

# 蕹菜叶片 SPAD 值与叶绿素含量的相关性分析

程艳<sup>1</sup>, 吴春燕<sup>2</sup>, 张晓旭<sup>3</sup>, 王娜<sup>1</sup>, 孙凯<sup>1</sup>, 于娅<sup>1</sup>, 王飞<sup>1</sup>,  
张晓明<sup>2\*</sup>, 官国辉<sup>1</sup>

(1. 吉林省农业科学院经济植物研究所, 长春 130033; 2. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 3. 吉林省园艺特产管理站, 长春 130033)

**摘要:** 本试验研究探索蕹菜叶片 SPAD 值与叶绿素含量的相关性, 使用叶绿素计和分光光度法分别测定两种蕹菜(湖南白花和广东大骨青)叶片的 SPAD 值和叶绿素含量, 根据测定数据, 运用函数相关知识建立 SPAD 值与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量的相关性。结果表明: 两种蕹菜叶片的 SPAD 值与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总含量的相关系数均达到极显著水平, 各函数模型下, 两品种的相关系数差异变化规律一致, 说明 SPAD 值可以客观反映蕹菜叶片的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总含量, 也可反映出品种间叶绿素的差异。

**关键词:** 蕹菜; SPAD 值; 叶绿素含量; 相关性

中图分类号: S636.9

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2018)04-0044-04

## Analysis of Correlation between Chlorophyll Content and SPAD Value in Water Spinach Leaves

CHENG Yan<sup>1</sup>, WU Chunyan<sup>2</sup>, ZHANG Xiaoxu<sup>3</sup>, WANG Na<sup>1</sup>, SUN Kai<sup>1</sup>, YU Ya<sup>1</sup>, WANG Fei<sup>1</sup>,  
ZHANG Xiaoming<sup>2\*</sup>, GONG Guohui<sup>1</sup>

(1. Economic Botany Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Department of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 3. Horticultural Specialty Product Management Station of Jilin Province, Changchun 130033, China)

**Abstract:** In this study, the correlation between SPAD value and chlorophyll content of Amaranthus leaf was investigated. The SPAD value and chlorophyll content of two Amaranthus communis (Hunan Baihua and Guangdong Daquqing) leaves were determined using chlorophyll meter and spectrophotometry. The correlation between SPAD values and chlorophyll A content, chlorophyll B content, and total chlorophyll content was established. The results showed that the correlation coefficients of SPAD values and chlorophyll A content, chlorophyll B content, and total chlorophyll content of the two species of amaranth leaf reached extremely significant levels. Under each function model, the difference of the correlation coefficient between the two varieties was consistent, indicating the SPAD value can objectively reflect the chlorophyll A content, chlorophyll B content, total chlorophyll content of amaranth leaves, and also reflect the difference of chlorophyll content between varieties.

**Key words:** Water spinach; The SPAD value; Chlorophyll content; Correlation

蕹菜 (*Ipomoea aquatica* Forsk) 俗称空心菜、通菜和竹叶菜等, 因地域不同, 叫法也不尽相同, 是一年生旋花科蔬菜, 为我国中部及南部地区常见蔬菜。近年来, 我国北方地区也普遍栽培, 深

受人们喜爱<sup>[1]</sup>。叶色是反映绿叶蔬菜优良性状的一项指标, 所以生产实践上通常需要测定叶片中的叶绿素含量; 叶绿素作为光合反应的物质, 其含量多少影响光合强弱, 因此研究测定叶片中叶绿素含量是非常必要的<sup>[2]</sup>。现阶段叶绿素含量测定大多采用分光光度计法测定<sup>[3]</sup>, 此方法费时、繁琐, 取样时会损伤植株, 在实际应用上受到限制。而手持便携式叶绿素计提供了一个快速、非破坏性的测量叶绿素含量的方法<sup>[4]</sup>, 此法测定叶绿素含量不受地域、时间、环境等的限制, 并省时、简

收稿日期: 2018-03-26

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20140306026NY、20150412029XH)

作者简介: 程艳(1989-), 女, 研究实习员, 硕士, 研究方向为蔬菜遗传育种与栽培生理。

通讯作者: 张晓明, 男, 教授, E-mail: xiaomingzh@126.com

单、易操作<sup>[5-8]</sup>。

大量研究表明,叶片叶绿素含量与叶绿素仪所测定的 SPAD 值有良好的一致性<sup>[9-11]</sup>,本试验以蕹菜叶片为材料,用最大相关系数研究了叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总含量及 SPAD 值的最佳数学模型关系,旨在为 SPAD-502 叶绿素仪测定法估计蕹菜叶片叶绿素含量提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

于 2013 年 10 月,在吉林农业大学温室基地,选取两种不同类型的蕹菜品种,其名称分别为:“湖南白花”和“广东大骨青”。

### 1.2 测定方法

田间直接用 SPAD-502 叶绿素仪测定,取 30

个健康无损伤的样本叶片,每片叶测量 3 个点,取平均值;测定叶片摘下后迅速放入装有冰块的保鲜袋中,拿回实验室待测。采用乙醇-丙酮混合液(1:1, v/v)法测定叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总含量。

### 1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 SPSS 软件进行数据统计与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 SPAD 值与叶绿素含量的测定结果

蕹菜叶片的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量以及叶绿素计测得的 SPAD 值结果见表 1。

表 1 各品种 SPAD 值与叶绿素含量的测定结果

编号	湖南白花				编号	广东大骨青			
	SPAD 值	Chl-a	Chl-b	Chl		SPAD 值	Chl-a	Chl-b	Chl
1	43.8	0.623	0.324	0.947	1	43.6	0.559	0.284	0.843
2	44.2	0.557	0.306	0.863	2	45.3	0.569	0.288	0.857
3	43.8	0.539	0.280	0.819	3	44.8	0.590	0.292	0.882
4	45.6	0.532	0.255	0.787	4	38.8	0.455	0.241	0.696
5	46.6	0.577	0.288	0.865	5	40.5	0.538	0.245	0.783
6	45.3	0.541	0.304	0.845	6	42.9	0.562	0.281	0.843
7	43.8	0.553	0.285	0.838	7	44.3	0.580	0.289	0.869
8	42.7	0.509	0.289	0.798	8	44.2	0.580	0.324	0.904
9	42.6	0.551	0.296	0.847	9	41.6	0.559	0.304	0.863
10	48.8	0.658	0.328	0.986	10	40.8	0.520	0.270	0.790
11	47.4	0.703	0.352	1.055	11	38.6	0.475	0.231	0.706
12	46.8	0.644	0.329	0.973	12	42.7	0.569	0.285	0.854
13	42.9	0.583	0.285	0.868	13	42.3	0.494	0.245	0.739
14	41.8	0.598	0.291	0.889	14	40.5	0.459	0.235	0.694
15	42.7	0.553	0.300	0.853	15	41.2	0.455	0.229	0.684
16	42.1	0.534	0.260	0.794	16	44.2	0.544	0.280	0.824
17	42.5	0.553	0.298	0.851	17	43.1	0.541	0.271	0.812
18	49.8	0.727	0.371	1.098	18	41.1	0.539	0.280	0.819
19	38.8	0.481	0.245	0.726	19	39.7	0.479	0.235	0.714
20	44.2	0.541	0.275	0.816	20	37.8	0.459	0.224	0.683
21	43.8	0.559	0.285	0.844	21	42.6	0.526	0.268	0.794
22	43.8	0.614	0.332	0.946	22	42.3	0.548	0.284	0.832
23	48.1	0.672	0.363	1.035	23	40.8	0.542	0.268	0.810
24	43.3	0.574	0.289	0.863	24	41.3	0.538	0.240	0.778
25	45.2	0.573	0.306	0.879	25	41.5	0.542	0.285	0.827
26	43.7	0.580	0.288	0.868	26	42.0	0.545	0.272	0.817
27	45.1	0.624	0.327	0.951	27	42.6	0.559	0.285	0.844
28	43.4	0.588	0.281	0.869	28	41.7	0.536	0.244	0.780
29	43.6	0.511	0.248	0.759	29	38.5	0.479	0.247	0.726
30	42.6	0.522	0.254	0.776	30	43.4	0.559	0.288	0.847

由表1可以看出,随着SPAD值的增加,叶绿素含量大体呈增加趋势。以“湖南白花”为例,根据表1测定的数据,按线性函数分别对叶绿素a含量、叶绿素b含量、叶绿素总含量与叶片SPAD值相关性进行统计分析,相关趋势见图1。

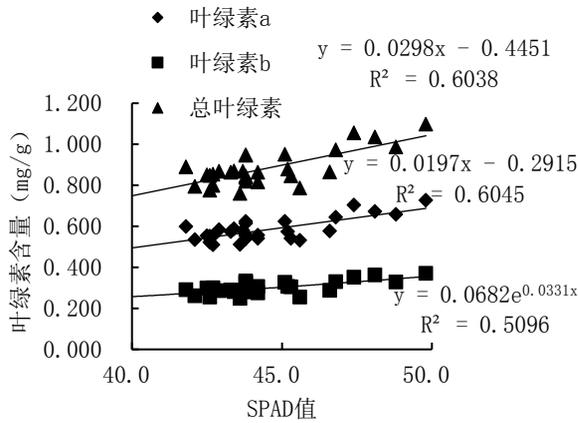


图1 薺菜(湖南白花)叶片SPAD值与叶绿素含量的相关性

由图1可知,叶绿素a含量与SPAD值的相关性较高,  $R^2=0.6045$ ; 叶绿素b含量与SPAD值的相关性较差,  $R^2=0.5288$ ; 叶绿素总含量与SPAD值的相关性介于两者之间 ( $R^2=0.6038$ ); 说明叶绿素a

含量与SPAD值的相关性优于叶绿素b含量与SPAD值的相关性,且薺菜叶片中叶绿素a含量远高于叶绿素b含量。叶绿素a的吸收峰为662nm,与叶绿素计(SPAD-502)测定时的固定波长660nm相近,而叶绿素b的吸收峰在645nm,与660nm相差较远,因此叶绿素b含量与SPAD值的相关性较差。为找出最佳的相关函数,分别运用指数、对数、乘幂和线性函数对两种薺菜叶片的测定结果进行了统计分析,结果见表2~表4。

2.2 SPAD值与叶绿素a含量、叶绿素b含量、叶绿素总含量的相关性分析

2.2.1 SPAD值与叶绿素a含量之间的相关性

由表2可知,在四种数学函数模型下,两品种的薺菜叶片SPAD值x与叶绿素a含量y(单位:mg/g,下同)之间的相关性均呈极显著水平,说明叶绿素计测得的SPAD值可以客观反映薺菜叶片中叶绿素a含量;两品种在同等任意函数模型下分析可知,SPAD值与叶绿素a含量均呈极显著水平,其中“广东大骨青”的相关系数高于“湖南白花”,这是因为品种间遗传性的不同,造成叶绿素a含量也存在差异。

表2 SPAD值与叶绿素a含量的几种数学模型相关性回归分析

品种	线性 $y=ax+b$	对数 $y=a\ln(x)+b$	乘幂 $y=ax^b$	指数 $y=ae^{bx}$
湖南白花	$y=0.0197x-0.2915$ $R^2=0.6045$ $r=0.777^{**}$	$y=0.8696\ln(x)-2.7162$ $R^2=0.5937$ $r=0.771^{**}$	$y=0.0024x^{1.4499}$ $R^2=0.5888$ $r=0.767^{**}$	$y=0.1354e^{0.0327x}$ $R^2=0.5968$ $r=0.772^{**}$
广东大骨青	$y=0.0173x+0.1926$ $R^2=0.663$ $r=0.814^{**}$	$y=0.7185\ln(x)-2.1518$ $R^2=0.666$ $r=0.816^{**}$	$y=0.003x^{1.3876}$ $R^2=0.657$ $r=0.811^{**}$	$y=0.131e^{0.0333x}$ $R^2=0.6532$ $r=0.808^{**}$

注:  $r_{0.05}=0.355$ ,  $r_{0.01}=0.456$ ; \*表示显著水平, \*\*表示极显著水平,下同

2.2.2 SPAD值与叶绿素b含量之间的相关性

由表3可知,两种薺菜叶片的SPAD值x与叶绿素b含量y在四种函数模型下都达到极显著水平,因此可以说明SPAD值可以反映薺菜叶片中

叶绿素b的含量;而在四种函数模型下,两品种的相关系数差异性都达极显著水平,表现规律一致,说明每个函数模型都可以反映叶片中叶绿素b含量。

表3 SPAD值与叶绿素b含量几种数学模型相关性回归分析

品种	线性 $y=ax+b$	对数 $y=a\ln(x)+b$	乘幂 $y=ax^b$	指数 $y=ae^{bx}$
湖南白花	$y=0.0102x-0.1536$ $R^2=0.5288$ $r=0.727^{**}$	$y=0.452\ln(x)-1.4151$ $R^2=0.5221$ $r=0.722^{**}$	$y=0.0011x^{1.4732}$ $R^2=0.5054$ $r=0.711^{**}$	$y=0.0682e^{0.0331x}$ $R^2=0.5096$ $r=0.714^{**}$
广东大骨青	$y=0.0099x+0.1482$ $R^2=0.5673$ $r=0.753^{**}$	$y=0.412\ln(x)-1.2711$ $R^2=0.5679$ $r=0.753^{**}$	$y=0.0008x^{1.5695}$ $R^2=0.5772$ $r=0.760^{**}$	$y=0.0547e^{0.0378x}$ $R^2=0.5759$ $r=0.759^{**}$

### 2.2.3 SPAD 值与叶绿素总含量之间的相关性

由表 4 可知, 四种函数模型下, 两种薹菜叶片的 SPAD 值  $x$  与叶绿素总含量  $y$  之间的相关性均达到极显著水平, 且每个函数模型下, 两品种的相

关系数差异规律表现一致, 说明四种函数模型都可以反映薹菜叶片的叶绿素总含量, 也可以说明 SPAD 值可以客观反映叶绿素总含量。

表 4 SPAD 值与叶绿素总含量的几种数学模型相关性回归分析

品种	线性 $y=ax+b$	对数 $y=a\ln(x)+b$	乘幂 $y=ax^b$	指数 $y=ae^{bx}$
湖南白花	$y=0.298x-0.4451$	$y=1.3216\ln(x)-4.1313$	$y=0.0035x^{1.457}$	$y=0.2039e^{0.0328x}$
	$R^2=0.6038$	$R^2=0.5941$	$R^2=0.5871$	$R^2=0.594$
	$r=0.777^{**}$	$r=0.771^{**}$	$r=0.766^{**}$	$r=0.771^{**}$
广东大骨青	$y=0.0272x+0.3408$	$y=1.1306\ln(x)-3.4229$	$y=0.0036x^{1.4479}$	$y=0.1852e^{0.0348x}$
	$R^2=0.6576$	$R^2=0.67$	$R^2=0.6659$	$R^2=0.6627$
	$r=0.811^{**}$	$r=0.818^{**}$	$r=0.816^{**}$	$r=0.814^{**}$

## 3 讨论与结论

手持式叶绿素计可快速、便捷地测定植株叶片的叶绿素含量, 并且对植株叶片不造成损伤, 避免了传统实验室方法中的繁琐、耗时等缺点, 便于田间试验样品的大批量测定, 现已在蔬菜、园林、大田作物上广泛应用。

试验中, 对两品种薹菜的 SPAD 值与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总含量关系分别建立函数模型分析可知, 在四种函数模型下, 两品种薹菜叶片的 SPAD 值与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总含量均呈显著正相关, 这与菜豆、水稻、草莓、小麦、园林树木、无花果等的研究结果相似<sup>[12-15]</sup>, 说明 SPAD-502 叶绿素仪测定法与浸提-分光光度计比色法测定叶绿素含量高度相关, 叶片的 SPAD 值可以客观反映薹菜叶片中叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量, 也可反映品种间叶绿素含量差异。

### 参考文献:

[1] 王广印, 韩世栋. 提高薹菜种子活力的试验研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(3): 90-94.  
 [2] 中国植物生理学会. 光合作用研究进展(第三集)[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 40-42.  
 [3] 张宪政. 植物叶绿素含量测定-丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学, 1986(3): 26-28.

[4] 屈卫群, 王绍华, 陈兵林, 等. 棉花主茎叶 SPAD 值与氮素营养诊断研究[J]. 作物学报, 2007, 33(6): 1010-1017.  
 [5] 陈 防, 鲁剑巍. SPAD-502 叶绿素计在作物营养快速诊断上的应用初报[J]. 湖北农业科学, 1996(2): 31-34.  
 [6] 艾天成, 周治安, 李方敏, 等. 小麦等作物叶绿素速测方法研究[J]. 甘肃农业科技, 2001(4): 16-18.  
 [7] 曹树青, 陆 巍, 翟虎渠, 等. 用水稻苗期叶绿素含量相对稳定期估算水稻剑叶光合功能期的方法研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(4): 309-313.  
 [8] 雷泽湘, 艾天成, 李方敏, 等. 草莓叶片叶绿素含量、含氮量与 SPAD 值间的关系[J]. 湖北农学院学报, 2001, 21(2): 138-140.  
 [9] 艾天成, 李方敏, 周治安, 等. 作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值相关性研究[J]. 湖北农学院学报, 2000, 20(1): 6-8.  
 [10] 苏云松, 郭华春, 陈伊里. 马铃薯叶片 SPAD 值与叶绿素含量及产量的相关性研究[J]. 西南农业学报, 2007, 20(4): 690-693.  
 [11] 王 娟, 韩登武, 任 岗, 等. SPAD 值与棉花叶绿素和含氮量关系的研究[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(3): 167-170.  
 [12] 曾建敏, 姚 恒, 李天福, 等. 烤烟叶片叶绿素含量的测定及其与 SPAD 值的关系[J]. 分子植物育种, 2009, 7(1): 56-62.  
 [13] 李海云, 任秋萍, 孙书娥, 等. 10 种园林树木叶绿素与 SPAD 值相关性研究[J]. 林业科技, 2009, 34(3): 68-70.  
 [14] 宋廷宇, 何自涵, 程 艳, 等. 菜心叶片 SPAD 值与叶绿素含量的相关性分析[J]. 东北农业科学, 2017, 42(1): 34-37.  
 [15] Sibley J L, Eakes D J, Gilliam C H. Foliar SPAD-502 meter values, nitrogen levels, and extractable chlorophyll for red maple selections[J]. Hort Science, 1996, 31(6): 312-315.

(责任编辑: 王 昱)