

微咸水膜下滴灌对棉花植株盐分、 养分吸收及品质的影响

刘雪艳¹, 丁邦新², 白云岗²

(1.新疆农业大学草业与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830052;2.新疆水利水电科学研究院,新疆 乌鲁木齐 830049)

摘 要:为缓解南疆地区淡水资源紧张,充分利用微咸水资源,共设置6种不同淡咸水比例的灌溉水处理,即淡咸比1:0(对照)、4:1(处理1)、3:2(处理2)、2:3(处理3)、1:4(处理4)、0:1(处理5),采用田间试验,研究不同微咸水对棉花植株盐分、养分及品质的影响。结果表明:(1)随着灌溉水矿化度的增大,棉花不同器官中 Na^+ 含量呈现增加的趋势,叶片中 Na^+ 含量最高,处理1~5较对照分别增加8.29%、32.49%、32.87%、42.62%、48.05%;不同器官中 Cl^- 含量随灌溉水矿化度的增大而增加,以叶中 Cl^- 含量最高,其次是蕾铃和茎,根中最低;不同器官中 Ca^{2+} 含量随着灌溉水矿化度增大出现下降趋势,但各处理之间差异不显著。随着灌溉水矿化度的增大,单株棉花 Na^+ 和 Cl^- 积累量出现波动性,其中 Na^+ 积累量在 $0.42\sim 0.51\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$, Cl^- 积累量在 $1.45\sim 2.06\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$ 。而单株棉花 Ca^{2+} 积累量随灌溉水矿化度的增大而下降,处理1~5较对照分别下降23.59%、21.92%、25.81%、42.94%、48.22%。(2)棉花不同器官N、K含量随灌溉水矿化度的增大呈现无规律性变化;棉花茎、叶、蕾铃中的P含量随灌溉水矿化度的增大出现先增加后减小,根中的P含量随灌溉水矿化度的增大而降低,但各处理之间差异不显著。单株棉花N、P积累量随着灌溉水矿化度的增大而下降,其中处理3~5的N单株积累量与对照、处理1、2差异达到显著,对照、处理1~5单株棉花K积累量分别为 7.79 、 6.57 、 5.97 、 5.74 、 5.01 、 $3.88\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$;单株棉花P积累量随着灌溉水矿化度的增大而显著性降低,处理1~5分别较对照减少15.83%、34.56%、35.22%、48.73%、59.22%。(3)随着灌溉水矿化度的增大,棉花的短纤维指数较对照呈现不同程度的上升,对照、处理1~5的棉花短纤维指数分别为5.70、6.30、6.40、7.60、7.45、7.65,各处理之间差异不显著。其它各品质之间均较对照呈现不同程度的下降,整体棉花品质随着灌溉水矿化度的增大而下降。因此,在淡咸水比为4:1,即矿化度为 $2.36\sim 3.39\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,棉花植株体内盐分累积较低,对养分的吸收及品质影响最小。

关键词:微咸水;膜下滴灌;棉花;盐分;养分吸收;品质

中图分类号:S562;S275.6 **文献标志码:**A

Effects of drip irrigation with brackish water under film mulch on salinity, nutrients and quality of cotton plants

LIU Xueyan¹, DING Bangxin², BAI Yungang²

(1. College of Grassland and Environmental Science, Xinjiang Agriculture University, Urumqi, Xinjiang 830052;

2. Xinjiang Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi, Xinjiang 830049)

Abstract: In order to alleviate the shortage of fresh water resources in southern Xinjiang and make full use of brackish water resources, an experiment with different mixing ratios of fresh and brackish water were conducted. Six ratios of fresh water and brackish water were 1:0 (control), 4:1 (treatment 1), 3:2 (treatment 2), 2:3 (treatment 3), 1:4 (treatment 4) and 0:1 (treatment 5). The field experiments were conducted to study the effects of different proportion of brackish water on salinity, nutrient, and quality of cotton plants. The results showed that: (1) With the increase of salinity of irrigation water, Na^+ content in different organs of cotton showed an increasing trend; the content of Na^+ in leaves was the highest in different organs, and the levels of Na^+ in leaves increased by 8.29%, 32.49%, 32.87%, 42.62% and 48.05%, respectively, when compared with the control

group. The content of Cl^- in different organs increased with the increase of salinity of irrigation water. The highest content of Cl^- was found in leaves, followed by buds and bolls and stems, and the lowest in roots. The Ca^{2+} content in different organs decreased with the increase of salinity, but there was no significant difference among the treatments. With the increase of salinity, the Na^+ and Cl^- accumulation of cotton per plant fluctuated, in which the Na^+ accumulation ranged from $0.42 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ to $0.51 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$, and the Cl^- accumulation ranged from $1.45 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ to $2.06 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$. The accumulation of Ca^{2+} in cotton per plant decreased with the increase of salinity, and the values of treatment 1~5 decreased by 23.59%, 21.92%, 25.81%, 42.94%, and 48.22%, compared with the control group. (2) The content of nitrogen and potassium in different organs of cotton changed irregularly with the increase of salinity; the content of phosphorus in stems, leaves, buds and bolls of cotton first increased and then decreased, while the content of phosphorus in roots decreased with the increase of salinity, but there was no significant difference among the treatments. The accumulation of nitrogen and phosphorus per plant of cotton decreased with the increase of mineralization degree. The nitrogen accumulation per plant of treatment 3~5 was significantly different from that of control, treatment 1 and 2. The total potassium accumulation of cotton in control and treatment 1~5 was 7.79, 6.57, 5.97, 5.74 $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ and 5.01 $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$, respectively. With the increase of irrigation water salinity, the phosphorus accumulation per plant of cotton decreased significantly, which decreased by 15.83%, 34.56%, 35.22%, 48.73% and 59.22% respectively compared with the control. Treatment 1 had the smallest decrease compared with the control. (3) With the increase of salinity, the short fiber index of cotton increased in different degrees, the short fiber index of control and treatment 1~5 were 5.70, 6.30, 6.40, 7.60, 7.45 and 7.65, but the difference was not significant. Compared with the control, other qualities decreased to different degrees. Overall, the quality of cotton decreased with the increase of salinity. Therefore, when the brackish water ratio was 4:1, that is, the salinity was $2.36 \sim 3.39 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, the salt accumulation in the cotton body was low, and the effect on nutrient absorption and quality was minimal.

Keywords: brackish water; cotton; salt; nutrient; the quality of cotton

新疆淡水资源短缺,导致棉花种植规模受到限制,而微咸水丰富,合理利用新疆丰富的微咸水是解决这一问题的有效途径。相关学者关于盐分胁迫下棉花养(盐)分的吸收与分布做了大量研究。随着土壤盐度的增加,棉花对养分(N、P、K)的吸收和分配呈现降低的趋势,盐分(Ca^{2+} 、 Na^+ 与 Cl^-)呈现增加的趋势^[1];盐胁迫使得棉花组织中 Na^+ 的浓度升高, K^+ 的浓度降低^[2-4]。棉花吸收的盐分主要累积在茎叶中^[5],蕾铃中较少,籽棉中盐分离子含量极低^[6-7]。棉田经过长期微咸水灌溉,棉株蕾铃期地上部全氮及 K^+ 含量显著降低,但磷素表现为幼叶及柄中含量升高,老叶及柄中含量较低^[8]。同时,棉花对盐分的响应,有些学者持不同观点。马丽等^[9]通过试验得出棉花植株中的氮、磷积累量随着土壤盐度的升高而显著降低, K^+ 含量则随着土壤盐度的升高而显著增加。王艳娜等^[10]研究发现,棉株体内 K^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 含量随着咸水浓度的增加而升高, Na^+ 浓度变化较小。盐分在一定程度上促进棉花部分器官对磷素的吸收,随着盐分的升高,增加了根和茎对氮素的截留作用,盐分对棉花吸收钾素的影响不大^[11]。利用微咸水进行灌溉,可以为植物

的生长提供所需的水分,但微咸水本身会携带一定量的盐分,这些盐分,如果未能淋洗出土体,可能会造成土壤次生盐渍化;如果把微咸水中的盐分控制到合理的范围内,微咸水中还带有其他微量元素,可以促进作物的生长。此外,由于地质条件、棉花品种的耐盐性、田间管理方式等多种因素的影响,棉花对盐分的响应不同,产生结果也有所差异。因此,针对不同区域盐分对棉花养分盐分吸收的影响,确定最佳灌溉水的淡咸比例,合理利用微咸水,对于缓解新疆南部地区淡水资源紧缺具有积极的意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区新疆生产建设兵团第2师31团地处巴音郭楞蒙古自治州尉犁县境内,塔克拉玛干沙漠边缘,塔里木河下游,地理坐标为 $85^{\circ}24' \sim 88^{\circ}30' \text{E}$, $39^{\circ}30' \sim 42^{\circ}20' \text{N}$,全团土地面积 $36\,586.7 \text{ hm}^2$ 。属暖温带大陆性荒漠气候,光照时间充足,热量丰富;气候干燥,昼夜温差大,春季风沙大,且3—4月较为频繁,无霜期为180~220 d;降雨量少,多年平均降水量为30.5 mm,蒸发量大,多年平均蒸发量为2 273

~2 788 mm。该团主要种植棉花、香梨、红枣以及罗布麻。全团土壤主要以砂壤土、壤土为主,有部分砂土和黏土。区内水资源缺乏,地下水为矿化水,严重抑制该区农业的发展。

1.2 试验设计

于 2019 年 4 月上旬播种,9 月下旬收获。采用一膜两管四行的种植模式,株距为 10 cm,覆膜宽度为 125 cm。本试验利用淡水(矿化度 0.38~0.75 g·L⁻¹)与咸水(矿化度 9.81~11.81 g·L⁻¹)进行不同比例混合,共设置 6 种处理:即对照,淡咸比为 1:0,矿化度为 0.38~0.75 g·L⁻¹;处理 1,淡咸比为 4:1,矿化度为 2.36~3.39 g·L⁻¹;处理 2,淡咸比为 3:2,矿化度为 3.34~5.51 g·L⁻¹;处理 3,淡咸比为 2:3,矿化度为 6.36~7.74 g·L⁻¹;处理 4,淡咸比为 1:4,矿化度为 7.30~9.32 g·L⁻¹;处理 5,淡咸比为 0:1,矿化度为 9.81~11.81 g·L⁻¹。每个处理重复 3 次,小区面积为 30 m²。苗期用少量淡水进行灌溉以保证棉花植株正常生长,在现蕾期之后采用微咸水灌溉,灌水量为 5 250 m³·hm⁻²,灌水周期为 7 d 1 次。试验采用的是重力自压滴灌方式,首先把淡咸水按不同比例抽入容量为 1 t 水罐中,混匀后灌入小区。试验地棉花全生育期内氮磷钾施用量分别为 300、120、90 kg·hm⁻²;氮肥用尿素(N:46%),二铵(N:18%;P₂O₅:46%),钾肥(K₂O:60%)。其它管理及农艺措施均参考当地经验。

1.3 测定项目及方法

植株样品的采集:于棉花的不同生育期在每个试验小区随机采取 3 株,分根、茎、叶、蕾铃 4 部分,

在 105℃ 杀青 2 h,80℃ 烘干至恒重并称重,将烘干后的植物样粉碎并过 0.1 mm 筛。

植株样品的测定:全 N 使用凯氏定氮法测定,全 P 利用钒钼黄比色法测定,全 K 采用火焰光度计进行测定,Na⁺采用火焰光度法进行测定,Cl⁻采用莫尔法进行测定,Ca²⁺采用原子吸收分光光度法。

棉花纤维测定:农业部棉花质量检测中心(乌鲁木齐)进行上半部平均长度、整齐度、断裂比强度、断裂伸长率、短纤维指数、马克隆值等品质指标测定。

1.4 数据处理与分析

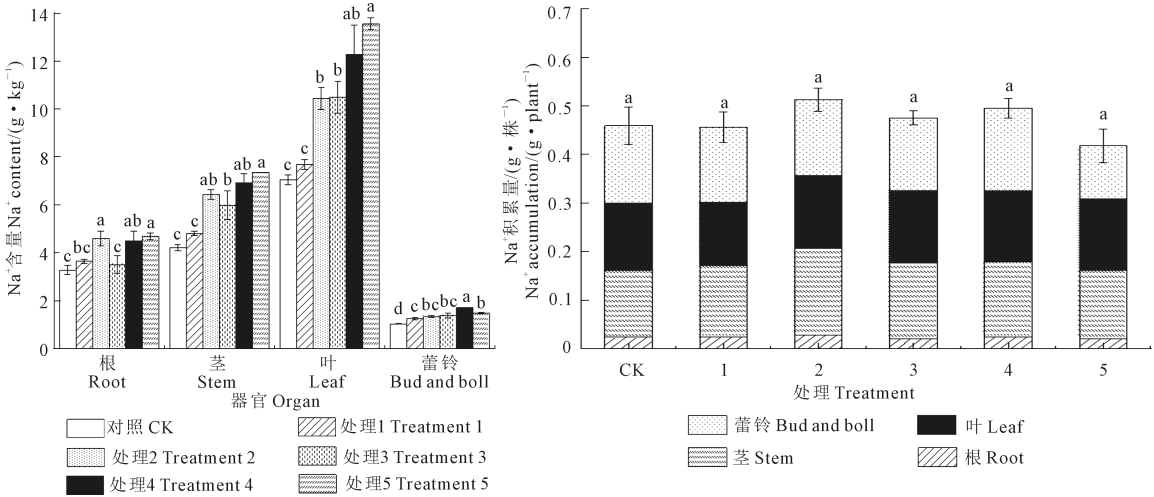
采用 Excel 软件进行数据整理,Sigmaplot 10.0 软件进行绘图,SPSS 进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对棉花盐分离子含量与积累量的影响

2.1.1 Na⁺含量与积累量 从图 1 可以看出,在吐絮期棉花各器官中 Na⁺含量的大小为:叶>茎>根>蕾铃。随着灌溉水矿化度增大,不同处理棉花器官 Na⁺含量呈现增大的趋势,且增加趋势显著。棉花根中 Na⁺含量对照处理为 3.27 g·kg⁻¹,处理 5 较对照增长最多,增长 30.0%,其次是处理 2 增长 28.7%。棉花茎中 Na⁺含量最低为对照处理(4.21 g·kg⁻¹),处理 4、5 较对照分别增长 39.10%和 42.69%。叶中 Na⁺含量处理 1~5 较对照分别增加 8.29%、32.49%、32.87%、42.62%、48.05%。蕾铃中 Na⁺含量虽然也有所增加,但是与根、茎、叶器官相比增长幅度较小。

随着灌溉水矿化度的增加,单株棉花 Na⁺积累量呈现无规律性的波动变化,是因为随着灌溉水矿



注:不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$),下同。
Note: Different letters indicate the significant difference among treatments ($P<0.05$), the same below.

图 1 不同微咸水灌溉对棉花植株 Na⁺含量和积累量的影响

Fig.1 Effects of different brackish water irrigation on Na⁺ content and accumulation of cotton plants

化度的增大,Na⁺含量呈现上升,但干物质质量却呈现下降的趋势。Na⁺积累量范围在 0.42 ~ 0.51 g · 株⁻¹,其中处理 5 最低,处理 2 最高,但不同处理间差异不显著。单株棉花不同器官中茎、叶和蕾铃的 Na⁺积累量较高,导致此结果的主要原因是吐絮期茎、叶和蕾铃生物量大,且 Na⁺的含量也较高。

2.1.2 Cl⁻含量与积累量 由图 2 可知,在吐絮期棉花各器官中 Cl⁻含量随灌溉水矿化度的增大而增加,以叶中 Cl⁻含量最高,其次是蕾铃和茎,根中最低。叶片中的 Cl⁻含量对照为最低,处理 1 与对照之间差异不显著,其它各处理均较对照显著增加。蕾铃中 Cl⁻含量随着灌溉水矿化度的增大而增加,处理 1 较对照增加最少,为 14.53%,处理 4 较对照增加最多,为 33.81%。棉花茎中 Cl⁻含量随着灌溉水矿化度的增大而增加,各处理均与对照达到显著差异水平,处理 1 ~ 5 较对照分别增加 31.72%、45.80%、43.93%、57.93%、56.00%。棉花根中对照 Cl⁻含量最低,最高是处理 5,较对照增加 97.05%。

随着灌溉水矿化度的增大,单株棉花中 Cl⁻积累量呈现无规律性的波动下降,是因为随着灌溉水矿化度的增大,Cl⁻含量呈现上升,但干物质质量却呈现下降的趋势。Cl⁻积累量范围在 1.45 ~ 2.06 g · 株⁻¹,其中处理 5 最低,处理 2 最高。对照与处理 1 ~ 4 之间差异不显著,而处理 5 较其它各处理有显著性下降,是因为受灌溉水矿化度的影响,处理 5 的生物量较低。蕾铃的 Cl⁻积累量较高,占单株 Cl⁻积累总量的 68.05% ~ 75.85%,导致此结果的主要原因是蕾铃在吐絮期生物量大,而且 Cl⁻的含量也较高。

2.1.3 Ca²⁺含量与积累量 由图 3 可知,吐絮期的棉花各器官 Ca²⁺含量总体表现为随着灌溉水矿化度的增大出现下降,但是各处理之间差异不显著,叶中 Ca²⁺含量最高。根中 Ca²⁺含量随灌溉水矿化度的增大而下降,但是下降幅度较小,处理 4 最低。茎中的 Ca²⁺含量在 7.27 ~ 8.8 g · kg⁻¹,各处理间差异不显著。叶中的 Ca²⁺含量在 43.29 ~ 46.38 g · kg⁻¹,各处理间差异不显著。蕾铃中 Ca²⁺含量处理间差异不显著,在 12.33 ~ 13.98 g · kg⁻¹之间。随着灌溉水矿化度的增大,各处理棉花单株 Ca²⁺积累量均较对照下降,处理 1 ~ 5 较对照分别下降 23.59%、21.92%、25.81%、42.94%、48.22%。由不同器官 Ca²⁺积累量可以看出,叶和蕾铃最高,因为吐絮期的叶和蕾铃的生物量大且 Ca²⁺含量高,导致积累量最高。

2.2 不同处理对棉花养分含量与积累量的影响

2.2.1 N 含量与积累量 由图 4 可知,在吐絮期,随着灌溉水矿化度的增大,不同处理下棉花中的 N 含量呈现无规律性变化。不同器官中 N 含量,以地上部含量最高,根部含量较低。其中地上部叶片中 N 含量最高,其次是蕾铃和茎。叶和蕾铃作为储存器官储存了大量的 N 以保证棉花正常的营养生长和生殖生长,根中 N 含量较少,说明根对 N 的截留作用较小,将更多的 N 由地下运输到地上,提高了 N 的利用率。叶片中 N 含量,处理 1 较对照增大,其它处理较对照均有不同程度降低。不同微咸水处理下,蕾铃对 N 吸收情况不同,处理 3 蕾铃中 N 含量最低,为 3.51 g · kg⁻¹,处理 1 蕾铃中 N 含量最高,为 5.78 g · kg⁻¹。在茎中,N 含量没有随着灌溉水矿化度的

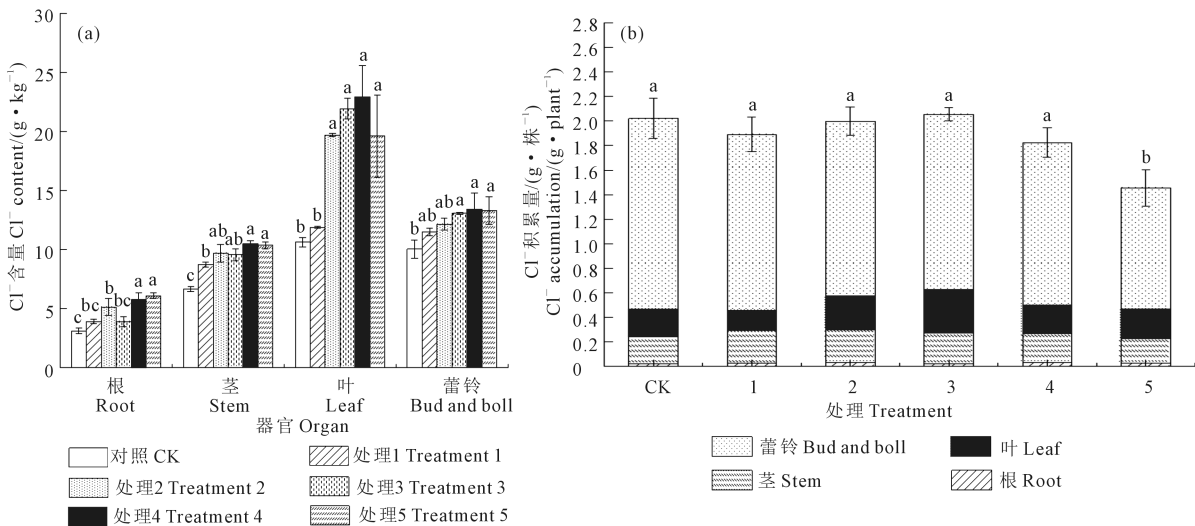


图 2 不同微咸水灌溉对棉花植株 Cl⁻含量和积累量的影响

Fig.2 Effects of different brackish water irrigation on Cl⁻ content and accumulation of cotton plants

变化而出现显著性变化。由此推断,随着灌溉水矿化度的增大,根部截留部分 N,使得叶片和蕾铃中的 N 含量有所下降。同时,由图可以看出,茎对 N 的截留不明显。由不同灌溉水矿化度处理下的棉花单株氮素积累量来看,随着灌溉水矿化度的增大,各处理下 N 积累量呈下降趋势,导致此结果的主要原因是吐絮期棉花各器官 N 含量随灌溉水矿化度的增大没有出现规律性的变化,随着灌溉水矿化度的增大,棉花的生长受到盐分的抑制,干物质降低,造成积累量下降。不同处理下单株棉花 N 积累量在 0.95~2.19 g · 株⁻¹,对照与处理 3~5 之间存在显著性差异,与处理 1、2 之间差异不显著。从棉花各器官 N 积累量可以看出,蕾铃的 N 积累量最高,是因为吐絮期的蕾铃生物量较大的原因。

2.2.2 P 含量与积累量 如图 5 所示,吐絮期茎、叶、蕾铃 P 含量随着灌溉水矿化度的增大,出现先

增加后下降的趋势,而不同微咸水处理下的 P 积累量随灌溉水矿化度的增大而逐渐降低。根中 P 含量随着灌溉水矿化度的增大而降低,但各处理间差异不显著,其中 P 含量最高是对照 1.16 g · kg⁻¹,含量最低是处理 3、5。茎中 P 含量较根、叶、蕾铃低 (0.58~0.85 g · kg⁻¹)。叶中 P 处理 1 P 含量最高,为 1.61 g · kg⁻¹,其次是对照,为 1.57 g · kg⁻¹,最低为处理 5,为 1.25 g · kg⁻¹。蕾铃中的 P 含量随着灌溉水矿化度的增大呈先增加后减少的趋势,处理 1 与其它各处理之间存在显著性差异,以处理 1 最高,处理 5 最低。由棉花单株 P 积累量可知,随着灌溉水矿化度的增大,各处理 P 积累量显著降低,处理 1~5 分别较对照减少 15.83%、34.56%、35.22%、48.73%、59.22%。从棉花各器官 P 积累量可以看出,蕾铃的 P 积累量最高,是因为吐絮期的蕾铃生物量较大的原因。

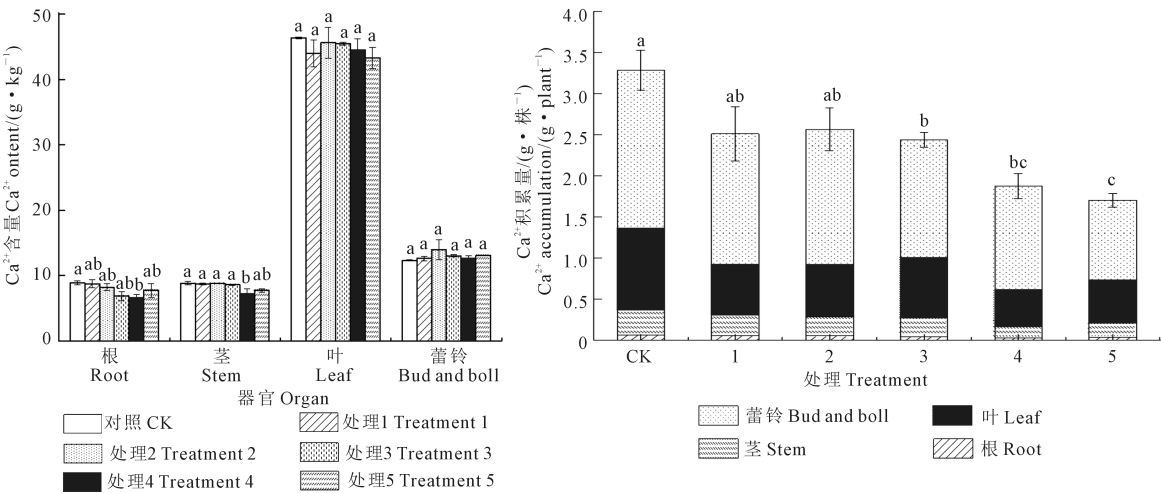


图 3 不同微咸水灌溉对棉花植株 Ca²⁺ 含量和积累量的影响

Fig.3 Effects of different brackish water irrigation on Ca²⁺ content and accumulation of cotton plants

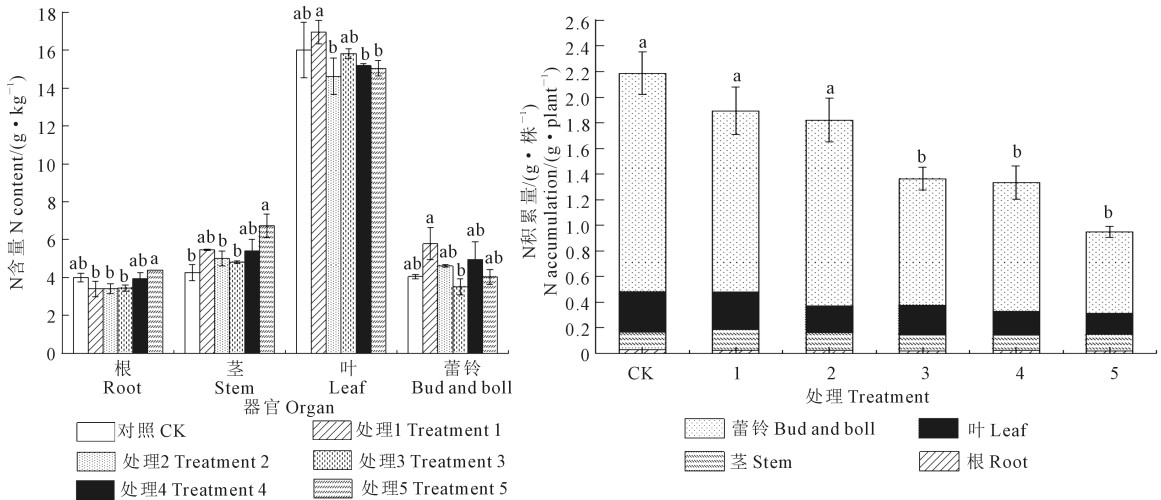


图 4 不同微咸水灌溉对棉花植株 N 含量和积累量的影响

Fig.4 Effects of different brackish water irrigation on N content and accumulation of cotton plants

2.2.3 K 含量和积累量 如图 6 所示,吐絮期随着灌溉水矿化度的增大,棉花不同器官中 K 含量无规律性变化。棉花根中以处理 2 K 含量最高,与其它各处理之间存在显著差异。茎中 K 含量随着灌溉水矿化度的增大出现先增加后下降的趋势。处理 1 茎中 K 含量最高,对照、处理 2~5 分别较处理 1 低 13.30%、12.12%、18.21%、15.92%、22.00%。叶片中处理 2 K 含量最高,为 40.51 g · kg⁻¹,处理 3 为最低 (30.12 g · kg⁻¹)。蕾铃中的 K 含量随着灌溉水矿化度的增大,呈现无规律性的变化,各处理 K 含量在 40.14~43.03 g · kg⁻¹。随着灌溉水矿化度的增大,单株棉花全钾积累量下降,对照、处理 1~5 K 积累量分别为 7.79、6.57、5.97、5.74、5.01、3.88 g · 株⁻¹。造成这种结果的主要原因是随着灌溉水矿化度的增大各处理生物量呈现显著下降。从棉花各

器官 K 积累量可以看出,蕾铃的 K 积累量最高,是因为吐絮期的蕾铃生物量较大的原因。

2.3 不同微咸水膜下滴灌对棉花品质的影响

棉花品质受品种和环境共同影响,品质的好坏决定着棉花的经济价值。对不同灌溉水矿化度处理下的上半部平均长度、整齐度指数、断裂比强度、断裂伸长率、短纤维指数和马克隆值 6 个指标进行鉴定,结果如表 1。由表可以看出,随着灌溉水矿化度的增大,棉花的短纤维指数较对照呈现不同程度的上升,但各处理之间差异不显著。其中,处理 5 的短纤维指数最大,与对照相比增加 7.65%。不同灌溉水矿化度处理下棉花上半部平均长度较对照均有所下降,处理 3 与其它各处理之间存在显著差异。不同灌溉水矿化度处理下断裂比强度亦有不同变化,其中,对照最高,为 25.80 cN · tex⁻¹,其次是处理 1,为

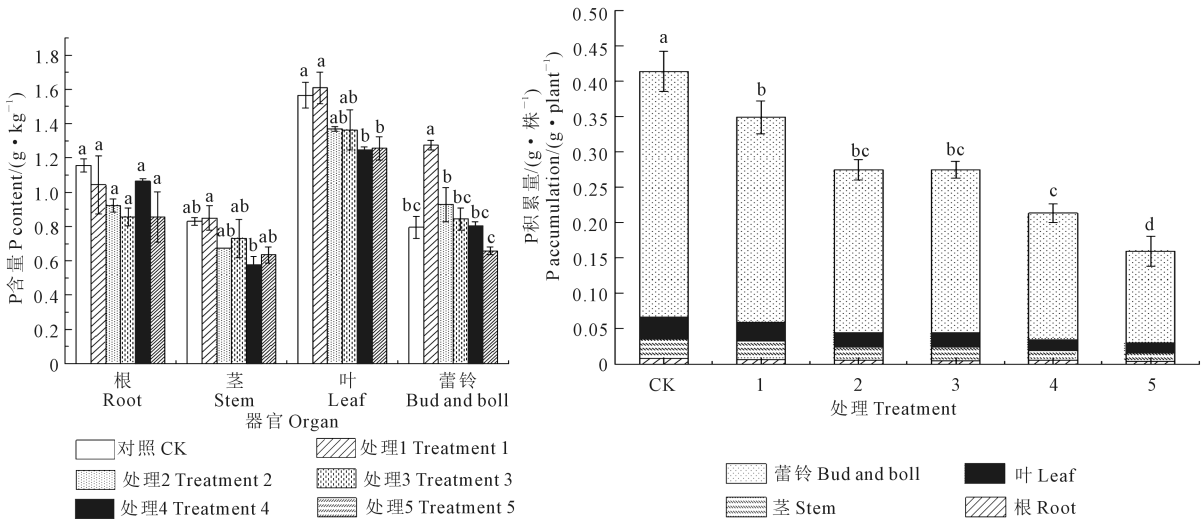


图 5 微咸水灌溉对棉花植株 P 含量和积累量的影响

Fig.5 Effects of different brackish water irrigation on P content and accumulation of cotton plants

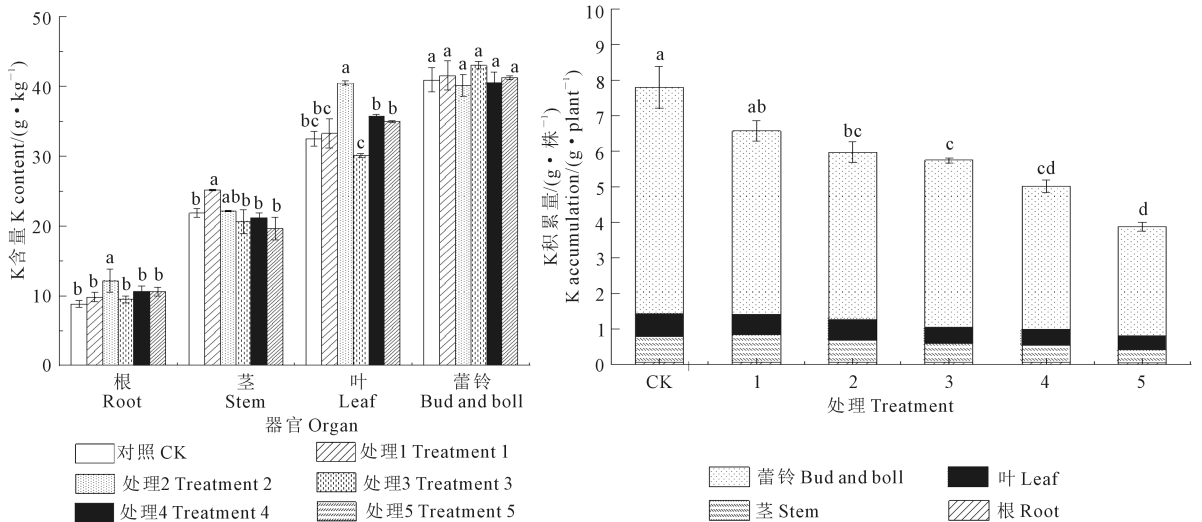


图 6 不同微咸水灌溉对棉花植株 K 含量和积累量的影响

Fig.6 Effects of different brackish water irrigation on K content and accumulation of cotton plants

表 1 不同处理对棉花品质的影响

Table 1 Effect of brackish water irrigation on cotton quality

项目 Item	对照 CK	处理 1 Treatment 1	处理 2 Treatment 2	处理 3 Treatment 3	处理 4 Treatment 4	处理 5 Treatment 5
上半部平均长度 Average length of upper half/mm	28.75a	27.60b	27.50b	26.40d	27.10c	27.05c
整齐度 Uniformity/%	84.90a	83.75bc	83.95abc	83.50bc	82.90c	84.05ab
断裂比强度 Strength/(cN·tex ⁻¹)	25.80a	24.85ab	24.30bc	23.65ab	24.15ab	23.70c
断裂伸长率 Elongation/%	8.95a	8.95a	8.50bc	8.70ab	8.80a	8.25c
短纤维指数 Short fiber index/%	5.70a	6.30a	6.40a	7.60a	7.45a	7.65a
马克隆值 Micronaire	5.35a	5.55a	5.35ab	5.35a	5.35a	5.1b

注:同行不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。
Note: Different letters in same line indicate the significant difference among treatments ($P<0.05$).

24.85 cN·tex⁻¹,处理 3 和处理 5 最低,分别为 23.65 cN·tex⁻¹和23.70 cN·tex⁻¹。马克隆值处理 1 较对照增加 0.2,处理 5 较对照减少 0.25,其余各处理的马克隆值与对照差异不显著。随着灌溉水矿化度的增大短纤维指数呈现增加趋势,上半部平均长度、断裂比强度和马克隆值随着灌溉水矿化度的增大呈现降低的趋势,盐分对整齐度和断裂伸长率的影响无规律性变化,总体来说不同微咸水处理间品质差异下降。

3 讨 论

利用咸水进行灌溉,咸水中的盐分被带入土壤,在土壤中不断累积,尤其是 Na⁺和 Cl⁻对植物的影响较大,极易造成植物的营养失衡^[12]。本试验结果发现随着灌溉水盐分的增大,棉花植株中 Na⁺含量显著增加,各器官 Na⁺含量的从多到少依次为叶>茎>根>蕾铃。棉花根系和蕾铃吸收的 Na⁺含量远低于茎叶,说明根系和生殖器官对 Na⁺的截留较少,部分 Na⁺通过茎的运输被截留,更多的 Na⁺被运输到叶中。棉花吸收的 Cl⁻在叶片含量最高,根中含量最低。这与赵可夫^[13]试验结果较为一致。地上部积累了较多的 Na⁺和 Cl⁻,而根部的含量较低,加大了地上部和根部之间的渗透势差,促进更多的水分由根部向地上部的运输,利于改善地上部的水分状况,促进生长^[14]。NaCl 胁迫严重抑制棉花根系对 Ca²⁺的吸收,以及 Ca²⁺在棉花体内的运输和分配^[15]。随着灌溉水矿化度的增大,棉花叶片中 Na⁺含量增加,叶片中累积的 Na⁺对 Ca²⁺吸收有一定的抑制作用,Ca²⁺呈现下降的趋势,但是下降趋势不明显,说明盐分的增加,主要对 Na⁺和 Cl⁻的增加有促进作用,而对 Ca²⁺含量影响较小,Ca²⁺对保护细胞膜及缓解盐分胁迫作用具有一定积极作用。

从棉花各器官养分含量来看,棉花叶片和蕾铃中的养分含量最高,保证了棉花的营养生长和生殖

生长;随着灌溉水矿化度的增大,棉花各器官养分含量呈现先增加后降低的趋势,说明少量的盐分可以促进各器官对养分的吸收,过多的盐分则会抑制对养分的吸收作用。盐分对不同养分含量的影响不同,从本试验结果来看,N 含量和 P 含量随着盐分的增加呈现下降的趋势,而 K 含量则变化不明显,说明土壤中较多的盐分会抑制棉花对养分的吸收,且对 N、P 肥的抑制作用大于 K 肥。闵伟^[16]通过试验证明,咸水灌溉会显著降低 N 吸收。合理使用氮肥会提高氮肥利用率,减轻盐分危害,但随着灌溉水盐度的增加,其促进效应明显受到抑制^[17],而 N、P、K 肥配合施用,可以促进棉花对 N、P、K 养分吸收,减少对 Na⁺吸收,延缓盐渍土棉花衰老^[18]。因此,利用微咸水进行灌溉时,应该注意 N、P、K 肥的施用,以提高肥料利用率及减轻盐分对棉花产生的危害。

随着灌溉水矿化度的增大,不同处理下单株棉花中 Na⁺和 Cl⁻积累量差异不显著,而单株 Ca²⁺积累量有显著差异,并且 Ca²⁺积累量随着灌溉水矿化度的增大出现显著下降的趋势。各养分的积累量随灌溉水矿化度的增大而下降,这与龚江^[19]得出试验结果一致。有研究表明,棉花籽粒中含氮量占植株总含氮量 8%,更多的氮素被积累在叶片中^[20]。本研究结果表明,吐絮期氮素积累量最大的器官是蕾铃。造成这种结果的原因主要有:一是棉花生育后期主要进行生殖生长,更多的养分被运输到生殖器官中,氮素含量增多;二是吐絮期生殖器官的生物量最大。

4 结 论

1)随着灌溉水矿化度的增大,棉花各器官 Na⁺和 Cl⁻含量呈现增加的趋势,其中处理 1 较对照差异较小,其它各处理与对照均存在显著性差异;Ca²⁺含量呈现下降的趋势,但各处理之间差异不显著。

2)棉花 Na⁺、Cl⁻、Ca²⁺积累量随着灌溉水矿化度

的增大呈现波动性变化,其中各处理之间 Na^+ 积累量差异不显著, Cl^- 和 Ca^{2+} 积累量随着灌溉水矿化度的增大而下降。

3)棉花各器官 N、P、K 含量随灌溉水矿化度的增大出现先增加后降低的趋势,整体以处理 1 含量最高;随灌溉水矿化度的增大单株棉花 N、P、K 的累积量下降,处理 1 较对照下降幅度最小。

4)随着灌溉水矿化度的增大,棉花的短纤维指数较对照呈现不同程度的上升,但各处理之间差异不显著。其它各品质之间均较对照呈现不同程度的下降,整体棉花品质随着矿化度的增大而下降。

参 考 文 献:

[1] 龚江,吕宁,茹思博,等.滴灌条件下盐分对棉花养分及盐离子吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(3):670-676.

[2] 王宁,杨杰,黄群,等.盐胁迫下棉花 K^+ 和 Na^+ 离子转运的耐盐性生理机制[J].棉花学报,2015,27(3):208-215.

[3] 王涛.盐胁迫诱导棉花早衰机理研究[D].济南:山东师范大学,2014.

[4] 张国伟.土壤盐分影响棉花(*Gossypium hirsutum* L.)生长的生理机制研究[D].南京:南京农业大学,2011.

[5] 王庆惠,杨嘉鹏,向光荣,等.盐胁迫对不同基因型棉花苗期光合特性和养分吸收的影响[J].中国农业科技导报,2018,20(5):9-15.

[6] 王艳娜.咸水滴灌条件下盐分在土壤-作物系统中的积累与分布[D].石河子:石河子大学,2007.

[7] Malash N M, Ali F A, Fatahalla M A, et al. Response of tomato to irrigation with saline water applied by different irrigation methods and wa-

ter management strategies [J]. International Journal of Plant Production, 2008, 2 (2):101-116.

[8] 王国栋.微咸地下水滴灌对土壤次生盐渍化及棉花生理特性及产量的影响研究[D].石河子:石河子大学,2008.

[9] 马丽.不同滴灌方式下土壤盐度对棉花生长和养分吸收的影响[D].石河子:石河子大学,2008.

[10] 王艳娜,侯振安,龚江,等.咸水滴灌对棉花生长和离子吸收的影响[J].棉花学报,2007,34(6):472-476.

[11] 李建亮.滨海盐土棉田盐分对棉花产量品质的影响机理研究[D].南京:南京农业大学,2013.

[12] 李品芳,侯振安,龚元石. NaCl 胁迫对苜蓿和羊草苗期生长及养分吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2001,7(2):211-217.

[13] 赵可夫. NaCl 抑制棉花幼苗生长的机理——盐离子效应[J].植物生理学报,1989,39(2):173-178.

[14] 张海燕.盐胁迫下盐地碱蓬体内无机离子含量分布特点的研究[J].西北植物学报,2002,23(1):129-135.

[15] Cramer G R, Lynch J, Lauchli A, et al. Influx of Na^+ , K^+ , and Ca^{2+} into roots of salt-stressed cotton seedlings: effects of supplemental Ca^{2+} [J]. Plant Physiology, 1987, 83(3):510-516.

[16] 闵伟.咸水滴灌对棉田土壤微生物及水氮利用效率的影响[D].石河子:石河子大学,2015.

[17] 闵伟,侯振安,冶军,等.灌溉水盐度和施氮量对棉花产量和水氮利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(4):858-867.

[18] 辛承松,董合忠,罗振,等.黄河三角洲盐渍土棉花施用氮、磷、钾肥的效应研究[J].作物学报,2010,36(10):1698-1706.

[19] 龚江.滴灌棉田水盐迁移规律及其改善棉花耐盐机制研究[D].武汉:华中农业大学,2015.

[20] Chen W, Hou Z, Wu L et al. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment [J]. Plant Soil, 2010, 326(S1-2):61-73.

(上接第 127 页)

[2] 李仙岳,丁宗江,闫建文,等.沙区降解膜覆盖下滴灌农田水氮交互效应与模型研究[J].农业机械学报,2018,49(7):261-270.

[3] 杨宏羽,李欣,王波,等.膜下滴灌油葵土壤水热高效利用及高产效应[J].农业工程学报,2016,32(8):82-88.

[4] 李燕山,肖石江,王晓瑞,等.氮肥用量对膜下滴灌冬马铃薯产量和经济效益的影响[J].土壤,2020,52(1):25-32.

[5] 郭晓霞,田露,苏文斌,等.不同膜下滴灌定额对土壤水热效应及甜菜产质量的影响[J].灌溉排水学报,2019,38(12):1-10.

[6] 王琦明,胡发龙,柴强.保护性耕作对小麦/玉米间作系统生产效率和可持续性的影响[J].中国生态农业学报,2019,27(9):1344-1353.

[7] 黄恒掌.辣椒-西瓜-玉米套种一年三熟双免耕高产高效栽培技术[J].作物杂志,2012,(2):119-122.

[8] 游永亮,赵海明,李源,等.海河平原区棉花饲用黑麦复种方式及水肥利用效率分析[J].草业学报,2018,27(12):166-176.

[9] 汤文光,肖小平,唐海明,等.不同种植模式对南方丘陵旱地土壤水分利用与作物周年生产力的影响[J].中国农业科学,2014,47(18):3606-3617.

[10] 冯禹,郝卫平,高丽丽,等.地膜覆盖对旱作玉米田水热通量传输的影响研究[J].农业机械学报,2018,49(12):300-313.

[11] 徐昭,史海滨,李仙岳,等.不同程度盐渍化农田下玉米产量对水氮调控的响应[J].农业机械学报,2019,50(5):334-343.

[12] 陈慧,蔡甲冰,陈敏建.覆膜和降雨强度对玉米耗水过程及土壤水分入渗的影响[J].灌溉排水学报,2019,38(S2):11-19.

[13] Gong D Z, Hao W P, Mei X R, et al. Warmer and wetter soil stimulates assimilation more than respiration in rainfed agricultural ecosystem on the China Loess Plateau: the role of partial plastic film mulching tillage [J]. PLoS ONE, 2015, 10(8):e0136578.

[14] 刘坤,陈新平,张福锁.不同灌溉策略下冬小麦根系的分布与水分养分的空间有效性[J].土壤学报,2003,40(5):697-703.

[15] 杨显梅.水氮调控对小麦氮素吸收及土壤碳氮磷化学计量特征的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2019.

[16] 李小利,李昊儒,郝卫平,张文英,王春晖.滴灌施肥对华北小麦-玉米产量和水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2018,37(4):18-28.

[17] 白宇龙.覆膜沟灌下水氮调控对土壤水氮盐分布和向日葵生长特性的影响[D].太原:太原理工大学,2019.

[18] 李娟,葛磊,曹婷婷,等.有机肥施用量和耕作方式对旱地土壤水分利用效率及作物生产力的影响[J].水土保持学报,2019,33(2):121-127.

[19] 朱倩倩,刘国宏,许咏梅,等.水氮对新疆南部麦后复种饲料油菜产量和品质的影响[J].中国生态农业学报,2019,27(7):1033-1041.

[20] 李敏,王春雪,舒正文,王昭,陈建军,李元,祖艳群,张克强.牛粪化肥配施对稻田下渗水氮素流失和水稻氮素积累的影响[J].农业环境科学学报,2019,38(04):903-911.

[21] 张忠学,陈鹏,聂堂哲,等.不同水氮调控模式对稻田土壤氮素分布与有效性的影响[J].农业机械学报,2018,49(11):210-219.