



棉花氮素和 SPAD 值叶位分布规律研究

罗新宁^{1,3}, 陈冰^{1,4*}, 张巨松^{2,4}, 蒋平安¹, 娄善伟², 彭小峰², 何嘉林²

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐, 830052;

2. 新疆农业大学农学院, 新疆 乌鲁木齐, 830052; 3. 阿克苏职业技术学院植物科学系, 新疆 阿克苏, 843000; 4. 教育部国家棉花工程研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:在盆栽和大田氮肥试验的基础上,研究棉花氮素和叶绿素含量(SPAD 值)随叶位的空间分布特征,并对不同叶位叶片的含氮率、SPAD 值之间及其与总叶片含氮率和植株含氮率之间的相关性进行了分析。结果表明棉花不同叶位叶片含氮率、叶绿素含量、SPAD 值均存在差异,增加施氮量能提高叶片含氮率、叶绿素含量和 SPAD 值,同时减小叶位间的差异;SPAD 值对氮素的敏感性为倒 4 叶最高,倒 2 叶最低,而倒 1、倒 3 叶的敏感性排序因品种不同而不同;蕾期、初花期和盛花期均以倒 4 叶与总叶片及植株含氮率相关系数最高;且适宜氮素水平下,初花期倒 4 叶 SPAD 值的变异系数最小。以某一特定叶片的 SPAD 值或以叶色差的大小来诊断棉花氮素营养状况时,倒 4 叶是较为理想的指示叶。

关键词:棉花;氮素诊断;SPAD 值;叶位;含氮率

中图分类号:S562.06 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2009)05-0427-04

Study on the Spatial Distribution of Leaf N Content and SPAD Value in Cotton

LUO Xin-ning^{1,3}, CHEN Bing^{1,4*}, ZHANG Ju-song^{2,4}, JIANG Ping-an¹, LOU Shan-wei², PENG Xiao-feng², HE Jia-lin²

(1. College of Grassland and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 2. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 3. Akesu Professional and Technology College, Akesu, Xinjiang 843000, China; 4. National Cotton Research Center of Ministry of Education, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: Based on the cotton pot experiment involving four varieties (three were upland cotton and one was sea island cotton) and two N treatments and field experiment with different N treatments, the spatial differences of N and Chlorophyll contents (SPAD value) in the four upper fully expanded leaves and their relationships with whole leaf and plant N concentration were investigated. The results showed that leaf N contents and SPAD values at different leaf positions differed obviously, leaf N contents and SPAD values increased and differences among different position leaves decreased at high N rates. The sensitivity of the fourth leaf from the top to N was the highest, and next was that of the second leaf from the top was the lowest, while that of the first and the third leaves varied within the varieties. The SPAD value of the fourth leaf from the top was most correlated with whole leaf and plant N concentration among the top four leaves through the bud stage, initial-flowering stage. The CV of SPAD value of the fourth leaf from the top was the smallest under optimal N level. It was suggested that the fourth leaf from the top was the most ideal indicator when using SPAD value or leaf color difference to diagnose N status in cotton.

Key words: cotton; nitrogen diagnosis; SPAD value; leaf position; nitrogen content

收稿日期: 2008-11-18 **作者简介:** 罗新宁(1971-),男,讲师,在读博士; * 通讯作者, chenbing3843@126.com

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目棉花高产优质高效栽培技术研究(2006BAD21B02-1), 新疆“十一五”重大专项(200731133-1), 新疆维吾尔自治区土壤学重点学科基金项目

长期以来,施用氮肥一直被作为提高棉花产量的关键措施。由于棉花具有无限生长习性,氮肥施用量过多或过少都会影响器官的建成和花蕾的分化,因此,及时诊断棉花氮素营养状况或丰缺状况,作出正确的施肥决策,对棉花生产具有重要意义^[1-2]。传统的氮素测试手段在取样、测定、数据分析等方面需要耗费大量的人力、物力,且时效滞后,生产上迫切需要便捷、无损的氮素营养检测与诊断技术,叶绿素仪应运而生。由于缺氮时作物叶片中的叶绿素含量下降、叶色变浅,而叶片的叶绿素浓度与叶片对 550~675 nm 波长的反射系数或透射系数高度相关。据此原理研制的手持式叶绿素仪可直接在田间测定作物叶片的叶绿素相对含量(简称 SPAD)。作为一种简单而又方便的诊断工具,它有可能快速、精确和非破坏性地监测作物氮素营养水平,并提供追肥所需的即时信息^[3-4]。目前,叶绿素仪已经被应用于水稻、小麦、玉米、黄豆、棉花、马铃薯等作物的氮素营养研究。前人的研究中,主要用顶 1 叶作为测定叶位,建立 SPAD 值与叶片和植株含氮量的关系式,从而指导施肥。近年来有研究者提出下位叶比上位叶更适合作为测定目标^[5-6]。王绍华、屈卫群则提出用叶色差值的方法诊断水稻和棉花的氮素营养状况^[7-8]。究竟何种方法更准确目前尚无定论。本试验研究了棉花不同叶位氮素和 SPAD 值的空间分布特点,并比较了不同叶位 SPAD 值与棉花叶片和植株氮素状况的相关性,以期为精确诊断棉花氮素状况及推荐施肥提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

1.1.1 盆栽试验。试验于 2008 年在阿克苏市植保站温室内进行。采用口径和高均为 30 cm 的塑料盆做盆栽试验,每桶装细碎菜园土 10 kg。棉花供试品种为陆地棉中棉所 40、新陆早 20、新陆中 36 和长绒棉新海 21。各品种设高氮(HN)与低氮(LN)两个氮肥处理,低氮处理基肥施 N $0.3 \text{ g} \cdot \text{桶}^{-1}$ (折合尿素 0.65 g),追肥 $0.43 \text{ g} \cdot \text{桶}^{-1}$;高肥处理基肥 $1.19 \text{ g} \cdot \text{桶}^{-1}$,追肥施氮 $1.73 \text{ g} \cdot \text{桶}^{-1}$ (折合尿素 1.30 g)。每个处理 20 桶,同期播种,每桶定苗 3 株,三角形排列,株距 10 cm。

1.1.2 大田试验。试验于 2008 年在新疆阿克苏

市东城水管站农田进行。试点土壤为沙壤土,耕层土壤有机质含量为 $9.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮 $26.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $13.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $231 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。供试棉花品种为中棉所 43。试验设置 3 个氮素水平 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$): 0、145.25、362.25,分别以 CK、LN、HN 表示,3 次重复,随机区组排列。氮肥总量的 40%作基肥,60%作追肥,追肥分别在浇头水、二水时开沟施入。其它田间管理同高产栽培。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 SPAD 测定。大田分别在苗期、现蕾期、开花期、花铃期、铃期测定棉花主茎倒 1、倒 2、倒 3、倒 4 叶 SPAD;测定时用 SPAD 502 叶绿素计在每张叶片上取 4 个点,取平均数作为该叶片的 SPAD 值;每小区 6 株棉花相同叶位叶片 SPAD 值再平均,作为该小区该叶位的 SPAD 值;盆栽试验用相同方法测定长势相近棉株 20 株。

1.2.2 全氮含量测定。大田试验在田间调查基础上,每小区取有代表性棉株 6 株,先分别取下倒 1、倒 2、倒 3、倒 4 叶,再将根、茎、叶、花蕾、铃分开,105℃杀青 30 min,80℃烘干至恒重,称干重,用奈氏比色法测定全氮含量。总叶片含氮率用不同叶位叶片含氮率的加权平均表示,植株含氮率用茎、叶和铃含氮率的加权平均数表示。

数据处理和绘图运用 Excel 2000 进行,统计分析用 SPSS 11 for windows 进行。

2 结果与分析

2.1 棉花氮素叶位分布特点及其对施肥量的响应

大田试验结果表明,随着施肥量的增加,相同叶位棉花叶片含氮率总体上呈增加趋势(表 1)。对各处理不同叶位叶片含氮率进行统计分析,结果表明,苗期、蕾期 CK、LN、HN 处理倒 2、倒 3 叶无显著差异,倒 1、倒 4 叶间差异极显著。对这两个时期不同叶位叶片含氮率变异系数比较发现,苗期、蕾期 CK 处理的变异系数大于 LN 和 HN 处理,表明在幼蕾分化期间,灌溉施肥能提高叶片含氮率,使棉花不同叶位间的含氮率更加接近;而通过不同叶位含氮率比较得知,苗期、蕾期倒 4 叶的增幅最大,说明倒 4 叶对氮供应最敏感。

2.2 棉花叶片叶位分布特点及其对施肥量的影响

对初花期不同棉花品种的 SPAD 值比较发现,相同施氮水平下,不同品种叶绿素含量不同(表

2)。通过对不同品种处理比较得知,所有品种不同叶位的 SPAD 值随着叶位的降低而升高,表现出很强的规律性;同时高氮处理叶片 SPAD 值均比相同叶位低氮处理高,表明施氮量增加能提高棉花叶片的 SPAD 值。对同一品种不同叶位的 SPAD 值进行方差分析发现,不同处理使不同叶位叶片的 SPAD 值均存在差异,只是差异程度不同。同一品种高氮处理下的叶位间 SPAD 值变异系数稍低,F 值均低于低氮处理。说明增加施氮量能减小叶位间 SPAD 值差异。从高氮相对低氮的 SPAD 值增幅分析,所有品种倒 4 叶增加幅度最大,倒 2 叶增加幅度最小,其余叶增幅因品种而不同,表明下位叶的 SPAD 值对氮供应更加敏感。

2.3 各叶位叶片 SPAD 值与棉花总叶片及植株含氮率的相关分析

对大田试验各叶位 SPAD 值与棉株含氮率和总叶片含氮率进行相关分析表明(表 3),蕾期、初花期倒 4 叶 SPAD 值与总叶片含氮率相关系数最高,分别为 0.8971**、0.8278**;不同叶位 SPAD 值与棉株含氮率的相关系数,苗期以倒 2 叶最高($r=0.7462^{**}$),其次为倒 1 叶($r=0.6567^{**}$)、倒 4 叶($r=0.6394^{**}$),倒 3 叶最低($r=0.4595^{**}$);蕾期以倒 4 叶最高($r=0.7996^{**}$),初花期以倒 2 叶最高($r=0.7586^{**}$),而倒 1 叶 SPAD 值与棉株含氮率的相关系数分别在这两个时期降至最低。

表 1 不同氮肥水平下棉花不同叶位含氮率(大田试验)

Table 1 Nitrogen content of different position leaves at different nitrogen level (field experiment) %

氮水平	叶位	苗期	蕾期	盛花期	铃期
CK	L1	2.69cC	2.46cC	2.49bA	
	L2	3.26bAB	2.68bcBC	2.47bA	2.46abA
	L3	3.11bB	2.92bAB	2.79abA	2.64aA
	L4	3.31aA	3.04aA	3.01aA	2.25bA
	F	123.84**	189.44**	8.32	13.6
	CV	0.10	0.11	0.10	0.12
LN	L1	2.92cB	2.70cC	2.63bA	
	L2	3.15bcAB	2.79bcBC	2.76abA	2.80aA
	L3	3.30abAB	2.89bAB	2.98abA	2.57abA
	L4	3.56aA	3.35aA	3.12aA	2.49bA
	F	17.41**	55.23**	17.09	9.59
	CV	0.09	0.07	0.05	0.04
HN	L1	3.60cB	3.04cB	2.72bA	
	L2	3.92abA	3.12bcAB	2.84bA	2.92aA
	L3	3.91bAB	3.31abAB	2.91abA	2.70aA
	L4	4.17aA	3.75aA	3.17aA	2.59aA
	F	17.33**	22.85**	9.93	4.87
	CV	0.07	0.07	0.02	0.04

注:不同小写字母表示在 5% 水平差异显著;大写字母表示在 1% 水平差异极显著;用 * * 表示 F 值达极显著;下同。

表 2 初花期不同叶位 SPAD 值的叶位分布特点(盆栽试验)

Table 2 Characteristic of cotton SPAD value at different leaves (pot experiment)

处理	叶位	中棉所 40	新陆早 20	新陆中 36	新海 21
低氮 LN	L1	48.4cB	32.8cB	41.9bB	34.6cB
	L2	52.9bcAB	40.3bA	45.9bB	38.1bcAB
	L3	56.7abAB	43.7aA	48.8aAB	40.9abA
	L4	63.1aA	46.4aA	51.3aA	42.5aA
	CV	0.14	0.16	0.10	0.10
高氮 HN	L1	53.2bA	37.3cB	45.9bA	38.6bB
	L2	55.6bA	43.5bAB	48.9abA	41.1abAB
	L3	60.2abA	47.3abAB	51.0abA	43.7aAB
	L4	67.5aA	51.1aA	55.4aA	47.5aA
	CV	0.11	0.13	0.09	0.08

表 3 不同叶位 SPAD 值与棉花总叶含氮率及植株含氮率的相关系数(大田试验)

Table 3 Correlation coefficients of whole leaf N or plant N content with SPAD value (field experiment)

	时期	倒 1 叶 SPAD	倒 2 叶 SPAD	倒 3 叶 SPAD	倒 4 叶 SPAD
总叶片含氮率	苗期	0.8387**	0.7601**	0.7178**	0.8117**
	蕾期	0.8619**	0.8673**	0.6209**	0.8971**
	初花期	0.7146**	0.7226**	0.8259**	0.8278**
植株含氮率	苗期	0.6567**	0.7462**	0.4595**	0.6394**
	蕾期	0.4569**	0.7580**	0.5060**	0.7996**
	初花期	0.6829**	0.7586**	0.6836**	0.7034**

3 讨论与结论

利用作物叶片的 SPAD 值对植株氮素进行营养诊断具有便捷、无损的特点,但是 SPAD 读数受品种、生育时期、测定叶位、生态环境等因素的影响,对生产和实践应用造成许多障碍。为提高氮营养诊断精确性,叶位选择十分重要。选择测定的叶位必须满足两个条件,一是测定叶位的敏感性,即所测定的叶片在不同的氮肥水平下其测定值有较大的差异;二是测定叶位的代表性,即所测定叶片的 SPAD 值与植株、叶片或对应叶片具有较高的相关性,能代表植株或叶片的含氮水平。

SPAD 值用来表示叶绿素的相对含量,而氮素是叶绿素的主要组分,这是用叶绿素仪对棉花氮素营养诊断的基础。盆栽试验表明,不同品种棉花叶片 SPAD 值不同,用叶片 SPAD 值的大小来评价棉花氮素营养状况需要因品种而异。施氮能够提高棉花叶片的 SPAD 值,同时减小叶位间 SPAD 值的差异。

由于不同叶位叶片的氮及叶绿素含量均存在较大的差异,因此确定最能代表整个植株或所有叶片氮素营养状况的叶位,是精确诊断棉花氮素营养的前提。试验结果表明,苗期以倒 1 叶、倒 2 叶 SPAD 值,蕾期、初花期以倒 4 叶的 SPAD 值与总叶片全氮量及植株全氮量相关性最好,因此从代表性来分析,倒 4 叶是比较好的选择。

从以上综合分析得出,倒 4 叶对土壤氮素的供应状况敏感,其 SPAD 值与棉花叶片含氮率及植株含氮率的相关性较好,并有较小的测定误差,能够严格地代表处理的情况。因此,以 SPAD 临界值指标或以叶色差的大小来诊断推荐棉花追肥施用,倒 4 叶是较为理想的指示叶或参照叶。

参考文献:

[1] 陈德华,陈源,周桂生,等.长江流域棉区高产棉花干物质生产与产量及群体构成的关系[J].中国棉花,2001,28(10):9-11.

CHEN De-hua, Chen Yuan, Zhou Gui-sheng, et al. Relationship between dry matter and yield and constitutes for high yield cotton in the reaches of Yangtze River Valley [J]. China Cotton, 2001, 28(10): 9-11.

- [2] BONDADA B R, Oosterhuis D M, Norman R J. Canopy photosynthesis growth yield and boll 15 N accumulation under nitrogen stress in cotton [J]. Crop Science, 1996, 36(1): 127-133.
- [3] WANG Shao-hua, Zhu Yan, Jiang Hai-dong, et al. Positional differences in nitrogen and sugar concentrations of upper leaves relate to plant N status in rice under different N rates [J]. Field Crops Res, 2006, 96: 224-234.
- [4] TURNER F T, Jund M F. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter [J]. Aust Exp Agric, 1994, 34(7): 1001-1005.
- [5] WANG Shao-hua, Cao Wei-xing, Wang Qiang-sheng, et al. Distribution of leaf color and nitrogen nutrition diagnosis in rice plant [J]. Sci Agric Sin, 2002, 35(12): 1461-1466.
- [6] 屈卫群,王绍华,陈兵林,等.棉花主茎叶 SPAD 值与氮素营养诊断研究 [J]. 作物学报, 2007, 33(6): 1010-1017.
- QU Wei-qun, Wang Shao-hua, Chen Bing-lin, et al. SPAD value of cotton leaves on main stem and nitrogen diagnosis for cotton growth [J]. Acta Agronomic Sinica, 2007, 33(6): 1010-1017.
- [7] 罗振,董合忠,李维江,等.盐渍和涝渍对棉苗和叶片某些生理性状的复合效应 [J]. 棉花学报, 2008, 20(3): 203-206.
- LUO Zhen, Dong He-zhong, Li Wei-jiang, et al. Combined effect of waterlogging and salinity on plant growth and some physiological parameters in cotton seeding leaves [J]. Cotton Science, 2008, 20(3): 203-206.
- [8] 王登伟,黄春燕,张伟,等.高光谱数据与棉花叶绿素含量和叶绿素密度的相关分析 [J]. 棉花学报, 2008, 20(5): 368-371.
- WANG Deng-wei, Huang Chun-yan, Zhang Wei, et al. Relationships analysis between cotton chlorophyll content, chlorophyll density and hyperspectral data [J]. Cotton Science, 2008, 20(5): 368-371.