

施氮量对不同开花期棉 (*Gossypium hirsutum* L.) 铃纤维细度和成熟度形成的影响

赵文青, 孟亚利, 陈兵林, 王友华, 朱丽丽, 王飞飞, 周治国*

(南京农业大学, 农业部南方作物生理生态重点开放实验室, 江苏南京 210095)

摘要: 为兼顾试验的重复性和生态区域性, 选用高品质棉(科棉 1 号)和常规棉(美棉 33B)品种为材料, 于 2005 年分别在江苏南京(118°50'E, 32°02'N, 长江流域下游棉区)和江苏徐州(117°11'E, 34°15'N, 黄河流域黄淮棉区)设置施氮量(低氮 N 0 kg/hm²; 适氮 N 240 kg/hm²; 高氮 N 480 kg/hm²)试验, 研究施氮量对不同开花期棉铃纤维细度、成熟度和马克隆值形成的影响。结果表明, (1)施氮量显著影响棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成过程, 但三者在不同开花期对氮素水平的响应不同, 施氮量与开花期对棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成存在互作效应。8 月 10 日前开花的棉铃, 铃期[花后 0~50 d (DPA)]日均温在 23.3℃ 以上, 纤维细度、马克隆值以 N 0 kg/hm² 施氮量下最大, 棉纤维马克隆值与纤维细度的相关性较大; 8 月 25 日开花的棉铃(铃期日均温在 20.8~23.3℃ 之间), 纤维成熟度、马克隆值以 N 240 kg/hm² 施氮量下最大; 9 月 10 日开花棉铃(铃期日均温低于 20.8℃), 纤维细度、成熟度和马克隆值均以 N 480 kg/hm² 最大, 棉纤维马克隆值与纤维成熟度的相关性增强。(2)影响不同开花期间纤维细度、成熟度和马克隆值的主要因素是铃期日均温; 最终纤维细度、成熟度和马克隆值在不同施氮量之间的变异与不同开花期(铃期日均温不同)间的变异比较, 前者显著小于后者。综上, 因开花期不同而形成的铃期日均温是决定纤维细度、成熟度和马克隆值的最重要因素, 施氮量可通过对位叶氮浓度 N_A 影响棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成过程, 增加施氮量可减小上述指标在不同开花期间的差异。

关键词: 棉花; 施氮量; 开花期; 纤维细度; 纤维成熟度; 纤维马克隆值

中图分类号: S562.062.01 文章标识码: A 文章编号: 1008-505X(2011)05-1212-08

Effects of nitrogen rate and flowering date on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber fineness and maturity formation

ZHAO Wen-qing, MENG Ya-li, CHEN Bin-lin, WANG You-hua, ZHU Li-li, WANG Fei-fei, ZHOU Zhi-guo*

(Nanjing Agricultural University/Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology in Southern China,
Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to study the effects of nitrogen application rate and flowering date on the formation of fiber fineness, maturity and micronaire, two field experiments were carried out in Nanjing (118°50'E, 32°02'N) and Xuzhou (117°11'E, 34°15'N), standing for the different ecological conditions in the middle lower reaches of Yangtze River Valley and the Yellow River Valley in China. Three N levels were set up as N 0, 240 and 480 kg/ha, standing for low, medium and high nitrogen level respectively, and the two cultivars were selected as Kemian 1 and NuCOTN 33B with different fiber quality indices. The result showed that, (1) Nitrogen application rate significantly influence cotton fiber fineness, maturity and micronaire, but the responses of these three indices to N were different. The highest fiber fineness and micronaire was found in N 0 kg/ha before 10-Aug (daily mean temperature was higher than 23.3℃), while in 25-Aug (daily mean temperature was between 20.8 and 23.3℃), it was found highest in the treatment of N 240 kg/ha and in 10-Sep (daily mean temperature was lower than 20.8℃) under the

收稿日期: 2010-02-04 接受日期: 2011-04-06

基金项目: 由国家自然科学基金项目(30771277, 30771279)资助。

作者简介: 赵文青(1984—), 女, 宁夏灵武市人, 博士研究生, 主要从事作物生理生态研究。E-mail: 2008201028@njau.edu.cn

* 通讯作者 Tel: 025-84396813, E-mail: giscott@njau.edu.cn

treatment of N 480 kg/ha. (2) The variation of final cotton fiber fineness, maturity and micronaire under different nitrogen application rates was smaller than that observed at different flowering dates, which indicated that, the key factor influencing these three indices was daily mean temperature during 0–50 days post anthesis (DPA) formed at different flowering dates. Our result was also showed that there is an interaction between nitrogen application rate and flowering date. Increasing application of N could reduce the variation of these indexes formed at flowering dates because nitrogen application rates could significantly affect the process of these three cotton fiber quality indices through influencing cotton boll subtending leaf N concentration (N_A).

Key words: cotton (*Gossypium hirsutum* L.); nitrogen rate; flowering date; fiber fineness; fiber maturity; fiber micronaire

在棉纤维品质众多指标中,纤维细度表征纤维的粗细程度,成熟度可反映纤维次生壁的加厚程度,马克隆值则是反映纤维细度和成熟度的综合指标,三者与棉纺工艺设备的清杂效率、棉纱外观品质、棉纱强力和可纺性有密切关系,均是衡量棉纤维品质的重要指标^[1-2]。研究表明,纤维马克隆值的形成与棉纤维次生壁加厚发育期(花后 15 ~ 50 d)的光合产物量密切相关^[3-4],而在影响作物光合产物量的因素中,氮素营养参与作物新陈代谢的所有过程,是光合物质代谢和作物生长的关键性因子^[5]。棉铃对位叶作为棉铃发育的主要“源”,其叶氮浓度直接影响叶片中光合产物的合成和运输^[6-8],且与施氮量^[9]及吐絮棉铃纤维马克隆值、成熟度等的关系均十分密切^[10]。

关于氮素营养影响棉纤维细度、成熟度和马克隆值的研究较多,早期的研究认为施氮量对棉纤维马克隆值的影响较小^[11-13],近期的研究结果则认为氮素水平显著影响棉纤维马克隆值^[14],如适宜的施氮量可以提高纤维成熟度,调节马克隆值达到较为理想的值^[15];施氮不足对纤维的细度、成熟度均有不良影响^[16];增加施氮量可提高马克隆值^[17],但纤维成熟度降低^[18-19],不同的观点则认为马克隆值随施氮量的增加而逐渐降低^[20-21],提高氮素利用率马克隆值趋于下降^[22]。究其原因是早期的研究主要针对某一特定地点,研究结果的区域性较强;近期的研究结果虽然在揭示某一特定环境下施氮量与纤维细度、成熟度和马克隆值关系方面有一定突破,但由于三者形成对环境条件响应的差异,研究结果不尽一致。同时,上述研究的对象均为纤维细度、成熟度和马克隆值的最终值,针对三者形成过程的研究几乎没有,且前人的研究均仅表观地分析其与施氮量之间的关系,关于施氮量如何通过影响棉铃对位叶叶氮浓度进而影响棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成过程的研究更是缺乏。

棉花具有无限开花结铃习性,已有研究表明棉纤维品质的形成受不同开花期的环境条件、植株生理年龄影响较大,但氮素水平如何影响不同开花期棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成过程还未有研究。因此,本试验选择生态环境条件存在差异的两个棉花生态区设置氮肥试验,研究施氮量对不同开花期棉铃纤维细度、成熟度和马克隆值形成的影响,为探索改善棉纤维细度、成熟度和马克隆值的氮素调控途径,解决目前棉花生产中存在的盲目施氮所造成的棉纤维品质下降等问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

为兼顾试验的重复性和生态区域性,试验于 2005 年分别在江苏南京(118°50'E, 32°02'N,长江流域下游棉区)和江苏徐州(117°11'E, 34°15'N,黄河流域黄淮棉区)进行,供试土壤分别为黄棕壤土和潮土,0—20 cm 土壤分别含有机质 17.3 g/kg、14.7 g/kg,全氮 10.3 g/kg、11.7 g/kg,速效氮 40.13 mg/kg、47.83 mg/kg,速效磷 28.95 mg/kg、29.00 mg/kg,速效钾 79.17 mg/kg、77.54 mg/kg。

选择高品质棉品种科棉 1 号(Kemian 1)和常规棉品种美棉 33B(NuCOTN 33B)为材料,设置施氮量试验,棉花种植采用营养钵育苗方法,均于 4 月 25 日育苗,5 月 18 日移栽。根据薛晓萍等^[23]的研究结果,施氮量设无氮 N 0 kg/hm²(N0)、适氮 N 240 kg/hm²(N240)和高氮 N 480 kg/hm²(N480)3 个水平,所用氮肥为尿素,氮肥运筹均按基施 50%、花铃肥(始花期施用,南京和徐州分别为 7 月 8 日和 7 月 11 日)50% 比例施入,为确保氮肥施用均匀,基施氮肥后至移栽后第 2 d,在棉行内相邻两棵棉苗之间打一个 20 cm 深孔,每孔内定量施入设计数量的尿素。试验采取随机区组设计,共 6 个处理组合,3 次重复,小区面积均为 54 m²(9 m × 6 m),棉花行距 0.75 m,株距

0.25 m。田间其他管理均按高产栽培要求进行。

综合考虑南京、徐州两试点棉花生育期,于7月15日、7月25日、8月10日、8月25日和9月10日挂牌标记当日1、2果节所开白花。对挂牌标记铃,从花后10 d(Days post anthesis, DPA)开始直至吐絮,每隔7 d在上午9:00~10:00取生长发育一致的棉铃8~10个及其对位叶。将棉铃中的纤维与种子分离,30 DPA后的纤维风干(昼温>30℃)用于测定纤维细度、成熟度和马克隆值。剪取棉铃对位叶中间部分,洗净擦干,105℃杀青15 min后在70℃下烘干至恒重,供测定叶片氮浓度。

试验用气象资料由南京、徐州气象局提供,两个试点不同开花期棉铃发育期(花后0~50 d, DPA)的日均温见表1。

表1 棉铃发育期(花后0~50 d, DPA)的日均温
Table 1 Daily mean temperature during 0~50 DPA in cotton boll maturation period in Nanjing and Xuzhou

开花日期 Flowering date (d-m)	日均温(℃) Daily mean temperature	
	南京 Nanjing	徐州 Xuzhou
15-Jul	27.5	25.8
25-Jul	26.6	25.2
10-Aug	25.5	23.3
25-Aug	23.3	20.8
10-Sep	20.4	18.1

注(Note): DPA—Days post anthesis.

1.2 测定项目与方法

1.2.1 棉纤维细度(Fiber fineness, Fin , m/g) 对15 DPA后棉铃的纤维,先用Y2171纤维中段切取器切取1 cm长纤维束,利用1/100000电子天平称其重量(g),数出纤维根数,根据 $Nm(\text{公制支数}) = 10 \times n(\text{根数})/Gf(\text{mg})$,即可算出纤维细度值。

1.2.2 棉纤维成熟度(Fiber maturity, Mat) 用Y147-电脑Ⅲ型棉纤维偏光成熟度仪测定。

1.2.3 棉纤维马克隆值(Fiber micronaire, Mic) 用Y145C型马克隆值测定仪测定。

1.2.4 单位叶面积棉铃对位叶氮浓度[N content per unit area in the subtending leaf of cotton boll, N_A (g/m^2)] 用LI-3000A型便携式叶面积仪(Li-corr, USA)测量所获取叶片的叶面积,烘干称量后计算比叶重[比叶重(LMA)=叶片干重/叶面积],然后粉碎过40目筛,用凯氏定氮法测定单位干重的棉铃对位叶氮含量(N_M , %),计算单位面积的叶氮含

量(N_A , g/m^2): $N_A = N_M \times LMA$ 。

1.3 数据处理

采用Microsoft Excel 2003软件进行数据处理及制图,用SPSS 11.0统计分析软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 施氮量对棉铃对位叶叶氮浓度(N_A)的影响

棉铃对位叶氮浓度 N_A 随花后天数的增加均呈下降趋势(图1)。不同施氮量、不同开花期间 N_A 的差异主要表现在其初始值的高低和棉纤维发育过程中降低幅度的大小。对于相同开花期不同施氮量下的棉铃, N_A 初始值随施氮量的降低而降低,而 N_A 在铃期内的降幅随施氮量的降低而增加。相同施氮量下不同开花期间比较,随开花期的推迟,相同花后天数对应的 N_A 值增加,铃期 N_A 降低幅度减小,且随开花期的推迟,N480与N240施氮量下的 N_A 差距减小,N240与N0施氮量下的 N_A 差距逐渐变大。本试验中两个品种的棉铃对位叶氮浓度动态变化趋势一致,本文以科棉1号为例进行分析。

2.2 施氮量对棉纤维细度形成的影响

从图1还可看出,棉纤维细度值随花后天数增加逐渐变小,不同开花期之间差异较大,7月15日、7月25日和8月10日以后开花的棉铃,其纤维细度分别在花后31、38、45 d前减小较快,之后减小速率降低,细度值趋于平稳。比较各开花期不同施氮量下棉纤维细度的变化发现:7月15日和7月25日开花的棉铃纤维细度值以N480处理最大,显著高于N240和N0处理($P < 0.05$);8月10日以后开花棉铃纤维细度值以N0处理最大、N480次之、N240最小。且随开花期的推迟(8月10日以后),N0下的细度值与N240、N480处理下细度值的差距加大,与 N_A 值在不同开花期对氮素的响应一致,进一步对铃期内 N_A 平均值与最终棉纤维细度值进行相关性分析发现, N_A 与最终棉纤维细度值呈极显著相关(见表2),因此推断氮素水平可通过影响 N_A 进而影响棉纤维细度的形成。

在同一施氮水平下,随开花期推迟,相同铃龄棉铃纤维细度值呈上升趋势。对于8月10日以前形成的棉铃,相同铃龄棉纤维细度值随开花期的推迟而升高,但铃期内纤维细度值的降低幅度随开花期的推迟而变大,因而各开花期间纤维细度值在花后24~38 d时差异显著($P < 0.05$),45 d后差异较小;8月25日(徐州为8月10日)后形成的棉铃,相

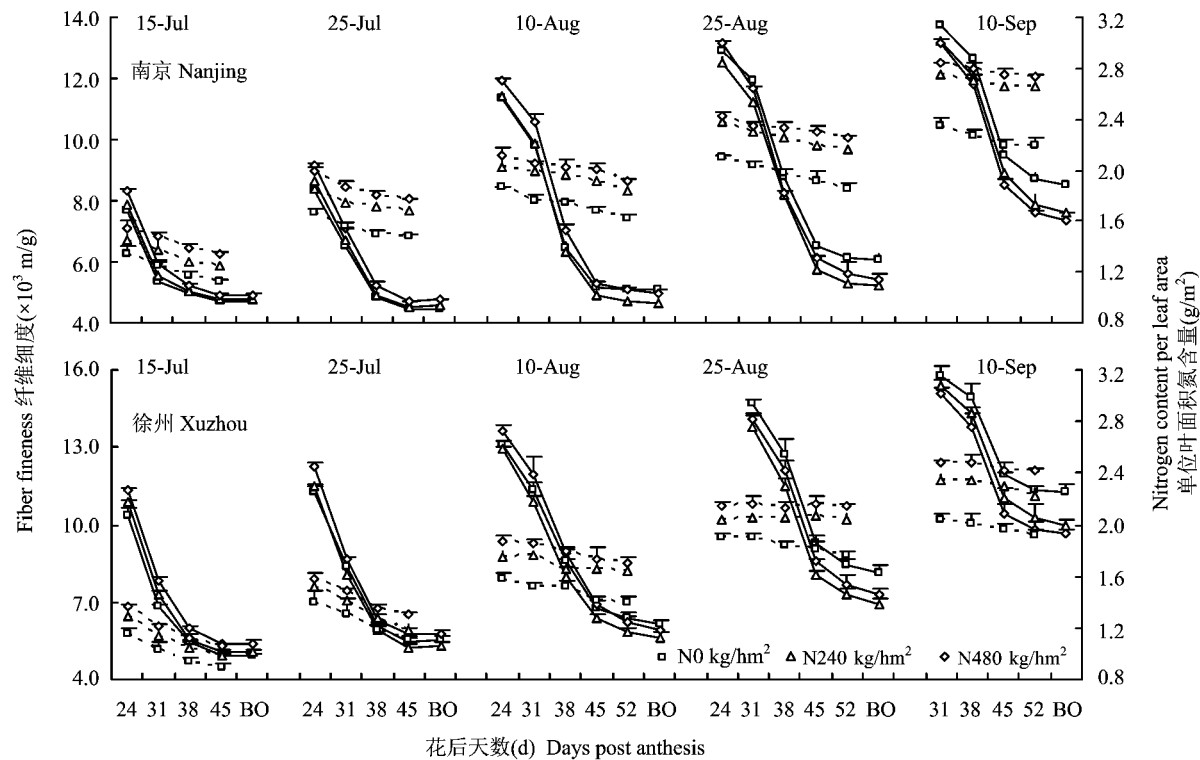


图1 棉纤维细度(实线)和棉铃对位叶 N_A (虚线)的动态变化对氮素水平的响应(南京、徐州 科棉1号)

Fig.1 Dynamic response of cotton fiber fineness (solid lines) and N_A (dot lines) to nitrogen rates in Nanjing and Xuzhou.

[注(Note): BO—棉铃吐絮期 Stands for cotton boll opened date.]

表2 对位叶氮浓度 N_A 与最终棉纤维细度、成熟度和马克隆值之间的相关系数(科棉1号)

Table 2 Correlation coefficients between N_A and cotton fiber fineness, maturity and micronaire of Kemian 1

项目 Item	N_A	Fin	Mat	Mic
N_A	1			
Fin	0.515 **	1		
Mat	-0.730 **	-0.907 **	1	
Mic	-0.522 **	-0.916 **	0.869 **	1

注(Note): N_A —对位叶氮浓度 N content in the subtending leaf; Fin —棉纤维细度 Cotton fiber fineness; Mat —棉纤维成熟度 Cotton fiber maturity; Mic —棉纤维马克隆值 Cotton fiber micronaire. $n=30$; $R_{0.05}^2=0.361$; $R_{0.01}^2=0.463$.

同铃龄纤维细度值显著高于8月10日(徐州为7月25日)以前开花棉铃,纤维细度值的降低幅度减小,最终细度值开花期间差异显著。

在棉铃发育期内,铃期日均温随开花期的推迟而降低,8月10日前开花棉铃铃期日均温的变化幅度较小,之后变化幅度增大(表1)。综合纤维细度在不同开花期间的动态变化趋势可知,日均温是影响不同开花期棉铃纤维细度变化的主要因素。当日

均温大于25.0℃时,纤维细度在不同开花期之间的变化较小;当日均温小于25.0℃时,纤维细度在不同开花期之间的差异显著变大,纤维变细。另外,随施氮量的增加,棉纤维细度值在不同开花期间的差异减小,如南京试点科棉1号纤维细度最终值在N0、N240、N480处理下开花期间的变异系数分别为28.6%、23.8%、19.6%(表3),科棉1号在徐州试点、美棉33B在两个试点的趋势与之一致(故未列出),说明施氮量对棉纤维细度的影响与开花期存在互作。

2.3 施氮量对棉纤维成熟度的影响

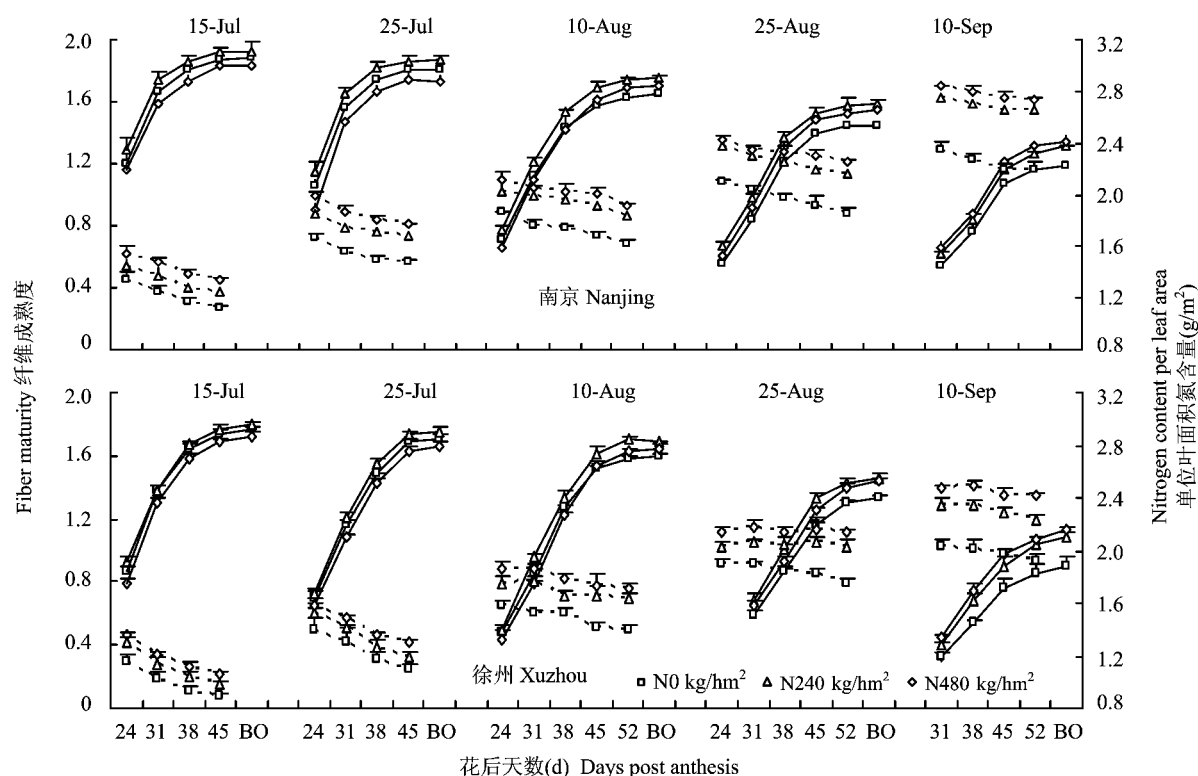
棉纤维成熟度与棉纤维次生壁加厚发育密切相关^[1]。随花后天数的增加,纤维次生壁不断加厚,纤维成熟度逐渐增加(图2)。不同施氮量间纤维成熟度差异在花后24 d时最小,之后随花后天数的增加而增大。不同施氮量间棉纤维成熟度的差异在不同开花期表现不同,7月15日~8月25日之间开花的棉铃,其发育期内日均温高于20℃,纤维成熟度在N240处理时最大;当铃期温度低于20℃时(如9月10日开花棉铃),N480处理下的纤维成熟度显著高于N240处理,两者均显著高于N0处理。随开花期的推迟,N0与N240处理之间棉纤维成熟度的差

表 3 最终棉纤维细度、成熟度和马克隆值的变异(南京,科棉 1 号)

Table 3 Variability of cotton fiber fineness, maturity and micronaire of Kemian 1 in Nanjing

项目 Item	氮素水平间 Variability between nitrogen rate(%)					开花期间 Variability between flowering dates(%)		
	15-Jul	25-Jul	10-Aug	25-Aug	10-Sep	N0	N240	N480
<i>Fin</i>	2.4	3.1	4.3	8.3	7.8	28.6	23.8	19.6
<i>Mat</i>	2.4	3.9	3.5	4.4	6.7	18.0	14.7	11.8
<i>Mic</i>	5.2	3.4	1.7	2.0	3.5	9.4	6.7	5.4

注(Note): *Fin*—棉纤维细度 cotton fiber fineness; *Mat*—棉纤维成熟度 Cotton fiber maturity; *Mic*—棉纤维马克隆值 Cotton fiber micronaire.

图 2 棉纤维成熟度(实线)和棉铃对位叶 N_A (虚线)的动态变化对氮素水平的响应(南京、徐州 科棉 1 号)Fig. 2 Dynamic response of cotton fiber maturity (solid lines) and N_A (dot lines) in the subtending leaf of cotton boll to nitrogen rates in Nanjing and Xuzhou.

[注(Note): BO—棉铃吐絮期 Stands for cotton boll opened date.]

距加大,而 N240 与 N480 之间棉纤维成熟度的差距变小,这与 2.1 中 N_A 随开花期的推迟 N480 与 N240 处理之间的差距减小, N240 与 N0 处理间的差距变大的结果一致。说明棉铃对位叶氮浓度显著影响棉纤维成熟度的形成过程。

在相同施氮量下,随开花期的推迟,棉纤维成熟度值呈下降趋势,且铃期内快速增加的起始时间推后、增加量减小,但在不同氮素水平下开花期间纤维成熟度的变化幅度差异较大。对于 9 月 10 日开花的棉铃, N0、N240、N480 处理下的最终成熟度值与 7 月 15 日开花的棉铃相比,在南京分别下降了 37%、

32%、27%,在徐州分别下降了 49%、39%、34%,说明增加施氮量可减小不同开花期间棉铃纤维成熟度的差异。

一般认为成熟度在 1.00 以下的为不成熟纤维,在 1.60 ~ 1.75 之间的为成熟度好,超过 2.50 的为过成熟^[24]。在本研究中,8 月 10 日开花的棉铃在三个施氮量水平下纤维成熟度均处于 1.60 ~ 1.75 之间,较早开花的棉铃(7 月 15 日、7 月 25 日)在三个施氮量水平下纤维成熟度均高于 1.75,而较晚开花的棉铃(8 月 25 日、9 月 10 日)在三个施氮量水平下纤维成熟度均低于 1.60。说明虽然施氮量可

通过对位叶氮浓度影响棉纤维成熟度的形成,但开花期才是决定棉纤维成熟度的最重要因素。综合表 1 和图 2 可知,铃期内 23.3~25.5℃ 的日均温对棉纤维成熟度的形成较为适宜。

2.4 施氮量对棉纤维马克隆值形成的影响

陆地棉商品纤维马克隆值的可接受范围为 3.5~4.9,其中 3.7~4.2 属 A 级标准,符合纺中高或中支纱的要求;3.5~3.6、4.3~4.9 属 B 级标准,符合纺中低支或低支纱要求,3.5 以下和 5.0 以上属 C 级标准^[1]。本文结果表明,施氮量显著影响棉纤维马克隆值的形成(图 3),8 月 10 日前开花棉铃的纤维马克隆值以 N0 水平最大、N240 居中、N480 最小;8 月 25 日开花棉铃的纤维马克隆值在 N240 处理下最大、N480 次之、N0 最小;9 月 10 日开花棉铃的纤维马克隆值以 N480 处理最大、N240 居中、N0 最小。可见,虽然增加施氮量可以显著影响棉纤

维马克隆值的形成,但在 8 月 25 日前开花棉铃的棉纤维品级的评定并未受施氮水平的影响,施氮量只对开花较晚(9 月 10 日,日均温低于 20℃)的棉铃才有显著影响。

随施氮量的升高,棉纤维马克隆值在不同开花期间的变化趋势不同,N0、N240 处理下棉纤维马克隆值随开花期的推迟逐渐降低,N480 处理马克隆值随开花期的推迟呈先升高后降低的趋势。另外,在不同施氮量下不同开花期间马克隆值的变化范围不同,N0、N240、N480 三个处理棉纤维马克隆值的变化范围在南京分别为 3.7~4.7、3.9~4.6、3.9~4.5,在徐州分别为 3.3~4.7、3.6~4.6、3.7~4.4。综上,随施氮量的升高,棉纤维马克隆值的变化范围缩小,除 N0 处理外,N240、N480 处理不同开花期棉铃的纤维马克隆值均处于 A 级或 B 级标准。

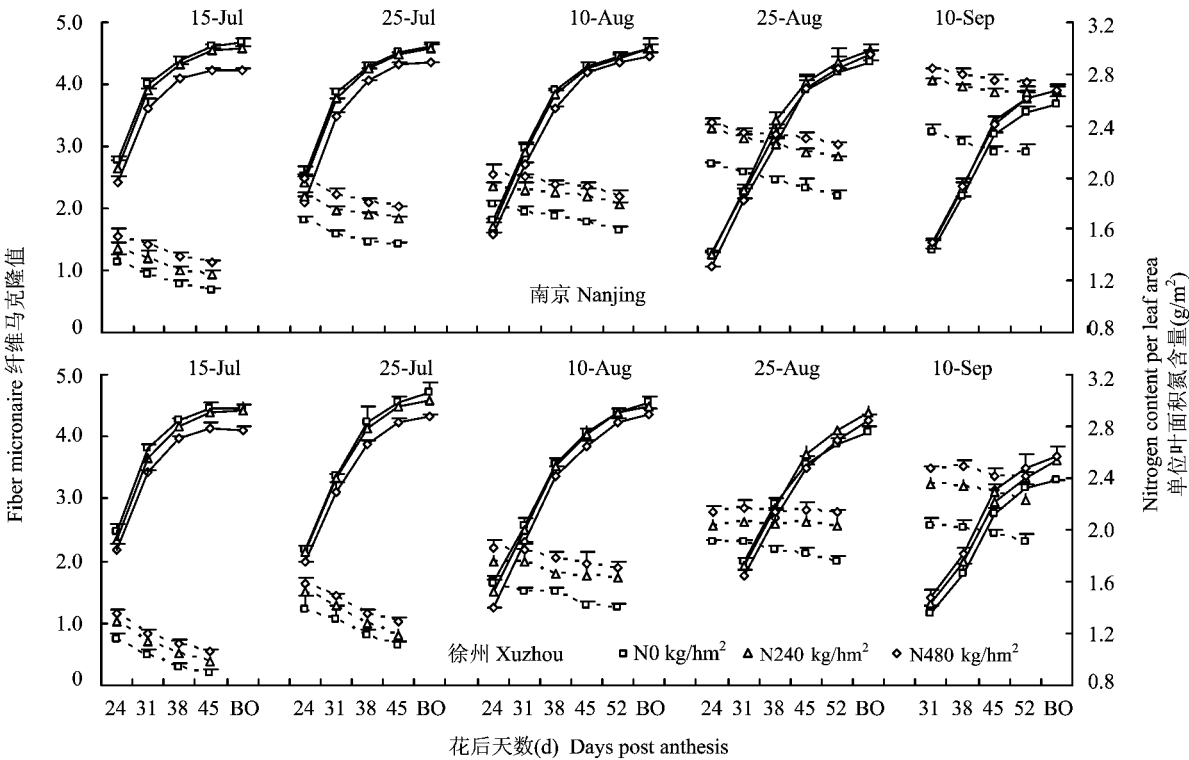


图 3 棉纤维马克隆值(实线)和棉铃对位叶 N_A (虚线)的动态变化对氮素水平的响应(南京、徐州 科棉 1 号)

Fig. 3 Dynamic response of cotton fiber micronaire (solid lines) and N_A (dot lines) in the subtending leaf of cotton boll to nitrogen rates in Nanjing and Xuzhou.

[注(Note): BO—棉铃吐絮期 Stands for cotton boll opened date.]

3 讨论

施氮是调控作物生长及光合生产率的重要手段,长期以来我国棉花高产栽培中主要以氮肥调控为主^[25]。目前有关施氮量影响成熟纤维细度、成熟

度和马克隆值的研究已有大量报道,但极少探讨三者在形成过程中对氮素的动态响应。本研究试图基于棉铃对位叶氮浓度 N_A 变化与纤维细度、成熟度和马克隆值形成关系的研究,力求从形成过程方面描述施氮量对棉纤维细度、成熟度和马克隆值形成

的调控。氮是棉铃积累的主要矿质营养元素,随着棉铃发育由铃壳运输到棉子当中。棉铃吐絮时,90%左右的氮贮存在棉子中^[26],过高或过低的施氮量会造成棉子中碳、氮代谢失调,不利于碳水化合物向纤维输送^[27],使棉纤维发育尤其是次生壁加厚建成受阻,影响纤维细度、成熟度和马克隆值的形成。本研究认为各开花期不同施氮量间纤维细度、成熟度和马克隆值的差异主要是源于 N_A 的不同, N_{480} 处理的 N_A 在棉铃发育初期过高, N_0 处理的 N_A 在棉铃发育后期过低,分别显著降低了铃龄38 d后的棉纤维马克隆值和成熟度的增加量,进而影响两者的形成。随开花期推迟(铃期温度降低), N_0 处理的棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成与 N_{240} 的差距变大,而 N_{480} 处理的棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成与 N_{240} 的差距变小,与 N_A 对施氮量的响应变化规律一致。本研究结果与马溶慧等人关于棉铃对位氮浓度与纤维最终马克隆值之间关系的研究结果一致^[10]。

棉纤维细度、成熟度和马克隆值是三个高度相关的指标(表2),较高的马克隆值表明棉纤维较粗,纤维成熟度较高;反之纤维较细,纤维成熟度较低。虽然棉纤维马克隆值是反映棉纤维细度与成熟度的综合指标,但本研究中三者对施氮量及开花期的响应不同,首先,在适宜的开花期(铃期日均温大于 23.3°C),棉纤维马克隆值的形成与细度的相关性较大,表现在,1)7月15日和7月25日开花棉铃纤维细度值在 N_{480} 处理最大,显著高于 N_{240} 和 N_0 处理;纤维马克隆值在7月15日和7月25日以 N_0 处理最大、 N_{480} 最小,两者的规律相同,但均与7月15日和7月25日开花的棉铃纤维成熟度在 N_{240} 处理最大的规律不同;2)较早开花棉铃棉纤维细度值和马克隆值在不同开花期之间的差异均不显著,但成熟度的差异达到显著水平。其次,对于开花较晚的棉铃(铃期日均温小于 20.8°C),纤维马克隆值的形成受成熟度的影响程度逐渐加大,表现为,1)随开花期的推迟,棉纤维马克隆值与棉纤维成熟度的变化规律趋于一致;2)9月10日开花的棉铃,在 N_0 水平下,棉纤维成熟度与 N_{240} 、 N_{480} 之间的差距较纤维细度小,此时, N_0 处理的马克隆值与 N_{240} 、 N_{480} 之间的差距较小。因此认为棉铃发育环境不同时,细度、成熟度和马克隆值之间的关系也会随之变化。

另外,棉纤维细度、成熟度和马克隆值开花期间的变异均大于施氮量间的变异(表3),说明开

花期对纤维品质的影响大于施氮量的影响,因此推断因开花期温度的不同是影响三者的最主要因素,这与 Bradow 和 Davidonis^[1]的结论一致。本研究还发现,随施氮量增加,棉纤维细度、成熟度和马克隆值不同开花期间的变异系数逐渐减小,说明施氮量与开花期对三者的影响均存在互作效应。当铃期温度较适宜时(大于 20.8°C),适宜的施氮量(如 $N_{240}\text{ kg/hm}^2$)可保证棉纤维细度、成熟度的形成,较高的施氮量(如 $N_{480}\text{ kg/hm}^2$)可降低棉纤维马克隆值;铃期温度较低时(小于 20.8°C),较高的施氮量可在一定范围内补充光合产物量,促进棉纤维生长,因而纤维细度值较小,纤维成熟度和马克隆值较大。根据本研究结果可以推断,在肥水条件较好的高产田,棉花产量构成以伏桃、早秋桃、晚秋桃为主,施肥时期后移、增加施氮量将有利于光合产物形成并促进其向棉铃的运输,提高产量;在肥水条件一般的中产田,棉花产量构成以伏桃和早秋桃为主,前移施肥时期、维持适宜施氮量将有利于光合产物形成并促进其向棉铃的运输,提高产量。

4 结论

1)施氮量显著影响棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成过程,但三者在不同开花期间对氮素水平的响应不同。8月10日前(铃期日均温均大于 23.3°C)开花的棉铃,纤维细度、马克隆值以施氮 0 kg/hm^2 下最大、 $N_{480}\text{ kg/hm}^2$ 最小,棉纤维马克隆值与纤维细度的相关性较大;8月25日(铃期日均温在 $20.8\sim 23.3^{\circ}\text{C}$ 之间)开花的棉铃,纤维成熟度、马克隆值以施氮 240 kg/hm^2 下最大、 $N_0\text{ kg/hm}^2$ 最小;9月10日(铃期日均温小于 20.8°C)开花棉铃,纤维细度、成熟度和马克隆值均以 480 kg/hm^2 施氮量最大、 0 kg/hm^2 最小,棉纤维马克隆值与纤维成熟度的相关性增强。

2)虽然施氮量可通过对位氮浓度影响棉纤维细度、成熟度和马克隆值的形成过程,但因开花期不同而形成的铃期日均温是影响三者的主要因素,增加施氮量可减小上述指标在不同开花期间的差异。当铃期日均温大于 25.0°C 时,纤维细度的变化较小,小于此值时,纤维细度值显著变大,纤维变细。铃期 $23.3\sim 25.5^{\circ}\text{C}$ 的日均温下形成的棉纤维成熟度较适宜。棉纤维马克隆值的变化范围随施氮量的升高也呈缩小趋势,在本试验 240 、 480 kg/hm^2 的施氮量下,不同开花期马克隆值均处于A级或B级标准。

参 考 文 献:

- [1] Bradow J M, Davidonis G H. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective [J]. J. Cott. Sci., 2000, 4: 34-64.
- [2] Jost P. Cotton fiber quality and the issues in Georgia [J]. Cooper. Exten. Ser., 2005, 1-20.
- [3] Bauer P J, Frederick J R, Bradow J M *et al.* Canopy photosynthesis and fiber properties of normal-and late-planted cotton [J]. Agro. J., 2000, 92(3): 518-523.
- [4] Pettigrew W T. Environmental effects on cotton fiber carbohydrate concentration and quality [J]. Crop Sci., 2001, 41: 1108-1113.
- [5] 张旺锋,王振林,余松烈,等. 氮肥对新疆高产棉花群体光合性能和产量形成的影响[J]. 作物学报, 2002, 28(6): 789-796.
Zhang W F, Wang Z L, Yu S L *et al.* Effect of nitrogen on canopy photosynthesis and yield formation in high-yielding cotton of Xinjiang [J]. Acta Agron. Sin., 2002, 28(6): 789-796.
- [6] Hikosaka K. Leaf canopy as a dynamic system; Ecophysiology and optimality in leaf turnover [J]. Ann. Bot., 2005, 95(3): 521-533.
- [7] 孙红春,冯丽肖,谢志霞,等. 不同氮素水平对棉花不同部位一铃叶系统生理特性及铃重空间分布的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(8): 1638-1645.
Sun C H, Feng L X, Xie Z X *et al.* Physiological characteristics of boll-leaf system and boll weight space distributing of cotton under different nitrogen levels [J]. Sci. Agric. Sin., 2007, 40(8): 1638-1645.
- [8] Milroy S P, Bange M P. Nitrogen and light responses of cotton photosynthesis and implications for crop growth [J]. Crop Sci., 2003, 43(3): 904-913.
- [9] Bondada B R, Osterhuis D M, Norman R J, Baker W H. Canopy photosynthesis, growth, yield and boll ¹⁵N accumulation under nitrogen stress in cotton [J]. Crop Sci., 1996, 36(1): 127-133.
- [10] 马溶慧,周治国,王友华,等. 棉铃对位叶氮浓度与纤维品质指标的关系[J]. 中国农业科学, 2009, 42(3): 833-842.
Ma R H, Zhou Z G, Wang Y H *et al.* Relationship between nitrogen concentration in the subtending leaf of cotton boll and fiber quality indices [J]. Sci. Agric. Sin., 2009, 42(3): 833-842.
- [11] Pettigrew W T, Adameczyk J J. Nitrogen fertility and planting date effects on lint yield and Cry1Ac (Bt) endotoxin production [J]. Agron. J., 2006, 98(3): 691-697.
- [12] Blaise D, Singh J V, Bonde A N *et al.* Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. Bioresour Technol., 2005, 96(3): 345-349.
- [13] Boquet D J, Hutchinson R L, Breitenbeck G A. Long-term tillage, cover crop, and nitrogen rate effects on cotton: Yield and fiber properties [J]. Agron. J., 2004, 96(5): 1436-1442.
- [14] Fritschi F B, Roberts B A, Travis R L *et al.* Response of irrigated Acala and Pima cotton to nitrogen fertilization: growth, dry matter partitioning, and yield [J]. Agron. J., 2003, 95(1): 133-146.
- [15] Bauer P S, Roof M E. Nitrogen, aldicarb, and cover crop effects on cotton yield and fiber properties [J]. Agron. J., 2004, 96(2): 369-376.
- [16] Reddy K R, Koti S, Davidonis G H, Reddy V R. Interactive effects of carbon dioxide and nitrogen nutrition on cotton growth, development, yield, and fiber quality [J]. Agron. J., 2004, 96(4): 1148-1157.
- [17] Tewolde H, Fernandez C J. Fiber quality response of Pima cotton to nitrogen and phosphorus deficiency [J]. J. Plant Nutr., 2003, 26(1): 223-235.
- [18] Singh V, Nagwekar S N. Effect of weed control and nitrogen levels on quality characters in cotton [J]. Indian Soc. Cott. Improv., 1989, 14: 60-64.
- [19] Girma K, Teal R K, Freeman K W *et al.* Cotton lint yield and quality as affected by applications of N, P, and K fertilizers [J]. J. Cott. Sci., 2007, 11(1): 12-19.
- [20] Constable G A, Hearn A B. Irrigation for crops in a subhumid environment. VI. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on growth, yield and quality of cotton [J]. Irrig. Sci., 1981, 3: 17-28.
- [21] Rochester I J, Peoples M B, Constable G A. Estimation of the N fertilizer requirement of cotton grown after legume crops [J]. Field Crops Res., 2001, 70: 43-53.
- [22] Read J J, Reddy K R, Jenkins J N. Yield and fiber quality of upland cotton as influenced by nitrogen and potassium nutrition [J]. Europ. J. Agron., 2006, 24(3): 282-290.
- [23] 薛晓萍,陈兵林,郭文琦,等. 棉花临界需氮量动态定量模型 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2363-2370.
Xue X P, Chen B L, Guo W Q *et al.* Dynamic quantitative model of critical nitrogen demand of cotton [J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(12): 2363-2370.
- [24] 张瑞增,陈崇兴. 正确衡量棉纤维成熟度 [J]. 中国棉花加工, 2005, (2): 27-28.
Zhang R Z, Chen C X. Properly measure the cotton fiber maturity [J]. China Cott. Proc., 2005, (2): 27-28.
- [25] 黄骏麒. 中国棉作学 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
Huang J Q. China cotton farming [M]. Beijing: China Agricultural Technology Press, 1998.
- [26] Egelkraut T M, Kissel D E, Cabrera M L *et al.* Nitrogen concentration in cottonseed as an indicator of N availability [J]. Nutr. Cycl. Agroecosys., 2004, 68(3): 235-242.
- [27] Bondada B R, Osterhuis D M, Norman R J. Canopy photosynthesis growth yield and boll accumulation under nitrogen stress in cotton [J]. Crop Sci., 1996, 36(1): 127-133.