

文章编号:1673-1689(2007)03-0024-05

采后 1-甲基环丙烯处理对绿芦笋贮藏品质的影响

张鹏, 张慤

(江南大学 食品科学与安全教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要: 研究了采后 1-甲基环丙烯(1-MCP)处理对绿芦笋贮藏品质的影响。结果表明, 1-MCP 处理可明显抑制绿芦笋贮藏过程中的呼吸作用; 对 VC 和叶绿素含量的下降、丙二醛积累均具有抑制作用; 提高了超氧化物歧化酶的活性, 降低了过氧化物酶和苯丙氨酸转氨酶的活性, 从而延缓了嫩茎衰老进程, 对减少芦笋采后损失和保持品质, 具有较好的作用。其贮藏期在室温下可延长 2~3 d, 4 ℃下可延长 5~10 d。

关键词: 绿芦笋; 1-甲基环丙烯; 贮藏

中图分类号: TS 255.3

文献标识码: A

Effect of 1-MCP Treatment on Post-Harvest Quality of Green Asparagus

ZHANG Peng, ZHANG Min

(Key Laboratory of Food Science and Safety, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The effect of 1-MCP treatment on post-harvest quality of green asparagus was investigated in detail. The results showed that: (1) Compared with the CK, the treatments of 1-MCP could inhibit the respiration. (2) It could reduce the loss of vitamin C and chlorophyll. (3) Weaken the accumulation of the MDA during storage. (4) SOD activity was higher but POD and PAL activities were lower in the treatment than that of the control. (5) 1-MCP markedly delay the course of senescence, and keep the quality of post-harvest green asparagus. (6) The storage life could be extended by 2~3 days at room temperature, and 5~10 days in 4 ℃.

Key words: green Asparagus; 1-MCP; store

芦笋,又名石刁柏、龙须菜,属百合科多年生宿根蔬菜,食用部分为幼嫩的茎尖,味道鲜美,脆嫩爽口,具有较高的营养价值和药用价值。芦笋分为绿芦笋和白芦笋。对春天刚出土的芦笋嫩茎不培土而经阳光照射产生叶绿素变成绿色的为绿芦笋;而在嫩尖刚露头时就进行多次培土,茎尖未受阳光照

射保持白色的称为白芦笋^[1]。绿芦笋可供鲜食、冷藏和远销出口,白芦笋一半用于加工制作罐头。从营养角度讲,绿芦笋优于白芦笋。由于绿芦笋含水量较高,采收后呼吸旺盛,营养物质大量消耗,粗纤维增加,从而导致嫩茎品质变劣,降低了商品价值,甚至失去食用价值^[2]。

收稿日期:2006-08-25.

基金项目:江苏省农业攻关项目(BE2003349).

作者简介:张鹏(1980-),男,山东淄博人,农产品贮藏与加工硕士研究生.

通讯作者:张慤(1962-),男,浙江平湖人,工学博士,教授,博导,主要从事农副产品加工与贮藏研究. Email: min@sytu.edu.cn

1-甲基环丙烯(1-MCP)是近年来发现的一种新型乙烯抑制剂,它能与乙烯受体不可逆结合,阻断乙烯对受体的诱导作用,防止由乙烯所诱导的一系列成熟衰老反应的发生。同时1-MCP具有结构简单、无毒、无难闻气味、稳定性好、使用浓度低、抑制效果强、残留气味小等特点^[3]。目前,国内外对1-MCP在园艺产品保鲜方面的研究主要集中在花卉和水果方面,并取得了一些较理想的结果^[4],而对蔬菜的研究相对较少,国内几乎为空白。

1 材料与方 法

1.1 材料及处理

绿芦笋由南通华林农副产品有限公司提供,采后4 h内运回实验室。选取大小一致、粗细均匀、无开花散头、无弯曲畸形、无损伤、无病虫害、长度为24~26 cm、直径在10~20 mm之间的芦笋,随机分为4组。对照组:室温(15~25℃)贮藏。试验1组:用4 μL/L的1-MCP处理24 h,然后室温贮藏;试验用1-MCP(质量分数0.14% 1-MCP粉剂)由美国罗门哈斯公司提供,处理方法参照孙希生的方法^[5]。试验2组:不经任何处理,4℃贮藏。试验3组:经1-MCP处理后(方法同上),4℃贮藏。4组样品均用聚乙烯塑料薄膜袋包装,并将袋口密封。

1.2 测定指标及方法

采用静置法测定呼吸强度,以每千克绿芦笋每小时呼出的CO₂质量(mg)数表示;用2,6-二氯酚法测定VC含量^[6];叶绿素含量测定采用分光光度法^[7];丙二醛(MDA)浓度采用硫代巴比妥酸比色法测定^[7];邻苯二胺法测定过氧化物酶(POD)活性^[8],以每分钟在430 nm处吸光度变化1为一个活力单位,以U/g表示;超氧化物歧化酶(SOD)活性利用SOD试剂盒(南京建成生物工程研究所生产)测定,采用黄嘌呤氧化酶法;苯丙氨酸转氨酶(PAL)活性参照《现代植物生理学试验指南》提供的方法测定^[7]。各项测定均重复两次,取其平均值。

2 结果与分析

2.1 1-MCP处理对绿芦笋呼吸强度的影响

果蔬采后依然是有生命的机体,在贮藏过程中,同化作用基本停止,呼吸作用成为新陈代谢的主导。体内的各种贮藏物质将不断地用于采后的各种生理代谢,其含量逐渐减少。而贮藏物质的减少,最终造成果蔬品质和贮藏性、抗病性下降。从图1可以看出,4种不同处理的绿芦笋呼吸强度的

变化趋势大致相同,均表现为“先降后升再降”的趋势。这与潘一山等的报道一致^[9]。但呼吸强度的变化幅度差异非常明显:常温条件下,对照组和试验1组都在第2天达到最低值,然后上升,在第7天达到最高值,随之下降。但是试验1组的最低值和最高值分别为对照组的78%和94%,并且在第2~6天和第8~9天有显著差异($p < 0.05$);在4℃下,试验2组和试验3组都在第12天达到最高值,分别第26天和第22天达到最低值,但是试验3组的最高值和最低值分别为试验2组的72%和56%。在整个贮藏过程中,除了第26天呼吸强度均存在显著差异($p < 0.05$)。这说明1-MCP处理有效地抑制了绿芦笋的呼吸作用,并且在低温条件下效果更明显。

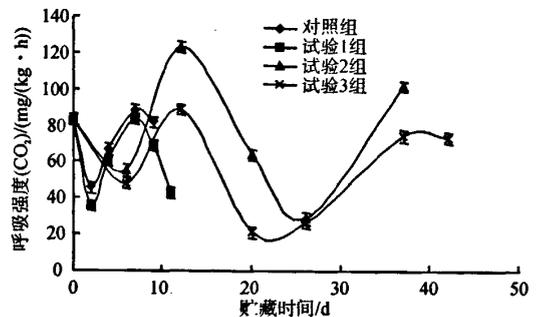


图1 1-MCP处理对绿芦笋呼吸强度的影响

Fig. 1 Effect of 1-MCP treatment on the green asparagus respiration rate

2.2 1-MCP处理对绿芦笋VC含量的影响

绿芦笋VC含量丰富,采后VC含量的变化是反映绿芦笋贮藏品质的重要指标。经不同处理的绿芦笋的VC含量的变化见图2。从图2可以看出,随着贮藏时间的延长,VC含量均呈下降趋势。经过1-MCP处理的两组样品的VC含量显著高于未经处理的两组($p < 0.05$)。在室温条件下,对照组与试验1组在整个贮藏过程中VC含量均呈迅速下降趋势,试验1组下降趋势较为平缓;贮藏10 d时,对照组与试验1组的VC含量分别为初始时的16.3%和29.3%。在4℃下,VC含量在前12 d下降迅速,而后逐渐趋于平缓,至贮藏37 d时,试验2组与试验3组的VC含量分别为初始时的22.0%和29.3%。这说明1-MCP处理有效地抑制了绿芦笋VC含量的下降,并且在低温条件下效果更明显。

2.3 1-MCP处理对绿芦笋叶绿素含量的影响

绿芦笋在生长过程中受阳光照射,组织中含有叶绿素。贮藏过程中叶绿素会逐渐降解,使绿芦笋颜色变浅。从图3可以看出,在室温条件下,贮藏

前 7 d, 两组样品叶绿素含量的变化不存在显著差异 ($p > 0.05$)。在第 9 天, 对照组和试验 1 组的叶绿素含量分别为初始时的 58.4% 和 81.1%。在 4℃ 下, 试验 2 组在前 12 d 变化较为缓慢, 12 d 后迅速下降; 试验 3 组在前 26 d 缓慢波动变化并保持较高的水平, 26 d 后迅速下降。在整个贮藏过程中, 两组样品的叶绿素含量均存在极显著的差异 ($p < 0.01$)。可以看出, 1-MCP 处理有效减缓了叶绿素的降解, 并且在低温条件下效果更为明显。

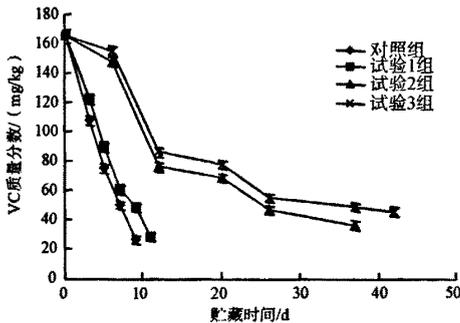


图 2 1-MCP 处理对绿芦笋 VC 含量的影响

Fig. 2 Effect of 1-MCP treatment on the green asparagus VC content

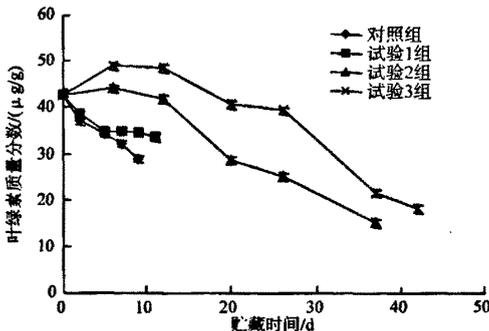


图 3 1-MCP 处理对绿芦笋叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effect of 1-MCP treatment on the green asparagus chlorophyll content

2.4 1-MCP 处理对绿芦笋 MDA 浓度的影响

植物的膜脂过氧化作用是指通过氧合酶降解细胞膜, 从而破坏其完整性及改变膜透性, 促使组织衰老。膜脂过氧化产物 MDA 可直接反映植物体的膜脂过氧化程度^[10]。从图 4 可以看出, 对照组与其他 3 种处理的绿芦笋的 MDA 浓度的变化趋势大致相同, 均是先升后降。在室温下, 对照组与试验 1 组在贮藏初期 MDA 浓度迅速上升, 在第 5 天分别达到最高值 0.445 1 μmol/L、0.409 1 μmol/L, 然后又迅速下降到较低的水平; 但在整个贮藏过程中, 两组样品的 MDA 浓度存在显著差异 ($p < 0.05$)。在 4℃ 下, 试验 2 组在前 6 d 迅速上升, 然

后略有下降后继续上升并在第 20 天达到最高值 (0.302 1 μmol/L), 而后逐渐下降; 试验 3 组的 MDA 浓度在前 12 d 缓慢上升后, 保持这一水平一直到第 20 天 (0.258 3 μmol/L), 然后迅速下降并保持较低的水平直到贮藏结束。在贮藏末期, 试验 3 组的 MDA 浓度一直显著低于试验 2 组 ($p < 0.05$), 最高值只是其 85.2%。这说明, 1-MCP 处理有效抑制了膜脂的过氧化现象, 并且在低温条件下效果更为明显。

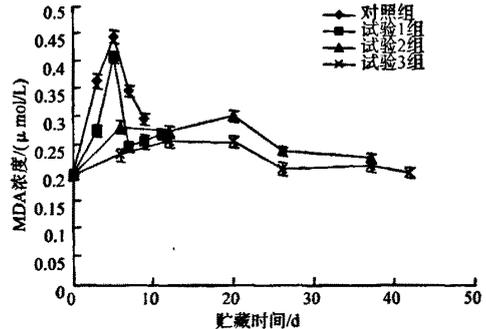


图 4 1-MCP 处理对绿芦笋 MDA 浓度的影响

Fig. 4 Effect of 1-MCP treatment on green asparagus MDA content

2.5 1-MCP 处理对绿芦笋 POD 活性的影响

POD 是植物氧化代谢过程中, 活性氧清除系统的一种重要酶类, 其主要作用是清除 SOD 催化 O_2^- 发生歧化反应产生的 H_2O_2 和其它过氧化物。同时, 它也是木质化过程中的一种重要酶类, 将由苯丙烷途径产生的 3 种芳香醇聚合成木质素^[11]。从图 5 可以看出, POD 活性大致呈现先升后降的趋势。在室温条件下, 对照组的 POD 活性在前 3 d 迅速上升, 然后又迅速下降并在第 5 天达到最低值 (5.99 U/g), 在贮藏后期又迅速上升并达到最高值 (28.50 U/g)。试验 1 组的 POD 活性的变化趋势在贮藏初期与对照组相似, 在第 3 天达到最高值 (12.99 U/g), 在贮藏后期略有升高后又逐渐下降; 在整个贮藏过程中, 除第 5 天外, 试验 1 组的 POD 活性显著低于对照组 ($p < 0.05$), 最高值只是对照组的 59.6%。在 4℃ 下, 试验 2 组与试验 3 组的 POD 活性在贮藏初期都保持较低的水平, 3 d 后迅速上升, 并在第 12 天达到最高值 (21.43 U/g、18.17 U/g), 然后逐渐降低; 在贮藏后期, 试验 2 组的 POD 活性持续下降, 而试验 3 组在贮藏 20 d 后 POD 活性有所上升, 在第 26 天达到又一个峰值 (16.33 U/g) 后逐渐下降。在贮藏前期, 试验 3 组的 POD 活性低于试验 2 组, 达到显著水平 ($p < 0.05$); 而在贮藏后期, 试验 3 组的 POD 活性又有所升高, 这与 WANG

Qiao-mei 等对青花菜研究的结果一致^[12],这可能是由于贮藏后期底物增加引起的。

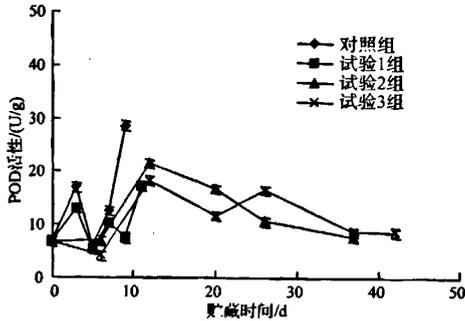


图5 1-MCP处理对绿芦笋POD活性的影响

Fig. 5 Effect of 1-MCP treatment on green asparagus POD activity

2.6 1-MCP处理对绿芦笋SOD活性的影响

SOD是植物氧化代谢的关键酶。它能催化体内分子氧活化的第一个中间产物超氧化物阴离子自由基的歧化反应而形成氧分子和过氧化氢^[13]。它作为好气生物防御氧伤害的细胞保护酶而被人们重视和广泛研究,大量研究表明其抑制效果与酶活性有良好的正相关性^[13]。从图6可以看出,SOD活性呈现逐渐上升的趋势。在室温条件下,对照组的SOD活性从开始的1510 U/g持续上升,到贮藏结束时(9 d)达到3120.4 U/g。试验1组的SOD活性在前5 d增长趋势与对照组相似,而后迅速上升,在第7天达到最高值(3556.7 U/g),贮藏7 d后逐渐下降,在贮藏后期又略有上升;贮藏5 d以后,试验1组的SOD活性显著高于对照组($p < 0.05$)。在4℃下,试验2组的SOD活性的变化趋势与对照组相似,一直保持上升趋势;试验3组的SOD活性在第37天达到峰值(4945.5 U/g),贮藏末期又有所下降;在贮藏12 d以后,试验3组的SOD活性始终高于试验2组,达到极显著水平($p < 0.01$)。这说明1-MCP处理提高了SOD活性,并且在低温条件下更为明显。这与WANG Qiao-mei和李相阳分别对青花菜和菜心研究的结果一致^[12,14]。

2.7 1-MCP处理对绿芦笋PAL活性的影响

PAL是植物次生代谢的3个关键酶之一,对植物体内的木质素、植保素、类黄酮、花青素等次生物质的形成起重要的调节作用^[7]。从图7可以看出,PAL活性呈现先升后降的趋势,这与陆胜民等对鲜切竹笋的研究报道一致^[15]。在室温条件下,对照组的PAL活性在第5天达到最高值(216.0 U/g),而试验1组的PAL活性在第7天达到最高值(137.6 U/g);在整个贮藏过程中,试验1组的PAL活性始

终低于对照组,在贮藏中期达到极显著水平($p < 0.01$)。在4℃下,试验2组的PAL活性在第6天达到最高值(132.8 U/g),而后下降,在第20天达到最低值(26.0 U/g);试验3组的PAL活性在第6天达到最高值(97.6 U/g),而后下降,在第12天下降到26.0 U/g,在随后的贮藏过程中一直保持着较低水平。这说明1-MCP处理有效地抑制了PAL活性,并且在低温条件下效果更为明显。

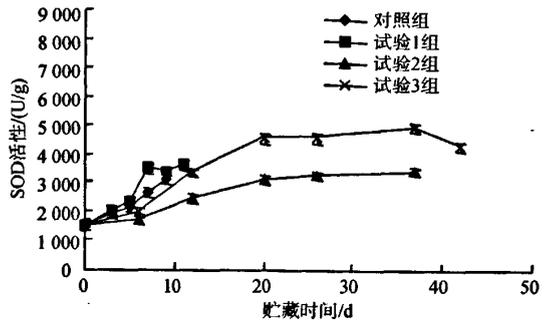


图6 1-MCP处理对绿芦笋SOD活性的影响

Fig. 6 Effect of 1-MCP treatment of green asparagus SOD activity

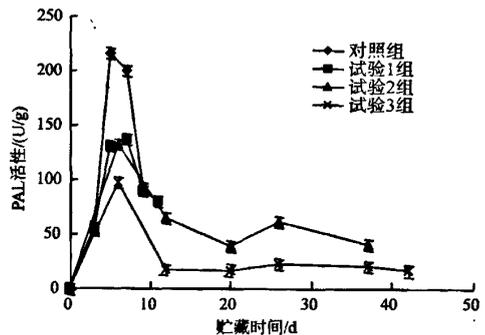


图7 1-MCP处理对绿芦笋PAL活性的影响

Fig. 7 Effect of 1-MCP treatment of green asparagus PAL activity

3 结论与讨论

绿芦笋采收后,随着贮藏时间的延长,嫩茎逐渐衰老。1-MCP处理的绿芦笋呼吸强度明显降低,抑制了VC和叶绿素含量的下降,减少了MDA积累,提高了SOD活性,降低了POD和PAL的活性,从而延缓了嫩茎衰老进程,并且在低温条件下效果更明显。其贮藏期在室温下可达到9 d,4℃下可达到42 d,分别延长了2~3 d和5~10 d。

绿芦笋采收时,造成大量切口,由于生物自身的内在保护机制,靠自身较高的呼吸代谢促进愈伤组织的形成^[16]。因此,芦笋采后在很短的时间内达

到一个呼吸峰值,即为胁迫条件所致。在实验过程中,呼吸强度之所以表现为“先降后升”的变化趋势,是由于原料送到时,胁迫性呼吸峰值已过。实验中发现芦笋呼吸强度再次上升才是芦笋衰老的开始。

MDA浓度的变化总体表现为先升后降的趋势,可能是由于在贮藏前期超氧阴离子快速增加并攻击膜脂而造成产物积累;而在贮藏后期,随着SOD等抗氧化酶类活性的增强,组织清除能力较强,从而浓度有所下降。

植物组织的抗氧化机制包括抗氧化酶类和内源抗氧化剂(如VC)^[12]。1-MCP对果蔬采后衰老的延缓影响,一是通过减缓内源抗氧化剂的分解,维持组织内活性氧代谢的平衡。另外可能是由于1-MCP可以影响乙烯的生物合成与信号传导那样调节抗氧化酶系统,从而达到延缓果蔬采后衰老的效果。同时,SOD和CAT可以通过对氧自由基的清除作用抑制乙烯的合成。1-MCP延缓绿芦笋衰老的特殊机制以及它与抗氧化酶系的相互关系还需要作进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 李建华. 芦笋的贮藏特性及保鲜技术[J]. 中国果菜, 2004, 4: 31.
LI Jian-hua. Storage characteristic and technology of asparagus [J]. *China Fruit and Vegetable*, 2004, 4: 31. (in Chinese)
- [2] 蒋振辉, 顾振新. 芦笋嫩茎采后生理和品质变化及保鲜技术[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(5): 80-85.
JANG Zhen-hui, GU Zhen-xin. Changes of physiology, quality and storage technology of postharvest asparagus spears [J]. *Food Fermentation Indust*, 2003, 29(5): 80-85. (in Chinese)
- [3] 王兰菊, 陈刚. 1-MCP延缓园艺产品衰老作用的研究进展[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2004, 19(3): 34-39.
Wang Lan-ju, CHEN Gang. Advances of research on effect of 1-MCP treatment on delay senescence of horticultural product [J]. *J Zhengzhou College Light Indust (Sci)*, 2004, 19(3): 34-39 (in Chinese).
- [4] Sylvia M. Blankenship, John M. Dole. 1-Methylcyclopropene; a review [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 28: 1-25.
- [5] 孙希生, 王文辉. 1-MCP对苹果采后生理的影响[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 12-17.
SUN Xi-shen, WANG Wen-hui. Effects of 1-MCP treatment on physiology of apples after harvest [J]. *J Fruit Sci*, 2003, 20(1): 12-17. (in Chinese)
- [6] 大连轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1994.
- [7] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学试验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [8] 王璋. 食品酶学实验讲义[R]. 无锡: 江南大学, 2005.
- [9] 潘一山, 王少峰. 芦笋采后生理与贮藏保鲜研究[J]. 福建农业学报, 2001, 16(3): 61-64.
PAN Yi-shan, WANG Shao-feng. Postharvest physiology and storing technology of asparagus [J]. *Fujian J Agric Sci*, 2001, 16(3): 61-64. (in Chinese)
- [10] 顾青, 朱睦元. 雷竹笋材后生理及其贮藏技术研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002, 28(2): 169-174.
GU Qin, ZHU Mu-yuan. Studies on postharvest physiology and storage of bamboo shoots in *Phyllostachys praecox f. preveynalis* [J]. *J Zhejiang Univ (Agric & Life Sci)*, 2002, 28(2): 169-174. (in Chinese)
- [11] 王敬文. 采后竹笋老化生理研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(6): 687-692.
WANG Jing-wen. Study on senescence physiology of postharvest bamboo shoot [J]. *Forest Research*, 2002, 15(6): 687-692. (in Chinese)
- [12] Wang Q M, Win K. Effect of 1-MCP on storage life, quality and antioxidant enzyme activities of broccoli [J]. *Journal of Zhejiang Univ (Agric & Life Sci)*, 2002, 28(5): 507-512.
- [13] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [14] 李相阳. GA、1-MCP及CO₂处理对菜心采后品质及生理变化的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [15] 陆胜民, 徐亚光. 鲜切竹笋冷藏过程中生理和生化变化的研究[J]. 中国食品学报, 2004, 4(2): 25-30.
LU Sheng-min, XU Ya-guang. Studies on physiological and biochemical changes of cut bamboo shoot during cold storage [J]. *J Chinese Institute Food Sci Technol*, 2004, 4(2): 25-30. (in Chinese)
- [16] 李文香, 张慧, 余汉清. 绿芦笋的减压保鲜试验[J]. 无锡轻工大学学报, 2004, 23(6): 38-42.
LI Wen-xiang, ZHANG Min, YU Hai-qin. Study on hypobaric storage of asparagus of *ficinalis* L [J]. *J Wuxi Univ Light Indust*, 2004, 23(6): 38-42. (in Chinese)

(责任编辑: 秦和平, 朱明)