

不同矿化度微咸水亏缺灌溉对棉花生长与产量的影响

张建军¹, 彭珂珊², 曹伟¹

(1. 新疆维吾尔自治区水资源中心, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘要:研究适宜的微咸水利用方案和简易的应用模式,为干旱区农业的可持续发展提供理论依据。采用大田试验与理论分析相结合的方法,试验为裂区设计,主因素为灌溉定额,副因素为不同灌溉水矿化度。设置2种灌溉定额满灌(5 250 m³·hm⁻²)和亏灌(4 200 m³·hm⁻²),灌溉水矿化度设置6种淡水、咸水配比,即淡咸比1:0;淡咸比4:1;淡咸比3:2;淡咸比2:3;淡咸比1:4;淡咸比0:1,开展棉田膜下滴灌的试验。结果表明,满灌处理的株高要大于亏灌处理,而茎粗要小于亏灌处理,株高、茎粗、叶绿素含量在不同处理间无明显变化规律;满灌条件和亏灌条件下棉花生长前期的干物质量差异不大,但吐絮期满灌条件下各处理的干物质量均要大于亏灌处理并且随着各处理矿化度的增加棉花的单株干物质量呈先下降后增大的趋势。在一定矿化度范围之内,棉花的干物质量随着灌溉水矿化度的增加呈减小的趋势,但灌溉水矿化度达到一定程度后,干物质量会显著增加,满灌情况下灌溉水矿化度每增加1 g·L⁻¹棉花的籽棉产量减少3.36%,亏灌情况下灌溉水矿化度每增加1 g·L⁻¹棉花的籽棉产量减少4.34%,满灌情况下灌溉水矿化度为6.8 g·L⁻¹(T4处理)时,亏灌20%灌溉水量引起的减产高于满灌情况下灌溉水矿化度为6.8 g·L⁻¹时引起的减产。综合考虑产量、水分利用效率和增加的成本,在水资源极度匮乏的情况下,建议研究区使用淡水与咸水2:3的比例(矿化度为6.8±0.58 g·L⁻¹)进行灌溉。

关键词:微咸水;土壤盐分;棉花生长;亏缺灌溉

中图分类号:S562,S-3 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2021)10-0041-07

Effects of Different Salinity Brackish Water Deficit Irrigations on Cotton Growth and Yield

ZHANG Jianjun¹, PENG Keshan², CAO Wei¹

(1. Water Resources Management Center, Water Resources Department of Xinjiang Uygur Autonomous Region Urumchi Xinjiang 830000, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A suitable brackish water utilization scheme and a simple application mode were studied to provide theoretical basis for the sustainable development of agriculture in arid areas. The field experiment and theoretical analysis were conducted, split-plot experiment was designed, the irrigation quota was taken as main factor and different irrigation water salinities as the secondary factor, two kinds of irrigation quota including full irrigation (5 250 m³·hm⁻²) and deficit irrigation (4 200 m³·hm⁻²), and, irrigation water salinity of six ratios of fresh water to salt water, including 1:0, 4:1, 3:2, 2:3, 1:4 and 0:1, were set up to conduct the experiment of drip irrigation under mulch in cotton field. The results showed that the plant height under full irrigation treatment was greater than that of deficit irrigation treatment, while the stem diameter was less than that of deficit irrigation treatment. There was no significant change in plant height, stem diameter and chlorophyll content under different treatments.

收稿日期:2021-06-10 修回日期:2021-08-13

基金项目:新疆自治区重大科技专项(2020A01002-1)资助。

第一作者简介:张建军(1975-),男,甘肃定西人,高级工程师,本科,主要从事水资源管理方面的研究。

There was no significant difference in the dry matter mass of cotton at the early growth stage under full irrigation and deficit irrigation, but the dry matter mass of each treatment under full irrigation at boll opening stage was greater than that under deficit irrigation, and the dry matter mass per plant of cotton decreased first and then increased with the increase of salinity of each treatment. Within a certain range of salinity, the dry mass of cotton showed a decreasing trend with the increase of salinity of irrigation water. However, when the salinity of irrigation water reached a certain degree, the dry mass significantly increased. Under the condition of full irrigation, the salinity of irrigation water increased $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, the seed cotton yield decreased by 3.36%. Under the condition of deficit irrigation, the salinity of irrigation water increased $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, the seed cotton yield decreased by 4.34%. Under the condition of full irrigation, the salinity of irrigation water was $6.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (T4 treatment), the yield reduction caused by 20% of deficit irrigation was higher than that caused by $6.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ under the condition of full irrigation. In the yield, water use efficiency and increase of costs, in the case of extreme scarcity of water resources, it is recommended to use fresh water and salt water 2:3 (salinity $6.8 \pm 0.58 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) for irrigation in the study area.

Key words: Brackish water; Soil salinity; Cotton growth; Deficit irrigation

水是农业生产和粮食安全的关键因素。为了适应人口增加和粮食需求不断扩展的需要,我国农业灌溉有效面积不断增大,灌溉农业占用了大量的淡水资源,导致淡水资源供需矛盾问题日益突出^[1]。特别是在降雨稀少、以灌溉为主的新疆地区。棉花是新疆塔里木河支柱产业,是农民收入的重要来源。随着塔里木河经济发展,人口增加,对水资源的需求日益增加。因此,农业供水逐年减少,农业供用水矛盾十分突出,灌溉水资源紧缺成为当地农业生产及棉花生产持续发展最重要的限制性因素。塔里木河流域包括巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、喀什地区、克孜勒苏克孜自治州、和田地区 5 个地州共 42 个县市和兵团农一师、农二师、农三师、和田农垦管理局共 56 个农垦团场,是以维吾尔族为主体的多民族聚居区。位于塔里木河下游的新疆生产建设兵团第二师 31 团灌区是典型的人工绿洲区域,地处塔克拉玛干沙漠和库木塔格沙漠之间的狭长地带,干旱少雨,淡水资源缺乏,而微咸水和咸水资源相对丰富,在水资源紧缺或阶段性供应不足的现实情况下,大量地下微咸水和农田排水直接被用于棉田灌溉^[2],对作物生长和土壤环境均产生了不同程度的影响。因此,微咸水的合理利用就显得至关重要。

棉花耐盐、抗旱能力相对较强,适量浓度的咸水灌溉对棉花生长影响不大,但当灌溉水浓度达到一定程度时,带入农田的盐分将降低土壤水分有效性,引起生理干旱,进而抑制棉花生长^[3~4]。国内外学者针对微咸水灌溉对棉花生长的影响做了大量研究,联合国粮农组织(FAO)提供的棉花耐盐阈值

为 $7.7 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$,当电导率 EC 每增加一个单位 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 棉花产量就会降低 5.2%^[5]。但根据气候、土壤环境等试验条件的不同也会有所差异。Henggeler 等^[6]研究发现灌溉水电导率每增加一个单位 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 棉花的单铃重减少 3%,灌溉水电导率为 $4.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 时,调亏 1/3 灌溉水量引起的减产高于灌溉水为 $4.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 引起的减产;Vulkan-Levy 等^[7]研究表明棉花株高与灌溉水量始终呈正相关,与灌溉水盐分含量呈负相关,当灌溉水水量超过一定限度时,棉花产量随水量增加而降低,但是干物质质量呈一直增长的趋势;马丽娟^[8]使用 $8.04 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 的咸水、 $4.61 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 的微咸水以及淡水进行灌溉试验,结果表明微咸水灌溉棉花干物质质量最高,其次是淡水灌溉,咸水灌溉最低,咸水灌溉棉花的氮素吸收量、产量显著降低,但微咸水与淡水灌溉差异不显著。此外,相关研究对连续多年咸水灌溉下棉田的水盐变化动态进行了预测研究,连续灌溉 20 a 情景下, $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 微咸水没有导致根系层土壤明显积盐, $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 咸水引发了次生盐渍化,综合考虑土壤盐分变化和棉花耐盐阈值, $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下微咸水可直接用于棉花播前造墒和补灌^[9]。

由于不同试验的灌溉方式和水质、灌溉制度、气候条件、土壤类型等因素不同,使得咸水安全利用时灌溉水矿化度的阈值存在较大差异^[10],因此需要因地制宜的研究棉花生长对咸水灌溉的响应特征。本研究结合研究区的生产实际情况,通过设置 6 种不同矿化度微咸水(淡水与农田排水按不同比例混合)和 2 个灌溉定额(满灌和 -20% 亏灌),

对不同矿化度微咸水亏缺灌溉下棉花生长与产量的影响进行研究,以期减少微咸水利用过程中盐分的输入、提出切实可行的微咸水利用方式,为干旱区农业的可持续发展提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区新疆生产建设兵团第二师 31 团位于塔克拉玛干沙漠东北边缘塔里木河与孔雀河下游的冲积平原上,地理坐标为 E85°24′~88°30′,N39°30′~42°20′。海拔高度为 864~870 m,地势起伏和缓,属极端干旱沙漠性气候,光热资源丰富,降雨稀少且四季分布不均,昼夜温差大,多风沙和浮尘天气,降雨量年际变化大,多年平均降雨量 53.3~62.7 mm,多年平均蒸发量 2 273~2 788 mm,日照时数 3 036.2 h,≥10℃的年积温 4 121℃,无霜期 191 d,生态环境极为脆弱,灌溉用水来自塔里木河与恰拉水库,矿化度全年变化范围在 0.47~1.53 g·L⁻¹ 之间,全团灌溉排水矿化度在 10.58~18.36 g·L⁻¹ 之间;土壤类型主要有灌溉草甸土、风沙土、盐土、沼泽土等。

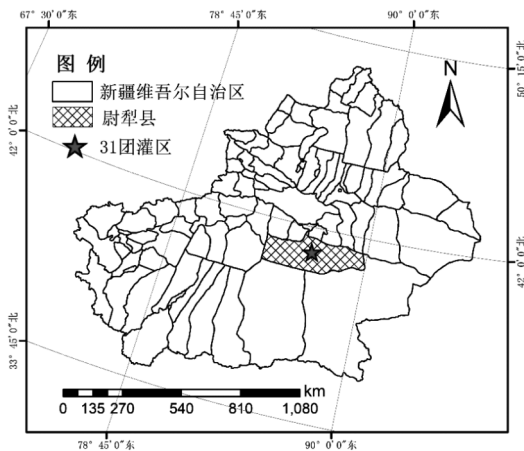


图 1 研究区位置示意

1.2 试验设计

试验方案为裂区设计,主因素为灌溉定额,副因素为不同矿化度的灌溉水。参照当地农业生产的实际状况,灌溉定额设置为满灌(5 250 m³·hm⁻²)和亏灌(4 200 m³·h⁻²),灌溉水矿化度共设置 6 种淡水、咸水配比,淡水来自于塔里木河,咸水直接由排碱渠内抽取。具体试验设计见表 1。试验采用 1 膜 2 管 4 行的种植方式,棉花供试品种为“新陆中 67 号”,地膜宽度为 125 cm,宽行、窄行以及膜间的距离分别为 65 cm、12 cm 和 20 cm,每个小区 42 m²,共 12 个处理,每个处理 3 个重复;

灌水日期为 6 月 12 日至 8 月 30 日,每 7 天 1 次,共计 12 次,根据棉花不同生育期需水量的不同进行灌溉,其它田间管理措施均与当地相同。

表 1 试验设计

处理	灌溉量 /(m ³ ·hm ⁻²)	混合比例	矿化度/(g·L ⁻¹)
T1	5 250	淡水:咸水 1:0	0.56±0.14a
T2		淡水:咸水 4:1	2.88±0.34b
T3		淡水:咸水 3:2	4.90±0.43c
T4		淡水:咸水 2:3	6.80±0.58d
T5		淡水:咸水 1:4	8.52±0.56e
T6		淡水:咸水 0:1	10.64±0.86f
T7	4 200	淡水:咸水 1:0	0.56±0.14a
T8		淡水:咸水 4:1	2.88±0.34b
T9		淡水:咸水 3:2	4.90±0.43c
T10		淡水:咸水 2:3	6.80±0.58d
T11		淡水:咸水 1:4	8.52±0.56e
T12		淡水:咸水 0:1	10.64±0.86f

注:不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 株高、茎粗、叶面积的测定 在每个小区的内行和外行分别选取长势均一的 3 株棉花,用红色绳子标记作为观测对象,在棉花的不同生育期使用卷尺和电子数显游标卡尺分别对株高和茎粗进行测量;棉花叶面积指数采用比叶面积(SLA)的方法测定^[11]。

1.3.2 叶绿素含量的测定 从蕾期开始,挑选各小区内长势一致的植株样 6 株,用叶绿素仪(SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan)测定叶绿素含量(SPAD),时间间隔为 10 d。在每株棉花在上、中、下位置各选取一个叶片测量 5 次,取其平均值,每个小区 6 株棉花相同叶位叶片 SPAD 值再平均,作为该小区的 SPAD 值。

1.3.3 棉花干物质质量的测定 每个小区在棉花的苗期、蕾期、花铃期和吐絮期内分别选取 3 株长势相同的植株,采取破坏性采样,将各个器官区分开后,将植株样品放入烘箱 105℃ 杀青 30 min 后,于 70℃ 烘至恒重,称重后计算干物质质量。

1.3.4 产量及水分利用效率的测定 吐絮期在每个小区各选取 3 个面积为 6.67 m² 的棉田,测定棉花的有效铃数、株数,之后摘取 100 朵棉花晒干称重,测定单铃重,以此计算各处理棉花籽棉产量并折合亩产;水分利用效率(Water use Efficiency, WUE)的计算方法为:WUE(kg·m⁻³)=总产量(籽棉产量)/总灌水量。

1.4 数据处理

试验数据使用 Excel2019 整理;利用 SigmaPlot 12.0、Origin 2018、Adobe Illustrator CC 软件进行图形绘制、排版。使用 SPSS 20.0 软

件进行单因素方差分析和多重比较,图表中数据为平均值±标准误差;

2 结果与分析

2.1 不同灌溉处理对棉花理化性状的影响

2.1.1 对棉花株高、茎粗的影响 图 2 为不同处理下棉花株高、茎粗随时间的变化情况,由图 2 可知,不同处理下的棉花株高、茎粗变化规律相同,前期营养生长阶段生长较为迅速,满灌各处理株高、茎粗的日变化分别在 $0.67\sim 0.90\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 和 $0.08\sim 0.11\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 之间,亏灌各处理株高、茎粗的日变

化分别在 $0.54\sim 0.74\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 和 $0.09\sim 0.12\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 之间,在 103 d 打顶后,棉花营养生长减缓而生殖生长加快,打顶后各处理下棉花的株高基本不再变化,茎粗呈缓慢增长的趋势。从不同处理间的对比变化来看,满灌和亏灌下的各处理棉花株高最高的处理分别为 T2 和 T7,各不同矿化度处理间无明显变化规律;满灌的各处理下 T3 处理的茎粗最大,T1 处理的茎粗最小,亏灌的各处理下 T7 处理的茎粗最大,T12 处理的茎粗最小,各不同矿化度处理间同样无明显变化规律。整体来看,满灌处理的株高要大于亏灌处理,而茎粗要小于亏灌处理。

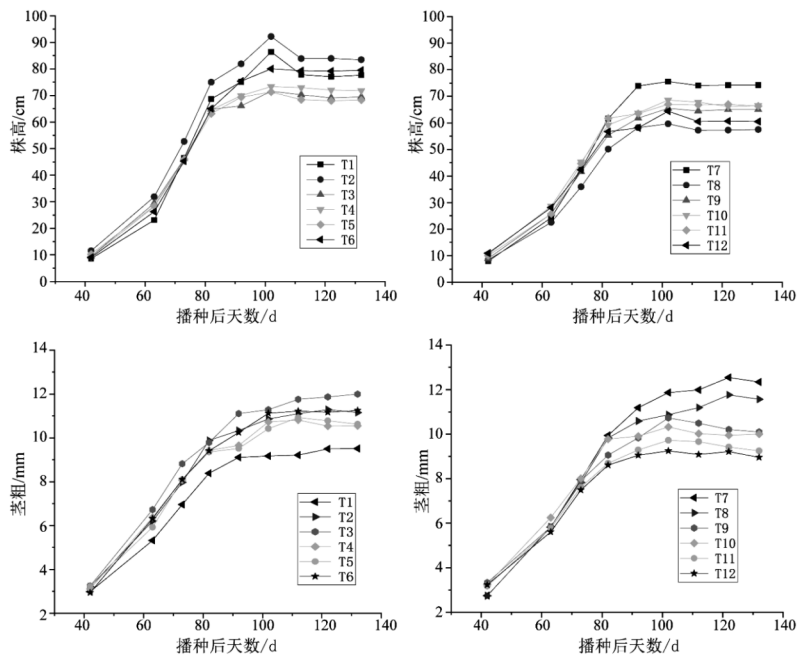


图 2 不同处理下棉花株高、茎粗随时间的变化情况

2.1.2 对棉花叶绿素含量的影响 试验结果表明,在灌溉条件下,对棉花叶绿素含量影响最大。不同处理下的叶绿素含量变化如图 3 所示,满灌条件下,各处理 SPAD 值随时间的变化一致,呈先减小后增大再减小的趋势,在开花期叶绿素含量最小,在花铃期后期叶绿素含量最大,吐絮期之后逐

渐下降;亏灌条件下,各处理 SPAD 值同样在花铃期后期达到最大并且随后逐渐下降,但在吐絮期之前各处理间无明显变化规律;从整体来看,满灌条件各处理叶绿素含量的变化范围要大于亏灌处理且叶绿素含量随生长时间变化的规律更为明显。

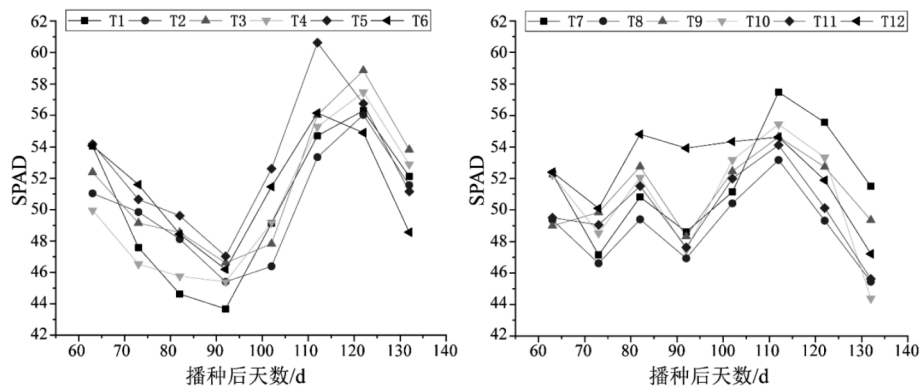


图 3 不同矿化度处理下叶绿素含量的变化

2.2 不同灌溉处理对棉花干物质质量的影响

从图4可以看出,满灌和亏灌各处理下棉花的单株干物质质量在不同生育时期呈逐渐增大的趋势,干物质累计速率在苗期和蕾期较慢,从蕾期之后生长开始加速,在苗期和花铃期各处理之间的干物质质量无显著性差异,满灌条件下,T5处理在蕾期的干物质含量与其它处理有显著性差异,其它各处理之间无明显变化规律,吐絮期随着各处理矿化度的增加,棉花的单株干物质质量呈先下降后增大的趋势,T1处理下干物质质量最大,T4处理下干物质质量最小。在亏灌条件下,T12处理的干物质质量最大,与

T1、T2处理有显著性差异,T9、T10、T11处理与T1处理同样具有显著性差异。吐絮期随着各处理矿化度的增加,棉花的单株干物质质量也同样呈先下降后增大的趋势,T11处理下干物质质量最大,T4处理下干物质质量最小。从整体来看,满灌条件和亏灌条件下棉花苗期、蕾期、花铃期的干物质累计量差异不大,但吐絮期满灌条件下各处理的干物质质量均要大于亏灌处理,在一定矿化度范围之内,棉花的干物质质量随着灌溉水矿化度的增加呈减小的趋势,但灌溉水矿化度达到一定程度后,干物质质量会显著增加。

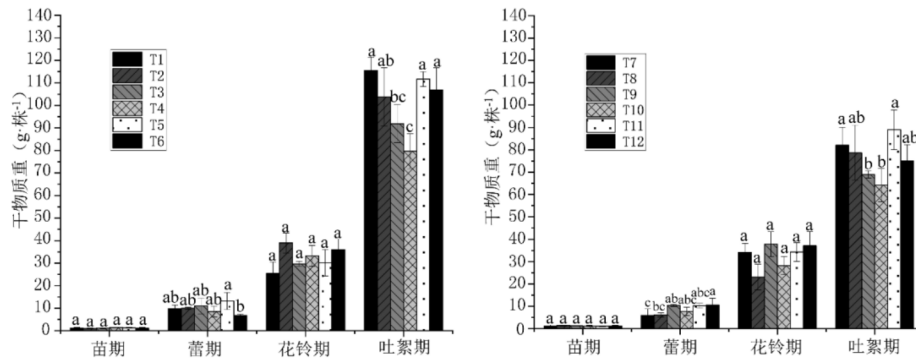


图4 不同矿化度处理下叶绿素含量的变化

注:不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

2.3 不同灌溉处理对棉花产量及水分利用效率的影响

在棉花生育期结束后,对各小区进行人工测产,结果如表2所示。由表2可以看出,灌溉水量对棉花产量的影响十分显著,满灌情况下棉花产量整体要大于亏灌情况下的棉花产量,但灌溉水分生产效率普遍较低,与此同时会增加生产成本。从各不同矿化度处理间来看,在满灌和亏灌情况下,随着灌溉水矿化度的增加棉花籽棉产量呈逐渐下降的趋势,T2、T3、T4、T5、T6处理较T1处理产量

分别下降了6.57%、12.39%、15.96%、25.50%、33.95%,灌溉水矿化度每增加 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 棉花的籽棉产量减少3.36%。T8、T9、T10、T11、T12处理较T7处理产量分别下降了3.64%、8.21%、10.09%、17.51%、43.83%,灌溉水矿化度每增加 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 棉花的籽棉产量减少4.34%。满灌情况下灌溉水矿化度为 $6.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,淡水亏灌20%灌溉水量引起的减产高于满灌情况下灌溉水矿化度为 $6.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时引起的减产,灌溉量对棉花籽棉产量的影响要大于灌溉水矿化度的影响。

表2 不同灌溉处理下棉花的产量及水分利用效率

处理	产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	灌水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	各处理所需的淡 水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	灌溉水分生产效 率/ $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	1 m^3 淡水的 价格	增加的成本 ($\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$)
T1	8 407.52	5 250	5 250	1.60	0.15	787.50
T2	7 855.39	5 250	4 200	1.50	0.15	630.00
T3	7 365.50	5 250	3 150	1.40	0.15	472.50
T4	7 066.02	5 250	2 100	1.35	0.15	315.00
T5	6 263.31	5 250	1 050	1.19	0.15	157.50
T6	5 553.32	5 250	0	1.06	0.15	0.00
T7	6 765.30	4 200	4 200	1.61	0.15	630.00
T8	6 519.31	4 200	3 360	1.55	0.15	504.00
T9	6 210.13	4 200	2 520	1.48	0.15	378.00
T10	6 082.44	4 200	1 680	1.45	0.15	252.00
T11	5 580.88	4 200	840	1.33	0.15	126.00
T12	3 800.26	4 200	0	0.90	0.15	0.00

3 讨论与结论

恰当地控制灌溉微咸水的矿化度,对耐盐作物生长及其产量不会产生很大的影响,说明微咸水可替代部分淡水资源进行农业生产^[13~14]。合理利用微咸水资源灌溉对于缓解新疆塔里木河淡水资源短缺的问题有着至关重要的意义^[15]。从整体来看,满灌条件各处理叶绿素含量的变化范围要大于亏灌处理且叶绿素含量随生长时间变化的规律更为明显,各处理 SPAD 值均在花铃期后期达到最大并且随后逐渐下降,但亏灌条件下,叶绿素含量在吐絮期之前各处理间无明显变化规律,这可能是由于受到水分、盐分胁迫以及管理水平的影响。相关研究表明:亏缺灌溉对棉花株高有显著影响,并且二者存在负相关关系,随着亏缺程度的增加,株高呈显著下降的趋势^[16~17]。在一定范围内,灌溉量大,棉株营养生长旺盛,株高增加,反之营养生长受到抑制,株高降低。

(1)从研究的结果来看,满灌处理的株高要大于亏灌处理,而满灌处理茎粗要小于亏灌处理,这与前人的研究结果基本相符^[16,18],茎粗的变化不但受水分的影响,还会受到灌溉水中盐分含量的影响。对比不同处理间的对比变化,满灌和亏灌下的各处理棉花株高最高的处理分别为 T2 和 T7,满灌的各处理下 T3 处理的茎粗最大,T1 处理的茎粗最小,亏灌的各处理下 T7 处理的茎粗最大,T12 处理的茎粗最小,说明在一定范围内,灌溉水盐分含量的增加导致棉花株高降低的同时会使茎粗增大,与灌溉水盐分含量相对比,棉花茎粗的变化对水分更为敏感,缺水会导致茎粗增大;叶绿素含量是反映植被生长阶段以及营养状况的重要生化参数,也是植物总体生长状况的重要指标。

(2)棉花干物质积累特征是影响棉花产量和品质的重要指标,相关研究发现亏缺灌溉对棉花生物量的影响更显著^[19],特别是对生育前期营养生长阶段的影响更大。由于受亏缺灌溉诱导的水分胁迫的影响,棉花营养生长受到抑制,同时出现了株高和叶面积均下降的趋势,导致生物量减少,并且随着亏缺量的增加生物量减少增多^[20~22]。笔者研究中从整体来看,满灌条件和亏灌条件下棉花苗期、蕾期、花铃期的干物质累计量差异不大,但吐絮期满灌条件下各处理的干物质质量均要大于亏灌处理,生长前期营养生长所受到的影响较后期生殖生长所受到的影响较小,这与以往的研究有所不符,可能是由于笔者研究中各处理下棉花的单株干物

质量在不同生育时期呈逐渐增大的趋势^[23]。笔者本研究当中满灌情况下灌溉水矿化度每增加 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 棉花的籽棉产量减少 3.36%,亏灌情况下灌溉水矿化度每增加 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 棉花的籽棉产量减少 4.34%,这可能是由于灌溉水水质、气候、土壤母质以及田间管理所导致的,在不同矿化度咸水灌溉下棉花产量并未出现上升的趋势,但灌溉水矿化度较低的处理减产程度一般也比较小。

(3)整体来看,满灌处理的株高要大于亏灌处理,而茎粗要小于亏灌处理,从不同处理间的对比变化来看,株高、茎粗各不同矿化度处理间同样无明显变化规律;不同处理间的叶绿素含量变化无明显变化规律,满灌条件各处理叶绿素含量的变化范围要大于亏灌处理且叶绿素含量随生长时间变化的规律更为明显。满灌条件和亏灌条件下棉花苗期、蕾期、花铃期的干物质累计量差异不大,但吐絮期满灌条件下各处理的干物质质量均要大于亏灌处理。在吐絮期,满灌条件和亏灌条件下变化大。满灌情况下灌溉水矿化度每增加 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 棉花的籽棉产量减少 3.36%,亏灌情况下灌溉水矿化度每增加 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 棉花的籽棉产量减少 4.34%,满灌情况下灌溉水矿化度为 $6.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (T4 处理)时,淡水亏灌 20%灌溉水量引起的减产高于满灌情况下灌溉水矿化度为 $6.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时引起的减产,灌溉量对棉花籽棉产量的影响要大于灌溉水矿化度的影响。

(4)综合考虑产量、水分利用效率和增加的成本,在水资源极度匮乏的情况下,建议研究区使用淡水与咸水 2:3 的比例(矿化度为 $6.8 \pm 0.58 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$)进行灌溉。

参 考 文 献:

- [1] 王金九, 邓铭江, 宁松瑞, 等. 农田水盐调控现实与面临的问题[J]. 水科学进展, 2021, 32(01): 139-147.
- [2] 黄程琪. 新疆农业水资源利用效率及影响因素分析[D]. 石河子: 石河子大学, 2019.
- [3] Chen W. L., Jin M. G., Ferr? Ty P. A., Liu Y. F., Huang J. O., Xian Y.. Soil conditions affect cotton root distribution and cotton yield under mulched drip irrigation. *Field Crops Research*, 2020: 107743.
- [4] Min W., Guo H. J., Zhou G. W., Zhang W., Ma L. J., Ye J., Hou Z. N.. Root distribution and growth of cotton as affected by drip irrigation with saline water. *Field Crops Research*, 2014, 169: 1-10.
- [5] Maas E V. Crop Salt Tolerance - Current Assess-

- ment[J]. J. Irri. Drainage Division of ASCE, 1977, 103(02):115-134.
- [6] Henggeler J C. The conjunctive use of saline irrigation water on deficit-irrigated cotton[D]. PhD dissertation. Texas A&M University, 2004.
- [7] Vulkan-Levy R, Ravinaa I, Mantellb A, et al., Effect of water supply and salinity on pima cotton [J]. *Agricultural Water Management*, 1998, 37(02): 121-132.
- [8] 马丽娟,侯振安,闵伟,等. 适宜咸水滴灌提高棉花水氮利用率[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(14):130-138.
- [9] 张俊鹏. 咸水灌溉覆膜棉田水盐运移规律及耦合模拟[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [10] 张安琪. 咸水膜下滴灌对土壤环境和棉花生长的影响[D]. 济南: 山东农业大学, 2020.
- [11] 吴立峰,张富仓,王海东,等. 新疆棉花亏缺灌溉叶面积指数模拟研究[J]. *农业机械学报*, 2015, 46(01):249-258.
- [12] Qadir M, Shams J M. Some Agronomic and Physiological Aspects of Salt Tolerance in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. *Agronomy & Crop Science*, 1997, 179: 101-106.
- [13] 侯振安,王艳娜,龚江. 干旱区咸水滴灌土壤盐分的分布与积累特征[J]. *土壤通报*, 2008(01):16-24.
- [14] 宋有玺等:微咸水膜下滴灌对棉花生长发育及其产量的影响研究[J]. *水土保持研究*, 2016, 25(01): 128-133.
- [15] 王全九,单鱼洋. 微咸水灌溉与土壤水盐调控研究进展[J]. *农业机械学报*, 2015, 46(12):117-126.
- [16] Zhang D, Luo Z, Liu S, et al. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton[J]. *Field Crops Research*, 2016.
- [17] 刘素华,彭廷,彭小峰,等. 调亏灌溉与合理密植对旱区棉花生长发育及产量与品质的影响[J]. *棉花学报*, 2016, 28(02):184-188.
- [18] Yang C, Luo Y, Sun L, et al. Effect of Deficit Irrigation on the Growth, Water Use Characteristics and Yield of Cotton in Arid Northwest China[J]. *Pedosphere*, 2015, 25(06):910-924.
- [19] 杨北方,杨国正,冯璐,等. 亏缺灌溉对棉花生长和水分利用效率的影响研究进展[J]. *应用生态学报*, 2021, 32(03):1 112-1 118.
- [20] Wanjura D F, Dan R U, Mahan J R, et al. Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation[J]. *Agricultural Water Management*, 2002, 55(03):217-237.
- [21] 罗振,辛承松,李维江,等. 部分根区灌溉与合理密植对旱区棉花产量和水分生产率的影响[J]. *应用生态学报*, 2019, 30(09):3 137-3 146.
- [22] 郑春莲,冯棣,李科江,等. 咸水沟灌对土壤水盐变化与棉花生长及产量的影响[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(13):92-101.
- [23] 刘雪艳,丁邦新,白云岗,等. 微咸水膜下滴灌对棉花生长及产量的影响[J]. *干旱区研究*, 2020, 37(06):1 627-1 634.

(上接第 15 页)

3 讨论与结论

通过系统选育筛选出具有目标性状的菌株 ZY-17, 定名“陕蜜 2009”。该品种在秦巴山区多年多点的区域试验和生产试验中, 表现出伴栽天麻产量高、菌种适应性强、稳定性好的特点, 符合非主要农作物品种鉴定登记的条件, 达到新品种审定要求。该品种于 2017 年 4 月 25 日通过了陕西省农作物品种审定委员会办公室非主要农作物品种鉴定登记。通过上述生产试验结果表明, 陕蜜 2009 新品种可以进行推广伴栽天麻。

参考文献:

- [1] Kile G A, Guillaumin J J, Mohammed C, et al. Biogeography and pathology of *Armillaria*[C]. *Proceedings of the 8th International Conference on Root and Butt rots*. 1994:411-436.
- [2] 徐锦堂. 中国天麻栽培学[M]. 北京: 北京医科大学联合出版社, 1993:158-161.
- [3] 顾雅君, 张明艳, 唐宏亮, 等. 蜜环菌和天麻、猪苓的关系及尚未大量人工驯化原因[J]. *中国食用菌*, 2008, 27(06): 20-20.
- [4] 门金鑫, 邢小科. 猪苓与天麻共生蜜环菌类群的比较[J]. *菌物学报*, 2017, 31(06):1 073-1 082.
- [5] 徐锦堂, 冉硕珠, 郭顺星. 天麻种子发芽营养来源的研究[J]. *中国医学科学院学报*, 1990, 12(06): 21-24.
- [6] 郭顺星, 徐锦堂. 天麻消化紫萁小菇及蜜环菌过程中细胞结构变化的研究[J]. *真菌学报*, 1990, 9(03): 213-235.
- [7] 陈昆松, 李方, 徐昌杰, 等. 改良 CTAB 法用于多年生植物组织基因组 DNA 的大量提取[J]. *遗传*, 2004, 26(04): 529-531.
- [8] 燕勇, 李卫平, 高雯洁, 等. rDNA-ITS 序列分析在真菌鉴定中的应用[J]. *中国卫生检验杂志*, 2008, 18(10): 1 958-1 961.
- [9] 翟焕趁, 宋亚娜, 郑伟文. 福建青梅 rDNA ITS 区克隆与序列分析[J]. *亚热带植物科学*, 2008, 37(01): 12-16.
- [10] 李莹, 李莉, 刘艳玲, 等. 基于 ITS 序列分析对杏鲍菇菌种的鉴定[J]. *微生物学杂志*, 2014, 34(01): 62-67.