

β -罗勒烯对水稻二化螟的防治效果及其对产量影响的研究

杨忠龙¹, 陈庆龙¹, 黄生林¹, 李春宇¹, 肖雅琴¹, 阮颖^{1,2}, 刘春林^{1,2}

¹湖南农业大学农学院, 作物代谢调控与代谢工程实验室, 湖南 长沙

²岳麓山实验室, 湖南 长沙

收稿日期: 2024年11月9日; 录用日期: 2024年12月6日; 发布日期: 2024年12月16日

摘要

β -罗勒烯是一种能诱导植物产生防御反应的植物通讯信号分子。本文是为了探究 β -罗勒烯对水稻二化螟的防治效果及其对产量影响的研究。在大田条件下, 同时分析了 β -罗勒烯与常规化学农药对水稻二化螟的防治效果以及对水稻产量的影响。大田试验结果显示: 经 β -罗勒烯处理后, 水稻的生长发育和农艺性状均未受到影响, 并且 β -罗勒烯对水稻二化螟的防治效果优于化学农药, 早期枯鞘株率与后期白穗株率均低于空白对照, 对枯鞘与白穗的防效可达56.81%、41.33%, 相比于化学农药早期枯鞘株率降低了2.15%; 后期白穗率相对于化学农药降低了0.7%。 β -罗勒烯与对照相比水稻产量提升了16.83%, 与化学农药无显著差异。以上结果均表明, β -罗勒烯在防治水稻二化螟方面具有显著功效。本研究为绿色防治水稻二化螟提供了新的途径。

关键词

β -罗勒烯, 水稻, 二化螟, 防治, 产量

Research on the Control Effect of β -Ocimene on Rice Stem Borer and Its Effect on Yield

Zhonglong Yang¹, Qinglong Chen¹, Shenglin Huang¹, Chunyu Li¹, Yaqin Xiao¹, Ying Ruan^{1,2}, Chunlin Liu^{1,2}

¹Crop Metabolic Regulation and Metabolic Engineering Laboratory, College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan

²Yuelu Mountain Laboratory, Changsha Hunan

Received: Nov. 9th, 2024; accepted: Dec. 6th, 2024; published: Dec. 16th, 2024

Abstract

β -Ocimene is a plant communication signal molecule capable of inducing defense responses in plants.

文章引用: 杨忠龙, 陈庆龙, 黄生林, 李春宇, 肖雅琴, 阮颖, 刘春林. β -罗勒烯对水稻二化螟的防治效果及其对产量影响的研究[J]. 农业科学, 2024, 14(12): 1316-1322. DOI: 10.12677/hjas.2024.1412166

This paper aims to study the control effect of β -basil on rice dicarborer and its effect on yield. Under field conditions, the control effects of β -Ocimene and conventional chemical pesticides on the *Chilo suppressalis* in rice and their influences on rice yield were analyzed simultaneously. The field experiment results indicated that the growth and agronomic traits of rice were not affected after treatment with β -Ocimene. Moreover, the control effect of β -Ocimene against the *Chilo suppressalis* in rice was superior to that of chemical pesticides. The rates of early dead sheath plants and late white panicle plants were both lower than those of the blank control. The control efficacy against dead sheath and white panicle could reach 56.81% and 41.33%, respectively. Compared with chemical pesticides, the rate of early dead sheath plants was reduced by 2.15%; the rate of late white panicle plants was 0.7% lower than that of chemical pesticides. The rice yield increased by 16.83% with β -Ocimene compared to the control, and there was no significant difference from chemical pesticides. The above results all suggest that β -Ocimene has significant efficacy in controlling the *Chilo suppressalis* in rice. This study provides a new approach for the green control of the *Chilo suppressalis* in rice.

Keywords

β -Ocimene, Rice, *Chilo suppressalis*, Prevention and Control, Yield

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

二化螟(*Chilo suppressalis*)属鳞翅目螟蛾科, 又称钻心虫、枯心虫, 是我国水稻栽培上一种常发性、危害又较严重的害虫之一。随着全球气候变暖, 二化螟越冬幼虫死亡率下降, 为害期延长, 二化螟抗药性也增强, 从而造成了较大的产量损失[1]。当前, 生产上水稻二化螟的防治仍以化学防治为主, 农药用量和防治次数成倍增长致使环境污染加重, 水稻大米中的农药残留增加, 对人们的健康带来威胁。

β -罗勒烯广泛存在于不同的植物体中, 不同植株都能合成 β -罗勒烯[2]。植物在受到刺激时会释放 β -罗勒烯, 其诱导因素具有物种特异性[3]。有研究表明外源施加 β -罗勒烯也能启动植物的防御反应, 并且增强对外界刺激的抵抗能力[4]-[6]。

植物在受到节肢动物或微生物攻击后诱导植物产生一类挥发性气体, 有机挥发性气体能有效提高周围植物抵抗病虫害危害的能力[7]-[9]。国内已有研究表明, β -罗勒烯对烟蚜种群有较好的防控效果[10]。 β -罗勒烯是这一受激有机挥发物中的一种成分, 它与植物防御启动密切相关的气体传导信号分子。已有研究报道, β -罗勒烯能够解除植株水杨酸(salicylic acid, SA)途径与茉莉酸(jasmonic acid, JA)途径之间的拮抗, 诱导抗性基因 *PR1* 基因以及 *PDF1.2* 基因表达量同时上升, 并改变次生代谢物图谱[11]。以上研究均表明 β -罗勒烯在诱导植物抗虫方面有着巨大潜力, 而国内外还未出现 β -罗勒烯对水稻病虫害防治效果的研究, 为此我们对 β -罗勒烯对水稻二化螟的防治效果进行研究, 为水稻病虫害的绿色防治提供了新思路。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

水稻品种: 韶香 100 (由万利合作社提供)。

2.2. 试剂设备

奥香敏: 由 β -罗勒烯为原料合成的植物免疫诱抗剂, 由作物代谢调控与代谢工程实验室提供。其中,

奥香敏(一)为撒播方式,奥香敏(二)为挂袋方式。

β -罗勒烯:购自西格玛公司。

化学农药第一次药剂:亩用:10%甲维茚虫威 30 克 + 5%阿维菌素 150 ml + 75%肟菌戊唑醇 10 克 + 80%烯啶吡蚜酮 15 克;第二次:亩用 10%甲维茚虫威 45 克 + 5%阿维菌素 150 ml + 75%肟菌戊唑醇 15 克 + 80%烯啶吡蚜酮 20 克,采用无人机喷洒方式。

2.3. 试验地点与时间

湖南农业大学作物代谢调控与代谢工程试验室,长沙市望城区新康乡月圆村万利合作社(经度:112.82°, 纬度:28.34°)。

试验时间:2023.07~2024.08。

2.4. 试验设计

大田试验主要调查二化螟防治效果、水稻农艺性状、产量三个方面。韶香 100 设置空白对照、化学农药、奥香敏处理(一)、奥香敏处理(二)共四个处理,其中空白对照、奥香敏处理(一)、奥香敏处理(二)不施加任何化学农药,各个处理之间用黑色薄膜阻隔,且间隔 5 m 避免相互影响,奥香敏处理时采用五点取样法选取五个点进行处理,每个处理点为 1 m²。每次调查随机选取 30 株长势一致的水稻,记录其分蘖数、枯鞘数、总穗数、白穗数,再计算枯鞘株率与白穗株率。并在水稻生育期内测定以下农艺性状:分蘖数,株高,剑叶数,剑叶面积,结实率,产量等。

2.5. 调查内容及方法

待水稻过完返青期后开始对各处理水稻田施加奥香敏和化学农药,每隔两周施加奥香敏一次。待发现二化螟虫害后开始调查,调查时均采用五点取样的方式进行统计,每个点调查 30 穴水稻,前期调查分蘖数与枯鞘数,并且调查二化螟的数量大小情况,后期调查总穗数与白穗数,每隔一周调查一次,最后进行产量测定。在水稻根茬内采集二化螟,放入带有乙醚的大试管(4 cm × 12 cm)中,带回实验室测量长度与重量。产量估算,每个处理随机挑选三个取样点,每个取样点取该点 1 m² 内所有水稻进行测产,每点各取三穗统计每穗粒数、结实率、千粒重,脱粒后进行称重,记为鲜重,再取 500 g 水稻种子放至 80°烘箱烘烤,计算出含水量。试验数据使用 Microsoft Excel 2019 进行统计处理,采用 IBM SPSS Statistics 26 进行方差分析(ANOVA),通过 LSD 和 Duncan 方法进行多重比较(P < 0.05),并采用 Origin 2022 软件进行绘图。

防治效果与实际产量计算公式如下:

$$\text{枯鞘株率或白穗株率}(\%) = \frac{\text{枯鞘数或白穗数}}{\text{调查总穗数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{防治效果}(\%) = \frac{\text{对照区枯鞘率或白穗率} - \text{处理区枯鞘率或白穗率}}{\text{对照区枯鞘率或白穗率}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{实际产量}(\text{kg}/\text{亩}) = \frac{\text{鲜重} \times (1 - \text{含水率})}{0.85} \times 100\% \quad (3)$$

3. 结果与分析

3.1. β -罗勒烯对二化螟的防治效果

3.1.1. 不同处理下枯鞘数的变化

水稻于 3 月 28 日播种,4 月 26 日移栽,7 月 11 日始穗,8 月 10 日收割。分别在 6 月 6 日调查枯鞘

数，8月3日调查白穗数，如图1所示，通过统计分析得出：前期枯鞘数中，奥香敏两个处理组显著低于对照组与化学农药组。后期白穗数中，奥香敏两个处理组与化学农药组显著低于对照组，其中奥香敏(一)的白穗数显著低于化学农药组与奥香敏(二)组。表明 β -罗勒烯能够减少枯鞘数与白穗数的产生。

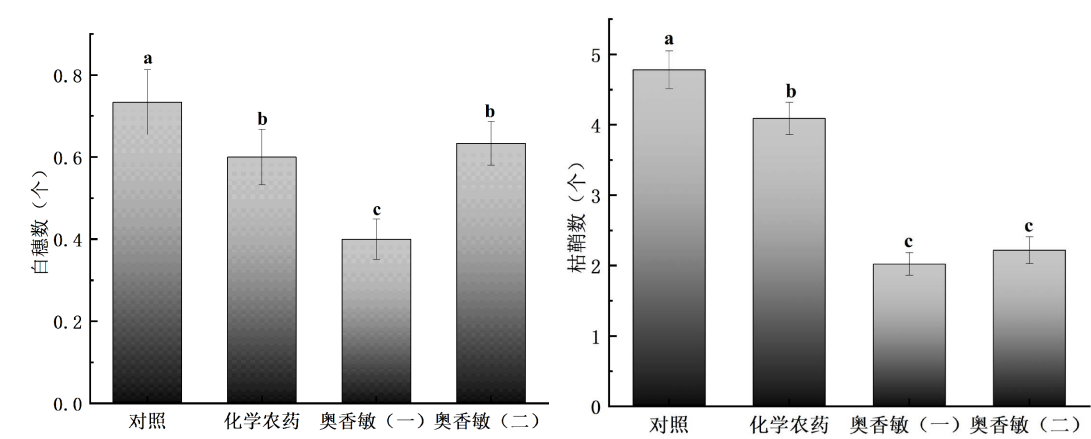


Figure 1. The number of withered sheath and white ear under different treatments
图 1. 不同处理的枯鞘数与白穗数

3.1.2. 不同处理下防治水稻田二化螟效果

在水稻早期调查枯鞘率，后期调查白穗率，如表1所示，在施用化学农药的情况下，枯鞘率显著低于对照组，降低了1.34%，防效达到22.78%；白穗率降低了1.35%，防效达到29.07%。在施用奥香敏的情况下，枯鞘率显著低于对照组，分别降低了3.42%、2.72%，防效达到64.24%、49.37%；白穗率分别降低了1.29%、2.48%，防效达到29.77%、52.89%，其中奥香敏(二)中白穗率显著低于对照组。奥香敏相比于化学农药，枯鞘率分别降低了2.08%、1.38%，有显著性差异；白穗率中奥香敏(二)降低了1.13%，有显著性差异。表明 β -罗勒烯对二化螟有较好的防治效果。

Table 1. Effect of different treatments on control of *Chilo suppressalis* in paddy field
表 1. 不同处理下防治水稻田二化螟效果

处理	枯鞘株率(%)	枯鞘株率防效(%)	白穗株率(%)	白穗株率防效(%)
对照	5.53 a	—	5.22 a	—
化学农药	4.19 b	22.78	3.87 a	29.07
奥香敏(一)	2.11 c	64.24	3.93 a	29.77
奥香敏(二)	2.81 c	49.37	2.74 b	52.89

注：不同处理对应的各项数值中不同的小写字母表示单因素方差分析在0.05水平下，差异显著。

3.1.3. 不同处理下对二化螟生长发育的影响

在不同处理田块各挑选3穴虫害最为严重的水稻，记录二化螟的数量、长度、重量。如表2与图2所示，通过统计发现，对照组的总数量、长度、重量均高于化学农药与奥香敏处理组。其中化学农药组与对照组相比，总虫数减少了4条，平均长度分别为1.26 cm和1.38 cm，缩短了8.70%；平均重量分别为0.047 g和0.055 g，降低了14.55%；统计分析结果为无显著性差异。奥香敏组与对照组相比，总虫数分别减少了3条、5条，平均长度分别为1.03 cm和1.02 cm，与对照相比分别缩短了25.36%和26.09%；

平均重量分别为 0.038 g 和 0.034 g，与对照相比分别降低了 30.91%和 38.18%；统计分析结果显示为有显著性差异。据此推测 β -罗勒烯能够抑制二化螟的生长发育。

Table 2. Impact on *Chilo suppressalis* under different processing
表 2. 不同处理下对二化螟的影响

处理	虫数(条)	平均长度(cm)	平均重量(g)
对照	9	1.38 ± 0.31 a	0.055 ± 0.007 a
化学农药	5	1.26 ± 0.30 a	0.047 ± 0.007 a
奥香敏(一)	6	1.03 ± 0.17 b	0.038 ± 0.006 b
奥香敏(二)	4	1.02 ± 0.25 b	0.034 ± 0.008 b

注：不同处理对应的各项数值中不同的小写字母表示单因素方差分析在 0.05 水平下，差异显著。



注：从左至右依次为对照、化学农药、奥香敏(一)、奥香敏(二)

Figure 2. The size of *Chilo suppressalis* under different treatments
图 2. 不同处理下二化螟的大小

3.2. β -罗勒烯对水稻农艺性状的影响

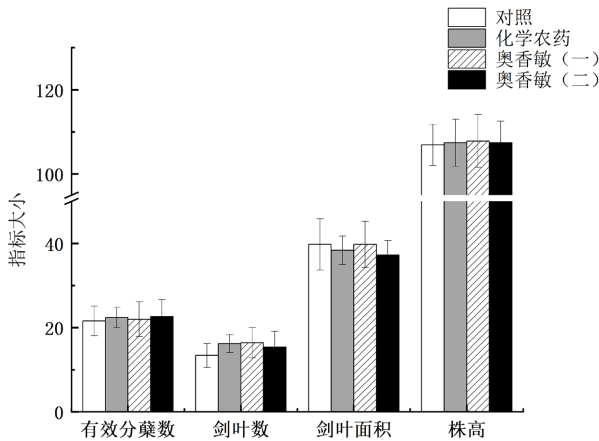


Figure 3. Effects of β -Ocimene on agronomic characters of rice
图 3. β -罗勒烯对水稻农艺性状的影响

在水稻生育期采用五点取样法、每个小区随机选取长势相同的 5 穴，对水稻的有效分蘖数、剑叶数、剑叶面积、株高进行调查统计。如图 3，结果显示，水稻经 β -罗勒烯处理后有效分蘖数、剑叶数、剑叶面积、株高与对照组没有显著差异(图 3)，据此推测 β -罗勒烯不会影响水稻正常的生长发育。

3.3. β -罗勒烯对水稻产量的影响

如表 3, 奥香敏(二)组的穗数显著高于对照组, 提升了 17.04%; 化学农药组与奥香敏组的每穗粒数均显著高于对照组, 分别提升了 28.10%、23.97%和 36.36%; 奥香敏(二)组的实际产量显著高于对照组, 提升了 25.99%; 与对照相比, 化学农药产量提升了 16.62%; 奥香敏两组平均提升了 16.83%, 与化学农药接近。综上所述, β -罗勒烯能够通过防治二化螟从而达到保产的效果, 并且与化学农药效果一致。

Table 3. Effects of different treatments on rice yield after controlling *Chilo suppressalis*

表 3. 不同处理防治二化螟后对水稻产量的影响

处理	穗数(个/穴)	每穗粒数(粒)	结实率(%)	千粒重(g)	实际产量(kg/667 m ²)
对照	13.5 $\pm$ 3.1 b	121 $\pm$ 7.5 b	65.9 $\pm$ 11.4 a	24.67 $\pm$ 0.58 a	495.9 $\pm$ 26.9 b
化学农药	14.7 $\pm$ 4.2 ab	155 $\pm$ 9.8 a	60.2 $\pm$ 7.2 a	24.35 $\pm$ 0.71 a	578.3 $\pm$ 52.5 a
奥香敏(一)	14.9 $\pm$ 3.7 ab	150 $\pm$ 21.5 a	68.8 $\pm$ 2.6 a	23.89 $\pm$ 0.87 a	533.7 $\pm$ 71.9 ab
奥香敏(二)	15.8 $\pm$ 4.2 a	165 $\pm$ 10.7 a	68.9 $\pm$ 5.0 a	24.70 $\pm$ 0.87 a	624.8 $\pm$ 50.0 a

注: 不同处理对应的各项数值中不同的小写字母表示单因素方差分析在 0.05 水平下, 差异显著。

4. 结论

现在大部分对于二化螟的防治效果只从枯鞘率与白穗率的防效来研究, 研究内容单一。而本研究从水稻枯鞘数的变化、枯鞘率与白穗率的防效、二化螟的生长发育情况 3 个点出发, 运用大田试验方法探究了 β -罗勒烯对水稻二化螟的防治效果, 研究结论更具说服力。

通过调查统计发现, 水稻经 β -罗勒烯防治后, 大田自然状态下水稻的枯鞘数减少, 枯鞘率与白穗率均显著降低, 二化螟的生长发育显著受到影响。从以上几点说明 β -罗勒烯对水稻二化螟有较好的防治效果, 且防治效果与使用传统化学农药接近。

最后本实验还对各处理田块的水稻农艺性状进行测定, 结果显示 β -罗勒烯不会影响水稻的正常生长与农艺性状。并且进行测产, 结果显示 β -罗勒烯能够通过防治二化螟从而达到保产的效果。因此, β -罗勒烯可以完全替代化学农药用于二化螟的大田防治, β -罗勒烯防治可以成为一种绿色防治水稻二化螟的新方法。

5. 讨论

水稻是我国主要的粮食作物, 二化螟是水稻主要害虫之一, 湖南地处于亚热带季风气候区, 夏季雨水丰沛, 光照充足, 为水稻的生长提供了得天独厚的自然条件[12]。然而这样的气候条件也为二化螟的生长与繁殖提供了有利条件。在水稻前期为害叶鞘部分, 水稻苗较小尚可用化学农药防治, 待到后期水稻叶片茂盛, 幼虫化蛹成蛾, 化学农药难以到达水稻茎秆部分, 从而导致防治效果大打折扣, 并且一旦发病, 虫害扩散迅速。为了便于管理, 水稻品种的单一种植与化学农药的单一使用, 二化螟的抗药性也在逐渐提高, 使得二化螟虫害越来越严重[13]。现如今, 有许多的科研人员利用二化螟寄生性天敌来防治虫害, 如寄生蜂常常作为研究对二化螟越冬幼虫抑制效果的试验对象[14], 常见的有赤眼蜂。随着化学农药的大量使用, 导致这些自然天敌也大量减少, 有研究表明, 二化螟的繁殖速度是寄生蜂等天敌的 10 倍左右[15], 并且这种方法操作较为复杂, 并不适合大田的大面积推广。针对以上情况, 现用 β -罗勒烯防治二化螟有较好的防治效果, 并且操作简单易于推广, 不仅可以减少化学农药的使用, 还不会影响粮食的产量与品质, 这让粮食安全这一主题上了一个跨时代的新台阶, 使人们可以吃得更放心, 吃得 healthier。

致 谢

本文在撰写和修改过程中,感谢刘春林教授、阮颖教授给出的宝贵意见,同时也感谢黄生林、陈庆龙参与实验设计及实验结果分析。

基金项目

国家重点研发计划项目(2021YFD1401100),湖南省研究生科研创新项目(CX20230695)。

参考文献

- [1] 王清清,姚艳红,罗莹,等.长沙市水稻病虫害发生情况及防治建议[J].湖南农业科学,2022(8): 58-62.
- [2] 刘武,阮颖,刘春林.植物防御信号分子 β -罗勒烯的研究进展[J].植物生理学报,2012,48(2): 103-110.
- [3] Turlings, T.C.J., Tumlinson, J.H. and Lewis, W.J. (1990) Exploitation of Herbivore-Induced Plant Odors by Host-Seeking Parasitic Wasps. *Science*, **250**, 1251-1253. <https://doi.org/10.1126/science.250.4985.1251>
- [4] 马泉芳,魏然,刘春林.拟南芥 β -罗勒烯合成酶基因 T-DNA 插入突变体的鉴定[J].作物研究,2011,25(5): 477-481.
- [5] Staudt, M., Jackson, B., El-aouni, H., Buatois, B., Lacroze, J., Poessel, J., *et al.* (2010) Volatile Organic Compound Emissions Induced by the Aphid *Myzus persicae* Differ among Resistant and Susceptible Peach Cultivars and a Wild Relative. *Tree Physiology*, **30**, 1320-1334. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq072>
- [6] Taipalensuu, J., Falk, A. and Rask, L. (1996) A Wound- And Methyl Jasmonate-Inducible Transcript Coding for a Myrosinase-Associated Protein with Similarities to an Early Nodulin. *Plant Physiology*, **110**, 483-491. <https://doi.org/10.1104/pp.110.2.483>
- [7] Pichersky, E. and Gershenzon, J. (2002) The Formation and Function of Plant Volatiles: Perfumes for Pollinator Attraction and Defense. *Current Opinion in Plant Biology*, **5**, 237-243. [https://doi.org/10.1016/s1369-5266\(02\)00251-0](https://doi.org/10.1016/s1369-5266(02)00251-0)
- [8] Kishimoto, K., Matsui, K., Ozawa, R. and Takabayashi, J. (2006) Analysis of Defensive Responses Activated by Volatile *Allo-Ocimene* Treatment in *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry*, **67**, 1520-1529. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.05.027>
- [9] Pieterse, C.M.J., Koomneef, A., Reyes, A.L., Ritsema, T., Verhage, A., Joosten, R., De Vos, M., Oosten, V.V. and Dicke, M. (2008) Cross-Talk between Signaling Pathways Leading to Defense against Pathogens and Insects. *Biology of Plant-Microbe Interactions*, **6**, 1-9.
- [10] 李宏江,林钢,杨忠龙,阮颖,刘春林. β -罗勒烯对烟蚜种群的防控效果[J].农业科学,2024,14(5): 614-623.
- [11] Liu, C.L., Ruan, Y., Guan, C.Y., *et al.* (2004) β -Ocimene Gene Expression Pattern Induced by Ocimene Signaling Molecule. *Science Bulletin*, **22**, 2373-2374.
- [12] 徐红辉,董淑欢,孙曼文,等.赫山区近年水稻二化螟发生危害加重的原因及防治对策[J].农业科技通讯,2024(8): 149-151, 163.
- [13] 程家安,祝增荣.中国水稻病虫害草害治理 60 年: 问题与对策[J].植物保护学报,2017,44(6): 885-895.
- [14] 潘丹丹,刘中现,陆明星,等.扬州地区水稻二化螟寄生蜂种类及主要寄生蜂发生动态[J].环境昆虫学报,2016,38(6): 1106-1113.
- [15] 盛承发,王红托,盛世余,等.我国稻螟灾害的现状与损失估计[J].昆虫知识,2003,40(4): 289-294.