

苯丙噻二唑诱导辣椒抗白粉病机制研究

莫熙礼¹, 蒋选利²

(1. 黔东南民族职业技术学院 生物工程系, 贵州 兴义 562400; 2. 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要:以花溪辣椒、遵义辣椒为试材, 辣椒白粉病菌为供试菌, 苯丙噻二唑(BTH)为诱导剂, 采用喷施接种法, 研究了 BTH 诱导辣椒对白粉病产生抗性的作用机制。结果表明: 不同浓度 BTH 均可以诱导辣椒对白粉病产生抗性, 浓度为 $0.20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时诱导效果最佳, 防治效果为 81.82%; BTH-接菌处理的辣椒叶片过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性明显增加; BTH-接菌、BTH-未接菌和 CK-接菌处理都能诱导辣椒叶片几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶活性的升高, 但 CK-接菌处理增加幅度较小。BTH 不影响白粉病菌孢子萌发和附着孢子的产生, 却能有效抑制菌丝的生长, 表现为菌丝生长缓慢和菌丝的侧枝数减少。通过扫描电镜观察, 发现 CK-接菌处理在 24 h 后, 辣椒叶片保护层开始被溶解, BTH-接菌处理的辣椒在接菌 48 h 后才出现该现象, 说明 BTH 能产生阻碍或延迟菌丝破坏的保护层物质。

关键词: 苯丙噻二唑(BTH); 辣椒; 防御酶

中图分类号: S 436.418.1⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2016)16-0113-06

贵州种植辣椒历史悠久, 品种资源丰富, 是我国辣椒栽培适宜区, 也是我国辣椒主产区之一。贵州气候温暖湿润, 雨季明显, 这给辣椒白粉病的发生和流行创造了极有利的条件。生产上, 主要以化学药剂防治为主, 但过多的使用农药, 不但污染环境, 而且严重威胁人体健康。利用化学诱抗剂诱导植物抵抗病原体, 是适应现代化农业的新方法, 可减少对化学杀菌剂的依赖性。

目前, 国内外对辣椒白粉病方面的研究主要集中在病菌的发病规律^[1]以及化学防治^[2]方面, 在辣椒白粉病的诱导抗病性方面尚鲜见报道, 因此, 进行辣椒诱导抗白粉病的研究是有必要的。苯丙噻二唑(BTH)是一类具有很好诱导效果的化合物, 在黄瓜^[3]、烟草^[4]、甜瓜^[5]等多种作物上表现出很强的诱导作用。为此, 该研究通过室内试验, 测定 BTH 诱导辣椒抵抗白粉病菌的效果, 筛选出 BTH 的最佳诱导浓度, 并且从辣椒防御相关酶以及组织病理学等方面进行研究, 初步揭示 BTH 诱导辣椒产生抗病性的机制, 以期今后 BTH 在生产中的开发应用提供理论依据, 对绿色控制辣椒白粉病也具有深远的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试辣椒品种花溪辣椒与遵义辣椒, 由贵州大学植物病理学蒋选利教授提供。种子经消毒后播种在直径约 6 cm、高约 15 cm 的塑料杯中, 待幼苗长到 8~10 片真叶时, 将植株移栽在直径约 20 cm、高约 25 cm 的花盆中, 保持每盆 2~3 株, 置于温室培养。

供试菌源辣椒白粉病菌, 孢子采自花溪区湖潮乡磊庄辣椒基地自然发病的植株, 配制成孢子悬浮液(10^5 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$)备用; 诱导剂 BTH 由贵州大学植物病理学教研室提供; 扫描电子显微镜(S-3400N)。

1.2 试验方法

1.2.1 BTH 最适浓度的筛选 将 BTH 的浓度设置为 0.05、0.10、0.20、0.40、0.60 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。待辣椒长至成株时进行整株诱导处理, 对照植株叶面喷施清水, 以溶液布满叶面但不下流为宜。每处理 5 株, 重复 3 次。喷药后第 3 天对整株进行病原菌接种。待对照充分发病后调查发病情况, 计算发病指数及相对防效。辣椒白粉病的分级标准: 0 级没有病斑; 1 级病斑面积占叶片总面积的 5% 以下; 2 级病斑面积占叶片总面积的 5%~15%; 3 级病斑面积占叶片总面积的 16%~25%; 4 级病斑面积占叶片总面积的 26%~50%; 5 级病斑面积占叶片总面积的 51%~75%; 6 级病斑面积占叶片总面积的 75% 以上。病情指数 = $\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值}) / (\text{调查总叶数} \times \text{最高级数值}) \times 100$; 相对防效(%) = $(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数} \times 100$ 。

第一作者简介: 莫熙礼(1982-), 男, 广西梧州人, 硕士, 讲师, 现主要从事植物病虫害防治教学及科研等工作。E-mail: moxili1982@163.com.

基金项目: 黔东南州科技局计划资助项目(2015-1-14)。

收稿日期: 2016-02-14

1.2.2 BTH对辣椒防卫相关酶活性的影响 待花溪辣椒长至成株期,设置 T1(BTH-接菌)、T2(BTH-未接菌)、T3(CK-接菌)、T4(CK)4种处理进行试验,每处理12盆。分别在处理后1、2、3、4、5、6、7、8、9 d取叶片,参考李靖等^[6]的方法提取多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)酶粗液,参考薛应龙等^[7]的方法提取苯丙氨酸解氨酶(PAL)酶粗提液,参考车海彦等^[8]的方法提取 β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶粗提液。PPO和POD活性的测定参照李保聚等^[9]的方法;PAL活性测定参照薛应龙等^[7]的方法; β -1,3-葡聚糖酶活性测定参照车海彦等^[8]的方法;胶态几丁质的制备参照陈鹏等^[10]的方法,几丁质外切酶和内切酶活性的测定参照汤章城^[11]的方法。

1.2.3 BTH诱导辣椒白粉病产生抗性的组织病理学观察 待花溪辣椒长至成株期,用最适浓度的BTH处理。分别在处理后12 h、1、2、5、8 d剪取叶片,叶片长和宽均为1~2 cm,用5%碳酸钠冲洗辣椒叶片表面去除细胞碎片及杂质后,将样品放置冷冻台内,打开扫描电子显微镜观察以下指标。①孢子萌发:用接种后12 h的样片统计孢子萌发的数目,计算孢子萌发率,孢子萌发率

(%)=(a/A)×100,其中a为检查萌发孢子数,A为检查总孢子数。②附着胞形成:用接种后12 h的样片统计附着胞形成数目,计算附着胞形成率,附着胞形成率(%)=(b/B)×100,其中b检查形成附着胞的孢子总数,B为检查萌发孢子总数。③菌丝的长度:接种24、48 h后测量40个孢子产生菌丝的长度,计算其平均值。④菌丝的分枝数:接种24、48 h后测量40个孢子产生菌丝的分枝数,计算分枝总数。

2 结果与分析

2.1 不同浓度BTH诱导对辣椒产生白粉病抗性的影响

由表1可知,不同浓度的BTH处理2个辣椒品种植株后,其发病程度显著小于对照,病情得到了抑制和延缓。0.20 mmol·L⁻¹ BTH处理的花溪辣椒病情指数由对照的35.63降至6.48,发病率由75.86%下降到21.35%,防治效果为81.82%;0.20 mmol·L⁻¹ BTH处理遵义辣椒后,其病情指数由对照的28.53降至7.52,发病率由61.25%下降到20.03%,防治效果为73.65%。由此可知,BTH的浓度为0.20 mmol·L⁻¹时,对辣椒诱导效果最好。

表1 不同浓度的BTH诱导辣椒对白粉病产生抗性的影响

Table 1 Effect of BTH treatment with different concentration on the induction of pepper resistance to powdery mildew						
浓度 Concentration /(mmol·L ⁻¹)	花溪辣椒 Huaxi pepper			遵义辣椒 Zunyi pepper		
	发病率 Incidence of disease/%	病情指数 Disease index	防治效果 Effect of prevention/%	发病率 Incidence of disease/%	病情指数 Disease index	防治效果 Effect of prevention/%
0.05	25.40bc	10.23bc	71.29b	32.54b	12.35bc	56.70bc
0.10	26.14b	8.97c	74.84b	21.45bc	13.08bc	54.12c
0.20	21.35bc	6.48c	81.82a	20.03c	7.52c	73.65a
0.40	28.76b	13.56bc	61.95cd	19.84c	9.08bc	68.19ab
0.60	29.72b	17.11b	51.96d	25.43bc	11.3bc	60.39b
对照 CK	75.86a	35.63a	—	61.25a	28.53a	—

注:表中不同字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

Note: Values followed by different letters were significantly different based on Duncan's Multiple Range Test (P<0.05). The same below.

2.2 BTH对辣椒防卫相关酶活性的影响

2.2.1 POD活性的变化 由图1可知,BTH-接菌、BTH-未接菌和CK-接菌处理在接种病原菌以后,辣椒叶片的POD活性要明显高于CK-未接菌处理。BTH-接菌和BTH-未接菌处理的POD活性在诱导处理3 d(即未接种病原菌前)就出现不同程度的增高,并在第3天达到高峰期。挑战接种病原菌后,CK-接菌处理植株的

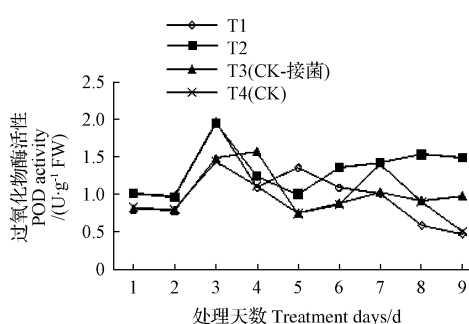


图1 辣椒 POD 活性变化
Fig. 1 Change of POD activity in pepper

POD活性迅速升高,并在第4天达到高峰期。

2.2.2 PPO活性的变化 由图2可以看出,BTH-未接菌处理的PPO活性在第3、6天和第8天出现3个高峰期,其值与对照相比增幅38.5%、35.8%、64.4%。CK-接菌处理的PPO活性在第5天和第7天出现2个高峰期,分别比对照增幅58.6%和60.4%。而BTH-接种处理的PPO活性在第3天出现1个高峰期,其值比对照增幅38.5%。

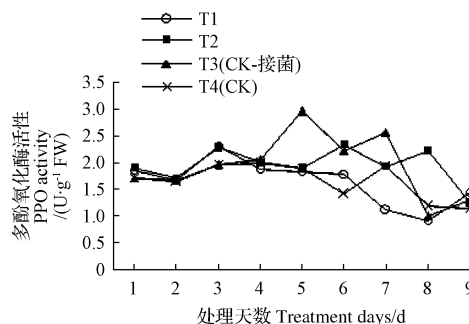


图2 辣椒 PPO 活性变化
Fig. 2 Change of PPO activity in pepper

由此可推断,花溪辣椒(抗病较弱品种)对 BTH 的诱导作用敏感性差,处理后并不能立即激发 PPO 活性的增强,当用白粉病菌进行挑战接种能促进 PPO 活性的增加。

2.2.3 PAL 活性的变化 由图 3 可以看出,BTH-接菌、BTH-未接菌和 CK-接菌处理的辣椒叶片中 PAL 活性,随着处理时间的延长,均呈现先增加后降低的趋势,其 PAL 活性均在第 6 天达到峰值,与对照相比增长幅度分别为 38%、77%和 23%,第 7 天 PAL 活性开始下降。BTH-接菌和 BTH-未接菌处理的 PAL 活性在整个检测期内高于 CK-接菌和 CK-未接菌处理。可见,PAL 对 BTH 的诱导作用非常敏感,是 BTH 诱导的防卫反应中的关键酶。

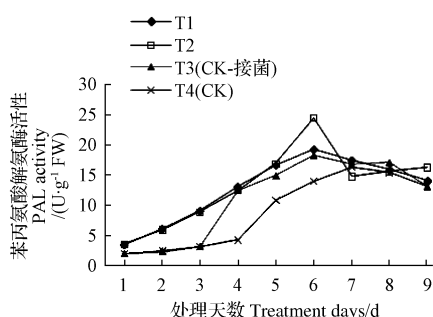


图 3 辣椒 PAL 活性变化

Fig. 3 Change of PAL activity in pepper

2.2.4 β -1,3-葡聚糖酶活性变化 由图 4 可知,BTH-未接菌和 BTH-接菌处理的 β -1,3-葡聚糖酶活性在被诱导后第 1 天就开始上升,在第 3 天酶活性出现峰值,且 BTH-未接种处理植株在第 7 天出现第 2 个峰值。CK-接菌处理在接种病原菌后, β -1,3-葡聚糖酶活性也迅速增加,与 BTH-未接菌和 BTH-接菌处理处于同一水平,且明显高于 CK-不接菌处理。

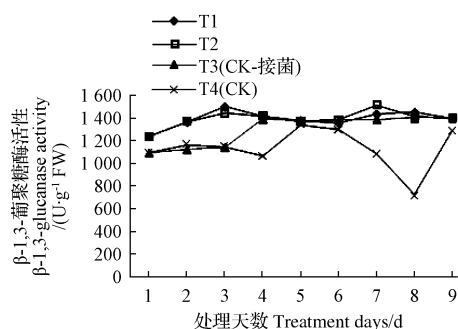


图 4 辣椒 β -1,3-葡聚糖酶活性变化

Fig. 4 Change of β -1,3-glucanase activity in pepper

2.2.5 几丁质酶活性的变化 由图 5 可知,BTH-未接菌处理的几丁质内切酶活性分别在第 3、6 天出现 2 个高峰期,其值分别比对照高 46.1%、51.0%,之后活性开始下降。BTH-接菌处理的几丁质内切酶活性在诱导后迅速升高,并在第 4 天出现高峰期,之后活性下降。CK-接菌处理植株在挑战接种病原菌后第 1 天(即诱导后的第 4 天)几丁质内切酶活性就达到最大值,其值比对照高为

41.0%。第 9 天,各处理的几丁质内切酶活性趋于一致。由图 6 可知,BTH-未接菌和 BTH-接菌处理的几丁质外切酶活性在被诱导后表现为升→降→升→降的趋势,分别在第 4 天和第 5 天酶活性达到最大值,分别比对照高 253%和 140%,随后酶活性急剧下降。处理后第 8 天,对照和处理的几丁质内切酶的活性趋于一致。CK-接菌处理在接种后第 5 天酶活性就达到最大值,随后酶活性下降。

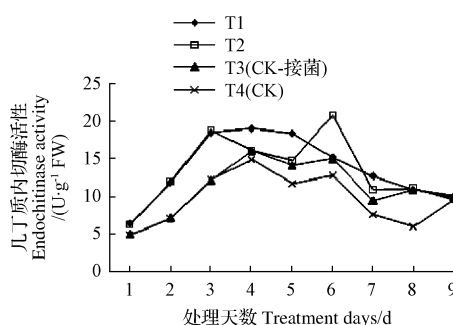


图 5 辣椒几丁质内切酶活性变化

Fig. 5 Change of endochitinase activity in pepper

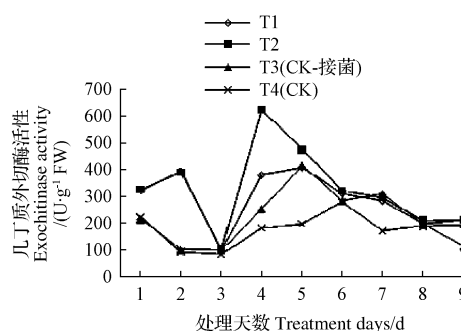


图 6 辣椒几丁质外切酶活性变化

Fig. 6 Change of exochitinase activity in pepper

2.3 BTH 诱导辣椒对白粉病产生抗性的组织病理学观察结果

2.3.1 BTH 对白粉病分生孢子侵入的影响 由表 2 可知,接种白粉病菌后 12 h,BTH 处理和对照辣椒叶片上孢子萌发率分别为 83.83%和 85.92%,附着胞形成率分别为 97.15%和 95.62%,说明 BTH 不影响分生孢子的萌发及附着胞的形成。但接种后 24 h 和 48 h,经过 BTH 处理的辣椒叶片上菌丝生长速度明显比对照叶片上菌丝生长速度慢,并且菌丝分枝数也显著比对照叶片上的菌丝分枝数少。

2.3.2 细胞形态观察 接种白粉病菌后 12 h,取样观察发现,BTH 处理和对照处理的辣椒叶片表面上的分生孢子萌发产生芽管,孢子萌发只产生 1 个芽管(图 7-1、8-1),可观察到芽管顶端形成圆形附着胞,并且附着胞开始产生菌丝,少数的孢子在侧面产生附着胞(图 7-1)。接种病原菌后 1 d,菌丝形成后不立即侵入叶组织,而是在叶表面上扩展伸长,不断产生分枝,BTH 诱导处理的

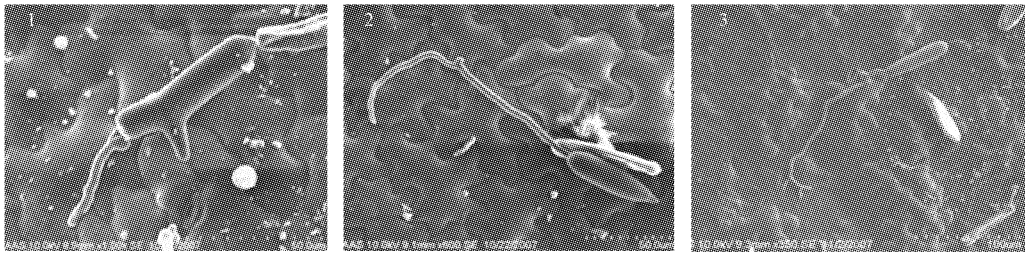
表 2 BTH 对白粉病分生孢子侵入的影响

Table 2 Effect of BTH on penetration of *Leveillula taurica* (liv) Arn

处理 Treatment	孢子的萌发率 The germination rate of spore/%	附着胞形成率 The germination rate of appressorium/%	菌丝的长度 The length of hyphae/ μm		菌丝的分枝数 The collateral number of hyphae	
时间 Time/h	12	12	24	48	24	48
对照 CK	85.92a	95.62a	102.65a	158.31a	95a	156a
BTH	83.83a	97.15a	79.43b	105.76b	63b	86b

菌丝长度和分支数少于对照处理,且没有发现叶片表面的保护层被溶解的现象(图 7-2),而对照处理的叶片保护层开始被溶解(图 8-2)。接种后 2 d,BTH 诱导处理的叶片表面保护层出现被溶解的现象(图 7-3),同时发现

这 2 个处理的菌丝从气孔旁穿行而过,未见有从气孔侵入的迹象(图 7-3、8-3)。接种后 5 d,辣椒叶片表面产生许多褪绿斑,叶片内菌丝开始从气孔伸出(图 9-1)。接种后 8 d,可观察到分生孢子梗上产生孢子(图 9-2)。

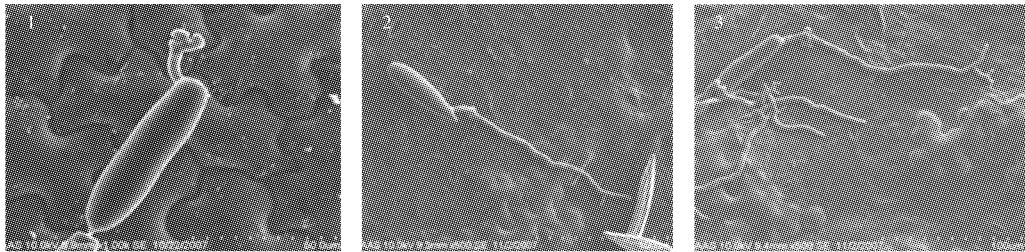


注:1. 处理后 12 h 萌发的分生孢子(Bar=50 μm);2. 处理后 1 d 叶片的菌丝(Bar=50 μm);3. 处理后 2 d 叶片的菌丝(Bar=100 μm)。

Note:1. Germinating conidiospore on treated leaf 12 hours after inoculation(Bar=50 μm);2. Hypha on treated leaf 1 day after inoculation(Bar=50 μm);3. Hypha on treated leaf 2ds after inoculation(Bar=100 μm).

图 7 BTH 处理的辣椒白粉病菌菌丝电镜扫描结果

Fig. 7 The BTH-treated mycelium shape of *Leveillula taurica* (liv) Arn under SEM

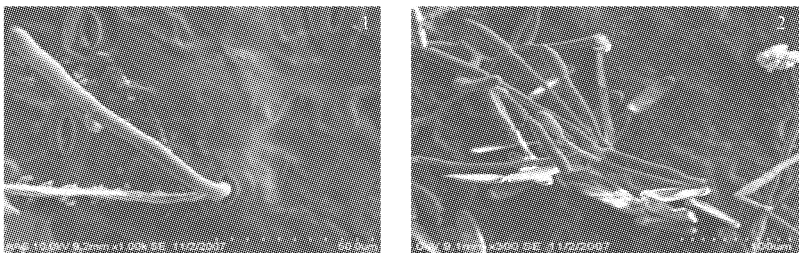


注:1. 处理后 12 h 萌发的分生孢子(Bar=50 μm);2. 处理后 1 d 叶片的菌丝(Bar=100 μm);3. 处理后 2 d 叶片的菌丝(Bar=100 μm)。

Note:1. Germinating conidiospore on treated leaf 12 hours after inoculation(Bar=50 μm);2. Hypha on treated leaf 1 day after inoculation(Bar=100 μm);3. Hypha on treated leaf 2 days after inoculation(Bar=100 μm).

图 8 对照处理的辣椒白粉病菌菌丝电镜扫描结果

Fig. 8 The CK-treated mycelium shape of *Leveillula taurica* (liv) Arn under SEM



注:1. 接种后 5 d 分生孢子梗形成(Bar=50 μm);2. 接种后 8 d 分生孢子的产生(Bar=100 μm)。

Note:1. Formation of conidiophore 5 days after inoculation(Bar=50 μm);2. Formation of conidiospore 8 days after inoculation(Bar=100 μm).

图 9 辣椒白粉病菌产生孢子电镜扫描结果

Fig. 9 The mycelium shape of *Leveillula taurica* (liv) Arn under SEM

3 讨论

该研究结果表明,不同浓度 BTH 可以诱导辣椒对白粉病产生抗性,但其诱导效果不一样,浓度为 $0.20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时诱导效果最佳。

许多研究认为,POD、PPO、PAL 活性的增加是植物表现抗病性的特征之一。POD 参与形成对真菌孢子萌发具有直接抑制作用物质- H_2O_2 ,且参与木质素和木栓质的合成。PPO 可以催化植物产生对病原菌菌丝的生长有毒性的物质,如醌和单宁;参与催化酚类物质合成木质素的反应,促进细胞壁木质化以抵抗病原菌的侵害。PAL 对酚类物质的积累起着决定性的作用,其活性升高会促进木质素的积累、酚类物质和植保素的合成,增加细胞壁的厚度,形成病原入侵的机械屏障^[12]。病原菌和化学因子都能诱导植物体内的 POD、PPO、PAL 活性的升高,该研究用 BTH 处理和挑战接种病原菌后,辣椒叶片的 POD、PPO、PAL 活性明显增加,也印证了此结论。

几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶也是许多真菌细胞壁的主要组分之一,在植物的抗病性方面具有重要作用,能够降解真菌的细胞壁和抑制真菌的生长^[12]。该研究发现,BTH 和病原菌都能诱导辣椒叶片几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶的活性升高,但病原物诱导处理增加幅度较小。

组织病理学研究表明,BTH 不影响白粉病菌孢子萌发,也不影响附着胞的产生,而是有效抑制了菌丝的生长,说明 BTH 没有激发辣椒 POD 参与形成 H_2O_2 。BTH 处理后,菌丝生长缓慢和菌丝的侧枝数减少,其作用机理可能在于诱导剂处理后寄主表皮细胞壁上形成大量醌、单宁、酚类物质或木质素类化合物而使病原菌的入侵受到抑制,也可能伴随有寄主细胞分泌酶类物质而阻止菌丝的正常生长^[13]。该研究还发现对照处理在接种病原菌 24 h 后,叶片保护层开始被溶解,BTH 处理在接菌 48 h 后才出现该现象,说明 BTH 能产生阻碍或延迟菌丝破坏的保护层物质。许多研究证明^[14],诱导剂

诱导后,在病菌侵入位点处形成大量乳突而阻止病菌的进一步入侵。其侵入方式有 2 种可能性,一是孢子产生附着胞后,附着胞产生吸器或侵染菌丝直接侵入植物组织;二是孢子产生附着胞后,并不产生吸器或侵染菌丝,而是附着胞在组织表面产生菌丝,以菌丝的侧枝侵入到植物组织里。但该研究并没有发现菌丝从气孔侵入,而从气孔旁穿行而过,其原因有待进一步研究。

参考文献

- [1] 白滨,胡冠芳. 甘肃省辣椒病害新记录-辣椒白粉病[J]. 甘肃农业科技,2002,16(7):47.
- [2] 莫熙礼,蒋选利,彭赫. 10%世高水分散粒剂防治辣椒白粉病药效试验[J]. 山地农业生物学报,2007,26(1):39-42.
- [3] 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.
- [4] FRIEDRICH L, LAWTON K, RUESS W, et al. Benzothiadiazole derivative induces systemic acquired resistance in tobacco[J]. Plant J, 1996(10):61-70.
- [5] 王纬,陈辉,周世伟. 水杨酸和氨基酸对烟草黄瓜花叶病毒病防治效果的研究[J]. 烟草科技,1996(1):43-45.
- [6] 李靖,利容千,袁文静. 黄瓜感染霜霉病菌叶片中一些酶活性的变化[J]. 植物病理学报,1991,21(4):278-283.
- [7] 薛应龙,欧阳光察,澳绍根. 植物苯丙氨酸解氨酶的研究[J]. 植物生理学报,1983,9(3):301-305.
- [8] 车海彦,吴云锋,杨英,等. 植物源病毒抑制剂 WCT-II 控制烟草花叶病毒(TMV)的作用机理初探[J]. 西北农业学报,2004,13(4):45-49.
- [9] 李保聚,李风云. 黄瓜不同抗性品种感染黑星病菌后过氧化物酶和多酚氧化酶的变化[J]. 中国农业科学,1998,31(1):86-88.
- [10] 陈鹏,李振歧. BTH 对小麦叶片防卫相关酶的系统诱导作用[J]. 西北植物学报,2006,26(12):2468-2472.
- [11] 汤章城. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [12] SEK I Y, HARAYAWA T, KANO M, et al. Dependence on ethylene of induction of peroxidase and lipoxy-genase activity in rice leaf infected with blast fungus[J]. Agric Bio Chem, 1990, 54:471-478.
- [13] TAKAHARNA U, ONILI T. Regulation of peroxide asedependent oxidation of phe-nolics in the apoplast of spinach leaves by ascorbate[J]. Plant Cell Physiol, 1992, 33:379-387.
- [14] TOSI L, LUIGETTI R, ZAZZERINI A. Benzothiadiazole induces resistance to plasmopara helianthi in sunflower plants[J]. Journal of Phytopathology, 1999, 147(6):365-370.

Mechanism of BTH Inducing Resistance Against Powdery Mildew of Pepper

MO Xili¹, JIANG Xuanli²

(1. Department of Bioengineering, Qianxinan Vocational and Technical College of Nationality, Xingyi, Guizhou 562400; 2. College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract: Taking Huaxi pepper and Zunyi pepper as materials, powdery mildew as test fungi, BHT as inducer, using spraying method, the mechanism of inducing resistance against powdery mildew of pepper was studied. The results showed that the resistance of pepper to powdery mildew was induced by BTH at different concentrations, and the best control effect was 81.82% after $0.20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ BTH spraying treatment. The activities of POD, PPO and PAL were raised obviously after treated by BTH-*Leveillula taurica* inoculation. The chitinase and β -1,3-glucanase activities of

DOI:10.11937/bfyy.201616031

园林绿地刺吸害虫及其天敌 时序动态及发生规律的研究

李 广¹, 车少臣¹, 仇兰芬¹, 韩 名², 赵 羽², 王建红¹

(1. 北京市园林科学研究院, 北京 100102; 2. 北京市西山试验林场 三家店分场, 北京 102300)

摘 要:为有效保护园林绿地中的自然天敌,以园林植物刺吸害虫及其天敌为调查对象,采用黄板诱集法,研究了园林绿地刺吸害虫及其天敌时序动态及发生规律。结果表明:绿地中京枫多态毛蚜(*Periphyllus diacerivorus*)、栎多态毛蚜(*P. koelreuteria*)、居松长足大蚜(*Cinara pinihabitans*)和白皮松长足大蚜(*C. bungeanae*)的发生期早于桃粉大尾蚜(*Hyalopterus arundinis*),且5种蚜虫种群均在夏季高温和天敌共同作用下崩溃;瓢虫和寄生蜂类天敌对碧桃(*Prunus persical* f. *duplex*)上桃粉大尾蚜及捕食螨对碧桃上山楂叶螨(*Tetranychus viennensis*)的跟随效应明显,而天敌对其它4种植物上蚜虫无明显跟随效应;施药虽可暂时降低阔叶植物上3种蚜虫的种群数量,却大量杀伤了害虫的天敌,停药后3种蚜虫仍爆发成灾,同时使6月后碧桃上山楂叶螨种群爆发和5月中旬后油松(*Pinus tabulaeformis*)上针叶小爪螨(*Oligonychus ununguis*)种群数量较多。绿地中瓢虫、草蛉、食蚜蝇和寄生蜂类天敌的发生最高峰均位于5月下旬至6月下旬,除草蛉外,绿地中的瓢虫、食蚜蝇和寄生蜂类天敌在7—8月种群数量均极低。草蛉喜欢在五角枫(*Acer mono*)上栖息或搜寻寄主。

关键词:园林绿地;刺吸害虫;天敌;时序动态;发生规律;跟随效应

中图分类号:S 47 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)16-0118-07

园林生态系统是人为建造的生态系统,受人为因素干扰较大,特别是长期不合理的使用化学农药,造成一

第一作者简介:李广(1982-),男,硕士,助理工程师,研究方向为天敌保护与利用技术及天敌繁育技术与园林植物保护。E-mail: liguang17@hotmail.com.

责任作者:王建红(1970-),男,硕士,教授级高级工程师,研究方向为天敌保护与利用技术及天敌繁育技术与园林植物保护。E-mail: jhwang222@sohu.com.

基金项目:北京市科委课题资助项目(Z131100005613013);北京市公园管理中心课题资助项目(ZX2013030);北京市重点实验室资助项目。

收稿日期:2016-04-21

些对策类昆虫,如以蚜虫为代表的刺吸害虫经常爆发成灾,成为城市园林绿地有害生物中的优势种群^[1-2],其个体数量占绿地节肢动物群落的2/3^[3],使园林有害生物防治陷入“越打药有害生物发生越重,有害生物发生越重农药使用越频繁”的恶性循环中。然而,园林生态系统有着较为丰富的植物多样性^[4-5],和较为丰富的天敌种类及数量^[6-8],本应有较强的自我调控能力。因此,通过各种措施有效保护和利用这些自然天敌,充分发挥它们对有害生物的控制能力,以显著降低园林绿地刺吸害虫的危害,进而降低绿地中的农药用量,逐步恢复园林生态系统的生态平衡。而有效保护和利用园林绿地中的自然天敌,需首先了解它们的发生规律。由于天敌种

pepper increased after BTH-*Leveillula taurica* treatment and BTH-water treatment, and which were better than the CK-*Leveillula taurica* treatment. BTH would not affect the spore germination and the appressorium generation, but it could effectively control the expansion of hypha, such as the hypha slow expansion and collateral reducing. Through the scanning electron microscopy (SEM), the result showed that the blade coating of pepper begins to be dissolved after 24 hours by CK-*Leveillula taurica* treatment. But in BTH-*Leveillula taurica* treatment, the blade coating appear the phenomenon after 48 hours. That the pepper was induced to produce chemicals which could put off or delay hyphae destroy the protective layer of pepper.

Keywords: BTH; pepper; defense enzyme