

## 不同套袋时间对早香橘橙果实色泽的影响

王 武<sup>1</sup>, 邓 烈<sup>2</sup>, 何绍兰<sup>2</sup>, 易时来<sup>2</sup>, 程昌凤<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>重庆市农业科学院果树研究所, 重庆 402260, <sup>2</sup>中国农业科学院柑橘研究所, 重庆 400712)

**摘 要:** 对三次不同套袋时间对早香橘橙果实色泽的影响进行了分析研究。结果显示, 套袋时间早、遮光性强的果袋对果实果皮色泽亮度、色饱和度的影响大于遮光性弱的或晚套袋的处理。果实色泽平均 a/b 值 10 月 4 日套袋好于 7 月 14 日, 8 月 30 日套袋处理, 果实色泽更加的接近早香橘橙果实所固有有色泽: 橙黄色, 但均小于对照 (0.53)。套袋时间早果皮色泽色调角小于晚套袋处理, 并且均大于对照 (-10.23)。经相关系数分析, a/b 与色调角呈极显著负相关, 相关系数为: -0.9574。不同套袋时间、不同遮光率的果袋对早香橘橙果实色泽有不同的影响。

**关键词:** 早香橘橙; 套袋; 时间; 色泽

中图分类号: S666 文献标识码: A

Effects of Different Bagging Time on the Color and Luster in Zaoxiang Mandarin Fruit

Wang Wu<sup>1</sup>, Deng Lie<sup>2</sup>, He Shaolan<sup>2</sup>, Yi Shilai<sup>2</sup>, Cheng Changfeng<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Fruit Research Institute, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 402260;

<sup>2</sup>Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712)

**Abstract:** The effects of three different bagging times on the color and luster in zaoxiang mandarin fruit were studied and analyzed. The results indicated that the effects of the brightness, saturation on the earlier bagging time, strong light penetration bag were better than the weak light penetration or later bagging time treatment. The average ratio of a/ b on the 4, Oct was better than on the 14, Jul and the 30, Aug, but three ratios of a/b were lower than the control treatment (0.53), so the color in the zaoxiang mandarin fruit was close to native color : orange- yellow color. The tone- angle on the earlier bagging time was lower than the later bagging time, but three tone- angles were bigger than the control treatment (- 10.23). The significant negative coefficient of the ratio of a/b to the tone- angle is - 0.9586\*\* by correlation analysis; The different effects on the color and luster in zaoxiang mandarin fruit would change as a result of different bagging times and kinds paper bags.

**Key words:** Zaoxiang mandarin , Bagging, Time, Color and luster

内外关于柑橘果实不同色泽发育研究的报道较少, 同时对不同色泽发育动态和定量表述的研究也较少。陶骏等<sup>[1]</sup>、徐娟等<sup>[2]</sup>、鲍江峰<sup>[3]</sup>等主要研究了不同柑橘果实色素成分及成熟时果实的色泽组分。L\*a\*b\* 色空间是均匀色空间, 是当前最通用的测量物体的颜色空间之一, 可广泛应用于所有领域。与测定色素具体含量相比较, 色差仪(计)只能测定样品色泽差异程度, 不能说明组成色泽的具体色素种类和含量。但色差仪

(计)能够在不破坏活损伤所测定果实的情况下, 快速、简便、动态观察或测定一个果实色泽发育规律(过程)。现已运用于花卉<sup>[4]</sup>、果树<sup>[5-8]</sup>、蔬菜<sup>[9]</sup>等花或果实色泽发育过程的研究<sup>[2]</sup>。现很少看到不同时间、不同遮光性的果袋处理对柑橘果实色泽动态发育过程的系统研究。本试验研究不同套袋时间、不同遮光率的果袋对早香橘橙果实色泽(橙黄色)发育的影响, 为柑橘果实色泽的发育提供一定的参考数据。

第一作者简介: 王武, 男, 1979 年出生, 硕士, 从事果树生态生理研究, 通信地址: 402260 重庆市江津区鼎山大道南桥头重庆市农业科学院果树研究所, Tel: 023-47589802, E-mail: yunnanbrook@163.com.

通讯作者: 邓烈, 男, 研究员, 中国农业科学院柑橘研究所, E-mail: liedeng57@163.com.

收稿日期: 2007-01-19, 修回日期: 2007-03-13.

## 1 材料与amp;方法

## 1.1 实验材料

试验于 2005 年 7—12 月在中国农业科学院柑橘研究所栽培研究室试验园,供试植株均为 15 年生枳砧树,生长结果正常早香橘橙(zaoxiang mandarin)橙黄色果皮。本试验选用果树栽培上已有使用的 7 种果袋进行试验:外黄内白双层果袋(代号:W)、外黄内黄双

层果袋(代号:Y)、外黄内黑双层果袋(代号:D)、黄色单层果袋(代号:SY)、外灰内红双层果袋(代号:R)、红色单层果袋(代号:SR)、白色单层果袋(代号:SW)(SW 袋购自广州珠海盛大果袋有限公司,其余 6 种果袋购自山东省爱农果袋有限公司)。

不同类型果袋在 1100 Lx 自然光照强度下的透光率见表 1。

表 1 不同类型果袋透光率

波长 (nm)	果袋类型							平均
	SR	R	SW	W	SY	Y	D	
UV	0.586	0.064	0.694	0.245	0.492	0.029	0.031	0.268
PAR	0.381	0.045	0.755	0.237	0.352	0.201	0.011	0.248
400-500	0.098	0.037	0.498	0.126	0.242	0.101	0.010	0.139
500-600	0.499	0.053	0.546	0.202	0.381	0.164	0.044	0.236
600-700	0.701	0.078	0.797	0.343	0.481	0.371	0.035	0.351
730	0.798	0.148	0.785	0.337	0.486	0.448	0.071	0.384
IR	0.786	0.099	0.632	0.325	0.589	0.435	0.018	0.361
平均	0.559	0.076	0.694	0.261	0.453	0.253	0.031	-

注:UV 表示紫外线、PAR 表示有光合有效辐射、IR 表示红外线。

## 1.2 试验方法

1.2.1 果实套袋处理 本试验方案是在 2004 年预备试验探索的基础上制定的。套袋前 7~10 天对早香橘橙园喷雾一次杀菌剂、杀螨剂和杀虫剂的 800 倍混合液。套袋当天再喷施一次,待果面干后立即套袋。采用 7 种

纸袋在 7 月 14 日、8 月 30 日和 10 月 4 日三个不同时间进行套袋处理(见表 2),设对照空白。每种果袋处理 4 株树,从每株试验树四周随机选择 50 个大小基本一致、无病虫害的 50 个果实套袋,多余果实全部疏掉,每种纸袋处理 200 个果实。

表 2 套袋处理方案

品 种(颜色)	套袋时间	果袋处理								采收时间
早香橘橙	7 月 14 日	W	Y	R	SW	SR	SY	D	CK	12 月 17 日
	8 月 30 日	W	Y	R	SW	SR	SY	D	CK	12 月 17 日
	10 月 4 日	W	Y	R	SW	SR	SY	D	CK	12 月 17 日

1.2.2 果实色泽的测定 于 7 月 14 日用 MINOLTA CR-10 型色彩色差仪(日本产)测定果实色泽并记录。于 8 月 19 日、10 月 4 日分别开始测定 7 月 14 日、8 月 30 日套袋处理果实色泽,每间隔 15 天左右测定一次。每处理随机测定 10 个果实,每果测量 3 次果实赤道线部位的不同部位。于 12 月 17 日采摘三次不同套袋时间处理果实,12 月 25 日测定果实色泽。本试验标准基色板调节 CR-10 色差仪基准色参数为:L=87.99、a=+0.74、b=+10.24、C=+10.33、H=83.44。

## 1.3 果实色泽的数字化表述

果实的色泽是一个复合色泽,在描述果实色泽比较困难。然而通过色差计(仪)可将复杂的色泽分解成 6 个相互独立的参数:色差(E)、亮度(L)、绿-红( $\pm a$ )、蓝-黄( $\pm b$ )、色饱和度(C)、色调角( $\pm H$ )。可以通过这 6 个相互独立的色泽参数将果实色泽用数值准确的表达出来。

$L^*a^*b^*$  色空间(也称为 CIELAB)是当前最通用的测量物体颜色的色空间之一(如图 1)。在这一色空间中 L 是色坐标的 y 轴,表示亮度,L 值越大,亮度越高,如所测样品亮度大于基准色的亮度,CR-10 色差仪则显示正值,反之显示负值; $a^*$  和  $b^*$  分别是色坐标的 x 轴和 z 轴,分别表示色方向。 $+a$  值表示红色方向,正值越大,红色越深; $-a$  代表绿色方向,负值越小,绿色越深。 $+b$  代表黄色方向,正值越大,黄色越深; $-b$  代表蓝色方向,负值越小,蓝色越深。

$L^*c^*h^*$  色空间 使用与  $L^*a^*b^*$  色空间一样的色度图,但它使用柱面坐标表示颜色的鲜艳程度。在该色空间中  $L^*$  代表亮度且与  $L^*a^*b^*$  色空间中的  $L^*$  相同, $c^*$  为色饱和度, $h$  为色调角。圆心处的  $c^*$  值为 0,离圆心越远, $c^*$  值越大,颜色越鲜艳。色调角  $h$  被规定为从  $+a$  轴开始的偏离度数,0 度为  $+a^*$ (红色),90 度为  $+b^*$ (黄色),180 度为  $-a^*$ (绿色),270 度为  $-b^*$ (蓝色)。

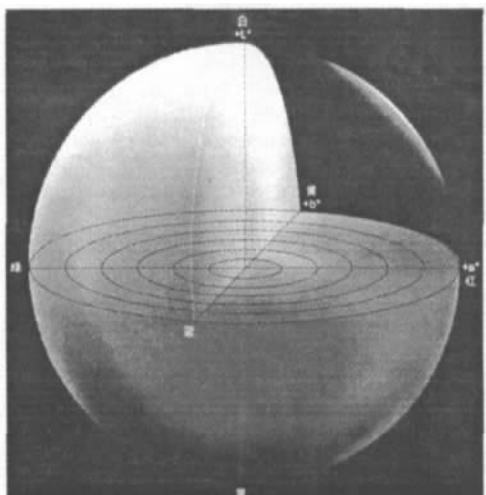


图 1 L\*a\*b\* 色空间模型色度图

如果试样的色调角  $h_{ab}$  大于基准色, 则色调角  $h_{ab}$  为正; 反之, 则为负(色空间模型色略)。

#### 1.4 数据处理与分析

本实验数据采用 Excel 进行原始数据的统计并建立果实色泽发育数据库, 然后从数据库中将所需数据

转入 STATG 软件进行方差分析。

#### 2 结果与分析

##### 2.1 不同果袋类型遮光率比较

从表 1 能够看出不同果袋类型对自然光的遮光性是明显的不同。7 种不同果袋主要吸收了波长在 400~500 nm 这部分紫光 - 靛蓝 - 蓝光, 其中波长为 470~500nm(靛蓝光), 420~470nm(蓝光)大部分被吸收, 而波长在 380~420nm 的紫光吸收了很大一部分。因而在 400~500nm 波段果袋遮光性较强, 透光率在所测得波段中最小, 平均透光率仅为 0.139。而对于波长 630~780nm 的红光中的 730nm 波段吸收较弱, 透过率最大 0.384。不同果袋平均遮光性强弱顺序为: D > R > Y > W > SY > SR > SW。不同果袋吸收波段强弱顺序为: 400~500 > 500~600 > PAR > UV > 600~700 > IR > 730。7 种不同果袋对光合有效辐射(PAR)吸收强弱顺序为: D > R > Y > W > SY > SR > SW, 说明 D 果袋内果实果皮可利用的光照最少, SW 果袋内果实果皮可利用的光照最多。即遮光性强的果袋内果实果皮可利用的光照较少, 反之亦然。

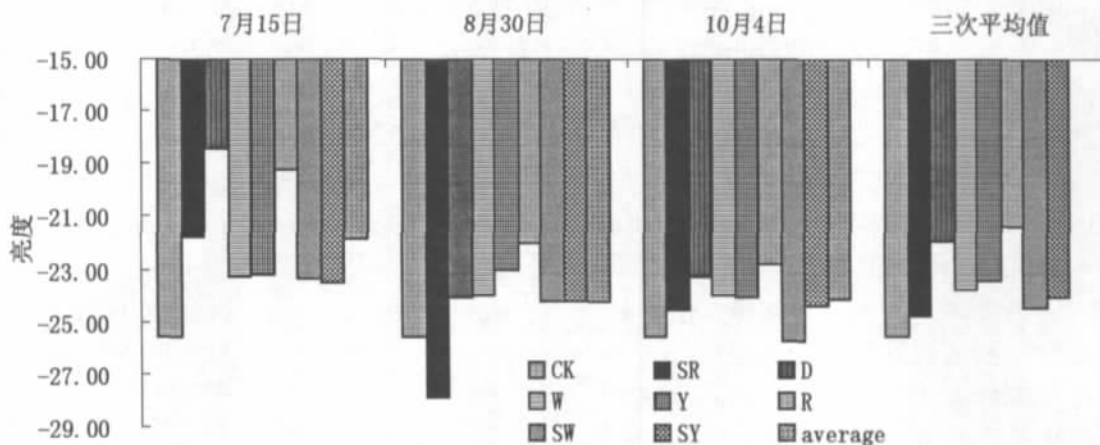


图 2 不同套袋时间对早香橘橙果实色泽亮度的影响

#### 2.2 套袋对果皮色泽亮度的影响

三次不同套袋时间对早香橘橙果实色泽亮度的影响(见图 2), 套袋时间早、遮光性强的果袋对果实果皮色泽亮度影响大于遮光性弱的或晚套袋的处理。果皮亮度数值为负说明果皮色泽的亮度小于基准色的亮度(L=+87.99)。从图 1 中不难看出不同套袋时间对果皮色泽亮度的影响因不同遮光率果袋表现不一致, 但总体上, 7 月 14 日套袋处理好于 8 月 30 日、10 月 4 日套袋处理。三次套袋处理果皮色泽亮度均大于对照(-25.59), 三次不同套袋时间对不同果袋果实色泽平均亮度影响大小为: -21.82(7 月 14 日) > -24.11(10 月 4 日) > -24.20(8 月 30 日), 即数值越大, 果皮色泽的亮度越好。7 月 14 日套袋处理果皮色泽亮度与 8 月 30

日、10 月 4 日及对照呈极显著差异性, 而 8 月 30 日、10 月 4 日套袋处理之间没有差异性, 但与对照呈极显著差异性(见表 3)。同一次套袋处理 7 种果袋之间对果皮色泽亮度影响略有不同(方差表省略), 但是不同类型果袋对果实色泽亮度的影响大体上果袋对 PAR 的吸收强弱略为一致, 即遮光性强的果袋对果皮色泽亮度的影响大于遮光性弱的果袋。三次不同套袋时间同一类型果袋对果实色泽亮度的影响均呈现下降趋势, SR、D 处理基本呈现先降后升的趋势; W、Y、R、SW、SY 处理则呈现下降趋势, 即早套袋果实的色泽亮度好于晚套袋处理(方差表省略)。三次不同套袋时间同一类型果袋对果皮色泽平均亮度影响大小为: R(-21.33) > D(-21.94) > Y(-23.41) > W(-23.72) > SY(-21.04)

表 3 采收时三次不同套袋时间处理早香橘橙果实色泽 4 个不同参数方差表

时间	L	a/b	C	H
CK	-25.587±0.447C	0.527±0.021AB	41.787±0.927B	-10.227±0.458b
7月14日	-21.816±0.247A	0.466±0.013BC	46.036±0.306A	-9.256±0.260b
8月30日	-24.011±0.243B	0.438±0.014C	42.606±0.451B	-8.530±0.308a
10月4日	-24.110±0.200B	0.509±0.012B	42.473±0.303B	-9.520±0.218b

注:表中不同的大(小)写字母标示 1%(5%)水平上显著,下同。

>SW(-24.43) >SR(-24.76) >CK(-25.59)。

### 2.3 套袋对果皮色泽 a/b 的影响

2.3.1 采收时三次不同套袋时间处理对早香橘橙果实色泽 a/b 的影响 三次不同套袋时间对早香橘橙果皮色泽 a/b 值的影响(见图 3)果实色泽是各种单色的综合表现,单一颜色不能够代表果实色泽的真实表现,而 a/b 值基本能够反映果实的真实色泽。从三次不同套袋时间对果实色泽 a/b 值得结果看,10月4日套袋好于前两次套袋处理,果实色泽更加的接近早香橘橙果实所固有色泽:橙黄色,但均小于对照(0.53) > 0.51(10月4日) > 0.46(7月14日) > 0.44(8月30日)。通过方差分析可以看出 8月30日处理果实色泽 a/b 值与 7月14日处理、10月4日处理、对照果实色泽 a/b 值有极显著差异性,但 7月14日处理、10月4日处理、对照果实色泽 a/b 值三者之间没有差异性(见表 3)。同一次套袋处理 7 种果袋之间对果皮色泽 a/b 值影响略有不同(见图 2、表 4)。但是不同类型果袋对果实色泽 a/b 的影响大体上果袋对 PAR 的吸收强弱略为相反,即遮光性弱的果袋对果皮色泽 a/b 的影响大于遮光性强的果袋,但是红色单层果袋(SR)处理三次果实色泽 a/b 值均为同一处理中最小的,并且红色双层果袋(R)也存在类似现象。三次不同套袋时间同一类型果袋对果实色泽 a/b 值的影响是不相同的,SR、D 处理基本呈现上升的趋势,即晚套袋果实色泽好于早套袋,W、Y、R、SW 处理则呈现下降趋势,即早套袋果实的色泽好于晚套袋处理。SY 处理呈现先升后降即 8月30日套袋好于 7月14日、10月4日套袋处理(见表 5)。三次

不同套袋时间同一类型果袋对果皮色泽平均 a/b 影响大小为:SR(0.366 < R(0.413) < W(0.435) < D(0.436) < Y(0.493) < CK(0.530) < SW(0.564) < SY(0.589)。

2.3.2 不同套袋时间处理对早香橘橙果实色泽 a/b 动态发育的影响 从图 4、5 能够看出不同套袋时间对早香果实色泽 a/b 值动态变化的影响基本是类似的,但也有差别,尤其遮光性强的果袋差异明显。7月14日套袋处理,遮光性强的果袋(D、R)在 11月11日之前对早香橘橙果实色泽 a/b 值影响较为明显(见图 4) 8月30日套袋处理,遮光性强的果袋(D、R)没有 7月14日套袋对果实色泽 a/b 值影响明显(见图 5)。7月14日套袋处理在 11月11日之前不同果袋处理果实色泽平均 a/b 值与对照有明显的差异,而 8月30日套袋处理与对照差异不明显,但在 11月11日之后两次套袋处理,不同果袋处理果实色泽平均 a/b 值有同一变化趋势,即果实色泽平均 a/b 值与对照相差较明显。也就

表 4 采收时不同类型果袋三次不同套袋时间处理早香橘橙果实色泽 a/b 值方差表

果袋	7月14日	8月30日	10月4日
CK	0.527±0.021A	0.527±0.021B	0.527±0.021AB
SR	0.323±0.029C	0.211±0.038D	0.548±0.028AB
D	0.408±0.032B	0.394±0.018C	0.521±0.016B
W	0.442±0.032B	0.437±0.023C	0.425±0.034C
Y	0.532±0.023A	0.433±0.025C	0.514±0.040B
R	0.428±0.016B	0.418±0.022C	0.391±0.017C
SW	0.575±0.022A	0.550±0.020B	0.567±0.035AB
SY	0.553±0.042A	0.620±0.022A	0.597±0.023A

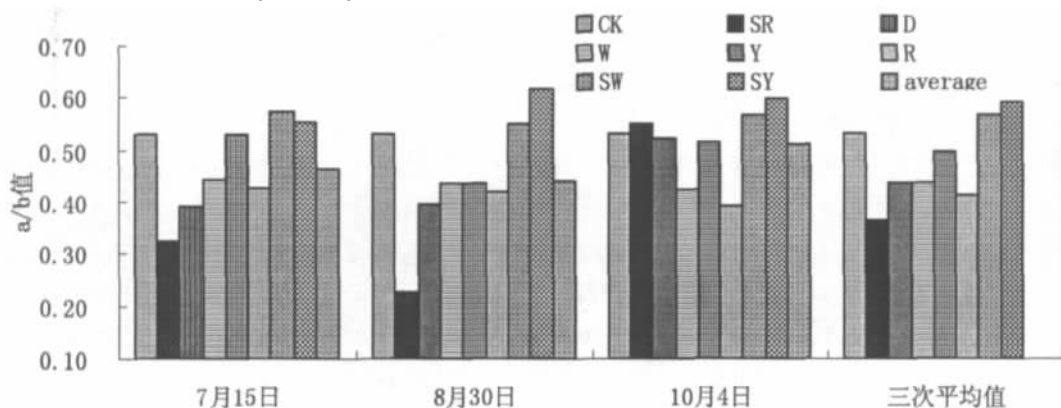


图 3 不同套袋时间对早香橘橙果实色泽 a/b 值的影响

表5 采收时同一类果袋三次不同套袋时间处理早香橘橙果实色泽 a/b 值方差表

时间	SR	D	W	Y	R	SW	SY
CK	0.527±0.021A	0.527±0.021A	0.527±0.021a	0.527±0.021	0.527±0.021A	0.527±0.021	0.527±0.021
7月14日	0.323±0.029B	0.408±0.032B	0.442±0.032b	0.532±0.023	0.428±0.016B	0.575±0.022	0.553±0.042
8月30日	0.211±0.038C	0.394±0.018B	0.437±0.023b	0.433±0.025	0.418±0.022B	0.550±0.020	0.620±0.022
10月4日	0.548±0.028A	0.521±0.016A	0.425±0.034b	0.514±0.040	0.391±0.017B	0.567±0.035	0.597±0.023

是说11月中旬左右是早香橘橙果实色泽变化的重要时间段。采收时三次不同套袋处理对果实色泽 a/b 值的影响见表3、4、5。

2.4 套袋对果皮色泽饱和度的影响

三次不同套袋时间对早香橘橙果皮色泽饱和度

值的影响(见图6),色饱和度反映的是果实色泽的鲜艳程度,数值越大果实色泽越鲜艳。从三次不同时间套袋处理对果实色泽色饱和度的影响看,套袋时间早果皮色泽色饱和度越好于晚套袋处理。三次处理果实色泽平均色饱和度 46.04(7月14日)>42.61(8月30日)

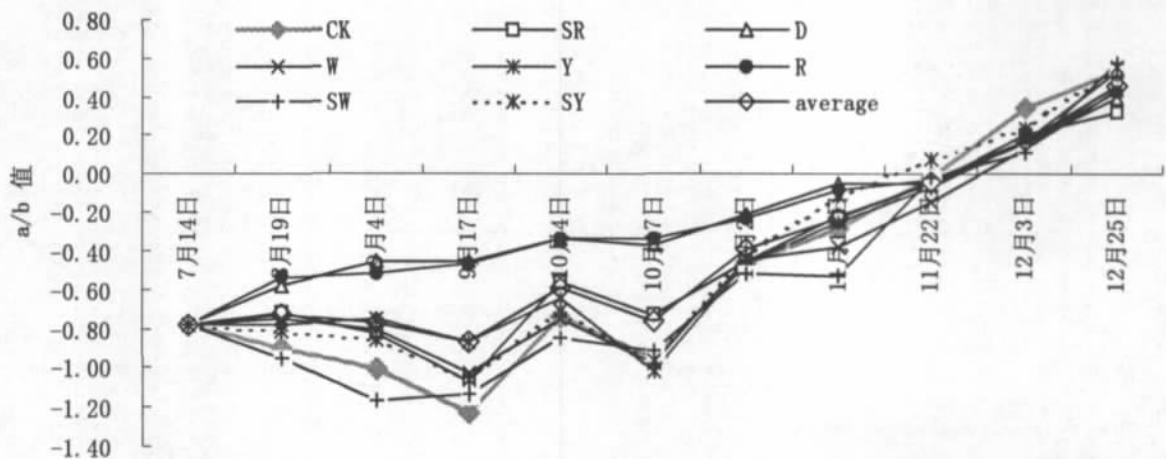


图4 7月14日套袋处理对早香橘橙果实色泽 a/b 值动态变化曲线

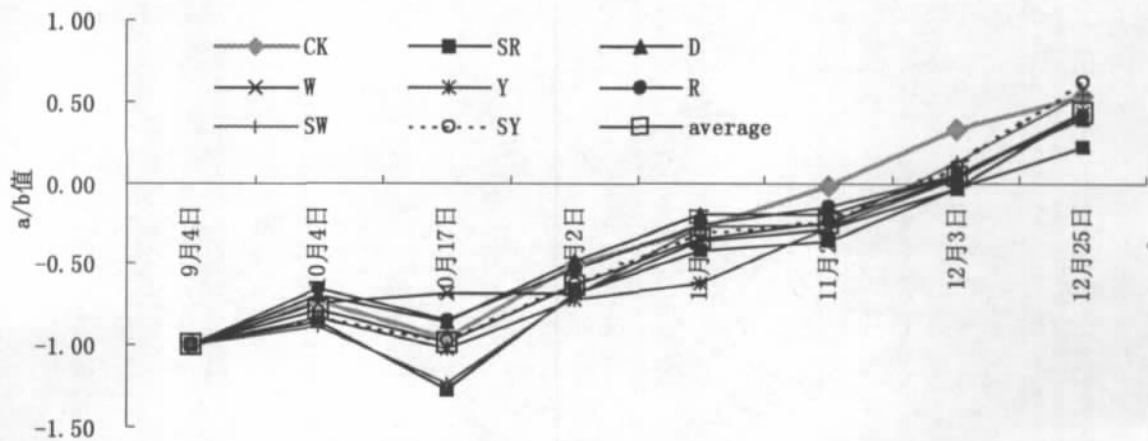


图5 8月30日套袋处理对早香橘橙果实色泽 a/b 值动态变化曲线

>42.47(10月4日),这与基本上与果实色泽 a/b 值相反。并且三个处理果实色泽饱和度均大于对照(41.79),7月14日套袋处理果实色泽饱和度与8月30日处理、10月4日处理、对照呈极显著差异性,而8月30日处理、10月4日处理、对照三个处理果实色泽饱和度没有差异性(见表3)。同一次套袋处理7种果袋之间对果皮色泽饱和度影响略有不同。三次不同套袋时间同一类型果袋对果实色泽色调角的影响均

呈现下降的趋势,即早套袋处理果实色泽饱和度好于晚套袋处理。不同类型果袋对果实色泽饱和度的影响与果袋对PAR的吸收强弱没有联系,但是三次红色单层果袋(SR)处理果实色泽饱和度平均值最小的(39.90)(方差表略)。三次不同套袋时间同一类型果袋对果皮色泽平均饱和度影响大小为:SR(39.90)<CK(41.79)<W(42.85)<Y(43.93)<SW(44.04)<D(44.71)<SY(44.84)<R(45.67)。

2.5 套袋对果皮色调角的影响

三次不同套袋时间对早香橘橙果皮色泽色调角的影响(见图 7),色调角越小,果实色泽接近果实固有色泽(橙黄色)。从三次套袋果实色泽色调角的平均值看,套袋时间早果皮色泽色调角小于晚套袋处理,并且均大于对照,即 -8.53(8月30日)>-9.26(7月14日)>-9.52(10月4日)>-10.23(CK),这与基本上与果实色泽 a/b 值相反,经相关系数分析 a/b 与色调角呈极显著

负相关,相关系数为  $r = -0.9574$ 。经方差分析,8月30日处理果实色泽色调角与7月14日、10月4日、对照呈现显著差异性,但后三者之间没有差异性(见表3)。这说明7月14日、10月4日套袋果实色泽总体上好于8月30日套袋。同一次套袋处理7种不同果袋之间对果皮色泽色调角影响各不相同。三次不同套袋时间同一类型果袋对果实色泽色调角的影响是不相同的,SR、D处理基本呈现下降的趋势,即晚套袋果实色

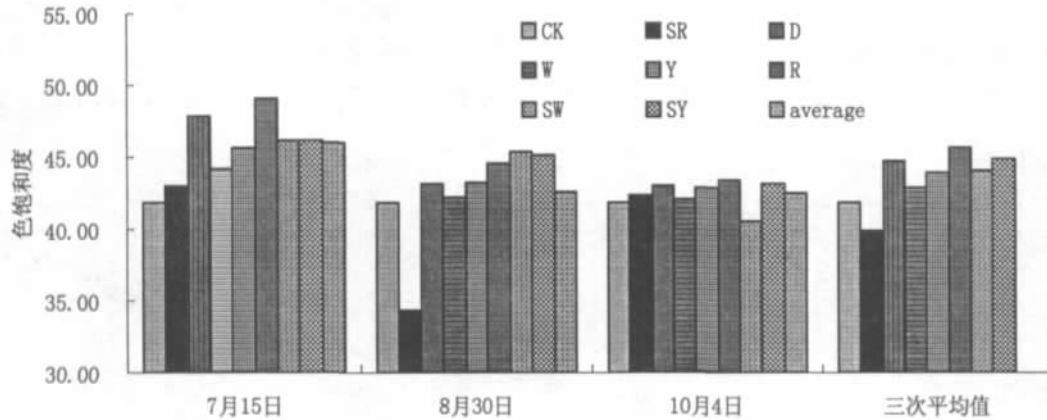


图 6 不同套袋时间对早香橘橙果实色泽饱和度的影响

泽好于早套袋,W、Y、R、SW处理则呈现上升趋势,即早套袋果实的色泽好于晚套袋处理。SY处理呈现先降后升即8月30日套袋好于7月14日、10月4日套袋处理(方差表省略)。这就说明不同遮光率果袋对果实色泽的发育的影响是不相同的。不同类型果袋对果实色泽色调角的影响与果袋对PAR的吸收强弱基本反

(红色单层果袋:SR除外),即对PAR吸收强的果袋处理的果实色泽色调角就大,果实色泽就偏离果实固有色泽。三次不同套袋时间同一类型果袋对果皮色泽平均 a/b 影响大小为:SR(-6.73)>R(-8.40)>D(-8.41)>W(-8.42)>Y(-9.53)>CK(-10.23)>SW(-10.88)>SY(-10.34)。

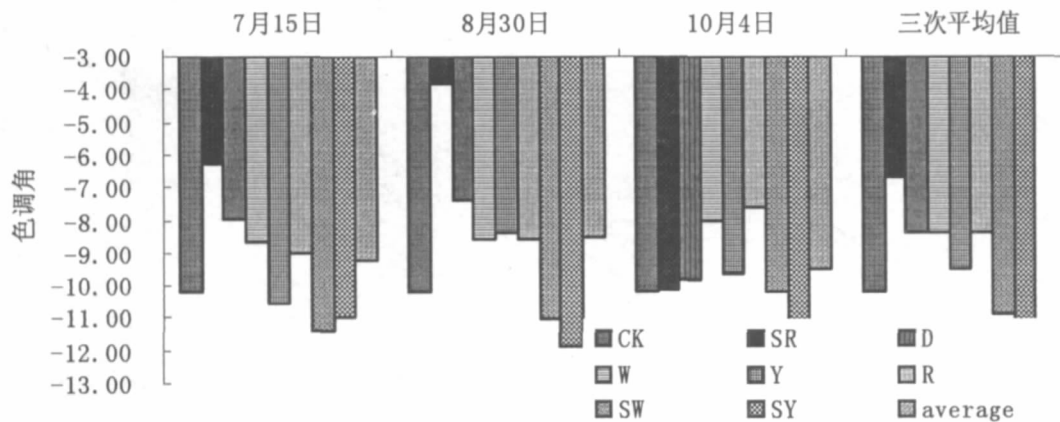


图 7 不同套袋时间对早香橘橙果实色泽色调角的影响

3 讨论

果实的色泽因种类、品种而异,是由遗传决定的。色泽的浓淡和分布则受环境影响较大,在通常条件下,光照条件是影响果实色泽的三个重要因子(糖的积累、温度、光照)之一。柑橘果皮具有一定的光合作用能力,在果实发育前期果皮所需的营养物质较多部分是来自于自身的光合产物,可维持果实本身呼吸作用的消

耗<sup>[10]</sup>,对叶片的依赖程度相对较低<sup>[11]</sup>。绿色植物的光合作用在光谱600nm~680nm的红光区,光合速率有一大的峰值,在435nm左右的蓝光区又有一小峰值,这与叶绿素的吸收光谱大体吻合。叶绿素最强的吸收区有两处:波长640~660nm的红光部分和430~450nm的蓝紫光部分。叶绿素对橙光、黄光吸收较小,尤其对绿光的吸收最少。而7种不同果袋主要吸收了波长在

400~500 nm 这部分紫光 - 靛蓝 - 蓝光, 其中波长为 470~500nm(靛蓝光) 420~470nm(蓝光)大部分被吸收, 而波长在 380~420nm 的紫光吸收了很大一部分。果袋对在 400~500nm 波段的光吸收较多, 所以透光率最小。而对于波长 630~780nm 的红光及远红光波段吸收较弱, 透光率最大。这意味着柑橘绿色果皮的光合作用光谱集中在了红光及远红光区, 这可能是套袋果实平均单果重有减轻的趋势的一个原因。而类胡萝卜素的吸收带在 400~500nm 的蓝紫光部分区, 基本不吸收红光、橙光、黄光, 所以呈现橙黄色或黄色<sup>[12]</sup>。

通过 3 次不同套袋时间及 7 种不同遮光性的果袋对早香橘果实色泽的动态发育过程的测定发现, 套袋会加速果皮褪绿转黄, 有利于提高果实色泽的亮度、色饱和度, 增加黄色; 同时降低红色, 以至于果实色泽偏淡(橙黄 - 黄色), 没有达到早香橘果实所固有的色泽橙黄色。这与前人的研究相吻合, 套袋处理果实的亮度均显著高于对照, 红色度则与亮度相反, 各种套袋处理的红色度均显著低于对照, 黄色有明显增加, 表明套袋为果实创造的黑暗环境促进果皮叶绿素分解, 使类胡萝卜素所占比率增加。但红色度却显著降低, 导致果色偏黄<sup>[13-16]</sup>。徐娟(2002)研究结果表明, 椪柑的果皮和果肉愈红, 红色发育愈好, 果面亮度越差, 当果皮色泽偏黄或 a 值较小时, 果面光亮度越好。所以, 当生产中追求柑橘果皮和果肉的红色表型时, 会付出减少光亮度的代价<sup>[2]</sup>。这与试验结果相类似, 从果实色泽色差不同参数之间的相关性得到, 果皮黄色成分越多, 果皮色泽亮度越好, 鲜艳程度越好。果皮红色越多, 果皮色泽亮度下降, 鲜艳程度下降, 色调角也越小。

通过果实色泽的 a/b 值更能够说明果实色泽的发育<sup>[17]</sup>。Iglesias 等(1999)连续 3 年应用 Minolta 色差仪对西班牙东北部地区 Delicious 苹果品系果皮色泽发育进行测定。结果表明, 品系间的色差值和花青素含量有着显著差异, 着色好, 花青素含量高, 色调角(H)就小。成熟期果皮花青素含量与 H、亮度值及 a/b 值呈线性回归关系<sup>[2,7]</sup>。通过对 3 次不同套袋时间及 7 种不同遮光性果袋对早香橘果实色泽 a/b 值得分析得出, 遮光性弱的果袋果实色泽 a/b 值大于遮光性强的果袋, 即遮光性弱的果袋果实色泽好于遮光性强的果袋, SW、SY 果袋果实色泽最好, D、R 果袋果实色泽较差。SR 三次处理的果实色泽的 a/b 值均为最小, 这有待于进一步的研究。

本试验由于没有测定果皮色素(叶绿素、类胡萝卜

素)的具体含量, 果皮色泽的变化缺乏具体的色素种类及含量支持, 没有更好的用果皮具体的色素种类及含量来说明不同套袋时间及不同遮光率果袋对早香橘果实色泽的发育的影响, 这有待于进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 陶俊, 张上隆, 徐建国, 等. 柑橘果实主要类胡萝卜素成分及含量分析. 中国农业科学, 2003, 36(10): 1202-1208.
- [2] 徐娟. 几个柑橘产区果实色泽评价及红肉脐橙 (*Citrus sinensis* L. cv. Cara cara) 果肉呈色机理初探[学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2002: 1-90.
- [3] 鲍江峰, 夏仁学, 彭抒昂, 等. 中国纽荷尔脐橙主要食味品质的系统聚类分析. 中国农业科学, 2004, 37(5): 724-727.
- [4] Van E J W, De Vries D P. Impartial assessment of rose (*Rosa*, 'Sweet Promise') flower color with the aid of a chroma meter. *Plant Variet Seeds*, 1994, 7(1): 29-35.
- [5] Lancaster J E, Lister C E, Reay P F, et al. Influence of pigment composition on skin color in wide range of fruit and vegetables. *J Amer Soc for Hort Sci*, 1997, 122(4): 594-598.
- [6] Stewart I, Wheaton T A. Carotenoids in Citrus. *Proceedings of 1st International Citrus Congress*, 1973, (3): 325-330.
- [7] Iglesias I, Graell J, Echeverria G, et al. Differences in fruit color development, anthocyanin content, yield and quality of seven 'Delicious' apple strains. *Fruit Variet* 1999, 53(3): 133-145.
- [8] 陶俊. 柑橘果实类胡萝卜素形成及调控的生理机制研究:[学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2002: 59-60.
- [9] Arias R, Lee T C, Logendra L, et al. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L a b color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *J Agr Food Chem*, 2000, 48(5): 1697-1702.
- [10] 华南农业大学. 果树栽培学各论(南方本第二版). 北京: 中国农业出版社, 1999: 52-53.
- [11] 赵智中. 柑橘果实糖积累的生理基础研究:[学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2001: 1-42.
- [12] 王忠. 植物生理学. 中国农业出版社, 2000: 120-178, 448-455.
- [13] 陶俊, 张上隆, 安新民, 等. 光照对柑橘果皮类胡萝卜素和色泽形成的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(11): 1833-1836.
- [14] 陈俊伟, 张上隆, 张良诚, 等. 柑橘果实遮光处理对发育中的果实光合产物分配, 糖代谢与积累的影响. *植物生理学报*, 2001, 27(6): 499-504.
- [15] 王贵元, 金铃, 夏仁学. 套袋对纽荷尔脐橙果实品质的影响. *亚热带植物科学*, 2003, 32(4): 8-10.
- [16] 王贵元, 夏仁学. 几种化学试剂及套袋对红肉脐橙果实品质的影响. *亚热带植物科学*, 2005, 34(2): 15-17.
- [17] 杨国顺, 石雪晖, 刘昆玉, 等. 柑橘果实着色机理研究进展. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2005, 31(1): 106-110.

(责任编辑 秦守亮)