

· 研究简报 ·

## 2,2,2-三氟乙基苯并[1,2,3]噻二唑-7-甲酸酯对 黄瓜霜霉病的诱导抗病性

石延霞<sup>1,2</sup>, 王微微<sup>2</sup>, 柴阿丽<sup>2</sup>, 谢学文<sup>2</sup>, 张凯丽<sup>2</sup>, 李宝聚<sup>\*2</sup>

(1. 沈阳农业大学 植物保护学院 沈阳 110161;  
2. 中国农业科学院 蔬菜花卉研究所 北京 100081)

**摘要:**为明确2,2,2-三氟乙基苯并[1,2,3]噻二唑-7-甲酸酯(简称TBTC)对蔬菜病害的诱导抗病效果,以黄瓜霜霉病 *Pseudoperonospora cubensis* 为研究对象,进行了该化合物在盆栽及田间小区条件下的诱导抗病试验。结果表明:TBTC对黄瓜霜霉病具有较好的诱抗活性,其中,盆栽试验中250 mg/L处理的平均防效为77.50% ± 1.79%,对照诱导抗病剂苯并噻二唑(BTH)的平均防效是71.72% ± 2.58%,对照杀菌剂50%烯酰吗啉可湿性粉剂在有效成分500 mg/L处理下的平均防效为71.46% ± 3.01%;两年的田间试验结果显示,TBTC 250 mg/L的处理对黄瓜霜霉病的最高防效达83.94% ± 2.09%,而BTH的最高防效为72.39% ± 2.91%,50%烯酰吗啉可湿性粉剂250 mg/L的最高防效是89.08% ± 1.95%,表明TBTC对田间黄瓜的霜霉病可产生诱导抗病效果。

**关键词:**2,2,2-三氟乙基苯并[1,2,3]噻二唑-7-甲酸酯;植物抗病激活剂;黄瓜霜霉病;诱导抗病性

**DOI:** 10.3969/j.issn.1008-7303.2011.04.15

中图分类号:S482.99

文献标志码:A

文章编号:1008-7303(2011)04-0419-04

## Resistance of cucumber to downy mildew induced by novel elicitor candidate TBTC (1,2,3-benzothiadiazole-7-carboxylic acid, 2,2,2-trifluoroethyl ester)

SHI Yan-xia<sup>1,2</sup>, WANG Wei-wei<sup>2</sup>, CHAI A-li<sup>2</sup>, XIE Xue-wen<sup>2</sup>,  
ZHANG Kai-li<sup>2</sup>, LI Bao-ju<sup>\*2</sup>

(1. Shenyang Agricultural University Shenyang 110161 China;

2. Institute of Vegetables and Flowers Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing 100081 China)

**Abstract:** The protective effect of novel elicitor candidate 1,2,3-benzothiadiazole-7-carboxylic acid, 2,2,2-trifluoroethyl ester (TBTC) was studied by surface spraying on the cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaves to induce the resistance against the biotrophic downy mildew *Pseudoperonospora cubensis* in pot and field experiments. The results of pot experiment showed that the control efficacy of TBTC was 77.50% ± 1.79% at concentration of 250 mg (a.i.) /L, the control efficacy of positive control BTH was 71.72% ± 2.58% at the same condition, while that of dimethomorph 500 WP was only

收稿日期:2011-02-01;修回日期:2011-03-23.

作者简介:石延霞(1974-)女,黑龙江人,硕士,副研究员,E-mail: shiyanyia813@163.com; \*通讯作者(Author for correspondence):李宝聚(1967-)男,博士,研究员,主要从事设施园艺作物病害综合治理、杀菌剂技术与园艺产品安全生产方面的研究,电话:010-62197975, E-mail: libj@mail.caas.net.cn

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973项目)(2010CB126100);农业部园艺作物遗传改良重点开放实验室项目。

71.46% ± 3.01% at concentration of 500 mg (a. i.) /L. Based on the results of two-year field investigations, the control efficacy varied at an acceptable range for TBTC, BTH and dimethomorph 500 WP. The highest control efficacy of TBTC at 250 mg (a. i.) /L, BTH at 250 mg (a. i.) /L and dimethomorph 500 WP at 500 mg a. i. /L were 83.94% ± 2.09%, 72.39% ± 2.91% and 89.08% ± 1.95%, respectively. The results suggested that TBTC could induce resistance of cucumber against *P. cubensis*.

**Key words:** 1,2,3-benzothiadiazole-7-carboxylic acid, 2,2,2-trifluoroethyl ester (TBTC); elicitor candidate; *Pseudoperonospora cubensis*; induced resistance

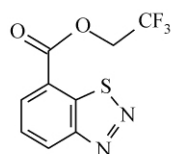
黄瓜霜霉病是由 *Pseudoperonospora cubensis* 引起的叶斑病害,常使用苯酰胺类杀菌剂和吗啉类杀菌剂进行防治,但农药的频繁使用已导致该菌株对这些杀菌剂产生了一定的抗药性<sup>[1]</sup>。

植物病害防治的另一重要途径是利用生物或非生物的植物诱导抗病激活剂(以下简称诱导抗病剂)通过激活植物自身的免疫系统来抵御病害的侵袭<sup>[2]</sup>。使用一种诱导抗病剂可防治多种病害,其抗病性具有持效性和广谱性。苯并噻二唑(BTH)是第一个商品化的植物诱导抗病剂<sup>[3]</sup>,其本身并无杀菌活性,但可在多种植物上诱导产生系统抗病性。有研究表明,50 μg/mL 的 BTH 通过叶面喷雾诱导黄瓜对霜霉病的田间抗病效果可达 67.78%<sup>[4]</sup>。2,2,2-三氟乙基苯并[1,2,3]噻二唑-7-甲酸酯(以下简称 TBTC)是由华东理工大学创制开发的新型化合物,其本身并无杀菌活性,但其对水稻白叶枯病菌 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*、水稻稻瘟病菌 *Magnaporthe grisea* 等病原菌具有诱导抗病活性<sup>[5-6]</sup>。本文报道其对黄瓜霜霉病的诱导抗病活性。

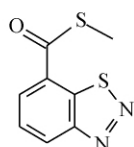
## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试化合物 TBTC (I),由华东理工大学合成并提供<sup>[6]</sup>,其 CA 化学名为 1,2,3-benzothiadiazole-7-carboxylic acid, 2,2,2-trifluoroethyl ester,纯度为 97.200 8%。对照诱导抗病剂苯并噻二唑(BTH, II),由华东理工大学合成并鉴定,纯度为 97.619 2%。对照杀菌剂 50% 烯酰吗啉可湿性粉剂(dimethomorph 500 WP),广东东莞瑞德丰生物科技有限公司生产。二甲基甲酰胺(DMF),分析纯。



(I) TBTC



(II) BTH

黄瓜霜霉病病菌 *Pseudoperonospora cubensis* 由中国农业科学院蔬菜花卉研究所活体保存,具有高致病性。供试作物黄瓜 *Cucumis sativus* L.,品种为“中农 5 号”。作物栽培及环境条件与生产上温室各种蔬菜的栽培管理技术相同,各重复间栽培管理条件基本一致。

### 1.2 盆栽试验

1.2.1 施药及接种方法 用 DMF 将 TBTC 配制成质量浓度(有效成分)分别为 500、250、100、50、25 mg/L 的系列供试药液。以 BTH 有效成分 250 mg/L、50% 烯酰吗啉 WP 有效成分 500 mg/L 为对照药剂,以清水处理为空白对照,以 0.5% DMF 的水溶液为溶剂对照。各处理均设 4 次重复,每重复 20 株苗。

采用喷雾施药,将各供试药液(包括对照)均匀喷施到苗龄一致的黄瓜苗叶片的正、反面,以叶面雾滴均匀一致为宜。于黄瓜苗两叶一心期进行第 1 次诱导施药,以后每隔 5 d 喷雾 1 次,共施药 3 次。施药时各处理间用塑料膜隔开,以免药剂漂移。于第 3 次施药后 3 d 采用喷雾接种法接种黄瓜霜霉病菌,接种后放入保湿箱(温度 20 ~ 28 °C,相对湿度 85%)中连续保湿 48 h 后,再采取 12 h 敞开、12 h 保湿的方式进行交替保湿处理。待清水对照充分发病后进行病害调查。

1.2.2 病害调查方法 病情和药害分级标准,以及病情指数和防治效果的计算参照文献文法<sup>[7]</sup>进行。

### 1.3 田间小区试验

于 2008 和 2009 年连续 2 年分别在北京市、辽宁沈阳市、山东寿光市、河北廊坊市 4 地各选择 2 个点进行试验。处理及对照使用的药液浓度同 1.2.1 节,调查方法同 1.2.2 节。每处理 4 次重复,每重复 1 个小区,每个小区面积约 15 m<sup>2</sup> 随机区组排列。

在黄瓜苗床期间于 2 片真叶期进行喷雾作为第 1 次诱导,待黄瓜定植缓苗 7 d 后进行第 2 次施药,以后每隔 7 d 施药 1 次,连续施药 3 次;对照 BTH

及烯酰吗啉的处理方式与供试化合物相同。在试验期间未使用任何其他杀菌剂、杀虫剂。于清水对照自然发生黄瓜霜霉病时,按每小区对角线5点取样调查全株叶片,每点选2株共10株。计算病情指数及其诱导抗病效果。

#### 1.4 数据处理

利用 SAS 9.0 软件 Duncan's 新复极差法对数据进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 TBTC 对盆栽黄瓜的诱导抗病效果

盆栽试验结果发现,不同质量浓度的 TBTC 药液

对黄瓜霜霉病具有不同的诱导抗病活性(表1)。其中 500 mg/L 的处理使黄瓜苗轻微矮化,产生中度药害; 250 mg/L 的处理尽管也产生了轻微药害,但随着植株的生长,药害症状可自行缓解。TBTC 500 和 250 mg/L 处理的诱抗效果均好于烯酰吗啉 500 mg/L 处理的防效,且优于 BTH 250 mg/L 的处理。

### 2.2 TBTC 对田间黄瓜的诱导抗病效果

两年两地的田间试验结果(表2)表明, TBTC 对黄瓜霜霉病具有较好的诱抗效果。其中 2008 年 TBTC 500 和 250 mg/L 处理的诱抗效果均高于 BTH, 但各处理的诱抗效果均低于烯酰吗啉的防效。各处理的防效均随着药剂施用浓度的增大而增高,但由

表1 TBTC 诱导黄瓜抗霜霉病的盆栽试验结果

Table 1 Control efficacy of TBTC on cucumber to downy mildew by pot experiment

药剂处理 Treatment	施药剂量 Dose/(mg/L)	平均病情指数 Average disease indexes	平均防效 Average control efficacy /%	药害情况 Phytotoxicity
TBTC	500	9.03	78.74 ± 2.25 a	++
	250	9.55	77.50 ± 1.79 a	+
	100	16.94	60.11 ± 2.22 c	-
	50	20.76	51.12 ± 1.77 d	-
	25	22.32	47.45 ± 2.21 d	-
BTH	250	12.01	71.72 ± 2.58 b	-
50% 烯酰吗啉(dimethomoph) WP	500	12.12	71.46 ± 3.01 b	-
DMF	-	31.50	25.82 ± 1.13 e	-
清水 Water	-	42.47	-	-

注: 同列数据后不同小写字母表示在 5% 水平上的差异显著性。- 无药害, + 轻度药害, ++ 中度药害。

Note: Different small letters behind number in the same list show significant difference 5% levels. - no pesticide injury; + low-grade pesticide injury; ++ medium pesticide injury.

表2 TBTC 诱导黄瓜抗霜霉病的田间效果(2008)

Table 2 The field efficacy of TBTC on cucumber to downy mildew in 2008

药剂处理 Treatment	年份 Year	有效剂量 Dose, a. i. / (mg/L)	北京 Beijing		辽宁沈阳 Shenyang, Liaoning Province		山东寿光 Shouguang, Shandong Province		河北廊坊 Langfang, Hebei Province	
			平均病情指数 Average disease index	平均防效 ± 标准差 Average control efficacy ± SE/%	平均病情指数 Average disease index	平均防效 ± 标准差 Average control efficacy ± SE/%	平均病情指数 Average disease index	平均防效 ± 标准差 Average control efficacy ± SE/%	平均病情指数 Average disease index	平均防效 ± 标准差 Average control efficacy ± SE/%
TBTC	2008	500	10.07	76.44 ± 2.29	8.74	77.30 ± 2.02	5.68	80.14 ± 2.26	7.50	81.76 ± 2.55
		250	13.81	67.54 ± 2.03	11.00	71.43 ± 3.15	8.50	70.28 ± 2.44	8.60	79.08 ± 2.77
		100	14.05	67.12 ± 2.11	14.30	62.86 ± 2.09	11.30	60.49 ± 1.74	13.60	66.92 ± 2.26
	2009	250	3.64	83.94 ± 2.09	5.31	60.40 ± 2.05	4.25	79.27 ± 2.11	10.10	66.06 ± 1.73
		100	3.99	82.39 ± 1.98	5.69	56.50 ± 1.97	5.53	73.02 ± 2.21	13.35	55.14 ± 1.39
BTH	2008	250	14.02	67.19 ± 2.78	14.50	62.34 ± 1.98	10.20	64.34 ± 2.09	11.35	72.39 ± 2.91
	2009	250	6.94	69.41 ± 1.79	3.71	71.64 ± 1.76	7.05	65.61 ± 1.98	9.87	66.83 ± 1.67
DMF	2008	-	37.05	13.31 ± 1.51	37.60	2.34 ± 0.07	26.40	7.69 ± 0.25	38.80	5.62 ± 0.72
	2009	-	26.30	-15.89 ± 1.15	12.08	7.65 ± 1.15	19.80	3.41 ± 1.05	27.85	6.42 ± 1.09
50% 烯酰吗啉 (dimethomoph) WP	2008	500	5.94	86.09 ± 3.01	4.50	88.31 ± 2.05	3.50	87.76 ± 3.13	5.75	86.01 ± 3.01
	2009	250	3.20	85.90 ± 2.35	3.31	74.69 ± 1.88	4.05	80.24 ± 2.12	3.25	89.08 ± 1.95
清水 Water	2008	-	42.74	-	38.50	-	28.60	-	41.11	-
	2009	-	22.69	-	13.08	-	20.50	-	29.76	-

于 TBTC 500 mg/L 的处理存在轻度药害,故在 2009 年试验中只设定了 250、100、50 mg/L 3 个质量浓度处理,烯酰吗啉的浓度也相应降低。

由表 2 中数据发现,在 250 mg/L 下, TBTC 对黄瓜霜霉病的平均防效为 72.13%, BTH 的平均防效为 67.47%。其中 2008 年 TBTC 250 mg/L 处理在供试 4 地的诱抗效果均高于 BTH; 2009 年 3 种供试浓度下的 TBTC 均为北京和山东的诱抗效果高于 BTH, 河北和辽宁的效果低于 BTH。

两年的试验结果中, TBTC 在各处理剂量下对黄瓜霜霉病的诱抗效果均低于烯酰吗啉的防效。

### 3 结论与讨论

用于植物病害防治的诱导抗病剂,对不具有致病性的腐生菌、顽菌无影响,不污染环境,有利于维持生态系统中微生物之间复杂而微妙的平衡关系,是典型的生态型农药<sup>[8]</sup>。典型的诱导抗病激活剂如水杨酸钠( NaSA)<sup>[9]</sup>、2- $\beta$ -二氯异烟酸( INA)<sup>[4]</sup>、苯并噻二唑( BTH)<sup>[10]</sup>、 $\beta$ -氨基丁酸( BABA)<sup>[11]</sup>等均可诱导寄主的系统抗病性,其中 BTH 已被证明可在多种植物上对多种病原真菌产生系统诱导抗病作用,并已在田间试验中取得良好的诱导抗病效果<sup>[12-15]</sup>。

本研究中的盆栽试验和田间药效试验结果均显示, TBTC 对黄瓜霜霉病具有较好的诱抗效果,其中 250 mg/L 处理的平均防效高于同浓度的 BTH,盆栽和田间试验的最高防效分别为 77.50% 和 83.94%,两年田间试验的平均防效可达 72.13%。尽管 TBTC 各浓度处理的诱抗效果均低于杀菌剂烯酰吗啉的防效,但仍可达 60% 以上。田间试验结果显示, 2008 年 TBTC 的诱抗效果高于 BTH,而 2009 年辽宁和河北的诱抗效果却低于 BTH,这可能与田间试验所处的季节和当年的气候条件有关。由于田间试验条件的差异,两年各试验地自然发病的病情指数也存在差异,但并不影响对防病效果的评价。本研究结果可为 TBTC 的商品化发展提供一定的参考。有关 TBTC 的安全性、田间使用的条件以及与其他杀菌剂间的相互作用关系等诸多问题还有待进一步研究。

### 参考文献:

[1] HAO Jing-zhe(郝敬喆), WEN Yong-lin(文勇林), FAN Yong-mei(范咏梅) *et al.* 杀菌剂对温室黄瓜霜霉病防效评价及防治[J]. *Xinjiang Agric Sci*(新疆农业科学) 2009, 46(4):

736-738.

- [2] SHI Yan-xia(石延霞), ZHANG Nan(张楠), YU Yang(于洋), *et al.* 病原菌诱导黄瓜对其主要病害的抗病反应[J]. *Chinese J Biol Control*(中国生物防治) 2008, 24(4): 312-317.
- [3] FAN Zhi-jin(范志金), LIU Xiu-feng(刘秀峰), LIU Feng-li(刘凤丽) *et al.* 植物抗病激活剂诱导植物抗病性的研究进展[J]. *Acta Phytophyl Sinica*(植物保护学报) 2005, 32(1): 87-92.
- [4] WANG Li(王莉), HUANG Li-li(黄丽丽), KANG Zhen-sheng(康振生), *et al.* BTH 诱导黄瓜对霜霉病的抗性[J]. *Acta Phytopathol Sinica*(植物病理学报) 2005, 35(3): 274-277.
- [5] QIAN Xu-hong(钱旭红), XU Yu-fang(徐玉芳), ZHAO Zhen-jiang(赵振江) *et al.* 苯并噻二唑衍生物在植物抗病激活剂中的应用: CN 1868277 A [P]. 2006-11-29.
- [6] XU Y F, ZHAO Z J, QIAN X H, *et al.* Novel unnatural benzo-1,2,3-thiadiazole-7-carboxylate elicitors of taxoid biosynthesis[J]. *J Agric Food Chem* 2006, 54(23): 8793-8798.
- [7] GB/T 17980.30-2000. Pesticide: Guidelines for the field efficacy trials (I): fungicides against downy mildew of cucumber [农药田间药效试验准则(一): 杀菌剂防治黄瓜白粉病] [S]. Beijing(北京): Standard Press of China(中国标准出版社) 2000: 108-110.
- [8] VINCENTIUS A H, ASTRID H, VIOLETTA M, *et al.* The oligopeptide elicitor Pep-13 induces salicylic acid-dependent and -independent defense reactions in potato [J]. *Physiol Mol Plant Pathol* 2004, 64(6): 311-318.
- [9] KONÉ D, CSINOS A S, JACKSON K L, *et al.* Evaluation of systemic acquired resistance inducers for control of *Phytophthora capsici* on squash [J]. *Crop Prot* 2009, 28(6): 533-538.
- [10] KUNZ W, SCHURTER R, MAETZKE T. The chemistry of benzothiadiazole plant activators [J]. *Pestic Sci* 1997, 50: 275-282.
- [11] WALZ A, SIMON O.  $\beta$ -Aminobutyric acid-induced resistance in cucumber against biotrophic and necrotrophic pathogens [J]. *J Phytopathol* 2009, 157(6): 356-361.
- [12] DU Qing-shan(杜青山), ZHAO Zhen-jiang(赵振江), ZHU Wei-ping(朱维平) *et al.* 苯并 1,2,3-噻二唑羧酸酯的合成及生物活性[J]. *Chin J Pestic Sci*(农药学报) 2010, 12(4): 499-502.
- [13] FAN Wen-jing(范文静), CUI Xin-yi(崔新仪), WANG Xue-li(王学利). 植物激活剂苯并噻二唑(BTH)的研究进展[J]. *J Tianjin Agric Univ*(天津农学院学报) 2009, 16(3): 52-55.
- [14] FAORO F, MAFFI D, CANTU D, *et al.* Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: the effects of chitosan and benzothiadiazole [J]. *Bio Control* 2008, 53: 387-401.
- [15] LI Yu-hong(李玉红), CHENG Zhi-hui(程智慧), CHEN Peng(陈鹏). 苯并噻二唑(BTH)诱导黄瓜幼苗对霜霉病抗性的研究[J]. *Acta Horticult Sinica*(园艺学报) 2006, 33(2): 278-282.

(责任编辑: 金淑惠)