

节水控盐滴灌对土壤盐分、红枣光合及产量的影响

姚宝林,孙三民,孙建,叶含春
(塔里木大学水利与建筑工程学院,新疆阿拉尔 843300)

摘要:对灌溉定额为 1 750、1 970、2 190、2 380 m³/hm² 的矮化密植红枣滴灌试验研究表明:红枣果实膨大中后期土壤积盐明显,且主要集中在 0~30 cm 范围内,1 750 m³/hm² 灌溉定额在红枣生育期使土壤积盐,2 380 m³/hm² 灌溉定额洗盐效果明显;红枣生育期需水有两个峰值阶段,第一峰值阶段为初果期,第二峰值阶段为果实膨大中后期~成熟初期,且第二峰值大于第一峰值;红枣叶片日净光合速率有两个峰值,分别为中午 13:00 和下午 18:30 左右,且第一个峰值比第二个峰值大;2 190 m³/hm² 的灌溉定额红枣产量最高。

关键词:节水控盐;土壤盐分;净光合速率
中图分类号: S156.4;S665.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0148-05

为了使新疆南疆建成 800 万 hm² 环塔里木盆地优质林果基地,南疆各地州进行了经济结构调整,当前红枣种植面积超过 6.67 万 hm²,红枣已成为农民增收的重要途径。目前新疆的红枣大多采用地面灌溉,灌溉定额超过 1 500 m³/hm²,一方面造成水资源浪费,另一方面造成果品品质差、效益低。滴灌能够适时适量满足红枣对水肥的需求且节水效果明显,成为红枣高新灌溉技术的发展趋势^[1~3]。截止目前,国内外学者就滴灌条件下土壤水盐运移规律、盐分离子在土壤中的分布规律、影响因素作了大量的研究工作^[4~7]。对内陆干旱区土壤积盐和洗盐进行了初步研究^[8]。在发展环塔里木盆地特色林果业的背景下,对矮化密植红枣不同灌溉定额下的土壤水盐分布特征、红枣节水控盐灌溉制度鲜有研究。通过对矮化密植枣树滴灌条件下土壤盐分运移规律、分布特征和不同灌溉定额条件下枣树生育期土壤盐分积累和淋洗效果的试验研究,为矮化密植红枣合理灌溉定额和淋洗定额提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验区位于塔里木大学水利与建筑工程学院节水灌溉试验基地内,东经 80°51',北纬 40°37',海拔 1 020 m,为典型极端干旱气候区。多年平均气温 10℃、降水量为 67.2 mm,全年蒸发量高达 2 110.5 mm。土壤表层质地为沙壤土,土壤容重 1.42 g/cm³,田间持水量为 29.1%,属于氯化物-硫酸盐

类土壤。地下水位在 3 m 左右。试验地土壤层次及其基本物理参数见表 1。

1.2 试验设计

试验对象为株行距 1 m×2 m 的 3 年生矮化密植红枣,地面滴灌,单行滴管带布置,单翼迷宫式滴头,滴头流量 2.1 L/h。灌溉水矿化度 0.7 g/L,滴头间距 0.3 m,一行红枣为一个处理,三次重复。春季 4 月 25 日各处理进行了大水洗盐,施肥量一致。红枣生育期共灌水 9 次,花期(05-22~06-26)灌水 2 次,灌水周期 20 d,初果期(06-26~07-18),灌水 2 次,灌水周期 10 d,果实膨大初期(07-18~08-20)灌水 3 次,灌水周期 10 d,果实膨大中后期~成熟初期(08-20~09-05),灌水 2 次,灌水周期 8 d,果实成熟后期(09-05~10-15)不灌水。各处理红枣阶段灌水定额和生育期灌溉定额见表 2。

1.3 试验方法

试验采用有压滴灌,根据试验方案每次灌水量根据水表实际测定。灌水前后用土钻取土,各处理取样距滴头水平距离分别为 10、20、30、40 cm,深度取至 100 cm,每隔 10 cm 为一层。土壤含水量采用烘干法测定。土壤盐分测定与土壤水分测定同步,将土样在实验室自然风干,磨碎后过 1 mm 土筛。取土水比 1:5 的土壤浸提液,用 ECTestr 土壤原位电导计测量电导率值(*E_c*)。Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 采用 EDTA 滴定法测定,SO₄²⁻ 采用 EDTA 间接络合滴定法测定,Cl⁻ 采用硝酸银滴定法测定,HCO₃⁻ 采用双指示剂—中和滴定法测定,K⁺ 和 Na⁺ 用离子平衡法计算。

收稿日期:2010-11-19
基金项目:国家自然科学基金(51069013);兵团科技支疆计划项目(2009ZJ03);塔里木大学创新群体项目(TDZKXC09001);新疆生产建设兵团水利局灌溉试验项目(兵水发[2010]78号)
作者简介:姚宝林(1978—),男,甘肃合水人,讲师,从事节水灌溉和生态农业研究。E-mail:yaobaolinabcde@163.com。
通讯作者:叶含春(1966—),男,教授,主要从事水资源开发利用方面研究。E-mail:yhch6654h@sina.com。

表 1 土壤基本物理参数

Table 1 Basic physical properties of the different depth soil in experimental field

土层 Soil depth (cm)	容重 Bulk density (g/cm ³)	田间 持水量 Field water capacity (%)	土壤各级颗粒(mm)百分含量(%) Particle size distribution							
			$d\leqslant 0.001$	$0.001<d\leqslant 0.002$	$0.002<d\leqslant 0.01$	$0.01<d\leqslant 0.05$	$0.05<d\leqslant 0.1$	$0.1<d\leqslant 0.25$	$0.25<d\leqslant 0.5$	$0.5<d\leqslant 1.0$
0~40	1.39	28.4	9.02	19.35	21.02	38.86	6.12	1.86	1.12	2.65
40~100	1.45	29.8	4.77	11.30	24.97	52.62	3.52	1.26	0.21	1.33

表 2 试验设计

Table 2 Experiment design

处理 Treatments	阶段灌水定额 Irrigation quota (m ³ /hm ²)					灌溉定额 Irrigation quota (m ³ /hm ²)
	花期 Flowering period	初果期 Initial fruit stage	果实膨大初期 Initial fruit expanding stage	果实膨大中后期~成熟初期 Late fruit expanding to initial maturity stage	果实成熟后期 Late fruit maturity stage	
	05-22~06-26	06-26~07-18	07-18~08-20	08-20~09-05	09-05~10-15	
T1	400	330	600	420	0	1750
T2	450	380	670	470	0	1970
T3	500	430	740	520	0	2190
T4	520	480	810	570	0	2380

算。红枣叶片光合采用 CIRAS-2 便携式全自动光合作用测定系统进行测定,从 08:30~20:30 选择中部向阳的当年生新枝的中位叶进行净光合速率的日变化测定,每 2~3 h 测定一次,每个样叶纪录数据 3 次,每个处理测定 3 次重复,每个重复(一棵树)测定 5 个样叶,分析数据取其平均值。红枣果实测定为果实成熟自然风干后,对每个处理的 3~5 棵试验树

产量进行分开称量,求和以后取平均值,得每个处理一棵树的产量,最后根据单位面积红枣树的数量,得到单位面积红枣的产量。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉定额土壤盐分动态变化规律

红枣生育期各层土壤盐分变化见图 1。

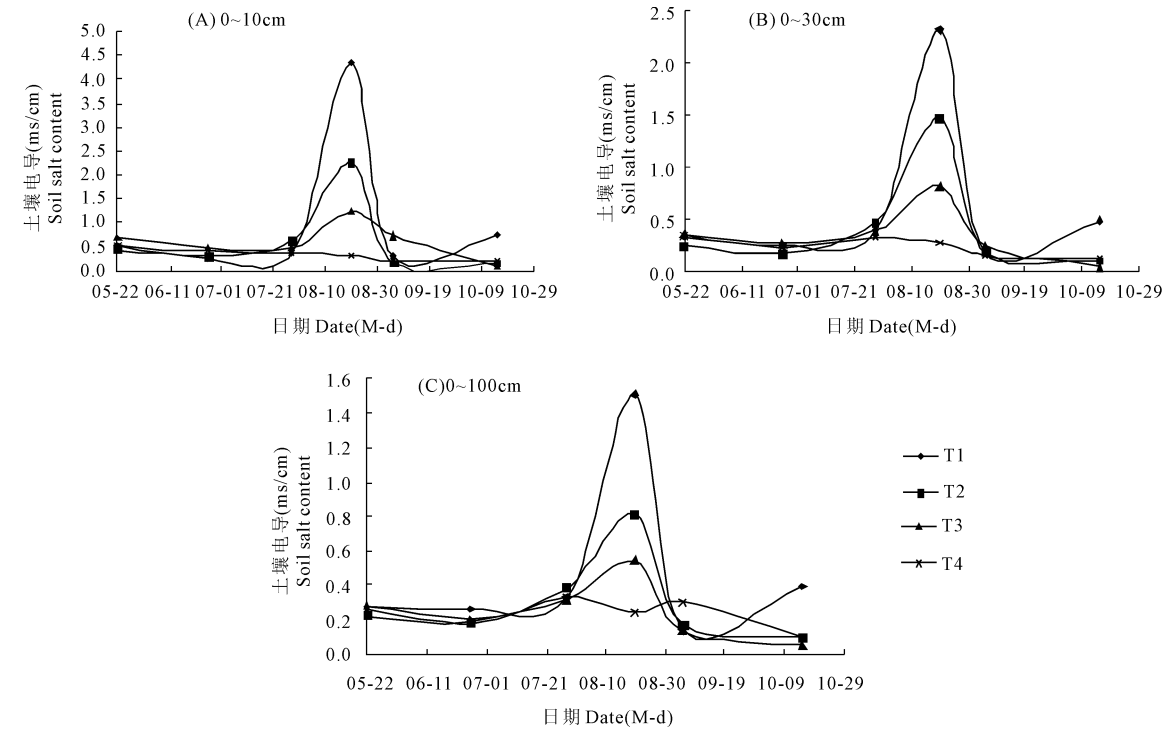


图 1 各处理土壤盐分分布

Fig.1 Soil salt content distribution in different treatments

土壤盐分变化表现为红枣生育前期土壤盐分变化平缓,中期土壤积盐明显,而后期又减小的变化趋势。这主要是红枣初果期(07—18)以前,枣树需水量和土壤蒸发小,土壤积盐不明显,在红枣果实膨大中后期(08—20)左右土壤积盐明显,各处理表层 0~10 cm 盐分分别为 4.35、2.27、1.24、0.33 ms/cm,0~30 cm 盐分分别为 2.32、1.47、0.83、0.29 ms/cm,0~100 cm 盐分分别为 1.51、0.81、0.55、0.24 ms/cm,土壤积盐主要集中在表层 0~30 cm 之间,尤其在 0~10 cm 更为明显。红枣生育期后期,各处理土壤盐分变化除 T1 出现积盐外其余处理表现为洗盐。从红枣全生育期看,T1 出现积盐,积盐率为 60.49%,T2、T3 和 T4 出现洗盐,洗盐率分别为 54.05%、55.45% 和 61.98%。

2.2 不同灌溉定额土壤盐分离子变化

红枣生育期结束后(10—15)各处理土壤 0~100 cm 盐分离子分布见图 2 所示。各离子随灌溉定额的增大而减少,随土壤深度变化各离子在表层 0~30 cm 范围尤其是表层含量较大,在 70 cm 以下又出

现增大,说明枣树生育期土壤盐分变化主要集中在 0~60 cm 范围内,滴灌洗盐和蒸发积盐主要改变这一范围内土壤盐分,而 70 cm 以下盐分主要是滴灌洗盐所形成的积盐。这可为 3 a 龄期红枣节水控盐滴灌技术的淋洗深度提供参考。T1 处理土壤 0~100 cm 剖面各离子含量都增大,其中 Ca^{2+} 由 5 月 22 日的 0.03 mg/g 增加到 0.19 mg/g,增长了 5.32 倍, Mg^{2+} 由 5 月 22 日的 0.021 mg/g 增加到 0.078 mg/g,增长了 2.64 倍, Cl^- 由 5 月 22 日的 0.41 mg/g 增加到 1.03 mg/g,增长了 94.44%, SO_4^{2-} 由 0.71 mg/g 增加到 1.07 mg/g,增长了 51.08%,主要是由于淋洗水量不足致使蒸发提盐加剧造成的;T2 处理各离子含量均减少,除 HCO_3^- 由 0.28 mg/g 减少到 0.22 mg/g,减少 21.43% 外,其余减少均不超过 10%;T3 处理除 HCO_3^- 离子稍有增加外,其余各离子均减少,其中 Mg^{2+} 减少 41.21%, SO_4^{2-} 减少 33.46%, $[\text{Na}+\text{K}]^+$ 离子减少 18.57%;T4 处理 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 分别增加了 12.91% 和 6.85%, Cl^- 减少最多为 12.66%。

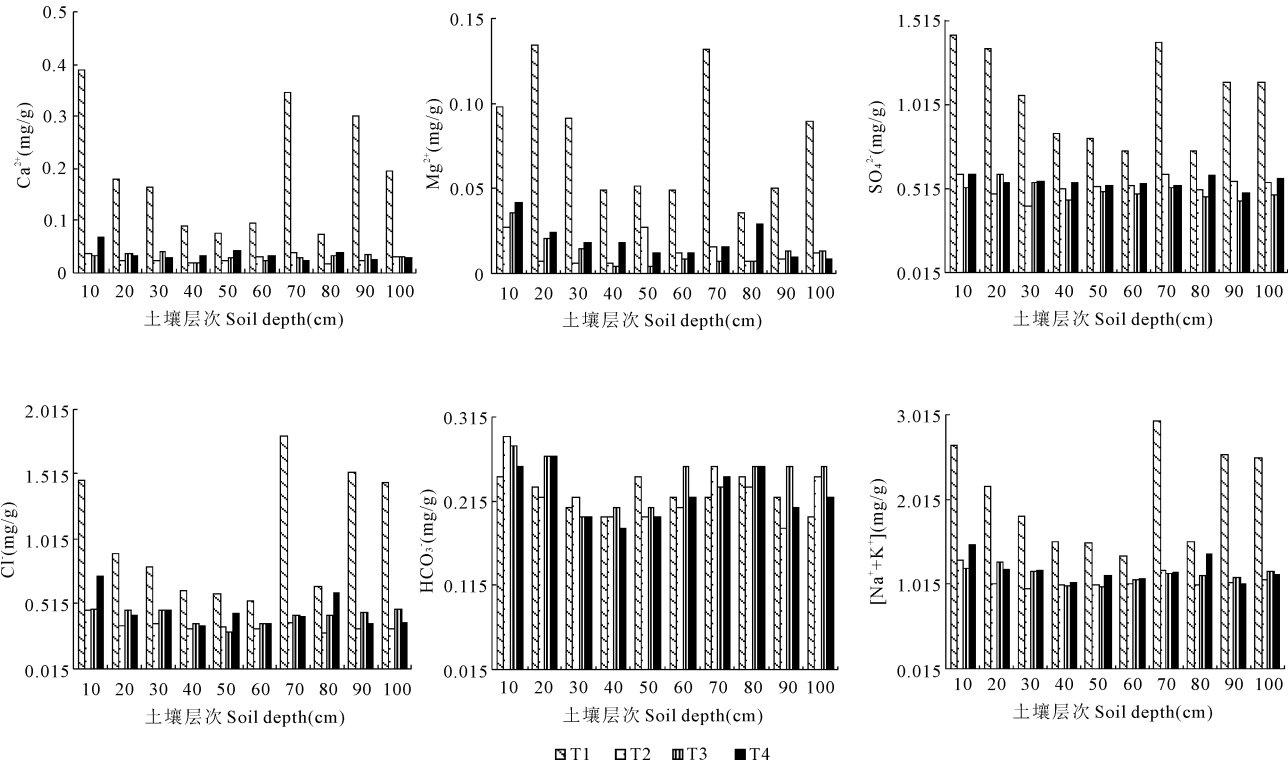


图 2 各处理土壤盐分离子分布

Fig.2 Distribution of different salt ions in the cross section in different treatments

2.3 不同灌溉定额红枣耗水规律

根据《灌溉试验规范》^[9](SL13—2004)规定,作物实际耗水量的计算为:

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (W_{i1} - W_{i2}) + M + P + K - C \tag{1}$$

式中: ET_{1-2} 为阶段耗水量(mm); γ_i 为第 i 层的土壤

干容重(g/cm^3); H_i 为第*i*层的土壤厚度(cm); W_{i1} 和 W_{i2} 为第*i*层土壤在计算时段始末的含水率(干土重的百分比); M 为时段内灌水量(mm); P 为时段内降雨量(mm); K 为时段内地下水补给量(mm); C 为时段内地下水排水量(mm)。红枣生育期不考虑地下水补给、有效降雨量和深层渗漏。所以红枣生育阶段耗水量计算公式变为:

$$ET_{1-2}=10\sum_{i=1}^n\gamma_iH_i(W_{i1}-W_{i2})+M\quad(2)$$

表 3 各处理红枣耗水量

Table 3 Red jujube *ET* in different treatments

处理 Treatment	花期 Flowering stage		初果期 Initial fruit stage		果实膨大初期 Initial fruit expanding stage		果实膨大中后期~成熟初期 Late fruit expanding to initial maturity stage		果实成熟后期 Late fruit maturity stage	
	耗水量 <i>ET</i> (mm)	日均 (mm/d)	耗水量 <i>ET</i> (mm)	日均 (mm/d)	耗水量 <i>ET</i> (mm)	日均 (mm/d)	耗水量 <i>ET</i> (mm)	日均 (mm/d)	耗水量 <i>ET</i> (mm)	日均 (mm/d)
T1	50.81	1.45	78.93	3.59	63.27	2.04	42.42	2.65	28.02	0.70
T2	46.57	1.33	77.35	3.52	70.35	2.27	49.68	3.11	37.61	0.94
T3	72.27	2.06	67.62	3.07	64.53	2.08	79.70	4.98	38.53	0.96
T4	67.46	1.93	68.04	3.09	71.71	2.31	89.73	5.61	42.29	1.06

2.4 不同灌溉定额对枣树光合速率的影响

采用 CIRAS-2 便携式全自动光合作用系统测定晴天(08—01)红枣日净光合速率变化。不同灌溉定额红枣日净光合速率变化见图 3。各处理净光合速率日变化规律相同,均呈现“双峰”曲线的变化趋势。两个峰值分别为中午 13:00 和下午 18:30 左右,且第一个峰值比第二个峰值大。各处理早上 8:30~11:30 这一时间段净光合速率增加较慢,11:30~13:00 增加较快,各处理峰值分别为 21.8、21.56、20.58 和 21.5 $\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,随后减小,但 T4 净光合速率减小缓慢,在 13:00~17:30 时间段, T4 均保持较高的净光合速率。净光合速率在 17:30~18:30 出现第二个峰值,随后均降低,但 T3 和 T4 减小较 T1 和 T2 慢。

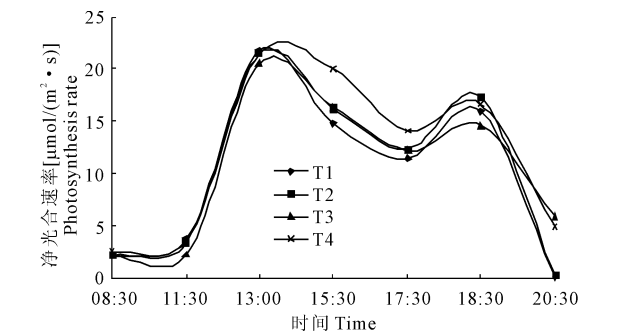


图 3 各处理日净光合速率变化

Fig.3 The daily variation of photosynthesis rate in different treatments

不同灌溉定额红枣各生育期耗水量见表 3 所示。红枣生育期耗水有两个峰值。红枣花期日均耗水量较小,且随灌溉定额的增加而增加,初果期耗水量增加,在 3.07~3.59 mm/d 之间,随后又减少为 2.04~2.31 mm/d 之间,在果实膨大后期~成熟初期耗水量增大,各处理日均耗水量分别为 2.65、3.11、4.98 和 5.61 mm/d ,果实成熟后期又减少为 0.70、0.94、0.96 和 1.06 mm/d 。

2.5 不同灌溉定额对枣树产量的影响

红枣产量与灌溉定额的关系见图 4。红枣产量与灌溉定额并不呈线性关系变化,两者之间呈现二次抛物线型变化关系,这与其他学者研究结果类似^[3]。灌溉定额在 2 190 m^3/hm^2 时对应的红枣产量最高。

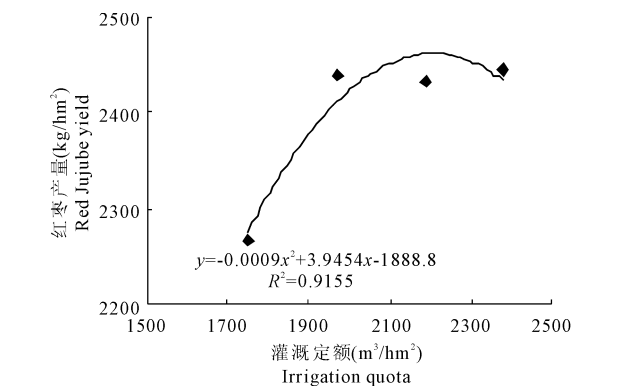


图 4 红枣产量与灌溉定额的关系

Fig.4 The relation of irrigation quota and red jujube yield

3 结论与讨论

- 1) 大田滴灌条件下,3 年龄期矮化密植红枣土壤盐分随灌溉定额的减少而增加,在红枣果实膨大中后期土壤积盐明显,且主要集中在 0~30 cm 范围内,其余生育阶段积盐不明显。
- 2) 随灌溉定额的增加盐分离子淋洗率提高,红

枣生育期土壤盐分离子主要在 0~70 cm 范围变化。

3) 红枣生育期耗水有两个峰值阶段,第一峰值阶段为初果期,第二峰值阶段为果实膨大中后期~成熟初期。

4) 作物生长受多种因素影响,土壤水分和盐分含量及其分布是其中的重要因素。灌溉制度对作物主根区的水分和盐分分布有显著影响,并由此影响作物根系分布及其对水分和养分的吸收效果,进而影响作物地上部分生长及最终产量。从红枣生育期土壤盐分变化看,在红枣果实膨大中后期(08—20 左右)土壤积盐明显,为了满足节水控盐的灌溉要求,需进一步优化灌溉制度。

5) 由于本文选取一种含盐量的土壤,不能对更多的灌溉制度做比较分析,也不能在多个含盐量土壤条件下做灌溉制度水盐调控试验比较分析。故需做进一步的研究。

参 考 文 献:

[1] 蒋 岑,刘国宏,谢香文,等.干旱区成龄红枣微灌技术研究[J].新疆农业科学,2009,46(2):332—337.

[2] 魏光辉,董新光,马英杰,等.干旱区幼龄红枣节水灌溉方式优选研究[J].节水灌溉,2010,(11):28—31.

[3] 胡安焱,董新光,魏光辉,等.滴灌条件下水肥耦合对干旱区红枣产量的影响[J].灌溉排水学报,2010,29(6):60—63.

[4] 雷廷武,肖 娟,王建平,等.地下咸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.

[5] 肖 娟,雷廷武,李光永,等.西瓜和蜜瓜咸水滴灌的作物系数和耗水规律[J].水利学报,2004,(6):119—124.

[6] 马东豪,王全九,来剑斌.膜下滴灌条件下灌水水质和流量对土壤盐分分布影响的田间试验研究[J].农业工程学报,2005,21(3):42—46.

[7] 王 丹,康跃虎,万书勤.微咸水滴灌条件下不同盐分离子在土壤中的分布特征[J].农业工程学报,2007,23(2):83—87.

[8] 陈秀龙,胡顺军,李修仓.膜下滴灌条件下不同矿化度水对土壤水盐动态及棉花产量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):7—12.

Influence of water-saving and salt-controlling drip irrigation on soil salt content , photosynthesis rate and red jujube yield

YAO Bao-lin , SUN San-min , SUN Jian , YE Han-chun

(College of Water Conservancy and Architecture Engineering , Tarim University , Alaer , Xinjiang 843300 , China)

Abstract : Field drip irrigation for dwarfing culture condensed planting red jujube experiment with 1 750 , 1 970 , 2 190 and 2 380 m³/hm² irrigation quotas indicated that soil salt content accumulated significantly at mid and late fruit expanding stage and mainly in 0~30 cm soil vertical profile , 1 750 m³/hm² irrigation quota caused soil salt accumulation for but other treatments leached soil salt ; Red jujube had two ET peak values during growth period , with the first at initial fruit stage and the second at late fruit expanding to early mature stage ; Photosynthesis rate had two peak values at 13:00 PM and 18:30 PM ; The irrigation quota of 2 190 m³/hm² were optimizational for red jujube yield .

Keywords : water-saving and salt-controlling drip irrigation ; soil salt content ; soil salt ions ; photosynthesis rate