

费 聪, 王维成, 李阳阳, 等. 利用 Greenseeker 法诊断甜菜氮素营养状况[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(4): 128–130.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.04.032

利用 Greenseeker 法诊断甜菜氮素营养状况

费 聪¹, 王维成², 李阳阳¹, 樊 华¹

(1. 石河子大学农学院, 新疆石河子 832003; 2. 石河子农业科技开发研究中心甜菜研究所, 新疆石河子 832003)

摘要:利用 GreenSeeker 法对不同氮素运筹下甜菜冠层归一化植被指数(normalized difference vegetation index, 简称 NDVI) 进行测定, 并分析甜菜叶面积指数(leaf area index, 简称 LAI)、比叶重(specific leaf weight, 简称 SLW)、叶片叶绿素含量以及全氮含量的变化。结果表明, 甜菜冠层 NDVI 与叶片全氮含量呈极显著正相关, 与叶片其他指标相关性不显著, NDVI 与叶片全氮含量的拟合度在叶丛快速增长期最高。由此可见, 利用 GreenSeeker 法获取的 NDVI 能够反映甜菜叶片的氮素营养状况, GreenSeeker 法可以作为甜菜氮素营养快速无损检测的手段。

关键词:甜菜; 氮素营养; GreenSeeker; 快速检测

中图分类号: S184; S566.301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)04-0128-03

为了及时掌握作物的生长情况, 除了根据外观经验判断外, 运用传统的化学方法不仅破坏植株生长, 而且很难快速准确测定并了解作物叶绿素及氮素状况, 因而耗力费时。目前, 遥感技术是快速获取农田作物重要营养元素及产量实时信息的重要手段之一, 植被指数是反映作物生长信息的重要光谱

收稿日期: 2016-09-09

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31260299); 教育部科学技术研究重点项目(编号: 212201); 新疆生产建设兵团博士基金(编号: 2014BB012); 国际合作项目(编号: 2010DFA32520); 石河子大学杰出青年科技人才培养计划(编号: 2015ZRKXJQ03)。

作者简介: 费 聪(1990—), 男, 山西万荣人, 硕士研究生, 主要从事作物生理生态方面的研究。E-mail: 15299959897@163.com。

通信作者: 樊 华, 博士, 副教授, 主要从事作物节水灌溉理论与技术研究。E-mail: 827117935@qq.com。

参数, 而 GreenSeeker 是目前用于地面快速获取归一化植被指数的主要工具^[1], 并在许多国家进行了推广和示范使用。GreenSeeker 以自带的具有高强度发光二极管发出的红光、绿光和近红外光作为自身光源, 这些光经过自身反射后再被二极管吸收和测量, 并将这些信息传递给自身携带的掌上电脑, 通过软件计算出归一化植被指数(normalized difference vegetation index, 简称 NDVI), 人们通过观测 NDVI 数据以分析作物长势, 进行氮素实时诊断, 从而提供最佳施肥方案^[2]。近年来, 归一化植被指数在作物营养诊断中得到广泛应用^[3-4], 它很好的解释作物生理生化参数的性能已经得到确认^[5]。研究表明, NDVI 与作物的生长状况和发育时期关系紧密, 可用于反演作物的叶片叶绿素含量与叶片全氮含量^[6]。

甜菜是我国主要的糖料作物, 近些年来由于盲目增加施

properties of green pea superoxide dismutase[J]. Biochimica et Biophysica-Enzymology, 1972, 268(2): 305–312.

[11] Fghire R, Ali O I, Anaya F, et al. Protective antioxidant enzyme activities are affected by drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Journal of Biology Agriculture and Healthcare, 2013, 3(4): 62–68.

[12] 殷 有, 苏宝玲, 周永斌, 等. 抗氧化酶促防御系统对白皮松幼苗抗寒性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2001, 32(4): 278–280.

[13] 郭惠红, 宋 菲, 沈 昕, 等. 金边卫矛冷驯化期间 SOD 和 POD 同工酶及蛋白的研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(6): 56–61.

[14] 陆秀君, 张 倩, 许有博, 等. 对北方地区引种的加拿大糖槭越冬状况的研究[J]. 辽宁林业科技, 2008, 42(2): 14–17, 42.

[15] 陈建中, 胡建芳, 杜慧玲. 低温胁迫下杨树 SOD 酶活性研究[J]. 天津农业科学, 2013, 19(12): 98–100.

[16] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 154–155.

[17] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 263–265.

[18] 冯建灿, 张玉洁, 杨天柱. 低温胁迫对喜树幼苗 SOD 活性、MDA

和脯氨酸含量的影响[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 197–202.

[19] 董泗建, 刘昌玲. 一种鉴定过氧化氢酶活性的铁染色法[J]. 生物化学与生物物理进展, 1996, 23(1): 86–88.

[20] 鲍思伟. 云锦杜鹃低温半致死温度对自然降温的适应[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2005, 31(1): 99–102.

[21] 和红军, 田丽萍, 薛 琳. 植物抗寒性生理生化研究进展[J]. 天津农业科学, 2007, 13(2): 10–13.

[22] Almeselmani M, Deshmukh P S, Sairam R K, et al. Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress[J]. Plant Science: an International Journal of Experimental Plant Biology, 2006, 171(3): 382–388.

[23] Sairam R K, Srivastava G C, Saxena D C. Increased antioxidant activity under elevated temperatures, a mechanism of heat stress tolerance in wheat genotypes[J]. Biol Plant, 2000, 43(2): 245–251.

[24] 杨再强, 韩 冬, 王学林, 等. 寒潮过程中 4 个茶树品种光合特性和保护酶活性变化及品种间差异[J]. 生态学报, 2016, 36(3): 629–641.

[25] 王淑杰, 王连君, 王家民, 等. 抗寒性不同的葡萄品种叶片中氧化酶活性及变化规律[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2000(3): 29–30.

肥投入,不仅提高了成本,也造成甜菜产量和品质下降,严重影响了我国的甜菜生产。在甜菜生长的必需营养元素中,以氮素对甜菜的生长、块根含糖量及出糖率的贡献最大^[7]。随着研究的深入,利用 GreenSeeker 法对作物的营养诊断及产量估测已经在棉花^[6]、大豆^[8]、玉米^[9]及小麦^[10]上有所成就而在甜菜上的应用较少。为此,本研究通过分析 NDVI 与甜菜叶片叶绿素、全氮含量的关系,探索运用 GreenSeeker 法诊断甜菜氮素营养状况的可行性,以期对甜菜氮素营养快速无损检测提供理论依据。

1 试验设计与测定方法

1.1 试验设计

本试验于 2014 年在石河子大学农学院试验站(地理位置 45°19'N,86°03'E)进行,试验区土壤为灌溉灰漠土,质地为重壤,pH 值 7.3,基本肥力为土壤全氮含量 0.89 g/kg,碱解氮含量 0.058 g/kg,速效磷含量 0.022 g/kg,速效钾含量 0.249 g/kg,有机质含量 13.25 g/kg。供试品种为 Beta356(美国 BETASEED 公司),试验设置 4 个氮素追施比例,在甜菜叶丛快速生长期、块根膨大期、糖分积累期的比例分别设为 7:2:1、5:4:1、3:7:0、4:4:2(分别用 N₁、N₂、N₃、N₄ 表示,其中 4:4:2 为现阶段大田的普遍施氮模式)。小区面积 48 m²(4 m×12 m),每个处理重复 3 次,田间随机排列,各小区间设 1 m 保护行。氮肥、磷肥、钾肥施用量为 N 585 kg/hm²,P₂O₅ 345 kg/hm²,K₂O 210 kg/hm²,将氮肥的 10%与其他肥料混匀后于播种时施,氮肥的 90%追施。4 月 25 日播种,株行距配置方式为 50 cm×14 cm(即行距为 50 cm,株距为 14 cm),播种密度为 14.3 万株/hm²。滴灌带配置模式为“1 管 2”模式,即 1 条毛管控制 2 行甜菜。各处理灌水量均为 7 333.7 m³/hm²,其余管理同大田。

1.2 GreenSeeker 法获取甜菜冠层 NDVI 值等相关数据

采用美国 Neth 公司的 GreenSeeker 手持 NDVI 测量仪分别在甜菜的叶丛快速生长期、块根膨大期、糖分积累期对甜菜冠层 NDVI 进行测定。为保证其数据的连续性和稳定性,选择晴朗无风、风速较小或微风的天气在叶片露水消退后将主动传感器探头始终平行于甜菜冠层,测量时将光谱探照头平行于甜菜冠层上侧约 0.4 m,每个小区以中间行为采样点,沿行向匀速测定甜菜冠层 NDVI,检测结果通过掌上电脑采集。此外,用 LI-3100 测定甜菜叶面积,分析甜菜叶面积指数(leaf area index,简称 LAI)、比叶重(specific leaf weight,简称 SLW),LAI=叶面积/土地面积,SLW=叶片干质量/叶面积。

1.3 生理组分测定

叶绿素含量采用分光光度计测定,取测完光谱的叶片,擦拭干净,用打孔器打取数片一定面积的叶片(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、乙醇体积比 1:1 的混合液浸泡,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测定叶绿素 a、b 与总叶绿素含量:

$$C_a = 12.71D_{663\text{ nm}} - 2.59D_{645\text{ nm}}; \quad (1)$$

$$C_b = 22.88D_{645\text{ nm}} - 4.67D_{663\text{ nm}}; \quad (2)$$

$$C_T = 20.29D_{645\text{ nm}} + 8.05D_{663\text{ nm}}. \quad (3)$$

式中: C_a 、 C_b 与 C_T 分别为叶绿素 a、b 与总叶绿素含量,mg/L。

叶片全氮含量的测定采用凯氏定氮法,计算公式如下:

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

式中: c 为标准酸溶液的浓度, mol/L; V 为滴定时所用标准酸溶液的体积, ml/L; V_0 为滴定空白对照时所用标准酸溶液的体积, ml/L; m 为干叶质量, g。

2 结果与分析

2.1 氮素运筹对甜菜叶片叶绿素含量的影响

由图 1 可以看出,甜菜叶片叶绿素含量随着生育进程的推进表现各异,其中 N₁、N₂ 处理表现为降低趋势, N₃、N₄ 处理表现为先升高后降低的单峰曲线。各处理在不同生育时期的叶绿素含量不同,其中叶丛叶绿素含量在快速增长期的排序为 N₁ > N₂ > N₄ > N₃, 在块根膨大期的排序为 N₃ > N₄ > N₂ > N₁, 在糖分积累期的排序为 N₃ > N₁ > N₂ > N₄。这与相应时期甜菜施氮量变化趋势一致,表明施用氮肥在一定程度上能够调控甜菜叶片的叶绿素含量。

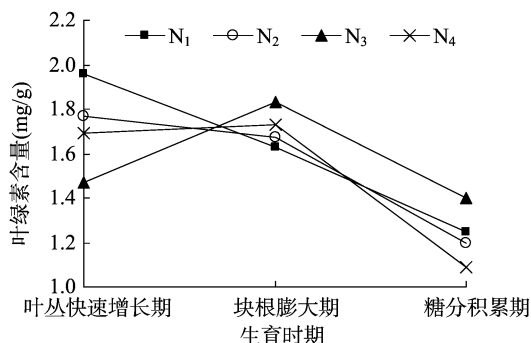


图1 氮素运筹下甜菜叶片叶绿素含量在生育期内的变化

2.2 氮素运筹对甜菜冠层 NDVI 的影响

由图 2 可见,甜菜冠层 NDVI 随着生育进程的推进表现不同,其中 N₁、N₃ 和 N₄ 处理 NDVI 整体降低, N₂ 处理 NDVI 不断升高。各处理在不同生育时期的 NDVI 各异,其中叶丛 NDVI 在快速增长期的排序为 N₄ > N₃ > N₁ > N₂, 在块根膨大期的排序为 N₃ > N₁ = N₄ > N₂, 在糖分积累期的排序为 N₄ > N₁ > N₃ > N₂。

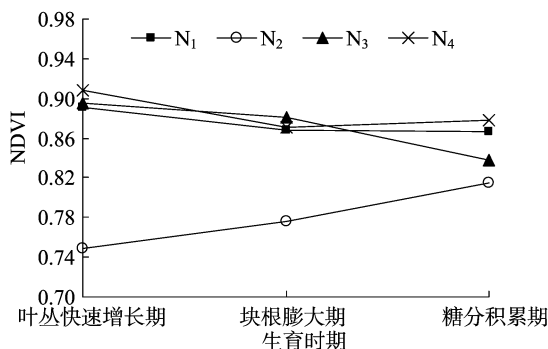


图2 氮素运筹下甜菜冠层 NDVI 的变化

2.3 氮素运筹对甜菜叶片全氮含量的影响

由图 3 可以看出,甜菜叶片全氮含量随着生育进程的推进表现各异,其中 N₁、N₃ 处理先升高后降低, N₂ 处理先降低后升高, N₄ 处理逐渐降低。各处理在不同生育时期的叶片全氮含量各异,其中叶丛全氮含量在快速增长期的排序为 N₄ > N₃ > N₁ > N₂, 在块根膨大期的排序为 N₁ > N₃ > N₄ > N₂, 在糖

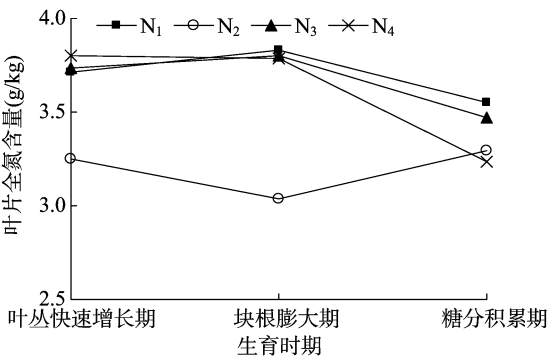


图3 氮素运筹下甜菜叶片全氮含量的变化

表 1 氮素运筹下滴灌甜菜叶片指标相关性分析结果

指标	相关系数						
	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	总叶绿素含量	LAI	SLW	全氮含量	NDVI
叶绿素 a 含量	1.00	0.81 **	0.97 **	-0.53	0.40	0.30	0.10
叶绿素 b 含量		1.00	0.85 **	-0.56 *	0.57 *	0.33	0.11
总叶绿素含量			1.00	-0.58 *	0.30	0.30	0.06
LAI				1.00	-0.08	-0.51	-0.50
SLW					1.00	0.24	-0.05
全氮含量						1.00	0.77 **
NDVI							1.00

注：“*”表示在 0.05 水平上因子与主成分显著相关；“**”表示在 0.01 水平上因子与主成分显著相关。

期的 NDVI 模拟叶片全氮含量,具体回归模型为

$y = 2.86x - 1.172, r^2 = 0.829。$

式中:y 为 NDVI;x 为甜菜叶片全氮含量。

表 2 不同生育时期 NDVI 与甜菜叶片全氮含量回归方程

生育时期	拟合方程	决定系数
叶丛快速生长期	$y = 2.860x - 1.172$	$r^2 = 0.829$
块根膨大期	$y = 7.123x - 2.396$	$r^2 = 0.348$
糖分积累期	$y = 0.684x - 3.964$	$r^2 = 0.012$
全生育期	$y = 3.276x - 0.763$	$r^2 = 0.235$

3 结论与讨论

氮素运筹对甜菜各生育期冠层 NDVI、叶片叶绿素及全氮含量影响较大,而 NDVI 是甜菜生长过程中冠层郁闭程度的反映。叶丛快速增长期是甜菜地上部分生长的重要时期,对于后期光合产物的生成有重要作用。N₁、N₃、N₄ 处理的 NDVI 均在叶丛快速增长期达到最大值,说明该时期的叶片生长繁茂,郁闭度较好,能够充分利用光能。至生育后期,随着施氮量的变化,N₁、N₃ 处理的 NDVI 逐渐下降,而 N₄ 处理下叶片 NDVI 虽在叶丛快速增长期到块根膨大期有所下降,但是在块根膨大期到糖分积累期又略有升高,表明 N₄ 处理在甜菜生育后期仍然具有较好的郁闭度。

相关分析表明,NDVI 与叶片全氮含量密切相关,尤其在叶丛快速增长期 NDVI 与全氮含量决定系数达到 0.829,呈极显著正相关,在块根膨大期、糖分积累期,决定系数分别为 0.348、0.012,也呈现显著正相关。说明利用 GreenSeeker 法

分积累期的排序为 N₁ > N₃ > N₂ > N₄。

2.4 氮素运筹下滴灌甜菜叶片指标相关性分析

选取氮素运筹下滴灌甜菜叶片各指标,分析各指标与 NDVI 之间的相关性。结果表明,NDVI 与叶片全氮含量呈极显著正相关,与其他指标相关性不显著(表 1),表明 NDVI 对叶片全氮含量具有较高的指示作用。

2.5 NDVI 与甜菜叶片全氮含量模拟模型的建立

进一步建立不同生育时期 NDVI 与甜菜叶片全氮含量的线性回归方程(表 2),由决定系数看出,随着甜菜生育进程的推进,NDVI 模拟叶片全氮含量的拟合优度降低。在考虑到指标监测的经济性和精准性前提条件下,可以用叶丛快速生长

获取的 NDVI 能够较好地反映甜菜叶片的氮素营养状况,可以作为甜菜氮素营养快速诊断的手段。

参考文献:

[1] William R R. Gordon V J. Improving nitrogen use efficiency for cereal production[J]. Agronomy Journal,1999,91(3):357-363.

[2] 卢艳丽,白由路,杨俐苹,等. 利用 GreenSeeker 法诊断春玉米氮素营养状况的研究[J]. 玉米科学,2008,16(1):111-114.

[3] 杨长明,杨林章,韦朝领,等. 不同品种水稻群体冠层光谱特征比较研究[J]. 应用生态学报,2002,13(6):689-692.

[4] 赵满兴,周建斌,翟丙年,等. 旱地不同冬小麦品种氮素营养的叶绿素诊断[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(4):461-466.

[5] Trishchenko A P. Effects of spectral response function on surface reflectance and NDVI measured with moderate resolution satellite sensors;extension to AVHRR NOAA-17,18 and METOP-H[J]. Remote Sensing of Environment,2009,113(2):335-341.

[6] 李新伟,余炳凤,吕新,等. 不同氮水平下棉花冠层 NDVI 分析与产量估测[J]. 农业机械学报,2014,45(7):231-236.

[7] 侯振安,刘日明,冶军,等. 不同施氮量对甜菜的产质量效应的研究[J]. 中国糖料,2000(4):36-40.

[8] 张宁,齐波,赵晋铭,等. 应用主动传感器 GreenSeeker 估测大豆籽粒产量[J]. 作物学报,2014,40(4):657-666.

[9] 郭建华,王秀,孟志军,等. 主动遥感光谱仪 Greenseeker 与 SPAD 对玉米氮素营养诊断的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(1):43-47.

[10] 王磊,白由路,卢艳丽,等. 基于 GreenSeeker 的冬小麦 NDVI 分析与产量估算[J]. 作物学报,2012,38(4):747-753.