

苦瓜两种叶色值与果色的相关性分析

程蛟文¹ 崔俊杰¹ 唐鑫¹ 吴智明² 胡开林^{1*}

(¹华南农业大学园艺学院, 广东广州 510640; ²仲恺农业工程学院园艺园林学院, 广东广州 510225)

摘要:以 26 份苦瓜自交系为材料, 利用叶绿素计和色差计分别测定苦瓜叶片 SPAD 值、色度角 (H°) 及果实色度角 (H°), 并对三者之间的相关性进行了分析。结果表明: 苦瓜不同自交系的叶片 SPAD 值、色度角以及果实色度角均存在极显著差异; 叶片 SPAD 值和色度角均与果实色度角呈显著相关, 叶片 SPAD 值和叶片色度角呈极显著相关。说明苦瓜叶色可以为果色选种提供一定的参考。

关键词: 苦瓜; 叶色; 果色; 相关性

中图分类号: S642.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2012) 04-0054-04

Correlation Analysis of Fruit Color with SPAD Reading and Leaf Color (Hue Angle) in Bitter Gourd

CHENG Jiao-wen¹, CUI Jun-jie¹, TANG Xin¹, WU Zhi-ming², HU Kai-lin^{1*}

(¹College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, Guangdong, China; ²College of Horticulture and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, Guangdong, China)

Abstract: The leaf SPAD reading and hue angle (H°) of both leaf and fruit in 26 *Momordica charantia* L. inbred lines were measured by Minolta SPAD-502 and Minolta chroma meter CR-300, respectively. The correlations between leaf SPAD reading, leaf color and fruit color were calculated. The results indicated that leaf SPAD reading, leaf color and fruit color have very significant differences in different bitter gourd inbred lines. Meanwhile, both leaf SPAD reading and leaf color showed a significant correlation with fruit color, and leaf color was very significantly correlated with leaf SPAD reading.

Key words: *Momordica charantia* L.; Leaf color; Fruit color; Correlation

苦瓜 (*Momordica charantia* L.) 为葫芦科苦瓜属一年生蔓性植物, 广泛种植于热带、亚热带地区。叶绿素是绿色植物叶绿体内参与光合作用的重要色素, 在光合作用的能量捕获及能量传递中起着重要作用。苦瓜叶片叶绿素含量的降低会导致叶色变浅或异常, 从而引起光合效率的变化, 严重的造成减产甚至植株死亡; 另一方面, 苦瓜商品成熟果果皮颜色 (简称果色) 作为苦瓜重要的外观品质之一, 越来越受到消费者和育种者的关注。前人对叶片 SPAD 值与叶片叶绿素含量的相关性进行了大量研究 (艾天成 等, 2000; Madeira et al., 2003; 苏云松 等,

收稿日期: 2011-07-11; 接受日期: 2011-09-23

基金项目: 广东省科技厅农业攻关项目 (2090B020201004), 广东现代农业生产技术体系建设专项

作者简介: 程蛟文, 男, 硕士研究生, 专业方向: 蔬菜遗传育种与生物技术, E-mail: jiaolong1015@126.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 胡开林, 教授, 博士生导师, 专业方向: 蔬菜遗传育种与生物技术, E-mail: hukailin@scau.edu.cn

2007), 结果表明两者呈高度正相关。汪琳和应铁进(2000)、王利群和戴雄泽(2009)研究发现色差计用于番茄和辣椒果实颜色检测具有高效、简便、无损伤等优点。而有关苦瓜叶色、果色及其相关性的研究鲜见报道。本试验以肉眼观察具有一定形态特征差异的苦瓜自交系为材料, 分别测定了叶片的 SPAD 值以及表示叶片和果实颜色的重要参数——色度角(hue angle, H°), 并对叶片 SPAD 值、色度角和果实色度角进行相关性分析, 以期为优质苦瓜育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 26 份苦瓜自交系(表 1)。2011 年春将苦瓜材料播种、育苗、定植于华南农业大学增城蔬菜试验基地, 常规肥水管理。于商品果始收期开始每隔 2 d 测定叶片 SPAD 值、色度角(H°)和果实色度角(H°), 每次每份材料取 3 片叶片和 3 个果实进行测定, 共测定 3 次。

表 1 供试苦瓜自交系名称及其叶色和果色

编号	名称	叶色	果色	编号	名称	叶色	果色
1	四川白苦瓜-2	浅绿色	白色	14	海南苦瓜-85	绿色	绿色
2	云南白苦瓜-151	浅绿色	白色	15	海南苦瓜-88	深绿色	浅绿偏白色
3	绿宝石-3	绿色	绿色	16	金船 8 号-90	绿色	绿色
4	UX203-20	绿色	绿色	17	奇俊 426-100	绿色	白色
5	江门大顶-22	绿色	绿色	18	奇俊 426-125	绿色	绿色
6	肇庆苦瓜-23	绿色	绿色	19	翠绿 2 号-150	绿色	深绿色
7	马来西亚苦瓜-30	绿色	浅绿偏白色	20	斯里兰卡苦瓜-152	绿色	深绿色
8	碧绿 2 号-34	深绿色	绿色	21	莞沅大顶-168	绿色	绿色
9	泰国苦瓜-36	绿色	绿色	22	莞沅大顶-167	深绿色	深绿色
10	大沥苦瓜-38	绿色	绿色	23	南澳绿苦瓜-154	深绿色	深绿色
11	大沥苦瓜-39	绿色	绿色	24	红籽大顶-162	深绿色	深绿色
12	大沥苦瓜-40	绿色	绿色	25	穗新苦瓜-153	绿色	墨绿色
13	马来西亚小苦瓜-68	绿色	绿色	26	惠州大顶-166	绿色	墨绿色

1.2 试验方法

1.2.1 叶片 SPAD 值的测定 每份苦瓜自交系随机选取 3 片阳光照射充足的成熟叶片, 在其叶脉两侧均匀取 3 点, 用叶绿素计 SPAD-502(美能达, 日本)测定叶片的 SPAD 值, 每片叶测 3 次。

1.2.2 叶片、果实色度角(H°)的计算 测完 SPAD 值的叶片直接用 CR-300 色差计(美能达, 日本)测定 CIE-Lab 表色系中的 L、a、b 值。每份苦瓜自交系随机取 3 个商品成熟果, 在果实最大横径处圆周均匀取 3 点, 用色差计测定 CIE-Lab 表色系中的 L、a、b 值, 每个果实测 3 次。根据国际上通用的亨特(Hunter)标度表色系统(Hunter, 1975), 用空间坐标 L、a、b 表色: L 轴表示明度, 各种灰-白介于黑($L=0$)和白($L=100$)之间; a 轴表示红绿相比程度, 从绿到红 a 值在 $-80 \sim 100$ 之间变化; b 值表示黄蓝相比程度, 从蓝到黄 b 值在 $-80 \sim 70$ 之间变化。实际色泽研究中应用最多的是 HSI 颜色模型, 色度角为该模型中最常用的一种参数, 其值大于 100° 时, 值越大表示绿色越深。利用测得的 L、a、b 值分别计算色度角: 当 $a > 0$ 且 $b \geq 0$ 时, $H^\circ = \tan^{-1}(a/b)$; 当 $a < 0$ 时, $H^\circ = 180^\circ + \tan^{-1}(a/b)$; 当 $a > 0$ 且 $b < 0$ 时, $H^\circ = 360^\circ + \tan^{-1}(a/b)$ 。

2 结果与分析

2.1 叶片 SPAD 值

由表 2 可知, 26 份苦瓜自交系叶片 SPAD 值范围为 $35.82 \sim 47.41$, SPAD 值最大的是 22 号(莞沅大顶-167), 最小的是 1 号(四川白苦瓜-2)。不同苦瓜自交系之间叶片 SPAD 值存在极

显著差异 ($F=8.83^{**}$)。通过肉眼观察,莞沅大顶-167 叶色深绿,四川白苦瓜-2 叶色浅绿略显黄白,其余介于两者之间。

2.2 叶片色度角 (H°)

由表 2 可知,26 份苦瓜自交系叶片色度角与叶片 SPAD 值基本一致。叶片色度角最大的是 22 号(莞沅大顶-167),为 130.76° ;最小的是 1 号(四川白苦瓜-2),为 125.72° ;其余介于两者之间。方差分析结果表明,不同自交系之间叶片色度角存在极显著差异 ($F=5.46^{**}$)。

2.3 果实色度角 (H°)

由表 2 可知,26 份苦瓜自交系果实色度角变化范围为 $115.01^{\circ} \sim 121.30^{\circ}$,果实色度角较大的是 25 号(穗新苦瓜-153)和 26 号(惠州大顶-166),最小的是 1 号(四川白苦瓜-2)。不同自交系之间果实色度角存在极显著差异 ($F=18.34^{**}$)。通过肉眼观察,果实色度角较大的穗新苦瓜-153 和惠州大顶-166 果实为墨绿色;果实色度角中等的 13 号(马来西亚小苦瓜-68)和 8 号(碧绿 2 号-34)果实为绿色;果实色度角较小的 1 号(四川白苦瓜-2)、17 号(奇俊 426-100)和 2 号(云南白苦瓜-151)果实为白色。说明所测果实色度角与肉眼观察结果一致。

2.4 叶片 SPAD 值、色度角 (H°) 以及果实色度角 (H°) 之间的相关性

从图 1 可以看出,苦瓜叶片 SPAD 值、色度角均与果实色度角呈显著正相关,相关系数分别为 0.47 和 0.41,线性回归方程分别为 $y=0.3195x+104.85$ 和 $y=0.6662x+33.05$ 。而苦瓜叶片 SPAD

表 2 苦瓜不同自交系的叶片 SPAD 值、色度角 (H°) 和果实色度角 (H°) 比较

自交系	叶片 SPAD 值	叶片色度角/ $^{\circ}$	果实色度角/ $^{\circ}$
22	47.41 ± 2.35 A	130.76 ± 1.84 A	120.27 ± 0.35 ABCD
24	47.22 ± 0.67 AB	130.59 ± 0.53 A	121.08 ± 0.62 AB
8	46.74 ± 2.57 ABC	130.29 ± 0.77 AB	118.97 ± 0.57 CD
15	46.70 ± 2.02 ABC	129.89 ± 0.99 ABC	118.60 ± 0.68 D
17	46.58 ± 2.55 ABC	130.18 ± 0.63 ABC	114.17 ± 0.21 EF
23	46.42 ± 2.02 ABC	129.39 ± 0.57 ABCD	120.81 ± 1.57 ABC
14	46.31 ± 0.32 ABCD	129.32 ± 0.58 ABCD	118.46 ± 0.66 D
19	46.29 ± 1.69 ABCD	128.47 ± 1.14 ABCDE	120.42 ± 0.45 ABCD
18	46.13 ± 0.68 ABCDE	129.83 ± 0.27 ABC	118.79 ± 0.41 CD
26	46.00 ± 1.35 ABCDE	128.13 ± 0.66 BCDE	121.11 ± 1.35 A
21	45.63 ± 0.69 ABCDE	129.65 ± 0.58 ABC	118.95 ± 1.20 CD
16	45.44 ± 0.61 ABCDEF	129.17 ± 0.47 ABCDE	118.85 ± 0.63 CD
20	45.39 ± 2.12 ABCDEF	130.18 ± 0.86 ABC	119.74 ± 0.23 ABCD
7	44.37 ± 1.85 ABCDEFG	129.01 ± 0.05 ABCDE	118.62 ± 1.02 D
11	43.89 ± 0.58 ABCDEFGH	129.04 ± 0.34 ABCDE	119.45 ± 0.35 ABCD
13	43.17 ± 0.47 ABCDEFGHI	128.18 ± 0.71 BCDE	119.06 ± 0.95 BCD
10	42.93 ± 1.70 BCDEFGHI	127.90 ± 0.16 CDE	118.89 ± 0.57 CD
25	42.73 ± 0.49 CDEFGHI	129.14 ± 0.85 ABCDE	121.30 ± 1.15 A
9	42.46 ± 2.27 CDEFGHI	128.61 ± 0.44 ABCDE	118.79 ± 0.55 CD
6	41.99 ± 1.09 DEFGHI	128.03 ± 1.65 BCDE	119.91 ± 0.82 ABCD
12	41.89 ± 1.00 EFGHI	128.66 ± 0.31 ABCDE	119.48 ± 0.49 ABCD
3	41.20 ± 1.37 FGHI	128.10 ± 1.82 BCDE	119.31 ± 0.13 ABCD
4	40.86 ± 1.35 GHI	127.97 ± 0.91 BCDE	118.46 ± 0.41 D
5	39.82 ± 1.33 HI	127.15 ± 0.50 DEF	119.53 ± 0.98 ABCD
2	39.42 ± 1.97 IJ	126.86 ± 1.09 EF	115.01 ± 0.44 E
1	35.82 ± 1.93 J	125.72 ± 1.21 F	113.08 ± 1.46 F

注:表中同列数据后不同大写字母表示差异极显著 ($\alpha=0.01$)。

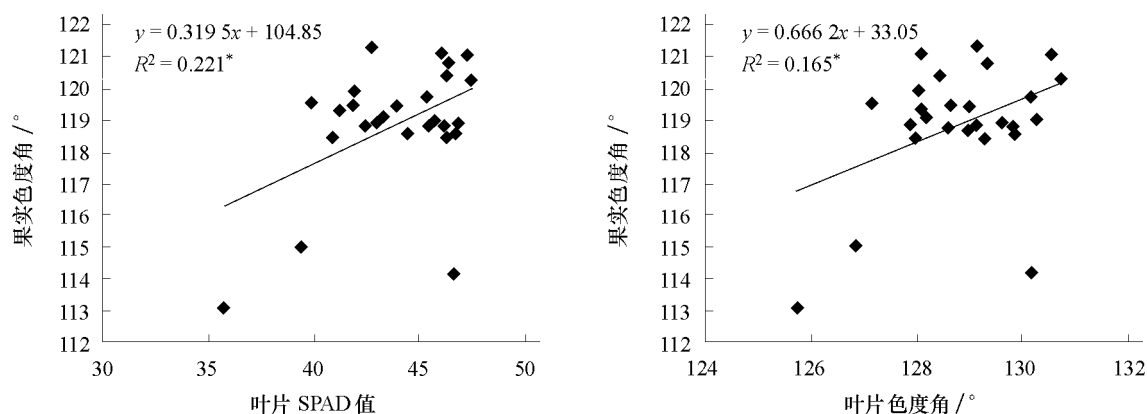


图 1 不同苦瓜自交系叶片 SPAD 值、色度角与果实色度角的相关性

*表示显著相关 ($\alpha=0.05$)。

值与叶片色度角之间存在极显著正相关, 相关系数为 0.89, 线性回归方程为 $y=0.369x+112.63$ (图 2)。

3 结论与讨论

蔬菜产品的色泽是重要的外观品质之一, 而色泽主要受产品组织内的叶绿素 (a 和 b)、类胡萝卜素 (胡萝卜素和叶黄素) 和花青素等含量的综合影响。在育种实践中, 仅仅根据肉眼观察有时难以判断产品色泽的细微差别。利用色差计测定果实颜色可以使其数值化, 结果比肉眼观察更客观, 比色素层析鉴定方法更快捷, 而且具有操作简单、无损伤等特点。

本试验以 26 份苦瓜自交系为材料, 首次研究了叶片 SPAD 值、色度角以及果实色度角三者之间的相关性。结果表明, 叶片两种叶色值 (SPAD 值和色度角) 均与果实色度角存在显著正相关, 因此, 一般来说可以用叶片 SPAD 值或叶片色度角对果实颜色进行早期预测。但是也有例外, 如 17 号 (奇俊 426-100)、14 号 (海南苦瓜-85) 和 15 号 (海南苦瓜-88) 果实色度角都较小, 但是它们的叶片 SPAD 值却较大, 叶片颜色也较偏绿。另外, 25 号 (穗新苦瓜-153)、5 号 (江门大顶-22) 果实色度角较大, 但它们的叶片 SPAD 值和色度角却较小。所以, 在针对果色进行育种时, 还要结合材料或组合的实际情况而定。本试验结果还表明, 苦瓜叶片 SPAD 值与叶片色度角存在极显著正相关, 说明利用叶绿素计 SPAD-502 和色差计 CR-300 两种仪器均可用于绿色植物叶色的测定。

一些研究者通过对水稻、玉米和大豆 (艾天成 等, 2000) 以及甜椒 (Madeira et al., 2003)、马铃薯 (苏云松 等, 2007) 等作物进行测定的结果表明, 叶片 SPAD 值与叶片叶绿素含量呈极显著正相关。因此, 叶绿素计 SPAD-502 通常也被用于叶片叶绿素相对含量的快速测定以及氮素营养精度诊断 (李刚华 等, 2005)。从本试验结果来看, 苦瓜叶片 SPAD 值与其果色存在显著相关性, 据此推测苦瓜叶片叶绿素含量可能也与果色呈显著正相关。

参考文献

- 艾天成, 李方敏, 周治安, 张敏, 吴海荣. 2000. 作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值相关性研究. 湖北农学院学报, 20 (1): 6-8.
- 李刚华, 丁艳锋, 薛利红, 王绍华. 2005. 利用叶绿素计 (SPAD-502) 诊断水稻氮素营养和推荐追肥的研究进展. 植物营养与肥料学报, 11 (3): 412-416.
- 苏云松, 郭华春, 陈伊里. 2007. 马铃薯叶片 SPAD 值与叶绿素含量及产量的相关性研究. 西南农业学报, 20 (4): 690-693.
- 王利群, 戴雄泽. 2009. 色差计在辣椒果实色泽变化检测中的应用. 辣椒杂志, (3): 23-26.
- 汪琳, 应铁进. 2000. 番茄果实采后贮藏的颜色动力学研究. 食品科技, (5): 49-51.
- Hunter R S. 1975. The measurement of appearance. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Madeira A C, Ferreira A, de Varennes A, Vieira M I. 2003. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 34 (17-18): 2461-2470.

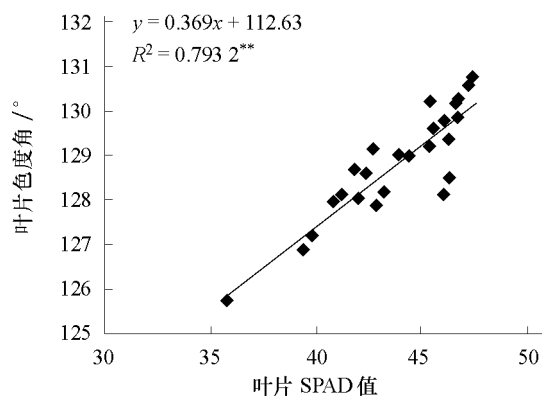


图 2 不同苦瓜自交系叶片 SPAD 值与叶片色度角的相关性

**表示极显著相关 ($\alpha=0.01$)。