

微咸水对滴灌棉花冠层光合特征及产量品质的影响

马君, 师维军, 郭仁松, 林涛, 崔建平, 徐海江

(新疆农业科学院经济作物研究所/农业部荒漠绿洲作物生理生态与耕作重点实验室, 乌鲁木齐 830091)

摘要:为探讨微咸水对新疆膜下滴灌棉花影响效果,利用排碱渠微咸水与河水混合方式,以河水为对照(CK),设置3 g/L和5 g/L两个微咸水矿化度,研究微咸水对滴灌棉花冠层光合特征及产量品质的影响。结果表明:灌溉初期微咸水对棉花影响不明显,至盛花期影响逐渐增强,与对照相比,微咸水滴灌使棉花LAI、MTA、Pn均降低,且5 g/L降幅大于3 g/L,而3 g/L蒸腾速率和气孔导度高于CK和5 g/L。微咸水滴灌使棉花产量降低,3 g/L下降不明显,5 g/L则显著下降,主要原因是单株铃数显著下降,而单铃重呈增加趋势,衣分无明显变化。微咸水对纤维长度和比强度无显著影响,但马克隆值显著增大。因此,低矿化度的微咸水在新疆棉花生产中可适当使用,是缓解棉花旱情实现稳产高产的重要途径。

关键词:微咸水;冠层;光合;产量;棉花;新疆

中图分类号:S562

文献标志码:A

论文编号:casb17050031

Saline Water: Effects on Canopy Photosynthetic Characteristics, Yield and Quality of Cotton Under Drip Irrigation

Ma Jun, Shi Weijun, Guo Rensong, Lin Tao, Cui Jianping, Xu Haijiang

(Institute of Economic Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Physiological Ecology and Tillage of Desert Oasis, Ministry of Agriculture, Urumqi 830091)

Abstract: To explore the effects of saline water on cotton under mulch drip irrigation in Xinjiang, the authors used the mixing of saline water from alkali discharge canal with river water, set river water as the control (CK) and two treatments of saline water salinities of 3 g/L and 5 g/L, to study the effects of saline water drip irrigation on cotton canopy photosynthetic characteristics and cotton yield and quality. The results showed that the effects of saline water irrigation on cotton at early flowering stage was not obvious, and gradually increased to the full-blossom stage; compared with the control, saline water drip irrigation decreased cotton LAI, MTA and Pn, and the decreasing effect of 5 g/L treatment was more than that of 3 g/L treatment, but the transpiration rate and stomatal conductance of 3 g/L treatment was higher than that of CK and 5 g/L. Saline water drip irrigation decreased cotton yield, 3 g/L treatment had less obvious effect than 5 g/L treatment, the main reason was the number of bolls per plant decreased significantly, while boll weight increased, and lint percentage had no obvious change. Saline water had no significant effect on the fiber length and specific strength, but the Micronaire value increased significantly. Therefore, low saline water can be used in cotton production in Xinjiang to alleviate the drought and achieve high and stable yield.

Key words: saline water; canopy; photosynthesis; yield; cotton; Xinjiang

基金项目:农业部荒漠绿洲作物生理生态与耕作重点实验室开放课题“微咸水滴灌对新疆棉田水盐运移特征及棉花生长的影响”(25107020-201504); 农业部公益性行业(农业)科研专项“新疆绿洲灌区水浇地壤土合理耕层构建技术指标研究”(201503117)。

第一作者简介:马君,男,1983年出生,新疆奇台人,助理研究员,本科,学士,主要从事棉花遗传育种及高产栽培研究。通信地址:乌鲁木齐市南昌路403号农科院经作所,830091, Tel:0991-4504151, E-mail:xj.majun@163.com。

通讯作者:郭仁松,男,1982年出生,山东德州人,副研究员,研究生,硕士,主要从事棉花高产栽培生理生态研究。通信地址:乌鲁木齐市南昌路403号农科院经作所,830091, Tel:0991-4504151, E-mail:songgr08@163.com。

收稿日期:2017-05-08, **修回日期:**2017-06-22。

0 引言

新疆地处欧亚大陆腹地,年降雨量少,蒸发量大,属于极端干旱地区,是中国主要的优质商品棉生产基地^[1]。一直以来,干旱缺水是限制该地区棉花种植业可持续发展的主要因素,但新疆主产棉区有着丰富的微咸水资源,且地下微咸水水位高,易开采利用^[2]。国内外利用微咸水进行农田灌溉已有大量研究^[3-4],尤其在干旱地区微咸水灌溉普遍存在^[5]。实践证明微咸水的开采利用是解决农业短期缺水,缓解棉花干旱的主要途径^[6-7]。已有研究表明作物整个生育期积累的干物质90%以上来自光合产物^[8],而盐胁迫影响作物光合作用进行^[9]。研究表明PS II是植物将光能转化为化学能的主要场所,盐分胁迫可使植物PS II电子传递受阻使植物产生光抑制现象,从而导致光合能力下降^[10-11]。但也有研究认为^[12]微咸水中的Na⁺对干旱条件下叶片光合性能有一定的缓解作用,Na⁺被吸收后增加叶片组织的渗透势,有效缓解了干旱胁迫对叶片组织的损伤。因此,微咸水灌溉对植物光合速率和生物量变化存在一定程度的影响^[13]。已有微咸水灌溉对大田作物的影响研究多集中在小麦和玉米上,而对于新疆膜下滴灌棉花研究较少。本研究基于新疆膜下滴灌条件下,研究微咸水对棉花冠层光合特征及产量品质的影响,旨在揭示棉花冠层及叶片光合对微咸水矿化度的响应,及对棉花产量品质的调节效应,为新疆微咸水在棉花上的科学应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2015年4—10月在新疆阿瓦提县农科院试验基地进行。试验地土壤为壤土,土壤含有有机质7.3 g/kg,全氮0.58 g/kg,水解性氮112 mg/kg,有效磷32.5 mg/kg,速效钾101 g/kg。试验基地年均气温10.4℃,年均降水量46.7 mm,年均蒸发量1890.7 mm,无霜期211天,年均日照2679 h,≥10℃年积温4048℃,前茬作物为棉花。

1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计,以河水为对照,利用河水与排碱渠微咸水混合调节微咸水矿化度,设置河水、微咸水矿化度梯度3 g/L、5 g/L,共3个处理,重复4次,共计12个小区。不同矿化度微咸水是采用河水与排碱渠微咸水混合方式,排碱渠水和河水混合是在2500 L塑料罐中进行,小区滴灌利用小水泵抽水并设置回流装置减压,灌溉量用水表计量。棉花种植模式为一膜4行,采用1.25 m宽膜覆盖,一膜双管滴灌,于6月25日棉花初花期进行头水滴灌,以后每隔7天滴灌一次,

总计滴灌9次。供试品种为‘新陆中47号’。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 冠层结构的测定 利用LAI2000植物冠层测定仪,于棉花现蕾期、初花期、盛花期、盛铃期、吐絮期测定棉花叶面积指数(LAI)和叶倾角(MTA),重复3次。

1.3.2 光合作用的测定 利用TPS-2型光合仪(英国),于棉花现蕾期、初花期、盛花期、盛铃期、吐絮期选择晴朗天气在11:00—13:00测定棉花标记的倒四主茎叶的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)和气孔导度(G_s),每处理测6株,重复3次。

1.3.3 产量测定 在棉花收获期调查棉铃空间分布,每小区取50铃测定棉花单铃重及衣分,并实收小区产量计产,将棉纤维送农业部质量监督检验中心(乌鲁木齐)测定棉花纤维品质指标。

1.3.4 数据处理 数据分析采用Excel 2003、DPS 7.05进行分析,方差分析均为5%水平,采用LSD法。

2 结果与分析

2.1 微咸水对膜下滴灌棉花LAI的影响

由图1可知,现蕾期不同处理LAI差异不明显,微咸水滴灌后不同处理差异逐渐显现,3 g/L、5 g/L处理缓慢增加,LAI最大值出现在盛花期,3 g/L的LAI略高于5 g/L,但显著低于CK,而CK的LAI在盛铃期达到峰值。说明微咸可抑制棉花叶片增长,显著降低了棉花盛花期、盛铃期、吐絮期LAI,这对棉花后期的光合作用及产物积累影响较大。

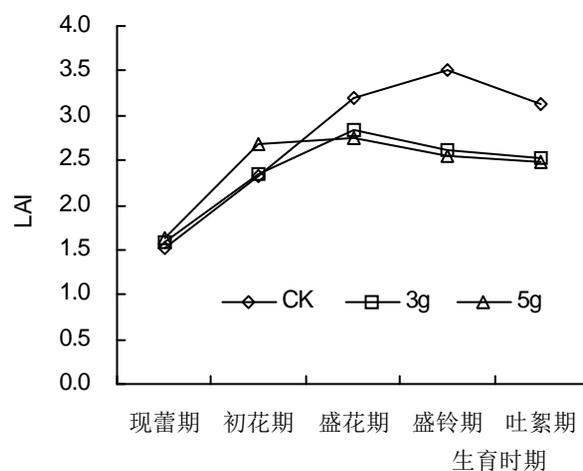


图1 微咸水对膜下滴灌棉花LAI的影响

2.2 微咸水对膜下滴灌棉花MTA的影响

研究表明,正常河水滴灌条件下,棉花在盛花期和盛铃期保持较高的MTA,而微咸水滴灌后MTA显著下降,但3 g/L处理下降幅度高于5 g/L,并且在整个花

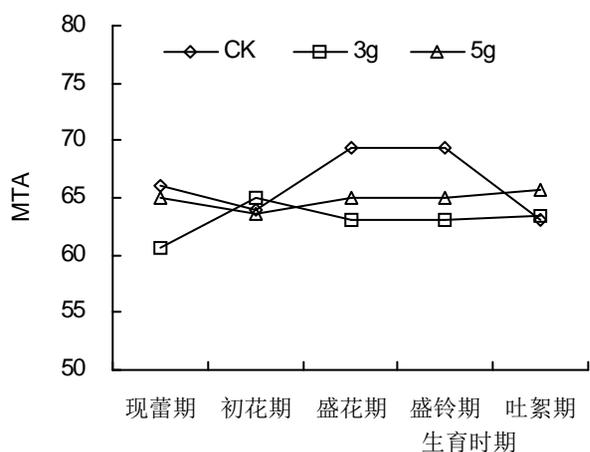


图2 微咸水对膜下滴灌棉花 MTA 的影响

铃期变化幅度较小,说明 MTA 对微咸水较敏感,滴灌水的矿化度提高不利于叶片保持较高的 MTA。

2.3 微咸水对膜下滴灌棉花 Pn 的影响

光合作用是作物产量形成的主要途径。由图3可知,自初花期开始不同处理棉花主要功能叶片净光合速率均逐渐下降,而微咸水滴灌棉花净光合速率在初花期和盛花期未显著下降,在棉花产量形成的盛铃期、吐絮期随着滴灌水矿化度的提高棉花叶片净光合速率显著下降。说明滴灌初期,滴灌微咸水次数较少,对棉花光合作用影响较小,而随着滴灌次数增加,微咸水对棉花形成持续低盐胁迫,导致棉花光合作用下降明显。这一定程度上影响棉花后期产量形成。

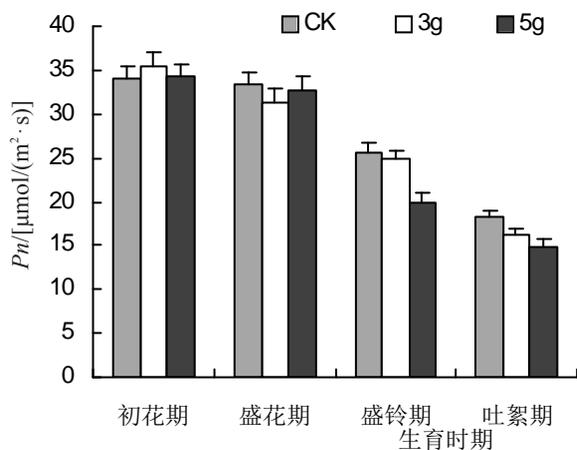


图3 微咸水对膜下滴灌棉花 Pn 的影响

2.4 微咸水对膜下滴灌棉花蒸腾速率(Evap)的影响

由图4可知,盛花期和盛铃期棉花 Evap 较高,不同处理以 3 g/L 最高,其次是 CK, 5 g/L 的 Evap 最低,初花期、吐絮期棉花叶片 Evap 显著低于盛花期和盛铃

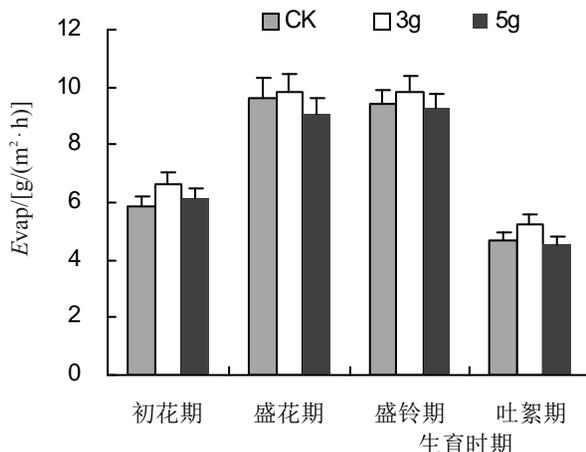


图4 微咸水对膜下滴灌棉花 Evap 的影响

期。在棉花整个花铃期 3 g/L 处理 Evap 均高于其他处理,说明低矿化度情况下,有利于提高棉花叶片 Evap,而矿化度过高 Evap 显著下降。

2.5 微咸水对膜下滴灌棉花 GS 的影响

气孔是呼吸和水分蒸腾的重要通道,对棉花光合具有重要的调节作用。在逆境胁迫条件下,叶片气孔都有不同程度的关闭,影响光合作用的正常进行。试验表明,3 g/L 处理 GS 在初花期和盛铃期略高于 CK,而 5 g/L 在整个花铃期均低于 3 g/L 和 CK。说明矿化度较低微咸水滴灌不仅不会降低 GS,在一定时期提高了 GS,矿化度过高则 GS 显著下降。不同处理 GS 峰值均出现在盛铃期。

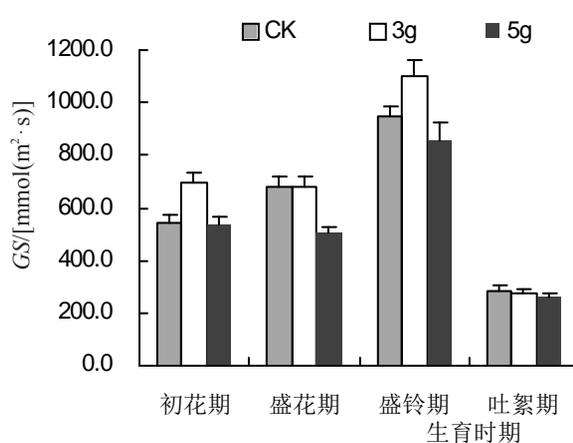


图5 微咸水对膜下滴灌棉花 GS 的影响

2.6 微咸水对膜下滴灌棉花产量及产量因子的影响

子棉产量随着微咸水矿化度的增加而降低,差异达到显著水平,并且矿化度越大子棉产量下降程度越大。从产量构成因子来看,单株铃数是子棉产量呈

正相关,单铃重则呈负相关,而衣分随着矿化度的增加有下降趋势,但3 g/L处理对它无影响,产量相关性低于单铃重,矿化度继续增大衣分则下降(表1)。

2.7 微咸水对膜下滴灌棉花纤维品质的影响

矿化度为3 g/L微咸水滴灌条件下,棉花纤维长度、比强度和伸长率略优于对照和5 g/L,但各处理无

显著差异,随着微咸水矿化度增加,整齐度呈下降趋势,马克隆值则显著提高。而矿化度过高,棉花短纤维率增加,纺织参数显著下降(表2)。

3 讨论与结论

新疆棉田土壤盐渍化危害是影响棉花生长的主要限制因子之一,严重影响棉花产量和品质形成^[4]。目

表1 微咸水滴灌对棉花产量及产量因子的影响

处理	长度/mm	整齐度/%	比强度/(cN/tex)	伸长率/%	短纤维率/%	马克隆值	纺织参数
CK	26.8a	84.0a	26.3a	7.8a	16.6a	4.4b	102.2a
3 g/L	27.1a	83.6a	27.0a	7.9a	16.4a	4.6b	102.7a
5 g/L	26.3b	83.4a	26.2a	7.6a	17.1a	4.9a	97.3b

表2 微咸水对膜下滴灌棉花纤维品质的影响

处理	收获株数/(万株/hm ²)	单株铃数/个	单铃重/g	衣分/%	子棉产量/(kg/hm ²)	皮棉产量/(kg/hm ²)
CK	19.6a	5.8a	6.3a	46.3a	7207.8a	3338.4a
3 g/L	19.4a	5.6b	6.5b	46.3a	7052.8b	3267.8ab
5 g/L	19.5a	5.0c	6.7c	45.8a	6596.2c	3019.1b

前,随着微咸水滴灌面积在生产上不断增加,低盐胁迫对棉花生长的影响也越来越明显^[15-16]。研究表明^[17],随着滴灌微咸水的矿化度增加,棉花LAI减小,株高降低,产量下降。这与本研究结果基本一致,本研究使用新疆排碱渠微咸水和河水混合调节矿化度进行滴灌,在滴灌初期微咸水对棉花生长影响不显著,冠层结构及净光合速率无明显变化,盛花期微咸水滴灌处理LAI达到峰值,峰值比CK提前,且显著降低,表现为CK>3 g/L>5 g/L,同时3 g/L、5 g/L处理的MTA也显著低于CK,这会使群体郁蔽性增加,影响棉花群体光合作用的进行,净光合速率在盛铃期随着微咸水矿化度的增加而显著降低。说明微咸水灌溉后在盐分在土壤中有一个积累的过程,随着灌溉的持续土壤中盐分增加,对棉花的影响也逐步增大。

Kohl研究^[18]发现较轻的盐分胁迫能够一定程度上激发作物的生长。矿化度低于3 g/L时,低盐胁迫对作物的生长有不同程度的促进作用,超过3 g/L时,则抑制作物的生长,长期灌溉微咸水可有效降低作物Pn,使Evap增加^[19-20]。这与本研究结果一致,微咸水矿化度为3 g/L时,棉花叶片Evap和GS显著提高,而5 g/L则下降,说明低矿化度微咸水滴灌一定程度上可促进棉花Evap提高,调节叶片气孔打开。3 g/L皮棉产量比CK下降2.1%,5 g/L则下降9.6%,差异达显著水平,棉花产量降低主要原因是结铃数和单铃重显著下降,

而对衣分影响不明显。适当提高滴灌水矿化度使纤维长度、比强度和伸长率均有所提高,但矿化度过高可降低纤维长度和比强度,马克隆值则显著提高。

本研究是基于新疆膜下滴灌条件下进行的,微咸水是采用排碱渠水与河水混合形式,试验未检测排碱渠水中的矿质离子组成,这是下一步试验要解决的问题,明确影响微咸水中使棉花产生盐胁迫的离子含量,以及对棉花叶绿素荧光特征的影响,为微咸水的合理开发利用提供理论依据。

参考文献

- [1] 郭仁松,林涛,徐海江,等.微咸水滴灌对绿洲棉田水盐运移特征及棉花产量的影响[J].水土保持学报,2017,31(1):211-216.
- [2] 王毅,王久生,李爱卓.微咸水膜下滴灌对绿洲棉田土壤水盐特征的影响[J].西北农业学报,2011,20(12):158-162.
- [3] 张俊鹏,李科江,孙景生,等.微咸水造墒对棉花生长发育及产量的影响研究[J].灌溉排水学报,2011,30(5):33-36.
- [4] Ahmad S, Khan N, Iqbal M Z, et al. Salt tolerance of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Asian J Plant Sci, 2002,1(6):715-719.
- [5] 侯振安,李品芳,龚江,等.膜下滴灌条件下不同土壤盐分和施氮量对棉花生长的影响[J].土壤通报,2007,38(4):681-686.
- [6] 孙泽强,董晓霞,王学君,等.微咸水喷灌对作物影响的研究进展[J].中国生态农业学报,2011,19(6):1475-1479.
- [7] 杨树青,史海滨,杨金忠.微咸水灌溉对土壤环境效应的预测研究[J].农业环境科学学报,2009,28(5):961-966.
- [8] 刘茂秀,史军辉,王新英,等.微咸水灌溉下3种耐盐植物光合特性及水分利用效率比较研究[J].西北林学院学报,2012,27(2):6-12.

- [9] 冯蕾,白志英,路丙社.氯化钠胁迫对枳椇和皂荚生长、叶绿素荧光剂活性氧代谢的影响[J].应用生态学报,2008,19(11):2503-2508.
- [10] 刘秀梅,王华田,王延平.磁化微咸水灌溉促进欧美杨I-107生长及其光合特性分析[J].农业工程学报,2016,32(增刊1):1-7.
- [11] 李旭新,刘炳响,郭智涛,等.NaCl胁迫下黄连木叶片光合特性及叶绿素荧光诱导动力学曲线的变化[J].应用生态学报,2013,24(9):2479-2484.
- [12] 解卫海,马淑杰,祁琳,等.Na⁺吸收对干旱导致的棉花叶片光合系统损伤的缓解作用[J].生态学报,2015,35(19):6549-6556.
- [13] 严晓燕,李天文,王兴鹏.微咸水膜下滴灌对棉花净光合速率、蒸腾速率及产量的影响研究[J].塔里木大学学报,2009,21(3):15-21.
- [14] 逢焕成,杨劲松,严惠峻.微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量影响研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(6):599-603.
- [15] 崔必波,袁韩勇,袁王伟义.起垄覆膜与土壤脱盐剂对江苏沿海中重度盐碱地棉花成苗和产量的影响[J].棉花学报,2016,28(4):339-344.
- [16] 李莎,何新林,王振华,等.微咸水灌溉对膜下滴灌棉花土壤盐分的影响试验[J].武汉大学学报,2010,43(5):571-575.
- [17] 胡文明.微咸水灌溉对作物生长影响的试验研究[J].灌溉排水学报,2007,26(1):86-88.
- [18] Kohl K L. The effect of NaCl on growth dry mater allocation and ion uptake in salt marsh and inland population of *America Maritima* [J]. *New phytol*,1997,135:213-225.
- [19] Singh R B, Chauhan C P S, Minhas P S. Water production functions of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with saline and alkali waters using double-line source sprinkler system[J]. *Agricultural Water Management*, 2009,96(5):736-744.
- [20] 乔冬梅,齐学斌,庞鸿滨,等.地下水作用下微咸水灌溉对土壤及作物的影响[J].农业工程学报,2009,25(11):55-61.