

负载量对宁夏设施草莓光合作用和果实品质的影响

单守明, 杨恕玲, 王振平, 平吉成

(宁夏大学 农学院 宁夏 银川 750021)

摘 要: 研究不同果实负载量处理对宁夏设施草莓生长发育、光合作用和果实品质的影响。结果表明: 花期进行疏果, 能显著增加草莓叶面积, 提高果实中性转化酶、蔗糖合酶和细胞壁转化酶活性, 降低了酸性转化酶活性、叶绿素含量和净光合速率, 果实品质得到显著提高。每株草莓留果量超过 2 个果实后, 产量不再显著增加。在设施环境条件下, 花期疏果, 可通过调节果实内蔗糖代谢关键酶活性调节库容量和库强, 加快叶片发育和加强光合作用, 最终提高果实的品质。

关键词: 草莓; 负载量; 光合作用; 果实品质

中图分类号: S 668.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)01-0005-04

果实是重要的库, 在负载量足够大的情况下, 采收时果实中的干物质含量占叶片生产干物质总量的 50% 以上^[1-2]。光合作用是植物生长发育的基础, 库的强弱可通过多种途径来调节叶片的光合速率^[3-5], 光合能力和库强共同调节植物的生长发育、产量与品质的形成^[4,6]。多数草莓品种是无限生长型植物, 源供应能力的不足是限制草莓产量与品质的重要因素^[2], 因此在生产上合理负荷、提高叶片光合能力是提高草莓产量与品质的重要措施^[2,7-8]。草莓果实中蔗糖代谢关键酶活性与果实库强直接相关, 其活性高低直接影响果实发育与品质形成^[7,9,10], 在宁夏或西北地区, 草莓基本在设施环境中栽植, 因此, 研究负载量对设施草莓光合作用和果实蔗糖代谢的影响, 有助于探索提高设施草莓产量与品质的有效途径, 为了实际生产和理论研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2008~2010 年在宁夏大学永宁实验基地进行(温室栽培), 土壤肥力中等。选用草莓‘童子 1 号’(*Fragaria ananassa* Duch‘Camarosa’)为试材, 株行距为 25 cm×35 cm, 常规管理。采用随机区组, 重复 3 次的试验方案, 每个小区 20 m²。

1.2 试验处理

在草莓花期进行以下处理。5L6F: 每株留 5 片叶和 6 个果实(第 2 级果); 5L4F: 每株留 5 片叶和 4 个果实(CK); 5L2F: 每株留 5 片叶和 2 个果实; 5L1F: 每株留 5

片叶和 1 个果实, 试验过程中随时摘去新生叶片和果实以保持每株叶、果数不变, 花后每隔 7 d 采集各处理的叶片和果实, 用冰盒带回实验室后用液氮速冻, 放入 -84℃ 冰箱中保存, 最后集中测量其它生理指标。

1.3 测定方法

1.3.1 光合速率和叶绿素含量测定 从谢花后到果实成熟, 每隔 7 d 于上午 10:00 采用 GFS-3000 型便携式光合仪测定各处理植株第 3 片复叶(从基叶算起)的净光合作用速率(Pn), 采用开路系统, 光照强度为 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 每个处理测定 3 株, 每片叶重复测 3 次。

1.3.2 叶面积和平均单果重的测定 花后每隔 7 d, 测定每个处理植株第 3 片复叶(从基叶算起)的叶面积, 同时测定果实的平均单果重。

1.3.3 酶活性和果实品质等指标的测定 用比色法测定叶片中叶绿素含量。细胞壁转化酶、中性转化酶、酸性转化酶、蔗糖合酶的制备和活性测定参照 Keller^[11] 等的方法。在果实成分成熟时, 手持式折光仪测定果实的可溶性固形物含量, 用滴定法测定可溶性酸含量^[12]。

1.3.4 数据统计 试验数据采用 DPS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对草莓叶片和果实发育的影响

由图 1 可看出, 在宁夏温室中, 草莓植株中位叶片在花后 0~7 d 还在不断发育, 谢花 14 d 后叶面积不再有明显变化。花期进行负载量处理可影响草莓中位叶片的发育, 随着负载量的增加, 草莓叶面积变小, 花后 28 d 时, 5L6F 处理的叶面积比 5L1F 处理的小 22.3%, 差异达到显著水平。草莓果实的花后 7~21 d 迅速发育, 15 d 内平均单果重增加 2.62~3.05 倍, 从花后 7 d 开始, 随着负载量的降低, 草莓平均单果重明显升高, 花后 21 d 后, 5L1F 和 5L2F 处理的平均单果重均显著高于 5L4F 和 5L6F 的处理。

第一作者简介: 单守明(1975-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为果树生理。E-mail: fxssm@163.com。

基金项目: 宁夏大学博士科研启动资金资助项目; 宁夏大学农学院青年教师科研资助项目; 国家科技支撑计划资助项目(2007BAD57B05)。

收稿日期: 2010-10-20

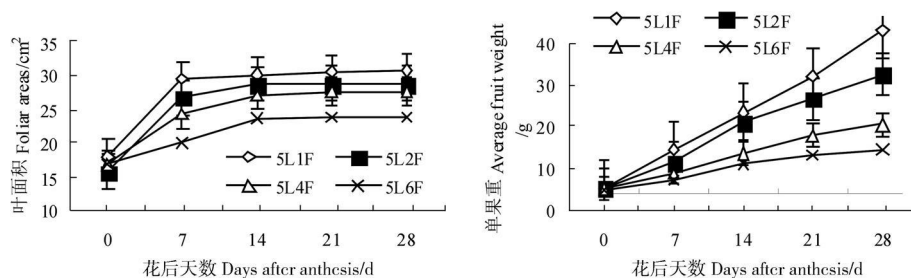


图1 不同处理对草莓叶片和果实发育的影响

Fig.1 Effects of different treatments on leaf and fruit development of strawberry

2.2 不同处理对草莓叶片光合作用和叶绿素含量的影响

在草莓果实的发育过程中, 中位叶叶片的光合速率不断升高, 在花后 21 d 时达到最大值, 之后开始有所下降(图2)。不同负载量处理明显的影响草莓叶片的光合速率, 随着负载量的升高, 叶片光合速率升高, 从花后 7 d 开始, 5L6F 处理叶片的光合速率显著高于 5L1F 和

5L2F 的处理, 一直到果实成熟。在草莓果实的发育过程中, 中位叶叶片的叶绿素含量也在不断升高, 21 d 内, 叶绿素含量升高了 1.47~1.66 倍, 之后开始降低, 但是差异不显著。负载量处理也能影响叶绿素含量, 在花后 7~21 d, 5L6F 处理叶片的叶绿素含量显著高于 5L1F 的处理, 其它处理间差异不显著。

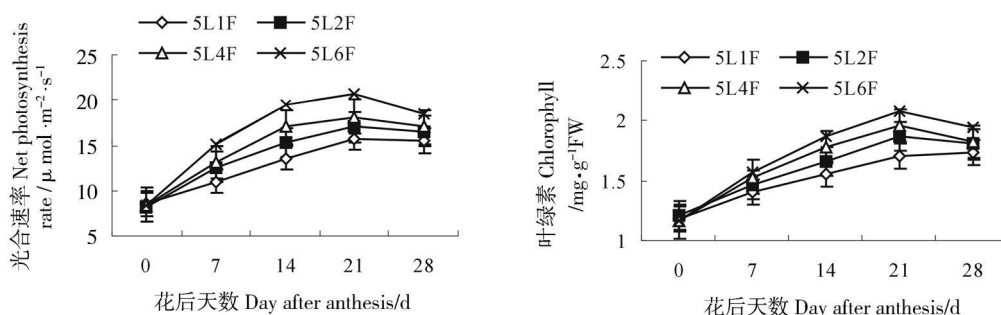


图2 不同处理对草莓叶片光合作用和叶绿素含量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on the foliar photosynthesis and chlorophyll content of strawberry

2.3 不同处理对草莓果实糖代谢酶活性的影响

由图3可看出, 在草莓果实的发育初期, 果肉中细胞壁转化酶活性较低, 随着果实的不断发育, 其活性不断升高。降低负载量, 草莓果实中细胞壁转化酶活性升高, 在花后 7~28 d, 5L1F 处理细胞壁转化酶活性显著高于 5L6F 的处理。草莓果实中可溶性酸性转化酶在花后 0~14 d 快速升高, 之后略有下降; 负载量影响其活性, 在花后 21 d 时, 5L6F 处理的酸性转化酶活性显著高于 5L1F 的处理。中性转化酶活性随着果实发育而下降, 负载量处理也影响中性转化酶活性, 随着负载量的升高, 其活性下降, 但不同处理之间差异没有达到显著水平。谢花后, 草莓果实中蔗糖合酶活性迅速升高, 在花后 7~14 d 时达到最高值, 之后迅速下降, 负载量处理也能影响果实中蔗糖合酶活性, 在 0~7 d, 各处理之间蔗

糖合酶活性差异不显著, 在 14~21 d 时, 5L1F 和 5L2F 处理蔗糖合酶活性显著高于 5L4F 和 5L6F 的处理。

2.4 不同处理对草莓果实品质的影响

由表1可知, 负载量处理显著影响草莓果实的品质。提高负载量, 平均单果重显著下降, 当每株留果量多于 4 个果实之后, 平均单果重不再显著降低。果实中可溶性固形物含量随着负载量的降低而升高, 但是留果量少于 2 个果实之后不再有显著变化。增加负载量可提高果实中可滴定酸含量, 但是不同处理之间差异不显著。增加负载量, 草莓平均单株产量升高, 留果量多于 2 个果实时, 平均单株产量不再显著升高, 留果量多于 4 个果实时产量开始下降, 但是差异不显著, 因此在宁夏设施环境条件下, 每株草莓留 2 个二级果既不显著降低产量, 又能显著提高果实品质。

表1 不同处理对草莓产量与果实品质的影响

Table 1 Effects of different treatments on yield and fruit quality in strawberry

处理 Treatment	平均单果重 Single-fruit weight / g	可溶性固形物 Soluble solid content / %	可滴定酸 Titratable acidity / %	单株产量 Average plant yield/ g · 株 ⁻¹
5L1F	38.4 aA	12.64 aA	0.84 a	38.4 b
5L2F	28.2 bAB	12.12 abAB	0.88 a	56.4 a
5L4F	16.3 cBC	10.22 bBC	0.91 a	65.2 a
5L6F	10.35 cD	8.25 cC	0.93 a	62.1 a

注: 采用新复极差法检验。小写字母表示差异达到 0.05 显著水平, 大写字母表示差异达到 0.01 显著水平。

Note: Date in this table was tested with SSR. Different small letters in each column mean significant different at 0.05 level, different capitals mean significant different at 0.01 level

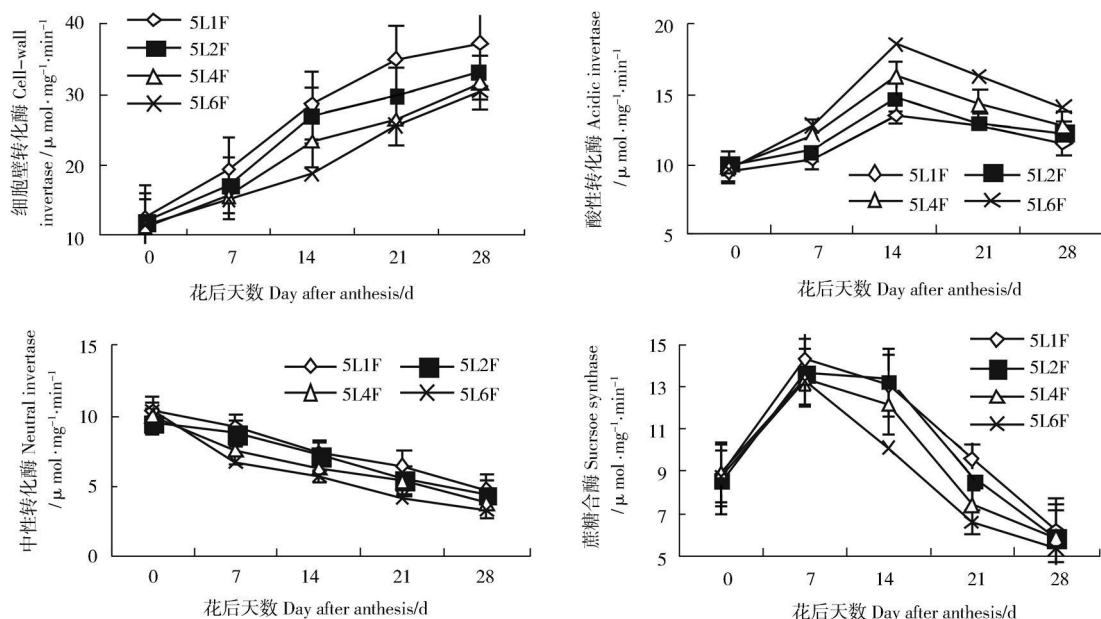


图3 不同处理对草莓果实中糖代谢相关酶活性的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on the relation enzymes' activities of sugar metabolism in strawberry fruit

3 讨论

光合作用是植物生长发育、产量与品质形成的基础,植物生长发育状况、环境条件、库源关系等许多因素均影响植物叶片的光合作用^[36]。调节草莓植株的负载量,可显著影响叶面积、光合作用和叶绿素含量(图1、2);草莓花期,叶片和果实均在发育,二者共同竞争光合产物,库容量大,源供应能力不足,此时库源关系对叶片和果实发育至关重要^[2,7]。随着叶片和果实发育,库容量和库强增加,叶绿素含量也在升高,表现为光合速率升高,同时果实中也分配到更多光合产物(图1、表1),这也与以往研究结果相似^[5-7]。光合产物自叶片中运输到草莓果实中,在果实中蔗糖代谢相关酶的作用下进行卸载,一部分糖分用于物质构建和能量代谢,另一部分在液泡中贮藏,转化酶、蔗糖合酶在其中起着重要的作用,其活性与库容量、库强密切相关^[9,11]。细胞壁是草莓果实中糖分卸载的主要酶,其活性的升高利于果实分配到更多的光合产物,调节负载量,显著提高草莓幼果期蔗糖合酶、中性转化酶活性和细胞壁转化酶活性(图3),使平均单果重和可溶性固形物含量显著增加(图1、表1),因此,负载量调节果实蔗糖代谢关键酶活性是果实品质升高的重要因素^[9,10]。

草莓是源限制型植物,源能力的不足是产量与品质下降的主要原因^[2,13],该试验结果表明,随着负载量的增加,产量升高,留果量超过4个后,产量不再显著升高,留6个果实后,产量开始下降,品质显著降低,由此可见,在宁夏温室条件下,留1个一级果实,2个二级果实是比较合适的负载量,既有一定的产量,果实品质也较好。因此调节负载量,在幼果期促进叶片与果实的发育,调节蔗糖

代谢关键酶活性,促使更多的光合产物分配到库器官中,最终调节了草莓的产量与品质。

参考文献

- [1] Pavel E W, Dejong T M. Source and sink-limited growth periods of developing peach fruit indicated by relative growth rate analysis[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1993, 118: 820-824.
- [2] Deng X, Woodward F L. The growth and yield response of *Fragaria ananassa* to elevated CO_2 and N supply[J]. Annals of Botany, 1998, 81: 67-71.
- [3] Pessaraki M. Handbook of photosynthesis[M]. 2nd Edition. London: CRC Press, 2005: 169-451.
- [4] 单守明, 刘国杰, 李绍华, 等. 二烷基乙醇酸酯对草莓叶片光合作用和果实品质的影响[J]. 园艺学报, 2008(4): 587-590.
- [5] 黄永敬, 唐小浪, 马培怡, 等. 库-源调节对沙糖桔源叶光合特性的影响[J]. 广东农业科学, 2009(8): 93-95.
- [6] 路海东, 薛吉全, 马国胜, 等. 低氮胁迫对不同基因型玉米源库性状和灌浆特性的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1277-1282.
- [7] 梁英龙, 陈俊伟, 秦巧平, 等. 疏果对设施栽培草莓“沥乙女”单果重、糖代谢与积累的影响[J]. 浙江农业学报, 2006, 18(4): 250-252.
- [8] 韦海忠, 戴晶晶, 徐杏林, 等. 不同药剂和浓度对草莓糖度及硬度的影响[J]. 北方园艺, 2009(11): 16-20.
- [9] 陈俊伟, 谢鸣, 蒋桂华, 等. 不同时期采收的草莓果实糖含量差异的代谢机理[J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1147-1150.
- [10] 谢鸣, 陈伟, 秦巧平, 等. 转化酶和己糖激酶调控草莓聚合果内糖积累[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2007, 33(3): 213-218.
- [11] Keller F, Ludlow M M. Carbohydrate metabolism in drought-stressed leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan*) [J]. Journal of Experimental Botany, 1993, 44: 1351-1359.
- [12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 134-161.
- [13] Stuma K, Koron D, Stampar F. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage[J]. Food Chemistry, 2003, 83: 417-422.

钼蓝比色法测定沙田柚果肉中还原型维生素 C 含量的研究

刘绍俊¹, 牛 英², 刘冰浩², 陈国平²

(1. 广西师范大学 生命科学学院 广西 桂林 541004; 2. 广西柑桔研究所 广西 桂林 541004)

摘 要: 以沙田柚果肉和 VC 标准液为试材, 探讨钼蓝比色法测定沙田柚果肉最佳条件。结果表明: 测定波长为 700 nm, 3% 偏磷酸-醋酸用量为 1.5 mL, 5% 硫酸和 5% 钼酸铵用量均为 2 mL, 30℃ 水浴显色 20 min, 取出自然冷却至室温, 再放置 1 h 后测定。该方法数据的稳定性和准确性好, 适合少量和批量样品的测定。试验测得沙田柚果肉中还原型维生素 C 平均含量为 114.63 mg/100g。

关键词: 沙田柚; 钼蓝比色法; 还原型维生素 C; 波长

中图分类号: S 666.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)01-0008-05

维生素 C 是一种抗坏血病的因子, 能促进胶原的生物合成, 利于组织创伤的愈合, 增强毛细血管壁强度, 增加机体对外界环境的应激能力, 是人体生命正常活动不可缺少的微量营养素^[1,2]。人体不能自身合成维生素 C, 必须通过食物摄取, 而维生素 C 主要以还原型的 L-抗坏血酸存在于新鲜的水果和蔬菜中。据报道, 沙田柚果中富含维生素 C, 其含量高达 123 mg/100g^[3], 居水果之

前列。因此, 还原型维生素 C 含量的测定成为了沙田柚果品分析的一项重要内容。

测定维生素 C 含量的方法主要有滴定法, 如 2, 6-二氯酚法^[4-5]、碘量法^[6]等; 分光光度法, 如 2, 4-二硝基苯肼比色法^[4,7]、紫外分光光度法^[8-9] 以及钼蓝比色法^[10-16] 等; 另外还有气相色谱法、液相色谱法、原子吸收间接测定法及荧光法等^[17]。目前, 用于沙田柚果肉维生素 C 的测定方法有 2, 6-二氯酚法^[18]、碘量法^[19]、2, 4-二硝基苯肼比色法^[7] 和液相色谱法^[20]。2, 6-二氯酚法和碘量法属传统的滴定方法, 操作简单, 但要求整个操作过程迅速, 滴定终点不好判断, 并且溶液需定期标定; 2, 4-二硝基苯肼比色法是一种全量测定法, 不能单独测定还原型维生素 C, 操作时间长, 操作要求较严格, 涉及试剂较多; 液相色谱法虽然具有灵敏度高, 选择性好等优点,

第一作者简介: 刘绍俊(1985-), 男, 在读硕士, 研究方向为植物生理生化。E-mail: liushaojun998@126.com。

通讯作者: 陈国平(1962-), 男, 博士, 副教授, 现从事果树生理生态研究工作。E-mail: cgp888888@126.com。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(nyhyzx07-023); 广西科学基金资助项目(桂科自 0991188)。

收稿日期: 2010-10-22

Effect of Different Fruit Loading Treatments on the Photosynthesis and Fruit Quality of Strawberry in Ningxia Greenhouse

SHAN Shou-ming, YANG Shu-ling, WANG Zhen-ping, PING Ji-cheng
(College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: This experiment used strawberry in greenhouse to study the effects of different fruit loading treatment on strawberry development, photosynthesis and fruit quality. The results showed that thinning fruit in anthesis significantly increased foliar area, improved activities of neutral invertase, sucrose synthesis and cell-wall invertase, decreased soluble acid invertase activity, foliar chlorophyll content and net photosynthetic rate decreased too. The fruit yield was not significantly increased when the fruit number in average plant were more than 2 fruits. So in greenhouse of Ningxia, thinning fruit in anthesis could affected sink capacity and strength through regulated the activities of sucrose metabolism enzymes, the foliar development and photosynthesis affected too, in the end, the fruit quality increased.

Key words: strawberry; fruit loading; photosynthesis; fruit quality