

大小成套,放置食品,尤其适宜野餐用;斗碟类,较餐篮小,长方形或椭圆形,边有一定高度,适宜餐桌上放刀叉、水果及鲜花;架类,放书或物品;篮、筐、篓类,粗细档次多种规格。

4 结语

近年来,藤产业迎来大好的发展时机。地方政府对藤的充分重视,为藤业注入了新的动力;“国际竹藤组织”于1997年在北京的正式成立,有力地推动了藤业的发展;而中国改革的深入和中国加入WTO为藤业提供了尽情发挥的机遇和空间。在外拉内推的作用下,我国的藤业蒸蒸日上,前景十分看好。

放飞思绪,忆峥嵘岁月,藤已静静地渗入到物质生产、深深地浸润到精神文化中;纵情遥望,看

绝代年华,藤产业将迈向新辉煌,藤文化将走向新明天!

参考文献

- 1 Corner E J H. The National History of Palm. London; Weidenfeld and Nicolson, 1966. 393
- 2 许煌灿,蔡则谟,尹光天,等. 棕榈藤利用的研究与进展. 林业科学研究, 2003, 16(4): 479~487
- 3 许煌灿,尹光天,曾炳山. 棕榈藤的研究. 广州: 广东科技出版社, 1994. 1~29
- 4 Uhl N W, Dransfield J. Genera Palmarum. Lawrence, Kansas: ALLEN Press. 233~278
- 5 蔡登谷. 森林文化初论. 世界林业研究, 2002, 15(1): 12~18
- 6 吴旦人. 竹业学基础. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1999. 13~66
- 7 王德林, 陈三阳, 许建初, 等. 云南棕榈藤资源及其可持续发展. 竺肇华主编. 中国热带地区竹藤发展, 2001. 107~125
- 8 许煌灿, 尹光天. 中国棕榈藤研究和发展. 世界林业研究, 1999, 12(5): 37~42
- 9 韩剑准. 海南省竹藤产业的现状与发展. 见: 竺肇华主编. 中国热带地区竹藤发展. 北京: 中国林业出版社, 2001. 12~19
- 10 Manokaran N. The state of the rattan and bamboo trade. RIC Occasional Paper, 1990, (7)

《世界林业研究》征订、征稿启事

《世界林业研究》是由中国林科院林业科技信息研究所主办的综合性学术期刊。本刊为双月刊。每期64页,全年定价48元。国内外统一发行,邮发代号:80-286。欢迎广大读者随时订阅。

本刊的宗旨是为林业部门决策提供科学依据,为全国各林业科研实体的研究人员、各高等林业院校的师生以及各林业企业的管理人员提供具有参考价值的文献和资料。设有“综述述评”、“专题论述”、“各国林业”、“问题探讨”、“林业动态”、“外刊摘编”和“统计资料”等栏目。主要报道世界各国在发展林业时所采取的政策法规、实施途径、成败经验、发展趋势以及林业热点问题的研究和探讨等内容。

来稿要求:

1. 论文字数控制在7000字以内,中文摘要附前,英文摘要(不少于2000个印刷字符)附后,并注明作者姓名、职称、工作单位(全称)、地址和邮政编码。

2. 论文所用计量单位一律为国际法定系列。文内各种引文必须脚注,所注主要参考文献最好不超出20篇。

3. 作者应将原稿和已录入原稿内容的软盘一并寄至本刊编辑部,或者通过电子邮件将稿件发至编辑部。

4. 如果在6个月后未通知用稿,作者可自行处理。

5. 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”。作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意将文章编入该数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

编辑部地址:北京万寿山后 中国林科院科信所《世界林业研究》编辑部

邮政编码:100091

电子信箱:sjlyyj@forestry.ac.cn

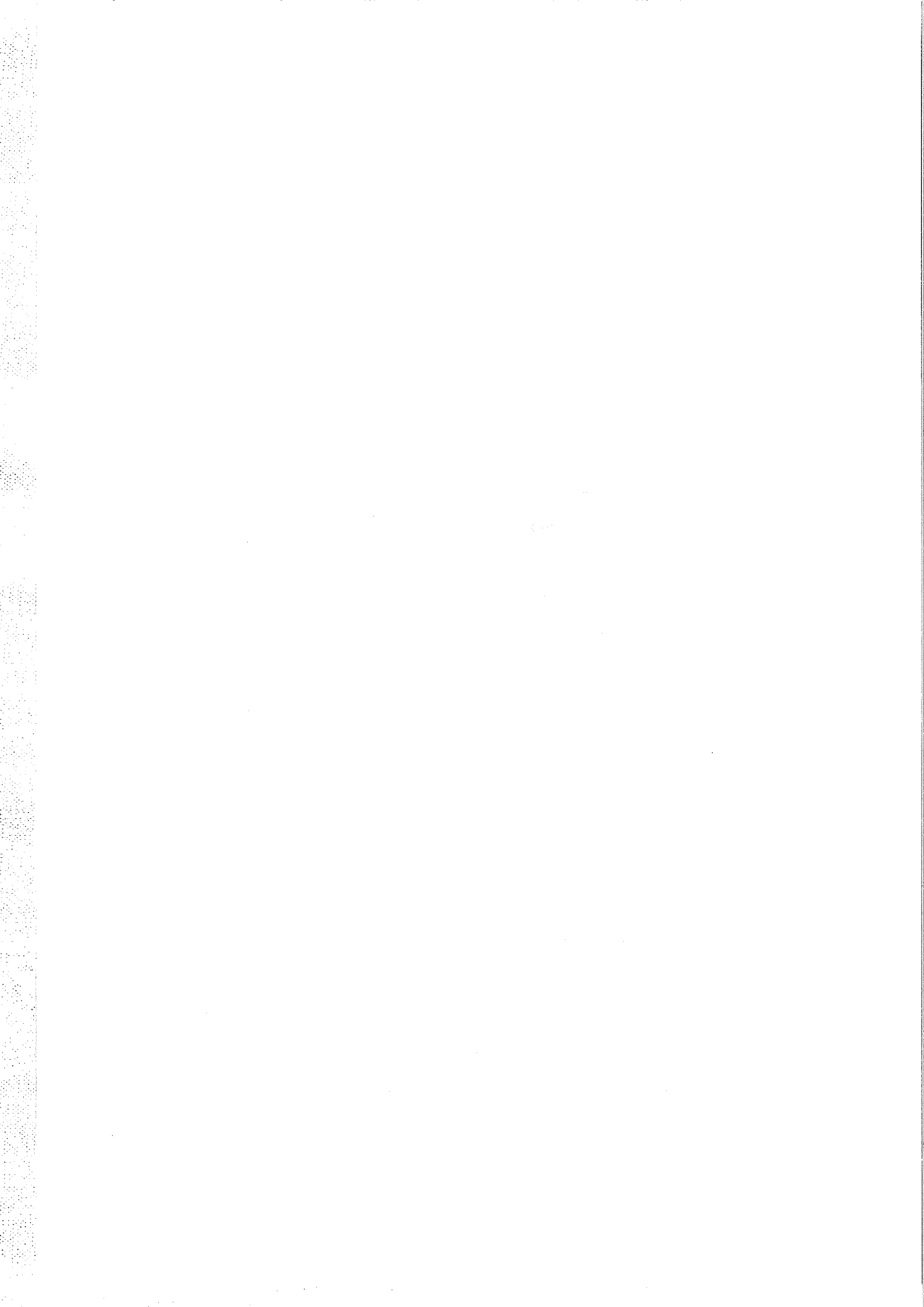
联系电话:(010)62889735

联系人:秦淑荣 刘丹

PART III:

Management of edible rattan plantations

1. Rattan cultivation for edible shoots production in southern China by *Huang Shineng, Zhao Xia, Xian Guangyong* et al.
2. Cultivation techniques of rattan for edible shoots production by *Zhao Xia, Huang Shineng, Xian Guangyong* et al.
3. Analysis and evaluation of nutritional components of *Daemonorops margaritae* shoots by *Zhao Xia, Huang Shineng, Xian Guangyong* et al.
4. Study on storage and preservation of *Daemonorops margaritae* shoots under low temperatures by *Zheng Yi*
5. Comparison of antioxidant activities of fresh shoots of *Daemonorops margaritae* (Hence) Beccari and four common stem vegetables by *Niu Guocai, Huang Xuemei, Huang Shineng* et al.
6. Effects of different storage temperatures on the main nutrient material of *Daemonorops margaritae* shoots by *Zheng Yi, Zhao Xia, Huang Xuemei* et al.
7. Physiological changes in fresh-cuts of *Daemonorops margaritae* shoots during storage at low temperature by *Zhang Jujun, Huang Shineng, Zhao Xia* et al.
8. A preliminary study on processing techniques for canned *Daemonorops margaritae* shoots by *Zhao Xia, Huang Shineng, Xian Guangyong* et al.
9. The effects of different storage temperatures on POD, PPO and CAT activities of *Daemonorops margaritae* shoots by *Zhao Xia, Zheng Yi, Huang Xuemei* et al.
10. Study on physiological and biochemical changes and preservation of fresh-cut *Daemonorops margaritae* shoots by *Zhang Junjun* (abstract of 86 pages Master's thesis)
11. Studies on the antioxidation activity of *Daemonorops margaritae* shoots by *Niu Guocai* (abstract of 48 pages Master's thesis)



Rattan cultivation for edible shoot production in southern China

Huang Shineng¹, Zhao Xia¹, Xian Guangyong¹, Li Rongsheng¹ and Jiang Zehui²

1. *Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Long Dong, Tianhe District, Guangzhou 510520, China*

Tel: (8620) 87028675/87034277/87032612

Fax: (8620) 87028675/87031622

Email: hsn@ritf.ac.cn

Website: www.ritf.ac.cn

2. *International Centre for Bamboo and Rattan (ICBR), Wangjing Area, Chaoyang District, Beijing 100102, China*

Tel: (8610) 64728877

Fax: (8610) 64722290

Website: www.icbr.ac.cn

Abstract Field studies were conducted in the Jiuwantan Forest Farm, Huadu District of Guangzhou City from June 2004 to March 2006 to evaluate the effects of planting spacings (0.5 x 0.5, 0.5 x 1.0 and 1.0 x 1.0 m) and different fertilizers (bio-fermented manure, NPK compound fertilizer and NPK mixed fertilizer) on the growth of *Daemonorops margaritae* grown under irrigation and full-light conditions for edible shoots production. The effects of application of different fertilizers on the mean height, length of stems and number of leaves of 30-month old seedlings were not statistically significant, but the planting spacings were ($P < 0.05$). The two trial plantations became harvestable 18 months after planting when about one-third of seedlings produced new shoots. Results obtained from a sample harvest 20 months after planting showed that the average number of new shoots (suckers) per plant was 1.8, the average lengths of stems and edible shoots (palm hearts) were 45.3 cm and 18.8 cm, respectively. The average fresh weights of defoliated stems and edible shoots were 182.2 g and 14.9 g, respectively. These results suggest that the productivity in the first harvest is rather low.

Keywords *Daemonorops margaritae*, rattan, cultivation, edible shoot, height, length of stem, weight

1 Introduction

1.2 The importance of rattan as a non-timber forest product (NTFP)

Rattan is a tremendously important non-timber forest product (NTFP). In many Asian countries it is second only to timber in economic importance. For instance in Thailand, it is reported that rattan exports are worth 80% of the timber exports (Abramovitz 1997). Trade in rattan has burgeoned into a multimillion-dollar industry. According to the International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), currently the global trade is worth US\$4 billion and domestic trade US\$2.5 million (INBAR 2007a).

1.2 Rattan industry in China

Rattan industry in China is comparatively well developed and a variety of high quality products are available and sold not only locally but exported also. The estimated value of five main rattan products in 2004 was US\$ 139 million. In the same year, China imported 57,382 tones of raw rattan materials, or 92% of the market demand, from countries of Southeast Asia and other surrounding countries such as Myanmar, Vietnam and Lao PDR (Li et al. 2005).

China is not rich in rattan resources in terms of stock and availability. For example, Hainan Island as the biggest supplier of domestic rattan canes in China can only produce 400 tones of canes per annum (Li et al. 2007). China's rattan industry has been highly depending on external resources. This has let the industry suffer dramatic changes in recent years. The State-own Nanhai Rattan Factory, the biggest rattan product manufacturer in China and probably in the world, went bankrupt in 2006 because of stiff competition from neighbouring small-scale private rattan workshops and raw material supply problems. The industry is thus experiencing some uncertainties. Policy options about how to best maintain the industry have been made, and cultivation of rattan resources becomes the first option (Li 2005).

1.3 Rattan cultivation and its economics in China

Cultivation of rattan for cane production in China dates back to the 1960s when research on techniques for rattan cultivation was just begun at the Research Institute of Tropical Forestry of the Chinese Academy of Forestry based on Hainan Island, one of the two rattan distribution and cane production centers of China. By 1980, 30,000 ha of forest were planted with 20 million seedlings on Hainan Island (Tan 1992). Small scale plantations were also established in Guangdong, Guangxi, Fujian and Yunnan provinces during the 1980s. However, all those plantations were not properly managed. In Guangxi and Guangdong most of the plantations had been replaced by other cash crops. No indication could yet be found as whether the management of those plantations can be considered as successful.

There was no large-scale rattan plantation programme implemented in China from the 1980s to 1990s. In contrast to the plantation development, research on rattan during this period looked very prosperous and a number of achievements were made.

Large scale cultivation of rattan in China was reborn on Hainan Island in 2000 when the Agency for Technical Cooperation (GTZ) of Germany and INBAR initiated a project entitled 'GTZ/INBAR Hainan Bamboo and Rattan Project.' With funding from GTZ and the provincial government of Hainan and technical assistance of INBAR, 9000-10,000 ha of rattan plantations were established under secondary natural forests (INBAR 2007b; Li et al. 2007). Meanwhile, a long-term programme to increase 80,000 ha of rattan plantations by 2015 was launched by the provincial government of Hainan (Wu 2002). It is interesting to note that, just like those plantations established before the 1980s, almost all the newly established plantations have not received any post-planting care except those jointly established by farmers, local forestry authorities and research institutions as demonstrations (Hong 2007). In some areas some rattan plantations and the secondary natural forests as well have been converted to rubber and pinang (*Areca catechu* L.) plantations (Hong 2007).

There have been no rattan plantation development programmes in other southern provinces of China since 2000 except Yunnan which had established 280 ha or so by 2006 (K. Wang, pers. com.). Moreover, a master plan for the development of bamboo and rattan industries in Yunnan has been formulated, which aims to establish 13,333 ha of rattan plantations by 2020 (K. Wang, pers. com.).

Now in year 2007 we see cultivation of rattan is highly valued than ever in China. Some surveys by researchers also demonstrate that cultivation of rattan is profitable (Xu et al. 2007). However, these surveys do not think about the cost of harvesting, the likely highest cost in cane production in plantation management. Our early field observations in Hainan showed that in general a male farmer could collect rattan canes from the wild worth US\$4-5 a day. This amount of income was just equal to or even less than the cost that we paid a farmer to collect the same quantity of canes for research purpose. Furthermore, our experience in harvest of rattan canes in the plantation in Guangxi indicated that the incomes from selling all the harvested canes, if we sold, could not meet the costs that we paid for the labours.

There remain many problems about the trade and cultivation of rattan worldwide, in other words, uncertainty about the future supply and demand, about the shifts in global rattan trade, about the economics of cultivation and yields, and so on. There are, thus, more questions rather than answers on the future of rattan (Sastry 2002).

1.4 Cultivation of rattans for shoots: an opportunity for rattan development in China

China does not produce high quality rattan canes, but houses a certain number of species that their tender shoots are edible. If we speak of the sustainable development of rattan sector in China, we should turn our attention to the shoot sub-sector, the most promising area for support of rattan development which has been proved in Thailand and Lao PDR. For example in north-eastern Thailand, people live nearby the forest have used rattan as food for many generations. They started to cultivate edible rattans in 1991, by the late 1999 it is estimated that at least 3000 ha of plantations were established (Evans & Sengdala 2002). At present, as the domestic markets of rattan shoots are expanding, planting of rattan is spreading rapidly. In Lao PDR, rattan plantations for edible shoot production are a dynamically growing subsector. Many fields begin producing saleable shoots only a year or so after planting and can then be harvested monthly for many years thereafter, offering a return that is competitive with rice production (Evans 2001). Dried rattan shoots are exported to Thailand and China as well as Asian communities in the USA and France. In mid-1999 a kilogram of dried shoots sold for about US\$5 in local currency in Vientiane markets and US\$50 or more in the USA (Evans & Sengdala 2002).

In some forest areas populated by ethnic tribal people in Yunnan and Hainan of China, shoots or stem tips of rattans have long been used as food. However, no attention was paid to the cultivation of rattans for shoot production prior to 2004 when two trial plantation sites were established in Guangdong Province with funding from the International Tropical Timber Organization (ITTO) and the Guangzhou Municipal

Forestry Bureau. In this paper, only some preliminary results obtained from one of the two trial sites 30 months after planting are reported.

2 Materials and methods

2.1 Study site

Established in June 2004, the study site is located at Yinlong Working Section of the Jiuwantan Forest Farm (113°23'39"E, 23°29'42"E) in Huadu District, Guangzhou City of China, one of the five demonstration bases of the International Tropical Timber Organization (ITTO) funded project "Capacity building for the development of a sustainable rattan sector in China based on plantation sources (PD 100/01 Rev. 3 (I))". The site covers about 1 ha and has a mean annual temperature of 21.8 °C and its average annual precipitation is 1753.9 mm with a mean relative humidity of 76%.

Before field studies were begun, the site was scatteredly planted with some unmanaged tropical fruits such as litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), longan (*Euphoria longan* Lour.), wampee (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) and papaya (*Carica papaya* L.) and some vegetables. With slightly acidic soil type and pH ranging from 5.7 to 6.2, the site produces a soil texture from sandy loam to sandy clay loam. Site preparation involved removal of all vegetation cover and big stones, complete soil cultivation (hand ploughing into a depth of 20-25 cm) and building of planting beds.

2.2 Species selection

Daemonorops margaritae (Hance) Beccari, the only clustering rattan species of *Daemonorops* found in China was selected as the test species because it is an edible rattan (Sunderland & Dransfield 2000; Wang 2002) and appears to be capable of producing much high shoot capacity per hectare per year. Experiments in Lundao Rattan Farm of Guangdong Province showed that, on an average, there were 56.8 stems per clump of 11-year old *D. margaritae* plantations spaced at 2 x 2.5 m (Xu 2000).

Commercial seeds collected in natural forests of Baisha County, Hainan Province were used to raise seedlings in the Forest Nursery of Baisha County's Forestry Bureau, another demonstration base of the aforementioned ITTO funded project. The seedlings were 14 months old when they were transported to the study site for plantation establishment.

2.3 Study design

Initially, three trials were planned: a spacing trial, an irrigation trial and a fertilization trial. However, the irrigation trial was terminated in August 2004 because seedlings in the non-irrigation plots tended to die from non-watering. Hence, this section only presents the experimental designs for the spacing trial and fertilization trial.

In both trials the field layout of the plantation consists of four blocks each with different treatments, planted in a randomized complete block design. Each plot is 100 m² (10 x 10 m) in area, with 4 x 5 rows in the center forming a 20-plant measurement sub-plot.

The three spacings used are 0.5 x 0.5, 0.5 x 1.0 and 1.0 x 1.0 m and the three fertilizers applied include a bio-fermented manure (fermented fowl dung, ~45% organic matter), an NPK compound fertilizer (15-15-15) and a mixture of urea (46% N), calcium superphosphate (14% P₂O₅) and potassium chloride (60% K₂O) fertilizers (hereafter refers to as NPK mixed fertilizer).

The amounts of fertilizer applied to a seedling in the fertilization trial were 1000 g of bio-fermented manure, 100 g of NPK compound fertilizer and 50 g of NPK mixed fertilizer.

The fertilization trial plantation was spaced at 1.0 x 1.0 m and the spacing trial plantation was fertilized with bio-fermented manure at a rate of 1000 g per seedling. Additional fertilization was done once a year while watering and weeding were carried out as needed.

2.4 Measurement and determination of harvestable seedlings

Assessments were carried out at 3-month intervals for the first year. Thereafter, measurement was carried out at 6-month intervals. Some or all of the following parameters were recorded: survival percentage, height of seedling (the highest point of the plant), number of leaves and length of stems from base to last exposed knee.

Regular field visits reveal that seedlings with a length of stems of 30-40 cm and had produced at least one new shoot are ready for harvesting. To assess the shoot production value, a sample harvest was taken in the non-measurement areas 20 months after planting. A total of 100 seedlings were sampled and the stem diameter including leaf sheaths at stem base, length of stems, fresh weight of stems including leaf sheaths and fresh weight and length of the edible part of shoots were recorded.

3 Results and discussion

3.1 Survival

Each of the trial plots recorded a 100% of survival of seedlings under irrigation and full sunlight conditions 9 months after planting. This indicates that *D. margaritae* can grow well under full sunlight given that irrigation becomes possible. From the fourth measurement carried out a year after planting, we found that a considerable number of seedlings were damaged by mice and a few by a kind of chafer larvae. The lowest survival percentage (88.3%) was found in the fertilization trial and the highest survival percentage (93.8%) in the spacing trial 30 months after planting (Tables 1 and 2). For the above mentioned reasons, we did not compare the differences in survival percentages of seedlings in different trial treatments as it remains difficult to determine if spacing and fertilization had effects on survival of seedlings.

3.2 Height, length of stems and number of leaves

The effects of application of different fertilizers on the mean height, length of stems and number of leaves of 30-month old seedlings were not statistically significant, but the planting spacings were (Tables 1 and 2).

Table 1, indicates that the difference was significant between the spacing of 1.0 x 1.0 m and 0.5 x 0.5 m. There was no difference between the spacing of 0.5 x 0.5 m and 0.5 x 1.0 m in all parameters measured. Planting with closer spacings produced greater height of seedlings and larger number of leaves.

Table 1: Mean survival percentage, height, length of stems and number of leaves of 30-month old seedlings in the spacing trial

Planting spacing (m)	Survival percentage (%)	Height (cm)	Length of stems (cm)	Number of leaves
0.5 x 0.5	90.0	172.7a*	44.9a	5.6a
0.5 x 1.0	93.8	173.4a	41.8ab	5.9ab
1.0 x 1.0	92.5	153.9b	37.6b	6.1b

* Means followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$).

The responses of 30-month old seedlings of *D. margaritae* to different fertilizers were not significantly different (Table 2). Seedlings fertilised with bio-fermented manure produced the longest stem which is the most important determinant in growing rattan for both cane and shoot production. Although further test remains necessary, the results may simplify fertilizer recommendations for *D. margaritae* in the study area or elsewhere with similar soil conditions. This at least seems more realistic than considering the use of chemical fertilizers in rural areas while planting rattans for edible shoot production.

Table 2: Mean survival percentage, height, length of stems and number of leaves of 30-month old seedlings in the fertilization trial

Fertilizer	Survival rate (%)	Height (cm)	Length of stems (cm)	Number of leaves
Bio-fermented manure	92.5	133.7	29.3	5.1
NPK compound fertilizer	88.8	133.4	26.4	5.3
NPK mixed fertilizer	86.3	145.2	23.0	5.7

3.3 Shoot production

Regular field observations showed that some seedlings started to produce new shoots (suckers) around 10 months after planting. At 18 months after planting, about one-third of seedlings had produced new shoots and their stems reached above 30 cm. This shows that the first harvest should be started one and a half years after planting.

Results from the simple harvest showed that an average of about two new shoots per plant could be expected while the seedlings are harvestable. The edible shoot accounted for 41.5% of the stem in terms of length. However, while all the inedible parts (sheaths, lignified parts of stem) were removed, only 8.2% of the stem is edible in terms of weight. These suggest that the productivity in the first harvest is rather low,

Table 3: Mean height, number of new shoots (suckers), length and fresh weight of defoliated stems and edible shoots (palm hearts) of 100 seedlings harvested at 20 months after planting

Height (cm)	Number of new shoots	Length (cm)		Fresh weight (g)	
		Defoliated stems	Edible shoots	Defoliated stems	Edible shoots
182.6±33.5	1.8±0.6	45.3±8.4	18.8±5.7	182.2±80.6	14.9±11.9

4 Discussion

This paper highlights our preliminary research on rattan cultivation for edible shoot production in southern China. It is the first attempt to explore a new way to better use rattan resources in the country and the market demand for rattan shoots remains unknown. Nevertheless, we have already seen some ethnic tribal people in Yunnan and Hainan have consumed rattan shoots for long as vegetables. There exists a potential for commercializing rattan shoot production in southern China, we hope that our research can lead to policy and other interventions that will make the rattan sector in China more viable, and that will help Chinese rattan growers minimize the risk of failure in the development of rattan plantation programs.

Acknowledgements

This work was done within the framework of the ITTO funded project "Capacity building for the development of a sustainable rattan sector in China based on plantation sources (PD 100/01 Rev. 3 (1))." The authors express their gratitude to both ITTO and the Guangzhou Municipal Forestry Bureau for their financial support and the leaders and technicians of Jiuwantan Forest Farm for their assistance during data collection and the whole field study period. Thanks also go to ITTO and CAF for offering the opportunity to participate in the conference.

Reference

- Abramovitz, J. 1997. 'Damage to nature now causing widespread "natural" disasters, economic hardship'. Worldwatch Institute News, Worldwatch Institute Internet Edition, 11 February, <http://www.worldwatch.org/node/1606>
- Evans, T & Sengdala, K. 2002. The adoption of rattan cultivation for edible shoot production in Lao PDR and Thailand – From non-timber forest product to cash crop. *Economic Botany*, 56 (2): 147-153.
- Evans, T. 2001. 'Development of rattan for edible shoots in the Lao People's Democratic Republic' in Perlis, A (ed) *Unasylva - No. 205 - Rattan*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- Hong, S. 2007. Report on the growth performance of rattan plantations in Baoting. *Tropical Forestry*, 35(2): .

International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), 2007a. 'Facts'. INBAR Internet Edition, <http://www.inbar.int/facts.htm>

International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), 2007b. 'Event-TC0702'. INBAR Internet Edition, <http://218.249.14.230/news/tc0702.htm>

Li, R., Yin, G., Yang, J. & Zou, W. 2007. Rattan sector in Hainan Island, China: a case study. *Journal of Forestry Research*, Vol. 18(2):153-156.

Li, Z., Xiao, J. & Chen, Y. 2005. Rattan and rattan products international trade analysis in China. *World Forestry Research*, 18(6): 54-57.

Sastry, C. 2002. 'Rattan in the twenty-first century-an outlook' in Dransfield, J., Tesoro, F. and Manokaran, N (eds) *Rattan - Current Issues and Prospects for Conservation and Sustainable Development*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.

Sunderland, T. & Dransfield, J. 2002. 'Species profile rattans' in Dransfield, J., Tesoro, F. & Manokaran, N (eds) *Rattan - Current Research Issues and Prospects for Conservation and Sustainable Development*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.

Tan, C. 1992. 'History of rattan cultivation' in Wan Razali Wan Mohd, J. Dransfield, N. Manokaran (eds) *A Guide to the Cultivation of Rattan*. FRIM. Malayan Forest Record No.35. 51-55.

Wang K., Chen, S., & Xu, J. 2002. *A Practical Guide to Rattans of Yunnan*. Yunnan Scientific Press, Kunming, China.

Wu, S. 2002. Thinking about issues in the development of rattan industry in Hainan. *Forestry Construction*, (5):23-26.

Xu, H., Yin, G., Zeng, B. & Fu, J. 2000. 'Cultivation methods for *Daemonorops margaritae*' in Xu, H.C., A.N. Rao, B.S. Zeng & G.T. Yin (eds) *Research on Rattans in China - Conservation, Cultivation, Distribution, Ecology, Growth, Phenology, Silviculture, Systematic Anatomy and Tissue Culture*. IPGRI-APO, Serdang, Malaysia.

Xu, J., Lin, Z., Cha, Z., Hua, Y. & Lin, Q. 2007. Analysis and evaluation of benefits of rattan artificial plantation in Hainan. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 5(2):394-395.

笋用棕榈藤的培育技术

赵霞¹ 黄世能¹ 冼光勇¹ 黄雪梅² 张君君¹

(1 中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520

2 华南农业大学园艺学院 广州 510642)

摘要: 藤笋是有待开发的新兴绿色森林蔬菜, 文章介绍了藤种选择、造林地选择、造林方式、经营管理、病虫害防治及藤笋利用等方面的技术, 为笋用棕榈藤的推广种植提供技术支持。

关键词: 藤笋, 棕榈藤, 培育技术

Cultivation Technology of Rattan for Edible Shoots Production

Zhao Xia¹, Huang Shineng¹, Xian Guangyong¹, Huang Xuemei², Zhang Junjun²

(1 Subtropical Institute, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520

2 Gardening College, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

Abstract: Rattan shoots is a kind of green forest vegetable. This paper introduced the cultivation technologies in terms of species selection, planting site selection, planting method, forest management, disease and pest control and shoot utilization, which can provide necessary technical support for the extending of rattan cultivation for the edible shoots production.

Key Words: shoots, rattan, cultivation technology

棕榈藤 (Rattan) 属棕榈科 (Palmae) 省藤亚科 (*Calamoideae*), 是热带和南亚热带重要的多用途经济植物^[1]。其藤茎由于良好的工艺性能而广泛用于家具、工艺品制作, 除此之外, 几乎所有的藤径嫩梢 (藤笋) 都可以食用^[2]。有资料记载, 在云南和海南省少数民族居住区, 当地人常在采收藤条时, 截取嫩梢部分当作常用蔬菜, 或特意采集茎尖做成特色菜肴招待贵宾^[3]。泰国和老挝等东南亚国家的山区居民历来也有食用藤笋的习惯^[4]。虽然棕榈藤嫩梢有很长的食用历史, 但大部分采自野生藤或是在收集藤条时顺便采收, 很少进行笋用棕榈藤的培育研究。

最早的笋用棕榈藤种植开始于泰国, 在20个世纪80年代, 泰国东北部的农民开始种植棕榈藤作为蔬菜, 除了自己食用外, 他们也拿出一部分到市场上出售来增加收入。由于种植藤笋的收入高于其他农作物, 藤笋种植得到了迅速的推广。据估计, 到1999年末, 藤笋的种植面积达到3000hm²^[4]。2000~2004年泰国皇家林业厅的科技人员在国际热带木材组织 (ITTO) 的资助下, 对食用棕榈藤的栽培、经营及加工做了系统的研究, 并把他们的成果通过发放

手册、培训等方法应用到农民的生产实践中, 现在食用棕榈藤的种植已经遍及泰国北部、东北部和中部, 此后老挝和印度也相继开展了食用棕榈藤的培育研究以及大面积商业性种植。2003年, 在ITTO和广州市林业局的资助下, 中国林业科学研究院热带林业研究所在广州和东莞相继开展了笋用棕榈藤的培育研究, 在笋用棕榈藤的种植方面取得了一些初步成果。

1 藤种的管理技术

1.1 藤种的选择

几乎所有的棕榈藤嫩梢都可以食用, 只是粗细不等, 味道各异。发展笋用棕榈藤种植最好选择萌蘖能力强的大藤种, 这样才能保证笋体粗壮, 产量高, 品质好。据此我们选择了我国特有的棕榈藤品种—黄藤 (*Daemonorops margaritae* (Hance) Becc.)。黄藤为有刺丛生攀缘大藤本, 植株长可达50cm, 带鞘茎粗3~5cm, 裸茎粗0.8~1.2cm, 原产我国广东东南部、海南东部至西部及广西西南部。另外据许煌灿等人测定, 黄藤嫩梢含有人体所需的多种营养成分, 可作蔬菜食用^[5]。

1.2 造林地选择

黄藤喜温暖湿润的气候, 年均气温19℃

*本文为ITTO资助项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设 (PD 100/01 Rev.3(I))”和广州市林业局资助项目“笋用棕榈藤高效培育技术试验与示范”的部分内容。



以上, 年降雨量 $\geq 1200\text{mm}$, 年干旱月数 ≤ 3 个月。笋用黄藤的种植一般选择土层深厚、土壤肥沃、排水良好的地块。为了方便采收和运输, 种植地最好选择地势平坦、交通方便的地方。黄藤的早期生长即能忍耐庇荫, 又需要充足的阳光, 因此在培育大苗的苗圃地间种可促进其生长和萌芽。

1.3 整地方式

整地方式采用全垦整地或水平带状整地法, 去除林地内的杂草、灌木和石头等杂物。整地后在太阳下暴晒2个星期以上, 撒施基肥。土肥混合均匀后起垄挖穴, 垄的规格为 $10\text{m} \times 1.5\text{m} \times 0.25\text{m}$, 2垄之间相距 1.0m , 可作为排水沟, 穴的规格以 $40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}$ 为宜。

1.4 造林模式

造林一般在雨季进行, 采用单株种植或双株丛栽方式。丛栽时, 2株相距 $20\sim 30\text{cm}$ 左右。覆土不可太厚, 以盖住营养苗的土球为宜。有研究表明, 栽植时苗木呈一定角度斜放, 可提早萌芽及增加萌芽芽数量, 栽植密度为 $1.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 或 $1.0\text{m} \times 3\text{m}$ 。

2 经营管理

2.1 苗木补植

黄藤苗种植1~2个月后, 调查成活率, 对死亡苗木及时补植。丛栽穴中保留1株苗木的, 不用再补植。

2.2 松土、除草

黄藤苗早期有很长的蹲苗期, 生长缓慢, 种植后要及时进行除草松土, 防止杂草压住苗木。每年至少在雨季过后和秋季各除草1次, 采用带状除草方式。3年后藤苗开始抽茎速生, 每年可只除草1次。

2.3 施肥盖土

施肥是加快藤苗生长, 促进萌芽的重要措施, 一般结合除草松土进行。肥料的种类主要有无机肥和有机肥2大类。施肥试验的结果表明, 肥料之间对生长的影响无显著差异, 但为了利于土壤理化性质的改良, 最好是2种肥料结合使用。施肥量根据种植地的土壤情况确定, 一般每株施尿素 $30\sim 50\text{g}$, 过磷酸钙 $100\sim 150\text{g}$, 氯化钾 $80\sim 100\text{g}$, 或者复合肥 $180\sim 200\text{g}$ 。采用穴

施或沟施法, 放肥后要及时盖土。

2.4 病虫害防治

黄藤具有较强的抗病虫害能力, 在笋用林培育过程中没有发现严重的病害。苗木生长早期会有蛴螬咬吃幼嫩的藤芯, 用20%甲基异硫磷乳油或50%辛硫磷乳油 250g , 加水 $1000\sim 1500\text{kg}$ 灌注植株基部的土壤防治蛴螬效果较好, 灌注深度以药液达到蛴螬活动的位置为度。

田鼠是黄藤幼林最主要的有害生物, 特别是种植后的前2年, 严重的可导致成批的苗木死亡。防治方法主要是清除林地杂草, 减少鼠类栖息地, 同时还可以诱杀灭鼠, 在被害植株的周围, 找出田鼠栖息的洞穴和经常出入的路径, 放上带有鼠药的饼干。对种在房屋附近的藤林, 要注意清理死鼠及防止家禽接近鼠药。

3 藤笋的采收

3.1 采收时间

在土壤较为肥沃的地方, 2年生苗木种植8个月后即可进行第1次采收, 此时约有30%的植株达到采收标准(植株高 $1.5\sim 2.0\text{m}$), 此后一年四季均可进行采收。

3.2 采收方法

挑选高 $1.5\sim 2.0\text{m}$ 、生长健壮的植株, 用长肢剪去掉枝叶, 从距地面 $3\sim 4\text{cm}$ 处剪下, 注意不要碰伤周围的萌芽苗。用砍刀剥去最外层的叶鞘并刮掉刺, 装入编织袋或筐中带回。为了便于携带, 茎上端 $3\sim 5\text{cm}$ 的幼嫩部分也最好去掉。

4 藤笋的利用

黄藤笋作为一种新兴的森林蔬菜, 味道独特, 甘中带苦。采回的藤茎剥去最里层的叶鞘, 取出可食用部分, 先用开水煮 $1\sim 3\text{min}$, 去掉涩、苦味, 然后炒肉或做汤。处理过的藤笋也可以做成罐头或笋干进行贮藏和运输。

除了直接食用外, 我们的研究还发现, 黄藤笋提取液的抗氧化活性非常高, 与保健蔬菜芦笋相当, 远远高于常见的竹笋、莴笋和茭白。如果能分离、纯化其有效成分作为天然抗氧化剂使用, 将开辟棕榈藤利用的新领域, 提高棕榈藤的综合利用率。



云南甜竹化学成分分析

史正军 辉朝茂 袁清泉
(西南林学院竹类研究所 云南 昆明 650224)

摘要: 对云南甜竹的9项化学组成进行分析, 结果表明: 云南甜竹的综纤维素、木素等细胞壁主要物质含量和一般木材接近, 灰分和各种抽出物含量介于木材和草类原料之间; 除综纤维素和灰分在秆高方向上表现出明显的递增分布规律外, 云南甜竹其它各化学成分在秆高方向上未呈现出明显的分布规律。从化学组成角度分析认为, 云南甜竹满足制浆造纸工业对原材料的要求, 可以作为发展竹浆产业的原料竹种, 值得在气候适宜的地区推广种植。

关键词: 竹子; 云南甜竹; 化学成分; 造纸

A Study on Chemical Composition of *Dendrocalamus brandisii* in Yunnan

Shi Zhengjun, Hui Chaomao, Yuan Qingquan
(Institute of Bamboos, Southwest Forestry College,
Kunming Yunnan China 650224)

Abstract: An experiment was carried out to study the chemical composition of *Dendrocalamus brandisii*. The results showed that the amount of the lignin and holocellulose contained in the *D. brandisii* stem was close to that in wood, the amount of ash and extractives was much more than that in wood and lower than that in grasses. Holocellulose and ash were distributed with an obvious increasing trend along the stem, but there was no such distribution trend for the other chemical compositions. With the analysis from the perspective of chemical composition, *D. brandisii* is a good fiber material for papermaking industry.

Key Words: bamboo, *Dendrocalamus brandisii*, chemical composition, papermaking

云南甜竹 (*Dendrocalamus brandisii*) , 属牡竹属大型丛生竹类, 为地下茎合轴丛生型, 主要分布于云南西部至南部地区及东南亚国家, 秆型高大, 秆高达15~20m, 直径达10~15cm以上, 生长快, 产量高, 是云南重要优质笋材两用大型丛生竹之一, 极具开发价值^[1,2]。截至目前, 国内对云南甜竹的研究仅局限于繁殖培育和笋用食品开发两个方面, 有关其理化性质和综合利用方面的研究鲜有报道。本文选取云南甜竹秆材为试材, 对其化学成分及其在竹秆中的分布规律进行初步研究, 以期对云南甜竹的综合开发利用提供科学依据。

• 基金项目: 云南省教育厅 (08C0092) ,
西南林学院大学生科技创新基金。

1 试验材料与方法

1.1 试样采集

试验用云南甜竹于2007年7月采自云南保山昌宁县, 该地地处滇西, 河流众多, 分属澜沧江和怒江2大水系, 属亚热带季风区, 干湿分明, 年均气温15℃, 年均降水量1259mm, 是甜龙竹分布最为集中和丰富的地区; 试验用的参比竹种毛竹、龙竹分别采于云南昭通地区和云南德宏地区。云南甜竹、龙竹、毛竹均选择无病虫害的3~5年生竹株, 各采伐2~3株, 按用材习惯去梢和侧枝后, 将竹秆均分为根部、中部和梢部3段, 每段从下端起截取包含2个节和3个节间的一段圆竹试材。

参考文献

- 1 许煌灿, 尹光天, 曾炳山. 棕榈藤的研究[M]. 广东科技出版社, 1994.
- 2 王慷林, 陈三阳, 许建初. 云南棕榈藤实用手册[M]. 云南科技出版社, 2002, 64-65.
- 3 杨锦昌, 蔡登谷, 尹光天, 等. 藤文化解析[J]. 世界林业研究, 2005, 18(4): 54-59.

- 4 Evans, T & Sengdala, K. The adoption of rattan cultivation for edible shoot production in Lao PDR and Thailand From non-timber forest product to cash crop. Economic Botany, 2002, 56 (2): 147-153.
- 5 许煌灿, 周再知, 尹光天. 藤茎嫩梢的营养成分分析[J]. 林业科学研究, 1991, 4(4): 459-461. ■



森林蔬菜黄藤笋的营养成分分析及评价

赵霞, 黄世能, 冼光勇, 李荣生

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东广州 510520)

摘要: 黄藤是我国特有的一种棕榈藤, 它的藤茎嫩梢(藤笋)很早就被原产地居民所食用。分析评价了黄藤笋的营养成分, 并与其他几类蔬菜进行了比较。结果显示, 黄藤笋中的蛋白质含量高达20.2%, 仅略低于绿叶类蔬菜(23.8%), 高于葱蒜类(13.89%)、瓜类(17.82%)、根菜类(12.98%)、薯芋类(11.41%)蔬菜。脂肪含量为0.221%, 低于上述几类蔬菜。黄藤笋中含有丰富的矿质元素, 其中钙含量最高(0.824%), 其次为磷和镁, 含量分别为0.547%和2780 mg/kg。黄藤笋中含有17种氨基酸, 总量为224.5 mg/g, 其中人体必需氨基酸8种, 占氨基酸总量的52.69%。采用氨基酸比值系数法对黄藤笋中的蛋白质营养价值进行了评价, 氨基酸比值系数分为75.23, 营养价值优于韭菜(69.80)、菠菜(66.77)和苋菜(61.88)等常见蔬菜。

关键词: 黄藤笋; 营养成分; 分析与评价

中图分类号: S647; S609.9 文献标志码: A 文章编号: 1003-8981(2007)01-0046-03

Analysis and Evaluation of Nutritional Components in *Daemonorops margaritae* Shoots

ZHAO Xia, HUANG Shi-neng, XIAN Guang-yong, LI Rong-sheng

(Research Institution of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, 510520, Guangdong, China)

Abstract: *Daemonorops margaritae* is an endemic kind of rattan in China. In this article, contents of main nutrition, amino acid and mineral elements in *Daemonorops margaritae* shoots were determined and evaluated. The results show that the content of protein is up to 20.2%, which is higher than allium vegetables (13.89%), gourd vegetables (17.82%), root vegetables (12.98%) and tuber crops (11.41%) and only lower than leaf vegetables (23.8%). The content of fat is 0.221%, which is lower than all of the vegetables. It is also rich in mineral elements, and the content of Ca is highest (0.824%) in them; the contents of P (0.547%) and Mg (2780 mg/kg) are the second place. There are 17 kinds of amino acid in it, and the content of the 8 kinds of essential amino acid is 118.3 mg/g, accounting for 52.69% of the total amino acids (224.5 mg/g). The score of ratio coefficient (SRC) of amino acid is 75.23, which is higher than *Allium tuberosum* (69.80), *Spinacia oleracea* (66.77) and *Amaranthus tricolor* (61.88).

Key words: *Daemonorops margaritae* shoot; nutrient composition; analysis and evaluation

黄藤笋是指黄藤 *Daemonorops margaritae* 的藤茎嫩梢。黄藤又名红藤, 我国特有的一种棕榈藤, 天然分布在海南、广东及广西南部地区, 是热带、南亚热带森林中的主要伴生藤本^[1]。黄藤生长快, 萌蘖强, 藤茎工艺性能好, 是家具制造和工艺品编织的优良材料, 具有很高的经济价值。

黄藤笋在很早以前就被原产地的老百姓所食用, 是他们喜爱的山中野味, 也是招待贵宾的特色佳肴。但是一直以来, 黄藤笋还只是被生长地周边的居民所认识, 未能被合理地开发利用。随着生活水平的提高, 人们开始

收稿日期: 2006-10-26

基金项目: ITTO 项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设”和广州市林业局林业科技试验示范项目“笋用棕榈藤高效培育技术试验与示范”。

作者简介: 赵霞(1973-), 女, 河南许昌人, 助理研究员, 硕士研究生, 主要从事森林培育研究。

关注自己的饮食结构和健康状况,消费观念也发生了很大转变,环保、健康、绿色食品越来越受到人们的青睐,森林蔬菜便是其中重要的一类。森林蔬菜一般生长在林间、荒野,远离污染源,也少受或不受化肥、农药的影响,具有营养价值高、风味独特、无公害等特点,被人们誉为“林海珍品”。本文中,对森林蔬菜黄藤笋的营养成分进行了分析和评价,希望能对黄藤笋的合理开发利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

材料采自中国林业科学研究院热带林业研究所(广州)。选择高2 m左右、生长健壮、无病虫害的黄藤,用长肢剪从距地面3~4 cm处的根部剪下,剥去叶片和最外层的叶鞘。送到实验室取出可食用部分,即刻进行测定或烘干。

1.2 方法

样品的所有营养指标均委托农业部蔬菜品质监督检验测试中心(广州)进行测定,测定方法如下。

1.2.1 水分、灰分、蛋白质、脂肪、膳食纤维测定

参照GB 5009. 3、GB 5009. 4、GB 5009. 5、GB 5009. 6、GB/T 5009. 10的方法测定。

1.2.2 Vc测定

取新鲜样品,参照GB 6195的方法测定。

1.2.3 氨基酸测定

参照GB/T 5009. 124的方法测定,所用仪器为HPLC1050液相色谱仪。

1.2.4 矿物质测定

微量元素钙、镁、铁、锰、锌、铜、磷、硒等分别参照GB/T 5009. 92、GB/T 5009. 90、GB/T 5009. 14、GB/T 5009. 13、GB/T 5009. 87、GB/T 5009. 93等的方法测定。

1.2.5 氨基酸评价

采用氨基酸比值系数法^[2],利用世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)提出的必需氨基酸(EAA)模式,计算样品中EAA的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC),最后求得氨基酸比值系数分(SRC)。

$$RAA = \frac{\text{待评蛋白质某必需氨基酸含量(mg/g)}}{\text{WHO/FAO模式中相应必需氨基酸含量(mg/g)}}$$

$$RC = \frac{RAA}{RAA \text{ 均数}}$$

$$SRC = 100 - CV \times 100 \text{ (式中 } CV \text{ 为 } RC \text{ 的变异系数, } CV = \text{标准差/均数)}$$

2 结果和分析

表1 黄藤笋及5类蔬菜的主要营养成分含量

测定项目	黄藤笋	绿叶菜类	葱蒜类	瓜类	根菜类	薯芋类
水分/%	87.6	92.83	81.95	95.07	90.15	83.93
Vc/[mg·(100g) ⁻¹]	4.12					
灰分/%	9.94					
蛋白质/%	20.2	23.8	13.89	17.82	12.98	11.41
脂肪/%	0.221	6.49	3.95	7.68	4.62	3.43
膳食纤维/%	8.15	11.75	7.63	13.32	9.85	4.90

2.1 黄藤笋中主要营养成分含量

黄藤笋及其它几类常见蔬菜的主要营养成分含量见表1,从中可以看出,黄藤笋含有丰富的蛋白质和膳食纤维,特别是蛋白质含量高达20.2%,略低于绿叶类蔬菜(23.8%),高于葱蒜类(13.89%)、瓜类(17.82%)、根菜类(12.98%)、薯芋类(11.41%)蔬菜^[4]。相反,黄藤笋的脂肪含量仅为0.221%,

远低于上述5类蔬菜。

表2 黄藤笋中的矿物质含量

矿物质元素	含量	矿物质元素	含量
钙/%	0.824	锌/(mg·kg) ⁻¹	138
镁/(mg·kg) ⁻¹	2780	铜/(mg·kg) ⁻¹	22.2
铁/(mg·kg) ⁻¹	52.5	磷/%	0.547
锰/(mg·kg) ⁻¹	904	硒/(mg·kg) ⁻¹	<0.0001

2.2 黄藤笋中矿物质含量

测定结果(表2)表明,黄藤笋含有钙、镁、铁等多种矿物质元素,其中钙含量最高(0.824%),其次是磷和镁,含量分别为0.547%和2780 mg/kg,硒含量最低(<0.0001 mg/kg)。

2.3 黄藤笋中蛋白质的氨基酸组成和含量

黄藤笋中含有17种氨基酸,总量为224.5 mg/g,种类齐全,含量丰富,其中人体必需的氨基酸有8种,占氨基酸总量的52.69%(见表3)。

2.4 黄藤笋中蛋白质的营养评价

不同蛋白质的氨基酸组成比例不尽相同,其所含的必需氨基酸(EAA)组成比例越接近人体需要氨基酸的比例,质量就越好。因此,世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)提出了评价蛋白质营养价值的必需氨基酸模式。按照这个模式,如果食物中蛋白质的氨基酸组成含量比例与模式氨基酸一致,则各种EAA的氨基酸比值系数(RC)应等于1,大于或小于1均表示偏离氨基酸模式,RC>1表明该种EAA相对过剩,RC<1表明该EAA相对不足,RC最小者为第一限制性氨基酸。现代营养学认为EAA相对过剩或不足均能影响蛋白质的营养价值,因此提出氨基酸平衡理论。也就是说,如果食物蛋白质的RC比较分散,变异系数(CV)会变大,氨基酸比值系数分(SRC)变小,表明这些EAA在氨基酸平衡的生理作用方面提供的负作用较大,蛋白质的营养价值差,相反,SRC越接近100,其蛋白营养价值相对越高。

表3 黄藤笋中蛋白质的氨基酸组成及含量[†]

氨基酸	含量/%	氨基酸	含量/%
天冬氨酸(Asp)	21.1	缬氨酸(Val)*	14.9
丝氨酸(Ser)	12.1	蛋氨酸(Met)*	2.7
谷、甘氨酸(Glu+Gly)	14.7	赖氨酸(Lys)*	20.6
组氨酸(His)*	26.5	异亮氨酸(Ile)*	12.1
精氨酸(Arg)	18.9	亮氨酸(Leu)*	20.0
苏氨酸(Thr)*	10.7	苯丙氨酸(Phe)*	10.8
丙氨酸(Ala)	17.3		
脯氨酸(Pro)	11.3	氨基酸总量	224.5
胱氨酸(Cys)	2.0	必需氨基酸总量	118.3
酪氨酸(Tyr)	8.8	必需氨基酸/总氨基酸	0.5269

† * 表示人体必需的8种氨基酸。

也就是说,如果食物蛋白质的RC比较分散,变异系数(CV)会变大,氨基酸比值系数分(SRC)变小,表明这些EAA在氨基酸平衡的生理作用方面提供的负作用较大,蛋白质的营养价值差,相反,SRC越接近100,其蛋白营养价值相对越高。

表4 黄藤笋与3种常见蔬菜蛋白质的氨基酸比值,氨基酸比值系数及比值系数分的比较[†]

材料	WHO/FAO 必需氨基酸参考模式在 WHO/FAO 必需氨基酸参考模式					WHO/FAO 必需氨基酸参考模式在 WHO/FAO 必需氨基酸参考模式					SRC
	40 Ile	70 Leu	55 Lys	35 Met+Cys	60 Phe+Tyr	40 Thr	10 Trp	50 Val	̄		
黄藤笋											75.23
RAA	0.30	0.29	0.37	0.13	0.33	0.27		0.30	0.28		
RC	1.07	1.04	1.32	0.46*	1.18	0.96		1.07	1.01		69.80
韭菜											
RAA	0.91	0.94	0.88	0.67	1.14	1.03	1.64	1.05	1.03		
RC	0.88	0.91	0.86	0.65*	1.12	1.00	1.59	1.02	1.00		66.77
菠菜											
RAA	0.79	0.90	0.77	0.62	1.18	1.11	1.70	1.12	1.02		
RC	0.77	0.88	0.75	0.61*	1.16	1.06	1.67	1.10	1.00		61.88
苋菜											
RAA	0.81	0.86	0.78	0.34	1.52	0.85	1.30	1.00	0.93		
RC	0.87	0.92	0.84	0.37*	1.63	0.91	1.40	1.08	1.00		

† * 第一限制性氨基酸。

从表4可以看出,黄藤笋的蛋白质氨基酸组成中,除了Met+Cys和Thr表现为不足,其它EAA均为过剩。从SRC的数值来看,黄藤笋的SRC为75.23,高于其它3种蔬菜^[1],表明黄藤笋的蛋白质营养价值优于另外3种蔬菜,其排列顺序为:黄藤笋>韭菜(69.80)>菠菜(66.77)>苋菜(61.88)。而且,黄藤笋和其它3种蔬菜一样,第一限制性氨基酸均为含硫氨基酸(Met+Cys),这表明黄藤笋与一般蔬菜在蛋白质的氨基酸组成方面,具有共同的特性,也基本符合其它研究结果,即植物性蛋白质中蛋氨酸和胱氨酸含量不足^[5]。

5 结论

(1)黄藤笋是一种高蛋白、低脂肪、富含纤维素的绿色森林蔬菜,味道独特,甘中带苦,具有一定的保健功能。它还含有Ca、P、Mg等丰富的矿质元素,尤其是Ca含量,高达0.824%,市场前景看好。

(2)黄藤笋中含有17种氨基酸,其中人体必需氨基酸有8种,占氨基酸总量的52.69%。而且必需氨基酸组成比例接近人体需要的氨基酸比例,蛋白质营养价值优于韭菜、菠菜、苋菜等常见蔬菜。

参考文献:

[1] 许煜灿,尹光天,曾炳山.棕榈蕨的研究[M].广州:广东科技出版社,1994.
 [2] 朱圣陶,吴 坤.蛋白质营养价值评价—氨基酸比值系数法[J].营养学报,1988,10(2):187-190.
 [3] 邵世勤,马青枝,布彩霞,等.不同类蔬菜品种营养成分含量的研究(1)[J].内蒙古农牧学院学报,1994,15(3):42-46.
 [4] 翁德宝,徐颖洁.鸡冠花叶蛋白质营养价值的评价研究[J].武汉植物学研究,1999,17(1):15-20.
 [5] 许又凯,刘宏茂,刀祥生,等.红瓜叶营养成分及作为野生蔬菜的评价[J].云南植物研究,2003,25(6):680-686.

[本文编校:黄宁廷]

分类号 _____
UDC _____

密级 _____

学 位 论 文

黄藤笋低温贮藏保鲜的研究

Study on storage and preservation of *Daemonorops margaritae* shoots under low-temperature conditions

郑 谊

指导教师姓名	黄世能研究员
申请学位级别	农学硕士
专业名称	森林培育
研究方向	非木质林产品经济林培育
论文提交日期	2008年5月
论文答辩日期	2008年6月
学位授予日期	2008年7月

答辩委员会主席 _____

评 阅 人 _____

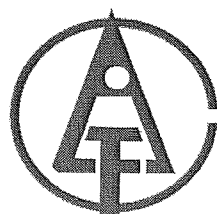


中国林业科学研究院

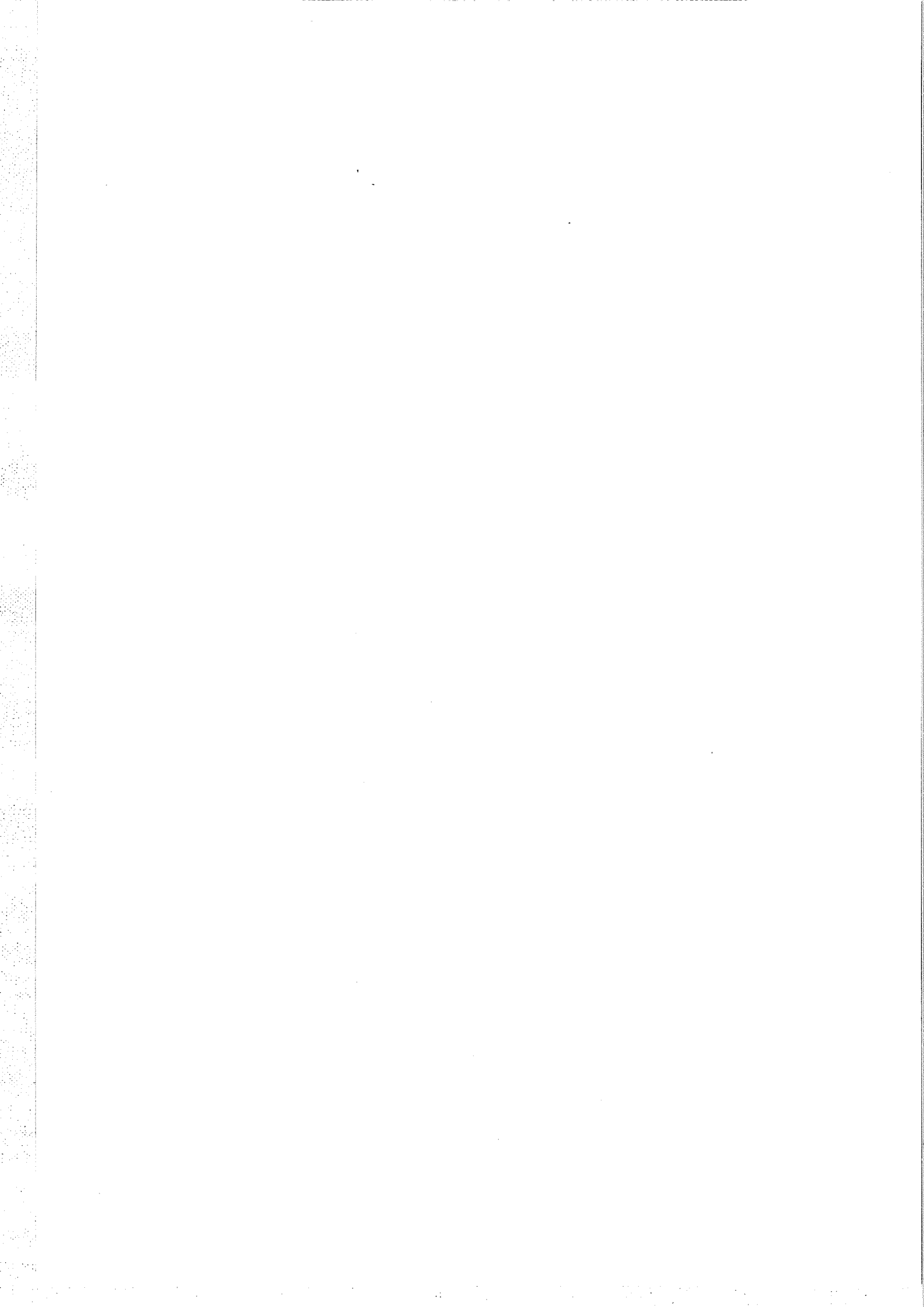
学位论文

黄藤笋低温贮藏保鲜的研究

学位论文作者	郑谊
指导教师姓名	黄世能 研究员
指导小组成员	黄雪梅 副教授 (华南农业大学)
申请学位级别	硕士
专业名称	森林培育
研究方向	非木质林产品经济林培育
论文答辩日期	2008年6月



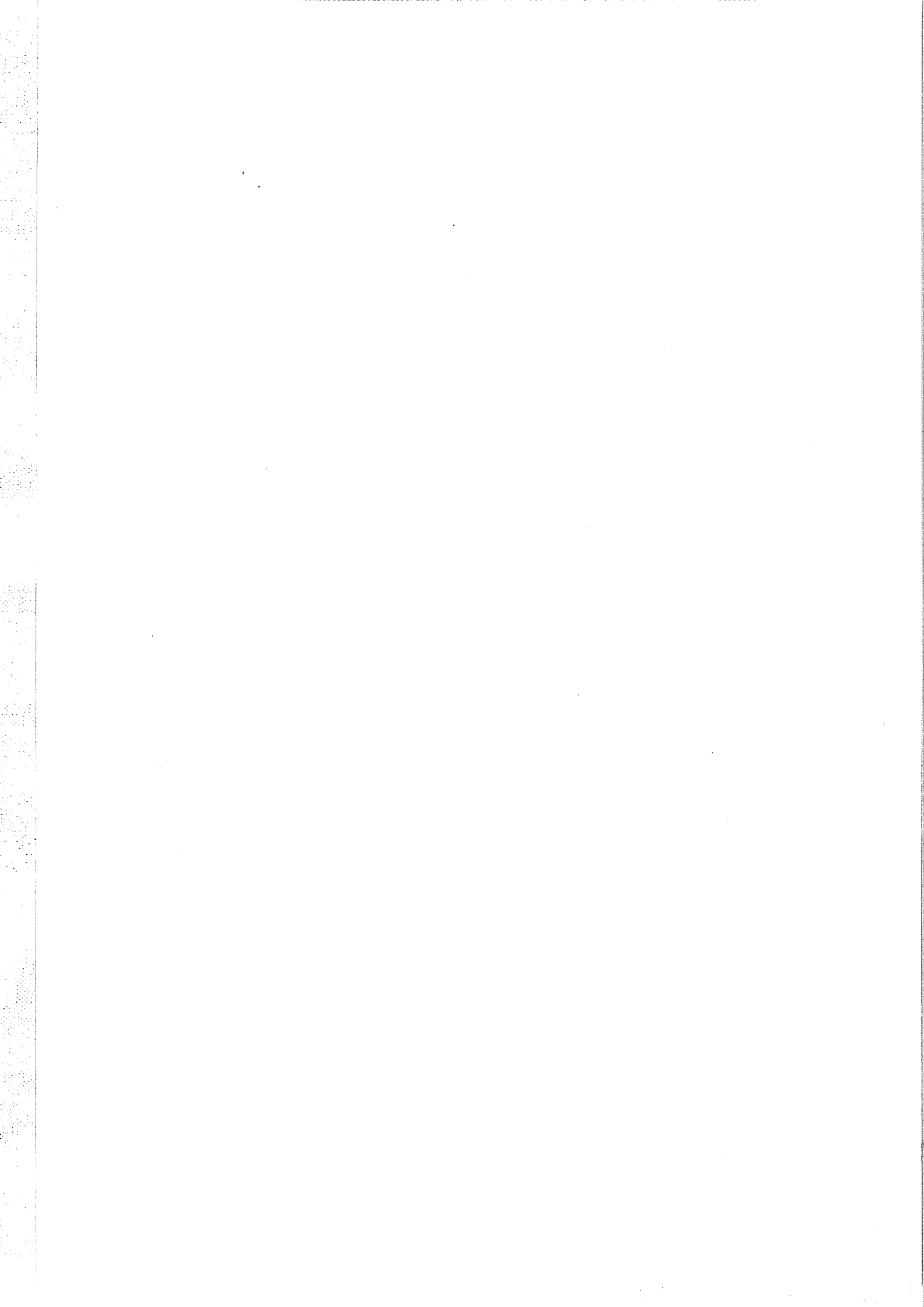
中国·北京



Dissertation for the Degree

Study on storage and preservation of *Daemonorops margaritae*
shoots under low temperatures

Candidate:	Zheng Yi
Supervisor:	Huang Shineng
Associate Supervisor:	Huang Xuemei
Academic Degree Applied for:	Master degree
Speciality:	Silviculture
Date of Defence :	2008-06
Degree-Conferring-Institution:	Chinese Academy of Forestry



独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得本研究生培养单位或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解中国林业科学研究院有关保留、使用学位论文的规定，中国林业科学研究院有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权中国林业科学研究院可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：

导师签名：

年 月 日

年 月 日

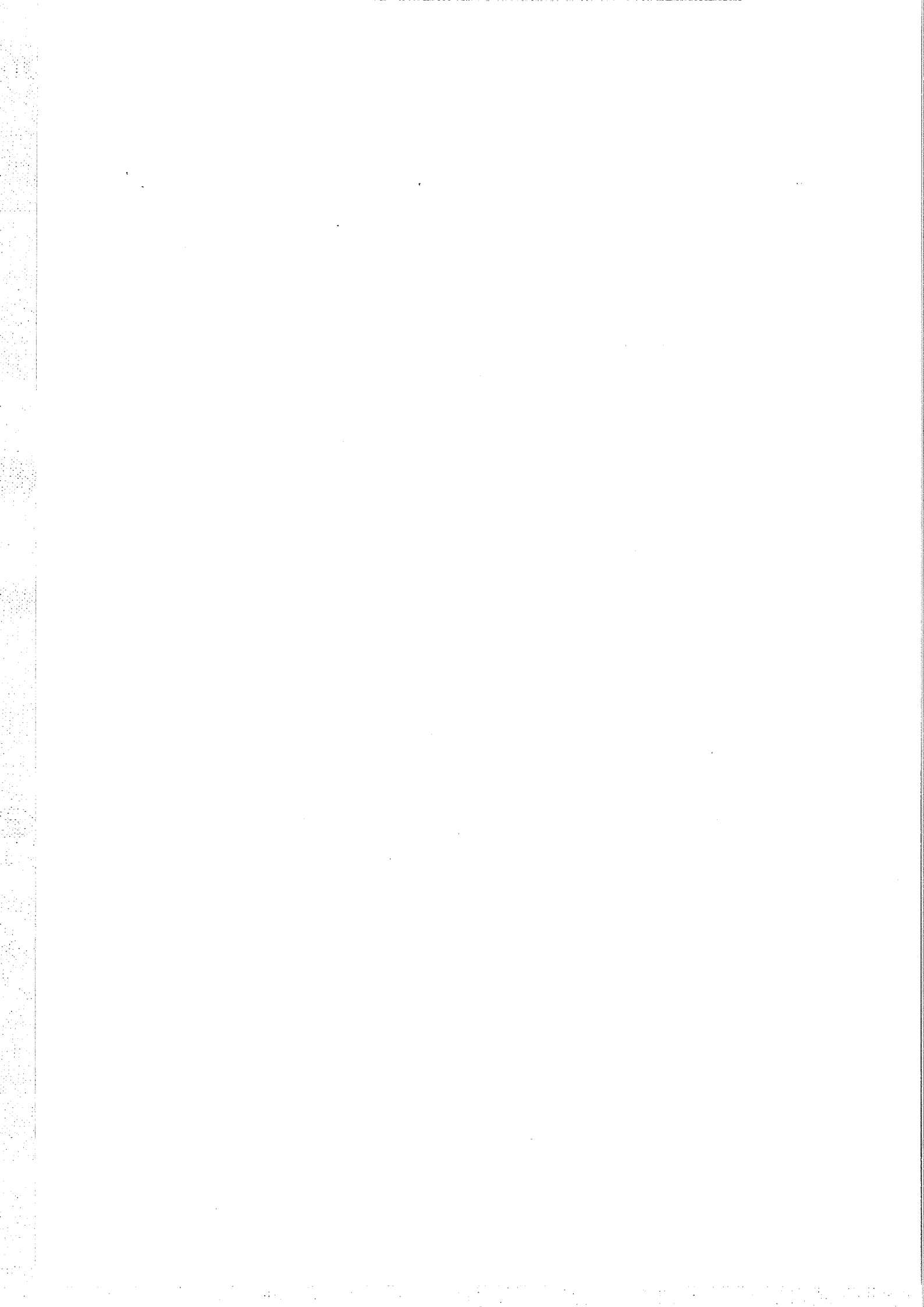
学位论文作者毕业联系方式

工作单位：

联系电话：

电子邮件：y.zheng@163.com

通讯地址、邮编：



摘 要

本试验以 9 月份采收的广东省谢岗镇的黄藤笋为试材, 系统研究了不同贮藏温度下黄藤笋的品质及生理变化。研究了在 3℃、7℃、11℃、25℃ 四种贮藏温度下, 黄藤笋外观品质、失重率, 笋心的硬度、相对电导率、维生素 C 含量、可溶性蛋白质、还原糖含量、总糖含量、纤维素含量及过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性、多酚氧化酶活性的变化, 探讨了温度对采后黄藤笋影响的生理生化机制, 为黄藤笋贮藏保鲜中的应用提供理论和实践依据。

研究表明:

1. 黄藤笋心水分含量约 90%, 维生素 C 和可溶性蛋白质的含量丰富, 每 100 g 分别含有 1.88 g 和 18.6 mg, 高于其他多种果蔬含量。而还原糖、总糖含量仅占到鲜重的 0.12%、3.51%, 纤维素含量为 0.8%, 说明黄藤笋是一种天然保健食品, 是糖尿病患者选择的上好蔬菜。

2. 不同温度下, 黄藤笋在贮藏期间外观品质有不同变化。低温抑制微生物的活动, 低温贮藏的黄藤笋皮色泽鲜亮, 明显优于 25℃ 下贮藏的黄藤。贮藏 28 d 笋心色度总体呈下降趋势, 贮于 7℃、11℃ 条件下, 可较好地保持藤笋的亮度、色泽, 其亮度、色泽下降幅度不超过 10%。由于贮藏在 3℃、7℃ 的黄藤笋心分别会在 14 d、21 d 发生褐变现象, 因此 11℃ 下贮藏的黄藤笋的外观品质最好。

3. 随着贮藏时间的不断延长, 黄藤笋心的硬度、失重率、相对电导率总体呈上升趋势。3℃、7℃、11℃ 贮藏条件下, 在 28 d 笋心硬度达到最大。温度越高, 黄藤笋失重率越大。低温贮藏 28 d, 黄藤笋失重率不超过 4.5%, 而贮于 25℃ 失重率高达 10.5% 以上。3℃ 贮藏下的黄藤笋心电导率从 14 d 开始一直高于贮于 7℃、11℃ 的, 原因是不适宜的低温促使笋心发生冷害现象, 破坏了细胞膜结构。

4. 黄藤笋心在贮藏过程中, Vc、还原糖、总糖含量总体呈降低趋势, 低温贮藏能抑制果实 Vc、还原糖和总糖含量的下降, 较好保持笋心品质。贮于 3℃ 的藤笋在贮藏 7 d 还原糖含量的大幅增加, 其原因是提高抗冷性。可溶性蛋白质在低温条件下贮藏, 其含量随着贮藏时间的延长先缓慢降低后逐步升高。总体上看, 11℃ 贮藏条件下笋心的可溶性蛋白质含量依次大于 7℃、3℃ 温度下笋心的可溶性蛋白质含量。黄藤笋心随着贮藏时间的延长, 纤维素的含量逐步增加, 纤维素含量的增加速度为 11℃ > 7℃ > 3℃ > 25℃。

5. 黄藤笋随着贮藏时间的延长 CAT 活性先上升再逐渐降低, 呈现单峰曲线。不同温

度下贮藏的黄藤笋其 CAT 活性峰值出现的时间不同, 贮于 3℃、7℃, CAT 活性在 7 d 达到最大。而 11℃、25℃贮藏温度下, CAT 活性 14 d 达峰值。在 28 d 贮藏期间, 黄藤笋心 PPO 活性在不同温度下都有了一定的升高。PPO 活性 25℃条件下最大, 随后是 11℃和 7℃。贮藏于 3℃的黄藤笋由于冷害的发生, PPO 在 14 d 时活性达到峰值。黄藤笋心 POD 活性随着温度的升高而升高, 在 25℃贮藏温度下, POD 活性先明显上升后急速下降呈现单峰曲线, 贮藏 14 d 是活性高峰, 上升近 6 倍, 而低温下黄藤笋心 POD 活性相对稳定。

6. 以色度、外观品质、还原糖、总糖含量、POD、CAT 等指标综合衡量, 7-11℃条件下贮藏表现较好。通过以上探讨, 7~11℃是黄藤笋贮藏的最适温度范围。

关键词: 低温, 黄藤笋, 贮藏品质, 冷害, 营养成分, 酶活性

Abstract

With the aim of providing theoretical and practical foundations for storage and preservation of *Daemonorops margaritae* shoots through exploring the physiological and biochemical mechanisms affecting the storage of the shoots, changes in apparent quality, relative electrical conductivity, percentage of weight loss, contents of Vc, reductive sugar and total sugar, and activities of POD, CAT and PPO of the shoots stored under the following four temperature treatments of 3, 7, 11 and 25 °C were systematically studied with raw materials harvested from a plantation for edible shoot production in Xiegang Forest Farm, Dongguan City of Guangdong Province. The study results are shown as follows:

1. The fresh shoot of *D. margaritae* contains about 90% of water. The contents of Vc and soluble protein are 1.88g/100g and 18.6 mg/100g respectively in terms of fresh weight, while the reductive sugar, total sugar and cellulose account for 0.12%, 3.51% and 0.8%. *D. margaritae* shoot can be served as a kind of good natural healthcare food. It can be seen as a best-quality vegetable for the people suffering from diabetes.

2. The apparent quality of *D. margaritae* shoot varied with changing temperatures. Low temperatures (3, 7, and 11 °C) restrain the activity of microorganisms, leading to less damage of shoots by microorganisms and keeping the color and luster of the shoots bright. The chromaticity of the shoots tend to decrease with increasing period of storage. The decreasing ranges of brightness and color and luster of the shoots stored at 7 °C and 11 °C did not exceed 10%. The shoots stored at 3 °C and 7 °C suffered from chilling damages on the 14th day and 21st day after storage. The storage temperature of 11 °C is therefore the best temperature keeping the shoots in good apparent quality.

3. On the whole, the hardness, percentage of weight loss and relative electrical conductivity increased with increasing period of storage. The shoots stored under low temperatures (3, 7, and 11 °C) recorded highest values of hardness. The percentage of weight loss of shoots decreased with increasing temperatures. The percentages of weight loss of shoots stored under low temperatures was less than 4.5%, while that at the highest temperature of 25 °C was higher than 10.5%. The relative electrical conductivity of shoots stored at 3 °C had been higher than those at 7 °C and 11 °C, due to the destruction of cell membrane caused by chilling damages under low temperatures.

4. The contents of Vc, reductive sugar and total sugar decreased with increasing period of storage. Low temperature storage restrained the decrease in contents of Vc, reductive sugar and total sugar of the stored shoots, thus improved the quality of the shoots. The content of

reductive sugar of shoots stored at 3 °C increased rapidly in the first week to prevent the shoots from chilling damage. The content of soluble protein decreased during the first two weeks and increased gradually thereafter. The content of soluble protein of shoots stored at 11 °C was higher than those at 7 °C and 3 °C as a whole. The contents of cellulose of the shoots stored under different temperatures showed an increase with increasing period of storage, in the order of increment of 11 °C > 7 °C > 3 °C > 25 °C.

5. The activities of CAT of shoots stored under different temperatures increased first and then decreased, forming single-peak curves with peaks occurred on the 7th and 14th days after storing. The activity of PPO of shoots showed an overall increase under different temperatures, with the highest value recorded at 25 °C, followed by those at 11°C and 7°C. The activity of PPO of shoots stored at 3°C reached the highest value on the 14th day after storing because of the chilling damage. The activities of POD of shoots showed a general increase with temperatures increased. Shoots stored at 25 °C recorded the highest value of POD activity on the 14th day after storing, which was 6 times higher than that recorded before storage. Shoots stored under low temperatures (3°C, 7 °C and 11 °C) showed relatively stable activities of POD during the 28 days of storage.

6. It can be concluded from the above study results that the optimum temperature for storage and preservation of *D. margaritae* shoots is 7~11°C.

Keywords: low temperature; *Daemonorops margaritae* shoot; storage quality; chilling injury; nutritional components; enzyme activity

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	III
第一章 绪 论.....	1
1.1 引言.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究目的和意义.....	2
1.1.3 项目来源与经费支持.....	2
1.2 国内外研究现状及评述.....	2
1.2.1 国外研究现状.....	2
1.2.2 国内研究现状.....	4
1.2.3 食用笋保鲜技术研究进展.....	7
1.2.4 研究评述.....	11
1.3 研究目标和主要研究内容.....	12
1.3.1 研究目标.....	12
1.3.2 主要研究内容.....	12
1.4 研究技术路线.....	13
第二章 材料与方 法.....	14
2.1 试验材料与处理方法.....	14
2.1.1 试验材料.....	14
2.1.2 处理方法.....	14
2.2 试验方法.....	14
2.2.1 可食部分百分率测定.....	14
2.2.2 色度的测定.....	14
2.2.3 硬度的测定.....	14
2.2.4 含水率的测定.....	15
2.2.5 失重率的测定.....	15
2.2.6 可溶性蛋白质含量的测定.....	15
2.2.7 相对电导率的测定.....	15

2.2.8 纤维素含量的测定.....	15
2.2.9 维生素 C (Vitamine C, Vc) 含量的测定.....	16
2.2.10 还原糖含量的测定.....	16
2.2.11 总糖含量的测定.....	17
2.2.12 过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 活性的测定.....	17
2.2.13 多酚氧化酶 (Polyphenol Oxidase, PPO) 活性的测定.....	17
2.2.14 过氧化氢酶 (Catalase, CAT) 活性的测定.....	17
2.3 仪器与试剂.....	18
2.3.1 主要仪器.....	18
2.3.2 试剂.....	18
2.3.3 数据统计及作图分析.....	18
第三章 结果与分析.....	19
3.1 采伐到的黄藤笋及剥出可食部分 (笋心) 的形态特征.....	19
3.2 九月份黄藤可食部分百分率的分析.....	19
3.3 黄藤笋心营养物质含量分析.....	19
3.4 不同温度贮藏对黄藤外观品质的影响.....	20
3.5 不同温度贮藏对黄藤笋心色度的影响.....	21
3.6 不同温度贮藏对黄藤笋心硬度的影响.....	22
3.7 不同温度贮藏对黄藤笋心含水率的影响.....	23
3.8 不同温度贮藏对黄藤笋心失重率的影响.....	24
3.9 不同温度贮藏对黄藤笋心相对电导率的影响.....	24
3.10 不同温度贮藏对黄藤笋心 Vc 含量的影响.....	25
3.11 不同温度贮藏对黄藤笋可溶性蛋白质含量的影响.....	25
3.12 不同温度贮藏对黄藤笋心还原糖含量的影响.....	26
3.13 不同温度贮藏对黄藤笋心总糖含量的影响.....	27
3.14 不同温度贮藏对黄藤笋心纤维素含量的影响.....	28
3.15 不同温度贮藏对黄藤笋心 POD 活性的影响.....	29
3.16 不同温度贮藏对黄藤笋心 CAT 活性的影响.....	30
3.17 不同温度贮藏对黄藤笋心 PPO 活性的影响.....	30
3.18 统计分析.....	31

第四章 讨论与结论.....	33
4.1 讨论.....	33
4.1.1 黄藤笋心组成成分的研究.....	33
4.1.2 不同贮藏温度对黄藤品质的影响.....	34
4.1.3 不同贮藏温度对黄藤笋心营养物质变化的影响.....	35
4.1.4 不同贮藏温度对黄藤笋心酶活性变化的影响.....	37
4.2 结论.....	33
4.3 展望.....	38
参考文献.....	40
附 录.....	45
在读期间的学术研究.....	49
致 谢.....	50

表目录

表 2-1 主要仪器.....	18
表 3-1 黄藤可食部分百分率分析.....	19
表 3-2 黄藤笋主要营养物质和含量.....	19
表 3-3 黄藤笋贮藏期间外观品质.....	20
表 3-4 黄藤笋贮藏中测试参数的双因素方差分析结果.....	31

图目录

图 1-1 技术路线图.....	13
图 3-1 黄藤笋心在不同贮藏温度下亮度的变化.....	21
图 3-2 黄藤笋心在不同贮藏温度下色泽的变化.....	21
图 3-3 黄藤笋心在不同贮藏温度下饱和度的变化.....	22
图 3-4 黄藤笋心在不同贮藏温度下硬度的变化.....	23
图 3-5 黄藤笋心在不同贮藏温度下含水量的变化.....	23
图 3-6 黄藤笋在不同贮藏温度下失重率的变化.....	24
图 3-7 黄藤笋心在不同贮藏温度下相对电导率的变化.....	24
图 3-8 黄藤笋心在不同贮藏温度下 Vc 含量的变化.....	25
图 3-9 黄藤笋心在不同贮藏温度下可溶性蛋白质含量的变化.....	26
图 3-10 黄藤笋心在不同贮藏温度下还原糖含量的变化.....	26
图 3-11 黄藤笋心在不同贮藏温度下总糖含量的变化.....	27
图 3-12 黄藤笋心在不同贮藏温度下纤维素含量的变化.....	28
图 3-13 (a) 黄藤笋心在不同贮藏温度下 POD 活性的变化.....	29
图 3-13 (b) 黄藤笋心在低温贮藏下 POD 活性的变化.....	29
图 3-14 黄藤笋心在不同贮藏温度下 CAT 活性的变化.....	30
图 3-15 黄藤笋心在不同贮藏温度下 PPO 活性的变化.....	30

第一章 绪 论

1.1 引言

1.1.1 研究背景

棕榈藤是单子叶植物,属于棕榈科(Palmae)省藤亚科(Calamoideae)省藤族(Calameae)^[1]。英国植物分类学家 Dransfield 将其归为 13 属,全世界已知 600 余个藤种和亚种,亚洲分布有 10 属 300~400 种,大洋洲北部有 1 属 8 种,西非热带共有 4 属(3 属为特有属)24 种,其中省藤属最大,约有 370~400 种^[2]。我国处于亚太棕榈藤分布中心的北缘,在北界(东部至北纬 27°30',西部至北纬 29°30')以南天然分布了 3 属 40 余种,包括省藤属(*Calamus*)、黄藤属(*Daemonorops*)和钩叶藤属(*Plectocomia*),形成了分别以海南岛和云南西双版纳为中心的东南和西南棕榈藤分布区,分布藤种数占全国的 90%以上^[3]。东南分布区包括华南诸省(区)及台湾,有 3 属 25 种 6 变种,西南分布区包括云、贵、藏 3 省(区)及广西西南局部区域,有 2 属 19 种 16 变种^[4,5]。

棕榈藤用途非常广泛,藤产品及其副产品在世界工农业生产乃至整个国民经济及人民生活中有着广泛的用途和发展前景。去鞘藤茎(藤条)表皮乳白色、鞣韧、抗拉强度大,是编织和家具制作的优良材料。如粗大的茎干可用作建筑材料和家具用材,细小的枝条可用来编织篮、筐、皮可以用来编织凉席、座垫等。另外棕榈藤还可制作乐器、工艺品、造纸等^[6]。原藤是仅次于木材和竹材的重要非木材林产品。20 世纪 70 年代以来,以原藤为主要原料的藤家具工业和国际贸易迅速发展,形成数十亿美元的国际市场,对地区经济和社会发展起着举足轻重的作用。笋用藤的茎尖幼嫩部分可食用,这早已不是秘密^[7]。多种藤果和藤梢富含营养,是优质热带水果和森林蔬菜,黄藤属的果实可萃取“麒麟血竭”药品。如今,泰国和老挝生产的藤笋制品如灌装藤笋、藤笋干、藤咖喱粉不仅在当地食用,还出口远销东南亚、欧洲、法国、美国及其他地方。

黄藤(*Daemonorops margaritae*)属于棕榈科(Palmae)黄藤属(*Daemonorops*),为我国特有种,天然分布以海南岛为中心,延伸到 23°30'N 以南的广东、广西南部地区,是海南岛东部及中南部山区热带山地雨林和常绿季雨林层间植物的重要种类之一,在广东、广西南部地区有零星分布,仅见于一些海拔较低、水热条件较好的沟谷地带。黄藤速生,萌蘖强,藤茎材质优良,经济价值高,现已成为我国华南栽培的主要经济藤种^[8]。因此本论文以我国特有的重要棕榈藤种—黄藤为研究对象,结合黄藤笋营养品质的分析,对

其采后保鲜技术进行初步地探讨, 挖掘黄藤潜在价值, 提高黄藤的利用率, 为黄藤产品的进一步开发奠定基础。

1.1.2 研究目的和意义

黄藤可食用的部分是其嫩藤笋, 味道鲜美, 脆嫩爽口, 具有丰富的营养价值和药用价值。据《本草纲目》记载, 黄藤作为一种中药材可以“治饮食中毒, 利小便, 煮汁频服等”。黄藤笋的营养成分组成具有“三高二低”特点, 即高纤维、高蛋白、高矿物质元素、低淀粉(糖类)和低脂肪, 是一种天然的绿色保健食品。近年来, 有关竹笋、芦笋等嫩茎类蔬菜的保鲜技术虽然取得了不少进展, 但是在藤笋特别是黄藤笋的保鲜技术研究上几乎还是空白。藤笋采后在常温下贮藏保存易纤维化, 又极易发生褐变, 对其产品品质产生极大的影响。另外, 采笋时造成的损伤使腐败微生物极容易通过伤口侵入繁殖而导致腐烂变质。因此, 研究黄藤笋的防腐保鲜技术是开发利用黄藤笋营养保健价值亟需解决的一个关键问题, 对于提高藤经济价值以至藤产业的可持续发展具有重大的现实意义。

1.1.3 项目来源与经费支持

- 1、国家科技支撑专题“藤笋无公害培育及储藏保鲜技术研究(2006BAD19B0903)”
- 2、国际热带木材组织(ITTO)资助项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设[PD 100/01 Rev. 2 (I)]”

1.2 国内外研究现状及评述

1.2.1 国外研究现状

1.2.1.1 棕榈藤分类

1753年, 林奈建立省藤属(*Calamus*)。1902年, Beccari对棕榈藤进行综合性、系统性研究, 将省藤属划分16个类群, 其著作《Asiatic Palms-Lepidocaycae: Part I: The Species of Calamus》对省藤属植物的分类形态、种的特征、分布和标本收藏地等进行了详细的描述, 并依据佛焰苞和小穗状花序的特征、羽片形状和是否有纤鞭将省藤属分成16个类群^[9]。20世纪80~90年代, 棕榈藤分类学的研究获得较快的发展。Natalie和Dransfield归纳和系统地整理了世界棕榈植物的形态学、细胞解剖学的研究成果, 把棕榈藤植物归为棕榈科省藤亚科省藤族, 并分类为13属。现在公认合理的分类系统是1987年Uhl和Dransfield提出的, 它不仅对棕榈藤各亚科、族、亚族和属进行了详细研究, 还提供了各

属的分布、生态学、原始记录、利用特征等等^[10]。

分类学的研究成果和分类系统的建立,为物种资源清查和藤种开发利用提供了科学基础^[11]。棕榈藤分类不仅具有植物分类学上的意义,还能提供各类藤种可靠的信息并能预测新藤种的特性及其用途,对棕榈藤培育与利用具有指导作用。

1.2.1.2 棕榈藤生态生物学研究

随着棕榈藤分类学的发展,棕榈藤生态生物学研究取得了巨大的成就。棕榈藤的海拔分布具有替代规律,不同的海拔高度分布着不同的棕榈藤藤种。Dransfie^[12]发现,马来西亚半岛的棕榈藤花在海拔 1 000 m 处差异极显著,海拔超过 1 000 m,低海拔的一些种甚至属会被其他种所代替,且花的变异性也降低了。

光对植物形态建成具有重要的影响,棕榈藤生长对光强有很宽的适应范围。同样,棕榈藤对土壤湿度的适应性也很广,从沼泽地到干燥的山顶均可生长^[13]。Razali 等全面地介绍了玛瑙省藤 (*C. manan*)、西加省藤 (*C. caesius*) 等马来西亚主要栽培藤种的生态生物学特性,Dransfield 和 Manokaran 对亚太地区 20 种主要棕榈藤种的植物生态学特性作了详细的描述。在总结前人研究成果的基础上,许多文献收集了各国棕榈藤种群和世界主要商品藤种的形态特征、形态建成、生长发育、开花结实等生态生物学特性的知识^[14-19]。

1.2.1.3 棕榈藤资源保存

由于人们对天然藤林掠夺式地采伐利用,加上人口膨胀、环境污染等造成棕榈藤生长环境大量丧失,棕榈藤的生存受到严重威胁。为此,国际植物遗传资源研究所与国际竹藤组织一道,根据各棕榈藤利用、培育、产品、加工、种质和遗传资源、农业生态等标准,选取了 21 个优先保护藤种^[20],为各国开展棕榈藤研究提供指导。同时,为保护棕榈藤资源,一些产藤国禁止藤条或初级藤产品的出口,并纷纷建立了藤种基因收集圃、藤种园等,对棕榈藤资源进行就地或迁地保护。印度在喀拉拉邦丛林就地保存 80 种棕榈藤,喀拉拉邦森林研究所收集保存 30 种棕榈藤^[21]。1983 年菲律宾建立一个 5 hm² 的基因库,收集本地和外来藤种 44 种^[22]。中国、印度、马来西亚、菲律宾等国相继建立了藤种基因收集圃、藤种园等迁地保存基地,保存藤种 80 多种。菲律宾原地保存 15 个藤种,并建立了 5 个藤种基因收集圃,收集 4 属 46 种,有效地保护了种质资源。

1.2.1.4 棕榈藤培育

优良商品藤种的种源缺乏,制约种植业发展,通过扦插、埋条、分株等无性繁殖培育藤苗的方法在国内外尚无成功报道,种子繁殖依然是藤苗培育的主要方式,而组培快

繁前景广阔。UMALI-GARCIAM 首次报道了省藤属 11 种和黄藤属 2 种的组织培养初步试验结果,开辟了通过组织培养方法繁殖优良藤种的途径。随后,中国、马来西亚等国相继投入大量研究,至 90 年代,棕榈藤组培技术获得重大突破,马来西亚成功地培育出玛瑙省藤、西加省藤等重要商品藤种组培苗。棕榈藤微繁技术将广泛应用于优质商品藤种苗培育,并为良种选育提供技术手段。

1.2.1.5 藤条采收、加工与利用研究

藤材利用有几百年历史,在边远山区,几乎所有藤种可用于生活的各方面,如建房、吊桥、绳、缆、渔栅、篮筐篓、藤席、藤家具和藤织件等。运输、林分结构、藤茎的选择、采收年龄、采收周期及采收强度等因子都影响棕榈藤采收。一般来说,当藤茎裸露或叶鞘淡棕色,藤材差干燥且易折断;鞘刺淡黑色,叶干枯或淡黄绿色,鞘茎亮黄色,茎长大于 24 m,藤材好,可作为采摘的标准^[23]。在总结前人工作的基础上,不少学者对藤条加工进行了研究。Abd. Latif&Shukri^[24]认为,除 dahan 藤,其他像玛瑙省藤一样的大径藤和小径藤初加工大致包括以下步骤:清洗和分类、油浴、脱水、用硫磺熏蒸、分级和贮藏。印度尼西亚、马来西亚及菲律宾比较重视藤材质量,有初加工传统,各地处理技术不同,但目的都是为了获得清洁硫化藤。一般认为,油浴可以排除角质、树胶及水分,能改善颜色和光泽,减少菌、虫害;硫磺烟熏除了漂白外,也可减少虫害^[25-30]。

1.2.1.6 笋用藤研究

目前已经在商业上获得成功的食用藤种包括:苦藤 (*C. viminalis*)、西亚省藤 (*C. siamensis*) 和丹尼斯藤 (*C. tenuis*)。1991 年泰国皇家林业厅启动了一个小规模笋用棕榈藤林栽培试验,是有关食用棕榈藤笋的最早的研究与开发活动。老挝于 1994 年开始发展笋藤林培育技术,至 2001 年,在 5 省中,至少有 50 个农场主拥有 100 hm² 以上的笋藤林。T.Evans 认为在老挝发展笋藤林是人工藤林发展中不断增长的最有发展动力的部分。在 6~7 种经济藤种的小规模苗期试验中,只有 1~2 种小试验林用于生产藤条,丹尼斯藤是主要成功的商业生产藤笋的藤种。许多地方在栽植大约 1 年后就开始生产适于销售的藤笋,此后每月均可采收,因此较种植粮食回报更高,且棕榈藤适应常发生危害作物水灾—水涝的地方。随着人们对绿色食品的不断追求,藤笋市场巨大,发展笋藤林前景广阔。因此,笋藤林研究是棕榈藤研究中最具前景的研究领域之一^[31]。

1.2.2 国内研究现状

1.2.2.1 黄藤生态生物学研究现状

黄藤是我国华南地区主要商品藤种,天然分布以海南岛为中心,延伸到 23° 30' N 以南的广东和广西南部区,从沿海低丘到海拔 1 100 m 的山地的原始林和次生林内均有分布。黄藤为有刺丛生攀援大藤本,植株长可达 50 m,带鞘藤茎粗 3~5 cm,去鞘藤茎粗 0.8~1.2 cm。始叶掌状全裂成藤羽状全裂,叶轴延伸成具爪状倒勾刺纤鞭;叶轴和叶柄背面及边缘被刚刺;叶鞘环包藤茎轮状排列,着生于藤茎形成藤茎节,节间长度 15~40 cm。肉穗状花序,单性花,雌雄异株,花序轴上的佛焰包舟状,外包片被褐色扁平刺;果实球形,直径 1.5~2.0 cm。未成熟果皮绿色,成熟时黄色具光泽,果肉胶质,褐色,千果重 1 900~2 300 g。种子褐色,肾状,质硬,千粒重 1 600~1 800 g,含水率 30%~32%,种胚短圆柱状,外被胶质坚实的种胚盖^[32]。

1.2.2.2 黄藤栽培研究现状

我国民间棕榈藤栽培历史悠久,然而,真正从科研的角度研究棕榈藤栽培则是从 20 世纪 60 年代初开始^[33]。1962 年,中国林科院热带林业试验站进行了种子园和收集圃建设,同时开展了种苗培育试验。此后,海南、广西、云南、福建和广东均进行了引种栽培试验^[34]。

我国 23° 30' N 以南,年平均温度 20~24.5℃,极端低温大于-2.8℃,年雨量大于 1 200 mm 为黄藤的适生栽培区。目前黄藤的人工栽培已扩大到广东、广西和福建等的南部地区^[36]。在栽培适宜区发展人工栽培,应根据经营目标,选择树种、确定树木和黄藤间种比例和结构。间种密度 800~1 500 株/hm²,抚育管理 2~3a,控制林冠透光度在 40~60%。其适宜的立地条件为林内相对光照强度大于 50%,土壤润湿,表土有机质含量大于 2%,全氮大于 0.1%,全磷大于 0.01%,pH4.4~6.7。在 15℃条件下,保持种子在 29%的安全含水率的湿藏法,能有效保持种子活力 6 个月。黄藤造林的综合技术质量指标:1 年生苗木的合格苗叶片数大于 4.0 片,苗高大于 25 cm,壮苗叶片数大于 5.0 片,苗高大于 35 cm;8 年生藤林成丛株数大于 13.0 株,12 年生藤林原藤产量 7 000 kg/hm²,速生丰产林平均成丛株数大于 50 株,总茎长大于 100 m/丛,采收量大于 10 000 kg/hm²^[35]。

黄藤的萌蘖力、植株母茎长和藤丛总茎长均随年龄的增加而增大、随造林密度的增加而递减,密度对 5 a 和 13 a 时的萌蘖力分别造成显著和极显著差异,而对植株母茎长无显著影响,但对 13 a 时藤丛总茎长则有极显著影响;造林后 13 a,林分自疏率随密度的增加而增加,不同密度水平间有极显著差异;林分直径大致随着密度的增加而递减,不同密度间有显著差异;藤丛产量随密度的增加而减少,受造林密度影响最大;藤林总产量则随着密度的增大先增加后逐步减少,不同密度间无显著差异,但以密度为 3 333

株·hm⁻²时的总产量最高^[36]。

1.2.2.4 黄藤经济效益研究现状

因藤种、地理条件不同,采收周期而异。黄藤约 6~8a 达工艺成熟,最佳采收藤龄 10~12 a,采收间隔期 4~5 a;而杨锦昌^[36]对藤林经济效益研究得出黄藤以 7 年初采和 6 年采收周期经济效益最高。许煌灿等^[37]对藤林采伐强度研究发现,黄藤首次株数采伐强度和茎长采伐强度分别为 25%~35%和 70%~85%。采后垦复管理 2 a,以黄藤为经营目的,经营周期至少 50 a,以林木为主要经营目的,经营周期 25~30 a。在 25 a 黄藤林经营期内,5a 为一个采收间隔期,可连续采收 4 次,首次生产原藤 7 865 kg/hm²,25 a 经营期总产值大于 3 800 kg/hm²,总投入 11 169 元/hm²,产值 155 064 元/hm²,净收入 135 707.06 元/hm²,净现值大于 1 600 元/hm²,内部收益率大于 28%。随着造林密度的增大,藤林 13 a 内的总生产成本逐渐增加,而纯收入则不断递减。从经济收益角度考虑,培育黄藤人工林宜采用密度 3 m×3 m 或 3 m×2 m,从而获得较高的藤产量和便于藤林的经营管理。

以试验林的生长和采收实测、种植场的经营和市场调查为依据,利用经济效益动态评价方法,对和黄藤人工林的投入和产出进行综合比较分析得出黄藤是最具潜力的速生丰产栽培藤种。在 25 a 的经营期内,黄藤藤林的净现值和内部收益率,收益成本比均高于白藤、单叶省藤^[38]。黄藤相对耐旱,具有较强的抗病虫害能力,因此黄藤造林抗风险能力强,经济效益高,对于发展山区和林区多种经营,提高林业经营效益无疑将起着重要作用。

1.2.2.5 黄藤分子生物学研究现状

对棕榈藤天然种群的遗传多样性进行分析,了解目前棕榈藤资源状况,并在此基础上对从天然林和人工林中收集的两种进行优良家系的选择,为黄藤分子生物学研究提供了技术支持,为进一步的良种选育打下基础。

杨华^[39]针对我国特有种黄藤,首次进行 RAPD 分子标记的反应体系和扩增程序的优化,发现其的遗传多样性比较丰富,各种群间的遗传变异非常小,大部分遗传变异来源于种群内,丰富的遗传多样性是黄藤具有较高的适应能力、生存能力和进化潜能的内在表现。对黄藤天然种群进行种子性状和苗期生长性状的表型多样性分析,根据种群间各性状变异系数的变异情况,及各方差分量的求算,结果黄藤和天然种群遗传分化结果与 RAPD 分子标记法相同,即种群内变异远远大于种群间变异。这证明了黄藤和单叶省藤表型多样性和 RAPD 多样性具有一定的耦合性。

1.2.2.6 黄藤笋营养价值研究现状

近年来,中国林科院热带林业研究所研究人员对黄藤笋的营养价值进行了不断的研究探索。许煌灿等^[40]于1991年通过对人工栽培的商品藤种—黄藤茎梢营养成分的测定,发现其含有蛋白质、粗脂肪、碳水化合物、17种氨基酸及多种人体必需的矿质营养元素、维生素等。蛋白质、粗脂肪、必需氨基酸、维生素C、B₁、B₂及钙、镁、铁、锌无机元素含量较丰富,高于27种竹笋和12种蔬菜含量的平均值,第一次科学鉴定黄藤可以做为一种“蔬菜”加以开发食用。2007年赵霞等^[41]通过研究发现黄藤笋是一种高蛋白、低脂肪、富含纤维素的绿色森林蔬菜,味道独特,甘中带苦,具有一定的保健功能。并测定出黄藤笋17种氨基酸的含量,指出氨基酸组成比例接近人体需要的氨基酸比例,蛋白质营养价值优于韭菜、菠菜、苜蓿等常见蔬菜。

1.2.3 食用笋保鲜技术研究进展

根据食用需求,食用笋保鲜主要包括熟笋保鲜和鲜笋保鲜。传统的笋类保鲜主要集中在熟笋方面,其方法主要是通过高温加热煮熟、盐腌等技术使笋类短时间内得到一定程度的保鲜^[42]。但是由于食用笋经过这些传统熟笋保鲜技术处理后,使得笋的色泽、口感都有所下降,因此在市场上推广受到一定的限制。笔者就近年来食用笋类的鲜笋保鲜技术进行了综述,主要包括以下几个方面。

1.2.3.1 物理方法

1.2.3.1.1 低温贮藏

即使食品保持较低的温度,以维持食品质量的保藏方法。根据低温的范围,分为冻藏和冷藏两种类型。冻藏一般是指在零下低温环境中,快速将果蔬、食品冻结,从而达到保鲜的目的。目前,该技术在一些果蔬、食品产品中得到了广泛应用。但冻藏尚有许多问题有待解决,如冷冻贮藏后的解冻技术以及冷冻对果蔬品质影响的问题还不清楚;另一方面,由于冷冻使果实失去了原有的鲜活特性,因此这一技术已不再是完全意义上的贮藏保鲜范畴,而应是一种加工方式。冷藏是指在果蔬冰点以上的低温环境条件下对果蔬进行贮藏的一种方法,这也是果蔬贮藏最常用的一种方法。冷藏可降低果蔬的乙烯释放量,抑制呼吸,减少贮藏物质的消耗,减缓生命活动进程等,从而延长果蔬的保鲜期。沈立铭等^[44]发现竹笋在(2±1)℃下贮藏15d,其呼吸强度比在(10±1)℃贮藏条件下低了318%,说明低温明显抑制了呼吸。但是,单纯冷藏易使果蔬失水,失去鲜活状态,口感变差,难以长时间保持其商品价值。近年来,冷藏并结合其它一些保鲜措施在食用笋

类的保鲜研究上已经有了一定进展。苏云中等^[45]在 $(1\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 低温下结合 PE 袋及放置缓冲土, 可使贮藏鲜竹笋的时间达到 50-80 d。芦笋嫩茎采收后, 以 0.5 cm 大孔 PE 薄膜袋包装, 在 $2-4^{\circ}\text{C}$ 温度下贮藏 15-20 d, 商品率仍可达 90% 左右。另外, 刘升^[46]研究表明在 2°C 条件下, 冷藏 20 d 的绿芦笋仍然新鲜并具商品性。而刘耀荣等^[47]于 1°C 恒温库中结合速冻(-18°C)可以使竹笋的贮藏期达到 90 d 左右。

1.2.3.1.2 MAP 保鲜法

MAP 保鲜法, 即自发气调包装 (Modified Atmosphere Packaging), 是一种在能阻止气体进出的材料中调节储藏食品气体环境的技术。目前, MAP 已成为一些食品的主要包装形式, 其使用范围不断扩大, 已经成为果蔬保鲜研究的热点之一。保鲜的基本原理是通过使用适宜的透气性包装材料被动地产生一个调节气体环境, 或采用特定的气体混合物及结合透气性的包装材料主动地产生调节气体环境, 其目的是在包装过程中建立一个最适宜的气体平衡, 使产品的呼吸活性维持在最低水平。气调包装中常用的气体主要有 CO_2 、 N_2 、 O_2 。 CO_2 在高浓度下能够抑制一些微生物的繁殖, 具有防霉和防腐作用, 但不能抑制一些厌氧菌的生长; N_2 是一种惰性气体, 一般不与食品发生化学作用, 不会被食品吸收, 并且没有毒性, 在气调包装中主要用做填充气体; O_2 可以使果蔬中的维生素、脂肪等营养物质氧化, 并能滋生一些微生物。但是, O_2 是维持新鲜果蔬后呼吸代谢的作用必不可少的一种气体, 适量的 O_2 可以抑制大多数厌氧腐败细菌的生长繁殖。研究发现, 芦笋在 $3.2\%\sim 8.3\%\text{O}_2$, $3.5\%\sim 5.3\%\text{CO}_2$ 的气体条件下 MAP 贮藏保鲜效果优良^[48]。毛竹笋在 4°C 低温结合 $2\%\text{CO}_2$ 、 $5\%\text{O}_2$ 和 $93\%\text{N}_2$ 的充气配方条件下, 贮藏 60 d 仍能保持良好的品质^[49]。雷竹笋在自发调节气体包装(MAP)配合低温的环境下, 腐烂老化等过程得到控制^[50]。孔凡春等^[51]将雷竹笋包装在厚度为 0.04 mm 且充气成分为 $2\%\text{O}_2$ 、 $5\%\text{CO}_2$ 和 $93\%\text{N}_2$ 的聚乙烯 (PE) 袋内, 在 10°C 条件下贮藏, 可以延长雷竹笋的保鲜期。另外, 研究发现 MAP 气调保鲜方法也可以延长芦笋的货架期^[52]。

1.2.3.1.3 减压贮藏

减压贮藏又称低压贮藏, 是在传统气调贮藏的基础上, 将贮藏环境内的气体抽取一定量, 使压力降低到一定程度, 并在贮藏期间保持恒定的低压水平的一种保鲜方法。减压有助于果蔬组织内乙烯与挥发性气体向外扩散; 可防止果品、蔬菜组织的完熟、衰老, 防止组织软化; 可减轻冷害和贮藏生理病害的发生; 而且低压可以抑制贮藏期微生物的生长发育和孢子形成, 控制侵染性病害的发生。有研究发现, 减压储藏较低温储藏可以更有效的保持绿芦笋的感官品质, 延缓绿芦笋的衰老进程, 延长储藏寿命, 其储藏期可

以达到 50 d^[53]。

1.2.3.1.4 其它物理方法

1) 臭氧处理 臭氧(O₃)是一种有特殊气味的不稳定气体,具有很强的氧化能力,可以氧化果实产生的乙烯、乙醇等有害物质和杀灭霉菌,且安全无毒,在空气和水中会逐渐分解成氧气,是良好的杀菌防腐剂,被广泛地应用于食品保鲜与加工等领域^[54]。对雷竹笋采用臭氧(O₃)、0.3%Vc+0.5%柠檬酸、0.05%多菌灵处理有较好的保鲜效果,可以延长保鲜期 25d 以上,并且臭氧处理结合气调包装能有效降低竹笋总糖的消耗,减缓纤维化作用,较好地保持原有的风味和营养品质^[55]。

2) 微波处理 微波作为一种高频电磁波,当它在介质内部起作用时,水、蛋白质、脂肪、碳水化合物等极性分子受到交变电场的作用而剧烈振荡,从而引起强烈的摩擦而产生热。这就是微波的介电感应加热效应。这种热效应也使得生物体内的蛋白质、核酸等分子结构改性或失活,从而达到对细菌、霉菌和酶的杀灭作用。因此,微波处理成了近年来保鲜果蔬的一种手段。贺筱蓉^[56]采用微波处理绿竹笋,就是利用绿竹笋中的有效介质(水、蛋白质等)强烈吸收微波能,使绿竹笋表里受热,不需要常规加热的热传导过程,从而可以达到快速灭酶的目的。

1.2.3.2 化学方法

化学保鲜主要有以下三种:(1)加入能释放 SO₂ 和 CO₂ 的化学试剂,如亚硫酸钠和碳酸氢钠等,释放出的 CO₂/SO₂ 增加包装系统内的压力,减少氧气的浓度,从而达到抑制竹笋呼吸强度的效果;SO₂ 能抑制微生物和酶的活性,从而达到保鲜的目的。据报道,苯丙氨酸解氨酶是合成木质素的重要酶之一,而 SO₂ 可以抑制苯丙氨酸解氨酶。徐俐^[57]等采用安喜培(1-MCP)和亚硫酸钠配制的固体熏蒸剂,可明显地抑制竹笋活体的呼吸作用,减缓纤维素的增加,保鲜期可达 30 d 以上。(2)主要采用苯甲酸钠、山梨酸钾、氯化钠等。徐平用苯甲酸钠、焦亚硫酸钠作为化学添加剂进行竹笋保鲜,并取得成功。(3)加入护色剂。沈卫荣等^[58]通过乳酸盐护色剂对绿芦笋的护色保鲜工艺研究,发现绿芦笋在 0.3mol/L 碳酸钠溶液中浸泡 40s,用乳酸铜,乳酸锌,乳酸盐复合护色液常温浸泡 18h,绿芦笋能保持鲜绿色泽等级,证实乳酸盐护色剂对绿芦笋有较好的护色效果。

1.2.3.3 生物保鲜

传统使用的化学防腐剂如亚硝酸钠、苯甲酸钠等具有一定的毒性,而低温贮藏、辐射贮藏等物理方法又因使用范围、操作技术等限制,很难广泛推广。因此,开发安全、无毒的生物保鲜技术,用于取代化学保鲜已成为新研究热点。生物保鲜技术主要是指以

生物有机体或其组成部分为材料,运用现代生物科学和其他多种学科的知识和技术,对其进行保鲜处理。一般机理为隔离食品与空气的接触,延缓氧化作用,或是生物保鲜物质本身具有良好的抑菌作用,从而达到保鲜防腐的效果。生物保鲜物质直接来源于生物体自身组成成分或其代谢产物,具有无味、无毒、安全等特点。此外生物保鲜物质一般都可被生物降解,不会造成二次污染。现今发现有望开发为生物保鲜剂的植物次生物质主要有多酚类、苯丙素类、甙类、萜类和多糖类等^[59,60]。

壳聚糖作为目前研究比较成熟的一种生物保鲜剂,其无味、无毒、无害,具有良好的成膜性,该膜可将食品与空气隔离,对果蔬可起到“微气调”的作用,抑制果蔬的呼吸;壳聚糖还具有良好的抑菌作用,它对腐败菌、致病菌均有一定抑制作用;壳聚糖分子中的羟基与氨基可结合多种重金属离子形成稳定的螯合物,例如铁、铜等金属离子与其结合可以延缓脂肪的氧化酸败。涂膜处理在竹笋保鲜研究上已得到了应用,竹笋涂膜保鲜一般采用壳聚糖和魔芋多糖,对竹笋具有较好的保鲜效果^[61]。选用壳聚糖作为涂膜剂处理带壳小竹笋,在4℃低温,相对湿度94%条件下贮藏保鲜25d^[62]。另外,以易变质的绿竹笋为试材,通过天然产物魔芋多糖和竹叶中的有效成分对绿竹笋进行涂膜处理,并在3℃低温下贮存,可减轻绿竹笋的失重率,且老化程度大大低于未经涂膜处理的绿竹笋^[63]。陈明木等^[64]采用2mg/g魔芋葡甘聚糖+20mg/g壳聚糖+1mg/g的亚硫酸钠对绿竹笋进行涂膜,能抑制苯丙氨酸解氨酶的活性,降低绿竹笋在贮藏期的失水,从而抑制其木质化。鲜切莴笋经质量分数50%的壳聚糖降解液在45℃浸泡2min,微生物生长以及褐变明显受抑制,在贮藏期9d内感官品质仍然保持良好^[65]。

新型乙烯作用抑制剂1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)作为一种生物保鲜剂,近年来已成为国际果蔬保鲜技术研究的新方向。1-MCP是含双键的环状碳氢化合物,以气体状态存在。它能不可逆的与乙烯的受体结合,阻断乙烯与受体结合,从而抑制乙烯诱导果实的后熟和衰老。与传统的乙烯抑制剂相比,1-MCP具有无毒、低量、高效的优点,它不仅能强烈地阻断内源乙烯的生理效应而且还能抑制外源乙烯对内源乙烯的诱导作用,并且作用效果持久,直到果实内新的乙烯受体合成才逐渐恢复对乙烯的敏感性,果实才能正常成熟衰老^[66,67]。研究表明采后绿芦笋在装有1-MCP与空气体积比为1 μ L/L的密闭玻璃缸内处理24h后,用聚乙烯袋包装,常温下可贮藏3d,绿芦笋商品率仍达88%以上,比对照高12.8%^[68]。苏光耀等^[69]试验结果表明,2℃低温结合1-MCP处理方法可以有效地减少芦笋的维生素C和叶绿素的损失,维持较理想的剪切力,其电导率比较低,具有较好的感官品质,从而延长芦笋的贮藏保鲜期。

目前, 保鲜研究方向正逐渐向材料学、食品化学、有机化学、遗传生物学、机械工程等诸多领域发展。保鲜方法也由单一原理研究向复合方向研究, 各种保鲜技术的复合研究和应用是国际保鲜的流行趋势。另外, 今后的研究工作中将更注重成本低廉、操作方便、易于掌握、更加科学的保鲜方法。我们相信, 不断发展的保鲜技术一定可以为我们常年提供新鲜、安全、高质量的食用笋, 来丰富人们的餐桌文化。

1.2.4 研究评述

棕榈藤被誉为“绿色金矿”, 是热带和南亚热带地区森林宝库中重要的非木质林产品, 是集经济效益、生态效益与社会效益于一体, 具有重要的社会、经济和生态价值。国外对棕榈藤的相关研究已经取得了令人瞩目的成就, 涉及全球棕榈藤资源及分布、棕榈藤的分类、生态生物学特性、资源保存、人工藤林培育、天然藤林的可持续经营及藤条的加工与利用等方面, 较系统全面地阐述了棕榈藤研究的历史与发展现状。因此, 棕榈藤研究的基础是很扎实的, 但还有很大的发展空间。热带地区人们中经常把棕榈藤幼嫩部分作为日常生活的蔬菜, 但对棕榈藤食用方面的基础研究和应用研究还需要进一步深入和扩展, 这可作为今后棕榈藤研究可持续发展的研究方向。

1977年华南植物研究所出版的海南植物志, 初步建立了棕榈藤的分类系统, 记录了华南地区分布的钩叶省藤属、省藤属和黄藤属 3 属 12 种藤种。系统开展了我国棕榈藤的生态生物学、种群分布的区系特征、种质资源收集和保存、物种鉴定、基因收集与保存、引种驯化、繁殖技术、丰产造林与经营技术、藤材特性等多学科的综合研究, 具有重要的经济价值和发展前景。作为我国特有种的黄藤, 相对其它藤种较耐旱, 适生能力强, 分蘖能力强, 抗病虫害能力强, 在华南地区大量人工栽培, 其生态生物学、栽培、经济效益、分子生物学、营养价值等方面做了较深入的探讨, 是一种国内值得广泛推广应用的藤种。随着发展的需求, 在已有成果的基础上需要对黄藤进行更全面、系统、深入的研究。

综观国内外文献, 物理、化学等保鲜方法已经广泛应用于竹笋、莴笋等食用笋上, 并且已经取得比较明显的效果, 但至今这些技术尚未应用于棕榈藤植物。在黄藤的采后生理中仅仅局限于对黄藤营养价值的分析, 有关黄藤保鲜的研究还是空白。本论文就以最常见应用最广泛的果蔬保鲜技术--低温贮藏法进行黄藤保鲜, 开创了国内外棕榈藤保鲜的新局面, 填补了国内外棕榈藤保鲜系统研究的空白。扩展棕榈藤的多种用途, 是实现棕榈藤业可持续健康发展的必由之路。

1.3 研究目标和主要研究内容

1.3.1 研究目标

本研究以棕榈科黄藤属中的中国特有种黄藤的嫩茎——黄藤笋为实验材料，采用低温保鲜技术，结合贮藏期间黄藤笋皮和笋心外观品质以及内部营养物质的变化，较系统地探讨了温度对黄藤笋保鲜和采后生理的影响。黄藤笋的采后生理包括外观及形态的变化、维生素 C 等营养成分的变化等，旨在找出低温保鲜中发生冷害的温度，以及其保鲜最适温度，为今后开展黄藤笋保鲜以及黄藤笋生产、加工、储运、销售等环节奠定了基础和提供行之有效的技术支持。同时有助于提高棕榈藤的开发价值，促进棕榈藤资源的可持续利用，有利于对今后棕榈藤的合理利用提供科学依据，在生产上具有广泛应用前景。

1.3.2 主要研究内容

- (1) 黄藤笋主要营养成分的测定
- (2) 黄藤笋在不同温度处理下外观及主要营养成分的变化特点
- (3) 黄藤笋发生冷害的温度及时间
- (4) 黄藤笋最适贮藏温度

1.4 研究技术路线

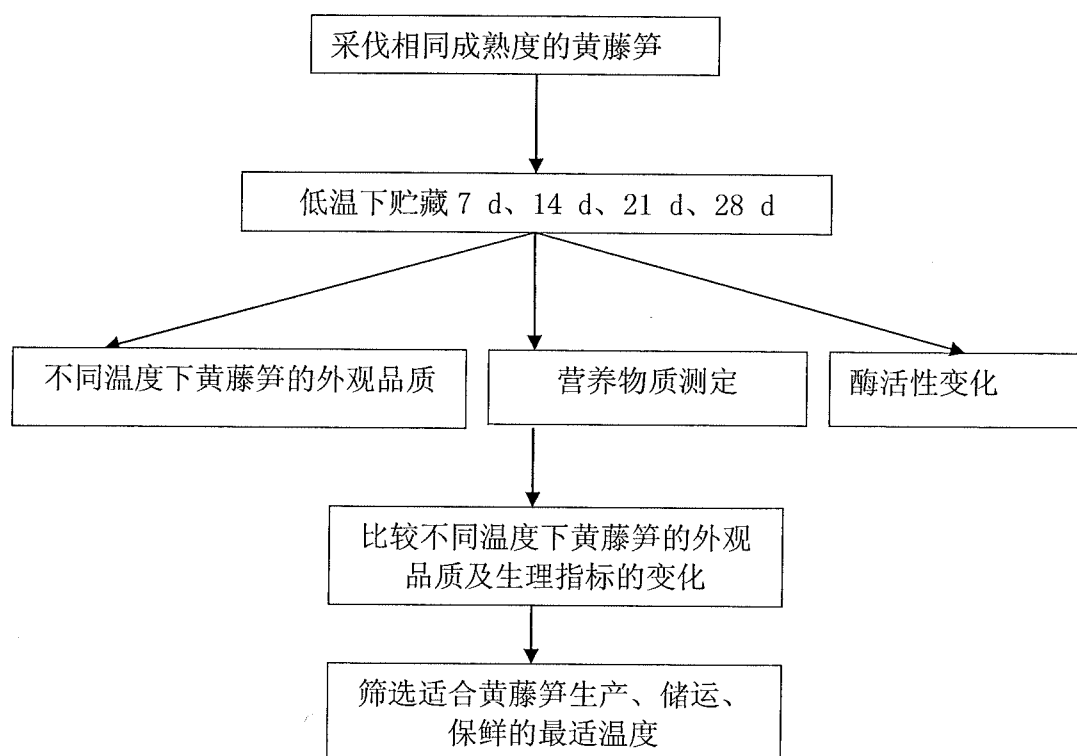


图 1-1 技术路线图

Fig.1-1 Technical roadmap for the study

第二章 材料与方法

2.1 试验材料与处理方法

2.1.1 试验材料

本论文选取中国特有种黄藤作为试材，2007年9月份采自广东省东莞市谢岗镇龙翔种植场，生长年限为三年。

嫩茎采伐方法或采伐标准：茎粗3cm以上，用长枝剪直接从植株基部剪取，或从已展开的最嫩叶叶柄以下60~80cm长的茎段（见图A-1）。

采后即时运回，挑选大小均匀，无明显机械损伤的茎段用于保鲜试验。

2.1.2 处理方法

藤茎段刮掉外壳硬刺（见图A-2），放入聚乙烯塑料袋（PE袋的规格为80cm×50cm）中，袋口扎紧。分别置于3℃、7℃、11℃、25℃（对照）恒温箱中贮藏28d，每7d观察其外观品质和测定相关生理指标。

2.2 试验方法

2.2.1 可食部分百分率测定

采用天平重量法与直尺测量法。

$$\text{重量出笋率(\%)} = \frac{\text{可食用笋的重量 (g)}}{\text{笋段的重量 (g)}} \times 100\%$$

$$\text{长度出笋率(\%)} = \frac{\text{可食用笋的长度 (cm)}}{\text{笋段的长度 (cm)}} \times 100\%$$

2.2.2 色度的测定

使用Minolta-CR300型（日本）全自动测色色差计进行黄藤笋心颜色的测定。工作条件：C/2光源，测色光斑直径为10mm，以白板为标准样校对。标准白板在C/2光源下X（红色）、Y（绿色）、Z（蓝色）分别为92.78、94.64、108.27。测定L*、C*、h·值，重复三次。其中L*表示亮度，值越大亮度越高，范围从黑（0）到白（100）；C*为色饱和度，h·为色调角，代表色泽。每个温度下取黄藤3根，剥开笋皮，从生长点开始截取20cm，并测第一个点，然后每5cm测一个点，两面共测十个点。记录L*、h·、C*值。

2.2.3 硬度的测定

硬度使用Instron5542型硬度计测定。硬度计测头为圆柱形，直径8mm，探头移动

速度为 300 mm/min。剥开笋皮，从生长点开始至 5 cm 处，测定第一个点，然后每 5 cm 测一个点，共测四个点。每个重复测定 3 根黄藤笋。

2.2.4 含水率的测定

采用烘干法测定，即将同一贮藏温度下的 3 根笋心切碎混匀，分别置于 3 个培养皿中，用电子分析天平称量记数，105℃恒温箱杀青 2 h 后，在 60℃恒温箱里继续烘干 4 h 至恒重，最后称量记数。以鲜重为基础计算含水量。

2.2.5 失重率的测定

采用称量法测定，用天平称量黄藤茎段初始重量值即贮前重量值，然后放于 PE 袋中，每 7 d 称一次重量。

$$\text{失重率} = (\text{贮前重量} - \text{贮后重量}) / \text{贮前重量} \times 100\%$$

2.2.6 可溶性蛋白质含量的测定

参照 Bradford^[70]的方法，采用考马斯亮蓝（G250）比色法，测定 595 nm 处光密度值（OD₂₄₀）。以牛血清蛋白（Bovine serum albumin, BSA）做标准曲线。每样品重复三次。

2.2.7 相对电导率的测定

参照张昭其等^[71]的方法，稍加改动。从生长点开始截取 20 cm 笋心，上、中、下三部分各取四片，每片厚度大约 1 mm，放在加有去离子水的试管中，用去离子水冲洗三遍（纱布放在试管口防止藤笋漏出）。加入 50 ml 去离子水，用试管盖将试管盖上，静置 1 个小时，用 DDS-11A 型电导仪测定电导率。煮沸 20 min 后，冷却至室温，再测定煮后电导率。每处理重复 3 次。

$$\text{相对电导率} = \text{静置 1 个小时电导率} / \text{煮沸 20 分钟电导率} \times 100\%$$

2.2.8 纤维素含量的测定

标准曲线的制作：1) 在 6 支小试管里分别放入 0, 0.40, 0.80, 1.20, 1.60, 2.00ml 纤维素标准液，然后分别加入 2.00, 1.60, 1.20, 0.80, 0.40, 0ml 蒸馏水，摇匀，则各试管依次含纤维素 0, 40, 80, 120, 160, 200 μg。2) 向每管加 0.5 ml 2% 蒽酮，再沿管壁加 5.0 ml 浓 H₂SO₄，塞上塞子、摇匀，静置 1min。然后在 620 nm 下，求测不同含量纤维素溶液的吸光度。3) 以测得的吸光度为 Y 值，对应的纤维素含量为 X 值，求得 Y 随 X 而变的回归方程。

称取风干样品 0.2 g 于烧杯中，将烧杯置冷水浴中，加入 60% H₂SO₄ 60 ml，消化 30

min。将消化好的纤维素溶液转入 100 ml 容量瓶，用 60% H₂SO₄ 定容至刻度，摇匀后离心取上清液。取 5ml 上清液放入 100 ml 容量瓶，在冷水浴上加蒸馏水稀释至刻度并摇匀。取 2 ml 稀释后的溶液于具塞试管中，加入 0.5 ml 2% 蒽酮试剂，并沿管壁加 5 ml 浓 H₂SO₄，塞上塞子，摇匀，静置 12 min，测定 620 nm 波长下的吸光度，重复 3 次。

根据测得的吸光度按回归方程求出纤维素的量，然后按下式计算样品纤维素的含量：

$$Y(\%) = X \times 10^{-6} \times A \times 100 / W$$

X——按回归方程计算出纤维素含量 (μg) W——样品重 (g)
 10⁻⁶——将 μg 换算成 g 的系数 A——样品稀释倍数
 Y——样品中纤维素含量 (%)

2.2.9 维生素 C (Vitamine C, Vc) 含量的测定

参照韩雅珊^[72]的方法，采用 2, 6-二氯酚靛酚染料滴定法测定还原型 Vc 含量。称取笋心 20 g，加 2% 草酸溶液少许研碎，转入 200ml 容量瓶中，以 2% 草酸溶液稀释至刻度，静置过滤。吸取样品滤液 10ml 于烧杯中，用已标定的 2, 6-二氯酚靛酚溶液滴定至出现微红色，且 15s 内不褪色为止，记下染料用量，同时，以 10 ml 2% 草酸作为空白按以上方法进行滴定，重复 3 次。

$$W \text{ (mg/100 g)} = (Y - Y_1) \times A \times b \times 100 / B \times a$$

W——100 g 样品中含有的抗坏血酸毫克数 Y——空白滴定消耗的染料毫升数
 Y₁——样品滴定消耗的染料毫升数 B——滴定时吸取的样品溶液毫升数
 b——样品定容毫升数 a——样品的克数
 A——1 ml 染料溶液相当于抗坏血酸的毫克数

2.2.10 还原糖含量的测定

采用蒽酮比色法。均匀称取 1 g 笋心于 50 ml 离心管中，加入双蒸水 30 ml，沸水浴中提取 20 min，迅速冷却，再加入双蒸水至 40 ml，用滤纸过滤。取滤液 2 ml 于 10 ml 刻度试管中(重复 3 次)，依次加入 0.5 ml DNS，沸水浴 5 min，再加入 2.5 ml 双蒸水，冷却至室温，充分振荡，以空白(2ml 水 + 0.5 ml DNS + 2.5 ml 双蒸水)作参比，540 nm 下比色，从标准方程中查出提取液含糖量，然后按公式计算出组织还原糖含量，重复 3 次。

$$X = (M \times V) / (M_1 \times 0.5) \times 100\%$$

X——还原糖含量，% M——还原糖毫克数
 M₁——样品毫克数 V——样品提取液体积

2.2.11 总糖含量的测定

采用蒽酮比色法。均匀称取 1 g 笋心于 50 ml 离心管中，加入浓度为 6 mol/L HCL 溶液 10ml，沸水浴中提取 30 min，迅速冷却，再加入浓度为 6mol/L NaOH 溶液，调整 PH 至中性，然后加入双蒸水至刻度 40 ml，用滤纸过滤。取滤液 0.5 ml 于 25 ml 刻度试管中(重复 3 次)，依次加入 0.5 mlDNS，沸水浴 5 min，再加入 9 ml 双蒸水，，冷却至室温，充分振荡，以空白(0.5 ml 水 +0.5 mlDNS+9ml 双蒸水)作参比，540 nm 下比色，从标准方程中查出提取液含糖量，然后按公式计算出总糖含量，重复 3 次。

$$Y=(N \times V \times 0.9)/(N1 \times 0.5) \times 100\%$$

Y—总糖含量，%

N—水解后还原糖毫克数

N1—样品毫克数

V—样品提取液体积

2.2.12 过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 活性的测定

参照曾韶西^[73]的方法，采用愈创木酚法测定。均匀取笋心 1 g，加入 0.1 g 聚乙烯聚吡咯烷酮 (PVPP)，加入 3 ml 0.15 mol/L pH7.0 预冷的磷酸缓冲液(PBS)，研磨匀浆，4℃低温条件下 15 000 rpm 离心 20 min，提取上清液，用于酶活性的测定。

3 ml 的反应体系中包括 0.05 ml 上清酶液、0.95 ml 0.2% 愈创木酚和 2 ml 0.1% H₂O₂，将其置于比色皿中，在岛津 (日本) UV-2450 紫外可见分光光度计中迅速比色，测定在 3 min 内 OD₄₇₀ 的变化量，以每分钟光密度变化 0.01 为一个酶活力单位(U)，重复 3 次。

2.2.13 多酚氧化酶 (Polyphenol Oxidase, PPO) 活性的测定

参照林植芳等^[74]的方法，酶液提取同 POD。3 ml 的反应体系中包含酶液 0.1 ml 和 2.95 ml 10 mmol/L 邻苯二酚溶液，在 398 nm 下迅速比色，测定 180 秒内的 OD 变化量，以每分钟光密度变化 0.01 为一个酶活力单位(U)，重复 3 次。

2.2.14 过氧化氢酶 (Catalase, CAT) 活性的测定

均匀取笋心 1 g，加入 0.1g 聚乙烯聚吡咯烷酮 (PVPP)，加入 4 ml 0.05 mol/L pH7.0 预冷的磷酸缓冲液 (PBS)，研磨匀浆，4℃低温条件下 13 000 rpm 离心 20 min，提取上清液，用于酶活性的测定。

3ml 的反应体系中包括 0.1 ml 上清酶液、0.9 ml PBS 和 2 ml 0.2% H₂O₂ 溶液，在 240 nm 处测定 3 min 内的 OD 值变化，以 OD₂₄₀ 每分钟变化 0.01 为一个酶活力单位(U)，重复 3 次。

2.3 仪器与试剂

2.3.1 主要仪器

表 2-1 主要仪器
Tab.2-1 The main instrument used in the study

名称 Name	型号 type	生产厂家 Manufacturer
高速冷冻离心机 Automatic high speed refrigerated centrifuge	CR-22G	日本日立公司 HITACHI CORP., JAPAN
电子分析天平 Electronic analytical balance	BS224S	德国赛多利斯公司 Sartorius Scientific Instruments Co.,GERMANY
制冰机 Ice-making machine	IM-F124	日本 SANYO 公司 SANYO CORP., JAPAN
色度计 Colorimeter	CR-300	日本岛津有限公司 SHIMADZU CORP., JAPAN
硬度计 Hardness tester	Instron5542	美国英斯特朗公司 Instron CORP., USA
紫外可见分光光度计 ultraviolet-visible pectrophotometer	UV-2100	尤尼柯仪器有限公司 UNICO instrument Co., Ltd.
紫外分光光度计 ultraviolet spectrophotometer	UV-2450	日本岛津有限公司 SHIMADZU CORP., JAPAN

2.3.2 试剂

本试验所用试剂，除 2,6-二氯酚靛酚为 Sigma 公司产品外，其它试剂均为国产分析纯试剂。

2.3.3 数据统计及作图分析

本试验所有数据均用 Microsoft Excel 2003 (Microsoft Company) 进行平均数和标准差计算以及作图，并且利用 SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 统计软件进行数据分析。

第三章 结果与分析

3.1 采伐到的黄藤笋及剥出可食部分（笋心）的形态特征

黄藤笋包括坚硬的叶鞘 3-5 层和嫩白色笋心，叶鞘上并披有硬刺；笋心包括嫩茎、嫩叶鞘、嫩叶。

3.2 黄藤笋可食部分百分率的分析

表 3-1 黄藤笋可食部分的百分率

Tab.3-1 Percentage of edible part of *D. margaritae* shoots

	全笋 Harvested shoot (HS)	笋心 Edible part of shoots (ES)	笋心/全笋 ES/HS
长度 (Length, cm)	77.17±8.67	23±7.76	33.33%
重量 (Weight, g)	215.3±36.88	32.9±7.95	15.27%

表 3-1 显示，黄藤可食用部分的重量占整个采伐植株的比例是 15.27%，长度比为 33.33%。由此可以看出黄藤的可食部分含量不高，需要进一步提高栽培和育种技术，来增加黄藤笋的商品性。

3.3 黄藤笋心主要营养物质含量分析

表 3-2 黄藤笋主要营养物质和含量（鲜重）

Tab.3-2 The main nutrition elements and their contents *D. margaritae* shoots (FW)

组成成分 Nutrition element	水分/% Water	还原糖/% Reductive sugar	总糖/% Total sugar	纤维素/% Cellulose	可溶性蛋白质/g·100g ⁻¹ Soluble protein	Vc/mg·100g ⁻¹ Vc
含量 content	88.95	0.12	3.51	0.8	1.88	18.6

新鲜果蔬的含水量高一般为 75%—90%，是影响果蔬嫩度、鲜度和味道的重要成分，同时也是果蔬贮藏性差、容易腐烂变质的原因之一。从表中可以看出，黄藤笋中水分含

量高, 达 90%左右, 可溶性蛋白质和维生素 C 的含量丰富, 每 100 g 分别含有 1.88 g 和 18.6 mg, 还原糖、总糖含量分别占到 0.12%、3.51%, 纤维素含量为 0.80%。

3.4 不同温度贮藏对黄藤外观品质的影响

表 3-3 黄藤笋贮藏期间外观品质

Tab. 3-3 The apparent quality of *D. margaritae* shoots during 28 days of storage

	3℃	7℃	11℃	25℃
笋皮微生物出现时间 The occurrence time of microorganism	28 d	14 d	7 d	7 d
笋皮微生物出现部位 The occurrence position of microorganism	切口 The cut	切口 The cut	切口 The cut	切口、笋皮 The cut, the peel
笋皮异味发生时间 The occurrence time of peculiar smell	—	—	—	14 d
笋皮颜色 The color of peel	色泽鲜艳 Brilliant color	色泽较亮 Bright color	色泽较亮 Bright color	黑褐色 Dark brown
笋心完全不可食用时间 The occurrence time of non-edible shoots	>28 d	>28 d	>28 d	28 d
笋心冷害发生时间 The occurrence time of chilling injury	14 d	21 d	—	—

新鲜采摘的黄藤笋皮颜色鲜亮, 笋心鲜嫩呈乳白色。据观察, 在不同温度贮藏下, 笋皮、笋心外观品质在贮藏期间有了不同地变化, 并且低温贮藏的黄藤外观品质明显优于 25℃下贮藏的黄藤(见图 A-3)。3℃贮藏的黄藤笋皮保水性好, 颜色鲜亮, 第 28 d 才出现微量霉菌, 但在 14 d 呈现较明显的冷害症状(见图 A-4)。7℃贮藏与 11℃贮藏的黄藤外观品质变化相近, 但 11℃贮藏的黄藤笋皮比 7℃贮藏出现霉菌的时间早, 但贮藏 28 d 未出现冷害褐斑(见图 A-5)。25℃下贮藏的藤笋从第 7 d 起笋皮色泽不鲜亮, 在切口和笋皮开始出现霉菌, 笋心开始轻微变软, 第 21 d 藤笋变黑红褐色, 并散发异味, 完全失去商品价值(见图 A-6)。在 3℃、7℃、11℃、25℃四个温度下贮藏的黄藤笋的表现效果来看, 低温可以抑制微生物的活动。7℃以下出现冷害现象, 因此 11℃下贮藏的黄藤笋的外观品质最好。

3.5 不同温度贮藏对黄藤笋心色度的影响

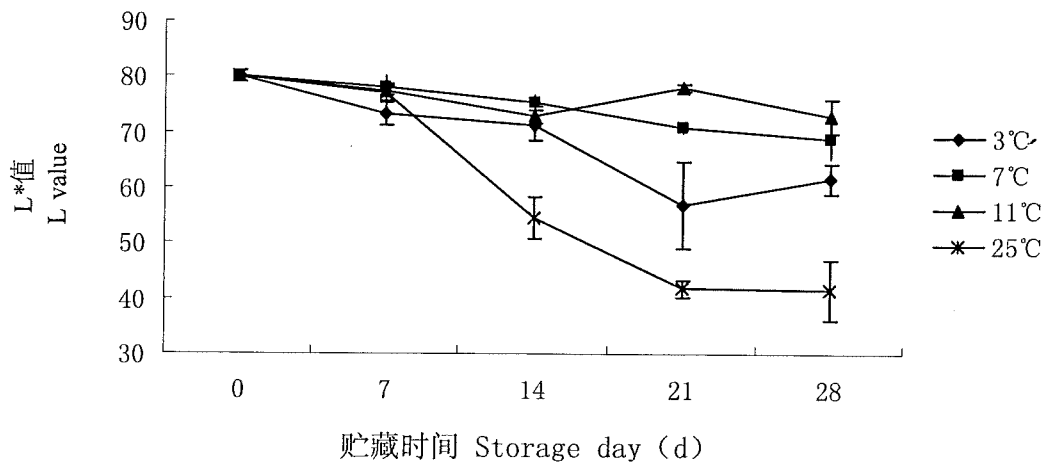


图 3-1 黄藤笋心在不同贮藏温度下亮度的变化

Fig.3-1 Changes in brightness of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

L*表示亮度，范围从 0（黑）到白（100）。贮藏于 3°C、7°C、11°C、25°C 的黄藤笋心在贮藏期间（28 d），亮度总体上呈下降趋势。贮藏天数和贮藏温度对亮度都有极显著性差异 ($F_{\text{天数}}=57.14^{***}$, $F_{\text{温度}}=60.52^{***}$), 并且贮藏天数与贮藏温度对亮度有极显著的交互作用 ($F_{\text{温度} \times \text{天数}}=11.84^{***}$)。贮藏 7 d，不同温度下亮度变化不明显。但从 7 d 到 21 d 贮藏期间，25°C 下降幅度最大，到 28 d 亮度比初始值下降了近 40%。而在 3°C 贮藏 14 d 后，亮度相对下降较快，贮藏于 7°C、11°C 条件下，亮度波动不大，平缓下降。

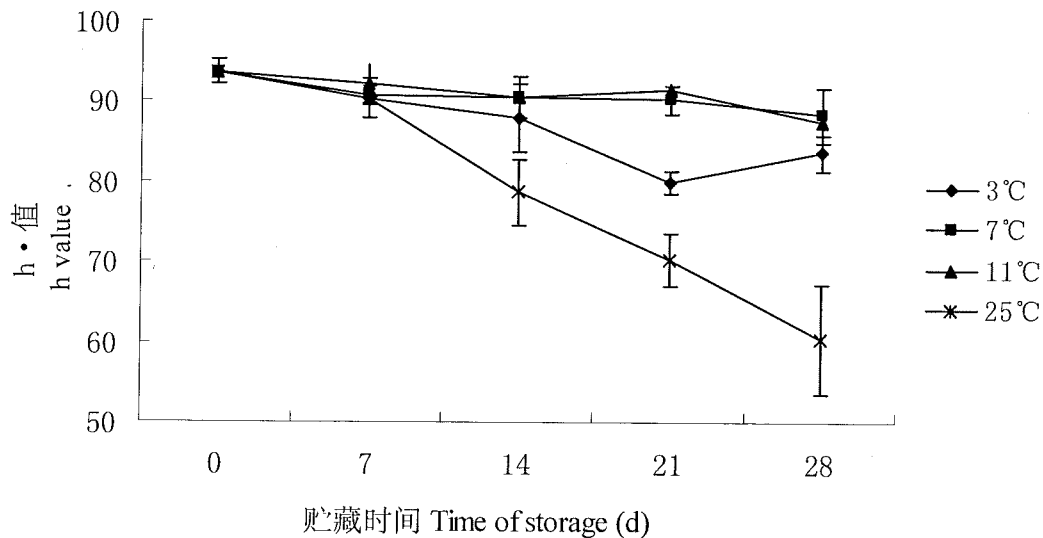


图 3-2 黄藤笋心在不同贮藏温度下色泽的变化

Fig.3-2 Changes in colour and lustre of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

$h \cdot$ 表示色泽,在一定程度上也可反映果品的新鲜度、成熟度和品质变化等,是衰老程度的重要指标。上图所示,不同温度贮藏下黄藤笋心色泽呈下降趋势。贮藏到第 7 d,色泽变化差异不大,但 7 d 后,其中, 7℃、11℃贮藏温度下,色泽平缓下降,第 28 d 下降了约 6%。贮于 25℃的黄藤笋心色泽从 7 d 开始急速下降,到达 28 d 时,已下降了 30%,而在 3℃低温下,笋心在 14 d 色泽迅速下降,而后略有回升。

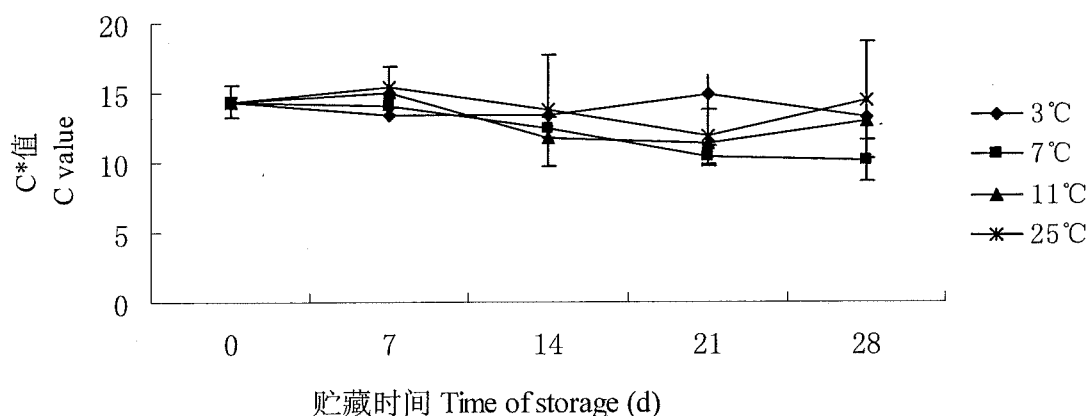


图 3-3 黄藤笋心在不同贮藏温度下饱和度的变化

Fig.3-3 Changes in saturation of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

C*代表色饱和度,反应颜色的鲜艳程度。笋心在不同温度下贮藏色饱和度总体呈下降,但趋势变化不是很明显。在 28 d 的贮藏期间内,贮藏温度对饱和度差异不显著 ($F_{\text{温度}}=1.59^*$), 并且贮藏天数与贮藏温度对饱和度交互作用不显著。 ($F_{\text{温度} \times \text{天数}}=0.75^*$)

3.6 不同温度贮藏对黄藤笋心硬度的影响

如图 3-4 所示,随着贮藏时间的不断延长,笋心的硬度趋势变化略有不同。在 25℃贮藏条件下,笋心硬度先升高后降低。在 14 d 硬度达到最大为 30.36N,其后硬度开始下降,在 21 d~28 d 贮藏期间硬度急剧下降,硬度只有 18.82N。3℃、7℃、11℃贮藏条件下,笋心硬度总趋势为增大,在 28 d 硬度达到最大,分别是 32.15N、32.00N、34.80N。

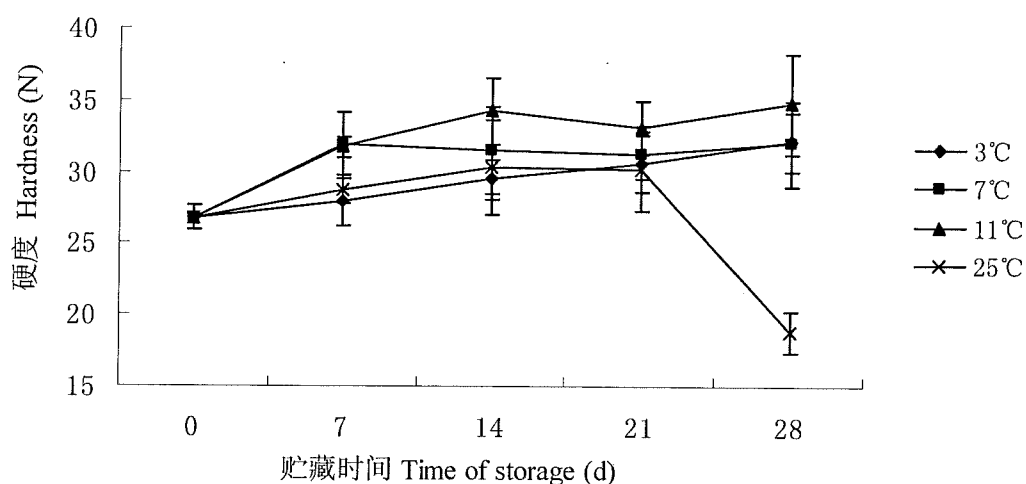


图 3-4 黄藤笋心在不同贮藏温度下硬度的变化

Fig.3-4 Changes in hardness of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

3.7 不同温度贮藏对黄藤笋心含水量的影响

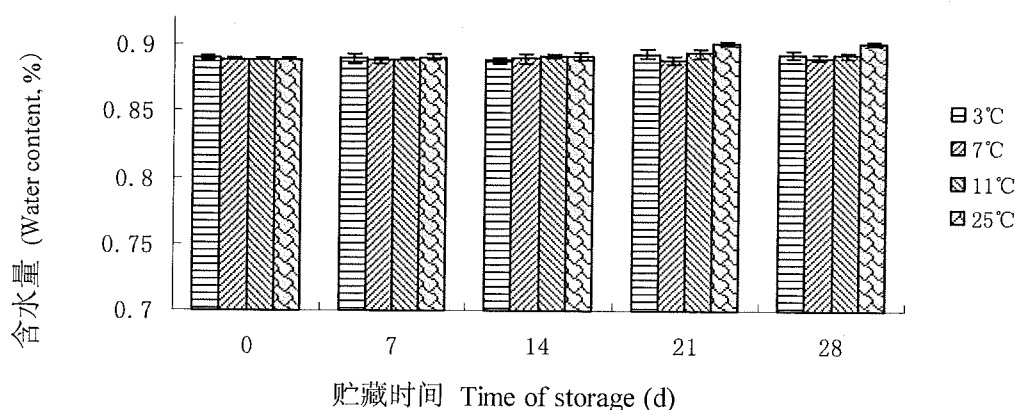


图 3-5 黄藤笋心在不同贮藏温度下含水量的变化

Fig.3-5 Changes in water content of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

由图 3-5 可知，在各个贮藏温度下笋心含水量变化不明显，基本持平。其中 25°C 贮藏的笋心在 21 d、28 d 含水量略有升高，由于此时笋心品质变化很大，已经腐烂不可食用，可能有些物质被软腐菌降解，造成水分含量的升高。而在 3°C、7°C、11°C 条件下，含水量几乎未有变化，说明薄膜包装以及有叶鞘包被的笋心水分被很好地保护，没有发生流失。在整个贮藏过程中，不同温度下的黄藤笋心含水量差异不明显。

3.8 不同温度贮藏对黄藤笋心失重率的影响

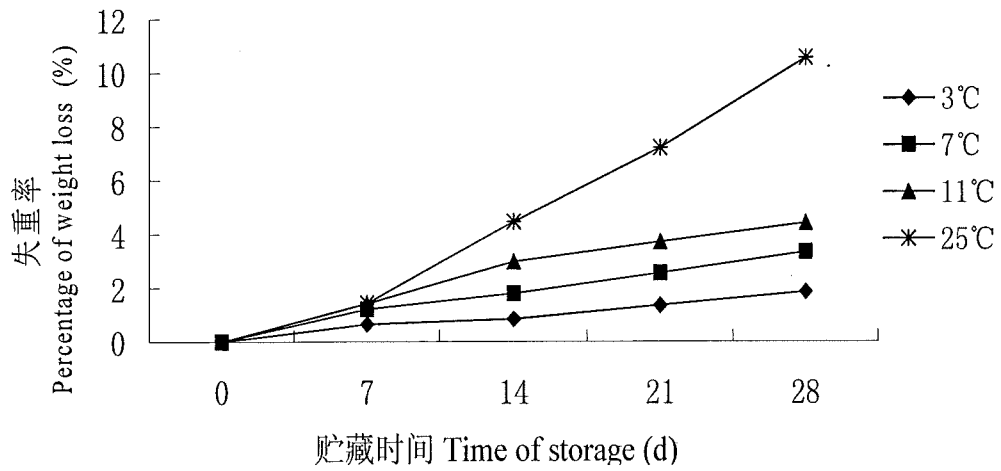


图 3-6 黄藤在不同贮藏温度下失重率的变化

Fig.3-6 Changes in percentages of weight loss of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

贮藏过程中不同的贮藏温度下黄藤失重率差异明显。图3-6所示，黄藤失重率随着贮藏期的延长均呈上升趋势，且温度越高，失重率越大。在3°C、7°C、11°C三种不同温度下贮藏28 d，黄藤失重率变化平缓不超过4.5%，而25°C下贮藏14 d，黄藤失重率将近4.5%，可以看出低温明显抑制失重。这是因为低温薄膜包装为黄藤创造了适宜的高湿环境，由于薄膜袋内的水蒸气近于饱和状态，所以阻止了黄藤的失水。

3.9 不同温度贮藏对黄藤笋心相对电导率的影响

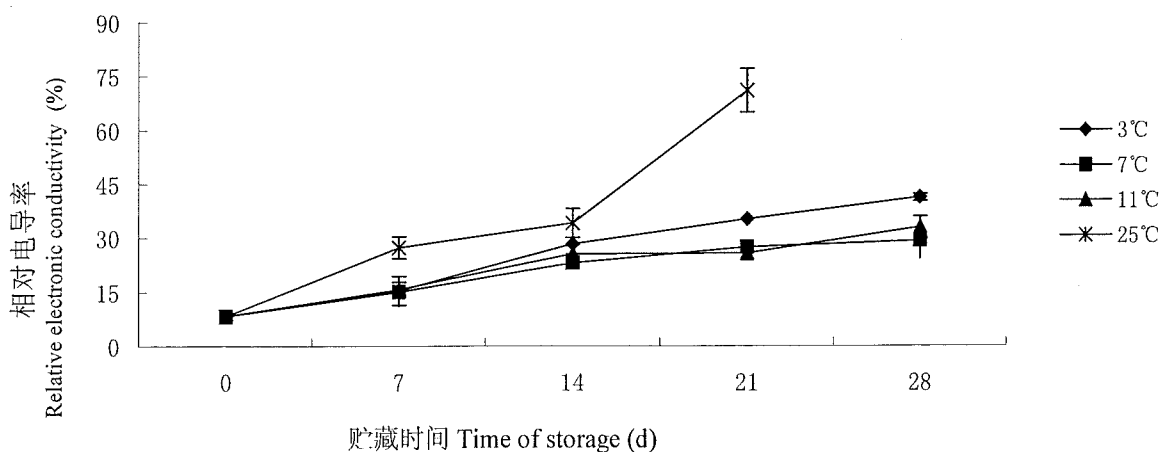


图 3-7 黄藤笋心在不同贮藏温度下相对电导率的变化

Fig.3-7 Changes in relative electronic conductivity of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

由图 3-7 所示, 不同温度贮藏下黄藤笋心相对电导率呈上升趋势。其中常温 25℃贮藏下, 电导率增加幅度最大, 从第 0 d 相对电导率 8.3% 到第 21 d 达到 70% 以上, 贮于 3℃、7℃、11℃ 的黄藤笋第 7 d 相对电导率增加值大约一致, 3℃ 温度贮藏的黄藤笋心电导率从 14 d 开始一直高于贮于 7℃、11℃ 的, 原因是不适宜的低温促使笋心发生冷害现象。

3.10 不同温度贮藏对黄藤笋心 Vc 含量的影响

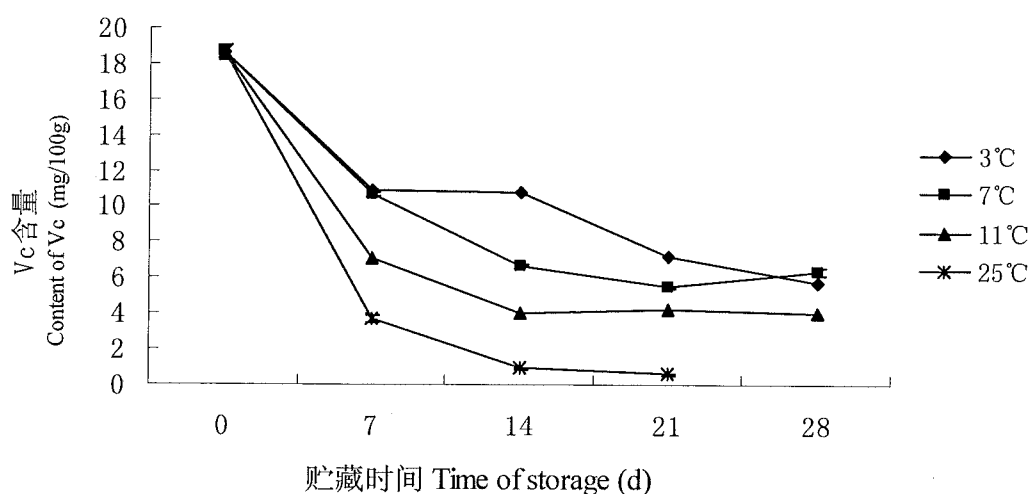


图 3-8 黄藤笋心在不同贮藏温度下 Vc 含量的变化

Fig.3-8 Changes in content of Vc of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

从图 3-8 可见, 随着贮藏时间的延长, Vc 含量逐渐降低, 并且温度越低, Vc 损耗越少。贮藏 7 d, 3℃ 和 7℃ 条件下的藤笋 Vc 含量还保持在 10mg/100g 以上, 11℃ 温度贮藏的 Vc 含量约有 6mg/100g, 25℃ 温度下 Vc 含量只剩 3.7mg/100g。藤笋贮藏 7 d 后 Vc 含量降低幅度相对逐渐减小。11℃ 贮藏末期相对 3℃ 和 7℃ 条件下, Vc 含量相差不超过 2mg/100g。而贮于 25℃ 的藤笋 Vc 含量在 14 d 和 21 d 几乎变为 0, 损耗最多。低温条件下 Vc 氧化酶仍具有活性, 使 Vc 发生氧化而被破坏, 但是低温贮藏较常温贮藏可以有效地抑制 Vc 的氧化。

3.11 不同温度贮藏对黄藤笋可溶性蛋白质含量的影响

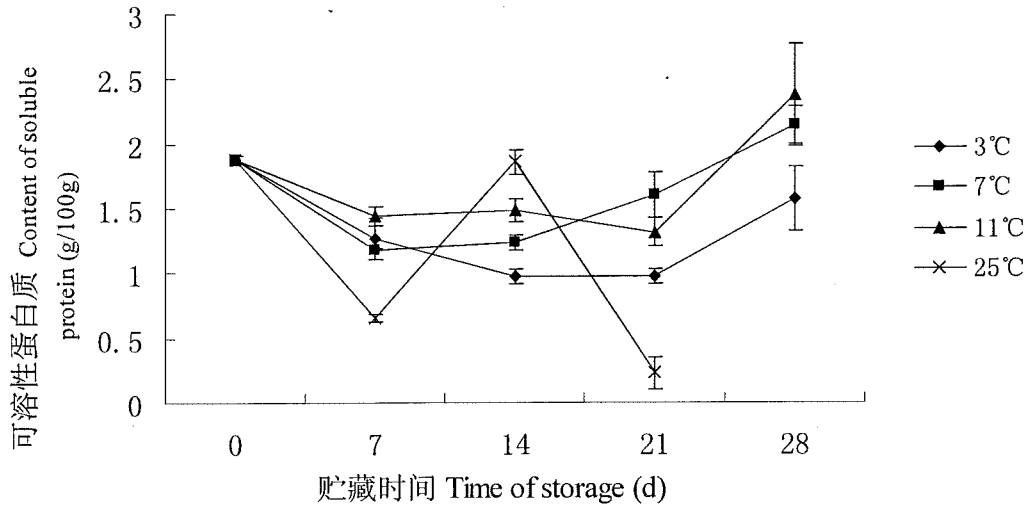


图 3-9 黄藤笋心在不同贮藏温度下可溶性蛋白质含量的变化

Fig.3-9 Changes in content of soluble protein of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

由图 3-9 可以看出，在 25°C 贮藏条件下，笋心可溶性蛋白质含量经历了降低增加的交替过程，其中在 14 d 达到最高值。可溶性蛋白质在低温条件下贮藏，其含量随着贮藏时间的延长先缓慢降低后逐步升高。总体上看，11°C 贮藏条件下笋心的可溶性蛋白质含量依次大于 7°C、3°C 温度下笋心的可溶性蛋白质含量。

3.12 不同温度贮藏对黄藤笋心还原糖含量的影响

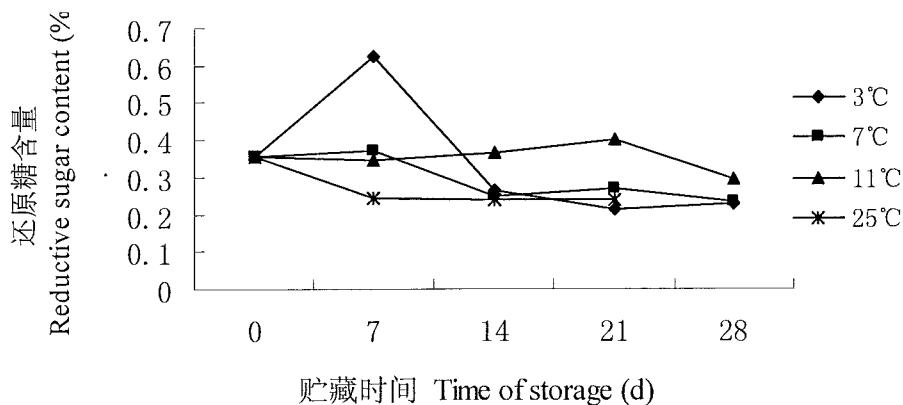


图 3-10 黄藤笋心在不同贮藏温度下还原糖含量的变化

Fig.3-10 Changes in content of reductive sugar of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

还原糖是指含有自由醛基或酮基的糖类。由图 3-10 可知, 刚采摘得黄藤笋心还原糖含量极低, 只占不到 0.4%。经过不同温度贮藏后, 还原糖含量总体上呈下降趋势。贮于 3℃ 的藤笋变化最显著, 贮藏 7 d 还原糖含量大幅增加, 在 14 d 时还原糖含量急剧下降, 7℃ 贮藏下的藤笋还原糖含量与其趋势相同, 先略有升高再降低。贮于 11℃ 的藤笋还原糖含量没有明显变化, 25℃ 温度贮藏的藤笋还原糖逐渐流失。分析其原因, 低温不仅降低了组织对碳水化合物的利用率, 同时也加速了淀粉向可溶性糖方向的水解作用和诱导了转化酶催化蔗糖向还原糖的转化。因此, 可以认为抗冷性强的品种, 在低温下生成更多的可溶性糖有关。由于贮于 3℃ 的藤笋在 7 d 没有发生冷害现象, 还原糖含量随抗冷性增强而提高, 而在 14 d 发生了冷害现象, 所以还原糖含量下降速度很快。

3.13 不同温度贮藏对黄藤笋心总糖含量的影响

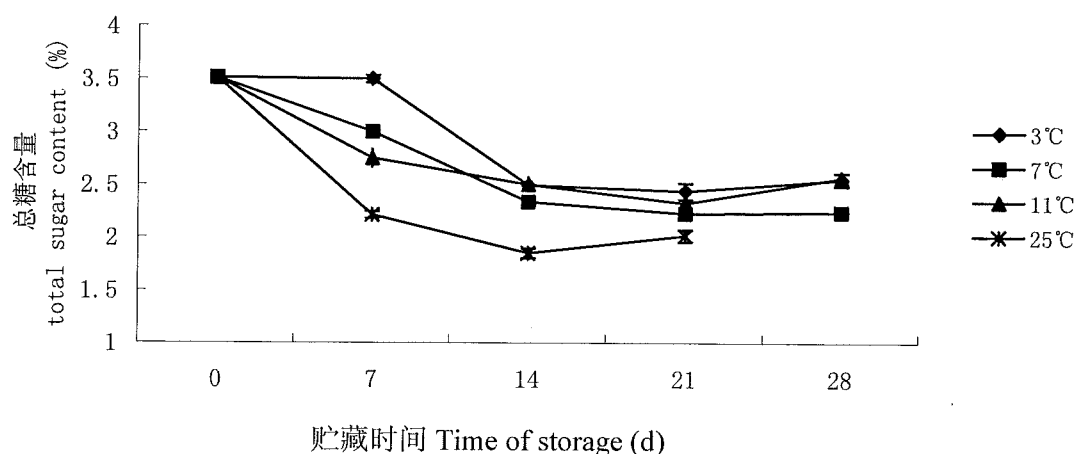


图 3-11 黄藤笋心在不同贮藏温度下总糖含量的变化

Fig.3-11 Changes in total sugar content of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

总糖包括单糖 (葡萄糖及果糖)、双糖和多糖 (淀粉), 这些糖类都属于碳水化合物, 是植物进行光合作用的主要产物。试验结果表明, 四种温度下贮藏的黄藤笋心总糖含量随着贮藏期的延长而下降。其中, 贮于 11℃ 的黄藤笋下降趋势平滑, 而 3℃、7℃ 温度下贮藏的藤笋下降幅度均小于 25℃ 贮藏的笋心总糖含量。3℃ 条件下贮藏 7 d 的总糖含量基本持平, 后逐渐降低, 至第 28 d 下降了 1%。可见, 适当的低温贮藏可以有效延缓黄藤贮藏期间总糖含量的降低, 并且贮藏天数与贮藏温度对总糖有极显著的交互作用 ($F_{\text{温度} \times \text{天数}} = 54.93^{***}$)。

3.14 不同温度贮藏对黄藤笋心纤维素含量的影响

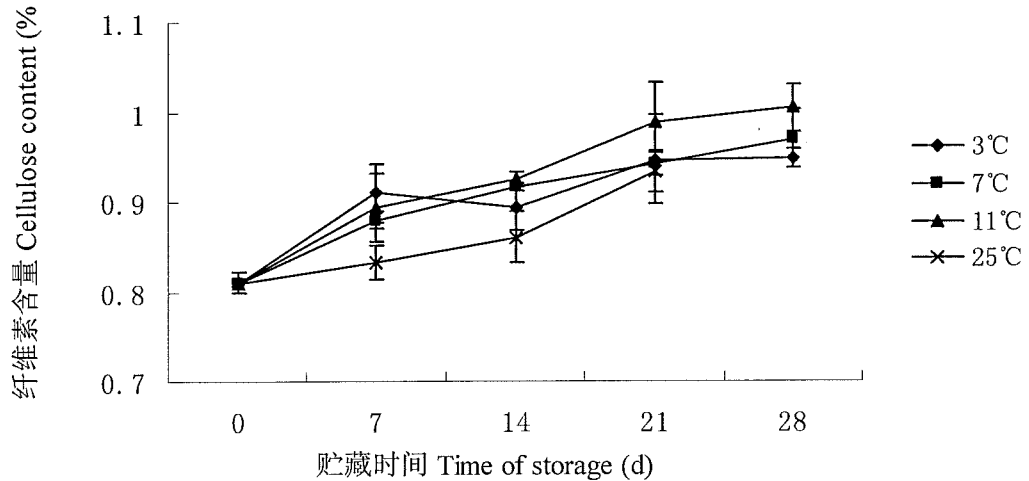


图 3-12 黄藤笋心在不同贮藏温度下纤维素含量的变化

Fig.3-12 Changes in cellulose content of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

如图 3-12 所示, 黄藤笋随着贮藏时间的延长, 纤维素的含量逐步增加。其中, 纤维素含量的增加速度 $11^{\circ}\text{C} > 7^{\circ}\text{C} > 3^{\circ}\text{C} > 25^{\circ}\text{C}$ 。贮藏于 11°C 的黄藤笋在 14 d 之前, 纤维素含量与 3°C 、 7°C 贮藏条件下的黄藤笋含量相近, 从 14 d~28 d 期间, 纤维素含量有了较明显的提高。在 3°C 、 7°C 温度下, 28 d 时的纤维素含量都未超过 1%, 而贮于 25°C 条件下的黄藤笋的纤维素含量始终低于其他三种温度下的纤维素的含量。

3.15 不同温度贮藏对黄藤笋心 POD 活性的影响

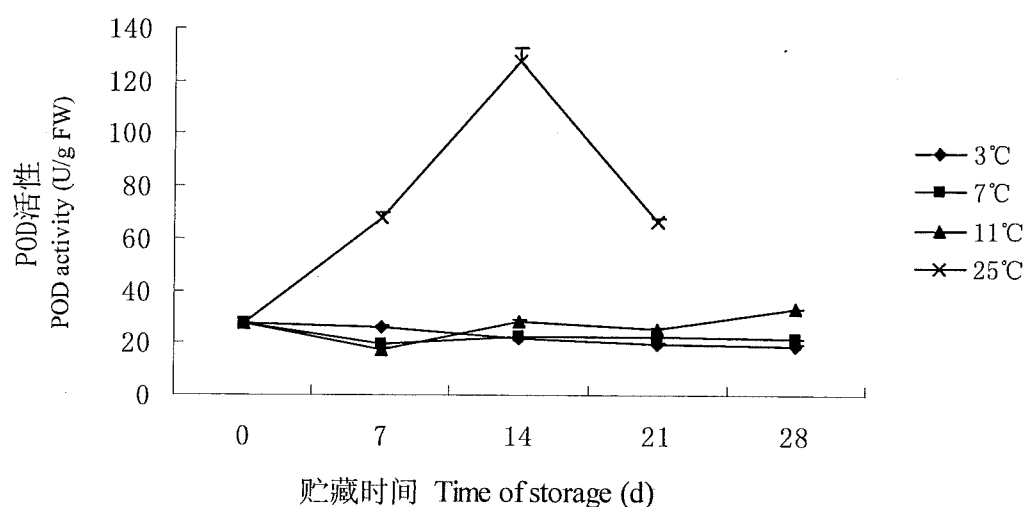


图 3-13(a) 黄藤笋心在不同温度贮藏下 POD 活性的变化

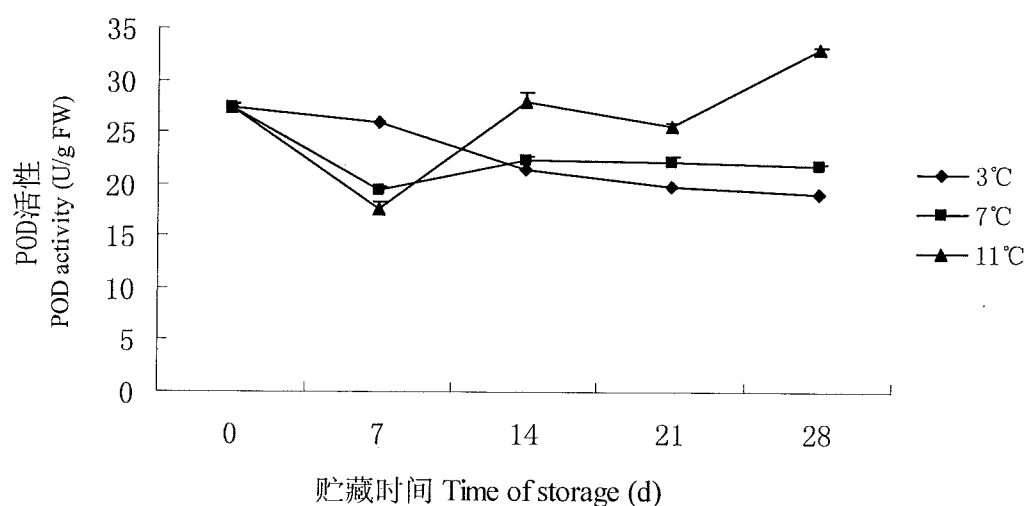
Fig.3-13(a) Changes in POD activity of *D. margaritae* shoots under different temperatures

图 3-13(b) 黄藤笋心在低温贮藏下 POD 活性的变化

Fig.3-13(b) Changes in POD activity of *D. margaritae* shoots stored at low temperatures

如图 3-13 (a) 所示, 在贮藏期间, 四种温度贮藏下黄藤笋心 POD 活性有不同趋势。在 25°C 贮藏温度下, POD 活性呈现单峰曲线, 先明显上升后急速下降, 贮藏 14 d 是活性高峰, 上升近 6 倍。如图 3-13 (b) 所示, 3°C、7°C、11°C 温度下贮藏 7 d, 活性都降低, 且温度越高越受抑制。从 7 d 后, 这三种温度下 POD 活性有了不同的趋势。贮藏于 3°C 的黄藤笋 POD 活性一直下降, 在 7 d 至 14 d 贮藏期间, POD 活性降低幅度相对较大。而在 7°C 贮藏温度下, POD 活性从 7 d 开始有所上升, 但 14 d 后极其缓慢下降。11°C 从

7 d 后 POD 活性持续走高, 且 28 d 达到最高峰值。

3.16 不同温度贮藏对黄藤笋心 CAT 活性的影响

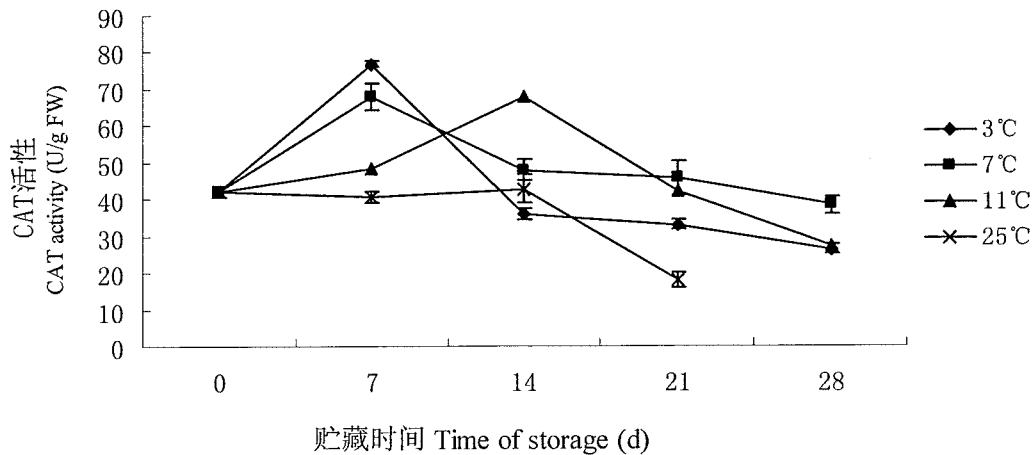


图 3-14 黄藤笋心在不同贮藏温度下 CAT 活性的变化

Fig.3-14 Changes in CAT activity of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

如图 3-14 所示, 不同温度下黄藤笋随着贮藏时间的延长 CAT 活性先上升再逐渐降低, 呈现单峰曲线。不同温度下贮藏的黄藤其 CAT 活性峰值出现的时间不同, 贮于 3°C、7°C, CAT 活性在 7 d 达到最大。而 11°C、25°C 贮藏温度下, CAT 活性 14 d 达峰值, 且 3°C 贮藏的黄藤笋心 CAT 活性最大, 但下降的幅度也最大。

3.17 不同温度贮藏对黄藤笋心 PPO 活性的影响

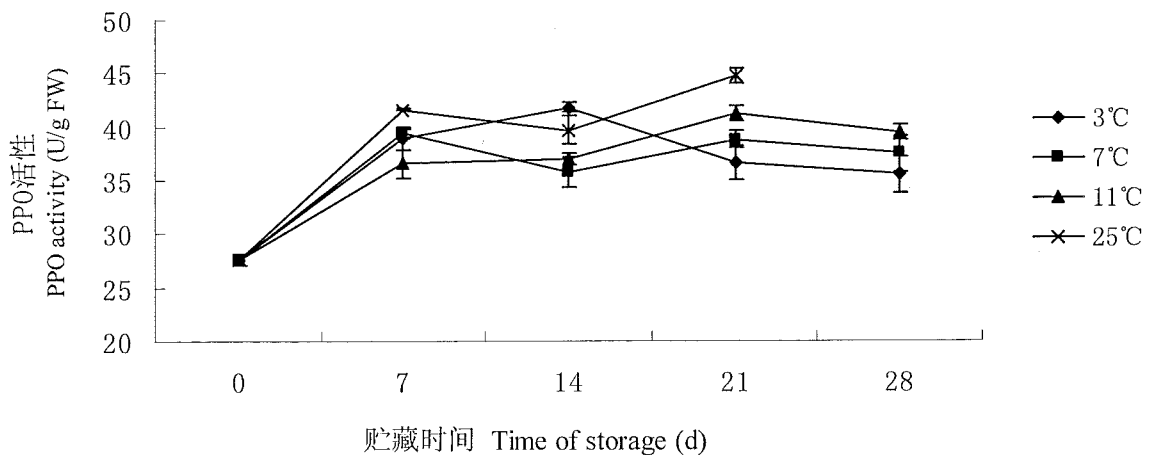


图 3-15 黄藤笋心在不同贮藏温度下 PPO 活性的变化

Fig.3-15 Changes in PPO activity of *D. margaritae* shoots stored under different temperatures

贮藏 28 d, 黄藤笋肉 PPO 活性在不同温度下都有了一定的升高。贮于 3℃ 条件下, PPO 活性先升高, 在 14 d 达到最高, 然后开始下降。7℃、11℃、25℃ 贮藏温度下, PPO 活性在 7 d 先增加, 然后 14 d 时稍有降低, 再升高最后略有降低。

3.18 统计分析

表 3-4 黄藤笋贮藏中测试参数的双因素方差分析结果

Tab. 3-4 Results of ANOVA for different test parameters for study on storage of *D. margaritae* shoots

	温度 Temperature	天数 Day	温度×天数 Temperature×Day
亮度 Brightness	57.14***	60.52***	11.84***
色泽 Colour and lustre	14.52***	19.41***	4.07***
饱和度 Saturation	2.42*	1.59*	0.75*
硬度 Hardness	4.96**	9.19***	3.41**
含水率 Water content	8.37***	4.28*	2.94*
失重率 Percentages of weight loss	1462.30***	678.09***	198.58***
相对电导率 Relative electronic conductivity	367.28***	123.36***	60.40***
维生素 C Vc	3551.64***	516.80***	132.49***
可溶性蛋白质 Soluble protein	211.97***	84.05***	27.92**
还原糖 Reductive sugar	407.28***	202.59***	256.76***
总糖 Total sugar	902.49***	156.70***	54.94***
纤维素 Cellulose	59.56***	27.69***	15.11***
POD 活性 POD activity	346.17***	2361.89***	338.22***
CAT 活性 CAT activity	443.24***	124.19***	140.04***

注: *代表 $0.05 > p > 0.01$; **代表 $0.01 > p > 0.001$; ***代表 $p < 0.001$

Note: The signs of "*", "**" and "***" represent significant differences at $P=0.05$, $P=0.01$ and $P=0.001$, respectively

运用 SAS 软件分析温度和时间两因素对黄藤笋外观及生理指标的影响, 分析结果如

表 3-4 所示。温度、天数及其交互作用对黄藤笋的失重率、笋心亮度、色泽、相对电导率、维生素 C、还原糖、总糖、纤维素、POD 活性和 CAT 活性等指标均有极显著影响，而对饱和度的影响不显著。贮藏时间对硬度的影响达到极显著水平，但贮藏温度及它们的联合对硬度的影响只是显著。温度极显著地影响了含水率的水平，贮藏时间的影响不显著。

第四章 讨论与结论

4.1 结论

- 1) 黄藤笋心水分含量高, 维生素 C 和可溶性蛋白质、纤维素含量丰富, 而总糖、还原糖含量相对较低, 一种天然绿色保健食品。水分含量近 90%, 每 100 g 分别含有 1.88 g 维生素 C 和 18.6 mg 可溶性蛋白质, 纤维素含量为 0.8%, 还原糖、总糖含量仅占鲜重的占到 0.12%、3.51%。
- 2) 本次实验中贮于 3℃、7℃ 的黄藤笋心分别会在 14 d、21 d 发生冷害现象, 说明黄藤属于冷敏性果蔬, 在低温下贮藏易发生冷害。贮藏温度是发生冷害的主要原因, 温度越低, 冷害越严重。
- 3) 低温可以显著抑制黄藤笋的失重率, 延缓笋心总糖、还原糖和维生素 C 含量的下降, 抑制腐烂的发生。低温贮藏的黄藤笋皮色泽鲜亮, 明显优于 25℃ 下贮藏的黄藤。黄藤笋低温贮藏 28 d, 失重率不超过 4.5%, 其中总糖、还原糖含量在 11℃ 下得到较好的保持。
- 4) 随着贮藏时间的延长, 黄藤笋心硬度、相对电导率、纤维素的含量总体呈上升趋势。其中纤维素含量的增加速度 $11^{\circ}\text{C} > 7^{\circ}\text{C} > 3^{\circ}\text{C} > 25^{\circ}\text{C}$, 可溶性蛋白质在低温条件下贮藏, 其含量随着贮藏时间的延长先缓慢降低后逐步升高。
- 5) 在黄藤笋贮藏过程中, 各种酶的活性反应是一个复杂而又相互关联的整体, 本试验只对其中 POD、CAT、PPO 的活性进行了分析探讨, 对于其他酶之间以及反应物质的关系还有待进一步研究。四种温度贮藏下黄藤笋 POD 活性趋势有很大不同。黄藤笋随着贮藏时间的延长 CAT 活性先上升再逐渐降低, 呈现单峰曲线。黄藤笋 PPO 活性在不同温度下都有了一定的升高。
- 6) 以色度、外观品质、还原糖、总糖含量、POD、CAT 等指标综合衡量, 贮藏 7~11℃ 条件下贮藏表现较好。通过以上探讨, 7~11℃ 是黄藤笋贮藏的最适温度。

4.2 讨论

4.2.1 黄藤笋心组成成分的研究

许煌灿、赵霞等^[40,41]研究发现黄藤笋含有高蛋白、低脂肪、富含纤维素和人体必需

的 8 种氨基酸, 即: 缬氨酸, 异亮氨酸, 亮氨酸, 苏氨酸, 蛋氨酸, 赖氨酸, 苯丙氨酸和组氨酸, 以及钙、镁、铁、锌等多种矿质营养元素和维生素 C 等。因此黄藤笋营养丰富, 脆嫩可口, 是一种上佳的绿色蔬菜。

本次试验中测定出黄藤笋心中水分含量约占 90%, 每 100 g 含有可溶性蛋白质和维生素 C 分别为 1.88 g 和 18.6 mg, 纤维素含量为 0.8%, 与许煌灿等^[40]相关研究结果相吻合。测定出黄藤笋还原糖含量和总糖含量不高, 还原糖、总糖含量仅占鲜重的 0.12%、3.51%, 从数据说明其口味清爽不腻。水分是生物体内重要的物质, 是维持果品新鲜度和外观坚挺、饱满的极重要因素。黄藤笋约 90% 的含水量高于山楂(74.1%)、香蕉(77.1%)、橄榄(79.9%)、鲜桂圆(81.4%)、甘蔗(84.2%)、桃(85%)、柑橘(85.4%)、桃(87.5%)、葡萄(87.9%) 的含水量。Vc 是果实最主要的营养物质之一, 人体所必需的 Vc 有 90% 来自水果和蔬菜^[75]。黄藤笋 Vc 含量高于鲜豆类的黄豆芽、绿豆芽、马铃薯等, 根茎类的胡萝卜、藕、姜等, 叶茎类的茼蒿笋、芹菜、葱花等, 瓜类的黄瓜、丝瓜、甜瓜、西瓜等, 以及鲜果类的桃、杏、梨、樱桃、柿子、荔枝、香蕉等。蛋白质含量也高于大部分鲜果如苹果、鸭梨、甘蔗、菠萝, 叶菜类的圆白菜、茭白等, 鲜豆类的芋头、荸荠, 甚至高于菜豆($1.5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)和甘薯($1.8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)^[76]。

据相关研究, 黄藤笋含有的抗氧化活性物质含量丰富, 远远高于其他笋类如芦笋等。越来越多的研究显示抗氧化是抗老化的重要步骤, 如果能够消除过多的氧化自由基, 对于许多自由基引起的及老化相关疾病都能够预防, 如癌症、动脉硬化、糖尿病、白内障、心血管病、老年痴呆等。因此, 结合医药学进一步加大对黄藤笋组成成分的研究, 可以提高其经济价值以及商品价值, 可以弥补黄藤出笋率不高的生产栽培的瓶颈。

4.2.2 不同贮藏温度对黄藤笋外观品质的影响

低温可以明显地抑制病菌孢子的萌发、侵染和致病力, 否则微生物会引起果实的腐烂变质, 表现为长霉(如黑色、绿色、灰色霉斑或长毛)或软烂变味。在不同贮藏温度下, 温度越低, 黄藤笋皮新鲜度保持越好, 其保水性、抑菌能力越强, 而贮藏在 25℃ 条件下, 黄藤微生物繁殖迅速, 笋皮出现异味, 笋心发生腐烂现象。黄藤笋带皮贮藏 28 d, 温度越高, 其失重率越大, 而各温度下笋心贮藏前后含水量变化不明显, 基本持平。这是因为笋心受层层外叶鞘包被, 说明黄藤带皮贮藏, 失重率的变化主要是由于笋皮失水, 进而影响笋皮的鲜亮程度。因为笋皮的严密包裹, 使笋心的含水量稳定, 变化不大。因此, 黄藤笋采后及时降温预冷和采用低温贮藏、冷链运输和销售, 对抑制采后病害的发

生和发展都极为重要。

采后果蔬质地变化主要表现为果实软化或果实硬度增加等,直接影响果实的贮藏寿命和商品性。贮藏于 25℃ 条件下的黄藤笋,硬度缓慢上升,14 d 时硬度开始下降,贮藏后期 7 d 内,硬度下降幅度达 40%。随着贮藏时间的延长,黄藤笋纤维化木质化程度加深,硬度逐步增加,而由于 25℃ 贮藏温度较高,微生物滋生,导致笋心腐烂变软,最后造成硬度急剧下降。低温可以抑制硬度的增强,推其原因是由于温度越低,黄藤笋的纤维素含量或木质素增加越少。

但是,水果采后贮藏温度的确定应以该产品不产生冷害的最低温度为宜。冷害的发生及其严重程度取决于果蔬的冷敏性、低温的程度和在冷害温度下的持续时间。热带、亚热带生产的果蔬冷敏性高,容易遭受冷害。如芒果、香蕉的贮藏适温为 10~12℃,山药、芋头的贮藏温度不宜低于 10~15℃^[77]。果肉组织的褐变是一种常见的冷害症状,褐变多呈棕色、褐色或黑色的斑块和条纹。冷害的具体症状随果蔬种类不同也有不同表现,如油橄榄,冷害临界温度为 7℃,冷害症状为内部褐变。而柠檬的冷害临界温度是 11~13℃,表现为果皮凹陷,有红褐色斑点等冷害症状^[78]。在细胞水平上,冷害发生时,一些细胞器,如叶绿体、线粒体、内质网、核糖体等都有不同程度的伤害,深入到分子水平,遭受冷害的植物体发生了一系列异常的生理生化反应,如蛋白质、核酸等大分子物质降解、变性,醌类等有色物质的积累,都会影响到果皮的颜色。本试验中,随着贮藏时间的推移,采后笋心的亮度、色泽、饱和度等值都在持续下降,表明笋心的亮度逐渐变暗。相比其他温度贮藏,11℃ 条件下的笋心在整个贮藏期间外观品质效果好。试验证明,3℃ 贮藏下的笋心在 14 d 后,亮度和色泽有了大幅度下降,因为笋心贮藏一段时间后发生了冷害,出现了较多褐色的斑块。贮于 3℃ 的笋心从 7 d 开始相对电导率始终高于 7℃、11℃ 条件下的笋心,也是由于冷害破坏了细胞膜的结构。

4.2.3 不同贮藏温度对黄藤笋心营养物质变化的影响

果实采后不再从根部得到水分和矿物质供给,也无法从叶部得到正常光合作用合成的有机营养物质,但仍是具有生命的活体需要进行代谢,这就需要消耗自身体内的营养成分从而发生各种生理变化,如消耗以糖、酸为主的有机物,也包括 Vc,以获得必需的能量来维持其正常的生命活动。这样会使原来的风味、色泽和质地发生一定改变,致使其体内营养成分含量不断下降,导致产品品质的下降,失去耐贮性^[79]。

不同温度贮藏下,黄藤笋心还原糖含量和总糖含量在贮藏期间都呈下降趋势,由于

贮藏期间切断了营养物质的来源,黄藤笋仍保持生命活动,呼吸作用主要是以消耗糖为主。3℃贮藏的笋心在第7d还原糖含量出现个明显的高峰,总糖含量也未下降,可能是由于还原糖作为可溶性碳水化合物可以提高了组织抗冷性,抵抗冷害的发生,有以下几个方面的原因 ①提高了细胞渗透势,降低了细胞的水势,减少了水分的流失;②某些碳水化合物能直接与细胞组分分子相连接(例如糖蛋白、糖脂等),从而对细胞膜与酶起到稳定作用;③碳水化合物是生物细胞的能源。贮于7℃、11℃条件下的笋心还原糖含量平缓下降,而贮于25℃的笋心还原糖、总糖含量明显下降,低于其他温度的贮藏。因此,低温一定程度上抑制了还原糖、总糖含量的降低,减少其损耗率。

Vc存在于所有的植物细胞中,具有重要的生物学特性,不但是果实营养物质之一,而且也是果实体内清除活性氧的一种重要的抗氧化剂,对延缓果实衰老有一定效果。果实采后贮藏过程中Vc含量随着贮藏期的延长而不断下降,主要是因为Vc在中性和碱性条件下很容易被氧化的缘故。本试验中,贮于3℃的藤笋Vc含量保持最好,7℃温度贮藏次之,其次为11℃和25℃温度贮藏。各温度贮藏的藤笋第7dVc含量降低幅度最大,然后逐渐减小。贮于25℃的藤笋Vc含量在14d和21d几乎变为0,可见低温能有效抑制黄藤笋采后Vc含量的降低。

植物体内的可溶性蛋白质含量的变化是一个复杂的生理生化反应的结果,因为大多数可溶性蛋白质是参与各种代谢的酶类,其含量是了解植物体总代谢的一个重要指标。本实验中,黄藤笋心的可溶性蛋白质含量在贮藏前期降低,是由于蛋白质在成熟组织中是处于相对恒定的周转中,因此细胞组分的稳定状态是由一种合成和分解的平衡系统所维持。但随着植物的衰老,这种平衡被打破,表现为蛋白质的降解,蛋白质代谢失去平衡,分解速度超过合成速度^[80]。丁文明等^[81]实验发现,随着黄瓜子叶的衰老,可溶性蛋白的含量降低。而在衰老过程中也伴有某些蛋白质的合成,主要是水解酶如核糖核酸酶、蛋白酶等增加。植物纤维素的生物合成需要多个纤维素合成酶与其他相关酶类如蔗糖合成酶等来共同完成^[82]以及木质素的合成相关的酶类等原因造成了在贮藏后期黄藤笋可溶性蛋白质含量的增加。贮藏在25℃条件下,黄藤笋可溶性蛋白质出现峰值可能是由于温度较高,微生物大量繁殖,黄藤笋发生腐败现象,微生物分泌了大量的蛋白酶。在蛋白酶的作用下进一步分解蛋白质,造成可溶性蛋白质含量的减少。

纤维素含量是人们评价果蔬商品质量的一个重要因素,也是检验果蔬成熟衰老的主要依据。杜小凤等^[83]研究发现,纤维素含量的变化直接影响着蒲儿菜的食用口感与品质。由图3-12可见,在整个贮藏期间,纤维素含量均不断增加,但低温可延缓纤维素含量上升,有

利于保持黄藤笋的品质与口感,维持较好的食用性,因为低温可能降低了黄藤笋纤维素合成关键酶的活性。卞海运等^[82]在对棉纤维的研究中发现,低温影响了纤维素的累积速率并最终影响纤维比强度的形成,其原因是在不同水平上影响了纤维发育关键酶的活性。在生化水平上,低温提高了纤维中 β -1,3-葡聚糖酶的活性、降低了蔗糖合成酶的活性^[84]。25℃温度下,由于温度较高,黄藤笋被微生物侵染,而能够分解纤维素的微生物很多,既有好氧性微生物,也有厌氧性微生物;既有细菌,也有放线菌和真菌。许多真菌具有很强的纤维素分解能力。其中主要有木霉、镰刀霉、青霉、曲霉、毛霉、葡萄孢霉等属的一些种。因此,可能由于分解速度过快,导致了纤维素的含量一直处于较低水平^[85]。

4.2.4 不同贮藏温度对黄藤笋心酶活性变化的影响

自由基伤害学说^[86]认为,在正常情况下,植物细胞中存在着活性氧的产生和消除两个过程。逆境胁迫会促进活性氧的产生,损伤膜系统。^[87]有些酶如过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)等可以清除活性氧自由基,防止自由基的毒害,为此将它们称为保护酶系统。当植物体遇到低温胁迫时,这种清除机制就会受阻,导致体内活性氧积累,造成对膜的伤害和生物大分子破坏,使DNA产生损伤,影响蛋白质合成与稳定,进而造成代谢功能失效和细胞死亡^[88,89]。

过氧化氢酶(CAT)作为一种内源活性氧清除剂,能够在逆境胁迫式衰老过程中清除植物体内过量的活性氧,维持氧代谢平衡,保护膜结构,从而在一定程度上忍耐、减缓或抵抗逆境胁迫或延缓植物器官的衰老过程,并能降低酚类物质氧化的速度,因而有推迟褐变发生的作用。夏杏洲等^[90]研究中认为,珍珠番石榴在贮藏期间过氧化氢酶活性不断下降,但低温贮藏下的过氧化氢酶活性明显高于常温贮藏的,但下降的幅度大。低温可有效维持过氧化氢酶的活性,延缓其衰老进程。黄藤笋在贮藏期间CAT活性变化与其近似,CAT活性总的趋势是由高到低下降,但是在不同低温下出现了明显的活性高峰,3℃、7℃在贮藏前期即出现了CAT的活性高峰,并且3℃下CAT活性从最高峰最低的降幅最大。以上结果表明,CAT作为植物的三大保护酶之一,在植物生长过程中起到重要的作用,特别是在胁迫的环境下,CAT活性升高有利于植物度过困境。低温胁迫初期,酶活性升高,清除体内自由基能力增强,使细胞膜伤害程度大大降低。

POD在植物中具有多种生理作用,是一类较复杂的酶。它的作用之一清除 H_2O_2 ,将其还原为 H_2O 。研究发现在有 H_2O_2 的条件下,POD可催化还原型谷胱甘肽和抗坏血酸的氧化,从而减少内源活性氧自由基清除剂的含量,另外POD还可以催化酚类物资的氧化和聚合,

从而导致果实的褐变和木质素的聚合^[91,92]。柯德森等^[93]研究发现,当温度低于 25℃时,龙须菜 POD 活性随培养时间变化并不明显,但在 30℃和 35℃温度下,龙须菜 POD 的活性明显上升,培养 12 d 上升近 5 倍。而黄藤笋在 25℃贮藏与其他低温相比,POD 有了很大区别,活性大幅度提高。其次 7℃和 11℃条件下,POD 活性先降低然后逐步升高,而 3℃的黄藤笋 POD 活性一直下降,在 7 d 至 14 d 贮藏期间,POD 活性降低幅度相对较大。本试验表明,黄藤笋 POD 活性对温度的变化敏感,25℃是个相对较适宜的温度,导致 POD 活性大增。在低温时贮藏 7 d,温度越低活性保持的相对较高。在 3℃发生低温胁迫时,不耐寒的植物其保护酶活性则表现为一直降低趋势,黄藤笋符合这一规律。而 7℃、11℃温度对于黄藤笋平均生长温度较低,会产生活性氧,POD 保持较高活性,可以清除 H₂O₂,它的作用可使自由基维持在一个较低的水平,而避免膜伤害,保证膜的完整性。另外,POD 可催化抗坏血酸的氧化,黄藤笋 POD 活随着温度的升高性逐渐增大,对 Vc 的氧化能力也会相应加强,因此,说明低温在一定程度上可以阻止 Vc 含量的降低。

多酚氧化酶(PPO)是指能氧化多元酚类物质的一类酶,广泛存在于苹果、马铃薯、香蕉、荔枝等植物中。这些农产品在加工过程中,与空气接触会逐渐变为褐色至黑色,严重地损害了产品的感官品质。其主要原因是多酚氧化酶催化邻苯二酚类物质,使其与空气中的氧气发生反应生成邻醌类物质,再发生聚合反应生成黑色物质^[94,95]。通过此反应能消除或降低氧自由基对生物的伤害,被认为与生物的抗逆有关。病原菌的侵染能诱导植物体内多酚氧化酶活性的提高,把酚类物质氧化为醌,能增加寄主的抗菌力,能提高寄主抗病性^[96]。本试验中,黄藤笋 PPO 的活性相对随着贮藏温度的提高而逐渐提升,PPO 活性 25℃条件下最大,随后是 11℃和 7℃。贮藏于 3℃的黄藤笋由于冷害的发生,PPO 在 14 d 时活性达到峰值,前期活性相对较高。因此,3℃和 25℃条件下,笋心出现不同程度黑褐色物质,与 PPO 活性有关,但原因不尽相同。贮于 3℃的黄藤为了减少冷害的伤害提高抗逆性,增强 PPO 的活性。而黄藤笋在 25℃贮藏,温度过高,微生物侵染严重,刺激了 PPO 的活性提升。

4.3 展望

1) 黄藤笋是正在开发的一类森林蔬菜,需进一步对其营养成分进行深入研究,评价其独特的营养价值。最近的研究表明,黄藤笋的抗氧化物活性与目前已知的强抗氧化物活性蔬菜——芦笋——相当(牛国才等,个人交流),因此,有必要在从药用、保健功能方面开展研究,以提高黄藤笋的商业价值。

- 2) 低温贮藏是果蔬保鲜技术最基础的方法,黄藤笋低温贮藏可以进一步结合其他保鲜技术,更深入更系统地研究各生理、生化指标的变化,开发出一套适宜的贮运综合技术。
- 3) 随着科学技术的不断发展,过去传统的果蔬保鲜技术已不能满足现代人们对果蔬的需求。基于环境与健康等因素的考虑,化学杀菌剂在果蔬保鲜上的应用越来越受到质疑。未来果蔬采后生物学研究是从细胞与分子上阐明果蔬成熟与衰败的机理,指导新的有效的采后贮藏保鲜技术的研究开发。

参考文献

- [1] 裴盛基, 陈三阳. 中国植物志. 第 13 卷(第 1 分册). 北京: 科学出版社, 1991: 1-60
- [2] 许煌灿, 尹光天, 曾炳山. 棕榈藤的研究. 广州: 广东科学技术出版社, 1994
- [3] 曾炳山, 许煌灿, 尹光天. 我国棕榈藤栽培区划初探. 林业科学研究, 1993, 6(5)
- [4] John Dransfield. The Rattan Taxonomy//Rao A N. (Eds). Rattan—Taxonomy, Ecology, Silviculture, Conservation, Genetic Improvement and Biotechnology. Sarawak, Sabah, 1996(4):14-26
- [5] 许煌灿, 尹光天, 孙清鹏等. 棕榈藤的研究和发展. 林业科学, 2002, 28 (2): 135-142
- [6] Connelly W T. Copal and rattan collection in the Philippines. Economic Botany, 1985, 39:39-46
- [7] Jarenrattwong J. Rattan in Thailand. A N Rao, V R Rao(Eds). Rattan-Taxonomy, ecology, silviculture, conservation, genetic improvement and biotechnology. Serdang, Malaysia, International Plant Genetic Resources Institute(IPGRI), 1999:115-116
- [8] 曾炳山, 许煌灿, 尹光天等. 黄藤藤丛结构和生长的研究. 林业科学研究, 1994, 6 (4): 414-422
- [9] Dransfield JA. Manual of the rattan of the Malaysia peninsula. Malaysian Forest Records No.29. Kuala Lumpur Forest Department, 1979, 23:270
- [10] 卫兆芬. 中国省藤属的研究. 广西植物, 1986, 6(1-2):17-40
- [11] 许煌灿, 尹光天, 孙清鹏. 棕榈藤的研究和发展. 林业科学研究, 2002, 38 (2): 135-143
- [12] Aminuddin M. Performances of some rattan trial plots in Peninsular Malaysia. Proceedings of the Rattan Seminar, 4 Oct 1984, Kuala Lumpur, Malaysia. RIC, 1985:49-56
- [13] Rao A N, Rao V R. Bamboo and rattan genetic resources and use. Proceedings of the second INBAR-IPGRI, 1996
- [14] 江泽慧. 世界竹藤. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002
- [15] Rao A N, Rao V R. Rattan-taxonomy, ecology, silviculture, conservation, genetic improvement and biotechnology. Sarawak, Sabah: 1996
- [16] K M Wong, Manokaran N. Proceedings of the rattan seminar. Kuala Lumpur, Malaysia, RIC and FIBM, Kepong, Malaysia, 1985
- [17] He Ying, Jin Wei. International training workshop on tropical bamboo and rattan cultivation, pressing technologies for rural small enterprises. MOST, INBAR and INFROTRACE, 2002
- [18] 尹光天, 许煌灿, 曾炳山等. 单叶省藤生态生物学特性及栽培技术的研究. 林业科学研究, 1998, 11(1):7-15
- [19] Walter K S Gillett, H J. 1997 IUCN red list of threatened plants. IUCN, Gland and Cambridge, 1998
- [20] Baja Lapis A, Santos G. Establishment of rattan gene bank—a Philippine experience. Post paper presented in the International Symposium on Genetic Conservation and Production of Tropical Forest Tree Seed held in Chiangmai, Thailand, Unpublished, 1993, 6(14-16):18
- [21] Shyamal Basu K. The present status of rattan palms in India—an overview. Wong K M, Manokaran N (Eds.). Proceedings of the rattan seminar. Kuala Lumpur, Malaysia RIC, 1985, 77-94

- [22] Anonymous. Annual news bulletin, forest research institute and college, DehraDun, for the year ending March 1962(1961-1962). Indian For1962, 88:933
- [23] Zhu Zhao hua. International training workshop on tropical bamboo and rattan cultivation, processing technologies for rural small enterprises. MOST,INBAR and INFORTRACE,2002:196-208
- [24] John Dransfield. Traditional uses of rattan //Wan Razali Wan Mohd,John Dransfield,N Manokaran (Eds.). A guide to the cultivation of rattan.FR, Malaysia. Kepong, Kuala Lumpur Malaysia. Malayan Forest Record,1992,35:47-49
- [25] 蔡则谟.四种藤茎几项特性的变异.林业科学, 1992, 28(1):70-75
- [26] Manokaran N. Indonesian Rattans: Cultivation, Production and Trade. In: Rattan Information Center. Occasional Paper No 2.Kepong: Forest Research Institute Malaysia,1984
- [27] Choo K T, Daljeet-sing K H. Rattan Processing and Utilization in Peninsular Malaysia. In: Wong K M, Manokaran N. Proceeding of the Rattan Seminar. Kuala Lumpur Malaysia: RIC,1985:155-161
- [28] Manokaran N. Rattan Biology, Cultivation and Conservation. In: Bassili A V, Gwyn Davies W. Proc A Workshop on Design and Manufacture of Bamboo and Rattan. Jakarta Indonesia: FAO,1990(1).1-11
- [29] Srivastava P B L. Management and utilization of bamboo and rattan in Papua New Guinea. INBAR Working Paper,1998,18
- [30] Purnama B M, PrahastoH, Naendi B D. Rattan in east and south Kalimantan, Indonesia: a case study of the production to consumption systems. INBAR Working Paper,1998,21
- [31] 江泽慧, 范少辉, 张昌顺等.棕榈藤研究进展.江西农业大学学报, 2007, 29 (6): 957-964
- [32] 许煌灿, 尹光天, 曾炳山等.黄藤生态生物学特性的研究.林业科学研究, 1994,7(1):20-26
- [33] Johair Bin Baharudin, Che Aziz Bin Al.i Preliminary guide to rattan planting-Part II:Rattan seeds and preparation of nursery bed. RIC Bulletin,1983(b),2(2): 4-5
- [34] 许煌灿, 尹光天, 曾炳山.棕榈藤的研究.广州:广东科学技术出版社, 1994,1-242
- [35] Darus BinHajiAhmad. The effect of sowing media on the germination of Calamusmanan and C. caesius. Malaysian forester, 1983, 46(1):77-80
- [36] 杨锦昌.单叶省藤和黄藤人工林的系统经营技术, 中国林业科学研究院博士论文, 2004, 1-91
- [37] 许煌灿, 尹光天, 曾炳山等.黄藤栽培技术的研究.林业科学研究, 1994, 7, (3): 239-245
- [38] 周再知, 许煌灿, 尹光天等.藤类人工林经济效益评价.林业科学研究, 1992, 5(1): 47-55
- [39] 杨华.黄藤和单叶省藤遗传多样性与早期性别鉴定的研究, 中国林业科学研究院博士论文, 2004, 1-122
- [40] 许煌灿, 周再知, 尹光天.藤茎嫩梢的营养成分分析.林业科学研究 1991, 4 (4): 459-462
- [41] 赵霞, 黄世能, 冼光勇等.森林蔬菜黄藤笋的营养成分分析及评价.经济林研究, 2007, 25 (1): 46-48
- [42] 张伟光, 林永生, 林奕等.绿竹笋干制工艺的研究.福建农业学报. 2005, 20(2): 118-121
- [43] SMIT BOONSERMSUK, PANNEE DENRUNGRUANG. Processing and packaging of rattan shoots. Proceedings of the national conference on plantation management and utilization of rattan (10-12 May 2004 Bangkok,Thailand) 2005,59

- [44] 沈立铭, 何元荪, 潘祥辉等.竹笋贮藏温度和保鲜技术的研究.竹子研究汇刊.2002, 21(1): 53-56
- [45] 苏云中, 丁学义, 魏茂兴等. 竹笋保鲜技术研究及应用. 中国蔬菜. 1998, (3): 29-30
- [46] 刘升. 绿芦笋压差预冷和冷藏试验研究. 制冷学报. 2006, 27(2): 55-58
- [47] 刘耀荣, 裘福庚. 毛竹春笋保鲜技术研究. 竹子研究汇刊. 1996, 15(3): 33-38
- [48] 周志才, 王美兰, 李长海. 绿芦笋自发气调贮藏保鲜袋的设计和适宜气体组成确定. 食品科学. 2005, 26 (12): 235-237
- [49] 张芝芬, 杨文鸽, 黄晓春等. 辐射和气调对竹笋贮藏的影响. 竹子研究会刊. 2002, 21 (1): 41-45
- [50] 毛金林, 陈杭君, 杨虎清等. 雷竹笋MAP保鲜技术研究.保鲜与加工.2005, 5 (5): 26-28
- [51] 孔凡春, 陆胜民, 张娜等. 气调包装抑制去壳雷竹笋褐变的研究. 食品科学. 2005, 26 (1): 238-241
- [52] 沈莲清, 黄光荣. 芦笋MAP气调保鲜研究. 浙江农业学报. 2004, 16 (1): 42-46
- [53] 李文香, 张愨, 余汉青. 绿芦笋的减压保鲜试验. 无锡轻工大学学报. 2004, 23 (6): 38-42
- [54] 万娅琼, 夏静, 姚自鸣. 臭氧及负氧离子技术在果蔬贮藏保鲜上的应用. 安徽农业科学. 2001, 29(4): 556-560
- [55] 顾青, 朱睦元, 王向阳等.雷竹笋采后生理及其贮藏技术研究.浙江大学学报.2002, 28(2): 169-174
- [56] 贺筱蓉. 微波处理绿竹笋保鲜技术研究. 保鲜与加工. 2004, 4 (2): 33-34
- [57] 徐俐, 刘万军, 陆加贵. 不同保鲜剂对竹笋纤维化及保鲜效果的探讨. 食品科学. 2002, 23 (10): 102-105
- [58] 沈卫荣, 韩丽萍, 江莹等. 乳酸盐护色剂在绿芦笋护色保鲜工艺中的应用. 陕西农业科学. 2003, (4): 8-21
- [59] 熊涛, 乐易林. 生物保鲜技术的研究进展. 食品与发酵工业. 2004, 30 (2): 111-114
- [60] 李鹏霞, 张兴.生物源保鲜剂研究评述.西北林学院学报.2006, 21(3): 120-123
- [61] 林雯, 俞际会, 陈丽娇. 竹笋保鲜技术研究进展. 食品研究与开发. 2004, 25(6): 114-116
- [62] 华淑南, 李共国. 壳聚糖涂膜保鲜竹笋研究. 食品科学. 2002, 23 (4): 123-126
- [63] 曾竞华, 庞杰, 谢建华等. 魔芋多糖和竹叶汁对绿竹笋保鲜效果的研究. 长江蔬菜. 2001, (2): 39-40
- [64] 陈明木, 陈绍军, 庞杰等. 涂膜对绿竹笋纤维化及保鲜效果的影响. 山地农业生物学报. 2003, 22 (3): 222-225
- [65] 李雪雁, 王玉丽, 陈晓前. 壳聚糖降解液对鲜切莴笋的防腐保鲜效果. 食品与发酵工业.2004, 30 (12): 134-136
- [66] SISLER, E C, DUPILLE, E, SEREK, M. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnations . Plant Growth Regul. 1996,18:79-86
- [67] MUHARREM, E, JIWONG J, Donald, J H., et al. Suppression of Ripening and Softening of Galia Melons by 1-Methycyclopropene Applied at Preripe or Ripe Stages of Development . Hort Science. 2005, 40 (1):170-175
- [68] 刘尊英, 吕艳春, 姜微波.1-甲基环丙烯及乙烯对绿芦笋采后品质的影响. 中国农业大学学报. 2003,

- 8 (6): 26-28
- [69] 苏光耀, 王向阳.1-甲基环丙烯和低温保鲜芦笋研究.食品研究与开发. 2006, 27(6): 153-155
- [70] Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilization the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 1976,12:248-254
- [71] 张昭其, 段学武, 庞学群等.冷激对采后香蕉几个与耐热性有关的生理指标的影响.植物生理学通讯, 2002, 38 (4): 333-335
- [72] 韩雅珊.食品化学实验指导.北京: 北京农业大学出版社, 1992, 26-28
- [73] 曾韶西.低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应.植物生理学报, 1991, 17 (2): 171-182
- [74] 林植芳, 李双顺, 张东林.采后荔枝果皮色素、总酚及有关酶活性的变化.植物学报, 1988, 30 (1): 40-45
- [75] Seung K Lee, Adel A, Kader. Preharvest and Postharvest factors influencing Vitamin C content of horticulture crops. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20:207-220
- [76] 蒙盛华, 胡小松, 赵华等.水果蔬菜贮藏保鲜实用技术手册.北京: 科学普及出版社, 1991, 9
- [77] 周山涛.果蔬贮运学.北京: 化学工业出版社, 1998, 83-87
- [78] http://vip.6to23.com/yongui/new_page_1144.htm
- [79] 刘国芬.果蔬贮藏保鲜技术.金盾出版社, 2002
- [80] Bhargara A, Sei Y C, Onno C. M et al. Epithelial sodium channel regulated by aldosterone-induced protein sgk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1999, 96 (10) :2514-2519
- [81] 丁文明, 赵毓橘.表油菜素内酯对黄瓜子叶过氧化物酶活性和可溶性蛋白含量的影响.植物生理学报, 1995, 3: 259-264
- [82] 卞海云, 王友华, 陈兵林等.低温条件下相关关键酶活性对棉纤维比强度形成的影响. 中国农业科学, 2008, 41 (4): 1253-1241
- [83] 杜小凤, 吴传万, 王伟中.储藏温度对蒲儿菜采后生理和品质的影响.云南农业大学学报, 2007, 22 (1): 65-73
- [84] 李春秀, 齐力旺, 王建华等.植物纤维素合成酶基因和纤维素的生物合成. 生物技术通报, 2005, (4): 5-11
- [85] <http://zhidao.baidu.com/question/11197908.html?si=1>
- [86] M ccord JM, Fridovich J. Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocyte (Hemocaprein). *Biolchem*, 1969, 224:6049-6055
- [87] 陈少裕.脂膜过氧化对植物细胞的伤害. 植物生理学通讯, 1991, 27 (2): 84-90
- [88] 詹福建, 巫光宏, 黄卓烈等.马占相思树对低温冻害的抗性研究.林业科学, 2003, 39 (1): 56-61
- [89] 余叔文, 汤章城.植物生理与分子生物学.北京: 科学出版社, 1998, 366-389
- [90] 夏杏洲, 王维名, 张宇杨等.在番石榴低温下的贮藏特性.食品科学, 2004, (25):180-183
- [91] Yang Y F, Liang Y C, Lou Y S, et al. Influences of silicon on peroxide dismutase activity and lignin content of wheat (*Tritium aestivum* L.) and its relation to resistance to powdery mildew. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36 (7) :813-817

参考文献

- [92] Abeles F B, Biles C L. Characterization of peroxidases in lignifying peach fruit endocarp. *Plant Physiol*, 1991, 95: 269-273
- [93] 柯德森, 史椰灯, 王正询. 环境因素对龙须菜过氧化物酶活性的影响. *广州大学学报*, 2007(6): 26-29
- [94] Kiattesak D, Richard K A. Comparative study of polyphenoloxidases from taro and potato. *Food Chemistry*, 1999, 64: 351-359
- [95] Owen R Fennema. *食品科学*. 北京: 中国轻工业出版社
- [96] 刘娟, 王哲析. 叶锈感染时小麦叶片过氧化物酶及多酚氧化酶的变化. *河北农业大学学报*, 1989, 12(3): 41-46

附录 A

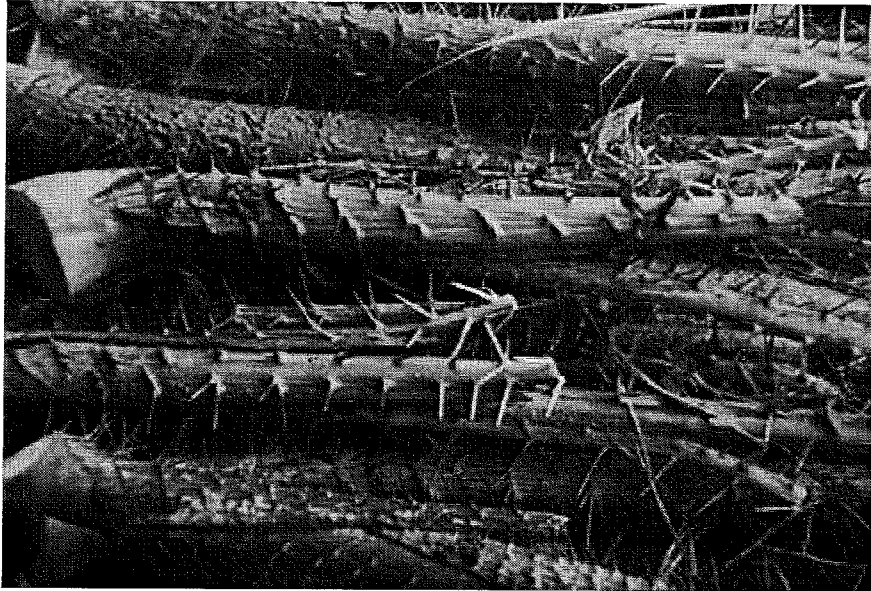


图 A-1 采伐的黄藤嫩茎

Fig. A-1 The harvested fresh stems of *D. margaritae*

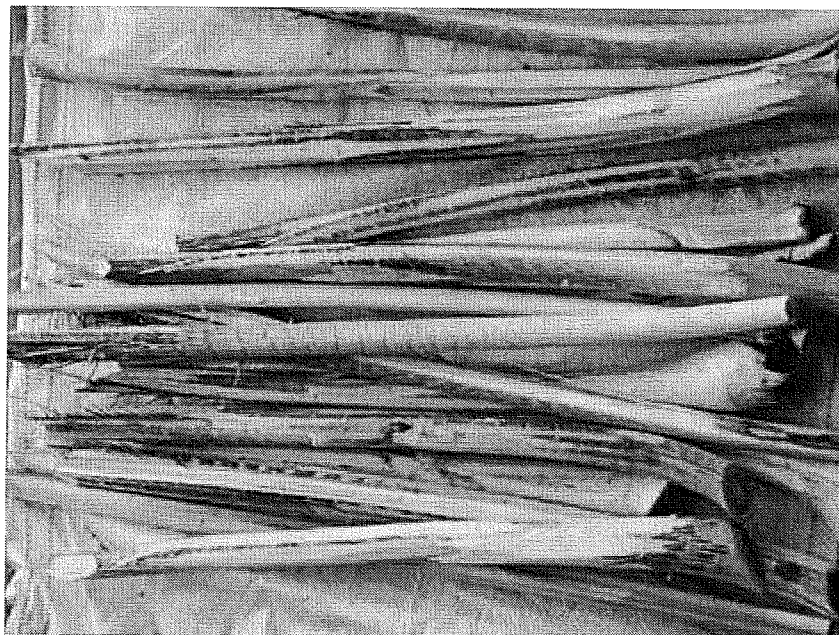


图 A-2 刮掉硬刺的黄藤嫩茎

Fig. A-2 The fresh stems of *D. margaritae* without hard thorns

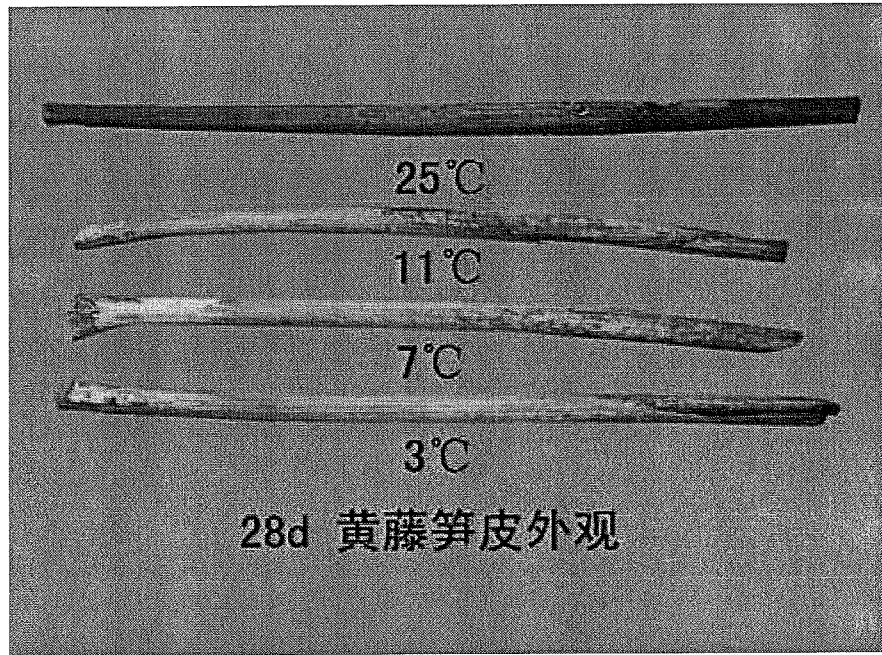


图 A-3 不同温度下贮藏 28 d 后的黄藤笋皮外观

Fig. A-3 The appearance of peeled shoots stored for 28 days under different temperatures

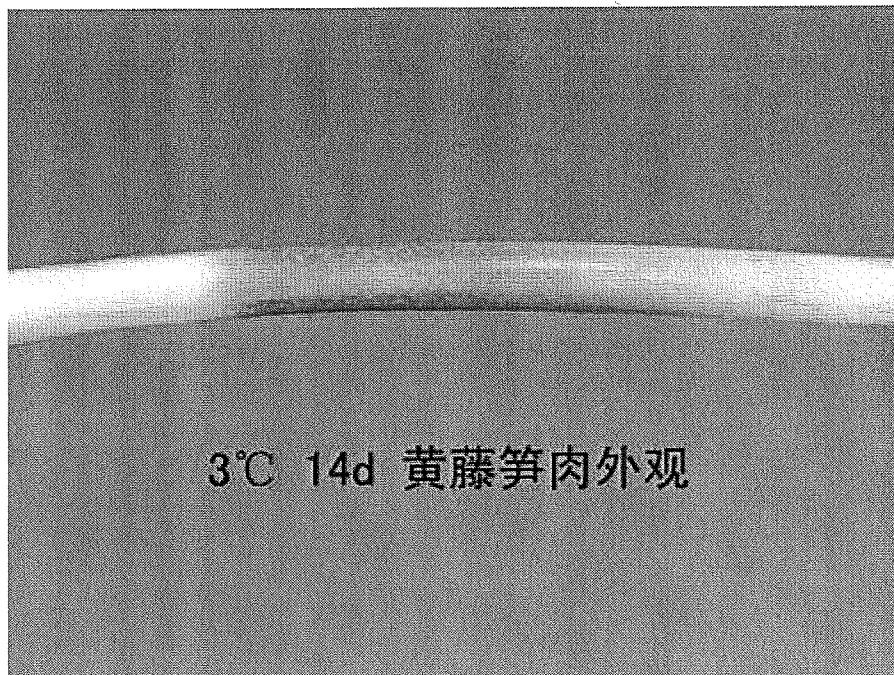


图 A-4 在 3 °C 下贮藏 14 d 后黄藤笋的冷害现象

Fig. A-4 The chilling injury of peeled shoot stored at 3 °C



图 A-5 在 11°C 下贮藏 28 d 的黄藤笋心外观

Fig. A-5 The appearance of *D. margaritae* shoots stored for 28 days at 11 °C



图 A-6 在 25°C 下贮藏 28 d 的黄藤笋心外观

Fig. A-6 The appearance of *D. margaritae* shoots stored for 28 days at 25 °C

附录 B

表 B-1 缩略词表

Tab. B-1 Abbreviations

缩略词 Abbreviation	英文名 English name	中文名 Chinese name
BSA	Bovine serum albumin	牛血清蛋白
CAT	Catalase	过氧化氢酶
PBS	Phosphate buffer solution	磷酸缓冲液
DNS	3, 5-Dinitrosalicylic acid	3, 5-二硝基水杨酸
OD	Optical density	光密度
POD	Peroxidase	过氧化物酶
PPO	polyphenol oxidase	多酚氧化酶
PVPP	cross-linked Polyvinylpyrrolidone	聚乙烯聚吡咯烷酮
rpm	revolution per minute	转/分
U	unit	(酶) 单位
Vc	Vitamine C	维生素 C
1-MCP	1-methylcyclopropene	1-甲基环丙烯

在读期间的学术研究

一、 攻读学位期间发表的论文情况

郑谊, 黄世能, 冼光勇等. 食用笋保鲜技术研究进展. 安徽农业科学, 2007, 35 (33): 10837-10839

二、 攻读学位期间参加的科研课题

- 1、基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设[PD 100/01 Rev. 2 (I)] (国际热带木材组织资助项目)
- 2、藤笋无公害培育及储藏保鲜技术研究[国家十一五科技支撑专题: 2006BAD19B0903]

致 谢

本论文是在导师黄世能研究员和黄雪梅副教授的悉心指导下完成的。从论文的选题、设计、实施到论文的撰写，每一步无不倾注了导师们大量的心血。感谢二位导师，其思想深邃，视野雄阔，治学严谨，学识渊博，使我终生受益匪浅。他们精益求精的工作作风，诲人不倦的高尚师德，严以律己、宽以待人的崇高风范，平易近人的人格魅力对我影响深远。出差在外之时，特别感谢导师们对我少数民族生活习惯上的照顾。在此，谨向二位导师表示崇高的敬意和衷心的祝福！

特别感谢华南农业大学张昭其教授对我实验上的指导和帮助！

感谢热林所的尹光天副所长、康丽华研究员、曾炳山研究员等老师对我开题报告提出的宝贵意见。感谢吴仲民处长、何清处长、邓湘华副处长对我的关心和帮助，同时特别感谢课题组冼光勇工程师、赵霞助理研究员对我学习、生活上的指导和无私地帮助！

感谢热林所可爱的同学们，他们是郭勇、郭俊杰、范春节、王伟、王琛、刘宝、刘秀、李蓉、邱建丽、邱凤英、姜艳、曾雯珺、陈李花、周璋、姜清彬、徐猛、杨松等等！

感谢中国林科院研究生院、热林所老师的关心和支持！

感谢华南农业大学广东省/广州市果蔬保鲜重点实验室陈维信教授、徐兰英老师、刘志朝师傅在实验过程中提供的帮助；感谢李军老师在实验中药品和仪器使用等方面给予的大力支持；感谢园艺学院的同窗们尤其师弟牛国才对我在实验过程中给予的帮助！

感谢我的家人和男友在多年的求学生涯中对我一如既往的支持和理解！

感谢在百忙之中评审我硕士学位论文的各位专家和学者！

感谢参考文献作者对我的帮助与支持！

特别感谢所有支持过我、帮助过我、批评过我、鼓励过我和理解过我的人们！

此外，还要特别感谢给论文研究予以经费资助的中华人民共和国科学技术部和国际热带木材组织（ITTO）。

最后，感谢岁月与困难对我的磨砺！

致谢人：

2008年 月 日



www.riff.ac.cn



www.scau.edu.cn

Comparison of antioxidant activities of fresh shoots of *Daemonorops margaritae* (Hance) Beccari and four common stem vegetables

NIU Guocai¹, HUANG Xuemei PhD¹, HUANG Shineng PhD² and ZHAO Xia²

1. College of Horticulture, South China Agricultural University
2. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry



The Global Rattan Forum
8-11 Jan., 2008, Haikou, Hainan, China