

DOI: 10.3724/SP.J.1006.2009.02266

氮肥运筹对高品质棉铃形成及纤维品质的影响

陈源 王永慧 杨朝华 肖健 栾娜 张祥 陈德华*

扬州大学 / 江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州 225009

摘要: 为充分发挥高品质棉的产量与纤维品质潜力, 以高品质棉杂交种科棉 1 号和常规种科棉 4 号为供试品种, 于 2003—2005 年在扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室实验农场进行育苗移栽, 设基肥、花铃肥、桃肥比例试验(科棉 1 号设 20 60 20、10 60 30 和 25 65 10 三个处理, 科棉 4 号设 20 60 20、15 70 15 和 10 75 15 三个处理); 基肥施用比例试验(科棉 1 号设 10%、20% 和 30% 三个处理, 科棉 4 号设 10%、15% 和 20% 三个处理); 促花肥施用比例试验(设 0、20%、30% 和 40% 四个处理); 桃肥施用比例试验(科棉 1 号设 10%、20% 和 25% 三个处理, 科棉 4 号设 10%、15% 和 20% 三个处理); 花铃肥中保铃肥施用时间试验(设叶龄分别为 17 叶、19 叶、21 叶三个处理), 调查氮肥运筹对铃重、铃体积和纤维品质的影响。结果表明, 吸 N 量为 208.5~243.0 kg hm⁻², 科棉 1 号和科棉 4 号基肥、花铃肥和桃肥的氮肥施用比例分别为 20 60 20 和 15 70 15, 且促花肥为 30% 时, 有利于大铃的形成和纤维品质的优化, 桃肥施用量为 15%~20% 时有利于秋桃的形成。保铃肥的施用时间在主茎叶龄 19~20 叶时最有利于棉铃发育、纤维品质改善和产量提高。相关分析表明, 铃体积、铃重与产量及纤维品质呈正相关, 尤其促花肥施用, 有利于大铃形成, 显著促进产量提高和纤维品质改善, 因此对于高品质棉促进大铃形成是高产和纤维品质保优的关键。

关键词: 高品质棉; 氮肥运筹; 棉铃; 纤维品质; 高产

Effect of Nitrogen Fertilizer Application on Development of Boll and Fiber Quality in High Fiber Quality Cotton

CHEN Yuan, WANG Yong-Hui, YANG Zhao-Hua, XIAO Jian, LUAN Na, ZHANG Xiang, and CHEN De-Hua*

Jiangsu Provincial Key Laboratory of Crops Genetics and Physiology / Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

Abstract: The objective of this study was to investigate the extent of the yield increase and fiber quality improvement with nitrogen fertilizer application at different developing periods for high fiber quality cotton. Two cultivars of high quality cotton, hybrid Kemian 1, and conventional Kemian 4, were used to study the effect of nitrogen application on boll weight, boll volume and fiber quality. The five experiments were conducted on the farm of Jiangsu Provincial Key Laboratory of Crops Genetics and Physiology of Yangzhou University from 2003 to 2005, the first experiment was the ratio of nitrogen fertilizer at transplanting, flowering and boll setting, peak boll setting period of 20:60:20, 10:60:30, 25:65:10 for Kemian 1, and 20:60:20, 15:70:15, 10:75:15 for Kemian 4, the second was the basic nitrogen fertilizer at transplanting of 10%, 20%, 30% for Kemian 1, and 10%, 15%, 20% for Kemian 4, the third was 0, 20%, 30%, 40% of the nitrogen fertilizer at early flowering period for both cultivars, the fourth was the nitrogen fertilizer applied at 17, 19, 21 leaf age on main stem, and the fifth was the nitrogen fertilizer at peak boll setting period of 10%, 20%, 25% for Kemian 1, and 10%, 15%, 20% for Kemian 4. The results showed that bigger boll and better fiber quality were gotten under the application of 208.5 to 243.0 kg nitrogen per hectare, and the treatment of nitrogen fertilizer 20%, 60%, 20% for Kemian 1, and 15%, 70%, 15% for Kemian 4, respectively in the first experiment. 30% of nitrogen fertilizer applied at early flowering was optimal for the development of bigger boll and better fiber quality, 15–20% of nitrogen fertilizer applied at the peak boll setting period was best for development of the late boll in autumn. The nitrogen fertilizer application at peak flowering period was earlier at 17 leaf age, later at 21 leaf age, and optimal at 19 to 20 leaf age on the main stem. The correlation analysis indicated further that there were positive correlation between boll size, boll weight and yield, fiber quality. The nitrogen fertilizer application at the early flowering period was beneficial to develop bigger boll, higher yield and better fiber quality. These results suggest that the key of the high lint yield and good fiber quality is to develop big boll for the high fiber quality cotton.

Keywords: High fiber quality cotton; Application of nitrogen fertilizer; Boll; Fiber quality; High yield

本研究由江苏省农业科技自主创新资金[cx(08)114], 江苏省三项工程项目[sx(2007)110], 江苏省青蓝工程和扬州大学新世纪学术带头人基金资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 陈德华, E-mail: dehuachen2002@yahoo.com.cn; Tel: 0514-87979357

第一作者联系方式: E-mail: nxx@yzu.edu.cn

Received(收稿日期): 2009-02-25; Accepted(接受日期): 2009-07-24.

棉纤维作为纺织工业的主要原料, 纤维长度与成纱支数及纺织品质量密切相关。高品质棉纤维长度在 30 mm 以上, 比强度在 35 cN tex^{-1} 以上, 马克隆值在 4.1~4.4, 纤维品质优于常规棉, 已受到纺织部门的普遍认可, 目前生产纤维呈供不应求的局面^[1-3]。氮素营养作为调节棉铃发育、调控纤维品质的重要因子, 在棉花的优质高产栽培上起着重要作用, 一般认为, 植株体内的氮素变化会影响内源激素的新陈代谢与运输分配^[4-5], 氮肥运筹可以有效促进棉铃发育, 增加铃重, 提高纤维品质^[6-15]。前人在氮素营养对常规棉铃和纤维品质影响进行大量研究的基础上, 明确了公顷施氮量 225~300 kg, 氮肥运筹为移栽时施用 25%, 花铃肥 65%, 桃肥 10% 时有利于棉铃和纤维品质形成^[16-17]。高品质棉品种是由陆地棉和海岛棉杂交选育而成的, 其棉铃纤维品质形成等与常规棉相比有明显的变化, 主要表现在高品质棉铃在花后 20 d 内体积和铃重增长快, 纤维长度、比强度和成熟度等品质指标在开花 20 d 以后增长速度也显著加快, 且棉铃数量的增长在花铃中后期表现出随营养生长的增强而增多的特征^[18-21], 因此, 氮素运筹如仍按照常规的栽培技术进行容易导致高品质棉产量优势得不到充分发挥、纤维生产品质低于遗传品质^[18-19, 22]。为此, 本文针对高品质棉的棉铃和纤维发育特点, 探讨其高产保优的氮肥运筹方案, 以期为大面积生产上高品质棉栽培提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

2003—2005 年在扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室实验农场种植高品质棉品种科棉 1 号(杂交种)和科棉 4 号(常规种)。试验土壤含有机质 1.68%、水解氮 134.7 mg kg^{-1} 、速效磷 25.2 mg kg^{-1} 、速效钾 80.6 mg kg^{-1} 。3 年试验都于 4 月 3 日播种、5 月 13 日移栽, 密度为每公顷 27 000 株, 磷钾肥、化控等栽培措施均按高产要求进行。按单因素随机区组设计, 小区面积 27 m^2 , 重复 3 次, 氮施用量为 375 kg hm^{-2} 。共设计以下 5 个试验。

试验 1: 2003 年设不同时期施肥比例试验。基肥—花铃肥—桃肥对于杂交种科棉 1 号分别设 20 60 20、10 60 30、25 65 10 三种处理, 对于常规种科棉 4 号分别设 20 60 20、15 70 15、10 75 15 三种处理。

试验 2: 2004 年设基肥比例试验。对科棉 1 号设

3 个处理(10%、20% 和 30%), 科棉 4 号设 3 个处理(10%、15% 和 20%), 科棉 1 号的花铃肥按总追肥量的 65% 施用, 科棉 4 号的花铃肥按总追肥量的 70% 施用, 其余肥料作桃肥施用。

试验 3: 2004 年设桃肥施用比例试验。对科棉 1 号分别设 3 个处理(10%、20% 和 25%), 科棉 4 号设 3 个处理(10%、15% 和 20%)。科棉 1 号的花铃肥按总追肥量的 65% 施用, 科棉 4 号的花铃肥按总追肥量的 70% 施用, 其余肥料作基肥施用。

试验 4: 2005 年设促花肥比例试验。科棉 1 号的花铃肥为总追肥量的 65%, 科棉 4 号的花铃肥为总追肥量的 70%, 科棉 1 号和科棉 4 号的促花肥分别按照花铃肥的 0、20%、30% 和 40% 设 4 个处理; 其余肥料作保铃肥施用, 基肥和桃肥比例按高产要求设定。

试验 5: 2005 年设保铃肥施用时间试验。对科棉 1 号和科棉 4 号分别设主茎叶龄为 17 叶、19 叶和 21 叶 3 个处理, 基肥、促花肥、桃肥施用按高产要求设定。

1.2 测定项目

用排水法测定棉铃体积; 成熟期取各小区 10 个定点棉株所有棉铃称重, 取平均值为棉铃重; 应用 Y146-3B 光电长度仪测定纤维长度, 用 Y162 型束纤维强度仪测定纤维强度、应用 Y147-III 型偏光成熟度仪测定纤维马克隆值和成熟度。于 9 月 20 日后按小区测产, 各小区定点中间两行各连续 10 株棉花单铃采收, 计算各处理单株结铃数及铃重, 轧花测定衣分, 根据密度计算产量。

2 结果与分析

2.1 不同时期氮肥运筹比例对铃重、产量及纤维品质的影响

表 1 表明, 基肥、花铃肥和桃肥运筹比例, 科棉 1 号以 20 60 20、科棉 4 号以 15 70 15 的棉铃体积最大、铃重最高, 产量亦最高。棉铃体积分别达 32.8 cm^3 和 30.5 cm^3 , 棉铃重分别达 5.45 g 和 5.11 g, 最终产量分别为 $2 307 \text{ kg hm}^{-2}$ 和 $1 837.5 \text{ kg hm}^{-2}$ 。并且棉纤维品质也以这一处理最佳, 科棉 1 号的纤维比强度达 35.3 cN tex^{-1} , 科棉 4 号纤维比强度亦达到 32.8 cN tex^{-1} , 科 1 和科 4 的纤维长度分别达 31.6 mm 和 30.7 mm。

2.2 不同基肥施用比例对铃重、产量和纤维品质影响

表 2 表明, 在每公顷施纯氮 375 kg 水平下, 科

棉 1 号和科棉 4 号基肥的比例均 10%时, 及分别为 30%和 20%时, 产量低, 铃体积和铃重均不高, 纤维品质性状也不是最优; 而分别为 20%和 15%时, 铃体积大, 铃重最高, 铃重分别为 5.21 g 和 5.18 g, 最终产量分别达 2 063.1 kg hm⁻²和 1 833 kg hm⁻²; 纤维品质性状马克隆值和成熟度差异不显著, 纤维长度、纤维比强度显著优化, 纤维长度分别达 31.8 mm

和 30.8 mm, 纤维比强度分别为 35.3 cN tex⁻¹和 33.1 cN tex⁻¹。

2.3 不同促花肥施用比例对铃重、产量和纤维品质影响

表 3 表明, 在每公顷施纯氮 375 kg, 科棉 1 号花铃肥占总追肥量的 65%, 科棉 4 号花铃肥占总追肥量的 70%条件下, 促花肥(第一次花铃肥)占花铃肥

表 1 高品质棉不同氮肥运筹对铃体积、铃重及纤维品质的影响
Table 1 Effects of nitrogen fertilizer application on boll size, boll weight, and fiber quality of the high fiber quality cotton

品种 Cultivar	基肥 花铃肥 桃肥 NFT:FBS:PBS	皮棉产量 Lint yield (kg hm ⁻²)	铃体积 Boll size (cm ³)	铃重 Boll weight (g)	长度 Length (mm)	强度 Strength (cN tex ⁻¹)	马克隆值 Micronaire	成熟度 Maturity
科棉 1 号 Kemian 1	20:60:20	2307.0 c	32.8 c	5.45 c	31.6 a	35.3 b	4.41 a	1.62 b
	10:60:30	1537.5 a	29.2 a	5.01 a	31.7 a	34.6 a	4.54 b	1.58 a
	25:65:10	1909.5 b	30.9 b	5.23 b	31.2 a	35.3 b	4.55 b	1.57 a
科棉 4 号 Kemian 4	20:60:20	1407.0 a	27.3 a	4.87 a	29.4 a	31.2 a	4.52 a	1.60 a
	15:70:15	1837.5 c	30.5 c	5.11 c	30.7 b	32.8 b	4.60 a	1.61 a
	10:75:15	1762.5 b	29.1 b	5.02 b	30.5 b	32.1 b	4.58 a	1.65 a

同一列中标以不同小写字母的数值差异达 0.05 显著水平。

Values followed by a different letter in a column are significantly different at the 0.05 probability level. FT:FBS:PBS: ratio of nitrogen fertilizer at transplanting, flowering and boll setting, peak boll setting period.

表 2 不同的基肥比例对铃体积、铃重及纤维品质的影响
Table 2 Effects of the nitrogen fertilizer ratios on boll size, boll weight, and fiber quality at transplanting

品种 Cultivar	基肥比例 Ratio of basic nitrogen fertilizer (%)	皮棉产量 Lint yield (kg hm ⁻²)	铃体积 Boll size (cm ³)	铃重 Boll weight (g)	长度 Length (mm)	强度 Strength (cN tex ⁻¹)	马克隆值 Micronaire	成熟度 Maturity
科棉 1 号 Kemian 1	10	1390.2 b	29.5 b	4.73 a	31.2 b	34.4 b	5.1 b	1.63 b
	20	2063.1 c	31.1 c	5.21 b	31.8 c	35.3 c	4.6 a	1.65 b
	30	1291.5 a	28.3 a	4.62 a	30.5 a	33.1 a	4.5 a	1.58 a
科棉 4 号 Kemian 4	10	1278.8 a	27.1 a	4.85 a	29.2 a	32.3 b	4.9 b	1.60 b
	15	1833.0 b	30.6 b	5.18 b	30.8 b	33.1 c	4.4 a	1.64 b
	20	1204.5 a	26.3 a	4.71 a	30.5 b	31.6 a	4.4 a	1.59 a

同一列中标以不同小写字母的数值差异达 0.05 显著水平。

Values followed by a different letter in a column are significantly different at the 0.05 probability level.

表 3 不同的促花肥(第一次花铃肥)比例对高品质棉铃体积、铃重及纤维品质的影响
Table 3 Effects of ratios of the nitrogen fertilizer at early flowering period on boll size, boll weight, and fiber quality

品种 Cultivar	促花肥所占比例 Ratio of the nitrogen fertilizer at early flowering period (%)	铃体积 Boll size (cm ³)	铃重 Boll weight (g)	纤维品质 Fiber quality				
				长度 Length (mm)	强度 Strength (cN tex ⁻¹)	马克隆值 Micronaire	成熟度 Maturity	单株成铃数 Valid boll per plant
科棉 1 号 Kemian 1	0	26.4 a	4.67 a	29.4 a	32.1 a	4.3 a	1.52 a	27.9 a
	20	29.6 b	5.14 b	30.8 bc	33.7 b	4.5 b	1.60 b	35.5 b
	30	31.2 c	5.35 c	31.3 c	35.1 c	4.6 b	1.62 b	43.6 c
	40	30.1 b	5.20 b	30.5 b	34.2 bc	4.6 b	1.65 b	34.3 b
科棉 4 号 Kemian 1	0	25.7 a	4.52 a	28.6 ab	31.5 a	4.2 a	1.54 a	25.5 a
	20	28.3 b	4.76 b	29.8 b	32.4 b	4.4 a	1.58 a	30.2 b
	30	29.5 c	5.12 c	30.6 c	32.7 b	4.6 b	1.65 b	40.1 c
	40	28.1 b	4.84 bc	29.2 b	31.8 a	4.7 b	1.58 a	29.2 b

同一列中标以不同小写字母的数值差异达 0.05 显著水平。

Values followed by a different letter in a column are significantly different at the 0.05 probability level.

的比例不同, 对铃体积、铃重和纤维品质的影响也不一样, 促花肥施用比例为 30% 时, 铃体积大、铃重高和纤维品质最优, 并且最终单株成铃数最多, 科棉 1 号和科棉 4 号铃重分别为 5.35 g 和 5.12 g, 单株成铃数分别达 43.6 个和 40.1 个, 纤维长度分别为 31.3 mm 和 30.6 mm, 纤维比强度分别为 35.1 cN tex⁻¹ 和 32.7 cN tex⁻¹。促花肥占 40% 时, 虽成熟度和马克隆值高, 但纤维长度和强度不高。这表明, 初花期施氮过多, 不利于棉铃发育, 铃体积和铃重不高。不施促花肥时, 将全部花铃肥集中于保铃肥(第二次花铃肥)施用的, 可能不利于在盛花前光合强度和 LAI 的增加, 从而不利于棉铃发育和纤维品质改善。由此可见, 第一次花铃肥以施用 30% 为宜, 能促进库的形成和发育, 同时更有利于伏桃的大量形成, 并为发挥其余 70% 的保铃肥作用创造了条件。

2.4 不同保铃肥施用时间对铃重、产量和纤维品质影响

表 4 表明, 保铃肥施用过早(主茎叶龄 17), 过迟(主茎叶龄 21), 科棉 1 号和科棉 4 号的铃重、最终产量和纤维品质均下降。在打顶前 10 d, 倒花位在

8~9、主茎叶龄在 19~20 叶时施用保铃肥最有利于棉铃发育、纤维品质改善和产量提高, 科棉 1 号和科棉 4 号铃重分别达到 5.46 g 和 5.31 g, 产量分别达到 2 187 kg hm⁻²、1 891.5 kg hm⁻², 纤维长度达 31.8 mm 和 30.5 mm, 纤维强度分别达 36.2 cN tex⁻¹ 和 32.3 cN tex⁻¹。表明此时棉株吸收的养分能够促进成铃和棉铃发育。保铃肥施用过早, 容易与促花肥重叠, 造成结铃期 LAI 过大, 恶化群体光能, 不利棉铃发育; 而施用过迟, 又会造成前后养分不平衡, 影响成铃和棉铃发育。因此, 保铃肥的施用应使其肥效发挥期正好与棉花的结铃高峰期相吻合。

2.5 不同桃肥施用比例对铃重、产量和纤维品质影响

表 5 表明, 桃肥比例科棉 1 号以 20%、科棉 4 号以 15% 的棉铃体积大、铃重高和纤维品质优, 而且产量也最高, 铃重分别为 4.87 g 和 4.7 g, 产量分别达 1 909.5 kg hm⁻²、1 732.5 kg hm⁻², 纤维长度为 30.8 mm 和 29.7 mm, 纤维强度达 34.2 cN tex⁻¹ 和 32.4 cN tex⁻¹。高品质棉高产田的实践亦表明, 占总施氮量 15%~20% 的桃肥能够促进秋桃的形成, 主要

表 4 保铃肥(第二次花铃肥)施用时间对高品质棉花铃体积、铃重的影响
Table 4 Effects of the nitrogen fertilizer application time on boll size, boll weight, and fiber quality at the peak flowering period

品种 Cultivar	叶龄 Leaf age	铃体积 Boll size (cm ³)	铃重 Boll weight (g)	长度 Length (mm)	强度 Strength (cN tex ⁻¹)	马克隆值 Micronaire	成熟度 Maturity	皮棉产量 Lint yield (kg hm ⁻²)
科棉 1 号 Kemian 1	19	31.5 b	5.46 b	31.8 b	36.2 b	4.6 a	1.66 b	2187.0 c
	17	28.8 a	4.58 a	29.9 a	33.5 a	4.4 a	1.57 a	1767.0 b
	21	29.1 a	4.78 a	30.2 a	34.2 a	5.2 b	1.60 ab	1422.0 a
科棉 4 号 Kemian 4	19	30.8 b	5.31 c	30.5 b	32.3 b	4.7 a	1.62 b	1891.5 c
	17	28.1 a	4.51 a	28.4 a	30.6 a	4.5 a	1.55 a	1578.0 b
	21	28.4 a	4.85 b	29.4 a	31.1 ab	5.3 b	1.58 a	1297.5 a

保铃肥施用量占花铃肥的 70%; 同一列中标以不同小写字母的数值差异达 0.05 显著水平。

The second peak flowering fertilizer was 70% of the peak flowering fertilizer; Values followed by a different letter in a column are significantly different at the 0.05 probability level.

表 5 不同桃肥比例对高品质棉花铃体积、铃重和纤维品质的影响
Table 5 Effects of ratios of the nitrogen fertilizer at the peak boll setting period on boll size, boll weight, and fiber quality

品种 Cultivar	处理 Treatment	铃体积 Boll size (cm ³)	铃重 Boll weight (g)	纤维品质 Fiber quality				皮棉产量 Lint yield (kg hm ⁻²)
				长度 Length (mm)	强度 Strength (cN tex ⁻¹)	马克隆值 Micronaire	成熟度 Maturity	
科棉 1 号 Kemian 1	10%	29.5 b	4.53 b	30.1 b	33.5 a	4.5 a	1.59 a	1461.0 a
	20%	31.2 c	4.87 c	30.8 b	34.2 b	4.6 a	1.61 a	1909.5 c
	25%	27.3 a	4.31 a	29.6 a	32.7 a	4.6 a	1.57 a	1584.0 b
科棉 4 号 Kemian 4	10%	28.2 b	4.45 b	28.5 a	31.6 a	4.3 a	1.58 a	1278.0 a
	15%	29.5 c	4.70 c	29.7 b	32.4 b	4.5 a	1.60 b	1732.5 c
	20%	26.1 a	4.25 a	28.1 a	31.4 a	4.6 a	1.55 a	1359.0 b

同一列中标以不同小写字母的数值差异达 0.05 显著水平。

Values followed by a different letter in a column are significantly different at the 0.05 probability level.

是由于充足的营养供应,使后期能保持较强的源活性和较大的库强,充分促进成铃和棉铃发育,发挥棉株的高产潜力和促进纤维品质性状的进一步表达。

2.6 铃重与纤维品质的关系

不同肥料运筹处理影响到棉铃大小、产量的高低及纤维品质的优劣。表 6 就不同时期氮肥运筹后棉铃大小与产量及纤维品质的相关关系表明,棉铃大小与产量及纤维品质呈正相关关系,尤其是促花肥运筹,棉铃体积、铃重与产量的相关系数分别为 0.9049**和 0.9240**;棉铃大小与纤维品质的相关关系不同肥料处理表现不尽一致,基肥运筹后铃重与纤维长度、纤维强度、纤维马克隆值相关不显著,与纤维成熟度的相关系数 $r = 0.8414^*$;促花肥运筹后棉铃大小与纤维长度、纤维强度、纤维成熟度均成正相关,如铃重与三者的相关系数分别为 0.9520**、0.9107**和 0.8566*;保铃肥施用时间主要与纤维长度和马克隆值呈显著正相关,铃重与纤维长度和马克隆值的相关系数分别为 0.8499*和 0.9469**;桃肥运筹后铃重与纤维成熟度呈显著正相关 $r = 0.9612^{**}$,与纤维长度、纤维强度呈正相关,铃体积与纤维长度、纤维强度、马克隆值亦呈显著正相关。

3 讨论

3.1 氮肥运筹对高品质棉铃发育和纤维品质形成有显著影响

棉花一生中营养生长与生殖生长重叠期较长,氮素营养在调节常规棉棉铃发育和促进纤维品质的形成方面起重要作用^[6-15]。肥料运筹不当会引起棉花营养生长过旺或生长量不足,导致铃数减少、铃重变轻,纤维品质下降,而氮肥的合理运筹有利于协

调棉花的营养生长与生殖生长,保证棉花高产优质的形成^[114-16,23-25]。本研究表明,氮肥运筹对高品质棉棉铃发育和纤维品质形成同样有显著影响,杂交种科棉 1 号基肥为 10%或 25%时,皮棉产量显著下降,纤维品质也不高,而基肥施用比例为 20%时,产量高,纤维品质改善;常规种科棉 4 号基肥为 10%和 20%时,不利于产量和品质的提高,而基肥比例为 15%时,产量、铃重、棉体积均显著提高,纤维长度、比强度等也显著改善。桃肥施用比例结果也有同样趋势(表 1 和表 5)。由于处理间花铃肥比例有 5%差异,使得基肥和桃肥的处理分别也有 5%的差异,但在氮肥施用总量相同情况下,三年结果一致表明杂交种基肥和桃肥分别施用 10%和 25%以上,常规种基肥和桃肥分别施用 10%和 20%以上时产量低,品质差。究其原因,可能与高品质棉生育特性有关^[18,21],高品质棉苗蕾期营养生长快,基肥比例高时,易使苗蕾期旺长,结铃盛期高品质棉又表现营养生长和生殖生长两旺,同样氮素太多,造成群体过大,蕾铃大量脱落。但前后期施氮比例在 10%时,又表现生长不足,同样影响产量和品质的形成,这也可能是在不同氮肥运筹下产量相差较大的原因。

3.2 高品质棉促进棉铃发育和纤维品质形成的氮肥运筹与常规棉明显不同

氮素营养对常规棉棉铃发育和纤维品质影响已有深入的研究,并且一致认为在长江下游育苗移栽条件下公顷施氮量在 225~300 kg 时,氮肥运筹以基肥(移栽时施用) 25%,花铃肥占 65%,桃肥占 10%时最有利于棉铃和纤维品质形成^[16-17]。但我们通过对高品质棉的三年氮肥运筹试验一致表明(表 1、表 2 和表 5),高品质棉氮肥在基肥 25%、花铃肥 65%,桃肥 10%的运筹方案下产量最低,品质性状也不高。

表 6 棉铃大小与产量及纤维品质的相关系数
Table 6 Correlation coefficient between boll size, boll weight and lint yield, fiber quality

处理 Treatment		产量 Lint yield	长度 Length	强度 Strength	马克隆值 Micronaire	成熟度 Maturity
基肥运筹 Nitrogen application at transplanting	体积 Boll size	0.8992*	0.5892	0.8508*	—	0.8737*
	铃重 Boll weight	0.9298**	0.2807	0.4712	0.8414*	0.2337
促花肥运筹 Nitrogen application at the early flowering period	体积 Boll size	0.9049**	0.9395**	0.8931*	0.7714	0.8689*
	铃重 Boll weight	0.9240**	0.9520**	0.9107**	0.8566*	0.7466
保铃肥施用时间 Date of nitrogen fertilizer at the peak flowering period	体积 Boll size	0.8445*	0.9134**	0.7026	0.2102	0.9521**
	铃重 Boll weight	0.6827	0.8499*	0.5519	0.0894	0.9469**
桃肥运筹 Nitrogen application at the peak boll setting period	体积 Boll size	0.7239	0.8633*	0.8201*	0.0412	0.9810**
	铃重 Boll weight	0.8920*	0.7809	0.7119	0.9612**	—

表 7 2003—2005 年棉花生长期气象资料情况
Table 7 Weather data in the primary cotton-growing region from 2003 to 2005

年份 Year	气温 Air temperature ()				降雨 Rainfall (mm)				日照时数 Sunshine duration (h)			
	6 月	7 月	8 月	9 月	6 月	7 月	8 月	9 月	6 月	7 月	8 月	9 月
	June	July	Aug	Sep	June	July	Aug	Sep	June	July	Aug	Sep
2003	25.3	27.7	27.5	24.7	134.6	536.6	142.7	44.1	184.5	135.8	129.1	164.1
2004	24.9	29.4	27.8	23.2	179.0	72.6	124.9	17.7	168.6	218.1	182.0	176.0
2005	27.4	28.5	26.8	24.4	112.8	225.0	352.2	110.3	220.4	162.2	144.2	153.6

数据来源: 扬州市气象局。Data source: Yangzhou Meteorological Bureau.

高品质棉的公顷施氮量在 375 kg 时, 在花铃肥为 65% 的基础上, 基肥和桃肥比例均为 15%~20% 最有利于棉铃发育和纤维品质形成, 即高品质棉合理氮肥运筹与常规棉有明显的差异。其原因可能是高品质棉由陆地棉和海岛棉杂交选育而成, 其棉铃发育和纤维品质形成特点等与常规棉不同^[18-21]。由此可见, 高品质棉花栽培中需及时调整氮素运筹, 才能促进大铃的形成和纤维品质的优化, 发挥高品质棉的产量和品质潜力。

3.3 氮肥运筹年度间的效应差异

棉花主要生育阶段的平均气温、降雨量及日照时数等在 2003—2005 年 3 年间不尽一致(表 7), 但从最终产量和纤维品质来看, 不同氮肥运筹处理的效应表现基本一致, 即合理的氮肥运筹有利于产量提高和纤维品质的改善。表明, 虽然本文的 5 个试验分别在 3 个不同环境年度内完成, 但氮肥运筹对产量及纤维品质的影响特征不受年际间的环境影响。

4 结论

合理的氮肥运筹能有效发挥高品质棉棉铃发育的潜力, 实现高产保优。公顷施氮量为 375 kg 时, 高品质棉杂交种科棉 1 号的适宜氮肥运筹方案为基肥、花铃肥和桃肥分别为 20%、60% 和 20%, 常规高品质棉品种科棉 4 号的相应比例分别为 15%、70% 和 15%; 其中促花肥施用比例占花铃肥的 30%; 保铃肥施用时间为打顶前 10 d 左右, 倒花位在 8~9、主茎叶龄为 19~20 叶。

References

- [1] He X-P(何旭平), Leng S-F(冷苏凤), Ji C-M(季春梅), Cheng H-L(承泓良). Discussion on industrialization of the super quality cotton in Jiangsu province. *China Cotton* (中国棉花), 2001, 28(8): 6-8 (in Chinese)
- [2] Wan S-A(万少安), Ren Q(任琪). Comparing and analysis of cotton fiber quality in China and foreign countries. *China Cotton* (中国棉花加工), 2007, (1): 27-28 (in Chinese)
- [3] Economic Crop Management Department, Crop Production Bureau, Ministry of Agriculture, China (农业部种植业管理司经济管理处). Opinion on development of cotton production in 2006. *China Cotton* (中国棉花), 2006, 33(4): 4-5 (in Chinese)
- [4] Zhang L-X(张立新), Li S-X(李生秀). Effects of nitrogen, potassium and glycinebetaine on the lipid peroxidation and protective enzyme activities in water-stressed summer maize. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2007, 33(3): 482-490 (in Chinese with English abstract)
- [5] Radin J W, Ackerson R C. Water relation of cotton plants under nitrogen deficiency: III. Stomatal conductance, photosynthesis and ABA accumulation during drought. *Plant Physiol*, 1984, 67: 115-119
- [6] Zhang W-F(张旺锋), Li M-C(李蒙春), Gou L(勾玲), Du L(杜亮). Study on the nutrient absorption characters of cotton with higher productivity in North Xinjiang. *Acta Gossypii Sin* (棉花学报), 1998, 10(2): 88-95 (in Chinese with English abstract)
- [7] Chen D-H(陈德华), Chen Y(陈源), Yang C-Q(杨长琴), He Z-P(何钟佩), Wu Y-K(吴永康). The effects on the boll weight and the source-sink characteristics in the coordination of nitrogen fertilizer and DPC in *Bt* cotton. *Cotton Sci* (棉花学报), 2002, 14(3): 147-150 (in Chinese with English abstract)
- [8] Fan S-L(范术丽), Xu Y-Z(许玉璋), Zhang C-J(张朝军). Effects of nitrogen phosphorus and potassium on the development of summer cotton boll. *Acta Gossypii Sin* (棉花学报), 1999, 11(1): 24-30 (in Chinese with English abstract)
- [9] Wang P(王平), Chen X-P(陈新平), Tian C-Y(田长彦), Zhang F-S(张福锁). Effect of different irrigation and fertilization strategies on yield, fiber quality and nitrogen balance of high-yield cotton system. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2005, 38(4): 761-769 (in Chinese with English abstract)
- [10] Sawan Z M. Effect of nitrogen, phosphorus fertilization and growth regulations on cotton seed, protein, oil and oil properties. *J Agron Crop Sci*, 1988, 161: 50-56
- [11] Chen D H, Ye G Y, Yang C Q, Chen Y, Wu Y K. Effect after introducing *Bacillus thuringiensis* gene on nitrogen metabolism in cotton. *Field Crops Res*, 2004, 87: 235-244
- [12] Zhang W-J(张文静), Hu H-B(胡宏标), Chen B-L(陈兵林), Shu H-M(束红梅), Wang Y-H(王友华), Zhou Z-G(周治国). Genotypic differences in some physiological characteristics during

- cotton fiber thickening and its relationship with fiber strength. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2007, 33(4): 531–538 (in Chinese with English abstract)
- [13] Xiang S-K(项时康), Yu N(余楠), Hu Y-C(胡育昌), Tang S-R(唐淑荣), Xiong Z-W(熊宗伟), Yang W-H(杨伟华). Discussion on the current situation of cotton quality in China. *Acta Gossypii Sin* (棉花学报), 1999, 11: 1–10 (in Chinese with English abstract)
- [14] Ma R-H(马溶慧), Xu N-Y(许乃银), Zhang C-X(张传喜), Li W-F(李文峰), Feng Y(冯营), Qu L(屈磊), Wang Y-H(王友华), Zhou Z-G(周治国). Physiological mechanism of sucrose metabolism in cotton fiber and fiber strength regulated by nitrogen. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2008, 34(12): 2143–2151 (in Chinese with English abstract)
- [15] Read J J, Reddy K R, Jenkins J N. Yield and fiber quality of upland cotton as influenced by nitrogen and potassium nutrition. *Eur J Agron*, 2006, 24: 282–290
- [16] Dong H-L(董合林). Research progress on fertilization technology of cotton. *Cotton Sci* (棉花学报), 2007, 19(5): 378–384 (in Chinese with English abstract)
- [17] Ji C-L(纪从亮), Shen J-H(沈建辉), Shu L-H(束林华). Cultural techniques for high-yield quality colony in cotton production. *Acta Gossypii Sin* (棉花学报), 1998, 10(5): 225–231 (in Chinese with English abstract)
- [18] Xu L-H(徐立华), Li G-F(李国锋), He X-H(何循宏), Yang D-Y(杨德银). Boll developmental characteristic of Kemian 2 with high quality. *Jiangsu J Agric Sci* (江苏农业学报), 2003, 19(4): 218–222 (in Chinese with English abstract)
- [19] Chen Y(陈源), Wang S-H(王书红), Chen D-H(陈德华), Wang J-Y(王进友), Zhao Y-F(赵一飞), Wu Y-K(吴云康). Cultural approach of high-yielding and fine fiber quality for the super fiber quality cotton by transplanting patterns. *Cotton Sci* (棉花学报), 2006, 18(2): 94–98 (in Chinese with English abstract)
- [20] Zhou G-S(周桂生), Feng C-N(封超年), Zhou Q(周青), Gu W-J(顾魏菊), Yang W-Y(杨万玉), Zeng Y-S(曾岳松). Characteristics of cotton fiber quality development in high quality upland cotton. *Cotton Sci* (棉花学报), 2005, 17(6): 343–347 (in Chinese with English abstract)
- [21] Xu L-H(徐立华), Li G-F(李国锋), He X-H(何循宏), Yang D-Y(杨德银). Source-sink characteristics of Kemian 2 with high quality. *China Cotton* (中国棉花), 2003, 30(11): 14–16 (in Chinese)
- [22] Liu J(刘娟), Song X-L(宋宪亮), Zhu Y-Q(朱玉庆), Li X-G(李学刚), Chen E-Y(陈二影), Sun X-Z(孙学振). Effects of key enzyme activities in sucrose metabolism on fiber quality in high quality upland cotton. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2008, 34(10): 1781–1787 (in Chinese with English abstract)
- [23] Mao S-C(毛树春). Nutrition and Fertilization of Cotton (棉花营养与施肥). Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 1993. pp 13–44 (in Chinese)
- [24] Dong H Z, Li W J, Tang W, Li Z H, Zhang D M, Niu Y H. Yield, quality and leaf senescence of cotton grown at varying planting dates and plant densities in the Yellow River Valley of China. *Field Crops Res*, 2006, 98: 106–115
- [25] Gormus O, Yucel C. Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in the Çukurova region, Turkey. *Field Crops Res*, 2002, 78: 141–149