

氮肥基追比对杂交棉光合生理特性及产量的影响

刘 翠,张巨松,郑 慧,石洪亮,郑剑超,明·乌尔娜
(新疆农业大学农学院/教育部棉花工程研究中心,新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要: 在南疆自然生态条件下,研究三种氮肥基追比(N1,基肥:追肥=0:10;N2,基肥:追肥=2:8;N3,基肥:追肥=4:6)对杂交棉兆丰 1 号和鲁棉研 30 号主茎功能叶光合生理特性及产量的影响。结果表明,在总施氮量相同的条件下,随着氮肥追施比例的减少,主茎功能叶生理特性呈先增后减的趋势。进一步分析指标参数知,零基肥处理显著降低了叶面积指数(LAI)、主茎功能叶 SPAD 值、硝酸还原酶(NR)活性和可溶性蛋白质(SP)含量,峰值出现日提前 20 d,植株早衰;N3 处理花铃后期 SPAD 值、NR 活性与 SP 下降幅度大,分别下降了 31.08%~32.04%、57.12%~74.55%和 78.53%~80.79%,至吐絮期光合速率较最大值下降了 66%左右,减少了光合产物向棉铃中转移量;兆丰 1 号和鲁棉研 30 号氮肥基追比均以 2:8 处理条件下主茎功能叶各项参数最为协调,叶片叶绿素含量提高了 5.04%~25.44%,改善了叶片光合性能,延长了叶片功能期,延缓了杂交棉中下部叶片衰老速度,增加单株成铃,提高铃重,皮棉产量达 4 233.3 kg·hm⁻²以上。兆丰 1 号皮棉产量低于鲁棉研 30 号,除 N1 处理外 N2、N3 处理差异显著。

关键词: 氮肥基追比;杂交棉;光合特性;生理特性;产量

中图分类号: S147.3 **文献标志码:** A

effects of base and topdressing nitrogen fertilizers with different ratios on the physiological characteristics of functional axial leaves and yield of hybrid cotton

LIU Cui, ZHANG Ju-song, ZHENG Hui, SHI Hong-liang, ZHENG Jian-chao, MING·Wu-erna
(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University/Research Center of Cotton Engineering,
Ministry of Education, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: To investigate the effects of base and topdressing nitrogen fertilizers on the photosynthetic biochemical characteristic of functional leaves of hybrid cotton in Nanjiang, fertilizers with three different compositional ratios (base vs. topdressing fertilizers of N1, N2, and N3 were 0:10, 2:8, N3, and 4:6, respectively) were employed using Zhaofeng 1 and Lumianyan 30. Results showed that when equal amounts of total nitrogen were applied, with the reduction of topdressing nitrogen, the physiological indexes of the main functional stem leaves tended to increase first and then became decreased. According to additional analyses of the related indexes, zero base fertilizer treatment had significantly reduced the LAI and SPAD values of the main functional stem leaves, and the activities of nitrate reductase and soluble proteins, peak values of which appeared 20 days earlier, resulting in an early senescence process. With N3 treatment, SPAD value, NR activity and SP content at the post-flower-boll stage had decreased quickly, reaching the levels of 31.08%~32.04%, 57.12%~74.55%, and 78.53%~80.79%, respectively. Additionally, at the boll opening stage, the photosynthetic rate was reduced approximately 66% from the maximum, minimizing the transfer of the photosynthetic products to the bolls. It was further found that when Zhaofeng 1 and Lumianyan 30 were treated with the 2:8 fertilizer, the indexes of the main functional stem leaves seemed to be balanced, increasing 5.04%~25.44% of leaf chlorophyll content, improving the performance of photosynthesis, extending the functional period of leaves, postponing senescence of the leaves at the middle and the lower portions, and enhancing the weight per boll and the lint yield to 4 389.89 kg·hm⁻². Lint yield of Zhaofeng 1 was lower than that of Lumianyan 30, which was found to be significantly different with N2 and N3 treatments but not N1.

Keywords: ratios of base and topdressing nitrogen fertilizer; hybrid cotton; photosynthetic characteristics; physiological characteristics; yield

氮素是影响棉花产量和收益的关键因素之一,也是影响棉花生产的主要限制因子,同时与棉花生长发育及光合生产密切相关^[1-3]。生产中氮肥投入量占有所有肥料投入的 60% 左右^[4],合理的氮肥运筹能优化棉花群体冠层结构,延缓叶片衰老,促进生育后期叶面积指数保持较高水平,提高叶片中的叶绿素含量、可溶性蛋白质含量和硝酸还原酶活性,保证棉花后期具有较高的光合功能^[5-7],从而提高产量和品质。目前南疆地区氮肥施用方式主要采用基肥与追肥配合施用的方式,滴灌模式下施氮量普遍在 300 ~ 450 kg·hm⁻² 左右^[8-10],基追比例不一,其中以 3:7 和 4:6 较多^[8-11]。不合理的氮肥运筹会造成氮素营养不足或氮代谢过剩,前者将引发叶片叶绿素含量、可溶性蛋白质含量的降低,加速叶片的衰老与脱落,蕾铃脱落率增加^[9,12];后者会引起营养生长过旺,收获指数降低,减少光合产物在产量器官中的积累^[13-14]。生产中也普遍存在高投入低产出的现象,造成氮肥利用率降低,氮肥大量浪费,成本增加等问题。因而适宜的氮肥运筹是降低成本,提高氮肥利用率,减少因过量施氮和不合理的基追比例而造成的硝态氮淋溶及氨挥发而引发的生态环境污染等问题的重要措施^[15-16]。近年来,杂交棉因杂种优势明显,长势好,抗逆性强,产量高及品质优而得以大面积推广种植,也成为新疆乃至我国棉花增产创优的一项重要途径。目前对棉花氮肥方面的研究

多集中在施氮量方面,并探索出滴灌棉田的施用氮肥模型^[17],而针对氮肥基追比对杂交棉光合生理特性机理方面研究报道甚少。本研究主要针对南疆地区独特的自然生态条件,探索氮肥基追比对杂交棉功能叶生理特性及光合能力的影响机理,实现节本增效,为完善与优化杂交棉栽培技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2013 年在新疆喀什地区岳普湖县下巴扎 7 村 5 组进行。土质为壤土,有机质含量 14.1 g·kg⁻¹,全氮 1.76 g·kg⁻¹,碱解氮 47.9 mg·kg⁻¹,速效磷 24.5 mg·kg⁻¹,速效钾 208.18 mg·kg⁻¹,播前深施三料磷肥 400 kg·hm⁻²,硫酸钾 75 kg·hm⁻²。4 月 9 日人工点播,1.2 m 宽膜种植,1 膜 4 行,行距均为 [(20 + 50 + 20) cm + 60 cm],株距 14.2 cm,理论密度 18.75 万株·hm⁻²,各处理重复 3 次。裂区试验设计,主区为氮肥(供试氮肥为尿素,含 N 46.4%),施氮总量一致为 380 kg·hm⁻²(纯氮),3 个处理:基肥:追肥 = 0:10(N1)、基肥:追肥 = 2:8(N2)、基肥:追肥 = 4:6(N3),副区为品种处理:兆丰 1 号和鲁棉研 30 号。采用膜下滴灌,全生期灌溉定额 4 500 m³·hm⁻²,共滴水 8 次,DPC 化控 4 次,试验用地约 0.1 hm²,其他田间管理同高产田。

表 1 氮肥基追比例及追肥时间和次数

Table 1 Ratios of base vs. topdressing fertilizers and the time and frequency of topdressing

处理 Treatments	基肥 Ratios of base/%	追肥 Ratios of topdressing/%					
		三叶—现蕾 TL - AB (滴施 1 次) Dropping 1 frequency	现蕾—盛蕾 AB - FB (滴施 1 次) Dropping 1 frequency	盛蕾—开花 FB - PF (滴施 1 次) Dropping 1 frequency	开花—盛花 PF - FF (滴施 2 次) Dropping 2 frequencies	盛花—盛铃 FF - FB (滴施 2 次) Dropping 2 frequencies	盛铃—见絮 FB - AOB (滴施 1 次) Dropping 1 frequency
N1	0	5	10	15	30	30	10
N2	20	0	10	20	20	20	10
N3	40	0	5	10	20	20	5

注:TL、AB、FB、PF、FF、FB、AOB 分别代表 3 叶期、现蕾、盛蕾期、开花、盛花期、盛铃期、见絮。
Note: TL, AB, FB, PF, FF, FB and AOB stand for three-leaf, appearingbud, full bud, primary flower, full flower, full boll, and appearing opening boll stages, respectively.

1.2 测定项目与方法

1.2.1 叶面积指数(LAI) 自现蕾起,每隔 10 ~ 15 d 各处理采集具有代表性植株 4 株,采用打孔法测所有叶片面积,最后折算出 LAI。

1.2.2 主茎倒 4 叶 SPAD 值、净光合速率(P_n) 在

出苗后 57 d(蕾期)、82 d(初花期)、91 d(盛花期)、111 d(盛铃期)、128 d(盛铃后期)、141 d(见絮)、155 d(吐絮期),在每小区选择长势均匀的 5 株棉株挂牌标记主茎倒 4 叶(打顶后倒 3 叶),采用 SPAD - 502 型(日本产)便携式叶绿素测定仪对挂牌标记的叶片

测其叶绿素值,每张叶片测定 3 次取均值;同时用 CIRAS-2 光合测定系统(英国产),于晴天上午 11:00~13:00 测其 P_n ,重复 5 次,取均值。

1.2.3 硝酸还原酶(NR)活性、可溶性蛋白质(SP)含量 蕾期、初花期、盛花期、盛铃期、盛铃后期、吐絮期,取主茎倒 4 叶(打顶后倒 3 叶)5 片鲜样,重复 3 次,分别采用活体法、考马斯亮蓝法测定^[18]。

1.2.4 产量 吐絮后统计各处理收获株数,选取 20 个吐絮铃测其铃重和衣分,重复 3 次。

1.3 数据分析

数据采用 Excel 2010、DPS 7.05 进行分析,方差分析采用 Duncan 新复极差多重比较法。

2 结果与分析

2.1 氮肥基追比对杂交棉叶面积指数(LAI)的影响

合理的 LAI 有利于提高光截获量,减少漏光损失,提高光能利用率^[19]。同一品种不同氮肥基追比处理叶面积指数(LAI)的动态变化表现为开口向下的单峰曲线。各处理表现:自初花期(出苗后 82 d)始 N2,N3 处理 LAI 显著高于 N1 处理($P < 0.05$)。N2,N3 处理初花期前无差异,中后期 $N2 > N3$,出苗后 111 d(盛铃期)出现高峰,值分别为 4.93~5.21 和 4.60~4.78,到出苗后 155 d(吐絮期)值为 3.63~

3.67 与 2.81~2.82,较最大值分别下降了 34.47%~43.42%和 63.56%~69.15%;而 N1 处理的最大值提前至出苗后 91 d(盛花期),值为 1.77~1.98,至吐絮期仅有 0.93~0.98,较峰值下降了 90.32%~102.20%;由此可知 N1,N3 处理下降幅度均高于 N2 处理,表明氮肥全部用于追肥或追肥量较少加速了叶片衰老与脱落的进程,均不利于杂交棉形成合理的冠层结构。

2.2 氮肥基追比对杂交棉主茎功能叶 SPAD 值及净光合速率(P_n)的影响

2.2.1 SPAD 值 氮素是叶绿素的组成部分,施氮能增加叶片叶绿素含量,促进光合作用^[20]。各处理主茎功能叶 SPAD 值随出苗后天数的延长呈先升后降的趋势。N1 处理在出苗后 91 d(盛花期)达峰值为 54.59~56.80,后期下降幅度大,至吐絮期(出苗后 155 d)下降为 37.62~38.60;N2,N3 处理在出苗后 111 d(盛铃期)达高值为 68.48~68.54 和 63.40~65.24,盛铃后期下降缓慢,高值持续时间长,至吐絮期较 N1 处理分别高 53.32%~53.52%与 41.14%~42.64%。说明施底肥能显著影响杂交棉主茎功能叶 SPAD 值,合理的氮肥基追比能显著增加全生育期主茎叶 SPAD 值,提高叶片光合生理活性,延缓叶片衰老。

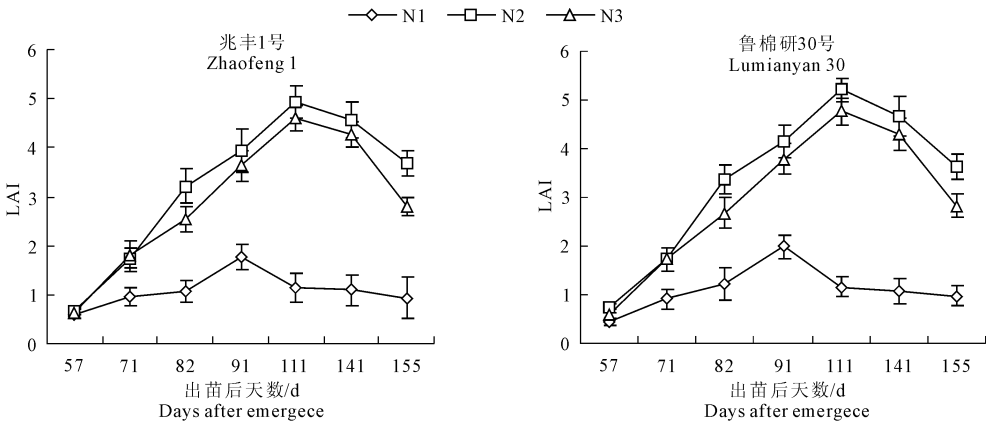


图 1 氮肥基追比对杂交棉 LAI 的影响

Fig.1 Effects of base vs. topdressing nitrogen fertilizers with various compositions onLAIof hybrid cotton

2.2.2 净光合速率(P_n) 倒四叶是棉花的功能叶,其净光合速率(P_n)的大小反映了叶片光合能力的强弱。杂交棉主茎倒 4 叶 P_n 随追肥量的减少呈先增后减的趋势(图 3),其中 N1 处理在出苗后 91 d(盛花期)出现最大值 $26.12 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \sim 27.06 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;N2,N3 处理峰值出现在出苗后 111 d(盛铃期),分别为 $32.47 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \sim 32.63 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $30.67 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \sim 30.70 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,后期叶片具有较高的光合能力,至吐絮期仍维

持在 $12.80 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \sim 13.62 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $10.20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \sim 10.30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,较 N1 处理分别增加 48.91%~50.56%和 33.99%~36.50%。说明零基肥不仅使峰值出现时间提前,而且全生育期 P_n 显著低于施入底肥处理($P < 0.05$)。N2,N3 处理主茎功能叶 P_n 表现为 $N2 > N3$ 。表明施入基肥是提高叶片光合能力的基本保障,而适宜的氮肥基追比是促进叶片高光效的重要因素。

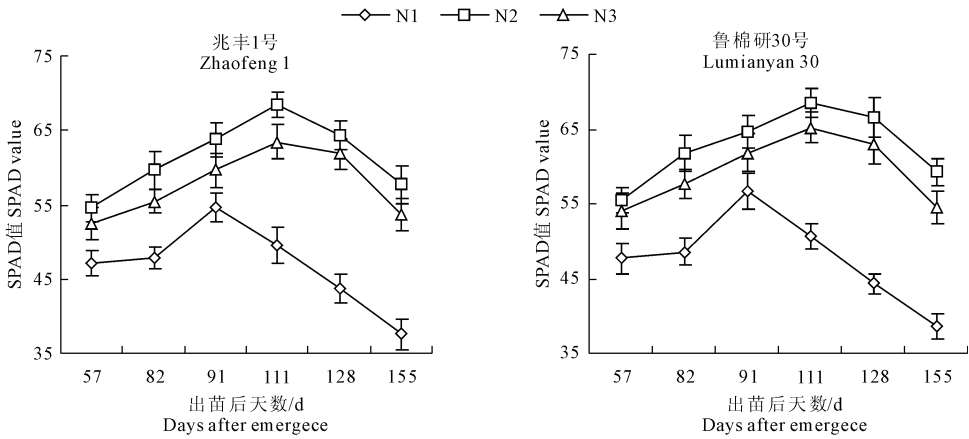


图 2 氮肥基追比对杂交棉主茎功能叶 SPAD 值的影响

Fig.2 Effects of base vs. topdressing nitrogen fertilizers with various compositions on SPAD values of hybrid cotton

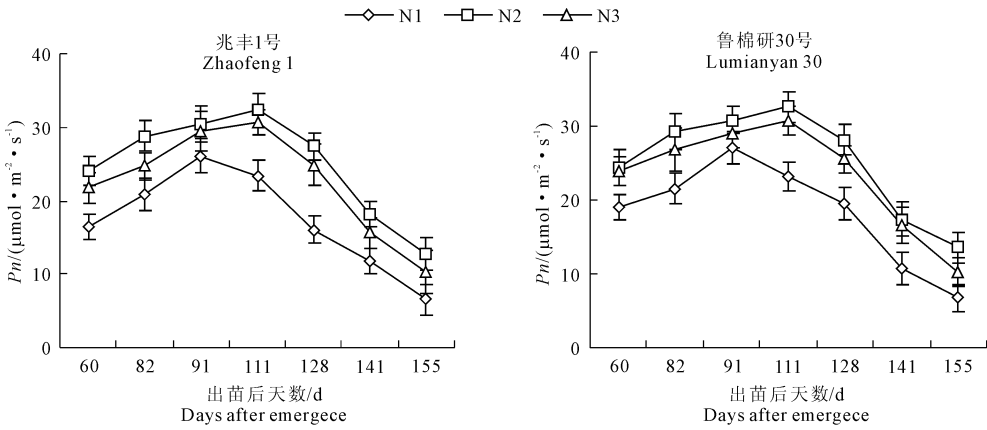


图 3 氮肥基追比对杂交棉主茎功能叶 P_n 的影响

Fig.3 Effects of base vs. topdressing nitrogen fertilizers with various compositions on P_n of functional axial leaves of hybrid cotton

2.3 氮肥基追比对杂交棉主茎功能叶生理特性的影响

2.3.1 硝酸还原酶(NR)活性 硝酸还原酶(NR)是同化硝酸盐的关键限速酶,对作物吸收和利用氮素起着重要作用,进而影响作物的产量和品质^[21]。杂交棉主茎功能叶 NR 活性与 SPAD 值、 P_n 的变化趋势基本相同,即随着叶龄的增加,不同氮肥基追比处

理 NR 活性前期增加,中期达到高峰,后期逐渐减少。分析图 4 知,在杂交棉生育前期,N2,N3 处理 NR 活性基本一致,出苗后 92 d 出现差异,N2 > N3; N1 处理自初花期(出苗后 81 d)始 NR 活性显著低于 N2,N3 处理 ($P < 0.05$)。表明合理的氮肥基追比能增强叶片 NR 活性,施入底肥过多或不施底肥均不利于主茎功能叶中 NR 的累积。

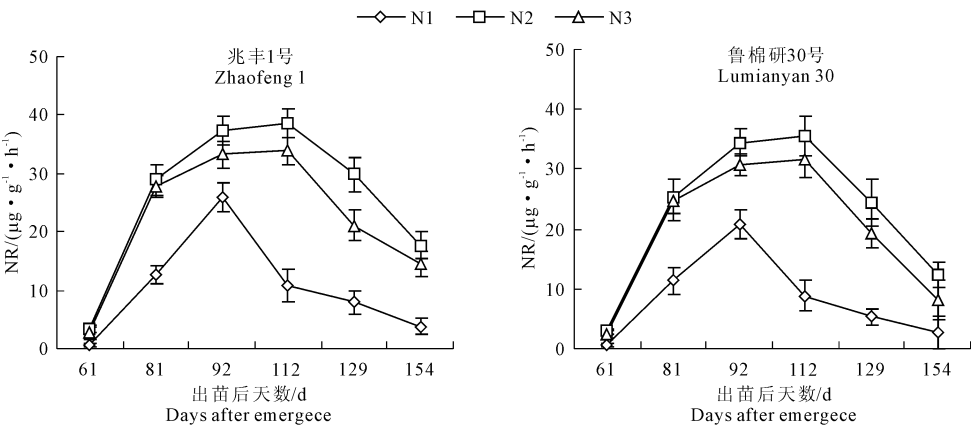


图 4 氮肥基追比对杂交棉主茎功能叶 NR 活性的影响

Fig.4 Effects of base vs. topdressing nitrogen fertilizers with various compositions on NR activities of functional axial leaves of hybrid cotton

2.3.2 可溶性蛋白质(SP)含量 功能叶中可溶性蛋白质含量的多少可反映叶片活力高低^[22]。从图 5 知,随着叶龄的增加主茎功能叶中可溶性蛋白质含量(SP)呈先增后减的变化态势。各处理表现为 N2>N3>N1,其中 N2,N3 处理在出苗后 95 d(盛铃前期)达峰值,后期仍保持较高的可溶性蛋白质含量,

N1 处理在盛花期(出苗后 89 d)达最大值,随后快速下降,至吐絮期可溶性蛋白质含量只相当于盛花期的 6.15%~8.13%。说明不施底肥处理,加速了主茎叶蛋白质的降解或减慢合成速度,导致主茎叶中可溶性蛋白质含量大大降低,从而降低了叶片生理活性。

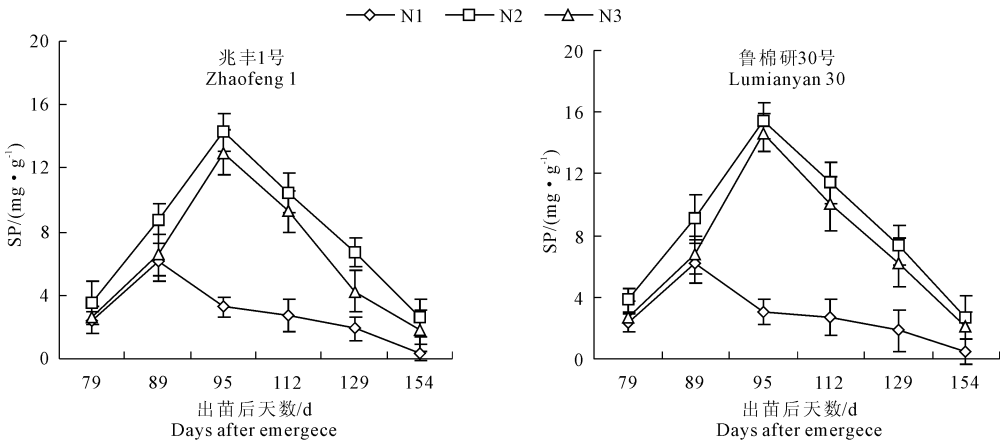


图 5 氮肥基追比对杂交棉主茎功能叶 SP 含量的影响

Fig.5 Effects of base vs. topdressing nitrogen fertilizers with various compositions on SP contents of functional axial leaves of hybrid cotton

2.4 氮肥基追比对杂交棉产量及其产量构成因素的影响

施用氮肥是棉花获得高产的关键栽培措施。从表 1 知,皮棉产量随追肥量的降低呈先增后减的变化态势,各处理表现为 N2>N3>N1,其中 N1 处理较 N2,N3 处理分别减少了 60.84%~63.85%和 59.46%~61.34%;进一步分析产量构成因素知,单株铃数、总铃数和单铃重均显著低于 N2,N3 处理($P<0.05$),其中单株成铃和单铃重较 N2,N3 处理分别差 5.52~5.60 个和 5.56~5.64 个;0.80~0.83 g 和 0.60~0.61 g;兆丰 1 号 N1 处理衣分显著低于 N2 处理($P<0.05$),与 N3 处理差异不显著;鲁棉研 30 号各处理衣分差异未达显著水平。N2,N3 处理通过

增加结铃数和提高单铃重而获得高产分别为 4 223.30~4 579.70 kg·hm⁻²,3 948.67~4 423.88 kg·hm⁻²。同一品种的 N2,N3 处理的皮棉产量表现为 N2>N3,但皮棉产量及其构成因素差异不显著。鲁棉研 30 号皮棉产量除 N1 处理外,N2,N3 处理显著高于兆丰 1 号($P<0.05$)。

3 讨 论

适宜的 LAI 是高产群体质量的基本保障。沈会权等^[23]认为适宜 LAI 能促进啤酒大麦灌浆中后期具有较好的群体质量与较高的单叶光合速率,有利于产量形成。本研究结果表明无基肥处理显著降低 LAI,整个生育期仅 0.45~1.98;2:8 处理完善了冠

表 2 氮肥基追比对杂交棉产量及产量构成因素的影响

Table 2 Effects of base vs. topdressing nitrogen fertilizers with various compositions on the yield and yield-related components in hybrid cotton

品种 Varieties	处理 Treatments	单株结铃数 Boll No. per plant	总铃数/(10 ⁴ 个·hm ⁻²) Total boll No. per hectare	单铃重/g Boll weight	衣分/% Lint percentage	皮棉产量 /(kg·hm ⁻²) Lint yield
兆丰 1 号 Zhao Feng 1	N1	4.76b	72.77b	5.19d	40.41b	1526.65d
	N2	10.28a	157.55a	5.99ab	44.72a	4223.30bc
	N3	10.40a	159.29a	5.79b	42.85ab	3948.67c
鲁棉研 30 号 Lumianyan 30	N1	4.73b	72.63b	5.65c	43.68ab	1793.54d
	N2	10.33a	158.86a	6.48a	44.46a	4579.70a
	N3	10.29a	157.47a	6.26ab	44.87a	4423.88ab

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著。
Note: different small letters in the same column meant significant difference at 0.05 levels among treatments.

层结构的合理性,优化了群体内部环境,增大了杂交棉群体光合有效面积,促进了源库关系的协调性。适宜的施氮量可以改善叶片的光合性能,提高群体光合速率^[24]。有研究报道,在一定范围内,增施氮肥可提高棉花叶片中叶绿素和可溶性蛋白质含量^[25-26],保持较高的硝酸还原酶活性^[27],促进叶片光合能力,有利于延缓叶片衰老^[20,28]。以往有关氮素对棉花叶片生理特性的研究主要集中在施氮量方面,本研究在总施氮量一致的条件下进行氮肥基追比对杂交棉叶片光合生理特性的研究。结果显示,氮肥基追比对杂交棉功能叶生理特性有重要影响,2:8处理提高了叶片活性,增强了叶片的光合性能,高值持续期长,促进棉铃中可溶性蛋白质的积累,延迟衰老,进而增加产量。尤其是杂交棉品种花铃期需肥量大,结铃性强,因而实际生产中,合理增加花铃期的追肥比例,可满足植株对氮素的需求,促进棉铃中光合产物的积累,以充分发挥杂交棉杂种优势。

前人研究表明,施氮水平和氮肥基追比对作物产量有较强的调控效应^[25,29]。马宗斌等^[30]研究认为黄河流域抗虫杂交棉氮肥基追比以 4:6 时的总铃数和铃重增加,皮棉产量较 0:1、2:8 和 6:4 分别增加 12.01%、3.37% 和 5.65%。研究认为在新疆尉犁县沟灌模式下施氮量较低时棉花氮肥基追比例为 1:1 时较 0:1 和 1:2 产量最高,而施氮量较高时氮肥基追比例为 1:1 和 1:2 时均能获得高产,前者通过增加有效成铃和成铃率,后者依靠增加单铃重而提高产量^[31]。本试验中总施氮量(纯氮)为 380 kg·hm⁻²的水平下,兆丰 1 号和鲁棉研 30 号氮肥基追比例均以 2:8 处理的产量最高,4:6 处理次之,0:10 处理最低。其中 2:8 处理皮棉产量达 4 223.30 kg·hm⁻²以上是 0:10 处理的 2.5 倍,4:6 处理的 1.04 倍左右。

4 结 论

不同氮肥基追比对杂交棉群体 LAI 及主茎叶光合生理特性有明显影响。施底肥处理在盛铃期前 LAI、主茎叶 SPAD 值、净光合速率、硝酸还原酶活性及可溶性蛋白质呈增加的趋势,盛铃后表现为下降;而无底肥处理上述生理指标参数在盛花期前呈上升趋势,之后则开始下降;在不同生育时期,随着氮肥的前移,以上生理指标参数表现为先增加后下降的趋势,基追比例以 2:8 处理最高,发挥了杂交棉的杂种优势,有利于产量的形成。因此,在南疆独特的自然生态条件下,适量的基肥是前期营养生长的基本

条件,花铃期适当增加追肥比例以满足杂交棉中后期棉铃生长发育所需的无机养分,促进光合产物向产量器官的输送效率,提高氮肥利用率,最终可获得高产优质。

参 考 文 献:

[1] 赵中华,刘德章,郭美丽.棉花群体冠层结构与干物质生产及产量的关系[J].棉花学报,1997,9(2):90-94.

[2] 郑 重,马富裕,慕自新,等.水肥因素对膜下滴灌棉花产量和棉株群体冠层结构的影响研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(2):42-47.

[3] Milroy S P, Bange M P. Nitrogen and light responses of cotton photosynthesis and implications for crop growth[J]. Crop Science, 2003, 43:904-913.

[4] 褚天铎,林继雄,杨 清.化肥科学使用指南[M].北京:金盾出版社,1997:40.

[5] 罗新宁,陈 冰,张巨松,等.南疆地区不同施氮量棉花叶片光合特性及产量表现[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):40-45.

[6] 马宗斌,房卫平,谢德意,等.氮肥基追比对抗虫杂交棉叶片衰老和产量的影响[J].西北植物学报,2008,28(10):2062-2066.

[7] 凌启鸿.作物群体质量[M].上海:上海科学技术出版社,2000:178-197.

[8] 汪 玲,朱靖蓉,杨 涛,等.氮肥施用策略对棉花干物质积累及产量构成的影响[J].新疆农业科学,2010,47(10):1952-1957.

[9] 郭 勇,马兴旺,杨 涛,等.氮肥追施策略对棉花蕾铃脱落的影响[J].新疆农业科学,2010,47(1):180-183.

[10] 徐海江,田立文,林 涛,等.施氮量对南疆膜下滴灌陆地棉干物质积累与分配的影响[J].新疆农业科学,2012,49(10):1765-1772.

[11] 郑德明,姜益娟,王红叶,等.南疆棉区杂交棉高产栽培优化配方施肥技术研究[J].棉花学报,2011,23(4):353-358.

[12] 金继运,何 萍.氮钾营养对春玉米后期碳氮代谢与粒重形成的影响[J].中国农业科学,1999,32(4):55-62.

[13] Wullschlegel S D, Oosterhuis D M. Photosynthetic of individual field grown cotton leaves during ontogeny[J]. Photosynthesis Research, 1990,23:163-170.

[14] 易镇邪,王 璞,陶洪斌,等.氮肥基/追比对华北平原夏玉米生长发育与水、氮利用的影响Ⅱ.夏玉米氮素累积、转运与土壤无机氮动态[J].中国生态农业学报,2008,16(1):86-90.

[15] 薛晓萍,陈兵林,郭文琦,等.棉花临界需氮量动态定量模型[J].应用生态学报,2006,17(12):2363-2370.

[16] 刘连涛,李存东,孙红春,等.氮素营养水平对棉花不同部位叶片衰老的生理效应[J].植物营养与肥料学报,2007,13(5):910-914.

[17] 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.

[18] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2004.

[19] 张旺锋,王振林,余松烈,等.种植密度对新疆高产棉花群体光合作用、冠层结构及产量形成的影响[J].植物生态学报,2004,28(2):164-171.

疮痂病病原菌数量原有的分布规律:从连作处理的根际多于非根际改变为微生物有机肥 GSJ-1 处理的根际少于非根际;结果还显示该微生物有机肥对疮痂病的防治效果达到 45.3%。董艳等^[14-15]研究得出类似结论,施用微生物有机肥能一定程度上减轻作物的发病率和病情指数。这可能是因为微生物有机肥中的功能菌引入连作土壤后,在作物根系附近快速繁殖,形成优势菌群,与病原微生物形成竞争性拮抗作用,从而减弱了病原微生物对作物的侵害几率,有效提高了马铃薯的抗病能力。

参 考 文 献:

[1] 杨艳丽,肖浪涛,胡先奇,等.马铃薯晚疫病毒素与寄主品种抗性关系研究[J].中国农业科学,2009,42(6):2202-2210.

[2] 刘宝玉,胡俊,蒙美莲,等.马铃薯黑痣病病原菌分子鉴定及其生物学特性[J].植物保护学报,2011,38(4):379-380.

[3] 李金花,王蒂,柴兆祥,等.甘肃马铃薯镰刀菌干腐病优势病原的分离鉴定[J].植物病理学报,2011,41(5):456-463.

[4] 李瑞琴,刘星,邱慧珍,等.发生马铃薯立枯病土壤中立枯丝核菌镰刀菌的荧光定量 PCR 快速检测[J].草业学报,2013,22(5):136-144.

[5] Lambert D H, Loria R. *Streptomyces acidiscabies* sp. Nov, nom. rev

[J]. International Journal of Systematic Bacteriology, 1989,39:393-396.

[6] Lambert D H, Loria R. *Streptomyces scabies* sp. nov. nom[J]. International Journal of Systematic Bacteriology, 1989,39:387-392.

[7] 王秀英,杜珍,郭尚,等.0.1% HgCl₂ 对脱毒马铃薯微型薯疮痂病的防治效果[J].中国马铃薯,2002,16(4):248-249.

[8] 刘星,邱慧珍,张文明,等.微生物有机肥对陇东烤烟中性物质含量的影响及其机理初探[J].草业学报,2011,20(5):79-86.

[9] Menzies J D, Dade C E. Selective indicator medium for isolating *Streptomyces Scabies* from potato tubers or soil[J]. Phytopathology, 1959,49:457-458.

[10] Riley D, Barber S A. Salt accumulation at the soybean root-soil interface[J]. Soil Sci Soc Am Proc,1970,34:154-155.

[11] 王涛,辛世杰,乔卫花,等.几种微生物菌肥对连作黄瓜生长及土壤理化性状的影响[J],中国蔬菜,2011,18(3):578-583.

[12] 柯文辉.烟草连作障碍的根际微生态研究[D].兰州:甘肃农业大学,2009.

[13] 孟品品.连作条件下马铃薯根际微生态环境的变化及生物效应研究[D].兰州:甘肃农业大学,2012.

[14] 董艳,董坤,林克慧,等.微生物肥料对几种烤烟病害及烟叶含钾量的影响[J].江苏农业科学,2007,21(1):187-191.

[15] 王文庆,史清亮,白建军,等.微生物有机肥对山药土壤生态特性及病情指数的影响[J].山西农业科学,2010,38(12):37-39.

(上接第 164 页)

[20] Oaks A, Aslam M, Boesel Z. Ammonium and amino acid as regulators of nitrate reductase in corn roots[J]. Plant Physiology, 1977,59:391-394.

[21] Sanchez E, Rivero R M, Ruiz J M, et al. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) under high NH₄NO₃ application rates[J]. Scientific Horticulture, 2004,99:237-248.

[22] 朱建芬,张永江,孙传范,等.氮钾营养对棉花主茎功能叶衰老的生理效应研究[J].棉花学报,2010,22(4):354-359.

[23] 沈会权,蔡剑,陈和,等.氮肥基追比对啤酒大麦花后叶片光合特性、干物质分配及产量的影响[J].南京农业大学学报,2009,32(4):7-12.

[24] 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 and 产量形成的影响[J].作物学报,2002,28(6):789-796.

[25] 段云佳,谭玲,张巨松,等.枣棉间作下氮素对棉花不同部位叶片生理特性的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(2):89-95.

[26] 马宗斌,房卫平,谢德意,等.氮肥和 DPC 用量对棉花叶片叶绿素含量和 SPAD 值的影响[J].棉花学报,2009,21(3):224-229.

[27] 勾玲,闰洁,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.

[28] 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.

[29] 冯金凤,赵广才,张保军,等.氮肥追施比例对冬小麦产量和蛋白质组分及生理指标的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(4):824-831.

[30] 马宗斌,严根土,刘桂珍,等.施氮量对黄河滩区棉花叶片生理特性、干物质积累及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(4):849-857.

[31] 胡明芳,田长彦,王林霞.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[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,11(39):103-109.