

# BTH 对小麦产生白粉病抗性的诱导作用<sup>\*</sup>

黄雪玲, 黄丽丽, 康振生, 韩青梅, 魏国荣

(西北农林科技大学 植保学院, 陕西 杨凌 712100)

**[摘 要]** 用化学诱抗剂 BTH (benzo thiadiazole) 分别处理幼苗期和成株期小麦后, 再接种小麦白粉病菌, 以研究 BTH 诱发小麦对白粉病产生系统性抗性的能力。结果表明, 用 BTH 处理幼苗期小麦后, 小麦白粉病的病情指数较对照显著降低, BTH 诱发小麦幼苗对白粉病产生抗性的最佳浓度为  $0.20 \sim 0.25 \text{ mmol/L}$ , 最佳时间间隔应大于 6 d。对于成株期小麦, 在分蘖中期和后期以  $0.20 \text{ mmol/L}$  BTH 喷雾, 对小麦白粉病的防效为 60.82%, 较对照增产 16.00%。说明 BTH 可以诱导小麦对白粉病产生系统获得抗性, 并可用于田间白粉病防治。

**[关键词]** 小麦白粉病; 系统获得抗性; BTH

**[中图分类号]** S432.2<sup>+</sup>6; S435.121.4<sup>+</sup>6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2005)08-0078-03

小麦白粉病 (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) 是我国小麦的主要病害之一。近年来, 由于品种、栽培制度、气候条件等因素的影响, 小麦白粉病在我国许多省份大面积发生, 致使小麦严重减产。目前, 我国多采用化学药剂防治小麦白粉病, 但易造成环境污染, 且对人畜不安全。利用植物本身的抗性机制来防治病害, 是一种经济有效且对环境安全的防病措施。植物系统获得抗性 (systemic acquired resistance, SAR) 是通过各种因子激发植物的天然防御机制, 从而使植株的处理和非处理部位在较长时间内保持对多种病原物的抗性<sup>[1,2]</sup>。目前, SAR 因具有抗病谱广、持效期长、对人畜无害等优点而备受重视。

Novartis 公司生产的苯基 (1, 2, 3) 噻二唑-7-硫代羧酸硫甲酯 [benzo (1, 2, 3)-thiadiazole-7-carbothioic acid smethylester, BTH] 在国外已被证实具有诱导 SAR 的作用, 经用于少数大田作物来抵抗广谱病原菌的侵染, 取得了较好效果<sup>[3,4]</sup>, 是一种能在生产中应用的新型化合物。本试验研究了 BTH 诱发小麦对白粉病产生系统抗性的能力和特性, 以探索用 BTH 防治我国小麦白粉病的可行性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

小麦品种为小偃 6 号和武农 148, 由西北农林科技大学植物免疫实验室提供。诱抗剂 BTH 为

50% 颗粒剂, 由 Novartis 公司生产。小麦白粉病菌混合菌系从 2002 年自然感病的小麦上采集, 在活体小麦植株上培养扩繁。

### 1.2 诱导抗性测定

**1.2.1 幼苗期** 将小偃 6 号小麦种子均匀播种在直径 9 cm 的瓦盆中, 每盆 15 粒, 待幼苗长至四叶一心期时用 BTH 对其进行一次喷雾处理, 使叶片上均匀布满微小雾点, 以喷清水为对照。分别在诱导处理后不同时间用抖落法接种小麦白粉病菌, 接种后 10 d 调查发病情况。在确定最佳浓度的试验中, 分别用  $0.10, 0.15, 0.20, 0.25$  和  $0.30 \text{ mmol/L}$  BTH 进行喷雾, 诱导处理 6 d 后接种; 在确定诱导时间的试验中, 用  $0.3 \text{ mmol/L}$  BTH 进行喷雾, 以喷清水为对照, 分别在处理后 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 d 接种。每盆 1 个处理, 每处理 3 个重复。

**1.2.2 成株期** 成株期试验在西北农林科技大学农作一站进行。共设 4 个处理, 每处理一个小区, 小区面积  $3 \text{ m}^2$ , 每处理重复 3 次, 各小区随机排列, 小区四周设诱发行。10 月底播种, 小麦品种为武农 148。用  $0.20 \text{ mmol/L}$  BTH 按  $100 \text{ mL/m}^2$  药量分别小麦不同生长期喷雾。设分蘖中期喷药、分蘖后期喷药、分蘖中期和后期都喷药 3 个处理, 以喷清水为对照。最后一次喷药后 10 d, 对诱发行接种小麦白粉病菌, 待对照小麦充分发病后按照 5 点取样法调

\* [收稿日期] 2004-11-04

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目 (2001BA 509B 03)

[作者简介] 黄雪玲 (1979-), 女, 湖北襄樊人, 在读博士, 主要从事小麦诱导抗性研究。

[通讯作者] 康振生 (1957-), 男, 四川安岳人, 教授, 博士生导师, 主要从事分子植物病理学研究。

查发病情况。小麦成熟后, 每小区随机取 3 个点, 每点取 0.25 m<sup>2</sup> 单收、单脱, 然后称每小区 3 个取样点的小麦质量, 并测千粒重。

1.3 病情调查与统计方法

幼苗期试验中, 调查倒一叶和倒二叶的发病情况, 包括病叶数和严重度, 计算病叶率、病情指数和防治效果。成株期试验中, 按刘孝坤等<sup>[5]</sup>的病茎严重度分级标准调查整株发病情况, 包括病叶数、严重度, 确定发病级数, 计算病情指数和防治效果。所得结果用 SPSS 统计分析软件进行多重比较。

病叶率/% = (病叶数/调查总叶数) × 100%,  
苗期小麦病情指数 = 病叶率 × 病叶平均严重度 × 100,  
成株期小麦病情指数 = [ ∑ (病级数 × 该级病叶数) / (总调查叶片数 × 最高级数) ] × 100,  
防治效果/% = [(对照病情指数 - 处理病情指数) / 对照病情指数] × 100%。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 BTH 对小麦抗性的诱导效果

表 1 结果表明, 不同浓度 BTH 喷雾处理均可使小麦对白粉病产生一定防效。当 BTH 为 0.10 mmol/L 时, 处理植株的病情指数较对照降低 7.40, 但与对照差异不显著。当 BTH 浓度在 0.15~0.30 mmol/L 时, 处理植株的病情指数均与对照植株有显著差异, 其中 0.30 与 0.25 mmol/L BTH 处理间差异不明显。从防治效果和用药量方面综合考虑, 以 0.20~0.25 mmol/L BTH 处理产生的效果最佳。

2.2 BTH 诱发小麦对白粉病产生抗性的间隔期与持效期

表 2 结果表明, 小麦幼苗在 BTH 处理后 1 d 接种小麦白粉病菌, 其病情指数较对照有一定程度下降, 但防效不理想。诱导处理 2 和 4 d 后接种产生的防效与处理 1 d 后接种产生的防效差异不显著。诱导处理 6 d 后接种, 其病情指数较对照下降 19.27%, 防效达 66.13%, 与诱导处理 4 d 后接种无

生的防效差异显著。诱导处理 6, 8, 10, 12 d 后接种产生的防效间无显著差异, 这表明诱导抗性表达的最佳时间间隔应大于 6 d, 而且一经诱导可持续较长时间。

表 1 不同浓度 BTH 对小麦抗性的诱导效果

Table 1 Effect of treatment with different concentrations of BTH on induced resistance in wheat

| BTH / (mmol · L <sup>-1</sup> ) | 病情指数<br>Disease index | 防治效果/%<br>Control effect |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 0.30                            | 6.70 a                | 84                       |
| 0.25                            | 7.20 a                | 83                       |
| 0.20                            | 13.6 b                | 69                       |
| 0.15                            | 25.2 c                | 42                       |
| 0.10                            | 35.8 d                | 17                       |
| CK                              | 43.2 d                | -                        |

注: 同列数据后标不同字母者表示差异显著 (P < 0.05)。下表同。

Note: Values followed by different letters are highly significantly different at 5% level

表 2 BTH 处理后不同间隔期接种对小麦白粉病病情指数的影响

Table 2 Effect of different intervals between BTH induction and challenge inoculation of *B. graminis* f. sp. *tritici* on disease index

| 间隔时间/d<br>Interval | 病情指数 Disease index |       | 防治效果/%<br>Control effect |
|--------------------|--------------------|-------|--------------------------|
|                    | 0.3 mmol/L BTH     | CK    |                          |
| 1                  | 39.49              | 62.42 | 36.74 b                  |
| 2                  | 24.06              | 38.46 | 37.44 b                  |
| 4                  | 31.58              | 51.30 | 38.44 b                  |
| 6                  | 9.87               | 29.14 | 66.13 a                  |
| 8                  | 8.29               | 20.11 | 58.78 a                  |
| 10                 | 20.15              | 41.59 | 51.55 a                  |
| 12                 | 23.87              | 39.87 | 40.13 ab                 |

2.3 BTH 对成株期小麦病情与产量的影响

表 3 结果表明, 不同处理对成株期小麦白粉病均有一定防效。分蘖后期和分蘖中期及后期都用 0.20 mmol/L BTH 处理的小麦病情指数, 均与喷清水对照差异显著。在分蘖中期用 0.20 mmol/L BTH 处理的小麦病情指数较对照下降 22.80%, 但差异不明显。

表 3 BTH 对成株期小麦病情与产量的影响

Table 3 Effect of BTH on adult wheat cv. Wunong 148

| 处理<br>Treatment                                                          | 病情指数<br>Disease index | 防治效果/%<br>Control effect | 千粒重/g<br>Thousand grain weight | 产量/(g · m <sup>-2</sup> )<br>Grain yield |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|
| 分蘖中期和分蘖后期喷雾<br>Spraying with BTH at middle tillering and later tillering | 0.470 0 a             | 60.82                    | 40.44                          | 731.12 a                                 |
| 分蘖后期喷雾<br>Spraying with BTH at later tillering                           | 0.501 5 a             | 58.19                    | 39.00                          | 671.21 ab                                |
| 分蘖中期喷雾<br>Spraying with BTH at middle tillering                          | 0.926 1 ab            | 22.80                    | 38.58                          | 704.45 ab                                |
| 喷清水对照<br>Spraying with water                                             | 1.199 6 b             | -                        | 38.51                          | 631.13 b                                 |

由表 3 还可看出, 用 BTH 处理后, 小麦小区产量均比对照提高, 其中分蘖中期和后期均用 0.20

mmol/L BTH 处理的产量较对照提高 16.00%, 差异达显著水平。由于调查发病情况的时间与初次喷药的时间间隔超过 80 d, 所以认为 BTH 对小麦的持效期超过 80 d。

### 3 讨 论

自从发现一些化合物能诱发植物的 SAR 后, 人们便一直致力于将该类化合物用于植物病害防治研究。目前, 已证实水杨酸(salicylic acid)和 2, 6-二氯异烟酸(2, 6-dichloroisonicotinic acid, NA)是 SAR 的有效诱发物, 但这 2 种化合物有毒害、抑制植物发育等不良影响, 因而难以应用于生产<sup>[2]</sup>。国外研究<sup>[6, 7]</sup>表明, BTH 能诱发拟南芥、烟草、豌豆、番茄、棉花、玉米和大麦等多种植物对真菌、细菌和病毒产生系统获得抗性, 且无植物毒性, 因而已作为一种新

型农药投放市场。我国目前对 BTH 的诱导效果仅在水稻、厚皮甜瓜、黄瓜、番茄等植物上进行了初步研究<sup>[2, 8~10]</sup>, 但已发现 BTH 对植物抗性有很好的诱导作用。

针对近几年我国白粉病发生较严重的情况, 本试验研究了 BTH 诱发小麦对白粉病产生系统性抗性的能力和特性。结果表明, BTH 处理能使小麦病情指数明显降低, 产量较对照明显提高。在小麦幼苗期, 只要对小麦正常管理, 使其在后期也保持较强长势, 则 BTH 处理后间隔 6~12 d 接种小麦白粉病菌, 不同间隔期小麦的防病效果差异不明显。这一结果与其他一些相关研究认为的最佳诱导期结果有差异<sup>[2, 4]</sup>, 这可能是由于作物种类不同造成的。

今后, 应进一步研究 BTH 对其他作物抗病性的诱导作用及其抗性机制。

### [参考文献]

- [1] 董汉松. 植物诱导抗病性原理和研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995
- [2] 宋凤鸣, 葛秀春, 郑 重, 等. 苯并噻二唑诱发水稻对白叶枯病的系统获得抗性[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(4): 323- 326
- [3] Gorlach J, Volrath S, Knaufbeiter G, et al. Benzo-thiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat[J]. Plant Cell, 1996, 8: 629- 643
- [4] 葛春秀, 宋凤鸣, 郑 重, 等. BTH 诱发水稻对稻瘟病的系统获得抗性[J]. 浙江农业学报, 1999, 11(6): 311- 314
- [5] 刘孝坤, 周益林. 小麦白粉病田间病情调查方法的研究[J]. 植物保护, 1998, 14(2): 17- 18
- [6] Colsonhanks E S, Deverall B J. Effect of 2, 6-dichloroisonicotinic acid, its formulation materials and benzo-thiadiazole on systemic resistance to alternaria leaf spot in cotton[J]. Plant Cell, 2000, 49: 171- 178
- [7] Dann E K, Deverall B J. A activation of systemic disease resistance in pea by an avirulent bacterium or a benzo-thiadiazole, but not by a fungal leaf spot pathogen[J]. 2000, 49: 324- 332
- [8] 高小宁, 谢芳芹, 王 丽, 等. 活化酯诱导黄瓜产生对霜霉病的抗病性[J]. 农药, 2004, 43(4): 190- 191
- [9] 王 伟, 唐文华, 周洪友, 等. BTH 对厚皮甜瓜抗病性的诱导作用研究[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(5): 48- 53
- [10] 李春游, 袁丽君, 谢芳芹, 等. BTH 对番茄抗病性的诱导作用研究[J]. 陕西农业科学, 2003, (增刊): 1- 2

## Effect of BTH on resistance induction in wheat against

## *B lum eria gram inis f. sp. tritici*

HUANG Xue-ling, HUANG Li-li, KANG Zhen-sheng, HAN Qing-mei, WEI Guo-rong

(College of Plant Protection, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In order to study the ability of benzo-thiadiazole induced systemic acquired resistance in wheat against *B lum eria gram inis f. sp. tritici*, wheat seedling and adult wheat were inoculated with *B. gram inis f. sp. tritici* after pretreated with BTH. Suppression of the powdery mildew disease was observed in wheat pretreated with BTH. For wheat seedling, the optimum concentration of BTH for resistance induction was found to be at 0.20- 0.25 mmol/L, the optimum interval between BTH induction and challenge inoculation was more than 6 days. The optimum treatment for adult wheat was spraying with 0.20 mmol/L BTH twice at tillering, through which the control effect was 60.82%, 16% higher than that of the untreated. The results indicated that the BTH-induced resistance against the powdery mildew disease was a response to systemic acquired resistance, and BTH could be used to control powdery mildew in field.

**Key words:** *B lum eria gram inis f. sp. tritici*; systemic acquired resistance; benzo-thiadiazole