灌水对沙漠绿洲区甘草生长动态和产量的影响

蔺海明[1,2]，纪 瑛[3]，邱黛玉[1,2]

（1. 甘肃农业大学农学院，甘肃 兰州 730070；2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室，甘肃 兰州 730070；
3. 甘肃农业职业技术学院，甘肃 兰州 730020）

摘要：为研究灌水对沙漠绿洲区甘草（*Glycyrrhiza uralensis*）生长动态和产量的效应，本研究设 2 700（W1）、3 600（W2）、4 500（W3）、5 400（W4）、6 300（W5）和 7 200（W6）m^3/hm^2 6 个灌水处理。结果表明，灌水明显促进甘草茎叶、根的生长。处理 W4、W5 和 W6 株高显著高于 W1、W2 和 W3（$P<0.05$），主茎生长速度 W6 处理较 W1 快 60%，较 W2 快 33%；W3、W4、W5 和 W6 处理地上部干质量显著高于 W1（$P<0.05$），干物质积累速度 W3 处理较 W1 快 11%；根长、芦径、根干质量随灌水量增加而增加，灌水量超过 5 400 m^3/hm^2 则表现下降趋势，处理 W3 和 W4 根干质量最高，在根快速生长期 W3 和 W4 处理的一年龄和二年龄根干质量增加速度分别较 W1 快 50%和 35%。灌水 4 500 和 5 400 m^3/hm^2，一年龄甘草和二年龄甘草根产量均达到较高水平，但前者灌水效率较后者高，可节水 900 m^3/hm^2。

关键词：甘草；灌水量；灌水效率；根干质量

中图分类号：S567.7+1　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-0629(2011)11-1992-06

[*1] 位于石羊河流域下游的甘肃省民勤县属典型的沙漠绿洲区[1]，水资源是制约该区经济和农业生产的首要因素，但在水资源利用上却存在农业耗水量过多和水资源利用率过低的问题，严重影响着该区农业的可持续发展[2-3]。如何提高作物灌水效率，发展节水灌溉，是该地区生产中亟待解决的问题。灌水对作物生长、产量及水分利用效率的影响研究较多，主要集中在大面积种植的粮食、蔬菜等作物上[4-6]。对小麦（*Triticum aestivum*）、棉花（*Gossypium hirsutum*）、马铃薯（*Solanum tuberosum*）等作物的研究表明，灌水能显著促进作物营养器官生长，株高、分蘖数、分枝数、叶面积等的增加都不同程度地与灌水量成正相关[7-9]。中度水分亏缺产量和水分利用效率较高，具有一定的生物补偿效应[10]。吕丽华等[11]研究表明，适当的水分胁迫不但不影响小麦产量，反而提高了水分利用效率。刘长利等[12]盆栽试验表明一定程度的干旱胁迫环境，可提高人工种植甘草（*Glycyrrhiza uralensis*）的药材产量。近几年前人[13-15]在施肥、密度、播种期等对甘草生长发育和产量的影响方面进行了大量的研究，而在荒漠区大田条件下灌水对甘草生长和产量影响的研究相对较少。甘草根系发达，生命力强，覆盖度高，具有耐旱、耐碱和耐瘠的特性，适宜在干旱、半干旱地区砂质偏碱性的钙质土壤上生长，是半干旱荒漠地区优良的药用和防风固沙植物，民勤县近年来甘草种植面积不断扩大，这就急需建立当地甘草高产、高效、节水的生产体系。因此，在民勤沙漠绿洲条件下，研究灌水对甘草生长和产量的影响及其灌水运筹，对指导当地生产实践具有重要意义。

1　材料与方法

1.1 试验地概况　试验于 2006 年 4 月—2007 年 10 月在武威市石羊河林业总场义粮滩分场进行，位于巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠边缘的民勤县，海拔 1 367 m，年日照时数 3 028 h，年均温 7.8 ℃，1 月均温 9.0～10.3 ℃，7 月均温 21.4～23.9 ℃，≥10 ℃积温2 900～3 500 ℃·d，年均降水 115 mm，干燥度 4～11，平均相对湿度 40%～45%，无霜期 160 d，属典型的大陆性沙漠气候。土壤为灰棕漠土，土质肥沃，地势平坦，灌溉条件好。

1.2 试验材料　供试材料经鉴定为乌拉尔甘草，

* 收稿日期：2010-11-23　　接受日期：2011-03-24
基金项目：甘肃省卫生厅科技攻关项目（GZK-2009-2）；甘肃省成果转化项目（0910XCNA073）；甘肃省农牧厅科技攻关项目（gyc09-06）
作者简介：蔺海明（1953-），男，甘肃甘谷人，研究员，博士生导师，博士，研究方向为绿洲农业与生态农业。E-mail：linhm@gsau.edu.cn
通信作者：纪瑛　E-mail：lzjiying2005@gsau.edu.cn

选用粒大饱满、均匀一致的种子。种子用浓硫酸处理 30 min 后用清水冲洗数次,晾干待播。

1.3 试验设计 试验设 2 700(W1)、3 600(W2)、4 500(W3)、5 400(W4)、6 300(W5)和 7 200(W6) m^3/hm^2 6 个灌水处理,分别灌 3、4、5、6、7 和 8 次水(表 1),每次灌水定额 900 m^3/hm^2,按处理进行畦灌,灌水量由水表控制。3 次重复,随机区组设计,小区面积 5 m×4 m,区间距 0.4 m,各小区间埋设 80 cm 深度的塑料膜,以防小区之间相互侧渗,试验期间因自然降水稀少,没有用防雨棚遮挡。采用人工开沟播种,行距 25 cm,播深 2.0~2.5 cm,试验于 2006 年 5 月 3 日播种,播种量 34.6 kg/hm^2,保苗 48 万株/hm^2。播种前结合深耕施尿素(含 N 46%) 450 kg/hm^2,硫酸钾(含 K_2O 52%)150 kg/hm^2,作为基肥于播种前翻入土壤。其他管理同大田。

表 1 灌水处理 m^3/hm^2

处理	2006 年灌水时间(月-日)								灌水总量
	06-10	07-05	07-30	08-25	09-20	10-15	11-10	12-10	
W1	900			900				900	2 700
W2	900			900		900		900	3 600
W3	900		900	900		900		900	4 500
W4	900		900	900	900	900		900	5 400
W5	900	900	900	900	900	900		900	6 300
W6	900	900	900	900	900	900	900	900	7 200

1.4 测定项目与方法 播种当年在 2006 年 6 月 20 日、7 月 20 日、8 月 20 日、9 月 20 日采样测定,第 2 年返青后在 2007 年 5 月 20 日、7 月 20 日、10 月 20 日采样测定,每次采样在每小区定点挖取 10 株,洗净根部泥土,晾干表面水分,分开地上部茎叶和地下部根系,测定株高及地上、地下部分生物量鲜质量、干质量,干质量为自然风干后称量。2006 年 10 月 20 日和 2007 年 10 月 20 日,每小区采挖 4 m^2 甘草根,测定其鲜质量,风干后测定其干质量,分别折合成播种后生长一年的甘草单位面积根产量和第 2 年的根产量。灌水利用效率计算参考任三学等[7]的方法。

灌水利用效率=单位面积根产量/单位面积灌水量。

1.5 数据分析 试验数据采用 SPSS (13.0)统计软件进行方差分析,各处理效果用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 灌水对甘草生长动态的影响

2.1.1 灌水对甘草主茎生长动态的影响 播后生长一年的甘草主茎有 2 个生长高峰(表 2),一个是在 6 月下旬—7 月下旬,另一个是在 7 月下旬—8 月下旬,8 月下旬以后主茎生长减缓,株高趋于平稳。株高随灌水量和灌水次数增加呈增加趋势,至 8 月下旬,处理 W2、W3、W4、W5 和 W6 株高均显著高于 W1 处理($P<0.05$),其中处理 W4、W5 和 W6 株高显著高于 W2 和 W3 处理($P<0.05$),株高日均增加量为 0.8 cm,主茎生长速度 W6 较 W1 快 60%,较 W2 快 33%,而 W4、W5 与 W6 之间株高差异不显著($P>0.05$);至 9 月下旬株高趋于平稳,各处理灌水优势还继续保持,其中灌水次数最多的 W6 处理株高最高,较 W1、W2、W3、W4 处理依次高 41.9%、27.8%、23.7%、8.4%($P<0.05$),此期株高日均增加量为 0.2~0.3 cm,而 W1 由于水分亏缺株高基本没有增加。第 2 年返青后甘草主茎在 5 月下旬—7 月下旬只有一个生长高峰,以后主茎生长减缓,株高趋于平稳。甘草返青后主茎的生长表现前一年灌水次数多的处理生长快,株高高于灌水少的处理($P<0.05$),说明第 1 年的灌水量对甘草第 2 年主茎的生长有影响。至 7 月下旬,W5 和 W6 处理株高显著高于其他处理,其中 W6 较 W1 处理高 16.5%($P<0.05$),较 W3 高 13.0%($P<0.05$),在此期间,株高日均增加 1.0 cm,主茎生长速度 W6 较 W1 处理高 11.5%;至 10 月下旬,W6 处理株高较 W1 处理高20.5%($P<0.05$),较 W3 高 16.0%($P<0.05$),株高日均增加 0.1 cm,其他处理的株高日均增加量不足 0.1 cm。

2.1.2 灌水对甘草主根生长动态的影响 播后第 1

年甘草主根生长高峰在 7 月下旬— 8 月下旬(表 2),不同灌水处理根长从 7 月下旬开始就出现差异,处理 W2、W3、WK4、W5 和 W6 根长均比处理 W1 的长($P<0.05$),W3 和 W4 处理根长最长,在生长高峰期根长日均生长量达 0.5 cm,主根生长速度 W4 较 W1 快25.0%($P<0.05$),W3 和 W4 处理间差异不显著($P>0.05$);灌水次数超过 6 次(灌水量 5 400 m^3/hm^2)根长降低。第 2 年返青后主根生长保持前一年主根的生长优势,至 10 月下旬 W3、W4、W5 和 W6 处理的根长显著长于 W1 和 W2 处理($P<0.05$),但是 W3、W4、W5、W6 处理之间差异不显著($P>0.05$)。以上分析表明,在一定灌水量范围内,根长随灌水量增加而增长,但是灌水量过多对甘草根长的增加是不利的。

表 2 不同灌水处理对甘草株高、主根长的影响 cm

类项	处理	播后第 1 年				播后第 2 年		
		2006-06-20	2006-07-20	2006-08-20	2006-09-20	2007-05-20	2007-07-20	2007-10-20
株高	W1	6.2	26.5b	42.1d	43.4d	16.9c	70.7c	73.1c
	W2	5.8	27.5b	46.1c	48.2c	17.3bc	71.5b	74.7b
	W3	6.1	29.3a	48.4bc	49.8c	18.2b	72.8b	75.9b
	W4	6.2	29.1a	52.8a	56.8b	18.4b	77.2b	79.7b
	W5	5.6	29.9a	52.4a	59.3ab	19.6ab	80.0a	85.1a
	W6	5.7	29.3a	53.7a	61.6a	19.9a	82.4a	88.1a
主根长	W1	23.7	25.2c	38.4c	40.0c	41.8b	43.8c	43.6c
	W2	23.6	27.3b	40.6b	41.7b	42.8b	45.6b	46.6b
	W3	24.9	28.3b	43.6a	43.9ab	43.2ab	46.7a	47.8a
	W4	24.8	29.2b	43.7a	44.3a	45.4a	47.3a	48.7a
	W5	24.1	32.2a	40.8b	41.9b	42.2b	44.2b	47.4a
	W6	24.3	34.7a	40.3b	40.9b	42.3b	45.9b	46.3a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同小写字母或无小写字母表示差异不显著($P>0.05$)。下表同。

2.1.3 灌水对甘草芦径生长动态的影响 播后第 1 年甘草从 6 月下旬— 8 月下旬是甘草芦径快速增长时期,进入 9 月芦径生长趋于缓慢(表 3)。不同灌水处理的芦径除了 6 月 20 日测定值差异不显著外,其余几次测定值均存在显著差异($P<0.05$),芦径有随灌水次数和灌水量增加而增加的趋势,W3、W4、W5、W6 处理的芦径均显著较 W1 和 W2 处理粗($P<0.05$),至 9 月下旬,W1 和 W2 处理的芦径显著低于其他处理($P<0.05$),但是灌水 5 次以上的各处理间差异不显著($P>0.05$),说明播后第 1 年甘草灌水 5 次(灌水量 4 500 m^3/hm^2)就能保证芦径的生长,灌 3 次水(灌水量 2 700 m^3/hm^2)则严重影响一年生苗根增粗生长。灌水 5 次以上处理在芦径快速增长期日均增加 0.2 mm,增加速度 W5 较 W1 快 10.0%。

第 2 年返青后甘草芦径在 5 月下旬— 7 月下旬生长迅速,7 月下旬以后生长减缓。芦径生长延续前一年生长优势,7 月下旬以后 W3、W4、W5 和 W6 处理的芦径显著大于 W1 和 W2 处理($P<0.05$),而 W3、W4、W5 和 W6 处理之间差异不显著($P>0.05$),说明甘草第 2 年生长灌 5 次水(包括冬水)就能满足芦径生长。

表 3 不同灌水处理对甘草芦径的动态变化 mm

处理	播后第 1 年				播后第 2 年		
	2006-06-20	2006-07-20	2006-08-20	2006-09-20	2007-05-20	2007-07-20	2007-10-20
W1	1.8	3.8b	5.7b	5.8c	6.8b	9.2b	9.6b
W2	1.8	3.8b	5.8b	6.4b	7.3a	9.2b	9.5b
W3	1.8	4.1a	6.1a	7.0a	7.4a	9.4a	9.9a
W4	1.9	4.1a	6.1a	7.1a	7.4a	9.7a	9.8a
W5	1.9	4.1a	6.1a	7.1a	7.5a	9.7a	9.9a
W6	1.8	4.0a	6.1a	7.1a	7.2a	9.6a	9.8a

2.1.4 灌水对甘草地上部分干物质积累动态的影响 播后第 1 年甘草地上部干质量在 6 月下旬—7 月下旬,7 月下旬—8 月下旬 2 个时期增加比较迅速,8 月下旬—10 月下旬由于叶片衰老脱落地上部干质量降低(表 4)。地上部干物质随灌水次数和灌水量增加而增加。从不同时期地上部干质量来看,W2、W3、W4、W5 和 W6 处理显著高于 W1($P<0.05$),8 月下旬地上部生长高峰期干质量以 W3 和 W4 处理最高,与其他处理差异显著($P<0.05$),且处理 W3 与 W4 之间差异不显著($P>0.05$),7 月下旬—8 月下旬处理 W3 地上部日均增加 0.08 g,干物质积累速度较处理 W1 快 53.0%。

第 2 年返青后甘草地上部干物质在 5 月下旬—7 月下旬增加比较迅速,7 月下旬以后干物质积累缓慢。延续前一年各处理的生长优势,W3、W4、W5 和 W6 处理显著高于 W1 和 W2 处理($P<0.05$),W2 也显著高于 W1($P<0.05$),这可能与前一年灌水量不同有关。5 月下旬—7 月下旬生长高峰期,W3 处理地上部干物质日均增加 0.1 g,干物质积累速度较处理 W1 快 11.0%。

表 4 不同灌水处理对甘草地上部分干物质积累动态 g/株

处理	播后第 1 年				播后第 2 年		
	2006-06-20	2006-07-20	2006-08-20	2006-09-20	2007-05-20	2007-07-20	2007-10-20
W1	0.2	1.6	3.2c	2.6b	1.5	6.9c	7.8c
W2	0.2	1.6	3.8b	3.1a	1.6	7.8b	8.9b
W3	0.2	1.9	4.3a	3.3a	1.9	8.1a	9.8a
W4	0.2	1.8	4.1a	3.4a	1.9	8.3a	10.1a
W5	0.2	1.8	3.3b	3.1a	1.8	8.1a	9.9a
W6	0.2	1.8	3.4b	3.0a	1.9	8.2a	9.8a

2.1.5 灌水对甘草根干物质积累动态的影响 播后第 1 年甘草根干质量在 6 月下旬—7 月下旬缓慢增加,7 月下旬—8 月下旬、8 月下旬—9 月下旬 2 个时期增加比较迅速,生长高峰较地上部迟 1 个月(表 5)。各时期根干质量随灌水次数和灌水量增加而增加,灌水次数和灌水量达到一定值后,根干质量随灌水次数和灌水量增加表现下降趋势。处理 W2、W3、WK4、W5 和 W6 各时期根干质量均显著高于处理 W1($P<0.05$),处理 W3 和 W4 根干质量最高,和其他几个处理差异显著($P<0.05$),且他们二者间差异不显著($P>0.05$),在 7 月下旬—9 月下旬根快速生长期 W3 处理根干质量日均增加量达 0.3 g,增加速度较 W1 处理快 50.0%。

第 2 年返青后,5 月下旬甘草根干质量低于越冬前的量,各处理差异还继续保持($P<0.05$),以后随生育进程根干质量缓慢增加,7 月下旬—10 月下旬根进入快速生长期。W3 和 W4 处理根干质量最高,显著高于其他处理($P<0.05$),在 7 月下旬—10 月下旬根快速生长期 W3 处理根干质量日均增加量达 0.5 g,较 W1 处理快 25.0%。W2 处理显著高于 W1($P<0.05$)。

2.2 灌水对甘草根产量、灌水效率的影响 甘草干根产量均随灌水次数和灌水量增加而增加,但是当灌水次数和灌水量超过一定值后,干根产量表现出随灌水次数和灌水量增加而下降(表 6),灌水效率随灌水次数和灌水量增加呈下降趋势。处理

表 5 不同灌水处理对甘草单株根干物质积累动态 g/株

处理	播后第 1 年				播后第 2 年		
	2006-06-20	2006-07-20	2006-08-20	2006-09-20	2007-05-20	2007-07-20	2007-10-20
W1	0.1	0.8	3.4c	5.1c	4.4c	8.3c	20.0c
W2	0.1	0.9	4.4b	6.1b	5.4b	9.9b	23.7b
W3	0.1	1.0	5.3a	7.3a	6.9a	12.2a	27.1a
W4	0.1	1.0	5.2a	7.3a	6.7a	11.7a	26.5a
W5	0.1	0.8	4.3b	6.6b	5.9b	9.9b	22.0b
W6	0.1	0.6	4.3b	6.5b	5.8b	9.4b	22.2b

W3 和 W4 根产量最高，二者间差异不显著，但是和其他处理差异显著，灌水效率 W3 处理较 W4 处理高，表明在不减产的情况下，处理 W3 较 W4 少灌一次水，节水 900 m^3/hm^2。

相关分析表明(表 7)，甘草产量与单株根干质量($r=0.90$)、主根长($r=0.84$)、芦径($r=0.48$)、单株地上部干质量($r=0.72$)均呈极显著和显著正相关，与株高相关不显著，说明灌水处理主要通过影响根干质量、根长、地上部干质量和芦径而最终影响根产量。

表 6 不同灌水处理对甘草根产量和灌水效率的影响

处理	播后第 1 年		播后第 2 年	
	干根产量 (kg/hm^2)	灌水效率 (kg/m^3)	干根产量 (kg/hm^2)	灌水效率 (kg/m^3)
W1	1 880c	2.1	5 640c	3.1
W2	2 648b	1.5	7 904b	2.9
W3	3 004a	1.1	9 004a	2.0
W4	3 397a	0.9	10 172a	1.8
W5	2 582b	0.6	7 744b	1.1
W6	2 536b	0.5	7 616b	0.9

表 7 不同灌水处理甘草农艺性状与产量的相关关系

	产量	株高	主根长	芦径	单株地上部干质量	单株根干质量
产量	1.00	0.16	0.84**	0.48*	0.72**	0.90**
株高		1.00	0.39	0.25	0.62**	−0.05
主根长			1.00	0.72**	0.94**	0.81**
芦径				1.00	0.77**	0.54*
单株地上部干质量					1.00	0.67**
单株根干质量						1.00

注：**表示相关关系极显著($P\leqslant0.01$)，*表示相关关系显著($P\leqslant0.05$)。

3 讨论与结论

灌水对农作物生长的影响研究表明，重度水分亏缺严重影响作物生长发育，使叶面积和生物总量减少，产量大幅降低。中度水分亏缺生物量小于充分灌水处理，但根冠比增加，有利于干物质向籽粒运转，产量和水分利用效率较高，表现出生物的补偿效应[10-11]。本研究同样也表明在民勤荒漠性气候条件下，甘草一年灌 3 次水(灌水量 2 700 m^3/hm^2)严重影响甘草根产量，灌水增至 5 次(灌水量 4 500 m^3/hm^2)和 6 次(灌水 5 400 m^3/hm^2)，播后生长 1 年的甘草和生长 2 年的甘草根产量均达到较高水平，但是灌水 5 次的灌水效率较灌 6 次水的高，可节水 900 m^3/hm^2，灌水超过 6 次，甘草根产量并没有随灌水量增加而增加，相反有所降低，灌水效率也随之降低。灌水对作物地上部营养器官的正效应在小麦、棉花、马铃薯、苜蓿(*Medicago sativa*)等作物研究得到证实[7-9,16-17]，冬小麦植株高度与灌水次数呈正相关关系，灌水能明显促进棉花生长，株高增长与灌水量呈显著正相关，马铃薯株高变化的基本趋势是灌水量越大，植株越高，灌溉对苜蓿有明显的增产效果。本研究中灌水明显促进甘草地上部茎叶的生长，株高随灌水次数和灌水量增加而增加。灌水对甘草根的生长也有明显的促进效应，但是灌水超过 5 次(灌水量 4 500 m^3/hm^2)根长和芦径基本不再增加，而根干质量有降低的趋势，这有可能是由于灌水过多地上部旺盛生长，从而消耗过多的光合产物，使光合产物向根部分配减少致使根干质量降低。相关分析表明，单株根干质量、根长、芦径、单株地上部干质量与甘草产量显著正相关，灌水对根产量的效应是由于对单根干质量、根长、地上部干质量和芦径影响的结果。

本研究还表明，播后第 1 年甘草地上部生长高峰在 6 月下旬－8 月下旬，而第 2 年返青后甘草地上部生长高峰在 5 月下旬－7 月下旬，在其生长高峰期灌水对甘草株高和地上部干质量促进效应最大；播后第 1 年甘草根生长高峰在 7 月下旬－9 月下旬，第 2 年返青后甘草芦径生长高峰期在 5 月下旬－7 月下旬，根干质量生长高峰期在 7 月下旬－10 月下旬，在其生长高峰期灌水对甘草根长、芦径、根干质量促进效应最大。

参考文献

[1] 杨秀英，杜太生，潘英华，等. 沙漠绿洲区不同灌水方式条件下玉米灌溉制度研究[J]. 灌溉排水学报，2003，22(3)：22-25.

[2] 王旺多. 河西水资源与发展节水农业的策略探讨[J]. 西北民族大学学报(哲学社会科学版)，2005(1)：49-51.

[3] 赵德明,柴守玺.灌水对河西绿洲冬小麦产量及光合生理指标的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,43(3):77-90.

[4] 赵雪飞,王丽金,李瑞奇,等.不同灌水次数和施氮量对冬小麦群体动态和产量的影响[J].麦类作物学报,2009,29(8):1004-1009.

[5] 张步翀,黄高宝,李凤民.调亏灌溉对河西绿洲灌区春小麦产量构成要素的影响研究[J].灌溉排水学报,2006,25(5):26-29.

[6] 王锋,康绍忠,王振昌.甘肃民勤荒漠绿洲区调亏灌溉对西瓜水分利用效率、产量与品质的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(4):123-129.

[7] 任三学,赵花容,姜朝阳,等.不同灌水次数对冬小麦产量构成因素及水分利用效率的影响[J].华北农学报,2007,22(增刊):169-177.

[8] 刘生荣,张俊杰,李葆来.等.灌水对棉花植株形态和产量性状的影响[J].中国棉花,2004,31(6):20-21.

[9] 江俊燕,汪有科.不同灌水量和灌水周期对滴灌马铃薯生长及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):121-128.

[10] 董宝娣,刘孟雨,张正斌.不同灌水对冬小麦农艺性状与水分利用效率的影响研究[J].中国生态农业学报,2004,12(1):140-146.

[11] 吕丽华,胡毛昆,李雁,等.灌水方式对不同小麦品种水分利用效率和产量的影响[J].麦类作物学报,2007,27(1):88-92.

[12] 刘长利,王文全,魏胜利.干旱胁迫对甘草各营养器官生物量及分配的影响[J].中药材,2005,28(1):7-8.

[13] 祝玲敏,安文芝,谢建军,等.播种期对栽培甘草越冬性及根系生长特征的影响[J].中国沙漠,2007,27(3):469-475.

[14] 王秀英,张大惠.不同氮肥施用量对甘草农艺性状的影响[J].安徽农业科学,2009,37(3):1178-1181.

[15] 王瑞芳,蔺海明,谢建军,等.不同定植密度下甘草生长规律的研究[J].中国中药杂志,2008,33(10):1117-1125.

[16] 孟林,毛培春,张国芳.京郊平原区苜蓿生产能力与耗水规律的研究[J].草业科学,2007,24(4):36-40.

[17] 文霞,侯向阳,穆怀彬.灌水量对京南地区紫花苜蓿生产能力的影响[J].草业科学,2010,27(4):73-77.

Effects of irrigation on growth dynamic and yield of *Glycyrrhiza uralensis* in Minqin Oasis

LIN Hai-ming[1,2], JI Ying[3], QIU Dai-yu[1,2]

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Gansu Lanzhou 730070, China;
2. Gansu Province Key Laboratory of Aridland Crop Science, Gansu Lanzhou 730070, China;
3. Gansu Agricultural College, Gansu Lanzhou 730020, China)

Abstract: An experiment of randomized block design was conducted to study the effect of irrigation on growth dynamic and yield of *Glycyrrhiza uralensis*. The six levels of irrigation, 2 700 (W1), 3 600 (W2), 4 500 (W3), 5 400 (W4), 6 300 (W5) and 7 200 (W6) m^3/ha, were applied. The plant height, root length, root diameter, aerial dry weight and root dry weight were promoted with different irrigation levels. The results indicated that plant height with W4, W5 and W6 treatments were significant higher ($P<0.05$) than these with W1, W2 and W3 treatments. Growth rate of W6 main stem was 60% faster than W1 and 33% than W2 and W3. The aerial dry weight of W3, W4, W5 and W6 were significant significant higher ($P<0.05$) than W1 and W2. The accumulation rate of the dry matter with W3 was 11% faster than W1. The root length, root diameter and root dry weight increased with increasing irrigation levels, but decreased when irrigation levels were more than 5 400 m^3/ha. The root dry weight of W3 and W4 were significant higher ($P<0.05$) than others. The accumulation rate of dry matter of annual and biennial roots with W3 and W4 were faster 50% and 35% than W1, respectively. It was concluded that the yield of annual and biennial roots were higher with 4 500 and 5 400 m^3/ha irrigation levels, respectively. However, the irrigation efficiency with 4 500 m^3/ha was higher than with 5 400 m^3/ha treatment.

Key words: *Glycyrrhiza uralensis*; irrigation quantity; irrigation efficiency; root dry weight