

## 杀菌剂对甘薯致病菌 *Hypocrea* sp. SP-4 和 *Rhizopus stolonifer* SP-1 生长影响研究

段鹏,张义正,谭雪梅

(四川大学生命科学学院/四川省分子生物学及生物技术重点实验室,成都 610064)

**摘要:**为了研究杀菌剂对甘薯致病菌 *Hypocrea* sp. SP-4 和 *Rhizopus stolonifer* SP-1 生长的抑制效果,本文从腐烂的甘薯块根中分离到的匍枝根霉 SP-1 (*Rhizopus stolonifer* SP-1) 和 *Hypocrea* sp. SP-4 的孢子接种在含有不同杀菌剂浓度的 PDA 培养基上,在 13℃ 和 28℃ 条件下培养。同时也将 2 种孢子接种在甘薯块根上,进行培养观察。结果表明:2 株真菌低温条件下,在不含杀菌剂的培养皿上的生长速度明显比 28℃ 条件下要缓慢些;甲基托布津和多菌灵对 *Hypocrea* sp. SP-4 和 *R. stolonifer* SP-1 生长抑制的稀释度分别为 1000 倍和 500 倍。在 28℃ 条件下,2 种杀菌剂对 *Hypocrea* sp. SP-4 都有良好的抑制效果,但对 *R. stolonifer* SP-1 抑制率,甲基托布津只有 21%,多菌灵则有 58%。在用杀菌剂抑制甘薯块根侵染的过程中还发现,甘薯块根在没有创伤的情况下,2 株真菌在低温条件下不会引起腐烂,说明它们是通过伤口侵染甘薯块根的。综合几个指标可以得出:适度低温和避免甘薯块根出现伤口能够减少甘薯块根被真菌侵染。

**关键词:**甘薯;匍枝根霉;肉座菌;甲基托布津;多菌灵

中图分类号:S482.2+1

文献标志码:A

论文编号:2010-1895

### Studies on Influence of Fungicide on Growth of *Hypocrea* sp. SP-4 and *Rhizopus stolonifer* SP-1 of Pathogenic Bacteria of Sweet Potato

Duan Peng, Zhang Yizheng, Tan Xuemei

(Sichuan Key Laboratory of Molecular Biology and Biotechnology,  
College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, 610064)

**Abstract:** In order to study on influence of fungicide on growth of *Rhizopus stolonifer* SP-1 and *Hypocrea* sp SP-4 of pathogenic bacteria of sweet potato, spores of *Rhizopus stolonifer* SP-1 and *Hypocrea* sp SP-4 isolated from spoilage root tuber of sweet potato were inoculated on PDA medium plate and root tuber of sweet potato including different concentrations of fungicide, and cultivated at 13℃ and 28℃. The results showed that they grew more slowly at 13℃ than 28℃. Dilution concentration of thiophanate-methyl and carbendazol to inhibit the growth of *Hypocrea* sp SP-4 and *R. stolonifer* SP-1 is 1000 and 500-fold, respectively. Both fungicides could efficiently inhibit the growth of *Hypocrea* sp SP-4. However, the inhibition rate of thiophanate-methyl and carbendazol to *R. stolonifer* SP-1 is 21% and 58%, respectively. The results also showed in the course of fungicide inhibiting the infection of root tuber of sweet potato by the above two fungi, it didn't become rotten at low temperature if the root tuber of sweet potato did not have wound, indicating that they infect root tuber of sweet potato through the wound. Comprehensive analysis show that the infection of root tuber of sweet potato by fungi could be reduced by moderate low temperature and avoiding wound of sweet potato.

**Key words:** sweet potato; *Rhizopus stolonifer*; *Hypocrea*; thiophanate-methyl; carbendazol

**基金项目:**国家科技支撑计划项目“燃料乙醇专用原料甘薯的均衡供应技术的研究”(No.2007BAD78B03)。

**第一作者简介:**段鹏,男,1981年出生,在读硕士,主要从事基因工程及分子遗传学研究。通信地址:610064 四川大学生命科学学院, Tel: 028-85412738, E-mail: duanpenfen@sina.com。

**通讯作者:**谭雪梅,女,1976年出生,讲师,博士,主要从事基因工程及分子遗传学研究。通信地址:610064 四川大学生命科学院, Tel:028-85412738, E-mail: txmyyf@yahoo.com.cn。

**收稿日期:**2010-06-23, **修回日期:**2010-09-14。

## 0 引言

中国是甘薯种植大国,据联合国粮食农业组织统计,2006年全球的甘薯种植总面积是878.65万公顷,中国种植面积470.85万公顷,占总种植面积的53.59%;当年全球的甘薯总产量是12215.79万吨,中国的产量10022.21万吨,占总产量的82.04%。但甘薯块根在贮藏过程中易被微生物侵染,造成腐烂变质,导致甘薯块根大量损失,因此对甘薯致病菌进行防治具有重要意义。

甘薯块根在受到微生物侵染时,会分泌一些物质来抵御其对自身的伤害。对于完整的甘薯块根,病菌一般不能对其产生侵染作用,因为病菌主要是通过伤口对甘薯块根进行侵染。在对甘薯病菌防治方面,李顺鹏等<sup>[1]</sup>发现沼气液对甘薯软腐病有明显的防治作用,并研究了其抑菌机制,认为 $\text{NH}_4^+$ 离子是抑制病菌生长的主要原因。林冬枝等<sup>[2]</sup>使用麦冬块根70%甲醇浸提物对 *Thanatephorus cucumeris*、*Taphrina deformans*和 *Fusarium solani*进行抑菌活性的研究,证明其具有较强的抑菌活性。近些年,由于发现农药对环境造成一定的污染,同时对人体也造成了一定的危害,所以生物防治逐渐兴起, Bonaterra 等<sup>[3]</sup>使用 *Pantoea agglomerans* EPS125 在杏、桃等植物中对 *Rhizopus stolonifer*进行了抑制试验,证明其对 *R.stolonifer*具有一定的拮抗作用。Guerra-Sánchez<sup>[4]</sup>和 Hernandez-Lauzardo 等<sup>[5]</sup>指出小分子的脱乙酰壳多糖(chitosan)能够抑制 *R.stolonifer*的菌丝生长。Oba 等<sup>[5]</sup>指出伤口周围组织的呼吸作用和多酚含量急剧增加, Okumura 等<sup>[6]</sup>使用 *Ceratocystis fimbriata*对甘薯进行侵染时发现,甘薯的乙烯含量也急剧增多。Uritani<sup>[7]</sup>发现在侵染区产生香豆素和呋喃萜(furanoterpenes)物质,呋喃萜被证明是一种真菌毒素,属于植物抗毒素,呋喃萜的主要成分为甘薯黑疤霉酮,其成分由 Uritani 等鉴定出10种。香豆素和呋喃萜对病原菌有毒,可以保护甘薯不受病原微生物的侵染。在健康的甘薯中,香豆素和呋喃萜几乎很少或没有,但是在甘薯出现损伤时,对微生物侵染会发生变化,这些物质会大量的产生,另外乙烯也有可能参与对微生物侵染的防御。在利用杀菌剂对甘薯块根进行防治研究方面,国内的研究成果很多,但是对 *Rhizopus*属和 *Hypocrea*属的甘薯防治进行系统的研究报告却不多,钟丽娟等<sup>[8]</sup>对分离到的 *R.stolonifer*进行了形态鉴定和室内抑菌试验,但是没有使用杀菌剂对甘薯块根进行防治的研究,而对 *Hypocrea*属对甘薯块根的防治研究目前尚没有报告。

在防治甘薯块根腐烂真菌中最常见的杀菌剂是多

菌灵和甲基托布津。当甘薯块根作为食品和饲料时,考虑到农药残留等问题,因此不能使用杀菌剂进行处理<sup>[9]</sup>,但是当甘薯块根用作工业原料或种薯时,使用低毒的杀菌剂对其进行处理,不仅能有效的防治甘薯块根腐烂,而且成本低。甘薯在收获后需要进行适当的预处理,以防止甘薯块根腐烂。比如在甘薯块根入库前,高温愈伤处理能够使其在收获和运输过程中造成的伤口快速愈合,切断微生物侵染甘薯块根的主要途径。又比如使用不同的杀菌剂对甘薯块根进行处理,减少其遭受侵染的机率。但是杀菌剂对甘薯块根腐烂真菌的作用效果一直缺乏较为系统的研究,尤其是对那些新发现的引起甘薯块根腐烂的真菌,还未见报道。本研究中使用了新分离并鉴定确认的 *R.stolonifer* SP-1 和 *Hypocrea* sp. SP-4 菌株<sup>[10]</sup>,其中 *R.stolonifer* SP-1 是匍枝根霉<sup>[11]</sup>的一个亚种, *Hypocrea* sp. SP-4 被鉴定属肉座菌属<sup>[12,13]</sup>,在国内首次被证明对甘薯块根具有侵染作用。在不同温度条件下观察不同浓度的甲基托布津剂和多菌灵对甘薯致病菌 *Hypocrea* sp. SP-4 和 *R.stolonifer* SP-1 生长的影响,以期获得防治甘薯块根腐烂的各种数据,为实际应用提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试药剂

甲基托布津70%可湿性粉剂(加拿大植物保护有限公司);多菌灵50%超微可湿性粉剂(美国巨邦农资国家贸易有限公司)。

### 1.2 使用菌株及试材

本研究中使用的菌株为 *Hypocrea* sp. SP-4 和匍枝根霉 SP-1 (*R.stolonifer* SP-1),所用实验对象为‘徐薯-18’。

### 1.3 杀菌剂对致病菌的抑制作用

1.3.1 杀菌剂对致病菌生长的抑制作用 将甲基托布津与多菌灵分别和PDA培养基混合,稀释成500倍、1000倍、1500倍、2000倍、2500倍等5个浓度,将混合培养基倒入灭菌的培养皿中,没有加杀菌剂的PDA培养基作为正对照。待培养基凝固后,将上述2个菌株孢子(1000个/mL)点种在培养皿的中心,每个浓度3个重复,然后将处理好的培养皿倒置放入28℃(常用真菌培养温度)和13℃(甘薯储藏温度)的恒温培养箱里进行培养,观察菌株的生长情况。

杀菌剂对致病菌的菌丝生长的影响<sup>[14,15]</sup>采用生长速率法测定杀菌剂对致病菌的抑制作用,将甲基托布津与多菌灵分别用PDA培养基稀释到1000倍和500倍浓度,倒入灭菌的培养皿,没有加杀菌剂的培养基作为正对照,凝固后放置备用。对 *Hypocrea* sp. SP-4 进

行抑制实验的两种杀菌剂浓度为 1000 倍, 对 *R. stolonifer* SP-1 进行抑制实验的两种杀菌剂浓度为 500 倍。

取已长满致病菌菌苔的培养皿, 使用打孔器(直径为 8 mm)制取致病菌菌饼, 将菌面朝下放置在上述含有杀菌剂的培养皿中, 每个处理 3 个重复, 放置在 28℃ 培养箱里培养, 2 天后测量致病菌菌落直径, 与对照相比, 计算杀菌剂对菌株的生长抑制率<sup>[16]</sup>:

$$\text{抑菌率} = \frac{(\text{对照菌落直径} - 8) - (\text{处理菌落直径} - 8)}{(\text{对照菌落直径} - 8)} \times 100\%$$

1.3.2 杀菌剂对致病菌感染甘薯片的抑制效果测定 取健康无病的‘徐薯-18’块根, 清水冲洗表面。使用 70% 乙醇喷洒甘薯块根表面, 清水冲洗, 然后用次氯酸钠溶液(1% 活性氯)浸泡数分钟, 取出, 无菌水冲洗数次, 晾干。用灭菌的小刀将甘薯块根切成厚度为 1 cm 的甘薯片, 将切好的甘薯片放入灭菌的培养皿中。将甘薯片分为 3 组, 第 1 组直接喷洒孢子悬液。第 2 组先用稀释 1000 倍的多菌灵浸泡 10 min, 然后再喷洒孢子悬液。第 3 组先用稀释 500 倍的甲基托布津浸泡 10 min, 然后再喷洒孢子悬液。每个处理 3 个重复, 将 3 组处理的甘薯片分别放入 28℃ 和 13℃ 的恒温恒湿培养箱, 观察甘薯片的腐烂情况, 湿度调节到 90% 左右, 防止甘薯片脱水变干。

1.3.3 杀菌剂对致病菌感染甘薯块根的抑制效果测定 用无菌水将杀菌剂稀释成 1000 倍和 500 倍, 取表皮无损伤的‘徐薯-18’块根, 用清水冲洗表面。使用 70% 乙醇喷洒甘薯块根表面, 清水冲洗, 然后用次氯酸钠溶液

(1% 活性氯)浸泡数分钟, 取出, 无菌水冲洗数次, 晾干。将甘薯块根分为 4 组, 第 1 组, 用灭菌的小刀对甘薯块根制造伤口, 然后用孢子悬液喷洒甘薯块根表面; 第 2 组, 直接用孢子悬液喷洒在健康甘薯块根的表面; 第 3 组用灭菌的小刀对甘薯块根制造伤口, 然后用杀菌剂浸泡 10 min 后再用孢子悬液喷洒; 第 4 组, 将表皮无任何损伤的甘薯块根浸泡在杀菌剂里 10 min, 取出晾干, 然后用孢子悬液喷洒。每个处理 3 个重复, 然后分别放入 28℃ 和 13℃ 的恒温恒湿培养箱里培养, 观察甘薯块根的腐烂情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 杀菌剂对甘薯块根致病菌生长的抑制作用

在 28℃ 下, *Hypocrea* sp. SP-4 在甲基托布津稀释 500、1000、1500、2000、2500 倍的 PDA 培养基上, 30 天没有观察到菌体生长。*Hypocrea* sp. SP-4 在多菌灵 500、1000、1500、2000、2500 倍的 PDA 培养基上, 也没有菌体生长。但在不加杀菌剂的培养基上, *Hypocrea* sp. SP-4 生长迅速, 3 天就能长满整个培养皿。在 13℃ 下, *Hypocrea* sp. SP-4 在甲基托布津和多菌灵的各个浓度的培养基上, 30 天时都不生长。在不加杀菌剂的的培养基上, *Hypocrea* sp. SP-4 的生长速度变得缓慢, 4 天时会有小的菌落出现, 8 天时菌丝体才能铺满整个培养皿。

以上结果表明, *Hypocrea* sp. SP-4 对上述两种杀菌剂十分敏感。此外, 培养温度对该菌的生长也有明显影响。

表 1 不同温度, 不同处理方式下 *R. stolonifer* SP-1 在 PDA 培养皿长满全皿所需要的天数

杀菌剂	温度/℃	不同处理/d					
		对照	500	1000	1500	2000	2500
多菌灵	28	2	10	8	4	4	4
	13	4	10	8	6	6	6
甲托	28	2	2	2	2	2	2
	13	4	10	8	6	6	6

在 28℃ 下, *R. stolonifer* SP-1 在甲基托布津的各个浓度 PDA 培养基上 2 天就会长满整个培养皿; 在多菌灵稀释倍数为 1500、2000、2500 倍的培养基上, 4 天时长满整个培养皿, 稀释倍数为 500 和 1000 倍的培养基则分别需要 10 天和 8 天才会长满整个培养皿。在不加杀菌剂的培养基上, *R. stolonifer* SP-1 长满整个培养皿则需要 2 天。在 13℃ 时, *R. stolonifer* SP-1 在甲基托布津稀释 1500、2000、2500 倍的培养基上, 需要 4 天长满培养皿, 500 和 1000 倍浓度时则需要 6 天。在有多菌

灵的培养基上, 1500、2000、2500 倍浓度时需要 6 天长满培养皿, 500 和 1000 倍浓度长满培养皿分别需要 10 天和 8 天。在不加杀菌剂的培养基上, *R. stolonifer* SP-1 则需要 4 天长满整个培养皿, 正对照的生长速度降低了 1 倍(表 1)。

上述结果表明, *R. stolonifer* SP-1 对两种杀菌剂的敏感度远远低于 *Hypocrea* sp. SP-4, 且培养温度对该菌的生长影响也不是十分明显。根据上述实验, 甲基托布津和多菌灵得 1000 倍是抑制 *Hypocrea* sp. SP-4 生

表2 不同杀菌剂对 *Hypocrea* sp. SP-4 菌丝体生长的抑制效果

不同处理	菌落直径/mm			均值/mm	抑制率/%
	I	II	III		
甲基托布津	8	8	8	8	100
多菌灵	8	8	8	8	
对照	44	48	45	45.7	

长的最佳倍数,500倍是抑制 *R.stolonifer* SP-1 生长最佳倍数,后面的实验都采用这种最适稀释倍数。

从表2可见,稀释1000倍的甲基托布津70%可湿性粉剂和多菌灵50%超微可湿性粉剂对 *Hypocrea* sp. SP-4 的抑制率都达到100%,证明两种杀菌剂对 *Hypocrea* sp. SP-4 都有好的抑制效果。

从表3可见,500倍的甲基托布津对 *R.stolonifer* SP-1 的抑制率仅为21%,500倍的多菌灵对 *R.stolonifer* SP-1 抑制率较高一些,达到58%。在对 *R.stolonifer* SP-1 的抑制效果上,多菌灵的抑菌效果要好于甲基托布津。

表3 不同杀菌剂对 *R.stolonifer* SP-1 菌丝体生长的抑制效果

不同处理	菌落直径/mm			均值/mm	抑制率/%
	I	II	III		
甲基托布津	60	62	70	64	21
多菌灵	38	40	35	37.7	58
对照	79	79	80	79	

## 2.2 杀菌剂对致病菌侵染甘薯片的抑菌效果

从表4可见,对于 *Hypocrea* sp. SP-4,在28℃下培

表4 28℃和13℃时杀菌剂对致病菌侵染甘薯片的抑制效果

温度/℃	菌株	处理方式	轻微腐烂/	严重腐烂/
			d	d
28	<i>Hypocrea</i> sp. SP-4	1	5	15
		2	20	60
		3	20	60
	<i>R.stolonifer</i> SP-1	1	5	10
		2	5	20
		3	10	20
13	<i>Hypocrea</i> sp. SP-4	1	10	20
		2	30	60
		3	30	60
	<i>R.stolonifer</i> SP-1	1	10	15
		2	10	20
		3	10	20

注:1,直接喷洒孢子悬液;2,甲基托布津处理后喷洒孢子悬液;3,多菌灵处理后喷洒孢子悬液

养时,先用杀菌剂处理,然后喷洒孢子悬液的甘薯片,20天出现轻度腐烂现象,60天左右出现严重腐烂现象。而直接喷洒孢子悬液的甘薯片,5天时就出现轻度腐烂,15天时已经腐烂很严重。但在13℃时,用杀菌剂处理后再喷洒孢子悬液的甘薯片,30天时发生轻度腐烂现象,60天左右出现严重腐烂;而直接喷洒孢子悬液的甘薯片,10天时轻度腐烂,20天时腐烂严重。

对于 *R.stolonifer* SP-1 菌株,在28℃下培养时,先用杀菌剂处理,然后喷洒孢子悬液的甘薯片,20天时发生严重的腐烂;而直接喷洒孢子悬液的甘薯片,5天时出现轻度腐烂,10天时严重腐烂。但在13℃时,用杀菌剂处理后再喷洒孢子悬液的甘薯片,20天时发生严重腐烂,而直接喷洒孢子悬液的甘薯片,10天时轻度腐烂,15天时腐烂严重。

## 2.3 杀菌剂对致病菌感染块根的抑制效果

从表5可见,对于 *Hypocrea* sp. SP-4 菌株,在28℃培养条件下,用孢子悬液喷洒受伤甘薯表面,20天甘薯就会严重腐烂。受伤甘薯在杀菌剂处理后再用孢子悬液喷洒,20天时甘薯只出现轻度腐烂,60天左右才会严重腐烂,2种杀菌剂的效果相同。直接用孢子悬液喷洒在健康甘薯的表面和将健康的甘薯用杀菌剂处理,然后用孢子悬液喷洒,60天内甘薯不会出现腐烂现象。在13℃培养条件下,孢子悬液喷洒受伤甘薯的处理后20天左右时,甘薯就会严重腐烂。将受伤甘薯用杀菌剂处理再用孢子悬液喷洒,30天时甘薯出现轻度腐烂,60天左右时就会腐烂严重,2种杀菌剂效果相同。直接用孢子悬液喷洒在健康甘薯的表面和将健康的甘薯用杀菌剂处理后用孢子悬液喷洒,60天内甘薯都不会出现腐烂现象。

对于 *R.stolonifer* SP-1,在28℃培养条件下,用孢子悬液喷洒受伤甘薯表面,10天内甘薯就会严重腐烂。将受伤甘薯先用杀菌剂处理后再用孢子悬液喷洒,20天时就会腐烂严重,2种杀菌剂效果相同。直接用孢子悬液喷洒在健康甘薯的表面和将健康的甘薯用杀菌剂处理然后用孢子悬液喷洒,60天内甘薯没有出现腐烂现象。在13℃培养条件下,用孢子悬液喷洒受伤甘薯表面,15天左右甘薯就严重腐烂。将受伤甘薯用杀菌剂处理后再用孢子悬液喷洒,20天甘薯出现严重腐烂现象,多菌灵的效果要好于甲基托布津。直接用孢子悬液喷洒在健康甘薯的表面和将健康的甘薯用杀菌剂处理后用孢子悬液喷洒,60天内甘薯块根都不会出现腐烂现象。

## 3 结论与讨论

本研究发现对于甘薯块根新致病菌 *Hypocrea* sp.

表5 28℃时杀菌剂对致病菌侵染甘薯块根的抑制效果

温度/℃	菌株	处理方式	轻微腐烂/d	严重腐烂/d	
28	<i>Hypocrea</i> sp. SP-4	1	10		
		2	20		
		3	20	20	
		4	> 60	60	
		5	> 60	60	
		6	> 60		
	<i>R. stolonifer</i> SP-1	1	5		
		2	10		
		3	10	10	
		4	> 60	20	
		5	> 60	20	
		6	> 60		
13	<i>Hypocrea</i> sp. SP-4	1	15		
		2	30		
		3	30	20	
		4	> 60	60	
		5	> 60	60	
		6	> 60		
	<i>R. stolonifer</i> SP-1	1	10		
		2	15		
		3	10	15	
		4	> 60	20	
		5	> 60	20	
		6	> 60		

注: 1, 受伤甘薯喷洒孢子悬液; 2, 受伤甘薯多菌灵处理后喷洒孢子悬液; 3, 受伤甘薯甲基托布津处理后喷洒孢子悬液; 4, 健康甘薯喷洒孢子悬液; 5, 健康甘薯多菌灵处理后喷洒孢子悬液; 6, 健康甘薯甲基托布津处理后喷洒孢子悬液

SP-4 菌株, 甲基托布津和多菌灵都十分有效, 可能是 *Hypocrea* sp. SP-4 菌株对 2 种杀菌剂有很高的敏感性。对于 *R. stolonifer* SP-1 菌株, 多菌灵的效果要比甲托布津的效果好, 但是它们都不能够完全抑制 *R. stolonifer* SP-1 的生长。但从总体上看, *R. stolonifer* SP-1 菌株对杀菌剂的敏感性要远远低于 *Hypocrea* sp. SP-4。因此, 要防治甘薯块根的腐烂, 必须要根据不同的致病菌, 有针对性地选择杀菌剂对甘薯进行预处理。甘薯块根有伤口时, 更容易发生腐烂, 但是使用杀菌剂则能有效地延缓其腐烂的时间, 其中杀菌剂对于 *Hypocrea* sp. SP-4 的防治效果要比 *R. stolonifer* SP-1 的防治效果好。

培养温度对 *Hypocrea* sp. SP-4 菌株的生长也具有明显的影响: 28℃时菌丝体生长迅速; 13℃时菌丝体的生长变得缓慢; 在有杀菌剂的作用下, *Hypocrea* sp. SP-4 的生长则完全被抑制。对于 *R. stolonifer* SP-1 菌

株的生长而言, 培养温度的影响明显低于 *Hypocrea* sp. SP-4, 因为不管是 28℃还是 13℃, 该菌生长都比较迅速, 即使在加有杀菌剂的条件下也是如此, 尽管在 13℃条件下的生长速度比 28℃稍微缓慢些。因此, 对于 *R. stolonifer* SP-1 的防治而言, 仅依靠降低培养温度是不够的; 对于 *Hypocrea* sp. SP-4 而言, 可以采取低温贮藏的方式抑制该菌对甘薯的腐烂作用。在鲜薯入库后, 维持适当的低温有助于甘薯块根的贮藏, 因为在低温条件下, 不同微生物的生长会受到不同程度的抑制, 甘薯的呼吸作用也有所下降, 能够减少淀粉的分解<sup>[17,18]</sup>, 因此, 甘薯的储藏温度常维持在 10~15℃。

实验结果表明, 虽然杀菌剂对微生物侵染甘薯块根有一定的防治效果, 但甘薯块根的完整性更加重要, 然而在甘薯的收获和搬运的过程中, 甘薯块根不可避免地产生一些小伤口, 因此在甘薯块根贮藏前进行预处理, 使伤口尽快愈合具有重要意义。使甘薯块根伤口快速愈合的方法主要是高温(35℃)处理。高温处理后, 甘薯块根会形成愈伤组织, 甘薯块根有伤口的地方, 伤口外鼓, 颜色发黄, 有弹性, 象一层软木一样, 把伤口封住, 这层就是保护薯块的木栓层, 也就是愈伤组织通过在伤口处形成与表皮一样具有保护作用的愈伤组织, 切断微生物进入甘薯的途径。

本研究只选取了‘徐薯-18’进行了上述两种致病真菌和两种杀菌剂的实验, 很显然, 选取更多的甘薯品种、致病真菌和杀菌剂进行更加深入的实验是必须的, 进一步的研究仍在进行中。

### 参考文献

- [1] 李顺鹏, 沈标, 樊庆笙. 沼气发酵液对甘薯软腐病病菌的抑菌机制研究[J]. 中国沼气, 1991, 9(3): 6-9.
- [2] 林冬枝, 董彦君, 续荣治. 麦冬块根提取物对 3 种植物病原菌抑菌活性的初步研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(9): 4187-4188.
- [3] Bonaterra A, Mari M, Casalini L, et al. Biological control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in postharvest of stone fruit by *Pantoea agglomerans* EPS125 and putative mechanisms of antagonism[J]. Food Microbiology, 2003, 84: 93-104.
- [4] Guerra-Sánchez M G, Vega-Pérez J, Velázquez-del Valle M G, et al. Antifungal activity and release of compounds on *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. by effect of chitosan with different molecular weights[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2009, 93: 18-22.
- [5] Oba K, Tatematsu H, Yamashita K, et al. Induction of Furan-terpene production and formation of the enzyme system from mevalonate to isopentenyl Pyrophosphate in sweet potato root tissue injured by *Ceratocystis fimbriata* and by toxic chemicals[J]. Plant Physiol, 1976, 58: 51-56.
- [6] Okumura K, Hyodo H, Kato M, et al. Ethylene biosynthesis in sweet

- potato root tissue infected by black rot fungus (*Ceratocystis fimbriata*)[J]. *Postharvest Biology and Technology*,1999,17:117-125.
- [7] Uritani I, Hoshiya. Phytopathological chemistry of the black-rotted sweet potato. Part VI. Isolation of coumarin substance from sweet potato and their physiology[J]. *Agricultural and Biological Chemistry*,1953,27:64-161.
- [8] 钟丽娟,赵新海,张庆华,等.甘薯软腐病菌的分离鉴定及室内抑菌试验[J].*山东农业科学*,2009,7:87-88,108.
- [9] Hernandez-Lauzardo A N, Bautista-Banos S, Velazquez-del Valle M G, et al. Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill[J]. *Carbohydrate Polymers*,2008,541-547.
- [10] Ray R C., Ravi V. Post Harvest spoilage of sweetpotato in tropics and control measures[J]. *Food Science and Nutrition*,2005,45: 623-644.
- [11] 段鹏,张义正,谭雪梅.甘薯块根腐烂真菌的分离和鉴定.应用与环境生物学报.(已接收)
- [12] Liou G Y ,Chen S R,Wei Y H, et al. Polyphasic approach to the taxonomy of the *Rhizopus stolonifer* group[J]. *Mycological Research* III,2007,196-203.
- [13] 文成敬,陶家凤,陈文瑞.中国西南地区木霉属分类研究[J].*真菌学报*,1993,12(2):118-130.
- [14] 刘培贵,土居祥兑,王向华,等.中国的肉座菌科Ⅲ.肉座菌属的菌生种[J].*菌物系统*.2000,19(3):317-327.
- [15] 彭昌家.甘薯防腐杀菌剂防治甘薯贮藏期病害试验[J].*植物医生*,2001,14(5):43.
- [16] 杨秀娟,陈福如,张联顺.防治贮存期甘薯黑斑病的药剂筛选[J].*植物保护*,2000,26(5):38-39.
- [17] 孔凡彬,高扬帆,陈锡岭,等. 19种药剂对玉米弯孢叶斑病菌的室内抑菌实验[J].*河南科技学院学报*,2005,33(4):63-64.
- [18] 叶乃器.环境因素影响甘薯贮藏的生理生化变化[J].*重庆师范学院学报(自然科学版)*,1987,(1):9-20.