

弱光对大樱桃坐果及果实品质的影响

吴兰坤 黄卫东* 战吉成

(中国农业大学园艺学院, 北京 100094)

摘要 本研究以 7 年生露地甜樱桃‘红灯’为试材, 通过对一定结果量枝条进行遮阳处理, 研究了不同光照强度(100%, 70%, 48%, 30% 和 11%) 及不同弱光时期(果实生长 I 期、II 期、III 期)对樱桃坐果及果实品质的影响。结果表明: 与自然光相比, $1\ 100\sim\ 1\ 500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下弱光处理均显著降低了樱桃坐果率、单果重、果实可溶性固形物含量和果皮花青苷含量。在上述 3 个生长时期中, I 期遮荫对果实影响最大, II 期次之, III 期影响最小。

关键词 弱光; 樱桃; 坐果; 果实品质

中图分类号 S624.43

Effects of Low Light Intensity on Sweet Cherry Fruit Setting and Quality

Wu Lan-kun Huang Wei-dong Zhan Ji-cheng

(College of Horticultural Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract To study the effect of low light intensity on fruit setting and fruit quality, shading treatment was applied on limbs of seven-year-old sweet cherries (*Prunus avium* L. cv. Hongdeng) by using different materials to reduce light levels to 70% full sun (FS), 48%, 30% and 11% FS during the whole period of fruit growth. The effect of different shading times was also evaluated by treating limbs with 11% FS during three stages of fruit growth. The following results were obtained: the limbs shading had reduced fruit set, fruit weight, SSC and anthocyanin content in fruit compared fruit on unshaded shoots; The shading during stage I had the greatest effect on reducing fruit set and fruit quality, while shading during stage III had the least pronounced effect. It was concluded that stage I is the most sensitive stage of the fruit growth to low light intensity stress.

Key words low light intensity; cherry; fruit setting; fruit quality

近年来, 随着市场对新鲜果品周年供应的需求, 设施栽培已成为果树产业发展的热点。樱桃作为一种味美且营养价值高的水果素来受消费者青睐, 但它不耐贮运, 供应期短, 而利用设施栽培可使成熟期提前, 解决市场对其淡季的需求, 近几年来, 樱桃的设施栽培在我国得到迅速发展。

设施栽培虽具有优越性, 但与露地的正常生长季节条件相比, 设施环境常因覆盖物而导致

收稿日期: 2001-09-14

国家自然科学基金资助项目(30070531)

* 黄卫东, 教授, 博士生导师, 研究方向为设施园艺及逆境生理。联系作者。北京圆明园西路 2 号

光照强度的降低,加上冬春反季节生产光照时间和光照强度明显不足,使其生产受很大影响,导致减产和品质下降。目前研究者普遍采用人工补光(铺设反光膜、增加光照设施等)和整形修剪等措施来改善设施内光照条件,但前者投资较大,而后者又见效慢。因而提高光照水平比较困难,而樱桃又是极喜光果树,对高光照的要求与设施中的弱光环境形成了生产中的关键矛盾。因此如何解决这一矛盾已经成为樱桃设施栽培生产中较为迫切的问题。

弱光条件下,植物的营养生长^[1~6]和生殖生长^[5,7~10]均受到很大影响。对樱桃、葡萄的研究表明,弱光妨碍植物体内碳水化合物积累使得坐果率下降^[1,11]。对甜樱桃枝条遮阳至全日照 10%~15% 时发现,遮阳枝条与对照比,坐果率下降,果实着色差,可溶性固形物含量下降,果实硬度也有下降且果实成熟延迟^[12]。弱光对果实影响的主要原因是光照强度小,光合作用降低导致枝梢叶片生长量少,而使叶子供给果实的同化物减少所造成。遮阳使部分叶片处于光补偿点以下,从而降低光合作用,使叶片运输到果实中的碳水化合物量减少,贮藏营养缺乏^[11,13]。遮阳试验表明,低光强主要减少果实的细胞数和缩小细胞的体积,抑制了果实的增大,并影响树冠中小果的保留率。生长在遮阳处的果实,每单位体积中所含的干物质和淀粉较少,说明光照是通过碳水化合物来影响果实的生长的^[13]。另外,遮阳果实因蒸腾作用降低而使其温度低于气温,导致一些生理生化作用的变化,延迟了果实的成熟,其效应甚至超过氮素营养缺乏造成的影响^[14]。上述研究对弱光影响果树坐果和果实发育的生理机制作了初步的阐明。但有关植物对光照强度的反应及弱光影响坐果和果实发育的敏感时期的研究较少,而这些研究对生产实践中补光的程度及时期都是非常必要的。因此我们以目前设施栽培中比较有前途的甜樱桃为试材,研究了不同弱光强度及不同遮阳时期对其坐果及果实发育的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验于 2000-04—05 在海淀区四季青乡第 3 生产队果园进行,所选试材为 7 年生甜樱桃树,品种为早熟品种‘红灯’,株行距为 2 m × 3 m,株高约为 2.5 m,常规生产管理。

1.2 方法

1.2.1 光照强度对樱桃结果的影响 选用不同遮阳材料制成的遮阳网对枝条进行遮阳,使其受光强度分别为自然光的 70%, 48%, 30%, 11%, 网内外除光照以外的其它环境条件基本不变。所选枝条均为朝南方向,从树干 1.5 m 以下长出的主枝,每树选一个枝条作处理,每棵树的树势及所选枝条的长度、横径、长势和负载量都尽量一致,以相同树势的树上未遮阳生长状况大致相同的枝条为对照。试验期间晴好天气下,中午 12:00 时露地自然光约为 $1\ 600\sim\ 2\ 100\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (100% 光强),遮光处理的光强分别约为 $1\ 100\sim\ 1\ 500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (70% 光强), $800\sim\ 1\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (48% 光强), $500\sim\ 630\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (30% 光强), $170\sim\ 230\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (11% 光强)。单株处理,5 次重复。遮阳处理于落花后进行,时间为整个果实生长期。

于花后 28 d 统计坐果率,果实达到其品种成熟色泽(红紫色)时采收,每 3~4 d 采收 1 次,共采收 5 次。每次选代表性果实 5 个,求平均值测量单果重;可溶性固形物含量用手持折光仪测;剥取樱桃果皮,用直径 8.5 mm 的打孔器打 10 个圆片。用提取液(95% 乙醇和 $1.5\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\ \text{HCl}$ 按 85:15 体积混合) 10 mL 提取 18~24 h,不时摇动,然后用 752 型分光光度计在 530 nm 波长下测光密度值,计算果皮花青苷含量($\text{nmol}\cdot\text{cm}^{-2}$)^[15]。

1.2.2 弱光时期对樱桃结果的影响 在果实生长不同时期对同一树上不同枝条进行遮阳处

理, 弱光强度为自然光的 11%, 以同一树上未遮荫枝条为对照, 所选枝条均为从树干 1.5 m 以下长出的主枝, 各枝条生长状况一致。弱光处理的 3 个时期分别为: 1) 果实第一速长期(I 期), 从落花后至硬核前, 时间为 04-15—04-26; 2) 硬核期(II 期), 04-26—05-07; 3) 果实第二速长期(III 期), 从硬核后到成熟, 05-07—05-24。观测项目及方法同 1.2.1。

2 结果与分析

2.1 不同光照强度对樱桃结果的影响

在樱桃果实生长期对枝条进行不同程度遮阳后研究了不同光照强度对樱桃坐果及果实品质的影响(图 1)。

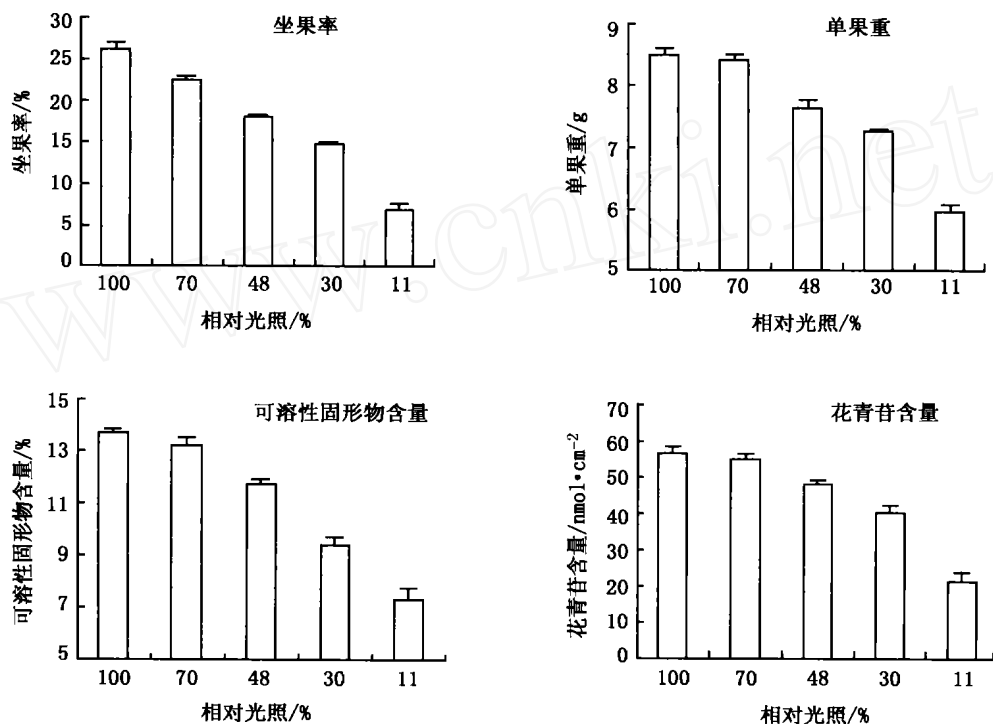


图 1 不同光照强度对 7 年生‘红灯’甜樱桃结果的影响

各弱光处理均降低了樱桃坐果率, 降低幅度随弱光程度增大而增大, 经分析, 坐果率与光照强度具有显著的正相关关系($r=0.9794^{**}$), 说明弱光对樱桃坐果影响很大。弱光引起落果的原因主要是碳水化合物的供应不足, 也可能与激素水平有关^[2]。随光强降低, 樱桃单果重也呈下降趋势, 但与坐果率变化不同的是, 轻度弱光(70%)即引起了坐果率下降, 而单果重在 70% 弱光下与对照比却无显著差异, 在 48% 光强下差异才达到显著, 平均比对照降低了 0.86 g, 之后随光强降低而迅速下降, 11% 光强下单果重最小, 仅为对照的 70.2%。

另外, 弱光处理还降低了樱桃果实的可溶性固形物含量(SSC)及果皮花青苷含量。果实的 SSC 直接反映了果实的营养水平, 因此弱光影响 SSC 的原因是显而易见的。单位面积果皮花青苷含量能反映红色果实的着色程度, 光照不足不仅致使花青苷合成的有关基因不能活化, 还

通过减少光合产物的生成来抑制花青苷合成^[16]。从本试验研究结果可看出,随光照水平降低,樱桃果实 SSC 和果皮花青苷含量逐渐下降,在较强光照范围内(100%~48%)下降速度较慢,而随光照进一步降低(48%以下),SSC 和花青苷含量下降速度逐渐增大。在 11% 光强的严重弱光下樱桃果实 SSC 仅为 7.3%,花青苷含量仅为 $21.1 \text{ nmol} \cdot \text{cm}^{-2}$,远低于本品种正常成熟时所要达到的风味和色泽,失去了商品价值。试验还发现,果皮花青苷含量与果实 SSC 存在极显著正相关关系($r=0.9794^{**}$),可见光合产物水平对樱桃果皮红色的形成起到很大的作用。

2.2 不同弱光时期对樱桃结果的影响

在果实发育的 3 个不同时期对樱桃同一树上不同枝条进行 11% 光强遮阳处理,可以看出不同时期弱光对樱桃坐果及品质的影响(表 1)。可看出:1)不同时期弱光处理均引起樱桃坐果率下降,其中 I 期弱光对坐果影响最大,坐果率比对照下降了 47.67%,II 期弱光比对照下降 38.76%,III 期弱光处理坐果率仍有所下降,可见樱桃果实生长后期若光照不足,仍会引起落果,但影响不显著。2)平均单果重以 I 期弱光处理的最小,比对照减少了 15.48%,其次为 II 期弱光处理的,而 III 期弱光处理对单果重无明显影响,仅比对照减少 0.2 g,差异不明显。此研究结果与在早熟桃上的研究结果^[17]相似,该研究认为早期遮阳严重影响了果实的潜在生长能力,即使光照后期恢复也不能补偿损失。3)可溶性固形物含量与单果重变化规律相似,仍以 I 期弱光处理的最小,II 期次之,III 期弱光对 SSC 影响不显著;4)各时期弱光均对果皮着色有明显影响,其中 I 期、II 期、III 期弱光处理后果皮花青苷含量分别比对照降低 31.62%,28.6%,22.21%,仍以 I 期弱光的影响最大。单果重、SSC 和花青苷含量的变化说明早期遮荫不仅影响坐果,对果实品质也有很大影响,Patten 等^[12]认为所有影响果树早期碳水化合物积累的因素都将显著影响果实品质。

表 1 不同弱光时期对 7 年生‘红灯’甜樱桃结果的影响

弱光时期	坐果率/%	单果重/g	可溶性固形物含量/%	花青苷含量/ ($\text{nmol} \cdot \text{cm}^{-2}$)
对照	25.8 a	8.4 a	13.8 a	56.3 a
I 期	13.5 b	7.1 c	11.2 c	38.5 c
II 期	15.8 b	7.6 b	12.2 b	40.2 c
III 期	23.3 a	8.2 a	13.3 a	43.8 b

邓肯式新复极差多重比较,字母不同表示差异显著($F=0.05$)。

综合以上结果,可知樱桃果实发育的 3 个时期中,第 I 期即果实第一次迅速生长期是对弱光最敏感的时期,此期弱光会引起樱桃坐果率和果实品质的大幅度下降,而第 III 期即硬核后到成熟期弱光对樱桃坐果和品质影响不大,仅对果实着色有一定程度影响。

3 讨 论

光是影响果树生产的最重要的环境因子之一。在苹果、桃、葡萄等果树上的大量研究表明,弱光对果实生长有很大影响^[11,17,18]。弱光一方面减少了枝梢生长量从而减少了营养物供应而影响果实生长,另一方面在弱光条件下叶片光合效率降低,直接影响了对果实光合同化物的供应。成长的果实,除极少量的有机物来自自身的光合作用外,主要利用其附近当年生新梢叶片的同化产物,因而果实生长明显受到局部光强的影响,也即光合产物由源到库的移动有就近供

应的原则, 具有明显的局部性^[13]。本试验对樱桃进行枝条局部遮阳, 研究了弱光对樱桃果实生长的影响, 结果表明遮阳降低了樱桃坐果率、单果重和可溶性固形物含量, 并影响了樱桃着色, 这与前人的研究结论是基本一致的^[12]。

但是我们在研究不同光强对樱桃果实品质的影响时, 却发现了与前人的研究有所不同的变化规律。Robinson 等^[18]在苹果上, Kappel^[19]在梨上的研究表明, 果实重量、SSC 和果实着色程度与光强呈显著的线性正相关关系, 这 3 项指标随光强降低以一定的速率快速下降, 而在本试验中, 我们却发现樱桃单果重、SSC 和花青苷含量与光强之间的关系是非线性的, 在 70% 的轻微弱光下, 此 3 者的值与对照比下降不大, 在 48% 光强下才有显著下降, 此后随光强进一步减弱, 下降速率增大, 也就是说在较高光强范围内(70% ~ 100% 自然光), 果实品质差异不明显, 而在较严重弱光下(48% 自然光以下), 果实品质受到严重影响。我们分析造成这种变化规律的原因可能有 2 种, 一种原因可能是: 樱桃的坐果极易受到弱光的影响, 这从前面 1.1 结果可看出, 70% 光强的弱光下樱桃坐果率即比对照降低了 14.5%, 造成果实数量减少, 从而削弱了果实之间对营养物的竞争, 使得果实品质仍能保持在对照水平。而当光强进一步减弱时, 坐果率下降引起的果实之间营养物竞争的减少不足以补偿弱光造成的总的同化物供应的减少, 使得果实的品质有显著下降。另一个原因可能也与樱桃结果的特殊性有关, 樱桃果实生长期很短, 本试验所用的品种‘红灯’是一个早熟品种, 果实平均生长期仅为 32 d, 果实在短期内即能达到其成熟所需风味、光泽, 因而果实对光照的要求也相应减小, 而且由于樱桃的春季开花结果早使得樱桃当年新梢叶片所制造的同化物不足以提供果实生长所需, 必须有相当一部分依靠前一年树体储存营养^[20], 从而使得弱光对当年果实生长的影响显得不那么突出了, 但这并不表示弱光对樱桃结果的影响不大, 实际上这种影响可能具有一定的滞后效应, 即弱光通过影响当年树体营养的储存而对第二年结果造成较大的影响, 弱光的危害性在第二年继续得到体现。当年弱光对樱桃次年结果的残留影响在本试验中还未涉及, 需要进一步进行研究。

此外, 本试验还对樱桃枝条进行不同时期遮阳处理发现, 在樱桃果实发育的 I 期(落花至硬核前), 弱光对樱桃坐果及果实品质的影响最大, 其次是 II 期(硬核期), III 期(硬核后至成熟)弱光的影响最小, 仅对着色有一定影响, 说明樱桃果实生长前期对弱光较敏感, 而在后期, 弱光影响不大。这与 Chalmers 等^[21]在晚熟桃和 Lakso 等^[22]在苹果上的研究结果相矛盾, 他们认为果实发育的 III 期遮阳对果实生长影响最大。我们分析, 造成这种矛盾的原因主要与樱桃开花结果早及果实发育的时间短有关。樱桃果实发育早, 果实生长与枝梢营养生长几乎同时进行, 而果实发育的时间又非常短, 因而使得早期营养竞争尤为激烈, 任何影响此期果树生长的逆境条件都将会严重影响果实发育, 因此此期光照环境是影响果实生长的关键因子, 我们认为在温室樱桃生产中, 尤其要注意在果实生长前期补光, 或采取一定措施来适当控制早期枝梢营养生长(如施用生长调节剂、修剪等), 减少早期营养生长和生殖生长对营养物的竞争, 从而减少弱光对樱桃果实生长的不良影响。

参 考 文 献

- 1 Sam s C E. Factors affecting the leaf and shoot morphology and photosynthetic rate of sour cherry, PhD Diss, East Lansing: Michigan State Univ, 1980
- 2 Jackson J E, Palmer J W. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees J Hort Sci, 1977,

- 52: 253~ 266
- 3 Kappel F, Flore J A. Effect of shade on photosynthesis, specific leaf weight, leaf chlorophyll content and morphology of young peach trees J Amer Soc Hort Sci, 1983, 108: 541~ 544
 - 4 郭风鸣. 弱光条件下黄瓜的生长解析. 吉林农业大学学报, 1990, 12(1): 32~ 35
 - 5 Flore J A. The effect of light on cherry trees Proc Mich State Hort Soc, 1980, 110: 119~ 122
 - 6 Gucci R, Flore J A. The resistance of peach to cold in relation to environment and cultural conditions Fruiculturae, 1989, 51: 13~ 19
 - 7 Flore J A, Kesner C. Orchard design for stone fruit based on light interception. Compact Fruit Tree, 1982, 25: 159~ 165
 - 8 Koblet W. Stress and stress recovery by grapevines Botanica Helvetica, 1996, 106: (1), 73~ 84
 - 9 冯孝严, 李淑珍, 石英. 设施栽培桃树落花落果原因及对策. 山西果树, 1999, (4): 10~ 12
 - 10 Flore J A, Layne D R. Photoassimilate production and distribution in cherry. Hort Sci, 1999, 34: 1015~ 1019
 - 11 Jackson D L. Environment and hormonal effects on development of early bunch stem necrosis, Amer J Enol Vitic, 1991, 42: 290~ 293
 - 12 Patten K D, Proesting. Effect of different artificial shading times and natural light intensities on the fruit quality of 'Bing' sweet cherry. J Amer Soc Hort Sci, 1986, 111: 360~ 363
 - 13 吴邦良, 夏春森, 赵学方. 果实开花结实生理和调控技术. 上海: 上海科学技术出版社, 1994
 - 14 Keller M. Grape ripening and color development: interactions between light and nitrogen availability, proceedings of the fourth international symposium on cool climate viticulture & enology, Rochester, New York, USA, 1997, 79~ 85
 - 15 张志良主编. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1990. 154~ 155
 - 16 原永兵, 刘成连. 苹果果皮红色形成的机制. 园艺学年评, 1995, 1: 121~ 132
 - 17 George A P, Hieke S, Rasmussen T. Early shading reduces fruit yield and late shading reduces quality in low-chill peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) in subtropical Australia. J Hort Sci, 1996, 71(4): 561~ 571
 - 18 Robinson T L, Seeley E J, Barritt B H. Effect of light environment and spur age on 'Delicious' apple fruit size and quality. J Amer Soc Hort Sci, 1983, 108: 855~ 861
 - 19 Kappel F. Artificial shade reduces 'Bartlett' pear fruit size and influences fruit quality. Hortscience, 1989, 24(4): 595~ 596
 - 20 Roper T R, Kennedy R A. Photosynthetic characteristics during leaf development in 'Bing' sweet cherry. J Amer Soc Hort Sci, 1986, 111(6): 938~ 941
 - 21 Chalmers D J, Canterford R L, Jerie P H. Photosynthesis in relation to growth and distribution of fruit in peach trees. Austr J Plant Physiol, 1975, (2): 635~ 645
 - 22 Lakso A N, Grappadelli L C. Implications of pruning and training practices to carbohydrate partitioning and fruit development in apple. Acta Horticult, 1992, (322): 231~ 238