

李晓峰,郭明明,樊继伟. 4 种杀虫剂对豆天蛾幼虫毒力及解毒酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(4):144–149.

doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2024.04.021

4 种杀虫剂对豆天蛾幼虫毒力及解毒酶活性的影响

李晓峰,郭明明,樊继伟

(江苏省徐淮地区连云港农业科学研究所/连云港市农业科学院,江苏连云港 222000)

摘要:为掌握敌敌畏、吡虫啉、高效氯氟氰菊酯和虫螨腈 4 种杀虫剂对豆天蛾幼虫的毒力及对幼虫体内解毒酶活性的影响,通过浸渍法使用 4 种药剂梯度浓度溶液处理豆天蛾 3 龄幼虫,统计药后 12、24、36 h 的幼虫死亡率,计算不同药剂不同药后时间的半致死浓度(LC_{50});并用 4 种药剂亚致死浓度(LC_{25})处理幼虫后,测定药后 0、12、24、36 h 的 3 种解毒酶(谷胱甘肽-S-转移酶、羧酸酯酶、细胞色素 P450)的活性。敌敌畏、吡虫啉、高效氯氟氰菊酯和虫螨腈处理幼虫 12 h 后, LC_{50} 依次为 15.83、39.49、2.64、58.64 mg/L;处理幼虫 24 h 后, LC_{50} 依次为 3.55、3.46、1.19、33.91 mg/L;处理幼虫 36 h 后, LC_{50} 依次为 1.91、1.33、1.25、24.40 mg/L。敌敌畏处理幼虫后 12 h 的 LC_{50} 是药后 24、36 h 的 4.46、8.29 倍;同样地,吡虫啉、高效氯氟氰菊酯和虫螨腈分别为 (11.41、29.69) 倍、(2.22、2.11) 倍和 (1.73、2.40) 倍。4 种药剂处理幼虫后 12、24、36 h,幼虫体内解毒酶活性发生改变。经敌敌畏处理后,GST 活性先升高后降低再升高,CarE 活性先大幅下降后缓慢上升再缓慢下降,CYP450 活性先下降再升高;经吡虫啉处理后,幼虫 GST 活性先升高后降低再趋平,CarE 活性先降低后升高,CYP450 活性逐渐上升;经高效氯氟氰菊酯处理后,GST 活性先升高后降低再升高,CarE 活性先降低后升高,CYP450 活性先升高后降低;经虫螨腈处理后,GST 活性先升高后降低,CarE 活性先升高后降低再稳定,CYP450 活性先降低后升高。

关键词:豆天蛾;杀虫剂;毒力;解毒酶活性

中图分类号:S433.4;S482.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2024)04–0144–05

豆天蛾 (*Clanis bilineata* Walker) 属鳞翅目 (Lepidoptera) 天蛾科 (Sphingidae) 豆天蛾属 (*Clanis*)^[1],1 年发生 1 个 (江苏省、安徽省等地) 或 2 个 (湖北省、江西省等地) 世代^[2–3]。其主要寄主为葛藤、大豆等植物^[4–5]。豆天蛾是威胁性较大的农业害虫,对田间大豆植株会造成严重危害。成虫为黄褐色,雌虫腹部宽大,尾部呈钝角;而雄虫腹部窄小,尾部呈锐角。初孵幼虫体质量约 4×10^{-3} g,体表为浅绿色,至 5 龄末,体质量可达 10 g 左右,体表转为深绿色^[6]。幼虫白天潜伏于叶背,夜间于叶片边缘取食,使叶片形成缺刻。每年 7—8 月温湿条件适宜时,豆天蛾幼虫数量暴发性增长,对大豆农业生产往往会带来巨大损失^[7]。

针对豆天蛾危害,化学农药防治仍是当前最主要且有效的控制手段,具有见效快、防治效果好等特点^[8–9]。但是,生产上对农药用量标准不一,施药间期也不尽相同,不仅增加了防治成本,还增强了豆天蛾的抗药性。为了高效、合理、经济地使用杀虫剂防治豆天蛾幼虫,保护大豆正常生长,避免害虫抗药性产生,改善和提高现有杀虫剂的使用效果,需要建立标准的豆天蛾室内毒力测定技术,得到不同药剂、不同浓度对豆天蛾的作用效果,从而为确定合理的田间用药浓度提供指导。

当昆虫被杀虫剂处理时,昆虫会通过过量表达等方式调节体内解毒酶活性来减小自身遭受的损害^[10–11]。昆虫解毒代谢方面的酶系主要包括谷胱甘肽-S-转移酶 (GST)、羧酸酯酶 (CarE) 和细胞色素 P450 (CYP450) 等^[12]。研究发现,当药剂在虫体内发挥作用后,昆虫在基因水平和生理生化水平均能作出解毒反应。基因水平上一般表现为 3 种解毒酶相关基因的扩增、过量表达或者基因突变;基因水平的变化会直接导致虫体内相应的生理生化水平的改变^[13]。生理生化水平表现为 3 种解毒酶含量随时间推移发生动态变化。解毒酶含量的升高或降低直

收稿日期:2023–06–28

基金项目:苏北科技专项 (编号:SZ–LYG202139);连云港市财政局专项资金 (编号:QNJJ2204、QNJJ2313)。

作者简介:李晓峰 (1994—),男,山西临汾人,硕士,研究实习员,主要从事豆天蛾生理生化研究。E-mail:xfilyg@163.com。共同第一作者:郭明明。

通信作者:樊继伟,副研究员,主要从事豆天蛾人工养殖研究。E-mail:fantrta@163.com。

接决定了昆虫对特定药剂解毒活性的强弱。当某种药剂作用于昆虫时,若昆虫体内特定解毒酶含量增加,活性增强,则说明昆虫可能对该药剂已经产生了抗性^[14]。因此,了解豆天蛾对不同药剂的体内解毒机制对于合理用药防治豆天蛾具有重要意义。

基于此,本试验选取豆天蛾幼虫常用杀虫剂敌敌畏、吡虫啉、高效氯氟氰菊酯和虫螨腈,通过浸渍法^[15]处理豆天蛾 3 龄幼虫,测定 4 种药剂在药后不同时间点对幼虫的毒力,并用 4 种药剂亚致死浓度处理幼虫后,测定药后不同时间点幼虫体内 3 种解毒酶活性,初步掌握豆天蛾解毒机制,本研究为合理使用化学农药、延缓豆天蛾抗药性发展、延长杀虫剂的使用寿命等方面提供了一定的理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

试验于 2023 年 3—6 月开展,在江苏省连云港市连云区农场种植大豆,作为豆天蛾幼虫食物来源,种植密度为行距×株距=35 cm×20 cm,种植面积 20 m²。在大豆生长至 35 d 即可分批次将待孵化豆天蛾卵接在大豆叶片背部,每株大豆接虫卵 30 粒,以保证幼虫孵化后食源充足。幼虫在 25~28℃、相对湿度(RH)80% 环境条件下生长,挑选同批次健康的 3 龄幼虫作为供试虫源。

1.2 供试材料

98.00% 敌敌畏原药(西安德生元生物科技有限公司)、98.00% 高效氯氟氰菊酯原药(山东绿德地生物科技有限公司)、96.00% 虫螨腈原药(安徽华星化工有限公司)、95.46% 吡虫啉原药(江苏常隆农化有限公司)、吐温 80(江苏常隆农化有限公司)。

谷胱甘肽-S-转移酶(GST)、羧酸酯酶(CarE)、昆虫细胞色素 P450(CYP450)酶联免疫检测试剂盒均购自北京索莱宝科技有限公司。

1.3 试验仪器

全自动酶标仪(江苏新春兰科学仪器有限公司)、紫外可见分光光度计[日立高新技术(上海)国际贸易有限公司]、万分之一电子天平(江苏新春兰科学仪器有限公司)、恒温培养箱(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司)、恒温水浴锅(江苏新春兰科学仪器有限公司)、高速冷冻离心机(江苏新春兰科学仪器有限公司)。

1.4 室内毒力测定

1.4.1 药剂配制 将敌敌畏、吡虫啉、虫螨腈和高效氯氟氰菊酯 4 种原药以丙酮为溶剂制成较高浓度

母液,而后用含有 0.1% 吐温 80 的水溶液将其分别稀释,最终 4 种原药分别得到 5 组质量分数为等比梯度浓度的溶液,4℃ 保存备用。

1.4.2 测定方法 通过浸渍法测定 4 种药剂对豆天蛾 3 龄幼虫毒力。试验分为 4 个药剂因子,每个因子分为 5 个浓度水平,共 20 组处理。在直径 20 cm、壁高 2 cm 的玻璃培养皿内分别缓缓倒入处理溶液,溶液高度为 1 cm 以保证能充分浸没试虫。培养中同时放入 30 头试虫,在溶液中浸没 10 s 后转入干燥的培养皿中,用滤纸吸去幼虫体表多余水分。而后将培养皿中的 30 头幼虫放入长×宽×高=30 cm×25 cm×15 cm 的方形养虫盒内,盒内放入 20 g 新鲜大豆叶片使幼虫攀爬和取食。养虫盒上端盖子有直径 1 cm 的圆形透气孔并用网径 1 mm 的防虫网覆盖,既能保证盒内气体交换,还可防止幼虫逃逸。20 组处理方法同上,并将含有 0.1% 吐温 80 的溶液作为对照,每次处理 30 头幼虫,各处理和对照重复 3 次。用软毛刷轻轻拨动盒中豆天蛾 3 龄幼虫,若幼虫不能攀附在大豆叶片上则视为幼虫死亡。统计各处理和对照幼虫在处理 12、24、36 h 的死亡数。

1.5 4 种药剂对豆天蛾幼虫 3 种解毒酶活性的测定

测定豆天蛾 3 龄幼虫经敌敌畏、吡虫啉、虫螨腈和高效氯氟氰菊酯 4 种药剂处理后不同时长体内 3 种解毒酶的活性。将 4 种药剂的亚致死浓度(LC₂₅)剂量通过浸渍法处理 3 龄幼虫,方法同“1.4.2”节,以未进行药剂处理的 3 龄幼虫(即药剂处理后 0 h)为对照。在 4 种药剂处理后 12、24、36 h 后分别在养虫盒中将活虫取出,用液氮速冻,存放于-80℃ 冰箱。解毒酶活性测定按照试剂盒方法说明进行操作,重复 3 次,每重复处理幼虫 6 头。

(1)粗酶液提取。取幼虫 6 头,取组织质量(g):提取液体积(mL)为 1:5 的比例进行冰浴匀浆,8 000 g、4℃ 离心 10 min,而后将上清液置于冰上,用于测定 GST 活性;称取约 0.1 g 幼虫组织,加入 1 mL 提取液,进行冰浴匀浆,4℃、12 000 r/min 离心 10 min,将上清液置于冰上,用于测定 CarE 活性;取幼虫 6 头,pH 值控制在 7.2~7.4,组织质量(g):浓度为 0.01 mol/L 的 PBS 体积(mL)为 1:10 的比例,用于测定 CYP450 活性。

(2)按照试剂盒检测方法说明对 3 种粗酶液进行逐步处理。

(3)酶活性计算。GST 活性:25℃ 条件下,1 g

样品 1 min 催化 1 μmol CDNB 与 GSH 结合为 1 个酶活性单位。在 GSH 与 CDNB(1 - chlom - 2,4 - dinitrobenzene)的结合反应中,GST 为反应催化剂。通过底物结合后其特异性波长吸光度(340 nm)变化速率得出 GST 活性。CarE 活性:羧酸酯酶催化乙酸 - 1 - 萘酯生成萘酚,进一步与固蓝显色剂反应生成有色物质,通过检测该有色物质在 450 nm 处的光吸收增加速率,进而得出羧酸酯酶(CarE)活性大小。1 g 组织 1 min 在反应体系中使 450 nm 处吸光度增加 1 为 1 个酶活单位 U。CYP450 活性:参考 Kwon 等的方法^[16],建立平面坐标轴,绘制标准曲线。其横、纵坐标分别表示标准物浓度、吸光度(D)。根据所检测处理的 D ,参考标准曲线得到处理的浓度,所得浓度与之前稀释倍数相乘得到处理的实际浓度。

1.6 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件对试验数据进行统计分析。根据死亡概率值和质量浓度对数值计算亚致死浓度、致死中浓度以及 95% 置信区间。对同种解毒酶在药剂处理不同时长活性数据进行单因素方差分析,用邓肯氏新复极差法分析差异显著性。

2 结果与分析

2.1 室内毒力

4 种药剂对豆天蛾 3 龄幼虫室内毒力测定结果如表 1 所示。在药剂处理后 12 h,毒力表现为高效氯氟氰菊酯 > 敌敌畏 > 吡虫啉 > 虫螨腈,半致死浓度(LC_{50})分别是 2.64、15.83、39.49、58.64 mg/L;在药剂处理后 24 h,毒力表现为高效氯氟氰菊酯 > 吡虫啉 > 敌敌畏 > 虫螨腈, LC_{50} 分别为 1.19、3.46、3.55、33.91 mg/L,吡虫啉和敌敌畏对幼虫毒力较为接近;在药剂处理后 36 h,毒力表现为高效氯氟氰菊酯 > 吡虫啉 > 敌敌畏 > 虫螨腈, LC_{50} 分别为 1.25、1.33、1.91、24.40 mg/L,前 3 种药剂毒力接近,均明显高于虫螨腈。从单一药剂毒力与时间关系来看,敌敌畏处理幼虫后 12 h 的 LC_{50} 是药后 24、36 h 的 4.46、8.29 倍;同样地,吡虫啉、高效氯氟氰菊酯和虫螨腈分别为(11.41、29.69)倍、(2.22、2.11)倍和(1.73、2.40)倍。吡虫啉对幼虫毒力受时间影响最大,其次为敌敌畏和虫螨腈,而高效氯氟氰菊酯毒力受时间影响最小。

2.2 敌敌畏对豆天蛾幼虫体内 GST、CarE、CYP450 活性的影响

敌敌畏不同药后时间对豆天蛾 3 龄幼虫体内

表 1 4 种杀虫剂对豆天蛾 3 龄幼虫毒力

药剂名称	药后时间(h)	斜率 \pm 标准误	LC_{50} (mg/L) (95% 置信区间)	概率值
敌敌畏	12	0.73 \pm 0.13	15.83 (7.52 ~ 47.88)	0.68
	24	0.77 \pm 0.12	3.55 (1.73 ~ 7.07)	0.72
	36	1.02 \pm 0.14	1.91 (0.98 ~ 3.29)	0.66
吡虫啉	12	0.46 \pm 0.12	39.49 (11.85 ~ 564.08)	0.89
	24	0.64 \pm 0.12	3.46 (1.47 ~ 7.78)	0.99
	36	1.00 \pm 0.15	1.33 (0.61 ~ 2.36)	0.53
高效氯氟氰菊酯	12	0.82 \pm 0.13	2.64 (1.28 ~ 5.00)	0.18
	24	1.03 \pm 0.15	1.19 (0.54 ~ 2.12)	0.27
	36	1.20 \pm 0.17	1.25 (0.61 ~ 2.11)	0.52
虫螨腈	12	1.00 \pm 0.14	58.64 (33.98 ~ 107.80)	0.65
	24	1.00 \pm 0.14	33.91 (18.96 ~ 59.05)	0.14
	36	1.00 \pm 0.14	24.40 (13.01 ~ 42.14)	0.31

GST、CarE、CYP450 活性的影响如图 1 所示。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 GST 活性分别为 3.33、4.26、2.86、4.41 U/(g · min),整体表现为先升高后降低再升高;GST 活性在药后 12 h 和 36 h 差异不显著($P > 0.05$),均显著高于药后 0 h 和 24 h;同时,药后 24 h 的 GST 活性显著低于药后 0 h。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CarE 活性分别为 6.97、4.86、5.33、4.99 U/(g · min),表现为先大幅下降后缓慢上升再缓慢下降,药后 0 h 幼虫体内 CarE 活性显著高于 12、24、36 h。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CYP450 活性分别为 1.88、1.30、2.14、2.54 U/(g · min),表现为先降低后升高,药后 4 个时间点的活性间均差异显著。

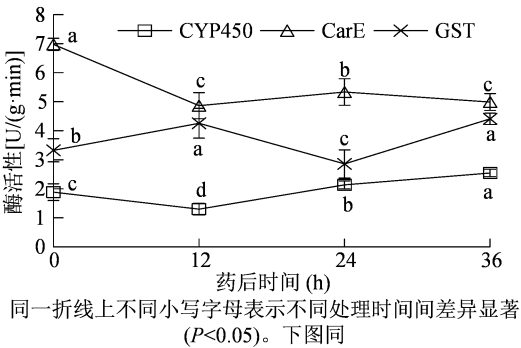


图1 敌敌畏对豆天蛾幼虫体内解毒酶活性的影响

2.3 吡虫啉对豆天蛾幼虫体内 GST、CarE、CYP450 活性的影响

吡虫啉不同药后时间对豆天蛾 3 龄幼虫体内 GST、CarE、CYP450 活性的影响如图 2 所示。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 GST 活性分别为 3.33、4.68、3.01、3.18 U/(g · min),表现为先升高后降低再趋平;药后 12 h 幼虫体内 GST 活性显著高于其他处理。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CarE 活性分

别为 6.97、3.38、4.98、5.41 U/(g·min), 表现为先降低后升高; 药后 4 个时间点的活性均差异显著。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CYP450 活性分别为 1.88、1.97、2.52、3.38 U/(g·min), 表现为逐渐上升; 药后 0、12 h 幼虫体内 CYP450 活性差异不显著, 均显著低于药后 24、36 h 活性。

2.4 高效氯氟氰菊酯对豆天蛾幼虫体内 GST、CarE、CYP450 活性的影响

高效氯氟氰菊酯不同药后时间对豆天蛾 3 龄幼虫体内 GST、CarE、CYP450 活性的影响如图 3 所示。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 GST 活性分别为 3.33、4.28、2.83、5.54 U/(g·min), 表现为先升高后降低再升高, 4 个药后时间点幼虫体内 GST 活性两两间均差异显著。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CarE 活性分别为 6.97、6.06、6.52、7.65 U/(g·min), 表现为先降低后升高, 4 个药后时间点幼虫体内 CarE 活性两两间均差异显著。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CYP450 活性分别为 1.88、3.68、2.20、

1.48 U/(g·min), 表现为先升高后降低, 药后 0 h 与药后 24、36 h 幼虫体内 CYP450 活性差异不显著, 均显著低于药后 12 h 活性。

2.5 虫螨腈对豆天蛾幼虫体内 GST、CarE、CYP450 活性的影响

虫螨腈不同药后时间对豆天蛾 3 龄幼虫体内 GST、CarE、CYP450 活性的影响如图 4 所示。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 GST 活性分别为 3.33、6.58、5.19、2.99 U/(g·min), 表现为先升高后降低, 4 个药后时间点幼虫体内 GST 活性两两间均差异显著。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CarE 活性分别为 6.97、14.09、7.27、7.11 U/(g·min), 表现为先升高后降低再趋于稳定, 药后 0、24、36 h 幼虫体内 CarE 活性差异不显著, 均显著低于药后 12 h 活性。药后 0、12、24、36 h 幼虫体内 CYP450 活性分别为 1.88、1.17、1.70、2.59 U/(g·min), 表现为先降低后升高, 4 个药后时间点幼虫体内 CYP450 活性两两间均差异显著。

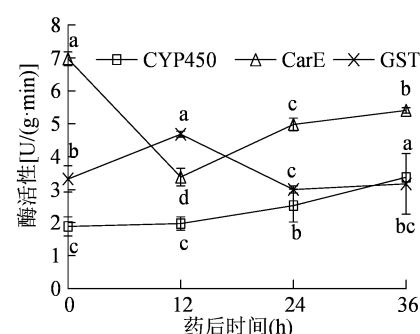


图2 吡虫啉对豆天蛾幼虫体内解毒酶活性的影响

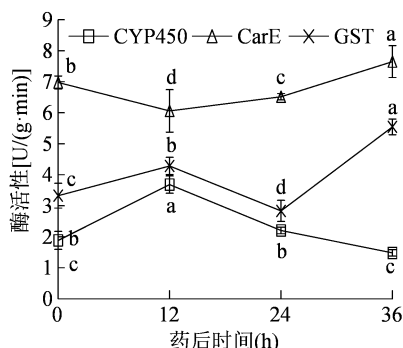


图3 高效氯氟氰菊酯对豆天蛾幼虫体内解毒酶活性的影响

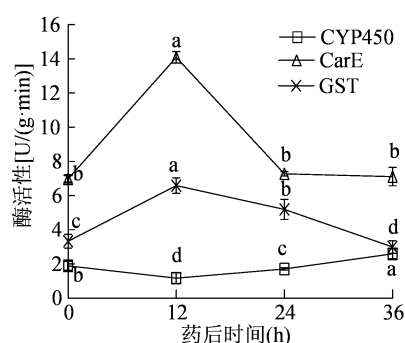


图4 虫螨腈对豆天蛾幼虫体内解毒酶活性的影响

3 讨论

本研究系统比较了敌敌畏、吡虫啉、高效氯氟氰菊酯和虫螨腈 4 种常用豆天蛾杀虫剂在药后 12、24、36 h 对豆天蛾 3 龄幼虫的毒力, 另得出了 4 种药剂毒力与作用时间的关系; 此外, 将 4 种药剂亚致死浓度处理幼虫后, 测定药后不同时间节点幼虫体内 3 种解毒酶 (GST、CarE、CYP450) 的活性, 得出豆天蛾幼虫对不同种类药剂的解毒特点。

4 种药剂在药后 12、24、36 h 时间节点高效氯氟氰菊酯对豆天蛾幼虫毒力均最高, 而虫螨腈毒力均最低。表明豆天蛾幼虫对高效氯氟氰菊酯敏感性较高, 而对吡虫啉敏感性较低。在药后 12 h, 敌敌畏毒力高于吡虫啉, 而在药后 24、36 h, 吡虫啉毒力高

于敌敌畏。这表明敌敌畏相较于吡虫啉能更快使幼虫产生中毒反应, 而随着时间的推移, 吡虫啉对幼虫的作用效果更强。敌敌畏、吡虫啉、高效氯氟氰菊酯和虫螨腈在 12 h 的 LC_{50} 分别是 36 h 的 8.29、29.69、2.11、2.40 倍, 表明高效氯氟氰菊酯对豆天蛾幼虫作用效果最快, 其次分别为虫螨腈、敌敌畏和吡虫啉。高效氯氟氰菊酯可影响昆虫神经 Na^+ 通路, 是拟除虫菊酯类药剂, 昆虫毒发后表现为被击倒现象。但与此同时, 高效氯氟氰菊酯不能在靶标昆虫体内累积, 对其进一步的发育往往不会构成威胁^[17]。研究发现, 高效氯氟氰菊酯对细足捷蚁防效优于吡虫啉, 且作用时间更短^[18], 与本研究结果相似。在豆天蛾田间大暴发时, 通过使用高效氯氟氰菊酯, 可在较短时间内控制种群规模, 减少农业生产

损失。此外,在农业害虫治理方面,对杀虫剂进行复配防治虫害也成为了经济高效的方式^[19],复配之后的杀虫剂毒力增强、遏制害虫持效期延长,靶标昆虫范围增加。不仅如此,经筛选后复配的杀虫剂对环境表现为低毒、低残留,减少了环境污染,同时也有效避免了靶标昆虫抗药性的产生。根据孙守慧等的报道,氟啶脲与高效氯氟氰菊酯按一定比例复配后防治美国白蛾具有显著的增效作用,提高了杀虫效力^[20]。因此,通过将高效氯氟氰菊酯与其他种类药剂进行复配防治豆天蛾幼虫,实现复配药剂中各成分充分发挥单剂优势,功能互补,增强对豆天蛾的毒杀效果和作用时长是下一步防治豆天蛾幼虫的重要手段。

国内关于豆天蛾体内解毒代谢机制的相关报道较少。本研究发现,经敌敌畏和吡虫啉 LC₂₅ 处理后,GST 和 CYP450 可能参与了解毒代谢,而抑制了 CarE 表达,CarE 与敌敌畏解毒代谢无关。而张睿等研究发现,异迟眼蕈蚊能够对药剂吡虫啉抗药性增强,其中重要的原因是其体内通过提高 CarE 活性来抵抗吡虫啉造成的侵害^[21],这说明不同昆虫物种可能会对同一药剂产生体内解毒代谢方式的差异。豆天蛾幼虫经高效氯氟氰菊酯 LC₂₅ 处理后,GST 活性分别表现为先升高后降低再升高,CarE 活性分别表现为先降低后升高,CYP450 活性分别表现为先升高后降低,表明 3 种解毒酶均参与了对高效氯氟氰菊酯的解毒代谢。与之相似的,全林发等研究发现,经高效氯氟氰菊酯处理后,桃小食心虫体内 3 种解毒酶活性均表现出先升高后降低的趋势^[22]。经虫螨腈处理后,GST 活性先升高后降低,CarE 活性先升高后降低再稳定,CYP450 活性先降低后升高,表明 3 种解毒酶均参与了对虫螨腈的解毒代谢。经敌敌畏处理后,CarE 活性急剧下降,12、24、36 h 的活性都显著低于 0 h,说明不但没有参与解毒代谢,反而还被敌敌畏抑制;同理,在被吡虫啉处理后,CarE 活性急剧下降,12、24、36 h 的活性都显著低于 0 h,可看出活性被抑制,未参与解毒代谢。综上所述,豆天蛾幼虫体内 GST 和 CYP450 参与了对本试验 4 种药剂的解毒代谢,而 CarE 只参与了对高效氯氟氰菊酯和虫螨腈的解毒代谢。此结果初步阐明了豆天蛾幼虫对不同药剂的体内解毒代谢机理,为农药合理使用,减小幼虫抗性提供了一定的理论依据,下步工作应从解毒酶基因角度入手,筛选、鉴定豆天蛾幼虫解毒酶基因,探究不同药剂处理后对解毒酶基因表达的影响,从而更全面揭示幼虫抗药机制。

通过性信息素防治农业害虫也是有效的手段之一^[23-24]。据统计,危害大豆的害虫有 400 余种,现有 24 种大豆田害虫的性信息素被分离鉴定^[25]。而豆天蛾性信息素相关研究未见报道。根据成熟的技术方法体系^[26],鉴定豆天蛾性信息素关键成分,通过昆虫触角电位测定、昆虫行为选择等手段探究性信息素对豆天蛾雄性成虫生理和行为的影响,并采用大田诱捕进行性信息素的功能验证,可实现性信息素诱捕田间豆天蛾雄成虫。性信息素诱捕法可以改变田间自然雌雄比例,干扰自然交配,从而降低下一代虫口基数。这既能避免产生抗性,还可有效控制豆天蛾危害。

参考文献:

- [1] 席景会,陈玉江,张秀荣. 吉林省天蛾科昆虫名录[J]. 吉林农业大学学报,2000,22(2):38-40.
- [2] 樊继伟,孙中伟,李 强,等. 豆天蛾连云港种群生物学特性及应用研究进展[J]. 农业开发与装备,2019(2):170-172.
- [3] 田 华,张义明. 资源昆虫豆天蛾综合利用研究进展[J]. 贵州农业科学,2009,37(6):111-113.
- [4] 闫茂华. 豆天蛾的人工饲养[J]. 生物学杂志,2001,18(2):33,25.
- [5] 吕 飞,刘玉升,王振鹏,等. 豆天蛾生产与综合利用的研究进展[J]. 华东昆虫学报,2006,15(3):192-195.
- [6] 田 华. 大豆害虫豆天蛾的危害与综合防治[J]. 南阳师范学院学报,2009,8(6):58-60.
- [7] 刘志红,李桂亭,吴福中,等. 豆天蛾的研究进展[J]. 安徽农业科学,2005,33(6):1101-1102.
- [8] 陈景辉. 桔小实蝇综合防治技术的初步研究[J]. 华东昆虫学报,2004,13(1):107-110.
- [9] 陈 亮,浦冠勤. 化学防治与生物防治在害虫综合防治中的作用[J]. 中国蚕业,2008,29(4):84-86,90.
- [10] Wan H, Zhan S, Xia X D, et al. Identification and functional characterization of an epsilon glutathione S-transferase from the beet armyworm (*Spodoptera exigua*) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology,2016,132:81-88.
- [11] Perry T, Batterham P, Daborn P J. The biology of insecticidal activity and resistance [J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology,2011,41(7):411-422.
- [12] 王芙蓉,吴 薇. 昆虫对杀虫剂的抗性机制概述[J]. 陕西农业科学,2009,55(2):109-111.
- [13] Li X C, Schuler M A, Berenbaum M R. Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics [J]. Annual Review of Entomology,2007,52:231-253.
- [14] French-Constant R H. Which came first: insecticides or resistance? [J]. Trends in Genetics,2007,23(1):1-4.
- [15] 贾海民,党志红,高占林,等. 韭菜迟眼蕈蚊室内毒力测定方法[J]. 植物保护,2000,26(5):35.
- [16] Kwon D H, Seong G M, Kang T J, et al. Multiple resistance mechanisms to abamectin in the two-spotted spider mite [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology,2010,13(3):229-232.

巩培杰,康 军,包若煊,等. 葡萄霜霉菌株的收集及侵染 12 个葡萄品种后症状差异分析[J]. 江苏农业科学,2024,52(4):149–156.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.04.022

葡萄霜霉菌株的收集及侵染 12 个葡萄品种后 症状差异分析

巩培杰^{1,2}, 康 军², 包若煊², 王 晨², 房经贵²

(1. 江苏省农业科学院植物保护研究所/江苏省食品质量安全重点实验室-省部共建国家重点实验室培育基地,江苏南京 210014;
2. 南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095)

摘要:葡萄霜霉病的广泛传播会对我国葡萄的产量及质量造成极大的危害。为了科学地防治葡萄霜霉病的传播,从江苏、浙江和上海等长三角省(市)的葡萄栽培区采集编号为 BS 的霜霉菌菌株样品进行鉴定,之后以 12 个葡萄品种为寄主材料进行致病力试验。将霜霉菌株侵染葡萄后的表型划分为 5 类:易感病(A 型)、感病(B 型)、较感病(C 型)、较抗病(D 型)、抗病(E 型)。结果表明,17 份菌株的致病力程度多在 A 型到 C 型之间,具有欧亚种背景的葡萄品种对所有菌株均较感病,其中以紫甜无核和黑比诺最为感病(A 型);3 种砧木葡萄对其中 12 份菌株较为抗病,叶片侵染部位有超敏反应的坏死斑点,其中以砧木 Kober 5BB 最抗病(E 型);具有欧美杂交背景的品种抗病性居中,其中以夏黑和阳光玫瑰较为抗病(D 型)。为了验证该分级系统的可行性,挑选了 E 型葡萄品种砧木 Kober 5BB 和 A 型葡萄品种紫甜无核进行进一步的致病力测试和霜霉孢子囊形态观察,发现试验结果一致。该研究为不同遗传背景的葡萄抗病杂交育种提供了一定的理论基础。

关键词:葡萄;病原寄主互作;霜霉病;超敏死亡;致病力

中图分类号:S436.631.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)04-0149-08

葡萄(*Vitis vinifera* L.)属于葡萄科葡萄属落叶藤本植物,是全球栽培范围最广、经济价值最高的

收稿日期:2023-06-28

基金项目:国家自然科学基金青年基金(编号:32202433);江苏省自然科学基金青年项目(编号:BK20200541);江苏高校优势学科建设工程资助项目(编号:130809007);江苏省农业科学院基本科研业务专项[编号:ZX(23)3016]。

作者简介:巩培杰(1988—),男,甘肃庆阳人,博士,助理研究员,研究方向为葡萄遗传育种与逆境生物学。E-mail:gongpeijie@jaas.ac.cn。

通信作者:房经贵,博士,教授,研究方向为葡萄遗传育种与发育生物学等。E-mail:fanggg@njau.edu.cn。

水果之一。然而,各种病原物的广泛传播、发病对我国葡萄的产量及质量造成极大的危害。其中,葡萄霜霉病是危害最严重且影响最为广泛的病害之一^[1-2]。葡萄霜霉病由霜霉菌(*Plasmopara viticola*)引起,在全球各地的葡萄主栽区都有发生,主要危害葡萄叶片、穗轴、新梢、果梗、卷须等组织,造成葡萄植株大量枯斑、干枯甚至提早落叶并形成大量烂果,严重影响葡萄产量和果实品质^[3-5]。葡萄园一旦遭受霜霉病侵染,很难防治彻底^[6-8]。

葡萄霜霉病多发生在潮湿环境中,如果不采取及时的防治措施,该卵菌能够在短时间内给葡萄园

- [17] Hemingway J. The molecular basis of two contrasting metabolic mechanisms of insecticide resistance[J]. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 2000, 30(11): 1009–1015.
- [18] 魏也茗. 3 种杀虫剂对细足捷蚁的室内毒力测定[J]. *农业科技与信息*, 2021(19): 61–62, 65.
- [19] 韩丽娟. 研究农药复配剂的意义及其要求[J]. *江苏农业科学*, 1989, 17(7): 25–26.
- [20] 孙守慧, 高道雄, 闫秀英, 等. 2 种杀虫剂对美国白蛾的联合毒力作用研究[J]. *沈阳农业大学学报*, 2022, 53(6): 717–722.
- [21] 张 睿, 何 超, 李 河, 等. 吡虫啉对异迟眼蕈蚊抗性筛选及其对解毒酶活性的影响[J]. *河南农业科学*, 2021, 50(7): 110–116.

- [22] 全林发, 仇贵生, 孙丽娜, 等. 高效氯氟菊酯亚致死浓度对桃小食心虫生物学特性的影响[J]. *昆虫学报*, 2017, 60(7): 799–808.
- [23] Boo K S, Park K C. Insect semiochemical research in Korea: overview and prospects[J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2005, 40(1): 13–29.
- [24] Gao Y, Shi S S, Xu M L, et al. Current research on soybean pest management in China[J]. *Oil Crop Science*, 2018, 3(4): 215–227.
- [25] 高 宇, 朱诗禹, 田 径, 等. 大豆主要害虫防控技术研究进展[J]. *大豆科技*, 2022(3): 18–25.
- [26] 闫 祺, 杨婷婷, 董双林. 蛾类昆虫混合型信息素研究进展[J]. *应用昆虫学报*, 2023, 60(2): 323–334.