

# 干旱区咸水滴灌对枣树生理特性的影响

李朝阳, 王兴鹏

(塔里木大学 a. 水利与建筑工程学院; b. 现代农业工程自治区高校重点实验室, 新疆阿拉尔市 843300)

**摘要:** 通过采用不同矿化度的咸水灌溉试验,研究了干旱区咸水滴灌对枣树生理特性的影响。结果表明:淡水灌溉,光照强度为影响枣树光合速率、蒸腾速率日变化的主要因素。咸水灌溉的灌溉水矿化度和光照强度两者均对枣树光合速率、蒸腾速率的日变化产生一定影响。2 g/L 咸水滴灌的枣树日光合速率、蒸腾速率表现出较为明显的单峰特性,3 g/L 咸水滴灌既有单峰又有双峰特性,而 4g/L 咸水滴灌的单峰、双峰特性不明显。随着咸水矿化度的增高,枣树叶片叶绿素含量下降越明显,不同处理的枣树叶绿素含量受咸水矿化度的影响较为显著。枣树叶片电解质外渗率和叶片脯氨酸随着咸水矿化度的增大而均有不同程度的增加,且受矿化度影响的差异性显著。因此,在干旱区利用咸水灌溉时,为了降低盐胁迫对枣树造成生理破坏,应考虑选择较为适宜的咸淡水轮灌或轮灌方式。

**关键词:** 咸水灌溉; 滴灌; 枣树; 生理特性; 干旱区

中图分类号: S275.6; S665.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)05-0012-05

## Influence of drip irrigation by salt water on physiology characteristics of jujube tree in arid area

LI Zhaoyang, WANG Xingpeng

(a. College of Water Resource and Architectural Engineering; b. Key Laboratory of Modern Agricultural Engineering in Xinjiang, Tarim University, Alar 843300, China)

**Abstract:** Through adopting the salt water irrigation experiment of different salinities, the paper studied the influence of salt water drip irrigation on the physiological characters of jujube tree in arid area. The results show that when using fresh water to irrigate, the light intensity is the main factors which affect photosynthetic rate and transpiration rate of jujube tree. When using saline water to irrigate, both the salinity of irrigation water and light intensity have certain influence on jujube tree photosynthetic rate and transpiration rate. The photosynthetic rate and transpiration rate of jujube tree obviously appear single peak irrigated by 2g/L salt water, it appears not only single peak but also double peak feature irrigated by 3g/L salt water, but it has no obvious single peak and double peak feature irrigated by 4g/L salt water. The higher the increase of salinity of salt water, the more obviously the content of chlorophyll in the leaf of jujube tree reduces. The content of chlorophyll of jujube tree in different treatments is more obviously impacted by the salinity of salt water significant. The electrolyte leakage rate and proline of leaf increase with the increase of salinity of salt water. The difference affected by salinity of salt water is significant. So, in order to reduce the damage of salt stress to physiology of jujube tree, it is necessary to consider a suitable rotation irrigation method by fresh water and salt water when using salt water to irrigate in arid area.

**Key words:** salt water irrigation; drip irrigation; jujube tree; physiological characteristics; arid area

近年来各国为了缓减淡水资源供需矛盾,均把咸水的开发利用作为重要手段,在干旱区咸水分布广、储量大,已成为主要的开发利用水源。在微咸水灌溉过程中会对作物产量、生理特性等造成影响,对此众

多学者已有很多研究<sup>[1-10]</sup>。但是关于咸水灌溉枣树的研究不多。李宁等<sup>[11]</sup>研究了微咸水滴灌定额及施肥措施对土壤酶活性的影响,王成等<sup>[12]</sup>的研究表明,利用咸水灌溉时,适度增加灌水量是弱化盐分对土壤

收稿日期:2014-04-16; 修回日期:2014-05-28

基金项目:国家自然科学基金项目(31060084、51169023);水利部公益性行业项目(201101050)

作者简介:李朝阳(1986-),男,河南漯河人,硕士,讲师,主要从事水资源高效利用方面的研究工作。

通讯作者:王兴鹏(1978-),男,宁夏吴忠人,硕士,副教授,主要从事极端干旱区农业节水方面的研究工作。

有机碳产生影响的有效途径。李发永等<sup>[13]</sup>建立了枣树根区微咸水矿化度、碱解氮的运移转化时间与土壤碱解氮平均含量、变化量以及变化率之间的相互定量关系。王龙等<sup>[14]</sup>得出了灌水量越大红枣净光合速率和蒸腾速率也越大的结论。关于咸水灌溉对极端干旱区枣树生理特性影响的研究较少。

本研究探讨了咸水滴灌对干旱区枣树光合作用、蒸腾作用以及叶绿素、叶片脯氨酸和叶片质膜透性等生理性状的影响,以期为咸水在干旱区果树灌溉中的资源化利用提供理论依据。

## 1 研究区概况

本试验区位于新疆塔里木大学校内节水灌溉试验基地,基地试验用地 30 亩。本地区属于典型的大陆性极端干旱气候,年降雨量不足 70mm,年蒸发量却高达 2 000 mm 左右,光照资源丰富,年均日照时数 2 729.0 h,最热月平均气温为 25 ~ 27℃,无霜期达 200 d 以上,干旱指数为 7 ~ 20。沙性土壤,透气性好,土壤容重为 1.34 g/cm<sup>3</sup>,田间持水率为 25%,地下水埋藏较深(可忽略)。

## 2 材料与方法

### 2.1 枣树种植模式

试验地选择现有的、生长条件一致的矮化密植种植模式下的红枣作为研究对象,种植株行距 1.5 × 2 m,每亩定植 220 株。年末秋季收果后进行修剪,株高保持在 1 ~ 1.5 m。

### 2.2 灌溉方式

试验采用的灌溉方式为滴灌,选用内镶式滴灌管,根据枣树间距现场打孔安装,滴头间距为 1.5 m + 0.3 m + 0.3 m + 1.5 m,单滴头最大流量为 3 ~ 5 L/h,工作压力为 0.1 MPa。红枣的滴灌带布置方式为单行毛管布置(2 个滴头)。试验用灌溉水为矿化度 6.2 g/L 的农田排水,经淡水稀释配制成符合试验需要的滴灌用水矿化度,并用 1500L 的大型水箱储存备用。咸水灌溉主要集中在枣树萌芽期 - 花期,采用咸淡水轮灌方式,共设 3 个处理,每个处理 3 次重复,淡水对照。不同处理的咸水滴灌时间、滴灌周期和滴灌次数相同。咸水灌溉处理见表 1,咸水灌溉方式为:春灌 1 次淡水,萌芽期灌 2 次咸水,花期灌水 4 次,灌溉顺序为咸、咸、咸、淡,挂果期灌水 3 次,灌溉顺序为淡、咸、淡,成熟期和冬灌均灌 1 次淡水。

### 2.3 试验测定方法

分别于 2012、2013 年 6 月 1 日、7 月 4 日、7 月

29 日、8 月 6 日、8 月 19 日和 9 月 9 日使用 Li6400XT 光合速率仪对红枣生光合速率和蒸腾速率进行测定。7 月 1 日、7 月 15 日和 8 月 1 日利用分光光度计法测定枣树叶片脯氨酸含量,利用叶绿素仪测定枣树叶片叶绿素含量,利用电导仪法测定枣树叶片质膜透性。

表 1 咸水灌溉处理

处理	灌溉水矿化度	灌水定额	备注
对照	<1	200	各处理的施肥方式、施肥量及田间管理相同
处理 1	2	200	
处理 2	3	200	
处理 3	4	200	

### 2.4 数据处理与分析

采用数理统计和 Excel 对试验测试数据进行处理和分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 咸水灌溉对枣树光合速率的影响

由图 1 中可看出,对照处理的不同时期的枣树日光合速率变化呈现出较为明显的双峰特性。早晨 10:00 点由于日照强度不够,枣树的光合速率较小,随着太阳光照强度的增强,枣树光合作用增强,光合速率值在中午 12:00 出现第一个波峰,到中午 14:00 点正处于一天中太阳光照最强烈的时刻,在枣树自我保护功能的作用下出现“午休”现象,光合速率随之出现小幅下降,当避过中午强光照后,光合作用重新开始,并在午后 16:00 出现第二个波峰,其值较前一峰值小。在 16:00 ~ 2:00,在温度持续减低和光照强度减弱的影响下,枣树的光合作用减弱,达到一天中的最小值。说明在淡水灌溉情况下,影响光合速率的主要因素为日光照强度。由图 2 可看出,矿化度为 2 g/L 咸水滴灌的枣树日光合速率呈现出较为明显的单峰特性。午后 16:00 点枣树光合速率达到极大值,随后在日光和温度双重下降的作用下,光合速率开始减小,在 18:00 点达到较小值,随后出现小幅反弹,但不影响枣树整体的日光合速率变化趋势。由图 3 中可看出,矿化度为 3 g/L 咸水滴灌的枣树光合速率日变化不同时期的枣树日光合速率既有单峰又有双峰特性。7 月 4 日、8 月 6 日和 9 月 9 日的枣树日光合速率呈现较为明显的双峰特性,中午 12 点出现第一个波峰,随后在 14:00 出现波谷,至午后 16:00 点出现第二个波峰,峰值过后红枣日光合速率有了较大幅度的降低。6

月1日、7月29日和8月19日则呈现出单峰特性,6月1日和8月19日的峰值出现在14:00点,而7月29日的枣树日光合速率峰值则推迟至16:00点。这说明随着灌溉水矿化度的增加,会对枣树光合特性产生影响,不同时期其影响效果不同。由图4中可看出,矿化度为4 g/L咸水滴灌的不同时期的枣树日光合速率单峰、双峰特性不是很明显。测定的

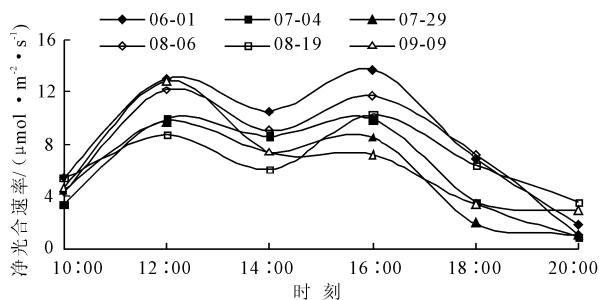


图1 枣树光合速率日变化(对照)

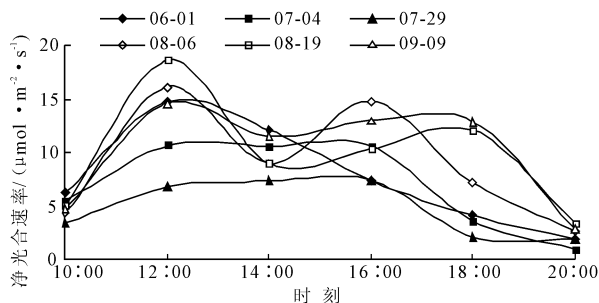


图3 枣树光合速率日变化(3 g/L)

6个时期其光合特性均不同,这说明咸水灌溉情况下,灌溉水矿化度和光照强度为影响枣树光合特性的主要因素,在盐胁迫下,枣树叶片气孔导度下降,阻止了CO<sub>2</sub>供应,对枣树光合速率产生影响。随着灌溉水矿化度的逐渐升高,咸水灌溉对于枣树光合特性的影响逐步增大,甚至会影响枣树的正常生长。

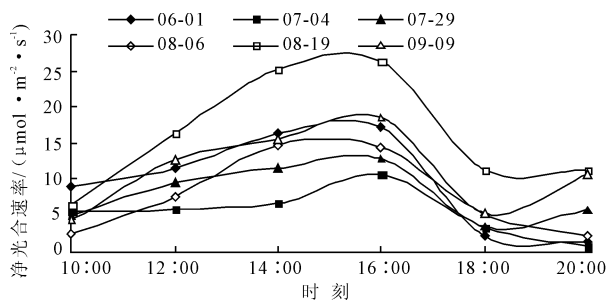


图2 枣树光合速率日变化(2 g/L)

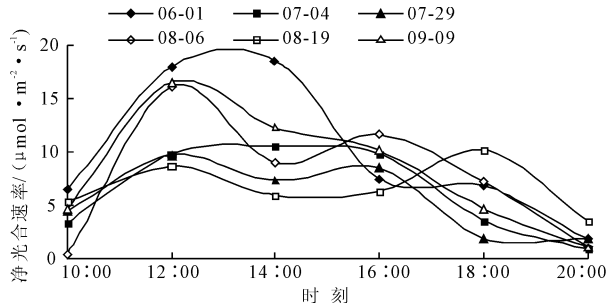


图4 枣树光合速率日变化(4 g/L)

### 3.2 咸水灌溉对枣树蒸腾速率的影响

由图5中可看出,对照处理的不同时期的枣树蒸腾速率日变化呈现出较为明显的双峰特性。早晨温度较低,日照强度较弱,枣树蒸腾速率不强,其值较小,随着日照强度不断增加,温度回升较快,至中午12:00点枣树日蒸腾速率出现第一个峰值,在光照强度持续作用下,为了防止枣树叶片遭受来自强光的灼伤,叶片气孔会自动关闭,以保护叶片正常的蒸腾作用,为此,在午后光照最强的14:00枣树蒸腾速率有所降低。在避过中午的强光照射后,日光强度和气温有所缓解,叶片气孔缓慢复合蒸腾作用,并在午后16:00达到第二个峰值,其值较第一个峰值小。16:00后,气温和光照强度持续减弱,枣树蒸腾速率不断降低,并在20:00点进入低值阶段。由图6可看出,矿化度为2 g/L咸水滴灌的枣树日蒸腾速率呈现出较为明显的单峰特性。午后16:00点枣树日蒸腾速率达到一天中的极大值,随后在日光和气温双重下降的作用下,蒸腾速率开始减弱,在18:00点达到较小值,并将维持低值运移趋势,直至

下一次循环开始。由图7可看出,矿化度为3 g/L咸水滴灌的不同时期的枣树光合速率既有单峰特性,同时又有双峰特性。7月4日和8月6日的枣树日蒸腾速率呈现较为明显的双峰特性,中午12点出现第一个波峰,随后在14:00出现波谷,至午后16:00点出现第二个波峰,峰值过后红枣日蒸腾速率有了较大幅度的降低。6月1日、7月29日和8月19日则呈现出单峰特性,6月1日和8月19日的峰值出现在14:00点,而7月29日的红枣日光合速率峰值则推迟至16:00点,这说明随着灌溉水矿化度的增加,会对枣树蒸腾速率产生影响,不同时期其影响效果不同。由图8可看出,矿化度为4 g/L咸水滴灌的不同时期的枣树蒸腾速率单峰、双峰特性不是很明显。测定的6个时期其蒸腾速率变化均不同,这说明淡水灌溉,影响枣树蒸腾速率的因素为光照强度,咸水灌溉的灌溉水矿化度和光照强度两者对枣树蒸腾速率均会产生一定影响,同时灌溉水矿化度增大对于枣树蒸腾速率的影响会进一步增强,甚至会影响枣树的正常生长。

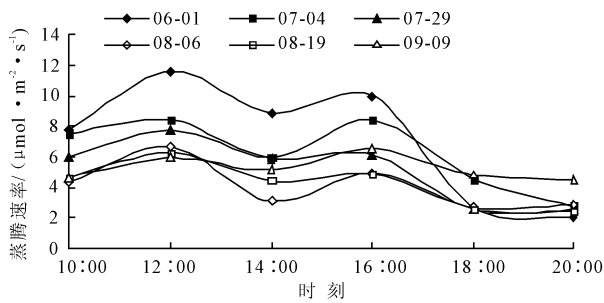


图5 枣树蒸腾速率日变化(对照)

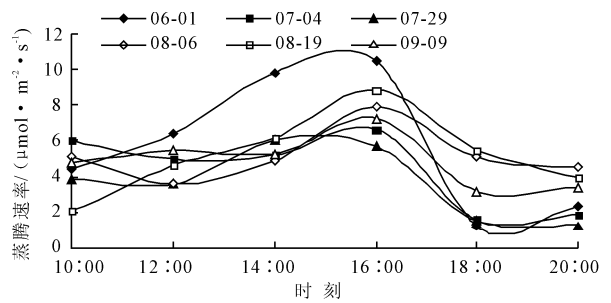


图6 枣树蒸腾速率日变化(2 g/L)

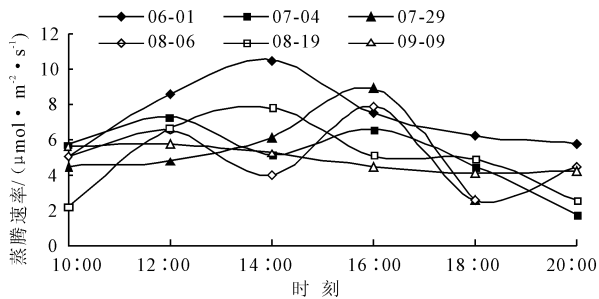


图7 枣树蒸腾速率日变化(3 g/L)

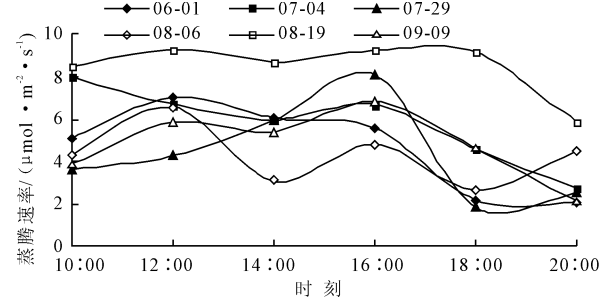


图8 枣树蒸腾速率日变化(4 g/L)

### 3.3 咸水灌溉对枣树叶绿素含量的影响

由表2可以看出,枣树叶片中叶绿素含量随着咸水矿化度的增加而降低,与对照相比,咸水矿化度越高,叶片叶绿素含量下降越明显,不同处理的枣树叶绿素含量受咸水矿化度的影响较为显著。7月1日的枣树叶绿素含量最高,8月1日的枣树叶绿素含量由于受到咸水灌溉的影响,其值明显下降。矿化度为4 g/L的咸水灌溉的枣树叶绿素含量降低了65%、3 g/L的降低了52.5%、2 g/L的降低了49%,而对照灌溉的枣树叶绿素含量同样降低了26.7%,这说明除去自身生长造成枣树叶片叶绿素含量降低外,咸水灌溉是影响枣树叶片叶绿素含量降低的原因之一,从而抑制枣树的光合作用,不利于枣树正常的生长发育。

表2 不同矿化度灌溉水对叶绿素含量的影响 mg/g, g/L

矿化度	2003-07-01	2003-07-15	2003-08-01
4	0.38 ± 0.0058c	0.21 ± 0.0046c	0.13 ± 0.0058e
3	0.40 ± 0.0058c	0.29 ± 0.010b	0.19 ± 0.0058d
2	0.51 ± 0.020a	0.36 ± 0.029a	0.26 ± 0.0033c
对照(<1)	0.45 ± 0.0033b	0.37 ± 0.0033a	0.33 ± 0.0058a

在植物细胞器中受盐分影响比较敏感的是叶绿素,随着咸水灌溉矿化度的增加,叶绿素酶活性增强,促使叶绿素分解,降低了枣树叶片叶绿素含量。

### 3.4 咸水灌溉对枣树电解质外渗率的影响

电解质外渗率是反映植物受到逆境伤害时细胞

膜稳定性的一个重要生理指标。由表3看出,采用咸水灌溉后,不同处理的红枣叶片电解质外渗率均有不同程度的增加。与对照比较,7月1日和7月15日,矿化度为4 g/L处理的咸水灌溉的枣树叶电解质外渗率增加最为明显,与其他处理的差异性达到了显著水平,而矿化度为2、3 g/L处理与对照的差异性不显著。到了8月1日,不同咸水滴灌处理的枣树叶电解质外渗率与对照均达到了显著水平,并且随着咸水矿化度的升高,各处理的电解质外渗率都有较为明显的上升。因此,利用咸水灌溉时,为了降低盐胁迫对枣树造成生理破坏,应考虑选择较为适宜的灌溉方式。

表3 不同矿化度灌溉水对电解质外渗率的影响 % , g/L

矿化度	2003-07-01	2003-07-15	2003-08-01
4	10.81 ± 0.119a	39.3 ± 0.5150a	51.23 ± 0.540a
3	8.22 ± 0.158c	33.19 ± 0.445b	45.10 ± 0.058b
2	8.43 ± 0.128c	29.02 ± 0.688b	40.80 ± 0.185c
对照(<1)	8.51 ± 0.058c	27.80 ± 0.162b	36.94 ± 0.240d

### 3.5 咸水灌溉对枣树叶片脯氨酸含量的影响

由表4可以看出,采用咸水灌溉后,相对于对照处理,不同矿化度的咸水灌溉后枣树叶片脯氨酸含量均有不同程度的增加,不同时期各处理间的差异性显著。矿化度越高的咸水灌溉的枣树叶片脯氨酸含量增加越明显,矿化度为4、3、2 g/L的咸水灌溉后枣树叶片脯氨酸含量较对照处理在不同时期平均

增加了 138.13、115.12 和 101.86  $\mu\text{g/g}$ 。随着灌溉水矿化度的升高,脯氨酸含量呈现出明显的积累趋势,而且这种趋势与灌溉水矿化度呈现出较为明显的相关性,这是由于枣树为了降低咸水灌溉带来的危害性,通过自身生理调节来适应咸水灌溉的变化,从而延缓或减轻生理机构的损坏程度<sup>[8]</sup>。说明枣树脯氨酸含量的增加有助于提高枣树自身抵御盐害的能力,脯氨酸积累的多少可以作为植物抗逆性强弱的生理指标。

表4 不同矿化度灌溉水对叶片脯氨酸含量的影响

矿化度	$\mu\text{g/g}, \text{g/L}$		
	2003-07-01	2003-07-15	2003-08-01
4	132.95 $\pm$ 3.27a	196.29 $\pm$ 5.57a	204.45 $\pm$ 1.40a
3	122.87 $\pm$ 3.41b	169.79 $\pm$ 3.45 b	173.55 $\pm$ 2.99b
2	107.64 $\pm$ 2.57c	149.19 $\pm$ 3.84c	168.06 $\pm$ 3.50b
对照 (<1)	32.77 $\pm$ 1.57e	39.46 $\pm$ 2.82e	47.07 $\pm$ 4.05c

## 4 结 语

(1)淡水灌溉,光照强度为影响枣树光合速率、蒸腾速率的日变化的主要因素。咸水灌溉的灌溉水矿化度和光照强度两者均对枣树光合速率、蒸腾速率的日变化产生一定影响。不同矿化度的咸水滴灌后,不同处理的枣树光合速率、蒸腾速率日变化均呈现出不同的变化特性。咸水矿化度为 2 g/L 灌溉的枣树光合速率、蒸腾速率日变化呈现出较为明显的单峰特性。3 g/L 咸水滴灌既有单峰又有双峰特性,而 4g/L 咸水滴灌的单峰、双峰特性不明显。这说明,随着咸水矿化度的增加,枣树根区盐胁迫程度增强,土壤溶液浓度变大,土壤-根系-主杆-叶片水分运输途径受到影响,水分运移过程在盐胁迫作用下,较难通畅的运输至叶片,叶片水分的减少影响到枣树光合速率、蒸腾速率的变化,同时直接影响枣树叶片水分交换,光合作用、蒸腾速率的减弱对于枣树生长产生不利影响,后期的产量和品质均会受到不同程度的降低。

(2)枣树叶片中叶绿素含量随着咸水矿化度的增加而降低,不同处理的枣树叶绿素含量受咸水矿化度的影响较为显著。叶绿素含量的降低会直接影响枣树的光合作用,不利于枣树正常的生长发育。这是由于在植物细胞器中叶绿素受盐分影响比较敏感,随着咸水灌溉矿化度的增加,叶绿素酶活性增强,促使叶绿素分解,降低了枣树叶片叶绿素含量。

(3)随着灌溉水矿化度的升高,不同处理的枣

树叶片电解质外渗率均有较为明显的上升,叶片电解质外渗率随着灌溉次数的增加受到咸水矿化度的影响越显著。叶片脯氨酸含量也呈现出明显的积累趋势,不同时期各处理间的脯氨酸含量受矿化度影响的差异性显著。枣树脯氨酸含量的增加有助于提高枣树自身抵御盐害的能力。

## 参考文献:

- [1] 王全九,徐益敏,王金栋,等.咸水与微咸水在农业灌溉中的应用[J].灌溉排水报,2002,21(4):73-77.
- [2] 雷廷武,肖娟,王建平,等.地下水滴灌对内蒙古河套地区蜜瓜用水效率和产量品质影响的试验研究[J].农业工程学报,2003,19(2):80-84.
- [3] 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.
- [4] 尹志荣,张永宏,桂林国,等.微咸水滴灌对枸杞产量及土壤水盐运动的影响[J].西北农业学报,2011,20(7):162-167.
- [5] 李发永,王兴鹏,王龙,等.微咸水膜下滴灌条件下新疆棉花水肥耦合规律研究[J].干旱地区农业研究,2013,31(2):146-151.
- [6] 陈素英,张喜英,邵立威,等.微咸水非充分灌溉对冬小麦生长发育及夏玉米产量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(3):579-585.
- [7] 杨静,刘孟雨,董宝娣,等.微咸水简易渗灌对温室番茄生长及生理特性的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(3):70-77.
- [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] 张余良,王正祥,王艳,等.土壤改良剂对灌溉咸水冬小麦光合和蒸腾的影响[J].2012,20(5):542-549.
- [10] 何新林,陈书飞,王振华,等.咸水灌溉对沙土土壤盐分和胡杨生理生长的影响[J].生态学报,2012,32(11):3449-3459.
- [11] 李宁,王兴鹏,李妙伶.微咸水滴灌定额及施肥措施对土壤酶活性的影响[J].灌溉排水学报,2013,32(6):80-83.
- [12] 王成,李宁,王兴鹏,等.不同生育阶段咸水滴灌对红枣根区土壤有机碳垂直分布特性的影响[J].干旱区研究,2012,29(5):883-889.
- [13] 李发永,王兴鹏,林杰,等.不同矿化度的微咸水滴灌对红枣根区土壤碱解氮的影响[J].干旱区研究,2013,30(3):424-429.
- [14] 王龙,张旭贤,姚宝林,等.不同滴灌定额对红枣净光合速率和蒸腾速率的影响[J].塔里木大学学报,2013,25(2):37-42.