

生防菌防治黄瓜枯萎病的协同作用研究

尹淑丽¹, 张丽萍¹, 张根伟¹, 黄亚丽¹, 麻耀华¹, 梁 然²

(1. 河北省科学院 生物研究所, 河北省主要农作物病害微生物控制工程技术研究中心, 河北 石家庄 050081;

2. 鹿泉钢铁农业技术推广区域站, 河北 石家庄 050200)

摘 要:采用传统方法统计可培养微生物的数量, 采用常规方法测定土壤酶活、统计黄瓜形态指标和发病株数, 探讨不同生防菌株枯草芽孢杆菌 D、放线菌 317 和木霉菌联合防治黄瓜枯萎病是否具有协同增效作用。结果表明: 3 株菌株联合优于单一菌株和 2 株菌株联合, 其协同增效作用最佳。与对照相比, 3 株菌株联合处理根际土壤中细菌、放线菌、真菌数量的接种增率分别为 50.57%、110.98% 和 13.48%, 菌群结构开始由真菌型向细菌型过渡; 土壤中中性磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶和脲酶活性增长率分别为 244.90%、7.17%、2.90% 和 31.01%; 黄瓜株高、茎粗、叶片数和干物质重量的增长率分别为 33.92%、35.48%、34.43% 和 79.13%; 防治效果最佳达 52%。与其它处理相比, 3 株菌株联合处理对根际土壤微生物数量、菌群结构、过氧化氢酶、黄瓜的形态指标和枯萎病的防治效果具有明显的协同增效作用, 其在生产中具有较大的应用潜力。

关键词:微生物数量; 酶活; 形态指标; 防治效果; 协同作用

中图分类号:S 436.421.1⁺3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)07-0151-05

随着种植结构的调整, 日光温室和大棚面积不断增加, 设施环境给蔬菜真菌病害的发生、发展提供了适宜的条件, 致使其发生种类、数量及危害程度逐年增加, 严重影响了蔬菜的产量和品质。黄瓜枯萎病是一种严重危害黄瓜的土传性真菌病害^[1], 其病原为镰刀菌属的尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*), 一般发病率为 20%~50%, 严重时可达 80% 以上。长期以来对其防治主要依赖于化学农药, 且有较好的防治效果, 但对人畜健康的影响及其对生态环境的威胁日益受到社会的普遍关注, 因此生物防治以其无污染、持效期长、环境相容性好的特点在农业生产中愈来愈显得重要。

宋以星等^[2]利用芽孢杆菌 B1 在苗期防治黄瓜枯萎病菌, 其防效达 70.10%。滕安娜^[3]利用木霉菌防治黄瓜枯萎病菌, 其效果显著。郭敏等^[4]、王光华等^[5]利用 2 株生防菌防治黄瓜枯萎病, 效果明显且具有增效作用。段春梅等^[6]施用由 3 种放线菌组成的放线菌剂可显著促进黄瓜生长发育, 并使黄瓜产生诱导抗性。陈雪丽

等^[7]、王茹华等^[8]研究表明, 植物对土传病害的抗性与根际土壤微生物关系密切。可见在防治黄瓜枯萎病方面的研究, 在单一菌株、2 株菌株联合和 3 个同种菌株联合方面的研究已经开始展开, 但由 3 种不同菌株联合防治黄瓜枯萎病方面的研究尚未见报道。

该试验利用筛选到的 3 株生防菌株, 研制成了联合微生态制剂, 目前该联合微生态制剂取得了农业部施肥登记证, 获得国家农业成果转化基金项目的支撑。为了从机理角度探索 3 株生防菌的协同增效作用, 现采用盆栽试验的方法, 通过比较不同生防菌株及联合处理对黄瓜根际土壤中微生物的数量、根际土壤酶活、黄瓜的形态指标和防病效果的影响, 来阐述菌株联合的协同增效作用机制, 为该菌剂的应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试生防菌株: 枯草芽孢杆菌 D、放线菌 317、木霉, 各菌株采用适宜的方法单独培养, 最后收集芽孢及孢子, 按孢子数 1:1 的比例复配 2 个菌株联合和 3 个菌株联合的菌液, 最终使孢子数达 1×10^9 cfu/mL。播种时每个穴加入各处理菌液 30 mL, 对照处理加入同量水。供试作物品种: “津春 2 号” 黄瓜。

1.2 试验方法

供试土壤为多茬黄瓜连作土壤, 加入适量蛭石(20%), 混匀后以相同的量(4.5 kg)装入统一大小的花盆中。于 6 月 8 日种植。试验设 8 个处理, 1 为接种枯

第一作者简介:尹淑丽(1979-), 女, 河北沧州人, 硕士, 助理研究员, 现主要从事农业生物防治等方面的研究工作。E-mail: yslbaihelr@126.com。

责任作者:张丽萍(1969-), 女, 河北张家口人, 硕士, 研究员, 现主要从事农业微生物方面的研究工作。

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(C110412); 国家农业成果转化基金资助项目(2010GB2A200041)。

收稿日期:2012-01-10

草芽孢杆菌 D、2 为接种放线菌 317、3 为接种木霉菌处理、4 为接种枯草芽孢杆菌 D 和放线菌 317、5 为接种枯草芽孢杆菌 D 和木霉菌、6 为接种放线菌 317 和木霉菌、7 为接种 3 菌株联合、8 为清水对照。于 8 月 28 日拉秧期取黄瓜根及根际土壤,测定黄瓜的形态指标,统计发病株数。

1.3 项目测定

1.3.1 根际土壤微生物数量的测定 称取 10 g 采集的新鲜根际土样放入 90 mL 无菌水中,在摇床上以 200 r/min 的转速震荡 30 min 将不同处理样品液倍比稀释涂布平板,(30±1)℃培养 2~4 d 后,记录可培养真菌、放线菌、细菌的数量。

1.3.2 土壤酶活 将根际土壤自然荫干,研磨过 80 目的筛子后,测定土壤中脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶和中性磷酸酶活性。土壤脲酶活性用靛酚蓝比色法测定,以 1 g 土 24 h 产生的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 毫克数表示;过氧化氢酶活性用高锰酸钾滴定法测定,以 1 g 土消耗 0.1 mol/L KMnO_4 毫升数表示;蔗糖酶活性用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定,以 1 g 土 24 h 产生的葡萄糖毫克数表示;中性磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法测定,以 1 g 土 24 h 产生的酚毫克数表示。

1.3.3 可培养微生物数量统计 测定土壤中细菌、放线菌、真菌的数量,微生物计数采用传统的方法,细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基,放线菌采用改良高氏 1 号培养

基,真菌采用 PDA 培养基。

1.3.4 接种增率(Δ) 表示生防菌接入引起的细菌、真菌、放线菌数量的增长率,计算公式如下: $\Delta I(\%) = [(X-CK)/CK] \times 100\%$ (式中 X 指接种处理微生物数量,CK 指对照处理微生物的数量);酶活增长百分率(Δ):表示生防菌接入引起的根际土壤中不同酶活性的增长率,计算公式如下: $\Delta E(\%) = [(X-CK)/CK] \times 100\%$ (式中 X 指接种处理根际土壤的酶活,CK 指对照处理根际土壤的酶活)。

2 结果与分析

2.1 黄瓜根际土壤中微生物数量及菌群结构

由表 1 可知,单一菌株处理与对照相比,枯草芽孢杆菌 D 处理根际土壤中细菌数量与对照相当,其它 2 个处理均低于对照。2 菌株联合处理与对照相比,枯草芽孢杆菌 D 和木霉菌处理及放线菌 317 和木霉菌处理根际土壤中细菌增率为 18.39% 和 8.05%,枯草芽孢杆菌 D 和放线菌 317 处理明显低于对照;与单一菌株处理相比,枯草芽孢杆菌 D 和木霉菌联合、放线菌 317 和木霉菌联合处理根际土壤中细菌的数量高于各单一菌株处理,枯草芽孢杆菌 D 和放线菌 317 联合处理介于 2 个单一菌株之间。3 菌株联合处理根际土壤中细菌数量显著高于所有处理,与对照相比细菌的接种增率为 50.57%。

表 1 黄瓜根际土壤中的微生物数量及菌群结构

处理	细菌		真菌		放线菌		细菌/真菌	细菌/放线菌	放线菌/真菌
	10^7	$\Delta I/\%$	10^4	$\Delta I/\%$	10^5	$\Delta I/\%$			
D	0.88c	1.15	0.31d	-65.17	0.82f	0.00	2.84	1.07	2.64
317	0.46e	-47.12	0.26e	-70.79	0.91e	10.98	1.77	0.51	3.50
木霉	0.73d	-16.09	1.60a	79.78	1.21d	47.56	0.46	0.60	1.16
D+317	0.59e	-32.18	0.27e	-69.66	1.56b	90.24	2.19	0.38	5.78
D+木霉	1.03b	18.39	0.83c	-6.74	1.26d	53.66	1.24	0.82	1.51
317+木霉	0.94c	8.05	0.91c	2.25	1.35c	64.63	1.03	0.70	1.48
D+317+木霉	1.31a	50.57	1.01b	13.48	1.73a	110.98	1.30	0.76	1.71
CK	0.87c		0.89c		0.82f		0.98	1.06	0.92

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

单一菌株处理与对照相比,木霉菌株处理根际土壤中真菌的数量高于对照,其它 2 个处理明显低于对照。2 菌株联合处理与对照相比,放线菌 317 和木霉菌联合处理根际土壤中真菌接种增率达 2.25%,枯草芽孢杆菌和木霉菌联合处理、枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理明显低于对照;与单一菌株处理相比,枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理处理真菌的数量与单一菌处理数量相当,枯草芽孢杆菌和木霉菌联合处理、放线菌 317 和木霉菌联合处理处理真菌数量均低于木霉菌处理,高于 D、317 处理真菌数量。3 菌株联合处理真菌数量明显高于对照,其接种增率为 13.48%,却低于木霉菌处理。

单一菌株处理与对照相比,枯草芽孢杆菌 D、放线

菌 317 和木霉菌处理根际土壤中放线菌的接种增率为 0、10.98% 和 47.56%。2 菌株联合处理与对照相比,枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理、枯草芽孢杆菌和木霉菌联合处理和放线菌 317 和木霉菌联合处理处理其根际土壤中放线菌的接种增率达 90.24%、53.66% 和 64.63%;与单一菌株处理相比明显高于单一菌株处理。3 菌株联合处理土壤中放线菌的数量明显高于所有处理,与对照相比其接种增率达 110.98%。

不同处理根际土壤中菌群结构的结果表明,放线菌与真菌数量的比值各处理均高于对照,约为对照的 1~6 倍;除木霉菌处理外,其它处理细菌与真菌数量的比值均高于对照,约为对照的 1~3 倍。

2.2 生防菌的加入对黄瓜根际土壤酶活的影响

由于试验土壤样品的 pH 在 6.4~7.2, 因此测定了中性磷酸酶的活性。由表 2 可知, 单一菌株处理与对照相比, 枯草芽孢杆菌 D、放线菌 317 和木霉菌处理根际土壤中中性磷酸酶的活性分别提高 142.86%、142.86% 和 387.76%。2 株菌株联合处理与对照相比, 枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理、枯草芽孢杆菌和木霉菌联合

表 2 不同处理黄瓜根际土壤的酶活性

处理	磷酸酶/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$		蔗糖酶/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$		过氧化氢酶/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$		脲酶/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	
	酶活	$\Delta E/\%$	酶活	$\Delta E/\%$	酶活	$\Delta E/\%$	酶活	$\Delta E/\%$
D	19.04 \pm 0.0008b	142.86	39.06 \pm 0.0030a	11.37	32.34 \pm 0.0585b	2.34	9.52 \pm 0.0225a	78.61
317	19.04 \pm 0.0008b	142.86	37.13 \pm 0.0240c	5.87	32.45 \pm 0.0400a	2.69	8.91 \pm 0.0505a	67.11
木霉	38.24 \pm 0.0001a	387.76	37.74 \pm 0.0142b	7.60	32.45 \pm 0.0346a	2.69	8.66 \pm 0.0025a	62.39
D+317	36.64 \pm 0.0002a	367.35	34.88 \pm 0.0231d	-0.53	32.20 \pm 0.0252b	1.91	6.64 \pm 0.1100c	24.67
D+木霉	19.84 \pm 0.0005b	153.06	34.41 \pm 0.0076e	-1.89	32.27 \pm 0.0950b	2.13	7.04 \pm 0.0720b	32.08
317+木霉	15.44 \pm 0.0012d	96.94	29.30 \pm 0.0202f	-16.46	31.96 \pm 0.0404c	1.14	6.42 \pm 0.0030c	20.48
D+317+木霉	27.04 \pm 0.0002a	244.90	37.58 \pm 0.0132b	7.17	32.52 \pm 0.0300a	2.90	6.98 \pm 0.0040b	31.01
CK	7.84 \pm 0.0015c		35.07 \pm 0.0367d		31.60 \pm 0.0230d		5.33 \pm 0.0135d	

单一菌株处理与对照相比, 枯草芽孢杆菌 D、放线菌 317 和木霉菌处理根际土壤蔗糖酶的活性分别提高 11.37%、5.87% 和 7.60%。2 株菌株联合处理根际土壤蔗糖酶活性明显低于对照和单一菌株处理, 且出现了负增长。3 株菌株联合处理除低于木霉和 D 处理外, 高于其它处理, 与对照相比酶活增长率 7.17%。

单一菌株处理与对照相比, 枯草芽孢杆菌 D、放线菌 317 和木霉菌处理根际土壤过氧化氢酶的活性分别提高 2.34%、2.69% 和 2.69%。2 株菌株联合处理与对照相比, 枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理、枯草芽孢杆菌和木霉菌联合处理和放线菌 317 和木霉菌联合处理根际土壤中中性磷酸酶的活性分别提高 1.91%、2.13% 和 1.14%, 与单一菌株处理相比均低于单一菌株处理酶活。3 株菌株联合处理明显高于其它处理, 与对照相比酶活增长率 2.9%。

单一菌株处理与对照相比, 枯草芽孢杆菌 D、放线菌 317 和木霉菌处理根际土壤脲酶的活性分别提高 78.61%、67.11% 和 62.39%。2 株菌株联合处理与对照相比, 枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理、枯草芽孢杆菌和木霉菌联合处理和放线菌 317 和木霉菌联合处理根际土壤中中性磷酸酶的活性分别提高 24.67%、32.08% 和 20.48%, 与单一菌株处理相比均低于单一菌株处理酶活。3 株菌株联合处理除放线菌 317 和木霉菌联合处理、枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理和对照外, 低于其它处理, 与对照相比酶活增长率达 31.01%。

2.3 不同处理黄瓜的形态指标

由表 3 可知, 不同处理对黄瓜株高、茎粗、叶片数和干物重的影响是一致的, 都是 2 株联合的显著优于单一的, 3 株联合的显著优于 2 株联合的。3 株菌株联合处理与对照相比可以明显促进植株的生长, 株高的增长率为 33.92%; 茎粗的增长率为 35.48%; 叶片数的增长

处理和放线菌 317 和木霉菌联合处理处理根际土壤中中性磷酸酶的活性分别提高 367.35%、153.06% 和 96.94%; 与单一菌株处理相比只有枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理处理的酶活提高了, 其它 2 个处理均低于单一菌株处理酶活。3 株菌株联合处理除低于木霉和枯草芽孢杆菌和放线菌 317 联合处理处理外高于其它处理, 与对照相比酶活增长率为 244.9%。

率为 34.43%; 干物重的增长率为 79.13%。可见 3 株菌株联合处理对黄瓜的生长有一定的促进作用。

表 3 不同处理黄瓜的形态指标

处理	株高		茎粗		叶片数		干物重	
	高度 /cm	增长率 /%	粗度 /cm	增长率 /%	数量 /个	增长率 /%	重量 /g	增长率 /%
D	200.20c	17.08	0.97c	4.30	24.33c	14.76	9.34d	12.67
317	173.50d	1.46	0.94c	1.08	23.00c	8.49	8.88e	7.12
木霉	200.33c	17.15	1.19b	27.96	27.00b	27.36	10.35c	24.85
D+317	200.00c	16.96	1.03b	10.75	24.00c	13.21	9.95d	20.02
D+木霉	208.00b	21.64	1.20a	29.03	25.00c	17.92	13.28b	60.19
317+木霉	216.00b	26.32	1.22a	31.18	27.50b	29.72	11.41c	37.64
D+317+木霉	229.00a	33.92	1.26a	35.48	28.50a	34.43	14.85a	79.13
CK	171.00d		0.93cd		21.20d		8.29e	

2.4 不同处理黄瓜发病率及防治效果

由图 1 可知, 所有处理与对照相比, 发病率降低, 防治效果提高。单一菌株处理发病率高于 2 株菌株和 3 株菌株联合处理, 其中木霉菌株处理的发病率要高, 可能因为木霉菌株在土壤中的大量繁殖, 使得土壤中条件利于真菌病原菌的生长, 导致发病率高。2 株菌株联合处理优于单一菌株处理, 劣于 3 株菌株联合处理, 体现了 3 株不同菌株联合防病协同增效作用, 使得土壤中微生物菌群及数量保持均衡, 抵抗病害的能力增强。

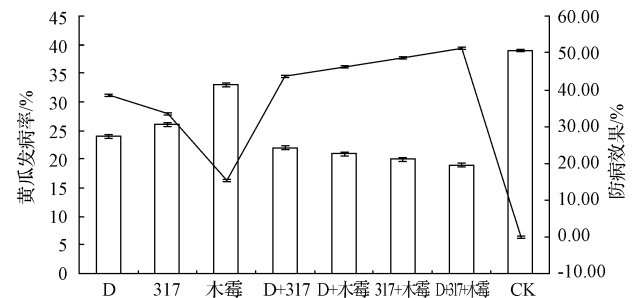


图 1 不同处理黄瓜的发病率及防治效果

3 讨论

3.1 对微生物数量、菌群结构的协同作用

在设施农田的生态系统中,土壤微生物参与土壤中发生的重要过程,如土壤结构的变化、有机质的转化、有毒物质的降解以及碳、氮、磷、硫的循环,其在植物残体降解、腐殖质形成及养分转化与循环中扮演着十分重要的角色。

该试验单一菌株的施入对土壤中细菌的数量影响不大,但可明显提高放线菌的数量,除木霉菌处理外可以在一定程度上减少真菌的数量;而适宜的2株菌联合及3株菌联合可以大大增强对土壤中细菌、放线菌和真菌数量的影响,同时细菌和放线菌的加入可以有效地控制木霉菌在土壤中的过度繁殖,体现了菌株适宜复配可以达到协同增效的作用。土壤中菌群结构的稳定决定了土壤的健康程度,3株菌联合处理的细菌/真菌和放线菌/真菌的比值处于所有处理的中间位置,表明3株菌联合处理在改变土壤中微生物菌群结构时,3株菌相互制约同时协同发展,使土壤中微生物的数量平稳变化,菌群结构健康改善,这对于土壤及作物生长都是有一定好处的;根际土壤中的微生物菌群已经由真菌型向细菌型过渡,利于降低黄瓜枯萎病害发生的可能。

3.2 对根际土壤酶活性的协同作用

土壤酶活性是土壤生物活性较为稳定和灵敏的一个指标,在一定程度上能够反映土壤养分的转化动态。根际土壤酶是土壤中具有生物活性的蛋白质,土壤酶活性增强意味着土壤生物活性提高,能增强植株的抗性。其中,脲酶是一种专属性很强的水解酶,根际土壤中脲酶活性的提高,将加速土壤的各类含氮有机中间产物转化为植物可利用的物质,从而提高根系有效态氮的含量。磷酸酶活性的增加可加速土壤有机磷脱磷速度,改善土壤磷素的供应水平,促进土壤中有机磷化合物或无机磷酸盐转化成能为植物利用的无机态磷。蔗糖酶活性的增加为根际微环境提供了必要的营养物质。过氧化氢酶可促进土壤多种化合物的氧化,并可防止过氧化氢积累对生物体造成毒害。

该试验单一菌株处理与对照相比均能提高土壤中磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶和脲酶的活性。2株菌联合处理与对照相比,除蔗糖酶活性降低外,其它3株酶活性均提高;与单一菌株相比,除对磷酸酶活性提高外,使其它3株酶的活性降低。3株菌联合处理基本高于2株菌联合处理;与单一菌株处理相比,过氧化氢酶活性高于单一菌株,磷酸酶和蔗糖酶的活性在单一菌株处理中位置居中,脲酶的活性低于单一菌株处理。可见,2株菌联合的处理不能体现增效作用,3株菌联合处理在一定程度上体现了多菌株联合的协调增效作用,虽然效果不是很明显,但却可以提高土壤中4种酶的活性,起到改善根际土壤环境,促进微生物繁衍并延缓土

壤微生物衰减的速率,提高植株的抗性,从而提高抵抗真菌病害的能力,有利于实现作物高产的目标。

3.3 对黄瓜形态指标及生防效果的协同作用

该试验结果表明,与单一菌株和2株菌复合相比,3株菌复合处理对黄瓜的生长的协同增效作用明显,可促进株高的增长、茎粗的增加、叶片数的增多和干物重的增大,防治效果增强。

设施蔬菜的连作使土壤中有毒有害物质逐渐积累,导致微生物种群数量及结构发生变化,使有益微生物数量降低^[10],病原微生物数量增加^[11],导致土传病害严重。而3株菌联合通过协同增效作用可有效地提高根际土壤中细菌、放线菌的数量,控制真菌的数量,使得微生物菌群结构向利于植株健康生长的方向发展;同时还可一定程度上促进根际土壤酶活的提高,促进植株的健壮生长。可见3株菌联合可以通过影响连作土壤中的微生物数量,改变菌群结构,提高土壤酶活性,促进植株的健壮生长的综合作用来提高抵抗枯萎病的能力,从而达到较好的防治效果。但其中也反映出,并不是所有菌株简单联合就可以达到协同增效的作用,也并不是对任何指标都有协同增效的作用。对于试验中涉及的机理问题需要进一步的研究。

参考文献

- [1] Qin Y, Jin X N, Park H D. Comparison of antioxidant activities in black soybean preparation fermented with various microorganisms [J]. Agricultural Sciences in China, 2010, 9(7): 1065-1071.
- [2] 宋以星, 杨蕊, 杨运华, 等. 芽孢杆菌 B1 对黄瓜枯萎病菌的拮抗作用 [J]. 河南科技学院学报, 2011, 39(3): 38-41.
- [3] 滕安娜. 生防木霉拮抗黄瓜枯萎病菌的初步研究 [J]. 农业科技, 2010 (1): 159-163.
- [4] 郭敏, 刘春燕, 陈靠山. 拟康氏木霉对蔬菜病原真菌的拮抗作用及对番茄灰霉病的防效的初步研究 [J]. 安徽农学通报, 2008, 14(21): 156-157.
- [5] 王光华, 周克琴, 张秋英, 等. 拮抗细菌 BRF-1 对几种植物病原真菌的抗生效果 [J]. 中国生物防治, 2003, 19(2): 73-77.
- [6] 段春梅, 薛泉宏, 赵娟, 等. 放线菌剂对黄瓜幼苗生长及叶片 PPO 活性的影响 [J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 48-54.
- [7] 陈雪丽, 王光华, 金剑, 等. 两株芽孢杆菌对黄瓜和番茄根际土壤微生物群落结构影响 [J]. 生态学杂志, 2008, 27(11): 1895-1900.
- [8] 王茹华, 周宝利, 张启发, 等. 嫁接对茄子根际微生物种群数量的影响 [J]. 园艺学报, 2005, 32(1): 124-126.
- [9] 樊军, 郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究 II. 土壤酶活性与土壤肥力 [J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2): 146-150.
- [10] Naseby D C, Pascual J A, Lynch J M. Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* populations, soil microbial communities and soil enzyme activities [J]. Appl. Microbiol, 2000, 88: 161-169.
- [11] Ye S F, Bowman D, Shi W. Soil microbial community structure and diversity in a turfgrass chronosequence: Land-use change versus turfgrass management [J]. Applied Soil Ecology, 2006, 34: 209-218.

(该文的作者还有程辉彩、崔冠慧, 工作单位同第一作者。)

The Synergism of Different Biocontrol Agents to Cucumber *Fusarium* wilt

YIN Shu-li¹, ZHANG Li-ping¹, ZHANG Gen-wei¹, HUANG Ya-li¹, MA Yao-hua¹, LIANG Ran², CHENG Hui-cai¹, CUI Guan-hui¹

(1. Institute of Biology, Hebei Academy of Sciences, The Microbial Control Engineering Technology Research Center of Main Crops Diseases in Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei 050081; 2. Luquan Tongye Regional Station of Agricultural Technology Extension, Shijiazhuang, Hebei 050200)

Abstract: The number of culturable microorganisms were measured by traditional method. Soil enzyme activity, plant phenotypic traits and incidence number were determined by routine analysis methods, to explore the synergism of biocontrol agents bacteria D, actinomycetes 317 and fungi compound to cucumber *Fusarium* wilt. The results showed that three agents compound was superior to single agent and two agents compound, its synergism was the best. Three agents compound was compared to control; number of bacteria, actinomycetes and fungi could raise 50.57%, 110.98% and 13.48%; microflora was becoming fungi type to bacteria type; activity of phosphatase, invertase, catalase and urease could raise 244.90%, 7.17%, 2.90% and 31.01%; plant height, stem diameter, leaf number and dry matter weight could raise 33.92%, 35.48%, 34.43% and 79.13%; control effect could raise 52%. Compared to control, three agents compound had clear synergism in number microorganism, microflora, plant phenotypic traits and control effect. The synergism to phosphatase, invertase and urease was not clear, but to catalase was clear. Three agents compound would have great application potential in production.

Key words: number of microorganisms; enzyme activity; phenotypic traits; control effect; synergism

芒果采后保鲜处理

1. 采收成熟度一致的果实, 对在销售过程中通过人工催熟而达到其色泽及口味一致尤为重要。采果时至少留长果柄 3~5 cm, 以防止胶乳流出灼伤果实。流到果面上的胶乳是造成芒果采后蒂腐、炭疽等病害的重要原因。

2. 除去汁液剪除果柄时, 果蒂向下放在一个有筛眼的架子上或除汁液传动带上。

3. 洗涤除去脏物和汁液。喷水洗或用滚动刷洗。刷果不超过 30 s。洗涤可以除汁液工序相合并, 用 1% 熟石灰水洗涤有助于去除果皮上汁液, 可在上述石灰水中剪除果柄, 并在其中将汁液洗去, 然后再放入清水中清洗。

4. 杀菌剂处理可选用蒂腐灵(1 000 倍)+施保克(2 000 倍)进行处理, 最好在(52±2)℃上述热药液中浸泡 5 min。杀菌剂处理后再用果蜡处理。

5. 分级弃除劣质果及按果实大小或重量分级。

6. 包装单层果箱宜紧密排放, 果蒂向下。每一包装内的果实大小必须一致, 可用衬垫材料辅助包装。大批成堆芒果包装, 可放入筐、箱(约 20~25 kg 容量)。

7. 码堆安全、稳牢的码堆采用果箱水平搭接, 相交成面, 套上弹力拉紧网, 或水平搭接的码堆粘贴粘结带。有条件采用码堆筐箱则更为可靠。

8. 运输在运输时, 须防止包装移动和限制码堆负荷, 不宜堆叠过高, 以利空气流通, 又能防止负荷压坏包装, 运输时最适宜温度为 13~15℃, 相对湿度 95%~90%, 在 11℃下, 易受冷害。

9. 催熟使用乙烯气体催熟的芒果皮色鲜亮均匀, 果实较硬, 果实黄熟后的货架期还有 15 d 左右, 从而在世界各产芒地区被广泛使用。芒果进行催熟的最佳温度在 25~30℃, 而转色的最佳温度在 20~25℃。