

滴灌长绒棉水氮定量耦合效应研究

崔建平¹, 田立文¹, 郭仁松¹, 林 涛¹, 徐海江¹, 李发云²

(1. 新疆农业科学院经济作物研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆维吾尔自治区第五监狱, 新疆 乌鲁木齐 830012)

摘 要: 本研究目的在于在滴灌长绒棉生育期灌水量及施氮量一定条件下, 调节不同时期的水氮配比, 进一步优化水氮管理, 提高产量, 为农业生产提供理论指导。试验方法: 在长绒棉主产地阿瓦提县, 选用新海 24 号, 设 9 个不同水、氮配比处理, 研究生育期生理指标及产量的变化。试验结果: (1) 不同时期灌水量变化对长绒棉生育进程的影响大于施氮量变化; (2) 不同水氮配比对长绒棉生育前期(7 月 5 日前)及后期(8 月 1 日后)单株叶面积影响较大; 叶片净光合速率(P_n)在出苗后 45 d 左右均达最高值, 在出苗后 60~75 d 迅速下降, P_n 最大值第二次出现的时间及下降速率差异较大, 9 个处理中, 以 7 月 5 日前灌水 $130\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, 追氮 $10.44\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$; 7 月 6 日至 7 月 31 日灌水 $78\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, 追氮 $17.4\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$; 8 月 1 日后灌水 $52\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, 追氮 $6.96\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$ 的水氮配比(N3W1) P_n 二次峰值出现时间最早, 在出苗后 75 d, 为 $22.7\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 且持续时间长, 下降缓慢; (3) 通过对 8 月 21 日的单株成铃数分析表明: N3W1 处理单株成铃最多, 为 $15.8\text{ 个}\cdot\text{株}^{-1}$, 脱落率最低, 仅为 41.5%。结论: 在滴灌长棉生育期所需纯氮 20 kg, 灌水约 $260\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^2$ 条件下, 以 7 月 5 日前灌水 $130\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, 追氮 $10.44\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$; 7 月 6 日至 7 月 31 日灌水 $78\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, 追氮 $17.4\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$; 8 月 1 日后灌水 $52\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, 追氮 $6.96\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$ 的水、氮配比方式最利于长绒棉经济产量的形成。

关键词: 滴灌; 长绒棉; 水、氮配比; 产量

中图分类号: S562 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)05-0025-08

Coupling effect of water and nitrogen on long-staple cotton under drip irrigation

CUI Jian-ping¹, TIAN Li-wen¹, GUO Ren-song¹, LIN Tao¹, XU Hai-jiang¹, LI Fa-yun²

(1. Research Institute of Industrial Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China;

2. Fifth Prison of the Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang 831100, China)

Abstract: This study aims to optimize combination of water and nitrogen and improve grain yield of long-staple cotton, providing guidance for agricultural under drip irrigation conditions. Xinhai 24 cultivar was planted in main cotton areas of Awati Country to investigate the physiological parameters and grain yield with nine combinations of water and nitrogen treatments. Effect of water was greater than the amount of nitrogen fertilizer on cotton growth. Combination of water and nitrogen showed marked impact on leaf area per plant at earlier (before 5th July) and later (after 1st August) stage of long-staple growth. Net leaf photosynthetic rate (P_n) achieved the greatest values 45 days after seeding, and then decreased rapidly 60~75 days after seeding. The second time of the greatest values of P_n and descending rate showed significant difference. Analysis of boll number per plant indicated that N3W1 has the greatest boll number per plant, which was $15.8\cdot\text{plant}^{-1}$, and shedding rate was the lowest, being 41.5%. Drip irrigation was $130\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, nitrogen was $10.44\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$ before July 5th; drip irrigation was $78\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, nitrogen was $17.4\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$ between July 6 to July 31; drip irrigation was $52\text{ m}^3\cdot666.7\text{ m}^{-2}$, nitrogen was $6.96\text{ kg}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$ after August 1st. in addition, the combination of 20 kg nitrogen and $260\text{ m}^3\text{ water}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$ showed the better performance.

Keywords: drip irrigation; long-staple; combination of water and nitrogen; yield

收稿日期: 2013-11-13

基金项目: 现代农业产业技术体系建设-国家棉花产业技术体系长绒棉岗位科学家(CARS-18-07-02); 科技部科技富民强县“优质长绒棉技术体系构建及产业化、优质棉花高效生产技术集成示范及产业化开发”; 农业部公益性行业(农业)科研专项“南疆地区棉花和果树间作棉花优良品种筛选及配套关键栽培技术研究”(201003043-07); 科技成果转化“优良棉花新品种及配套高产技术集成示范”(201354103); 新疆农科院优秀青年科技人才基金“连作滴灌长绒棉深翻增效耕作技术研究”(Xjky-2012-010)

作者简介: 崔建平(1975—), 男, 山东青州人, 副研究员, 硕士, 研究方向为棉花高产栽培与品质保优。E-mail: cuijp750214@sina.com。

通信作者: 田立文(1965—), 男, 安徽肥东人, 研究员, 硕士, 研究方向为棉花高产栽培与品质保优。E-mail: tianliwen@163.net。

水资源的稀缺性作为制约新疆棉花发展的障碍因子^[1],严重影响了我区长绒棉的发展。近年来随着节水滴灌技术的迅速推广及氮肥施用方式的改变,长绒棉单产有了较大幅度的提升,但仍远低于细绒棉单产的平均水平。研究表明:滴灌条件下的水、氮因子是对产量有较大影响的两个人为可控的主要栽培因子,在生育期使用方法对产量与品质均有较大的影响;而目前新疆滴灌长绒棉的水、氮投入对产量仍有较大的提升空间,因此针对滴灌长绒棉开展水、氮高效利用研究,是现有水、氮投入条件下提高长绒棉单产最直接、最有效的方法之一,也利于我区长绒棉特色产业的发展,是高效、优质农业发展的必由之路。研究表明:作物对氮素的吸收与土壤含水量关系密切^[2],合适的土壤含水量可减少作物的水分胁迫,增加作物的肥料响应^[3],从而显著提高养分利用率。Stanfore^[4]等认为,在土壤含水量介于 0.01 ~ 0.15 MPa 时,土壤有机氮矿化量随水分含量增加而增加;当土壤含水量为 50% ~ 70% 时,土壤硝化作用最为强烈^[5],李生秀^[2]的研究结果也表明土壤矿化的氮素与水分状况关系密切。郑重^[6]对膜下滴灌棉花水肥耦合效应的研究表明:在供氮充分而供水不足时,根的生长受到限制,氮的吸收速率大为降

低,由此看来,养分利用率因水分亏缺而降低了,而过高的含水率同样不利于作物对养分的吸收^[7-8]。滴灌条件下长绒棉生育期用水约 300 ~ 3 600 m³·hm⁻²^[9-10],明显低于常规灌用水量 5 850 ~ 6 000 m³·hm⁻²^[11]。而氮素作为生态系统中最活跃的元素之一,是棉田土壤养分的第一限制因子,对棉花产量的贡献率为 23.2%^[12]。水分和养分是干旱地区农业生产中两大重要因子,两者在作物生长中互为影响又互为制约、互为调节又互为平衡^[13-14],表现出水肥耦合效应。在自然积温和有限灌水量的条件下,优化水氮组合能增加土壤供养强度,提高水肥利用率,实现以水促肥,以肥调水。因此在滴灌长绒棉现有水氮投入条件下,明确不同时期水氮用量,优化水氮组合,提高长绒棉产量,可为农业生产提供操作性强的水氮管理措施。

1 材料与方法

材料:试验于 2010—2011 年在阿瓦提县棉花良种繁育场进行,供试材料为长绒棉新海 24 号。试验地土壤类型为潮土,地下水位 1.8 m,前茬作物为长绒棉新海 21。播前对试验点用对角线取样法取 0 ~ 40 cm 的耕层土壤样品混合分析土壤农化性质(表 1)。

表 1 供试土壤 0 ~ 40 cm 土壤养分状况
Table 1 Soil nutrients under 0 ~ 40 cm

土层深度 Soil depth /cm	全氮 Total N /(mg·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkali solution N /(mg·kg ⁻¹)	氨态氮 Ammoniacal N /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K /(mg·kg ⁻¹)	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	总盐 Total salt /%	pH
0 ~ 40	0.515	59.2	19.69	19.58	279.5	6.9	1.28	8.2

灌水量及氮肥用量的确定:生育期灌水量 3 870 m³·hm⁻²^[9]。关于长绒棉施氮水平,很多学者作了大量研究,结果不尽相同。仲桂军等^[15]研究滴灌条件下新海 14 号表明:纯氮施用量在 225 kg·hm⁻²时产量最高,其次为 300 kg·hm⁻²,但两者产量差异不显著,当施肥量增加到 375 kg·hm⁻²时,产量开始下降;张炎等^[16]研究了新海 21 在滴灌条件下传统氮施用量为 289.5 kg·hm⁻²时产量最高;结合对滴灌长绒棉高产棉田调查发现,其氮素施用水平非常接近,为 300 kg·hm⁻²。

试验设计:试验设 9 个处理,重复 3 次,共 27 个小区。每小区行长 6 m,4 膜,一膜四行,行距配置为 25 cm + 45 cm + 25 cm + 50 cm,株距 10 cm,理论密度:18 391 株·666.7m⁻²。生育期每 667 m²氮肥施入量 20 kg 纯氮。基肥投入:磷酸二铵 30 kg,硫酸钾 5 kg,氮肥的 20%作基肥一次性施入,其余 80%的尿

素作追肥,按“一水一肥”原则分次随水均匀滴施。6 月 14 日开始滴水,8 月 23 日结束,6 ~ 8 d 一次,生育期灌水 10 ~ 12 次。

灌水及追肥以三个时期划分,分别为 7 月 5 日前,7 月 6 日—7 月 31 日,8 月 1 日以后,不同时期水氮配比不同。具体见表 2。

2 结果与分析

2.1 对生育进程的影响

表 3 为长绒棉生育期灌水量及施氮量一定条件下,9 个不同处理的生育进程。从表中可知:在相同灌水方式下,水氮配比对长绒棉生育进程有一定的影响,但影响不大,自现蕾至见絮,W1 方式下生育进程相差 2 d, W2 方式相差 3 d, W3 方式相差 6 d;而在相同氮肥施用方式下,灌水方式对长绒棉生育进程的影响较大,且呈一定的规律性,三种施氮方

式下,均为 W1 生育进程较早,W3 较晚,自初花期至吐絮期,N1、N2、N3 三种施氮的生育进程差异分别为 2~7、2~8 d 和 2~3 d。

综合分析得出:灌水方式相同的水氮配比对长绒棉生育进程的影响较施氮方式相同的水氮配比早,但影响进程较小。不同滴灌配比中,W1 可较早实现营养生长向生殖生长转化,而 W3 使生殖生长相对推迟。

表 2 不同时期水氮配比处理组合/(kg·666.7m⁻²、m³·666.7m⁻²)
Table 2 Different combination of water and nitrogen during different stages

处理 Treatments	7 月 5 日前(4 次) Before 5th July (M - d)				7 月 6 日—7 月 31 日(4 次) From 6th July to 31st July (M - d)				8 月 1 日—停水(3 次) On 1st August ~ cut off the water (M - d)		
	06 - 14	06 - 21	06 - 28	07 - 05	07 - 12	07 - 19	07 - 26	08 - 02	08 - 09	08 - 16	08 - 23
N1W1	总追氮量的 50% (17.4 kg)				总追氮量的 30% (10.44 kg)				总追氮量的 20% (6.96kg)		
	总灌水量的 50% (130 m ³)				总灌水量的 30% (78 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	4.35	4.35	4.35	4.35	2.61	2.61	2.61	2.61	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	32.5	32.5	32.5	32.5	19.5	19.5	19.5	19.5	17.3	17.3	17.3
N1W2	总追氮量的 50% (17.4 kg)				总追氮量的 30% (10.44 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 40% (104 m ³)				总灌水量的 40% (104 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	4.35	4.35	4.35	4.35	2.61	2.61	2.61	2.61	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	17.3	17.3	17.3
N1W3	总追氮量的 50% (17.4 kg)				总追氮量的 30% (10.44 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 30% (78 m ³)				总灌水量的 50% (130m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	4.35	4.35	4.35	4.35	2.61	2.61	2.61	2.61	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	19.5	19.5	19.5	19.5	32.5	32.5	32.5	32.5	17.3	17.3	17.3
N2W1	总追氮量的 40% (13.92 kg)				总追氮量的 40% (13.92 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 50% (130 m ³)				总灌水量的 30% (78 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	32.5	32.5	32.5	32.5	19.5	19.5	19.5	19.5	17.3	17.3	17.3
N2W2	总追氮量的 40% (13.92 kg)				总追氮量的 40% (13.92 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 40% (104 m ³)				总灌水量的 40% (104 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	17.3	17.3	17.3
N2W3	总追氮量的 40% (13.92 kg)				总追氮量的 40% (13.92 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 30% (78 m ³)				总灌水量的 50% (130 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	19.5	19.5	19.5	19.5	32.5	32.5	32.5	32.5	17.3	17.3	17.3
N3W1	总追氮量的 30% (10.44 kg)				总追氮量的 50% (17.4 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 50% (130 m ³)				总灌水量的 30% (78 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	2.61	2.61	2.61	2.61	4.35	4.35	4.35	4.35	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	32.5	32.5	32.5	32.5	19.5	19.5	19.5	19.5	17.3	17.3	17.3
N3W2	总追氮量的 30% (10.44 kg)				总追氮量的 50% (17.4 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 40% (104 m ³)				总灌水量的 40% (104 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	2.61	2.61	2.61	2.61	4.35	4.35	4.35	4.35	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	17.3	17.3	17.3
N3W3	总追氮量的 30% (10.44 kg)				总追氮量的 50% (17.4 kg)				总追氮量的 20% (6.96 kg)		
	总灌水量的 30% (78 m ³)				总灌水量的 50% (130 m ³)				总灌水量的 20% (52 m ³)		
N/(kg·次 ⁻¹)	2.61	2.61	2.61	2.61	4.35	4.35	4.35	4.35	2.32	2.32	2.32
W/(m ³ ·次 ⁻¹)	19.5	19.5	19.5	19.5	32.5	32.5	32.5	32.5	17.3	17.3	17.3

表 3 不同时期水氮对比对长绒棉生育进程的影响(月-日)

Table 3 Effect of combination of water and nitrogen on long-staple cotton during different stages nitrogen(M-d)

处理 Treatments	出苗 Seeding stage	现蕾 Squaring stage	初花 Early blooming stage	盛花 Full-bloom stage	盛铃 Boll stage	见絮 Peak bolling stage	吐絮 boll opening stage
N1W1	04-22	05-24	06-27	07-10	07-25	08-18	09-08
N1W2	04-22	05-25	06-28	07-11	07-28	08-20	09-10
N1W3	04-22	05-26	06-30	07-12	07-30	08-23	09-15
N2W1	04-22	05-26	06-28	07-10	07-26	08-18	09-07
N2W2	04-22	05-25	06-27	07-10	07-28	08-17	09-09
N2W3	04-22	05-25	06-28	07-11	07-29	08-22	09-15
N3W1	04-22	05-24	06-26	07-08	07-24	08-16	09-10
N3W2	04-22	05-25	06-26	07-09	07-24	08-17	09-12
N3W3	04-22	05-25	06-27	07-10	07-25	08-17	09-13

2.2 群体冠层结构

2.2.1 单株叶面积 单株叶面积是衡量棉花群体结构的重要指标之一,单株叶面积大,表明棉花有较强的光合作用基础。由图 1 可知,不同水肥对比对棉花单株叶面积的影响较大,叶面积同时期的差值在 57.74~209.84 之间,6 月 20 日、7 月 5 日、7 月 20 日、8 月 5 日、8 月 20 日、9 月 5 日的单株叶面积均值分别为:725.75、762.25、759.03、768.99、737.09、

731.33 cm²·株⁻¹。同期内最大差值分别为 209.84 cm²·株⁻¹(N3W2 与 N3W3)、171.87 cm²·株⁻¹(N3W1 与 N1W3)、85.49 cm²·株⁻¹(N1W1 与 N2W3)、57.74 cm²·株⁻¹(N2W1 与 N2W3)、150.45 cm²·株⁻¹(N3W1 与 N3W3)、122.26 cm²·株⁻¹(N1W2 与 N2W2)。总体变化趋势为前期及后期差异较大,盛铃期差异较小。6 月 20 日,处理的最大差值为 209.84 cm²·株⁻¹,8 月 5 日处理的最大差值为 57.74 cm²·株⁻¹。

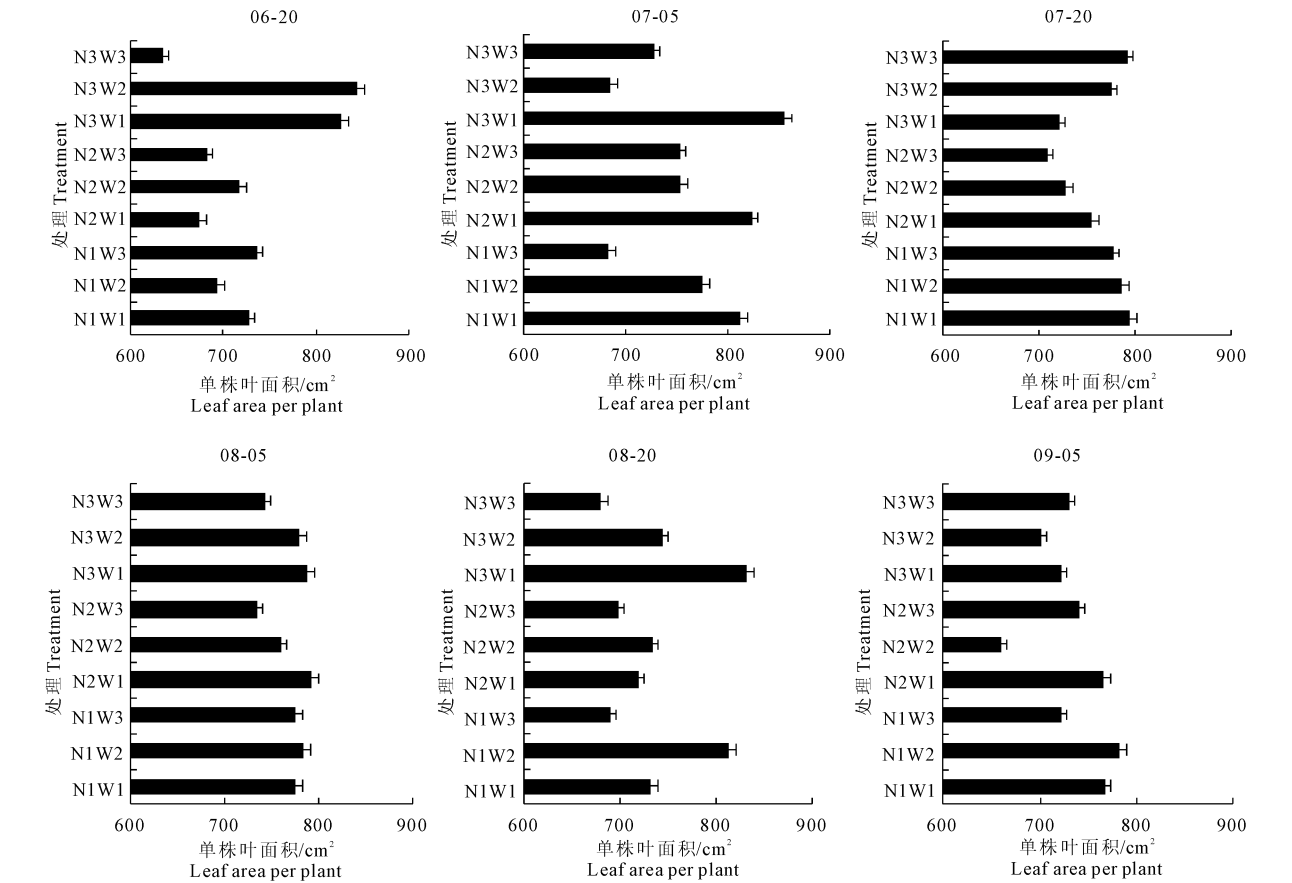


图 1 各处理不同时期单株叶面积

Fig.1 Leaf area per plant among all treatments at different stages

进一步分析得出:由于长绒棉具有叶量少,与陆地棉相比,地面水分蒸发量相对较大,因而同时期不同灌水方式引起的叶面积差异大于不同施氮方式。同时长绒棉还具有叶片易脱落,后期易早衰特点,因此为保证后期经济产量形成,须促进前期营养生长,而叶片作为同化作用的主要器官,为植株制造大量光合产物并为干物质积累打好物质基础,叶量的多少将直接影响到长绒棉的生长发育及干物质的积累。因此在基施氮肥可满足长绒棉前期生长所需养分情况下,水分供应尤为重要,因此滴灌长绒棉前期水量宜大,氮肥施用量宜小。

2.2.2 单株叶绿素含量(倒四叶 SPAD 值) 叶片的叶绿素含量(叶片 SPAD 值)作为活体快速检测植株相对含氮量指标,能较好地反映棉花叶片的光合作用,棉花倒四叶是植株生理活性最活跃部位,按张宪政植物生理研究法测定棉花主茎倒四叶 SPAD 值是判断棉花水肥状况代表性指标。从图 2 可以看出,主茎倒四叶 SPAD 值在开花期保持在 48~54 之间,随着生育期的推移,不同水肥配比处理的主茎倒四叶 SPAD 值逐渐增大,表明叶片光合作用可能逐渐增强。

在 W1 灌水方式下,N3W1 的主茎倒四叶 SPAD 值>N2W1>N1W1,三种追肥方式的 SPAD 值在出苗 63~75 d 内呈较小增幅状态,随后迅速增加,在出苗 96 d,均达最高值,且基本相同,表明 W1 的灌水方式利于后期棉花 SPAD 值的增加,且以 N3W1 最佳。

W2 灌水方式下三种施氮方式的 SPAD 值变化趋势基本相同,且 N1 及 N2 方式的差值及变化基本一致。自出苗 63~96 d,不同时期 N2W2 的 SPAD 值均处于三种追肥方式下同时期的最低值,出苗后 63 d,SPAD 值为 N3W2>N1W2>N2W2,自出苗 75 d 后,SPAD 值为 N1W2>N3W2>N2W2。表明在 W2 灌水方式下,N2W2 的水肥配比方式不利于叶片 SPAD 值的增加,进而影响叶片的光合作用及干物质的形成。

W3 灌水方式下 SPAD 在出苗 63~96 d 内均为 N3W3>N2W3>N1W3,其中 N3W3 与 N2W3 处理的差值及变化一致。在出苗 63~75 d,N1 方式 SPAD 增幅较大,N2、N3 方式增幅较小;在出苗 75~96 d,N1 方式 SPAD 增幅较小,N2、N3 方式增幅较大;表明在 W3 灌水方式下,N3 方式利于叶片 SPAD 的增加,其次为 N2 方式。

2.2.3 叶片净光合速率 P_n (倒四叶) 叶片净光合速率(P_n)指叶片在单位光照时间单位面积内干物质的积累量,研究表明棉花倒四叶是 P_n 最高的叶

片,因而可反映一定时期内棉花最大光合生产效率。 P_n 高表明叶片光合势强,利于棉花生长,在营养生长期 P_n 值大,表明干物质积累量多,棉花生长旺盛,而生殖生长期, P_n 值大,则表明棉花纤维产量的积累速率大,产量高。因而生殖生长期 P_n 最高值出现的时间早且持续期长表明棉花经济产量高,反之则较低。

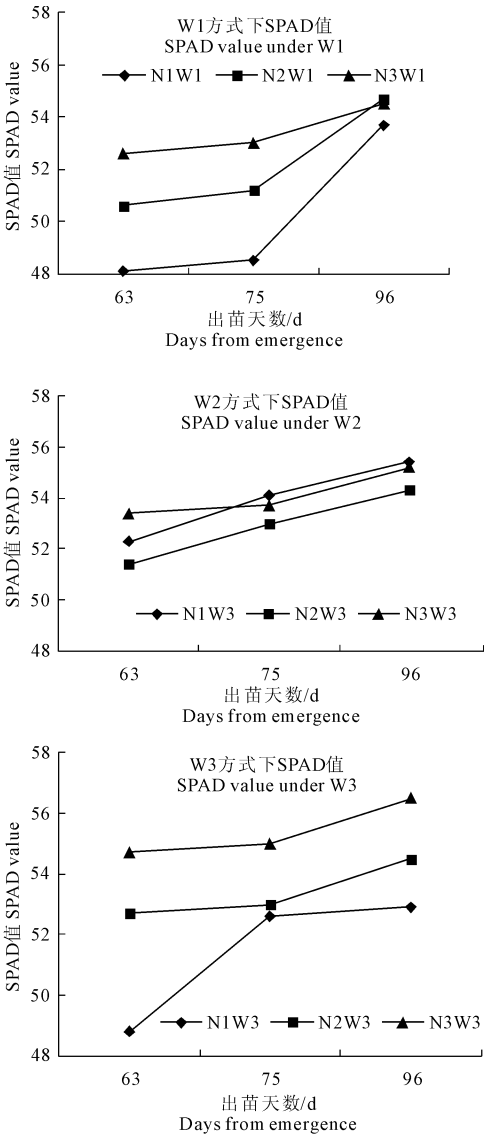


图 2 相同灌水方式下氮肥施用配比的 SPAD 值
Fig.2 SPAD values for nitrogen treatments under same irrigation regime

图 3 表明各处理的主茎倒四叶的 P_n 变化存在一定差异,出苗后 60、75、90、105、120 d,叶片 P_n 值变化值分别在 15.8~21.2、16.4~22.7、18.7~22.3、13.7~20.9、11.6~15.8 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,同时期的 P_n 值变化较大。通过分析可知:主茎倒四叶的 P_n 值呈“S”型曲线变化,从出苗 45 d 到 60~75 d, P_n 值均由最大值下降至第一次最低值,随后呈

现单峰曲线变化。 P_n 最大值第二次出现的时间跨度范围较大,在 75 ~ 105 d,且下降速率也存在明显不同。其中 N3W1 处理的叶片净光合速率最大值出现时间最早,在出苗后 75 d, P_n 值为 $22.7\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$

$\cdot\text{s}^{-1}$,且高于其他处理最大值,持续期较长,生殖生长时期下降缓慢,而 N3W3 最晚,在出苗后 90 d, P_n 值为 $20.2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,后期下降迅速。

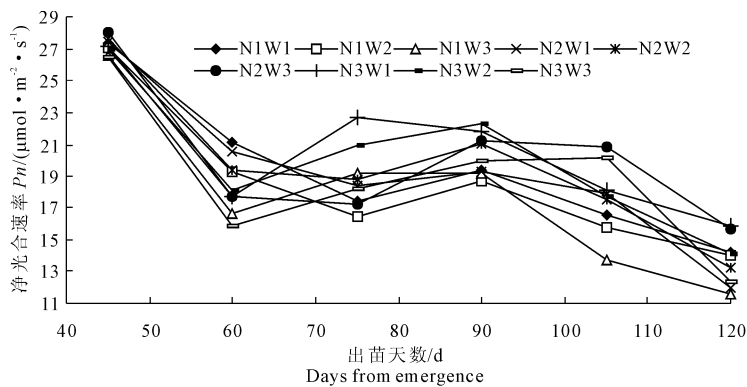


图 3 各处理不同时期倒四叶净光合速率变化曲线图

Fig.3 Net photosynthetic rate at stage of the inverse fourth leaf among all treatments at different stages

2.3 单株蕾铃数的变化

通过对各处理 7 月 26 日和 8 月 21 日的单株脱落率比较可知:单株累计脱落率在 7 月 26 日波幅较大,同期以 N1W3 最低,仅为 22.5%,N2W3 最高,为 42.9%。在追氮方式不变情况下,均以 W3 灌水方式最高;8 月 21 日的单株累计脱落率差异不大,处于 41.5% ~ 47.5% 之间,其中以 N3W1 最低,为 41.5%;这一时期相同追氮方式下单株累计脱落率分别为 N1W3 > N1W2 > N1W1、N2W3 > N2W2 > N2W1、N3W3 > N3W2 > N3W1。

至 8 月 21 日单株成铃数均大于脱落数,在 N1、N2、N3 三种追氮方式下,单株成铃数均以 W1 灌水方式最多,分别为 15、12.5 个·株⁻¹和 15.8 个·株⁻¹,W3 灌水方式最低;而单株脱落数无明显变化规律。

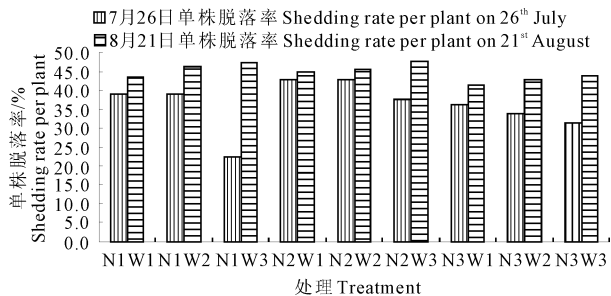


图 4 各处理 7 月 26 日与 8 月 21 日单株脱落率

Fig.4 Comparison of boll shedding per plant between 26th July and 21st August among all treatments

2.4 对籽棉产量及其构成因子的影响

从表 4 可以看出,不同水氮配比处理对滴灌长

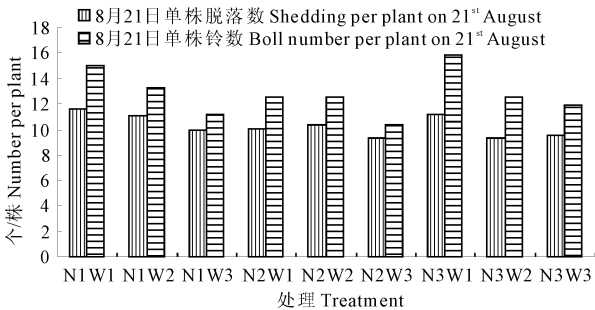


图 5 各处理 8 月 21 日单株铃数与脱落数

Fig.5 Comparison of boll number and shedding per plant on 21st August among all treatments

绒棉籽棉产量及皮棉产量影响较大,通过方差分析可知(表 5):9 个处理的籽棉产量及皮棉产量在 0.05 的置信区间呈 6 个不同水平的显著性差异,在 0.01 的置信区间呈 5 个不同水平的显著性差异,说明在滴灌长绒棉生育期内充分灌溉及一定施氮量情况下,通过调节不同时期的水氮用量可对产量造成显著影响。籽棉产量与皮棉产量前三位的处理分别为 N3W1、N3W2 和 N2W1,籽棉产量后三位的分别为 N1W2、N2W3 和 N1W3,最高处理的籽棉产量与最低处理的籽棉产量相差 $82\ \text{kg}\cdot666.7\text{m}^{-2}$ 。

通过对产量构成因子方差分析并用 LSD 法进行多重比较可知(表 6):不同水氮配比对内在遗传品质因素决定的单铃重影响不大,仅有 N2W2 和 N3W2 处理的单铃重分别与 N1W2 和 N1W3 的单铃重呈 5% 的显著性差异,其余处理的单铃重均无显著性差异;而不同水肥配比处理对衣分无显著性影响;但对产量构成因子单株成铃数影响较大,其中以

处理 N3W1 的单株成铃数最多,为 14 个·株⁻¹,N1W3 的单株成铃数最少,为 9.4 个·株⁻¹;除 N3W2、N2W1 外,处理 N3W1 的单株成铃数分别与其他处理的单株成铃数呈极显著差异水平。

本试验条件下,滴灌长绒棉不同时期水氮配比对产量构成因子衣分无影响,对单铃重有一定的影响,但影响不大,而对单株铃数的影响较为明显。因此可以认为:不同时期水氮比对棉花产量的影响主要是通过单株成铃数的差异性造成,而对品种内在遗传品质因素决定的单铃重及衣分无显著性影响。

3 讨 论

1) 不同灌量引起长绒棉生育进程的影响大于不同施氮量的影响,且在追肥方式相同时,生育进程随前期灌水量多而相应提前。可能原因是:长绒棉叶量少,易脱落,地面水分蒸发量相对较大,因此需要较多的灌水量,同时由于长绒棉根系较深,易于吸

收土壤中的基施养分,虽然此时随水追施的氮肥相对较少,但基施氮肥可满足长绒棉前期生长所需养分,这一时期水分供应尤为重要。因此滴灌长绒棉前期水量宜大,氮肥施用量宜小。

2) 各处理生育期内单株叶面积最大差值为 209.84 cm²·株⁻¹(N3W2 和 N3W3)、171.87 cm²·株⁻¹(N3W1 和 N1W3),分别在 6 月 20 日及 7 月 5 日,且均为前期灌水较多的单株叶面积较大。叶片作为同化作用的主要器官,为植株制造大量光合产物并为干物质积累打好物质基础,良好的叶片功能将直接影响到长绒棉的生长发育及干物质的积累,因此叶片净光合速率(*Pn*)第二次最大值出现的时间跨度也因叶面积不同而差异明显,其中 N3W1 最早,在出苗后 75 d,值为 22.7 μmol·m⁻²·s⁻¹,高于其他处理最大值,持续期较长,而 N3W3 最晚,在出苗后 90 d,值为 20.2 μmol·m⁻²·s⁻¹,后期下降迅速。各处理的叶绿素均呈上升趋势,可能与生育进程有关。

表 4 不同时期水氮比对长绒棉产量及构成因子的影响

Table 4 Effect of combination of water and nitrogen on yield and yield components of long on staple cotton during different stages of water and nitrogen					
处理 Treatments	单铃重 Boll weight /g	衣分 Lint /%	单株铃数 Boll amount of a plant /(个·株 ⁻¹)	籽棉产理 Seed cotton yield /(kg·666.7m ⁻²)	皮棉产量 Yield lint yield /(kg·666.7m ⁻²)
N1W1	2.60	31.1	11.2	390	121.3
N1W2	2.59	31.1	10.3	382	119.2
N1W3	2.59	31.0	9.4	372	115.3
N2W1	2.60	30.9	11.9	418	128.7
N2W2	2.61	31.0	10.3	385	119.3
N2W3	2.60	31.1	10.5	380	118.9
N3W1	2.60	31.0	14.0	454	141.6
N3W2	2.61	30.9	13.3	435	134.4
N3W3	2.60	31.1	11.4	400	124.8

表 5 不同时期水氮处理籽棉产量与皮棉产量多重比较

Table 5 Multiple comparison of cotton yield and lint yield at different stages							
籽棉产量/(kg·666.7m ⁻²) Seed cotton yield				皮棉产量/(kg·666.7m ⁻²) Lint yield			
处理 Treatments	均值 Average	5%显著性 5% of significance	1%显著性 1% of significance	处理 Treatments	均值 Average	5%显著性 5% of significance	1%显著性 1% of significance
N3W1	454.0	a	A	N3W1	141.6	a	A
N3W2	435.0	b	AB	N3W2	134.4	b	B
N2W1	418.0	c	BC	N2W1	128.7	c	BC
N3W3	400.0	d	CD	N3W3	124.8	cd	CD
N1W1	390.0	de	DE	N1W1	121.3	de	DE
N2W2	385.0	def	DE	N2W2	119.3	ef	DE
N1W2	382.0	ef	DE	N1W2	119.2	ef	DE
N2W3	380.0	ef	DE	N2W3	118.9	ef	DE
N1W3	372.0	f	E	N1W3	115.3	f	E

注:a、b、c、d、e、f代表 5%差异水平;A、B、C、D、E 为 1%差异水平。

表 6 不同时期水氮配比产量构成因子多重比较结果
Table 6 Multiple comparison of yield components at different stages

单铃重/(g·个 ⁻¹) Boll weight				衣分/% Ginning outturn			单株铃数/(个·株 ⁻¹) Boll amount per plant			
处理 Treatments	均值 Average	5%显著性 5% of significance	1%显著性 1% of significance	处理 Treatments	均值 Average	5%显著性 5% of significance	处理 Treatments	均值 Average	5%显著性 5% of significance	1%显著性 1% of significance
N2W2	2.61	a	A	N3W1	31.1	a	N3W1	14.0	a	A
N3W2	2.61	a	A	N1W2	31.1	a	N3W2	13.3	ab	AB
N1W1	2.60	ab	A	N1W1	31.1	a	N2W1	11.9	bc	ABC
N2W1	2.60	ab	A	N3W3	31.1	a	N3W3	11.4	c	BCD
N3W1	2.60	ab	A	N2W3	31.0	a	N1W1	11.2	c	BCD
N2W3	2.60	ab	A	N1W3	31.0	a	N2W3	10.5	cd	CD
N3W3	2.60	ab	A	N2W2	31.0	a	N2W2	10.3	cd	CD
N1W2	2.59	b	A	N3W2	30.9	a	N1W2	10.3	cd	CD
N1W3	2.59	b	A	N2W1	30.9	a	N1W3	9.4	d	D

注:a,b 代表 5%差异水平;A、B、C、D 为 1%差异水平。
Note: a, b, significance level of P <0.05; A, B, C, D significance level of P <0.01.

3) 7 月 26 日,各处理单株脱落率在 22.5%(N1W3)~42.9%(N2W2)之间,波幅较大,至 8 月 21 日变幅减小,在 41.5%(N3W1)~47.5%(N2W3),也无明显变化规律;此时在相同追氮方式下均以前期灌水方式较多的处理单株成铃数较多。这可能是由于前期灌水及追肥差异性导致 7 月 26 日单株脱落率差异较大,而后期灌水量及追氮量趋于稳定。同时表明不同的水氮配比将影响前期单株蕾铃数,进而影响成铃率。

4) 结合棉花生长发育及灌水周期,将灌水及追肥分为三个时期研究,即头水—7 月 5 日,7 月 6 日—7 月 31 日,8 月 1 日—停水。

4 结 论

1) 在生育期 667m² 施纯氮 20 kg,80%作基肥,灌水 258 m³·666.7m⁻²的滴灌长绒棉田,以 N3W1 方式,即前期灌水量宜大,追肥宜少的水肥管理利于长绒棉生殖生长提前,其单株叶面积、SPAD 值及净光合速率(*P_n*)均利于经济产量的形成。

2) 在滴灌长绒棉生育期灌水量及施氮量一定条件下,9 种不同方式水氮配比的皮棉产量在 0.01 的置信区间形成 5 个不同水平的产量梯度,进一步分析表明:单株成铃数的差异性形成产量差异的主要原因,而铃重及衣分基本无差异。因此可以认为:调节不同时期的水氮用量对长绒棉产量有显著影响,这种影响是单株成铃数的差异性造成的,而铃重和衣分对产量影响不大。

参 考 文 献:

[1] 乔立文.节水灌溉技术[M].北京:中国农业出版社,1998.

[2] 李生秀,李世清,高亚军,等.施用氮肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理和效果[J].干旱地区农业研究,1994,12(1):38-46.

[3] 王本宣.不同氮素水平和密度下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] Stanfore G, Marschner E. Nitrogen mineralization and water relations in soils[J]. SSAJ,1974,38:103-106.

[5] Flower T H, Challagha J R Q. Nitrofiction in soils incubated with pig slurry or ammonia sulphate[J]. Soil Bio Biochem,1983,15(3):337-342.

[6] 郑 重,马富裕,慕自新,等.膜下滴灌棉花水肥耦合效应及其研究模式[J].耕作与栽培,2000,(5):29-34.

[7] 王小彬.土壤水分胁迫和施肥效果[J].土壤肥料,1988,(4):22-26.

[8] Torber H A, Mulvaney R M, Vdnden-Heuvel R, et al. Soil type and moisture regime effects on fertilizer rfficiency calculation methods in a nitrofen - 15 tracer study[J]. Agron,1992,54:66-70.

[9] 崔建平,王新燕,林 涛,等.滴灌模式下不同灌量对长绒棉生长发育及产量的影响[J].新疆农业科学,2011,48(8):1379-1385.

[10] 梁 智,周 勃,马兴旺.滴灌施肥条件下长绒棉水肥藕合效应分析[J].中国棉花,2004,31(8):6-7.

[11] 吉恒莹.长绒棉地面灌溉条件下水肥耦合效应机理研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2005.

[12] 张 炎,王讲利,毛端民,等.新疆主要棉区棉花肥料效应的研究[J].中国棉花,2003,30(11):22-25.

[13] 王同朝,魏国庆,吴克宁,等.水资源亏缺下水肥耦合对作物的影响[J].河南农业科学,1999,(10):10-11.

[14] 郑昭佩,刘新作,马富裕,等.膜下滴灌棉花的土壤干旱诊断指标与灌水决策[J].农业工程学报,2002,18(1):49-52.

[15] 仲桂军,田长彦,冯 固,等.棉花品种间土壤 Nmin 异同及氮肥推荐技术研究[J].干旱区研究,2007,24(6):861-865.

[16] 张 炎,侯秀玲,王晓静,等.优化氮肥管理对膜下滴灌海岛棉产量和品质的影响[J].西北农业学报,2006,15(4):122-125.