

灌溉定额和灌溉水矿化度对土壤水盐动态影响研究

袁成福

(江西水利职业学院,江西 南昌 330013)

摘要:在甘肃省石羊河流域开展春玉米咸水灌溉田间试验,通过测定土壤含水量和含盐量,研究了灌溉定额和灌溉水矿化度对土壤水盐动态的影响。研究结果表明:灌溉定额与灌溉水矿化度均对土壤水分影响明显,随着灌溉定额和灌溉水矿化度的增加,土壤含水率越大;灌溉定额与灌溉水矿化度均对土壤盐分影响明显,土壤盐分累积量随着灌溉定额和灌溉水矿化度的增加而增大;收获后与播种前相比,0~100 cm 土层,除淡水充分灌溉处理脱盐外,其余各灌溉处理均呈现积盐,并且随着灌溉水矿化度的增大,盐分累积量也越大,其中灌溉水矿化度为 6 g/L 的轻度缺水灌溉处理积盐量最大,最大值为 0.838 g/kg。

关键词:灌溉定额;灌溉水矿化度;土壤水盐动态;春玉米

中图分类号:TV93

文献标识码:A

文章编号:1004-4701(2017)02-0079-05

0 引言

石羊河流域地处甘肃省河西走廊东端,是河西走廊三大内陆河流之一,该流域具有水资源开发利用程度高,人均水资源量少,用水矛盾突出,生态环境恶化较严重的特点^[1]。该流域水资源开发利用率高,远高于国际公认的内陆河流域水资源开发利用 40% 的合理限度^[2]。利用地下水进行灌溉是该流域农业生产的重要组成部分,由于地下水资源过度开发利用,导致地下水矿化度逐年升高。咸水灌溉已成为解决干旱地区水资源短缺问题的有效途径之一,但长时期采用高矿化度的咸水进行灌溉,也会对水土环境和农作物生长产生不利影响^[3]。国内外研究者就咸水灌溉对土壤水盐运动规律进行了大量的研究工作。郝远远等在宁夏银北灌区开展了春玉米微咸水灌溉试验,研究表明表层土壤(0~30 cm)土壤水分和盐分含量变化较大,30 cm 以下土层的含水率和含盐量变化较小^[4]。孙泽强等在鲁北平原开展了棉花咸水灌溉试验,研究结果表明咸水灌溉补灌主要影响棉花对 40~100 cm 土层水分的吸收,土壤水分动态受灌溉水盐分含量和降水的综合影响^[5]。张亚哲等在河北衡水地区开展了冬小麦咸水灌溉试验,研究结果表明灌高矿化度水的土壤含水量和土壤剖面盐分

浓度较高,但在 80~100 cm 处,土壤含水量和含盐量在灌水前后变化较小^[6]。春玉米是甘肃河西走廊地区主要的粮食作物,它种植面积广,生育期长,耗水量大^[7]。本文通过在石羊河流域开展春玉米咸水灌溉试验,研究灌溉定额和灌溉水矿化度对土壤水盐动态的影响,期为研究区合理利用咸水资源和节水灌溉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

本研究田间试验于 2011 年 4 月至 10 月在甘肃省武威市中心灌溉试验站(102°52'E,37°52'N,海拔 1 581 m)内进行,该试验站位于石羊河流域中游区域。通过对武威市凉州区气象站 1956~2005 年的气象资料进行计算,得到该研究区多年平均降水量和蒸发量分别为 164.4 mm 与 2 000 mm,研究区地下水位埋深达 48.00 m。应用非称重式蒸渗仪进行田间试验,准备测坑小区 18 个,各测坑长 3.33 m、宽 2.00 m、深 3.00 m,小区间通过水泥混凝土隔开,坑底为水泥地板,下设排水通道,可以用来监测渗漏量。测坑内土壤平均容重为 1.51 g/cm³,田间持水率为 0.30 cm³/cm³(体积含水率,下同),调萎系数为 0.075 cm³/cm³,饱和含水率为 0.41 cm³/cm³。试验区土壤理化性质见表 1。

收稿日期:2016-11-11

作者简介:袁成福(1989-),男,硕士,助理工程师。

表 1 土壤理化性质

土层深度 /cm	全氮 (/g/kg)	全磷 (/g/kg)	全钾 (/g/kg)	有机质 (/g/kg)	CEC (/mmol/kg)	pH	土壤质地
0~20	0.288	0.433	20.9	2.60	249	8.85	粉质壤土
20~40	0.258	0.495	20.0	2.64	228	8.90	
60~100	0.418	0.563	19.8	5.69	238	8.50	

1.2 试验设计

试验设置灌溉定额和灌溉水矿化度两种因素,灌溉定额因素设置 3 种水平:S(充分灌溉,灌溉定额 = ET_c)、D(轻度缺水,灌溉定额 = $2/3ET_c$)、DD(重度缺水,灌溉定额 = $1/2 ET_c$)。 ET_c 为作物需水量,利用 Penman - Monteith 公式计算得到的 ET_0 再乘以春玉米作物系数 K_c 得到,玉米全生育期 ET_c 累计值为 $510\text{ mm}^{[8]}$ 。同时,设置 3 种灌溉水矿化度水平,分别为 F(淡水灌溉,灌溉水矿化度为 0.71 g/L)、3(灌溉水矿化度为 3 g/L)、6(灌溉水矿化度为 6 g/L)。其中 0.71 g/L 、 3 g/L 和 6 g/L 代表石羊河流域上游、中游、下游典型地区的地下水矿化度。试验采用完全随机区组设计,共设 9 个处理,分别为 SF(对照)、S3、S6、DF、D3、D6、DDF、DD3 和 DD6,受试验地条件所限,每个处理重复两次,共设置 18 个小区。根据春玉米不同生育阶段,结合当地灌溉经验,设置灌溉制度见表 2 所示。在试验之前对各灌溉处理进行一次春灌冲洗试验地,灌水定额为 150 mm ,目的是淋洗土壤盐分和土壤贮水。本试验所用的淡水源于当地地下水,通过水泵直接抽取,咸水是采用质量比为 2: 2: 1 的 NaCl 、 MgSO_4 和 CaSO_4 混合地下水配制而成,灌溉定额利用水表控制。供试作物为当地春玉米,品种为金穗 1 号,于 2011 年 4 月 22 日播种,9 月 12 日收获,全生育期 143 天。每个小区按 8 列 6 行进行播种,每个小区共计 48 株,玉米行距 35 cm ,株距 25 cm 。播种前需要对试验田地施肥,施肥量按磷酸二铵 40 kg/亩 ,尿素 20 kg/亩 ,钾肥 15 kg/亩 的标准,其他农艺措施均参照当地实际情况进行。2011 年春玉米全生育期内降雨量为 119 mm 。

1.3 测定项目与方法

2011 年试验期间分别在春玉米播种前、收获后以及每次灌水前后通过土钻田间获取土样,每个取样点取土深度为 100 cm ,共分为 6 层,分别为 $0\sim10\text{ cm}$ 、 $10\sim20\text{ cm}$ 、 $20\sim40\text{ cm}$ 、 $40\sim60\text{ cm}$ 、 $60\sim80\text{ cm}$ 和 $80\sim100\text{ cm}$,每次取完样后回填钻孔并做标记,采用烘干法(土样在 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱内烘 8 h)测定土壤含水率。土钻取土留部分土样,将土样风干,进行研磨和过 1 mm 筛后,采

用 1: 5 的土水比配制成土壤饱和浸提液,利用 SG - 3 型电导率仪测定其电导率 $EC_{1:5}$,并用公式($S = 0.0275EC_{1:5} + 0.1366$)将 $EC_{1:5}$ 转化为土壤含盐量^[9]。

表 2 各处理灌溉制度 mm

处理	6 月 6 日	6 月 25 日	7 月 16 日	8 月 13 日	灌溉定额
SF	120	135	135	120	510
DF	80	90	90	80	340
DDF	60	67	67	60	255
S3	120	135	135	120	510
D3	80	90	90	80	340
DD3	60	67	67	60	255
S6	120	135	135	120	510
D6	80	90	90	80	340
DD6	60	67	67	60	255

2 结果与分析

2.1 土壤水分动态规律

图 1~图 3 分别为充分灌溉($1ET_c$)、轻度缺水灌溉($2/3ET_c$)和重度缺水灌溉($1/2 ET_c$)条件下 $0\sim100\text{ cm}$ 土壤水分变化规律。由图可以看出,不同灌溉定额水平下土壤含水率差异明显。充分灌溉处理灌水前后曲线的波动最大,第 1、2 次灌水后部分处理的含水率峰值甚至短时间超过了田间持水率;轻度缺水灌溉和重度缺水灌溉处理,土壤水分变化曲线始终在田间持水率和凋萎系数之间,变化趋势基本一致,只是变化幅度稍有差异。轻度缺水灌溉处理的土壤水分变化曲线幅度要比重度缺水灌溉处理的大,并且峰值更接近于田间持水率,而重度缺水灌溉处理的谷值更接近于凋萎系数。

相同灌溉定额不同灌溉水矿化度水平下土壤含水率差异明显。充分灌溉条件下,3 种灌溉水矿化度处理的土壤含水率前期差异较小,随着灌水的次数增多,后期差异性逐渐变大,说明随着土壤盐分累积量的增大,盐分胁迫对土壤含水率的影响也越来越大,淡水灌溉

(SF)处理土壤含水率最小,而咸水灌溉(S6)处理土壤的含水率最大,生育末期S6和S3处理的土壤含水率分别比SF处理高出17%和9%;轻度缺水灌溉条件下,3种灌溉水矿化度水平下的土壤含水率到后期才有明显的差别,因为灌溉定额比充分灌溉要少,带入土体中的盐分也少,盐分累积的速度比较慢,所以到后期3个处理中盐分累积的差值达到一定程度时,才对土壤含水率产生显著的影响,到生育期末D6和D3处理的土壤含

水率分别比DF高了15%和7%;重度缺水灌溉条件下,3种灌溉水矿化度水平对土壤含水率的影响进一步减小,生育期末的土壤含水率相差很小,最大值与最小值仅相差7%。由此可见,随着咸水灌溉的使用时间的增长,带入土体中的盐分逐渐增加,由于盐分胁迫作用会抑制作物根系吸水,从而出现咸水灌溉处理的土壤含水率高于淡水灌溉的现象,并且灌溉定额越大、矿化度越高,这种现象越明显。

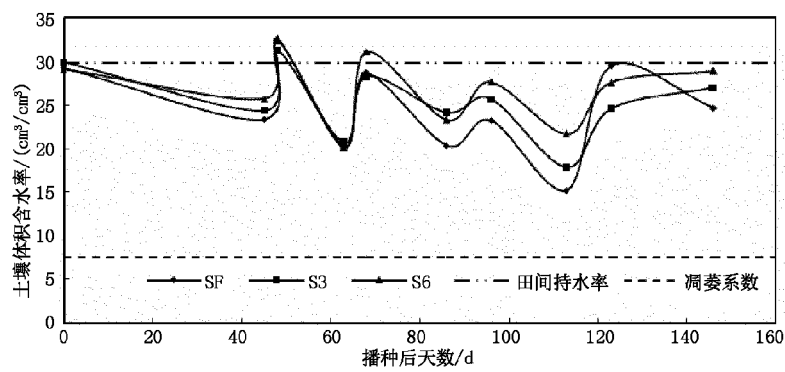


图1 充分灌溉条件下不同灌溉水矿化度处理0~100 cm土壤水分变化过程

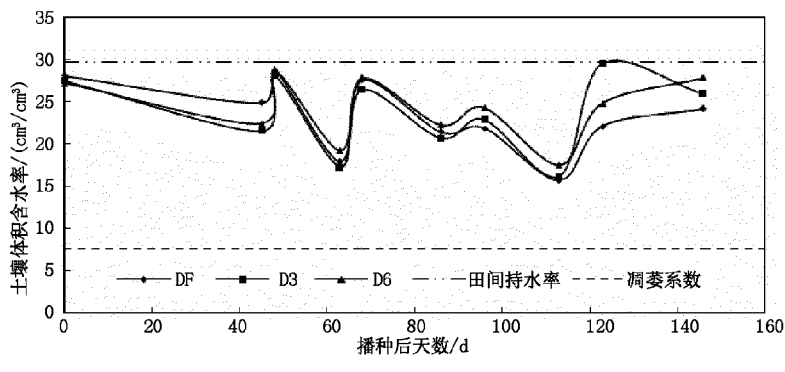


图2 轻度缺水灌溉条件下不同灌溉水矿化度处理0~100 cm土壤水分变化过程

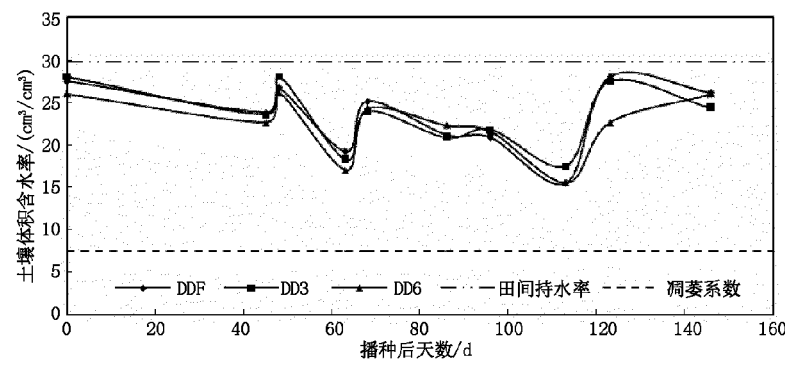


图3 重度缺水灌溉条件下不同灌溉水矿化度处理0~100 cm土壤水分变化过程

2.2 土壤盐分动态规律

表3为春玉米收获后与播种前土壤含盐量及其变化量。0~20 cm为表层土壤,20~60 cm为中层土壤,是主要根系吸水层,60~100 cm为深层土壤。

表3 土壤盐分变化规律

处理		土壤盐分及其变化量/(g/kg)			
		0 ~ 20 cm	20 ~ 60 cm	60 ~ 100 cm	0 ~ 100 cm
SF	播种前	0.775	1.960	3.160	2.203
	收获后	0.525	1.005	2.945	1.685
	变化量	-0.250	-0.955	-0.215	-0.518
DF	播种前	0.924	0.950	2.265	1.490
	收获后	0.585	1.130	3.340	1.903
	变化量	-0.339	0.180	1.075	0.434
DDF	播种前	1.093	1.872	3.640	2.899
	收获后	1.286	2.258	4.230	2.277
	变化量	0.193	0.386	0.590	0.429
S3	播种前	1.065	1.185	2.670	1.755
	收获后	1.225	1.755	4.470	2.735
	变化量	-0.160	0.270	1.280	0.588
D3	播种前	0.845	1.625	2.770	1.927
	收获后	0.650	1.410	4.030	2.306
	变化量	-0.195	0.215	1.260	0.551
DD3	播种前	1.265	1.550	2.955	2.055
	收获后	0.770	2.315	3.755	2.582
	变化量	-0.495	0.765	0.800	0.527
S6	播种前	0.970	1.335	2.370	1.676
	收获后	0.770	2.225	2.915	2.210
	变化量	-0.200	0.890	0.545	0.534
D6	播种前	0.690	0.945	2.270	1.424
	收获后	0.820	1.095	4.150	2.262
	变化量	0.130	0.150	1.880	0.838
DD6	播种前	0.925	0.985	2.380	1.531
	收获后	0.750	1.710	3.700	2.314
	变化量	-0.175	0.725	1.320	0.783

从表3可以看出,在淡水灌溉条件下,SF处理各土层均呈现脱盐,DF处理表层土壤脱盐,中层土壤和深层土壤积盐,DDF处理各土层均呈现积盐,说明在淡水灌溉条件下,随着灌溉定额的增大,盐分被淋洗的越深,轻度缺水灌溉和重度缺水灌溉盐分主要累积在中层土壤和深层土壤。灌溉水矿化度为3 g/L的水灌溉条件下,S3、D3和DD3处理表层土壤脱盐,中层土壤和深层土壤积盐,说明灌溉定额越大,盐分累积量也越大。灌溉水矿化度为6 g/L的水灌溉条件下,D6处理各土层均积盐,S6和DD6处理表层土壤脱盐,中层土壤和深层土壤积盐,可见,咸水灌溉条件下盐分主要累积在中层

土壤和深层土壤。在相同灌溉定额条件下,随着灌溉水矿化度的增大,盐分在土壤中的积盐量也越大,以轻度缺水灌溉为例,DF处理中层土壤与深层土壤积盐量分别为0.180 g/kg和1.075 g/kg,D3处理中层土壤与深层土壤积盐量分别为0.215 g/kg和1.260 g/kg,D6处理中层土壤与深层土壤积盐量分别为0.150 g/kg和1.880 g/kg。0~100 cm土层,除SF处理脱盐外,其余各灌溉处理均呈现积盐,并且随着灌溉水矿化度的增大,盐分累积量也越大,其中D6处理积盐量最大,最大值为0.838 g/kg。若长时期采用高灌溉水矿化度的咸水进行灌溉,盐分会在土壤产生大量累积,影响农田水土环境和作物生长。

3 结 论

通过在石羊河流域开展春玉米咸水灌溉试验,研究了灌溉定额和灌溉水矿化度对土壤水盐动态的影响,主要结论如下:

(1)不同灌溉定额下土壤含水率差异明显,充分灌溉处理灌水前后曲线的波动最大,轻度缺水灌溉和重度缺水灌溉处理,土壤水分变化曲线始终在田间持水率和凋萎系数之间,变化趋势基本一致;不同灌溉水矿化度下土壤含水率差异明显,随着灌溉水矿化度的增大和咸水灌溉的使用时间的增长,土壤盐分累积量的增大,盐分胁迫对土壤含水率的影响也越来越大,导致咸水灌溉的土壤含水率高于淡水灌溉。

(2)不同灌溉定额下土壤盐分累积量随着灌溉定额的增大而增大,并且盐分主要累积在中层土壤和深层土壤;不同灌溉水矿化度下土壤盐分累积量随着灌溉水矿化度的增大而增大;0~100 cm土层,除SF处理脱盐外,其余各灌溉处理均呈现积盐,并且随着灌溉水矿化度的增大,盐分累积量也越大,其中D6处理积盐量最大,最大值为0.838 g/kg。

参考文献:

- [1] 贾焰,张军,张仁陟. 2001~2011年石羊河流域水资源生态足迹研究[J]. 草业学报,2016,25(2):10~17.
- [2] 张鹏,候慧敏,马金珠. 石羊河流域水资源总量控制现状分析[J]. 节水灌溉,2012(4):46~50.
- [3] 张济斌,蒋静,马娟娟,等. 不同灌溉定额和矿化度对小麦生长影响的试验研究[J]. 节水灌溉,2012(5):1~5.
- [4] 郝远远,郑建华,黄权中,等. 微咸水灌溉对土壤水盐及春玉米产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2016,35(10):36~41.
- [5] 孙泽强,董亮,王学君,等. 咸水滴灌对土壤水盐分布和棉花产

- 量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(4): 273 ~ 277.
- [6] 张亚哲, 高业新, 王建中, 等. 微咸水灌溉条件下的土壤水盐动态变化研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(1): 49 ~ 54.
- [7] 蒋静, 冯绍元, 霍再林, 等. 盐化土壤节水灌溉春玉米产量及耗水规律研究[J]. 中国农村水利水电, 2015(5): 19 ~ 22.
- [8] Jing Jiang, Shaoyuan Feng, Juanjuan Ma, et al. Irrigation management for

- spring maize grown on saline soil based on SWAP model[J]. Field Crop Research, 2016(196): 85 ~ 97.
- [9] 袁成福, 冯绍元, 蒋静, 等. 咸水非充分灌溉条件下土壤水盐运动SWAP模型模拟[J]. 农业工程学报, 2014, 30(20): 72 ~ 82.

编辑: 张绍付

A study on the effect of irrigation norm and salinity on soil water salt dynamic

YUAN Chengfu

(Jiangxi Water Resources Institute, Nanchang 330013, China)

Abstract: A field experiment was conducted under saline water irrigation with spring maize in Shiyang River basin of Gansu province. The soil water content and salt content were measured for study the effects of irrigation norm and salinity on soil water salt dynamic. The research results showed that irrigation norm and irrigation salinity both had obvious effect on soil water content. With the increase of irrigation norm and irrigation salinity, soil water content gradually increased. Irrigation norm and irrigation salinity also both had obvious effect on soil salt content. With the increase of irrigation norm and irrigation salinity, soil salt accumulation increased. After the spring maize harvest in comparison to sowing, the soil salt of every irrigation treatments was accumulated in addition to the fresh sufficient irrigation treatments in 0 ~ 100 cm. With the increase of irrigation salinity, soil salt accumulation increased. The 6 g/L deficit irrigation treatment had the largest salt accumulation and the maximum value was 0.838 g/kg.

Key words: Irrigation norm; Irrigation salinity; Soil water salt dynamic; Spring maize

翻译: 袁成福

吴义泉副厅长出席南昌市举行的“世界水日” “中国水周”宣传活动启动仪式

2017年3月22日,第二十五届“世界水日”第三十届“中国水周”宣传活动启动仪式在江西财经大学举行。中共南昌市委常委邱向军出席并宣布“世界水日”“中国水周”南昌市宣传活动正式启动。江西省水利厅副厅长吴义泉、江西财经大学副校长阙善栋参加启动仪式并讲话。

2017年3月22日是第二十五届“世界水日”,3月22~28日是第三十届“中国水周”。联合国确定今年“世界水日”的宣传主题是“Wastewater”(废水)。水利部确定我国纪念今年“世界水日”、“中国水周”活动的宣传主题是“落实绿色发展理念,全面推行河长制”。

全面推行河长制是落实绿色发展理念、推进生态文明建设的内在要求,是解决我国复杂水问题、维护河湖健康生命的有效举措,是完善水治理体系、保障国家水安全的制度创新。南昌市在全省率先全面推行河长制,创造了江西经验南昌样板。党政统一协调整合各方力量,有力促进了南昌市水资源保护、水域岸线管理、水污染防治、水环境治理等工作,为建设“美丽南昌·幸福家园”提供了有力的水生态支撑。

参加现场启动仪式的还有南昌市水务局班子成员、江西财经大学师生代表、各县(区)水政大队、市水务局执法单位代表共360人。启动仪式会场气氛热烈,大家积极参加“世界水日”“中国水周”知识抢答、参观水法水规宣传展板、参与水法水规水知识咨询,启动仪式共计发放水知识宣传手册390份。

(江西省南昌市水务局 吴海勤 吴奇兵)