中国蔬菜　2010（20）：57-61
CHINA VEGETABLES

化学农药与芽孢杆菌 M3、S11 菌株对西芹黄萎病的防治效果

王燕鹂　喻国辉　陈远凤　杨紫红　陈燕红　黎永坚*
（珠海市农业科学研究中心，广东珠海 519075）

摘　要：利用化学药剂与生防菌结合，对由尖孢镰刀菌芹菜专化型引起的西芹黄萎病进行综合防治研究。结果表明：苗期使用 50 %多菌灵可湿性粉剂（WP）、50 %福美双・多菌灵 WP（活根菌灭）或 40 %噁霉灵 WP（噁霉敌）灌根均能显著消除育苗基质中的病原菌孢子，孢子下降率达 99.00 %以上；大田继续使用上述 3 种化学药剂或改用生防菌芽孢杆菌 S11 和 M3，都能够显著降低西芹黄萎病发病率，防治效果最高为 85.98 %；其中持续单独使用 50 %多菌灵 WP 或苗期使用 50 %多菌灵 WP、大田改用生防菌芽孢杆菌对西芹的生长没有不良影响。

关键词：西芹黄萎病；50 %多菌灵 WP；50 %福美双・多菌灵 WP；40 %噁霉灵 WP；芽孢杆菌 M3、S11 菌株

中图分类号：S436.36　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-6346（2010）20-0057-05

Control Tests of Celery Yellow Wilt by Fungicides and *Bacillus* M3 or S11 Strain

WANG Yan-li, YU Guo-hui, CHEN Yuan-feng, YANG Zi-hong, CHEN Yan-hong, LI Yong-jian*
（*Zhuhai City Agriculture Science Research Center, Zhuhai 519075, Guangdong, China*）

Abstract: Celery yellow wilt is caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii*. The integrated control of this disease by fungicides and bio-control bacteria were studied. The results showed that the concentration of pathogenic spores in seedling substrate were reduced obviously by treated with 50 % carbendazim WP, 50 % thiram-carbendazim WP or 40 % carbendazim-thiram WP. The elimination rates of spores were over 99.00 %. After the seedlings were transplanted into the fields, the disease incidence of celery yellow wilt were decreased greatly by treated with those 3 fungicides respectively or treated instead of *Bacillus* strain S11 or M3. The highest control effect was up to 85.98 %. Among these treatments, 50 % carbendazim WP continuous treatment or using *Bacillus* S11 or M3 instead 50 % carbendazim WP in the filed stage had no negative influence on the height and weight of celery.

Key words: Celery yellow wilt; 50 % carbendazim WP; 50 % thiram-carbendazim WP; 40 % carbendazim- thiram WP; *Bacillus* M3 and S11 strains

西芹（*Apium graveolens* L.）黄萎病是由尖孢镰刀菌西芹专化型〔*Fusarium oxysporum* f. sp.

收稿日期：2010-05-10；**接受日期**：2010-07-22
基金项目：珠海市科技计划项目（PC20071061，PC20081078）；国家科技支撑计划（2008BADA5B04）
作者简介：王燕鹂，女，高级农艺师，专业方向：园艺学，E-mail：zhwyl2@yahoo.com.cn
* 通讯作者（Corresponding author）：黎永坚，硕士，专业方向：植物病害生物防治，E-mail：liyongjian198010@163.com

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

apii，FOA〕引起的土传维管束病害，具有传播速度快、发病猛等特点，发病后造成的经济损失往往超过 20 %，严重时绝产绝收，对西芹的商业化种植具有极大的危害性。西芹黄萎病最早出现在美国，20 世纪 30 年代末，通过种植西芹耐病品种，加利福尼亚的西芹黄萎病得到了有效控制；1978 年，加利福尼亚沿海 4 个地区新出现的 2 号生理小种引起的黄萎病（Hart & Endo，1978；Schneider & Norelli，1981），随后通过抗性品种选育再次有效控制了该病害；1991 年，又出现超过预期水平的西芹黄萎病病情，而且连作地块的发病更为严重，但并未发现新的生理小种（Bell et al.，1998）。

西芹在我国南北方都有种植，但关于黄萎病的报道仅见于珠海（黄云鲜 等，2008），陈远凤等（2008）对西芹黄萎病病原菌进行分离和生物学测定，并在室内初步筛选了防治药剂。国内外关于西芹黄萎病的防治方法包括化学药剂防治（黎永坚 等，2009）、生物防治（Schneider，1984；Becher et al.，1990；陈远凤 等，2009）、物理防治（Schneider，1985；Bell et al.，1998）。

虽然针对西芹黄萎病筛选出来一些较好的防治药剂和生防微生物，但缺乏对这些防治药剂进行田间验证的报道，本试验通过选用珠海市农业科学研究中心农业微生物学实验室筛选出来的对西芹黄萎病菌具有较好抑制作用的药剂、生防菌进行苗期用药效果评价和田间综合防治效果评价，为西芹黄萎病的综合防控提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

供试西芹品种文图拉，种子购自北京 Biolighty 公司。

1.2 病原菌和培养基

西芹黄萎病病原菌由本实验室分离保藏。

NA（用于生防菌培养）：细菌学蛋白胨 10 g、牛肉膏 3 g、氯化钠 5 g、蒸馏水 1 000 mL；PPA（用于西芹黄萎病菌分离）：蛋白胨 15 g、磷酸二氢钾 1 g、七水合硫酸镁 0.5 g、75 %五氯硝基苯 1 g、琼脂粉 20 g、蒸馏水 1 000 mL，灭菌冷却至约 50 ℃，加入 5 %链霉素溶液 20 mL 和 1 %新霉素溶液 12 mL。

1.3 化学农药和芽孢杆菌菌株

50 %多菌灵可湿性粉剂（WP）青岛海澳生化有限公司生产；50 %福美双·多菌灵 WP（活根菌灭），山东荣邦化工有限公司生产；40 %噁霉灵 WP（噁霉敌），陕西省蒲城美尔果农化有限责任公司生产。

芽孢杆菌属（*Bacillus*）M3 菌株（简称 M3）分离自曼陀罗（*Datura stramonium*）的茎，样品采集自兰州；芽孢杆菌属（*Bacillus*）S11 菌株（简称 S11）分离自花叶艳山姜（*Alpinia zerumbet* cv. *variegata*）的根部，样品采集自珠海市农业科学研究中心。上述两株生防菌对西芹黄萎病菌均具有较好的平板拮抗活性。

1.4 试验设计

2008 年 9 月 ~ 2009 年 1 月在本中心东坑试验基地未种过西芹的地块开展防治试验。2008 年 9 月育苗，日平均气温在 28 ℃以上，先在催芽室将西芹种子催芽，然后移栽到混有病原菌的穴盘中（即在育苗的基质中按 1×10^4 cfu·g^{-1}混匀接种病原菌孢子），在育苗床架上遮阳栽培到 5 cm 高后，移至室外炼苗。

1.4.1 苗期防治试验 当部分幼苗在炼苗过程中表现出明显发病症状时，4 个穴盘 1 组（每个穴盘 68 株苗），共 4 组，其中 3 组分别用上述 3 种化学药剂灌根处理，另外 1 组以清水处理作对照。药剂用量参考药剂说明书：50 %多菌灵 WP 600 倍液、50 %福美双·多菌灵 WP 800 倍液、40 %

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

噁霉灵 WP 800 倍液，以浇透基质为宜，每 7 d 施用 1 次，共施 3 次。

1.4.2 大田防治试验 苗期用化学药剂处理 3 次，然后将幼苗移栽到从未种植过西芹的地块。对照幼苗移栽到大田继续作为对照；苗期每种药剂处理的幼苗移栽田间时分成 3 组不同试验组，第 1 组继续施用与苗期处理相同的药剂，药剂处理浓度不变；第 2 和第 3 组则分别改成用生防菌液 M3 或 S11 处理。生防菌培养及使用方法：挑取单菌落接种于 NA 培养液中，37 ℃、180 r·min^{-1} 振荡培养 12 h 作为种子液；按照 6 %的接种量吸取上述种子液于装载量为 40 %的 NA 培养液中，37 ℃、180 r·min^{-1} 振荡培养 3 d，用时用水稀释 40 倍。药剂和生防菌每 7 d 施用 1 次，每株灌根 50 mL，连续施用 4 次。

由于预备试验中单独使用生防菌液 M3、S11 防治西芹黄萎病的效果不理想，故本试验中未设计单独使用生防菌的处理。

1.5 数据统计和分析

1.5.1 基质中孢子含量的测定 在第 1 次用药前及最后 1 次用药后进行植株根部的基质采样，每个穴盘随机采 5 株，每个处理 20 株，共 80 株，采用 PPA 培养基检测基质中 FOA 孢子含量，并进行方差分析和 *F* 检验。

基质中 FOA 孢子含量检测方法（方中达，1998）：将基质置于通风橱中鼓风风干，称取 1.5 g 基质，然后加入 0.3 %水琼脂 30 mL，再放入 5 粒无菌玻璃珠，28 ℃、140 r·min^{-1} 振荡 20 min，最后从中吸取 8 mL 基质悬浮液与 PPA 培养基混板，27 ℃培养 2 d 左右，记录平板中菌落数，计算出平均每克基质中 FOA 孢子量。

1.5.2 大田防治效果的调查 2009 年 1 月大田西芹收获，同时进行数据统计。将各处理的每株西芹去根，测定株高和单株质量；然后横向剖开茎基部，观察是否存在病斑，有则视为发病株，统计发病率。不同处理间的发病率进行 *t* 检验，株高和单株质量进行方差分析和 *F* 检验。

2 结果与分析

2.1 基质中孢子含量

3 种药剂处理均能够有效杀灭苗期混在基质中的病原菌孢子（表 1），孢子下降率均在 99.00 %以上。

表 1 不同药剂处理基质中 FOA 孢子量变化

处理	施药前/cfu·g^{-1}	施药后/cfu·g^{-1}	孢子下降率/%
50 %多菌灵 WP	1 164.96 ± 657.76 a（A）	1.40 ± 0.72 a（B）	99.88
50 %福美双·多菌灵 WP	1 162.05 ± 853.43 a（A）	1.97 ± 0.93 a（B）	99.83
40 %噁霉灵 WP	897.37 ± 323.82 a（A）	0.19 ± 0.19 a（B）	99.98
清水（CK）	1 260.83 ± 780.91 a	多（无法计数）	—

注：表中同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著（α =0.05），同行数据后括号内不同大写字母表示同一药剂处理前和处理后差异极显著（α =0.01）；下表同。

2.2 大田防治效果

大田防治试验结果表明（表 2），各处理发病率与对照间均差异显著。在药剂持续防治中，50 %福美双·多菌灵 WP 处理的西芹黄萎病发病率最低，低于 50 %多菌灵 WP 并显著低于 40 %噁霉灵 WP；苗期药剂防治，田间改用生防菌防治的，S11 处理的西芹黄萎病发病率低于 M3，但差异不显著。除 50 %福美双·多菌灵 WP+M3 处理外，苗期使用药剂而田间改用生防菌处理的发病率均比单独持续使用对应药剂的低，但差异不显著。

表 2 不同处理对西芹黄萎病发病率的影响

处理	发病率/%	防治效果/%
清水（CK）	64.84 a	—
40 %噁霉灵 WP	37.50 b	42.17
50 %多菌灵 WP	32.12 bc	50.46
50 %福美双·多菌灵 WP+M3	30.30 bcd	53.27
50 %多菌灵 WP+M3	28.13 bcd	56.62
40 %噁霉灵 WP+M3	25.00 bcd	61.44
50 %福美双·多菌灵 WP	20.31 bcd	68.68
40 %噁霉灵 WP+S11	18.75 bcd	71.08
50 %多菌灵 WP+S11	15.63 cd	75.89
50 %福美双·多菌灵 WP+S11	9.09 d	85.98

3 种药剂处理和 2 种生防菌处理都

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

能控制西芹黄萎病发病率，防治效果除 40 %噁霉灵 WP 处理外均在 50 %以上（表 2），防治效果最佳的为 50 %福美双·多菌灵 WP+S11，达到 85.98 %；其次为 50 %多菌灵 WP+S11，防治效果为 75.89 %。

2.3 不同处理对西芹生长的影响

由表 3 可知，50 %多菌灵 WP+S11 处理的西芹平均株高最高，为（46.64 ± 6.63）cm，其次为 50 %福美双·多菌灵 WP+M3、50 %多菌灵 WP+M3 和对照，四者之间差异不显著。40 %噁霉灵 WP、40 %噁霉灵 WP+S11、40 %噁霉灵 WP+M3、50 %福美双·多菌灵 WP+S11 处理的西芹平均株高显著低于对照，表明 40 %噁霉灵 WP 不管是单独使用还是与生防菌搭配使用，均对西芹的生长具有明显抑制作用；而 50 %福美双·多菌灵 WP 与生防菌 S11 搭配使用，亦会显著抑制西芹的正常生长。

表 3 不同处理对西芹生长的影响

处理	株高/cm	单株质量/g
50 %多菌灵 WP+S11	46.64 ± 6.63 a	351.25 ± 31.22 ab
50 %福美双·多菌灵 WP+M3	46.02 ± 8.27 ab	343.33 ± 34.28 ab
50 %多菌灵 WP+M3	45.34 ± 8.57 ab	355.94 ± 34.57 a
清水（CK）	45.16 ± 8.84 ab	353.47 ± 19.83 a
50 %多菌灵 WP	43.65 ± 7.52 abc	315.05 ± 24.34 abc
50 %福美双·多菌灵 WP	42.58 ± 8.47 abc	306.53 ± 24.60 abc
40 %噁霉灵 WP+S11	40.46 ± 5.75 bcd	286.25 ± 30.06 abc
40 %噁霉灵 WP+M3	39.53 ± 6.75 cd	265.81 ± 26.24 abc
50 %福美双·多菌灵 WP+S11	37.91 ± 9.02 cd	223.64 ± 27.48 bc
40 %噁霉灵 WP	34.85 ± 8.55 d	207.66 ± 16.56 c

50 %多菌灵 WP+M3 处理的西芹平均单株质量最高，为（355.94 ± 34.57）g，其次是对照和 50 %多菌灵 WP+S11 处理。40 %噁霉灵 WP 和 50 %福美双·多菌灵 WP+S11 处理的西芹平均单株质量显著低于对照，表明 40 %噁霉灵 WP 的使用对西芹的生长具有明显抑制作用；50 %福美双·多菌灵 WP 的使用对西芹生长也存在不利的影响。

3 结论与讨论

本试验选用的 50 %多菌灵 WP、50 %福美双·多菌灵 WP、40 %噁霉灵 WP 3 种药剂，对土壤中的 FOA 均具有很好的消除效果，孢子下降率均达到 99.00 %以上；幼苗移栽到大田后，供试的 3 种药剂和 2 种生防菌能够有效的防治西芹黄萎病的发生发展，最高防效达到 85.98 %。在有效防治病害的同时，综合考虑防治措施对作物农艺性状的影响，试验设置中最佳的防治措施是 50 %多菌灵 WP+生防芽孢杆菌 S11 的组合。

黎永坚等（2009）以 FOA 为靶标菌，开展室内防治药剂筛选和毒力测定，结果表明 50 %多菌灵 WP 和 50 %福美双·多菌灵 WP 对 FOA 菌丝生长和孢子萌发具有显著的抑制效果，且 EC_{50} 值最低。本试验结果表明，50 %多菌灵 WP 和 50 %福美双·多菌灵 WP 在田间对西芹黄萎病具有良好的防治效果，验证了室内筛选的结果。同时，为尽量减少化学农药的使用，采取了化学药剂与生防芽孢杆菌 S11、M3 相互组合进行防治测试。在前期预备试验中，生防芽孢杆菌 S11（陈远凤 等，2009）、M3 虽然在平板拮抗测试中对 FOA 具有良好的拮抗效果，可单独用于防治西芹黄萎病时效果却不明显。在本试验中，生防芽孢杆菌 S11、M3 配合化学农药的使用，能够明显降低西芹黄萎病的发病率，并减少化学药剂的使用对西芹生长的不良影响。

综合试验结果，初步验证 50 %多菌灵 WP、50 %福美双·多菌灵 WP 及生防芽孢杆菌 S11、M3 在防治西芹黄萎病中的作用，但试验只是在人工接种病原菌的条件下开展，至于在田间种植过程中自然发病情况下该防治措施是否同样起到良好的防治效果仍需作进一步验证。此外，生防芽孢杆菌 S11、M3 在防治西芹黄萎病过程中的防治机制也有待更深入的研究。

参考文献

陈远凤，程萍，杨紫红，黎永坚，陈燕红，喻国辉．2008．西芹黄萎病病原菌的生物学特性和防治药剂筛选//彭友良，王振中．2008

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

年中国植物病理学会学术年会论文集．北京：中国农业科学技术出版社：626-631.

陈远凤，喻国辉，黎永坚，牛春艳，杨紫红，陈燕红，程萍．2009．花叶艳山姜内生菌 S11 的分离鉴定和抗菌谱测定//彭友良，朱有勇．2009 年中国植物病理学会学术年会论文集．北京：中国农业科学技术出版社：541-548.

方中达．1998．植病研究方法．北京：中国农业出版社.

黄云鲜，叶志文，黄思远．2008．珠海市西芹黄萎病的发生危害与防治对策．广西园艺，19（4）：39，49.

黎永坚，陈远凤，杨紫红，陈燕红，喻国辉．2009．西芹黄萎病防治药剂筛选和毒力测定．中国农学通报，25（15）：174-178.

Becher J O，Hepfer C A，Yuen G Y，Van Gundy S D，Scohroth M N，Hancock J G，Weinhold A R，Bownan T．1990．Effect of rhizobacteria and metham-sodiun on growth and root microflora of celery cultivars．Phaytopathology，80：206-211.

Bell A A，Hubbard FJ C，Liu L，Michael D R，Subbarao K V．1998．Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of Fusarium yellows of celery．Plant Disease，82（3）：322-328.

Hart L P，Endo R M．1978．The reappearance of Fusarium yellows of celery in California．Plant Disease Reporter，62：138-142.

Schneider R W，Norelli J L．1981．A new race of *Fusarium oxysproum* f. sp. *apii*（Abstr）．Phytopathology，71：108.

Schneider R W．1984．Effects of nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum* on celery root infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* and a novel use of the Lineweaver-Burk double reciprocal plot technique．Phytopathology，74：646-653.

Schneider R W．1985．Suppression of Fusarium yellows of celery with potassium，chloride，and nitrate．Phytopathology，75：40-48.

《中国蔬菜》学术论文写作要求

稿件内容要求 要求没有政治错误，不涉及保密问题，研究思路和方法科学正确并有新意，数据可靠，研究结果有独到的发现、发明或见解，对今后的生产和科学研究具有参考价值和启迪作用。

稿件写作要求 **文章题目：**应以最简明、准确的语言反映文章的内容，避免使用非公知的缩写、字符、代号。

署名作者：应为对论文主题研究及撰写作出主要贡献的人员，作者姓名右上角和单位名称前左上角应用数字角码标明相互对应关系。

摘要：应完整准确概述文章的实质内容，包括研究材料、方法、结果和主要结论。

英文摘要须包括与中文摘要相同的要素，但应比中文摘要的内容更详细，以便国际读者参考。

关键词：应选用能反映文章特征内容并较为通用的规范性词汇。

前言：应概述与本研究有关的主要研究进展，存在的主要问题或薄弱环节，本研究拟解决的关键问题及其学术价值或经济意义。**材料与方法：**应写明试验材料、时间、地点、试验设计、重复次数、重要操作步骤、取样数量和方法。**结果与分析：**应简明扼要，层次分明，试验数据须进行必要的统计分析。**讨论：**应结合前人的工作着重论述本文的创新点。有省、部级以上基金或项目资助者，请在论文首页下注明资助来源和项目编号。

拉丁文生物学名的属、种名为斜体，定名人为正体，属名在文中首次出现时不缩写。基因符号用斜体。表格采用三线表形式。线条图文件可在 Word 中打开并可编辑，若 Excel 作图需带数据源。

参考文献：著录采用著者-出版年编码制，按 GBT 7714—2005 要求列出各项，文献的作者全部著录，一律姓在前，名在后。页码应著录引文所在的起止页码。

期刊的著录格式：王玉峰．2007．VA 菌根真菌在马铃薯上的应用效果．中国蔬菜，（2）：30-31.

van Doorn W G．2003．Flower opening and closure：a review. Joumal of Experimental Botany，54：1801-1812.

专著的著录格式：Krumbein A，Schonhof I．2001．Influence of temperature and irradiation on glucosinolates in broccoli heads//Pfannhauser W，Fenwick G R，Khokhar S．Bioloically-active phytochemicals in food．Cambridge: Royal Society of Chemistry：477-479.

论文集的著录格式：Restaino F，Perrone D，Correale A．1998．New parthenocarpic genotypes of eggplant suitable for greenhouse cultivation//Palloix A，Daunay M C．Xth Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant．Paris：INRA Paris：273.

学位论文的著录格式：陈新娟．2006．中国芸薹属蔬菜硫代葡萄糖苷及其影响因子研究〔博士论文〕．杭州：浙江大学.

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org