁飞能力强、繁殖能力高和易产生抗药性的特点极有利于其抗性基因的扩散^[18-19],因此加强我国草地贪夜蛾的抗药性监测及抗性治理对于其有效防控尤为重要。

2019 年 5 月 8 日在湖北省仙桃市首次发现草地贪夜蛾,短短 2 个月内迅速扩散至全省 17 个地市(州、区),至 2019 年 10 月底在湖北省玉米主产区累计发生面积达 10.08 万 hm^2 ^[20]。武汉地区的玉米产区不仅是草地贪夜蛾的适生区,也是其在我国东部南北往返迁飞的必经之地和中转区^[7,21]。武汉地区的玉米播种面积约 13.33 万 hm^2 /年,草地贪夜蛾对武汉地区夏秋季鲜食玉米的危害相对较重,且存在世代重叠现象^[20]。在武汉地区夏秋季玉米种植区,经常出现连续多次施用 1 种或同类型杀虫剂防控草地贪夜蛾的现象,因此抗药性产生的风险不容忽视。本研究通过测定入侵武汉地区的草地贪夜蛾种群对农业农村部推荐使用的 6 种首选防控药剂的敏感性,以期掌握草地贪夜蛾对区域性应急防控药剂的敏感性变化,为该虫的抗药性监测和抗性治理提供理论依据。研究结果对于在武汉地区制定合理的药剂复配和轮换用药策略,以延长农药的田间使用寿命具有实践意义。

收稿日期:2023-04-28

基金项目:武汉市农业科学院创新体系项目(编号:JCZX202301-2)。

作者简介:杨帆(1987—),女,山东淄博人,博士,农艺师,主要从事昆虫生态与蔬菜害虫综合防治技术研究,E-mail:sdzbyangfan@126.com;共同第一作者:望勇(1980—),男,湖北宜昌人,高级农艺师,主要从事昆虫抗药性及蔬菜害虫综合防治技术研究,E-mail:wangyongshucui@126.com。

通信作者:王攀,博士,农艺师,主要从事蔬菜害虫抗药性及综合治理研究。E-mail:wangpan1228@hotmail.com。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

(1) 供试草地贪夜蛾对照种群。2020 年 5 月采自武汉市农业科学院蔬菜研究所(114°47'E, 30°71'N)未施用过化学农药的玉米试验基地, 携至实验室内用未接触任何农药的 4~5 叶期幼嫩玉米叶群体饲养。幼虫化蛹后放至尼龙网纱内(长×宽×高=30 cm×30 cm×30 cm), 羽化后在笼内放置新鲜的玉米叶片供雌虫产卵, 每天饲喂 5% 紫云英蜂蜜水。饲养条件: 光—暗周期为 14 h—10 h, 温度为(27±1)℃, 相对湿度为 70%~80%。继代繁殖 12 代以上, 随机选取生长发育一致的 3 龄幼虫供试。

(2) 供试草地贪夜蛾田间种群。2021 年 10 月于武汉市农业科学院受害玉米田采集老熟幼虫和蛹, 携至室内按照上述方法饲养, 随机选取生长发育一致的 F₁ 代 3 龄幼虫供试。

1.2 供试药剂

75% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)原药, 海利尔药业集团股份有限公司; 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂, 科迪华农业科技有限责任公司; 95.3% 氯虫苯甲酰胺原药, 陕西先农生物科技有限公司; 98% 虫螨腈原药, 海利尔药业集团股份有限公司; 90% 茚虫威原药, 海利尔药业集团股份有限公司; 95% 4 氯虫酰胺原药, 沈阳科创化学品有限公司; 丙酮和 *N,N*-二甲基甲酰胺, 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; Triton X-100, 阿拉丁试剂有限公司。

1.3 生物测定方法

采用浸叶法^[22-23]测定 6 种药剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的生物活性。先将原药溶解于 1% 丙酮或 *N,N*-二甲基甲酰胺溶液中配制成母液, 再用体积分数为 0.05% 的 Triton X-100 水溶液, 按等比法分别稀释成 5~7 个浓度梯度备用, 制剂直接配制成不同浓度梯度药液备用。于玉米拔节期采摘未施用任何农药且不含抗虫基因的叶片, 洗净晾干后剪成 5~8 cm 的长方形叶段, 分别在不同浓度梯度的药液中浸泡 10 s, 取出后自然晾干; 放入底层铺有 2 mL 1.5% 琼脂的 12 孔细胞培养板内, 接入 1 头/孔经 4~6 h 饥饿处理且发育一致的 3 龄幼虫。以体积分数为 0.05% 的 Triton X-100 水溶液作为对照, 每个处理重复 3 次, 每个重复 12 头幼虫。药剂处理后的试虫置于上述正常饲养环境中, 分别于 48、72 h 后检查并记录幼虫的存活情况。幼虫死

亡标准为以毛笔轻触虫体无反应, 或出现畸形、僵缩、不能正常爬行等中毒症状。按照公式(1)、公式(2)计算试虫的死亡率和校正死亡率。参照 Wang 等的方法^[24], 分别计算 48 h 和 72 h 的浓度-死亡率的回归方程。

$$\text{死亡率} = \frac{\text{死虫数}}{\text{处理总虫数}} \times 100\%; \quad (1)$$

$$\text{校正死亡率} = \frac{\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}}{1 - \text{对照死亡率}} \times 100\%。 \quad (2)$$

1.4 数据处理

所有数据经 Excel 处理后, 使用 PASW Statistics 22.0 对校正死亡率进行单因素方差分析(ANOVA)和差异显著性检验(LSD)。使用 PASW Statistics 22.0 的 Log-Probit 模型拟合毒力回归方程, 并计算斜率值、致死 20% 试虫的药剂浓度(LC₂₀)、半数致死浓度(LC₅₀)、致死 90% 试虫的药剂浓度(LC₉₀)值及其 95% 置信限和卡方值(χ^2)等。抗性倍数以田间种群 LC₅₀ 值除以室内对照种群的 LC₅₀ 值计算所得。

2 结果与分析

2.1 6 种药剂对武汉地区草地贪夜蛾幼虫的毒力

6 种药剂对采自湖北省武汉地区草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力测定结果见表 1、表 2。药后 48 h, 甲维盐、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、4 氯虫酰胺、虫螨腈和茚虫威对室内对照种群 3 龄幼虫的 LC₅₀ 值分别为 0.025、0.076、1.032、1.427、2.112、47.638 mg/L, 6 种药剂对田间种群 3 龄幼虫的 LC₅₀ 值分别为 0.035、0.118、4.006、5.015、10.434、71.403 mg/L。说明甲维盐、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺和 4 氯虫酰胺对草地贪夜蛾 3 龄幼虫均具有较好的杀虫活性; 虫螨腈和茚虫威的毒力作用相对较低, 对田间种群 3 龄幼虫的 LC₅₀ 值分别达到甲维盐的 298 倍和 2 040 倍。

随着药剂处理时间延长至 72 h, 药剂对室内对照种群和田间种群幼虫的 LC₂₀、LC₅₀ 和 LC₉₀ 值总体上降低, 说明这 6 种药剂在处理 48~72 h 持续发挥毒力作用, 相同幼虫死亡率下的致死浓度值依次为甲维盐<乙基多杀菌素<氯虫苯甲酰胺、4 氯虫酰胺<虫螨腈<茚虫威。药剂浓度(对数转换)与幼虫死亡率(概率单位)的线性回归直线见图 1, 所有处理的线性回归相关性系数范围为 0.953~0.998。

表 1 6 种药剂对草地贪夜蛾室内对照种群 3 龄幼虫的毒力

药剂	幼虫数 (头)	处理时间 (h)	LC ₂₀ (95% 置信限) (mg/L)	LC ₅₀ (95% 置信限) (mg/L)	LC ₉₀ (95% 置信限) (mg/L)	斜率 ± 标准误	卡方值	P 值
甲维盐	251	48	0.011 (0.009 ~ 0.014)	0.025 (0.021 ~ 0.031)	0.086 (0.065 ~ 0.125)	2.433 ± 0.251	2.674	0.750
		72	0.006 (0.004 ~ 0.007)	0.012 (0.010 ~ 0.015)	0.039 (0.030 ~ 0.057)	2.561 ± 0.287	6.847	0.232
乙基多杀菌素	252	48	0.032 (0.023 ~ 0.042)	0.076 (0.061 ~ 0.093)	0.278 (0.208 ~ 0.415)	2.267 ± 0.248	2.489	0.778
		72	0.020 (0.013 ~ 0.027)	0.045 (0.035 ~ 0.056)	0.158 (0.120 ~ 0.236)	2.363 ± 0.295	0.712	0.982
氯虫苯甲酰胺	252	48	0.398 (0.258 ~ 0.539)	1.032 (0.799 ~ 1.297)	4.408 (3.259 ~ 6.748)	2.032 ± 0.230	1.115	0.953
		72	0.267 (0.156 ~ 0.376)	0.674 (0.502 ~ 0.856)	2.770 (2.052 ~ 4.325)	2.088 ± 0.275	2.045	0.727
4 氯虫酰胺	252	48	0.386 (0.219 ~ 0.570)	1.427 (1.049 ~ 1.885)	10.451 (6.925 ~ 19.170)	1.482 ± 0.174	3.003	0.700
		72	0.205 (0.098 ~ 0.322)	0.671 (0.459 ~ 0.895)	4.079 (2.813 ~ 7.282)	1.634 ± 0.231	2.086	0.720
虫螨腈	252	48	0.510 (0.312 ~ 0.735)	2.112 (1.510 ~ 3.132)	18.371 (10.086 ~ 47.003)	1.364 ± 0.172	3.619	0.460
		72	0.423 (0.277 ~ 0.587)	1.411 (1.060 ~ 1.886)	8.821 (5.862 ~ 15.532)	1.610 ± 0.164	7.937	0.160
茚虫威	214	48	6.931 (3.219 ~ 10.941)	47.638 (29.726 ~ 108.184)	896.743 (283.530 ~ 10 964.188)	1.005 ± 0.196	6.584	0.160
		72	3.321 (2.063 ~ 4.608)	9.742 (9.742 ~ 7.456)	50.163 (34.687 ~ 87.187)	1.801 ± 0.221	1.180	0.881

表 2 6 种药剂对武汉地区草地贪夜蛾田间种群 3 龄幼虫的毒力

药剂	幼虫数 (头)	处理时间 (h)	LC ₂₀ (95% 置信限) (mg/L)	LC ₅₀ (95% 置信限) (mg/L)	LC ₉₀ (95% 置信限) (mg/L)	斜率 ± 标准误	卡方值	P 值
甲维盐	252	48	0.016 (0.012 ~ 0.020)	0.035 (0.029 ~ 0.044)	0.115 (0.084 ~ 0.189)	2.485 ± 0.319	0.754	0.861
		72	0.009 (0.006 ~ 0.011)	0.020 (0.016 ~ 0.025)	0.073 (0.054 ~ 0.108)	2.292 ± 0.239	5.626	0.344
乙基多杀菌素	249	48	0.045 (0.031 ~ 0.059)	0.118 (0.093 ~ 0.148)	0.510 (0.371 ~ 0.792)	0.012 ± 0.208	3.843	0.572
		72	0.026 (0.018 ~ 0.034)	0.058 (0.046 ~ 0.071)	0.195 (0.148 ~ 0.290)	2.428 ± 0.287	1.084	0.956
氯虫苯甲酰胺	251	48	0.472 (0.120 ~ 0.932)	4.006 (2.519 ~ 6.592)	103.807 (38.217 ~ 875.295)	0.907 ± 0.176	0.786	0.940
		72	0.333 (0.141 ~ 0.550)	1.723 (1.188 ~ 2.481)	21.107 (10.926 ~ 68.419)	1.178 ± 0.185	2.936	0.569
4 氯虫酰胺	249	48	1.904 (0.894 ~ 2.998)	5.015 (3.204 ~ 8.692)	21.911 (11.660 ~ 84.317)	2.001 ± 0.221	10.683	0.058
		72	0.656 (0.460 ~ 0.851)	1.578 (1.262 ~ 1.964)	6.003 (4.420 ~ 9.304)	2.208 ± 0.248	3.458	0.484
虫螨腈	252	48	3.849 (2.624 ~ 5.117)	10.434 (7.879 ~ 15.072)	47.624 (28.574 ~ 114.825)	1.944 ± 0.289	2.282	0.809
		72	1.719 (1.100 ~ 2.438)	7.012 (7.012 ~ 4.978)	59.627 (31.825 ~ 159.978)	1.379 ± 0.173	3.882	0.567
茚虫威	249	48	13.195 (7.829 ~ 19.257)	71.403 (48.369 ~ 124.544)	934.014 (401.360 ~ 4 122.469)	1.148 ± 0.170	3.317	0.651
		72	3.969 (2.169 ~ 5.992)	17.61 (12.789 ~ 24.058)	170.245 (102.143 ~ 372.749)	1.301 ± 0.160	1.497	0.913

2.2 武汉地区草地贪夜蛾对 6 种杀虫剂的抗药性

武汉地区草地贪夜蛾的田间种群对 6 种杀虫剂的抗药性监测结果见图 2。药剂处理后 48 h, 虫螨腈、氯虫苯甲酰胺和 4 氯虫酰胺对田间种群 3 龄幼虫的 LC₅₀ 值, 是室内对照种群的倍数较高, 分别达 4.94、3.88、3.51 倍, 其次为乙基多杀菌素、茚虫威、甲维盐(1.55、1.50、1.40 倍)。说明武汉地区草地贪夜蛾种群对甲维盐、茚虫威和乙基多杀菌素较敏感, 对虫螨腈、氯虫苯甲酰胺和 4 氯虫酰胺的抗性水平呈上升趋势。

3 结论与讨论

本研究测定了农业农村部推荐使用的 6 种主打防治药剂对武汉地区草地贪夜蛾田间种群的敏感性, 结果表明, 入侵武汉地区的草地贪夜蛾田间种

群对 6 种供试杀虫剂均仍较敏感。敏感性依次为甲维盐 > 乙基多杀菌素 > 氯虫苯甲酰胺 > 4 氯虫酰胺 > 虫螨腈 > 茚虫威; 武汉地区草地贪夜蛾对甲维盐和乙基多杀菌素敏感性较高, 对虫螨腈、氯虫苯甲酰胺和 4 氯虫酰胺的抗性水平呈上升趋势。这与我国报道的“甲维盐、氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素和 4 氯虫酰胺均具有较强杀虫活性”的研究结果^[10,25-30]基本一致。说明甲维盐、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺和 4 氯虫酰胺可作为推荐药剂在武汉地区草地贪夜蛾防治中使用。

化学防治是草地贪夜蛾应急防控的主要手段, 然而草地贪夜蛾危害程度和杀虫剂使用频率的不同导致草地贪夜蛾对药剂的敏感性存在地域性差异^[28]。而短期内在田间大量使用同一类杀虫剂, 势必增加杀虫剂对靶标害虫的选择压力, 带来较大的

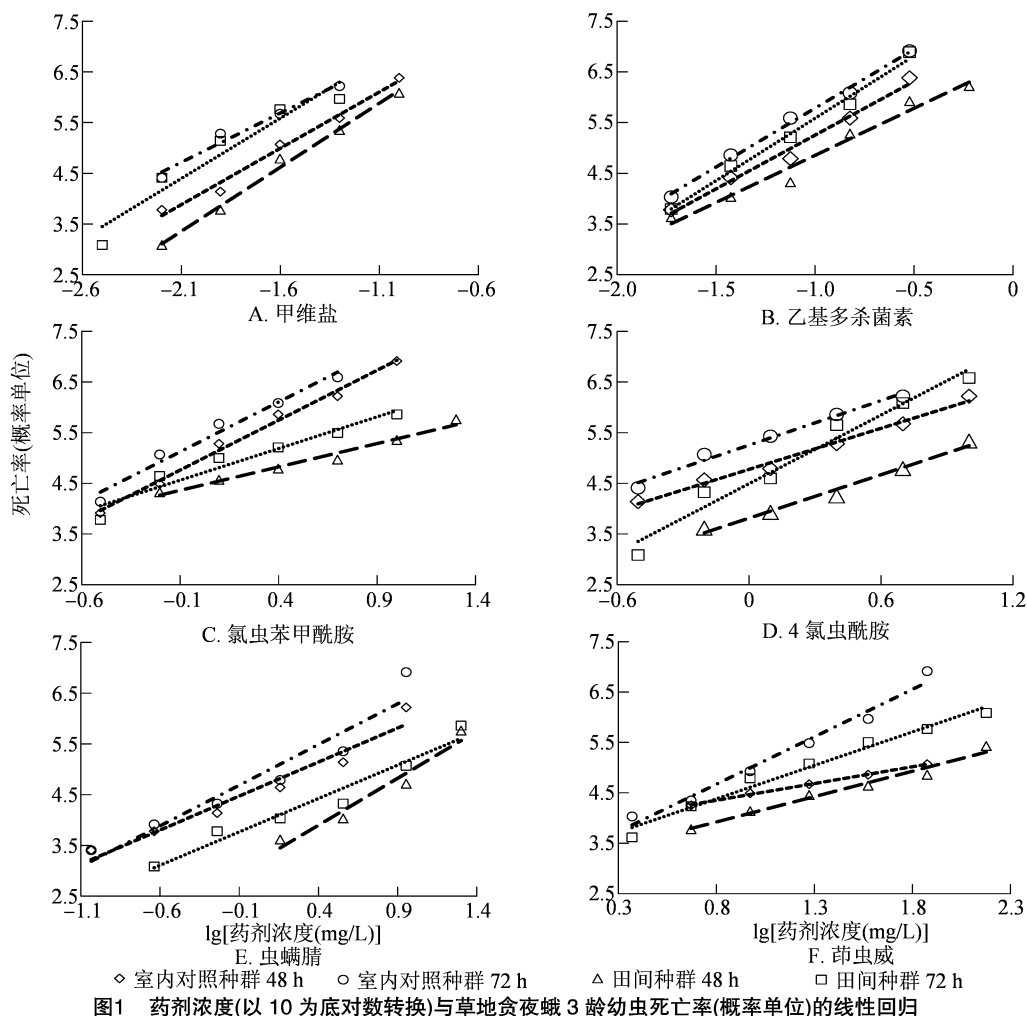


图1 药剂浓度(以 10 为底对数转换)与草地贪夜蛾 3 龄幼虫死亡率(概率单位)的线性回归

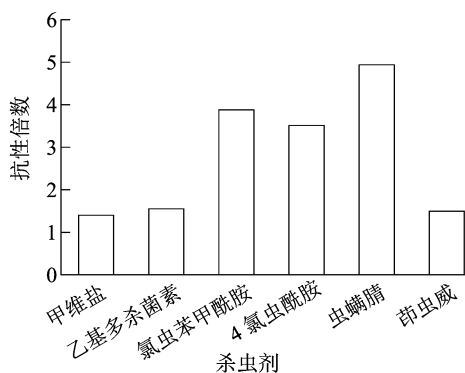


图2 武汉地区草地贪夜蛾田间种群对 6 种杀虫剂的抗药性变化

抗药性风险。

甲维盐属大环内酯类杀虫剂,对草地贪夜蛾幼虫的 LC_{50} 值在 $0.0119 \sim 0.0900$ mg/L 之间^[10,26,31],本研究中甲维盐对武汉地区田间种群的 LC_{50} 为 0.035 mg/L,表现出优异的毒杀作用,但由于甲维盐存在因易光解导致持效期短的问题^[31],可考虑从延长持效期的角度(如制备缓释剂型或与持效期长的药剂复配剂等)开展田间防治。

乙基多杀菌素属烟碱型乙酰胆碱受体的变构调节剂,对入侵我国的草地贪夜蛾表现出较高的活性和良好的防效,并进行了大面积推广^[10,27-29]。本研究结果显示,乙基多杀菌素对武汉地区草地贪夜蛾表现出较好的速效性和优异的杀虫活性,与前期研究^[28-29,33]结论一致。

双酰胺类杀虫剂广泛应用于草地贪夜蛾的防治中^[10,34]。本研究结果显示,草地贪夜蛾对氯虫苯甲酰胺、4-氯虫酰胺均较敏感,其 LC_{50} 分别为 4.006 、 5.015 mg/L,与先前的报道^[28,35]基本相符。但草地贪夜蛾已对该类药剂氯虫苯甲酰胺产生了一定的抗性^[16,36],因此需注意与其他药剂交替轮换使用。

武汉地区草地贪夜蛾田间种群对虫螨腈、茚虫威的敏感性相对较低, LC_{50} 值分别为 10.434 、 71.403 mg/L,这可能是草地贪夜蛾在北迁至武汉地区的过程中受到了虫螨腈和茚虫威的“筛选”,导致其敏感性略低于其他药剂^[37-38]。虫螨腈对广州地区草地贪夜蛾的杀虫活性良好,药剂处理 72 h 后,对 2

龄幼虫的致死率为 93.3% (10 mg/L) 和 100% (20 mg/L)^[38]。区域性草地贪夜蛾危害程度及杀虫剂使用强度不同,这是导致茼虫威在湖北地区不同种群间的存在敏感性差异的原因^[28]。

湖北省玉米产区是草地贪夜蛾从华南越冬区迁往黄淮海玉米主产区的重要迁飞过渡带^[3,7,20-21],这就决定了入侵武汉地区草地贪夜蛾复杂多样的虫源性质,因此掌握武汉地区不同草地贪夜蛾迁入种群的抗药性动态,是开展其精准防控和抗药性治理的前提。本研究结果明确了入侵武汉地区草地贪夜蛾田间种群对常用应急防控药剂的敏感性变化,为其抗药性监测及抗性治理提供了理论依据和基础资料,对于在武汉地区制定合理的杀虫剂复配和轮换用药策略,以延长杀虫剂的田间使用寿命具有实践意义。

参考文献:

- [1] Nagoshi R N, Fleischer S, Meagher R L, et al. Fall armyworm migration across the Lesser Antilles and the potential for genetic exchanges between North and South American populations[J]. *PLoS One*, 2017, 12(2): e0171743.
- [2] 郭井非, 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.
- [3] 杨普云, 朱晓明, 郭井非, 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [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] Okuma D M, Bernardi D, Horikoshi R J, et al. Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil[J]. *Pest Management Science*, 2018, 74(6): 1441-1448.
- [9] Togola A, Meseka S, Menkir A, et al. Measurement of pesticide residues from chemical control of the invasive *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in a maize experimental field in mokwa, Nigeria[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(5): 849.
- [10] 赵胜国, 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.
- [11] 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.
- [12] 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]. *农药学报*, 2019, 21(4): 401-408.

- [13] 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]. *PLoS One*, 2013, 8(4): e62268.
- [14] Yu S J, McCord E Jr. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) [J]. *Pest Management Science*, 2007, 63(1): 63-67.
- [15] Lira E C, Bolzan A, Nascimento A R, et al. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to spinetoram; inheritance and cross-resistance to spinosad[J]. *Pest Management Science*, 2020, 76(8): 2674-2680.
- [16] Bolzan A, Padovez F E O, Nascimento A R, et al. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides [J]. *Pest Management Science*, 2019, 75(10): 2682-2689.
- [17] do Nascimento A R B, Farias J R, Bernardi D, et al. Genetic basis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to the chitin synthesis inhibitor lufenuron[J]. *Pest Management Science*, 2016, 72(4): 810-815.
- [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] 秦梦真, 高正辉, 徐义流, 等. 草地贪夜蛾对农药主要抗性机制的概述[J]. *植物保护学报*, 2020, 47(4): 692-697.
- [20] 杨俊杰, 郭子平, 罗汉钢, 等. 2019 年湖北省草地贪夜蛾发生为害规律和监测技术探索[J]. *植物保护*, 2020, 46(3): 247-253.
- [21] 秦誉嘉, 蓝 帅, 赵紫华, 等. 迁飞性害虫草地贪夜蛾在我国潜在地理分布[J]. *植物保护*, 2019, 45(4): 43-47, 60.
- [22] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂 第 14 部分: 浸叶法: NY/T 1154. 14—2008[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [23] 吕圣兰, 王有兵, 谷少华, 等. 化学杀虫剂对草地贪夜蛾毒力的生物测定方法比较[J]. *昆虫学报*, 2020, 63(5): 590-596.
- [24] Wang P, Yang F, Wang Y, et al. Monitoring the resistance of the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to four insecticides in Southern China from 2014 to 2018 [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2021, 114(1): 332-338.
- [25] 鲁艳辉, 田俊策, 郑许松, 等. 二十六种杀虫剂对不同龄期草地贪夜蛾幼虫的室内毒力[J]. *浙江农业学报*, 2019, 31(12): 2049-2056.
- [26] 尹艳琼, 张红梅, 李永川, 等. 8 种杀虫剂对云南不同区域草地贪夜蛾种群的室内毒力测定[J]. *植物保护*, 2019, 45(6): 70-74.
- [27] 郑 群, 王勇庆, 谭煜婷, 等. 乙基多杀菌素悬浮剂对草地贪夜蛾的生物活性及田间防效[J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41(6): 1169-1174.
- [28] 郭志敏, 邓晓倩, 李 静, 等. 湖北四个地区草地贪夜蛾田间种群的杀虫剂敏感性及靶标突变检测[J]. *昆虫学报*, 2020, 63(5): 582-589.
- [29] 杨 帆, 望 勇, 骆海波, 等. 13 种化学杀虫剂对草地贪夜蛾的

鞠昕萌,黄逢龙,喻方圆.缓释肥和复合肥施氮量对青冈栎容器苗质量的影响[J].江苏农业科学,2024,52(5):151-158.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.05.023

缓释肥和复合肥施氮量对青冈栎容器苗质量的影响

鞠昕萌¹,黄逢龙²,喻方圆¹

(1.南京林业大学林学院/南方现代林业协同创新中心,江苏南京 210037; 2.江西省吉安市林业科学研究所,江西吉安 343000)

摘要:为探究缓释肥和复合肥不同施用水平对青冈栎容器苗生长、生物量和非结构性碳水化合物积累的影响,探索培育青冈栎容器苗的最佳肥料类型和施氮量,对青冈栎容器苗施用缓释肥和复合肥,分别设置 4 个施氮浓度梯度(0.1、0.2、0.3、0.4 g/株)和 1 个对照处理。在生长季末测量苗高、地径、根系指标,并将随机选取的苗木烘干,以测定生物量和非结构性碳水化合物含量。结果表明,缓释肥和复合肥均显著促进了青冈栎容器苗的生长。在同等用氮量情况下,施用缓释肥效果总体上优于复合肥。其中在 H4 处理下,青冈栎容器苗的苗高、地径、总根长、根表面积、根体积和根平均直径均为最大值,分别为 69.08 cm、4.79 mm、281.92 cm、111.57 cm²、3.86 cm³ 和 1.40 cm;在 H3 处理下,青冈栎容器苗的总生物量、可溶性糖和淀粉含量均为最大值,分别为 6.09 g、207.22 mg/g 和 188.77 mg/g,分别是 CK 的 1.86、1.33、1.76 倍。施肥促进生物量更多地分配给青冈栎容器苗的茎和叶;可溶性糖多集中在叶部;淀粉多集中在根部。就青冈栎容器苗而言,施用缓释肥的总体效果优于复合肥,H3 和 H4 处理下,青冈栎容器苗质量最好,结合成本、肥料利用率和实际效果等方面考虑,青冈栎容器苗的最佳肥料类型为缓释肥,最佳施肥处理是 H3,即最佳缓释肥用量为 2.14 g/株,施氮量为 0.3 g/株。

关键词:青冈栎;容器苗;缓释肥;复合肥;苗木质量

中图分类号:S792.189.05 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)05-0151-08

养分对于帮助植物提高矿质营养元素吸收能力、促进植物生长发育具有重要作用^[1]。但通常情况下,土壤所含可供利用的养分难以满足林木正常生长发育,因此进行科学合理的施肥,才能及时有

效地补充土壤中原本缺乏的以及林木生长过程中所消耗的营养。氮既是植物的必需元素,又是制约陆地植物生长的重要因子,对植物的生长发育有着十分重要的作用^[2]。而植物生长所需的氮素仅有少部分来自体内贮藏氮的再利用,主要来自对肥料中氮的吸收^[3]。

目前,对于容器育苗施肥的多数研究主要以化肥为研究对象^[4]。但是化肥性质受土壤、环境温度以及灌溉方式等多种条件的综合影响,导致其在使用上普遍存在易挥发、利用率低等问题^[5-6]。而缓释肥作为一种通过物理或化学方法使养分在土壤

收稿日期:2023-05-05

基金项目:江西省林业局林业科技创新专项[编号:创新专项(2021)16号];江苏高校优势学科建设工程项目(编号:PAPD)。

作者简介:鞠昕萌(1999—),女,山东临沂人,硕士研究生,主要从事林木种苗方面的研究。E-mail:m15550865171@163.com。

通信作者:喻方圆,博士,教授,主要从事林木种苗研究。E-mail:fyyu@njfu.edu.cn。

室内杀卵活性和田间防效[J].江苏农业科学,2022,50(8):37-42.

[30]赵金凤,卢学松,黄培枝,等.福建省草地贪夜蛾田间种群对六种杀虫剂的敏感性[J].应用昆虫学报,2023,60(1):223-232.

[31]周泽雄,唐继洪,吕宝乾,等.四种药剂对海南草地贪夜蛾的室内毒力和田间防效[J].热带农业科学,2020,40(增刊1):6-12.

[32]陈澄宇,赵云霞,唐艺婷,等.7种杀虫剂对不同地区草地贪夜蛾田间种群的毒力测定[J].现代农药,2022,21(3):64-68.

[33]高祖鹏,郭井菲,何康来,等.乙基多杀菌素对草地贪夜蛾幼虫的毒力及对其解毒酶和乙酰胆碱酯酶活性的影响[J].昆虫学报,2020,63(5):558-564.

[34]王芹芹,崔丽,王立,等.14种杀虫剂对草地贪夜蛾的杀卵活性[J].植物保护,2019,45(6):80-83,113.

[35]王勇庆,马千里,谭煜婷,等.氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾的毒力及田间防效[J].环境昆虫学报,2019,41(4):782-788.

[36]Gutiérrez-Moreno R, Mota-Sánchez D, Blanco C A, et al. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico[J]. Journal of Economic Entomology, 2019, 112(2): 792-802.

[37]王芹芹,崔丽,王立,等.茚虫威对草地贪夜蛾的毒力及解毒酶的诱导作用[J].植物保护,2020,46(1):78-81.

[38]闫文娟,杨帅,谭煜婷,等.虫螨腈对草地贪夜蛾幼虫的室内毒力及田间防效[J].环境昆虫学报,2020,42(3):602-606.