

文章编号: 1005-0906(2008)01-0111-04

利用 GreenSeeker 法诊断春玉米 氮素营养状况的研究

卢艳丽, 白由路, 杨俐苹, 王 磊

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 / 农业部植物营养与养分循环重点开放实验室, 北京 100081)

摘要: 利用 GreenSeeker 对不同氮素处理春玉米冠层和叶片进行了测定, 分析了植被指数(NDVI)和叶片叶绿素 a(Chla)含量和氮素(N)含量的相关性。结果表明, 不同氮素处理冠层 NDVI 变化与叶片叶绿素 a 含量在整个生育期内变化趋势一致。NDVI 对叶绿素变化最敏感的时期是大喇叭口期。从不同叶位的变化趋势看, NDVI 随 Chla、N 含量的变化而表现出明显的变化, 三者之间具有显著的直线相关关系。利用 GreenSeeker 获取的 NDVI 值为生产中诊断春玉米叶绿素或氮素状况提供了有效手段。

关键词: 玉米; 氮素营养; GreenSeeker 法诊断

中图分类号: S513

文献标识码: A

Diagnosis on Nitrogen Status Using GreenSeeker in Spring Maize

LU Yan-li, BAI You-lu, YANG Li-ping, WANG Lei

(Soil and Fertilizer Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ Key Laboratory of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: In this experiment, spring maize in different N treatments was measured for their canopy and leaves using GreenSeeker. The correlation between NDVI and Chlorophyll a(Chla), as well as Nitrogen(N) was analyzed. The results indicated that canopy NDVI has similar variational trend to Chla and N in the whole growth stage. Furthermore, NDVI is most sensitive to Chla in trumpet stage. Seen from different leaf order, NDVI shows the same variational trend with Chla and N, and NDVI has significant linear correlation with Chla and N. So, based on their significant correlation, GreenSeeker provides an effective means for diagnosis of Chlorophyll a and nitrogen in spring maize.

Key words: Maize; Nitrogen nutrition; GreenSeeker diagnosis

GreenSeeker 光谱仪是 20 世纪 90 年代中后期美国 Oklahoma 州立大学开发的一种基于地面主动遥感的光谱仪器。通过观测 NDVI 数据分析作物长势, 进行氮素的实时诊断, 提供最优施肥方案。GreenSeeker 法既克服了传统方法时效性差、对作物产生伤害、大范围测量工作量较大的缺点, 也摆脱了被动高光谱遥感对外界光源的需求。本研究通过 Greenseeker 光谱仪监测玉米冠层和叶片叶绿素、氮

素营养状况, 为玉米及时补充氮素营养、提高氮肥利用率和子粒产量提供快速的方法。

1 试验设计与测定

1.1 试验设计

试验于 2006 年在中国农科院进行, 采用池栽小区试验。供试土壤为潮土, 基本肥力见表 1(采用土壤养分状况系统研究法测试)。供试品种为农大 108。试验设 5 个施氮肥处理: 0、150、225、300、450 kg/hm², 分别用 N0 ~ N4 表示。其中 60%作基肥、40%在拔节前施入。肥料选择氮肥种类为尿素, 含 N 量 46%; 磷肥为过磷酸钙, P₂O₅ 含量 16%; 钾肥为氯化钾, K₂O 含量为 60%。磷钾肥全部以基肥施入。水分管理按常规进行, 3 次重复。分别在玉米的拔节期、大喇叭口期、开花吐丝期和成熟期进行叶片光谱

收稿日期: 2007-06-07; 修回日期: 2007-11-01

基金项目: 国家“863”项目(2006AA10A302)

作者简介: 卢艳丽(1976-), 女, 博士, 从事高光谱遥感技术在精准农业中的应用研究。E-mail: luyi@caas.net.cn

白由路为本文通讯作者。Tel: 010-68918673

E-mail: ylbai@caas.ac.cn

测定,并剪下对应叶片测定叶绿素和氮素含量。

表 1 供试土壤基本肥力

Table 1 The soil fertility for experiment												mg/L
pH	有机质(%) OM	Ca	Mg	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
7.6	0.8	3724	502	58.6	21.1	18.2	47.6	1.1	3.5	7.9	2.6	7.0

1.2 数据采集

1.2.1 GreenSeeker 法获取玉米冠层 NDVI 值

应用美国 Ntech 公司生产的 GreenSeeker 手持 NDVI 测量仪采集 NDVI 数据。该仪器为主动遥感,其中红光波段为(671±6)nm,近红外光波段为(780±6)nm,光谱宽幅为 0.6 m。光谱信号通过系统自带的软件处理,可以直接得到 NDVI 数据。冠层测量时,将光谱探照头平行于玉米植被冠层,垂直高度大约 50 cm。测定后立即带回室内进行理化分析。

1.2.2 不同叶位叶片 NDVI 值测定

在春玉米生长关键时期,将玉米整株截下带回室内,剪下不同叶位叶片,将其平铺在黑布上,同样用 GreenSeeker 手持式光谱仪测定来获取玉米单叶 NDVI 值,测定部位在距叶片基部大约三分之二处,并尽量避开叶脉部分。同时进行理化分析。

1.3 生化组分测定

叶绿素含量测定采用分光光度法。取测完光谱的叶片,擦拭干净,利用打孔器打取一定面积的叶片数片(打孔器选取的面积尽量避开较大的叶脉和叶片两头部分)。采用丙酮和乙醇为 1:1 混合液浸泡,避光放置并每天摇动 1~2 次,直到叶片完全变白后在分光光度计上进行测定。

$$C_A=12.70D_{663}-2.590D_{645}$$

式中 C_A 为叶绿素 a 的浓度(mg/L); OD_{663} 和 OD_{645} 分别为 663 nm 和 645 nm 处的吸光度值。

$$\text{叶绿素含量}(\mu\text{g}/\text{cm}^2)=\frac{C \times V}{A \times 1\,000} \times 1\,000$$

式中 C 为叶绿素浓度(mg/L); V 为提取液总体积(mL); A 为叶片面积(cm^2)。

叶片全氮的测定,先用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,用凯氏法测定。

$$\text{全氮}(\text{g}/\text{kg})=\frac{c \cdot (V-V_0) \times 0.014}{m} \times 1\,000$$

式中 V 为滴定时所用酸标准溶液的体积(mL); V_0 为滴定空白时所用酸标准溶液的体积(mL); c 为酸标准溶液的浓度(mol/L); m 为干叶质量(g)。

2 结果与分析

2.1 不同氮素处理下玉米叶绿素含量的动态变化

玉米叶片叶绿素含量随生育时期的进展呈现先增加然后逐渐下降的趋势。不同氮素处理下叶绿素含量存在明显差异。在拔节期表现为随肥料施用量增加叶绿素含量也增加,不同氮素处理的叶片叶绿素含量均在大喇叭口期达到最高值。氮素过量的处理(N4)在后期下降迅速;相对于其它氮素水平,N3 和 N2 处理在成熟期叶片叶绿素含量保持了相对较高的水平(图 1)。

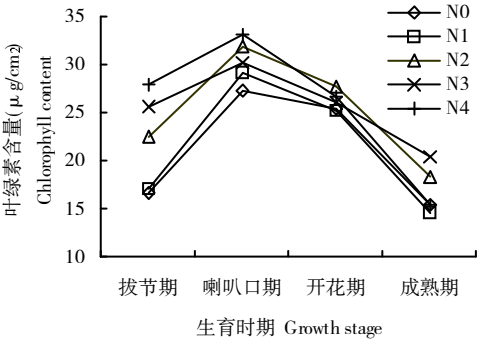


图 1 不同氮肥处理玉米叶片叶绿素含量在生育期内的变化

Fig.1 Change of chlorophyll content in different N treatments and different stages in maize

2.2 不同氮素处理下玉米冠层 NDVI 的动态变化

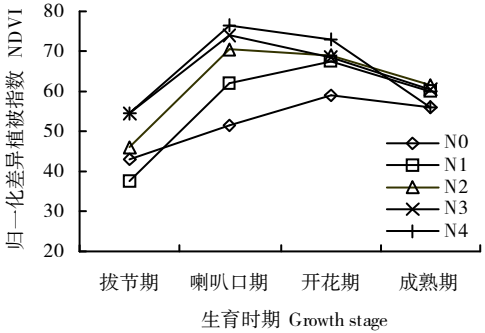


图 2 不同氮肥处理玉米冠层 NDVI 在生育期内的变化

Fig.2 Change of canopy NDVI in different N treatments and different stages in maize

从图 2 可以看出,冠层 NDVI 的变化在整个生育期的总体变化趋势与叶绿素变化一致。不同氮肥

处理之间表现为生育前期大于生育后期,尤其是在大喇叭口期。在大喇叭口期 NDVI 随氮肥水平的增加而升高。在开花期以后不施肥处理(N0)和过量施肥处理(N4)表现出明显差异,而 N1、N2 和 N3 处理之间 NDVI 差异不明显。说明利用 GreenSeeker 监测玉米冠层时对不同氮素处理响应最敏感的时期是在喇叭口期。

2.3 不同叶位叶片氮素及叶绿素含量的变化

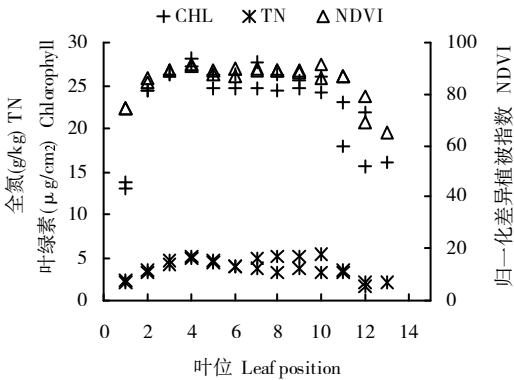


图 3 玉米不同叶位叶片叶绿素、全氮含量(TN)和归一化差异植被指数(NDVI)的变化

Fig.3 Change of chlorophyll, total nitrogen (TN) content and normal difference vegetation index (NDVI) in different leaf position of maize

对玉米不同叶位叶片叶绿素含量、全氮含量和植被指数(NDVI)的变化进行比较(图 3)。叶片全氮含

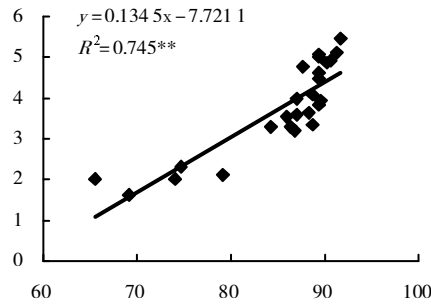
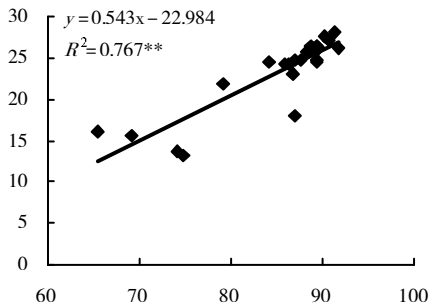


图 4 NDVI 与玉米叶片叶绿素含量(左)和全氮含量(右)的相关性拟合散点图

Fig.4 Scatter plots of the correlation between NDVI and chlorophyll content (left) and total nitrogen content (right)

3 结论与讨论

作物叶绿素或氮素营养的诊断方法有叶色分级法、化学诊断法以及叶绿素计诊断法等。这些方法在监测作物长势和营养状况上都起到了很大的作用,但是由于存在着主观性强(叶色法)、工作强度大(化学法)、受品种和生育期影响大(叶绿素计法)等缺点,在应用中受到很大程度的限制。GreenSeeker 光谱仪

量和叶绿素含量随叶位的升高呈现低—高一低的变化。在第 10 片叶上下表现出较高水平,这与其处于玉米穗位叶位置有关。不同生育期叶片全氮含量与叶绿素含量相关分析(表 2)表明,二者存在紧密相关关系,在玉米喇叭口期相关程度最高,呈极显著水平。由图 3 可见,归一化差异植被指数 NDVI 与叶片叶绿素和全氮含量的变化趋势也非常一致。说明利用 GreenSeeker 获取 NDVI 可以较好地反映玉米持绿情况及氮素营养状况。

表 2 玉米叶片全氮含量与叶绿素含量的相关分析

Table 2 Correlation analysis between leaf total nitrogen content and chlorophyll content in maize

时 期	拔节期	喇叭口期	开花期	成熟期
Stage	Shooting stage	Trumpet stage	Anthesis stage	Dough stage
相关系数	0.788**	0.921**	0.589*	0.542

注:n=12, r_{0.05}=0.576, r_{0.01}=0.708。

2.4 不同叶位 NDVI 值与叶片全氮及叶绿素含量的相关分析

根据 NDVI 与玉米叶片叶绿素及氮素含量的显著相关性,分别对叶绿素含量与 NDVI、氮素含量与 NDVI 的关系进行了线性拟合。如图 4 所示,无论是叶绿素含量还是叶片全氮含量均随着 NDVI 的增大而增大,二者与 NDVI 均具有较好的直线关系。决定系数 R² 在 0.74 以上。

能提供高解析度、低大气干扰的 NDVI 数据,获取数据快捷,数据量大,能够将所获取的植被信息直接转换成 NDVI 数值予以存取,实现对作物长势的实时监测和作物氮素亏缺的实时诊断,是一种简单、快速、可靠、非接触性、操作性好的氮素营养水平田间诊断方法。

本试验以玉米为材料,揭示了玉米氮素和叶绿素与 NDVI 具有紧密的相关性。在大喇叭口期不同

氮素处理的叶片叶绿素含量可以用 NDVI 值来指示。NDVI 与叶绿素含量及全氮含量具有显著的直线相关性。玉米大喇叭口期是攻穗肥的关键时期,此时缺肥对玉米穗数和粒数影响很大。因此,利用 GreenSeeker 监测玉米叶绿素或氮素状况进而指导施肥切实可行。该试验只是一年的数据,还需要在线性模型的验证和修正上进一步深入研究。

参考文献:

- [1] Walburg G, Bauer M E, Daughtry C S T, et al. Effects of nitrogen on the growth, yield, and reflectance characteristics of corn[J]. *Agronomy Journal*, 1982, 74: 677-683.
- [2] Ma B L, Malcolm J M, Lianne M. Dwyer. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield of maize[J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88: 915-920.
- [3] Osborne S L, Schepers J S, Francis D D, et al. Detection of phosphorus and nitrogen deficiencies in corn using spectral radiance measurements[J]. *Agronomy Journal*, 2002, 94: 1215-1221.
- [4] 吴长山,童庆禧,郑兰芬,等. 水稻、玉米的光谱数据与叶绿素的相关分析[J]. *应用基础与工程科学学报*, 2000, 8(1): 31-37.
- [5] 王 磊,白由路. 不同氮处理春玉米叶片光谱反射率与叶片全氮和叶绿素含量的相关研究[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(11): 2268-2276.
- [6] 金继运,白由路. 精准农业与土壤养分管理[M]. 北京: 中国大地出版社, 2001.
- [7] Chapman S C, Barreto H J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth[J]. *Agron. J.*, 1997, 89: 557-562.
- [8] 李俊华,董志新,朱继正. 氮素营养诊断方法的应用现状及展望[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2003, 7(1): 80-83.
- [9] 陶勤南,方 萍,吴良欢. 水稻氮素营养的叶色诊断研究[J]. *土壤*, 1990, 22(4): 190-193.
- [10] Leight R A, Johnson A E. Nitrogen concentration in field grown spring barely: an experiment of the usefulness of expecting concentration on the basis of tissue water[J]. *J. Agric. Sci. Camb*, 1985, 105: 397-406.

(责任编辑:张 英)