

施氮量和滴灌施肥频率对杂交棉氮素吸收和产量的影响

祁通¹, 侯振安^{1*}, 冶军¹, 阮明艳², 吕新¹, 郝志永¹, 时利尚¹

(1. 石河子大学农学院, 石河子 832003; 2. 新疆天业集团农业研究所, 石河子 832000)

摘要:在滴灌条件下进行了不同氮肥用量和滴灌施肥频率对杂交棉氮素吸收和产量影响的大田试验研究, 试验中设置 3 个施氮(N)(270、360 和 450 kg·hm⁻²)水平和 2 种滴灌施肥频率(5 和 10 d)。研究表明, 不同氮肥用量和施肥频率显著影响杂交棉的干物质重、氮素积累量和子棉产量。在中氮(360 kg·hm⁻²)和低氮(270 kg·hm⁻²)水平下, 增加滴灌施肥频率可显著促进杂交棉生长, 增加干物质和氮素积累量; 但是氮肥用量较大(450 kg·hm⁻²)时, 滴灌施肥频率对棉花的生长影响不大。因此, 在杂交棉的水肥关键时期, 适当地提高滴灌施肥频率可以提高棉花产量。

关键词:施氮量; 滴灌施肥频率; 杂交棉; 产量

中图分类号:S562.052 **文章标识码:**A

文章编号:1002-7807(2009)05-0378-05

Effects of Nitrogen Rate and Fertigation Frequency on Nitrogen Uptake and Yield of Hybrid Cotton

QI Tong¹, HOU Zhen-an^{1*}, YE Jun¹, RUAN Ming-yan², LÜ Xin¹, HAO Zhi-yong¹, SHI Li-shang¹

(1. Department of Resources and Environmental Science, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. Institute of Agricultural Science, Tianye Company, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: Effects of nitrogen rate and fertigation frequency on nitrogen uptake and yield of hybrid cotton were investigated through field experiment under drip irrigation conditions. The experiment comprised six treatments, with three nitrogen (N) rates (270, 360 and 450 kg·hm⁻²) and two fertigation frequencies (5 and 10 d). It was found that nitrogen rate and fertigation frequency significantly influenced nitrogen accumulation, dry mass and yield of hybrid cotton. Under 360 and 270 kg·hm⁻² of N rates, fertigation frequency with 5 d promoted cotton growth and induced a significant increase in N accumulation and dry mass of hybrid cotton, but there were not statistically different between two fertigation frequency treatments for 450 kg·hm⁻² of N level. It is recommended that increasing fertigation frequency could enhance yield of hybrid cotton in critical period of water and nutrition supply.

Key words: nitrogen rate; fertigation frequency; hybrid cotton; yield

农田水肥管理的目标是最大限度地提高水分养分利用率和作物产出, 并尽可能减少地下水的污染。滴灌技术已经被广泛地应用于农业生产, 并被认为是一项可持续的灌溉管理措施^[1]。灌溉和施肥频率是滴灌农田水肥管理中的重要调控因素。研究表明灌溉频率直接影响了土壤中水和

氮素的运移分布、根系分布及其对水分和养分的吸收^[2-4]。Jordan 等^[5]和 Wang 等^[6]研究认为高灌溉频率能为作物提供最适的水肥条件, 但会导致水和养分向根区以下转移; 而灌水频率过低, 可能导致作物水肥不足, 生长受到抑制。El-Hendawy 等^[7]认为灌溉频率为 3 d 时较适合玉米的

收稿日期: 2009-01-16 作者简介: 祁通(1982-), 男, 硕士研究生; * 通讯作者, hzaty1@163.com

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2006BAD21B02-2)

生长,可增加玉米产量,提高氮肥利用率。以上研究结果都表明,滴灌条件下灌溉频率对作物的生长和产量有明显的影

响。由于膜下滴灌等新技术的推广应用,新疆棉花生产发展迅速,棉花面积和总产均居全国之首,已经成为我国最大的优质棉生产和出口基地。近年来,杂交棉以其产量高、抗逆性强、品质好等优点而得到了迅速推广。研究表明杂交棉的养分吸收和分配特点与常规棉存在差异^[8-11]。但目前对滴灌条件下杂交棉水肥管理方面的研究还很少。本研究主要探讨氮肥用量与滴灌施肥频率对杂交棉生长、氮素吸收以及产量的影响,为杂交棉生产制定合理的灌溉施肥制度提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于2008年在石河子国家农业科技园区进行。土壤质地中壤土,碱解氮 $70\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $518\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH值8.29。棉花品种为标杂A₁。种植采用覆膜栽培,一膜四行,行距配置为(30+55+30+60)cm,株距12cm,滴灌管线铺设在两行作物中间,种植密度 $19.5\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。4月28日播种,9月30日收获。

试验中氮肥(N)施用量设置3个水平为270、360和 $450\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (其中 $360\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 为当地杂交棉生产中的氮肥推荐用量),相当于氮肥推荐用量的75%(N75)、100%(N100)和125%(N125)。滴灌施肥频率设置2个,分别为灌溉间隔5d(F5)和10d(F10)。试验采用完全随机区组设计,6个处理,每个处理3次,共18个试验区。各处理在田间随机排列。

棉花生育期间,灌溉从播种后6月10日开始,8月22日结束。不同处理的总灌溉量相同,均为480mm。2个滴灌施肥频率处理(F5和F10)的灌溉次数分别为16次和8次。每个处理的灌溉量用水表进行控制。氮肥全部作追肥,在棉花生长期以尿素溶于水随水滴施。每次灌溉施肥时,各试验区的氮肥用量依据相应氮肥总用量和灌溉施肥频率设计进行计算,然后通过单独的施肥装置进行施肥。磷肥(P_2O_5)和钾肥(K_2O)的用量为 $112\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,分别以三料磷肥和硫酸钾施入,全部作基肥。其它栽培管理措施同当地膜下滴灌棉田。

1.2 采样及测定方法

每次灌水前,分别在距滴灌毛管15cm(株间)和30cm(膜间)处采集土壤样品,取样深度为0~20、20~40、40~60、60~80和80~100cm。土壤水分采用烘干法测定。每次灌水前和棉花吐絮期采集棉花植株样品,将植株的茎、叶、蕾铃分开,70℃烘干48h后称重。

植物样品粉碎后,过100目筛,以 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 法进行消化处理。全N含量使用全自动凯氏定氮仪(BUCHI-350)进行测定。在棉花收获时测定子棉产量。

2 结果与分析

2.1 干物质积累动态

不同施氮量和滴灌施肥频率处理杂交棉的干物质积累动态见图1。杂交棉的干物质积累呈现典型的“S”型曲线,其中播种后80~100d是干物质积累速度最快的时期,其单株干物质日均增长量达到0.98g左右。在播种后40~70d,高氮处理(N125)棉花的干物质积累明显高于其它两个施氮(N75和N100)处理;播种80d以后,其干物质积累量始终高于低氮处理(N75),但和N100处理相差不大。

中氮(N100)和低氮(N75)水平下,两个施肥频率处理(F5和F10)棉花干物质积累量在播种后40~80d的差异不大;播种80d以后,高施肥频率处理(F5)棉花的干物质积累加快,明显高于低施肥频率处理(F10)。这可能是由于在相同灌水和施肥量的情况下,高的施肥频率可使水分和养分基本保持在作物根系附近^[6],减少了一次大量灌水施肥将养分淋洗到根区以下而造成肥料浪费。播种80d后,杂交棉生长进入生长旺盛期,也是水肥需求的关键期。此时高的灌溉施肥频率提高了水分和养分的供给效率,使得杂交棉处于较为优越的生长环境,有利于棉花的生长,促进了干物质积累。高氮(N125)水平下,F5和F10处理间在播种80d后才开始出现差异,但是差异始终很微弱。

2.2 干物质重

杂交棉叶干重受施氮量和施肥频率的影响不大(表1)。茎干重受滴灌施肥频率影响显著,施氮量的影响不大。在不同施氮水平下,F5处理茎干重较F10平均高17%。蕾铃干重受施氮量和施肥频率的影响显著。N100和N125处理棉花

蕾铃干重显著高于 N75 处理,但是 N100 和 N125 处理间的差异不显著。在中氮(N100)和低氮(N75)水平下,F5 处理棉花蕾铃干重显著高于 F10,蕾铃干重分别增加 15%和 12%;但是在高氮条件下,两个施肥频率处理间的差异不大。施氮量和施肥频率显著影响杂交棉的总干重,N100 和 N125 处理棉花总干重显著高于 N75 处理,分别高 11%和 9%。在中氮(N100)和低氮(N75)水平下,F5 处理棉花蕾铃干重显著高于 F10;但在

高氮条件下,两个施肥频率处理间的差异不大。

结果表明,合理的氮肥用量有助于促进杂交棉生长,尤其是增加蕾铃干物重;但氮肥用量过大并不能够显著提高杂交棉的干物质积累量。在中氮(N100)和低氮(N75)水平下,高滴灌施肥频率(F5)可显著促进杂交棉茎和蕾铃的生长,增加干物质积累量;但是氮肥用量较大(N125)时,滴灌施肥频率对棉花的生长影响不大。

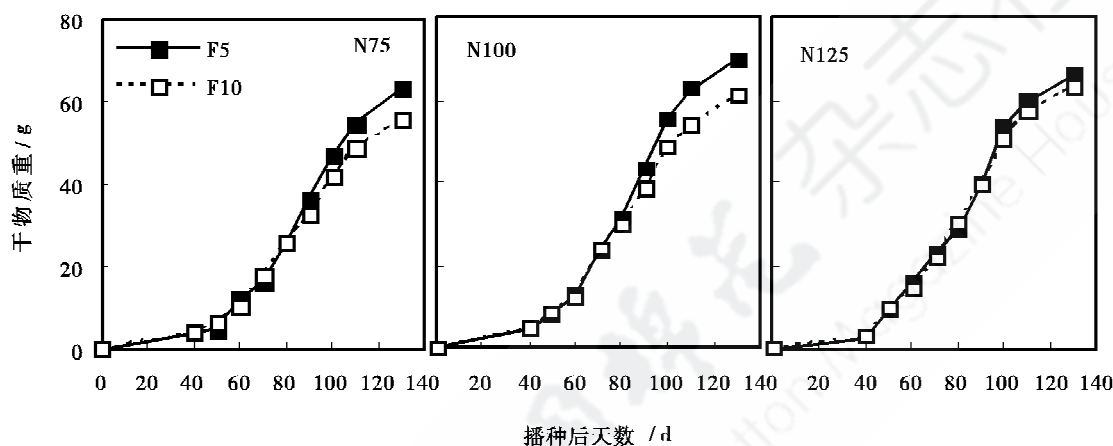


图 1 施氮量和滴灌施肥频率对杂交棉干物质积累动态的影响

Fig. 1 Effects of Nitrogen rate and fertigation frequency on dynamics of dry mass accumulation in cotton plant

表 1 不同施氮量和滴灌施肥频率对杂交棉干物质重的影响

Table 1 Effects of Nitrogen rate and fertigation frequency on dry mass of cotton

施氮量	施肥频率	干物质重/g			
		茎	叶	蕾铃	合计
N75	F5	13.47 a	8.35 a	41.30 c	63.12 b
	F10	10.46 c	7.90 a	36.94 d	55.30 c
N100	F5	13.30 a	9.68 a	46.85 a	69.83 a
	F10	11.46 bc	9.19 a	40.68 c	61.33 b
N125	F5	13.51 a	7.85 a	44.50 ab	65.86 ab
	F10	12.55 ab	9.13 a	41.65 bc	63.33 b
方差分析(F值)					
施氮量		3.127 ns	1.053 ns	13.689**	8.651**
施肥频率		30.472**	0.022 ns	32.517**	21.792**
施氮量×施肥频率		2.847 ns	0.585 ns	1.501 ns	1.962 ns

注:表格中同一列有相同字母表示处理间差异未达到显著性水平($P < 0.05$);*,**分别表示在 5%,1%水平下达到显著;ns表示不显著;下同。

2.3 氮素吸收

杂交棉各个器官的氮素含量受施氮量的影响显著(表 2)。随着施氮量的增加,杂交棉茎和叶的氮素含量有所降低,蕾铃的氮素含量却随施氮量的增加而增加。滴灌施肥频率对杂交棉的叶和蕾铃的氮素含量的影响显著,F5 处理杂交棉叶和蕾铃的氮素含量显著高于 F10。

杂交棉茎、叶的氮素吸收量受施氮量和滴灌施肥频率的影响不大,蕾铃的氮素积累量受施氮量、滴灌施肥频率及其交互作用显著(表 2)。

N125 和 N100 处理棉花蕾铃的氮素积累量显著高于 N75 处理。在中氮(N100)和低氮(N75)水平下,F5 处理棉花蕾铃氮素积累量显著高于 F10,蕾铃氮素积累量分别增加 27%和 8%;但是在高氮条件下,两个施肥频率处理间的差异不大。

杂交棉的氮素积累总量随氮肥施用量的增加而增加(表 2)。N125 和 N100 处理棉花的氮素积累总量显著高于 N75 处理,较 N75 处理高 11%~12%;但 N125 和 N100 处理间棉花的氮素积累总量差异不显著。同样,在中氮(N100)和低氮

(N75)水平下,F5 处理棉花蕾铃氮素积累量显著高于 F10,蕾铃氮素积累量分别增加 21% 和 13%;但是在高氮条件下,两个滴灌施肥频率处理间的差异未达到显著水平。

表 2 施氮量和滴灌施肥频率对杂交棉氮素含量和氮素积累量的影响

Table 2 Effects of Nitrogen rate and fertigation frequency on N concentration and N accumulation of cotton

施氮量	施肥频率	氮素含量 / (g · kg ⁻¹)			氮素积累量 / (g · m ⁻²)			
		茎	叶	蕾铃	茎	叶	蕾铃	合计
N75	F5	11.7 a	36.0 a	23.0 b	2.5 a	6.2 a	19.6 c	28.3 bc
	F10	11.6 a	32.3 c	23.6 b	2.7 a	5.2 a	18.1 d	26.0 d
N100	F5	10.0 b	32.6 bc	25.7 a	2.7 a	6.4 a	24.8 a	33.9 a
	F10	10.7 b	31.7 c	23.3 b	2.5 a	6.0 a	19.5 c	28.0 c
N125	F5	10.7 b	34.5 ab	25.0 a	2.9 a	5.5 a	22.9 b	31.3 ab
	F10	10.9 b	30.5 c	24.9 a	2.8 a	5.7 a	21.3 b	29.9 bc
方差分析(F 值)								
施氮量		9.673**	4.276*	18.832**	0.454ns	0.561ns	23.473**	8.733*
施肥频率		0.284ns	25.189**	8.179*	0.665ns	0.708ns	37.039**	24.506**
施氮量×施肥频率		0.228ns	3.149ns	16.673**	2.750ns	0.442ns	7.140**	3.040ns

2.4 产量

杂交棉的单株结铃数、铃重和子棉产量不受灌溉施肥频率和施氮量交互作用的影响。施氮量对杂交棉单株结铃数的影响不大,但对铃重的影响显著。N100 处理棉花铃重最高,其次是 N125 和 N75 处理。杂交棉产量受施氮量影响显著,3 个施氮量水平下,杂交棉平均子棉产量的大小顺序为:N100> N125> N75(表 3)。

滴灌施肥频率显著影响杂交棉的单株结铃数、铃重和子棉产量(表 3)。F5 处理单株结铃数和铃重显著高于 F10 处理,其单株结铃数和铃重比 F10 处理分别平均增加 1.2 个和 0.2 g。高的施肥频率提高了单株结铃数。滴灌施肥频率 5 d (F5)处理棉花产量显著高于滴灌施肥频率 10 d (F10)处理;3 个施氮量水平,F5 处理棉花产量较 F10 处理分别高 15.3%(N75)、18.1%(N100)和 14.1%(N125)。本研究中施氮量 360 kg · hm⁻² (N100)和滴灌施肥频率 5 d 处理的产量最高。

表 3 施氮量和滴灌施肥频率对杂交棉产量的影响

Table 3 Effects of Nitrogen rate and fertigation frequency on seed cotton yield

施氮量	施肥频率	单株铃数/个	铃重/(g · 个 ⁻¹)	子棉产量/(kg · hm ⁻²)
N75	F5	6.0 ab	6.15 abc	7643 bc
	F10	5.3 c	6.05 bc	6624 d
N100	F5	6.4 a	6.36 a	8437 a
	F10	5.5 c	6.28 ab	7143 cd
N125	F5	6.3 a	6.34 ab	8179 ab
	F10	5.8 bc	5.97 c	7164 cd
方差分析(F 值)				
施氮量		4.402 ns	5.421*	6.821*
施肥频率		40.918**	7.244*	51.407**
施氮量×施肥频率		1.330 ns	1.469 ns	0.355 ns

2.5 氮肥偏生产力

氮肥偏生产力(PFP)是指作物施肥后的产量与氮肥施用量的比值,它反映了作物吸收肥料氮和土壤氮后所产生的边际效应,是评价肥料效应的适宜指标^[12]。施氮量和滴灌施肥频率对杂交棉氮肥偏生产力的影响见图 2。随施氮水平的提高,杂交棉的氮肥偏生产力呈下降趋势。从施肥频率来看,滴灌施肥频率 5 d 处理(F5)杂交棉的氮肥偏生产力显著高于滴灌施肥频率 10 d 处理(F10),F5 处理的氮肥偏生产力较 F10 平均高 14%。表明高的滴灌施肥频率有利于提高氮肥的生产力。

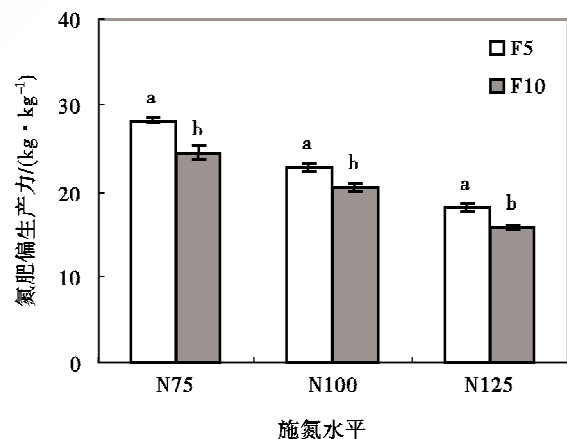


图 2 施氮量和滴灌施肥频率对杂交棉氮肥偏生产力的影响
Fig. 2 Effects of nitrogen rate and fertigation frequency on partial factor productivity of applied N (PFP) in cotton

3 讨论

良种良法配套,是发挥良种增产效果的必备手段。有了优良品种,还必须掌握与之配套的栽培管理技术,才能最大限度地发挥杂交棉的增产潜力。科学施肥是杂交棉高产栽培技术的重要组

成部分。由于氮肥性质比较活跃,容易以各种途径损失,因此将氮肥分配到棉花的养分吸收高峰期,是提高肥料利用率的重要途径。

宋志伟等^[9]研究认为杂交棉和常规棉对N吸收动态较一致,但杂交棉的养分净积累率和养分吸收速度在盛铃期前高于常规棉,尤其在初花期至盛花期干物质生产速度快,最大吸收强度时期均出现在初花期至盛铃期。宋继辉等^[12]也提出花铃期是棉株生育最旺盛时期,也是决定产量、品质的关键时期,过早或过迟追施花铃肥均会影响产量。杂交棉结铃集中,结铃高峰出现早,因此第一次花铃肥的施用时间要相应前移。这些观点与本研究的结果一致。本研究表明,杂交棉播种后80~100 d是干物质积累速度最快的时期。播种80 d后,杂交棉生长进入旺盛期,也是水肥需求的关键期,此时提高灌溉施肥频率可以满足杂交棉对水分养分的需求,促进棉花生长。高施肥频率处理(F5)杂交棉的干物质重、氮素积累量和子棉产量均显著高于低施肥频率处理(F10)。因此,在杂交棉水肥需求的关键时期,适当提高滴灌施肥频率,可以增加棉花产量,提高肥料利用效率。

参考文献:

- [1] COTE C M, Bristow K L, Charlesworth P B, et al. Analysis of soil wetting and solute transport in sub-surface trickle irrigation [J]. Irrigation Science, 2003, 22: 143-156.
- [2] COELHO E F, Or D. Root distribution and water uptake patterns of corn under surface and subsurface drip irrigation [J]. Plant and Soil, 1999, 206: 123-136.
- [3] ASSOULINE S. The effects of micro drip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake [J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 66: 1630-1636.
- [4] WANG Feng-xin, Kang Yao-hu, Liu Shi-ping. Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain [J]. Agricultural Water Management, 2006, 79: 248-264.
- [5] WAN Shu-qin, Kang Yao-hu. Effect of drip irrigation frequency on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use [J]. Irrigation Science, 2006, 24: 161-174.
- [6] SENSOY S, Ertek A, Gedik I, et al. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.) [J]. Agricultural Water Management, 2007, 88: 269-274.
- [7] EI-HENDAWY S E, Hokam E M, Schmidhalter U. Drip irrigation frequency; the effects and their interaction with nitrogen fertilization on sandy soil water distribution, maize yield and water use efficiency under Egyptian conditions [J]. Agronomy & Crop Science, 2008, 194: 180-192.
- [8] 产焰坤, 唐 胜, 潘泽义, 等. 氮磷钾对杂交棉产量和纤维品质的影响初报 [J]. 中国棉花, 1998, 25(10): 20-23.
CHAN Yan-kun, Tang Sheng, Pan Ze-yi, et al. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and fiber quality of hybrid cotton [J]. China Cotton, 1998, 25(10): 20-23.
- [9] 宋志伟, 刘松涛, 曹雯梅, 等. 杂交棉氮磷钾吸收分配特点的研究 [J]. 棉花学报, 2006, 18(2): 89-93.
SONG Zhi-wei, Liu Song-tao, Cao Wen-mei, et al. Study on the characteristics of N, P, and K absorption and distribution of hybrid cotton [J]. Cotton Science, 2006, 18(2): 89-93.
- [10] 马奇祥, 杨修身, 刘佳中, 等. 标杂 A₁ 杂交棉生育进程及结铃性的研究 [J]. 中国棉花, 2004, 31(2): 21-23.
MA Qi-xiang, Yang Xiu-sheng, Liu Jia-zhong, et al. Study on growth process and boll setting of hybrid cotton [J]. China Cotton, 2004, 31(2): 21-23.
- [11] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径 [J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 917-922.
ZHANG Fu-suo, Wang Ji-qing, Zhang Wei-feng, et al. Nutrient use efficiencies of major cereal crops in china and measures for improvement [J]. Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(5): 917-922.
- [12] 宋继辉, 万素梅. 新疆杂交棉高产栽培技术探讨 [J]. 新疆农垦科技, 2008(1): 6-8.
SONG Ji-hui, Wan Su-mei. Research on high-yielding cultivation techniques of hybrid cotton in Xinjiang [J]. Xinjiang Farmland Science & Technology, 2008(1): 6-8. ●