

不同木霉菌株对辣椒疫霉菌的防控作用

席亚东^{1,2,3}, 陈国华¹, 谢丙炎¹, 彭化贤^{2,3}

(1. 中国农业科学院 蔬菜花卉研究所, 北京 100081; 2. 四川省农业科学院 植物保护研究所, 四川 成都 610066;

3. 农业部西南作物有害生物综合治理重点实验室, 四川 成都 610066)

摘要:以6个不同种(*Trichoderma hamatum*、*T. virens*、*T. citrinoviride*、*T. longibrachiatum*、*T. afroharzianum*和*T. asperelloides*)的30株木霉菌株为试材,采用室内平板拮抗、温室盆栽和田间接种生防木霉菌的方法,研究了不同木霉菌对辣椒疫病的防治效果。结果表明:木霉菌对辣椒疫霉菌菌丝生长具有较好的抑制效果,不同木霉菌株间抑制率差异显著($P < 0.05$),平板拮抗抑制率在60.00%以上的菌株占总数的70%;木霉菌株T10(*T. hamatum*)的防控效果显著高于其它木霉菌株,在温室接种辣椒疫霉菌30 d后防控效果达到71.60%;在田间,木霉菌株T10对辣椒疫病的防治效果可达68.02%,与对照药剂烯酰吗啉的防治效果相当,且能够显著增加辣椒果实的产量,单株增产率达到14.30%,高于烯酰吗啉。

关键词:木霉菌;辣椒疫霉菌;生物防控;烯酰吗啉;增产率

中图分类号:S 436.418.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)21-0115-05

辣椒疫病是世界范围内的一种毁灭性土传病害^[1],其病原为辣椒疫霉菌(*P. capsici*),严重威胁辣椒产业的

可持续发展。目前,辣椒疫病的防治主要采用种植抗病品种和化学防治等方法。其中,化学防治是控制辣椒疫霉菌病的关键技术。但是,化学杀菌剂的使用严重影响环境安全和食品安全^[2-3]。同时,辣椒疫霉菌具有高度适应于杀菌剂和新寄主变化的特性^[4],能产生抗药性和突破寄主抗性。利用生防菌防治蔬菜病害,因其不易使病原菌产生抗药性,对环境和人畜安全等优点,已成为防治辣椒疫病的有效途径。

木霉菌(*Trichoderma* spp.)是一类被研究和应用较早的生防菌^[5],已发现木霉菌对很多植物病原真菌,如丝核菌、镰孢菌、腐霉菌等具有良好的抑制效果。

第一作者简介:席亚东(1981-),男,硕士研究生,研究方向为蔬菜病害综合防治。E-mail:xiyadong2002@126.com.

责任作者:陈国华(1979-),女,博士,副研究员,研究方向为蔬菜病害综合防治。E-mail:chengguohua01@caas.cn.

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303014);四川省财政厅“蔬菜品种抗病性评价与病虫害绿色防控技术”资助项目(ysny-1);国家产业体系四川省蔬菜产业体系资助项目(nycytx-31);四川省科技支撑计划资助项目(2016NZ0032)。

收稿日期:2016-08-19

Abstract: Taking insects of navel orange orchard as investigation objects, sticky cards of ten different trap colors including purple, gray, pink, blue, cyan, green, yellow, red, white and black were used in navel orange orchard to capture insects between December 2014 and November 2015. The composition of insect communities in navel orange orchard and the phototaxis of insects were studied. The results indicated that sticky cards of 10 different trap colors caught insects of 10 orders, 48 families and 54 species. The largest number of trapped insects was Diptera, reached 94.81% of total insect number. Different trap colors showed different capturing effects on different insects. Yellow was the best color to trap insects, then was cyan and green, i. e. sticky cards with the wave lengths from 450 to 597 nm had best capturing efficacy. White flies preferred yellow color, while fruit flies liked blue and green. There were obvious differences in the number of captured insects in different months. This study could provide some guidances for the monitoring and control of pests using sticky color cards.

Keywords: different colors; sticky card; navel orange; trapping effect; temporal rhythm

1999年, AHMED等^[6]报道哈茨木霉可以减少辣椒疫病根腐率24%~76%,并能减少植株干物质的损失。随后AHMED等^[7]研究表明,用哈茨木霉处理胡椒种子及幼苗根部,可诱导植株的系统抗性,并可减少接种部位病斑面积40%以上。张爱民等^[8]研究表明,木霉菌对辣椒疫霉菌的平板抑制率为28.7%~57.8%,69株菌株中有12株对辣椒幼苗疫病的防控效果达到100%;肖淑芹等^[9]报道木霉菌株对辣椒疫霉菌的平板抑制率为29.8%~73.0%。然而,关于木霉菌对辣椒疫病的田间防治效果的研究,尤其是从对峙、盆栽和田间试验等多方面综合评价木霉菌对辣椒疫病的生防效果研究尚鲜见报道。

木霉属中应用最多的为哈茨木霉^[10],也是我国登记在病害防控上的唯一商业化的且有效成分明确为哈茨木霉纯菌种的生物农药,登记的靶标对象为番茄灰霉病、立枯病、猝倒病和观赏百合的根腐病。为了丰富和挖掘木霉菌防控辣椒疫霉菌的种类和潜力,该试验以从湖南省邵阳烟草根系土壤中分离、鉴定和保存的30株木霉菌为供试菌株,其中包括2种未见中文报道的木霉菌种 *T. afroharzianum*、*T. asperelloides*,以及钩状木霉(*T. hamatum*)、绿木霉(*T. virens*)、桔绿木霉(*T. citrinoviride*)、长梗木霉(*T. longibrachiatum*)等共6种木霉菌种,采用平板对峙培养、温室盆栽、田间试验等方法,研究了木霉菌对辣椒疫霉菌的防治效果,进一步选择对辣椒疫霉菌具有较好防控效果的木霉菌株进行田间防效和增产效果测定,以期对木霉菌的开发应用和辣椒疫霉菌的生物防治奠定基础并提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

不同木霉菌及致病菌辣椒疫霉菌 FJ2(毒性最强的生理小种3)为中国农业科学院蔬菜花卉研究所蔬菜病害组保存,不同木霉菌株种名见表1;供试辣椒品种为感病品种“茄门”;50%烯酰吗啉 WG 为江苏耕耘化学有限公司生产;试验所用培养基为 PDA、PDB、V8、米糠培养基。

1.2 试验方法

1.2.1 平板对峙试验 将直径为5 mm的新转接的辣椒疫霉菌 FJ2 菌饼放置于PDA平板上培养18 h后,在距其3.5 mm处放置新鲜木霉菌株菌饼,且2个菌饼距平板边缘等距,以不接种生防菌的处理为对照,培养温度为28℃。每处理设3次重复,3 d后当生防菌与辣椒疫霉菌相交后,测量木霉菌和辣椒疫霉菌相接处的各自半径和对照的半径,木霉菌对辣椒疫霉菌 FJ2 抑制率(%)=(对照半径-对峙培养辣椒疫霉半径)/对照半径×100。

1.2.2 温室盆栽生防试验 利用德国 KLASMANN 无

菌泥炭土在10 cm×10 cm的塑料杯中进行辣椒育苗。辣椒疫霉菌在17% V8培养基上黑暗培养3 d后光照培养3 d,产生孢子囊后,用无菌水冲洗平板后在4℃放置30 min诱导游动孢子的产生。以50%烯酰吗啉 WG 800倍液为农药对照,以不处理为空白对照;试验设3次重复,每重复30株苗。在距辣椒主根1 cm处的表土层下2~3 cm处接种 1×10^7 个·mL⁻¹的木霉菌孢子悬浮液3 mL;6 d后在辣椒主根接种处接种辣椒疫霉菌,每株接种 1×10^4 个·mL⁻¹的游动孢子悬浮液3 mL;药剂对照和空白对照接种量均为3 mL。接种辣椒疫霉菌2、3、30 d后分别调查辣椒疫病的病情指数,分级方法如下:0级,无病;1级,仅有1~2片叶片萎蔫或水浸状;3级,50%以下的叶片萎蔫,或1~2片叶萎蔫但茎变黑褐色而不溢缩;5级,50%以上的叶片全萎蔫,或茎基部变色乃至轻微溢缩但不倒伏;7级,叶片全萎蔫,茎基部褐变,溢缩而直立或倒伏而不枯死;9级,植株枯死而呈细线状。病情指数= \sum (各级病株数×相对级数值)/(调查总株数×9)×100;防控效果(%)=(对照病情指数-生防菌处理病情指数)/对照病情指数×100。

1.2.3 木霉菌 T10 的田间防治试验 木霉菌 T10 固定发酵及孢子粉制备:将在PDA上培养7 d的木霉菌 T10,连同PDA培养基一起与米糠培养基按1:50比例混匀,并在25℃保湿培养3 d后翻转上下层,混匀充分,继续培养7 d取出干燥、粉碎,以上操作均在无菌条件下进行。获得孢子含量为 1×10^{11} 个·g⁻¹,萌发率为96%以上,4℃冰箱中保存备用。木霉菌 T10 的田间防治效果:试验地设置在四川省新都区四川省农业科学院试验田,该试验地地势低洼,2014年夏秋季种植辣椒,辣椒疫病严重发生;所有试验小区内土壤环境条件及农艺措施一致。设置木霉菌 T10 处理、50%烯酰吗啉 WG 农药对照和空白对照,每处理4次重复,每重复36 m²,共计12个小区,按随机区组排列;2015年4月26日辣椒移栽定植后,以 10^7 个·mL⁻¹木霉菌 T10 的分生孢子悬浮液灌窝200 mL,以50%烯酰吗啉 WG 800倍液灌窝200 mL为对照药剂和不做处理为空白对照。2015年6月17日调查每个小区辣椒疫病的发生,并计算病情指数。根据农药田间药效试验准则(一)^[11],每小区随机调查5个点,每点查5株,记录病株数、死株数或明显枯萎的植株数。分级方法(按症状类型分级):0级,健康无病症;1级,地上部仅叶、果有病斑;3级,地上茎、枝有褐腐斑;5级,茎基部有褐腐斑;7级,地上茎、枝与茎基部均有褐腐斑,并且部分枝条枯死;9级,全株枯死。

1.2.4 木霉菌 T10 对辣椒单株果实产量的影响 试验地设置在成都市新都区四川省农业科学院试验基地内,所有试验小区的土壤肥力、栽培条件等一致。辣椒移栽定植后,以 10^7 个·mL⁻¹木霉菌 T10 的分生孢子

悬浮液灌窝 200 mL,以 50%烯酰吗啉 WG 800 倍液灌窝 200 mL 为对照药剂和不做处理为空白对照,每处理 4 次重复,每重复 18 m²,共计 12 个小区,按随机区组排列。2014 年 10 月 16 日在红椒后期,每小区随机取样 15 株全部红椒果实自然晾晒 10 d 后测定产量,并计算每株红果干质量。

1.3 数据分析

利用 SAS 9.2 统计软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 离体拮抗作用

由表 1 可知,30 个木霉菌株对辣椒疫霉菌的抑菌效果不同,生防菌株间差异明显;除 T25(*T. hamatum*)、T21(*T. hamatum*)、T3(*T. afroharzianum*)对辣椒疫霉菌拮抗效果不明显外,其余 27 株菌株均对辣椒疫霉菌具有一定的抑制效果,抑菌率在 37.98%~78.47%;抑制率

表 1 不同木霉菌对辣椒疫霉菌的拮抗效果

Table 1 Inhibitory effect of different *Trichoderma* spp. isolates on mycelia growth of *P. capsici*

菌株编号 No.	生防菌株名称 Name of isolates	平均半径 Average radius/cm	抑菌率 Inhibitory rate/%
T30	<i>T. asperelloides</i>	0.83k	78.47
T33	<i>T. asperelloides</i>	0.90jk	76.74
T32	<i>T. asperelloides</i>	1.07ijk	72.44
T28	<i>T. longibrachiatum</i>	1.10ijk	71.58
T26	<i>T. citrinoviride</i>	1.13hij	70.71
T7	<i>T. virens</i>	1.20ghij	68.99
T9	<i>T. hamatum</i>	1.20ghij	68.99
T23	<i>T. hamatum</i>	1.27ghi	67.27
T12	<i>T. hamatum</i>	1.27ghi	67.27
T29	<i>T. longibrachiatum</i>	1.27ghi	67.27
T34	<i>T. asperelloides</i>	1.28ghi	67.05
T10	<i>T. hamatum</i>	1.30ghi	66.41
T2	<i>T. virens</i>	1.33fghi	65.55
T27	<i>T. longibrachiatum</i>	1.33fghi	65.76
T19	<i>T. hamatum</i>	1.33fghi	65.55
T31	<i>T. asperelloides</i>	1.43fgh	62.96
T13	<i>T. hamatum</i>	1.43fgh	62.96
T8	<i>T. hamatum</i>	1.43fgh	62.96
T1	<i>T. hamatum</i>	1.43fgh	62.96
T16	<i>T. hamatum</i>	1.47fg	62.10
T4	<i>T. hamatum</i>	1.50efg	61.24
T6	<i>T. virens</i>	1.63def	57.80
T14	<i>T. hamatum</i>	1.77de	54.35
T18	<i>T. hamatum</i>	1.87cd	51.77
T5	<i>T. hamatum</i>	2.07c	46.60
T22	<i>T. hamatum</i>	2.37b	38.85
T24	<i>T. hamatum</i>	2.40b	37.98
T3	<i>T. afroharzianum</i>	3.70a	4.39
T21	<i>T. hamatum</i>	3.80a	1.81
T25	<i>T. hamatum</i>	3.87a	0.09
CK		3.87a	—

注:同列数据后不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平下差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

在 60.00%以上的菌株有 21 株,占菌株总数的 70%,涵盖了除 *T. afroharzianum* 外的其它 5 种木霉,表明这 5 种木霉菌具有防控辣椒疫霉菌的生防潜力。

2.2 木霉菌温室盆栽接种生防作用

由表 2 可知,接种辣椒疫霉菌 30 d 后,T10(*T. hamatum*)和 T26(*T. citrinoviride*)的防病效果显著高于其它木霉菌株,大于 60.00%,其它生防菌株的防病效果在 45%以下。T5(*T. hamatum*)、T9(*T. hamatum*)和 T18(*T. hamatum*)处理对辣椒疫病无防控作用,反而会促进辣椒疫病的发生,其它菌株和对照药剂烯酰吗啉对辣椒疫病均具有防控作用;随调查时间增加,不同木霉菌株和杀菌剂烯酰吗啉对辣椒疫病的防控效果降低;接种辣椒疫霉菌 30 d 后,烯酰吗啉的防控效果均显著高于木霉菌的防控效果。平板上 T10 和 T26 的抑菌率分别为 66.41%和 70.71%,从防控效果最优角度考虑,平板的拮抗效果和盆栽植株的生防效果比较一致,尤以 T10 的防控效果最佳,确定将 T10 菌株应用于田间试验。

表 2 不同木霉菌株的防控效果

Table 2 Protective effect of different *Trichoderma* spp. isolates against *Phytophthora capsici*

处理 Treatment	接种天数 Days of inoculating/d			/%
	2	3	30	
50%烯酰吗啉 WG				
50% dimethomorph WG				
T10	100.00	100.00	83.33a	
T26	100.00	99.38	71.60b	
T12	100.00	98.15	62.35c	
T19	100.00	69.14	43.83d	
T14	100.00	90.12	40.12e	
T7	100.00	91.36	38.89e	
T31	100.00	87.04	38.89e	
T1	100.00	75.93	34.57f	
T32	87.10	61.11	33.33f	
T8	100.00	86.42	30.25g	
T25	100.00	86.42	29.01gh	
T6	100.00	80.25	27.78gh	
T23	93.55	74.07	25.93hi	
T29	92.74	88.89	23.46ij	
T4	100.00	98.15	24.69ijk	
T21	100.00	74.07	22.22jk	
T16	100.00	78.40	21.60k	
T24	100.00	40.74	17.90l	
T2	100.00	60.49	17.90l	
T28	100.00	55.56	16.67l	
T30	86.29	50.00	16.67l	
T34	62.90	36.42	16.05l	
T27	95.97	77.16	12.35m	
T33	37.90	37.04	6.79n	
T5	-27.87	-45.24	0.00o	
T9	-14.52	0.00	0.00o	
T18	-23.39	0.00	0.00o	

2.3 木霉菌 T10 对辣椒疫病的田间防效

由表 3 可知,木霉菌 T10 对辣椒疫病有较好的防控效果,防治效果可达 68.02%,与对照药剂烯酰吗啉相比

表3 木霉菌 T10 对辣椒疫病的田间防治效果

Table 3 Control effect of T10 against pepper *Phytophthora* blight in the field experiment

处理 Treatment	病情指数 Disease index	防效 Control effect/%
T10	2.92	68.02a
50% 烯酰吗啉 WG 50% dimethomorph WG	3.15	65.50a
CK	9.13	

差异不显著。

2.4 木霉菌 T10 对辣椒的田间增产作用

由表4可知,与空白对照相比,木霉菌 T10 处理可使干辣椒的产量显著增加,增产率达到 14.30%。

表4 木霉菌 T10 对干辣椒产量的影响

Table 4 Effect of T10 isolate on promoting the production of dried chilli of single plant

处理 Treatment	平均单株产量 Yield per plant/kg	增产率 Increased production rate/%
T10	0.063 3a	14.30
50% 烯酰吗啉 WG	0.058 7ab	6.00
50% dimethomorph WG		
CK	0.055 4b	

3 讨论

木霉菌 (*Trichoderma* spp.) 存在于土壤、木材、树皮、其它真菌和许多其它物质中,表现出了极高的存活潜力与适应于各种生态条件的能力^[12-15],是防治疫霉属几种毁灭性病害的生防因子^[6,16],因此研究不同木霉菌对辣椒疫霉菌的防控作用能够为生产应用提供指导。目前商品化并利用最多的是哈茨木霉 (*T. harzianum*),但据统计^[17]2012 年哈茨木霉年产量只有 100 t,仅占生物农药的 0.20%,因此该试验选择鲜有在防治辣椒疫病防控方面报道的 6 种木霉菌种作为切入点,包括 2 种未有中文报道的菌种,以丰富辣椒疫病生物防治的木霉菌种类。

T5 (*T. hamatum*)、T18 (*T. hamatum*) 和 T9 (*T. hamatum*) 在平板上的抑制率分别为 46.60%、51.77% 和 68.99%,说明对菌丝有一定的抑制作用,但是盆栽试验表明,这 3 种菌株不具有防控辣椒疫病的效果,反而比空白对照发病更严重,表明这 3 种菌株的分生孢子及其产物分别与辣椒疫霉菌的互作相关;T21 与 T25 不具平板拮抗效果 (1.81% 和 0.09%),但在盆栽试验中表现出一定的防病作用,接种 3 d 后防治效果分别达 74.07% 和 86.42% (表 2)。据此推测这 2 株木霉菌株在平板上不具抑制辣椒疫霉菌菌丝的作用,但其分生孢子及其产物对辣椒疫霉菌具防控作用。因此只有将平板拮抗试验与盆栽接种试验结合才能科学和准确的评价生防菌的防控效果,然后结合大田试验才能具有商品化应用的前景。

同为钩状木霉 (*T. hamatum*), T10 具有较好的防控效果,而 T5 不论平板拮抗和盆栽接种试验均具有较差

的防控效果,这表明同菌种的不同菌株间生防效果差异明显,这可能与其本身的遗传特性等有关。

盆栽接种试验中,50% 烯酰吗啉 WG 的防控效果显著的高于木霉菌的防控效果,这与烯酰吗啉是卵菌的专一性内吸杀菌剂,对辣椒疫霉菌具有特效有关。但烯酰吗啉的使用也带来了环境污染和抗药性的产生等问题。黄青春等^[18]报道烯酰吗啉存在着抗性风险;崔晓岚等^[19]通过紫外诱变的方法获得了一株辣椒疫霉菌高抗烯酰吗啉的突变体,抗药倍数为 680,且该突变体具有较高的生存合适度。因此,在杀菌剂对辣椒疫霉菌抗药性风险加大情况下,利用生物防治是控制辣椒疫霉菌的一项可持续策略。该研究利用防控辣椒疫霉菌效果较好的 T10 进行田间防效测定,结果表明,木霉菌 T10 具有较好的防控效果,可达 68.02%,与对照药剂烯酰吗啉相当;在增产方面,与空白对照相比具有显著的增加辣椒果实干产量的作用,这与报道的木霉菌的促生作用类似^[20-22],而对照药剂烯酰吗啉与空白对照无显著性差异。

钩状木霉在生菜菌核病^[23]、小扁豆枯萎病^[24]的室内试验表现出较好的生防效果,但还未有防治辣椒疫病的报道。该研究发现利用钩状木霉可以有效的防治辣椒疫霉的危害,同时应用于田间可增加辣椒产量,首次报道了钩状木霉作为辣椒疫病生防菌株的用途。为筛选和利用具有多种拮抗机制的木霉菌株作为生防制剂提供了重要依据。同时,研究发现 T10 具有极大的生防和生产潜力,虽然该菌株应用于辣椒疫霉防治还需要进一步深入研究,但初步的结果表明,该菌株作为生防制剂可能同时具有防治和促进作用。这些研究结果均表明钩状木霉菌株 (*T. hamatum*) 菌系 T10 是一个潜在的、有效的生防菌株。

参考文献

- [1] LEONIAN L H. Stem and fruit blight of peppers caused by *Phytophthora capsici* sp. Nov[J]. Phytopathology, 1922(12): 401-408.
- [2] BARKSDALE T H, PAPAVIDAS G C, JOHNSTON S A. Resistance to foliar blight and crown rot of pepper caused by *Phytophthora capsici*[J]. Plant Disease, 1984, 68(6): 506-508.
- [3] WEBER G F. Blight of peppers in Florida caused by *Phytophthora capsici*[J]. Phytopathology, 1932(22): 775-780.
- [4] LAMOUR K H, MUDGE J, GOBENA D, et al. Genome sequencing and mapping reveal loss of heterozygosity as a mechanism for rapid adaptation in the vegetable pathogen *Phytophthora capsici*[J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2012, 25(10): 1350-1360.
- [5] HARMAN G E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. [J]. Phytopathology, 2006, 96(2): 190-194.
- [6] AHMED A S, PEREZ-SANCHEZ C, EGEEA C, et al. Evaluation of *Trichoderma harzianum* for controlling root rot by *Phytophthora capsici* in pepper plants[J]. Plant Pathology, 1999, 48: 58-65.
- [7] AHMED A S, SANCHEZ C P, CANDELA M E. Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora*

capsici using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation[J]. European Journal of Plant Pathology, 2000, 106(9): 817-824.

[8] 张爱民, 韩世玉, 杨红, 等. 辣椒疫霉菌拮抗木霉菌株的分离与初步筛选[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(6): 87-90.

[9] 肖淑芹, 薛春生, 曹远银. 辣椒疫霉菌拮抗木霉菌的筛选及抑菌机制研究[J]. 北方园艺, 2011(5): 26-28.

[10] 陈卫辉, 王慧中. 哈茨木霉液体培养技术研究[J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(2): 170-174.

[11] 中华人民共和国国家标准 农药田间药效试验准则(一)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 133-135.

[12] KLEIN D, EVELEIGH D E, In: KUBICEK C P, HARMAN G E. *Trichoderma* and *Gliocladium* Vol. 1[M]. London: Taylor and Francis, 1998: 57-69.

[13] BROTMAN Y, KAPUGANTI J G, VITERBO A. *Trichoderma* [J]. Current Biology, 2010, 20(9): 390-391.

[14] JAKLITSCH W M. European species of *Hypocrea* Part I. The green-spored species[J]. Studies in Mycology, 2009, 63: 1-91.

[15] JAKLITSCH W M. European species of *Hypocrea* part II: species with hyaline ascospores[J]. Fungal Diversity, 2011, 48(1): 1-250.

[16] SMITH V L, WILCOX W F, HARMAN G E. Potential for biological control of *Phytophthora* root and crown rots of apple by *Trichoderma* and *Gliocladium* spp. [J]. Phytopathology, 1990, 80: 880-885.

[17] 杨峻, 林荣华, 袁善奎, 等. 我国生物源农药产业现状调研及分析[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(4): 441-445.

[18] 黄青春, 叶钟音. 烯酰吗啉(DMM)的特性及其作用机制[J]. 农药科学与管理, 2000, 21(5): 28-31.

[19] 崔晓岚, 孟庆晓, 毕扬, 等. 辣椒疫霉对烯酰吗啉的敏感性基线及室内抗药突变体研究[J]. 植物病理学报, 2009, 39(6): 630-637.

[20] WINDHAM M T, ELAD Y, BAKER R. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. [J]. Phytopathology, 1986, 76(5): 518-521.

[21] SALAS-MARINA M A, SILVA-FLORES M A, URESTI-RIVERA E E, et al. Colonization of *Arabidopsis* roots by *Trichoderma atroviride* promotes growth and enhances systemic disease resistance through jasmonic acid/ethylene and salicylic acid pathways[J]. European Journal of Plant Pathology, 2011, 131(1): 15-26.

[22] REGLIŃSKI T, RODENBURG N, TAYLOR J T, et al. *Trichoderma atroviride* promotes growth and enhances systemic resistance to *Diplodia pinea* in radiata pine (*Pinus radiata*) seedlings[J]. Forest Pathology, 2012, 42(1): 75-78.

[23] RABEENDRAN N, JONES E E, MOOT D J, et al. Biocontrol of *Sclerotinia* lettuce drop by *Coniothyrium minitans* and *Trichoderma hamatum* [J]. Biological Control, 2006, 39(3): 352-362.

[24] EL-HASSAN S A, GOWEN S R, PEMBROKE B. Use of *Trichoderma hamatum* for biocontrol of lentil vascular wilt disease; Efficacy, mechanisms of interaction and future prospects[J]. Journal of Plant Protection Research, 2013, 53(1): 12-26.

Control Effect of Different *Trichoderma* spp. Isolates on *Phytophthora capsici*

XI Yadong^{1,2,3}, CHEN Guohua¹, XIE Bingyan¹, PENG Huaxian^{2,3}

(1. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 2. Institute of Plant Protection, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066; 3. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southwest, Ministry of Agriculture, Chengdu, Sichuan 610066)

Abstract: Taking 30 *Trichoderma* spp. isolates classified to 6 species (*Trichoderma hamatum*, *T. virens*, *T. citrinoviride*, *T. longibrachiatum*, *T. afroharzianum* and *T. asperelloides*) as materials, the biocontrol effect of different *Trichoderma* spp. isolates were studied by the antagonistic tests *in vitro*, inoculation tests under greenhouse and in field. The results showed that the *Trichoderma* spp. was an effective biological control effect for *P. capsici*, and the difference were significant ($P < 0.05$) among different isolates. The *Trichoderma* spp. isolates number accounted for 70% for antagonistic efficacy above 60.00% in the mycelium of *P. capsici* *in vitro* antagonistic tests. Efficacy of T10 isolate against *P. capsici* reached 71.60% under greenhouse conditions when spraying spore suspension over *P. capsici* prior to inoculation of the pathogen. The biocontrol effect of isolates T10 against *P. capsici* was 68.02% and had not significant difference with dimethomorph at the 0.05 level in field. The results also showed that the T10 promoted dried chilli yield significantly, which was higher than dimethomorph treatment.

Keywords: *Trichoderma* spp.; *Phytophthora capsici*; biocontrol; dimethomorph; increased production rate