

套袋对苹果果实微域生态环境的影响

张建光¹, 王惠英¹, 王 梅¹, 孙建设¹, 刘玉芳¹, Larry Schrader²

(1. 河北农业大学园艺学院, 保定 071001; 2. 美国华盛顿州立大学乔木果树研究与推广中心, 威纳奇, 华盛顿州 98801)

摘要: 生长季晴天, 树冠不同方位套袋果温度变化规律各有不同。就日最高温度而言, 以西南方位套袋果最高, 东北方位套袋果最低, 二者相差 8.13℃。除了东北方位以外, 同方位套袋果日最高温一般低于裸露果 2.95~6.67℃。一天中, 不同方位套袋果日最高温出现的时间与裸露果有明显不同, 主要原因是日照和气温能更直接地影响裸露果。在正常套袋前提下, 袋内、外湿度差异不大, 袋内湿度主要受袋外环境湿度的影响。生长季晴天, 外袋温度和内外袋之间的温度非常接近, 二者日最高温度超出最高果温 8.6℃。而袋内气温和果温非常接近, 二者日最高温仅差 0.4℃, 说明袋内果温直接受袋内气温的制约。一天中, 袋内最低温度和最高湿度一般出现在 6:00 左右, 而最低湿度和最高温度出现在 16:00 左右, 袋内温度和湿度的变化呈极显著负相关, 其回归方程为 $y = 3098.4x - 1.3534$ 。日照强度或气温与套袋果日最高温度均呈极显著正相关。其回归方程分别为: $y = 0.0468x + 8.91$ 和 $y = 1.411x - 2.4435$ 。

关键词: 套袋; 苹果; 果实; 微域环境; 相关性

文章编号: 1000-0933(2005)05-1082-06 **中图分类号:** Q945, Q948, S661.1 **文献标识码:** A

Effect of bagging on microenvironments of apple fruits

ZHANG Jian-Guang¹, WANG Hui-Ying¹, WANG Mei¹, SUN Jian-She¹, LIU Yu-Fang¹, Larry Schrader²

(1. College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China; 2. Tree Fruit Research and Extension Center, Washington State University, Wenatchee, WA 98801, USA). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1082~1087.

Abstract: As an essential measure to improve fruit appearance quality, bagging culture for Fuji apples has been widely extended in China. However, many problems pertaining to enclosed fruits, such as sunburn, black dot disease, fine fruit surface cracking, inferior color development, etc., have emerged coincidentally, which is assumed to be associated closely with the changes of microenvironment where fruits grow. The purpose of this experiment was to examine the fruit microenvironment as influenced by bagging. Methodologically, advanced thermocouples and HOBO Pro temperature/RH data loggers were employed to monitor fruit temperature and environmental humidity inside and outside the bags. Furthermore, the effect of fruit exposures on the peripheral canopy and meteorological factors (ambient temperature, solar radiation, etc.) was also evaluated on the temperatures and microenvironments of bagged fruits. The results indicated that, the surface temperatures of fruits enclosed in paper bags in clear days during growing season varied with different exposures on a tree canopy, with the highest value of daily maximum fruit temperatures appearing on southwest and minimum on northeast exposures by a difference of 8.13℃. However, the daily maximum fruit temperatures of bagged fruits on the same exposures except northeast were 2.95~6.67℃ lower than those of exposed ones. Generally, the daily maximum temperatures of exposed fruits on different exposures occurred at scattered times in a day, rather than in a relatively concentrated time period in the afternoon with bagged fruits. With proper use of qualified bags and bagging techniques, only a minor difference was found in relative humidity between inside and outside bags, suggesting that the inside humidity was mainly dominated by the outside one. In sunny and clear days, the

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目(303203); 河北农业大学回国留学人员科研启动基金资助项目(2002-0915)

收稿日期: 2004-10-15; **修订日期:** 2005-03-20

作者简介: 张建光(1957~), 男, 河北武安人, 博士生, 教授, 主要从事果树栽培及生理教学和研究。E-mail: zhjg570315@sina.com

Foundation item: Hebei Natural Science Foundation (No. 303203) and Agricultural University of Hebei Research Foundation for Returned Scholars from Abroad (No. 2002-0915)

Received date: 2004-10-15; **Accepted date:** 2005-03-20

Biography: ZHANG Jian-Guang, Ph. D. candidate, Professor, mainly engaged in growing techniques and physiology of fruit crops. E-mail: zhjg570315@sina.com

daily maximum temperature of exterior bag and the temperature between exterior and interior bags were approximately the same, about 8.6 C higher than the daily maximum fruit temperature. Meanwhile, the air temperature inside the bags and fruit temperature were also very close, showing that the air temperature in the bags dominated fruit temperature. Frequently, the daily minimum temperature always accompanied with daily maximum humidity, which took place around 6:00, whereas the daily minimum humidity and daily maximum temperature appeared around 16:00, both showing a very significant negative correlation with the regression equation: $y=3098.4x-1.3534$. In addition, a very significant positive correlation was found between either solar radiation or air temperature, and daily maximum fruit temperature with the regression equations being $y=0.0468x+8.91$ and $y=1.411x-2.4435$, respectively. These results favor a better understanding of bagged fruits and their microenvironment as affected by natural meteorological factors and thus provide a sound basis for further studies.

Key words: bagging; apple; fruit; microenvironment; correlation

套袋栽培是提高苹果外观品质的重要技术措施,近年在我国发展推广速度较快,套袋已成为生产高档出口果的必备措施^[1,2]。然而,果实套袋后,由于生长环境发生了巨变^[3],微域环境对果实影响的效应愈加突出。当前在套袋栽培中,经常出现由于环境不适引发的真菌或生理病害,如轮纹病、日灼、黑点病、着色不良以及果皮皱裂等,严重影响果实的商品质量,给生产造成很大损失^[4~6]。由此可见,为果实生长发育创造适宜的微域环境条件是取得套袋栽培成功的关键。然而,迄今为止,国内外对于套袋苹果微域生态环境变化规律尚缺乏研究。本试验旨在探索套袋苹果微域生态环境中温湿度变化规律以及外界环境条件对袋内温湿度及果实温度的影响,以便为今后深入研究微域环境对果实生长发育的效应以及优化套袋栽培技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2004 年 6~10 月在美国华盛顿州立大学乔木果树研究与推广中心进行。试材为 15 年生富士苹果树 (*Malus domestica* Borkh., cv: Fuji)。砧木为 M26,株行距 2 m × 4 m。果园通风透光条件良好,地下生草,微喷灌溉,总体管理水平较高。

果袋采用河北农业大学孙建设研制的 SR-2 型苹果专用双层纸袋,这种果袋于 20 世纪 80 年代末定型生产,其后一直在我国各苹果主产区广泛使用。本试验所用果袋由保定市绿源果实袋厂提供。其外袋为外灰内黑的木浆纸,内袋为红色蜡质半透明纸,果袋规格为 18 cm × 15.5 cm。果袋其它主要技术参数如表 1 所示。

1.2 方法

1.2.1 树冠不同方位套袋果温度比较 选择 3 株树冠比较丰满,通风透光良好的苹果树作为试材。生长季在每株树冠西南、西北、东北和东南 4 个方位各选择 1 个外围果实套袋 (BF),套袋技术严格按正常操作要求。同时,在邻近部位另选

1 个果不套袋作为对照 (EF)。将铜-康铜热电偶极探头固定在果实外表面,果面温度由数据记录仪 (型号:CR-10, 美国 Campbell Scientific 公司生产) 自动记录。软件编程为每 5 sec 扫描一次果面温度,每 5 min 记载一次平均温度。各方位均采用 3 株相同处理果实温度的平均值进行比较,差异显著性采用邓肯氏多重极差测验。

1.2.2 树冠不同方位袋内外湿度比较 选择 1 株树冠比较丰满,通风透光良好的苹果树作为试材。各方位选果及套袋技术要求同上。在袋内放置温/湿度自动记录器 (型号:HOBO Pro series,美国 Onset Computer 公司生产),测量袋内温度和湿度变化;同时,在树冠内离地面 1.2 m 左右背阴处悬挂 1 个温/湿度自动记录器,测量环境温度和湿度。软件编程为每 1min 记载 1 次所处环境的温度和湿度。树冠不同方位果袋内湿度的测定连续进行 4 d,每天早晨 6:00 变换 1 个方位。

1.2.3 果袋及果实温度变化规律研究 选择 3 株树体比较丰满,生长势中庸的苹果树作为试材。在每株树的树冠西南方位选 1 个外围果实,生长季套袋。每个果袋同时使用 4 个热电偶极,分别监测果袋外表面 (EB)、外袋与内袋之间 (BB)、果袋内空气 (Air TB) 和果实表面温度 (BF)。取生长季晴天 3 个套袋果各相应部位温度的平均值,进行结果分析与比较。

1.2.4 果袋内温、湿度变化规律 在树冠西南方,选择 1 个外围果实,生长季套袋。果袋中放置 1 个温/湿度自动记录器,测量

表 1 SR-2 型苹果专用果袋主要技术性能参数

Table 1 Technical specification for SR-2 apple bags			
指标 Indicators	外层纸 Exterior bag		内层纸 Interior bag
定量 Mass per unit (g/m ²)	50±2		30±2
紧度 Degree of tightness (g/cm ³)	<0.8		<0.8
抗张力 纵向 Resistance to tension, Longitudinal (N)	>32		>32
湿抗张力 纵向 Resistance to tension, Longitudinal (wet) (N)	>10		>4
透气度 Degree of ventilation (μm/(pa · s))	>20		
透光主波长 Main wavelength of penetrated light (nm)	—		640
透光率 Light penetration (%)	0.47~0.5		
柔软度 Degree of softness	纵向 Longitudinal (mN)	<500	<300
	横向 Horizontal (mN)	<300	<200
撕裂度 Easiness of tearing	纵向 Longitudinal (mN)	>300	>220
	横向 Horizontal (mN)	>330	>240

袋内温湿度变化;同时,在树冠内背阴处悬挂1个温/湿度自动记录器,测量环境温、湿度。软件编程为每1min自动记载一次。

1.2.5 光照强度和气温对袋内果实温度的影响 在3株试材树冠西南方,各选择1个外围果实,生长季套袋,另选1个邻近果实不套袋,作为对照。生长季将热电偶极固定在果实外表面,监测果面温度。同时,在果园旁边设立自动气象站(型号:ET106 Weather Station, 美国 Campbell Scientific 公司生产),记录光照强度、温度和空气相对湿度。套袋和对照处理都采用3个果实温度的平均值,进行结果分析与比较。

2 结果与分析

2.1 不同方位套袋果温度比较

生长季晴天,树冠不同方位套袋果日最高温有很大差异,以西南方位套袋果为最高,东北方位套袋果为最低,西北和东南居中(图1)。本试验中,西南和东北方位套袋果日最高温度相差8.13℃。同方位套袋果与裸露果相比,除了东北方向无显著差异外,其它方位套袋果实日最高温度均显著低于对照,一般差异幅度为2.95~6.67℃。

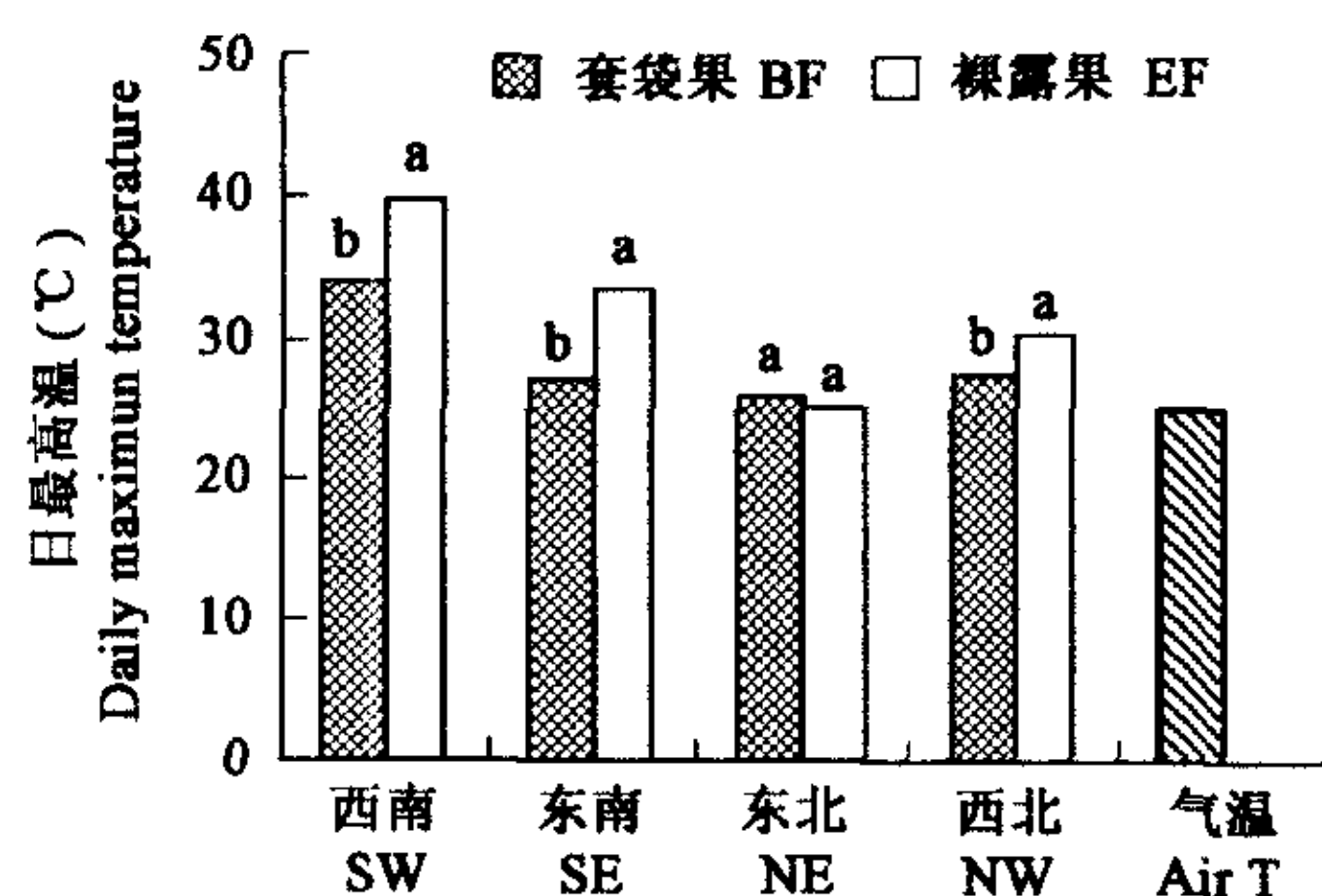


图1 不同方位套袋果与裸露果日最高温度比较

Fig. 1 Comparison of daily maximum fruit temperatures between bagged and exposed fruits on different exposures

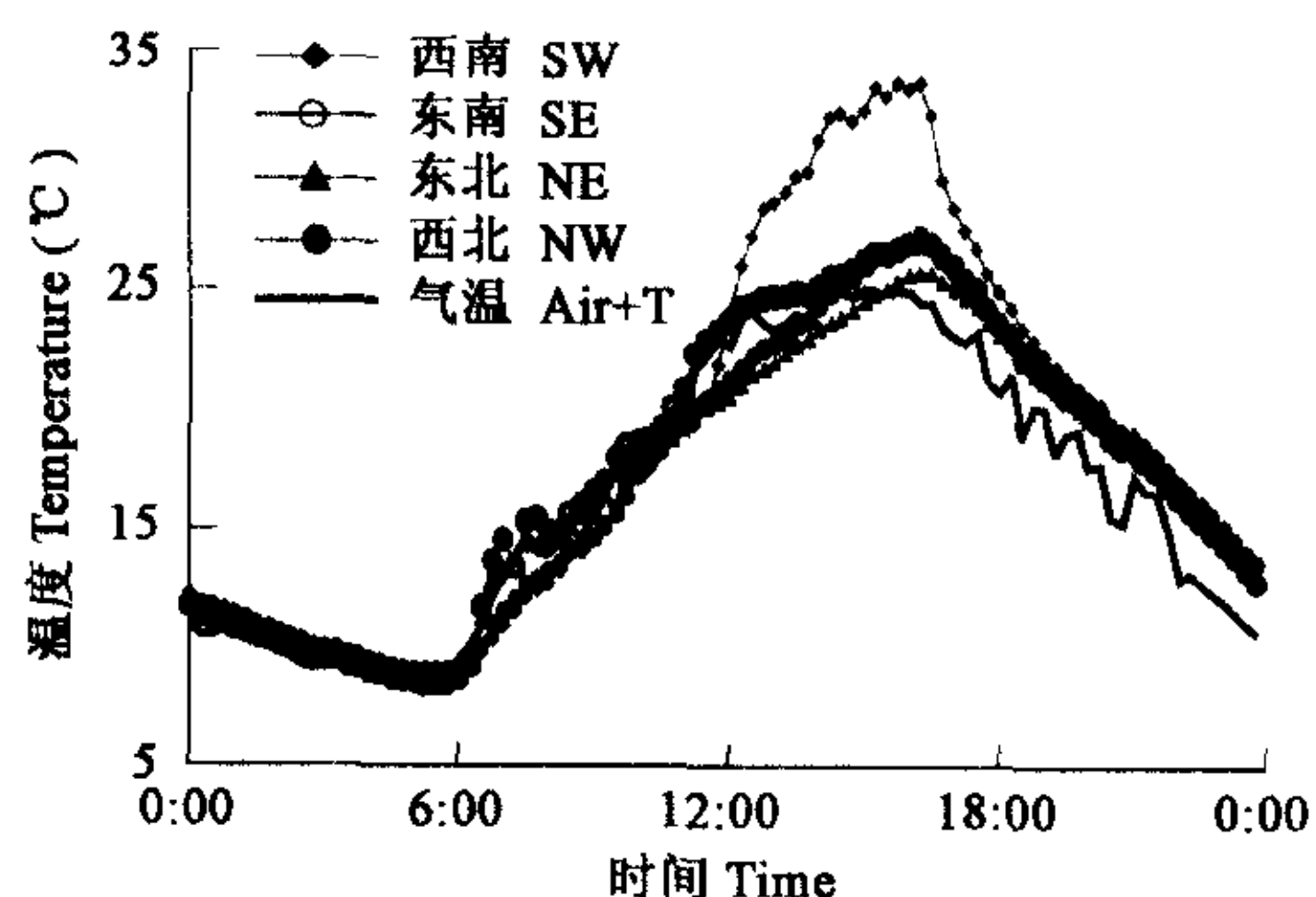


图2 树冠不同方位套袋果实温度日变化

Fig. 2 Daily changes of bagged fruit temperatures on different exposures

生长季晴天,不同方位套袋果日最高温出现的时间一般集中在15:40~16:25,这与裸露果有明显不同(图2,3)。由图3可见,树冠东南方位裸露果日最高温出现在9:50左右,东北方位出现在15:05左右,西南方位出现在15:40左右,而西北方位出现在16:15左右。由此不难看出,套袋果果温的变化主要依赖于袋内气温的变化,而裸露果果温则明显受到光照强度和受光时段的影响。

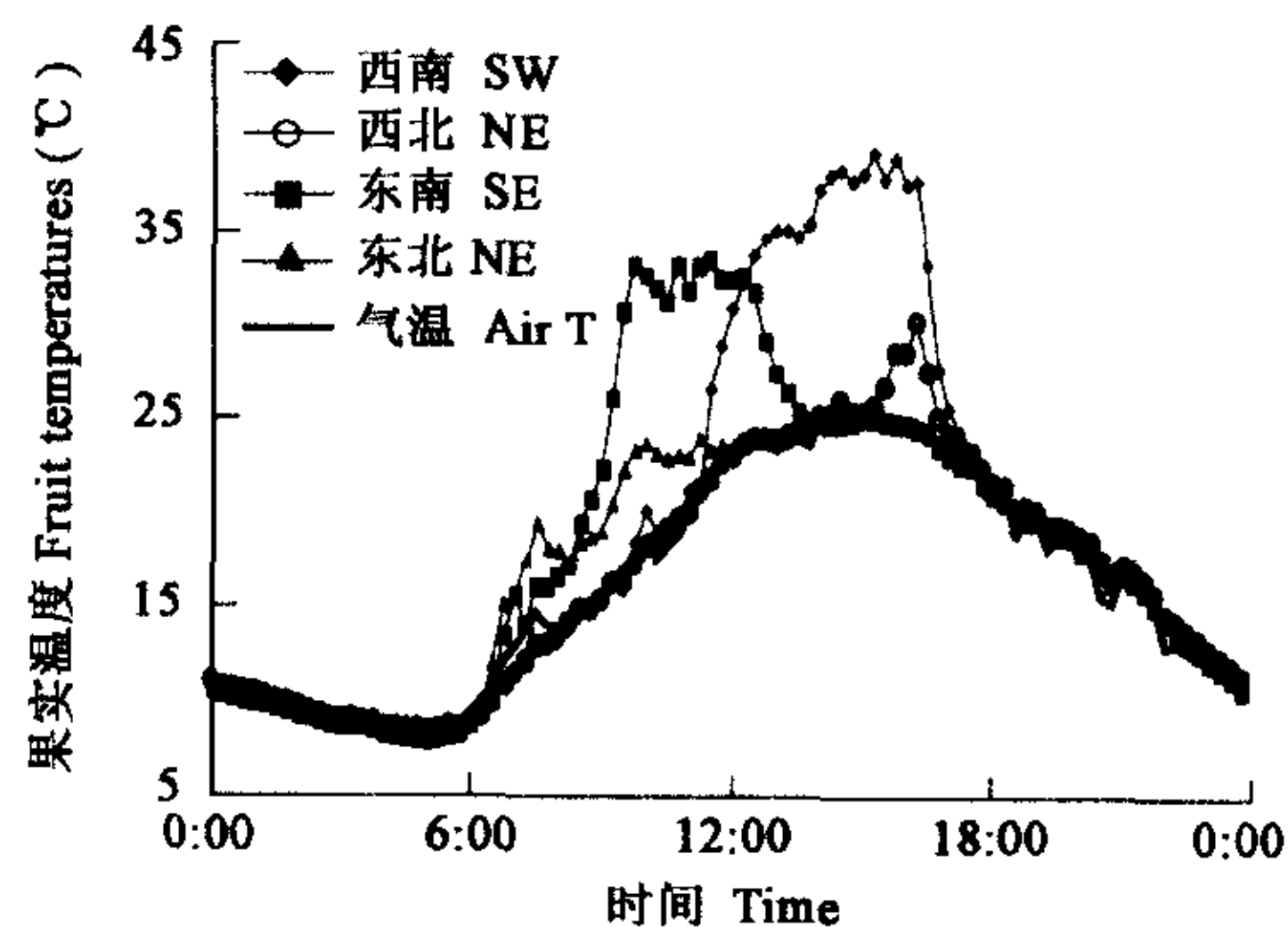


图3 树冠不同方位裸露果温度日变化

Fig. 3 Daily changes of exposed fruit temperatures on different exposures

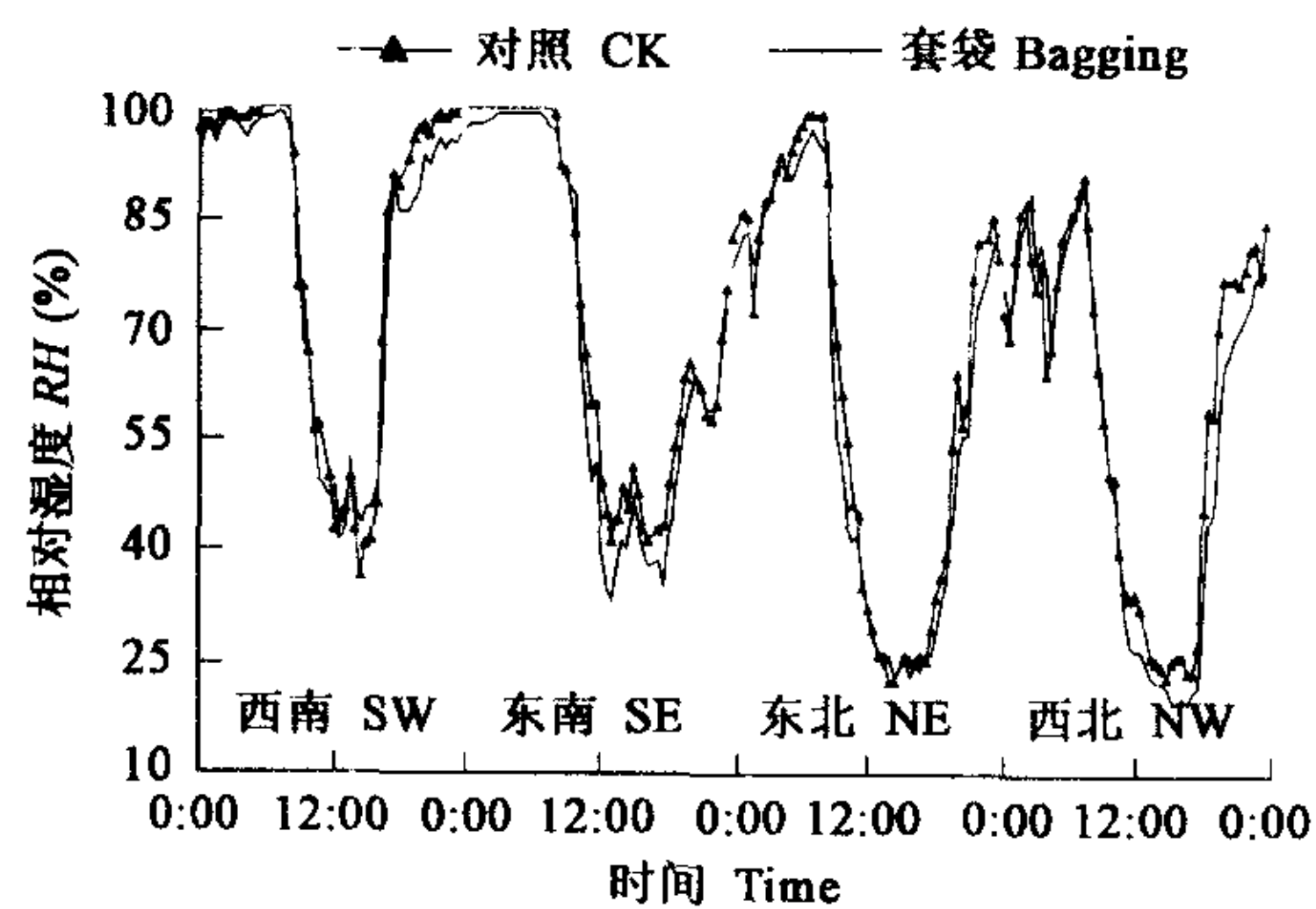


图4 树冠不同方位袋内湿度与袋外环境湿度的关系

Fig. 4 Relationship of humidity between inside and outside bags on different exposures

2.2 树冠不同方位果袋内外湿度比较

在采用正确套袋技术前提下(即果袋充分撑开,果实悬于果袋中央,两个底角通风孔张开,袋口卡紧),袋内小环境与袋外大环境湿度能够迅速交换,因而,一天中,袋内、外湿度差异不大。图4表明,尽管4天当中测定的套袋果在树冠上所处的方位完全不同,但袋内外湿度变化趋势极为相近,上述现象表明:树冠不同方位对果袋内湿度没有明显影响。然而,如果仔细观察不难发现,在晴天下午,袋内湿度略低于袋外环境湿度。其原因可能与袋内较高的气温有关。

2.3 果袋及果实温度变化规律

本试验采用的双层纸袋,袋内透光率极低,可以说对果实温度的直接影响微乎其微。但一天中,袋内果实温度波动仍与光照强度变化密切相关。由图 5 可以看出:从午夜开始,无论果袋不同部位的温度,还是果实表面温度都接近气温。日出后,由于受光照的影响,不同部位温度开始发生显著变化。生长季晴天,外袋温度和外袋与内袋之间的温度变化十分接近(日最高温仅相差 0.01℃),二者日最高温度超过袋内果实日最高温 8.6℃。而一天中袋内气温和袋内果温十分接近,前者日最高温度仅比后者高 0.4℃,由此可以推断:袋内果温主要受袋内气温的制约。

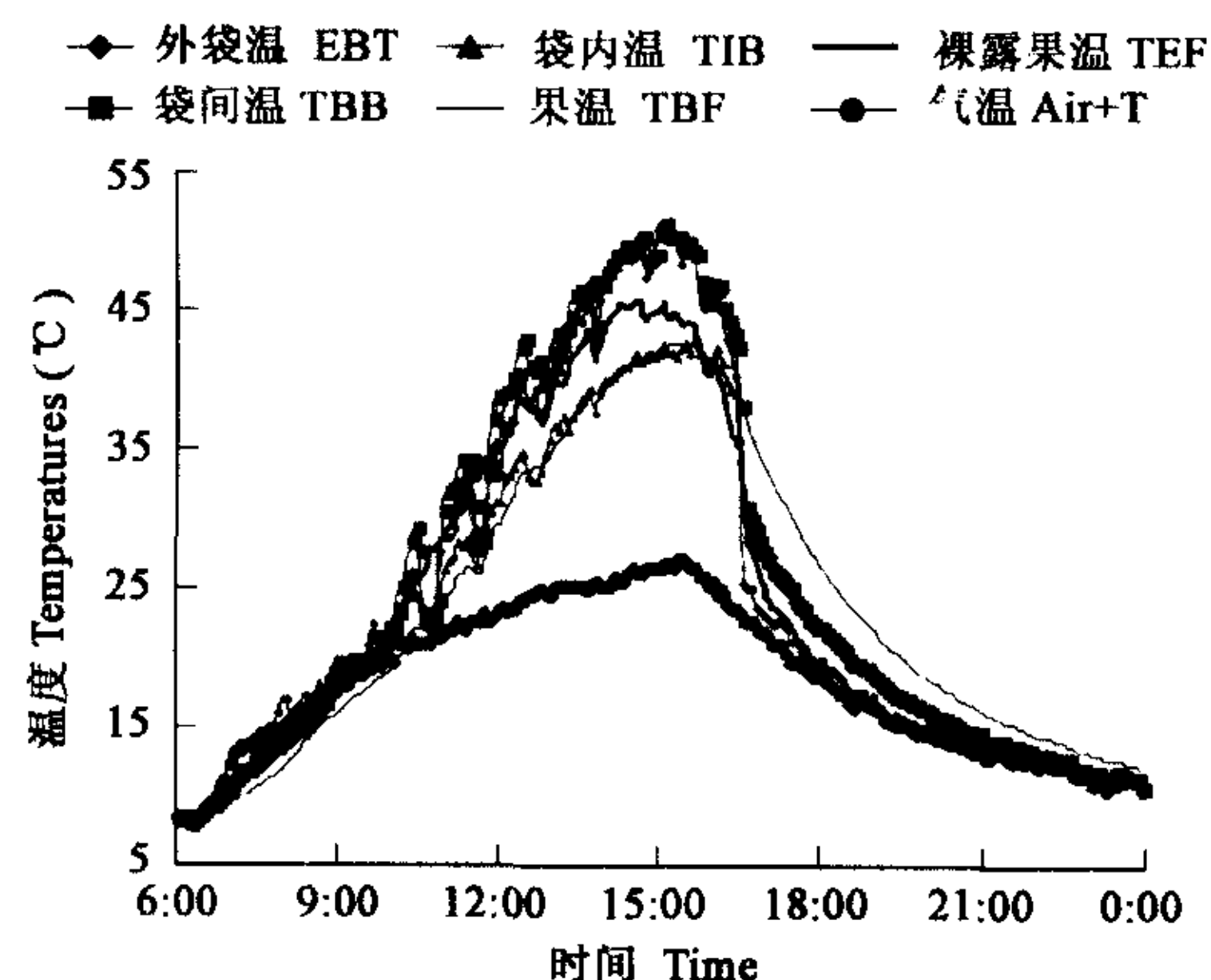


图 5 果袋不同部位及套袋果温度日变化

Fig. 5 Daily changes of temperature of different parts of bags and inside fruit

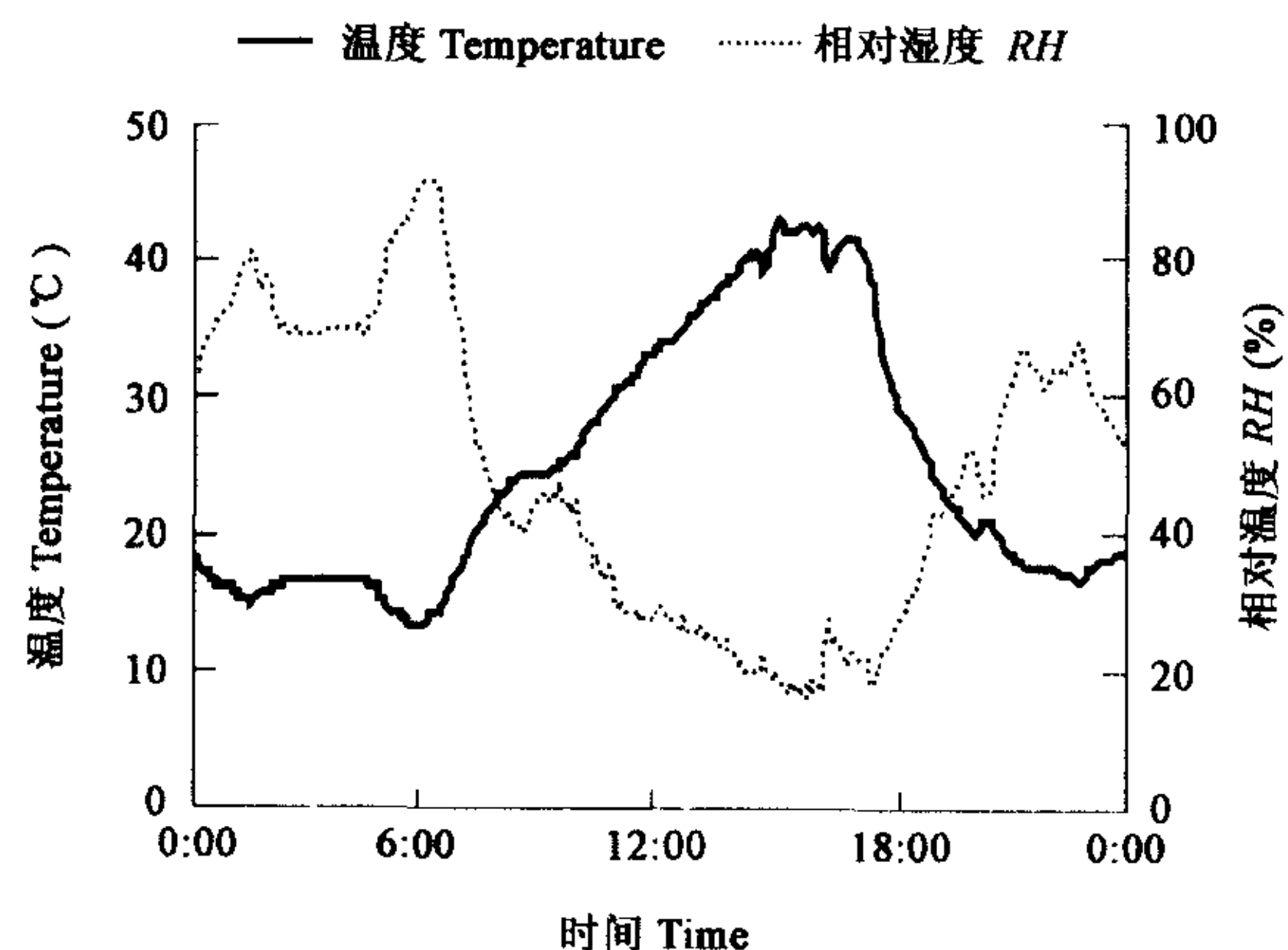


图 6 袋内温度与湿度的关系

Fig. 6 Relationship between air temperature and humidity inside the bag

本试验观察到:套袋果日最高温度比裸露果低 3.3℃,但 16:00 以后,随着光照强度的减弱,裸露果开始迅速降温,然而,套袋果由于果袋的保温作用,降温过程比较迟缓,因而在很长一段时间内(直至午夜),套袋果温度均高于裸露果。由此可见,套袋果与裸露果温度日变化特点有所不同。

2.4 果袋内温、湿度变化规律

生长季晴天,果袋内温、湿度变化的一般规律是:随着温度的上升,相对湿度有规律地下降;反之亦然。一天中,最高湿度和最低温度一般出现在 6:00 左右,最高温度和最低湿度出现在 16:00 左右。相关分析表明,袋内温度和湿度的变化呈极显著负相关(图 7)。其回归方程为 $y = 3098.4x - 1.3534$, $r = -0.989$ ($P < 0.01$, $n = 1439$)。

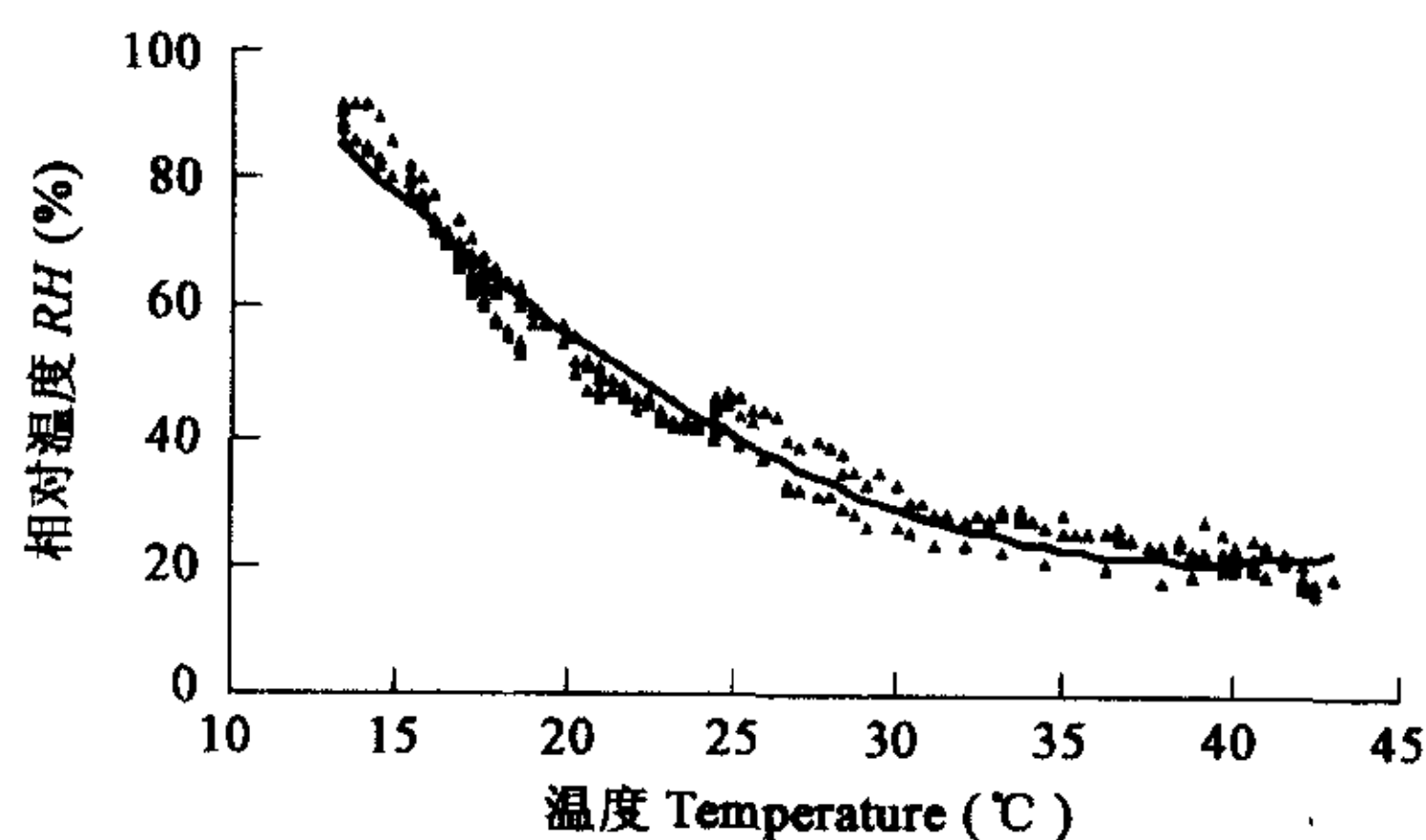


图 7 袋内温度与湿度的相关性

Fig. 7 Correlation between air temperature and humidity inside the bag

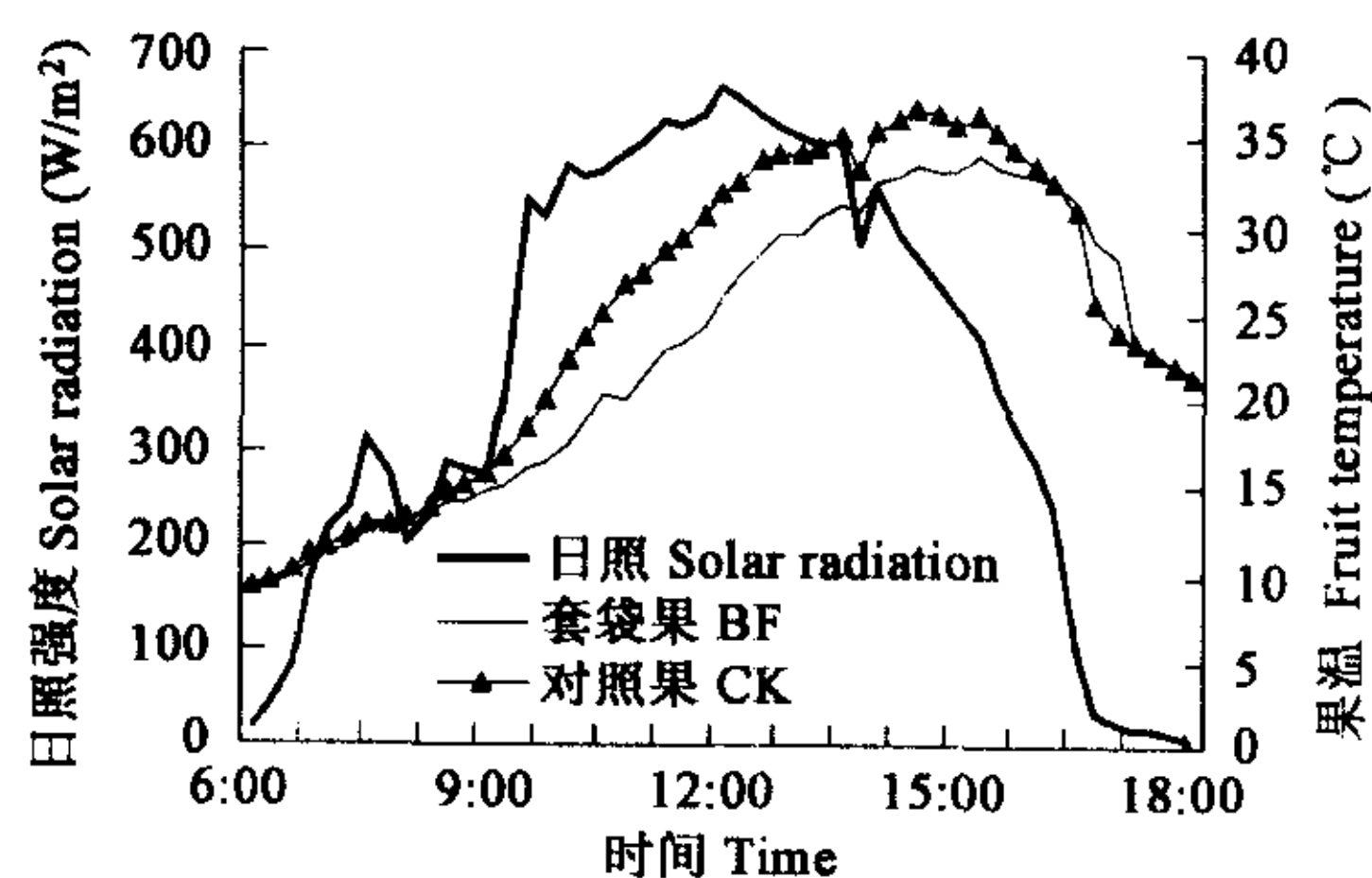


图 8 光照强度与果实温度变化的关系

Fig. 8 Relationship between solar radiation and fruit temperatures

2.5 日照、气温与袋内果实温度的关系

一天中,光照强度变化对袋内果实温度有明显影响。从图 8 可以看出,日出后,随着光照强度的增加,果实温度不断上升。在此特别指出,由于图中光照强度是按照气象标准状态(探头保持水平)测量的,而本试验果实选在树冠西南方,实际午后随着太阳入射角的偏移,这些果实接受的光照强度仍然在增强,经实际测定,15:00 左右树冠西南方试验果接受的光照强度为最大。如果综合考虑这个因素,果实接受的最大光照强度应该与果实最高温度出现的时间相吻合。在图中还可以看出,13:30 左右时,由于小片乌云的影响,光照强度突然降低了将近 100W/m²,此时,裸露果温度随即降低,但对套袋果温度没有任何影响。相比之下,在 8:00 左右,虽然光照强度也有一次大幅度下降,但对两种处理果实的温度都没有影响,原因是试验果选在树冠西南面,这

个时段内接受不到直射光。由此可以进一步佐证日照对果实温度影响的重要性。

日照强度与套袋果温度密切相关。根据除袋前 30 d 每日 10:00~16:00 平均光照强度与果实日最高温度的相关性分析,二者达到极显著水平。其回归方程为: $y=0.0468x+8.91$, $r=0.8179(P<0.01, n=30)$ 。

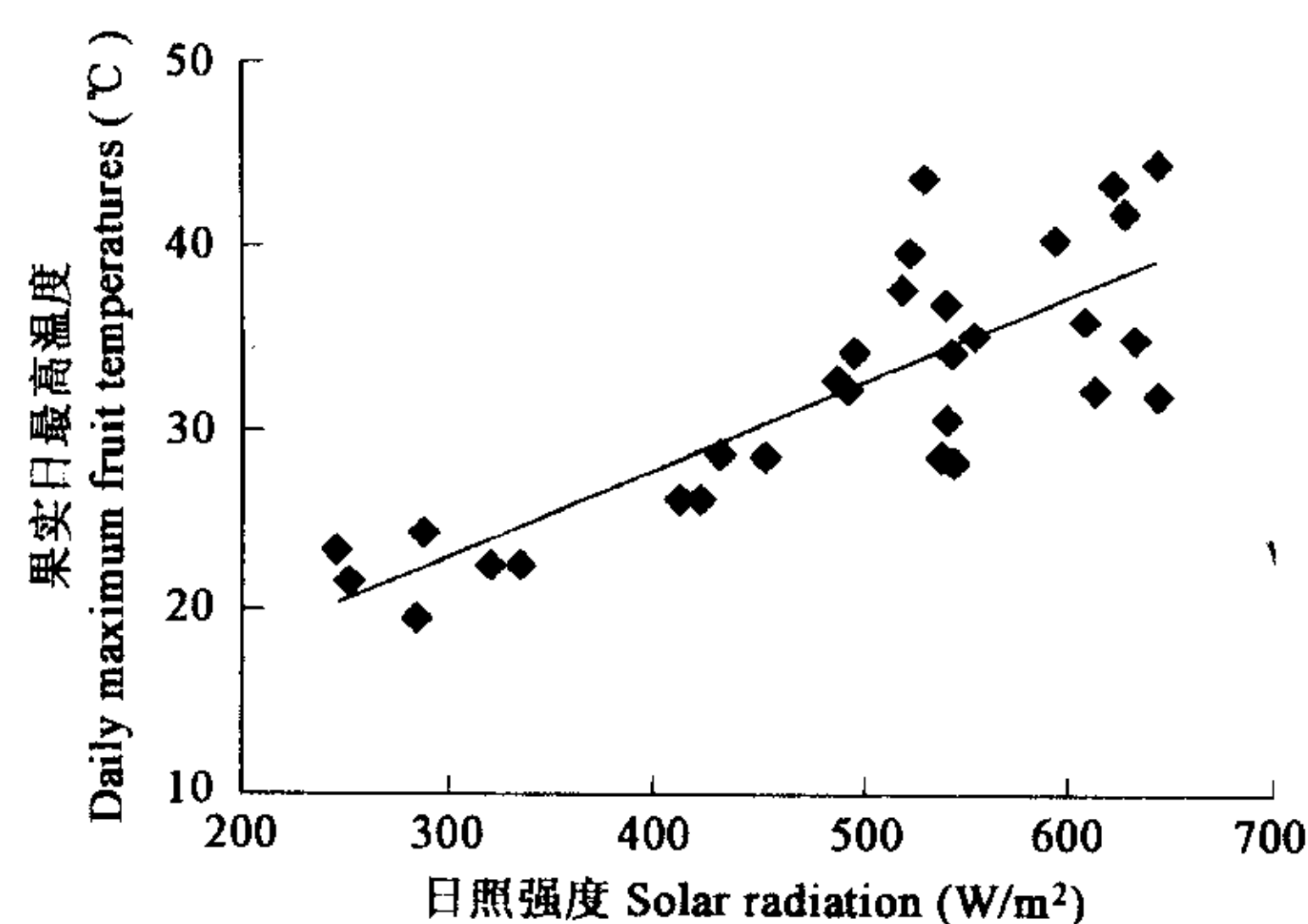


图 9 日照强度与果实最高温度相关性

Fig. 9 Correlation between solar radiation and daily maximum fruit temperatures

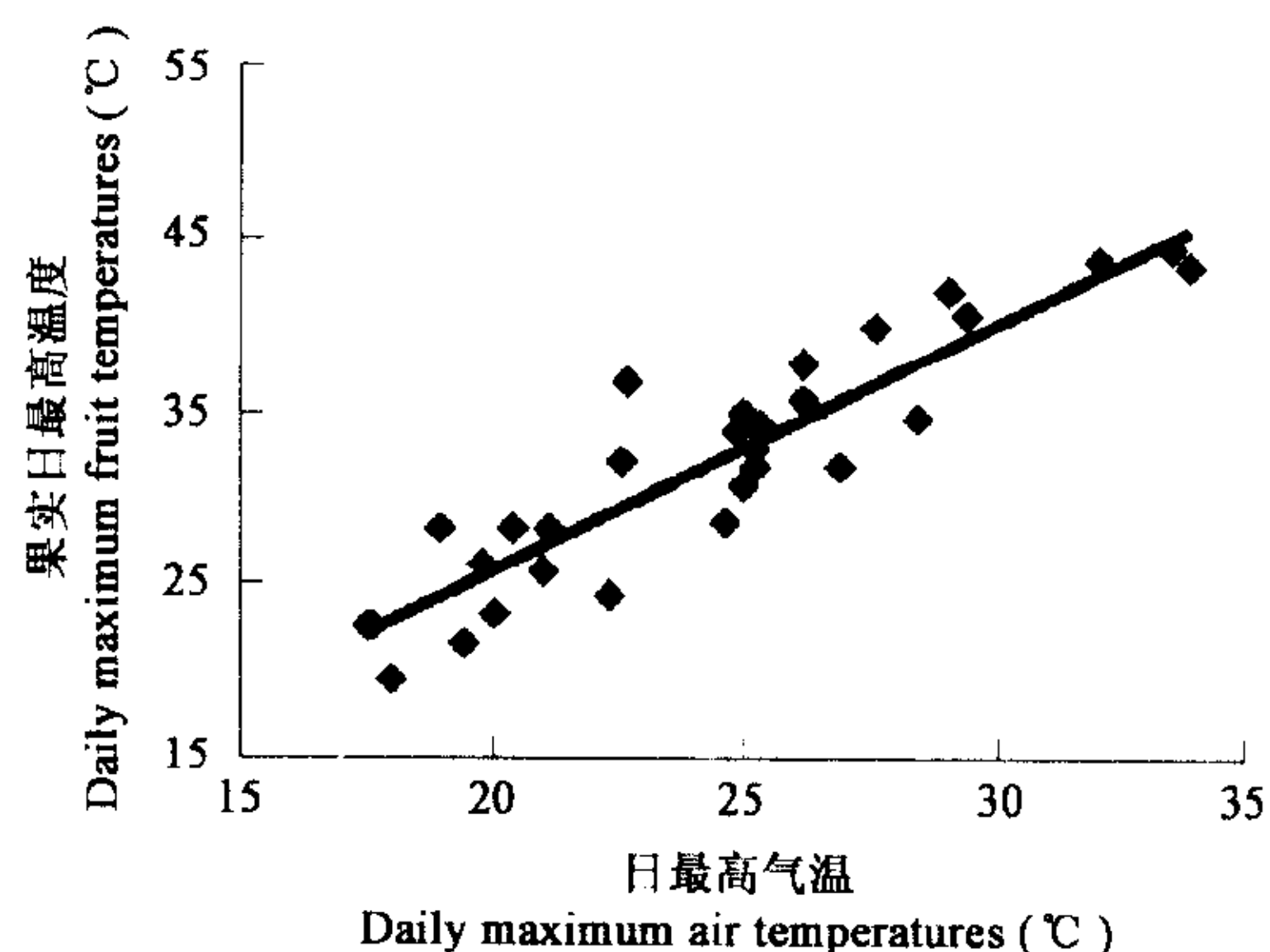


图 10 日最高温度与最高果实温度相关性

Fig. 10 Correlation between daily maximum air and daily maximum fruit temperatures

气温与袋内果实温度变化密切相关,尤其是日最高气温与其相关性更强。根据除袋前 30 d 日最高气温与果实日最高温相关性分析,二者呈现极显著正相关。其回归方程为: $y=1.411x-2.4435$, $r=0.9197(P<0.01, n=30)$ 。

3 讨论

3.1 研究套袋果微域生态环境的意义

果实生长发育离不开自然环境。然而,不套袋果主要受“大环境”的影响,而套袋果则更明显地受“微域环境”的影响。袋内微域环境由于相对空间狭小,在一定程度上对逆境的缓冲能力较差,因而有时可能对果实生长发育的影响更加强烈。本试验结果证实,果实套袋后,在外界环境和果袋的共同影响下,袋内温度和湿度以及果实温度变化规律与裸露果有很大区别。不仅表现在果实温度日变化规律完全不同,而且某些气象因子对果实生态环境影响的方式也发生了很大变化^[7,8]。例如,光照对裸露果能产生“直接”影响,瞬间光照强度的变化就会立刻引起果面温度发生改变;然而,光照对套袋果却只能产生“间接”影响,通过影响袋内温度而制约果面温度。这就使得同样的生态条件对套袋果和裸露果影响的效应出现很大区别,而这种差异也必然会进一步影响到果实的生理状态。由此可见,深入研究套袋果实微域环境变化规律及其对果实的影响,势必有助于充分利用这一特殊环境,促使果实生长发育朝着人们所希望的方向发展。

3.2 微域环境变化规律对改进套袋栽培技术的潜在影响

套袋栽培中出现的许多果实伤害问题都有可能与特殊的微域环境相关联。所以,依据套袋果微域环境变化规律对症分析,有助于制订适宜的研究与预防策略。例如,本试验结果证实,果袋内相对湿度主要受环境湿度的影响,所以,由于袋内湿度过高而引起的果实病害的防治,通常条件下,主要应从改善袋外环境条件入手;再如,过去有人推测,果袋内、外湿度的差异可能是除袋后短期内果面发生皴裂的主要诱因,但从本试验结果判断,此种观点显然论据不足。所以,今后还应积极寻求其它方面的原因。另外,对生产上经常出现袋内或袋外日灼现象也应与微域环境研究有机联系起来。一般条件下,套袋果实温度比相同条件下裸露果低,但如果套袋技术不到位,致使果实贴袋,将极可能成为袋内日灼的一个重要诱因^[9,10],本试验果袋与果实温度之间的明显差异就能够很好地旁证这一点。至于套袋果摘袋后发生的日灼,主要是由于除袋后果实遭遇异常的高温和强光所致^[11]。但如果在除袋前,能够依据套袋果果温与气温及光照的高度相关性,对除袋最佳时机作出抉择,也有可能最大限度减少果实日灼或其它生理伤害的发生。

References:

- [1] Liu F Z, Sun X S, Wang W D, et al. Problems and solution to apple export in China. *China Fruits*, 2002, **93**(1):48.
- [2] Su Y. Q, Tanng J J. Bagging techniques for 'Fuji' apples. *Shanxi Fruits*, 2001, **85**(3): 12~13.
- [3] Pan Z G, Xin P G. Effect of bagging on apple fruit quality and analysis of ecological microenvironments. *Northern Horticulture*, 1995, **101**(2):21~22.

- [4] Wang J Y. Problems and solutions of fruit bagging in apples and pears. *China Fruits*, 1998, **75**(1):34.
- [5] Liu Z J. Discussion on reasons of black dots on bagged apples. *Shanxi Fruits*, 2000, **82**(4):26~27.
- [6] Chen C, Wang J Y, Bao Y Y. Incidence and control of black dots on bagged apples. *China Fruits*, 2002, **95**(3):40~42.
- [7] Zhang J G, Liu Y F, Sun J S, *et al.* Effect of light intensity on changes of fruit surface temperature in apples. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24**(6):1306~1310.
- [8] Zhang J G, Liu Y F, Sun J S, *et al.* Daily maximum fruit surface temperatures in relation to main meteorological factors in apples. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(5):850~855.
- [9] Liu D N, Hao L F. Cause and prevention of sunburn on bagged Su pears. *Shanxi Fruits*, 2000, **84**(1):17.
- [10] Gong M Y, Zhang F M. Factors influencing the quality of bagged apples as well as solutions. *Shanxi Fruits*, 2002, **88**(2):26~27.
- [11] Zhang J G, Liu Y F, Sun J S, *et al.* Studies on artificial induction and threshold temperatures of apple fruit sunburn. *Acta Horticulturae Sinica*, 2003, **30**(4):913~916.

参考文献:

- [1] 刘凤芝, 孙希生, 王伟东, 等. 我国苹果出口问题及主要对策. *中国果树*, 2002, **93**(1):48.
- [2] 苏永青, 唐建军. 红富士苹果套袋栽培的配套技术. *山西果树*, 2001, **85**(3):12~13.
- [3] 潘增光, 辛培刚. 不同套袋处理对苹果品质形成的影响及微域生境分析. *北方园艺*, 1995, **101**(2):21~22.
- [4] 汪景彦. 苹果和梨套袋存在问题及解决方法. *中国果树*, 1998, **75**(1):34.
- [5] 刘志坚. 关于套袋苹果黑点病问题的探讨. *山西果树*, 2000, **82**(4):26~27.
- [6] 陈策, 汪景彦, 鲍玉院. 套袋苹果果面黑点发生和防治调查. *中国果树*, 2002, **95**(3):40~42.
- [7] 张建光, 刘玉芳, 孙建设, 等. 光照强度对果实表面温度变化的影响. *生态学报*, 2004, **24**(6):1306~1310.
- [8] 张建光, 刘玉芳, 孙建设, 等. 苹果果面日最高温与主要气象因子的关系. *生态学报*, 2003, **23**(5):850~855.
- [9] 刘冬南, 郝拉芳. 套袋酥梨果实日烧发生原因与对策. *山西果树*, 2000, **84**(1):17.
- [10] 宫美英, 张风敏. 影响套袋苹果质量的原因与对策. *山西果树*, 2002, **88**(2):26~27.
- [11] 张建光, 刘玉芳, 孙建设, 等. 苹果果实日灼人工诱导技术及阈值温度研究. *园艺学报*, 2003, **30**(4):913~916.