

氮素水平对杂交棉氮素吸收、生物量积累及产量的影响

刘涛¹,魏亦农^{1,2*},雷雨³,李俊华²,雷军¹,孙卫恒²

(1. 石河子大学/新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室,新疆石河子 832000;2. 石河子大学农学院,新疆石河子 832000;3. 新疆天合种业有限责任公司,新疆乌鲁木齐 830026)

摘要:在滴灌条件下,采用单因素随机区组设计,研究了不同氮素水平(0、135、270、405、540 kg·hm⁻²)对杂交棉生物量、氮素吸收及产量的影响。结果表明:杂交棉生物量、吸氮量和产量随氮素水平的增加而增加,至施氮量为 405 kg·hm⁻² 时达最高值,分别较不施氮水平提高了 49.93%、75.43% 和 82.24%;氮素水平对杂交棉蕾、花、铃生物量积累和氮素吸收的影响大于茎和叶;氮素的增加还显著提高了杂交棉的生物量积累速率、氮素吸收速率以及单株铃数和铃重。本试验中 270 kg·hm⁻² 的施氮量可初步满足杂交棉获得高产的需要,施氮量过大不利于产量的提高。本研究条件下杂交棉获得最高产量的氮肥适宜用量为 386.5~388.4 kg·hm⁻²。

关键词:氮素水平;杂交棉;生物量;氮素吸收;产量

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2010)06-0574-06

Effect of Nitrogen Applied Levels on Nitrogen Uptake, Biomass Accumulation and Yield in Hybrid Cotton Plant

LIU Tao¹, WEI Yi-nong^{1,2*}, LEI Yu³, LI Jun-hua², LEI Jun¹, SUN Wei-heng²

(1. Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China; 2. College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China; 3. Xinjiang Tianhe Seed Incorporated Development CO., Ltd., Urumqi, Xinjiang 830026, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effect of nitrogen applied levels on biomass accumulation, nitrogen uptake and yield in hybrid cotton plant under drip irrigation condition with one factor randomized block and five levels of nitrogen application (0, 135, 270, 405, 540 kg·hm⁻²). The result showed that the biomass, nitrogen content and yield of hybrid cotton were increased with nitrogen application increasing, they reached their highest value at 405 kg·hm⁻² nitrogen applied level, and were increased by 49.93%, 75.43% and 82.24%. The effect of nitrogen application on biomass accumulation and nitrogen uptake in buds, flowers and bolls was more than it in stems and leaves. The biomass accumulation and nitrogen uptake speed, boll number and weight were increased significantly through increasing nitrogen application. Hybrid cotton could obtain high yield at 270 kg·hm⁻² nitrogen applied level in this experiment. But, if nitrogen application was too much, yield would not be increased any more. In this study, the suitable nitrogen application rate which hybrid cotton reached the highest yield was at 386.5~388.4 kg·hm⁻².

Key words: nitrogen applied levels; hybrid cotton; biomass; nitrogen uptake; yield

农作物氮肥用量在所投入的诸多肥料中占 60%左右,对棉花产量的影响也最为显著,但较低的氮素利用率(30%~40%)一直制约着棉花生产的进一步发展。氮肥的合理运筹可在提高棉花产量和品质的同时提高氮素利用率,减少因过量施氮而造成环境污染^[1]。

较高的生物量是作物高产、优质的前提,生物量的积累又以养分吸收为基础^[2]。作物生物量的积累对养分吸收的动态变化较为敏感^[3]。Rochester 等^[4]研究表明,氮素的增加虽然有利于棉株生物量的积累和养分的吸收,但过量施氮会导致棉花因营养体生长过旺而贪青晚熟、品质下

收稿日期:2010-04-02 作者简介:刘涛(1978-),女,硕士,liutao20029@sina.com;*:通讯作者

基金项目:石河子大学高层次人才科研启动资金专项(RCZX200727)

降。薛晓萍等^[6]研究发现,施氮有利于棉花生长前期生物量的快速积累,可以调节快速生长期的早晚和持续的时间,亦可改变干物质积累速率。也有研究表明,适宜的施氮水平可以获得大的养分吸收速率以及早的最大速率出现日,合理的氮肥施用可以调节棉花干物质积累过程,优化棉花各部位干物质的积累和分配^[6]。前人对棉田氮肥运筹也进行了一定的研究,并逐步探索出适合滴灌棉田的氮肥模型^[7]。

近年来,杂交棉因产量高、抗逆性强、品质好等优点得到大范围推广,目前我国杂交棉的播种面积约占棉花推广面积的20%。结铃性强、单株有效铃多、铃重大等特点^[8]使杂交棉增产优势明显,同期育成的品种增产幅度均超过15%^[9]。杂交棉的相关研究近年主要集中在光合产物利用规律^[10]、高产生理机制^[11]以及养分吸收分配特点^[12]等方面,而对滴灌条件下施肥管理方面的研究较少,并且在杂交棉种植过程中因过量施肥而导致氮素利用率过低,生产成本增加,造成资源浪费和环境污染的现象同样存在。因此,研究不同氮素水平对杂交棉生物量的积累、氮素吸收及产量的影响,有助于了解和调控其生长发育,并根据生长需求施用氮肥,在实现高产的同时提高氮肥利用率,为杂交棉生产科学施用氮肥提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于2008年和2009年在新疆石河子市总场农田进行。试验地多年连作棉花,土壤质地为中壤土,含有机质 $15.6\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮 $65.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $19.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $263.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

采用单因素随机区组设计,设5个施N处理(水平),分别为 $N_0(0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ 、 $N_1(135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ 、 $N_2(270\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ 、 $N_3(405\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2})$ 、 $N_4(540\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2})$,3次重复。小区面积 30 m^2 ,试验地净面积 450 m^2 。供试棉花品种为杂交棉标杂A₁。4月20日播种,覆膜种植,1膜4行,铺设2条滴灌管,膜上行距 $(25+40+25)\text{ cm}$,膜间距 50 cm ,株距 13 cm ,种植密度为 $20.5\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$,收获株数为 $17.2\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。6月15日开始滴水灌溉,生育期滴水10次,总量为 480 mm ,施 P_2O_5 总量为 $135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (其中60%作为基肥在播前施入),全部N肥和40%的 P_2O_5 作为追肥于6月15日开始随水滴施,生育期共随水滴肥8次。其它管理措施同一般大田。

播前取0~30 cm土层混合土样用于测定土壤基础理化性质,采用重铬酸钾法测定有机质,碱解扩散法测定土壤碱解氮,钼锑抗比色法测定土壤速效磷,火焰光度法测定土壤速效钾。分别在2008年和2009年的6月20日(蕾期)、7月4日(初花期)、7月19日(盛花期)、8月9日(盛铃期)和9月22日(吐絮期)取植株样,每小区随机取3株(蕾期取5株)分器官放入 105°C 烘箱杀青30 min,再以 80°C 烘干,称干重,粉碎后以 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消解,用BUCHI-350全自动凯氏定氮仪测定棉株全氮含量。田间调查结铃情况,各小区实收计产,吐絮期取上、中、下各30朵棉花测定铃重和衣分。

1.2 测定项目和方法

播前取0~30 cm土层混合土样用于测定土壤基础理化性质,采用重铬酸钾法测定有机质,碱解扩散法测定土壤碱解氮,钼锑抗比色法测定土壤速效磷,火焰光度法测定土壤速效钾。分别在2008年和2009年的6月20日(蕾期)、7月4日(初花期)、7月19日(盛花期)、8月9日(盛铃期)和9月22日(吐絮期)取植株样,每小区随机取3株(蕾期取5株)分器官放入 105°C 烘箱杀青30 min,再以 80°C 烘干,称干重,粉碎后以 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消解,用BUCHI-350全自动凯氏定氮仪测定棉株全氮含量。田间调查结铃情况,各小区实收计产,吐絮期取上、中、下各30朵棉花测定铃重和衣分。

1.3 数据处理方法

所获数据用EXCEL处理后进行图表制作,方差分析和方程拟合用SPSS 13.0软件进行统计分析,处理间平均数用LSD法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 氮素水平对杂交棉生物量积累的影响

施氮处理杂交棉植株地上部分和各器官生物量在进入初花期(7月4日)后与 N_0 处理差异开始显著($P<0.01$),中氮处理(N_2)和高氮处理(N_3 、 N_4)棉株生物量随生育进程积累较多,与 N_0 、 N_1 处理差异均显著($P<0.01$),但 N_2 与 N_3 、 N_4 处理间差异较小(表1)。生育期内,各施氮处理棉株地上部分总生物量较 N_0 处理分别高22.77%(N_1)、41.15%(N_2)、49.93%(N_3)和48.74%(N_4),其中,茎和叶的总生物量较 N_0 处理增加了8.20%~28.69%,蕾花铃增加了29.78%~60.16%。以上结果说明,杂交棉生物量随氮素水平的增加虽有不同程度的增加,但当施氮量超过 $270\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,增加的幅度开始降低,当施氮量超过 $405\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,生物量反而有所减少,并且氮素水平对杂交棉蕾、花、铃生物量积累的影响更大。

表1 氮素水平对杂交棉生物量积累的影响

Table 1 Effect of nitrogen levels on biomass accumulation in hybrid cotton plant

月-日

处理	茎/(g·株 ⁻¹)					叶/(g·株 ⁻¹)				
	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22
N ₀	3.4 bA	8.7 cB	11.2 cC	12.3 dC	15.0 cC	7.0 bA	14.1dC	14.4 dC	14.1dC	9.4 aA
N ₁	4.1 abA	10.7bAB	14.3 bB	15.8cB	17.3 bBC	7.8 abA	16.4 cB	20.1 cB	19.3 cB	9.1 aA
N ₂	4.2 abA	12.3 aA	16.2 aA	18.7 bA	20.4 aAB	8.2 aA	17.5 bAB	21.5 bAB	20.5bB	9.4 aA
N ₃	4.6 aA	12.9 aA	16.3 aA	20.4 aA	21.7 aA	8.3 aA	18.8 aA	22.3 abA	23.4 aA	9.7 aA
N ₄	4.4 aA	12.1 aA	15.1 abAB	19.3 abA	21.5 aA	8.2 aA	17.3bAB	23.1 aA	22.7 aA	9.5aA

处理	蕾花铃/(g·株 ⁻¹)					棉株地上部分/(g·株 ⁻¹)				
	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22
N ₀	0.6 aA	3.2bA	10.5 dD	22.2 dD	50.7cC	11.0 bA	26.0 dC	36.1 dC	48.6 dD	75.1 cC
N ₁	0.7 aA	3.8 aA	12.9 cC	28.4 cC	65.8 bB	12.6 abA	30.9 cB	47.3 cB	63.5 cC	92.2 bB
N ₂	0.7 aA	4.0 aA	16.9 bB	38.4 bB	76.2 aAB	13.1 abA	33.8 bA	54.6 bA	77.6 bB	106.0 aA
N ₃	0.7 aA	4.0 aA	19.3 aAB	43.4 aA	81.2 aA	13.6 aA	35.7 aA	57.9 aA	87.2 aA	112.6 aA
N ₄	0.8 aA	3.9 aA	18.3 aA	41.7 abAB	80.7 aA	13.4 aA	33.3 bA	56.5 abA	83.7aAB	111.7 aA

注:数值后大、小写字母分别表示处理间差异达1%、5%显著水平,下同。

2.2 氮素水平对杂交棉吸氮量的影响

施氮处理与不施氮处理(N₀)棉株在进入初花期后(7月4日)吸氮量差异开始显著(P<0.01),N₂与N₃、N₄处理间差异较显著(P<0.05),而N₃与N₄处理间差异不显著(表2)。生育期内,各施氮处理棉株地上部分总吸氮量较N₀处理分别高34.62%(N₁)、60.92%(N₂)、75.43%(N₃)和71.87%(N₄)。由此可知,当施氮量从270 kg·hm⁻²增加到405 kg·hm⁻²时,棉株吸氮量虽有增加但幅度开始降低,当施氮量超过405 kg·hm⁻²时,棉

株吸氮量有所减少。

N₂、N₃、N₄处理棉株茎、叶、蕾花铃吸氮量差异随生育进程逐渐减小,说明在270 kg·hm⁻²的氮素水平上继续增加氮素供应对各器官氮素含量的影响会减小。整个生育期,各施氮处理棉株茎叶的总吸氮量较N₀处理增加了14.29%~35.88%,蕾花铃的总吸氮量增加了43.26%~92.31%。由此分析,氮素水平对杂交棉蕾花铃氮素吸收的影响大于茎、叶。

表2 氮素水平对杂交棉氮素吸收的影响

Table 2 Effect of nitrogen levels on nitrogen uptake in hybrid cotton plant

月-日

处理	茎/(kg·hm ⁻²)					叶/(kg·hm ⁻²)				
	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22
N ₀	9.8 cB	19.8 cC	20.2 cB	23.1 dC	28.2 cC	41.9 cC	75.7 cB	83.6 cC	72.6 cC	32.0 bA
N ₁	10.3 bcB	26.1 bB	28.6 bA	31.2 cB	36.0 bB	47.5 bcBC	90.8 bA	123.7 bB	101.6 bB	32.8 bA
N ₂	13.3 aA	27.5 bAB	30.8 abA	37.3 bA	42.6 aA	52.7 bAB	94.8 abA	133.5 aAB	102.2 bB	35.5 aA
N ₃	13.3 aA	30.1 aA	31.6 aA	41.5 aA	44.4 aA	59.3 aA	106.9 aA	138.1 aA	117.0 aA	37.3 aA
N ₄	11.1 bAB	27.8 bAB	29.6 abA	38.9 abA	44.8 aA	52.7 bAB	102.2 abA	137.6 aA	112.1 aA	37.0 aA

处理	蕾花铃/(kg·hm ⁻²)					棉株地上部分/(kg·hm ⁻²)				
	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22	06-20	07-04	07-19	08-09	09-22
N ₀	4.3 bA	17.1 bB	42.5 cC	80.1 dC	141.7 dC	56.0dC	112.6cB	146.3 cC	175.8 dD	201.9dC
N ₁	4.9 abA	21.3 aA	61.5 bB	115.6 cB	203.0 cB	62.7cBC	138.2bA	213.8 bB	248.4 cC	271.8cB
N ₂	4.7 abA	22.1 aA	75.8 aA	153.4 bcA	246.8 bA	70.7bAB	144.4abA	240.1aA	292.9bB	324.9bA
N ₃	4.6 abA	22.4 aA	82.1 aA	174.9 aA	272.5 aA	77.2aA	159.4aA	251.8 aA	333.4 aA	354.2aA
N ₄	5.1 aA	21.2 aA	83.4 aA	166.8 abA	265.2 aA	68.9bcAB	151.2abA	250.6 aA	317.8aAB	347.0abA

2.3 氮素水平对杂交棉生物量积累速率和氮素吸收速率的影响

由图1可知,杂交棉植株地上部分和各器官的生物量积累与氮素吸收速率的变化趋势相同。

氮素的增加在一定程度上提高了杂交棉茎叶的生物量积累和氮素吸收速率,但影响较小,而对蕾花铃生物量积累和氮素吸收速率提高的影响较大,尤其是在播种后75 d至155 d期间,说明

氮素的增加对杂交棉生殖器官维持较高的生物量积累和氮素吸收速率的贡献更大。同一时期棉株生物量积累和氮素吸收速率随氮素水平的增

加而提高,大小为 $N_3、N_4 > N_2 > N_1 > N_0$, N_3 和 N_4 处理间差异较小,说明当施氮量超过 $405 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,棉株生物量积累和氮素吸收速率逐渐趋于平稳。

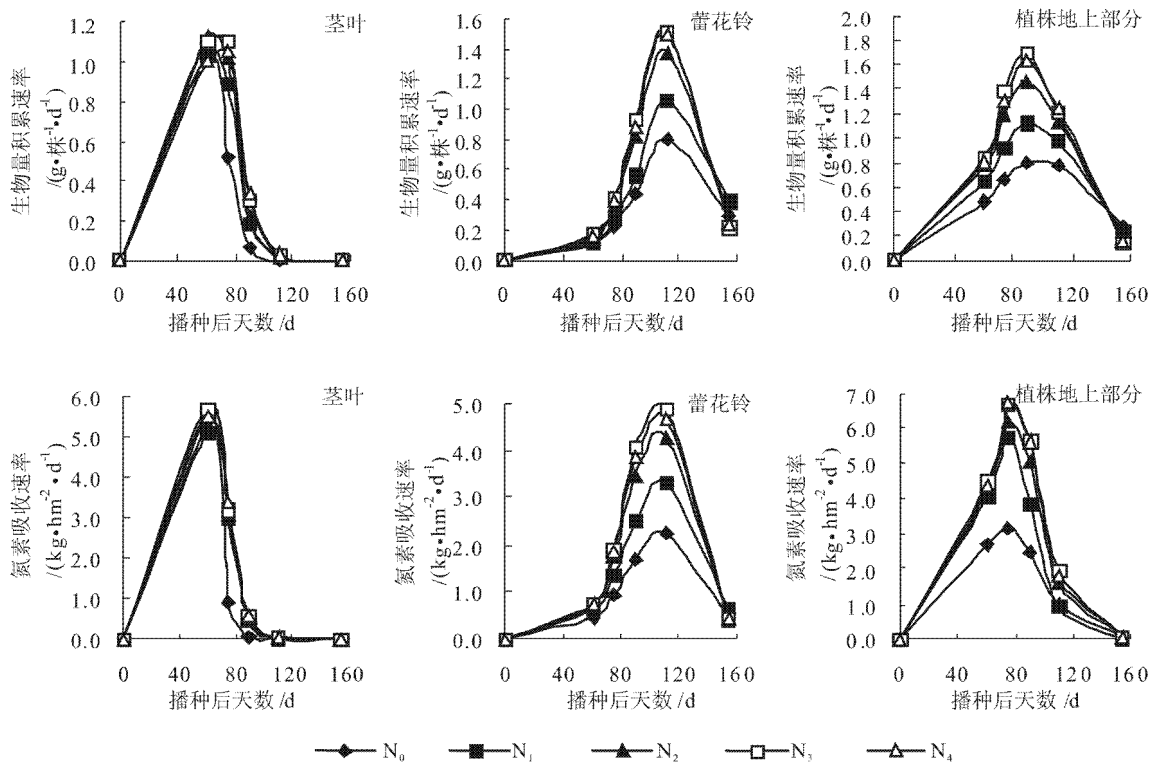


图 1 氮素水平对杂交棉生物量积累速率和氮素吸收速率的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen levels on biomass accumulation speed and nitrogen uptake speed in hybrid cotton plant

2.4 氮素水平对杂交棉产量的影响

施氮显著提高了杂交棉单株铃数、铃重和产量,但对衣分的影响不显著(表 3)。4 个氮素水平下,杂交棉单株铃数、铃重和产量大小顺序为: $N_3 > N_2 > N_4 > N_1$ 。各施氮处理杂交棉单株铃数较 N_0 处理增加了 1.1~2.6 个 ($P < 0.01$),铃重增加了 0.19~0.45 g ($P < 0.05$)。其中,高氮处理($N_3、N_4$)与中氮处理(N_2)单株铃数和铃重差异较小,说明当施氮量超过 $270 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,杂交棉单株铃数和铃重逐渐趋于稳定。

各施氮处理间子棉和皮棉产量与 N_0 处理差异均显著 ($P < 0.01$),产量最高的为 N_3 处理,子棉产量较 $N_4、N_2、N_1、N_0$ 处理分别高 13.09%、6.30%、36.20%、82.24%,皮棉产量分别高 12.18%、4.52%、34.96%、80.91%。研究数据显示,当施氮量超过 $270 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,产量没有随氮素的增加而显著增加,当施氮量超过 $405 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,产量反

而有所降低。说明在新疆的栽培条件下, $270 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的施氮量基本满足杂交棉获得高产的全生育期的氮肥需求。

杂交棉氮肥表观利用率随氮素水平的增加而降低,但下降幅度不同(表 3)。氮素水平从 N_1 增加到 N_2 时,氮肥表观利用率降低了 6.22%,增加到 N_3 时,又降低了 7.96%,继续增加时降低幅度为 5.36%。说明氮肥表观利用率在 N_2 和 N_3 之间有一个拐点,初步推断施氮量在 $270 \sim 405 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 之间杂交棉能获得最高产量。对氮素用量 (N) 与杂交棉子棉产量 (Y) 进行拟合,得到回归方程为: $Y = 3770.5 + 16.314N - 0.021N_2$ ($F = 31.0236^{**}$, $n = 15$, $R^2 = 0.9688$);对氮素用量 (N) 与皮棉产量 (Y) 进行拟合,得到回归方程为: $Y = 1562.0286 + 6.8018N - 0.0088N_2$ ($F = 33.1082^{**}$, $n = 15$, $R^2 = 0.9707$)。由此推算,本试验条件下杂交棉获得最高产量的理论施氮量为 $386.5 \sim 388.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表3 氮素水平对杂交棉产量及其构成因素、氮素表观利用率的影响

Table 3 Effect of nitrogen levels on yield and related factors, nitrogen using efficiency in hybrid cotton plant

处理	单株铃数/个	铃重/g	衣分/%	子棉产量 /(kg·hm ²)	皮棉产量 /(kg·hm ²)	氮肥表观利用率 /%
N ₀	4.3 dC	5.62 bA	41.36 aA	3925 dC	1624 dC	—
N ₁	5.4 cB	5.81 abA	41.45 aA	5252 cB	2177 cB	51.78
N ₂	6.6 abA	5.98 aA	41.77 aA	6729 abA	2811 abA	45.56
N ₃	6.9 aA	6.07 aA	41.58 aA	7153 aA	2938 aA	37.60
N ₄	6.4 bA	5.88 abA	41.40 aA	6325 bA	2619 bA	32.24

3 结论与讨论

作物生长发育的一生是干物质持续增长的一生,也是养分吸收持续增长的一生。已有研究表明,施氮量对棉花氮素吸收具有显著的影响,同一生育时期,棉株氮素含量和积累量均随施氮量的增加而提高^[13]。姜长安等^[14]研究结果得出杂交棉各器官干物质重随施氮量的增加而呈现持续增加的趋势。本研究结果则表明,施氮显著提高了杂交棉的生物量和吸氮量,在一定范围内,棉株生物量和吸氮量随氮素水平的增加而有不同程度的增加,其积累和吸收速率也有不同程度的提高,并且氮素水平对杂交棉生殖器官生物量积累和氮素吸收的影响大于营养器官。本研究同时也发现,当施氮量超过 270 kg·hm² 时,生物量和吸氮量并未显著增加,当施氮量超过 405 kg·hm² 时反而有所减少,其生物量积累和氮素吸收速率也不再增加。这与前人的研究结果有所不同,可能是因为棉株群体对养分的空间竞争使其对氮素的吸收存在一个阈值,生物量的积累又以养分吸收为基础^[2,6],因而生物量也不会随氮素的增加而持续增加。

Hearn^[15]研究发现棉株铃数的减少与氮吸收量减少直接相关。Well 等^[16]也指出棉花铃数对产量起决定性作用。Blaise 等^[17]则在棉田养分平衡试验中得出氮素能显著增加铃数。Bange 等^[18]研究报道,棉株蕾铃数的变化与各施氮处理的干物重的变化密切相关,且产量与蕾铃数存在密切关系。本研究结果得出,施氮极显著地增加了杂交棉单株铃数和产量,这与上述研究结果一致。侯秀玲等^[19]对新疆超高密度棉田氮肥运筹对产量和氮肥利用的影响研究结果表明,施氮极显著地增加了棉花的产量与单株铃数,但对铃重和衣分的影响不显著。本研究结果则得出,施氮极显著地

增加了杂交棉单株铃数和产量,对铃重的增加影响较显著,对衣分影响不显著,与上述结果有所不同。这是因为常规棉在超高密度栽培条件下,由于棉株对养分的空间竞争,使其无法进一步满足铃重的提高。而本试验是在 17.2 万株·hm² 的杂交棉正常种植密度下,棉花群体养分竞争相对较小,施氮是通过单株铃数和铃重的共同增加来提高棉花产量的。

氮素的增加虽然使杂交棉生殖器官积累了大量的光合产物和养分,增加了单株铃数和铃重,为高产奠定了基础,但是当氮素水平超过一定限度,养分会向棉株营养体集中,向生殖器官的转移量相对降低,不利于棉花高产^[6]。罗新宁等^[20]研究发现,施肥过多易造成营养器官生长旺盛,虽然生物量和氮素积累量大,但不能及时向生殖器官转移,导致皮棉产量降低。本研究发现,当施氮量超过 405 kg·hm² 时,杂交棉生物量和吸氮量有所减少,并且以生殖器官生物量和吸氮量的减少为主。这说明过量施氮在一定程度上降低了杂交棉成铃,进而导致产量的降低。根据杂交棉对氮素的吸收特点,在生长发育前期,重视氮肥的施用有利于营养器官中光合产物的大量积累,在铃期重视氮肥的补施更有利于生殖器官的大量建成,从而为高产奠定基础。在本试验条件下,270 kg·hm² 的施氮量即可满足杂交棉获得高产的初步氮肥需求,而 405 kg·hm² 的施氮量能使杂交棉达到最高的生物量和吸氮量,获得最大的子棉和皮棉产量。对氮素用量(N)与杂交棉子棉产量(Y)进行一元二次方程拟合,得出杂交棉获得最高产量的氮素用量为 386.5~388.4 kg·hm²。

参考文献:

[1] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,

- 2000:178-197.
- LING Qi-hong. Crop colony quality [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press, 2000: 178-197.
- [2] MICHAEL S, WATT, Peter W, et al. Above-ground biomass accumulation and nitrogen fixation of broom (*Cytisus scoparius* L.) growing with juvenile *Pinus radiata* on a dryland site [J]. *Forest Ecology and Management*, 2003(184): 93-104.
- [3] 张旺锋,李蒙春,勾 玲,等. 北疆高产棉花养分吸收特性的研究[J]. *棉花学报*, 1998, 10(2):88-95.
- ZHANG Wang-feng, LI Meng-chun, GOU Ling, et al. Study on the nutrient absorption characters of cotton with higher productivity in north Xinjiang[J]. *Acta Gossypii Sinica*, 1998, 10(2): 88-95.
- [4] ROCHESTER I J, Peoples M B, Hulgalle N R, et al. Using legumes to enhance nitrogen fertility and soil condition in cotton cropping systems[J]. *Field Crop Research*, 2001, 70: 27-41.
- [5] 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.
- [6] 薛晓萍,王建国,郭文琦,等. 氮素水平对初花后棉株生物量、氮素积累特征及氮素利用动态变化的影响[J]. *生态学报*, 2006, 26(11):3631-3640.
- XUE Xiao-ping, Wang Jian-guo, Guo Wen-qi, et al. Effect of nitrogen applied levels on the dynamics of biomass, nitrogen accumulation and nitrogen fertilization recovery rate of cotton after initial flowering[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(11): 3631-3640.
- [7] 潘冬梅,吕 新,李富先,等. 棉花膜下滴灌施用氮肥模型研究[J]. *土壤通报*, 2007, 38(3):604-606.
- PAN Dong-mei, Lü Xin, Li Fu-xian, et al. Fertilization model for cotton under the condition of drip irrigation and plastic mulch[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 38(3):604-606.
- [8] 马奇祥,杨修身,刘佳中,等. 标杂 A₁ 杂交棉生育进程及结铃性的研究[J]. *中国棉花*, 2004, 31(3):21-23.
- MA Qi-xiang, Yang Xiu-shen, Liu Jia-zhong, et al. Study on growth process and boll setting of hybrid cotton A₁ [J]. *China Cotton*, 2004, 31(3): 21-23.
- [9] 邢朝柱,靖深蓉,邢以华. 中国棉花杂种优势利用研究回顾和展望[J]. *棉花学报*, 2007, 19(5):337-345.
- XING Chao-zhu, Jing Shen-rong, Xing Yi-hua. Review and prospect on cotton heterosis utilization and study in China [J]. *Cotton Science*, 2007, 19(5): 337-345.
- [10] 李大跃,江先炎. 杂种棉养分、光合物质生产特性的研究[J]. *作物学报*, 1992, 18(3):196-205.
- LI Da-yue, Jiang Xian-yan. A Study on the nutrient absorption and characteristic of dry-matter production in hybrid cotton[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1992, 18(3): 196-205.
- [11] 房卫平,李伶俐,马宗斌,等. 杂交棉高产生理机制研究[J]. *河南农业科学*, 2006(11): 39-42.
- FANG Wei-ping, Li Ling-li, Ma Zong-bin, et al. Studies on high yield physiological mechanism of hybrid cotton[J]. *Henan Agricultural Sciences*, 2006(11): 39-42.
- [12] 宋志伟,刘松涛,曹文梅等. 杂交棉氮磷钾吸收分配特点的研究[J]. *棉花学报*, 2006, 18(20):89-93.
- SONG Zhi-wei, Liu Song-tao, Cao Wen-mei, et al. Study on the characteristics of N, P, K absorption and distribution of hybrid cottons[J]. *Cotton Science*, 2006, 18(20): 89-93.
- [13] 郭金强,危常州,侯振安,等. 施氮量对膜下滴灌棉花氮素吸收、积累及产量的影响[J]. *新疆农业科学*, 2008, 45(4):691-694.
- GUO Jin-qiang, Wei Chang-zhou, Hou Zhen-an, et al. Effect of rates on N uptake, accumulation and yield of cotton with drip irrigation under membrane[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45(4): 691-694.
- [14] 姜长安,郭艳丽,侯振安,等. 杂交棉——标杂 A₁ 的氮肥效应研究[J]. *石河子大学学报:自然科学版*, 2008, 26(6):676-681.
- LOU Chang-an, Guo Yan-li, Hou Zhen-an, et al. Effects of nitrogen application rates on growth and yield in hybrid cotton-biaoza A₁[J]. *Journal of Shihezi University: Nature Science*, 2008, 26(6): 676-681.
- [15] HEARN A B. Response of cotton water and nitrogen in a tropical environment. I. Frequency of watering and method of application of nitrogen[J]. *Journal of Agricultural Science*, 1975, 84: 407-417.
- [16] WELLS W, Merdith Jr W R. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. III. Relationship of yield to observed growth characteristics[J]. *Crop Science*, 1984, 4: 868-872.
- [17] BLAISE D, Singh J V, Bonde A N, et al. Effect of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. *Bioresource Technology*, 2005, 96: 345-349.
- [18] BANGE M P, Milroy S P, Thongbai P. Growth and yield of cotton in response to waterlogging[J]. *Field Crops Research*, 2004, 88: 129-142.
- [19] 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.
- [20] 罗新宁,陈 冰,张巨松,等. 氮肥对不同质地土壤棉花生物量与氮素积累的影响[J]. *西北农业学报*, 2009, 18(4):60-166.
- LUO Xin-ning, Chen Bing, Zhang Ju-song, et al. Effect of nitrogen applied levels on the dynamics of biomass, nitrogen accumulation of cotton plant on different soil textures[J]. *Acta Agricultural Boreali-occidentalis Sinica*, 2009, 18(4): 160-166.