

丙二酸对沙芥属蔬菜叶片保鲜效果的影响

张晓艳¹, 张凤兰¹, 郝丽珍¹, 那顺吉日嘎拉², 郑清岭¹, 丁梦军¹

(1. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古自治区野生特有蔬菜种质资源与种质创新重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010019;

2. 鄂托克前旗草原工作站, 内蒙古 鄂尔多斯 016200)

摘要:以沙芥属蔬菜沙芥和斧形沙芥叶片为试材, 采用感官评价及生理指标测定的方法, 研究了不同质量浓度丙二酸对沙芥属蔬菜保鲜效果的影响, 并使用灰色关联度法研究了沙芥属蔬菜叶片中各物质与失重率之间的关联度。结果表明: 丙二酸质量浓度为 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 沙芥与斧形沙芥叶片呼吸强度最低, 分别为 $82, 67 \mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 贮藏第 10 天的失重率在各处理中最高, 分别为 7.93% 和 11.02%; 各处理中氨基酸、维生素 C、蛋白质含量均随贮藏时间延长呈降低趋势, 但 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下降幅度较小, 且沙芥中上述各营养物质含量均比斧形沙芥高; 沙芥属蔬菜叶片中各物质对失重率影响最大的是氨基酸, 其次是蛋白质, 影响最小的是还原性糖; 丙二酸质量浓度为 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 沙芥属叶片保鲜效果最好, 能有效延长叶片的保鲜期。

关键词:沙芥属; 沙芥; 斧形沙芥; 丙二酸; 保鲜

中图分类号:S 649.609⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)12-0129-06

沙芥属为亚洲中部蒙古高原沙地的特有属, 属十字花科二年生草本植物, 包含沙芥 (*P. cornutum* (L.)

Gaertn.) 和斧形沙芥 (*P. dolabratum* Maxim.) 2 个种^[1], 是一类集药用、保健、饲用、防风固沙等功能于一体的沙生蔬菜^[2-3], 由于富含蛋白质、脂肪、碳水化合物、多种维生素和矿物质等, 也是一类具有较高开发利用价值的资源植物^[4-6]。

采收蔬菜的干物质不再增加, 需要依靠呼吸作用维持其正常的生命活动, 原来累积的物质被不断消耗, 造成了采收后蔬菜营养物质含量的降低^[7-8]。如何降低采收后蔬菜的呼吸作用, 延长保鲜期是蔬菜采收后加工工艺研究的重点之一^[9-11]。丙二酸^[12] 又称缩苹果酸, 分子式为 $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$, 能溶于水、醇和醚, 可以作为琥珀酸脱氢酶的竞争性抑制剂, 抑制相应的呼吸作用进程。叶

第一作者简介:张晓艳(1991-), 女, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜种质资源及种质创新。E-mail: zhangxiaoyan5329@163.com.

责任作者:郝丽珍(1960-), 女, 内蒙古包头人, 教授, 博士生导师, 现主要从事蔬菜种质资源及种质创新等研究工作。E-mail: haolizhen_1960@163.com.

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203004); 内蒙古主席基金资助项目; 内蒙古农业大学科技创新(培育)团队资助项目(NDPYTD2013-3); 国家自然科学基金资助项目(31160393)。

收稿日期:2016-03-11

Occurrence and Control of Thrips of Grape in Greenhouse

WANG Jincheng¹, BAI Dujuan², LI Zhixi³, BAI Gangshuan⁴

(1. Department of Modern Agricultural Engineering, Ningxia Technical College of Wine and Desertification Prevention, Yinchuan, Ningxia 750004; 2. Yangling Agricultural High-Tech Development Co. Ltd., Yangling, Shaanxi 712100; 3. College of Life Science, Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000; 4. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: In order to control thrips and reduce thrips harm on greenhouse grapes, this article briefly described the morphological characteristics, damage symptoms and growth habit of thrips, and proposed that was necessary to be based on prevention and integrated control for thrips control on greenhouse grapes. Agricultural control, physical control and biological control should be carried out, chemical control should be strengthened in outbreaks period, and proposed the corresponding control measures.

Keywords: thrips; morphological characteristics; hazard symptoms; growth habit; control measures

月等^[13-14]使用不同质量浓度丙二酸处理芹芽,其能够抑制芹芽的呼吸作用,减缓可溶性固形物含量的损耗,有效地延长芹芽的保鲜期;王乐^[15]利用丙二酸处理韭黄及韭薹,能有效地延长韭黄及韭薹的贮藏时间;BEEV-ERS^[16]研究了在玉米根呼吸过程中影响丙二酸抑制效果的相关因素,其中 pH 和 CO₂/O₂ 对其影响最大,在 pH 3.2~6.3 范围内能够很好地抑制其呼吸作用;张丙云等^[17]使用丙二酸处理韭薹,货架期达 7 d 时,仍能保持较好形态及较高的营养价值。新鲜沙芥属蔬菜含水量高,保存时间短是影响其贮藏和销售的关键问题^[18-21]。但目前国内对沙芥属蔬菜的保鲜研究鲜有报道,该试验以丙二酸作为保鲜剂处理沙芥属蔬菜,通过感官评价及其相关生理指标的测定,研究不同质量浓度丙二酸对沙芥属蔬菜保鲜效果的影响,并使用灰色关联度法研究沙芥属蔬菜叶片中各物质之间的关联,以期对沙芥属蔬菜保鲜、贮藏提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试沙芥和斧形沙芥鲜样于 2014 年 8 月采自内蒙古农业大学科技园区。

1.2 试验方法

将新鲜沙芥和斧形沙芥挑选整理后,将其根部已经风干的部位切下,呈现新鲜的切割部位,然后将其根部分别置于 300 mL 质量浓度为 100、300、500 mg·L⁻¹ 的丙二酸溶液中浸泡 30 s,取出晾干。每处理 4 次重复,以未加丙二酸(0 mg·L⁻¹)作为对照处理。将处理好的沙芥、斧形沙芥分别装入 LDPE 塑料保鲜袋(规格:厚度 0.02 mm,45 cm×30 cm)中,放入 4℃ 冰箱避光冷藏保鲜,贮藏期间,每 2 d 测定 1 次相关生理指标。

1.3 项目测定

1.3.1 生理指标的测定 呼吸强度采用静置法测定^[22],失重率采用称重法测定。氨基酸总量的测定采用茚三酮溶液显色法^[23];维生素 C 含量的测定采用 2,6-二氯酚靛酚比色法^[23];蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[23];可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[23];还原性糖含量的测定采用 3,5-二硝基水杨酸法^[23]。超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用氮蓝四唑法^[23]。

1.3.2 感官评价 感官评价采用观察法。在贮藏期间对沙芥和斧形沙芥叶片颜色,根茎挺度,腐烂程度,可食用性等情况,按 9 分制法进行评分,并作详细记录。具体评分标准见表 1。

1.4 数据分析

1.4.1 方差分析 试验数据采用 SPSS 14.0 软件进行

方差分析,样本间的差异显著性采用 Duncan's 检验;采用 Microsoft Excel 2003 软件制图。

表 1 感官评价评分

Table 1 Sensory evaluation ratings

分值	不良气味	根茎状况	叶片腐烂程度	食用性
1	严重不良气味	组织严重腐败	大部分叶水烂	不可食用
3	明显不良气味	根茎软	部分叶水烂、较粘	不宜食用
5	略有不良气味	根茎稍软	轻微发粘、少量	可食用
7	无不良气味	根茎无明显差异	个别叶尖水烂	可食用
9	具有清新气味	根茎硬挺	叶鲜脆	可食用

1.4.2 灰色关联分析 根据灰色系统理论^[24],把所有供试的物质看成一个灰色系统,分析该系统中各因素的联系程度即关联度。将试验测得各营养物质含量及呼吸强度为子因素,失重率为母因素进行分析。设参考数列为 X_0 ,被比较数列为 $X_i, i=1,2,3,\dots,N, X_0=\{X_0(1), X_0(2), X_0(3), X_0(N)\}, X_i=\{X_i(1), X_i(2), X_i(3), \dots, X_i(N)\}$, 则称

$$\xi_{i(K)} = \frac{\min_i \min_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}| + \rho \min_i \min_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}|}{|x_{0(k)} - x_{i(k)}| + \rho \min_i \min_k |x_{0(k)} - x_{i(k)}|}$$

为 X_0 和 X_i 在第 K 点的关联系数。将各个关联系数平均起来,该平均值即为比较数列 $X_i(k)$ 对参考数列 $X_0(k)$ 的关联度。计算子因素与母因素之间的关联度,即可确定沙芥属蔬菜叶片在贮藏过程中各物质对失重率的影响。

2 结果与分析

2.1 丙二酸处理对沙芥属蔬菜叶片感官评价的影响

如表 2 所示,同一浓度条件下,随贮藏时间的延长,沙芥属蔬菜叶片感官评价分值均呈降低趋势。在处理 10 d 时,沙芥和斧形沙芥的感官评价的分值与 0 d 相比有所下降,丙二酸质量浓度为 300、500 mg·L⁻¹ 时,其延缓沙芥属蔬菜叶片采后腐烂程度显著高于其它处理。

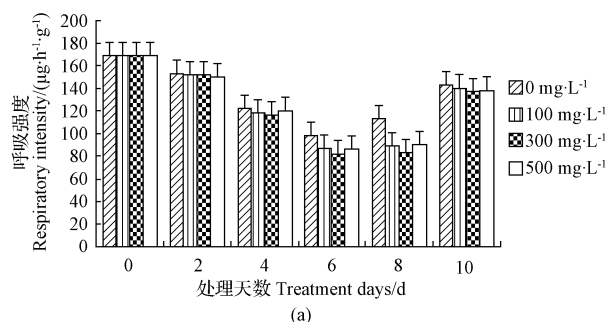
表 2 不同浓度丙二酸处理下沙芥属蔬菜叶片感官评价分值的变化

Table 2 Sensory evaluation scores change of leaves of *Puionium* Gaertn. with different concentration of malonic acid

品种 Variety	丙二酸浓度 Mmalonic acid concentration	时间 Time/d					
	/(mg·L ⁻¹)	0	2	4	6	8	10
沙芥 <i>P. cornutum</i> (L.) Gaertn.	0	9	9	7	5	5	1
	100	9	9	9	7	7	7
	300	9	9	9	9	7	7
	500	9	9	9	9	9	7
斧形沙芥 <i>P. dolabratum</i> Maxim.	0	9	9	7	5	3	0
	100	9	9	9	7	7	7
	300	9	9	9	9	7	7
	500	9	9	9	9	9	7

2.2 丙二酸处理对沙芥属蔬菜叶片呼吸强度的影响

由图 1 可知,沙芥和斧形沙芥采后呼吸强度在贮藏期间呈先下降后升高的变化趋势。在第 6 天均达到最低值,分别为 $82 \mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $67 \mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。第 6~8 天呼



吸平稳,第 8 天后呼吸强度急剧升高。3 个处理的呼吸强度均低于对照,且沙芥和斧形沙芥的呼吸强度在 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理时最低。综上表明,丙二酸可以降低沙芥属蔬菜的呼吸强度,其中以 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理效果最佳。

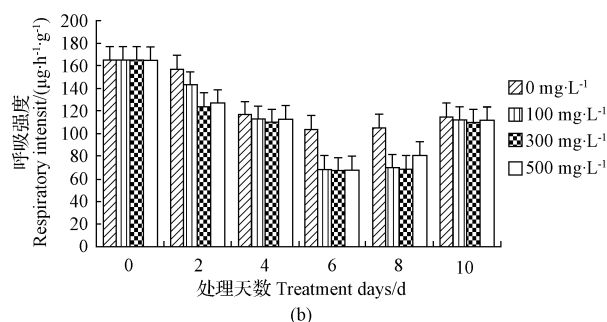


图 1 不同质量浓度丙二酸对沙芥(a)和斧形沙芥(b)呼吸强度的影响

Fig. 1 Effect of different concentration of malonic acid on respiratory strength of *P. cornutum*(L.) Gaertn. (a) and *P. dolabratum* Maxim. (b)

2.3 丙二酸处理对沙芥属蔬菜叶片失重率的影响

由图 2 可知,沙芥属蔬菜采后的失重率在贮藏期间

呈升高的变化趋势。 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 丙二酸在各处理天数条件下,失重率最低,且沙芥的失重率小于斧形沙芥。

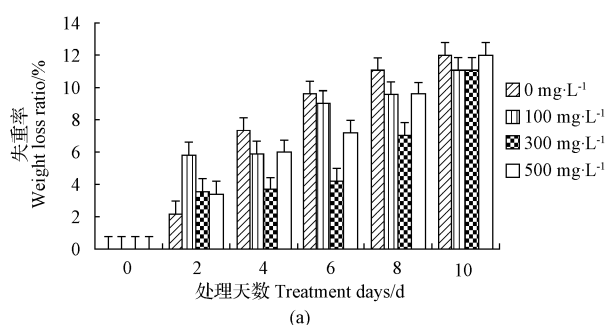
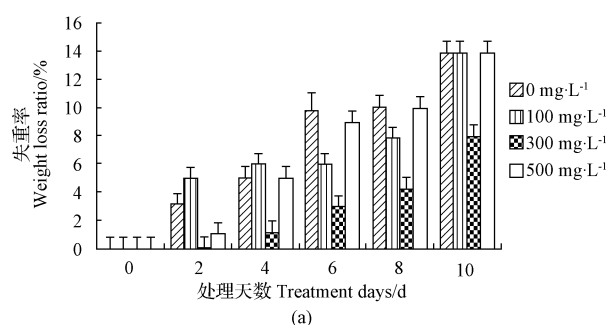


图 2 不同质量浓度丙二酸对沙芥叶片(a)和斧形沙芥(b)失重率的影响

Fig. 2 Effect of different concentration of malonic acid on weight loss of *P. cornutum*(L.) Gaertn. (a) and *P. dolabratum* Maxim. (b)

2.4 丙二酸处理对沙芥属蔬菜叶片营养成分的影响

如图 3a、b 可知,沙芥属蔬菜叶片中的氨基酸含量随贮藏时间的延长而呈降低的趋势,经过丙二酸处理的叶片保鲜能力较对照高;在处理 5、10 d 后, $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 丙二酸的保鲜效果显著高于对照组,且沙芥中的氨基酸含量较斧形沙芥高。

如图 3c、d 可知,沙芥属蔬菜叶片中的维生素 C 含量随贮藏时间的延长也呈降低的趋势,经过丙二酸处理的保鲜能力高于对照,而 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 与 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理间保鲜效果无显著性差异,均高于其它处理,在 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的沙芥中的维生素 C 含量较斧形沙芥高。

如图 3e、f 可知,沙芥、斧形沙芥叶片中蛋白质含量随贮藏时间的延长呈降低的趋势,丙二酸处理后蔬菜保鲜能力高于对照;沙芥在处理 5、10 d 后,其中 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的保鲜效果显著高于其它处理,且 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下沙芥中的蛋白质含量较斧形沙

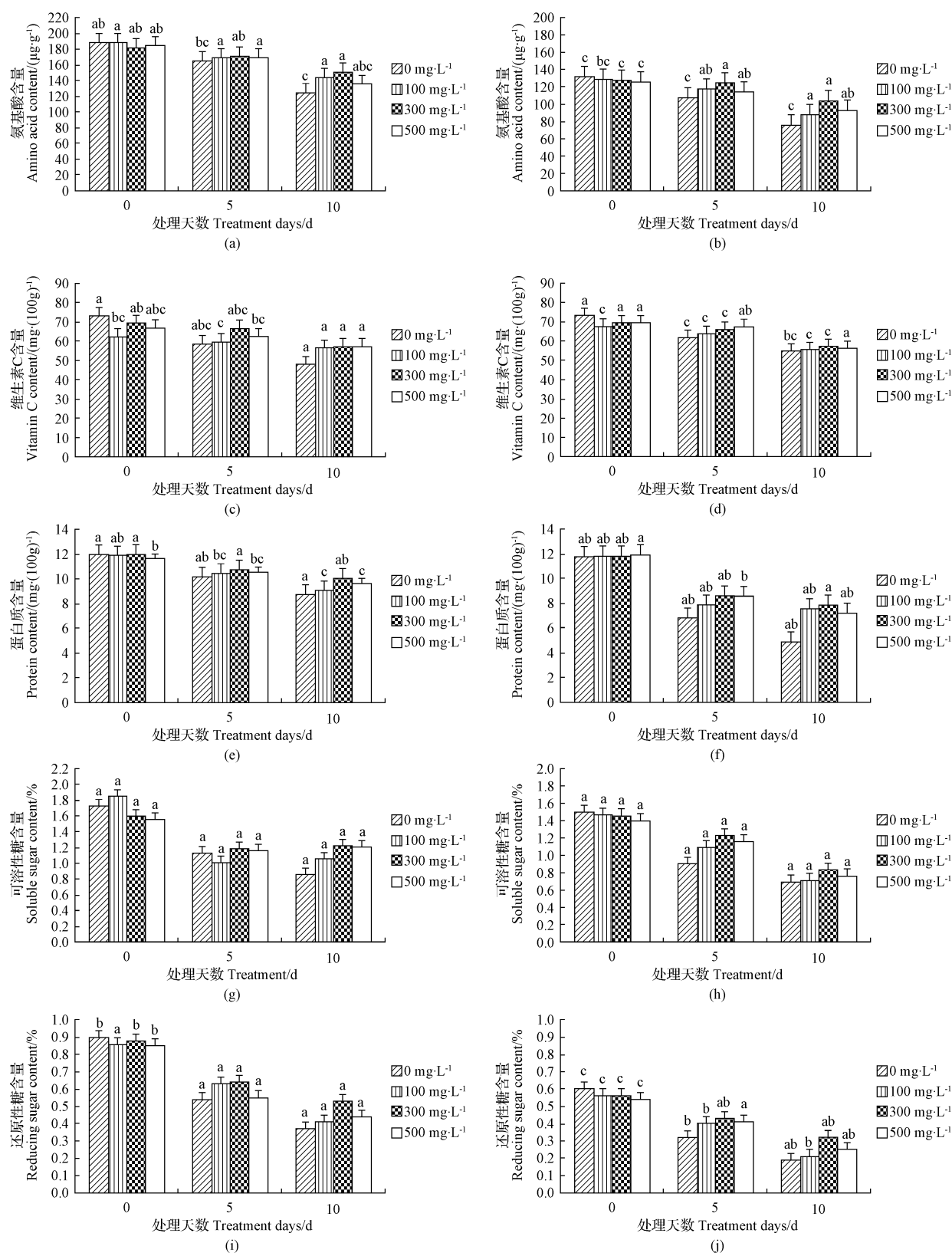
芥高。

如图 3g、h 可知,沙芥属蔬菜叶片中可溶性糖含量随贮藏时间增加而下降,沙芥和斧形沙芥叶片可溶性糖含量各处理之间均无显著性差异 ($P > 0.05$), $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 丙二酸处理明显高于其它处理,且沙芥中可溶性糖含量比斧形沙芥高。

如图 3i、j 可知,沙芥属蔬菜叶片中还原糖含量随贮藏时间增加而下降,经过丙二酸处理的蔬菜保鲜能力高于对照, $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的保鲜效果高于其它处理,但差异不显著,沙芥中还原性糖含量比斧形沙芥高。

2.5 丙二酸处理对沙芥属蔬菜叶片 SOD 活性的影响

由图 4 可知,随着处理时间的增加,沙芥属蔬菜叶片的 SOD 活性呈先上升后下降的变化趋势,其中对照处理的变化较明显,而 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的变化均较缓慢,丙二酸质量浓度为 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的处理保鲜效果较好。



注:图中不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

Note: Values with the different lowercase letters are significant difference at $P < 0.05$ in the picture.

图3 不同质量浓度丙二酸处理对沙芥(a,c,e,g,i)和斧形沙芥(b,d,f,h,j)叶片营养成分含量的影响

Fig. 3 Effect of different concentrations of malonic acid on nutritional ingredients of leaves of *P. cornutum*(L.) Gaertn. (a,c,e,g,i) and *P. dolabratum* Maxim. (b,d,f,h,j) with in storage

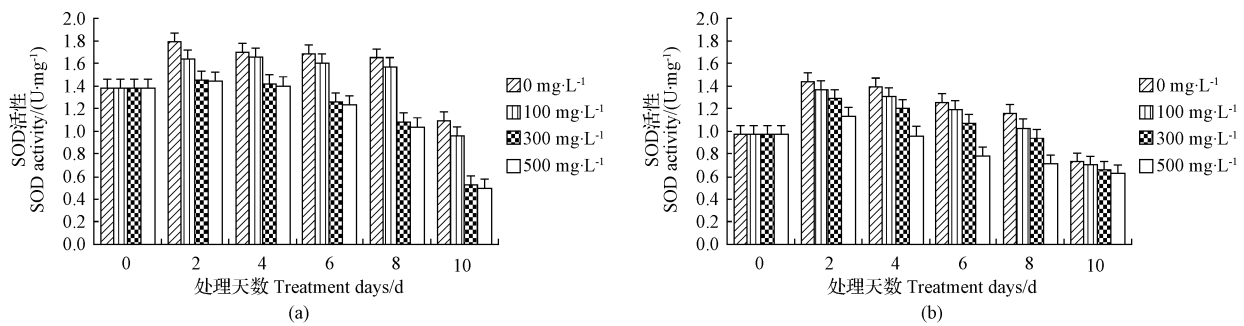


图 4 不同质量浓度丙二酸对沙芥(a)和斧形沙芥(b)叶片 SOD 活性的影响

Fig. 4 Effect of different concentration of malonic acid on SOD activity of *P. cornutum*(L.) Gaertn. (a) and *P. dolabratum* Maxim. (b)

2.6 沙芥属蔬菜叶片中各物质与失重率间的关系

根据灰色系统理论中关联度的分析原则,关联度大的数列与母序列指标最为接近。由表 3 可知,沙芥属蔬

菜叶片中各物质对失重率影响最大的是氨基酸,其次是蛋白质,影响最小的是还原性糖。

表 3 各营养物质与母序列的关联度及排序

Table 3 Various nutrients and mother sequence correlation and sorting

品种 Variety	因子 Factor	氨基酸 Amino acids	蛋白质 Protein	维生素 C Vitamin C	可溶性糖 Soluble sugar	呼吸强度 Respiratory strength	还原性糖 Reducing sugars
沙芥	关联度 Correlation	0.255 5	0.244 1	0.241 9	0.241 2	0.237 0	0.230 4
<i>P. cornutum</i> (L.) Gaertn.	顺序 Sorting	1	2	3	4	5	6
斧形沙芥	关联度 Correlation	0.257 7	0.205 2	0.189 6	0.186 7	0.173 8	0.164 2
<i>P. dolabratum</i> Maxim.	顺序 Sorting	1	2	3	4	5	6

3 讨论与结论

沙芥属蔬菜采摘后如果不及时食用,其叶片萎蔫,根茎发软,甚至会腐烂。为了保持采后沙芥属蔬菜的新鲜度,使用不同浓度丙二酸处理叶片,随质量浓度的增加,其叶片感官评价越好,可见丙二酸对叶片的保鲜起到重要作用。与新鲜的叶片相比,贮藏 5 d 及 10 d 的叶片其营养成分降低,品质下降,其功效也随之下降,这与叶月等^[13]利用丙二酸处理芦芽,芦芽中的营养成分随贮藏时间的延长呈下降趋势相一致。

从叶片呼吸强度变化来看,丙二酸处理的叶片呼吸强度低于对照,由于丙二酸是琥珀酸的类似物,是琥珀酸脱氢酶的竞争性抑制物,阻断三羧酸循环,降低叶片的呼吸强度,而并非丙二酸浓度越大叶片呼吸强度越低,这与王乐^[15]利用丙二酸处理韭黄及韭薹能有效地延长韭黄及韭薹的贮藏时间,使其保持良好的商品质量,具有很好的保鲜效果的研究相一致。叶片失重率与叶片经过蒸腾作用失水、贮存的水分及营养物质大量消耗有关,蒸腾作用越强,失重率越高,根据感官评价,叶片腐烂程度越大,叶片越不新鲜。

丙二酸属于中强酸,可以使蛋白质变性,蛋白质溶解度下降,甚至互相团聚,发生凝结成为不可逆的凝胶,

还可以增加蛋白质黏度,经过丙二酸处理的蛋白质含量降低。丙二酸处理能缓解叶片中氨基酸、可溶性糖的下降,蛋白质变性影响蛋白的空间结构,对其一级结构无影响,所以蛋白质变性并不影响沙芥属蔬菜叶片中氨基酸的含量,氨基酸能够调节人体内氮素的平衡,提供人体所必需的氨基酸,具有保健和医疗功效^[25],处理 5 d 及 10 d 的叶片氨基酸含量无明显变化。维生素 C 含量的变化随丙二酸质量浓度升高呈降低的趋势,300 mg·L⁻¹时维生素 C 含量最高,其抗衰老能力强。

沙芥属蔬菜叶片在采后 SOD 活性呈现先上升后下降的趋势,2 d 后 SOD 活性逐渐减小,SOD 具有清除活性氧自由基的作用,SOD 活性减小,活性氧自由基在叶片中积累,有害物质增加。丙二酸有效的减缓了 SOD 活性,减少了有害物质在叶片中的积累,有利于提高沙芥的抗衰老能力。

参考文献

[1] 马毓泉. 内蒙古植物志(第 2 卷)[M]. 2 版. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1990:612-616.
[2] 李聪,烨华,张应龙,等. 沙生民族药沙芥提取物药用活性研究[J]. 西北大学学报(自然科学版),2010,40(2):270-272.
[3] 李东,王永忠,张立文,等. 沙芥荒漠地人工栽培技术[J]. 甘肃农业科技,2011,2(8):54-55.

- [4] 郝丽珍,翟胜,贾晋,等.沙芥营养生长规律及叶片解剖结构的研究[J].华北农学报,2004,19(4):66-70.
- [5] 赵一之.沙芥属的分类校正及其区系分析[J].内蒙古大学学报(自然科学版),1999,30(2):197-199.
- [6] 曹晓明.沙区食用植物沙芥的开发利用[J].中国水土保持,1994,36(3):48-49.
- [7] 魏云潇.采后处理对芦苇品质、抗氧化及多酚的影响[D].杭州:浙江大学,2011.
- [8] 远一.可食用水果蔬菜的保鲜剂[J].中国蔬菜,2000(2):47-48.
- [9] PARK M,CHOI J,KIM Y,et al. Effect of modified atmosphere packaging on postharvest quality of kohlrabi[J]. Korean Journal of Horticultural Science and technology,2014,32(5):655-665.
- [10] 李勇.水生蔬菜刺苦草根状茎采后生理及保鲜技术的初步研究[D].合肥:安徽农业大学,2009.
- [11] 郑铁松,李雪枝.不同浓度1-MCP对番茄保鲜效果的研究[J].食品科学,2006,27(10):552-555.
- [12] CRUZ-CASTANEDA J,NEGRON-MENDOZA A,FRIAS D,et al. Chemical evolution studies: the radiolysis and thermal decomposition of malonic acid[J]. Journal of Radioanalytic and Nuclear Chemistry,2015,304(1):219-225.
- [13] 叶月,徐文娟,伍超,等.不同浓度丙二酸对芹芽保鲜效果的研究[J].长江蔬菜,2012,45(16):125-127.
- [14] 叶月.芹芽采后生理及保鲜技术的初步研究[D].合肥:安徽农业大学,2013.
- [15] 王乐.丙二酸对韭黄及韭薹保鲜效果的研究[D].兰州:兰州理工大学,2011.
- [16] BEEVERS H. Malonic acid as inhibitor of maize root respiration[J]. Plant Physiology,1952,27(4):725-735.
- [17] 张丙云,王乐,王玉丽,等.一种新型保鲜剂对韭薹采后生理及贮藏效果的影响[J].食品与发酵工业,2011,37(5):48-50.
- [18] GAO H S,LIANG J L,ZHAO C M. The status,problems and developing strategies for storage and fresh-keeping of fruits and vegetables[C]//5th International Conference on Management of Technology,2010:322-325.
- [19] GREULE M,ROSSMANN A,SCHMIDT H,et al. A stable isotope approach to assessing water loss in fruits and vegetables during storage[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2015,63(7):1974-1981.
- [20] 程顺昌,魏宝东,熊振华,等.西兰花采后贮藏保鲜技术研究进展[J].食品科学,2014,35(7):270-275.
- [21] ZHANG X,DONG Y T,PEI J S,et al. Fresh-keeping effect of kojic acid on rape[C]//International Forum on Mechanical and Material Engineering,2013.
- [22] 王淑琴,张平.果蔬贮藏学实验实习指导书[M].沈阳:沈阳农业大学印刷,1997:18.
- [23] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [24] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987.
- [25] 孙安,林香信,钱爱萍,等.闽产柑橘果实氨基酸含量及组成分析[J].中国食物与营养,2012,18(6):66-70.

Effect of Malonic Acid on Preservation of Leaves of *Puionium Gaertn.*

ZHANG Xiaoyan¹,ZHANG Fenglan¹,HAO Lizhen¹,NA Shunjirigala²,ZHENG Qingling¹,DING Mengjun¹

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University/Inner Mongolia Key Laboratory of Wild Peculiar Vegetable Germplasm Resource and Germplasm Enhancement, Hohhot, Inner Mongolia 010019; 2. Grass Super Vase Department of Etuok Front Banner, Ordos, Inner Mongolia 016200)

Abstract: Taking leaves of *Pugionium cornutum* (L.) Gaertn. and *Pugionium dolabratum* Maxim. as test materials, using sensory evaluation and determining physical index methods, the effects of different concentration of malonic acid on preservation were studied, and the relationship of weight loss ratio and nutrient substances of vegetables was studied using grey relational analysis. The results showed that when the concentration of malonic acid was $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the respiration rate of *P. cornutum* (L.) Gaertn. and *P. dolabratum* Maxim. were $82 \mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ and $67 \mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively. the highest weight loss rate were 7.93%, 11.02%, respectively on the 10th day after storage, the content of amino acid, protein and vitamin C gradually decreased as the extension of storage time, but small drop in the $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ treatment. The content of amino acid, protein and vitamin C of *P. cornutum* (L.) Gaertn. were higher than that of *P. dolabratum* Maxim. The greatest impact on weight loss was amino acid, the second was protein, the least was reducing sugars. The best of preservation of leaves of the *Puionium* Gaertn. was $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, it could extend freshness.

Keywords: *Puionium* Gaertn. ; *P. cornutum* (L.) Gaertn. ; *P. dolabratum* Maxim. ; malonic acid; freshness