

遮荫及叶施蔗糖对桃果产量品质形成的影响

董 静 贾克功

中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094

E-mail: jkgong@cau.edu.cn

摘 要: 以 2 年生盆栽中华寿桃为试材, 系统地研究了不同程度的遮荫 (50% 和 70%) 以及遮荫条件下叶面喷施蔗糖溶液 (0.5% 和 1%) 对桃果实产量及品质形成的影响。结果表明: 在北京 4—11 月的条件下, 遮荫 50% 或 70% 会在很大程度上降低桃花粉发芽率和花朵坐果率, 降低果实的生长速度, 推迟硬核期, 并降低单果重和果肉的可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸及果皮细胞中的花青苷含量。叶面喷施 0.5%—1% 的蔗糖溶液能消除或部分消除弱光胁迫的不良影响, 提高花粉发芽率和花朵坐果率, 促进果实的生长发育, 增加单果重, 提高果肉的可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸及果皮细胞中的花青苷含量, 提高果肉的糖酸比, 促进果实着色, 改善果实的品质。

关键词: 桃; 弱光胁迫; 蔗糖; 果实生长; 果实品质

1. 引言

桃为喜光果树, 南方生长季节的连续阴雨天气和北方反季节设施栽培中的弱光环境对桃树的生长发育具有显著的不良影响。研究表明, 光照不足会影响植物叶片、枝条、根系等营养器官的生长发育, 使其形态及功能发生改变^[1-6], 光照不足会降低猕猴桃、葡萄等果树的成花数量和质量^[1-4], 影响正常的授粉受精^[5,6], 降低座果率^[7-10]。光照不足还会影响光合产物向果实的分配, 抑制果实的增大^[11], 降低产量^[8,12-14]。在果实品质形成方面, 光照对糖、酸含量和着色三者影响最大, 特别是果实发育后期新产生的光合产物对提高含糖量、促进着色, 改善果实品质起着决定性作用^[15-17]。以往生产中采用的补光措施不仅成本高, 而且效果也不够理想。

蔗糖是叶片光合作用形成的第一个碳水化合物, 是主要的碳素营养和能量来源, 参与多种生理过程, 在植株生长发育的各个阶段均起着十分重要的作用。遮荫条件下, 外施蔗糖可以提高叶片的净光合速率^[7,8], 使可溶性蛋白含量升高^[9]。利用叶面喷施蔗糖溶液来增强弱光条件下植物的光合作用, 削弱弱光的不良影响, 在蔬菜、花生上做过初步试验, 并取得了较好的效果, 但在果树上尚未见相关的研究报告。我们系统研究了生长季不同生长发育时期遮荫及叶施蔗糖对桃树营养生长、叶片光合性能、光合速率、花粉发育、坐果、果实发育、产量及品质形成的影响, 探讨了通过叶施蔗糖进行桃树抗弱光栽培的可行性, 揭示了弱光对桃树生长结果、产量及品质形成影响的规律和机理, 为桃树抗弱光栽培技术的制定与应用提供理论与试验依据。本文报告了遮荫及叶施蔗糖对桃树花粉发芽、坐果、果实发育及果实品质形成的影响。

2. 材料与方方法

试材为 2 年生盆栽中华寿桃, 生长一致, 长势中庸, 管理正常。遮荫采用透光率 30%、50% 的塑料遮阳网, 蔗糖为北京市糖业烟酒公司生产的食用蔗糖。试验于 2000 年 4 月至 11 月在北京金樱桃园艺研究中心进行。处理分 4 个时期进行, 即萌芽开花期、坐果及幼果膨大

期、硬核期、果实迅速生长与成熟期。每个时期设自然光照对照和遮荫 50%、遮荫 70% 两个处理，每个遮荫处理又分为叶面喷施清水对照和喷施 0.5%蔗糖、1%蔗糖 2 个处理，处理期间每 10 天喷施一次，每次每株 150mL。试验采用单株小区，随机区组设计，重复 4 次。

花粉发芽率调查：花蕾气球期采集花药，带回实验室，使其自然开裂，取花粉播种在 1%琼脂、10%蔗糖、0.01%硼酸培养基上，在室温下培养 4 小时后用光学显微镜观察发芽情况，计算发芽率。

坐果率调查：花期计数单株花朵数，落花后 15 天调查坐果数，计算花朵坐果率。

果实生长情况调查：采用纵横径法。每株选取有代表性的果实 5 个，处理开始时用游标卡尺测量其纵横径，以后每 5 天一次，直至处理结束。根据测得的数据资料比较个处理与对照果实生长动态的差异，计算处理期间果实的纵横径增长率。

平均单果重：果实成熟后，每株选摘具有代表性的果实 5 个，称重并计算每个处理的平均单果重。

可溶性固形物含量的测定：用手持折光仪测定。

可溶性糖含量的测定：采用蒽酮比色法。

可溶性酸含量的测定：采用滴定法。

花青苷含量的测定：每株选摘具有代表性果实 5 个，剥取果皮，进行花青苷含量的测定。

3. 结果与分析

3.1 萌芽开花期遮荫及叶施蔗糖对桃树花粉发芽及坐果的影响

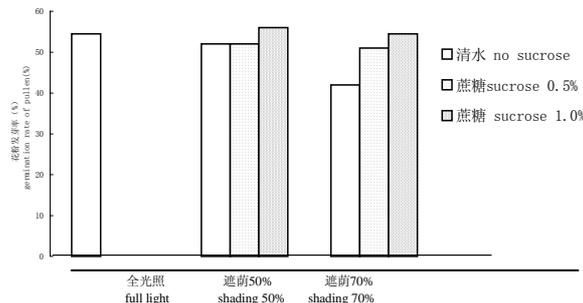


图1. 萌芽开花期遮荫及叶施蔗糖对中华寿桃花粉发育的影响
Fig.1 Effects of shading and application of sucrose on the percentage of peach pollen germination during the blooming stage

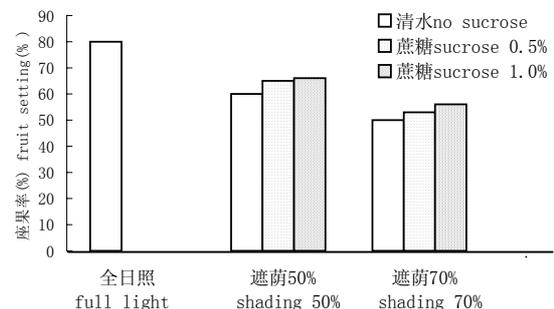


图2. 萌芽开花期遮荫及叶施蔗糖对中华寿桃坐果的影响
Fig.2 Effects of shading and application of sucrose during bud and anthesis on the fruit setting percentage of peach

萌芽开花期遮荫 50%和 70%处理的花粉发芽率为 51.5%和 42.0%，分别比全日照对照 (54.5%)降低了 5.5%和 22.9%；遮荫 50%的条件下，叶面喷施 0.5%和 1%蔗糖处理的花粉发芽率为 52.5%和 56.8%，分别比清水对照(51.5%)提高了 1.9%和 11.0%；遮荫 70%的条件下，叶面喷施 0.5%和 1%蔗糖的花粉发芽率为 51.2%和 54.8%，分别比清水对照(42.0%)提高了 21.9%和 30.5%。表明萌芽开花期遮荫降低了桃树花粉发芽率，降低幅度随着因程度增大，而喷施 0.5%或 1%的蔗糖溶液可基本消除遮荫的不良影响（图 1）。

萌芽开花期遮荫 50%和 70%的花朵坐果率为 60.4%和 49.6%，分别比全日照对照 (79.1%)降低了 23.6%和 37.3%；遮荫 50%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%蔗糖处理的花朵坐果率分别为 64.4%和 65.8%，分别比清水对照 (60.4%)提高了 6.6%和 8.9%；遮荫 70%的条件下叶面

喷施 0.5% 和 1% 蔗糖的坐果率分别为 51.2% 和 57.1%，分别比清水对照 (49.6%) 提高了 3.2% 和 15%。表明萌芽开花期遮荫 50% 和 70% 极显著降低了中华寿桃的座果率，且这种弱光胁迫效应随遮荫程度的加重而增大，坐果率与遮荫程度呈极显著负相关 ($r = -1^{**}$)；萌芽开花期喷施 0.5% 或 1% 的蔗糖可部分消除弱光胁迫的不良影响，提高被遮荫桃树的花朵坐果率，提高幅度随蔗糖浓度增大 (图 2)。

3. 2 遮荫及叶施蔗糖对桃树果实生长发育的影响

表 1 遮荫及叶施蔗糖对中华寿桃果实生长的影响

Table 1. Effects of shading and application of sucrose on the "zhonghuashoutao" s' fruit growth

处理时期 Period for treatment	处 理 treatment													
	全日照 Full light		遮荫 50% shading 50%						遮荫 70% shading 70%					
			清水 water		0.5%蔗糖 0.5% sucrose		1%蔗糖 1% sucrose		清水 water		0.5%蔗糖 0.5% sucrose		1%蔗糖 1% sucrose	
	ZR	HR	ZR	HR	ZR	HR	ZR	HR	ZR	HR	ZR	HR	ZR	HR
I	103.4	154.1	78.4	111.7	81.1	125.4	92.1	140.1	-	-	79.5	116.3	-	-
II	40.7	54.3	33.3	45.3	32.0	45.1	35.5	49.6	32.4	47.4	29.7	44.2	37.2	50.3
III	62.1	74.6	56.2	65.4	61.5	68.5	62.1	70.7	49.8	59.7	61.3	69.9	61.4	70

注：ZR 表示纵径增长率 ratio of vertical diameter；HR 表示横径增长率 ratio of across diameter；处理时期 I、II、III 分别为坐果及幼果膨大期，硬核期，果实迅速生长与成熟期。period I、II、III is setting and fruitlet swelling, stone harding, fruit mushroom and mature respectively.

研究表明：

坐果及幼果膨大期弱光胁迫降低了幼果膨大速度 (表 1)，并导致严重的落果。处理开始后不久，遮荫 70% 处理树上的幼果即表现出不同程度的萎缩现象，并逐渐脱落，至处理结束前，树上的果实全部脱落。

坐果及幼果膨大期遮荫 50% 处理的幼果纵横径增长率分别比全日照下的 (40.7% 和 54.3%) 降低了 24.2% 和 27.5%；叶面喷施 0.5% 蔗糖溶液的幼果纵横径增长率分别比清水对照提高 3.4% 和 12.3%，喷施 1% 蔗糖溶液的幼果纵横径增长率分别比清水对照提高 17.5% 和 25.4%；在 0~1% 的蔗糖浓度范围内，幼果生长速度与喷施蔗糖的浓度呈显著正相关 ($r=0.997^*$)；遮荫 70% 的条件下，叶面喷施 0.5% 的蔗糖可大幅度提高坐果率，促进幼果生长发育，其果实发育水平略优于遮荫 50% 的清水对照 (表 1)。

硬核期遮荫 50% 的果实纵横径增长率分别比全日照对照降低了 18.2% 和 16.6%，遮荫 70% 的分别降低了 20.4% 和 12.7%；遮荫 50% 和 70% 的条件下，叶面喷施 0.5% 的蔗糖溶液对果实的生长发育具有轻微的抑制作用，而 1% 的蔗糖处理则对果实生长发育具有明显的促进作用 (表 1)。

果实迅速生长及成熟期遮荫 50% 处理的果实纵横径增长率分别比全日照下的降低了 9.5% 和 12.3%，遮荫 70% 的分别比全日照下的降低了 19.2% 和 20.0%；遮荫 50% 的条件下，叶面喷施 0.5% 的蔗糖处理的果实纵横径增长率分别比清水对照提高了 9.4% 和 4.7%，喷施 1% 蔗糖的分别提高了 10.5% 和 8.1%；遮荫 70% 的条件下，叶面喷施 0.5% 的蔗糖处理的果实纵横径增长率分别比清水对照提高了 23.1% 和 17.1%，喷施 1% 蔗糖的分别比清水对照提高了 23.3% 和 17.3% (表 1)。

叶施蔗糖对弱光胁迫条件下的果实的生长动态无显著影响。

3.3 果实迅速生长与成熟期遮荫及叶施蔗糖对桃单果重的影响

采收后对各处理果实的称重结果表明,果实迅速生长及成熟期遮荫 50%和 70%的平均单果重为 273.9g 和 254.0g, 分别比全日照对照 (319.3g) 降低了 14.2%和 20.5%; 遮荫 50%条件下叶面喷施 0.5%、1%的蔗糖溶液处理的平均单果重为 284.5g 和 305.1g, 分别比清水对照 (273.9g) 提高了 3.9%和 11.4%; 遮荫 70%的条件下叶面喷施 0.5% 和 1%蔗糖溶液的平均单果重为 282.3g 和 289.7g, 分别比清水对照(254.0g)提高了 11.1%和 14.1%。

3.4 果实迅速生长与成熟期遮荫及叶施蔗糖对桃果实品质的影响

表 2 果实迅速生长与成熟期遮荫及叶施蔗糖对中华寿桃果实品质的影响

Table2. Effect of shading and application of sucrose in fruit mushroom & mature stage on the quality of “zhonghuashoutao” peach

果实品质 quality	处 理 treatment						
	全日照 Full light	遮荫 50% shading 50%			遮荫 70% shading 70%		
		清水 water	0.5%蔗糖 0.5% sucrose	1%蔗糖 1% sucrose	清水 water	0.5%蔗糖 0.5% sucrose	1%蔗糖 1% sucrose
可溶性固形物含量(°) Soluble solid matter(°)	18.1	15.9	17.5	18.7	15.5	16.4	18.1
可溶性糖含量(%) Soluble suger (%)	15.1	9.7	12.2	14.5	8.4	8.9	11.6
可滴定酸含量(%) Titratable acid(%)	0.15	0.13	0.13	0.13	0.10	0.13	0.13
糖酸比 Suger/acid	99.3	75.5	94.5	111.0	88.9	69.1	92.7
花青苷含量(nmol/cm ²) Anthocyanin in fruit skin	11.79	8.71	9.87	11.26	7.93	8.32	9.48

果实迅速生长及成熟期遮荫及叶施蔗糖均对桃果实的风味与外观品质具有重要影响(表 2):

遮荫 50%和 70%分别使果实可溶性固形物含量降低了 12.2%和 14.4%; 遮荫 50%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖分别使果实的可溶性固形物含量提高了 10.1%和 17.6%, 遮荫 70%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖分别使果实的可溶性固形物含量提高了 5.8%和 16.8%。

遮荫 50%和 70%分别使果实可溶性糖含量降低了 35.2%和 44.4%; 遮荫 50%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖分别使果实的可溶性糖含量提高了 25.8%和 49.5%, 遮荫 70%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖分别使果实的可溶性糖含量提高了 6.0%和 38.1%。

遮荫 50%和 70%分别使果实的可滴定酸含量降低了 13.3%和 33.3%; 遮荫 50%的条件下, 叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖对果实的可滴定酸含量没有影响, 遮荫 70%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖分别使果实的可滴定酸含量提高了 30%。

遮荫降低了果实的糖酸比, 而叶施蔗糖可提高糖酸比。在 0.5~1%的范围内, 施糖的浓度增大, 遮荫果实的糖酸比也随之增大。

遮荫 50%和 70%分别使桃果皮花青苷含量降低了 26.1%和 32.7%, 遮荫程度越大, 花青苷含量越少。遮荫 50%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖分别使果皮花青苷含量提高了 13.3%和 29.3%, 遮荫 70%的条件下叶面喷施 0.5%和 1%的蔗糖分别使果皮花青苷含量提高了 4.9%和 19.5%。

4. 讨论

研究表明:在北京地区 4—11 月的条件下,当光照强度将至自然光照的 50%左右时,即可对桃树产生显著的弱光胁迫现象,萌芽开花期、坐果及幼果膨大期、硬核期、果实迅速生长与成熟期遭遇光胁迫均会对桃树的产量和品质形成产生重要影响,严重降低桃果的产量和品质。除硬核期光胁迫对桃果产量和品质形成的影响相对较小以外,萌芽开花期,特别是坐果及幼果膨大期遭遇较重的弱光胁迫时会导致严重的落花落果,造成大幅度减产甚至绝收。此外,坐果及幼果膨大期正值果实细胞分裂和细胞数目增大的关键时期,弱光胁迫环境还可能会减少果实细胞分裂的次数,降低果实细胞数量,从而影响成熟时的单果重和果实商品品质。而果实迅速生长与成熟期遭遇光胁迫环境的主要反应是单果重和果实风味品质降低,除非遭遇严重的光胁迫状况,一般不会造成大量落果。以上分析可以看出,坐果及幼果膨大期桃树对光胁迫反应最为敏感,是桃果生产中的光胁迫敏感期,也是桃树的需光临界期和反季节设施生产中光环境管理的关键时期。

值得指出的是,在叶片尚未出现的萌芽开花期光照不足就显著降低了桃树花粉发芽率和座果率,说明光照不仅仅是通过绿色叶片对植物的生长发育和农业生产产生影响,其作用机理是一个值得深入研究与探讨的课题。此外,萌芽开花期喷施 0.5%和 1%的蔗糖可基本消除弱光胁迫对桃花粉发芽的不良影响,但对坐果率的影响则小得多,说明弱光胁迫不仅降低了花粉发芽率,而且很可能对子房或胚珠胚囊的发育也产生了严重影响。开花后,花药、花丝暴露在外,其相对表面积远大于雌蕊,蔗糖可直接喷布其表面,而子房深藏于萼筒内,外面又有花丝、花药的阻隔,所以雌蕊吸收的蔗糖会远少于雄蕊,加之花结构上的原因也可能导致花瓣、花萼所吸收的蔗糖分配给雄蕊的要远比雌蕊的多,这可能是萌芽开花期喷施蔗糖提高弱光胁迫下的桃树坐果率的效果远小于花粉发芽的主要原因。

5. 结论

在北京地区 4—11 月的条件下,萌芽开花期、坐果及幼果膨大期、硬核期、果树迅速生长及成熟期的光照强度降至自然光照的 50%—30%时均会出现显著的弱光胁迫现象,导致花粉发芽率降低,落花落果加重,单果重、产量和果实品质下降。萌芽开花期、坐果及幼果膨大期弱光胁迫主要影响桃树坐果数量,果实迅速生长及成熟期弱光胁迫对果实产量和品质均有显著影响。坐果及幼果膨大期对弱光胁迫胁迫反应最为敏感,是桃树的弱光胁迫敏感期和需光临界期。叶面喷施 0.5%—1%的蔗糖溶液可消除或部分消除弱光胁迫对桃树产量及品质形成的不良影响,是一条值得进一步深入研究开发的、简便有效、低成本的抗弱光栽培技术途径。

参考文献

- [1] Morgan Stanley. The effect of simulated daylight and shade-light on vegetative and reproductive grown in kiwifruit and grape vine.[J] *Journal of Horticultural Science*, 1985,60(4):473-484
- [2] 赵玉国. 温室葡萄花芽分化不良的原因及对策. [J] 烟台果树, 1997, 4: 134
- [3] 李荣潮, 马会勤. 保护地葡萄栽培实用技术, [M]中国农业大学出版社, 1998, 北京
- [4] Jorge P, Lliewer M W. Effect of shading on bud necrosis and bud fruitfulness of Thompsom seedless grape vines. [J]*American Journal of Enology and Viticulture*, 1996,47:168-175
- [5] 吴邦良. 果实开花结实生理和调控技术, [M]上海科学技术出版社, 1994, 上海
- [6] 于兰岭, 杨式忠, 孙山等. 日光温室内环境对油桃花器发育的影响. [J] 落叶果树, 1998, (2): 23
- [7] 李道高. 果树栽培生理讲座——第二讲 果树的花芽分化与开花. [J] 中国南方果树, 1996, 25 (2): 59~61
- [8] Hummell A K et al. Response of two French hybrid wine grape cultivars to low light environments. [J]*Fruit Varieties Journal*, 1997,51(2):101-111
- [9] 别之龙, 刘佩英. 遮荫对辣椒落花和光合作用的影响. [J] 核农学报, 1998, 12 (5): 314~316
- [10] Jackson J E, Palmer J W. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees.[J] *Journal of*

- Horticultural Science*, 1977, 52:253-266
- [11] Tustin S, Corelli-grappadelli L, Ravaglia G. Effect of previous-season and current light environments on early-season spur development and assimilate translocation in 'golden delicious' apple. [J]*Journal of Horticultural Science*, 1992,67(3):351-360
- [12] 许大全. 光合速率、光合效率与作物产量. [J] 生物学通报, 1999, 34 (8): 8~10
- [13] Chouliaras V, Gerasopoulos D, Lionakis S. The effect of summer pruning and shading on the yield and quality of 'Hayward' kiwifruit. [J]*Journal of Horticultural Science*, 1995,70(6):975-980
- [14] 金锡凤. 桃果实发育期间几种成分的变化. [J] 落叶果树, 1993, (2): 27~29
- [15] 张光伦. 生态因子对果实品质的影响. [J] 果树科学, 1994, 11 (2): 120~124
- [16] Patten K D. Effect of different artificial shading times and natural light intensities on the fruit quality of Bing sweet cherry.[J] *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1986, 111: 360-363
- [17] 郭卫东, 李嘉瑞. 猕猴桃光合产物输出与分配规律的研究. [J] 园艺学报, 1995, 22 (3): 240~244

The Effects of Shading and Foliar Application of Sucrose on Fruit Development and Quality of Peach

Dong Jing Jia Kegong

College of agronomy & bio-technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China.

Abstract

The influence of shading and foliar application of sucrose on fruit development and quality of 'zhonghua shoutao' peaches [*Prunus persica* (L.) Batch.] was studied in four different stages. Two-year-old potted peach trees were shaded with two levels of light intensity (30% and 50% of nature light), and sucrose was foliar sprayed on these trees with three different densities (0, 0.5% and 1%). The results showed that the percentage of pollen germination and the setting percentage decreased when trees were shaded during the sprout and abloom stage. Shading also decreased soluble solid matters, soluble sugars, titratable acids and anthocyanin content, and average fruit weight of ripe fruits during the last period of fruit development. The yield and quality of peaches were also influenced by shading and decreased. Foliar application of sucrose weakened the influence of shading. It was good to improve setting percentage, yield and fruit quality. All these results showed that foliar application of sucrose was helpful for fruit development and quality of shaded peach trees.

Key Words: Peach; low light stress; sucrose; fruit development and quality

董静, 女, 中国农业大学农学与生物技术学院硕士研究生, 现在北京市农林科学院林业果树研究所从事草莓育种与设施栽培研究工作。贾克功为本文通讯作者。