

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201405046

冯世鑫,莫长明,唐其,等. 枯草芽孢杆菌肥在罗汉果上应用的效应分析[J]. 广西植物, 2015, 35(6):807—811

Feng SX, Mo CM, Tang Q, et al. Effects of the bio-fertilizer of *Bacillus subtilis* on the application of *Siraitia grosvenorii*[J]. *Guihaia*, 2015, 35(6): 807—811

# 枯草芽孢杆菌肥在罗汉果上应用的效应分析

冯世鑫<sup>1</sup>, 莫长明<sup>1</sup>, 唐其<sup>1</sup>, 潘丽梅<sup>1</sup>, 白隆华<sup>1</sup>, 马小军<sup>2\*</sup>

(1. 广西药用植物园, 南宁 530023; 2. 中国医学科学院 药用植物研究所, 北京 100093)

**摘要:** 以罗汉果永青 2 号品种为材料, 在连作 6 a 罗汉果的地块上, 用地膜覆盖和区间隔离的方法, 施入不同浓度的枯草芽孢杆菌肥, 观察土壤微生物数量、罗汉果叶绿素量、白绢病发生率、产量及皂苷 V 的变化, 研究枯草芽孢杆菌肥对多年种植罗汉果地块的土壤微生物, 植株生长和品质的影响。结果表明: 枯草芽孢杆菌肥明显提高 0~20 cm 土壤微生物的数量, 尤其是细菌数量和放线菌明显高于对照; 而引发植株发病的真菌数量显著减少, 最多能减少 13.8%。提高罗汉果植株叶片叶绿素含量, 促进叶绿素 a、叶绿素 b 的形成, 有利光合作用积累, 同时, 能增加叶绿素 c 含量, 提高植株抗逆性; 能抑制或降低白绢病病菌感染, 减少白绢病发生。罗汉果果实产量得到明显提高, 最大提高 17.5%, 同时, 大中果比率提高 7.5%, 优化了罗汉果商品的物理性状; 能改善罗汉果品质, 提高其内含物的含量, 果实中的主效成份皂苷 V 含量达到 1.33%, 显著高于对照。该研究结果为罗汉果产区使用枯草芽孢杆菌肥连续种植罗汉果提供了依据。

**关键词:** 罗汉果; 枯草芽孢杆菌; 土壤微生物数量; 产量; 品质

**中图分类号:** Q949.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2015)06-0807-05

## Effects of the bio-fertilizer of *Bacillus subtilis* on the application of *Siraitia grosvenorii*

FENG Shi-Xin<sup>1</sup>, MO Chang-Ming<sup>1</sup>, TANG Qi<sup>1</sup>, PAN Li-Mei<sup>1</sup>,  
BAI Long-Hua<sup>1</sup>, MA Xiao-Jun<sup>2\*</sup>(1. *Guangxi Branch Garden of Medicinal Plant*, Nanning 530023, China; 2. *Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College*, Beijing 100093, China)

**Abstract:** To explore the effects of bio-fertilizer of *Bacillus subtilis* on its soil microbial growth and quality, we investigated the soil microbial number, chlorophyll content, incidence of southern blight, production and the change of mogroside V in the fruits after treating in different concentrations of bio-fertilizer of *B. subtilis*, in six years of continuous cropping fields, With film-mulching and zone-isolation methods, using *Siraitia grosvenorii* Yongqing-2 varieties as an experimental materials. The results showed that microbial number significantly improved in the soil below 0—20 cm of the surface after applying the bio-fertilizer of *Bacillus subtilis*. The number of bacteria and actinomyces significantly increased, while Fungi that caused plant disease significantly reduced to 86.2. Chlorophyll a and chlorophyll b synthesis was promoted and the accumulation of photosynthesis products increased, while the content of chlorophyll c increased improving plant resistance. The ratio of southern blight decreased while fruit production increased by 17.5%. Fruit level increased up to 7.5% improving for better sale. The inherent quality sublimated that

收稿日期: 2014-12-05 修回日期: 2015-03-27

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BA101B03); 广西农业科技成果转化项目(桂科转 1123013-12); 广西自然科学基金(2012jjAA30044); 广西重大专项计划项目(桂科重 1298001-2-2)。

作者简介: 冯世鑫(1966-), 男(壮族), 广西横县人, 副研究员, 从事药用植物繁育与栽培研究, (E-mail)shixin1996@126.com。

\*通讯作者: 马小军, 博士, 研究员, 研究方向为药用植物生物技术, (E-mail)xjma@public.bta.net.cn。

main-effect components mogrosides V reached 1.33%. This would provide evidence that *Siraitia grosvenorii* growing areas can use bio-fertilizer of *Bacillus subtilis* to increase the yield and quality.

**Key words:** *Siraitia grosvenorii*; *Bacillus subtilis* fertilizer; soil microbial; yield; quality

罗汉果(*Siraitia grosvenorii*)的主效成分皂苷V为非糖甜味物质,甜度是蔗糖的300~400倍,成为具有保健功效的天然甜味剂,可供糖尿病人食用,畅销东南亚和欧美国家(Jia *et al.*, 2009)。罗汉果连年种植容易引发根线虫和白绢病(彭浩民等, 2011)。在生产上大量使用苯线磷和退菌物等药剂来防治,而化学防治毒性大、农残多,对罗汉果卫生质量造成了威胁。目前生物防治成为现代农业的研究热点,有效菌株的筛选和复配是生物防治的关键。枯草芽孢杆菌肥又称116生物肥,是以枯草芽孢杆菌为主要原料,配以微量元素的复合而成的肥料。枯草芽孢杆菌对大头菜、萝卜、小麦、水稻等不但有促进生长(蔡学清等, 2005),而且能够抑制病原菌生长,诱发植物自身抗病机制,增强抗病性(李德全等, 2008),但应用于罗汉果方面的研究尚未见有报道。本研究使用不同浓度枯草芽孢杆菌肥,研究其对罗汉果的土壤微生物、白绢病发生、生长、产量及品质的影响,为罗汉果的生态种植提供了依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

枯草芽孢杆菌肥由北京兴农宝生物科技服务中心提供,含枯草芽孢杆菌有效菌数每1 mL $\geq 2 \times 10^8$ 个。供试品种为广西药用植物园培育的罗汉果新品种“永青2号”组培苗。

### 1.2 试验条件

试验地点为广西融安县雅瑶乡黄金村。土壤肥力:有机质 $1.82 \times 10^4$  mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,全氮67.40 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,全磷496.00 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,全钾 $5.62 \times 10^3$  mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,碱解氮54.3 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,速效磷61.40 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,速效钾43.3 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ 。该地块已连续6年种植罗汉果。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设4个浓度处理和空白对照。处理1(T<sub>1</sub>)2.50 mL $\cdot$ L $^{-1}$ ,处理2(T<sub>2</sub>)1.67 mL $\cdot$ L $^{-1}$ ,处理3(T<sub>3</sub>)1.25 mL $\cdot$ L $^{-1}$ ,处理4(T<sub>4</sub>)1.00 mL $\cdot$ L $^{-1}$ 和处理5(CK)为清水。小区面积为27 m $^2$ ,3次重复。

1.3.2 小区设置和种植 小区间插入40 cm深的塑料板隔离,地表面用黑色地膜覆盖。于4月18日种

植。种植株行距为1.8 m $\times$ 2.5 m。田间管理一致。

1.3.3 处理方法 采用灌根和叶面喷雾同步进行,在种植后20、40和60 d各处理一次,用量:灌根首次每株为500 mL,第二次每株为800 mL,第三次每株为1 000 mL。喷雾至叶面湿润或滴液。

1.3.4 性状调查 在6月、8月和10月的中旬,分别进行白绢病调查和叶绿素含量测定;11月下旬,测定土壤微生物含量。在果实全部采收后,统计大中果率、产量;抽样测定甜苷V和总糖含量。

1.3.5 测定方法 (1)光合色素含量测定:每处理选取成熟的一级至二级蔓的叶片10片,于上午8:00前取样,置于箱底放有冰袋且上覆盖有湿纱布的泡沫箱子中,用透明胶密封,带回实验室。分别用打孔器取1 cm的小圆片,用80%丙酮提取,参照李合生(2000)方法,测定提取液在波长662、644、和440 nm下的光密度值,按公式计算出叶绿素a(Chla)、叶绿素b(Chl b)和类胡萝卜素的含量。

(2)土壤微生物测定:取0~20 cm剖面土壤,混合,采用稀释平板计数法,测算细菌、真菌和放线菌数量。其中细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基培养;真菌采用马铃薯蔗糖琼脂培养基培养;放线菌采用高氏一号培养基培养。计算方法:

每克干土中的菌数=同一稀释几次重复的菌落平均数 $\times$ 稀释倍数 $\times$ 10。

(3)罗汉果白绢病调查(按病情分级统计):0级为主根、茎基生长正常,无白色菌丝体;1级为主根或茎基有少量白色菌丝,面积小于5%;2级为主根或茎基有白色菌丝,面积大于5%;3级为主根或茎基有较多的白色菌丝,且有出现少量的黄褐至棕褐色圆形粒状小菌核;4级为主根或茎基黄褐至棕褐色的小菌核增多,植株出现萎蔫,甚至死亡。计算公式如下:

病情指数 =  $\frac{\sum(\text{各级病数} \times \text{代表数})}{(\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值})} \times 100$

相对防效 =  $\frac{(\text{对照病指数} - \text{处理病指数})}{\text{对照病指数}} \times 100$

(4)果实产量与分级测定:果柄变黄时采收,置室内摊晾7~10 d,果皮微黄时烘烤,烘烤温度参照先短暂高温,后中温,再低温的方法(卢凤来等, 2009),定高温(70 $^{\circ}$ C)24 h,中温(60 $^{\circ}$ C)72 h,低温

(50 ℃)48 h 的加工温度烘干。统计全株产量。按照 NY/T694-2003 方法进行果实大小分级。

(5)含量测定:甜苷 V 参照中国药典 2010 版中 HPLC 法进行;总糖参照 NY/T694-2003 方法测定。

1.2.6 统计分析 数据用 Excel 2003 和 DPSv 7.05 软件进行统计分析,采用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 枯草芽孢杆菌肥对土壤微生物量的影响

经对 0~20 cm 剖面根际土壤(干土)菌群数量检测,结果显示四种浓度处理的细菌、放线菌数量明显高于 CK,而真菌却少于对照,具有随着浓度增加越来越显著的趋势。CK 的细菌数量为  $1.23 \times 10^7$  CFU · g<sup>-1</sup>,真菌数量为  $7.62 \times 10^4$  CFU · g<sup>-1</sup>,放线菌数量为  $8.9 \times 10^5$  CFU · g<sup>-1</sup>,而 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 四种不同浓度处理的细菌数量分别比对照增加 79.6%、78.4%、66.8%、43.2%;真菌数量减少 8.6%、13.8%、9.4%、5.2%;放线菌增加 18.6%、24.2%、19.3%、10.4%。连作由于根系的代谢产物的积累,为真菌类病害提供生长繁殖环境,促使其数量增多,致使土传病害加剧。放线菌、细菌数量多的细菌型土壤,是提高土壤肥力的重要标志,真菌富集的真菌型土壤是土壤衰竭的标志。是引发根部病害的主要原因。枯草芽孢杆菌肥通过土壤微生物量调节,起到对罗汉果连作地土壤改良的作用。

### 2.2 对罗汉果叶片中叶绿素含量的影响

叶绿素包括叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素 c,是植物对光能吸收传递的重要物质,在一定范围内,光合速率随着叶绿素含量的增加而升高。直接影响到光合产物的合成和积累。

在试验条件下,“菌肥”对叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素 c 的增多均有不同程度的促进作用,但增加的幅度与浓度有关。“菌肥”对叶绿素 a 增加,有随着浓度的升高而增多的趋势,在 6 月、8 月和 10 月三个时期中,均以处理 T<sub>1</sub> 较好。按含量高低排序基本为 T<sub>1</sub> > T<sub>2</sub> > T<sub>3</sub> > T<sub>4</sub> > T<sub>5</sub>,各处理叶绿素 a 含量均显著高于 CK。对于叶绿素 b,在 3 个时期,各处理的含量均比 CK 高,处理间也有随着浓度的升高而增多的趋势,但差异显著性在不同时期表现不同。在 6 月处理间显著差异,到 8 月和 10 月,处理间虽有一定程度的差异,但差异不显著。说明“菌

肥”对叶绿素 b 含量的形成有促进作用,但还会受到其他(如水分、光等)因素的制约。

在对类胡萝卜素 c 含量检测中发现,在 6 月含量低,除 T<sub>1</sub> 处理外,其他处理与 CK 差异不显著。而在 8 月和 10 月含量明显增加,4 个处理的类胡萝卜素 c 含量均显著高于 CK。尤其是浓度较高的处理更为明显。类胡萝卜素 c 具有保护叶绿素的作用,保障叶绿素 a 和叶绿素 b 功能的正常发挥。在罗汉果生长期中,8—10 月为高温、强光照季节,不利于生长,类胡萝卜素 c 的增加起到保护叶绿素 a 和 b 的作用。体现了“菌肥”能在逆境下提高罗汉果抗逆性的作用(表 1)。

### 2.3 对白绢病发生的影响

罗汉果白绢病为根部病害,常发生于 8—10 月,引发烂根而死亡,此时正值果实膨大、充实时期,损失严重。“菌肥”对罗汉果白绢病的发生有抑制作用,防治效果与使用浓度有关(表 2)。从表 2 可以看出,以 T<sub>2</sub> 处理较好,其最高发病率只有 5.6%,为同期对照处理的 1/3,相对防效达到 85.7%,显著高于其他处理。高浓度的 T<sub>1</sub> 和低浓度的 T<sub>4</sub> 发病率及其相对防效,虽均优于对照,但都低于中等浓度的 T<sub>2</sub> 处理和 T<sub>3</sub> 处理,反映出浓度过高或过低都会影响“菌肥”对罗汉果白绢病的防治效果。

### 2.4 “菌肥”对罗汉果产量和品质的影响

传统的罗汉果销售是以个大、质重为优(NY/T 694-2003)。“菌肥”对罗汉果产量和大果比率的提高有促进作用,有随着处理浓度的升高而增加的趋势。以 T<sub>2</sub> 处理较好,比对照分别提高 24.4%、7.5%;T<sub>1</sub> 次之,T<sub>1</sub> 显著高于 T<sub>3</sub>,T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理差异不显著。对果实品质检测表明:经“菌肥”处理的罗汉果皂苷 V 含量均显著高于对照(P < 0.05)。以 T<sub>2</sub> 最为明显,其次为 T<sub>1</sub>,T<sub>1</sub> 高于 T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub>,说明“菌肥”处理对罗汉果皂苷 V 的形成有促进作用,作用效果因浓度的不同而异,浓度较高的处理优于低浓度的。各处理总糖含量与皂苷 V 不同,有低浓度处理比高浓度处理高的趋势。以 T<sub>3</sub> 处理最高,显著高于其他处理,其次是 T<sub>1</sub> 和 T<sub>4</sub>,两者均显著高于对照,总糖含量最低为 T<sub>2</sub>。在各处理的中皂苷 V 和总糖含量数值可看出:有皂苷 V 高则总糖低的趋势,造成这种原因可能与糖-苷间物质转化有关(表 3)。

## 3 讨论

土壤放线菌一些种能产生抗生素、酶及酶抑制

表 1 枯草芽孢杆菌肥对罗汉果叶片生长和叶绿素含量的影响

Table 1 Effects of the bio-fertilizer of *Bacillus subtilis* on the leaf growth and content of chlorophyll in *Siraitia grosvenorii*

处理 Treatment	叶绿素 a Chlorophyll a (mg · L <sup>-1</sup> )			叶绿素 b Chlorophyll b (mg · L <sup>-1</sup> )			类胡萝卜素 c Carotenoids c (mg · L <sup>-1</sup> )		
	6 月 June	8 月 August	10 月 October	6 月 June	8 月 August	10 月 October	6 月 June	8 月 August	10 月 October
	T <sub>1</sub>	1.59a	1.89a	1.79a	0.45a	0.50a	0.47a	0.34a	0.76a
T <sub>2</sub>	1.55ab	1.88b	1.75a	0.40b	0.48ab	0.48a	0.33ab	0.76a	0.64a
T <sub>3</sub>	1.55ab	1.71c	1.72b	0.41b	0.48ab	0.45a	0.32ab	0.67b	0.60a
T <sub>4</sub>	1.51b	1.67c	1.67b	0.35c	0.45b	0.45a	0.31ab	0.63b	0.52b
CK	1.41c	1.53d	1.46c	0.32c	0.38c	0.40b	0.29b	0.57c	0.45c

各处理的多重比较采用 Duncan 法; 同列中不同的小写字母表示在 5% 的水平下差异显著(下同)。

表 2 枯草芽孢杆菌肥对罗汉果白绢病发生的影响

Table 2 Effects of the bio-fertilizer of *Bacillus subtilis* on the occurrence of southern blight

处理 Treatment	发病率 Disease incidence (%)			发病指数 Onset index of disease (%)			相对防效 Relative efficacy of control (%)		
	6 月 June	8 月 August	10 月 October	6 月 June	8 月 August	10 月 October	6 月 June	8 月 August	10 月 October
	T <sub>1</sub>	0	5.6	11.1	0	1.38	66.7	0	66.8
T <sub>2</sub>	0	0	5.6	0	0	22.2	0	100	85.7
T <sub>3</sub>	0	0	5.6	0	0	44.4	0	100	71.4
T <sub>4</sub>	0	5.6	11.1	0	1.38	88.9	0	66.8	42.9
CK	0	11.1	16.7	0	4.16	155.6	0	—	—

表 3 枯草芽孢杆菌肥对罗汉果产量(个/株)和品质的影响

Table 3 Effects of the bio-fertilizer of *Bacillus subtilis* on the fruit yield (per plant) and quality of *Siraitia grosvenorii*

处理 Treatment	果实产量 Fruit yield	大中果比率 Ratio of large and middle fruit (%)	皂苷 V 含量 Content of mogrosides V (%)	总糖含量 Content of total sugar (%)
T <sub>1</sub>	89.67± 3.33 b	72.96± 1.67 a	1.25± 0.07 a	21.36± 0.56 b
T <sub>2</sub>	93.67± 5.33 a	74.83± 1.67 a	1.33± 0.04 a	17.77± 0.17c
T <sub>3</sub>	87.33± 1.67 c	71.83± 1.13 b	1.15± 0.02 b	27.06± 0.15 a
T <sub>4</sub>	84.67± 2.33 c	69.67± 1.67 b	1.09± 0.03 bc	20.40± 0.62 b
CK	79.67± 1.67 d	67.37± 1.67 c	1.03± 0.03 c	18.67± 0.47d

物质,对土传病如枯萎病、疫霉病有抑制作用(李意坚等,2012)。保护地栽培和大田经济作物种植已经成为中国发展特色农业的主体部分,连作及盲目使用化肥、农药,造成土壤生态环境恶化并带来严重的食品安全问题(杨兴明等,2008),成为农业可持续发展的限制瓶颈(杨树生等,2007)。

在农业生态系统中,有益的土壤微生物不仅可以调节植物生长发育、抑制病原微生物的生长,而且可以促进营养元素转化、土壤肥力的保持及能量转化和物质循环(Salies *et al.*, 2004)。

如何筛选有效菌株,生产出稳定剂型,是有效利用微生物的关键。枯草芽孢杆菌肥能改变多年连作的罗汉果土壤微生物菌群密度和组成,有效地促进细菌和放线菌增多,减少真菌数量,促使土壤向细菌型发展,改善土壤生态环境。抑制罗汉果白绢病菌的生长,达到对罗汉果白绢病的防治作用,这种作用在鱼腥草和茉莉花上(杨义等,2011)也得到证实。

叶绿素是决定植物光合能力和干物质积累量(Ghosh *et al.*, 2004)的重要因素之一。枯草芽孢杆菌肥能提高罗汉果叶绿素 a 和叶绿素 b 含量,在逆境下诱导叶绿素 c 含量增加,保证光合作用顺利进行,提高罗汉果对高温的抗逆性。蔡学清等(2005)的研究表明,枯草芽孢杆菌提高植物体内 SOD、DOP 和 CAT 等多种酶的活性,不仅提高植物抵抗逆境的胁迫,也保障了叶绿素形成过程中酶催化能力,光合作用的正常化是其产量和质量得以提高的主要原因。枯草芽孢杆菌可能是通过在植物根际大量繁殖,占据了病原菌的繁殖空间,消耗了病原菌的食源(养分),(李金鞠等,2011),分泌抗菌物质如抗菌蛋白(洪永聪等,2006),达到抑制白绢病原菌繁殖的目的。

枯草芽孢杆菌肥是依靠枯草芽孢杆菌大量快速繁殖,形成菌群优势而发挥作用,受环境因素的影响

较大,罗汉果枝叶繁多,上棚结果后几乎覆盖地面,阴凉湿润的环境为枯草芽孢杆菌的繁殖提供条件,从而效果显著。在其他作物应用时,应注意环境因素的影响。

传统的农家肥是由粪便、厩肥或农作物秸秆等堆制而成。因其微生物含量少,与有害微生物共存,肥效差,安全性差而影响效能。生物菌肥含有大量的有益微生物,对改善土壤的理化性状,抑制有害微生物,促进作物生长更为明显;因其腐熟彻底,配以植物必需的微量元素,肥效快而全面;使用安全性高。推广应用枯草芽孢杆菌肥是保护环境,清洁田园,发展绿色农业的最佳选择。

## 参考文献:

Agriculture Industry Standards of People's Republic of China (中华人民共和国农业行业标准). 2003. *Siraitia grosvenorii* (罗汉果)[S]. 2(NY/T 694-2003)

Cai XC(蔡学清), He H(何红), Lin CP(林彩萍), et al. 2005. Effects of endophytic bacterial strain Bs-2 on rice seedling growth(内生枯草芽孢杆菌 Bs-2 对水稻苗生长效应)[J]. *J Fujian Agric For Univ; Nat Sci Ed* (福建农林大学学报·自然科学版), **34**(2): 189-194

Ghosh PK, Ajay, Bandyopadhyay KK, et al. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity[J]. *Biores Technol*, (95): 85-93

Hong YC(洪永聪), Lai YB(来玉宾), Ye WN(叶雯娜), et al. 2006. Mechanism of the control of tea grey blight disease by *Bacillus subtilis* strain TL2(枯草芽孢杆菌株 TL2 对茶叶轮纹斑病的机制)[J]. *J Tea Sci*(茶叶科学), **26**(4): 259-264

Jia Z, Yang X. 2009. A minor, sweet cucurbitane glycoside from *Siraitia grosvenorii* [J]. *Nat Prod Commun*, **4**(6): 769-772

Lu FL(卢凤来), Li DP(李典鹏), Liu JL(刘金磊), et al. 2009.

Chromatographic fingerprinting analysis on chemical compositions of *Siraitia grosvenorii* fruit with different drying treatments(不同干燥处理的罗汉果化学成分色谱指纹图谱分析)[J]. *Guangxi Agric Sci*(广西农业科学), **40**(6): 625-628

Li DQ(李德全), Chen ZY(陈志谊), Nin YF(聂亚锋). 2008. Antifungal substances produced by a high-yielding mutant of Bs-916 and their effects inducing-resistance on rice plant(生防菌 Bs-916 及高效突变菌株抗菌物质及其对水稻抗性诱导作用的研究)[J]. *Acta Phytopathol Sin*(植物病理学报), **38**(2): 192-198

Li HS(李合生). 2000. *Plant physiological and Biochemical Principles and Techniques* (植物生理生化实验原理和技术)[M]. Beijing(北京): Higher Education Press(高等教育出版社): 134

Peng HM(彭浩民), Cai ZX(蔡昭雄), Liao MY(廖莸焰), et al. 2011. Integrated control of main diseases and insect pests of field investigation of *Siraitia grosvenorii* in Xing'an County pests(兴安县罗汉果主要病虫害田间调查及综合防治)[J]. *Southern Garden* (南方园艺), **22**(4): 39-41

Salies JF, Van VJA, Vanelsas JD. 2004. Multivariate analyses of burkholderia species in soil: effect of crop and land use history [J]. *Environ Microbiol*, **70**(7): 4 012-4 020

State Pharmacopoeia Commission(国家药典委员会). 2010. *People's Republic of China Pharmacopoeis(first part)* (中华人民共和国药典一部)[M]. Beijing(北京): Chinese Medical Science and Technology Press(中国医药科技出版社): 197

Yang Y(杨义), Huang YL(黄永禄), Zhang XQ(张献强), et al. 2010. Control effects of *Bacillus subtilis* strain Bv22 on jasmine sclerotium blight(芽孢杆菌 Bv22 菌株对茉莉花白绢病防治效果试验)[J]. *Guangxi Agric Sci*(广西农业科学), (6): 46-48

Yang XM(杨兴明), Xu YC(徐阳春), Huang QW(黄启为), et al. 2008. Organic-like fertilizers and its relation to sustainable development of agriculture and protection of eco-environment(有机(类)肥料与农业可持续发展和生态环境保护)[J]. *Acta Pedologica Sin*(土壤学报), **45**(5): 925-932

Zhang SS(张树生), Yang XM(杨兴明), Mao ZS(茆泽圣), et al. 2007. Effects of sterilization on growth of cucumber plants and soil microflora in a continuous mono-cropping soil(连作土灭菌对黄瓜生长和土壤微生物区系的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **27**(5): 1 809-1 817

( 上接第 890 页 Continue from page 890 )

Yu LJ(于丽静), Dong HQ(董华强). 2007. Study on new extraction method of dihydrocharcone from *Lithocarpus polystachyus* Pehd(从多穗柯中提取二氢查耳酮的研究)[J]. *Food Ind*(食品工业), (3): 1-2

Yan XC(严贤春). 2003. Research to the development and utilization of natural sweeteners plant(天然甜味剂植物的开发利用研究)[J]. *Res & Dev Food*(食品研究与开发), **24**(1): 59-62

Zhang J(张俭), Zeng JY(曾军英), Tang M(唐铭). 2012. The effect of different extracts from *Lithocarpus polystachyus* Rehd on the activity of CAT and MDA in diabetic mice(多穗柯不同液相提取物对糖尿病小鼠 MDA/CAT 活性的影响)[J]. *Hubei Agric Sci*(湖北农业科学), **51**(2): 354-357

Zhang GL(张桂玲), Wen SM(温四民). 2006. The research progress of sweet plants(甜味植物研究进展)[J]. *Anhui Agric Sci*(安徽农业科学), **34**(18): 4 712-4 713

Zhang Y(张毅), Nin ZX(宁正祥), Dong HQ(董华强). 2011. Inhibitory potential of trilobatin from *Lithocarpus polystachyus* Rehd against key enzymes linked to type II diabetes and its antioxidant activity(多穗柯三叶苷的抑制糖尿病关键酶活性和抗氧化性)[J]. *Food Sci*(食品科学), **32**(5): 32-35

Zeng XY(曾祥艳), Chen JY(陈金艳), Liao JM(廖健明), et al. 2014. Effects of different planting densities on growth of young forest in *Lithocarpus polystachyus* Rehd(不同栽培密度对多穗柯幼林生长的影响)[J]. *Nonw For Res*(经济林研究), **32**(1): 113-116

Zeng XY(曾祥艳), Chen JY(陈金艳), Li JL(李建林), et al. 2011. The introduction study on *Camellia oleifera* var. *nhgean*(义安油茶引种初报)[J]. *Guangxi For Sci*(广西林业科学), **40**(4): 322-324