

# 成团泛菌 Ljb-2 对番茄黄化曲叶病毒病的田间防效初步研究

柯红娇<sup>1</sup>, 王 勇<sup>1</sup>, 卫 甜<sup>1</sup>, 谷 春<sup>2</sup>, 刘红霞<sup>1</sup>, 郭坚华<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>南京农业大学植物保护学院植物病理学系, 江苏省生物源农药工程中心, 农业部作物病虫害监测与防控重点开放实验室, 南京 210095; <sup>2</sup>江苏省安丰生物源农药工程中心, 江苏太仓 215400)

**摘 要:** 成团泛菌 (*Pantoea agglomerans*) Ljb-2 是从番茄生境中分离得到的对番茄黄化曲叶病毒病 (tomato yellow leaf curl virus disease, TYLCD) 具有较好防效的拮抗细菌, 其对温室中番茄感病品种 ‘格瑞斯’ TYLCD 的防控效果为 49.77%。2012 年 4—8 月在连云港进行的田间试验结果表明, 该菌株在田间条件下对感病品种 ‘格瑞斯’ TYLCD 的防效达到 57.12%。2012 年 7—12 月, 将该菌株进行田间防治试验, 结果表明, 番茄移栽 60 d 时, Ljb-2 对番茄中抗品种 ‘迪芬妮’ TYLCD 的防效达到 45.26%。同时, 用 Ljb-2 处理番茄植株后, 能显著增加叶片叶绿素 a、叶绿素 b 及总叶绿素含量, 提高果实中维生素 C、可溶性糖、可滴定酸含量及糖酸比, 对果实品质具有明显的改善作用。此外, 对番茄的增产效果达到 20.05%。

**关键词:** 番茄; 番茄黄化曲叶病毒病; 生物防治; 烟粉虱; 成团泛菌

**中图分类号:** S 641.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2014) 05-0985-09

## Suppression of Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease by the *Pantoea agglomerans* Strain Ljb-2 in the Field

KE Hong-jiao<sup>1</sup>, WANG Yong<sup>1</sup>, WEI Tian<sup>1</sup>, GU Chun<sup>2</sup>, LIU Hong-xia<sup>1</sup>, and GUO Jian-hua<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>Department of Plant Pathology, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests (Nanjing Agricultural University), Ministry of Education, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup>Anfeng Biogenic Pesticide Engineering Center of Jiangsu Province, Taicang, Jiangsu 215400, China)

**Abstract:** Aiming at developing biological control agents (BCAs) that can effectively suppress tomato yellow leaf curl virus disease (TYLCD), this study investigated the biocontrol efficacy of the *Pantoea agglomerans* strain Ljb-2 against TYLCD as well as its plant-growth-promoting effect under both greenhouse and field conditions. Ljb-2 was originally isolated from the tomato environment. Applied to the susceptible tomato variety Geruisi with root drenching in combination with foliar spray, it achieved the significant biocontrol efficacy of 49.77% and 57.12% against TYLCD in the greenhouse and the field, respectively, in spring 2012. At 60 d post transplantation in the field experiment in fall 2012, with the same application method, Ljb-2 attained the biocontrol efficacy of 45.26% against TYLCD on Defenni

收稿日期: 2014-01-25; 修回日期: 2014-04-10

基金项目: 农业部公益性行业专项 (201003065)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: jhguo@njau.edu.cn)

(a tomato variety with moderate resistance to TYLCD). Ljb-2 significant increased the contents of leaf chlorophylls a, b, and a + b in the field, elevated tomato yield by 20.05%, leading to rises in the contents of vitamin C, soluble sugar, titratable acid, and sugar-acid ratio in tomato fruit in the field in fall 2012.

**Key words:** tomato; *Tomato yellow leaf curl virus*; biocontrol; *Bemisia tabaci*; *Pantoe agglomerans*

由双生病毒科(Geminiviridae)菜豆金色花叶病毒属(*Begomovirus*)的番茄黄化曲叶病毒(*Tomato yellow leaf curl virus*, 简称 TYLCV)引起的番茄黄化曲叶病毒病(Tomato Yellow Leaf Curl Disease, 简称 TYLCD)是目前番茄上的重要病害。该病毒通过烟粉虱传播, 1939 年在以色列首次报道, 1959 年在约旦大面积爆发, 1964 年被正式命名(Cohen & Harpaz, 1964)。20 世纪 80 年代, 该病害在非洲、美国、加勒比地区、欧洲、中东、东南亚等多个国家出现(Picó et al., 1996; Moriones & Navas-Castillo, 2000; Varma & Malathi, 2003), 近年来在世界范围内大爆发, 严重危害番茄种植业, 已成为全世界番茄生产的主要限制因素之一(Duffy & Holmes, 2007; Hanssen et al., 2010; Lefeuvre et al., 2010)。

TYLCD 具有爆发突然、扩展迅速、为害性强、防治难度大的特点, 除危害番茄外, 还可以危害辣椒、烟草、南瓜和菜豆等多种经济作物及部分杂草(Morilla et al., 2005; Díaz-Pendón et al., 2010; 李廷刚和李长松, 2011)。1995 年该病传入中国(蔡健和 等, 1995), 2000 年以来已在浙江、重庆、广东、广西、云南、上海、山东、河南等地相继发生(Zhou et al., 2001; 龚一帆, 2009)。培育抗病品种尽管是最快速有效的方法, 但是由于其遗传机理及背景的复杂性, 很难培育出抗性稳定的品种, 目前生产上主要使用的抗病品种有‘浙粉 701’、‘欧冠’、‘宝丽’、‘齐达利’、‘迪芬妮’等, 这些品种多为含有 1 个抗 TY 基因的品种。其中‘迪芬妮’由先正达公司研发, 其抗性基因为 *TY-1*, 是一种中抗品种。同时由于抗病品种种子价格较贵, 一般农民没有购买能力, 因此限制了该品种的推广应用(Lapidot & Friedmann, 2002; Ji et al., 2007)。另一方面, 人们也在使用一些杀虫剂用于防治传播媒介烟粉虱, 但是化学农药不但不利于环境的可持续发展, 同时由于大量杀虫剂的使用导致烟粉虱产生抗药性(Moriones & Navas-Castillo, 2010); 而利用番茄自身抗性是综合防控番茄黄化曲叶病的关键途径, 在这方面, 利用拮抗菌诱导番茄植株产生对 TYLCV 的抗性是很有前景的发展方向。

拮抗菌是一类具有防病促生作用的有益微生物, 可以从植物多个生境中分离得到。已有大量研究报道了将拮抗菌引入植物可提高植物的抗病、抗虫、抗逆性(Li et al., 2011; Niu et al., 2011; Wang et al., 2012)。由于拮抗菌在抑制植物病害方面的广谱性、高效性以及安全性, 目前成为农药市场发展的趋势, 被称为是最有潜力的发展方向。但到目前为止, 国内外只有少量报道对 TYLCV 有显著抑制效果的拮抗菌, 同时也没有能有效防治 TYLCD 的生物农药。

作者前期从江苏连云港 TYLCV 发病严重的番茄田块中分离了 857 株细菌, 通过一系列的菌株产酶活性测定、指纹图谱聚类分析及温室和田间试验, 筛选出对 TYLCV 具有显著抗性的拮抗细菌 Ljb-2。

本研究中将拮抗细菌 Ljb-2 配合具有一定抗性的抗病品种‘迪芬妮’用于田间试验, 测定了该菌株对番茄黄化曲叶病毒病的生防效果, 并对其增产作用、增加叶片叶绿素含量和改善番茄品质方面进行了评价, 以期建立以生物防治为核心的 TYLCD 防控技术体系, 减少化学农药的使用, 提高农产品产量和品质, 保障蔬菜产业的可持续发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 番茄 (*Solanum lycopersicum*) 栽培品种

感病品种‘格瑞斯’、中抗品种‘迪芬妮’、高抗品种‘苏粉 12’。

#### 1.1.2 菌株

成团泛菌 (*Pantoea agglomerans*) Ljb-2 菌株, 分离于江苏连云港 TYLCV 发病严重田块中健康番茄植株茎围, 具有产蛋白酶、几丁质酶、纤维素酶、葡聚糖酶及嗜铁素活性, 通过前期在试验室内一系列的筛选试验发现该菌株对 TYLCV 具有一定抗性。

#### 1.1.3 培养基

LB (Luria-Bertani) 培养基 (王春娟 等, 2012)。

### 1.2 成团泛菌 Ljb-2 发酵液的制备

于  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  超低温冰箱取出 Ljb-2 菌株, 迅速在 LB 固体培养基上划线, 置于  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  生化培养箱培养  $16\sim 18\text{ h}$ , 待长出单菌落后, 挑取单菌落接种到含有  $5\text{ mL}$  LB 液体试管中,  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $200\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  振荡培养, 当 OD 值达到 0.8 时停止培养, 作为种子液。以 1% 的接种量将种子液接种至 LB 培养液中,  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $200\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  培养  $48\text{ h}$ , 采用滴液法检测活菌的浓度。

### 1.3 成团泛菌 Ljb-2 防治 TYLCD 的温室试验

选用番茄感病品种‘格瑞斯’4~5 叶期的温室苗进行试验。设置 1 个成团泛菌 Ljb-2 处理, 1 个对照处理, 每处理 24 株苗, 3 个重复。移栽当天每株苗用  $30\text{ mL}$  浓度约为  $5\times 10^7\text{ cfu}\cdot\text{mL}^{-1}$  的菌液灌根处理, 同时用相同浓度菌液 (按照 0.01% 的终浓度加入表面活性剂吐温-20) 均匀喷雾于番茄叶片, 以后每 10 d 处理 1 次, 共处理 3 次。对照使用等量 LB 培养液处理。植株移栽 7 d 后接种病毒。接种方法为: 将无毒烟粉虱在表现 TYLCD 症状的番茄植株上饲养 48 h, 然后将待接种的健康植株移至粉虱棚内, 每株番茄 30 头左右, 接种 3 d 后使用吡虫啉除去烟粉虱, 将植株移至防虫温室 ( $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $16\text{ h}/8\text{ h}$  光周期, 70% 相对湿度) 中 (Sade et al., 2012)。番茄开始发病时统计病情, 之后每天统计 1 次, 待空白对照病害严重度达到 100% 时停止统计。

### 1.4 成团泛菌 Ljb-2 防治 TYLCD 田间试验

田间试验在江苏省连云港市赣榆县 TYLCD 常发地分两个季度完成。

2012 年 4—8 月, 试验地大约  $670\text{ m}^2$ , 番茄品种为 TYLCV 感病品种‘格瑞斯’, 包括成团泛菌 Ljb-2 处理及清水对照处理。

2012 年 7—12 月, 包括番茄 TYLCV 中抗品种‘迪芬妮’成团泛菌 Ljb-2 处理和清水对照处理、感病品种‘格瑞斯’对照处理及高抗品种‘苏粉 12’对照处理。试验地共划分为 12 个小区, 每处理 3 个小区, 每小区面积约  $60\text{ m}^2$ , 各处理完全随机区组排列。

两次试验均在番茄移栽时进行菌液终浓度为  $5\times 10^7\text{ cfu}\cdot\text{mL}^{-1}$  喷雾和灌根处理, 灌根处理用量为  $50\text{ mL}\cdot\text{株}^{-1}$ , 喷雾时以菌液在叶片上不下滴为度。对照处理采用清水喷雾和灌根。每 15 d 处理 1 次, 共计 4 次。待发病后调查发病情况, 计算病害严重度及防治效果。

TYLCD 病情指数分级标准 (Friedmann et al., 1998, Lapidot et al., 2006): 0 级, 无症状; 1 级, 顶部叶片轻度黄化, 叶边缘轻度卷曲, 花期花轻度脱落; 2 级, 顶部叶片中度黄化, 叶边缘中度卷曲褶皱, 花期花轻度脱落, 结果期产量轻度减产; 3 级, 叶片严重黄化, 卷曲, 褶皱, 花期花

中度脱落, 结果期产量中度减产; 4 级, 大面积叶片严重畸形缩小, 植株生长缓慢, 明显矮化, 花期花严重脱落, 结果期产量严重减产或绝产。

病害严重度 (%) =  $[\sum (\text{发病植株数} \times \text{病级数}) / (\text{总植株数} \times \text{最高病级数})] \times 100$ 。

生防效果 (%) =  $[(\text{对照病害严重度平均值} - \text{处理病害严重度平均值}) / \text{对照病害严重度平均值}] \times 100$ 。

对 2012 年秋季的田间试验番茄叶片叶绿素含量、番茄生长量、果实产量及品质进行测定。当番茄对照处理开始出现症状 5 d 后, 对每小区采用 5 点取样法采集植株顶部叶片, 每点 3 株, 参照曾建敏等 (2009) 和杨敏文 (2002) 的方法测定叶绿素的含量。当番茄定植 15 d 后统计植株的株高、茎粗及叶片数, 对每小区采用 5 点取样, 每点 5 株, 每个小区共调查 25 株。在番茄收获期统计每株番茄的果实穗数, 对各小区番茄产量累计测产, 每次采摘时统计每小区番茄果实的质量、个数, 计算增产率, 最后将小区产量折算成总产量。在果实成熟期对番茄的品质进行分析。每小区取第 3 穗同一熟度的果实 5 个, 用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量; 用蒽酮比色法测定可溶性糖含量; 用氢氧化钠标准滴定法测定可滴定酸含量 (李合生, 2000)。每个处理 3 次重复。

试验数据在 Microsoft Excel 中进行基本处理后, 用 DPS 7.05 软件进行单因素方差分析, 并用 LSD 法比较各处理间的差异显著性 ( $P = 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 成团泛菌 Ljb-2 对 TYLCV 的防治效果

温室条件下番茄感病品种 ‘格瑞斯’ 经烟粉虱接种病毒 14 d 后, 对照植株开始发病; 25 d、35 d 后, 成团泛菌 Ljb-2 对 TYLCV 的防效分别为 56.81%、49.48%。25 d 时, 成团泛菌 Ljb-2 处理植株发病率为 62.5% (图 1), 显著低于对照; 35 d 时, 处理和对照植株发病率接近 100% (表 1)。

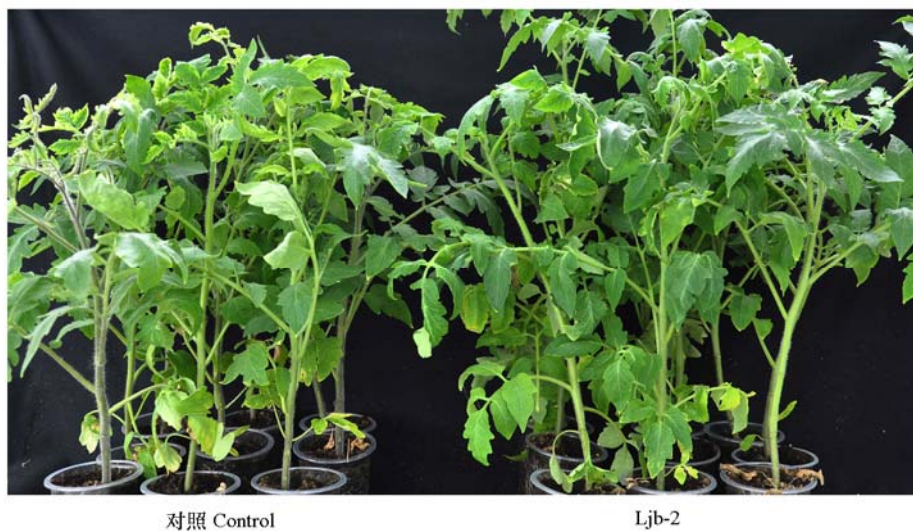


图 1 温室条件下 ‘格瑞斯’ 番茄接种病毒 25 d 后成团泛菌 Ljb-2 处理对 TYLCD 的防治效果

Fig. 1 Comparison between Ljb-2-treated and control tomato plants in disease severity at 25 d after inoculation with TYLCD in the greenhouse

表 1 温室条件下成团泛菌 Ljb-2 对感病番茄品种‘格瑞斯’TYLCD 的防效

Table 1 The biocontrol efficacy of Ljb-2 against TYLCD of the susceptible tomato variety Geruisi in the greenhouse

移栽后天数 Days after transplanting	处理 Treatment	发病率% Disease incidence	病害严重度% Disease severity	生防效果% Biocontrol efficacy
25	Ljb-2	62.50 ± 1.24 b	16.29 ± 0.38 b	56.81
	对照 Control	91.67 ± 0.57 a	37.71 ± 1.35 a	-
35	Ljb-2	97.22 ± 1.45 a	44.60 ± 0.85 b	49.48
	对照 Control	100.00 ± 0.00 a	88.28 ± 0.78 a	-

注：不同字母表示处理间在  $P = 0.05$  的显著水平下差异显著（Duncan’s test）。  
Note: Values with different letters differ significantly according to Duncan’s test at  $P = 0.05$ .

2012 年春季田间的试验中（表 2），由于温度较低，不利于 TYLCD 自然发病，番茄番茄感病品种‘格瑞斯’定植 40 d 才开始发病，50 d 时成团泛菌的防治效果为 57.12%。

表 2 大田条件下成团泛菌 Ljb-2 对感病番茄品种‘格瑞斯’TYLCD 的防效（2012 春季移栽后 50 d）

Table 2 The biocontrol efficacy of Ljb-2 against TYLCD of the susceptible tomato variety Geruisi in the field (50 d after transplanting in spring 2012)

处理 Treatment	发病率% Disease incidence	病害严重度% Disease severity	生防效果% Biocontrol efficacy
Ljb-2	32.10 ± 1.08 b	8.54 ± 1.30 b	57.12
对照 Control	67.23 ± 2.05 a	19.92 ± 1.32 a	-

注：不同字母表示处理间在  $P = 0.05$  的显著水平下差异显著（Duncan’s test）。  
Note: Values with different letters within the same column differ significantly according to Duncan’s test at  $P = 0.05$ .

2012 年秋季田间试验中（表 3），番茄定植 40 d 后中抗品种‘迪芬妮’开始发病，成团泛菌 Ljb-2 处理后显著降低 TYLCD 的病害严重度。定植 50 d 时，‘迪芬妮’对照的病害严重度为 20.31%，成团泛菌 Ljb-2 处理的防效达到 50.76%，定植 60 d 时，其防效仍为 45.26%，且高抗品种‘苏粉 12’与成团泛菌 Ljb-2 处理相比，其病害严重度差异不显著，而感病品种‘格瑞斯’发病相对最重。

表 3 成团泛菌 Ljb-2 对 TYLCD 的大田防效（2012 秋季）

Table 3 The biocontrol efficacy of Ljb-2 against TYLCD in the field in fall 2012

移栽后天数 Days after transplanting	处理 Treatment	发病率% Disease incidence	病害严重度% Disease severity	生防效果% Biocontrol efficacy
50	迪芬妮 Difenni	70.32 ± 3.11 b	20.31 ± 2.21 b	
	迪芬妮 + Ljb-2 Difenni + Ljb-2	40.15 ± 1.57 c	10.00 ± 2.36 c	50.76
	苏粉 12 Sufen 12	30.23 ± 2.02 d	7.53 ± 2.94 cd	62.92
	格瑞斯 Geruisi	83.74 ± 3.72 a	32.47 ± 4.22 a	- 59.87
60	迪芬妮 Difenni	86.00 ± 3.56 b	39.59 ± 1.48 b	
	迪芬妮 + Ljb-2 Difenni + Ljb-2	73.67 ± 2.15 c	21.67 ± 0.00 c	45.26
	苏粉 12 Sufen 12	72.07 ± 2.78 c	19.81 ± 1.72 cd	49.96
	格瑞斯 Geruisi	96.00 ± 3.45 a	58.16 ± 4.00 a	- 46.91

注：不同字母表示处理间在  $P = 0.05$  的显著水平下差异显著（Duncan’s test）。  
Note: Values with different letters differ significantly according to Duncan’s test at  $P = 0.05$ .

2.2 成团泛菌 Ljb-2 对番茄的促生和增产作用

调查发现，番茄定植 15 d 后，成团泛菌 Ljb-2 对番茄植株的地上部分生长具有显著的促进作用（表 4），‘迪芬妮’品种的株高、茎粗及叶片数均显著高于其对照。番茄移栽 60 d 时统计发现，成团泛菌 Ljb-2 处理后，番茄植株的果穗数和产量均高于其对照（表 4），其增产率为 20.05%。同时高

抗品种‘苏粉 12’的产量显著低于中抗品种‘迪芬妮’，说明番茄高抗品种虽然对 TYLCV 具有较高的抗性，但是其产量不高。

表 4 成团泛菌 Ljb-2 对番茄植株的田间促生和增产作用 (2012 秋季)  
Table 4 The effect of Ljb-2 on tomato growth and yield in the field in fall 2012

处理 Treatment	株高/cm Length	茎粗/cm Stem diameter	叶片数 Leaf number	单株果穗数 Ears per plant	产量/ (kg · m <sup>-2</sup> ) Yield	增产率/% Increase in yield	单果质量/g Weight per fruit
迪芬妮 Difenni	23.98 ± 0.91 b	2.16 ± 0.15 b	7.00 ± 0.19 bc	4.24 ± 0.06 b	6.17 b	—	221.6 a
迪芬妮 + Ljb-2 Difenni + Ljb-2	28.00 ± 0.73 a	2.28 ± 0.15 a	7.44 ± 0.11 a	4.63 ± 0.04 a	7.41 a	20.05	221.3 a
苏粉 12 Sufen 12	24.15 ± 0.42 b	1.90 ± 0.08 c	7.26 ± 0.23 ab	4.07 ± 0.09 c	5.99 c	- 2.89	217.2 b
格瑞斯 Geruisi	18.11 ± 0.70 c	2.29 ± 0.12 a	6.89 ± 0.18 cd	3.34 ± 0.15 d	5.62 d	- 8.86	222.1 a

注：不同小写字母表示处理在  $P = 0.05$  的显著水平下差异显著 (Duncan's test)。

Note: Values with different letters within the same column differ significantly according to Duncan's test ( $P = 0.05$ ).

## 2.3 成团泛菌 Ljb-2 对番茄叶片叶绿素含量的影响

如表 5 所示,‘迪芬妮’品种对照的叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 及总叶绿素含量分别为  $1.42 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $0.89 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $2.31 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 而成团泛菌 Ljb-2 处理分别增加了 8.5%、15.6%、10.8%。同时,‘迪芬妮’Ljb-2 处理与高抗品种‘苏粉 12’的叶绿素含量差异不显著,而感病品种‘格瑞斯’的叶片叶绿素含量最低,这可能与其植株的病害严重度较大有关。

表 5 成团泛菌 Ljb-2 对番茄叶片叶绿素含量的影响 (2012 秋季)  
Table 5 The effect of Ljb-2 on leaf chlorophyll content of tomato plants in the field in fall 2012

处理 Treatment	叶绿素 a/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Chlorophyll a	叶绿素 b/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Chlorophyll b	总叶绿素/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Total chlorophyll
迪芬妮 Difenni	1.42 ± 0.06 b	0.89 ± 0.11 b	2.31 ± 0.13 b
迪芬妮 + Ljb-2 Difenni + Ljb-2	1.54 ± 0.11 a	1.03 ± 0.01 a	2.56 ± 0.02 a
苏粉 12 Sufen 12	1.53 ± 0.10 a	1.08 ± 0.10 a	2.61 ± 0.09 a
格瑞斯 Geruisi	1.30 ± 0.01 c	0.74 ± 0.07 c	2.04 ± 0.07 c

注：不同字母表示处理间在  $P = 0.05$  的显著水平下差异显著 (Duncan's test)。

Note: Values with different letters differ significantly according to Duncan's test at  $P = 0.05$ .

## 2.4 成团泛菌 Ljb-2 对番茄品质的影响

由表 6 可知, Ljb-2 在改善番茄品质方面具有显著的效果。相对于‘迪芬妮’对照,成团泛菌 Ljb-2 处理显著提高了番茄维生素 C 含量、可溶性糖含量及可滴定酸含量,并显著增加番茄的糖酸比。

表 6 成团泛菌 Ljb-2 对番茄品质的影响 (2012 秋季)  
Table 6 The effect of Ljb-2 on the quality of tomato fruit in the field in fall 2012

处理 Treatment	维生素 C/ (mg · kg <sup>-1</sup> ) Vitamin C	可溶性糖/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Soluble sugar	可滴定酸/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Organic acid	糖酸比 SS/OA
迪芬妮 + Ljb-2 Difenni + Ljb-2	140.01 ± 10.29 a	84.93 ± 2.47 a	4.14 ± 0.04 a	20.51 ± 0.74 a
迪芬妮 Difenni	100.33 ± 8.30 b	58.21 ± 0.66 b	3.90 ± 0.05 b	14.93 ± 0.09 b

注：同列数据后不同小写字母表示处理在  $P = 0.05$  的显著水平下差异显著 (Duncan's test)。

Note: Values with different letters within the same column differ significantly according to Duncan's test ( $P = 0.05$ ).

### 3 讨论

目前有关于 TYLCV 生物防治的报道很少。丁雪玲等(2013)利用蜡质芽孢杆菌 3BY4 和肠杆菌 BQ9 防治 TYLCV, 田间防治效果分别为 47.03% 和 42.76%, 同时番茄表现出一定的增产效果, 说明使用生物防治的方法防治 TYLCV 具有一定的应用前景。

本试验在 2012 年春季大田试验中, 番茄定植 50 d 时, 拮抗细菌 Ljb-2 对感病品种‘格瑞斯’的防效为 57.12%, 而对中抗品种‘迪芬妮’的防效为 50.76%, 说明 Ljb-2 对 TYLCV 的防治效果表现出品种差异性。同时, 在 2012 年秋季温室及田间条件下, Ljb-2 对 TYLCV 的防效随着时间的推移表现出下降的趋势, 这可能是因为只在试验初期使用了 1 次 Ljb-2 处理, 后期随着植株抗性逐渐减弱, 同时植株体内病毒逐渐增多, 导致其病害严重度增加。因此下一步的工作是选取园艺性状较好的多个番茄品种进行防病检测试验, 同时加强生防菌剂在田间的使用条件和使用技术的研究工作。

TYLCV 侵染番茄植株后可引起组织中叶绿体病变, 叶绿素含量受到影响。张永平等(2009)研究发现, 番茄被 TYLCV 侵染后, 叶片组织中叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量与健康对照相比分别降低了 32%、26%、30%。于力等(2011)报道 TYLCV 侵染后番茄叶片净光合速率和气孔导度表现出下降趋势。本研究中发现, 成团泛菌 Ljb-2 处理后能显著增加叶片叶绿素 a、叶绿素 b 及总叶绿素含量。这可以促进植株光合作用, 从而为植株提供激发和保持防卫反应所需的能量(Bolton, 2009)。

近年来随着番茄的大面积种植出现很多问题(杨悦俭 等, 2011; 张春奇 等, 2011), 比如, 田兆丰等(2013)评估了 20 个生产上常用的番茄栽培品种对 TYLCD 的抗病性鉴定, 结果发现只有 5 个品种表现出高抗, 其余品种均只有不同程度的耐病性。这些抗病品种都达不到预期的效果, 不能从根本上解决 TYLCD 的防治问题。本试验中利用具有一定抗性的成团泛菌 Ljb-2 配合番茄中抗品种‘迪芬妮’, 收到较好的防治效果, 其防效为 45.26%, 接近高抗品种‘苏粉 12’的防治水平, 但‘迪芬妮’的产量远远高于‘苏粉 12’, 因此, 成团泛菌 Ljb-2 结合中抗品种‘迪芬妮’的使用, 具有较好的发展潜力。

### References

- Bolton M D. 2009. Primary metabolism and plant defense—Fuel for the fire. *Molecular Plant-microbe Interactions*, 22: 487 – 497.
- Cai Jian-he, Wang Su-yan, Wang Xiao-feng. 1995. Transmission, serology and PCR analysis of tomato leaf curl virus. *Acta Microbiologica Sinica*, 35 (5): 394 – 396. (in Chinese)
- 蔡健和, 王苏燕, 王小凤. 1995. 番茄曲叶病及其血清学和 PCR 测定. *微生物学报*, 35 (5): 394 – 396.
- Cohen S, Harpaz I. 1964. Periodic rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 7 (2): 155 – 166.
- Díaz-Pendón J A, Cañizares M C, Moriones E, Bejarano E R, Czosnek H, Navas-Castillo J. 2010. Tomato yellow leaf curl viruses: Ménage à trois between the virus complex, the plant and the whitefly vector. *Molecular Plant Pathology*, 11: 441 – 450.
- Ding Xue-ling, Ke Hong-jiao, Liu Hong-xia, Guo Jian-hua. 2013. Disease-preventing and yield-promoting effects of biological agents 3BY4 and BQ9 against tomato yellow leaf curl virus disease. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 29 (31): 179 – 183. (in Chinese)
- 丁雪玲, 柯红娇, 刘红霞, 郭坚华. 2013. 生防菌 3BY4 和 BQ9 对番茄黄化曲叶病毒病的防病增产效果. *中国农学通报*, 29 (31): 179 – 183.
- Duffy S, Holmes E C. 2007. Multiple introductions of the old world begomovirus *Tomato yellow leaf curl virus* into the new world. *Applied and Environmental Microbiology*, 73: 7114 – 7117.
- Friedmann M, Lapidot M, Cohen S, Pilowsky M. 1998. A novel source of resistance to *Tomato yellow leaf curl virus* exhibiting a symptomless reaction to viral infection. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123: 1004 – 1007.
- Gong Yi-fan. 2009. A new disease threatening the production of tomato – tomato yellow leaf curl virus disease. *Chinese Vegetables*, (21): 1 – 4. (in Chinese)
- 龚一帆. 2009. 威胁番茄生产的新病害——番茄黄化曲叶病毒病. *中国蔬菜*, (21): 1 – 4.

- Hanssen I M, Lapidot M, Thomma B P. 2010. Emerging viral diseases of tomato crops. *Molecular Plant-microbe Interactions*, 23: 539 – 548.
- Ji Y, Scott J W, Hanson P, Graham E, Maxwell D P. 2007. Sources of resistance, inheritance, and location of genetic loci conferring resistance to members of the tomato-infecting begomoviruses. //Czosnek H. *Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease*. Berlin: Springer Netherlands: 343 – 362.
- Lapidot M, Ben-Joseph R, Cohen L, Machbash Z, Levy D. 2006. Development of a scale for evaluation of tomato yellow leaf curl virus resistance level in tomato plants. *Phytopathology*, 96: 1404 – 1409.
- Lapidot M, Friedmann M. 2002. Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminiviruses. *Annals of Applied Biology*, 140 (2): 109 – 127.
- Lefevre P, Martin D P, Harkins G, Lemey P, Gray A J, Meredith S, Lakay F, Monjane A, Lett J M, Varsani A, Heydarnejad J. 2010. The spread of *Tomato yellow leaf curl virus* from the Middle East to the world. *PLoS Pathog*, 6: e1001164.
- Li He-sheng. 2000. The principles and techniques of experiments in plant physiology and biochemistry. Beijing: Higher Education Press. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物生理生化试验原理和技术. 北京: 高等教育出版社.
- Li J G, Cao J, Sun F F, Niu D D, Yan F, Liu H X, Guo J H. 2011. Control of *Tobacco mosaic virus* by PopW as a result of induced resistance in tobacco under greenhouse and field conditions. *Phytopathology*, 101: 1202 – 1208.
- Li Ting-gang, Li Chang-song. 2011. Research progress of *Tomato yellow leaf curl virus*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27: 90 – 94. (in Chinese)
- 李廷刚, 李长松. 2011. 番茄黄化曲叶病毒研究进展. *中国农学通报*, 27: 90 – 94.
- Morilla G, Janssen D, García-Andrés S, Moriones E, Cuadrado I M, Bejarano E R. 2005. Pepper (*Capsicum annum*) is a dead-end host for tomato yellow leaf curl virus. *Phytopathology*, 95: 1089 – 1097.
- Moriones E, Navas-Castillo J. 2000. Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research*, 71: 123 – 134.
- Moriones E, Navas-Castillo J. 2010. Bemisia: Bionomics and management of a global pest. Berlin: Springer Netherlands.
- Niu D D, Liu H X, Jiang C H, Wang Y P, Wang Q Y, Jin H L, Guo J H. 2011. The plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus cereus* AR156 induces systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* by simultaneously activating salicylate- and jasmonate/ethylene-dependent signaling pathways. *Molecular Plant-microbe Interactions*, 24: 533 – 542.
- Picó B, Díez M J, Nuez F. 1996. Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop II. The tomato yellow leaf curl virus: A review. *Scientia Horticulturae*, 67: 151 – 196.
- Sade D, Eybishtz A, Gorovits R, Sobol I, Czosnek H. 2012. A developmentally regulated lipocalin-like gene is overexpressed in *Tomato yellow leaf curl virus*-resistant tomato plants upon virus inoculation, and its silencing abolishes resistance. *Plant Molecular Biology*, 80: 273 – 287.
- Tian Zhao-feng, Liu Wei-cheng, Xie Huan, Xing Ruo-hong, Chai Min, Luo Chen. 2013. Identification of the resistance of different tomato varieties against *Tomato yellow leaf curl virus*. *Acta Phytophylacice Sinica*, 40 (1): 56 – 60. (in Chinese)
- 田兆丰, 刘伟成, 谢欢, 邢若虹, 柴敏, 罗晨. 2013. 不同番茄品种对番茄黄化曲叶病毒的抗病性鉴定. *植物保护学报*, 4 (1): 56 – 60.
- Varma A, Malathi V G. 2003. Emerging geminivirus problems: A serious threat to crop production. *Annals of Applied Biology*, 142: 145 – 164.
- Wang Chun-juan, Guo Ya-hui, Wang Chao, Liu Hong-xia, Niu Dong-dong, Wang Yun-peng, Guo Jian-hua. 2012. Enhancement of tomato (*Lycopersicon esculentum*) tolerance to drought stress by Plant-Growth-Promoting Rhizobacterium (PGPR) *Bacillus cereus* AR156. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 20 (10): 1097 – 1105. (in Chinese)
- 王春娟, 郭亚辉, 王超, 刘红霞, 牛冬冬, 王云鹏, 郭坚华. 2012. 根围促生细菌 (PGPR) 蜡质芽胞杆菌 AR156 对番茄的诱导耐旱性研究. *农业生物技术学报*, 20 (10): 1097 – 1105.
- Wang C J, Yang W, Wang C, Gu C, Niu D D, Liu H X, Wang Y P, Guo J H. 2012. Induction of drought tolerance in cucumber plants by a consortium of three plant growth-promoting rhizobacterium strains. *PLoS One*, 7: e52565
- Yang Min-wen. 2002. A study on rapid determination of leaf chlorophyll content of plants. *Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory*, 19 (7): 478 – 481. (in Chinese)
- 杨敏文. 2002. 快速测定植物叶片叶绿素含量方法的探讨. *光谱试验室*, 19 (7): 478 – 481.
- Yang Yue-jian, Zhou Guo-zhi, Wang Rong-qing. 2011. Problems arising in planting tomato varieties resistant to *Tomato yellow leaf curl virus* disease and solutions for them. *Chinese Vegetables*, (21): 1 – 4. (in Chinese)
- 杨悦俭, 周国治, 王荣青. 2011. 抗番茄黄化曲叶病毒病品种种植中的问题与对策. *中国蔬菜*, (21): 1 – 4.
- Yu Li, Guo Shi-rong, Zhu Wei-min, Yan Jun, Hei Yin-xiu. 2011. Effects of *Tomato yellow leaf curl virus* on photosynthetic characteristics and chloroplast ultra-structure of the tomato leaves. *Acta Bot Boreal*, 31: 1355 – 1359. (in Chinese)



- 于 力,郭世荣,朱为民,阎 君,黑银秀. 2011. 番茄黄化曲叶病毒对番茄叶片光合特性和叶绿体超微结构的影响. 西北植物学报, 31: 1355 - 1359.
- Zeng Jian-min, Yao Heng, Li Tian-fu, Ouyang Wen-tao, Cao Zhong-xiang. 2009. Determination of leaf chlorophyll content of tobacco and its relationship with SPAD readings. *Molecular Plant Breeding*, 7 (1): 56 - 62. (in Chinese)
- 曾建敏,姚 恒,李天福,欧阳文韬,曹忠祥. 2009. 烤烟叶片叶绿素含量的测定及其与 SPAD 值的关系. *分子植物育种*, 7 (1): 56 - 62.
- Zhang Chun-qi, Li Hong-bo, Pan Yong. 2011. Research progress of tomato yellow leaf curl disease and breeding of resistant varieties. *Chinese Cucurbits and Vegetables*, 24 (5): 50 - 54. (in Chinese)
- 张春奇,李红波,潘 永. 2011. 番茄黄化曲叶病及抗病育种研究概况. *中国瓜菜*, 24 (5): 50 - 54.
- Zhang Yong-ping, Zheng Yi, Zhu Wei-min. 2009. Effects of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) infection on chlorophyll fluorescence quenching and allocation of absorbed light energy in tomato plants. *Acta Agriculturae Shanghai*, 25 (2): 10 - 14. (in Chinese)
- 张永平,郑 奕,朱为民. 2009. TYLCV 侵染对番茄叶绿素荧光猝灭和吸收光能分配的影响. *上海农业学报*, 25 (2): 10 - 14.
- Zhou X P, Xie Y, Zhang Z K. 2001. Molecular characterization of a distinct begomovirus infecting tobacco in Yunnan, China. *Archives of Virology*, 146 (8): 1599 - 1606.

## “中国园艺学会 2014 年学术年会”征文通知

“中国园艺学会 2014 年学术年会”将于 2014 年 10 月召开,即日起征集:①研究论文摘要,②有关园艺学进展的综述。经审查合格的摘要将收入《园艺学报》2014 年增刊,综述将收入 2014 年第 9 期,均于会前出版。

**征文内容:** 有关果树、蔬菜、西瓜甜瓜、观赏园艺植物及其它园艺植物的种质资源、遗传育种、生物技术、栽培技术与生理、采后技术与生理等方面未曾发表过的研究论文摘要和文献综述。

**投稿要求:** 请于 2014 年 6 月 15 日前将稿件一式两份寄送到: 北京中关村南大街 12 号《园艺学报》编辑部(邮编 100081), 并发送电子文件至: ivfyyxb@caas.cn, 同时请交纳审稿费 320 元(汇款地址: 北京中关村南大街 12 号中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 邮编 100081, 收款人《园艺学报》编辑部)。对于录用的稿件, 将及时通知参会作者, 未录用的稿件恕不退稿。联系电话: 010-62192388。

**写作格式:**摘要稿件, 每篇限 A4 纸 1 页(单倍行距, 标准字间距), 不写英文和参考文献, 不用图表。综述稿件, 篇幅不限, 写作格式与《园艺学报》文献综述类文章相同。

### 论文摘要写作格式:

摘要题目□□□□□□□□（黑体，2号字）

作者姓名□□□，□□□，□□□（仿宋，4号字）

(作者单位□□□□□□□□□□□□, 城市名□□ 邮编□□□□□□)(宋体, 小5号字)

[illegible][illegible][illegible]

**关键词:**

中图分类号: (由编辑部填写)      文献标识码: A      文章编号: 0513-353X

基金項目：

E-mail:

Tel:

中国园艺学会 2014 年 4 月 2 日