

施氮量对杂交棉氮、磷、钾吸收利用和产量及品质的影响

李伶俐¹, 房卫平², 马宗斌¹, 谢德意², 杜远仿³, 张东林³

(1 河南农业大学农学院, 河南郑州 450002; 2 河南省农业科学院经济作物研究所, 河南郑州 450002;

3 河南省开封县棉花办公室, 河南开封 475100)

摘要: 在高产条件下, 研究了不同施氮量对杂交棉氮、磷、钾的吸收利用和产量及品质的影响。结果表明, 增施氮肥显著提高了杂交棉氮、磷、钾的积累量, 特别是显著提高了杂交棉后期氮、磷、钾的积累量和积累比例。施氮量 N 300 kg/hm² 的子棉产量最高, 比施氮量 N 225 kg/hm² 处理增产 0.9%, 但差异不显著。氮、磷、钾养分利用效率随施氮量增加而提高; 但氮肥利用率随施氮量的增加而下降。施氮可以显著提高纤维长度和纤维比强度, 而不同施氮量处理间纤维长度和比强度差别不大。

关键词: 杂交棉; 施氮量; 氮、磷、钾; 吸收利用; 产量; 品质

中图分类号: S562.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2010)03-0663-05

Effects of nitrogen fertilization on uptake and utilization of NPK and yield and quality of hybrid cotton

LI Ling-li¹, FANG Wei-ping², MA Zong-bin¹, XIE De-yi², DU Yuan-fang³, ZHANG Dong-lin³

(1 College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2 Economy Crop Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 3 Kaifeng County Cotton Production Office, Kaifeng, Henan 475100, China)

Abstract: Effects of nitrogen application rates on uptakes and utilizations of nitrogen (N), phosphorous (P), potassium (K) and yields and quality of hybrid cotton are studied under high yield cultivated conditions. The results show that accumulative amounts of N, P and K in hybrid cotton plants are increased when more nitrogen fertilizer are applied, especially at the later growth stages of the hybrid cotton. The yield is highest when N 300 kg/ha is applied, which is increased by 0.9% of the yield under the N 225 kg/ha treatment, and the difference is not significant. When increasing N fertilizer amounts, the nutrient utilization efficiencies of N, P and K are increased, however the N fertilizer utilization rate is decreased. The fiber length and fiber strength are increased under the N fertilization, but there are not significant difference among different nitrogen application rates.

Key words: hybrid cotton; nitrogen application rate; uptake and utilization; yield; quality

合理施用氮、磷、钾肥是棉花增产的主要技术手段。然而, 生产中存在盲目施肥现象, 尤其是高产地区棉花氮肥施用量有不断加大的趋势, 使氮肥利用率降低, 经济效益下降等问题日益突出。氮肥的过量或不足, 都会导致棉花产量和纤维品质的下降^[1-2]。近年来的试验结果显示, 施氮量在 N 300 kg/hm² 以上时, 氮肥的增产效果不显著^[3-4]; 还有研

究认为, 适量追施氮肥可以改善棉花叶片光合性能, 提高植株生育后期叶片叶绿素含量和中下部叶片的光合速率, 延缓叶片衰老, 保证棉花生育后期光合产物的形成而提高棉花产量; 但过量施氮则造成产量下降和肥料浪费^[5]。因此, 适时定量施肥、提高氮肥利用率和棉花的产量、品质, 保护生态环境非常重要。薛晓萍等^[6]研究指出, 调节氮肥的施用量和时

收稿日期: 2009-06-17 接受日期: 2009-09-03

基金项目: 国家农业科技跨越计划项目资助。

作者简介: 李伶俐(1961—), 女, 河北磁县人, 副教授, 主要从事作物栽培生理生态教学与研究。E-mail: ndlll@126.com

间可以调节棉花迅速生长期的早晚和持续时间,同时也可以改变其干物质积累速率而获得高产。了解不同施氮量下棉花氮、磷、钾的吸收动态,对指导棉花合理施肥量和时间十分必要。不同施氮量下小麦和水稻氮素吸收动态与分配的研究报道较多^[7-10],王克如等^[11]研究了新疆高产棉田氮、磷、钾吸收动态;宋志伟等^[12]研究了一定施肥量下杂交棉的氮、磷、钾吸收动态,均指出呈 Logistic 曲线,但是不同施氮量下杂交棉的氮、磷、钾吸收利用及动态的研究尚未见报道。本试验在高产条件下,研究了不同施氮量处理杂交棉对氮、磷、钾的吸收和利用特点,以期制订杂交棉高产高效的栽培技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2007 年在河南农业大学郑州科教试验园区进行。试验地土壤为两合土,肥力中上等,土壤有机质含量 13.8 g/kg,碱解氮 74.5 mg/kg,速效磷 24.6 mg/kg,速效钾 103.1 mg/kg。试验设 5 个施氮量处理: N 0、75、150、225 和 300 kg/hm²,分别以 N0、N75、N150、N225 和 N300 表示,完全随机区组设计,3 次重复。试验小区面积 30 m²,为 5 行区,行距 1.2 m。供试棉花品种为豫杂 35(河南省农科院经济作物研究所提供)。4 月 10 日育苗,5 月 5 日移栽,密度 2.25×10^4 株/hm²。氮肥按底肥 1/4、花铃肥 2/4、桃肥 1/4 的比例施用。各处理均施 P₂O₅ 90 kg/hm² 和 K₂O 135 kg/hm²,底肥和花铃肥各占 1/2。其他管理同一般大田。

1.2 测定项目与方法

在棉花生长的盛蕾(6/24)、开花(7/10)、盛花(7/25)、吐絮(8/31)、收获(10/11)期,各处理每小区每次取 3 株,烘干称重,并分别粉碎装袋,供测氮、磷、钾。氮采用凯氏定氮法;磷采用钒钼黄比色法;钾采用火焰光度法^[13]测定。

收获时每小区定 2 行计数絮铃,测定铃重和衣分,最后小区单收计产。

每小区收获 2 行絮铃轧花后取样,由河南省棉花质量检测中心进行品质测定,按 HVICC 标准。

氮(磷、钾)养分利用效率 = 子棉产量/植株氮(磷、钾)积累量^[7]。

2 结果与分析

2.1 施氮量对杂交棉氮素吸收的影响

表 1 看出,自出苗至盛蕾期,各施氮处理的氮素积累量均显著高于不施氮处理,但施氮处理间差异不显著;阶段的积累比例表现为随施氮量的增加略有降低。盛蕾至开花期,氮素积累量表现随施氮量的增加而显著提高,处理间的积累比例差异不大。开花至盛花、盛花至吐絮和吐絮期,3 个阶段的氮素积累量均表现随施氮量的增加而显著提高,但 N300 和 N225 处理间差异不显著。不同的是,开花至盛花阶段,施氮处理间的积累比例差异不大,但比 N0 处理的少 3.70—4.43 个百分点;盛花至吐絮阶段的积累比例表现随施氮量增加而下降;吐絮期的积累比例则表现随施氮量的增加而明显提高,N300、N225 比 N0 处理高出 8.49—8.58 个百分点。说明氮素供应不足,对后期氮素吸收影响较大。

表 1 不同生育阶段棉花植株氮素积累量

Table 1 The accumulative amounts of nitrogen in cotton at different growth stages

处理 Treat.	出苗至盛蕾 (4/25 ~ 6/24)		盛蕾至开花 (6/24 ~ 7/10)		开花至盛花 (7/10 ~ 7/26)		盛花至吐絮 (7/26 ~ 8/31)		吐絮期 (8/31 ~ 10/11)	
	Seedling-peak buding		Peak buding-flowering		Flowering-peak flowering		Peak flowering-bolls opening		Bolls maturing	
	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)
N0	8.12 c	4.91	22.57 e	13.65	51.93 d	31.41	77.94 d	47.14	4.76 d	2.88
N75	9.32 b	4.65	25.60 d	12.77	55.52 c	27.70	96.25 c	48.02	13.75 c	6.86
N150	10.04 ab	4.54	29.47 c	13.33	60.69 b	27.47	102.23 b	46.27	18.53 b	8.39
N225	10.94 a	4.50	31.36 b	12.90	66.23 a	27.26	106.75 a	45.59	27.64 a	11.37
N300	10.71 a	4.56	34.91 a	13.59	69.06 a	26.88	112.88 a	43.93	29.67 a	11.46

注(Notes): AA—积累量 Accumulative amount; AP—积累比例 Accumulative proportion. 数值后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters means significant at 5% level.

2.2 施氮量对杂交棉磷素吸收的影响

各阶段磷素积累量的变化趋势和氮相同(表2)。出苗至盛蕾,各施氮处理间差异不显著,但均显著高于不施氮处理;此后各阶段,磷素积累量均表现随施氮量的增加而增加,而 N300 和 N225 处理间差异不显著。各阶段磷素积累比例变化和氮的也大

至相同,盛花前各阶段的积累比例表现随施氮量的增加略有降低,而盛花后各阶段积累比例随施氮量增加而增加,特别是吐絮期。施氮处理的积累比例差异不大,而比 N0 处理的 15.63% 高出 4.74 ~5.41 个百分点。表明充足的氮素供应,促进了棉花后期对磷素的吸收和积累。

表 2 不同生育阶段棉花植株磷素积累量
Table 2 The accumulative amounts of phosphorous in cotton at different growth stages

处理 Treat.	出苗至盛蕾 (4/25 ~6/24)		盛蕾至开花 (6/24 ~7/10)		开花至盛花 (7/10 ~7/26)		盛花至吐絮 (7/26 ~8/31)		吐絮期 (8/31 ~10/11)	
	Seedling-peak buding		Peak buding-flowering		Flowering-peak flowering		Peak flowering-bolls opening		Bolls maturing	
	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)
N0	3.32 b	5.51	3.70 c	6.14	11.29 d	18.74	30.60 c	50.79	9.42 c	15.63
N75	3.65 a	4.94	3.83 c	5.19	12.75 c	17.26	38.09 b	51.57	15.54 b	21.04
N150	3.59 a	4.60	4.26 b	5.46	13.71 b	17.57	40.22 ab	51.55	16.23 ab	20.80
N225	3.69 a	4.49	4.79 ab	5.83	14.33 a	17.45	42.16 a	51.34	17.15 a	20.88
N300	3.70 a	4.36	5.25 a	6.19	14.71 a	17.33	43.91 a	51.74	17.29 a	20.37

注(Note): AA—积累量 Accumulative amount; AP—积累比例 Accumulative proportion. 数值后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters means significant at 5% level.

2.3 施氮量对杂交棉钾素吸收的影响

表 3 可见,各阶段钾素积累量均表现随施氮量的增加而提高,特别是随着生育进程,处理间的差异越来越大,吐絮期尤为突出。各阶段钾素积累比例

表现为吐絮前各阶段随施氮量增加而略有下降,而在吐絮期则随施氮量增加而显著提高,表明充足的氮素供应,促进了棉花后期对钾素的吸收和积累。

表 3 不同生育阶段棉花植株钾素积累量
Table 3 The accumulative amounts of potassium in cotton at different growth stages

处理 Treat.	出苗至盛蕾 (4/25 ~6/24)		盛蕾至开花 (6/24 ~7/10)		开花至盛花 (7/10 ~7/26)		盛花至吐絮 (7/26 ~8/31)		吐絮期 (8/31 ~10/11)	
	Seedling-peak buding		Peak buding-flowering		Flowering-peak flowering		Peak flowering-bolls opening		Bolls maturing	
	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)	AA (kg/hm ²)	AP (%)
N0	8.59 b	5.04	22.78 c	13.38	48.90 d	28.72	83.09 c	48.80	6.9 e	4.05
N75	9.60 ab	4.69	24.33 b	11.89	52.66 c	25.73	101.73 b	49.70	16.36 d	7.99
N150	10.20 a	4.50	25.42 ab	11.21	56.25 b	24.82	105.12 ab	46.39	29.54 c	13.04
N225	10.26 a	4.14	26.58 a	10.73	60.11 a	24.26	106.90 a	43.15	43.91 b	17.72
N300	10.98 a	4.25	27.38 a	10.59	62.20 a	24.08	108.76 a	42.10	49.43 a	19.13

注(Note): AA—积累量 Accumulative amount; AP—积累比例 Accumulative proportion. 数值后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters means significant at 5% level.

2.4 施氮量对杂交棉产量及氮、磷、钾利用率的影响

各施氮处理的子棉产量、氮、磷、钾积累量均显著高于不施氮处理。N75、N150 和 N225 处理间的子

棉产量和氮、磷、钾积累量差异显著; N225 和 N300 处理差异不显著。氮、磷、钾养分利用效率均表现随施氮量的增加而略有提高;而氮肥利用率则随施氮量的增加而下降(表 4)。

2.5 施氮量对杂交棉纤维品质的影响

表5看出,各施氮处理的纤维长度和比强度比不施氮的提高,马克隆值均在正常范围,纤维整齐度

和成熟度差别不大,纺纱均匀性指数随施氮量增加略有下降,综合看 N225 处理的较好。

表4 施氮量对杂交棉产量及氮、磷、钾养分利用效率的影响

Table 4 Effects of nitrogen application rates on utilization efficiencies of N, P and K and cotton yield

处理 Treat.	子棉产量 Seed cotton yield (kg/hm ²)	养分积累量 (kg/hm ²) NPK accumulative amount			养分利用效率 (kg/kg) Nutrient use efficiency			氮肥利用率 N fertilizer use efficiency (%)
		N	P	K	N	P	K	
N0	2723.56 d	165.32 d	60.25 d	170.26 d	16.47	45.20	16.00	
N75	3298.76 c	200.44 c	73.86 c	204.68 c	16.46	44.66	16.12	46.83
N150	3786.56 b	220.96 b	78.01 b	226.59 b	17.14	48.54	16.71	37.09
N225	4390.70 a	242.92 a	82.12 a	247.76 a	18.07	53.47	17.72	34.49
N300	4429.56 a	256.94 a	84.86 a	258.35 a	17.24	52.20	17.15	30.54

注(Note): 数值后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters means significant at 5% level.

表5 不同处理棉花纤维品质比较

Table 5 Comparison of fibre quality of cotton among different nitrogen application rates (Standard of VHICC)

处理 Treat.	长度 (mm) Length	比强度 (cN/tex) Strength	马克隆值 Macronaire	整齐度 (%) Uniformity	成熟度 Maturity	纺纱均匀性指数 SCI
N0	29.7 b	28.7 b	3.8	87.3 a	0.85 a	167.89 a
N75	30.5 a	29.1 ab	4.4	88.4 a	0.89 a	165.43 a
N150	30.8 a	30.2 ab	4.1	87.4 a	0.86 a	159.02 a
N225	30.6 a	31.2 a	4.3	87.5 a	0.88 a	160.28 a
N300	30.4 a	30.9 a	4.1	86.3 a	0.86 a	159.12 a

注(Note): 数值后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters means significant at 5% level. SCI—Spinning uniformity index

3 讨论

本试验结果看出,增施氮肥显著提高了杂交棉氮、磷、钾的积累量,特别是显著提高了杂交棉后期氮、磷、钾的积累量和积累比例。有研究指出,在杂交棉盛铃期补施钾能有效地延缓叶片衰老,显著提高棉花生育后期主茎叶片光合效率^[14],而增施氮肥提高棉株后期叶片叶绿素含量和光合速率,延缓叶片衰老^[5],可能与增施氮肥促进了氮、磷、钾素的积累,维持棉株后期叶片较高的氮、磷、钾素水平有关^[15]。

本试验以施氮量 N 300 kg/hm² 的子棉产量最高,比施 N 225 kg/hm² 处理增产 0.9%,但没有达显著水平;而氮肥利用率随施氮量的增加而明显下降。试验还看出,不施氮处理纤维较短,纤维比强度低,而施氮处理间纤维长度和比强度差别不显著,其它品质指标各处理间差异不大。前人研究指出^[2],水肥耦合得好,可大幅减少氮肥施用量,提高氮肥利用率和灌水利用率,同时可获得更高的生物量、产

量、纤维综合品质,显著减少土壤氮残留和氮素表现损失;还有研究指出^[3-5],以施 N 300 kg/hm² 棉花产量最高,纤维综合品质好,如过量施氮,造成棉花盛花期叶面积迅速增大,群体荫蔽,反而影响叶片的光合性能,降低产量和品质。本试验也表明,施氮最高量是 N 300 kg/hm²,但继续增加施氮量,产量是否下降,群体结构和功能是否恶化,有待进一步研究证实。

参考文献:

- [1] 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-yield cotton of Xinjian [J]. Acta Agron. Sin., 2002, 28(6): 789-796.
- [2] 王平,陈新平,田长彦,等. 不同水氮管理对棉花产量、品质及养分平衡的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(4): 761-769.
Wang P, Chen X P, Tian C Y. Effect of different irrigation and fertilization strategies on yield, fiber quality and nitrogen balance of high-yield cotton system[J]. Sci. Agric. Sin., 2005, 38(4): 761-769.
- [3] 张炎,王讲利,毛端明,等. 新疆主要棉区棉花肥料效应的研究

- [J]. 中国棉花, 2003, 30(1): 22-25.
- Zhang Y, Wang J L, Mao D M *et al.* Study on fertilization effect on cotton in main belts of Xinjiang [J]. China Cotton, 2003, 30(1): 22-25.
- [4] 张伟, 吕新, 曹连莆. 不同氮肥用量对棉花冠层结构光合作用和产量形成的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 80-87.
- Zhang W, Lü X, Cao L P. Effects of the fertilizations at different N rates on canopy structure and yield formation of high-yield cotton in Xinjiang[J]. Agric. Res. Arid Areas, 2005, 23(2): 80-87.
- [5] 勾玲, 闫洁, 韩春丽, 等. 氮肥对新疆棉花产量形成期叶片光合特性的调节效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 488-493.
- Gou L, Yan J, Han C L *et al.* Effects of nitrogen rates on photosynthetic characteristics and yield of high-yielding cotton in Xinjiang[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2004, 10(5): 488-493.
- [6] 薛晓萍, 郭文琦, 王以琳, 等. 不同施氮水平下棉花生物量动态增长特征研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(6): 323-326.
- Xue X P, Guo W Q, Wang Y L *et al.* Research on dynamic increase characteristics of dry matter of cotton at different nitrogen levels [J]. Cotton Sci., 2006, 1(6): 323-326.
- [7] 赵俊晔, 于振文. 高产条件下施氮量对冬小麦氮素吸收分配利用的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(4): 484-490.
- Zhao J Y, Yu Z W. Effects of nitrogen fertilizer rate on uptake, distribution and utilization of nitrogen in winter wheat under high yielding cultivated condition[J]. Acta Agron. Sin., 2006, 32(4): 484-490.
- [8] 同延安, 赵营, 赵护兵, 等. 施氮量对冬小麦氮素吸收、转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(1): 64-69.
- Tong Y A, Zhao Y, Zhao H B *et al.* Effect of N rates on N uptake, transformation and the yield of winter wheat[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(1): 64-69.
- [9] 曾勇军, 石庆华, 潘晓华, 等. 施氮量对高产早稻氮素利用特征及产量形成的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(8): 1409-1416.
- Zeng Y J, Shi Q H, Pan X H *et al.* Effects of nitrogen application amount on characteristics of nitrogen utilization and yield formation in high yielding early hybrid rice[J]. Acta Agron. Sin., 2008, 34(8): 1409-1416.
- [10] 晏娟, 尹斌, 张绍林, 等. 不同施氮量对水稻氮素吸收与分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 835-839.
- Yan J, Yi B, Zhang S L *et al.* Effect of nitrogen application rate nitrogen uptake and distribution in rice[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2008, 14(5): 835-839.
- [11] 王克如, 李少昆, 曹连莆, 等. 新疆高产棉田氮、磷、钾吸收动态及模式初步研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(7): 775-780.
- Wang K R, Li S K, Cao L P *et al.* Pilot study on dynamics and models of N, P, K absorption in high yield cotton in Xinjiang[J]. Sci. Agric. Sin., 2003, 36(7): 775-780.
- [12] 宋志伟, 刘松涛, 曹雯梅, 等. 杂交棉氮、磷、钾吸收分配特点的研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(2): 89-93.
- Song Z W, Liu S T, Cao W M *et al.* Studies on the characteristics of NP K absorption and distribution of hybrid cottons [J]. Cotton Sci., 2006, 18(2): 89-93.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005. 263-271.
- Bao S D. Analysis of soil and agriculture chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2005. 263-271.
- [14] 李伶俐, 马宗斌, 张东林, 等. 盛铃期补施钾肥对不同群体棉花光合特性和产量品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 662-666.
- Li L L, Ma Z B, Zhang D L *et al.* Effects of applying potassium fertilizer at peak bolling stage on cotton photosynthetic characteristics and its yield and quality under different population[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2006, 12(5): 662-666.
- [15] 赵俊晔, 于振文, 李延奇, 等. 施氮量对小麦氮、磷、钾养分吸收利用和产量的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 98-103.
- Zhao J Y, Yu Z W, Li Y Q *et al.* Effects of different nitrogen rates of fertilization on nitrogen, phosphorous and potassium uptakes and utilizations as well as kernel yield of wheat under high-yield circumstances [J]. Acta Bot. Bor. - Occid. Sin., 2006, 26(1): 98-103.