

DOI:CNKI:61-1390/S.20111021.1707.022

网络出版时间:2011-10-21 17:07

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20111021.1707.022.html>

氮肥用量与施用时期对棉花生长发育及土壤矿质氮含量的影响

胡明芳,田长彦,王林霞

(中国科学院 新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011)

【摘要】 **【目的】**探讨不同氮肥用量与施用时期对棉花生长发育及土壤矿质氮含量的影响,为棉花合理施用氮肥提供理论依据。**【方法】**以不施氮肥为对照,采用 2 种氮肥用量(150,300 kg/hm²)与不同施用时期(播前全部基肥、1/2 播前基肥+1/2 蕾期追肥、1/3 播前基肥+1/3 蕾期追肥+1/3 花铃期追肥)进行组合的田间小区试验,分析氮肥用量和施用时期对棉花产量、棉铃生长发育及各生育时期土壤矿质氮含量的影响。**【结果】**在供试区土壤较为瘠薄的情况下,与不施氮肥相比,施用氮肥使棉花产量、株有效铃数、成铃率、单铃质量分别显著增加 44.8%~80.0%,1.0~2.3,4.3%~8.1%和 0.66~1.36 g,且高氮处理>低氮处理。氮肥施用时期对棉花产量有显著影响,低氮处理中以 1/2 基肥+1/2 蕾期追肥方式获得相对高产(2.99 t/hm²);高氮处理中以播前 1/2 基肥+1/2 蕾期追肥或播前 1/3 基肥+1/3 蕾期追肥+1/3 花铃期追肥方式处理的棉花产量较高,分别为 3.36,3.40 t/hm²。高氮分施可显著提高棉花株有效铃数、成铃率及单铃质量,2 次分施可明显提高株有效铃数与成铃率,而 3 次分施更有利于单铃质量的增加。施用氮肥可显著提高各生育期 0~40 cm 土层土壤矿质氮含量,且高氮处理>低氮处理。氮肥全部基肥使苗期土壤矿质氮含量显著提高,但在生育后期含量较低,分施处理则使生育中后期土壤矿质氮含量显著提高。此外,氮肥用量与施用时期对氮肥农学效率也有显著影响。**【结论】**在土壤养分瘠薄的地区,在施用磷钾肥基础上增加氮肥用量是提高棉花产量的有效措施,并可以通过不同氮肥用量与施用时期耦合的策略对棉花产量、品质及肥料利用进行平衡调控。

【关键词】 氮肥用量;施用时期;棉花;棉铃;矿质氮

【中图分类号】 S158

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)11-0103-07

Effects of nitrogen rate, applying time on cotton growth and soil mineral nitrogen content

HU Ming-fang, TIAN Chang-yan, WANG Lin-xia

(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, China Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: **【Objective】** Cotton growth and soil mineral nitrogen conditions during cotton growth and development period under different nitrogen rates, and applying time were studied to provide some theory for reasonable application of nitrogen fertilizer on cotton. **【Method】** With no nitrogen fertilizer as control, the influences of nitrogen fertilizer on cotton yield, boll's growth and development, and soil mineral nitrogen content were analyzed through the field experiment of low and high nitrogen rate(150,300 kg/hm²) at different applying time(all as basal fertilizer, 1/2 basal fertilizer+1/2 bud topdressing, 1/3 basal fertilizer+1/3 bud topdressing+1/3 flower topdressing, respectively). **【Result】** In the poor test areas, on the basis

* [收稿日期] 2011-05-12

[基金项目] 中国科学院知识创新项目(KSCX-YW-09-10)

[作者简介] 胡明芳(1973—),女,江苏沛县人,助理研究员,硕士,主要从事干旱区绿洲农业生态研究。

E-mail: hmf0501xxx@sina.com

of P and K fertilizer application, in comparison with the control, cotton yield, the effective bolls' number, boll ratio and boll weight were significantly improved by 44.8% to 80.0%, 1.0 to 2.3 plant⁻¹, 4.3%—8.1% and 0.66—1.36 g, respectively, by applying nitrogen fertilizer. And effects of high N treatment were stronger than low N treatment. Influence of nitrogen applying time on cotton yield was significant. Under low nitrogen rate, basal fertilizer+bud topdressing treatment got higher yield of 2.99 t/hm²; under high nitrogen rate, basal fertilizer+bud topdressing treatment or basal+bud+flower topdressing treatment got higher yield of 3.36 t/hm² and 3.40 t/hm², respectively. The cotton effective bolls, available boll's ratio and boll's weight were significantly increased by applying high rate nitrogen fertilizer; the effective boll's number and available boll's ratio were significantly improved by splitting with two times, and boll's weight was more benefited from splitting with three times. The soil mineral nitrogen content of 0—40 cm depth of soil was significantly increased by application of nitrogen fertilizer, and effects of high nitrogen treatment was stronger than low N treatment. Seedling soil mineral N content was significantly increased with applied all nitrogen as basal fertilizer, but lower levels in the late growth stage, and the soil mineral N content in the late growth stage was increased significantly by split fertilization. In addition, nitrogen agro-nomic efficiency (NAE) was also influenced significantly by the nitrogen rate and applying time. 【Conclusion】 In barren areas, on the basis of P and K fertilizer application, increasing nitrogen fertilizer was still an effective measure to improve cotton production, and it's possible to use the different strategies by coupling nitrogen rate and applying time to balance the cotton yield, quality and nitrogen efficiency.

Key words: nitrogen rate; applying time; cotton; boll; mineral nitrogen

棉花的生长发育受品种遗传特性、环境条件和栽培措施等诸多因素的共同影响,其中氮素参与棉株新陈代谢的所有过程,为棉花优质高产的主要限制因素之一。因此,施用氮肥一直被作为提高棉花产量的关键措施而得到重视^[1]。在诸多的肥料投入中,氮肥所占比例最大,约为 60%,其对棉花产量的影响也最为显著^[2]。关于氮肥用量对棉花生长及产量的影响前人已做了大量研究,明确了棉花的氮素吸收动态特征与氮肥效应^[3-4]。不同地区皮棉产量对施氮量的反应不一致,但基本上都呈二次抛物线关系。氮营养不足,可导致棉株营养体、生殖体生物量累积速率降低,单铃质量减小,棉籽发育不良,增施氮肥可以提高棉花的生物量,有利于棉铃种子和棉纤维的发育^[5-6]。但氮肥施用量过高,易造成营养生长过旺,棉株快速生长期晚且持续时间延长,从而影响养分向蕾、铃的充分转移,导致棉花产量降低,品质下降^[7-8]。目前,关于棉花氮肥施用时期的研究相对较少。有研究报道,适量追施氮肥,可提高棉花植株生育后期叶片叶绿素含量及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,从而提高棉花产量^[9-10]。李俊义等^[11]提出,棉花早熟品种适宜的施氮方式为全部做基肥或基肥、蕾期追肥各半,花期追施氮肥增产效果不明显。以上相关报道或是在同一施肥模式下对施氮量的研

究,或是在同一施氮水平下对不同施肥时期的研究,而对于同时考虑施氮水平和施用时期对棉花影响的研究较少。为此,本试验研究了不同氮肥用量下不同施用时期对棉花产量及其构成因素和土壤供氮状况的影响,旨在为棉花生产及氮肥的合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验在新疆尉犁县达西村进行,土壤属潮土,有机质含量为 17.3 g/kg,全氮、全磷含量分别为 0.9 和 0.7 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为 40.3 和 102 mg/kg。

1.2 试验设计

采用田间小区试验,在施磷钾肥基础上,施氮水平设不施氮肥(N0)、低氮(150 kg/hm² N, N1)和高氮(300 kg/hm² N, N2)3 个处理,2 个施氮处理又分别设播前全部基施(T1)、2 次分施(T2, 1/2 播前基肥+1/2 蕾期追肥)和 3 次分施(T3, 1/3 播前基肥+1/3 蕾期追肥+1/3 花铃期追肥)3 种施肥方式,共计 7 个处理(N0、N1T1、N1T2、N1T3、N2T1、N2T2、N2T3),每处理重复 4 次。试验磷肥(P₂O₅)、钾肥(K₂O)全部基施,施用量分别为 60 和 75 kg/hm²;氮、磷、钾肥分别为尿素、重过磷酸钙与

磷酸二氢钾。各处理随机排列,小区面积为 50 m²,小区之间以 1 m 宽的双埂隔开。供试棉花品种为“中棉 35”,田间管理除不进行叶面施肥外均与大田管理相同:04-18 播种,05-20 定苗,07-20 打顶,全生育期共灌水 4 次,灌溉方式为沟灌,灌溉总量为 5 250 m³/hm²。全生育期喷洒缩节胺 4 次,每次用量为 22.5 g/hm²。

1.3 测定项目与方法

每个小区划分为观测区与收获区,在棉花三叶期,于观测区内选定 10 株连续的代表性棉株,在棉花生育期间观测棉花蕾、铃数量及其果枝位分布状况;在棉花吐絮期,对收获区棉株进行分次实收,统计棉花(皮棉)产量。

土样的采集与分析:在棉花苗期、现蕾期与花铃期分别采集各小区 0~20 和 20~40 cm 土层土壤样品,测定其矿质氮(硝态氮+铵态氮)含量。测定方法为:用 CaCl₂ 溶液浸提土壤,用连续流动分析仪测定浸提液中的硝态氮和铵态氮含量^[12]。

计算氮肥农学效率(NAE,是指单位施氮区相对无氮区所增加的作物籽粒产量,单位通常为 kg/kg): $NAE=(\text{施氮肥区作物产量}-\text{不施氮肥区$

作物产量)/氮肥施用量。

1.4 统计分析

试验数据采用 SPSS 软件进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 氮肥用量与施用时期对棉花产量、NAE 及棉花收获比例的影响

从表 1 可知,与不施氮肥处理(N0)相比,施用氮肥使棉花产量显著提高 44.2%~80.0%,且高氮处理(N2)棉花产量显著高于低氮处理(N1)。产量最高的处理为 N2T3,其产量达 3.40 t/hm²;其次为 N2T2,棉花产量为 3.36 t/hm²。氮肥施用时期对棉花产量的影响因氮肥用量不同而存在差异,低氮处理中,N1T2 处理棉花产量显著高于 N1T1 和 N1T3 处理,后两者之间差异不显著;高氮处理中,N2T2、N2T3 棉花产量显著高于 N2T1,前两者之间差异不显著。表明,当氮肥用量较低时,以 1/2 播前基肥+1/2 蕾期追肥 2 次分施的方式较好;而氮肥用量较高时,1/2 播前基肥+1/2 蕾期追肥或 1/3 播前基肥+1/3 蕾期追肥+1/3 花铃期追肥的施肥方式较全部基施产量更高。

表 1 氮肥用量及施用时期对棉花产量、氮肥农学效率及收获比例的影响

处理 Treatment	产量/(t·hm ⁻²) Yield	收获比例/% Harvest ratio			氮肥农学效率/ (kg·kg ⁻¹) NAE
		09-01	09-15	10-01—10-30	
N0	1.89±0.01 a	35.5±1.0 c	37.7±1.2 a	26.8±0.8 a	—
N1T1	2.73±0.01 b	28.8±0.8 b	41.6±1.5 b	29.6±1.0 ab	5.63±0.02 c
N1T2	2.99±0.00 c	37.4±1.2 c	34.3±0.9 a	28.2±1.2 a	7.37±0.04 d
N1T3	2.77±0.01 b	35.8±1.2 c	39.6±1.0 ab	24.5±1.0 a	5.89±0.03 c
N2T1	3.21±0.02 d	20.0±0.6 a	43.1±1.2 b	36.9±1.2 c	4.41±0.02 a
N2T2	3.36±0.02 e	25.3±0.3 b	43.9±1.0 b	30.7±0.9 b	4.90±0.03 b
N2T3	3.40±0.01 e	26.4±0.5 b	41.9±1.4 b	31.6±0.8 b	5.03±0.02 bc

注:同列数据后标不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下表同。
Note: In the same line, data followed by different letters indicate significant difference at the 0.05 probability level. Same as follow.

不同收获时期棉花产量所占比例能反映出棉花成熟时期的早晚。从表 1 可以看出,氮肥用量与施氮时期对棉花成熟时期有显著影响,N0 处理和低氮分施处理 N1T2、N1T3 在收获早期(09-01)和中期(09-15)棉花收获比例稍高,低氮全部基施处理 N1T1 与高氮处理均显著降低了早期棉花收获比例,提高了中期棉花收获比例。在收获后期(10-01—10-30)低氮处理对棉花收获比例无显著影响,高氮处理则显著提高了后期棉花收获比例。氮肥施用时期对棉花收获比例的影响,主要表现在其全部基施减少了早期收获比例,增加了后期收获比例;氮肥 2 次分施的收获比例与 3 次分施处理无显著差

异。

由表 1 还可知,除 N1T3 与 N2T3 氮肥农学效率差异不显著外,高氮处理氮肥农学效率显著低于低氮处理,表明随着氮肥用量的增加,氮肥农学效率显著下降。施肥时期对氮肥农学效率也有显著影响,其中高氮全部基施处理 N2T1 的氮肥农学效率最低,低氮 2 次分施 N1T2 处理的氮肥农学效率最高。

2.2 氮肥用量与施用时期对棉铃发育与分布的影响

棉铃是构成棉花产量的重要基础,其发育状况的优劣直接影响棉花产量的高低。由表 2 可知,氮

肥用量与施用时期对棉花株现蕾数没有显著影响,但对棉花株有效铃数、成铃率及单铃质量均有明显影响,有些差异达显著水平。施用氮肥显著提高了株有效铃数,且高氮处理>低氮处理,其中低氮处理中 N1T1、N1T2、N1T3 之间棉花株有效铃数差异不显著;N2T2、N2T3 株有效铃数显著高于 N2T1,而 N2T2 与 N2T3 之间差异不显著。施用氮肥显著提高了棉花成铃率,施氮处理成铃率(33.7%~37.5%)较不施氮处理提高了 4.3%~8.1%。氮肥

施用时期对棉花成铃率也有显著影响,其中以高氮 2 次分施处理 N2T2 成铃率最高,为 37.5%;低氮基施处理 N1T1 次之,为 36.3%。氮肥用量与施用时期对棉花单铃质量的影响与其对株有效铃数的影响相似,施用氮肥处理的单铃质量较对照提高 0.66~1.36 g,且单铃质量高氮处理>低氮处理;处理 N1T1、N1T2、N1T3 之间棉花单铃质量差异不显著;高氮分施处理 N2T2、N2T3 单铃质量显著高于处理 N2T1,而 N2T2 与 N2T3 之间差异不显著。

表 2 氮肥用量与施用时期对棉铃发育与分布的影响

Table 2 Effects of nitrogen rate, applying time on development and distribution of cotton bolls

处理 Treatment	株现蕾数 Cotton buds	株有效铃数 Effective bolls	成铃率/% Available boll's ratio	单铃质量/g Boll weight	株有效棉铃数分布 Effective bolls		
					1~4 果枝 1-4 fruit branch	5~8 果枝 5-8 fruit branch	9~12 果枝 9-12 fruit branch
N0	18.0±1.0 a	5.3±0.3 a	29.4±0.5 a	5.32±0.10 a	4.02±0.02 a	1.32±0.02 a	0.0±0.00 a
N1T1	18.2±0.8 a	6.6±0.3 b	36.3±0.4 c	5.98±0.12 b	4.33±0.06 b	1.80±0.01 b	0.5±0.01 ab
N1T2	18.8±0.8 a	6.5±0.2 bc	34.6±0.2 b	6.13±0.11 b	4.15±0.03 a	2.02±0.02 bc	0.4±0.00 ab
N1T3	18.7±1.2 a	6.3±0.5 b	33.7±0.3 b	6.25±0.13 bc	4.01±0.05 a	2.12±0.01 c	0.2±0.00 a
N2T1	19.6±1.3 a	6.9±0.2 c	35.3±0.4 bc	6.43±0.9 c	4.18±0.03 ab	2.15±0.02 c	0.6±0.01 c
N2T2	20.0±1.0 a	7.5±0.3 d	37.5±0.8 d	6.60±0.12 d	4.25±0.03 ab	2.60±0.01 d	0.7±0.01 c
N2T3	20.4±0.9 a	7.3±0.1 d	35.8±0.6 c	6.68±0.14 d	4.08±0.04 a	2.54±0.02 d	0.7±0.01 c

从有效棉铃的果枝位分布来看,不施氮处理(N0)有效棉铃主要分布在下部 1~4 果枝。除低氮基施处理 N1T1 之外,其余施氮处理下部果枝(1~4 果枝)株有效棉铃数与不施氮(N0)处理差异不显著。施氮处理中部果枝(5~8 果枝)株有效棉铃数显著高于不施氮处理。低氮处理上部果枝(9~12 果枝)株有效棉铃数与不施氮处理(N0)差异不显著,而高氮处理与低氮和不施氮处理(N0)差异显著。低氮处理下,基施处理 N1T1 下部果枝位株有

效棉铃数最多,与分施处理 N1T2、N1T3 差异显著;而三者上部果枝位株有效棉铃数差异不显著。高氮处理下,分施处理 N2T2、N2T3 中部果枝位株有效棉铃数较基施处理 N2T1 显著增加,而其下部和上部株有效棉铃数与处理 N2T1 差异不显著。

2.3 氮肥用量与施用时期对棉花不同生育期土壤矿质氮含量的影响

氮肥用量与施用时期对棉花不同生育期土壤矿质氮含量的影响见表 3。

表 3 氮肥用量与施用时期对棉花不同生育期土壤矿质氮含量的影响

Table 3 Effects of nitrogen rate, applying time on soil mineral nitrogen content

mg/kg

处理 Treatment	苗期 Seedling		现蕾期 Budding stage		花铃期 Boll stage	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
N0	15.3±1.2 a	12.1±1.0 a	6.5±0.9 a	7.1±1.2 a	6.4±1.1 a	5.71±0.8 a
N1T1	31.9±2.3 c	24.8±2.3 bc	15.6±1.8 c	15.5±2.5 b	10.1±1.1 b	9.55±1.3 b
N1T2	23.9±1.9 b	20.1±1.8 b	14.5±1.4 bc	15.8±2.3 b	10.4±1.1 b	10.05±1.3 b
N1T3	21.0±0.7 b	20.8±1.8 b	10.2±1.3 b	10.6±2.0 a	12.5±1.8 b	12.25±1.8 bc
N2T1	43.1±3.2 d	40.2±3.3 d	28.0±2.2 e	29.1±3.3 d	17.8±2.7 cd	16.89±2.3 c
N2T2	33.1±2.6 c	27.4±2.5 c	23.5±1.8 d	24.1±3.1 c	17.4±2.3 cd	25.48±2.3 d
N2T3	29.8±1.8 c	23.8±2.4 b	24.2±2.0 d	18.2±2.8 bc	20.3±3.1 d	22.59±2.0 d

从表 3 可以看出,随着棉花生育进程的发展,土壤矿质氮含量呈下降趋势。与不施氮处理(N0)相比,施用氮肥处理显著提高了各生育期 0~40 cm 土层土壤矿质氮含量,且矿质氮含量高氮处理>低氮处理。施肥时期对土壤矿质氮含量的影响因生育时期不同而存在较大差异。(1)苗期。低氮处理下 0~20 cm 土层土壤矿质氮含量为 N1T1>N1T2>

N1T3,且 N1T1 与 N1T2、N1T3 处理差异显著;20~40 cm 土层土壤矿质氮含量为 N1T1>N1T3>N1T2,但三者之间差异不显著。高氮处理下,0~40 cm 土层土壤矿质氮含量为 N2T1>N2T2>N2T3,且差异显著。(2)现蕾期。低氮处理下,0~40 cm 土层土壤矿质氮含量 N1T1>N1T2,明显高于 N1T3,前两者之间差异不显著;高氮处理中 0~20

cm 土层土壤矿质氮含量 N2T1 处理显著高于 N2T2、N2T3 处理, N2T2、N2T3 处理之间差异不显著; 20~40 cm 土层土壤矿质氮含量为 $N2T1 > N2T2 > N2T3$, 且前者与后两者差异显著。(3) 花铃期。低氮处理下, 0~40 cm 土壤矿质氮含量以 3 次分施处理 N1T3 最高, 但与其他低氮处理差异不显著。高氮处理下, 0~20 cm 土层土壤矿质氮含量 $N2T3 > N2T1 > N2T2$, 但三者之间差异不显著; 20~40 cm 土层土壤矿质氮含量 N2T2、N2T3 处理显著大于 N2T1 处理, 而 N2T2、N2T3 之间差异不显著。结果表明, 氮肥全部基施使苗期土壤矿质氮含量显著提高, 但在现蕾期与花铃期土壤矿质氮含量较低, 分施处理则使现蕾期与花铃期土壤矿质氮含量显著提高。

3 讨 论

本研究再次证明了氮素与棉花产量密切相关, 施用氮肥使棉花产量显著提高了 44.8%~80.0%, 且高氮处理棉花产量显著高于低氮处理。依据新疆农科院土壤肥料研究所提出的农田土壤养分分级指标^[13], 供试土壤有机质与全氮养分含量较低, 土壤瘠薄, 有效氮磷钾养分俱缺, 但因为当地光热资源丰富, 土壤属砂质地, 透水透气性强, 非常适合棉花生长, 所以虽然基础肥力较低, 空白产量不高, 但在施用磷钾肥的基础上, 施用氮肥增产效果非常突出, 尤其高氮处理能够获得较高水平棉花产量。施氮时期对棉花产量的影响因施氮量的不同而存在较大差异, 在施氮量较低时, 2 次分施的方式比全部基施或 3 次分施方式更利于提高棉花产量; 在施氮量较高时, 采用 2 次分施或 3 次分施更利于提高棉花产量。从不同收获时期棉花产量所占的比例可以看出, 氮肥用量与施肥时期对棉花成熟时期也有一定程度的影响。不施氮肥处理与低氮分施处理 N1T2、N1T3 在早期和中期收获比例较高, 低氮基施处理 N1T1 与高氮处理显著降低了早期收获比例, 提高了中期收获比例, 低氮处理对后期棉花收获比例无显著影响, 而高氮处理则显著提高了后期收获比例。不同施肥时期对棉花收获的影响主要表现在全部基施处理减少了早期收获比例, 增加了后期收获比例, 分施处理之间无显著差异。表明, 与不施氮处理相比, 施用氮肥处理相对延迟了棉花的成熟时期; 与分次施用比较, 全部基施氮肥延迟了棉花成熟时期。曾有研究报道, 过量氮可能会改变营养生长和生殖生长的平衡而发生徒长, 从而延迟棉花成熟时期, 降低皮

棉产量^[14]。因此, 在氮肥施用时期的确定中应考虑到种植品种成熟期与当地气候对生育期的限制, 以保证棉花的完整收获和高产。本研究中, 高氮处理氮肥农学效率显著低于低氮处理; 施肥时期对氮肥农学效率也有显著影响, 其中高氮基施处理 N2T1 氮肥农学效率最低, 低氮 2 次分施处理 N1T2 的氮肥农学效率最高。表明, 施肥量与施肥时期均是影响棉花高产与氮素高效利用的重要因素。

株有效铃数和单铃质量是棉花产量构成的重要因素。研究表明, 施用氮肥可提高株有效铃数与单铃质量, 从而增加棉花产量^[15]。本研究中, 氮肥用量与施用时期对棉花株现蕾数没有显著影响, 但对棉花株有效铃数、成铃率及单铃质量均有显著影响。施用氮肥显著提高了株有效铃数和成铃率, 增加了单铃质量, 且这 3 个指标高氮处理 > 低氮处理。低氮处理下, 与全部基施相比, 分施处理虽然增加了棉花株有效铃数及单铃质量, 但差异不显著; 高氮处理下, 分施可显著提高棉花的株有效铃数及单铃质量, 2 次分施可明显提高株有效铃数与成铃率, 而 3 次分施更有利于单铃质量的增加。研究表明, 充足的氮肥可以有效地使棉花避免高温的危害, 减少蕾铃脱落, 从而提高产量^[16]。同时, 氮素营养对棉花的铃-对位叶的生理特性有一定的调节作用, 适量追施氮肥能够提高植株生育后期叶片叶绿素含量, 提高中下部叶片的净光合速率, 从而改善棉花的源库关系, 增加铃质量^[17]。Boquet 等^[18]曾指出, 适量施用氮肥有利于棉株在获得较多铃数的基础上, 通过进一步增大棉铃质量而提高产量。从本研究有效棉铃的果枝位分布来看, 与不施氮处理相比, 低氮处理提高了棉花中部果枝位株有效铃数, 高氮处理提高了中部与上部果枝位株有效铃数; 施用时期的影响表现为低氮基施更利于下部果枝棉铃生长发育, 高氮分施更利于中部果枝棉铃生长发育。许德威等^[19]也发现, 高施氮量使中下部蕾铃脱落, 成铃减少, 而使上部铃增多。同时, 氮素对棉花品质有显著影响, 适宜的氮素可提高纤维比强度^[6,20-21], 而棉花纤维品质属于数量性状, 受空间和时间影响大, 常因采摘的部位和时间不同而导致同一棉花品种的纤维品质差别很大^[22-23]。因此, 可以结合氮肥用量与施用时期, 对棉花生长发育进行调控, 从而达到调控棉花产量及品质的目标。

土壤矿质氮(硝态氮+铵态氮)含量反映了土壤当前的有效供氮状况。本研究中, 施用氮肥处理显著提高了各生育期 0~40 cm 土层土壤矿质氮含量,

且高氮处理土壤矿质氮含量显著高于低氮处理;施肥时期对土壤矿质氮含量的影响因生育期不同而存在差异,氮肥全部基施使苗期土壤矿质氮含量显著提高,但在生育后期含量较低,分施处理则使生育中后期(现蕾期、花铃期)土壤矿质氮含量显著提高。因此,一次大量施用氮肥,仅在棉花生育前期提供充足的氮素营养,但在生育后期可能因为氮素消耗而造成脱氮,进而影响棉花产量。这与文中高氮与分施处理提高了棉花中后期生长发育的结果相一致,因为分次施肥保证后期土壤供氮充足,从而避免发生早衰,有利于棉铃发育。从提高氮肥农学效率、减少氮素损失的角度考虑,在棉花大田生产中,应避免氮肥全部基施的施肥方式,而将氮肥施用时期后移,并适当提高后期追肥比例。但也有学者研究指出,“前氮后移”技术在实际生产中应作具体分析,在施肥不足或土壤肥力较低的情况下,减少前期氮肥施用量,会导致产量和品质的降低^[24]。本研究中低氮处理以 2 次分施处理方式增产效果最佳,部分印证了这一结论。

4 结 论

1)施用氮肥能显著提高棉花产量,增加中后期收获比例,显著增加单株有效铃数、成铃率与单铃质量,但对棉花现蕾总数没有显著影响。

2)氮肥施用时期对棉花产量有显著影响,低氮处理中以 1/2 播前基肥+1/2 蕾期追肥方式可获得相对高产;高氮处理中以 1/2 播前基肥+1/2 蕾期追肥或 1/3 播前基肥+1/3 蕾期追肥+1/3 花铃期追肥方式可获得高产。

3)施用氮肥显著提高了各生育期 0~40 cm 土层土壤矿质氮含量,且高氮处理>低氮处理。施肥时期对土壤矿质氮含量的影响因生育期不同而异。

4)高氮处理氮肥农学效率显著低于低氮处理。施肥时期对氮肥农学效率也有显著影响。

[参考文献]

[1] 罗新宁,陈冰,张巨松,等. 氮肥对不同质地土壤棉花养分动态积累与氮素利用率的影响[J]. 土壤通报,2010,41(4):904-910.
Luo X N, Chen B, Zhang J S, et al. Effect of nitrogen applied levels on the dynamics of biomass, nitrogen accumulation of cotton plant in different soil textures[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2010, 41(4): 904-910. (in Chinese)

[2] 赵双印,林忠东,李小斌,等. 不同施氮水平棉花氮磷钾养分吸收规律研究[J]. 新疆农业科学,2010,47(1):141-145.

Zhao S Y, Lin Z D, Li X B, et al. Study on absorption law of nitrogen, phosphorus and potassium of cotton plant under different nitrogen application rate[J]. Xinjiang Agricultural Science, 2010, 47(1): 141-145. (in Chinese)

[3] 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, 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): 761-769. (in Chinese)

[4] 危常州,张福锁,朱和明,等. 新疆棉花氮营养诊断及追肥推荐研究[J]. 中国农业科学,2002,35(12):1500-1505.
Wei C Z, Zhang F S, Zhu H M, et al. Study on cotton nitrogen diagnosis and topdressing recommendation in north Xinjiang[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35(12): 1500-1505. (in Chinese)

[5] 杨志彬,陈兵林,周治国. 施氮量对花铃期棉花果枝生物量累积时空变异特征的影响[J]. 应用生态学报,2008,19(10):2215-2220.
Yang Z B, Chen B L, Zhou Z G. Effects of nitrogen application rate on spatiotemporal variability of biomass accumulation of cotton's fruiting branch at flower and boll stage[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(10): 2215-2220. (in Chinese)

[6] 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 Agronomy, 2006, 24: 282-290.

[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 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 Science, 2006, 18(6): 323-326. (in Chinese)

[8] 刘连涛,李存东,孙红春,等. 氮素营养水平对棉花衰老的影响及其生理机制[J]. 中国农业科学,2009,42(5):1575-1581.
Liu L T, Li C D, Sun H C, et al. Effects of nitrogen on cotton senescence and the corresponding physiological mechanisms[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(5): 1575-1581. (in Chinese)

[9] 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):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 Nutrition and Fertilizer Science, 2004(10): 488-493. (in Chinese)

[10] Fridgen J L, Varco J J. Dependency of cotton leaf nitrogen, chlorophyll, and reflectance on nitrogen and potassium availability[J]. Agronomy Journal, 2004, 96: 63-69.

[11] 李俊义,刘荣荣,董合林,等. 棉花早熟品种吸收养分特点及氮肥施用时期研究[J]. 棉花学报,1992,4(2):47-51.
Li J Y, Liu R R, Dong H L, et al. Researches on the character-

- istics of nutrient absorption and the application time of nitrogenous fertilizer of cotton variety with early-maturity [J]. *Acta Gossypii Sinica*, 1992, 4(2): 47-51. (in Chinese)
- [12] 王 晶, 宋建国, 林 杉. 用连续流动分析仪测定土壤易矿化有机态氮的研究 [J]. *中国农业大学学报*, 1998, 3(增刊): 105-110.
- Wang J, Song J G, Lin S. A study on continuous-flow analysis (CFA) for determination of soil easy mineralizable organic nitrogen [J]. *Journal of China Agricultural University*, 1998, 3 (Suppl.): 105-110. (in Chinese)
- [13] 张 炎, 王讲利, 付明鑫, 等. 新疆棉田土壤主要养分评价指标的建立 [J]. *石河子大学学报: 自然科学版*, 2005 (增刊): 40-43.
- Zhang Y, Wang J L, Fu M X, et al. Establishment of evaluation index of soil nutrients of cotton field in Xinjiang [J]. *Journal of Shihezi Agricultural College: Natural Science*, 2005 (Suppl.): 40-43. (in Chinese)
- [14] Felix B, Fritsch, Bruce, et al. Travisetc response of irrigated acala and pima cotton to nitrogen fertilization [J]. *Agronomy Journal*, 2003, 95: 133-146.
- [15] 陈德华, 何钟佩, 徐立华. 高产棉花叶片内源激素与氮磷钾吸收积累及其对棉铃增重机理的研究 [J]. *作物学报*, 2000, 26 (6): 659-665.
- Chen D H, He Z P, Xu L H. Studies on the relationship between endogenous hormone of leaf and accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium of plant as well as the cause of boll weight raised in high yield cotton [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(6): 659-665. (in Chinese)
- [16] Sistani K R, Rowe D E, Johnson J, et al. Supplemental nitrogen effect on broiler-litter-fertilized cotton [J]. *Agronomy Journal*, 2004, 96: 806-811.
- [17] 孙红春, 冯丽肖, 谢志霞, 等. 不同氮素水平对棉花不同部位-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 H C, 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]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(8): 1638-1645. (in Chinese)
- [18] Boquet D J, Moser E B, Breitenbeck G A. Boll weight and within- plint yield distribution in field grow cotton given different levels of nitrogen [J]. *Agronomy*, 1994, 86: 20-26.
- [19] 许德威, 周庆祺, 汤玉玮, 等. 棉花合理施用氮肥及其生理指标的研究初报 [J]. *中国农业科学*, 1991, 24(1): 42-46.
- Xu D W, Zhou Q Q, Tang Y W, et al. Studies on the adequate application of nitrogen fertilizer and its physiological index in cotton plant [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1991, 24(1): 42-46. (in Chinese)
- [20] Tewolde H, Fernandez C J, Foss D C. Maturity and lint yield of nitrogen and phosphorus deficient Pima cotton [J]. *Agtron J*, 1994, 86: 303-309.
- [21] 杨志彬, 陈兵林, 周治国. 花铃期棉田速效养分时空变异特征及对棉花产量品质的影响 [J]. *作物学报*, 2008, 34(8): 1393-1402.
- Yang Z B, Chen B L, Zhou Z G. Spatial and temporal variability of available nutrient in cotton field at flower and boll stage and its effect on lint yield and fiber quality [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(8): 1393-1402. (in Chinese)
- [22] 胡德玉. 不同部位不同采摘期棉花纤维品质的变化 [J]. *作物杂志*, 2008(3): 104-105.
- Hu D Y. Fiber quality of cotton on different fruit branch and different harvest time [J]. *Crops*, 2008(3): 104-105. (in Chinese)
- [23] 张家付. 棉花不同开花期和结铃部位对铃重、铃期及纤维品质的影响 [J]. *西南农业大学学报*, 1985(1): 28-36.
- Zhang J F. Effects of different flowering dates and bolling position on the individual boll weight, boll period and fiber quality of cotton [J]. *Journal of Southwest Agricultural University*, 1985(1): 28-36. (in Chinese)
- [24] 武 际, 郭熙盛, 杨晓虎, 等. 氮肥施用时期及基追比例对土壤矿质氮含量时空变化及小麦产量和品质的影响 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19(11): 2382-2387.
- Wu J, Guo X S, Yang X H, et al. Effects of application time and basal/topdressing ratio of nitrogen fertilizer on the spatiotemporal variation of soil $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ contents and the grain yield and its quality of wheat [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(11): 2382-2387. (in Chinese)