

张新风,张 国,于居龙,等. 氯虫苯甲酰胺与成膜剂复合拌种对水稻防御酶活性和稻纵卷叶螟防效的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(5):134-140.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.05.020

氯虫苯甲酰胺与成膜剂复合拌种对水稻防御酶活性和稻纵卷叶螟防效的影响

张新风,张 国,于居龙,束兆林

(江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏句容 212400)

摘要:为明确氯虫苯甲酰胺加成膜剂拌种后水稻种子萌发活力、植株防御酶含量变化及稻纵卷叶螟防治效果,研究水稻拌种后种子生理生化相关指标及对田间稻纵卷叶螟的控制效果。用氯虫苯甲酰胺和氯虫苯甲酰胺加成膜剂(拜力膜)对水稻进行拌种处理,调查苗期发芽率等指标及对稻纵卷叶螟的控制效果,并测定不同时间点水稻 4 种酶的活性。结果表明,氯虫苯甲酰胺与拜力膜复合拌种对发芽率无显著影响;氯虫苯甲酰胺与拜力膜复合拌种能提高后期叶绿素含量;氯虫苯甲酰胺 1.5 g a.i./kg + 拜力膜对稻纵卷叶螟防治的保叶效果优于氯虫苯甲酰胺 1.5 g a.i./kg 处理;氯虫苯甲酰胺 1.5 g a.i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 的多酚氧化酶活性仅播后 15 d 低于氯虫苯甲酰胺 1.5 g a.i./kg 处理,此后均显著高于氯虫苯甲酰胺 1.5 g a.i./kg 处理;播后 75 d 稻纵卷叶螟危害较严重时 4 种酶活性均有显著升高,且氯虫苯甲酰胺 1.5 g a.i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理后水稻的酶活性最高。1.5 g a.i./kg 可以作为氯虫苯甲酰胺种子处理的最佳用量,氯虫苯甲酰胺 + 成膜剂拜力膜 2.0 mL/kg 能促进水稻生长及对稻纵卷叶螟有更好的控制效果。

关键词:氯虫苯甲酰胺;成膜剂;拌种;简易活力指数;酶活性

中图分类号:S482.3;S435.112⁺.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)05-0134-06

氯虫苯甲酰胺不同于其他杀虫剂,具有全新的杀虫原理,对水稻、蔬菜等多种作物的鳞翅目害虫(稻纵卷叶螟、斜纹夜蛾和小菜蛾等)和其他鞘翅目(稻水象甲、马铃薯甲虫和绿金龟等)、双翅目(稻瘿蚊和潜叶蝇等)和半翅目(白粉虱和烟粉虱等)害虫具有良好的防治效果^[1-4]。有研究表明,水稻经过氯虫苯甲酰胺拌种处理后,对稻纵卷叶螟控制效果好,持效期长,且对天敌安全^[5]。种子处理可用于种传、土传及苗期病虫害的防治,是有害生物综合治理措施之一^[6]。种子处理的优点有用量精准、持效期长、有效降低农药用量、面源污染小等,因此在农业生产上迅速发展和广泛应用^[7]。种子上的药剂与土壤接触,势必受到土壤水分含量、pH 值、肥料

性质及种子生命活动代谢物等的影响,根据药剂和种子选用合适的成膜剂,成膜后透气、透水性得到保障的同时,能够减缓药剂的释放,延长药剂持效期^[8]。本研究使用的成膜剂拜力膜 009 是拜耳公司的种衣剂产品,加入到种子后能增加流动性和适播性,并且能够减少药剂流失,可以作为种子包衣的优选成膜剂^[9]。

农药胁迫下,植株体内生理生化物质含量或活性会发生变化^[10-11]。有研究表明,水稻通过自身生化物质的变化从而间接影响其对靶标害虫的抗性,水稻种子经过氯虫苯甲酰胺拌种处理,水稻植株生化物质含量发生改变,进而影响害虫的取食能力^[5]。从环评角度来讲,叶绿素作为评价指标来评价农药对植物生态的安全性,是一个简便可行、易操作的重要指标,有研究表明,氯虫苯甲酰胺使烟草幼苗叶绿素总量上升^[12]。

植物在遭受机械损伤、病虫害等生物因子及干旱、盐渗透、高低温等非生物因子胁迫时,会诱导一系列与抗性相关的形态学、生物化学、分子生物学变化来防御或抗衡这种压力,从而提高植物的抗性^[13-16]。植物的这种抗性,其实是激发各种酶,如蛋白酶抑制剂、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物

收稿日期:2023-04-17

基金项目:镇江市科技计划(编号:CN2022002);江苏现代农业产业技术体系建设专项[编号:JATS(2022)283];江苏省碳达峰碳中和科技创新专项资金(编号:BE2022424-3);镇江市农业科学院青年基金(编号:QNJJ2021006)。

作者简介:张新风(1989—),女,湖北黄石人,硕士,助理研究员,主要从事水稻虫害综合治理研究。E-mail:zhangxf2021@yeah.net。

通信作者:束兆林,研究员,主要从事水稻病虫害综合治理和农药应用研究。E-mail:shuzl2005@163.com。

酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)和次生代谢产物等参与防御过程^[17-18]。超氧化物歧化酶和过氧化物酶作为植物体活氧系统(reactive oxygen species,简称 ROS)调控的关键保护酶,在植物防御酶系十分重要^[19];SOD 是一种抗氧化金属酶,能催化超氧阴离子自由基歧化生成氧和过氧化氢,被称为抗氧化系统的第一道防线;POD 是一种广泛存在于植物、动物和微生物中的氧化酶,能够将氧化氢转化为水,氧化还原底物^[20]。多酚氧化酶和苯丙氨酸解氨酶是植物防御系统的关键酶,能够促进木质素、醌类化合物和次生代谢物含量增加,有利于植株保护性屏障的形成,从而提高植株的抗逆性^[21];PPO 是一类含铜的氧化还原酶,其催化反应的产物能提高植株对虫害的防御力^[22];PAL 是植物体内次生代谢反应的关键酶和限速酶,其在植物抗病虫害的过程中作用独特^[23-25]。为明确氯虫苯甲酰胺加成膜剂复合拌种对水稻种子活力、植株体内酶活性和稻纵卷叶螟的控制效果的影响,开展本试验以确定氯虫苯甲酰胺和成膜剂的最佳药膜配比,并为氯虫苯甲酰胺拌种长效控害提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验田基本情况

试验田位于镇江市农业科学院农业科技创新中心(119°18'40"E,31°57'53"N)。地势平整,灌溉排水方便。

1.2 拌种处理

试验中采用 20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂(SC)(美国杜邦公司)和拜力膜 009(成膜剂)[拜耳(中国)有限公司]进行水稻种子拌种。试验设置 5 种拌种处理:仅用 20% 氯虫苯甲酰胺 SC 1.5 g a.i./kg 拌种,20% 氯虫苯甲酰胺 SC 1.5 g a.i./kg + 拜力膜 0.5、1.0、2.0、4.0 mL/kg 拌种,以及不使用任何药剂拌种的清水对照(CK)。

供试水稻品种为南粳晶谷(粳稻),2021 年 5 月 30 日浸种,6 月 2 日拌种及播种。浸种和拌种方法为:按照试验设计分别称取药剂并加入酸性大红,清水浸种 60 h 后取出,置于阴凉处沥干 24 h,将沥干的种子倒入拌种机中,搅拌过程中缓慢倒入药液,使种子与药液充分搅拌均匀,阴干备用。6 月 19 日移栽至大田,栽种密度为 30 万穴/hm²左右,栽培条件均匀一致。每个处理设 3 个小区,每个小区面积为 50 m²。

1.3 对水稻发育和防御酶活性的影响

种子发芽率测定:利用改进后的湿纸床培养法^[26]。每个处理选取 100 粒左右籽粒饱满的稻种置于垫有吸水纸的培养皿中,置于培养箱中 35 ℃ 培养 24 h,之后调整为 25 ℃ 继续培养,于培养后 3 d 记录水稻中的发芽数计算发芽势,并取发芽水稻种子测定种子胚 α-淀粉酶(α-amylase)活性[使用植物 α-淀粉酶酶联免疫分析(ELISA)试剂盒测定],于培养后 7 d 记录水稻中的发芽数计算发芽率,测定种苗鲜重计算简易活力指数,每个处理重复 3 次。发芽势(率)计算公式如下:

$$\text{种子发芽势(率)} = \frac{3(7) \text{ d 发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\%;$$

简易活力指数 = 种子发芽率 × 7 d 种苗平均鲜重。

叶绿素含量测定:播种后 15 d(6 月 17 日)、45 d(7 月 17 日)、75 d(8 月 16 日)、90 d(8 月 31 日)用手持叶绿素仪测定水稻植株倒二叶中间部位叶绿素含量,每个小区测定 50 株。

4 种防御酶活性测定:播种后 15 d(6 月 17 日)、45 d(7 月 17 日)、75 d(8 月 16 日)、90 d(8 月 31 日),采用五点取样法,每点 10 株水稻,取倒二叶,取样后立即液氮处理,测定植株体内 4 种防御酶的活性[酶活性用酶联免疫分析(ELISA)试剂盒测定]。

1.4 对稻纵卷叶螟发生危害的影响

稻纵卷叶螟调查时间选择 8 月 16 日和 9 月 1 日稻纵卷叶螟危害盛期。每个小区定点调查 200 穴水稻,记录各小区水稻分蘖数、白叶数和活虫数,按照以下公式计算白叶率和保叶效果:

$$\text{白叶率} = \frac{\text{调查区白叶数量}}{\text{调查区总叶片数}} \times 100\%;$$

$$\text{保叶效果} = \frac{\text{对照区白叶率} - \text{处理区白叶率}}{\text{对照区白叶率}} \times 100\%。$$

1.5 统计分析

利用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 对试验数据进行统计,并以单因素方差分析(One-way ANOVA)中的 Duncan's 法对酶活性、稻纵卷叶螟防治效果和叶绿素含量等进行差异性检验。

2 结果与分析

2.1 拜力膜不同用量与氯虫苯甲酰胺混合拌种对水稻种子活力的影响

氯虫苯甲酰胺 1.5 g a.i./kg 加不同浓度拜力膜对水稻种子拌种处理后,经数据对比分析可知,

水稻种子的发芽势、发芽率、简易活力指数和 α -淀粉酶活性与对照均无显著差异(表 1)。

表 1 不同种子处理对水稻种子萌发及活力的影响

处理	氯虫苯甲酰胺有效用量 (g a. i./kg)	拜力膜使用量 (mL/kg)	发芽势 (%)	发芽率 (%)	简易活力指数	α -淀粉酶活性 (U/L)
A	1.5	0.5	80.23 ± 1.01a	88.92 ± 1.82a	5.54 ± 0.02a	27.65 ± 0.02a
B	1.5	1.0	81.15 ± 0.85a	90.22 ± 1.57a	5.67 ± 0.01a	27.51 ± 0.04a
C	1.5	2.0	81.76 ± 1.21a	91.34 ± 1.03a	5.88 ± 0.01a	27.74 ± 0.01a
D	1.5	4.0	79.60 ± 1.74a	89.07 ± 0.92a	5.74 ± 0.01a	27.99 ± 0.02a
E	1.5	0.0	80.45 ± 0.85a	91.68 ± 0.87a	6.03 ± 0.02a	27.97 ± 0.03a
Ck	对照		82.08 ± 1.65a	92.75 ± 1.38a	5.59 ± 0.02a	28.01 ± 0.01a

注:表中数据为平均值 ± 标准误;同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著(Duncan's 新复极差法,单因素方法分析)。下表同。

2.2 拜力膜不同用量与氯虫苯甲酰胺混合拌种对水稻叶绿素含量的影响

试验结果(表 2)表明,播种后 15 d,拌种处理的叶绿素含量显著高于对照;播种后 45、75 d,各处理叶绿素含量与对照无显著差异;播种后 90 d,氯虫苯

甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 1.0、2.0、4.0 mL/kg 处理叶绿素含量显著高于仅用氯虫苯甲酰胺拌种、氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 0.5 mL/kg 处理和对照。

表 2 不同种子处理水稻叶片叶绿素含量

处理	氯虫苯甲酰胺有效用量 (g a. i./kg)	拜力膜使用量 (mL/kg)	叶绿素含量(SPAD 值)			
			播种后 15 d	播种后 45 d	播种后 75 d	播种后 90 d
A	1.5	0.5	15.48 ± 0.03a	39.31 ± 0.12a	35.82 ± 0.06a	37.68 ± 0.06b
B	1.5	1.0	15.85 ± 0.02a	41.00 ± 0.08a	35.95 ± 0.07a	39.53 ± 0.06a
C	1.5	2.0	15.76 ± 0.01a	39.65 ± 0.09a	35.71 ± 0.05a	39.54 ± 0.08a
D	1.5	4.0	15.52 ± 0.02a	39.58 ± 0.11a	35.49 ± 0.08a	39.29 ± 0.04a
E	1.5	0.0	16.39 ± 0.05a	39.84 ± 0.13a	36.07 ± 0.06a	37.52 ± 0.09b
CK	对照		14.57 ± 0.04b	39.91 ± 0.08a	35.07 ± 0.05a	37.21 ± 0.11b

2.3 拜力膜不同用量与氯虫苯甲酰胺混合拌种对稻纵卷叶螟的控制效果

不同种子处理播种 75 d 后,对照田间出现稻纵卷叶螟危害症状,白叶率为 2.50%;氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜的 4 个处理的保叶效果均显

著高于氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg 拌种处理;播种后 90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 0.5、1.0、2.0 mL/kg 3 个处理的保叶效果均显著高于仅用氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg 拌种处理(表 3)。

表 3 不同种子处理对田间稻纵卷叶螟的控制效果

处理	氯虫苯甲酰胺有效用量 (g a. i./kg)	拜力膜使用量 (mL/kg)	播种后 75 d		播种后 90 d	
			白叶率(%)	保叶效果(%)	白叶率(%)	保叶效果(%)
A	1.5	0.5	0.26 ± 0.01	89.54 ± 5.31a	0.09 ± 0.02	95.03 ± 5.21a
B	1.5	1.0	0.29 ± 0.02	88.28 ± 6.24a	0.08 ± 0.04	95.58 ± 3.59a
C	1.5	2.0	0.37 ± 0.01	85.23 ± 4.25a	0.09 ± 0.03	95.03 ± 4.41a
D	1.5	4.0	0.36 ± 0.03	85.71 ± 4.82a	0.20 ± 0.01	88.95 ± 6.37ab
E	1.5	0.0	0.83 ± 0.01	66.74 ± 6.47b	0.39 ± 0.04	77.90 ± 5.29b
CK	对照		2.50 ± 0.04	—	1.78 ± 0.05	—

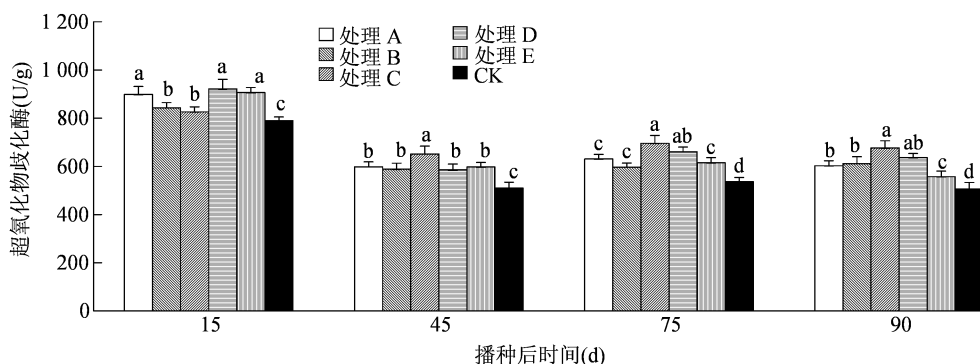
2.4 拜力膜不同用量与氯虫苯甲酰胺混合拌种对水稻 4 种酶活性的影响

2.4.1 拜力膜不同用量与氯虫苯甲酰胺混合拌种

对水稻活性氧系统关键酶的影响 超氧化物歧化酶活性检测结果(图 1)显示,播后 15 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 1.0 mL/kg 和氯虫苯甲酰

胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 2 个处理 SOD 活性显著低于其他 3 个拌种处理,处理组 SOD 活性均显著高于对照;播后 45 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理 SOD 活性显著高于其他处理,各处理组 SOD 活性显著高于对照;播后 75 d 的 SOD 活性较播后 45 d 均有一定幅度的提高,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理 SOD

活性最高,与氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 4.0 mL/kg 处理无显著差异,但显著高于其他 3 个处理,各处理组 SOD 活性均显著高于对照;播后 90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理 SOD 活性最高,加成膜剂处理 SOD 活性均显著高于仅用氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg 拌种处理,各处理的 SOD 活性均显著高于对照。



柱形图数值为平均值±标准误;柱上方不同小写字母表示该天数下不同处理在 0.05 水平上差异显著 (Duncan's 新复极差法, 单因素方法分析)。下同

图1 拌种后水稻超氧化物歧化酶活性

过氧化物酶活性检测结果 (图 2) 显示,播后 15 d,各处理组 POD 活性与对照无显著差异;播后 45 d,各处理组 POD 活性均显著高于对照;播后 75 d POD 活性较播后 45 d 有大幅度的升高,且加成膜剂的 4 个处理 POD 活性均显著高于仅用氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg 拌种处理和对照,其中氯

虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理的 POD 活性显著高于其他处理及对照;播后 90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理的 POD 活性最高,与氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 4.0 mL/kg 处理无显著差异,但显著高于其他 3 个处理及对照。

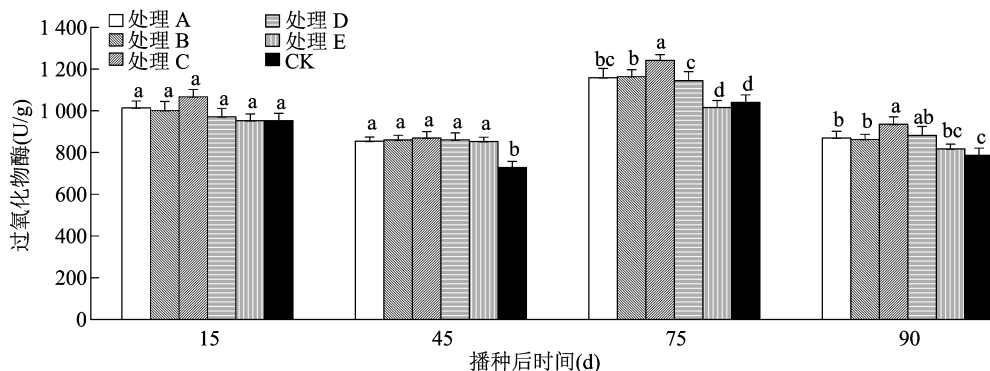


图2 拌种后水稻过氧化物酶活性

2.4.2 拜力膜不同用量与氯虫苯甲酰胺混合拌种对水稻防御酶系统关键酶的影响 多酚氧化酶活性检测结果 (图 3) 显示,播后 15 d,各处理组 PPO 活性显著高于对照;播后 45 d,各处理组 PPO 活性显著高于对照,其中,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理的 PPO 活性最高,且显著高于其他处理;播后 75 d PPO 活性较播后 45 d 均有升

高,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 1.0、2.0、4.0 mL/kg 3 个处理 PPO 活性显著高于其他处理及对照;播后 90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜的 4 个处理 PPO 活性显著高于仅用氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg 拌种处理及对照,其中氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理 PPO 活性最高,且显著高于其他 3 个加成膜剂的处理。

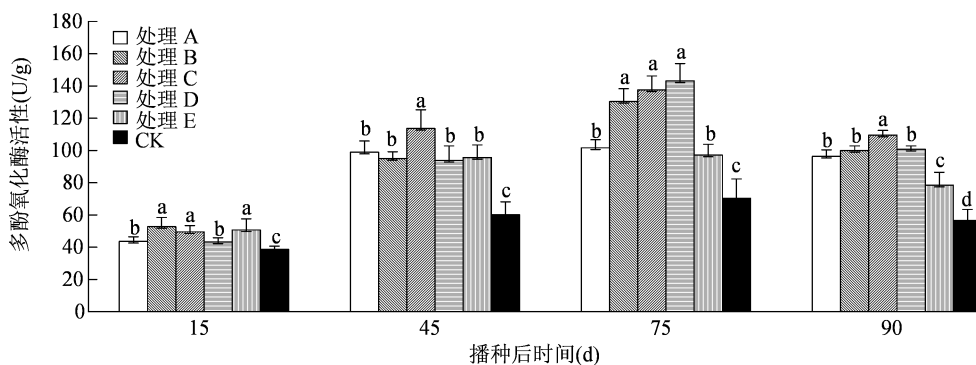


图3 拌种后水稻多酚氧化酶活性

苯丙氨酸解氨酶活性检测结果(图4)显示,播后 15、45 d,各处理组间 PAL 活性均无显著差异,但显著高于对照;播后 75 d PAL 活性较播后 45 d 均有升高,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i. /kg + 拜力膜 4 个处理 PAL 活性显著高于仅用氯虫苯甲酰胺

1.5 g a. i. /kg 拌种处理,各处理组 PAL 活性显著高于对照;播后 90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i. /kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理 PAL 活性最高,显著高于其他处理及对照。

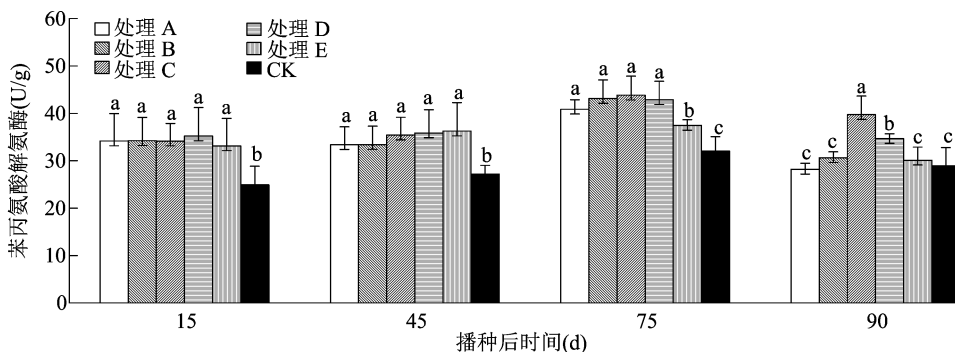


图4 拌种后水稻苯丙氨酸解氨酶活性

3 结论与讨论

有文献报道,种衣剂对种子萌发和生长有一定的影响,种衣剂能延缓种子萌发或降低种子的萌发率,对幼苗生长的根系活力等指标也有影响^[27-28]。本研究中,成膜剂加入对水稻种子发芽势、发芽率和种子简易活力指数和 α -淀粉酶活性无显著影响,表明成膜剂不会对种子萌发和生长产生不良影响。姚晨涛等研究不同成膜剂对玉米发芽的影响,发现试验中的 2 种成膜剂中的噻虫啉种衣剂对玉米种子出苗时间无影响^[29],本研究结果与之类似。

叶绿素含量能够反映植物光合作用能力强弱^[30],可作为药剂对水稻幼苗生态安全性的评价指标。本研究中氯虫苯甲酰胺或氯虫苯甲酰胺加成膜剂拌种,播后 15 d 水稻苗叶绿素含量上升且显著高于不拌种(CK)水稻苗;播后 90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i. /kg 加 1.0 mL/kg 以上拜力膜成膜剂水稻叶片中叶绿素含量显著高于未加成膜剂及加

0.5 mL/kg 成膜剂处理,表明氯虫苯甲酰胺能够提高叶绿素含量,且一定量的成膜剂能够保持叶绿素含量。

成膜剂包裹着活性成分等物质在水稻种子表面形成一层保护膜,伴随种子萌发,活性成分逐渐释放到环境中或被植物吸收,延长药剂防治病虫害的时长同时也提高了中后期对病虫害的控制效果^[31]。本研究中氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i. /kg 加拜力膜对稻纵卷叶螟防治的保叶效果比氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i. /kg 处理更高,这是因为成膜剂能够减缓氯虫苯甲酰胺的流失,增强其对稻纵卷叶螟的控制效果。

植物中与抗虫性关系密切的保护性酶 SOD、POD 和防御酶 PPO、PAL 易受光照、温度、水分等许多因子的影响^[32-33]。针对保护性酶,本研究发现播后 75 d,氯虫苯甲酰胺或氯虫苯甲酰胺加成膜剂拌种的 POD、SOD 活性显著高于对照;播种后 45 ~ 90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i. /kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 种子处理的 POD、SOD 活性最高,加成膜

剂可延长拌种药剂对靶标病虫害的控制效果。针对防御酶,本研究发发现播后 75 d 稻纵卷叶螟危害最严重,植物遭受虫害时,其组织的腔室结构释放出 PPO^[22],稻纵卷叶螟取食水稻刺激水稻植株防御酶系统的启动,氯虫苯甲酰胺或氯虫苯甲酰胺加成膜剂拌种处理的防御酶(PAL 和 PPO)活性均为播后 75 d 最高,且显著高于对照;其中,播后 45~90 d,氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理的 PAL、PPO 活性最高。

综上所述,氯虫苯甲酰胺加成膜剂拌种对水稻发芽势、发芽率、简易活力指数和 α -淀粉酶活性均无显著影响;1.5 g a. i./kg 氯虫苯甲酰胺加拜力膜 1.0、2.0、4.0 mL/kg 拌种处理能提高后期水稻中叶绿素含量;氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg 及氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg 加成膜剂后处理能够提高水稻活性氧系统关键酶(SOD 和 POD)和防御系统关键酶(PPO 和 PAL)活性,有利于提高水稻的抗逆性,且氯虫苯甲酰胺 1.5 g a. i./kg + 拜力膜 2.0 mL/kg 处理的效果最好,可作为水稻种子处理的最佳配比。

本研究中发现,个别氯虫苯甲酰胺加成膜剂拌种处理的酶活性会低于同浓度氯虫苯甲酰胺拌种处理的酶活性,初步考虑是由于水稻植株对药剂或成膜剂的反应机制不一样,相互之间存在一定影响,导致加入成膜剂后酶活性不升反降,详细作用机制有待进一步研究。另外,关于氯虫苯甲酰胺和成膜剂对水稻植株生长和生理生化过程调控的分子机制还需要做进一步深入探索。

参考文献:

- [1] Kavallieratos N G, Athanassiou C G, Boukouvala M C. Insecticidal effect of chlorantraniliprole against major stored-product insect pests in different grain commodities under laboratory tests [J]. Pest Management Science, 2013, 69(10): 1141–1154.
- [2] Lahm G P, Stevenson T M, Selby T P, et al. Rynaxypyr: a new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 2007, 17(22): 6274–6279.
- [3] Yeoh B H, Lee C Y. Tunneling responses of the Asian subterranean termite, *Coptotermes gestroi* in termiticide-treated sand (Isoptera: Rhinotermitidae) [J]. Sociobiology, 2007, 50(2): 457–468.
- [4] 徐尚成, 俞幼芬, 王晓军, 等. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展 [J]. 现代农药, 2008, 7(5): 8–11.
- [5] 于居龙, 张国, 缪康, 等. 氯虫苯甲酰胺拌种对稻纵卷叶螟的防治效果及安全性评价 [J]. 农药学报, 2019, 21(3): 300–308.
- [6] 杨红福, 姚克兵, 束兆林, 等. 噻呋酰胺处理种子防治水稻纹枯病

- 试验研究 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(5): 107–109, 116.
- [7] 张静, 胡立勇. 农作物种子处理方法研究进展 [J]. 华中农业大学学报, 2012, 31(2): 258–264.
- [8] 周本新. 农药新剂型 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1994: 355–378.
- [9] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Chlorantraniliprole [DB/OL]. [2023-01-06]. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation14/Chlorantraniliprole.pdf.
- [10] Chelliah S, Fabellar L T, Heinrichs E A. Effect of sub-lethal doses of three insecticides on the reproductive rate of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, on rice [J]. Environmental Entomology, 1980, 9(6): 778–780.
- [11] Heinrichs E A, Aquino G B, Chelliah S, et al. Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stål) populations as influenced by method and timing of insecticide applications in lowland rice [J]. Environmental Entomology, 1982, 11(1): 78–84.
- [12] 张悦, 王涛, 刘修堂, 等. 基于叶绿素评价茼蒿威和氯虫苯甲酰胺对烟草幼苗生态安全性 [J]. 农药科学与管理, 2013, 34(1): 49–51.
- [13] Cheong J J, Choi Y D. Methyl jasmonate as a vital substance in plants [J]. Trends in Genetics, 2003, 19(7): 409–413.
- [14] Frost C J, Mescher M C, Carlson J E, et al. Plant defense priming against herbivores: getting ready for a different battle [J]. Plant Physiology, 2008, 146(3): 818–824.
- [15] Hu J, Zhou J B, Peng X X, et al. The *Bphi008a* gene interacts with the ethylene pathway and transcriptionally regulates *MAPK* genes in the response of rice to brown planthopper feeding [J]. Plant Physiology, 2011, 156(2): 856–872.
- [16] Consales F, Schweizer F, Erb M, et al. Insect oral secretions suppress wound-induced responses in *Arabidopsis* [J]. Journal of Experimental Botany, 2012, 63(2): 727–737.
- [17] Gulsen O, Eickhoff T, Heng-Moss T, et al. Characterization of peroxidase changes in resistant and susceptible warm-season turfgrasses challenged by *Blissus occiduus* [J]. Arthropod-Plant Interactions, 2010, 4(1): 45–55.
- [18] 段灿星, 余娇娇, 李万昌, 等. 灰飞虱胁迫对水稻叶片中防御酶活性及细胞超微结构的影响 [J]. 植物生理学报, 2012, 48(10): 971–978.
- [19] Ray P D, Huang B W, Tsuji Y. Reactive oxygen species (ROS) homeostasis and redox regulation in cellular signaling [J]. Cellular Signalling, 2012, 24(5): 981–990.
- [20] Apel K, Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction [J]. Annual Review of Plant Biology, 2004, 55(1): 373–399.
- [21] Avdiushko S A, Ye X S, Kuc J. Detection of several enzymatic activities in leaf prints of cucumber plants [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1993, 42(6): 441–454.
- [22] 唐龙飞, 钟红梅, 陈坚. 不同光照条件下 4 种满江红 *Azolla* 品系体内多酚氧化酶活性的变化 [J]. 植物生理学报, 1999, 25(1): 98–102.

易春燕,刘旭,王燕平,等.草地贪夜蛾与黏虫肠道微生物的多样性分析[J].江苏农业科学,2024,52(5):140-145.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.05.021

草地贪夜蛾与黏虫肠道微生物的多样性分析

易春燕¹,刘旭¹,王燕平¹,刘昌华¹,刘虹伶¹,吕玉梅²,文维书³,雷贤富⁴,张翠翠¹

(1. 四川省农业科学院植物保护研究所/农业农村部西南作物有害生物综合治理重点实验室,四川成都 610066;

2. 四川省英县蓬莱镇农业服务中心,四川英县 629300; 3. 四川省屏山县农业农村局,四川屏山 645350;

4. 四川省宜宾市叙州区农业农村局,四川宜宾 644600)

摘要:通过比较分析对食用玉米叶的草地贪夜蛾与黏虫体内肠道共生菌进行比较分析,研究玉米叶内生细菌的组成与草地贪夜蛾和黏虫肠道微生态的相互关系。选用玉米叶饲养的草地贪夜蛾和黏虫,通过 16S rDNA 全长扩增子测序,比较分析其肠道菌群多样性和丰富度。由 α 多样性研究结果可知,草地贪夜蛾和黏虫肠道菌群多样性、物种丰富度比较接近; β 多样性分析结果也表明,草地贪夜蛾和黏虫肠道菌群落结构相似性较高。KEGG 通路功能预测结果表明,草地贪夜蛾和黏虫肠道菌群中均以代谢功能占比最高,主要涉及糖类代谢、氨基酸代谢和能量代谢。同样取食玉米叶的草地贪夜蛾和黏虫的肠道细菌在门水平上的核心菌群相同,在属水平上的优势菌属丰度和物种多样性差异不大,群落结构相似度高,菌群功能差异不显著,其原因可能是物种遗传特点相似、取食食物和生长环境中微生物种类相同。

关键词:草地贪夜蛾;黏虫;玉米叶;肠道微生物;多样性;丰度

中图分类号:S433.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)05-0140-06

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*),又名秋黏虫、行军虫,属鳞翅目(Lepidoptera)、夜蛾科(Noctuidae),是原产于美洲的重要的农业入侵害虫,危害禾本科、豆科和菊科等 76 科 353 种植物,具

有飞行能力强、繁殖速度快、迁徙速度快等特点。该虫于 2019 年 1 月 11 日入侵我国云南省^[1-4],随后迅速扩散至 26 个省(市、区),对我国农业生产造成了巨大的威胁。黏虫(*Mythimna separata*)属鳞翅目(Lepidoptera)夜蛾科(Noctuidae),是一种多食性、暴发性害虫,喜食禾本科作物^[5-8]。田间调查发现,草地贪夜蛾与黏虫形态相近,常在我国重要的粮食作物玉米上分布,防治不及时的区域虫害发生严重,影响玉米产量。

有人就草地贪夜蛾与黏虫的幼虫和成虫的形态差异进行了很多研究,为草地贪夜蛾的准确鉴别

收稿日期:2023-05-19

基金项目:四川省科技计划(编号:2021YJ0261、2019YFN0180、2023NSFSC0152)。

作者简介:易春燕(1990—),女,四川成都人,硕士,助理研究员,研究方向为农业昆虫与害虫防治。E-mail:yichunyan2023@163.com。
通信作者:张翠翠,硕士,助理研究员,研究方向为经济作物害虫研究及农药研发。E-mail:997074811@qq.com。

[23] Morkunas I, Narozna D, Nowak W, et al. Cross-talk interactions of sucrose and *Fusarium oxysporum* in the phenylpropanoid pathway and the accumulation and localization of flavonoids in embryo axes of yellow lupine[J]. Journal of Plant Physiology, 2011, 168(5): 424-433.

[24] 杨振国,侯凤莲.光照对玉米苯丙氨酸解氨酶活性的影响[J].吉林林学院学报,1997,13(3):151-153.

[25] 何发林,曹莹莹,李冠群,等.氯虫苯甲酰胺拌种对玉米种子活力及幼苗生长的影响[J].中国农学通报,2019,35(15):151-158

[26] 朱京斌,单成钢,倪大鹏,等.“倒扣滤纸”纸床法在小粒种子发芽率测定方面的优势研究[J].种子科技,2016,34(10):127-128.

[27] 董永义,韩宁宁.种衣剂对玉米出苗和幼苗生长的影响[J].江苏农业科学,2016,44(4):149-151.

[28] 张梦晗,杨换玲,郭线茹,等.吡虫啉种衣剂对小麦种子萌发和幼苗生长的影响及相关生理机制[J].河南农业科学,2015,44(8):76-79,91.

[29] 姚晨涛,乔志华,宋雪慧,等.不同成膜剂对玉米噻虫啉悬浮种衣剂的持效性及安全性影响[J].作物学报,2020,46(2):269-279.

[30] 王雅玲,孙丽娜,杨代斌,等.戊唑醇和苯醚甲环唑种子处理对玉米幼苗生长的影响比较[J].作物杂志,2009(4):60-63.

[31] 赵磊磊,聂立水,朱清科,等.种子包衣及其在中国的应用研究[J].中国农学通报,2009,25(23):126-131.

[32] 庄炳昌,岳德荣,王玉民,等.大豆不同品种次生代谢产物及相关酶类含量与抗食心虫的关系[J].中国油料,1992,14(3):18-20.

[33] 李润植,毛雪,李彩霞,等.棉花诱导抗蚜性与次生代谢相关酶活性的关系[J].山西农业大学学报,1998,18(2):165-168.