

菜心叶片 SPAD 值与叶绿素含量的相关性分析

宋廷宇¹, 何自涵¹, 程 艳², 赵 茹¹, 吴春燕¹, 张晓明¹

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

摘 要:以菜心的两个品种:“三月青”和“青柳叶”为试验试材,利用 SPAD-502 叶绿素仪与丙酮乙醇混合法对其叶绿素含量进行测定,以及对测量数据进行线性、对数、乘幂和指数函数的相关性比较分析,来探究菜心叶片 SPAD 值与叶绿素含量之间的相关性。结果表明:不同菜心品种的叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量以及 SPAD 值都各不相同。通过相关性分析,发现叶绿素含量与 SPAD 值均呈现显著的相关关系。由此表明,可以利用叶片 SPAD 值很好地反映整个植株的叶绿素含量水平,通过建立方程式就可以由 SPAD 值计算出叶绿素的含量。此法简便易行,并且不损害叶片,可以保留植株的完整性。

关键词:菜心; SPAD 值; 叶绿素含量; 相关性

中图分类号: S634.01

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2017)01-0034-04

Analysis on Correlation between Leaves SPAD Value and Chlorophyll Content of Flowering Chinese Cabbage

SONG Tingyu¹, HE Zihan¹, CHENG Yan², ZHAO Ru¹, WU Chunyan¹, ZHANG Xiaoming¹

(1. Department of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Economic Botany Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: With two varieties of cabbage ‘Sanyueqing’ and ‘Qingliuye’ as experimental test material, their chlorophyll content were determined by using SPAD-502 chlorophyll meter and mixing ethanol and acetone method. The correlation between SPAD value and chlorophyll content of cabbage leaves was analyzed by comparison of linear, logarithmic, power, and exponential functions correlation. The results showed that chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll content and SPAD values of different varieties of cabbage were different. Correlation analysis showed that chlorophyll content and SPAD values was significantly related. It suggested that a very good response leaf SPAD value with chlorophyll content of the whole plant. Through the establishment of the equation, chlorophyll content could be calculated by the SPAD values. This method is simple, and does not damage the leaves, so the integrity of the plant can be kept.

Key words: Flowering Chinese cabbage; The SPAD value; Chlorophyll content; Correlation

菜心(*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) 又称菜薹, 是白菜亚种中以花薹为产品的一个变种, 是人们平时比较喜欢吃的一种蔬菜。菜心作为一种绿色蔬菜, 其光合利用率主要取决于该植物叶片叶绿素含量的多少, 在植株的整个生育期, 可以通过测定叶片中的叶绿素含量来鉴定其营养状况^[1]。因此, 研究绿色植

物叶片中的叶绿素含量至关重要。

叶绿素含量的测定最常使用的是用丙酮、乙醇混合液法浸提测定^[2], 并利用分光光度计测定叶绿素的吸光度, 通过公式来计算叶绿素含量。但此法不能保证植物叶片的完整性, 而且比较费时、费力。SPAD-502 叶绿素检测仪是通过不同叶绿素含量的叶片对两种不同波长光的吸收不同来确定其叶绿素含量, 具有快速、简便和无损的特点。SPAD 值是一个无量纲比值, 可在自然环境无损状况下确定植物叶片当前叶绿素的相对含量, 测定时间只需几秒, 已在多种植物中得到应用^[3-5]。目前, SPAD-502 叶绿素仪已经成功地运用于水稻、小麦、黄豆、玉米以及马铃薯等农作物种

收稿日期: 2016-11-06

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

作者简介: 宋廷宇(1977-), 男, 副教授, 博士, 主要从事瓜类蔬菜育种工作。

类,部分园林树木也有应用。

本试验对菜心的叶绿素含量与SPAD值的相关性做了研究和讨论,并分析出最优的函数模型,旨在为SPAD-502叶绿素仪测定法估计菜心叶片的叶绿素含量作参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料为“三月青”和“青柳叶”菜心品种,2013年9月种植于吉林农业大学蔬菜基地。

1.2 测定方法

试验于2013年10月进行。各取30个无病虫害、无生理病斑、无机械损伤的完整样本叶片。

直接使用SPAD-502叶绿素仪测定植物叶片SPAD值,每张叶片再取从里到外3个点进行测定,记录数据,SPAD值计算平均值。并将对应叶片迅速摘下放入保鲜袋中,带回实验室,通过丙酮乙醇混合液法^[6]测定叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素含量。

所有数据采用Excel 2003和DPS 7.05软件进行数据处理与统计分析。

2 结果与分析

2.1 菜心叶片中SPAD值与叶绿素含量的测定结果

菜心各采样植株的叶片叶绿素a、叶绿素b、

表1 各菜心品种SPAD值与叶绿素含量的测定结果

青柳叶					三月青				
编号	SPAD值	叶绿素a (mg/g)	叶绿素b (mg/g)	总叶绿素 (mg/g)	编号	SPAD值	叶绿素a (mg/g)	叶绿素b (mg/g)	总叶绿素 (mg/g)
1	54.9	1.196	0.402	1.598	1	39.8	0.946	0.345	1.291
2	51.7	1.094	0.384	1.478	2	41.2	0.951	0.375	1.326
3	50.0	1.048	0.334	1.382	3	40.7	0.919	0.367	1.286
4	48.4	0.937	0.322	1.259	4	39.0	0.880	0.341	1.221
5	45.7	0.894	0.298	1.192	5	42.7	0.900	0.377	1.277
6	46.7	0.920	0.341	1.261	6	42.6	0.810	0.334	1.144
7	42.6	0.847	0.253	1.100	7	48.4	1.011	0.395	1.406
8	52.9	1.204	0.412	1.616	8	43.6	0.970	0.331	1.301
9	48.0	1.022	0.408	1.430	9	44.9	1.040	0.381	1.421
10	49.5	0.947	0.383	1.330	10	42.5	0.839	0.347	1.186
11	42.4	0.738	0.284	1.022	11	41.3	0.936	0.345	1.281
12	50.8	0.975	0.386	1.361	12	44.0	0.849	0.353	1.202
13	47.2	0.926	0.357	1.283	13	40.6	0.910	0.345	1.255
14	50.7	1.033	0.359	1.392	14	42.5	0.832	0.338	1.170
15	45.6	0.774	0.288	1.062	15	41.6	0.891	0.325	1.216
16	46.4	0.893	0.306	1.199	16	43.4	0.944	0.332	1.276
17	45.1	0.856	0.295	1.151	17	37.2	0.853	0.305	1.158
18	45.5	0.924	0.326	1.250	18	39	0.834	0.333	1.167
19	49.7	0.956	0.332	1.288	19	42.2	0.938	0.345	1.283
20	45.3	0.813	0.317	1.130	20	44.6	0.926	0.349	1.275
21	54.3	1.261	0.412	1.673	21	43.9	0.917	0.346	1.263
22	45.2	0.809	0.283	1.092	22	39.5	0.852	0.331	1.183
23	49.6	1.026	0.425	1.451	23	38.2	0.798	0.315	1.113
24	52.8	1.258	0.437	1.695	24	42.2	0.934	0.331	1.265
25	48.9	0.984	0.324	1.308	25	44.1	0.988	0.352	1.340
26	46.4	0.853	0.323	1.176	26	43.0	0.884	0.343	1.227
27	51.5	1.013	0.288	1.301	27	45.9	1.041	0.358	1.399
28	47.2	0.814	0.256	1.070	28	41.2	0.957	0.319	1.276
29	50.6	0.917	0.318	1.235	29	41.3	0.945	0.338	1.283
30	42.2	0.859	0.248	1.107	30	41.0	0.857	0.342	1.199

总叶绿素含量及 SPAD-502 型叶绿素仪测得的 SPAD 值见表 1。由表 1 可以看出,不同品种菜心叶片中叶绿素含量和 SPAD 值均不同,但叶片中 SPAD 值与叶绿素含量的增减趋势整体上保持一致。以“青柳叶”品种为例,根据表 1,按线性函数分别对叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总含量进行统计分析,相关性趋势见图 1。

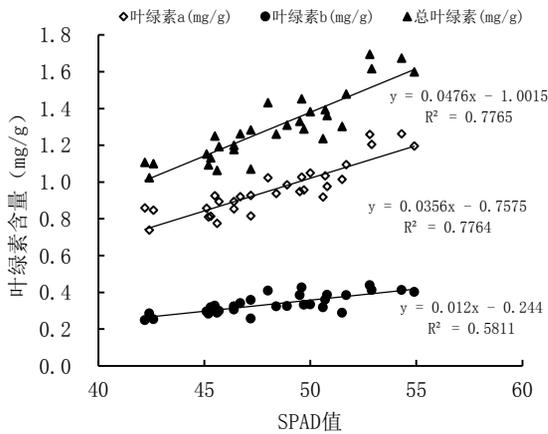


图 1 菜心(青柳叶)叶片 SPAD 值与叶绿素含量的相关性

从图 1 可以看出,总叶绿素含量与 SPAD 值的相关性最高, $R^2=0.7765$, 叶绿素 a 含量与 SPAD 值

的相关性次之,而叶绿素 b 与 SPAD 值的相关性最差, $R^2=0.5811$ 。由此可以说明叶绿素 a 与 SPAD 值的相关性优于叶绿素 b 与 SPAD 值的相关性,且材料体内的叶绿素 a 的含量高于叶绿素 b 的含量。由于 SPAD-502 型叶绿素仪测定原理是以 660 nm 左右固定波长测定叶绿素的含量,而叶绿素 a 的吸收峰为 663 nm,与之非常接近;而叶绿素 b 的吸收峰在 645 nm,与 663 nm 相差较远,所以,叶绿素 b 与 SPAD 值的相关性要差一些。为了找出最佳的相关函数,分别运用乘幂、指数、对数、线性函数对两种菜心叶片的测定结果进行统计分析。

2.2 菜心叶片的 SPAD 值与叶绿素含量的相关性分析

2.2.1 菜心叶片中 SPAD 值与叶绿素 a 的相关性

由表 2 可知,两个品种的菜心叶片中 SPAD 值 x 与叶绿素 a 含量 y 均呈极显著水平;其中“青柳叶”的各个模型的相关系数普遍大于“三月青”的各个模型的相关系数,两种菜心叶片相关性最大的函数关系模型也各有不同。“三月青”相关系数最大的函数模型是线性方程 $y=0.0161x+0.2356$ ($r=0.5977^{**}$);而“青柳叶”相关系数最大的函数模型是指数方程 $y=0.2260e^{0.036x}$ ($r=0.8865^{**}$)。

表 2 SPAD 值与叶绿素 a 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 $y=ae^{bx}$
三月青	$y=0.0161x+0.2356$ $R^2=0.3572$ $r=0.5977^{**}$	$y=0.6747\ln(x)-1.6102$ $R^2=0.3531$ $r=0.5942^{**}$	$y=0.0598x^{0.7282}$ $R^2=0.3432$ $r=0.5858^{**}$	$y=0.4388e^{0.0173x}$ $R^2=0.3464$ $r=0.5886^{**}$
青柳叶	$y=0.0476x-1.0015$ $R^2=0.7765$ $r=0.8812^{**}$	$y=2.2748\ln(x)-7.5166$ $R^2=0.7644$ $r=0.8743^{**}$	$y=0.0016x^{1.724}$ $R^2=0.7772$ $r=0.8816^{**}$	$y=0.2260e^{0.036x}$ $R^2=0.7859$ $r=0.8865^{**}$

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 菜心叶片中 SPAD 值与叶绿素 b 的相关性

由表 3 可以看出,两种菜心叶片的 SPAD 值 x 与叶绿素 b 含量 y 之间的相关性均呈极显著水平;两品种菜心的最优函数模型均不相同,其中“三

月青”叶片的相关系数最大的函数模型是指数方程 $y=0.1823e^{0.0151x}$ ($r=0.6362^{**}$),而“青柳叶”叶片的相关系数最大的函数模型是乘幂方程 $y=0.0012x^{1.724}$ ($r=0.8877^{**}$)。

表 3 SPAD 值与叶绿素 b 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 $y=ae^{bx}$
三月青	$y=0.0052x+0.1237$ $R^2=0.4021$ $r=0.6341^{**}$	$y=0.2205\ln(x)-0.4795$ $R^2=0.3978$ $r=0.6307^{**}$	$y=0.0320x^{0.6354}$ $R^2=0.4021$ $r=0.6341^{**}$	$y=0.1823e^{0.0151x}$ $R^2=0.4048$ $r=0.6362^{**}$
青柳叶	$y=0.0356x-0.7575$ $R^2=0.7764$ $r=0.8811^{**}$	$y=1.6948\ln(x)-5.6062$ $R^2=0.7596$ $r=0.8716^{**}$	$y=0.0012x^{1.724}$ $R^2=0.7703$ $r=0.8877^{**}$	$y=0.1664e^{0.0361x}$ $R^2=0.7837$ $r=0.8853^{**}$

2.2.3 菜心叶片中SPAD值与总叶绿素含量之间的相关性

从表4可以看出,两品种菜心叶片的SPAD值 x 与总叶绿素含量 y 之间的相关性呈极显著水平,且全部相关系数均在0.65以上。两品种菜心的最

优函数模型均不相同,“三月青”相关性最高的函数模型是线性方程 $y=0.0213x+0.3593$ ($r=0.6657^{**}$),而“青柳叶”相关性最高的函数模型是乘幂方程 $y=0.0004x^{1.7354}$ ($r=0.7674^{**}$)。

表4 SPAD值与叶绿素总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 $y=ae^{bx}$
三月青	$y=0.0213x+0.3593$	$y=0.8952\ln(x)-2.0897$	$y=0.0903x^{0.7039}$	$y=0.6201e^{0.0167x}$
	$R^2=0.4431$	$R^2=0.4381$	$R^2=0.4323$	$R^2=0.4360$
	$r=0.6657^{**}$	$r=0.6619^{**}$	$r=0.6575^{**}$	$r=0.6603^{**}$
青柳叶	$y=0.0120x-0.2440$	$y=0.5800\ln(x)-1.9104$	$y=0.0004x^{1.7354}$	$y=0.0588e^{0.0359x}$
	$R^2=0.5811$	$R^2=0.5823$	$R^2=0.5889$	$R^2=0.5850$
	$r=0.7623^{**}$	$r=0.7631^{**}$	$r=0.7674^{**}$	$r=0.7649^{**}$

3 结论与讨论

本研究对不同品种的菜心叶片中叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素含量及SPAD值的相关性进行统计分析,发现SPAD值与叶绿素含量均呈极显著正相关,与桂花、小麦、水稻、马铃薯、西葫芦等的结果都类似^[7-13]。结果表明,“三月青”的4种数学模型的相关系数都达到0.5以上,叶绿素b与SPAD值的最优函数模型是指数方程,叶绿素a、总叶绿素含量与SPAD值的最优函数模型都是线性方程。同样,“青柳叶”的4种函数模型的相关系数都达到0.7以上,叶绿素a与SPAD值的最优函数模型是指数方程,而叶绿素b、总叶绿素含量与SPAD值的最优函数模型都是乘幂方程。

通过本试验研究可知,利用SPAD-502叶绿素仪测叶绿素含量是合理可行的,且方便快捷,省去了提取叶绿素这一步,更重要的是不破坏植物的叶片,可快速地测得数据,也为菜心的相关研究提供可靠快捷的测量手段。

参考文献:

- [1] 邓伟金,谢灵先.菜心栽培技术[J].中国园艺文摘,2012(5):147-148.
[2] 任红,罗丰,许彦,等.菜心叶绿素测定方法比较研究[J].安徽农业科学,2012,40(3):1455-1456.

- [3] 蹇黎,余丹凤,秦小军.野生白芨叶绿素含量与SPAD值的测定与分析[J].北方园艺,2013(21):165-167.
[4] Azia F, Stewart K A. Relationships between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves[J]. J Plant Nutr, 2007, 24(6): 961-966.
[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探[J].湖北农业科学,1996(2):31-34.
[6] 袁方,李鑫,余君萍,等.分光光度法测定叶绿素含量及其比值问题的探讨[J].植物生理学通讯,2009,45(1):63-66.
[7] 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.
[8] 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.
[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] 刘西军,陈静,徐小牛,等.桂花叶片SPAD、叶绿素含量和比叶重特征[J].安徽农业大学学报,2013,40(1):51-54.
[12] 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): 468-470.
[13] 宋廷宇,吴春燕,常雪,等.西葫芦叶片SPAD值与叶绿素含量的相关性分析[J].吉林农业科学,2014,39(3):67-70.

(责任编辑:范杰英)