



郑强卿,陈奇凌,王晶晶.滴灌骏枣花期土壤水分动态变化及对光合作用的影响[J].黑龙江农业科学,2019(11):27-32.

滴灌骏枣花期土壤水分动态变化及对光合作用的影响

郑强卿,陈奇凌,王晶晶

(新疆农垦科学院,新疆 石河子 832000)

摘要:为探究新疆枣树花期适宜的灌溉量,以近几年品质退化较为严重的骏枣为对象,分析了开花坐果期不同处理对土壤水分动态变化及光合作用的影响。结果表明:滴灌条件下骏枣园土壤深度40~60 cm的含水量恒定控制在田间最大持水量的65%左右是保证根系富集区土壤水分供应能力的关键,此时叶片的净光合效率和水分利用效率最高,是适宜新疆地区骏枣盛花期叶片进行光合作用水分管理措施,可实现骏枣营养生长向生殖生长的快速有效转换,提早坐果时间,延长果实生育期,提升品质的目标。

关键词:骏枣;花期;土壤水分;光合

水分是影响植物生长发育与产量、品质形成的重要因子。尤其处于新疆塔里木盆地边缘降雨稀少、蒸发强烈,水资源严重短缺的大陆干旱性气候条件下生长的枣树,适宜的水分亏缺可以使其更有效地利用深层土壤水分、减少无效耗水,提高水分养分利用效率。植物受到水分胁迫,生理过程将受到不同程度的影响,光合作用是影响最为严重的生理过程之一^[1]。花期是枣树产量形成最为关键的时期,土壤水分的亏缺饱和程度与光合利用的强弱直接影响着红枣的产量和经济效益。易晓丽等^[2]研究发现,亏水处理对灰枣树的单果质量、果实积累、维生素C、可溶性固形物和总酸有显著改善作用。胡永翔等^[3]对黄土高原地区枣树进行研究,发现开花坐果期中度调亏和果实成熟期重度调亏均对果实可溶性固形物的提高效果极为显著,平均增幅分别达25.3%和21.2%。白麟等^[4-5]研究表明开花坐果期亏水灌溉抑制了梨枣树新梢的增长,但是叶绿素含量与对照处理之间没有显著性差异。依提卡尔·阿不都沙拉木等^[6]研究表明开花坐果期中度调亏有利于提高灰枣品质、产量及经济效益。适当的水分胁迫可以提高梨枣树的净光合速率以及水分利用效率,水分过多或者过少都会降低枣树的净光合速率和水分利用效率^[7-9]。通过以上文献表明,枣树的调亏

灌溉主要集中在梨枣和灰枣花期,研究了水分亏缺对产量、品质以及光合作用的部分影响,对枣园土壤水分动态和骏枣光合利用效率的研究较少。以近几年品质退化较为严重的骏枣为对象,研究开花坐果期不同处理对土壤水分动态变化及光合作用的影响。滴灌条件下分析骏枣花期不同灌溉量对枣园土壤水分变化规律的影响,研究灌溉量对骏枣花期光合作用和水分利用率的影响,确定骏枣花期适宜灌溉量,实现骏枣营养生长向生殖生长的快速有效转换,以期降低人工劳动成本,提高生产效率、提升骏枣品质提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验区概述

试验区位于新疆生产建设兵团第一师十二团8连,地处新疆塔克拉玛干沙漠北部、塔里木河畔的阿克苏地区,属典型的内陆中纬度暖温带荒漠、半荒漠大陆性干旱气候,海拔较1 012.6 m,年平均降水量42.4 mm,年蒸发量2 110.5 mm,相对湿度50%,年平均气温10.7℃,≥10℃活动积温约为4 113.1℃,极端最低气温为-28.4℃,无霜期约为197 d。

1.2 材料

试验于2017年在第一师十二团8连骏枣园进行,2011年直播,2012年嫁接,园相整齐长势一致,株行距1.5 m×3.0 m。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 本试验设计参照《灌溉试验规范》SL 13-2004中“按不同土壤含水率下限标准”和“果树生育期内土壤含水率达到田间持水量

收稿日期:2019-06-27

基金项目:兵团师域发展创新支持计划(2017BA040)。

第一作者简介:郑强卿(1980-),男,硕士,副研究员,从事果树栽培与生理研究。E-mail: zhengqq369@163.com。

通讯作者:陈奇凌(1970-),男,学士,研究员,从事林木栽培与生理生态研究。E-mail: Cql619@163.com。

60%~70%能正常生长发育”的理论依据,设置土壤含水率分别降到田间持水量 45%(S1)、55%(S2)、65%(S3)时进行滴灌灌溉的 3 个试验处理,对照(CK)以当地灌溉量为准,灌水定额参照灌水量=666.7×(θ_{max} - θ_{min})×土壤容重×计划灌水层深度/水的容重。

试验地安装滴灌系统,距离枣树根系 75 cm 铺设 2 条滴灌管进行灌溉,管长 90 m,滴头流量 2.5 L·h⁻¹,压力达 0.12~0.15 MPa。小区面积 810 m²,毛管直径 16 mm,内镶式滴灌管,工作压力 0.1 MPa。

表 1 试验区灌溉方案
Table 1 Irrigation scheme in the test area

处理 Treatments	灌溉量 Irrigation volume/mm			合计 Total
	初花期(05-16 至 05-28) Initial flowering stage	盛花期(05-29 至 06-20) Full-bloom stage	末花期(06-21 至 07-10) Last flowering period	
天数 Days/d	13	23	20	56
S1(45%)	43.36	154.20	78.43	275.99
S2(55%)	62.28	90.58	81.32	234.18
S3(65%)	27.38	63.61	87.24	178.23
CK	41.83	101.75	71.50	215.08

1.3.2 测定项目及方法 土壤含水量测定:各处理的土壤含水率测定采用 WatchDog 1400 土壤水分长期监测仪监测,土钻法作为校核的方式进行。在滴灌管与枣树主干中心处,使用 Watch-Dog 1400 仪测定枣树根系层 0~80 cm 土壤含水量,每 20 cm 一个探头,2 d 测定一次且在灌水前后加测。

光合作用测定:用 CID-340 光合分析仪,在枣树盛花期选择晴天,11:00-13:00 测定,测定时每个处理固定一株,在树冠东、南、西、北向选取枣吊的第三个叶片进行测试,每次测量记录 4~8 次取平均值。根据记录参数计算气孔限制值 L_s 和水分利用效率 WUE ,其公式分别为: $L_s=1-(C_i/C_a)$ 、 $WUE=P_n/E$ 。

叶绿素含量的测定:叶绿素含量用日本产 SPAD-502 Plus 型便携式叶绿素仪测定,每个处理选取 10 株树,每株选取 30 片叶,进行测量,最后求得平均值。

1.3.3 数据分析 试验数据采用 DPS7.05 和 OriginPrO8.6 数据处理软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同水分处理枣园田间土壤水分动态变化

2.1.1 初花期滴灌后各土层土壤水分变化特征

由图 1 可知,滴灌条件下 0~20 cm 处各处理土壤体积含水量在灌水前无明显差异,灌水(5 月 24 日)后第 3 天(5 月 27 日)监测表明 S1(45%)处理的含水量较高。20~40 cm 处灌水前各处理

的土壤含水量相差较大,S3 处理土壤含水量较 S1 处理高 27.27%,S2 较 S1 高 19.75%,表明灌溉量越小,水分下降速率越快,灌水后第 3 天各处理的土壤体积含水量相等。40~60 cm 处,同样在灌水前土壤体积含水量差异明显,含水量由高到低依次为 S3(65%)处理 > S2(55%) > S1(45%)。60~80 cm 处土壤水分只有 S1 处理在灌水后较灌水前提高了 42.84%,可能由于灌溉量过大造成的。表明在枣树初花期,灌水量 27.38 mm 的灌水定额,土壤湿润范围有效控制 在 0~60 cm 范围内,未能影响到 60~80 cm 处土壤水分的变化。

2.1.2 盛花期滴灌后各土层土壤水分变化特征

由图 2 可知,滴灌条件下 0~20 cm 处各处理土壤体积含水量在灌水前后均无明显差异。20~40 cm处灌水前 S2 处理的土壤含水量较 S3 和 S1 处理分别提高 5.13%和 13.69%。6 月 7 日第一次灌水后,土壤体积含水量均迅速上升,最大值达到田间最大持水量的 69.5%,最小值占 58.57%。6 月 13 日第 2 次灌水后,S1(45%)和 S2(55%)含水量又缓慢上升,S3(65%)的含水量持续在下降,直到 6 月 20 日降到最低 14.84%,占田间持水量的 49.84%。40~60 cm 处,第一次灌水之后,S2(55%)和 S3(65%)均达到田间 90%和 80%,但S1(45%)的灌量相对较少未能达到理论设计的最大田间持水量。该层土壤水分变化情况 分析表明,在盛花初期按照田间最大持水量

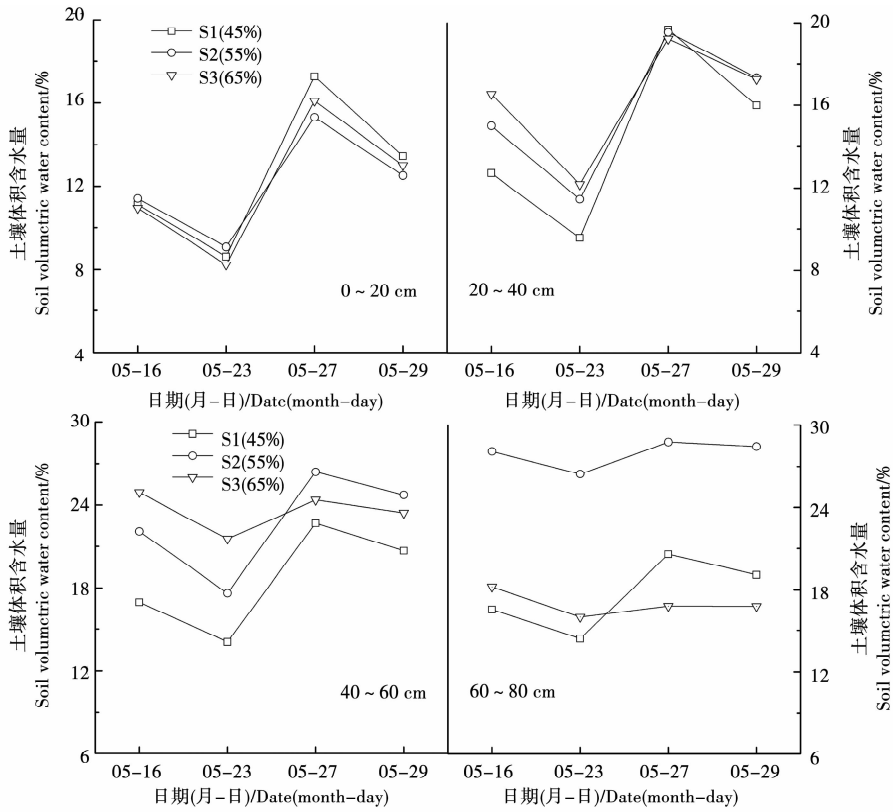


图 1 初花期滴灌后各土层土壤水分变化特征

Fig. 1 Characteristics of soil moisture changes in different soil layers after drip irrigation in early flowering stage

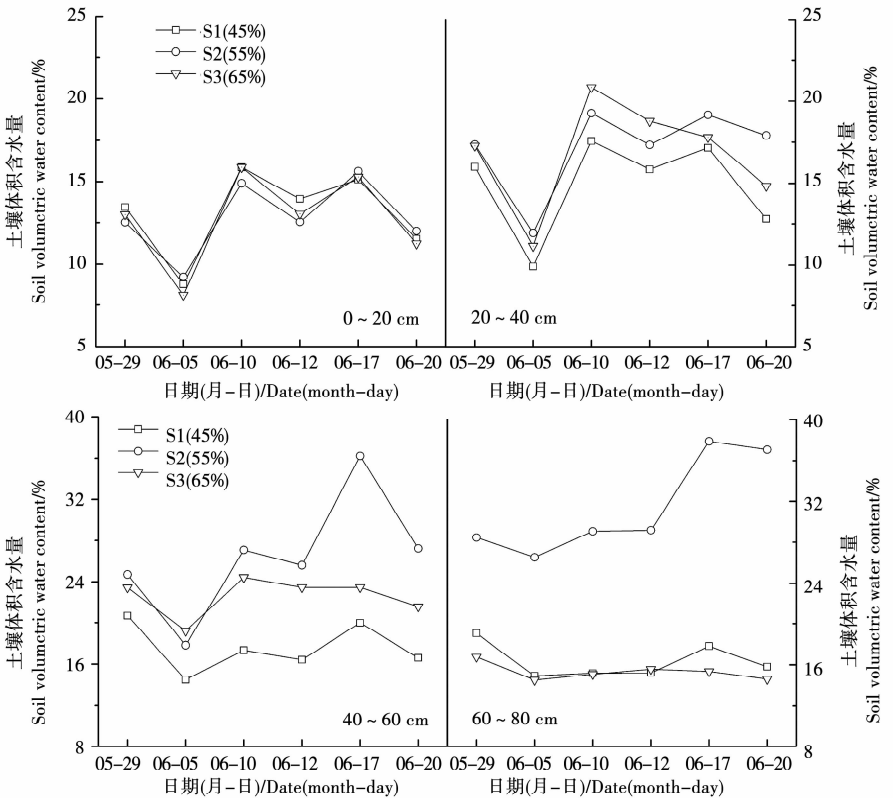


图 2 盛花期滴灌后各土层土壤水分变化特征

Fig. 2 Characteristics of soil moisture changes in different soil layers after drip irrigation in blooming period

80%，即灌溉 41.78 mm 之后，直到 6 月 20 日 S3(65%)处理的土壤体积含水量仍为 21.58%，占到田间持水量的 70%，故 6 月 13 日的灌水时间应该继续向后推迟 5~7 d，灌溉量控制在 21.83 mm 左右。

2.1.3 末花期滴灌后各土层土壤水分变化特征

由图 3 可知，0~20 和 20~40 cm 处的土壤水

分变化与盛花期相似，灌溉量越大，该层土壤体积含水量越高。40~60 cm 处土壤含水量变化表明，S2(55%)处理的灌溉时间同样应向后推迟 5 d 左右，与理论设计的时间出现了偏差。另一方面表明，末花期土壤含水量相对变化较快，主要是前期生长的幼果正在快速发育，此时南疆气温在逐渐升高，故土壤消耗水分相对剧烈。

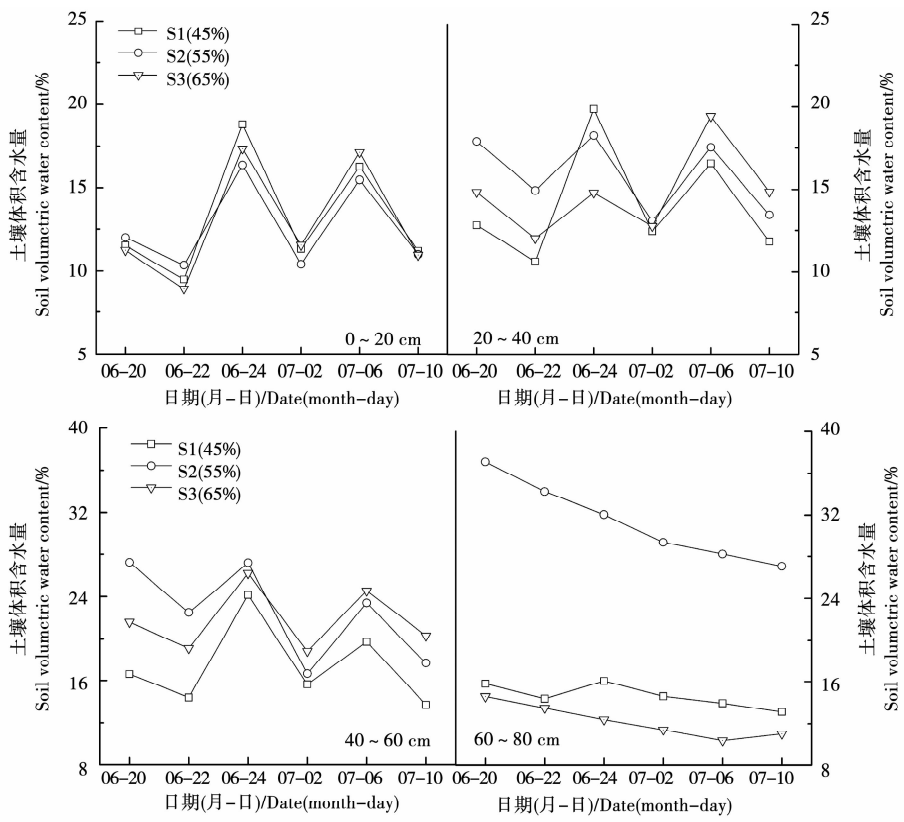


图 3 末花期滴灌后各土层土壤水分变化特征

Fig. 3 Characteristics of soil moisture changes in different soil layers after drip irrigation in last flowering period

2.2 不同水分处理对骏枣光合特性的影响

由表 2 可知，净光合速率 Pn 随灌溉量的减少而增加，当土壤含水量降到田间持水量 45% 左右时，净光合速率 Pn 和蒸腾速率 E 均最小，与其他

处理形成极显著差异水平。S3 的水分利用率(WUE)最大，其次为 CK，分别较 S2 提高了 15.32%和 14.89%，形成显著差异水平。胞间 CO₂ 浓度最高为 S2 处理 351.57 μmol·mol⁻¹，较 S1 和

表 2 不同水分处理对骏枣盛花期光合特性的影响

Table 2 Effects of different water treatments on photosynthetic characteristics of Jun jujube in blooming period						
处理 Treatments	净光合速率 Pn/(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	蒸腾速率 Tr/(mmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	水分利用率 WUE/(μmol·mmol ⁻¹)	胞间 CO ₂ 浓度 Int_CO ₂ /(μmol·mol ⁻¹)	气孔限制值 Ls	气孔导度 Gs/(mmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
S1(45%)	8.70±0.89 bB	3.50±0.16 cB	2.48±0.15 ab	290.93±5.03 cC	0.397±0.013 aA	74.27±10.01 cC
S2(55%)	13.93±0.89 aA	5.93±0.07 aA	2.35±0.14 b	351.57±8.76 aA	0.279±0.018 cB	172.90±13.81 aA
S3(65%)	15.81±1.39 aA	5.84±0.17 aA	2.71±0.16 a	308.83±3.84 bB	0.370±0.007 bA	145.49±15.80 bAB
CK	14.87±1.67 aA	5.50±0.27 bA	2.70±0.17 a	293.10±1.73 cC	0.401±0.003 aA	125.70±15.11 bB

CK 分别提高了 20.84%和 19.95%,均形成极显著差异水平。气孔限制值 L_s S2 处理最小,与其他处理达到极显著水平,S1 和 CK 处理之间差异不显著。当土壤含水量降到田间持水量 55%左右灌溉时即 S2 处理气孔导度最大,较 S1 和 CK 分别提高了 132.80%和37.55%,达到极显著差异水平。

骏枣花期叶绿素含量变化如图 4 所示。初花期叶绿素含量随灌溉量增加呈上升趋势,叶绿素含量最高的 S1 较 CK 提高了 3.86%。初花末期 S1 和 CK 叶绿素含量较展叶期分别提高了 2.66%和 3.69%。盛花期叶绿素含量变化趋势与灌溉量的变化一致,灌溉量越大叶绿素含量越高,含量最高的 S1 较 S3 提高了 6.34%。CK 和 S1 盛花期的叶绿素含量均高于初花末期,分别提高了 9.51%和 7.27%。末花期叶绿素含量与盛花期比均有下降,S2 和 S1 下降最多,分别为 13.67%和10.01%。坐果结束后 CK 和 S3 叶绿素含量略有上升,S2 和 S3 的则有下降。

2.3 灌溉量与骏枣光合参数的相关性分析

为了研究骏枣盛花期不同灌溉量对光合作用的影响程度,运用 DPS7.05 数据分析软件依次对净光合速率(x_1)、蒸腾速率(x_2)、水分利用率(x_3)、胞间 CO_2 浓度(x_4)、气孔限制值(x_5)、气

孔导度(x_6)和灌溉量(x_7)进行相关性分析,如表 3 所示,骏枣盛花期的灌溉量与净光合速率、蒸腾速率和均成极显著负相关,其中净光合速率和蒸腾速率与灌溉量之间的相关性分别符合 $y = -0.000\ 7\ x^2 + 0.076\ 3\ x + 13.607$ 和 $y = -0.000\ 4\ x^2 + 0.054\ 9\ x + 3.88$,相关系数分别为 $R^2 = 0.957$ 和 $R^2 = 0.992\ 2$ 。即灌溉量越大,光合利用效率越低,说明骏枣盛花期应少量多次灌溉,既能增加空气湿度,又能满足坐果需要的水分。

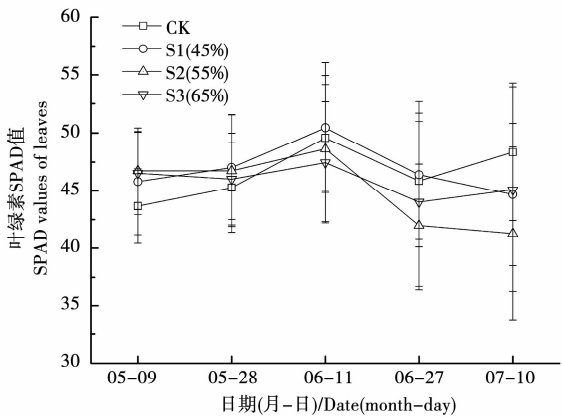


图 4 不同水分处理对骏枣花期 SPAD 值的影响
Fig.4 Effects of different water treatments on SPAD value Jun jujube

表 3 灌溉量与骏枣光合参数的相关性分析

Table 3 Correlation analysis with photosynthetic parameter and irrigation volume

项目 Items	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
x1	1.00						
x2	0.93**	1.00					
x3	0.55*	0.22	1.00				
x4	0.30	0.58*	-0.52*	1.00			
x5	-0.25	-0.53*	0.54*	-1.00**	1.00		
x6	0.80**	0.93**	0.03	0.81**	-0.77**	1.00	
x7	-0.90**	-0.93**	-0.30	-0.44	0.38	-0.81**	1.00

注:**代表相关性极显著($P<0.01$),*表示相关性显著($P<0.05$)。
Note:** indicates $P<0.01$,* indicates $P<0.05$.

3 结论与讨论

新疆绿洲区属于大陆干旱性气候,降雨稀少、蒸发强烈,水资源严重短缺,灌溉对于该地区作物稳产、增产具有不可替代的作用^[10]。枣树花期是枣产量和品质形成的关键时期,此时土壤水分变化是影响枣树营养生长向生殖生长转换和产量形成的决定因素之一。本研究根据骏枣花芽分化进程,研究了初花期、盛花期和末花期土壤 0~80 cm 处的不同深度的水分动态变化情况。结果

表明,滴灌条件下 0~20 cm 处土壤体积含水量与灌溉量之间无明显差异,土壤水分变化最为显著集中于 20~40 cm 处,即根系富集区^[11]。40~60 cm 处土壤体积分含水量的恒定变化是保证根系富集区土壤水分供应能力的关键。骏枣初花期的灌水定额为 27.38 mm 时,土壤湿润范围能有效控制在 0~60 cm 土层的根系分布区,且未能影响到 80 cm 处土壤水分的变化。盛花期第 1 次灌水,土壤体积含水量控制在田间最大持水量的

65%左右,即灌溉定额 41.78 mm。6 月 13 日第 2 次灌溉 21.83 mm,直到盛花末期 40~60 cm 土层土壤体积含水量能保持在田间持水量的 70%,均可满足开花坐果时水分的需要。末花期第 1 次灌水,土壤体积含水量控制在田间最大持水量的 55%左右,灌溉 35.47 mm,第 2 次土壤体积含水量控制在田间最大持水量的 65%左右,灌溉 31.42 mm,40~60 cm 土层的土壤体积含水量同样保持在田间持水量的 70%以上。

果树生长发育主要依靠自身的光合生理作用,生态环境因子将会对整个进程产生重要影响。土壤水分对果树光合生理过程的影响是探讨果树生理变化机制的基础^[12]。本研究结果表明,净光合速率 P_n 随灌溉量的减少而增加,当灌溉量为田间持水量 65%左右时,净光合速率 P_n 最高,水分利用率 WUE 也最高。这与王颖等^[9]在陕北梨枣花期光合作用的研究结果不一致,主要原因是栽培模式和气候条件不同,南疆枣树花期恰逢夏季高温的初始阶段,沙漠边缘的气候干燥,蒸发量强烈,水分耗散速度快,为使枣树具有适宜的空气湿度,少量多次灌溉为宜。

滴灌条件下骏枣园土壤深度 0~20 cm 处体积含水量与灌溉量之间无明显差异,水分变化最为显著的集中于 20~40 cm 土层根系富集区。土壤深处 40~60 cm 土层体积含水量的恒定控制在田间最大持水量的 65%左右是保证根系富集区土壤水分供应能力的关键。整个花期灌溉 5 次,7~10 d 灌溉 1 次,灌溉定额控制在 25~40 mm,均可满足骏枣开花坐果时水分的需要。

南疆骏枣种植区,开花坐果期适宜的灌溉量可以提高光合利用效率,灌溉量为田间持水率的

65%处理的净光合效率和水分的利用效率较其他处理高,是适宜南疆地区骏枣盛花期营养生长向生殖生长转换时,叶片进行光合作用的水分管理措施。

参考文献:

- [1] 吴统贵,周和锋,吴明,等. 早柳光合作用动态及其与环境因子的关系[J]. 生态学杂志,2008,27(12):11-15.
- [2] 易晓丽,曹红霞,王雪梅,等. 温室梨枣树土壤水分和品质对调亏灌溉的响应[J]. 灌溉排水学报,2012(3):68-71.
- [3] 胡永翔,李援农,张莹,等. 调亏灌溉对黄土高原地区枣树生长与果实品质和产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2016(6):181-188.
- [4] 白麟,李援农,曹瑞芳. 亏水灌溉对开花坐果期梨枣树生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2012(2):84-87.
- [5] Chalmers D J, Burge P H, Mitchell P D. The mechanism of regulation of Bartlett pear fruit and vegetative growth by irrigation with holding and regulated deficit irrigation [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1986,11(6):944-947.
- [6] 依提卡尔·阿不都沙拉木,朱成立,柳智鹏,等. 调亏灌溉对枣树生长与果实品质和产量的影响[J]. 排灌机械工程学报,2018,36(10):948-951.
- [7] 胡笑涛,梁宗锁,康绍忠. 模拟调亏灌溉对玉米根系生长及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水,1998,17(2):11-15.
- [8] 孙浩元,王玉柱,杨丽,等. 毛叶枣不同种源砧木的抗旱性评价[J]. 中国农学通报,2006,22(7):146-149.
- [9] 王颖,李晓彤,范阳阳,等. 不同水分处理对梨枣树花期光合特性影响研究[J]. 灌溉排水学报,2011,30(2):111-114.
- [10] 洪明,赵经华,马英杰,等. 干旱绿洲区枣园冠层微环境调亏效应[J]. 干旱地区农业研究,2016(1):16-22.
- [11] 郑强卿,陈奇凌,李铭,等. 滴灌条件下骏枣根系分布特征及根际土壤水分变化研究[J]. 北方园艺,2013(22):177-180.
- [12] 杨锐,郎营,张光灿,等. 野生酸枣光合及叶绿素荧光参数对土壤干旱胁迫的响应[J]. 西北植物学报,2018,38(5):922-931.

Effects of Soil Moisture Dynamic Change on Photosynthesis of Jun Jujube Under Drip Irrigation

ZHENG Qiang-qing, CHEN Qi-ling, WANG Jing-jing

(Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Shihezi 832000, China)

Abstract: In order to study the appropriate irrigation volume on jujube tree under drip irrigation in South Xinjiang, this paper analyzed different water index lower limit on influence of soil moisture dynamic change and photosynthesis in blossoming and bearing fruits stage of Jun jujube, which the quality degradation is more serious in recent years. The results showed that it was the key to ensure deliverability of soil moisture near the radiation descending axis enrichment region, when it was controlled for the constant volume water content between 40 cm and 60 cm in soil depth at about 65% of the maximum field water capacity in Jun jujube garden under the condition of drip irrigation. By this time, it was found that the leaves had the highest P_n and WUE, it was suitable water management measures for photosynthesis in leaves of Jun jujube in southern Xinjiang, it was realized aim of the rapid and effective transformation from vegetative growth to reproductive growth, antedated fruit setting time, prolonged fruit growth period and improved fruit quality.

Keywords: Jun jujube; flowering phase; soil moisture; photosynthetic