

灌溉次数对向日葵叶片水分状况及植株生长的影响

凌一波^{1,2}, 魏 慧², 王斌杰^{2,3}

(1. 新疆维吾尔自治区农村能源工作站, 新疆 乌鲁木齐 830049; 2. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省林业科学研究院, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 在石羊河中游绿洲田间条件下, 以中熟食葵品种 LD5009 为指示品种, 研究了早期干旱处理与花期复水对向日葵植株生长及叶片水分状况的影响。结果表明, 适度干旱后复水可提高向日葵叶片相对含水量, 降低水分饱和亏。花期前适度干旱对向日葵株高、茎粗、比叶重的增加有明显抑制作用, 开花初期复水后植株生长迅速, 光能利用效率与充分灌溉无显著差异, 干物质积累量实现等量补偿, 且有助于干物质向花盘、籽粒的转移。甘肃河西走廊地区实施向日葵生育前期适度亏缺灌溉可行。

关键词: 向日葵; 节水灌溉; 叶片含水量; 干物质积累与分配; 光能利用效率

中图分类号: S565.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)08-0064-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.08.019

Effects of Irrigation Frequency on Leaf Water Status and Plant Growth of Sunflower

LING Yibo^{1,2}, WEI Hui², Wang Binjie^{2,3}

(1. Rural Energy Workstation of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumchi Xingjiang 830049, China; 2. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Gansu Forestry Research Institute, Lanzhou Gansu 730020, China)

Abstract: With LD5009 as the indicator material, the effect of early drought treatment and anthesis re-irrigation on the growth of sunflower plants and water content of leaves was studied under field condition in oasis in the middle reaches of Shiyang River. The results show that after moderate drought and re-irrigation, the relative water content of sunflower leaves can be increased and the water saturation loss can be reduced. Moderate drought before flowering has a significant inhibitory effect on the increase of sunflower plant height, stem thickness and leaf weight. After rehydration at the initial stage of flowering, the plant grows rapidly. It is feasible to implement moderate deficit irrigation in the early stage of sunflower growth in Hexi Corridor Area of Gansu Province.

Key words: Sunflower; Water-saving irrigation; Leaf relative water content; Dry matter accumulation and distribution; Solar use efficiency

水资源紧缺已经演变成全球性难题, 水资源状况和利用水平也成为评价一个国家和地区经济能否持续发展的重要指标^[1]。我国实际水资源亏缺量已达 300 亿~400 亿 m³^[2], 农业用水占我国总用水量的 70%, 其中农田灌溉用水占农业用水总量的 90% 左右^[3], 但灌区的水利用率只有 40%~60%^[4], 水资源短缺问题已经成为制约干旱地区

农业和农村发展的重要因素^[5]。以灌溉农业为主体的河西走廊地区水资源短缺与农业可持续发展之间的矛盾尤为突出。已有研究指出: 甘肃河西走廊地区的水资源承载力已趋于饱和, 只有提高水资源利用效率才是保障农业灌溉的根本出路^[6]。

合理制定节水灌溉制度, 在满足作物生理需水的前提下, 减少田间水量损失, 提高天然降水

收稿日期: 2018-03-29

作者简介: 凌一波(1990—), 男, 甘肃天水人, 助理农艺师, 硕士研究生, 研究方向为农业资源高效利用。Email: 371640662@qq.com。

93.

[10] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 重编版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 225-231.

[11] 吴郁魂, 陈 惠, 赵 军, 等. 浅谈宜昌市马铃薯产

业发展现状、存在问题及建议[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会, 2017年马铃薯大会论文集, 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2017: 112-117.

(本文责编: 杨 杰)

利用率,减少灌溉次数和灌水量,是降低农业耗水量,提高水资源利用率的有效手段。而研究作物不同生育期对水分亏缺及复水后的生理反应是制定合理灌溉制度的基础。有研究表明,针对作物不同生育期的水分胁迫可以达到节水、高产的目的,然而向日葵罕见类似报道。作为我国北方地区的重要经济作物,向日葵产业近年来发展迅速,种植面积从1960年的1.6万 hm^2 增长到现在约113万 hm^2 ,产量已达1369 kg/hm^2 ^[7-8]。然而,我国对向日葵栽培技术的研究目前还比较粗浅,引进新品种后只是按照以往经验向农户推广栽培技术^[9-11]。因此,研究向日葵的生理节水方法,优化灌溉制度就显得极为重要。我们在中国向日葵优质产区之一的甘肃省民勤县研究了灌溉次数对向日葵生长的影响,旨在为制定向日葵节水灌溉制度提供支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示向日葵品种为LD5009。中熟食用向日葵杂交种,生育期115 d,株高可达180 cm,叶片数30~32片,抗倒伏能力强,抗旱、耐瘠薄,结实率高。

1.2 试验方法

试验于2014在民勤县农业技术推广中心试验农场进行。耕层土壤含有有机质7.26 g/kg、全氮0.48 g/kg、全磷1.19 g/kg、全钾23.35 g/kg,土壤容重1.3 g/ cm^3 ,田间最大持水量26.0%。

采用随机区组设计,设3个灌水处理(表1),分别为处理A灌水4次(干旱后不复水),处理B灌水5次(干旱后复水),处理C灌水6次(全生育期灌水),灌水量均为900 m^3/hm^2 ,3次重复。小区面积50 m^2 (5 m \times 10 m)。

5月6日播种,东西行向种植。采用幅宽120 cm的常规地膜覆盖,每幅地膜种3行,膜面宽120 cm,膜间距30 cm,平均行距50 cm,株距40 cm,保苗49 500株/ hm^2 。春耕时将普通过磷酸钙

750 kg/hm^2 、磷酸二铵150 kg/hm^2 、尿素300 kg/hm^2 、硫酸钾150 kg/hm^2 结合整地一次性施入做底肥。现蕾前(8叶期)追施尿素225 kg/hm^2 ,始花期追施尿素150 kg/hm^2 。其他管理同当地水平。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生长指标 每小区选取长势一致的向日葵植株5株,于每个生育阶段末测定。用直尺测定株高,游标卡尺测定距地面20 cm处茎粗。每株取功能叶1片,测定叶长(L)和叶宽(B),单叶叶面积=长 \times 宽 \times 0.65^[12]。将叶片烘干至恒重,计算比叶重:比叶重=叶干重(mg)/叶面积(cm^2)。

1.3.2 叶片相对含水量(RWC)和水分饱和亏(WSD) 用烘干称重法测定。每小区取6个叶片,称其鲜重,然后浸水4 h,取出,擦干,称重,至样品重量相同,得饱和重量。于105 $^{\circ}\text{C}$ 下杀青0.5 h后,在80 $^{\circ}\text{C}$ 下烘至恒重。

叶片相对含水量=[(叶鲜重-叶干重)/(饱和叶重-叶干重)] \times 100%

水分饱和亏=(1-相对含水量) \times 100%

1.3.3 光能利用效率(PUE)和干物质分配 向日葵全生育期总辐射量用watchdog微型气象站测得。采收期在各小区随机选取向日葵植株5株,分器官采样,用烘干法测得生物量,计算光能利用效率和干物质分配比例。

光能利用率=(H \times M)/E \times 100%

其中H为单位干物质(g)所放出热量,采用1.779 \times 104 J/g^[13],M为单位面积上平均物质收获量(kg/hm^2),E为农作物生育期间总日射量累计值(2.02 \times 1013 MJ/kg)。

1.4 统计分析

试验数据采用SPSS(19.0版)数据处理系统进行差异显著性分析,利用Microsoft Excel(2007版)进行数据记录和作图。

2 结果与分析

2.1 植株生长指标

从表2可知,开花初期,株高与茎粗均表现为处理C显著高于处理A和处理B,处理A与处理B之间无显著差异。在采收期,株高以处理C最高,为168.6 cm,且处理C与处理B之间无显著差异,均显著高于处理A;茎粗处理C为2.79 cm,处理C与处理B之间无显著差异,但显著高于处理A;处理B与处理A之间无显著差异。表明生育前期缺水影响了向日葵的生长,现蕾初期

表1 试验设计灌水时期及灌水量

处理	灌水次数/次	灌水量/(m^3/hm^2)					
		播种期	现蕾初期	现蕾中期	初花期	盛花期	灌浆期
A	4	900		900		900	900
B	5	900		900	900	900	900
C	6	900	900	900	900	900	900

复水可有效促进株高增长, 最终实现株高增长的补偿。

表 2 不同灌水处理的向日葵株高与茎粗

处理	灌水次数/次	株高/cm			茎粗/cm		
		苗期	开花初期	采收期	苗期	开花初期	采收期
A	4	23.6 a	101.6 b	125.1 b	0.65 a	1.98 b	2.28 b
B	5	24.2 a	109.7 b	156.2 a	0.68 a	2.04 b	2.48 ab
C	6	24.0 a	122.8 a	168.6 a	0.67 a	2.12 a	2.79 a

从图 1 可以看出, 从苗期到成熟期, 向日葵比叶重呈增加趋势。开花初期, 比叶重处理 C 显著高于处理 B 和处理 A, 处理 B 与处理 A 之间差异不显著。成熟期, 比叶重处理 B 显著高于处理 A, 但与处理 C 之间差异不显著。其中处理 B 的比叶重在开花初期到成熟期增加速率最快(21.57%), 说明生育前期轻度干旱后复水能使比叶重快速增加, 可实现完全补偿。

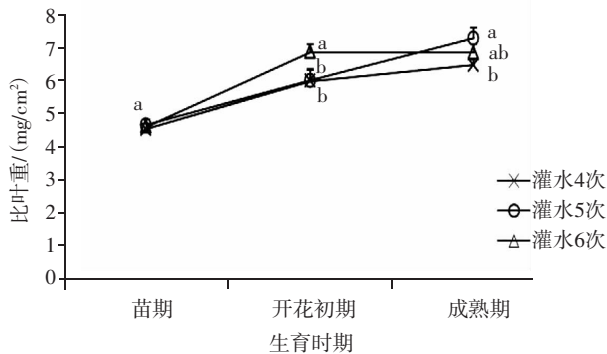


图 1 不同灌水处理的向日葵比叶重

2.2 叶片相对含水量(WRC)与叶片水分饱和亏(WSD)

从表 3 可知, 随向日葵的生育进程, 叶片相对含水量呈逐渐增大趋势, 水分饱和和亏呈逐渐减小趋势。开花初期, 处理 A 和处理 B 的叶片相对含水量显著高于处理 C, 叶片水分饱和和亏显著低于处理 C, 而处理 A 和处理 B 之间差异不显著。表明现蕾初期适度干旱后于现蕾中期复水可以有效提高叶片相对含水量, 降低叶片水分饱和和亏。到采收期, 处理 A 的叶片相对含水量显著高于处理 B, 而与处理 C 之间差异不显著, 处理 B 与处理 C 之间的差异也不显著。说明适度干旱后复水可以

在一段时期内显著提高向日葵对的叶片相对含水量, 降低水分饱和和亏。

2.3 总生物量和光能利用效率

从图 2 可以看出, 向日葵总生物量和光能利用效率在不同处理下的差异均表现为处理 B 显著高于处理 C 和处理 A, 处理 C 的总生物量高于处理 A, 但差异不显著。表明适宜的灌水制度能够显著的提高向日葵的光合作用, 增大干物质积累量。其中, 处理 B 较处理 C 和处理 A 的总生物量分别增加 18.36%、31.30%。这表明开花初期复水后向日葵冠层生物积累明显加快, 超补偿效应明显, 保证了全生育期较高的光能利用效率。

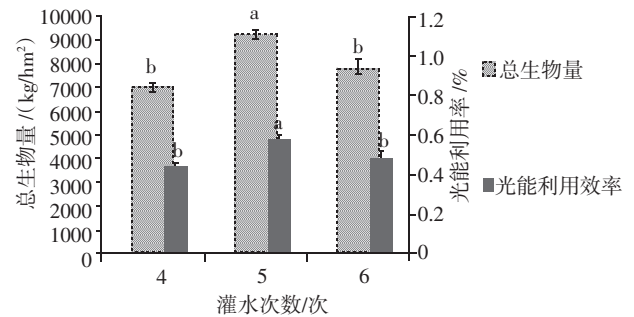


图 2 不同灌水处理下向日葵的总生物量和光能利用效率

从图 3 可以看出, 不同灌水处理之间向日葵干物质分配有着显著的差异。茎秆表现为处理 C 与处理 B 之间差异不显著, 均显著高于处理 A。叶片表现为处理 B 与处理 C 之间差异不显著, 显著高于处理 A; 处理 C 与处理 A 差异不显著。花盘表现为处理 B 显著高于处理 A 和处理 C; 处理 A 与处理 C 之间差异不显著。籽粒表现为处理 B 显著高于处理 A 与处理 C, 处理 A 与处理 C 之间差异不显著。

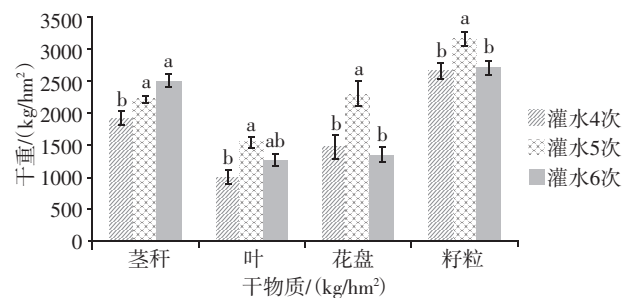


图 3 不同灌水处理下向日葵干物质分配

表 3 不同灌水处理下向日葵叶片相对含水量和叶片水分饱和和亏

处理	灌水次数/次	叶片相对含水量			叶片水分饱和和亏		
		苗期	开花初期	采收期	苗期	开花初期	采收期
A	4	50.96 a	67.11 a	77.24 a	49.03 a	32.89 b	22.76 b
B	5	50.49 a	67.42 a	70.52 b	49.46 a	32.58 b	29.48 a
C	6	48.89 a	63.32 b	75.54 ab	51.08 a	36.68 a	24.46 ab

%

3 小结与讨论

前期干旱使向日葵植株的生长明显受到抑制,株高、茎粗有着显著降低。而在开花初期复水之后植株生长迅速,最终可实现等量补偿,这与刑英英^[14]等人的研究结果相似。叶片相对含水量和叶片水分饱和亏作为植物的重要抗旱性指标,其高低与水分胁迫密切相关^[15]。适度的干旱可以显著的提高作物的叶片相对含水量,减小水分饱和和亏,使其抗旱性增强,在一定干旱程度下表现为前期干旱程度越重,后期复水后叶片相对含水量越高。

作为光合作用的重要生理指标,比叶重与叶片光合速率呈正相关关系^[16]。向日葵比叶重随着生育期推进呈现增大趋势,这与前人的研究相似^[17]。其中,苗期至开花期比叶重增加速率最快,开花期后增加速率趋缓,叶片干物质分配比例逐渐降低。这是由于到了开花后期生殖生长与营养生长同时进行,光合产物的分配受到了竞争,从开始最开始67.01%降低至15.72%^[18]。由于干旱后复水新发育的叶片有更高的光合色素与气孔导度^[19],所以现蕾初期适度干旱并于开花初期复水后比叶重显著增大,超补偿效应明显。最终,补偿生育前期干旱对干物质积累的损失,达到或超越全生育期灌水的干物质积累量。

源库关系是影响作物生长与产量形成的重要因素,“干旱-复水”的过程是向日葵源库结构调整的过程,扩大库容就能提高产量^[20]。本试验结果表明,向日葵现蕾初期干旱后于开花初期复水可以使干物质显著趋向叶片、花盘转移,最终提高籽粒产量。

综上所述,前期适度干旱后于开花初期复水可以有效提高向日葵叶片相对含水量,降低水分饱和亏,增强作物后期抗旱性。干旱复水后向日葵植株生长迅速,比叶重显著增大,光合能力增强,干物质积累速率加快,后期光能利用效率补偿显著,且随源库关系的调节导致籽粒所占干物质分配比例显著提高。所以,生育前期适度干旱并于开花初期复水的灌溉制度,可减少干旱地区向日葵栽培全生育期的灌水次数与总灌水量,即节约了水资源,也提高了向日葵产量,这对干旱地区向日葵产业的可持续发展有着重要的意义。

参考文献:

[1] 朱永达,朱冬麟,娄世忠. 高产高效机械化节水农业

技术体系初探[J]. 农业工程学报, 1998, 16(2): 1-6.

- [2] 沈振荣, 苏人琼. 中国农业水危机对策研究[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998: 185-204.
- [3] 池营营. 中国长江、黄河流域灌溉用水效率研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2012.
- [4] 孙景生, 康绍忠. 我国水资源利用现状与节水灌溉发展对策[J]. 农业工程学报, 2000(2): 1-5.
- [5] 高素华, 李春梅. 北方五省农业结构调整与水资源可持续利用研究[J]. 气象, 31(6): 71-73.
- [6] 周维博. 河西走廊灌溉农业发展的水资源承载力分析[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5): 564-570.
- [7] 安玉麟. 中国向日葵产业发展的问题及对策[J]. 内蒙古农业科技, 2004(4): 1-4.
- [8] 汪家灼. 我国植物油料及油用向日葵发展近况[J]. 内蒙古农业科技, 2006(6): 11-14.
- [9] 胡树平. 向日葵产量形成及农艺调控机理[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [10] 马维宇, 王国文. 9个食用向日葵品种(系)在民勤县引种初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(12): 47-49.
- [11] 张立军, 再生斌. 播种方式对食用向日葵产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(11): 43-44.
- [12] 陈建忠. 向日葵叶面积调整系数[J]. 中国油料, 1984(1): 70-72.
- [13] 欧阳海, 郑步忠. 农业气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [14] 刑英英, 张富仓, 王秀娟. 不同生育期水分亏缺灌溉和氮营养对玉米生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010(6): 313-321.
- [15] MORGAN J. M. Osmoregulation and water stress in higher plant[J]. Ann. Rev. Plant physiol., 1984, 35: 299-319.
- [16] 林贤青, 朱德峰, 周伟军, 等. 超级杂交稻穗分化期叶片比叶重与光合速率的关系[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(3): 281-283.
- [17] 徐惠风, 刘兴土. 向日葵叶片叶绿素和比叶重及其产量研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(2): 97-100.
- [18] 王蓉, 何文寿. 向日葵干物质积累及分配特点研究[J]. 北方园艺, 2014(5): 1-6.
- [19] 张向娟, 张亚黎, 张天宇, 等. 棉花长期干旱后复水叶片光合特性及碳氮含量的变化[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2014, 32(2): 138-142.
- [20] 陆卫平, 童长新, 马广贵, 等. 玉米灌浆结实器产量源库关系的研究[J]. 江苏农学院学报, 1996, 17(4): 23-26.

(本文责编: 陈伟)