

内生菌 B47 的定殖能力及其对番茄青枯病的防治作用

黎起秦^{1,2} 罗 宽^{2*} 林 伟¹ 卢燕回¹ 叶云峰¹

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 湖南农业大学, 长沙 410128)

摘要: 从番茄茎分离的内生枯草芽孢杆菌菌株 B47 对番茄青枯病有较好的防治作用, 利用该菌株的抗链霉素突变菌株, 研究其在土壤和番茄植株根、茎中的定殖能力及其对番茄青枯病的防治作用。结果表明, 枯草芽孢杆菌菌株 B47 可在土壤和番茄植株中定殖。B47 施到土壤中后的 15~45 天, 其数量逐步增加, 45 天后, 其数量逐步下降。B47 在土壤中的定殖能力随土壤的种类和土壤的处理情况而异。施入菜地土后的第 45 天, B47 在非灭菌土中的数量是 9.91×10^5 cfu/g 土壤干重, 而在灭菌土中的数量是 9.84×10^7 cfu/g 土壤干重。接种后, 番茄植株根和茎中的 B47 数量, 从苗期到结果期逐渐增加, 但到了成熟期呈下降趋势。B47 和番茄青枯病菌混合施入土壤后, 随 B47 的数量增加番茄青枯病菌的数量显著降低。当番茄植株根和茎中 B47 的含量分别为 1.17×10^4 cfu/g 鲜重和 3.33×10^4 cfu/g 鲜重时, 接种番茄青枯病菌后的第 20 天, 对番茄青枯病的防治效果达 79.79%。

关键词: 枯草芽孢杆菌; 动态; 土壤类型; 生物防治

Analysis on the colonization of entophytic bacteria B47 and its control on tomato bacterial wilt

LI Qi-qin^{1,2} LUO Kuan^{2*} LIN Wei¹ LU Yan-hui¹ YE Yun-feng¹

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530005, China;

2. Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Endophytic *Bacillus subtilis* strain B47, which was isolated from the stem of tomato, was an efficient biological control agent on tomato bacterial wilt. A strain resistant to streptomycin derivative of wild strain B47 was used to study the colonization ability and fluctuation of populations in soil and tomato organs, and its biological control on tomato bacterial wilt. The result indicated that strain B47 could colonize in both soil and tomato organ. After being inoculated in soil, the population of strain B47 increased gradually from the 15th day to 45th day, and then decreased after 45 days. The colonization ability of strain B47 in soil varied with the treatments and types of soil. The population of strain B47 in sterile garden soil was 9.84×10^7 cfu/g, however, the population in raw garden soil was 9.91×10^5 cfu/g on 45th day after being inoculated. After dipping root inoculation treatment, the population of strain B47 inside roots and stems increased gradually from the seedling stage to fruit setting stage, and then decreased after ripening stage. With the increasing of the population of strain B47, the population of *Ralstonia solanacearum* decreased significantly while they were mixed at a similar population in the inoculation into

基金项目: 广西壮族自治区自然科学基金资助项目(桂科基 0009018)

作者简介: 黎起秦, 男, 1958 年生, 教授, 从事植物土传病害生物防治研究, email: qqli5806@gxu.edu.cn

* 通讯作者(Author for correspondence), email: kuanluo_2005@yahoo.com.cn

收稿日期: 2005-12-12

soil. The control efficacy on tomato bacterial wilt was 79.79% on 20th day after being inoculated with *Ralstonia solanacearum* by root dip when the population of strain B47 inside roots and stems of tomato plant was 1.17×10^4 cfu/g FW (fresh weight) and 3.33×10^4 cfu/g FW, respectively.

Key words: *Bacillus subtilis*; dynamic; soil texture; biological control

由青枯拉尔氏菌 *Ralstonia solanacearum* 引起的番茄青枯病是一种毁灭性的细菌性维管束病害,广泛分布于热带、亚热带及温带地区^[1]。该病在我国台湾及长江流域各省均有发生,尤以四川、浙江、福建、江西、湖南、广东、广西等省区发生严重^[2]。由于青枯拉尔氏菌在土壤中存活时间长、传播快,尚无行之有效的措施防治该病^[3],采用轮作可起到一定的防治作用,但实施比较困难^[4],番茄青枯病的生物防治已引起高度重视^[5]。据报道,番茄青枯病的生防菌有拮抗微生物和内生拮抗菌,拮抗微生物如芽孢杆菌^[6]、链霉菌^[7]、荧光假单胞杆菌^[8]和木霉菌^[9]等,利用植物体表拮抗微生物进行生物防治,拮抗微生物易受环境因素的影响而对植物病害的防效不稳定,在田块或年度间有明显的差异^[10];内生拮抗菌有产细菌素的无致病力青枯菌^[11]、芽孢杆菌^[12]等,植物内生细菌定殖于植物体内,不易受外界环境的影响,有可能克服体表的拮抗微生物对植物病害的防效不稳定的问题。从番茄分离的内生枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis* 菌株 B47,对番茄青枯病有较好的防治作用,但不同的施用时期和方法,对番茄青枯病的防治效果有差异^[13]。为明确 B47 施用时期和方法对番茄青枯病防治效果的影响,作者分析了该菌株在土壤和番茄植株的定殖能力及其对番茄青枯病的防治作用,为制定该菌株防治番茄青枯病的施用技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

培养基: Nutrient Agar 培养基,简称 NA 培养基,其配方为:牛肉浸膏 3 g,蛋白胨 5 g,琼脂 14 g,蔗糖 20 g,蒸馏水 1000 mL, pH 7.0。液体 NA 培养液不加琼脂。配好的培养基在 121℃ 下湿热灭菌 20 min。

内生细菌菌株:番茄内生枯草芽孢杆菌菌株 B47,从番茄植株的茎组织中分离得到^[14]。将 B47 移入 NA 培养基中,28℃ 下培养 3 天,挑取单菌落分别移入含有 10 μg/mL 链霉素培养基中,置于 28℃ 培养箱中培养 3 天,挑取单菌落再移入含有 20 μg/mL 链霉素 NA 培养基中培养,依此下去,取在含有 200 μg/mL 链霉素的 NA 培养基中长出的单菌落,测

定其生物学特性^[15]和对青枯病菌的抑制作用,选择生物学特性和对青枯病菌的抑制作用与野生菌株相同的抗 200 μg/mL 链霉素的突变菌株,在灭菌水中于 4℃ 下保存。

番茄青枯病菌:番茄青枯病菌 *Ralstonia solanacearum* 菌株从番茄青枯病病株分离,纯化,并经接种证明为该病原菌,在灭菌水中于 20℃ 下保存。

土壤:在广西大学农场的菜地、果园分别采集菜地土和红土。采用五点取样法在作物根系采取表面 10 cm 左右土层,每种土壤各采 50 kg。经土壤农化分析^[16],菜地土为中性土, pH 值为 6.78,有机物、速效氮、速效磷和速效钾的含量分别为 41.12、139.1、82.5 和 253.8 mg/kg;红土为偏酸性土壤, pH 值为 5.23,有机物、速效氮、速效磷和速效钾的含量分别为 7.75、37.5、21.7 和 100.8 mg/kg。

将供试土壤进行灭菌和非灭菌两种处理,灭菌土采用湿热灭菌,在 121℃ 下灭菌 30 min,灭菌 3 次,每隔 3 天灭菌 1 次。

番茄:番茄品种为华南农业大学园艺开发公司生产的红宝石,种子在 30℃ 下催芽 2 天,播于灭菌菜地土中,在 26 ~ 35℃ 下生长 21 天后供接种 B47 和番茄青枯病菌使用。

1.2 番茄植株接种 B47 和番茄青枯病菌

1.2.1 浸根法

将 B47 和番茄青枯病菌移到 NA 培养液中,培养 B47 的 NA 培养液含有 200 μg/mL 的链霉素,于 28℃ 下 110 r/min 振荡培养 2 天,稀释成不同含菌量的菌液,在 721 分光光度计中测定 625 nm 的吸光度,然后用稀释平板法测定菌液中的含菌量,并建立标准曲线。用灭菌水分别将 B47 和番茄青枯病菌配成浓度约 10^7 cfu/mL 的菌体悬浮液,用该菌体悬浮液分别浸生长 21 天的番茄苗根部 30 min 后,分别栽到装有灭菌和非灭菌的红土以及菜地土的花盆中。

1.2.2 针刺法

分别将浓度约 10^7 cfu/mL 的 B47 和番茄青枯病菌菌体悬浮液 25 μL 滴到生长 21 天的番茄苗顶下第三叶片的腋芽处,用灭菌的 5 号注射针沾菌体悬浮液刺,深约 5 mm,拔出针头后再滴上 25 μL 菌体

悬浮液。

1.3 土壤接种 B47 和番茄青枯病菌

分别将浓度约 10^7 cfu/mL 的 B47 和番茄青枯病菌菌体悬浮液,按 200 mL/盆的量淋到装有各类土壤,直径为 25 cm 的花盆中,每一处理重复 3 次,置于温度为 26 ~ 35℃ 的温室中,注意土壤保湿,于淋菌体悬浮液后的 0、15、30、45、60 和 135 天分别采集土壤标本和番茄苗,土壤或植株缺水时用灭菌水浇淋,每一重复 10 株植株,测试该菌的生存情况和对番茄青枯病的防治作用。

$$\text{防治效果}(\%) = \frac{\text{对照植株发病率} - \text{处理植株发病率}}{\text{对照植株发病率}} \times 100$$

1.4 供试菌的回收

1.4.1 土壤中 B47 和番茄青枯病菌的回收

分别取表土 5 cm 下接种 B47 和番茄青枯病菌的土壤 10 g,倒入 100 mL 灭菌水中,在 210 r/min 下震荡 30 min,用灭菌水稀释成 10^{-2} 、 10^{-4} 、 10^{-6} 的浓度,各取 1 mL 置于灭菌的培养皿中,然后倒入 45℃ 的 NA 培养基(回收 B47 的 NA 培养基含有 200 μ g/mL 的链霉素),充分摇匀后在 28℃ 下培养 1 ~ 3 天,菌落出现后挑取菌落并计算菌落数。回收的菌株经生理生化测定^[15],番茄青枯病菌经针刺法接种番茄植株,B47 经对番茄青枯病菌的拮抗测定,以确定其为所施的菌株。

1.4.2 植株根系 B47 的回收

把用浸根法接种的番茄苗连根挖起,抖下根部的泥土,取根系 5 g,放入装有 100 mL 灭菌水的三角瓶中,另放 10 颗直径 5 mm 的灭菌玻璃球,210 r/min 振荡 30 min,用灭菌水将根的洗脱液稀释成 10^{-2} 、 10^{-4} 、 10^{-6} 的浓度,各取 1 mL 置于灭菌的培养皿中,然后倒入 45℃ 含有 200 μ g/mL 的链霉素的 NA 培养

基,充分摇匀后在 28℃ 下培养 1 ~ 3 天,以不接菌的植株为对照,每处理 3 次重复,每重复 3 株植株,菌落出现后挑取菌落并计算菌落数,回收的菌株经生理生化测定^[15]和对番茄青枯病菌的拮抗测定以确定其为所施的菌株。

1.4.3 植株根茎内 B47 的回收

取用浸根法接种的番茄植株根和茎材料各 5 g,用灭菌水冲洗干净,剪成 5 mm × 5 mm 的组织块,在 75% 的酒精中浸泡 1 min,然后用 0.1% 升汞消毒 1 ~ 3 min,用灭菌水冲洗 3 次,取消毒后最后一次冲洗液 1 mL 置于灭菌的培养皿中,然后倒入 45℃ 的 NA 培养基,充分摇匀,每处理 3 次重复,28℃ 下培养 3 天,观察有无菌落产生。据此验证此消毒是否已把供试材料表面微生物全部杀死。然后供试材料于灭菌的研钵中研磨,用灭菌水稀释成 10^{-2} 、 10^{-3} 和 10^{-4} 的浓度,分别移取 1 mL,倒入 45℃ 含有 200 μ g/mL 的链霉素的 NA 培养基,充分摇匀后在 28℃ 下培养 1 ~ 3 天,以不接菌的植株为对照,每处理 3 次重复,每重复 3 株。统计菌落数,回收的菌株经生理生化测定^[15]和番茄青枯病菌的拮抗测定以确定其为所施的菌株。

2 结果与分析

2.1 B47 在不同类型土壤中的生存情况

B47 的数量从施入土壤后的 15 ~ 45 天逐步增加,在灭菌的菜地土中增加较快,施入土壤后的 45 天,菌量达 9.8×10^7 cfu/g 土壤干重;在未灭菌的供试土壤中,其数量在施入土壤后的 15 ~ 45 天也是逐步增加的,但在施入土壤中的第 30 天均未达到施入的菌量水平,特别是在红土中,其菌量从施入土壤后的 15 ~ 135 天均未达到施入的菌量水平(图 1)。

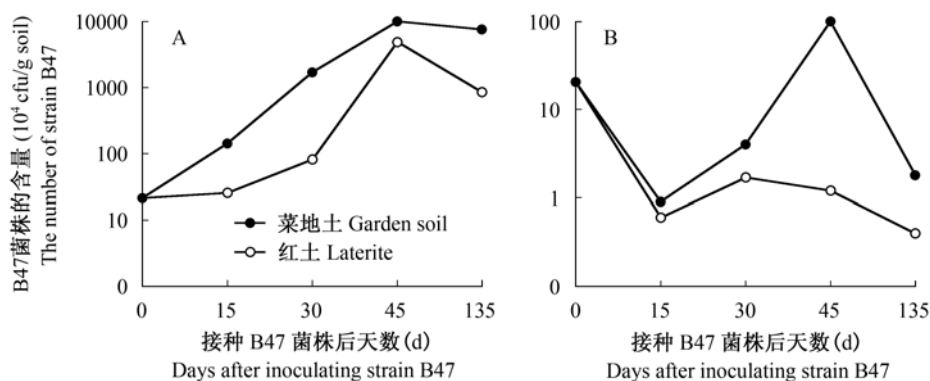


图 1 B47 在灭菌(A)和非灭菌(B)土壤中的数量变化动态

Fig. 1 Population dynamics of strain B47 in sterile soils (A) and raw soils (B)

2.2 B47 在土壤中的定殖能力及其对番茄青枯病的防治作用

在装有灭菌菜地土的花盆中同时施入 200 mL/盆浓度约 10^7 cfu/mL 的 B47 和番茄青枯病菌体悬浮液,分别在加入菌体悬浮液后的不同天数检测这两种菌的量并种上生长 21 天的番茄苗,以单施番茄青枯病菌的为对照,在移栽番茄苗 20 天后调查发病情况。结果显示,B47 的菌量在施菌后的 30 天达 7.8×10^7 cfu/g 土壤干重,对青枯病的防效为 55.79%;

施菌后的 45 天菌量达最高水平,为 1.44×10^8 cfu/g 土壤干重,对青枯病的防效为 84.29%;番茄青枯病菌虽然也呈增长趋势,但增长速度很慢,且菌量低于施入菌量的水平。而对照中的番茄青枯病菌增长很快,施菌后的 30 天也超过施入的菌量水平。施菌后的第 60 天,土壤中的 B47 菌株和番茄青枯病菌菌量均迅速下降,且低于施入的菌量水平,番茄的发病率很低(表 1)。

表 1 B47 在土壤中的定殖能力及其对番茄青枯病的防治作用

Table 1 Colonization ability of strain B47 in soil and its control efficiency to tomato bacterial wilt

接种后种植番茄苗的时间(d) Days of transplanting tomato seedlings after inoculation	接种青枯病菌 Inoculating <i>Ralstonia solanacearum</i> (CK)		B47 菌株与番茄青枯病菌混合接种 Inoculating mixture of strain B47 and <i>Ralstonia solanacearum</i>			
	病菌数量 Number of pathogens	发病率 Disease incidence	B47 菌数量 Number of strain B47	青枯病菌数量 Number of pathogens	发病率 Disease incidence	防治效果 Control efficiency
	(10^6 cfu/g soil)	(%)	(10^6 cfu/g soil)	(10^6 cfu/g soil)	(%)	(%)
0	10.10 ± 0.01	51.10 ± 0.02	10.60 ± 0.60	9.10 ± 0.57	15.34	69.98 c
15	2.50 ± 0.02	68.80 ± 7.60	0.40 ± 0.03	0.30 ± 0.02	40.00	41.86 e
30	85.00 ± 0.20	95.50 ± 7.60	78.00 ± 0.67	1.44 ± 0.07	42.22	55.79 d
45	22.00 ± 0.50	42.20 ± 2.00	144.00 ± 8.00	3.40 ± 0.02	6.67	84.29 b
60	4.40 ± 0.01	6.70 ± 0.67	2.20 ± 0.01	0.88 ± 0.01	0.00	100.00 a

注:用 SSR 测试,不同字母者为差异显著($P=0.05$)。表 2~3 同。Note: Means of the different letter are significantly different at LSR 0.05. The same for the Tables 2~3.

2.3 B47 在番茄植株根系中的定殖情况

在红土、菜地土生长植株根系中的 B47 数量,在接种后的 0~15 天呈下降趋势,15~45 天逐渐上升,45 天后又呈下降趋势。其中以接种后的 15 天数量最少,在接种后的 45 天数量最多。接种 B47 后

番茄所处的生育期,15 天处于苗期,30 天处于花期,45 天处于结果期,60 天后处于成熟期。该菌株在菜地土生长的植株根系中的定殖比在红土的好,在灭菌的土壤生长的植株根系中定殖又比在未灭菌的好(图 2)。

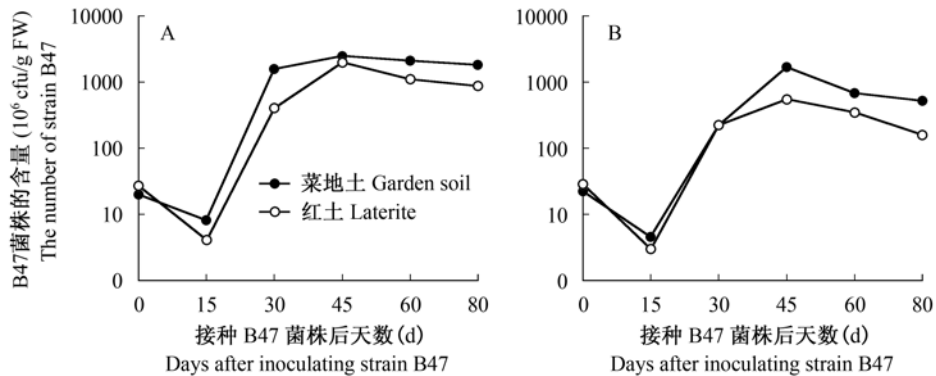


图 2 B47 在灭菌(A)和非灭菌(B)土壤中生长的番茄植株根系中的数量变化动态

Fig. 2 Population dynamics of strain B47 in rhizosphere of tomato cultivated in sterile soils (A) and raw soils (B)

2.4 B47 在番茄植株中的定殖情况

生长 21 天的番茄苗用浸根法接种 B47 后分别移栽到装有灭菌和非灭菌的菜地土的花盆中,分别

于接种后的不同天数取番茄根、茎组织称重后回收 B47,以不接种的植株为对照。结果显示,B47 不仅可以在植株的根中定殖,而且可以从根部传导到茎

表 2 B47 在接种后不同天数的番茄植株体内的数量变化动态

Table 2 Populations dynamics of strain B47 in tomato organ in different days after inoculation (× 10³ cfu/g FW)

植株生长的土壤 Soils for growing plant	植物组织 Organs of plant	接种 B47 后的天数 Days after inoculating strain B47(d)					
		0	15	30	45	60	80
灭菌菜地土	根部 Root	0 f	2.3 e	41.1 b	116.7 a	10.9 c	4.2 d
Sterile garden soil	茎部 Stem	0 e	0.6 bc	1.0 b	10.1 a	0.4 cd	0.3 d
未灭菌菜地土	根部 Root	0 d	0.9 c	1.2 c	13.2 a	2.6 b	1.3 c
Raw garden soil	茎部 Stem	0 e	0.1 d	0.6 b	1.6 a	0.3 c	0.2 cd

部。生长在灭菌菜地土的番茄植株,接种后 15 ~ 45 天,B47 在根中的菌量增加迅速,达 $4.11 \times 10^4 \sim 1.17 \times 10^5$ cfu/g FW,茎中的菌量增加较慢,其菌量在 $1.01 \times 10^3 \sim 1.01 \times 10^4$ cfu/g FW;接种 60 天后,根和茎中的 B47 数量均表现明显的下降趋势(表 2)。表明在番茄生长前期该菌在番茄植株内的定殖能力较强,但到生长后期减弱。

2.5 B47 对番茄青枯病的防治作用

将浓度约 10^7 cfu/mL 的 B47 菌体悬浮液分别用针刺和浸根的方法接种到生长 21 天的番茄中,于针刺接种后的 15 天、浸根接种后的 0 天和 15 天,用

浸根法分别接种浓度为 10^7 cfu/mL 的番茄青枯病菌菌体悬浮液,于接种青枯病菌后 20 天调查番茄植株发病情况。结果显示,番茄植株用 B47 液针刺接种 15 天后,B47 可以从茎部传导到根部,根中的含量为 1.17×10^4 cfu/g FW,茎的含量为 3.33×10^4 cfu/g FW,对青枯病的防治效果为 79.79%;浸根接种 15 天后,根中的 B47 含量为 2.01×10^4 cfu/g FW,茎的含量为 1.1×10^3 cfu/g FW,其对番茄青枯病的防治效果达 88.40%;B47 与番茄青枯病菌同时浸根接种,对番茄青枯病的防治效果为 52.12%(表 3)。

表 3 B47 在番茄体内的定殖能力及其对番茄青枯病的防治作用

Table 3 Colonization ability of strain B47 in tomato plants and its control efficiency to tomato bacterial wilt

处理 Treatment	B47 数量 No. of strain B47 (10 ⁴ cfu/g)			植株数 Plants	发病数 Diseases	发病率(%) Disease incidence	防治效果(%) Control efficiency
	土中 Soil	根中 Root	茎中 Stem				
A	—	1.17	3.33	104	19	18.27	79.79 b
B	41	2.01	0.11	105	11	10.48	88.40 a
C	2800	—	—	104	45	43.27	52.12 c
D(CK)	—	—	—	104	94	90.38	—

注:针刺法(A)和浸根法(B)接种 B47 15 天后用浸根法接种番茄青枯病菌的植株;用浸根法同时接种 B47 与番茄青枯病菌的植株(C);浸根法接种番茄青枯病菌(CK)的植株(D)。Note: Plants were inoculated with pathogens by means of dipping roots 15 days after inoculating strain B47 with stem needle puncture(A) and dipping roots(B), inoculated with pathogens and strain B47 at same time(C) and pathogens as CK(D) by means of dipping roots.

3 讨论

本研究结果表明,枯草芽孢杆菌 B47 不仅可以在土壤中、番茄植株根系和根茎内定殖,而且可以在根茎间相互传导。但其能否在叶内定殖,能否从根茎传导到叶,有待于进一步研究。

B47 在土壤中的定殖受到土壤性质的影响,这与棉花内生细菌在土壤的定殖情况相似^[17]。该菌株在有机质含量高的菜地土中的定殖比在有机质含量低的红土中好,其原因可能是由于 B47 菌株对碳

源要求不严,而对氮源只是利用有机氮^[13],因而在有机质丰富的菜地土中有利于其定殖;同时菜地土壤中有有机质含量高,利于番茄的生长,为该菌株的定殖提供良好的生态环境。此外,研究中还发现 B47 在灭菌土中的定殖比在自然土中好。因此,利用 B47 菌株防治番茄青枯病要注意增施有机肥,有条件的要进行土壤消毒。

B47 在番茄体内的定殖能力随植株的器官而异,其在根中的定殖能力强于茎中,这与龙良鲲^[18]研究内生细菌 01-144 在番茄根茎内定殖的结果相

似。根的系统是内生细菌进入植物的入口^[19] 内生细菌在宿主根中定殖能力强于茎中的原因,除营养影响^[20] 外,还可能与细菌进入植物体内的通道有关。

B47 在番茄植株中的数量随植株的生育期而变化,这与水稻内生菌的数量变化动态相似^[21]。其原因可能是芽孢杆菌 B47 与寄主植物在长期的进化过程中已形成与寄主植物体内生理生化变化相适应的生活习性。番茄植株在开花结果期生理活动最旺盛,合成的营养物质最多,此时植株体内的 B47 菌株可以获得充分的营养,因此,其数量最多;番茄植株生长到成熟时,体内的营养向果实输送,到了生长后期,植株生理活动下降,体内的 B47 得不到充足的营养物质,其繁殖力下降,因此数量减少。

B47 对番茄青枯病的防治效果与土壤和寄主体内该菌株的数量有密切联系。本研究中,B47 施到土壤后,随着该菌株在土壤中的数量增多,番茄青枯病的发生下降;用 B47 液浸根和针刺茎部接种番茄,细菌能侵入植株,并能在植株的根、茎中增殖,且在植株根、茎中的 B47 的量与番茄青枯病的发生呈负相关,当植株根、茎中的 B47 达到一定的量时对番茄青枯病有较好的防治效果。这与用无致病力产细菌素的拮抗内生菌防治番茄青枯病相似^[11]。因此,在利用内生芽孢杆菌 B47 防治番茄青枯病时,要在番茄生长早期施用,使其能在土壤和寄主体内形成优势种群,并在番茄生长中后期增施一次,使番茄生长后期的植株体内保持一定的 B47 菌量。

致谢: 广西南宁市植保站陈永宁研究员参加本研究的一些试验工作,在此表示衷心的感谢!

参 考 文 献 (References)

- Denny T P. *Ralstonia solanacearum* – a plant pathogen in touch with its host. *Trends in Microbiology*, 2000, 8(11):486 – 489
- 霍建勇,孙立春,孙孝和,等. 番茄抗青枯病育种研究进展. *长江蔬菜*, 2002,(4):14 – 15
- Deacon J W, Berry L A. Biocontrol of soil-borne plant pathogens: Concepts and their application. *Pesticide Science*, 1993, (37):417 – 426
- 尾崎克己. 栽培用或砧木用茄子的青枯病抗性检测法. *农业新技术新方法译丛*, 1990, 30(1):36 – 39
- 卢同. 我国作物细菌性青枯菌的研究进展. *福建农业学报*, 1998,13(2):33 – 40
- 曹宜,刘波,朱育菁,等. 青枯病生防菌 ANTI-8098A 菌株生物学特性研究. *福建农业学报*, 2003,18(4):239 – 242
- El-Abyad M S, El-Sayed M A, El-Shanshoury A R, *et al.* Towards the biological control of fungal and bacterial diseases of tomato using antagonistic *Streptomyces* spp. *Plant and Soil*, 1993,149:185 – 195
- Anuratha C S, Gnanamanickam S S. Biological control of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* in India with antagonistic bacteria. *Plant and Soil*, 1990,124:109 – 116
- 黎起秦,林纬,陈永宁,等. 植物土传病害拮抗真菌的筛选. *西南农业学报*, 1999,12(3):81 – 84
- Cook R J. Making greater use of introduced microorganism for biological control of plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 1993,31:53 – 82
- 任欣正,申道林,谢贻格. 番茄青枯病的生物防治. *南京农业大学学报*, 1993,16(1):45 – 49
- 龙良鲲,肖崇刚,窦艳霞. 防治番茄青枯病内生细菌的分离与筛选. *中国蔬菜*, 2003, (2): 19 – 21
- 黎起秦,叶云峰,蒙显英,等. 内生细菌 B47 菌株的鉴定及其对番茄青枯病的防效测定. *中国生物防治*, 2005,21(3):178 – 182
- 黎起秦,罗宽,林纬,等. 番茄青枯病内生拮抗细菌的筛选. *植物病理学报*, 2003,33(4):364 – 367
- 南京农学院(主编). 土壤农化分析. 北京:农业出版社,1980
- 东秀珠,蔡妙英编著. 常用细菌系统鉴定手册. 北京:科学出版社, 2001
- 王琦,鲁素云,梅汝鸿. 棉花维管组织内生细菌分析之一:不同抗性品种含菌动态与土质和生育期的关系. *中国微生物学杂志*, 1997,9(1):48 – 52
- 龙良鲲,肖崇刚. 内生细菌 01.144 在番茄根茎内定殖的初步研究. *微生物学通报*, 2003,30(5):53 – 56
- Hollis J P. Bacteria in healthy potato tissue. *Phytopathology*, 1951,41(3):350 – 366
- Mocali S, Bertelli E, Cello F D, *et al.* Fluctuation of bacteria isolated from elm tissues during different seasons and from different plant organs. *Research in Microbiology*, 2003,154:105 – 114
- 刘云霞,张青文,周明群. 水稻体内细菌的动态研究. *应用生态学报*, 1999,10(6):735 – 738