

# 作物氮素营养诊断的无损测试研究与应用现状

李桂娟, 朱丽丽, 李井会  
(松原职业技术学院生物工程系, 松原 138000)

**摘要:** 介绍了作物氮素营养诊断的几种无损测试技术, 即利用便携式叶绿素仪、高光谱遥感技术、冠层色彩分析技术和叶绿素荧光技术进行作物的氮素营养诊断的方法及研究现状。  
**关键词:** 氮素; 营养诊断; 无损测试技术; 遥感  
**中图分类号:** S311      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1002-2767(2008)04-0127-03

## Present Status of Research and Application of Non-destructive Measurement of Nitrogen Nutrition Diagnosis

LI Gui-juan, ZHU Li-li, LI Jing-hui  
(Songyuan Vocation-technical College, Songyuan 138000)

**Abstract:** The paper introduced several techniques of non-destructive measurement of nitrogen nutrition diagnosis. It introduced the method and present application of using the technology of chlorophyll meter, hyperspectral remote sensing, and chlorophyll fluorescence to diagnosis the nitrogen nutrition.  
**Key words:** nitrogen; nutrition diagnosis; non-destructive measurement; remote sensing

氮肥用量调控是作物推荐施肥技术的难点所在, 究其原因, 主要是由于缺乏能够准确、迅速、经济地判断作物氮素营养状况及确定氮肥需要量的测试方法。长期以来, 氮肥的推荐施用都完全以室内分析为基础, 如测量土壤中的全氮<sup>[1]</sup>、碱解氮<sup>[2]</sup>、无机氮<sup>[3]</sup>或植株中的全氮<sup>[4]</sup>、硝态氮<sup>[5-6]</sup>及氨态氮, 通过室内实验找出临界养分范围<sup>[7]</sup>, 应用于生产。但这种测试手段在取样、测定、数据分析等方面需要大量的人力、物力、财力, 且时效性差, 不利于推广应用。因此, 无损测试技术作为氮素营养诊断技术已受到科研工作者的广泛关注。

无损测试技术, 即在不破坏作物组织结构的基础上, 利用各种手段, 对作物的生长、营养状况进行检测, 传统的无损测试技术从颜色来表征植株氮素营养状况, 20 世纪 60 年代初, 崔继林等用比色卡目力比色测定水稻叶色级实现水稻量化<sup>[8]</sup>, 后又有利用电子计算机控制下的电子分色仪制作标准比色卡<sup>[9]</sup>。近年来, 随着相关领域科技水平的不断提高, 氮素营养诊断的无损测试技术正由定性或半定

量向精确定量的方向发展, 由手工测试向智能化测试方向发展。本文介绍几种应用于作物氮素营养诊断的无损测试技术。

### 1 利用便携式叶绿素仪进行氮素营养诊断

便携式叶绿素仪是在 20 世纪 80 年代原产于日本的氮素营养诊断仪器, 先后推出 SPAD-501 和 SPAD-502 两种型号, 其工作原理是: 基于叶绿素 a 和叶绿素 b 在可见光波段的红光区都有最大吸收峰, 而在红外区则几乎没有, 叶绿素仪采用双波长 LED 光源, 一为 650 nm 红光 LED, 一为 940 nm 红外光 LED, 分别照射植物叶片表面, 通过光电信号转换, 比较通过叶片的透射光的光密度差异而得出 SPAD 值。因而, SPAD 值是一个无量纲的比值, SPAD 值只能相对的反映作物叶片叶绿素的含量, 而不是真实值。

目前, 对叶绿素仪在氮素营养诊断上的应用研究国内外已经广泛开展, 但大多数应用于大田作物, 如小麦<sup>[10]</sup>, 水稻<sup>[11]</sup>, 玉米<sup>[12]</sup>, 大麦<sup>[13]</sup>等, 认为叶绿素仪测得值能够作为以上几种大田作物的氮素营养诊断指标。在蔬菜上目前在番茄、油菜、洋葱、胡萝卜及白菜上开始了研究, 认为番茄<sup>[14]</sup>、油菜<sup>[15]</sup>和白菜<sup>[16]</sup>上 SPAD 值与室内实验硝酸盐含量测得值存

收稿日期: 2008-02-17  
第一作者简介: 李桂娟 (1970-), 女, 吉林省松原市人, 学士, 讲师, 主要从事作物生理学研究。Tel: 1394381279; E-mail: lijinghui9@126.com.

在极显著相关,而在洋葱、胡萝卜上 SPAD 值与室内分析的硝酸盐值不相关<sup>[16]</sup>,由此说明,叶绿素仪的应用推广只能针对部分作物。

目前,叶绿素仪应用的研究中,各研究者所采用的测定部位都基本上相同,即作物生长前期取新展开的第一片完全展开叶,生长后期则取功能叶作为测定部位。虽然叶绿素仪能用于大多数作物的氮营养诊断,但它仍有一些缺陷:测得值变异度非常大,因此通过多点(至少 30 点)的随机测试才能降低测定的变异,这就意味着要花费较多的时间,并且要严格掌握测定的技术。测定结果受品种、耕作、环境等因素的影响很大,必须对偶测试指标进行相应调整。在小麦玉米大豆棉花等作物上,SPAD 读数在一定施氮量范围内随着施氮量的增加而增加,但施氮量超过一定范围后,SPAD 读数则相对稳定,因此,便携式叶绿素仪可能在某些作物上不能反映过量施氮问题。

## 2 利用遥感技术进行氮素营养诊断

高光谱遥感是对地观测的重要手段,利用野外光谱仪在地面的实测工作为精准农业等方面的应用进行有益的尝试,可以提高作物营养诊断的精度。

各种植物胁迫如缺氮、干旱等都会使作物叶片的光反射特性发生改变,通过检测植物冠层光化学反射特性可以了解作物的营养状况,影响叶片中对光吸收和光反射的主要物质是叶绿素、蛋白质、水分和含碳化合物,其中影响最大的是叶绿素含量,遥感技术就是通过检测作物冠层的光反射和光吸收性质来检测作物营养状况,特别是氮素营养状况。

通常使用高光谱分辨率遥感数据估计作物农学参数主要有两类方法:一是通过多元回归方法建立光谱数据或由此衍生的植被指数与作物农学参量之间的关系<sup>[17-18]</sup>,二是通过作物的红边参数描述作物的物候变化及其农学参数<sup>[19-22]</sup>。

目前,国内外对高光谱在氮素营养诊断的研究已很广泛。国外学者早在 20 世纪 80 年代开始了大量研究<sup>[23-24]</sup>。我国起步较晚,2001 年,程一松等对冬小麦氮素胁迫下的高光谱特征进行了提取和分析,认为对叶绿素密度、叶绿素含量、叶面积指数均可用高光谱遥感特征曲线中包含的近红外反射峰值、绿峰和红端位移等信息和参量来模拟<sup>[25]</sup>。薛利红等认为冠层反射光谱与水稻叶片含氮量的相关不显著,而与叶片氮积累量显著相关<sup>[26]</sup>。1972 年 Thom 等通过甜椒叶片的反射率估计含氮量,认为氮素营养水平对甜椒叶片在 550 nm 和 667 nm 波段的光谱反射率的影响最大,并利用这两个波段建

立了氮素含量的数学模型<sup>[27]</sup>。

但与此同时,植物冠层光谱反射还受到地面土壤的背景、以及太阳高度角、空气折射率、风速、冠层结构等因素的影响,与植物本身的叶片结构、构成叶片的细胞数量和细胞壁排列方向等都有关系,且设备昂贵,技术复杂。因此,高光谱要应用于生产应该在分析手段和检测指标的确立方面需要一段时间的研究。

## 3 利用荧光诊断法进行氮营养诊断

近几年,有些学者开始研究利用叶绿素荧光法对作物进行营养诊断,聂磊通过对沙田叶绿素荧光特性与叶片矿质元素含量的关系研究发现<sup>[27]</sup>,叶绿素荧光参数光化学效率( $F_v/F_m$ )与叶片 N 含量呈极显著正相关。范燕萍采用水培方法对氮素营养胁迫与匙叶天南星生长及光合特性的研究发现,匙叶天南星叶片叶绿素荧光诱导动力学参数可以为植物对氮素营养环境适宜度的灵敏指标<sup>[28]</sup>。所以,叶绿素荧光技术也可以作为氮素营养诊断的一个方法加以研究。

## 4 利用冠层色彩分析进行氮营养诊断

近年来,通过判断作物冠层颜色深浅了解作物的氮素营养状况,或者进行施肥推荐、产量预测的研究逐渐增多,摄影技术开始应用于作物的氮素营养诊断的研究。其原理为:作物的冠层颜色受营养状况的变化的直接影响,即缺氮植物叶色颜色变浅,冠层颜色偏黄绿色,这样获得的冠层图象经计算机程序处理后,能精确定量植物冠层反射的红光(R)、绿光(G)、蓝光(B)值,用于氮素营养诊断。

在这些研究中,研究者多采用冠层图像色彩的相对值,或冠层绿光反射与红光反射的比值  $G/R$  来进行氮素营养诊断。除此之外,是否还有其他的图象色彩参数能够用来描述作物的氮素营养状况尚没有报道。Blackmer<sup>[29]</sup>等报道应用航空摄影技术获取了玉米的冠层图像,发现红、绿、蓝三色光与玉米产量间都达到了极显著的线性正相关关系。Adamson 等应用数码相机获取了冬小麦的冠层图像,并分析了冠层图像绿光(G)与红光(R)的比值  $G/R$ ,认为  $G/R$  与叶绿素仪读数有极显著的相关关系<sup>[30]</sup>。Scharpf 和 Lory 通过分析航空摄影,得到的玉米冠层图像对玉米的追肥施用量进行了预测与分析,结果发现在玉米生长 6 叶期到 7 叶期的冠层图像相对绿色与蓝色深度值与经济最佳施氮量间有良好的线性正相关关系<sup>[31]</sup>。由此可以判断随着相对绿色深度和蓝色深度与土壤供氮量间为线性反相关关系。但目前对这方面的研究还较少,没有建立一

致的图象获取及处理标准, 因此利用冠层色彩分析进行氮素营养诊断还有待进一步研究。

在我国, 推荐施肥技术很多, 但因为方法复杂, 浪费人力物力, 而利用无损测试技术进行氮素营养诊断是具有很大潜力的新一代作物营养诊断和推荐施肥手段, 在中国有非常广阔的前景。我们应该将土壤-植株测试技术和无损测试技术与产量分析结合起来, 建立新一代推荐施肥技术, 使我国的推荐施肥更加准确、方便。

参考文献:

[ 1 ] 陈新平, 李志宏, 王兴仁, 等. 土壤、植株快速测试推荐施肥技术体系的建立与应用[ J ]. 土壤肥料, 1992(2): 6-10.

[ 2 ] 于增寿. 应用土壤测试技术指导冬小麦合理施肥[ J ]. 华北农学报, 1991, 6(4): 88-93.

[ 3 ] Binford G D, Blackmer A M. Visually rating the N status of corn[ C ] //Agronomy Abstracts. A. SA, Madison, 1987, WI.

[ 4 ] Geraldson, C M. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crop[ C ] //Welsh L M. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, USA; Wisconsin, 1990; 365-379.

[ 5 ] Sheikh E L. Critical nitrate levels for squash cucumber and melon plants[ J ]. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1970, 1(4): 213-219.

[ 6 ] Woodson W R, Boodley J W. Petiole nitrate concentration as an indicator of Geranium nitrogen status[ J ]. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1983, 14(5): 363-372.

[ 7 ] Dow A I, Roberts S. proposal critical nutrient ranges for crop diagnosis[ J ]. Agron. J., 1982, 74: 40.

[ 8 ] 陶勤南, 方萍, 吴良欢, 等. 水稻氮素营养的叶色诊断研究[ J ]. 土壤, 1990, 22(4): 190-193.

[ 9 ] 张顺泉, 陈培玉. 应用水稻叶色诊断追氮技术的探讨[ J ]. 浙江农业科学, 1994, (2): 77-78.

[ 10 ] 谢华, 沈荣开, 徐成剑, 等. 水、氮效应与叶绿素关系试验研究[ J ]. 中国农村水利电力, 2003, 8: 40-43.

[ 11 ] 王绍华, 曹卫星, 王强盛, 等. 水稻叶色分布特点与氮素营养诊断[ J ]. 中国农业科学, 2002, 35(12): 1461-1466.

[ 12 ] 王康, 沈荣开, 唐友生. 用叶绿素测值(SPAD)评估夏玉米氮素状况的试验研究[ J ]. 灌溉排水, 2002, 21(4): 1-3, 12.

[ 13 ] 唐延林, 王人潮, 张金恒, 等. 高光谱与叶绿素计快速测定大麦氮素营养状况研究[ J ]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 63-66.

[ 14 ] Fontes P C R, Ronchi C P. Critical values of nitrogen indices in tomato plants grown in soil and nutrient solution determined by different statistical procedures[ J ]. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 2003, 37(10): 1421-1429.

[ 15 ] 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.

[ 16 ] Wester Veld S M, Mckeown A W, et al. Scott-Dupree. Chlorophyll and nitrate meters as nitrogen monitoring tools for selected vegetables in southern Ontario[ J ]. Acta Horticulturae, 2003, 627(8): 259-266.

[ 17 ] Shibayama. Seasonal visible near-infrared and mid-infrared spectra of rice canopies in relation to LAI and above-ground dry Phytomass[ J ]. Remote Sensing Environment, 1989, 27(2): 119-127.

[ 18 ] Shibayama. Estimating grain yield of maturing rice canopies using high spectral resolution reflectance measurements[ J ]. Remote Sensing Environment, 1991, 36(1): 45-53.

[ 19 ] Danson F M. Red edge response to leaf area index[ J ]. Int. J. Remote Sensing, 1995, 16(1): 183-188.

[ 20 ] Pinar A. Grass chlorophyll and the reflectance red edge[ J ]. Int. J. Remote Sensing, 1996, 17(2): 351-357.

[ 21 ] Filelia I. The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content, biomass and hydric status[ J ]. Int. J. Remote Sensing, 1994, 15(7): 1459-1470.

[ 22 ] Railyan V Y. Red edge structure of canopy reflectance spectra of triticale[ J ]. Remote Sensing Environment, 1993, 46(2): 173-182.

[ 23 ] Shibayama M, Akiyama T A. A spectroradiometer for field use. VII. Radiometric estimation of nitrogen levels in field rice canopies[ J ]. Japanese Journal of Crop Science, 1986, 55: 439-445.

[ 24 ] Takebe M, Yoneyama T, Inada K, et al. Spectral reflectance ratio of rice canopy for estimating crop nitrogen status[ J ]. Plant Soil, 1990, 122: 295-297.

[ 25 ] 程一松, 胡春胜, 郝二波, 等. 氮素胁迫下的冬小麦高光谱特征提取与分析[ J ]. 资源科学, 2003, 25(1): 86-93.

[ 26 ] 薛利红, 曹卫星, 罗卫红, 等. 基于冠层反射光谱的水稻群体叶片氮素状况检测[ J ]. 中国农业科学, 2003, 36(7): 807-812.

[ 27 ] Thorn J R, Oerther G F. Estimating nitrogen content of sweet peeper leaves by reflectance measurements[ J ]. Agron. J., 1972, 64: 11-13.

[ 28 ] 王人潮, 陈铭臻, 蒋亨显. 水稻遥感估产的农学机理研究(1)[ J ]. 浙江农业大学学报, 1993, 19(增刊): 7-14.

[ 29 ] Blackmer T M, Schepers J S, Varvel G E, et al. Analysis of aerial photography for nitrogen stress within corn fields[ J ]. Agron. J., 1996, 88: 729-733.

[ 30 ] Adamsen F J, Paul J Pinter, Jr E M, et al. LaMorte, G. W. Wall S. W. Leavitt, and B. A. Kimball. Measuring wheat senescence with a digital camera[ J ]. Crop Sci., 1999, 39: 719-724.

[ 31 ] Scharpf P C, J A. Lory Calibrating corn color from aerial photographs to predict sidedress nitrogen need[ J ]. Agron. J., 2002, 94: 397-404.

欢迎订阅 欢迎投稿