

不同海拔高度光质分布与金冠苹果果实品质的相关性研究

刘志容¹, 张光伦², 冯绍玉³, 刘伟², 冯绍惠³, 叶伟平³

(1. 泸州市泸县农业局 四川 泸州 646100; 2. 四川农业大学 林学院园艺学院,

四川 雅安 625014 3. 四川省林业科学研究院 川南林业研究所, 四川 泸州 646100)

摘要:应用 CI-700AB/HR2000 光纤光谱仪, 研究了川西横断山脉区北段不同海拔高度不同波长光质的绝对辐射量和金冠苹果果实品质等。结果表明: 波长 300.39~871.66 nm 随海拔高度升高其绝对辐射量呈上升趋势, 其中以波长 300.39~318.58 nm 和 530.1~589.1 nm 较为明显; 872.09~1 060.33 nm 波长的绝对辐射量则随海拔的升高而降低, 并且降低的百分比越来越大。果肉总糖和果皮叶绿素含量随海拔高度升高先升高后降低; 可滴定酸、维生素 C 和果皮花青苷含量均随海拔升高而升高; 蛋白质在 1 720 m 处最大, 1 420 m 处最小; 果皮类胡萝卜素随海拔升高而降低。综合考虑, 在泸州地区海拔 1 720 m 的果实品质相对最好, 光质条件对果实品质的提高最有利, 是金冠苹果的优质高产适宜的海拔高度地带。

关键词: 海拔; 光质; 金冠; 品质

中图分类号: S 661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)07-0025-04

光质是指太阳辐射光谱成分及各种波段所含能量, 其辐射波长从零到无穷大, 不同波长光的物理性质、光

化学反应以及对苹果生长发育的影响不同^[1-3]。一般认为, 200~400 nm 对树体主要有损伤作用, 400~750 nm 主要是促进和调节作用, 750 nm 以上到微波主要是热效应, 能使土壤和空气增热, 升高树体温度; 光质在苹果果实品质的形成过程中不仅为光合作用、有机物合成和生长发育提供能量来源, 同时也作为一种环境信号来调控果实品质形成^[2-4]。如红光有利于碳水化合物的形成^[3], UV 促进苹果果皮的红色发育^[4], 远红光/红光 (FR/R) 比值的高低影响果皮色素的合成和表达^[2]等。

第一作者简介: 刘志容(1972-), 女, 四川泸县人, 农艺师, 现主要从事果树生理生态与栽培方面的研究工作。E-mail: alder567@yahoo.com.cn.

基金项目: 四川省农作物育种攻关资助项目(2001-08-03-02); 四川省农业资源区划重点资助项目([2003] 04)。

收稿日期: 2009-02-15

Orthogonal Screening of New Seed Coating Formula

ZHAN Xin-xin, WANG Bai-tian

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: Took aquasorb, IBA, GA and mancozeb as a major factor, by orthogonal way combination formula, alfalfa was selected for the pilot coating to choice the best option. Orthogonal test results showed that the analysis of variance: Alfalfa coating, although the germination rate, germination energy and vitality to simplify the index lower than that of control, but effective to increase the germination rate in the field, reducing the rate of mold and mildew index. As a result, alfalfa seed coating will improve the quality of survival. Miller on the quality of the body, the coating to increase the height, fresh weight and dry weight, effectively promoted the growth of some of the ground, an increase of biomass; After the comprehensive evaluation, A, B, C, D four factors on the seed coating between the components of the formula was no significant difference. However, on the results of the analysis was, various factors on the coating formula for the impact of the size of the order of B > A > D > C, that was, IBA > aquasorb > mancozeb > GA. Combined ratio of pharmacy selected the best selection of alfalfa coating formula was A₂B₁C₃D₁.

Key words: Seed coating; Aquasorb; Orthogonal; Alfalfa

目前关于光质对植物作用的研究, 或者是在人为控制光质下进行的, 或者仅测量自然环境中单类波段(如紫外线 B、紫外线 A 或者可见光中的各类光质)的绝对值, 缺乏在自然环境中对系列波长光质的整体观测^[1-4]。现通过设定 3 个不同海拔高度梯度, 在保持了影响果实品质的其他主要生态因子(光强、土壤、湿度等)相对一致的前提下, 观测了山地自然环境下光质随着海拔变化的绝对辐射量, 探讨其与金冠苹果果实品质的相关性变化, 旨在为山地果树生态区划和优质高产栽培的适宜光环境选择和技术调控提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

于 2006 年 10 月在四川省阿坝州茂县进行, 北纬 31°41', 东经 103°51', 川西横断山脉的北段, 年日照 1 557.1 h、年平均气温 11.0 °C、年降水量 460.0 mm、年空气相对湿度 72%、土壤为棕壤, 属于岷江干暖河谷生态型区, 品种为金冠(Golden Delicious), 砧木为八棱海棠(*M. miromalus* Mak.), 树龄 24 a 生, 树高 3~5 m, 冠径(SN×EW)3~4 m, 株行距 3.5 m×3.3 m, 树势健壮、树冠完整。

1.2 方法

1.2.1 海拔梯度设置 在当地苹果主产区域的低—中位山带上选择同一山体 and 坡面, 设置 1 420、1 720、2 020 m 3 个海拔梯度, 分别于各个梯度选择代表性苹果园片进行定点、定位、定时观测。各个园片土壤类型及管理基本一致, 选择典型晴天的 11:00~13:00, 保持光强、湿度基本一致。

1.2.2 光质的测定 应用美国 Ocean Optics 公司生产 CI-700AB/HR2000 光纤光谱仪测量树冠外围光质, 测量时间均为典型晴天 11:00~13:00; 具体方法是: 将 1/8 折叠立方体放置于树冠外缘, 再将 HR2000 光纤探头沿大

主枝延伸的入射光方向保持水平, 在立方体内随机选定 10 个部位测量到达树冠外围的光质绝对辐射量。

1.2.3 果实品质指标的测定 可溶性固形物(TSS): 果实去皮榨汁, 用手持式折光仪测定。含糖量的测定参照国标 GB-6194-86, 可滴定酸含量测定参照国标 GB-12293-90, Vc 测定参照国标 GB-6195-86, 蛋白质依照考 G-250 法^[4]。果皮花青苷的测量参照马志本等^[5]的方法。样品提取: 削下果实果皮厚约 1 mm, 宽≥1 cm, 用直径 1 cm 的打孔器打圆片 10~15 片, 放入 50 mL 具塞三角瓶。加入 0.1 mol/L 的 HCl-甲醇溶液 15 mL, 封口三角瓶。显色反应: 21 °C 下黑暗中振荡提取 21 h, 振荡期间更换提取液 3~4 次, 每次加 0.1 mol/L 的 HCl-甲醇溶液 6~7 mL, 直到果皮无红色为止, 提取液总体积≤50 mL。合并各次提取液并转入 50 mL 容量瓶, 用 0.1 mol/L 的 HCl-甲醇溶液定容到刻度。比色: 以 0.1 mol/L 的 HCl-甲醇溶液做参照, 用 UV-1102 紫外可见分光光度计测量在 530、620、650 nm 波长下的吸光度。果皮叶绿素和类胡萝卜素的测量参照潘增光等^[6]法, 基本与马志本测量果皮花青苷法一致, 只是提取液用 45% 乙醇+45% 丙酮+10% 水代替 0.1 mol/L 的 HCl-甲醇溶液。

2 结果与分析

2.1 不同海拔高度光质分布的差异

随着海拔高度的变化, 各个波段的光分布情况也不同。由表 1 可知, 总辐射、紫外线 A 和可见光随着海拔高度的升高极显著的增加; 紫外线 B 随着海拔的升高也升高, 海拔 1 720 m 与 2 020 m 比 1 420 m 增加显著, 但是 1 720 m 与 2 020 m 之间差异不显著; 红外线随着海拔的升高而降低, 海拔 1 720 m 与 2 020 m 比 1 420 m 降低显著, 但是 1 720 m 与 2 020 m 之间差异不显著($P < 0.01$)。

2.2 不同海拔高度果实品质的差异

由表 3 可知, 果肉总糖和果皮叶绿素在 1 720 m 处最大, 2 020 m 处最小, 3 个海拔之间差异显著; 可滴定酸、维生素 C 和果皮花青苷均随海拔升高而升高, 且 3 个海拔之间差异显著; 蛋白质在 1 720 m 处最大, 1 420 m 处最小, 且 1 720 m 与 1 420 m 和 2 020 m 差异显著, 不显著; 绿光随海拔升高而升高, 但是 3 个海拔之间差异不显著($P < 0.05$)。

2.2 不同海拔高度果实品质的差异

由表 3 可知, 果肉总糖和果皮叶绿素在 1 720 m 处最大, 2 020 m 处最小, 3 个海拔之间差异显著; 可滴定酸、维生素 C 和果皮花青苷均随海拔升高而升高, 且 3 个海拔之间差异显著; 蛋白质在 1 720 m 处最大, 1 420 m 处最小, 且 1 720 m 与 1 420 m 和 2 020 m 差异显著,

表 1 不同海拔高度光质分布的差异

海拔 Altitude/ m	总辐射 Total radiation 300~1100 nm	紫外线 BUltraviolet-B 300~320 nm	紫外线 AUltraviolet-A 320~400 nm	可见光 Visible light 400~750 nm	红外线 Infrared ray 750~1060 nm
1 420	547.1C	35.3B	45.3C	120.17C	346.32A
1 720	589.75B	42.49A	67.72B	142.37B	337.17B
2 020	649.3A	50.98A	78.22A	205.99A	330.11B

从表 2 可知, 远红光随着海拔的升高而升高, 且在 3 个海拔之间差异显著; 紫光和橙光随着海拔的升高也升高, 在海拔 1 420 m 处和 2 020 m 处差异显著, 1 720 m 处与其他 2 个海拔处差异不显著; 蓝光、黄光和近红光随海拔的升高而升高, 但是在海拔 1 420 m 处和 1 720 m 处之间差异不显著, 它们与 2 020 m 处差异显著; 远红/近红光(FR/R)随着海拔的升高而降低, 在 1 420 m 处和 2 020 m 处差异显著, 1 720 m 处与其他 2 个海拔处差异

1 420 m 与 2 020 m 之间差异不显著; 果皮类胡萝卜素随海拔升高而降低, 而且在 3 个海拔之间差异显著 ($P < 0.05$)。

表 2 不同海拔高度可见光分布的差异

海拔 Altitude/m	紫光 Purple 400~420 nm	蓝光 Blue 420~492 nm	绿光 Green 492~577 nm	黄光 Yellow 577~597 nm	橙光 Orange 597~622 nm	近红光 Red 622~700 nm	远红光 Far-red 700~750 nm	远红/近红光 F/R/R
1 420	8.69B	15.89B	19.78A	4.62B	5.67B	17.13B	48.38C	2.82B
1 720	12.98AB	20.93B	21.85A	5.08B	6.31AB	20.49B	54.73B	2.67AB
2 020	14.03A	28.35A	23.27A	9.27A	11.1A	30.44A	73.53A	2.42A

表 3 不同海拔高度果实品质的差异

海拔 Altitude/m	总糖 Total sugar/%	可滴定酸 Titratable acidity/%	Vc Ascorbic acid /mg·(100g) ⁻¹	蛋白质 Protein /mg·g ⁻¹	果皮花青苷 Anthocyanin /μg·cm ⁻²	果皮叶绿素 Chlortopyll /μg·cm ⁻²	果皮类胡萝卜素 Carotenoid /μg·cm ⁻²
1 420	12.04B	0.33C	3.76C	1.13B	1.68C	2.22B	2.37A
1 720	12.38A	0.38B	4.04B	1.28A	2.78B	2.46A	1.86B
2 020	11.69C	0.54A	8.31A	1.25B	4.44A	1.11C	1.4C

2.3 光质分布与果实品质的相关性

从表 4 看出, 紫外线 B 与果肉可滴定酸和果皮花青苷均呈极显著正相关, 与果皮叶绿素和果皮类胡萝卜素呈极显著负相关; 紫外线 A 也与果实可滴定酸、维生素 C 和果皮花青苷均呈极显著正相关, 还与果肉蛋白质呈显著正相关, 与果皮类胡萝卜素呈极显著负相关, 与果皮叶绿素呈显著负相关; 紫光与可滴定酸和果皮花青苷

呈极显著正相关, 与维生素 C 和蛋白质呈显著正相关, 与果皮类胡萝卜素呈极显著负相关; 蓝光、绿光、黄光、橙光、红光和总辐射均与果肉可滴定酸、维生素 C 和果皮花青苷均呈极显著正相关, 与果皮类胡萝卜素呈极显著负相关; 红外线与果肉可滴定酸、维生素 C 和果皮花青苷均呈极显著负相关, 与果皮叶绿素和果皮类胡萝卜素呈极显著正相关。各个波段与果肉总糖的相关性不显著。

表 4 光质分布与果实主要品质的相关性

光质 Light quality	总糖 Total sugar	可滴定酸 Titratable acidity	Vc Ascorbic acid	蛋白质 Protein	果皮花青苷 Anthocyanin	果皮叶绿素 Chlortopyll	果皮类胡萝卜素 Carotenoid
290~320 nm UV-B	-0.43	0.913 **	0.892 **	0.537	0.969 **	-0.791 **	-0.973 **
320~400 nm UV-A	-0.261	0.852 **	0.782 **	0.679 *	0.944 **	-0.627 *	-0.966 **
400~420 nm 紫光 Purple	-0.097	0.719 **	0.633 *	0.579 *	0.772 **	-0.489	-0.782 **
420~492 nm 蓝光 Blue	-0.405	0.933 **	0.906 **	0.550	0.959 **	-0.789 **	-0.903 **
492~577 nm 绿光 Green	-0.556	0.963 **	0.987 **	0.301	0.937 **	-0.942 **	-0.861 **
577~597 nm 黄光 Yellow	-0.325	0.936 **	0.920 **	0.400	0.877 **	-0.835 **	-0.746 **
597~622 nm 橙光 Orange	-0.462	0.903 **	0.925 **	0.333	0.870 **	-0.869 **	-0.792 **
622~750 nm 红光 Red	-0.395	0.964 **	0.952 **	0.448	0.948 **	-0.877 **	-0.900 **
400~750 nm 可见光 Visible	-0.501	0.975 **	0.982 **	0.444	0.984 **	-0.904 **	-0.941 **
750~1 100 nm 红外线 Infrared	0.357	-0.726 **	-0.698 *	-0.567	-0.855 **	0.585 *	0.943 **
290~1 100 nm 总辐射 Total solar	-0.427	0.969 **	0.949 **	0.532	0.996 **	-0.848 **	-0.966 **

注: 表中值为不同光质所占比例与果实品质的相关系数, “*”表示相关性在 0.05 水平上显著, “**”表示相关性在 0.01 水平上显著。

Notes: Values in the table are correlation coefficient between different spectrum proportion and the fruits' quality, “*” denote correlation is significant at the 0.05 level, “**” denote correlation is significant at the 0.01 level.

3 讨论

TSS 是果实内的一大类物质, 主要成分为糖和酸。研究结果中, TSS 在 1 720 m 处最大, 2 020 m 处次之, 1 420 m 处最小; 果肉总糖含量也是 1 720 m 处最大, 1 420 m 处其次, 2 020 m 处最小; 但是果肉酸含量却是随着海拔的升高而显著升高; 紫外线和可见光随着海拔的升高也升高, 其中蓝紫光和红光通过增强光合作用而促进糖和酸的形成, 但是过多的紫外辐射对糖的形成又不利; 绿光和黄光的增加也不利于糖的形成, 与王英利^[7]和蒲高斌^[8]对番茄果实的研究相一致。在果树上, 红、蓝光也可提高果实中 TSS 含量, 可能是通过叶片内碳水化合物

物积累多, 将其运输到果实而提高 TSS 含量。此外, 波长 800 nm 以上的红外线随着海拔的升高而降低, 热效应随之降低。抑制了树体光合作用的进行, 从而限制了有机物积累以及糖的转化。

该研究结果中, 果实蛋白质含量随着海拔的升高先升高再降低, 紫外线和可见光随着海拔的升高而升高, 其中紫外辐射对蛋白质具有一定的破坏作用, 蛋白质可能是最为敏感的靶分子, 它可以被 UV-B 辐射作出多种修饰, 其中包括色氨酸的光降解、-SH 基的修饰、提高膜蛋白在水中的溶解度、促进多肽链的断裂等, 这些修饰可引起酶的失活和蛋白质结构的改变。而蓝光辐射对蛋白质

合成有一定促进作用,蓝光照射培育的稻苗,根系内积累的蛋白质氮含量高,非蛋白氮含量低,总氮量亦高。可见,强光或蓝光能提高稻苗氮化合物的合成,产生蛋白质在根系内积累^[9];可提高叶片可溶性蛋白含量^[10];蓝光处理可减缓叶绿体和蛋白质含量的下降^[11]。所以在紫外辐射和蓝光辐射的综合作用下,蛋白质含量出现随着海拔的升高先升高再降低的趋势。

此外,试验中,果皮花青苷的含量随着海拔的升高而显著升高,除红外线随海拔升高而降低外,其余光质均是随海拔升高而升高,大量研究表明,蓝紫光 and 紫外线对着色最有效,而远红光促进着色效果最差,甚至抑制着色。马跃^[13]发现,显著影响红星、红富士、国光 3 个红色品种果实着色的光,包括绿、红、蓝、紫光,而影响最大的是 380 ~ 490 nm,即除紫光外还包括蓝光。因而,苹果上蓝光、紫色光和紫外线对果实着色最有效。

综上,由于海拔高度的改变,光质各组分相对含量发生改变,而各个改变的组分综合地影响了金冠苹果果实品质。从该研究所处生境来看,海拔 1 720m 处果实综合品质相对最高,是金冠苹果的优质高产适宜的海拔高度地带。

参考文献

- [1] 程极济. 光生物物理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [2] 李兴军. 两类生境下苹果果皮着红色差异性研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 1998.
- [3] 束怀瑞. 苹果学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [4] 张光伦, 李兴军, 刘榕山. 生境对苹果着红色的生态生理和形态解剖效应研究[M] // 中国园艺学会成立 70 周年纪念优秀论文选编. 北京: 中国科技出版社, 1999: 318-324.
- [5] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 392-394.
- [6] 马志本, 程玉娥. 关于苹果果实表面花青苷含量的化学测定方法[J]. 中国果树, 1984(2): 49-51.
- [7] 潘增光. 新红星苹果果实着色期几种色素含量变化及其相关性(简报)[J]. 植物生理学通讯, 1996(32): 347-349.
- [8] 王英利, 王勋陵, 岳明. UV-B 及红光对大棚番茄品质的影响[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 590-595.
- [9] 蒲高斌, 刘世琦, 杜洪涛等. 光质对番茄果实转色期品质变化的影响[J]. 植物生理科学, 2005(4): 176-178.
- [10] 倪文. 光对稻苗根系生长及其生理活性的影响[J]. 作物学报, 1983(3): 199-204.
- [11] 潘瑞焱, 陈方毅. 蓝光延缓绿豆离体叶片衰老的研究[J]. 华南植物学报, 1992(试刊 1): 66-72.
- [12] 李韶山, 潘瑞焱. 蓝光对水稻幼苗生长效应的研究[J]. 中国水稻科学, 1994, 8(2): 115-118.
- [13] 马跃. 光辐射波长对苹果果实品质的影响[J]. 河南农业科学, 1993(8): 36-37.

Light Quality Distribution in Different Altitudes and Its Correlation with Fruit Quality of Golden Delicious Apple Tree

LIU Zhi-rong¹, ZHANG Guang-lun², FENG Shao-yu³, LIU Wei², FENG Shao-hui³, YE Wei-ping³

(1. Agricultural Bureau of Luxian, Luzhou, Sichuan 646100, China; 2. Faculty of Forestry and Horticulture, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China; 3. Institute of Southern Sichuan Forestry Research, Sichuan Academy of Forestry, Luzhou, Sichuan 646100, China)

Abstract: Analyzed natural light quality and fruit quality of golden delicious on different altitudes in northern part of west traverse cordillera of Sichuan with CI-700AB/HR2000 series high-resolution miniature fiber optic spectrometer. The results showed that: Absolute irradiance of wavelength 300.39 ~ 871.66 nm were increased along with altitude, besides, the increments between 300.39 ~ 318.58 nm and 530.1 ~ 589.1 nm were marked. Every wavelength between 872.09 ~ 1060.33 nm was decreased along with altitude, and the percentage decreased significant along with the increscent wavelength. Total sugar of sarcocarp and chlorophyll of pericarp increased firstly, and then decreased afterward along with altitude; Titratable acidity, ascorbic acid and anthocyanin of pericarp were increased along with altitude; The content of protein increased firstly and decreased afterward along with altitude; Carotenoid of pericarp were decreased along with altitude. Consequently, fruit quality were the best at the altitude of 1 720 m. The condition of light quality was propitious to fruit quality, it is the place which golden delicious can get high quality and yield.

Key words: Altitude; Light quality; Golden delicious; Fruit quality