

河西内陆灌区不同灌水施氮水平对棉花产量构成的影响

冯克云, 张秉贤, 南宏宇

(甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 研究了河西内陆灌区不同灌水水量和氮肥施用量对棉花产量构成因素及产量的影响; 设置了3个灌水水平和5个氮肥水平, 供试棉花品种为陇棉2号。结果表明, 灌水水量和氮素都会影响棉花的单株结铃数、单铃重和衣分, 最终影响棉花的产量。其中灌水水量主要影响棉花的单株结铃数和产量, 随着灌水水量的增加, 棉花的单株结铃数相应增多, 但棉花的生育期相对延长, 因而降低棉花的霜前花率。氮肥对棉花的单株结铃数、单铃重、衣分和产量影响都很大, 与对照不施氮肥(N₀)相比, 试验各处理施用氮肥后, 棉花的单株结铃数、单铃重、衣分和产量差异达到极显著水平。要使氮肥发挥最好的肥效, 必须严格控制灌水水量, 在本试验土壤全氮0.71 mg/kg、速效氮含量为61.37 mg/kg的沙壤土条件下, 灌水总量控制在3 000 m³/hm², 氮素施用量为350.0 kg/hm²时, 可以使棉花的产量达到最高。

关键词: 棉花; 水氮配合; 产量构成因素; 产量

中图分类号: S562.062; S562.071

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2011)06-0049-05

甘肃河西走廊内陆棉区是我国西北内陆棉区的重要组成部分, 棉花作为一种高产高效的经济作物, 已经有着近几十年的栽培种植历史, 目前已成为当地农民收入的主要来源。近年来, 随着种植面积的不断扩大和灌溉用水的大量增加和集中, 一方面, 传统的灌溉方式导致灌溉水的有效利用率低, 造成水资源的严重浪费, 另一方面, 由于棉花较高的效益, 棉田单位面积氮肥等肥料投入超量, 盲目施肥现象普遍增加, 施肥的经济效益日益降低。因而, 研究提出一套合理施肥、科学灌水的技术措施, 是实现水资源可持续利用和农业可持续发展的关键因素。

作物对水分和养分的传输、吸收往往同时进行, 而且水分和养分对作物生长发育起着交互影响^[1~3]。氮作为作物生长发育必不可少的营养元素之一, 在作物生长发育中发挥重要的作用, 它是植物体内叶绿素、蛋白质、核酸的组成部分, 又是许多内源激素的组成部分, 占植物干重的1%~7%^[4~6]。氮肥的合理施用是调控作物生长发育及产量品质形成的重要措施^[7,8]。在适宜的水、氮条件下, 作物将保持较强的光合作用能力, 最终形成较高的产量^[9~11]。

棉花是对水分、氮素敏感的作物, 特别是氮对棉花的生长发育有着决定性的影响^[12]。大量研究结

果表明, 棉花具有吸氮量多的生物学内在特性^[13,14], 在诸多的肥料投入中, 氮肥所占比重最大, 约为60%左右^[15], 其对棉花产量的影响也最为显著。在合理施用氮肥的基础上适量控制灌水, 能充分发挥水肥之间的协同效应, 能明显改善棉花生长状况, 增加结铃数、单铃重和衣分, 最终提高棉花产量和改善纤维品质^[16,17]。适量施氮可以增加棉花对氮、磷、钾的吸收量, 促进养分在棉花体内的物质合成与运转; 不合理的施氮则是导致棉花生长发育失调, 形成早衰或徒长的主要原因, 严重影响着棉花的产量和品质^[18~22]; 不施氮肥或施氮肥较少的棉株养分积累量最低, 而较低的养分积累量不利于棉花产量的形成; 过量施入氮肥后, 氮素利用率下降, 且当土壤中的氮含量超出土壤库容时就会造成硝态氮淋溶及氨挥发, 引发环境污染。为此, 本文通过研究不同灌水水量与施氮肥量对棉花产量构成及其产量的影响, 旨在探明河西走廊植棉区棉花灌水水量和氮肥用量最合理配比, 进而为提高棉花生产中的水分和氮肥利用率, 为棉花高产栽培技术提供实践经验和理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验区概况及试验材料

试验于2009~2010年在甘肃河西内陆棉区的

收稿日期: 2011-05-27

基金项目: 甘肃省科技成果转化项目“双抗棉花新品种陇棉2号中试与示范”(0910XCNA067)

作者简介: 冯克云(1974—), 男, 甘肃会宁人, 副研究员, 主要从事棉花新品种选育及栽培技术研究工作。

敦煌肃州镇板桥村实施。试验区具有明显的沙漠气候特征,属典型的大陆干旱性气候^[23],昼夜温差大,降雨量少,蒸发量大。试验期间两年年平均降雨量 39.9 mm,蒸发量 2 486 mm。试验地前茬作物为棉

花,供试品种为陇棉 2 号,宽膜覆盖高密度种植,一膜 4 行,种植密度为 12 000 株/667m²。供试土壤为砂壤土,土壤的基本性质如表 1 所示。

表 1 播前试验地土壤基本性质

Table 1 The soil basic characters in experiment field before seeding

全氮 Total N (mg/kg)	全磷 Total P (mg/kg)	全钾 Total K (mg/kg)	速效氮 Avai· N (mg/kg)	速效磷 Avai· P (mg/kg)	速效钾 Avai· K (mg/kg)	有机质 OM (mg/kg)	pH 值
0.71	0.43	27.18	61.37	61.37	139.64	13.35	8.17

1.2 试验方法

本试验灌水方法采用漫灌法,水表计量,氮肥施入时将氮肥总量的 60% 作基肥在播前整地时开沟撒播,40% 的氮肥在每次灌水前采用打孔施肥法施入。试验设置三个灌水水平和五个施氮水平,一方面,通过不同灌水处理确立该地区棉花合理的灌溉指标,另一方面,结合不同施氮水平与产量的形成关系找到最合理的氮肥用量。3 个灌水水平分别为 W₁、W₂、W₃ (即灌水量分别为 2 400 m³/hm²、3 600 m³/hm²、4 800 m³/hm²),全生育期灌水 3 次,从现蕾期开始浇头水,其中灌水间隔 25 d,灌水定额分别为:(800+800+800)m³/hm²、(1200+1200+1200)m³/hm²、(1600+1600+1600)m³/hm²。氮肥设为 5 个处理,它们分别是 0、100、250、350、450 kg/hm²,5 个处理分别用 N₀、N₁、N₂、N₃、N₄ 表示,其中 N₀ 为对

照。各处理农家肥、磷肥、钾肥用量相同;氮肥施用方法是 60% 作基肥,40% 的氮肥作追肥在浇水前 3 天采用打眼施肥方式追施。小区面积 18 m²,8 行区,行长 6 m,株距 25 cm,行距 35 cm,完全区组设计,随机排列,重复 3 次,共 45 个处理小区。田间管理同常规棉田。供试的氮肥为尿素(46% N)。

本试验从播种到收获期间的田间管理工作与当地大田棉花相同,单株结铃数是在棉花吐絮期调查数据的平均值。利用实收小区产量来换算单位面积产量。室内考种主要包括单铃重、衣分、皮棉产量。

2 结果与分析

棉花不同灌水、施氮水平产量构成因素及产量的试验结果详见表 2。利用 DPS^[24] 数据处理软件的二因素方差分析对试验数据进行处理分析。

表 2 不同处理下棉花产量构成及产量结果

Table 2 The impact of irrigation and nitrogen on the yield and its component factors of the cotton variety of Longmian No. 2

处理 Treatment		单株成铃数 Number of bolls per plant	单铃重 Boll weight (g)	衣分 Lint (%)	籽棉产量 Raw cotton yield (kg/hm ²)	皮棉产量 Lint yield (kg/hm ²)
灌水量(m ³) Irrigation	氮素(kg/hm ²) Nitrogen					
W ₁	N ₀	3.3h	4.2e	35.12d	2286.9	813.2
	N ₁	3.6h	4.5de	35.33cd	2673.0	962.4
	N ₂	4.1gh	4.6de	35.38cd	3111.9	1093.5
	N ₃	4.0gh	4.9d	35.38cd	3234.0	1181.4
	N ₄	3.9gh	5.0cd	35.38cd	3217.5	1178.3
W ₂	N ₀	4.6f	4.5de	35.21cd	3415.5	1210.9
	N ₁	5.4de	5.5bc	35.50c	4900.5	1768.3
	N ₂	6.1bcd	5.9ab	36.25b	5938.4	2188.2
	N ₃	7.4a	5.8ab	37.68a	7081.8	2678.4
	N ₄	6.3bc	6.1a	37.58a	6340.9	2399.3
W ₃	N ₀	5.2ef	4.3e	35.21cd	3689.4	1307.2
	N ₁	5.7cde	6.1a	35.51c	5737.1	2064.4
	N ₂	6.5b	6.3a	36.23b	6756.8	2486.3
	N ₃	7.4a	5.0cd	37.60a	6105.0	2266.5
	N ₄	7.5a	4.5de	37.66a	5568.8	2159.5

2.1 不同灌水、施氮水平对棉花单株结铃数的影响

由图 1 可以看出,灌水量是影响棉花单株结铃数的主要因素,从总体上看,在 3 个不同的灌水水平中,随着灌水量的增加,棉花的单株结铃数相应增多。其中在 W₁(灌水总量 2 400 m³/hm²)灌水处理中不同的氮肥水平下,棉花的单株结铃数都比同一氮肥条件下 W₂(3 600 m³/hm²)、W₃(4 800 m³/hm²)灌水处理的单株结铃数少。当施氮量增加到 N₃ 水平(350 kg/hm²),两个灌水处理 W₂(3 600 m³/hm²)、W₃(4 800 m³/hm²)单株结铃数都达到最大值 7.4 个,当施氮量继续增加时,W₁(2 400 m³/hm²)、W₃(4 800 m³/hm²)两个处理棉花单株结铃数保持平稳,而 W₂(3 600 m³/hm²)处理单株结铃数随着施氮量的增加而减少。因此,300 kg/hm² 的中等施氮有利于棉花铃数的增多。而且,在不同灌水处理下,氮肥对棉花单株结铃数的影响也表现不一,在 W₁(2 400 m³/hm²)处理,随着施氮肥量的增加,棉花单株结铃数随着氮肥的增加表现为先增加后降低的趋势,但增加和降低的幅度极低,最高的从 N₂~N₃,单株结铃数增加 0.5 个,增幅达到 13.9%。W₂、W₃ 两个处理下,从 N₀(对照)~N₃(350 kg/hm²)水平下,随着施氮肥量的增加,单株结铃数相应增加,但从 N₃(350 kg/hm²)至 N₄(450 kg/hm²)处理,氮量的增加引起棉花单株结铃数的降低,其中 W₂ 处理下降低的幅度最大。这说明了棉花的单株铃数受到氮肥和水分的作用,只有合理灌水,并控制氮肥用量时,才能使棉花单株铃数趋于合理。方差分析结果表明,3 个灌水处理之间单株结铃数差异极显著;5 个施氮处理中,除了 N₃ 与 N₄ 之间、N₀ 与 N₁ 之间差异不显著外,其余各处理之间差异达到极显著水平(表 2)。

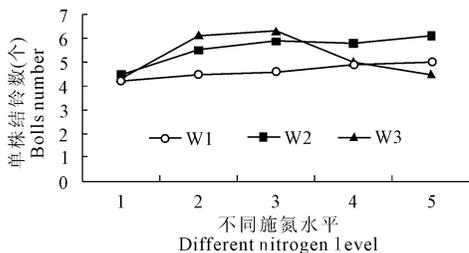


图 1 不同灌水施氮水平对棉花单株结铃数的影响

Fig.1 Effect of different irrigation and nitrogen supply on number of bolls per plant

2.2 不同灌水、施氮处理对棉花单铃重的影响

灌水量和施氮肥量对棉花的单铃重都有很大的影响,W₁ 处理下,单铃重随着施氮肥量的增加而增加,但增加幅度很小,其中对照 N₀ 处理单铃重的平

均值为 4.2 g,N₄ 处理单铃重为 5.0 g,比对照增加了 0.8 g,增幅为 19%。在 W₂ 处理下,单铃重随着施氮肥量的增加表现为增加→降低→增加的趋势,其原因可能在于水氮之间的相互协调关系。其中从 N₀~N₁ 单铃重增加 1 g,增幅达到 22.2%,从 N₁~N₂ 单铃重增加 0.4 g,增幅只有 7.3%,从 N₂~N₃ 单铃重降低 0.1 g,降幅为 1.7%,从 N₃~N₄ 单铃重增加 0.3 g,增幅为 5%。但随着灌水量的增加,在 W₃ 处理下,单铃重随着施氮肥量的增加表现为先增加后降低的趋势,从 N₀ 到 N₂,随着施氮肥量的增加,单铃重也增加,单铃重增加了 2 g,增幅达到了 50%,从 N₂ 到 N₄ 表现为降低,单铃重降低了 1.8 g,降幅为 28.6%。从图 2 可以看出,单铃重的最大值出现在 W₃N₂ 处理,单铃重达到了最高值 6.1 g。方差分析结果表明,3 个灌水处理之间单铃重差异极显著;5 个施氮处理中,除对照外,其余 4 个氮肥水平之间差异不显著(表 2)。说明水分、氮肥对棉花的单铃重有相互影响,无论是增加灌水量还是增加氮肥投入,都在一定程度上能够提高棉花的单铃重,但是过多的氮肥和灌水并不能大幅度增加单铃重。

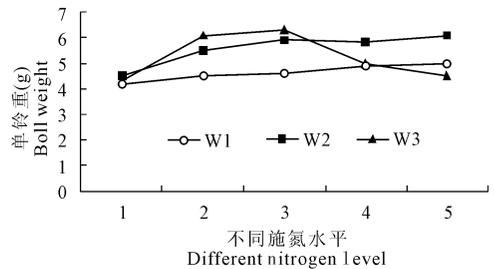


图 2 不同灌水、施氮处理对棉花单铃重的影响

Fig.2 Effect of different irrigation and nitrogen supply on boll weight

2.3 不同灌水、施氮处理对棉花衣分的影响

由图 2 看出,水分对棉花衣分的影响较小,3 个灌水处理的衣分之间差异极小,但氮肥对棉花衣分的影响较大,在 3 个不同的灌水处理下,不施氮与施氮之间衣分变化明显,增加幅度较大,而且随着氮肥的增加,衣分表现为上升的趋势,特别是在棉田能有一定水分保证的前提下,氮肥增加会引起衣分的大幅度提高,当施氮量超过 N₃ 水平,增施氮肥不会引起棉花衣分的提高。方差分析结果表明,不同施氮量的 3 个灌水处理,W₂、W₃ 与 W₁ 之间差异极显著,W₂ 与 W₃ 之间差异不显著。5 个氮肥处理之间,除 N₄、N₃ 之间差异不显著外,其余各处理之间差异极显著(表 2)。这进一步说明,氮肥对棉花的衣分影响较大,而水分对棉花衣分的影响相对较小。

2.4 不同灌水、施氮水平对棉花产量的影响

试验结果表明(图 3),低灌量 $W_1(2\ 400\ m^3/hm^2)$ 处理下,棉花产量随施氮量的增加而提高,但增产幅度较低,产量变化不明显。方差分析结果表明,在低灌水量条件下,施氮处理与不施氮处理之间达到极显著水平,但各施氮处理之间差异不显著。随着灌水量的增加,当灌水量增加至 W_2 和 W_3 ,随着氮肥量的增加,棉花的产量都表现为先增加后降低,其中在 W_2 处理下,棉花产量的最大值出现在 N_4 ,随着氮肥的增加,棉花产量开始降低,而在 W_3 处理,棉花产量的最大值出现在 N_3 ,之后随着氮肥施入量的增加,棉花产量开始降低。利用 DPS 处理软件的二因素方差分析对各处理产量进行联合方差分析,结果表明,低灌水量 W_1 与 W_2 、 W_3 之间产量达到极显著水平, N_3 处理与 N_2 、 N_4 、 N_1 、 N_0 各处理之间差异都达到了极显著水平,这表明在本试验中,灌水量、氮肥对棉花的产量都有很大的影响;把各小区的产量进一步多重比较(表 3),结果表明,在灌水量为 $3\ 600\ m^3/hm^2$,氮肥用量为 $350\ kg/hm^2$ 处理的棉花产量与其它各处理的棉花产量差异达到极显著水平,棉花产量最高。表明过多的施氮不利于棉花产量的形成,要使棉花产量达到最大效益,必须从棉花增产的角度考虑,应该严格控制棉花的施氮量,最好是保持在 N_3 处理的施氮量。

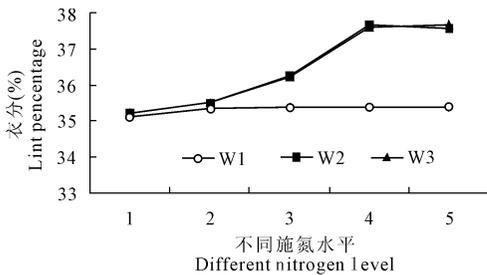


图 3 不同灌水施氮水平对棉花衣分的影响

Fig.3 Effect of different irrigation and nitrogen supply on lint percentage

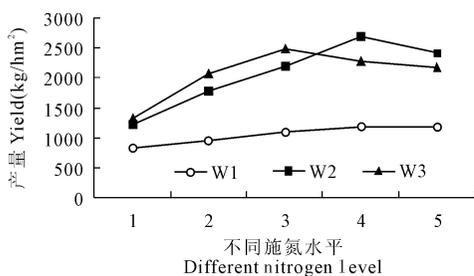


图 4 不同灌水施氮水平对棉花产量的影响

Fig.4 Effect of different water and nitrogen supply on cotton yield

表 3 不同处理产量的差异显著性分析

Table 3 Analysis of significant level of yield in different treatments

No.	均值(kg/hm ²) Average	位次 Precedence	5%显著水平 5% significant level	1%显著水平 1% Significant level
W ₂ N ₃	2678.4	1	a	A
W ₃ N ₂	2486.3 _b	2	b	B
W ₂ N ₄	2399.3 _b	3	b	BC
W ₃ N ₃	2266.5 _c	4	c	CD
W ₂ N ₂	2188.2 _{cd}	5	cd	DE
W ₃ K ₄	2159.5 _{de}	6	de	DE
W ₃ N ₁	2064.4 _e	7	e	E
W ₂ N ₁	1768.3 _f	8	f	F
W ₃ N ₀	1307.2 _g	9	g	G
W ₂ N ₀	1210.9 _{gh}	10	gh	GH
W ₁ N ₃	1181.4 _{hi}	11	hi	GH
W ₁ N ₄	1178.3 _{hi}	12	hi	GH
W ₁ N ₂	1093.5 _i	13	i	HI
W ₁ N ₁	962.4 _j	14	j	I
W ₁ N ₀	813.2 _k	15	k	J

3 结 论

1) 增施氮肥对棉花的衣分影响不大,施氮对棉花的增产效果主要是通过增加单株结铃数、单铃重实现的。

2) 灌水量对棉花的单株结铃数影响很大,但随着灌水量的增多,棉花的生育期延长,因而降低棉花的霜前花率,降低皮棉产量,此结果有待于进一步的深入研究与探索。

3) 氮肥对棉花单株结铃数、单铃重、衣分和产量的影响都很大,与对照(不施氮肥 N_0)相比,试验各处理施用氮肥后,棉花的单株结铃数、单铃重、衣分和产量差异达到极显著水平(表 2,3)。在保证棉田有正常含水量的前提下,增施氮肥,棉花的单株结铃数、单铃重和产量都呈现出先增加后降低的趋势。同时,要使氮肥发挥最好的肥效,必须严格控制灌水量。

4) 在西北内陆棉区的敦煌棉区,土壤速效氮含量为 $61.37\ mg/kg$ 左右,在正常施用 P、K 肥的基础上,棉花全生育期灌水总量为 $3\ 600\ m^3/hm^2$,氮肥施用量为 $350\ kg/hm^2$,就能保证该棉区棉花生长的水分和氮素营养,从而使该棉区棉花达到理想的增产效果。

参 考 文 献:

[1] 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.
- [2] 孙克刚, 姚健, 焦有, 等. 棉花的需肥规律与施钾研究[J]. 土壤肥料, 1999, (3): 12—14.
- [3] 毛树春. 棉花营养与施肥[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [4] Halverson A D, Reule C A. Nitrogen fertilizer requirements in an annual dryland cropping system[J]. Agron J, 1994, 86: 315—318.
- [5] 刘荣荣, 王润珍, 魏守军, 等. 北疆特早熟棉区棉花需肥规律和氮肥施用时期研究[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 24(7): 5—7.
- [6] 孙红春, 冯丽肖, 谢志霞, 等. 不同氮素水平对棉花不同部位一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.
- [7] 张旺峰, 李蒙春. 北疆高产棉花养分吸收特性研究[J]. 棉花学报, 1998, 10(2): 88—95.
- [8] 张旺峰, 李建国, 杨新军, 等. 北疆高产棉花氮磷钾吸收动态的研究[J]. 石河子大学学报, 1997, 1(4): 258—264.
- [9] 王洪江, 张存岭, 陈桂前, 等. 密度与氮肥对棉花产量的影响[J]. 安徽农业科学, 1996, 24(3): 23—25.
- [10] 李世清, 李生秀. 水肥配合对玉米产量和肥料效果的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1994, 12(1): 47—53.
- [11] 张旺峰, 李蒙春. 北疆高产棉花养分吸收特性研究[J]. 棉花学报, 1998, 10(2): 88—95.
- [12] 张维理, 田哲旭, 张宁, 等. 我国北方农用地氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80—87.
- [13] 孙济中, 陈布圣. 棉作学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [14] 王平. 南疆高产棉田水氮优化管理研究[D]. 中国农业大学博士学位论文, 1999: 75—82.
- [15] 胡尚钦, 杨晓, 张相琼, 等. 紫色土壤施氮对棉花产量品质的效应[J]. 棉花学报, 2001, 13(1): 36—41.
- [16] Felix B, Fritsch, Bruce, et al. Triviset response of irrigated acala and pima coron to nitrogen fertilization[J]. Agronomy Journal, 2003, 95: 133—146.
- [17] 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.
- [18] 吴素辉. 氮对棉花生育营养状况的影响及其相互关系[J]. 湖北农业科学, 1990, (3): 21—24.
- [19] 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.
- [20] 付明鑫, 向敏超, 孟风轩. 阿克苏棉区不同氮磷钾配比对棉花产量的影响[J]. 西北农业学报, 2000, 9(2): 117—120.
- [21] 袁新民, 杨学云, 同延安, 等. 不同施氮量对土壤硝态氮累积的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(1): 8—13.
- [22] 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.
- [23] 冯克云. 不同钾肥灌水处理对棉花产量构成因素及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 47—49.
- [24] 唐启义. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 农业出版社, 2002.

Effect of different water and nitrogen supply on yield and its components of cotton in inland irrigation district of Hexi in Gansu

FENG Ke-yun, ZHANG Bing-xian, NAN Hong-yu

(Institute of Crops, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Gansu, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to determine the impact of irrigation and nitrogen supply on yield and its components of cotton, 3 treatments of irrigation and 5 treatments of nitrogen supply levels were used. The test variety is Longmian No. 2. The results showed that irrigation and nitrogen supply affected the boll number per plant, boll weight and lint percentage, and ultimately the yield of cotton. Irrigation mainly affected the boll number per plant of cotton. With the increase of irrigation, the number of bolls increased correspondingly, but the period of fertility extended, thereby reducing the flowering rate before frost. Nitrogen supply mainly affected the number of bolls per plant, boll weight and lint percentage of cotton plant. Of all treatments, the application of nitrogen and no nitrogen, the yield difference reached a very significant level. However, to play the best nitrogen supply efficiency, we must strictly control irrigation. In the conditions of 61.37 mg/kg N content in the soil and normal application of P, K fertilizer, an irrigation rate of $3\ 600\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ and a N application rate of $350.0\ \text{kg}/\text{hm}^2$ could make the highest yield of cotton.

Keywords: cotton; irrigation; nitrogen; component factor; yield