

# 生物源杀菌剂与化学药剂协调防控番茄病害

王文桥 马 平 张小凤 李社增 韩秀英 马志强

(河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心, 保定 071000)

**摘要:** 为了阐明化学药剂与生防菌剂及植物源杀菌剂交替使用对番茄病害发展的影响, 田间试验检测了交替施药的防病效果及病害发展曲线下面积。结果表明, 枯草芽孢杆菌 BAB-1 水剂及化学药剂交替喷施 7 次对番茄灰霉病、叶霉病、晚疫病和早疫病的防效分别为 86.9%、61.0%、72.3% 和 77.2%。植物源杀菌剂 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 (ABL) 乳油与化学药剂及生防菌剂枯草芽孢杆菌 BAB-1 水剂交替喷施 9 次对上述病害的防效分别为 88.6%、87.4%、85.4% 和 83.2%, 相当于不同作用机制的化学药剂交替喷施 9 次的防效。此外, 化学药剂与 BAB-1 水剂及 ABL 乳油交替喷施明显延缓了这 4 种病害的发展, 减少了化学药剂施用次数。

**关键词:** 番茄病害; 生物源杀菌剂; 化学药剂; 交替使用; 病害发展下曲线面积

## Control effect of joint application of biofungicides and synthesized fungicides on tomato diseases

Wang Wenqiao Ma Ping Zhang Xiaofeng Li Shezeng Han Xuying Ma Zhiqiang

(Institute of Plant Protection, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, IIM

Centre of Hebei Province, Baoding 071000, Hebei Province, China)

**Abstract** The control efficacy and area under the disease progress curves (AUDPC) of alternate application of biofungicides with synthesized fungicides were detected in the trials conducted in tomato greenhouses to elucidate the effects of alternate application of synthesized fungicides with biocontrol agents and plant-derived fungicides on development of tomato diseases. The results showed that 7 alternate applications of *Bacillus subtilis* BAB-1 AS with synthesized fungicides had control efficacy of 86.9%, 61.0%, 72.3% and 77.2% for gray mould, leaf mould, late blight and early blight on tomato, respectively. Nine alternate applications of the plant-derived fungicide 1-O-acetyl britannilactone (ABL) EC with synthesized fungicides and the biocontrol agent *B. subtilis* BAB-1 AS showed control efficacy of 88.6%, 87.4%, 85.4% and 83.2% for the four airborne fungal diseases as mentioned above, respectively. Moreover, the development of the four diseases were obviously delayed and applications of synthesized fungicides were cut down through alternate applications of synthesized fungicides with BAB-1 AS and ABL EC.

**Key words** tomato diseases; biofungicide; synthesized fungicide; joint application; AUDPC

番茄灰霉病、早疫病、晚疫病和叶霉病是气传真菌病害, 常大面积发生, 造成番茄严重减产。生产上这 4 种病害主要依靠化学防治, 但易引起病菌抗药性、农药残留超标及病害再猖獗等问题。为此, 可采

取化学防治与生物防治、农业防治相结合的综合防治措施, 以尽可能减少化学药剂的使用<sup>[1]</sup>。据报道, 枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*、哈茨木霉菌 *Trichoderma harzianum* 及白粉寄生孢菌 *Ampelomyces*

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200903033), 国家“十一五”科技支撑计划 (2006BAD08A08, 2006BAD08A03), 河北省科技支撑计划 (06220110D-4, 06547005D-2), 河北省自然科学基金 (C2006000747)

作者简介: 王文桥, 男, 1963 年生, 研究员, 研究方向为植物病害化学防治, email: wenqiao@163.com

收稿日期: 2010-07-14

*quisqualis*等生防菌剂与化学药剂交替使用<sup>[2-3]</sup>或混合使用<sup>[4-6]</sup>,或使用不同的生防菌株混合制成的生防菌剂<sup>[7]</sup>对草莓白粉病、甜瓜白粉病、甜瓜黑斑病、甜瓜蔓枯病、马铃薯黑痣病有良好的防效,同时对捕食螨 *Amblyseius andersoni*等天敌安全,明显降低化学药剂的用量和残留,有助于解决生防菌剂在植物病害防治中药效不稳及速效性差的问题<sup>[7]</sup>。

目前,一些枯草芽孢杆菌的拮抗菌株制剂已在生产中应用<sup>[6-8-11]</sup>,例如,在我国,枯草芽孢杆菌制剂用于水稻纹枯病和稻曲病<sup>[9]</sup>、黄瓜灰霉病<sup>[10]</sup>及甜瓜白粉病<sup>[11]</sup>的防治,均收到良好效果。在美国,叶面喷施菌株 QST713 防治黄瓜等蔬菜作物的白粉病、霜霉病、疫病及灰霉病<sup>[12]</sup>;利用菌株 GBO3 进行土壤处理或拌种,预防由镰刀菌属 *Fusarium* spp、曲霉属 *Aspergillus* spp、链格孢属 *Alternaria* spp 和丝核菌属 *Rhizoctonia* spp 病菌引起的多种作物病害<sup>[6]</sup>;利用菌株 MB1600 及其与解淀粉枯草芽孢杆菌 *Bacillus amyloliquefaciens* 的混合制剂防治蔬菜作物灰霉病、瓜类作物白粉病及由丝核菌属、镰刀菌属、曲霉属引起的病害;根施菌株 FZB24 防治分别由尖孢镰刀菌 *Fusarium oxysporum* 和立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* 引起的棉花、黄瓜等作物枯萎病和根腐病以及大丽轮枝霉 *Verticillium dahliae* 引起的棉花黄萎病,叶面喷施防治番茄晚疫病、灰霉病及小麦白粉病,均收到良好的效果<sup>[8]</sup>。

枯草芽孢杆菌菌株 BAB-1 可在番茄叶面定植,对番茄灰霉病菌产生很强的拮抗作用,40 亿芽孢 / mL BAB-1 水剂为灰霉病特异性生防菌剂<sup>[13]</sup>;98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 (ABL) 乳油为广谱植物源杀菌剂<sup>[14-15]</sup>。针对生产中生防菌剂或植物源杀菌剂单独施用药效不稳、植物病原菌对化学药剂普遍存在抗性等问题,以及对减少化学农药使用和降低农药残留的迫切需要,本试验研究了枯草芽孢杆菌 BAB-1 水剂、ABL 乳油与化学药剂交替使用对番茄灰霉病、早疫病、晚疫病和叶霉病等病害发展的影响,比较了化学药剂及其与生物源杀菌剂交替使用的控病效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试药剂

40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS, 98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 (1-O-acetyl-britannilactone) EC, 河北省农林科学院植物保护研究所研

制并提供;10% 苯醚甲环唑 (difenoconazole) WG、75% 百菌清 (chlorothalonil) SC、50% 咯菌腈 (fludioxonil) WP、25% 啞菌酯 (azoxystrobin) SC、68% 精甲霜灵·代森锰锌 (mefenoxam·mancozeb) WG、50% 啞菌环胺 (cyprodinil) WG, 先正达(中国)投资有限公司;69% 烯酰吗啉·代森锰锌 (dinethiomorph·mancozeb) WP、50% 烟酰胺 (boscalid) SC、60% 吡唑醚菌酯·代森联 (pyraclostrobin·metiram) WG, 巴斯夫(中国)有限公司;80% 代森锰锌 (mancozeb) WP, 美国杜邦公司;40% 啞霉胺 (pyrimethanil) SC、50% 异菌脲 (prodine) WP, 德国拜耳作物科学公司;25% 腈菌唑 (myclobutanil) EC, 陕西绿盾生物制品有限责任公司;70% 甲基硫菌灵 (thiophanate-methyl) WP, 山东华阳科技股份有限公司。

### 1.2 生防菌剂与化学药剂交替使用防治番茄病害

试验于 2008 年 2~5 月在河北省定州市杨家庄乡辛兴村日光温室 (100 m × 8.5 m) 中进行。番茄品种为齐尔曼,栽培 5 215 株番茄,共设 3 种处理。①生防菌剂与化学药剂交替喷施:发病前,依次喷施 40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS 50 倍、80% 代森锰锌 WP 500 倍;灰霉病、叶霉病及早疫病发生初期,依次喷施 40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS 50 倍、25% 啞菌酯 SC 1 500 倍 + 10% 苯醚甲环唑 WG 1 500 倍、25% 腈菌唑 EC 2 000 倍 + 75% 百菌清 SC 600 倍、40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS 50 倍、40% 啞霉胺 SC 1 000 倍 + 70% 甲基硫菌灵 WP 1 000 倍;在晚疫病发生初期,依次喷施 40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS 50 倍、69% 烯酰吗啉·代森锰锌 WP 600 倍、68% 精甲霜灵·代森锰锌 WG 700 倍。②化学药剂交替喷施:发病前,依次喷施 75% 百菌清 SC 600 倍、80% 代森锰锌 WP 500 倍;灰霉病、叶霉病及早疫病发生初期,依次喷施 50% 异菌脲 WP 1 000 倍、25% 啞菌酯 SC 1 500 倍 + 10% 苯醚甲环唑 WG 1 500 倍、25% 腈菌唑 EC 2 000 倍 + 75% 百菌清 SC 600 倍、50% 异菌脲 WP 1 000 倍 + 10% 苯醚甲环唑 WG 1 500 倍、40% 啞霉胺 SC 1 000 倍 + 70% 甲基硫菌灵 WP 1 000 倍;在晚疫病发生初期,依次喷施 68% 精甲霜灵·代森锰锌 WG 700 倍、69% 烯酰吗啉·代森锰锌 WP 600 倍、68% 精甲霜灵·代森锰锌 WG 700 倍。③清水重复喷施。每处理小区面积 93.5 m<sup>2</sup> (573 株),3 次重复,随机区组排列。用工农牌背负式喷雾器喷药,施药间隔期 7~10 天,施药量 675~900 L/hm<sup>2</sup>。每次喷

药时调查灰霉病引起的病果率及叶霉病、晚疫病和早疫病的病情指数。每小区调查 6 点, 每点调查 2 株全部果实及叶片, 分级标准: 0 级: 无病斑; 1 级: 病斑面积 5% 以下; 3 级: 6% ~ 10%; 5 级: 11% ~ 25%; 7 级: 26% ~ 50%; 9 级: 50% 以上。计算病情指数、第 10 次喷药后 7 天的防治效果及第 9 次喷药后病害发展曲线下面积 (area under the disease progress curves, AUDPC)。

病果率 (%) = [(清水对照病果数 - 药剂处理病果数) / 清水对照病果数] × 100

防治效果 (%) = [(清水对照病果率 - 药剂处理病果率) / 清水对照病果率] × 100

病情指数 = [Σ (各级病叶数 × 相对级数值) / (调查总叶数 × 9)] × 100

防治效果 (%) = [(清水对照病情指数 - 药剂处理病情指数) / 清水对照病情指数] × 100

AUDPC = (第 X 次施药后 7 天调查的病情指数或病果率 × 该次调查距首次调查的天数) / 2

### 1.3 生物源杀菌剂与化学药剂交替使用防治番茄病害

试验于 2009 年进行, 地点同 1.2。试验共设 3 种处理。①生物源杀菌剂与化学药剂交替喷施: 发病前, 依次喷施 98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 EC 500 倍、75% 百菌清 SC 600 倍; 在灰霉病、叶霉病、早疫病零星发生时, 依次喷施 40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS 50 倍、25% 嘧菌酯 SC 1500 倍 + 10% 苯醚甲环唑 WG 1500 倍、98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 EC 500 倍、50% 烟酰胺 WG 1500 倍、50% 嘧菌环胺 WG 1000 倍; 在晚疫病极零星发生时, 依次喷施 98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 EC 500 倍、60% 吡唑醚菌酯 · 代森联 WG 1000 倍。②化学药剂交替喷施: 发病前, 依次喷施 80% 代森锰锌 WP 500 倍、75% 百菌清 SC 600 倍; 在灰霉病、叶霉病、早疫病零星发生时, 依次喷施 50% 异菌脲 WP 1000 倍、25% 嘧菌酯 SC 1500 倍 + 10% 苯醚甲环唑 WG 1500 倍、40% 嘧霉胺 SC 1000 倍、50% 烟酰胺 WG 1500 倍、50% 嘧菌环胺 WG 1000 倍; 在晚疫病极零星发生时, 依次喷施 68% 精甲霜灵 · 代森锰锌 WG 700 倍、60% 吡唑醚菌酯 · 代森联 WG 1000 倍。③清水对照区。每处理小区面积 93.5 m<sup>2</sup> (573 株), 3 次重复, 随机区组排列。用工农牌背负式喷雾器喷药, 施药间隔期 7~10 天。

施药量 675~900 L/hm<sup>2</sup>。每次喷药时调查灰霉病引起的病果率及叶霉病、晚疫病和早疫病的病情指数。每种病害每小区调查 6 点, 每点调查 2 株的全部果实中病果数及叶片病级, 计算病果率、病情指数、第 10 次喷药后 7 天的防治效果及第 9 次喷药后 4 种病害的 AUDPC 见 1.2。

### 1.4 生物源杀菌剂与化学药剂交替使用防治番茄灰霉病

试验于 2010 年在河北省定州市杨家庄乡辛兴村的日光温室 (同 1.2 设置) 及河北省徐水县高林村镇田家铺村面积 440 m<sup>2</sup> 温室 (番茄品种为东胜太保, 约 2700 株) 中进行。每温室中均设 3 种处理。

①生物源杀菌剂交替喷施: 发病前, 依次喷施 40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS 50 倍、98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 EC 500 倍; 灰霉病发生初期, 依次喷施 40 亿芽孢 / mL 枯草芽孢杆菌 BAB-1AS 50 倍、98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 EC 500 倍、10% 苯醚甲环唑 WG 1500 倍 + 75% 百菌清 SC 600 倍、50% 烟酰胺 WG 1500 倍、50% 咯菌腈 WP 5000 倍。②化学药剂交替喷施: 发病前, 依次喷施 80% 代森锰锌 WP 500 倍、75% 百菌清 SC 600 倍; 灰霉病发生初期, 依次喷施 50% 异菌脲 WP 1000 倍、10% 苯醚甲环唑 WG 1500 倍 + 75% 百菌清 SC 600 倍、10% 苯醚甲环唑 WG 1500 倍 + 75% 百菌清 SC 600 倍、50% 烟酰胺 WG 1500 倍、50% 咯菌腈 WP 5000 倍。③清水重复喷施。施药间隔期 7~10 天, 施药液量 675~900 L/hm<sup>2</sup>。每处理重复 3 次, 每个处理小区面积 48.95 m<sup>2</sup> 约 300 株, 随机区组排列。调查两地各个小区 7 次施药 7 天后灰霉病引起的病果率, 计算防治效果及第 6 次施药后 7 天的 AUDPC。病情调查、病果率及防治效果计算方法见 1.2。

### 1.5 数据处理

采用 DPS v2.00 软件的 Fisher 氏最小显著性差异法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 生防菌剂与化学药剂交替使用防治番茄病害

枯草芽孢杆菌 BAB-1 与不同化学药剂交替喷施对番茄灰霉病的防效达 86.9%, 显著高于化学药剂交替喷施的防效 67.3%; 对晚疫病和早疫病的防效分别为 72.3% 和 77.2%, 但低于化学药剂交替喷施的防效 86.0% 和 83.0%; 对叶霉病的防效为 61.0%, 显

著低于化学药剂交替喷施的防效 80. 4%。此外,在化学药剂交替施药区 4种病害的 AUDPC 与枯草芽孢杆菌 BAB-1和化学药剂交替施药区的 AUDPC 无显著性差异,但均较喷清水对照区的 AUDPC 低(表

1)。可见,以枯草芽孢杆菌 BAB-1与不同作用机制和防治谱的化学药剂交替喷施对日光温室中番茄灰霉病、叶霉病、早疫病和晚疫病等病害有良好的防治效果。

表 1 枯草芽孢杆菌 BAB-1与化学药剂交替使用对番茄气传病害的控制作用 (2008)  
Table 1 Control efficacy of alternate application of *Bacillus subtilis* BAB-1 with synthesized fungicides on tomato airborne diseases (2008)

| 病害<br>Disease                  | 病情指数或病果率<br>Disease index or infected fruits ratio |                     |                | 防治效果 (%)<br>Control efficacy |                     | 病害发展曲线下面积<br>AUDPC  |                     |                    |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|                                | 处理 1<br>Treatment 1                                | 处理 2<br>Treatment 2 | 清水对照<br>CK     | 处理 1<br>Treatment 1          | 处理 2<br>Treatment 2 | 处理 1<br>Treatment 1 | 处理 2<br>Treatment 2 | 清水对照<br>CK         |
|                                |                                                    |                     |                |                              |                     |                     |                     |                    |
| 灰霉病 <sup>*</sup><br>Gray mould | 9.71 ± 1.43 b                                      | 3.89 ± 0.66 a       | 29.70 ± 3.69 c | 67.30 ± 4.38 a               | 86.90 ± 1.68 b      | 296.00 ± 41.93 a    | 137.00 ± 17.79 a    | 2019.00 ± 181.09 b |
| 叶霉病<br>Leaf mould              | 6.37 ± 1.42 a                                      | 12.68 ± 1.53 b      | 32.50 ± 3.20 c | 80.40 ± 5.71 b               | 61.00 ± 7.81 a      | 168.00 ± 32.76 a    | 278.00 ± 22.64 a    | 2545.00 ± 424.43 b |
| 晚疫病<br>Late blight             | 3.92 ± 0.72 a                                      | 7.76 ± 1.31 a       | 28.00 ± 3.94 b | 86.00 ± 4.67 b               | 72.30 ± 1.86 a      | 178.00 ± 24.82 a    | 213.00 ± 24.66 a    | 1956.00 ± 71.20 b  |
| 早疫病<br>Early blight            | 2.72 ± 0.42 a                                      | 3.65 ± 0.29 a       | 16.00 ± 2.64 b | 83.00 ± 5.39 a               | 77.20 ± 5.48 a      | 142.00 ± 26.18 a    | 149.00 ± 3.02 a     | 1287.00 ± 63.33 b  |

注: 处理 1 为化学药剂交替喷施; 处理 2 为枯草芽孢杆菌 BAB-1与化学药剂交替喷施。每行数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。\* 通过番茄灰霉病病果率求防治效果及 AUDPC。Note Treatment 1 Alternate application of synthesized fungicides Treatment 2 alternate application of *B. subtilis* BAB-1 with synthesized fungicides The different letters following data in the same row mean significant differences at  $P < 0.05$  level \* means calculating control efficacy and AUDPC by percentage of tomato fruits infected by gray mould

2.2 生物源杀菌剂与化学药剂交替使用对番茄病害的控制作用

结果显示,与喷清水的对照相比,1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯 (ABL)乳油与化学药剂及生防菌剂 BAB-1水剂交替喷施显著降低了日光温室中番茄灰霉病、叶霉病、晚疫病和早疫病的严重度,防效为 88.6%、87.4%、85.4%和 83.2%,低于处理 1 的防治效果 91.5%、89.4%、90.5%和 89.0%,但差异不显著。化学药剂施药 9 次后,番茄灰霉病、叶霉病、晚疫病和早疫病的 AUDPC 为 127、203、99 和 89,与处理 2 的 AUDPC 148、309、110、90 无显著性差异,并均显著低于清水对照(表 2)。表明植物源杀菌剂 ABL 乳油与化学药剂及生防菌剂枯草芽孢杆菌 BAB-1 水剂交替喷施可明显延缓番茄灰霉病、叶霉病、晚疫病和早疫病的发展。

2.3 生物源杀菌剂与化学药剂交替使用防治番茄灰霉病

2010 年定州和徐水田间药效试验表明,按照处理 2 依次喷施枯草芽孢杆菌 BAB-1 水剂、98 g/L 大花旋覆花内酯 (ABL)乳油、BAB-1、ABL、苯醚甲环唑+百菌清、烟酰胺、咯菌腈对番茄灰霉病有很好的

控制作用,防效分别为 87% 和 83.6%,但显著低于按照处理 1 的防效 90.0% 和 87.5%。按照处理 2 施药 7 次调查的番茄灰霉病的 AUDPC 与处理 1 的 AUDPC 相当,但显著低于清水对照区的 AUDPC(表 3)。表明交替喷施植物源杀菌剂 ABL 乳油、化学药剂及生防菌剂 BAB-1 水剂可有效地控制番茄灰霉病的发展。

3 讨论

本试验结果证实,枯草芽孢杆菌与化学药剂交替喷施能有效控制植物病害发展,植物源杀菌剂 (ABL)与化学药剂及枯草芽孢杆菌交替喷施也具有良好的控病效果。

灰霉病、叶霉病、早疫病和晚疫病主要依靠气流传播孢子重复侵染发病,发病周期短,在番茄生长期内,需要重复施药防治。本试验将生物源杀菌剂与化学药剂交替喷施,既减少了化学药剂的使用、降低化学药剂残留超标风险,又克服了枯草芽孢杆菌 BAB-1 水剂防治谱过窄及单用植物源杀菌剂 ABL 防效较差的问题,有效地控制了番茄病害。

对于灰霉病、叶霉病、早疫病和晚疫病等病程较

表 2 生物源杀菌剂与化学药剂交替使用对番茄气传病害的控制作用 (2009)

Table 2 Control efficacy of alternate application of biofungicides with synthesized fungicides on tomato airborne diseases (2009)

| 病害<br>Disease    | 病情指数或病果率<br>Disease index or infected fruits ratio |                     |            | 防治效果 (%)<br>Control efficacy |                     | 病害发展曲线下面积<br>AUDPC  |                     |            |
|------------------|----------------------------------------------------|---------------------|------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|
|                  | 处理 1<br>Treatment 1                                | 处理 2<br>Treatment 2 | 清水对照<br>CK | 处理 1<br>Treatment 1          | 处理 2<br>Treatment 2 | 处理 1<br>Treatment 1 | 处理 2<br>Treatment 2 | 清水对照<br>CK |
|                  |                                                    |                     |            |                              |                     |                     |                     |            |
| 灰霉病 <sup>*</sup> | 1 58 ±                                             | 2 12 ±              | 18 60 ±    | 91 50 ±                      | 88 60 ±             | 127 00 ±            | 148 00 ±            | 1 330 00 ± |
| Gray mould       | 0 29 a                                             | 0 25 a              | 1 82 b     | 0 71 a                       | 0 61 b              | 17 61 a             | 12 19 a             | 139 13 b   |
| 叶霉病              | 6 14 ±                                             | 7 30 ±              | 57 90 ±    | 89 40 ±                      | 87 40 ±             | 203 00 ±            | 219 00 ±            | 2 021 00 ± |
| Leaf mould       | 0 95 a                                             | 0 53 a              | 4 81 b     | 1 06 a                       | 1 02 b              | 34 43 a             | 34 31 a             | 215 77 b   |
| 晚疫病              | 1 93 ±                                             | 2 96 ±              | 20 30 ±    | 90 50 ±                      | 85 40 ±             | 99 00 ±             | 110 00 ±            | 956 00 ±   |
| Late blight      | 0 28 a                                             | 0 31 a              | 1 91 b     | 0 51 a                       | 0 32 a              | 10 92 a             | 15 67 a             | 128 12 b   |
| 早疫病              | 2 16 ±                                             | 3 29 ±              | 19 60 ±    | 89 00 ±                      | 83 20 ±             | 89 00 ±             | 90 00 ±             | 873 00 ±   |
| Early blight     | 0 12 a                                             | 0 27 a              | 3 93 b     | 1 59 b                       | 1 76 a              | 10 76 a             | 11 20 a             | 87 94 b    |

注:处理 1 为化学药剂交替喷施;处理 2 为 98 g/L 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯乳油与化学药剂及枯草芽孢杆菌 BAB-1 交替喷施。每行数据后不同字母表示显著差异 ( $P < 0.05$ )。\* 通过番茄灰霉病病果率求防治效果及 AUDPC。Note Treatment 1: Alternate application of synthesized fungicides Treatment 2 alternate application of 1-O-acetyl britannilactone 98g/L EC with synthesized fungicides and *B. subtilis* BAB-1. The different letters following data in the same row mean significant differences at  $P < 0.05$  level \* means calculating control efficacy and AUDPC by percentage of tomato fruits infected by gray mould

表 3 生物源杀菌剂与化学药剂交替使用对番茄灰霉病的控制作用 (2010)

Table 3 Control efficacy of alternate application of biofungicides with synthesized fungicides on tomato gray mould (2010)

| 试验<br>地点<br>Trial<br>site | 病果率 (%)<br>Percentage of infected fruits |                     |            | 防治效果 (%)<br>Control efficacy |                     | 病害发展曲线下面积<br>AUDPC  |                     |            |
|---------------------------|------------------------------------------|---------------------|------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|
|                           | 处理 1<br>Treatment 1                      | 处理 2<br>Treatment 2 | 清水对照<br>CK | 处理 1<br>Treatment 1          | 处理 2<br>Treatment 2 | 处理 1<br>Treatment 1 | 处理 2<br>Treatment 2 | 清水对照<br>CK |
|                           |                                          |                     |            |                              |                     |                     |                     |            |
| 定州                        | 2 18 ±                                   | 2 83 ±              | 21 80 ±    | 90 00 ±                      | 87 00 ±             | 177 00 ±            | 231 00 ±            | 2 230 00 ± |
| Dingzhou                  | 0 26 a                                   | 0 32 a              | 2 83 b     | 0 22 a                       | 0 36 a              | 21 97 a             | 34 58 a             | 339 63 b   |
| 徐水                        | 3 25 ±                                   | 4 26 ±              | 26 00 ±    | 87 50 ±                      | 83 60 ±             | 187 00 ±            | 212 00 ±            | 1 990 00 ± |
| Xushui                    | 0 40 a                                   | 0 71 a              | 3 74 b     | 0 73 a                       | 0 73 a              | 13 48 a             | 20 03 a             | 229 59 b   |

注:处理 1 为化学药剂交替喷施;处理 2 为 1-氧-乙酰基大花旋覆花内酯与化学药剂及生防菌剂 BAB-1 交替喷施。每行数据后不同字母表示显著差异 ( $P < 0.05$ )。Note Treatment 1: Alternate application of synthesized fungicides Treatment 2 alternate application of 1-O-acetyl britannilactone with synthesized fungicides and biological agents BAB-1. The different letters following data in the same row mean significant differences at  $P < 0.05$  level

长、需要多次施药防治的病害,国内外常常根据施药前及末次施药后各处理的病情指数计算防治效果,以评价施药对病害的控制作用,未能跟踪施药对整个病程发展的影响。本试验采用多种药剂交替使用,调查末次施药后病害发展曲线下面积 (AUDPC),跟踪交替施药对多种气传病害整个病程的影响,避免了一般田间药效试验偏重评估最后一次施药的影响而低估了整个施药处理对多种病害的影响,其试验结果可能更为准确,此方法可供评估交替

施药或混合施药对其它作物病害发展的影响时参考。

另外,可将上述有自主知识产权的生物源农药 (BAB-1, ABL) 与化学药剂协调使用技术及其它非化学防治技术进行集成,形成适合保护地栽培的番茄病害综合治理技术规程,但其在控病、延缓抗药性发生及降低农药残留风险等方面的作用还有待进一步研究。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] de Warrid M A, Georgopoulos S G, Hollman D W, et al. Chemical control of plant diseases: problems and prospects. *Annual Review of Phytopathology*, 1993, 31: 403–421
- [2] Keinath A P, Everts K L, Langston D B, et al. Multistate evaluation of reduced-risk fungicides and M elcast against *Alternaria* leaf blight and gummy stem blight on muskmelon. *Crop Protection*, 2007, 26(8): 1251–1258
- [3] Elmer W H, McGovern R J. Efficacy of integrating biologicals with fungicides for the suppression of *Fusarium* wilt of cyclamen. *Crop Protection*, 2004, 23(10): 909–914
- [4] Perbot I, Zasso R, Amsalem L, et al. Integrating biocontrol agents in strawberry powdery mildew control strategies in high tunnel growing systems. *Crop Protection*, 2008, 27(3/5): 622–631
- [5] Wilson P S, Ahvenniemi P M, Lehtonen M J, et al. Biological and chemical control and their combined use to control different stages of the *Rhizoctonia* disease complex on potato through the growing season. *Annals of Applied Biology*, 2008, 153(3): 307–320
- [6] Estevez de Jensen C, Perlich J A, Graham P H. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minnesota. *Field Crops Research*, 2002, 74(2/3): 107–115
- [7] 姜莉莉, 陈彦周, 辛明秀. 枯萎芽孢杆菌在防治植物病害上的应用及研究进展. *安徽农学通报*, 2009, 15(7): 37–39, 110
- [8] Tahmatsidou V, O'Sullivan J, Cassells A C, et al. Comparison of AMF and PGPR inoculants for the suppression of *Verticillium* wilt of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Selva). *Applied Soil Ecology*, 2006, 32(3): 316–324
- [9] 刘邈洲, 陈志谊, 傅锡敏, 等. 生物杀菌剂纹曲宁田间高效使用技术研究. *江苏农业科学*, 2006(3): 76–88
- [10] 曹春娜, 石延霞, 李宝聚. 枯萎芽孢杆菌可湿性粉剂防治黄瓜灰霉病药效试验. *中国蔬菜*, 2009(14): 53–56
- [11] Romero D, de Vicente A, Zeriouh H, et al. Evaluation of biological control agents for managing cucumber powdery mildew on greenhouse-grown melon. *Plant Pathology*, 2007, 56(6): 976–986
- [12] Pujoi M, Badosa E, Manceau C, et al. Assessment of the environmental fate of the biological control agent of fire blight *Pseudomonas fluorescens* EPS62e on apple by culture and real-time PCR methods. *Applied and Environmental Microbiology*, 2006, 72(4): 2421–2427
- [13] 刘宁, 郭庆港, 安海, 等. 番茄灰霉病生防细菌 BAB-1 的鉴定及发酵条件的优化. *中国农业科技导报*, 2009, 11(2): 56–62
- [14] 王红刚, 王文桥, 韩秀英, 等. 旋覆花中 1-氧-乙酰大花旋覆花内酯的分离分析及抑菌活性测定. *植物保护学报*, 2008, 35(6): 551–556
- [15] 王红刚, 王文桥, 韩秀英, 等. 旋覆花和土木香乳化提取浸膏对黄瓜霜霉病田间防治效果. //周明国, 陈长军. *中国植物病害化学防治研究* (第六卷). 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008: 183–187