

# 间歇加温缓解冷藏甜椒冷害的研究

韩素江\*

李志澄 高瑞霞 赵 瑛

(河北省农林科学院蔬菜研究所, 石家庄 050051)

(沈阳农业大学园艺系, 沈阳 110161)

## 摘 要

有关果蔬贮运过程的冷害大多是从恒温贮藏角度加以研究。本文根据东北地区的气候特点, 从节省能源、延缓冷害的角度研究了冷藏甜椒对间歇加温的生理反应, 并根据贮藏过程中的外观变化分析说明了间歇加温措施的贮藏效果及影响因素。

**关键词** 间歇加温 冷害 甜椒 冷藏

近年来, 国内外许多学者对甜椒(青椒, 灯笼椒, *Capsicum annuum*)贮藏进行了各方面的研究[1~3]。大多数学者认为, 甜椒贮藏适温为8~10℃, 低于8℃则发生冷害。甜椒遭受冷害后, 必然受到微生物的侵染, 招致重大损失。解决北方甜椒市场供应有的采用延缓种植、延缓采收的办法, 更多采用的是南椒北运。但不论何种办法都有可能使甜椒在田间(尤其是夜间)和运输途中受到低温冷害的影响, 即使各种采前条件都正常, 为使9~10月份后北方(尤其是东北地区)的贮藏库保持8~10℃的温度, 必须增添加温设备, 从而增加了能源消耗。一些国外学者曾研究用间歇加温措施控制桃、油桃、李子、番茄、柑橘、食用秋葵、黄瓜、马铃薯等多种果蔬的冷害, 并证明利用间歇加温措施对延缓果蔬的冷害有一定作用[2, 3]。本文旨在通过间歇加温对甜椒影响的研究, 找到缓解已遭低温冷害影响的甜椒发病的措施, 以及把甜椒贮于适温以下而缓解冷害的发生, 节省加温所需的能源消耗。

## 材料和方法

**一、试材** 采用沈阳郊区生产的“四方头”品种, 分别于1987年7月20日和9月21日采收, 预冷一昼夜(13~15℃), 以10℃和4℃贮藏为对照, 间歇加温处理是在贮温4℃条件下, 加温温度20℃和35℃, 加温次数为3次, 每次加温时间为24小时或48小时, 每次加温间隔天数为6天。按上述条件组合成若干处理, 试验期限为两个月(或45天), 每处理设4次重复, 每重复40果, 观察果实冷害情况。每30天统计其腐烂指数、商品率等, 并测定有关生理生化指标的动态。

### 二、生理生化分析项目

1. 乙烯 取约0.5公斤的果实置于20℃恒温室密封6小时后, 用日本岛津GC-9A型

气相色谱仪测定,载气用高纯氮,氢火焰检测器,氮气流速为40毫升/分钟,柱温为30℃,进样口温度为50℃。

2. 呼吸强度 取约0.5公斤果实置于20℃恒温室内24小时后用气流法测定。

### 三、分级标准

1. 腐烂指数: 0级: 完好果; 1级: 病烂或凹陷斑在1/10以下; 2级: 病烂或凹陷斑在1/10~1/3之间; 3级: 病烂或凹陷斑在1/3~2/3之间; 4级: 病烂、凹陷斑在2/3以上。指数 =  $\sum$  (级值 × 该级果数) / 总果数 × 最高级值 × 100。

2. 商品率: 腐烂指数中0级、1级、2级果数之和占总果数的百分率。

## 结果与分析

1986年和1987年的试验结果, 虽因各品种以及气候、雨量、栽培管理等采前因素的差异, 各次结果略有不同, 但总的看来, 可发现如下规律。

### 一、冷害的发生及其症状

贮温为10℃的甜椒在各次试验中均未见到冷害症状, 只有一般的贮藏损失, 在各处理间损失最轻。4℃恒温贮藏的冷害最严重, 贮7天左右果面即有凹陷斑出现, 以后逐渐现出萼片和种子褐变, 腐烂加重; 贮30天基本无好果; 贮60天后腐烂率几乎达百分之百。间歇加温各处理出现冷害时间不同, 最早出现在10天左右。

### 二、间歇加温处理的冷害表现

各次试验均显示: 各种间歇加温处理都有不同程度减缓甜椒冷害的效应。其中最佳处理的腐烂指数(或商品率)在30天内接近甚至优于10℃恒温贮藏处理, 以后则随贮期延长差异增大。从夏椒贮藏结果(见表)中可以看出: 在贮期为30天时, 间歇加温处理4℃

(1987年)

## 甜椒贮藏试验结果

处 理	夏 椒 贮 藏 30 天			夏 椒 贮 藏 60 天			秋 椒 贮 藏 30 天			秋 椒 贮 藏 45 天			
	腐烂指数	商品率	差 异	腐烂指数	商品率	显 著 性	腐烂指数	商品率	比 较	腐烂指数	商品率	差 异	
4℃	42.61 a	60.68 d	D	100.00 a	A	0	90.94 a	A	23.75 d	C	99.83 a	A	0
4℃ (20℃, 48h)	29.09 b	69.41 cd	CD	72.65 c	C	16.40 cd	59.38 b	B	31.25 cd	BC	75.62 bc	BC	32.50 ab
4℃ (20℃, 24h)	28.81 b	77.29 bc	BC	86.80 b	B	5.00 d	47.81 c	C	45.00 c	B	80.63 b	B	20.25 b
4℃ (35℃, 24h)	17.34 c	88.75 b	B	63.13 c	C	23.75 c	38.13 d	C	71.25 ab	A	65.94 cd	BC	48.75 ab
4℃ (35℃, 48h)	16.54 cd	87.67 b	B	71.22 c	C	11.25 cd	39.06 d	C	66.25 b	A	60.63 b	CD	55.00 ab
10℃	13.13 cd	86.25 bc	BC	35.31 d	D	62.50 b	24.38 e	D	78.75 ab	A	45.31 e	D	58.75 ab
10℃, 未	4.32 d	96.34 a	A	14.38 e	E	88.94 a	21.88 e	D	82.50 a	A	48.75 e	D	70.00 a

(35℃, 24h) 的腐烂指数为17.34, 4℃(35℃, 48h)的腐烂指数为16.54, 而10℃为13.13, 三者之间无显著差异; 同样, 商品率比较, 三者也无显著差异; 但当贮藏两个月时, 间歇加温处理 4℃ (35℃, 24h) 和 4℃ (35℃, 48h) 的腐烂指数分别为68.13和72.11, 与10℃恒温贮藏 (35.31) 均有极显著差异, 但间歇加温二处理间无显著差异。同样, 表中的商品率也有类似的结果。

从加温温度上看, 无论贮藏30天还是两个月, 加温温度35℃处理的腐烂指数(或商品率)均优于加温温度为20℃的间歇加温处理; 贮30天和60天时的商品率及腐烂指数也有类似的结果。试验结果还显示, 在加温温度相同的条件下, 每次加温24小时或48小时处理间差异不显著(仅一例外)。结果还表明采收质量对间歇加温处理的影响要大于对10℃恒温贮藏的影响。从加温温度上分析, 无论贮30天或45天, 在加温温度相同的条件下, 升温24小时和48小时的间歇加温处理腐烂指数(或商品率)基本无显著差异。

### 三、间歇加温处理的生理反应

甜椒是常异交作物, 品种纯度较低, 且采收成熟度很难控制一致, 致使试材存在较大的个体差异, 从而影响到各项分析测试结果的规律性, 但仍然见到下列一些趋势。

1. 乙烯产率 图1和图2分别是1987年夏椒和秋椒贮藏过程中测得乙烯产率的曲线。可

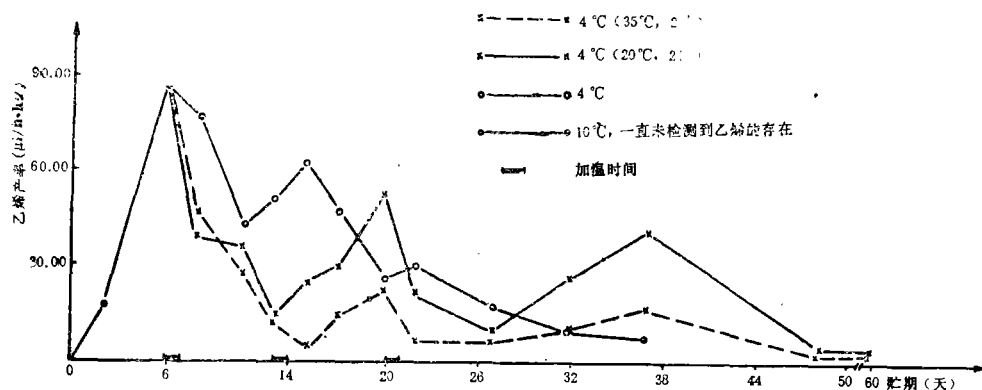


图1 夏椒贮藏期间乙烯产率的变化 (1987年7~9月)

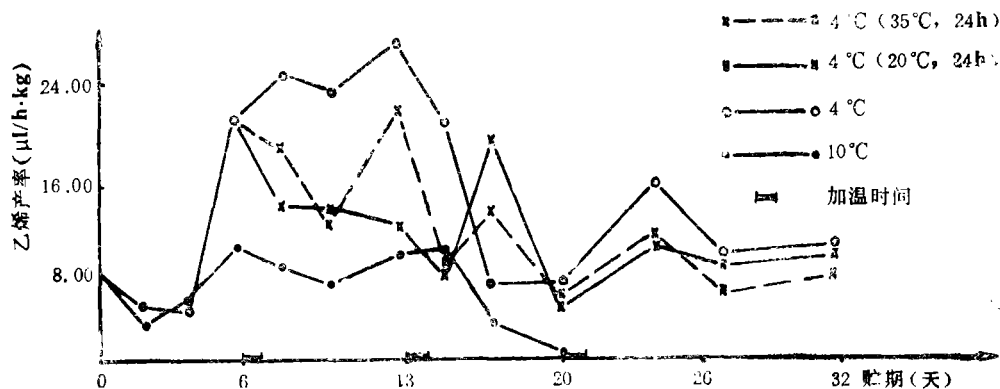


图2 秋椒贮藏期间乙烯产率的变化 (1987年9~10月)

以看出,两图中乙烯的变化曲线基本类似。

么克宁等<sup>[1]</sup>认为,冷害诱导甜椒果实乙烯释放量的增加是由于果肉组织内Acc含量增加的结果。在长时间低温中,从Acc转变为乙烯,这步反应首先被低温破坏,所以随着低温时间的持续,乙烯释放量开始下降。出现第二个高峰可能是因为产生的伤害乙烯的增加,而间歇加温二处理紧接着又出现第三个高峰,说明间歇加温处理对长时间的低温忍耐和抵御要强于4℃恒温贮藏处理。Abeles等报道,果实的伤害乙烯一部分是由蛋氨酸转变来的,一部分是通过别的途径而来的。李钰等指出,高温对乙烯有一定的抑制作用,当贮藏温度上升到30℃时,便有减低乙烯产生的作用。本试验的结果也证实了这一点。

2. 呼吸强度 图3是试材从贮藏库转入20℃中24小时后的呼吸强度变化;从图中可以看出,间歇加温二处理的呼吸强度介于4℃恒温 and 10℃恒温贮藏之间,虽然也有波动,但在

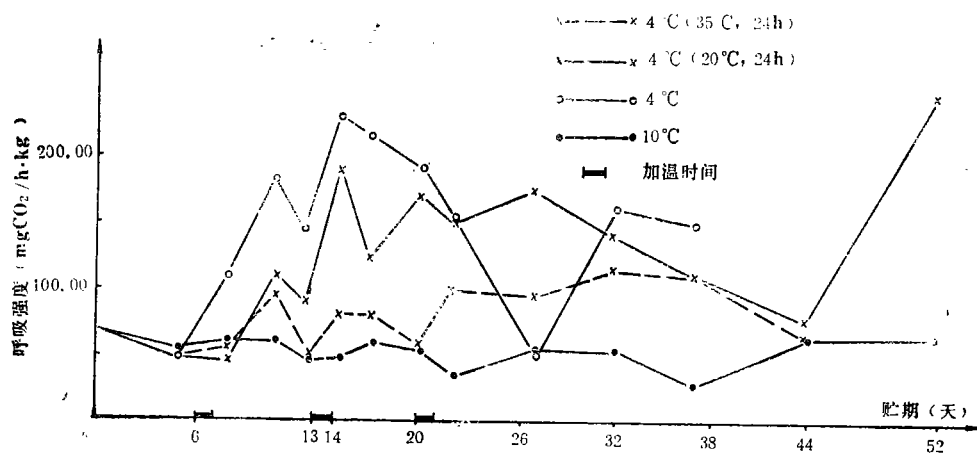


图3 夏椒贮藏期间呼吸强度的变化 (1987年7~9月)

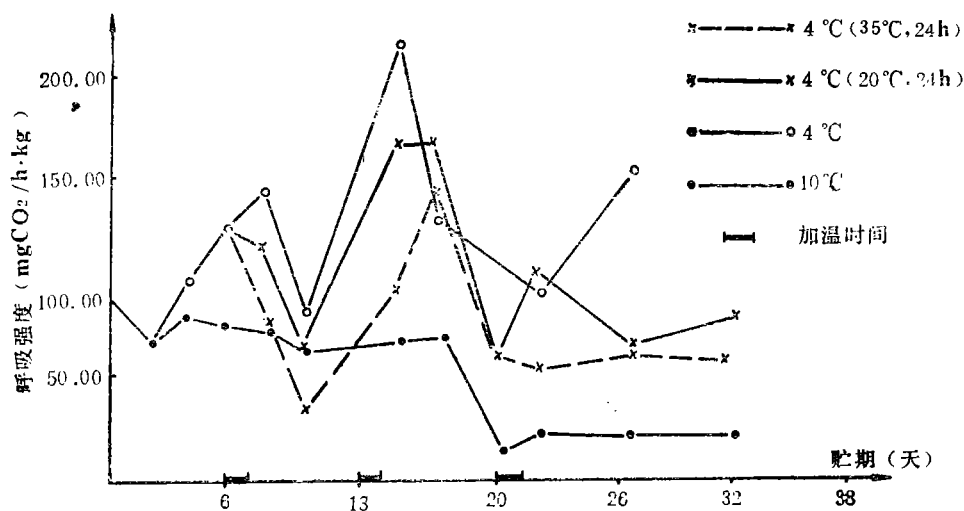


图4 秋椒贮藏期间呼吸强度的变化 (1987年9~10月)

一个月内的变化并不象 4℃ 处理变化得剧烈；此外，升温 35℃ 处理的呼吸强度小于升温温度为 20℃ 的处理，图 4 是秋椒贮藏过程中的变化曲线，大体上和图 3 类似。从理论上讲，内源乙烯含量高的，呼吸强度也高，也不耐贮藏。本试验表明，10℃ 最耐贮藏，间歇加温处理次之，4℃ 恒温贮藏最不耐贮藏。从代谢上讲，Ogata 和 Murata〔3〕认为，甜椒受冷害后，组织内丙酮酸和  $\alpha$ -酮戊二酸明显累积，呼吸强度的增高有利于消除累积的具有伤害作用的丙酮酸，绪方邦安认为，贮藏过程中的呼吸强度变化通常是采后不久最旺盛，然后逐渐减弱，腐烂时增大。由此可解释 10℃ 处理从开始一直是在减弱，而另二处理（4℃、4℃（20℃，24h）和 4℃（35℃，24h））到贮藏后期呼吸强度呈上升趋势。

## 讨论与结论

Iwata 报道〔2〕，贮于 34F（1.1℃）的夏橙果实薄片与贮于 43F（6.1℃）中的相比较有较高的呼吸商和丙酮酸脱羧作用。据以上资料和结果，可以初步解释间歇加温的作用机理为：在冷害低温下贮藏的果蔬随着乙烯产率的升高，乙烯溶于膜使膜透性增大，呼吸强度增高，呼吸作用产生的丙酮酸经氧化脱羧产生乙酰辅酶 A，由低温到高温使得乙酰辅酶 A 参与脂肪酸链的延长，由高温到低温脂肪酸去饱和作用使得脂肪酸的不饱和度增大，不致于在较低的温度下发生膜的相变，增加了果蔬对冷害的抵抗力。本试验结果表明间歇加温处理的乙烯产率和呼吸强度的峰值小于冷害温度 4℃ 处理的，且峰延后；另外乙烯对冷害的反应要先于呼吸强度的反应，间歇加温能够降低乙烯的产生和呼吸的升高，减缓冷害反应，从而达到延长贮期的目的。

图 3、图 4 变化较平稳的 10℃ 处理的呼吸强度曲线进一步证实了甜椒属非高峰型果实，即 10℃ 恒温贮藏没有明显的二氧化碳和氧气的变化，贮藏期间乙烯的变化也不明显。但冷害温度下（如 4℃）或利用间歇加温措施贮藏，在即将产生冷害症状时必有内源乙烯释放和  $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$  的急剧变化，由此推断间歇加温配合气调（或薄膜包装）会更好。试验观察到包装的间歇加温处理在新鲜度和凹陷斑方面均优于未包装处理的果实。

间歇加温的贮藏效果同加温温度，加温次数，加温时间、每两次加温间隔时间及其不同配合、入贮甜椒质量等都有关系。间歇加温处理的腐烂指数和商品率皆优于 4℃ 对照，较好的间歇加温处理在一个月內可以接近甚至优于 10℃ 贮藏处理。甜椒遭受冷害后，乙烯的变化曲线至少有两个峰以上；间歇加温处理的乙烯变化曲线至少有三个峰；另外，间歇加温措施可以很好地解决运输中发生的果蔬冷害。但如何将此措施应用于生产上的长期贮藏有待以后探讨。甜椒贮藏过程中的失水、腐烂是影响甜椒长期贮藏的最主要因素。

## 参 考 文 献

- 〔1〕 么克宁等：甜椒冷藏温度及冷害的研究，《园艺学报》，13（2）1986：110~124
- 〔2〕 Iwata T, Nakagawa, K. et al: Physiological studies of chilling injury in "Natsudaidai" (Citrus natsudaidai Hayata) fruits, J Jap Soc Hort Sci, 1969 (38) : 93

- [3] Murata, J.: Physiological and biochemical studies of chilling injury in bananas, *Plant Physiol.*, 22 (2) 1969: 401

## A Study on Retardation of Chilling Injury to Cold-stored Sweet Pepper in Method of Intermittent Warming

Han Sujiang

*(Vegetable Research Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051)*

Li Zhicheng    Gao Ruixia    Zhao Ying

*(Department of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang)*

### Abstract

Studies on chilling injury to fruits and vegetables during cold storage and transportation were mostly made under the condition of constant temperature storage before. The physiological response of cold-stored sweet peppers to intermittent warming was studied in this paper. The results indicated that the intermittent warming could retard the chilling injury to sweet pepper. Therefore, this kind of method could save energy resources in cold storage and transportation. The effectiveness of intermittent warming in cold storage and the influencing factors were also analyzed.

**Key words:** Intermittent warming; Chilling injury; Sweet pepper; Cold storage