

# 南疆地区不同施氮量棉花叶片光合特性及产量表现

罗新宁<sup>1</sup>, 陈冰<sup>2</sup>, 张巨松<sup>3,4</sup>, 蒋平安<sup>2</sup>

(1. 塔里木大学植物科学学院, 新疆阿拉尔 843300; 2. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆乌鲁木齐 830052;  
3. 新疆农业大学农学院, 新疆乌鲁木齐 830052; 4. 教育部国家棉花工程研究中心, 新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 在南疆生态条件下通过不同氮素水平(0、207、258.75、310.5、362.25 kg/hm<sup>2</sup>)的大田试验,研究了氮素对棉花叶片光合特性和产量的影响。结果表明,追施氮肥可以提高棉株叶片叶绿素含量,改善叶片光合性能、增加叶面积,提高中下部叶片光合速率,提高光合产物的生产能力,延缓叶片衰老。施氮过多,棉株后期营养生长过旺,田间郁蔽,通风透光不良,影响光合作用。当施氮量在0~258.75 kg/hm<sup>2</sup>范围内,棉花产量随着施氮量增加而增加,施氮量超过258.75 kg/hm<sup>2</sup>,产量呈下降趋势。

**关键词:** 棉花;施氮量;光合特性;产量

**中图分类号:** S147.35 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0040-05

氮是植物必需的营养元素,是作物产量最重要的养分限制因子。通过氮素营养调控作物的生理机能,促进作物生长,提高光合生产率,是作物生产中的一项关键技术<sup>[1]</sup>。但是南疆高产棉区为了追求产量,过量施氮造成了社会、经济、生态方面的许多问题。氮对棉花的生长发育有着决定性的影响,在一定范围内,棉花叶面积的增大与氮素供给量成正比<sup>[2]</sup>,并且氮素对叶片光合速率、碳水化合物含量也有一定的调控作用<sup>[3]</sup>。施氮不当,叶片酶活力过高或过低则导致棉花徒长或早衰<sup>[4]</sup>。研究表明氮素营养能够通过提高叶片老化过程中的叶绿素含量和光合速率,延缓叶片衰老和光合功能衰退<sup>[5,6]</sup>;施氮肥能增大小麦叶面积,增加功能叶中的叶绿素和糖含量<sup>[7]</sup>;高肥处理玉米花粒期冠层气孔导度、蒸腾速率、根伤流量及叶绿素含量等主要生理指标均显著高于低肥处理,氮肥用量不足或过量加速了生长后期玉米叶面积系数,以及穗位叶叶绿素含量的下降进程,使叶片提前衰老<sup>[8~11]</sup>。

南疆地处欧亚大陆腹地,属典型大陆性干旱气候,热量丰富,日照充足,年降雨量少,绿洲区灌溉植棉,具有鲜明的地域特色。然而在南疆生态条件下,氮素营养对棉花光合特性以及产量的影响研究并不多见。为此,我们结合南疆气候条件和气候特点,研究氮肥施用量对棉花叶片的调节效应,以期探讨南疆棉花高产机理,为高产栽培、适量施肥提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计

试验于2007年在新疆沙雅县新垦农场进行。农场地处塔里木盆地边缘,光照充足、热量丰富,≥10℃积温大于4 100℃,年平均降水量小于55 mm,蒸发量高达2 700 mm以上,属典型灌溉农业区,试点土壤为沙壤土,耕层土壤有机质含量为9.6 g/kg,碱解氮80.2 mg/kg,速效磷9.1 mg/kg,速效钾228 mg/kg。供试棉花品种为中棉43号,4月22日播种。试验设置5个氮素水平N: 0、207、258.75、310.5、362.25 kg/hm<sup>2</sup>,分别以N0、N1、N2、N3、N4表示,3次重复。氮素40%作基肥,60%作追肥;浇头水前以剩余氮素的60%开沟施肥,二水前以剩余氮素的40%施入。磷、钾素分别作为基肥施入138 kg/hm<sup>2</sup>和75 kg/hm<sup>2</sup>。随机区组排列,小区面积40.8 m<sup>2</sup>,株、行距配置为(20+40+20+60)cm×10 cm。

### 1.2 测定内容与方法

**测定内容:** 叶绿素、叶片净光合速率、单株叶面积、叶面积指数等。

**叶绿素含量测定:** 棉花蕾期、初花期、花铃期、盛铃期、吐絮期,各处理选择均匀生长棉株5株,把主茎叶分上部(从上往下数第2叶)、中部(从上往下数第6叶)、下部(从下往上数第2叶)分别取下棉叶5片,用自封袋装好,及时送回实验室,分别剪成长宽1 mm以下小块,混匀。在分析天平上称样0.10 g置

收稿日期: 2010-09-29

基金项目: 国家“十一”科技支撑计划项目棉花高产优质高效栽培技术研究(2006BAD21B02-1);新疆“十一五”重大专项(200731133-1);新疆维吾尔自治区土壤学重点学科基金项目

作者简介: 罗新宁(1971-),男,四川遂宁人,博士,主要从事作物养分高效利用研究。

通讯作者: 陈冰, E-mail: luoxinning04@sina.com。

10 ml 刻度试管中。各管中分别加丙酮-乙醇-水的混合液 10 ml (丙酮:无水乙醇:水=4.5:4.5:1), 待叶色完全变白时分别在 663 nm 和 645 nm 下测定光密度。计算各叶叶绿素含量。

净光合速率( $P_n$ )测定:采用便携式光合测定仪 tpa-22, 晴天选择光强在 1300~1500  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  的时段(北京时间 11:00~15:00)测定。每个处理测 3~5 片叶, 取平均值作为该处理的净光合速率。

单株叶面积测定:各处理取长势均匀的 5 株棉株, 取下所有叶片, 依次用叶面积仪测定每张叶片的叶面积, 累加后取平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮素对不同部位棉叶叶绿素含量的影响

从表 1 可知, 棉花上、中、下部叶片在不同的生长阶段叶绿素含量不同。随着时间的推移, 棉花叶片叶绿素含量逐渐增加, 到花铃期达到最高, 随后逐

渐下降。在各个生育时期, 氮素对棉花不同部位叶片叶绿素含量的影响有一定差异。在棉花开始生长加速的蕾期, 上、中、下部叶片中叶绿素含量表现出随着氮素水平的提高而增加的趋势。上部叶片中,  $N_4$ 、 $N_3$ 、 $N_2$  处理之间差异不显著, 但是它们与  $N_0$  差异显著,  $N_1$  与  $N_0$  之间差异不显著; 中部叶片,  $N_4$  与其他处理差异显著,  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  之间差异不显著; 下部叶片,  $N_4$ 、 $N_3$  差异不显著, 二者与  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$  差异显著, 而  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$  彼此之间差异不显著。

在棉花快速生长的初花期, 上、中、下部叶片叶绿素含量同样表现出随着氮素水平的提高而增加的趋势。氮素不同处理的棉花叶片中, 下部叶片  $N_3$  处理叶绿素含量最高, 中部叶片  $N_0$  处理最低。上部叶片  $N_3$ 、 $N_4$  与  $N_1$ 、 $N_0$  差异显著; 中部叶片  $N_3$ 、 $N_4$  与  $N_1$ 、 $N_0$  差异显著; 下部叶片  $N_4$ 、 $N_3$  与  $N_1$ 、 $N_0$  差异显著。

表 1 施氮量对棉花叶绿素含量的影响

Table 1 The effect of nitrogen application rate on chlorophyll content of cotton

叶位 Leaf position	处理 Treatment	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g)				
		蕾期 Squaring	初花期 Early flowering	花铃期 Full flowering	盛铃期 Boll	见絮期 Open ball
上部 Upper	$N_0$	0.82 <sub>b</sub>	1.16 <sub>c</sub>	1.58 <sub>b</sub>	1.26 <sub>c</sub>	0.58 <sub>c</sub>
	$N_1$	0.79 <sub>b</sub>	1.22 <sub>c</sub>	1.81 <sub>a</sub>	1.26 <sub>c</sub>	0.69 <sub>c</sub>
	$N_2$	1.04 <sub>a</sub>	1.38 <sub>b</sub>	1.98 <sub>a</sub>	1.36 <sub>bc</sub>	0.82 <sub>b</sub>
	$N_3$	1.19 <sub>a</sub>	1.58 <sub>a</sub>	2.04 <sub>a</sub>	1.54 <sub>b</sub>	1.06 <sub>a</sub>
	$N_4$	1.32 <sub>a</sub>	1.61 <sub>a</sub>	1.96 <sub>a</sub>	1.71 <sub>a</sub>	1.12 <sub>a</sub>
中部 Middle	$N_0$	0.94 <sub>b</sub>	1.08 <sub>c</sub>	1.54 <sub>b</sub>	1.16	0.96
	$N_1$	1.07 <sub>b</sub>	1.29 <sub>bc</sub>	1.52 <sub>b</sub>	1.21	1.02
	$N_2$	1.09 <sub>b</sub>	1.46 <sub>b</sub>	1.48 <sub>b</sub>	1.24	0.98
	$N_3$	1.22 <sub>b</sub>	1.72 <sub>a</sub>	1.69 <sub>a</sub>	1.02	0.94
	$N_4$	1.46 <sub>a</sub>	1.66 <sub>a</sub>	1.61 <sub>a</sub>	1.28	0.82
下部 Lower	$N_0$	0.98 <sub>b</sub>	1.31 <sub>b</sub>	1.41	1.24 <sub>a</sub>	0.29 <sub>c</sub>
	$N_1$	1.11 <sub>b</sub>	1.48 <sub>b</sub>	1.51	1.12 <sub>a</sub>	0.42 <sub>b</sub>
	$N_2$	1.09 <sub>b</sub>	1.68 <sub>a</sub>	1.48	1.08 <sub>b</sub>	0.48 <sub>ab</sub>
	$N_3$	1.34 <sub>a</sub>	1.86 <sub>a</sub>	1.50	0.92 <sub>c</sub>	0.38 <sub>c</sub>
	$N_4$	1.51 <sub>a</sub>	1.72 <sub>a</sub>	1.44	0.86 <sub>c</sub>	0.51 <sub>a</sub>

注:不同小写字母表示在 5% 水平差异显著;大写字母表示在 1% 水平差异极显著, 以下相同。

Note: The lowercase letters mean significant difference at 5% level; while the capital letters mean significant difference at 1% level. They are the same in the follows.

在花铃期, 下部叶片各处理叶绿素含量无明显差异, 上部叶片  $N_0$  处理与其他处理差异显著,  $N_4$ 、 $N_3$ 、 $N_2$ 、 $N_1$  之间差异不显著。盛铃期中部叶片各处理叶绿素含量无明显差异, 上部、下部叶片各处理叶绿素含量差异显著。上部叶片  $N_4$  处理与其他处理叶绿素含量差异显著,  $N_3$  与  $N_1$ 、 $N_0$  差异显著,  $N_0$ 、 $N_1$ 、 $N_2$  之间差异不显著。下部叶片中,  $N_0$ 、 $N_1$  差异

不显著, 它们与其他处理差异显著;  $N_2$  与  $N_3$ 、 $N_4$  差异显著,  $N_3$ 、 $N_4$  之间差异不显著。  $N_0$  处理叶片叶绿素含量最高,  $N_4$  处理叶片叶绿素含量最低。其趋势随着氮素水平的提高, 棉花叶片叶绿素含量逐渐降低。这可能与氮素施用过多盛铃期下部叶片通风透光差, 叶绿素降解速度快有关。

见絮期的情况有所变化。上、下部叶片叶绿素

含量都随着氮素水平的提高而增加。上部叶片中 N4 叶绿素含量最高,它与除去 N3 之外的处理差异显著;N2 与 N0、N1 差异显著,N0 与 N1 差异不显著。分析表明,增施氮素对见絮期棉花叶片叶绿素含量的提高有明显影响,这间接证明了在棉花衰老过程中氮素营养的作用。

## 2.2 氮素对不同部位棉花叶片净光合速率( $P_n$ )的影响

不同处理不同叶位棉花叶片净光合速率变化与生育时期有关(表 2)。在同一生育时期,上、中、下三个部位叶片平均净光合速率依次下降。花铃期是养分转运最快的时期,数据分析表明,此时不同部位

棉花叶片与其他时期相比净光合速率最高。蕾期各处理上、中、下部位随着氮素水平的提高,棉花叶片净光合速率递增。初花期上部叶片 N4 处理棉花净光合速率显著高于其他处理;下部叶片中 N4、N3、N2、N1 处理均显著高于 N0 处理。至花铃期,上部棉叶中各处理净光合速率显著高于 N0;下部棉叶中 N3、N4 净光合速率显著高于 N0、N1、N2。盛铃期上、中部叶片 N3、N4 处理净光合速率与 N0、N1 相比差异显著。到见絮期时,上、下部叶片各处理净光合速率表现出差异。N4、N3 显著高于 N1、N0,表明增施氮素在成熟期延缓棉花的叶片衰老,提高了叶片净光合速率。

表 2 施氮量对棉花叶片净光合速率的影响

Table 2 The effect of nitrogen rate on the net photosynthetic rate( $P_n$ ) of cotton leaf [ $\text{CO}_2$ ,  $\text{mg}/(\text{dm}^2 \cdot \text{h})$ ]

叶位 Leaf position	处理 Treatment	蕾期 Squaring	初花期 Early flowering	花铃期 Full flowering	盛铃期 Boll	见絮期 Open ball
上部 Upper	N0	30.42 <sub>b</sub>	34.23 <sub>b</sub>	38.88 <sub>b</sub>	31.22 <sub>b</sub>	17.31 <sub>b</sub>
	N1	31.79 <sub>b</sub>	34.42 <sub>b</sub>	42.33 <sub>a</sub>	32.38 <sub>b</sub>	17.24 <sub>b</sub>
	N2	35.04 <sub>a</sub>	35.28 <sub>b</sub>	41.24 <sub>a</sub>	34.65 <sub>a</sub>	17.38 <sub>b</sub>
	N3	35.89 <sub>a</sub>	36.86 <sub>b</sub>	40.21 <sub>a</sub>	35.36 <sub>a</sub>	19.64 <sub>a</sub>
	N4	38.32 <sub>a</sub>	39.46 <sub>a</sub>	43.29 <sub>a</sub>	34.68 <sub>a</sub>	19.66 <sub>a</sub>
中部 Middle	N0	20.16 <sub>c</sub>	25.33 <sub>c</sub>	34.49 <sub>b</sub>	16.84 <sub>b</sub>	13.12 <sub>ab</sub>
	N1	21.07 <sub>c</sub>	27.61 <sub>b</sub>	36.12 <sub>a</sub>	17.16 <sub>ab</sub>	14.23 <sub>a</sub>
	N2	24.06 <sub>b</sub>	26.84 <sub>b</sub>	35.41 <sub>a</sub>	16.77 <sub>b</sub>	14.68 <sub>a</sub>
	N3	27.24 <sub>a</sub>	29.31 <sub>a</sub>	36.63 <sub>a</sub>	18.24 <sub>a</sub>	15.12 <sub>a</sub>
	N4	26.17 <sub>a</sub>	30.24 <sub>a</sub>	38.44 <sub>a</sub>	14.08 <sub>c</sub>	12.58 <sub>b</sub>
下部 Lower	N0	12.44 <sub>b</sub>	16.82 <sub>b</sub>	28.36 <sub>b</sub>	11.29 <sub>a</sub>	7.33 <sub>b</sub>
	N1	11.41 <sub>b</sub>	18.28 <sub>a</sub>	30.44 <sub>b</sub>	12.34 <sub>a</sub>	8.26 <sub>b</sub>
	N2	14.28 <sub>a</sub>	18.04 <sub>a</sub>	30.56 <sub>b</sub>	14.27 <sub>a</sub>	10.58 <sub>a</sub>
	N3	15.43 <sub>a</sub>	19.22 <sub>a</sub>	33.56 <sub>a</sub>	13.56 <sub>a</sub>	10.22 <sub>a</sub>
	N4	17.56 <sub>a</sub>	20.81 <sub>a</sub>	32.14 <sub>a</sub>	10.18 <sub>b</sub>	11.39 <sub>a</sub>

## 2.3 氮素对棉花单株叶面积和叶面积系数的影响

不同氮肥处理下单株叶面积与叶面积指数变化趋势一致(图 1、图 2)。单株叶面积与叶面积指数从苗期到花铃期处于上升阶段,并于 7 月 16 日达到高峰,随后开始逐渐下降。处理之间在 6 月 11 日前没有明显差异。N0、N1 的叶面积指数从现蕾期开始明显低于 N4、N3、N2,这一差异一直持续到吐絮期,并且在吐絮期相对于 N4、N3、N2,低氮处理下降趋势较快,呈现早衰态势。

在花铃期—吐絮期期间,与 N3、N2 相比,N4 处理的 LAI 下降速率最快,可能与氮素用量过大、叶面积指数高、群体中下部透光明显恶化、造成叶片叶绿素的降解和老化加速有关。N2 处理与 N3、N4 的单株叶面积与叶面积指数在棉花生育中后期(8 月 6 日后)差异也比较明显,表现为 N2 处理大于 N3、N4 处理。

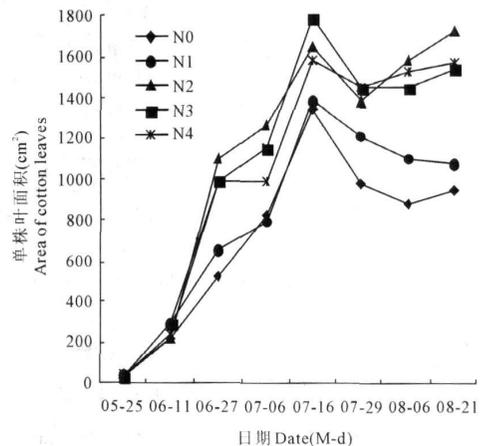


图 1 氮素对棉花单株叶面积的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen applied on cotton leaf area

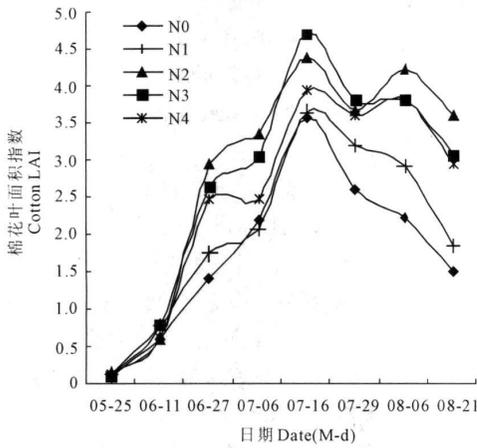


图 2 氮素对棉花叶面积指数的影响

Fig.2 Effect of nitrogen applied on cotton LAI

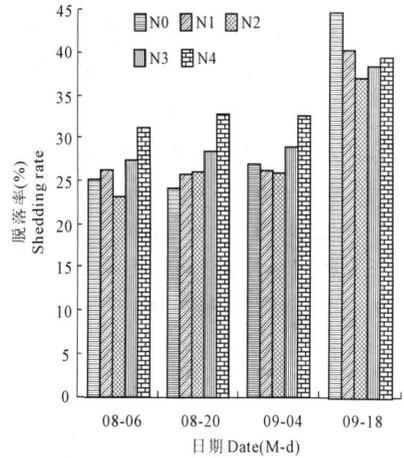


图 3 氮素对棉花主茎叶脱落率的影响

Fig.3 Effect of nitrogen on shedding rate of cotton stem leaf

### 2.4 氮素对棉花主茎叶脱落率的影响

从棉花单株主茎叶脱落率来看(图 3), 总体趋势基本一致, 表现为随生育进程逐渐升高。盛铃初期, 施氮处理与对照主茎叶脱落率有一定差异, 随生育进程的延续各处理主茎叶脱落率都呈一定幅度的上升趋势。从 8 月 6 日到 9 月 4 日左右, 单株主茎叶脱落率小幅增加, 到 9 月 18 日主茎叶脱落率均迅速提高。施氮处理与对照相比, 氮肥延缓了主茎叶脱落率的增长, 从而使其明显低于对照处理, 并且氮肥用量适宜, 主茎叶脱落率较低。氮肥用量过高、过低均会造成叶片脱落增加。一般认为棉花在缺氮或氮素供应过高时均会出现叶片脱落率增加的问题, 前者是因为生长不良引起, 后者是因营养生长过旺, 中下部叶片受光不良所致。

本试验中, 当氮肥施用量增加到 310.5 kg/hm<sup>2</sup> 时, 可明显降低主茎叶片脱落率, 可能与当地土质偏砂、光照充足、气候干旱及不易造成遮荫潮湿的小环境等因素有关, 这也是新疆棉花高产的原因之一。

### 2.5 氮素施用量对三桃的影响

施用氮肥对棉株的生长发育起到一定的调节作用。与对照相比, N2 处理的伏前桃数量提高 21.1%, N3 处理伏前桃数量与对照持平, N4 处理伏前桃数量有所下降, 比对照低 45.6%。说明施肥量增加能使伏前桃数量增加, 但施肥量过多, 造成棉株贪青晚熟, 结铃进程延迟, 伏前桃数量较低。

伏桃数量的多少在很大程度上决定了棉花的产量。从图 4 来看, 氮素水平对伏桃数量具有明显的影响作用。不同施肥处理中, N1、N2、N3、N4 的伏桃数量分别比对照高 13.6%、32.4%、28.0%、17.1%。这表明施氮量的提高有利于增加伏桃数量。

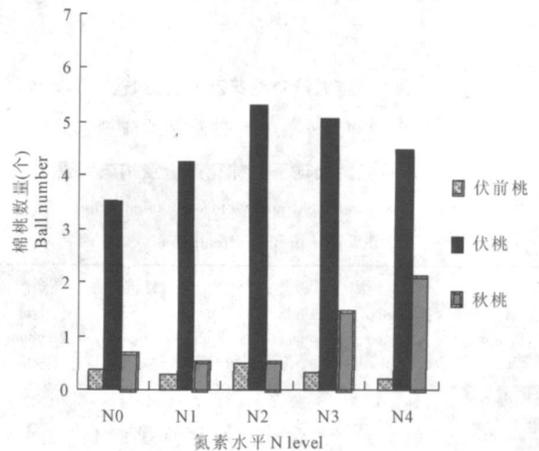


图 4 氮素对棉花三桃的影响

Fig.4 Effect of nitrogen on bolls

从秋桃数量来看, N1、N2 处理分别比对照低 24.9.0%、23.1%, N3、N4 分别比对照高 53.0%、68.1%。随着施氮量的增大, 秋桃数量相应增加, 这说明氮肥的施用量对秋桃的形成具有举足轻重的作用。

总体上说, 适量施氮能够促进棉株生长, 避免早衰, 延长棉花开花结铃的时间, 从而使伏前桃、伏桃、秋桃数量增加; 氮肥用量过少或过多会造成早衰或贪青晚熟, 前者造成结铃时间短, 铃数少, 后者使得棉花生长期延长, 铃数减少, 秋桃比例增加, 棉花纤维品质下降。

### 2.6 氮素施用量对棉花产量及产量构成因素的影响

从表 3 中可以看出, 皮棉产量各施氮处理均高于不施氮处理, 其中以 N2 处理增产效果最显著, 其次为 N3 处理。各处理间衣分差异不显著。棉花单株铃数以 N2 处理最高, 其他处理依次为 N3>N4>N1>N0;

单铃重大小顺序为  $N2 > N3 > N4 > N1 > N0$ , 表明氮肥施用量能够直接影响到光合产物向棉铃的运输。不施氮或施氮量较低, 生育中后期棉叶叶绿素含量降解速度快, 净光合速率低, 光合产物少, 造成铃数少, 铃重轻; 过量追施氮肥, 氮代谢过旺, 虽然能改善盛花期和盛铃期棉叶的光合性能, 光能转化效率高, 棉株生长快, 但导致棉花群体过大, 冠层内光照条件恶化, 光合产物分配失调, 棉铃库强度降低, 铃重下降, 经济产量较低。图 5 也说明了适量施氮对产量的积极影响。

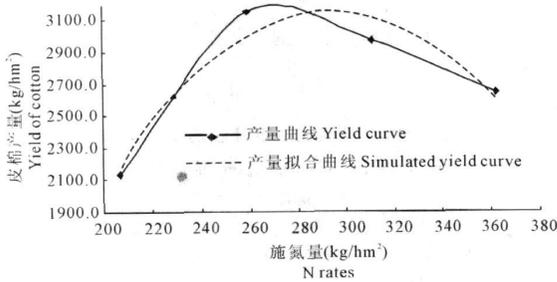


图 5 施氮量对棉花产量的影响

Fig. 5 Effect of N rates on yield of cotton

表 3 不同氮素处理下的棉花产量及构成因素

Table 3 Cotton yield and yield components under different nitrogen treatments

处理 Treatment	单株铃数 Boll number (No/plant)	单铃重 Boll weight (g/boll)	衣分 Lint percentage (%)	籽棉产量 Seed cotton (kg/hm <sup>2</sup> )	皮棉产量 Lint cotton (kg/hm <sup>2</sup> )
N0	3.50 <sub>c</sub>	5.29 <sub>c</sub>	41.62	4913.6 <sub>c</sub>	1942.8
N1	3.80 <sub>c</sub>	5.51 <sub>b</sub>	40.76	5522.8 <sub>bc</sub>	2138.5
N2	5.36 <sub>a</sub>	5.76 <sub>a</sub>	40.64	8174.7 <sub>a</sub>	3156.0
N3	5.29 <sub>a</sub>	5.49 <sub>b</sub>	41.06	7620.5 <sub>b</sub>	2972.5
N4	4.91 <sub>b</sub>	5.50 <sub>b</sub>	41.45	6719.9 <sub>b</sub>	2646.1

当施氮量在一定的范围之内, 随着氮素的增加, 棉花产量随之增加, 当施氮量超出一定的范围, 产量随施氮量的增加反而下降。其产量与施氮量的关系可表示为

$$y = -0.0112x^2 + 6.359x + 2049.6 \quad R^2 = 0.8604$$

式中,  $y$  为棉花皮棉产量,  $x$  为施氮量, 单位为  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。对上式求偏导, 得到最高产量为  $2952.2 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 对应的施肥量为  $283.8 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。当施肥量高于或低于这个水平, 产量都会受到影响。只有适量施肥, 才能改善叶片光合性能, 协调棉花生长, 最终提高棉花经济产量。

### 3 结论

头水、二水适量追施氮肥, 在一定程度上可以提

高生长后期棉花叶绿素含量, 使叶片生理活性保持在较高的水平, 尤其对延缓棉花中、下部叶片衰老, 改善叶片光合能力, 保证生育后期形成较多的光合产物具有重要作用。过量施氮会造成花铃期叶面积迅速增大, 群体透光不畅, 反而影响了中、下部叶片光合作用的进行。特别是过量施肥造成的旺长棉田, 由于枝叶过于繁茂形成田间郁蔽, 通风透光不良, 导致叶绿素结构遭到破坏。实际生产中应根据当地光热资源、品种特性和栽培水平适量追施氮肥, 从而提高单株叶片生理活性, 适当增大光合面积, 改善叶片光合性能, 提高盛铃期至吐絮期群体光合速率, 延长光能高效利用的时间, 从而提高棉花群体光合性能, 为棉花高产奠定有利的物质基础。因此, 要充分利用南疆丰富的光热资源, 必须在合理施用氮肥的基础上协调棉花群体结构, 提高棉花群体光合性能, 延长光合利用时间, 提高光能利用率, 实现水、肥的高效利用。避免因为过量施用氮肥, 导致棉花贪青晚熟、产量降低、品质变劣, 同时增加棉花肥料投入, 最终造成资源浪费和潜在的环境污染。

### 参考文献:

- [1] 肖凯, 张荣铨, 钱维朴. 氮素营养对小麦群体光合碳同化作用的影响及其调控机制[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(3): 235-243.
- [2] 毛树春. 棉花营养与施肥[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [3] 王本宣, 陈布圣. 不同氮肥水平和密度下的棉花群体光合速率的探讨[J]. 华中农业大学学报, 1989, 8(3): 213-217.
- [4] 许德威. 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.
- [5] 薛松, 吴小平, 冯彩平, 等. 不同氮素水平对旱地小麦叶片叶绿素和糖含量的影响及其与产量的关系[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 79-8.
- [6] 李春喜, 张根发, 石惠恩, 等. 不同氮肥运筹对超高产小麦 NR 活性和产量影响的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 847-852.
- [7] 肖凯, 谷俊涛, 张荣铨, 等. 氮素调控小麦旗叶衰老和光合功能衰退的生理机制[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(4): 371-378.
- [8] 董树亭, 高荣岐, 胡昌浩, 等. 玉米花粒期群体光合功能与高产潜力研究[J]. 作物学报, 1997, 23(3): 318-325.
- [9] 徐惠纯, 呼孟银, 李文炳. 棉花不同品种氮素营养效率比较[J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(4): 370-373.
- [10] 孙红春, 李存东, 周彦珍. 不同氮素水平对棉花功能叶生理特性、植株性状及产量构成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 28(6): 9-14.
- [11] 王帘里, 孙波, 隋跃宇, 等. 不同气候和土壤条件下玉米叶片叶绿素相对含量对土壤氮素供应和玉米产量的预测[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 327-335.

(英文摘要下转第 82 页)

## Experimental study on water saving technology of pepper under furrow irrigation in ridge culture with full film-covering combined with water-holding agent in arid area

DING Lin, WANG Yi-bing, LI Yuan-hong, LUO Tian-feng, LI Bin, MENG Tong-tong  
(Gansu Provincial Water Conservancy Research Institute, Lanzhou, Gansu 730000, China)

**Abstract:** Through an experiment on water saving technology of pepper under furrow irrigation in ridge culture with full film-covering combined with water-holding agent in Minqin region during the months of May to Sept. in 2009, the soil moisture diffusion, water consumption and yield effect of pepper were tested under transplanting with water conditions. The impacts on soil moisture were analysed in matching application of water-holding agent. The result showed that in Minqin, using technology of transplanting pepper with water under furrow irrigation in ridge culture conditions and matching application of water-holding agent would increase pepper production by 19.73%, save water by 30.79%, and improve water use efficiency by 42.33%. Appropriate use of water-holding agent could reduce water consumption of crops, and the results were more obvious in using it in the rational range.

**Keywords:** transplanting with water; water-holding agent; pepper

(上接第 44 页)

## Photosynthetic characteristics and yield of cotton under different nitrogen application rate in Southern Xinjiang

LUO Xin-ning<sup>1</sup>, CHEN Bing<sup>2</sup>, ZHANG Ju-song<sup>3,4</sup>, JIANG Ping-an<sup>2</sup>

(1. College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China;

2. College of Grassland and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumuqi, Xinjiang 830052, China;

3. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumuqi, Xinjiang 830052, China;

4. National Cotton Research Center of Ministry of Education, Urumuqi, Xinjiang 830052, China)

**Abstract:** Based on an nitrogen experiment under ecological condition in Southern Xinjiang, the effect of nitrogen fertilizer on photosynthetic characteristics and yield of cotton were investigated. The result showed that topdressing nitrogen rate could improve photosynthetic characteristics and the chlorophyll content of cotton, delay senescence of leaves and raise net photosynthesis rate; cotton leaves area and LAI were enhanced with reasonable N application, and LAI decreased rapidly in later stages with excessive N rate. Shedding rate of cotton stem leaf declined when N rate was 258.75 kg/hm<sup>2</sup>. Cotton yield increased when N rate applied was among 0~258.75 kg/hm<sup>2</sup>, and decreased until N rate applied exceed 258.75 kg/hm<sup>2</sup>.

**Keywords:** cotton; nitrogen application rate; photosynthetic characteristic; yield