

郑剑波,李振华,张有亮,等.不同水氮配比对棉花花铃期土壤无机氮分布及产量的影响[J].华中农业大学学报,2023,42(5):105-112.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.05.012

## 不同水氮配比对棉花花铃期土壤无机氮分布及产量的影响

郑剑波,李振华,张有亮,杨悦,陈国栋,罗新宁

塔里木大学农学院,阿拉尔843300

**摘要** 为探究不同水氮配比对新疆阿拉尔地区棉花花铃期土壤无机氮时空分布规律以及棉花产量的影响,设置棉花花铃期不同灌水量、氮肥运筹模式的田间试验(N0:0 kg/hm<sup>2</sup>;N240:240 kg/hm<sup>2</sup>;N360:360 kg/hm<sup>2</sup>;W1:3 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;W2:4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;W3:5 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>),分别测定土壤0~30 cm、30~60 cm土层土壤硝态氮、铵态氮含量以及棉花产量,通过综合对比分析,得到棉花种植期最优施肥量和灌水投入量。结果显示:N240、N360施氮处理能显著提高花铃期棉花根层硝态氮含量;施肥处理下,随着灌水水平的提高,土壤铵态氮含量会呈现短期上升趋势,之后又降低至灌溉前水平;在W2灌水量、N240施氮量条件下,棉花花铃期施加总肥料用量的42%,总灌水量的57%,棉花产量可达到6 648.05 kg/hm<sup>2</sup>。研究表明,在W2灌水量、N240施氮量条件下,棉花花铃期施加总肥料用量的42%,总灌水量的57%,棉花花铃期0~60 cm土层土壤无机氮含量明显增加,且棉花产量最高。

**关键词** 膜下滴灌;棉花;花铃期;水氮配比;无机氮

**中图分类号** S562;S505 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)05-0105-08

氮素作为棉株生长发育所必需的营养元素,通常以硝态氮和铵态氮的形式被棉株吸收利用,是研究棉花生长发育过程不可或缺的一部分<sup>[1]</sup>。棉株生长过程中吸收的氮素主要来源于土壤中的无机氮。生产中通过大量施用氮肥来提高土壤中无机氮含量以满足棉花对氮素的需要。但不合理的施肥、灌水经常导致棉花对养分吸收不充分、氮素淋失,造成棉田面源污染。因此,合理控制水肥用量,避免水肥资源浪费,已成为新疆棉业寻求发展的关键举措。

花铃期是棉花生长发育需肥需水的关键时期。在花铃期对棉花进行适当灌水、施肥可以有效提高棉花的产量<sup>[2-3]</sup>。但花铃期追水、追肥过多会导致棉花疯长,贪青晚熟;而水肥不足,则会导致蕾铃脱落,最终影响棉花产量与品质<sup>[4-6]</sup>。膜下滴灌技术通过对棉花根部供应水分和肥料为棉株提供了更好的生长环境,合理有效利用灌溉特性可减少棉田深层渗透<sup>[7]</sup>,提高棉花水肥利用效率<sup>[8]</sup>。目前,新疆滴灌面积已超过220万hm<sup>2</sup>,大幅提高了新疆节水农业的生

产水平<sup>[9]</sup>。随着膜下滴灌技术的发展,国内外学者通过设计不同灌溉梯度和施肥量对棉花生物性状、产量以及品质进行了广泛研究<sup>[10-14]</sup>。其中多数学者侧重于研究棉花生长过程中的施肥管理手段,但对于膜下滴灌下不同水氮配比对土壤无机氮含量的研究相对较少。本研究开展膜下滴灌条件下不同水氮配比试验,分析棉花花铃期无机氮分布规律以及产量变化,旨在为提高新疆阿拉尔地区棉花产量、平衡棉田土壤肥力提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

本试验于2021年在塔里木大学农学试验站(N40°33',E81°18')进行。试验区年均日照时数3 031.2 h,日平均气温10.7℃,年平均降雨量45.7 mm,年平均蒸发量2 864.8 mm。纯灌溉农业,棉花多年连作。供试土质为砂壤土,中等肥力,0~30 cm土壤容重1.57 g/cm<sup>3</sup>,30~60 cm土壤容重1.52 g/cm<sup>3</sup>,0~

收稿日期:2022-10-14

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFD1001005);大学生创新创业训练计划资助项目(2022027)

郑剑波,E-mail:2433612266@qq.com

通信作者:罗新宁,E-mail:luoxinning04@163.com

30 cm 土壤田间持水量 23.80%, 有机质含量 14.55 g/kg, 碱解氮 42.37 mg/kg, 速效磷 22.82 mg/kg, 速效钾 212.6 mg/kg, pH 7.93。

## 1.2 试验材料及试验设计

棉花(新陆中38号)于2021年4月18日播种,6月6日进行第1次灌水,9月上旬结束灌水,整个棉花生育期共灌水12次,灌水周期为7 d,通过水表控制灌水量(表1)。氮肥选用尿素,在当地农户高产灌水

施肥策略基础上,以30%作基肥、70%作追肥,分6次施用(表1)。第4次灌水后进入初花期,第6次灌水时施加花铃期肥料,施加总肥料量的22%,花铃期于第8次灌溉时施肥结束,第8次灌溉施加总肥料量的20%,整个花铃期共计施加总肥料量的42%、总灌水量的57%。磷肥和钾肥全部用于基肥施用,磷肥( $P_2O_5$ )用量 186 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥( $K_2O$ )65 kg/hm<sup>2</sup>。全生育期棉花管理与当地大田生产一致。棉花采用膜

表1 试验处理及灌水施肥方案

Table 1 Test treatment and irrigation and fertilization scheme

处理 Treatment	因素 Factor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W1-N0	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	72	108	180	432	468	468	576	540	360	216	108	72
W1-N240	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application		12.0		21.6		52.8		48.0		19.2		14.4
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	72	108	180	432	468	468	576	540	360	216	108	72
W1-N360	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application		18.0		32.4		79.2		72.0		28.8		21.6
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	72	108	180	432	468	468	576	540	360	216	108	72
W2-N0	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application												
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	84	126	210	504	546	546	672	630	420	252	126	84
W2-N240	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application		12.0		21.6		52.8		48.0		19.2		14.4
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	84	126	210	504	546	546	672	630	420	252	126	84
W2-N360	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application		18.0		32.4		79.2		72.0		28.8		21.6
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	84	126	210	504	546	546	672	630	420	252	126	84
W3-N0	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application												
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	108	162	270	648	702	702	864	810	540	324	162	108
W3-N240	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application		12.0		21.6		52.8		48.0		19.2		14.4
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	108	162	270	648	702	702	864	810	540	324	162	108
W3-N360	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Nitrogen application		18.0		32.4		79.2		72.0		28.8		21.6
	灌水量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) Irrigation amount	108	162	270	648	702	702	864	810	540	324	162	108

下滴灌机采棉种植模式,一膜6行,滴灌带间距设置为90 cm,滴头流量3.0 L/h,行距为(66+10) cm,株距10.5 cm,小区面积66.7 m<sup>2</sup>。

试验采用灌水量和施氮量二因素随机区组设计。3个灌水水平分别为:3 600、4 200、5 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,分别以W1、W2、W3表示;3个施氮水平0、240、360 kg/hm<sup>2</sup>,分别以N0、N240、N360表示。试验共设置9个处理,每个处理重复3次,共计27个试验小区。

### 1.3 样品的采集与测定

自初花期(07-01)开始,每隔3 d在各小区滴头下方、距滴头10 cm处圆周4个位置上,采集0~30、30~60 cm土样至花铃期(08-18)结束。为保证采集土样硝态氮和铵态氮稳定,在取样后,土样放入保温箱密封冷藏,取样完成后统一处理;土样浸提前过孔径2 mm筛并进行研磨,称取5 g土壤样品,使用1 mol/L KCl溶液进行浸提,浸提液经震荡处理过滤,通过流动分析仪分别测定样品硝态氮和铵态氮含量<sup>[15]</sup>。

### 1.4 植株样采集

于收获期进行测产,测产面积为(长×宽=10 m×1.52 m)为15.2 m<sup>2</sup>。在每个小区内棉株下层、

中层和上层分别摘取棉铃30、40和30个,称质量,计算单铃质量;在每个小区内随机取样10株,测定有效铃数。

籽棉产量 = 收获密度 × 平均单株铃数 × 平均单铃质量 / 1000 × 校正系数(90%)

校正系数为采棉机收时浪费率在10%以上。

### 1.5 数据处理与分析

所测数据采用Excel 2016处理,SPSS 20.0进行显著性分析,Origin 2021绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同水氮比对花铃期土壤硝态氮分布的影响

棉花花铃期各处理0~30、30~60 cm土层中土壤硝态氮含量均有明显降低趋势(图1~3)。其中,不同施氮量处理间土壤硝态氮含量具有明显差异,N360处理、N240处理土壤含氮量高于N0处理。各处理初花期(07-01—07-16)消耗土壤硝态氮较多,盛花结铃期(07-17—08-18)相对较低。各处理下0~30 cm土层土壤硝态氮含量均高于30~60 cm土层含量。在0~30 cm土层中,不同施氮量处理中,N0处

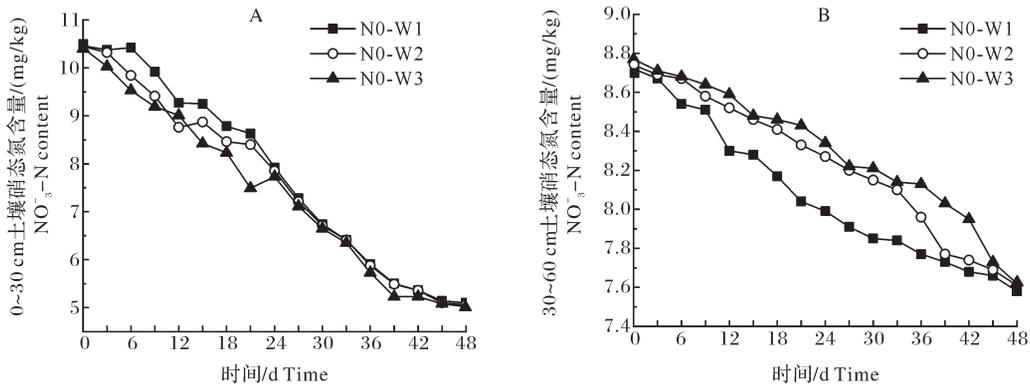


图1 N0水平不同灌水量处理0~30 cm(A)和30~60 cm(B)土壤硝态氮含量

Fig.1 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content of 0-30 cm(A) and 30-60 cm(B) treated with different irrigation water at N0 level

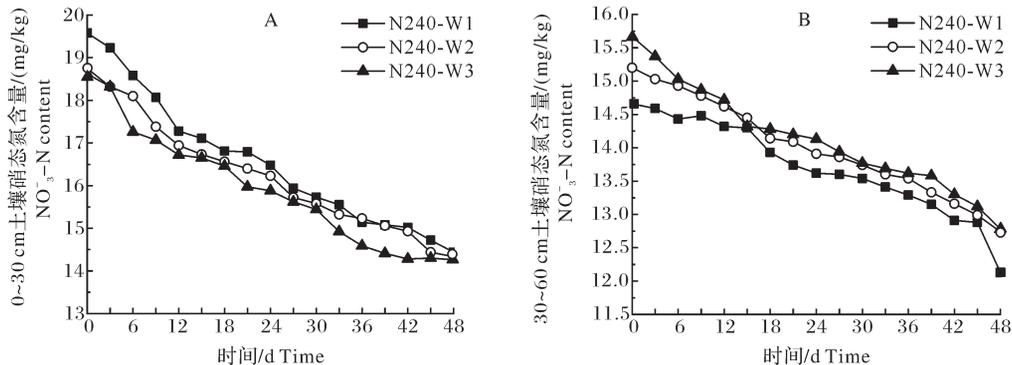


图2 N240水平不同灌水量处理0~30 cm(A)和30~60 cm(B)土壤硝态氮含量

Fig.2 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content of 0-30 cm(A) and 30-60 cm(B) treated with different irrigation water at N240 level

理土壤硝态氮含量介于5.0~11.0 mg/kg, N240处理14.0~20.0 mg/kg, N360处理14.0~22.0 mg/kg;在花铃期N240处理水平土壤硝态氮含量均低于N360处理;N360施肥水平下盛花结铃期土壤硝态氮含量最低。在30~60 cm土层中, N0处理土壤硝态氮含量介于7.5~8.8 mg/kg, N240处理土壤硝态氮含量12.0~16.0 mg/kg, N360处理13.0~17.0 mg/kg, 各施肥处理变化趋势基本一致。不同灌溉定额处理

中, 灌溉定额越大, 土壤硝态氮含量越低, 在N360施肥水平和W2、W3灌溉定额处理中, 盛花结铃期0~30 cm土层中土壤硝态氮含量N360处理最大, N240处理居中, N0处理最低, 在30~60 cm土层差异较小。由图1~3可知, 各处理0~30 cm土层硝态氮含量较大, 波动趋势明显大于30~60 cm的波动趋势。土壤硝态氮含量随着生育期的推进逐渐降低, 0~30、30~60 cm变化规律基本一致。

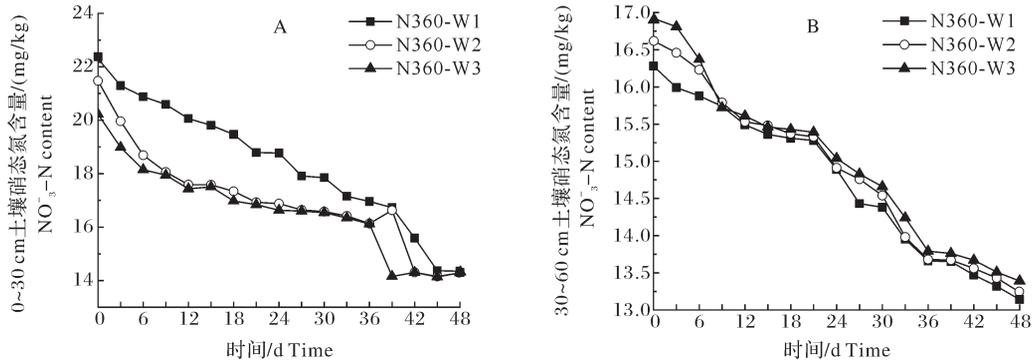


图3 N360水平不同灌溉水量处理0~30 cm(A)和30~60 cm(B)土壤硝态氮含量

Fig.3  $\text{NO}_3^-$ -N content of 0-30 cm(A) and 30-60 cm(B) treated with different irrigation water at N360 level

## 2.2 不同水氮比对花铃期土壤铵态氮分布的影响

分析不同处理下土壤铵态氮含量得出, 在N0处理下0~30 cm土层铵态氮含量逐渐降低, 初花期(07-01)追肥后, 土层铵态氮含量会在短暂的上升后逐渐降低(图4)。N240、N360处理与N0处理相比, 土层铵态氮含量显著增加, 初花期追肥后, 施氮处理土层铵态氮含量先短暂增加, 后呈现降低趋势, 最终各处理铵态氮含量会降低至低含量水平。花铃期0~30 cm土层N0处理土壤铵态氮含量介于6.5~7.5 mg/kg, 随着棉花生长发育, 土壤铵态氮含量呈缓慢下降趋势; N240处理土壤铵态氮含量在10.0~14.0 mg/kg, 追肥后铵态氮含量缓慢增长到18 mg/kg左

右后逐渐降低至11 mg/kg附近; N360处理介于10.0~15.0 mg/kg, 经过追肥后会增加到19 mg/kg, 后逐渐降低至12 mg/kg附近(图4~6)。N240处理和N360处理土壤铵态氮含量差异较小。初花期追肥后30~60 cm土层各施氮处理土壤铵态氮含量各处理在7 d内均会有显著增加, 不施氮处理会有缓慢增加趋势, 其中N0处理土壤铵态氮含量介于8.0~10 mg/kg, 追肥灌水后会短暂增加到10 mg/kg左右, 后又逐渐降低至8.0 mg/kg, N240处理则会增加至28.0 mg/kg左右, 后降低至10.0 mg/kg附近, N360处理增加到30 mg/kg附近后逐渐降低至13 mg/kg附近。整体来看, 各施氮水平下花铃期土壤铵态氮含量大致呈现先增加后减小的变化规律, 在

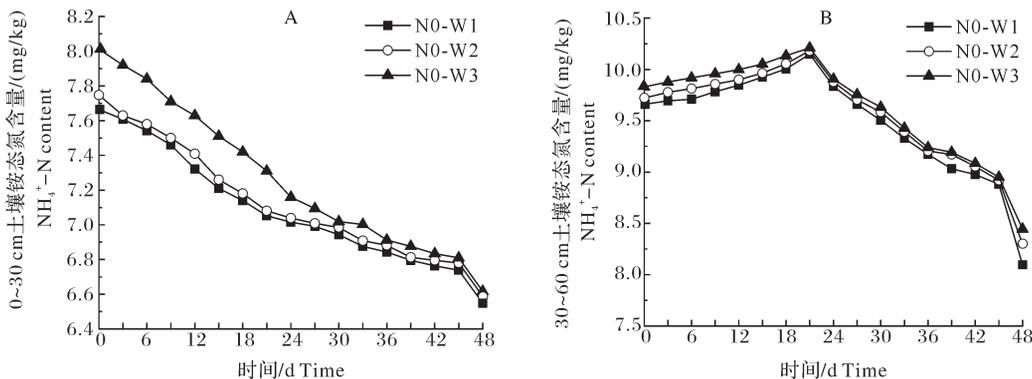


图4 N0水平不同灌溉水量处理0~30 cm(A)和30~60 cm(B)土壤铵态氮含量

Fig.4  $\text{NH}_4^+$ -N content of 0-30 cm(A) and 30-60 cm(B) treated with different irrigation water at N0 level

0~30 cm 土层不施氮水平土壤铵态氮含量呈现持续下降趋势,施用氮肥处理0~60 cm 土层土壤铵态氮

含量均高于不施氮处理。施用氮肥能明显提高0~60 cm 土壤铵态氮含量。

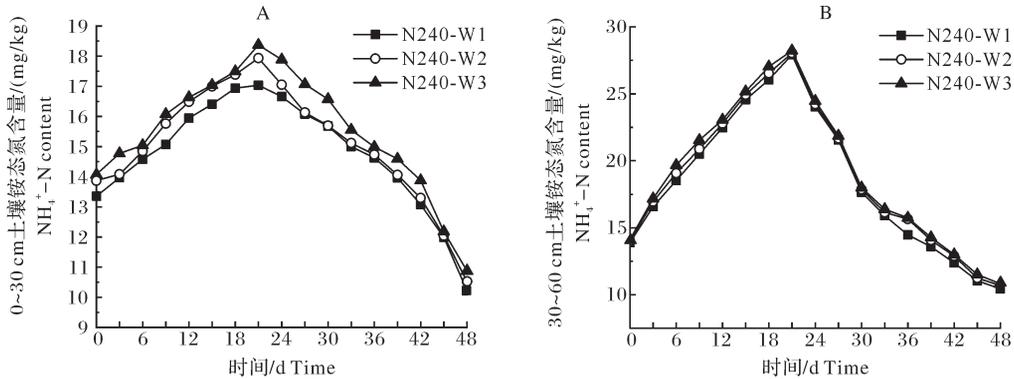


图5 N240水平不同灌水量处理0~30 cm(A)和30~60 cm(B)土壤铵态氮含量

Fig.5  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  content of 0-30 cm(A) and 30-60 cm(B) treated with different irrigation water at N240 level

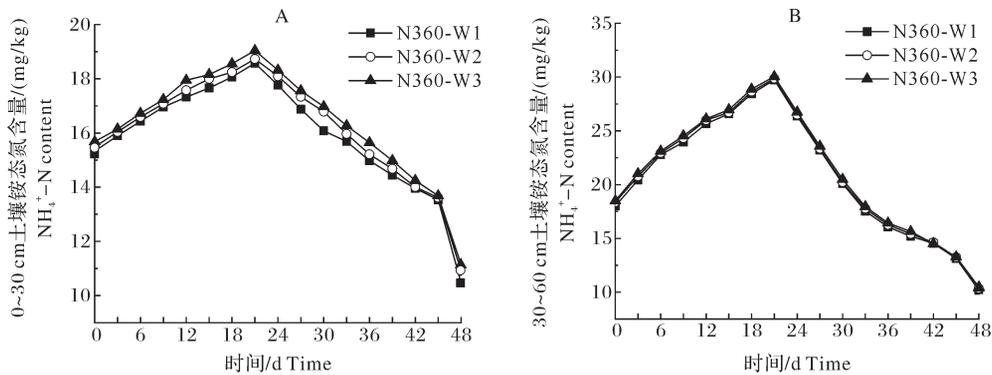


图6 N360水平不同灌水量处理0~30 cm(A)和30~60 cm(B)土壤铵态氮含量

Fig.6  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  content of 0-30 cm(A) and 30-60 cm(B) treated with different irrigation water at N360 level

### 2.3 不同水氮配比处理对棉花产量的影响

由表2可见,在不同水氮配比处理下,W2-N240处理的棉花平均单株铃数最多,为5.54个;W1-N0处理的最少,为4.12个。在不同水氮配比下,W2-N240处理的棉花平均单铃质量最高,为5.32 g;W1-N0的

平均单铃质量最低,为3.66 g。在不同水氮配比下,W2-N240处理的棉花平均产量最高,为6 648.05 kg/hm<sup>2</sup>。W1-N0处理的平均产量最低,为3 401.34 kg/hm<sup>2</sup>。最高产量W2-N240处理较最低产量W1-N0处理显著增产95.45%( $P<0.05$ ),较W3-N240处

表2 不同水氮配比处理下籽棉产量

Table 2 Production of seed cotton under different water nitrogen application levels

灌溉水平 Irrigation amount	施氮水平 Nitrogen rate	单株铃数 Boll number per plant	单铃质量/g Boll weight	产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield
W1	N360	4.53±0.33bcd	5.01±0.28a	5 119.27±153.95b
	N240	4.97±0.27abc	5.14±0.09a	5 762.25±409.85ab
	N0	4.12±0.66d	3.66±0.17b	3 401.34±722.13c
W2	N360	4.93±0.45abcd	5.12±0.10a	5 693.63±461.38b
	N240	5.54±0.60a	5.32±0.25a	6 648.05±929.10a
	N0	4.23±0.22cd	3.84±0.10b	3 663.91±277.12c
W3	N360	4.69±0.46bcd	5.01±0.16a	5 300.10±349.90b
	N240	5.17±0.33ab	5.18±0.10a	6 040.78±319.02ab
	N0	4.15±0.34cd	3.71±0.22b	3 472.92±478.51c

注:同列不同小写字母代表差异显著( $P<0.05$ )。Note: Different lowercase letters in the same column represent significant differences ( $P<0.05$ ).

理增产10.05%，且节省灌水量约28.57%。综合来看，W2-N240处理是产量和灌水量最优化的滴灌水肥投入量。由表2可知，W2-N240处理的产量明显高于其他处理，且水肥投入量较低，为当地优化的滴灌模式下水肥管理措施。

### 3 讨论

不同水氮配比是影响棉花生长发育的重要因素之一，对棉田氮素运移有重要影响。本试验施氮360 kg/hm<sup>2</sup>在4 200、5 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>灌水平下，盛花结铃期0~30 cm土层硝态氮含量最高，施氮240 kg/hm<sup>2</sup>居中，不施氮肥含量最低，而30~60 cm土层硝态氮含量差异不大。造成这一结果的原因可能是灌水量太大，氮肥随水流失，土壤无法保持较多氮肥，同时在较高施氮水平下，硝态氮含量较多，这一结论与忠智博<sup>[16]</sup>的研究结果相符。贾正茂等<sup>[17]</sup>通过气压过程分离法在对江西棉花花铃期最后一次追肥试验中得出，减少灌水有利于土壤硝态氮的形成，增加灌水土壤铵态氮含量则会大大增加，与本研究结论相符。本研究结果表明，在施肥处理中，土壤硝态氮含量主要分布在0~30 cm土层中，且随着灌水定额的增加，土壤硝态氮会有相应的减少；在灌水追肥后土壤铵态氮含量会有显著提高，在灌水追肥第7天后，铵态氮水平会呈现出降低的趋势，并且会降低至灌水追肥前水平以下，这与王旭洋等<sup>[15]</sup>的研究结果一致。石轩等<sup>[18]</sup>在对新疆不同地区灌区各土层硝态氮和铵态氮研究中指出，硝态氮、铵态氮含量呈现季节性变化，在8月份土层硝态氮、铵态氮含量均会达到最大，而本研究发现在花铃期各土层硝态氮、铵态氮含量总体呈下降趋势，且最大值在棉花初花期出现，毕磊<sup>[19]</sup>也同样证实7月份土层硝态氮含量达到最大。以上结论不同的原因可能是灌水追肥时间、比例有差异。蔺树栋<sup>[20]</sup>研究发现，4月初土层铵态氮含量达到最大值，是由于播种施加底肥的影响，同样证实灌水追肥时期、比例的不同会影响土壤硝态氮、铵态氮含量。

不同水氮配比是影响棉花产量的主要因素之一。本研究结果表明，在总施氮量240 kg/hm<sup>2</sup>、总灌水量4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>条件下，棉花产量最高，证明过量施肥及灌水均会对棉花产量产生抑制作用，其原因可能是过高的水氮配比会导致棉株在花铃期蕾铃发育旺盛，从而不利于棉株生殖生长<sup>[21]</sup>。对比4 200和5 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>灌水量处理结果发现，过高灌溉水平对

棉花并无显著增产效果<sup>[22]</sup>。本研究发现每个灌水量下均有一个最优施氮量，按照最优施氮量进行氮肥增施，但棉花增产效果并不明显，这与张燕等<sup>[23]</sup>的研究结论一致。

本试验并未展开对棉花其他生育时期土层硝态氮、铵态氮含量的研究，对其他生育期土壤无机氮动态变化及棉花生长发育的影响尚不明确。由于试验测定土壤无机氮只选定滴头周围土壤样品，并缺少淋洗或排放的氮量以及棉株氮素吸收量的测定数据，无法准确计算土层土壤氮矿化量，因此，未进行土层土壤氮矿化量对棉花产量的影响的探讨。试验设计未考虑不同土壤质地以及棉花品种对棉花种植水肥投入量的影响<sup>[24]</sup>，对棉花稳产具有不确定性。在后期需对棉花全生育期土壤无机氮变化规律、土壤氮矿化量进行研究，明确不同水氮配比下土壤氮素的变化特征，为维护新疆阿拉尔地区棉田生态环境提供理论依据。

在新疆阿拉尔棉花种植区，从施肥量、灌水量以及产量等角度综合考虑，总施氮240 kg/hm<sup>2</sup>、总灌水量4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>为最优滴灌施肥策略。基于上述研究结果，在实际棉花种植中参考此施肥量和灌水量进行水肥管理，有利于棉花种植的水肥高效利用。

### 参考文献 References

- [1] 韩璐,张薇. 棉花苗期氮营养高效品种筛选[J]. 中国农学通报, 2011, 27(1): 84-88. HAN L, ZHANG W. Screening of cotton varieties with high nitrogen efficiency at seedling stage [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2011, 27(1): 84-88 (in Chinese with English abstract).
- [2] 张如刚. 棉花花铃期田间管理技术[J]. 河北农业, 2018(2): 12-13. ZHANG R G. Field management techniques of cotton at flowering and boll stage [J]. Hebei agriculture, 2018(2): 12-13 (in Chinese).
- [3] 陈立宇, 张立峰, 路战远, 等. 痕量灌溉对棉花花铃期光合性能日变化及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(4): 9-16. CHEN L Y, ZHANG L F, LU Z Y, et al. The effects of trace irrigation on the yield and diurnal changes of photosynthesis during flowering and boll stage of cotton [J]. Journal of irrigation and drainage, 2020, 39(4): 9-16 (in Chinese with English abstract).
- [4] 司转运, 高阳, 申孝军, 等. 水氮供应对夏棉产量、水氮利用及土壤硝态氮累积的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(12): 3945-3954. SI Z Y, GAO Y, SHEN X J, et al. Effects of nitrogen and irrigation water application on yield, water and nitrogen utilization and soil nitrate nitrogen accumulation in summer cotton [J]. Chinese journal of applied ecology, 2017, 28(12): 3945-3954 (in Chinese with English abstract).

- [5] 辛明华,王占彪,韩迎春,等.新疆机采棉发展回顾、现状分析及措施建议[J].中国农业科技导报,2021,23(7):11-20.XIN M H,WANG Z B,HAN Y C,et al.Review, status and measures of Xinjiang machine-picked cotton[J].Journal of agricultural science and technology,2021,23(7):11-20 (in Chinese with English abstract).
- [6] 窦海涛,石洪亮,李春艳,等.非充分灌溉下氮肥对棉花蕾铃消减及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2018,36(2):86-92.DOU H T,SHI H L,LI C Y,et al.Effect of nitrogen fertilizer on cotton bud and boll reduction and yield under non sufficient drop irrigation[J].Agricultural research in the arid areas,2018,36(2):86-92 (in Chinese with English abstract).
- [7] 王海东.滴灌施肥条件下马铃薯水肥高效利用机制研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2020.WANG H D.Mechanism of high-efficient utilization of water and fertilizers by potato under drip fertigation[D].Yangling:Northwest A & F University,2020 (in Chinese with English abstract).
- [8] 邢英英,张富仓,张燕,等.滴灌施肥水肥耦合对温室番茄产量、品质和水氮利用的影响[J].中国农业科学,2015,48(4):713-726.XING Y Y,ZHANG F C,ZHANG Y,et al.Effect of irrigation and fertilizer coupling on greenhouse tomato yield, quality, water and nitrogen utilization under fertigation[J].Scientia agricultura sinica,2015,48(4):713-726 (in Chinese with English abstract).
- [9] 张娜.新疆农业高效节水灌溉发展现状及“十三五”发展探讨[J].中国水利,2018(13):36-38,45.ZHANG N.High-efficient water-saving irrigation development and 13<sup>th</sup> Five-Year Plan in Xinjiang Uygur Autonomous Region[J].China water resources,2018(13):36-38,45 (in Chinese with English abstract).
- [10] STAMATIADIS S,TSADILAS C,SAMARAS V,et al.Nitrogen uptake and N-use efficiency of Mediterranean cotton under varied deficit irrigation and N fertilization[J].European journal of agronomy,2016,73:144-151.
- [11] THAMRIN S,BUDIMAN B,DARWISAH B,et al.Application of drip irrigation on cotton plant growth (*Gossypium* sp.)[J].Agric,2017,29(2):113-120.
- [12] 忠智博,翟国亮,邓忠,等.不同水氮处理对北疆棉花生长特性及产量的影响[J].节水灌溉,2019(12):1-5,11.ZHONG Z B,ZHAI G L,DENG Z,et al.Effects of different water and nitrogen fertilizers application on growth characteristics and yield of cotton in northern Xinjiang[J].Water saving irrigation,2019(12):1-5,11 (in Chinese with English abstract).
- [13] 杨首乐,邓忠,翟国亮,等.干旱区水氮耦合效应对棉花生长性状及产量的影响[J].中国农学通报,2016,32(24):103-108.YANG S L,DENG Z,ZHAI G L,et al.Effects of water and nitrogen coupling on cotton growth characteristics and yield in arid area[J].Chinese agricultural science bulletin,2016,32(24):103-108 (in Chinese with English abstract).
- [14] HOU X H,FAN J L,HU W H,et al.Optimal irrigation amount and nitrogen rate improved seed cotton yield while maintaining fiber quality of drip-fertigated cotton in northwest China[J/OL]. Industrial crops and products,2021,170:113710[2022-10-14].https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113710.
- [15] 王旭洋,范兴科.滴灌条件下施氮时段对土壤氮素分布的影响研究[J].干旱地区农业研究,2017,35(3):182-189.WANG X Y,FAN X K.Effect of nitrogen application time on the distribution of soil nitrogen under drip fertigation[J].Agricultural research in the arid areas,2017,35(3):182-189 (in Chinese with English abstract).
- [16] 忠智博.膜下滴灌棉花灌溉施肥制度及施肥策略的探究[D].北京:中国农业科学院,2020.ZHONG Z B.Research on irrigation and fertilization system and fertilization strategy of cotton under film[D].Beijing:Chinese Academy of Agricultural Sciences,2020(in Chinese with English abstract).
- [17] 贾正茂,崔远来,刘方平,等.不同水肥耦合下棉花土壤氮素转化规律[J].武汉大学学报(工学版),2013,46(2):164-169.JIA Z M,CUI Y L,LIU F P,et al.Pattern of soil nitrogen conversion of cotton under different water and fertilizer coupling conditions[J].Engineering journal of Wuhan University,2013,46(2):164-169 (in Chinese with English abstract).
- [18] 石轩,李艳红,李发东.玛纳斯河流域不同灌区棉田土壤铵态氮和硝态氮变化特征及影响因素[J].中山大学学报(自然科学版),2021,60(6):80-90.SHI X,LI Y H,LI F D.Variation characteristics and influencing factors of soil ammonium nitrogen and nitrate nitrogen in cotton fields in different irrigation districts of Manas River Basin[J].Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni,2021,60(6):80-90(in Chinese with English abstract).
- [19] 毕磊.新疆农田土壤水盐氮运移与棉花生长特征研究[D].西安:西安理工大学,2020.BI L.A study on the movement characteristics of soil moisture and salt content and nitrogen content and cotton growth in Xinjiang farmland[D].Xi'an:Xi'an University of Technology,2020(in Chinese with English abstract).
- [20] 蔺树栋.膜下滴灌农田水盐肥分布特征及对棉花生长的影响[D].西安:西安理工大学,2021.LIN S D.Distribution characteristics of water salt and fertilizer in fields drip irrigation under mulched and its influence on cotton growth[D].Xi'an:Xi'an University of Technology,2021 (in Chinese with English abstract).
- [21] 尔晨,林涛,王家勇,等.水氮耦合对棉花干物质积累及产量的影响[J].新疆农业科学,2021,58(7):1187-1196.ER C,LIN T,WANG J Y,et al.Effects of dry matter accumulation and yield components under different irrigation and fertilization treatments[J].Xinjiang agricultural sciences,2021,58(7):1187-1196 (in Chinese with English abstract).
- [22] 刘梅先,杨劲松,李晓明,等.膜下滴灌条件下滴水量和滴水频率对棉田土壤水分分布及水分利用效率的影响[J].应用生态学报,2011,22(12):3203-3210.LIU M X,YANG J S,LI X M,et al.Effects of irrigation amount and frequency on soil water distribution and water use efficiency in a cotton field under mulched drip irrigation[J].Chinese journal of applied ecology,2011,22(12):3203-3210(in Chinese with English abstract).
- [23] 张燕,张富仓,吴立峰.水肥耦合对棉花产量和氮累积利用的影

- 响[J]. 节水灌溉, 2016(12):20-26. ZHANG Y, ZHANG F C, WU L F. Coupling water and fertilizer effects on cotton yield, nitrogen accumulation and nitrogen use efficiency[J]. Water saving irrigation, 2016(12):20-26 (in Chinese with English abstract).
- [24] 马革新, 张泽, 温鹏飞, 等. 施氮对不同质地滴灌棉田土壤硝态氮分布及棉花产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(3):44-51. MA G X, ZHANG Z, WEN P F, et al. Effect of soil texture on the distribution of nitrate nitrogen in the soil profile and its influence on drip-irrigated cotton production[J]. Journal of irrigation and drainage, 2017, 36(3):44-51 (in Chinese with English abstract).

## Effects of applying water and nitrogen on soil inorganic nitrogen distribution and yield in cotton at stage of flowering and bolling

ZHENG Jianbo, LI Zhenhua, ZHANG Youliang, YANG Yue, CHEN Guodong, LUO Xinning

*College of Agronomy, Tarim University, Alar 843300, China*

**Abstract** The field experiments with different volume of irrigation water and application modes of nitrogen fertilizer including N0: 0 kg/hm<sup>2</sup>, N240: 240 kg/hm<sup>2</sup>, N360: 360 kg/hm<sup>2</sup>, W1: 3 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, W2: 4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, and W3: 5 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> were conducted in cotton at the stage of flowering and bolling in Alar region, Xinjiang to study the effects of different water nitrogen ratio on the spatial and temporal distribution of soil inorganic nitrogen and the yield of cotton. The contents of nitrate nitrogen and ammonium nitrogen in soil layers of 0-30 cm and 30-60 cm, and the yield of cotton were measured. The optimal fertilization volume and irrigation input of cotton planting period were obtained through comprehensive comparative analysis. The results showed that nitrogen application of N240 and N360 significantly increased the content of nitrate nitrogen in cotton root layer at stage of flowering and bolling. Under fertilization treatment, The content of soil ammonium nitrogen had a short-term upward trend with the increase of irrigation level, and then reduced to the level before irrigation. Under the conditions of W2 irrigation volume and N240 nitrogen application volume, the yield of cotton reached 6 648.05 kg/hm<sup>2</sup> by applying 42% of the total fertilizer volume and 57% of the total irrigation volume in cotton at the stage of flowering and bolling. It is indicated that the yield of cotton is the highest under the conditions of W2 irrigation volume and N240 nitrogen application volume, which is the optimal volume of fertilization and irrigation for cotton at the stage of flowering and bolling in Alar region of Xinjiang.

**Keywords** drip irrigation under mulch; cotton; stage of flowering and bolling; application volume of water and nitrogen; inorganic nitrogen

(责任编辑:赵琳琳)