

# SPAD 计在黄瓜氮素营养诊断中的应用效果

武新岩<sup>1,2</sup>, 郭建华<sup>1</sup>, 方正<sup>3</sup>, 张毅功<sup>2</sup>

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097; 2. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071000)

3. 河北农业大学 河北省生物无机化学重点实验室, 河北 保定 071001)

**摘要:** 在日光温室内, 采用小区种植的方式应用叶绿素仪 SPAD-502 和硝态氮反射仪快速监测黄瓜叶片氮素营养的研究。结果表明: 黄瓜正在开花叶片和正在结果叶片的全氮含量均与黄瓜叶片的 SPAD 值和硝态氮的浓度具有很好的相关性, 无论花叶还是果叶都是开展氮素营养诊断的主要部位; 基于 SPAD 计的无损诊断结合硝态氮的快速诊断可以获取氮素营养状况, 生产中根据条件作出正确的选择, 实施合理施肥。

**关键词:** 黄瓜; 氮肥; 硝态氮; SPAD

中图分类号: S 642.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2010)11-0013-04

氮素是影响作物生长发育和产量的主要养分之一, 为植物光合作用和生态系统生产力提供着重要支持, 对植物的生长、产量和品质有着极为显著的影响。植株全氮含量能够很好的反应氮素营养的丰缺, 与作物产量也有很好的相关性, 是一个很好的诊断指标<sup>[1]</sup>。但是植株全氮的化学分析方法不仅需要破坏植株, 而且测试工作量大, 耗时间, 指导施肥的时效滞后。目前, 我国在确定施肥量研究中所采用的方法大多是对作物全生育期的需肥量作出一个总的估计, 而对于这些肥料应在什么时期施用和施肥量却无法确定。事实上许多作物, 除需要施用底肥外, 还需在生长期追施 1~2 次氮肥<sup>[2]</sup>。因此, 有必要通过快速营养诊断进行指导追肥。

近年来, 叶绿素仪在作物叶片养分的间接速测上应用广泛, 取得了较好的效果, 利用叶绿素仪测定的 SPAD 值可以间接反映作物叶片的叶绿素含量及含氮量<sup>[3-5]</sup>。已有学者利用 SPAD-502 叶绿素仪, 研究了黄瓜和番茄叶片的 SPAD 值与叶片含氮量、产量的关系, 结果发现, SPAD 值和叶片含氮量显著相关<sup>[6,7]</sup>。研究表明, 植株体内的硝态氮对于氮素的丰缺很敏感, 可以用硝态氮分析估计作物氮营养状况, 目前此法已经成功地应用于甜

菜<sup>[8]</sup>、棉花<sup>[9]</sup>、苜蓿<sup>[10]</sup>、冬小麦<sup>[11]</sup>、油菜<sup>[11]</sup>等多种作物。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本情况

试验于 2009 年春在北京市昌平区小汤山国家精准农业示范基地的日光温室内进行。黄瓜移栽前, 大棚按照 S 型进行取样, 取样深度 0~20 cm, 土壤类型为石灰性褐土, 试验土壤的基础地力: 有机质 45.4 g/kg、全氮 1.92 g/kg、速效磷 288 mg/kg、速效钾 250 mg/kg、pH 7.14, 硝态氮 70.9 mg/kg。供试黄瓜品种为水果型迷你 2 号, 2009 年 3 月 10 日定植, 株距 40 cm, 行距 40 cm, 每小区共 28 株。田间浇水以及病虫害管理与其它大棚相同。

### 1.2 试验设计

设 5 个氮素处理, CK 0 kg/hm<sup>2</sup>、F1 300 kg/hm<sup>2</sup>、F2 600 kg/hm<sup>2</sup>、F3 900 kg/hm<sup>2</sup>、F4 1 200 kg/hm<sup>2</sup>; 每处理 3 次重复, 随机排列, 每个小区面积为 5.2 m<sup>2</sup>, 共 15 个小区。供试氮肥为硫酸铵, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为硫酸钾, 磷钾肥在播种前作为底肥施入。试验氮肥施用方法: 1/3 作为基肥施入, 2/3 作为追肥冲施。取样分为果叶和花叶, 5 次重复, 取平均值, 5 月 4 日开始采摘黄瓜, 各小区分别单独采摘, 单独计产。

### 1.3 样品分析方法

土壤有机质采用重铬酸钾容量法—外加热法进行测定, 硝酸盐浓度采用反射仪速测, 全氮的测定采用凯式定氮法测定。

### 1.4 样品取样

定植以后, 用叶绿素仪 (SPAD-502) 和硝态氮仪 (RQflex) 在黄瓜生育期间分别测定结瓜叶片 (果叶) 和新展开叶片 (花叶) SPAD 读数值和硝态氮的浓度。

第一作者简介: 武新岩(1986-), 女, 河北保定人, 在读硕士, 研究方向为植物营养生态。E-mail: wuxinyanmx@163.com。

通讯作者: 郭建华(1961-), 女, 河北武强人, 硕士, 研究员, 现主要从事植物营养与施肥研究工作。

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(6082010); “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BA D44B06)。

收稿日期: 2010-03-16

## 1.5 数据处理

数据处理采用 Spss 处理, Excel 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生育时期黄瓜花叶、果叶 SPAD 值的变化

图 1 表明, 随着施氮量的增加, 黄瓜花叶叶片的 SPAD 值在不断的增加, 即  $CK < F1 < F2 < F3 < F4$ , 在同一氮素水平下, 随着生育期的延长, 黄瓜花叶叶片 SPAD 值也在不断的增加。整个生育期内, 施肥处理的 SPAD 值都大于对照 SPAD 值, 定植 20 d 后, SPAD 值的读数差异并不显著, 随着生育期的延长, SPAD 值的读数差异逐渐增大, 在定植 80 d 后, 施肥 600、900、1 200 kg/hm<sup>2</sup> 的值很接近, 这可能是因为作物处于奢侈状态时, 叶绿素含量不再随施氮量的增加而增加。

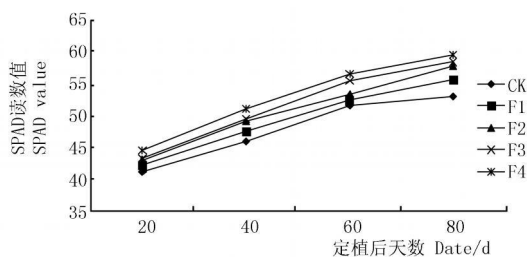


图 1 不同施肥处理对黄瓜花叶 SPAD 值的影响

Fig. 1 Effects of different fertilization levels on the SPAD values of flower leaves of cucumber

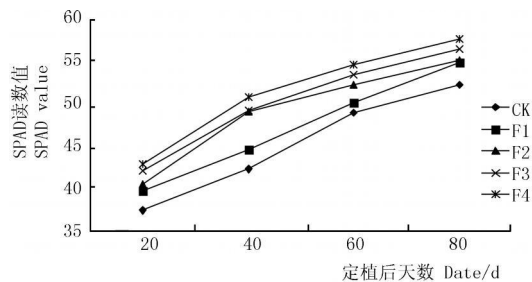


图 2 不同施肥处理对黄瓜果叶 SPAD 值的影响

Fig. 2 Effects of different fertilization levels on the SPAD values of fruit leaves of cucumber

由图 2 可以看出, 在同一氮素水平下, 随着生育期的延长, 黄瓜果叶 SPAD 值在不断增加; 在定植 40 d 后, 施氮量 600 kg/hm<sup>2</sup> 和 900 kg/hm<sup>2</sup> 的果叶 SPAD 值很接近, 定植 80 d 后, 施氮量 600 kg/hm<sup>2</sup> 和 300 kg/hm<sup>2</sup> 果叶的 SPAD 值很接近。随着施氮量的增加, 黄瓜果叶的 SPAD 值也在不断增加, 在定植 20 d 后, 黄瓜果叶的 SPAD 差异并不显著, 而随着生育期的延长, 黄瓜果叶的 SPAD 值差异在逐渐的增大。

从以上结果可以看出, 各施肥处理黄瓜叶片无论花叶还是果叶的 SPAD 值都大于对照 (CK), 说明施肥有利于黄瓜叶片 SPAD 值的增加; 同一氮素水平下, 黄瓜花叶的 SPAD 值大于果叶的 SPAD 值。出现这种情况的

原因可能是氮素为可移动元素, 随着生育期的延长, 黄瓜叶片的氮素从下部叶片逐渐向上部叶片转移, 所以黄瓜花叶的 SPAD 值的读数大于黄瓜果叶的 SPAD 读数。

### 2.2 不同施肥处理对黄瓜叶片硝态氮的影响

由图 3 可看出, 随着施氮量的增加, 黄瓜花叶叶片硝态氮的浓度也在逐渐的增加, CK 最小, F4 最大即  $CK < F1 < F2 < F3 < F4$ , 每个施肥处理的硝态氮浓度都大于不施肥 (CK), 说明施肥将会导致硝态氮浓度的增加。同一氮素水平下, 随着生育期延长, 黄瓜新叶叶片的硝态氮浓度不断的增加, 在定植 20 d 后, 施氮量 900 和 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 处理的硝态氮浓度差异不显著, 在定植 40 d 后, 施氮量 300、600 和 900 kg/hm<sup>2</sup> 处理的硝态氮差异也不显著, 在定植 60 d, 各处理的硝态氮浓度差异显著, 而在定植 80 天后, 各处理的差异都不显著, 这说明定植 60 d 后也就是在盛果期, 黄瓜叶片对氮素反应敏感。

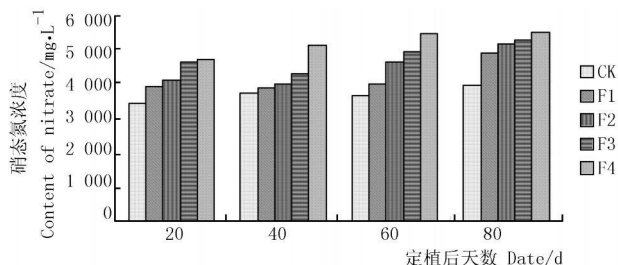


图 3 不同施肥处理对黄瓜花叶硝态氮的影响

Fig. 3 Effects of different fertilization levels on the content of nitrate of flower leaves of cucumber

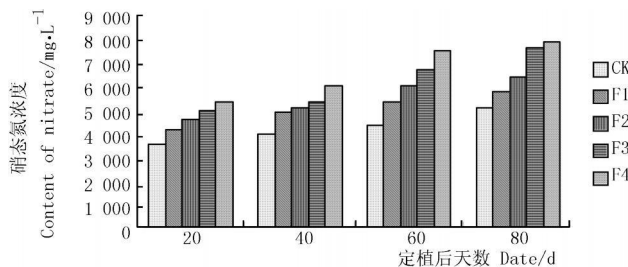


图 4 不同施肥处理对黄瓜果叶硝态氮的影响

Fig. 4 Effects of different fertilization levels on the content of nitrate offruit leaves of cucumber

图 4 表明, 同一氮素水平下, 随着生育期的延长, 黄瓜果叶叶片硝态氮浓度逐渐增加, 在定植 20、40、60 d 后, 黄瓜果叶叶片的硝态氮浓度与新叶的硝态氮浓度很接近; 随着施氮量的增加, 黄瓜果叶叶片硝态氮浓度也在逐渐的增加, CK 最小, F4 最大, 即:  $CK < F1 < F2 < F3 < F4$ 。综合以上结果可以看出, 同一氮素水平下, 黄瓜花叶的硝态氮浓度低于果叶; 随着施氮量的增加, 黄瓜无论花叶还是果叶的硝态氮浓度都是增加的。

移动元素, 植株体内的一部分氮素被植株体内转移利用, 而另一部分则转移到果实当中, 过量施肥将会导

致果实中的硝酸盐含量增加。硝酸盐是强致癌物—亚硝酸胺的前体,其含量高低与人体健康有十分密切的关系。一般认为,人体摄入的硝酸盐 80%以上来源于蔬菜<sup>[1]</sup>,所以硝酸盐含量是衡量蔬菜品质的重要指标。因此,应当适当减少氮肥用量或者研发一种新的产品来减少氮肥的残留量。

2.3 黄瓜花叶全氮与其硝态氮和 SPAD 的相关性

由表 1 可以看出,黄瓜花叶、果叶的全氮和 SPAD 之间存在着很好的相关性,其中黄瓜花叶的全氮和 SPAD 的相关系数是 0.9341;黄瓜果叶的全氮与 SPAD 的相关系数是 0.9875。由于黄瓜花叶和植株全氮的相关系数与黄瓜果叶与植株全氮的相关系数相差 1%,所以在用 SPAD 测定时无论选花叶还是果叶都能很好的进行黄瓜氮素诊断。

由表 1 还可以看出,黄瓜花叶、果叶的全氮和硝酸盐浓度符合二次曲线变化,它们之间存在着很好的相关性,其中黄瓜花叶的全氮和硝酸盐浓度的相关系数是 0.9358;黄瓜果叶的全氮与硝酸盐浓度的是 0.9467。由于黄瓜花叶和植株全氮的相关系数与黄瓜果叶和植株全氮的相关系数相差 5%,所以在用硝态氮仪测定时无论选花叶还是果叶也能很好的进行黄瓜氮素诊断。用 SPAD 和硝态氮仪都能进行黄瓜氮素快速诊断,在选择叶位时根据具体情况选择花叶和果叶都可以。

表 1 黄瓜花叶、果叶的全氮与硝酸盐浓度、SPAD 读数值的相关性

Table 1 The liner relationships between the nitrogen and SPAD value and content of nitrate in flower and fruit leaves of cucumber			
名称	叶位	方程式	R <sup>2</sup>
Name	Leaf position	Equation	
全氮与 SPAD 读数值 SPAD value and total nitrogen	花叶	$y = -0.2036x^2 + 2.0764x + 49.27$	0.9341
	果叶	$y = -0.0107x^2 + 1.3293x + 50.34$	0.9875
	花叶	$y = -36.185x^2 + 517.11x + 3861.4$	0.9358
	果叶	$y = -20.104x^2 + 578.09x + 4484.1$	0.9467
全氮与硝酸盐浓度 Total nitrogen and content of nitrate	花叶		
	果叶		

3 结论

随着设施农业的快速发展,蔬菜营养的快速诊断也成为一个亟待解决的问题。研究结果表明:同一氮素条件下,随着生育期的延长,黄瓜无论花叶还是果叶的 SPAD 读数和硝态氮浓度都是增加的,不同氮素条件下,随着施肥量的增加,黄瓜无论花叶还是果叶的 SPAD 读数和硝态氮浓度也都是增加的;并且黄瓜植株全氮与黄瓜花叶或者黄瓜果叶的 SPAD 测定值具有很好的相关性,相关系数分别是 0.9341、0.9875,黄瓜植株全氮与黄

瓜花叶或者黄瓜果叶的硝态氮浓度也具有很好的相关性,相关系数分别是 0.9358、0.9467。叶绿素仪 SPAD-502 及硝态氮仪能够快速的对黄瓜进行氮素营养诊断,无论花叶还是果叶都是开展氮素营养诊断的主要部位。

植株全氮的化学分析方法普遍基于通过破坏土壤和作物获取样本,历经采样、烘干、研磨、称重、化验分析等多道程序,花费时间长,测试结果不具有实时性,不能满足日趋发展的农业信息化要求<sup>[1]</sup>。研究结果可知,叶绿素仪 SPAD-502 及硝态氮仪能够快速的对黄瓜进行氮素营养诊断,叶绿素仪 SPAD-502 及硝态氮仪同时也可以应用在其它的蔬菜作物上,它们简单的操作能够快速诊断氮素的丰缺,并能够使农民及时掌握蔬菜的养分状况,从而做出准确的判断是否该施肥。但是硝态氮仪也需要破坏植株,它的测定需要从植株体内压出汁,才能进行测定,而 SPAD 是一种非破坏性的方式,并且能够快速准确的做出判断。基于 SPAD 计的无损诊断结合硝态氮的快速诊断可以获取氮素营养状况,生产中可根据条件作出正确的选择,从而实施合理施肥。

参考文献

[ 1 ] Roth G W, Fox R H. Plant tissue test for predicting nitrogen fertilizer requiment of winter wheat [ J ]. Agron J, 1989, 81: 502-507.  
[ 2 ] 李志宏, 易小琳, 王兴仁. 应用植株快速诊断确定春小麦的追氮量 [ J ]. 北京农业大学学报, 1995 21: 42-43.  
[ 3 ] 李志宏, 刘宏斌, 张福锁. 应用叶绿素仪诊断冬小麦氮营养状况的研究 [ J ]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 401-405.  
[ 4 ] 张延丽, 田吉林, 翟丙年, 等. 不同施氮水平下黄瓜叶片 SPAD 值与硝态氮含量及硝酸还原酶活性的关系 [ J ]. 西北农林科技大学学报, 2009 37(1): 189-193.  
[ 5 ] 裴正军, 宋海燕, 何勇, 等. 应用 SPAD 和光谱技术研究油菜生长期间的氮素变化规律 [ J ]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 150-154.  
[ 6 ] 贾良良, 陈新平, 张福锁. 叶绿素仪与植株硝酸盐浓度测试对冬小麦氮营养诊断准确性的比较研究 [ J ]. 华北农学报, 2007, 22(6): 157-160.  
[ 7 ] Kiewer W, Wolpert A, Benz M. Trellis and vine spacing effect on growth, canopy microclimate yield and fruit composition of Cabemet Sauvignon [ J ]. Acta Horticulturae 2000, 526: 21-32.  
[ 8 ] Carter J N, Fensen M E. Interpreting the rate of ehange in nitrate-nitrogen in suger beet petioles [ J ]. Agron. J, 1971, 63: 669-674.  
[ 9 ] Tabor J A, Warriek A W, Spatial D W. Variability of nitrate in irrigated cotton. I. Petioles [ J ]. Soil Sci. Soc. A.M. J., 1984 48: 602-607.  
[ 10 ] Geraldson C M J. Plant analysis as a aid in fertilising vegetable crops [ A ]. We lsh L Metal. Soil testing and plant analysis [ M ]. Madison, Wisconsin USA: Soil Si Soc Amer, Inc 1900: 365-379.  
[ 11 ] 吕世华, 曾祥忠, 刘学军, 等. 油菜氮营养快速诊断技术的研究 [ J ]. 西南农业学报, 2009, 14(4): 5-9.  
[ 12 ] 张艳玲, 宋述尧, 王艳. 氮素营养对黄瓜生长发育及产量的影响 [ J ]. 吉林农业科学, 2008, 33(1): 43-46.  
[ 13 ] 郭建华, 赵春江, 王秀, 等. 作物氮素营养诊断方法的研究现状及进展 [ J ]. 中国土壤与肥料, 2008(4): 10-14.

# 低温对白菜幼苗叶绿素荧光参数日变化的影响

叶国锐<sup>1,2</sup>, 钟新民<sup>2</sup>, 李必元<sup>2</sup>, 王五宏<sup>2</sup>, 刘合芹<sup>3</sup>

(1. 浙江师范大学 生化学院 浙江 金华 321004; 2. 浙江省农业科学院 蔬菜研究所, 浙江 杭州 310021;

3. 浙江省农业科学院 作物与核技术研究所, 浙江 杭州 310021)

**摘要:** 选用不同耐冷性的 2 个大白菜材料“534”和“676”, 利用低温胁迫在植株不出现明显受迫症状的前提下, 比较胁迫期和恢复期的叶绿素荧光参数差异。结果表明: 低温胁迫使耐冷性弱的“534” $F_v/F_m$ 、 $qP$  的降幅均比耐冷性强的“676”明显。在胁迫期, “534”、“676”的  $qN$  均升高, 同时“676”升幅比“534”明显, 且 2 个品种的  $Yield$  日变化对低温胁迫的响应差异不明显。经历了 3 d 恢复后, “676” $F_v/F_m$ 、 $qP$  的恢复幅度明显高于“534”。但在恢复期 2 个品种的  $Yield$  日变化对低温胁迫后恢复差异不明显。说明“534”在胁迫期受低温的影响较大, “676”在低温胁迫解除后较快得到恢复, 这些参数可作为反映品种耐冷能力大小的指标。

**关键词:** 叶绿素荧光; 大白菜; 低温; 日变化; 耐冷性

**中图分类号:** S 634.104<sup>+</sup>.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)11-0016-06

大白菜在我国南北方的蔬菜作物中占有重要地位, 随着我国农业产业结构的调整、市场多样需求的增加, 对大白菜品种耐冷性提出新的要求, 因此研究低温对大白菜光合系统的影响, 对大白菜抗逆性推广栽培具有重要意义。

叶绿素荧光技术是一种测定植物光合生理生态的新方法, 广泛应用于植物光合特性的研究<sup>[1]</sup>。Frachebound 认为叶绿素荧光参数可作为抗冷性选择指标<sup>[2]</sup>, 叶绿素荧光分析技术也越来越多地被用于研究植物抗寒特性<sup>[3]</sup>。叶绿素荧光技术在各种蔬菜的低温胁迫已经有所研究, 比如番茄、黄瓜、茄子、不结球大白菜, 但关于大白菜幼苗的荧光参数日变化研究目前报道较少<sup>[4-7]</sup>。该试验利用叶绿素荧光技术对 2 个品种大白菜幼苗主要荧光参数及其日变化进行了测定, 得到低温处理后叶绿素荧光参数的变化, 初步了解它们之间的荧光参数差异, 试图摸索这些变化与不同品系耐低温特性的关系, 探讨其可能存在的生理机制, 为今后大白菜的引种、培育及应用提供一定的理论和实际运用依据。

**第一作者简介:** 叶国锐(1982-), 男, 福建漳州人, 在读硕士, 现主要从事生物技术育种工作。E-mail: guoruiye111@163.com。

**通讯作者:** 钟新民(1958-), 男, 本科, 研究员, 现主要从事十字花科遗传育种研究工作。

**基金项目:** 浙江省重大科技攻关资助项目(2006c12012)。

**收稿日期:** 2010-03-05

## The Application of SPAD on Nitrogen Diagnosis of Cucumber

WU Xin-yan<sup>1,2</sup>, GUO Jian-hua<sup>2</sup>, FANG Zheng<sup>3</sup>, ZHANG Yi-gong<sup>1</sup>

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097; 2. Department of Environment Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001; 3. Key Lab of Bio-inorganic Chemistry of Hebei, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

**Abstract:** In order to investigate the relationship between nitrogen in leaves of cucumber and the value measured by SPAD-502 chlorophyll meter and content of nitrate by RQflex in solar greenhouse cucumber (*Cucumis sativas* L.). The results showed that there was a good correlation between nitrogen of the blooming leaves and the fruiting leaves of cucumber and the content of nitrate and SPAD value. Regardless of flower leaves or fruit leaves can carry on the nitrogen nutrition diagnosis; According to the production condition, it based on the SPAD and nitrate's fast diagnosis of RQflex can gain the nitrogen nutritional status, then recommend fertilizer rationally.

**Key words:** cucumber; nitrogen; nitrate; SPAD