

## 施氮量对杂交棉干物质积累、分配和氮磷钾吸收、分配与利用的影响

李伶俐<sup>1</sup>, 房卫平<sup>2\*</sup>, 谢德意<sup>2</sup>, 马宗斌<sup>1</sup>, 杜远仿<sup>3</sup>, 张东林<sup>3</sup>

(1. 河南农业大学农学院, 郑州 450002; 2. 河南省农业科学院经济作物研究所, 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, 研究了施氮 0、75、150、225、300 和 375 kg·hm<sup>2</sup> 对杂交棉干物质积累、分配和氮、磷、钾的吸收、分配与利用的影响, 结果表明: 施氮量与杂交棉的干物质和氮、磷、钾的积累间均表现显著正相关, 增施氮肥促进了杂交棉的干物质和氮、磷、钾的积累, 但是当施氮量增加到 300 kg·hm<sup>2</sup> 后, 促进效果不显著。施氮量与各器官干物质、氮、磷、钾的分配比例关系: 与叶片呈显著或极显著正相关, 在棉花生育中期与茎呈负相关, 生育后期呈正相关, 在棉花生育中期与蕾、花、铃呈显著正相关, 生育后期呈显著负相关。施氮量增到 300 kg·hm<sup>2</sup> 后, 棉花生育后期干物质和氮磷钾在生殖器官的分配比例明显下降, 在茎叶的分配比例明显提高, 表现营养生长过旺。氮积累和分配与磷、钾积累和分配间表现很好的正相关, 从产量水平看, 以每公顷施氮 300 kg 的子棉产量最高, 比施氮 225 kg 的增产 1.66%, 增产不显著。施氮量达 375 kg·hm<sup>2</sup> 时, 子棉产量比 300 kg·hm<sup>2</sup> 的减产 3.92%、比 225 kg·hm<sup>2</sup> 减产 2.23%。随施氮量增加, 氮肥利用率明显下降, 而磷和钾的利用率提高。

**关键词:** 杂交棉; 施氮量; 干物质; 积累; 分配

中图分类号: S562.01 文献标识码: A

文章编号: 1002-7807(2010)04-0347-07

## Effects of Nitrogen Application Rate on Dry Matter Accumulation and N, P, K Uptake and Distribution in Different Organs and Utilization of Hybrid Cotton under High-yield Cultivated Condition

LI Ling-li<sup>1</sup>, FANG Wei-ping<sup>2\*</sup>, XIE De-yi<sup>2</sup>, MA Zong-bin<sup>1</sup>, DU Yuan-fang<sup>3</sup>, ZHANG Dong-lin<sup>3</sup>

(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 457100, China)

**Abstract:** Nitrogen application rates of 0, 75, 150, 225, 300 and 375 kg·hm<sup>2</sup> on dry matter accumulation and distribution as well as the N, P, K uptake and utilization of hybrid cotton were studied under high yield conditions. The results showed that the nitrogen utilization and dry matter content were significantly positive correlated with N, P, K accumulation. The nitrogen can improve the dry matter and N, P, K accumulation. But the effect that applying nitrogen was no longer significant when the nitrogen application rate increased to 300 kg·hm<sup>2</sup>. The analysis of nitrogen content on dry matter accumulation of different organs indicated that nitrogen content was positive correlated with leaves and negative correlated with stems in the middle stage of cotton growth periods and positive correlated with stems in the latter growth stage. The nitrogen content was positively correlated with cotton bud and flower in the middle growth stage while negative in the latter growth stage. When the nitrogen application rate increased to 300 kg·hm<sup>2</sup>, nitrogen decreased the proportion of N, P, K and dry matter distributed to reproductive organs and increased the proportion of leaves and stems. The vegetative growth of the hybrid cotton was excessively vigorous. In this experiment, applying the nitrogen of 300 kg·hm<sup>2</sup> had the highest seed cotton yield which was 1.66% higher than the nitrogen of 225 kg·hm<sup>2</sup>, but there was no significant difference. When nitrogen rate increased to 375 kg·hm<sup>2</sup>, the seed cotton yield decreased by 2.23% and 3.92% compared with N 300 kg·hm<sup>2</sup> and 225 kg·hm<sup>2</sup>, respectively. The nitrogen utilization decreased distinctly while the phosphorus and potassium utilization increased with the more nitrogen fertilizer added.

**Key words:** hybrid cotton; nitrogen application rate; dry matter; accumulation; distribution

收稿日期: 2010-01-15 作者简介: 李伶俐(1961-), 女, 副教授, ndlll@126.com; \* 通讯作者, hncot@163.com

基金项目: 河南省重大科技专项(081100110100-2)

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投肥的现象,尤其是高产地区棉花氮肥施用量有不断加大的趋势,造成氮肥利用率降低,经济效益下降问题日益突出。氮肥的过量施用,会导致棉花产量和纤维品质的下降,造成肥料浪费和环境污染<sup>[1-2]</sup>。近年来的试验结果显示,常规棉施氮量在 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上时,氮肥的增产效果已经不显著<sup>[3-5]</sup>。还有研究指出,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,提高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<sup>[6]</sup>。因此,适时定量施肥对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。而杂交棉的最适施氮量是多少,这方面研究未见报道。薛晓萍等<sup>[7]</sup>研究指出,调节氮肥的施用量和时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,可见了解不同氮量下棉花干物质积累与分配和氮磷钾的吸收、利用及在不同器官的分配特点,对指导棉花合理用肥量和时间十分必要。本试验在高产条件下设不同的施氮量处理,研究了杂交棉干物质积累与分配以及对氮、磷、钾的吸收、利用和在各器官的分配特点,以期制订杂交棉高产高效施肥技术提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料与设计

试验于2008—2009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 $13.6\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,碱解氮 $74.9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,速效磷 $24.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,速效钾 $104.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。供试品种:豫杂37(河南省农科院经济作物研究所提供)。试验设6个施氮处理,施纯氮量分别为:0、75、150、225、300和 $375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,分别以N0、N1、N2、N3、N4和N5表示,试验小区为5行区,行距1.2 m,小区面积 $36\text{ m}^2$ ,随机区组设计,3次重复。4月10日育苗,5月5日移栽,密度 $2.25\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。氮肥施用分配:底肥1/4,花铃肥2/4,桃肥1/4。各处理磷钾施用量: $\text{P}_2\text{O}_5$   $90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,作底肥; $\text{K}_2\text{O}$   $135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,底肥和花铃肥各占

1/2,其它管理同一般大田。

### 1.2 测定项目与方法

**1.2.1 棉株氮、磷、钾含量的测定。**于棉花开花期(7月4日)、盛花期(7月20日)、吐絮期(8月31日)、成熟期(10月13日)对各处理每小区每次取3株,叶、茎、蕾花铃分别烘干称重,并分别粉碎装自封袋,待测氮、磷、钾。N采用凯氏定氮法; $\text{P}_2\text{O}_5$ 采用钒钼黄比色法; $\text{K}_2\text{O}$ 采用火焰光度法<sup>[8]</sup>。

**1.2.2 产量构成因素调查。**每小区定2行收获吐絮铃并计数,测铃重和衣分,最后小区单收计产。

## 2 结果与分析

### 2.1 施N量对杂交棉干物质积累及分配的影响

表1可见,各时期干物质积累总量和各器官积累量均随施氮量增加而增加,表现显著或极显著正相关,各施氮处理显著高于不施氮处理,当施氮量达N4水平时,干物质积累不再显著提高,并且N5处理的蕾花铃干物质有所下降。从施氮量对干物质在各器官分配比例影响看,茎叶分配比例与施氮量呈正相关或显著正相关;茎枝分配比例在开花期和盛花期与施氮量呈显著或极显著负相关,在吐絮和成熟期呈一定正相关;蕾花铃分配比例在开花和盛花期与施氮量呈显著或极显著正相关,在吐絮和成熟期呈显著负相关。这表明,增施氮肥促进茎叶的生长,同时也促进棉花生长中期蕾花铃的发育。但过量施氮会造成杂交棉后期营养生长过旺,抑制生殖生长,不利于后期棉铃的干物质积累。

### 2.2 施N量对杂交棉氮积累及分配动态的影响

由表2可知,不同施氮水平下杂交棉各器官氮素积累动态,茎叶的氮素积累在开花后迅速增加,吐絮后减缓,至成熟期反而减少,特别是叶片氮素积累量在成熟期明显低于吐絮期,这与后期叶片氮素向生殖器官大量转运和衰老脱落有关<sup>[9]</sup>。施氮量对氮素在各器官分配比例:叶的分配比例与施氮量在开花期呈一定正相关,盛花后呈显著正相关;茎枝的分配比例与施氮量在开花和盛花期呈显著或极显著负相关,在成熟期呈显著正相关;蕾花铃的分配比例与施氮量的关系和干物质的相同,在开花和盛花期呈显著或极显著正相关,在吐絮和成熟期呈显著或极显著负相关,与

表 1 不同施氮水平下杂交棉干物质累积和分配

Table 1 Dry matter accumulation and distribution of hybrid cotton under different nitrogen levels

调查日期	处理	干物质积累量/(kg·hm <sup>-2</sup> )				干物质分配比例/%		
		总量	叶片	茎枝	蕾花铃	叶片	茎枝	蕾花铃
06-06 (现蕾)	N0	450.98c						
	N1	462.12bc						
	N2	495.23b						
	N3	504.65b						
	N4	535.62ab						
	N5	575.36a						
	r	0.9827**						
07-04 (开花)	N0	1337.54d	664.76c	568.45c	104.33c	49.70	42.50	7.80
	N1	1423.56c	708.93bc	603.59b	111.04bc	49.80	42.40	7.80
	N2	1498.64c	744.82b	633.92b	119.89b	49.70	42.30	8.00
	N3	1621.34b	805.81ab	680.96ab	134.57ab	49.70	42.00	8.30
	N4	1697.64ab	848.82a	706.22a	142.60a	50.00	41.60	8.40
	N5	1754.37a	878.94a	728.06a	147.37a	50.10	41.50	8.40
	r	0.9956**	0.9965**	0.9945**	0.9904**	0.7936	-0.9728**	0.9539**
07-2 0(盛花)	N0	3184.57c	1334.02c	1350.26c	500.30d	41.89	42.40	15.71
	N1	3564.85bc	1561.76bc	1444.12b	558.97c	43.81	40.51	15.68
	N2	3712.32b	1624.51b	1485.30b	602.51b	43.76	40.01	16.23
	N3	4087.56ab	1802.21ab	1612.54ab	672.81a	44.09	39.45	16.46
	N4	4265.65a	1899.07a	1673.84a	692.74a	44.52	39.24	16.24
	N5	4416.23a	1971.85a	1722.77a	721.61a	44.65	39.01	16.34
	r	0.9886**	0.9843**	0.9911**	0.9856**	0.8714*	-0.9115*	0.8140*
08-31 (吐絮)	N0	8157.45e	2560.62f	2790.66e	2806.16d	31.39	34.21	34.40
	N1	9412.34d	2869.82e	3247.26d	3295.26c	30.49	34.50	35.01
	N2	10324.56c	3167.58d	3559.91c	3597.08b	30.68	34.48	34.84
	N3	11323.27b	3580.42c	3908.79b	3834.06a	31.62	34.52	33.86
	N4	11920.37a	3968.29b	4108.95ab	3843.13a	33.29	34.47	32.24
	N5	12326.23a	4181.06a	4340.07a	3805.11a	33.92	35.21	30.87
	r	0.9851**	0.9931**	0.9902**	0.8914*	0.8384*	0.7874	-0.8760*
10-13 (成熟)	N0	10735.70e	2702.18f	3134.82f	4898.70d	25.17	29.20	45.63
	N1	12643.50d	3184.90e	3683.05e	5775.55c	25.19	29.13	45.68
	N2	14207.60c	3551.90d	4121.62d	6534.08b	25.00	29.01	45.99
	N3	16345.80b	4228.66c	4743.55c	7373.59a	25.87	29.02	45.11
	N4	17366.70ab	4567.44b	5230.85b	7568.41a	26.30	30.12	43.58
	N5	18054.60a	5118.48a	5604.15a	7331.97a	28.35	31.04	40.61
	r	0.9870**	0.9992**	0.9980**	0.9105*	0.9049*	0.6863	-0.8474*

注:显著性检验分时期进行,同列不同字母分别表示差异达 5% 显著水平;r 表示各项与施氮量的相关系数,\*,\*\*,\*\*\* 分别表示 0.05,0.01,0.001 水平;下同。

施氮量对干物质各器官分配比例的影响趋势一致。这反映出氮积累和分配与干物质积累和分配的同步性,也反映出过量施氮显著促进叶的氮积累和生长,而影响后期蕾花铃的氮积累和生长。

### 2.3 施 N 量对杂交棉磷积累及分配的影响

由表 3 可知,施氮量的增加促进了杂交棉的磷积累,表现显著或极显著正相关,但是当施氮量增至 N3 水平后其促进效果不再显著,和氮积累变化趋势一致。从施氮量对磷在各器官分配比

表2 不同施氮水平下杂交棉氮素的积累与分配

Table 2 Nitrogen accumulation and distribution of hybrid cotton under different nitrogen levels

调查日期	处理	N 积累量/(kg·hm <sup>2</sup> )				N 分配比例/%		
		总量	叶片	茎枝	蕾铃	叶片	茎枝	蕾铃
06-06(现蕾)	N0	7.34b						
	N1	8.12ab						
	N2	8.35a						
	N3	8.41a						
	N4	8.50a						
	N5	8.95a						
	r	0.9251**						
07-04(开花)	N0	25.69d	17.41d	6.08c	2.20d	67.76	23.68	8.56
	N1	28.92c	19.53c	6.82b	2.57c	67.53	23.57	8.90
	N2	32.51b	21.87bc	7.44ab	3.21b	67.26	22.87	9.87
	N3	34.98ab	23.51b	7.74a	3.74ab	67.20	22.12	10.68
	N4	37.02a	25.13ab	7.98a	3.92a	67.87	21.55	10.58
	N5	38.87a	26.55a	8.35a	3.98a	68.30	21.47	10.23
	r	0.9912**	0.9956**	0.9761**	0.9654**	0.4739	-0.9773**	0.8572*
07-20(盛花)	N0	87.87d	46.92e	16.80d	24.15e	53.40	19.12	27.48
	N1	98.12c	52.76d	18.32c	27.04d	53.77	18.67	27.56
	N2	110.32b	59.61c	20.09b	30.62c	54.03	18.21	27.76
	N3	120.56ab	65.17b	21.86ab	33.53b	54.06	18.13	27.81
	N4	126.46a	68.49ab	22.74a	35.23ab	54.16	17.98	27.86
	N5	129.24a	69.93a	23.29a	36.02a	54.11	18.02	27.87
	r	0.9801**	0.9790**	0.9840**	0.9798**	0.8778*	-0.9103*	0.9436**
08-31(吐絮)	N0	155.68e	51.55f	17.33e	86.81d	33.11	11.13	55.76
	N1	178.12d	59.24e	19.81d	99.07c	33.26	11.12	55.62
	N2	200.13c	66.94d	22.03c	111.15b	33.45	11.01	55.54
	N3	219.12b	73.47c	24.21ab	121.44ab	33.53	11.05	55.42
	N4	232.34a	79.69b	25.84a	126.81a	34.30	11.12	54.58
	N5	239.56a	85.19a	26.73a	127.64a	35.56	11.16	53.28
	r	0.9853**	0.9978**	0.9896**	0.9663**	0.8923*	0.1802	-0.8756*
10-13(成熟)	N0	163.56e	41.38f	17.42e	104.76e	25.30	10.65	64.05
	N1	195.24d	49.22e	20.83d	125.19d	25.21	10.67	64.12
	N2	223.06c	56.84d	24.20c	142.02c	25.38	10.95	63.67
	N3	251.34b	64.72c	27.70ab	158.92b	25.44	11.00	63.56
	N4	267.89a	71.79b	29.87a	166.23a	26.80	11.15	62.05
	N5	275.46a	76.69a	30.66a	168.11a	28.15	11.32	60.53
	r	0.9815**	0.9975**	0.9835**	0.9658**	0.9083*	0.9646**	-0.9406**

例的影响看,和氮的影响基本一致,表现茎叶的分配比例与施氮量呈显著或极显著正相关;茎枝的分配比例与施氮量的关系在开花期呈极显著正相关,在盛花期呈一定负相关,在成熟期呈显著正相关;而蕾花铃的分配比例与施氮量的关系在开花期呈显著正相关,盛花、吐絮和成熟期呈显著或极显著负相关;氮积累量和分配与磷积累和分配表现很好的同步性,即表现氮积累多则磷积累也多的正相关性。

#### 2.4 施 N 量对杂交棉钾积累及分配的影响

由表 4 可知,施氮量的增加也促进了杂交棉对钾的吸收,各时期钾积累总量和各器官积累量与施氮量间表现显著或极显著正相关,同样当施氮量增至 N3 水平后,其促进效果不再显著,和氮积累变化趋势一致。从施氮量对钾在各器官分配比例的影响看,和氮基本一致,表现茎叶的分配比例与施氮量呈显著或极显著正相关;茎枝的分配比例与施氮量的关系在开花和盛花期呈极显



表 3 不同施氮水平下杂交棉磷素的累积及分配

Table 3 Phosphorus accumulation and distribution of hybrid cotton under different nitrogen levels

调查日期	处理	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 积累量/(kg·hm <sup>-2</sup> )				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 分配比例/%		
		总量	叶片	茎枝	蕾铃	叶片	茎枝	蕾铃
06-06(现蕾)	N0	2.05b						
	N1	2.14b						
	N2	2.23b						
	N3	2.57ab						
	N4	2.68a						
	N5	2.74a						
	r	0.9727**						
07-04(开花)	N0	7.02c	4.38c	2.01b	0.63c	62.39	28.65	8.96
	N1	7.48bc	4.67bc	2.14ab	0.67bc	62.42	28.67	8.91
	N2	7.85b	4.90b	2.24a	0.70b	62.47	28.58	8.95
	N3	8.48a	5.31a	2.40a	0.77a	62.62	28.26	9.12
	N4	8.65a	5.44a	2.42a	0.78a	62.92	28.02	9.06
	N5	8.67a	5.46a	2.41a	0.79a	63.03	27.84	9.13
	r	0.9657**	0.9711**	0.9470**	0.9660**	0.9521**	-0.9583***	0.8349*
07-20(盛花)	N0	18.31c	8.89c	4.92c	4.50c	48.55	26.89	24.56
	N1	20.23bc	9.78b	5.46b	4.99b	48.36	26.97	24.67
	N2	21.56b	10.44ab	5.82ab	5.30ab	48.41	27.01	24.58
	N3	22.81ab	11.10a	6.14a	5.57a	48.65	26.93	24.42
	N4	23.02a	11.28a	6.19 a	5.55a	49.01	26.87	24.12
	N5	22.89a	11.23a	6.14a	5.52a	49.05	26.82	24.13
	r	0.9227**	0.9393**	0.9122*	0.8907*	0.8464*	-0.5638	-0.8920*
08-31(吐絮)	N0	50.83d	13.94c	9.33c	27.57c	27.42	18.35	54.23
	N1	58.32c	16.03b	10.71b	31.59b	27.48	18.36	54.16
	N2	61.78b	17.11b	11.29ab	33.37ab	27.70	18.28	54.02
	N3	64.97a	18.24a	11.86a	34.87a	28.07	18.26	53.67
	N4	65.23a	18.38a	11.98a	34.87a	28.18	18.36	53.46
	N5	65.31a	18.34a	12.02a	34.95a	28.08	18.41	53.51
	r	0.9005*	0.9146*	0.9118*	0.8862*	0.9302**	0.2668	-0.9586**
10-13(成熟)	N0	64.25d	11.58e	10.76d	41.91d	18.02	16.75	65.23
	N1	73.86c	13.37d	12.23c	48.26c	18.10	16.56	65.34
	N2	78.01b	14.55c	13.09b	50.37ab	18.65	16.78	64.57
	N3	82.12ab	15.53b	13.86ab	52.73a	18.91	16.88	64.21
	N4	84.35a	16.44a	14.31a	53.60a	19.49	16.97	63.54
	N5	84.37a	16.69a	14.33a	53.36a	19.78	16.98	63.24
	r	0.9337**	0.9747**	0.9494**	0.9024*	0.9871**	0.8357*	-0.9748**

著负相关,在吐絮和成熟期呈一定正相关;而蕾花铃的分配比例与施氮量的关系在开花和盛花期呈显著或极显著正相关,在吐絮和成熟期呈显著或极显著负相关;氮积累量和分配与钾积累和分配间同样表现很好的同步性,即表现氮积累多则钾积累也多的正相关性。

### 2.5 施氮量对杂交棉产量及氮、磷、钾利用效率的影响

在 N0~N3 范围内,子棉产量随施氮量增加

而显著增产;施氮量增至 N4 水平,其子棉产量比 N3 增产 1.66%,增产不显著;施氮量增至 N5 水平,其子棉产量比 N4 减产 3.92%、比 N3 减产 2.23%(表 5)。随施氮量增加,氮肥利用率下降,但是磷和钾的吸收量增加,利用率明显提高。

### 3 结论与讨论

从本试验结果看,增施氮肥促进了杂交棉的干物质积累和氮、磷、钾的吸收,但是当施氮量增

表4 不同施氮水平下杂交棉在不同时期钾素的累积及分配

Table 4 Potassium accumulations and distribution of hybrid cotton under different nitrogen levels

调查日期	处理	K <sub>2</sub> O 积累量/(kg·hm <sup>-2</sup> )				K <sub>2</sub> O 分配比例/%		
		总量	叶片	茎枝	蕾铃	叶片	茎枝	蕾铃
06-06(现蕾)	N0	6.34b						
	N1	6.45ab						
	N2	6.83ab						
	N3	7.01a						
	N4	7.12a						
	N5	7.15a						
	r	0.9610**						
07-04(开花)	N0	21.67c	12.73b	7.18b	1.76d	58.74	33.13	8.13
	N1	22.54b	13.27b	7.44b	1.83c	58.86	33.02	8.12
	N2	23.87ab	14.04ab	7.82ab	2.01b	58.82	32.76	8.42
	N3	25.16a	14.81a	8.16a	2.18ab	58.87	32.45	8.68
	N4	25.34a	14.93a	8.16a	2.25a	58.92	32.21	8.87
	N5	25.87a	15.27a	8.28a	2.32a	59.03	32.02	8.95
	r	0.9741**	0.9765**	0.9588**	0.9831**	0.9210**	-0.9939***	0.9764**
07-20(盛花)	N0	80.27d	34.20d	30.94c	15.14d	42.60	38.54	18.86
	N1	86.59c	36.84c	33.13b	16.62c	42.55	38.26	19.19
	N2	91.93b	39.12 b	35.15ab	17.66b	42.55	38.24	19.21
	N3	99.12a	42.42ab	37.56a	19.14a	42.80	37.89	19.31
	N4	100.16a	42.82ab	37.93a	19.41a	42.75	37.87	19.38
	N5	101.03a	43.35a	38.07a	19.61a	42.91	37.68	19.41
	r	0.9592**	0.9627**	0.9531**	0.9607**	0.8697*	-0.9743**	0.9137*
08-31(吐絮)	N0	160.36d	38.28c	40.91d	81.17c	23.87	25.51	50.62
	N1	180.23c	43.42bc	45.87c	90.94b	24.09	25.45	50.46
	N2	197.05b	48.26ab	49.34b	99.45ab	24.49	25.04	50.47
	N3	210.23a	51.40a	53.46ab	105.37a	24.45	25.43	50.12
	N4	212.34a	52.26a	54.49a	105.60a	24.61	25.66	49.73
	N5	213.05a	52.73a	54.82a	105.50a	24.75	25.73	49.52
	r	0.9338**	0.9421**	0.9546**	0.9138*	0.9533**	0.4688	-0.9641**
10-13(成熟)	N0	169.68d	29.39e	36.23d	104.06c	17.32	21.35	61.33
	N1	198.56c	34.01d	42.81c	121.74b	17.13	21.56	61.31
	N2	223.56b	39.23c	48.22b	136.10ab	17.55	21.57	60.88
	N3	243.23a	43.29b	52.37a	147.57a	17.80	21.53	60.67
	N4	249.13a	45.14ab	53.69a	150.30a	18.12	21.55	60.33
	N5	249.65a	48.26a	53.87a	147.52a	19.33	21.58	59.09
	r	0.9432**	0.9875**	0.9424**	0.9164*	0.8935*	0.6663	-0.9203*

表5 施氮量对杂交棉产量及氮、磷、钾养分利用效率的影响

Table 5 Nitrogen, phosphorous and potassium utilization efficiencies and yield with different N fertilizer rates

处理	子棉产量 / (kg·hm <sup>-2</sup> )	N 吸收量 / (kg·hm <sup>-2</sup> )	N 利用率 / %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 吸收量 / (kg·hm <sup>-2</sup> )	比 N0 增加 / %	K <sub>2</sub> O 吸收量 / (kg·hm <sup>-2</sup> )	比 N0 增加 / %
N0	3789.54d	163.56e	—	64.25d	—	169.68d	—
N1	4488.73c	195.24d	42.24	73.86c	14.96	198.56c	17.02
N2	5096.64b	223.06c	39.67	78.01b	21.42	223.56b	31.75
N3	5743.68a	251.34b	39.01	82.12ab	27.81	243.23a	43.35
N4	5838.97a	267.89a	34.78	84.35a	31.28	249.13a	46.82
N5	5618.57ab	275.46a	29.84	84.37a	31.32	249.65a	47.13

至  $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  后促进效果不再显著; 氮积累和分配与磷、钾积累和分配间表现很好的正相关, 施氮量与各器官干物质、氮、磷、钾的分配比例间的关系: 与叶片的分配比例呈显著或极显著正相关, 与茎的分配比例在棉花生育中期呈负相关, 在棉花生育后期呈正相关, 与蕾花铃的分配比例在棉花生育中期呈显著正相关, 在棉花生育后期是显著负相关, 表明施足量氮肥既有利于棉花中期叶的物质积累, 也利于棉花中期蕾花铃的物质积累, 但是过量氮肥使棉花生育后期物质在生殖器官的分配比例明显下降, 在茎叶的分配比例明显提高, 表现群体过大、叶片贪青、营养生长过盛, 反而争夺养分, 抑制生殖生长, 不利于后期棉铃的生长发育<sup>[10]</sup>。何萍等<sup>[11]</sup>研究指出, 适宜的氮磷钾配比可以促进植株后期干物质从营养器官向生殖器官的转运, 可见, 增施氮肥结合增施磷钾肥对提高棉花产量非常重要。

从产量水平看, 本试验以施氮量  $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的子棉产量最高, 比施氮量  $227 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的增产 1.66%, 但增产不显著; 而施氮量达  $375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时, 子棉产量比  $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的减产 3.92%、比  $227 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  减产 2.23%。氮肥利用率随施氮量的增加而下降, 磷、钾利用随施氮量增加而增加。在本高产试验条件下, 杂交棉以施氮量在  $225 \sim 300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜。

#### 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 Wang-feng, Wang Zhen-lin, Yu Song-lie, et al. Effect of nitrogen on canopy photosynthesis and yield formation in high-yield cotton of Xinjiang[J]. Acta Agronomica sinica, 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): 761-76. WANG Ping, Chen Xin-ping, Tian Chang-yan, et al. Effect of different irrigation and fertilization strategies on yield, fiber quality and nitrogen balance of high-yield cotton system[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(4): 761-76.
- [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 Yan, Wang Jiang-li, Mao Duan-ming, 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 Wei, Lü Xin, Cao Lian-pu. Effects of the fertilizations at different N rates on canopy structure and yield formation of high-yield cotton in Xinjiang[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23(2): 80-87.
- [5] 侯秀玲, 张炎, 王晓静, 等. 新疆超高密度棉田氮肥运筹对产量和氮肥利用的影响[J]. 棉花学报, 2006, 18(5): 273-278. HOU Xiu-ling, Zhang Yan, Wang Xiao-jing, et al. Effect of different nitrogen fertilization on yield and nitrogen using of super high-density cotton system[J]. Cotton Science, 2006, 18(5): 273-278.
- [6] 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[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 488-493. GOU Ling, Yan Jie, Han Chun-li, et al. Effects of nitrogen rates on photosynthetic characteristics and yield of high-yielding cotton in Xinjiang[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(5): 488-493.
- [7] 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 Xiao-ping, Guo Wen-qi, Wang Yi-lin, et al. Research on dynamic increase characteristics of dry matter of cotton at different nitrogen levels[J]. Cotton Science, 2006, 18(6): 323-326.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 263-271. BAO Shi-dan. Analysis of soil and agriculture chemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 263-271.
- [9] 江苏农学院. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1990: 60-161. Jiangsu Academy. Plant physiology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990: 60-161.
- [10] 马溶慧, 许乃银, 张传喜, 等. 氮素水平对棉铃干物质分配和纤维品质性状的影响[J]. 棉花学报, 2009, 21(2): 115-120. MA Rong-hui, Xu Nai-yin, Zhang Chuan-xi, et al. Effects of nitrogen rates on dry matter accumulation and distribution of bolls and fiber quality characteristics in cotton [J]. Cotton Science, 2009, 21(2): 115-120.
- [11] 何萍, 王秀芳. 不同氮磷钾用量下春玉米生物产量及其组分动态与养分吸收模型研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 123-130. HE Ping, Wang Xiu-fang. Research on model of dry matter and nutrient absorption of spring-corn under different N, P, K application rate[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1998, 4(2): 123-130. ●