

新疆玛纳斯河流域灌溉技术对土壤盐渍化的影响

李玉义¹ 柳红东² 张凤华² 陈阜¹ 赖先齐²

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘要 评价新疆玛纳斯河流域灌区灌溉技术对土壤盐渍化的影响程度。以石河子垦区为例,着重分析不同阶段灌溉技术对土壤盐渍化的影响;根据土壤盐渍化与灌溉技术水平的关系,用类比法对灌区盐渍化耕地的发展趋势进行初步预测。结果表明:在无排水条件下漫灌、畦灌等传统灌溉技术造成地下水位迅速上升,土层出现严重积盐。井灌井排技术有效地降低了地下水位,土壤明显脱盐,作物产量不断提高。目前大力推广的膜下滴灌由于其良好的节水和压盐效果,土壤中盐分含量逐年下降,随着滴灌年限的增加,土壤平均脱盐率逐渐提高;预计2010年大部分地区水资源达到合理利用后,灌区次生盐渍化耕地比例将下降到35%~40%,2020年区域水资源实现高效利用后,盐渍化耕地将减少到30%以内。随着灌溉技术水平的不断提高,不同类型土壤出现明显脱盐,灌区盐渍化耕地也将逐渐减少,但不会全部消失。

关键词 盐渍化;漫灌;井灌井排;膜下滴灌;玛纳斯河流

中图分类号 S156

文章编号 1007-4333(2007)01-0022-05

文献标识码 A

Assessment on the effect of irrigation technology on soil salinization in Manas River valley, Xinjiang

Li Yuyi¹, Liu Hongdong², Zhang Fenghua², Chen Fu², Lai Xianqi²

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture of Xinjiang Bintuan, Shihezi 832003, China)

Abstract In order to assess the effect of irrigation technology on soil salinization in Manas River Valley, Xinjiang, the historical information on characteristics of irrigation technology, groundwater depth and soil salts accumulation in Shihezi cultivated area at key four periods, was analyzed emphatically. Besides, the trends of cultivated land salinization for 2010 and 2020 were also predicted by analogism according to the relationship between soil salinization and irrigation technology. The results revealed that the application of the traditional irrigation methods, such as flood and ridge irrigation, resulted in a rapid increase of groundwater depth and salts accumulation in soil surface layers. With the massive groundwater pumped for irrigation, there was an apparent decrease of groundwater depth and desalinization in soil layers that led to a substantial increase of crop production. Currently the application of mulched drip irrigation decreased the salt content in soil layers and increased the crop yield. With the continuous application of drip irrigation, average soil desalinization efficiency in soil layers was increasing. It was predicted that the percent of salinized land would be reduced to 35%~40% when water resource was utilized reasonably in 2010. With the high efficient utilization of water resources after 2020 the salinized land ratio would remain below 30%. It was concluded that with the increase of technological level of irrigation, an obvious desalinization appeared in the soil surface layers and the salinized land area in this study area would decrease, but the land salinization problem would be still existed.

Key words soil salinization; flood irrigation; well irrigation; mulched drip irrigation; Manas River Valley

干旱区土壤本身的盐分以及不合理灌溉引起的 农田土壤次生盐渍化是灌溉农业持续发展的最大障

收稿日期: 2006-07-24

基金项目: 科技部基础研究重大项目前期研究专项(2003CCA02300)

作者简介: 李玉义, 博士研究生, E-mail: yuyili2003@eyou.com; 陈阜, 教授, 通讯作者, 主要从事农作制度管理与区域农业研究, E-mail: chenfu@cau.edu.cn

碍^[1]。玛纳斯河流域(简称玛河流域)地处准噶尔盆地南缘,是新疆最大绿洲农耕区和我国第四大灌溉农业区。该区域在农业开发前,属于冲洪积扇扇缘、冲积平原和干三角洲等地貌,曾分布各类不同含盐量的盐渍土^[2-3]。20世纪50年代初大规模开垦后,由于对盐渍化危害认识不足,传统的灌溉方式使灌区地下水位日益升高,造成土壤严重次生盐渍化。灌区先后经历了大水漫灌、以串灌、畦灌等为主的低效灌溉和井灌井排等阶段。近年来推行的膜下滴灌技术由于生育期灌溉用水较常规灌溉节省20%~30%^[4],加上良好的压盐效果^[5],因此在该地区得到大面积推广应用。如研究区内的石河子垦区2004年膜下滴灌面积达到8.67万hm²,占垦区总灌溉面积的53.3%,几乎占整个新疆地区膜下滴灌面积的35%,已成为新疆节水农业的典范。因此探索不同灌溉技术,特别是膜下滴灌条件下农田盐分累积规律对于制定合理的灌溉计划,实现干旱区灌溉农业持续发展有重要意义。

国内外关于灌溉技术对土壤盐渍化的影响已做了大量研究。土壤盐分累积一般以漫灌、串灌最重,畦灌、沟灌等次之,喷、滴灌最低^[6-10]。近年来干旱区围绕膜下滴灌下土壤水盐动态的研究较多,主要涉及土壤水盐动态和盐分平衡以及膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布的影响等^[11-12]。研究认为与常规灌溉技术相比,由于膜下滴灌可以使作物根区土壤经常保持较高的含水量,从而使作物根系层保持脱盐状态,但也有认为无论是膜下滴灌,还是常规灌溉技术,农田土壤在作物生育期均处于积盐状态^[13]。综合以上研究,关于干旱区不同阶段灌溉技术对盐渍化影响作定量研究的较少,特别是关于膜下滴灌对土壤盐渍化影响的长期效应更缺乏研究。

本研究以新疆石河子垦区为例,探讨不同阶段灌溉技术对土壤盐渍化的影响,着重对膜下滴灌盐分累积长期效应进行分析,并根据土壤盐渍化与灌溉技术水平的关系,用类比法对区域土壤盐渍化的发展趋势进行预测。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

研究区域位于东经85°01'~86°32',北纬43°27'~45°21'。总面积 2.43×10^4 km²,山区和平原面积各半。区内自东向西包括塔西河、玛纳斯河、宁家河、金沟河、巴音沟河等5条主要河流,其中玛纳斯

河水量最大、流程最长。行政上包括昌吉州的玛纳斯县、塔城地区的沙湾县、石河子市、新湖总场以及克拉玛依市的小拐乡。区域多年平均降水量147 mm,南部中高山带降水量一般400~600 mm,低山丘陵区344~428 mm,位于山前倾斜平原的石河子市、玛纳斯县、沙湾县,年降水量197.2 mm,沙漠边缘的莫索湾等灌区仅117.9 mm;区内年均蒸发量1500~2100 mm,年均气温4.7~5.7。

1.2 研究方法数据来源

根据研究区灌溉技术发展历程,分析4个不同阶段灌溉技术对土壤盐渍化的影响,并参考有关区域土壤盐渍化趋势的预测方法^[14],根据不同地区盐渍化耕地比例(盐渍化耕地面积与灌溉总面积之比)与灌溉水平的关系,采用类比法对耕地盐渍化趋势进行预测。

冲积平原部位典型土壤盐分分布数据是结合1982年第2次全国土壤普查资料,于2005-09选择石河子垦区121农场同一地块取样(土样深度与1982年保持一致)测得;不同滴灌年限(1、3、8年)和滴灌前土壤盐分数据来源于石河子垦区121农场典型膜下滴灌棉田盐分长期监测数据,土壤盐分均采用重量法测定;渠系水利用率及节水灌溉技术发展指标等主要参考有关水利、社会经济等中长期规划及研究成果。

2 结果与分析

2.1 灌溉技术对土壤盐渍化的影响

1)传统大水漫灌阶段(1950—1963年)。玛河流域灌区开垦前,地下水位普遍为4~7 m,因此当时土壤盐渍化相对不很严重^[3]。20世纪50年代至60年代初为大规模垦荒造田开发绿洲阶段。受当时财力、物力以及技术条件的限制,垦区一般都利用土渠输水,渠系水利用系数仅约0.3,作物生长期普遍采用大水漫灌,平均毛灌溉定额高达1.50万~2.25万m³/hm²,再加上土地不平整,使得水分大量渗漏,造成地下水位迅速上升。在基本无排水系统的条件下,盐渍化治理主要采用大定额冲洗压盐和种稻洗盐2种方式。这种治理方式在开垦初期脱盐效果还是明显的,但随着地下水位的上升,原先被淋洗到剖面下层的盐分,又返回到地表,而且由于无排水压盐,农田进一步脱盐十分困难^[7]。图1示出石河子垦区147农场不同地下水埋深下的灌溉面积变化^[15]。可以看出,由于地下水位的迅速上升,处于

地下水临界深度的灌溉面积不断增加,造成这一阶段土壤次生盐渍化迅速发展。

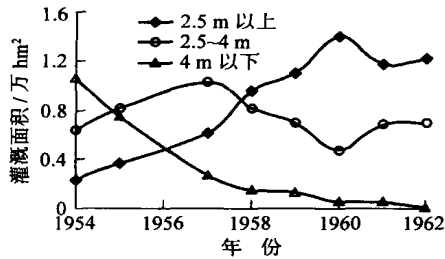


图1 石河子垦区典型农场不同地下水埋深下的灌溉面积变化

Fig. 1 Variations in irrigation land area under different groundwater depths in Shihezi region

2) 有排水、低效灌溉技术阶段 (1964—1981)

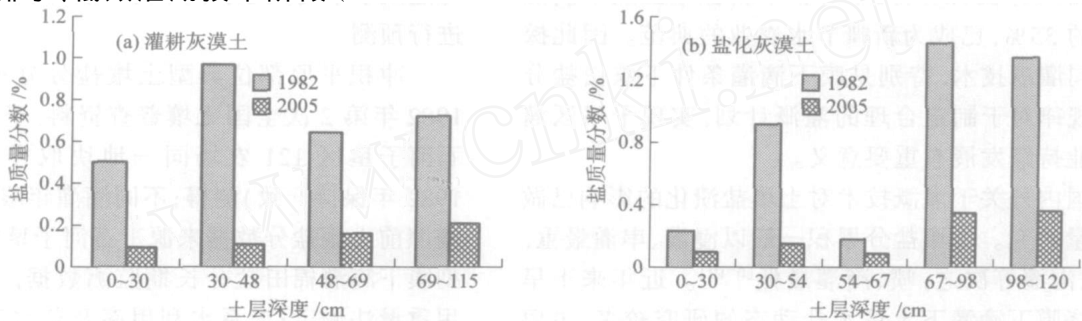


图2 冲积平原典型灰漠土不同土层深度盐的质量分数

Fig. 2 Typical grey desert soil salt accumulation changes in alluvial plain

3) 井灌井排技术配套阶段 (1982—1997年)。该阶段盐渍化治理以井灌井排为主要技术特征。20世纪80年代初垦区大规模地采用水泥板或石板加强干、支、斗渠防渗,提高灌水利用率及控制地下水位;80年代末期开始有计划大规模地集中布井开发水源地,实行井灌井排、大力开发利用地下水资源,降低了地下水位。截止1995年石河子垦区地下水年开采量达 $3.15 \times 10^8 \text{ m}^3$,为可开采利用量的

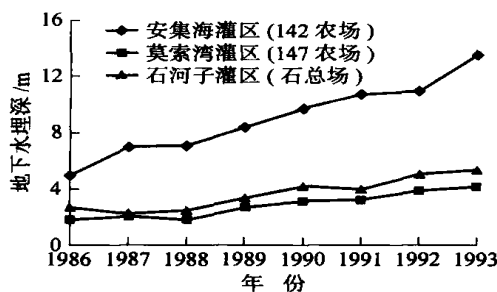


图3 石河子垦区主要灌区地下水埋深变化

Fig. 3 Variations in the average groundwater depth in different irrigated areas of Shihezi region

年)。20世纪60年代初垦区主要采取人工开挖排水渠治理盐渍化,后改用机械开挖,70年代开始实施竖井排灌,但并不普遍;同时采用草泥或塑料膜对部分渠道进行防渗;在农田灌溉方面,逐步改进以前不合理的灌溉方式,推行串灌、畦灌、沟灌等,减少地下水补给,但该时期毛灌溉定额仍然很高,达 $0.75 \text{ 万} \sim 1.25 \text{ 万} \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。这些综合措施虽然对地下水位的控制起了一定作用,但由于前阶段地下水位大幅上升,再加上各级排水渠还不完善,渠系防渗效果差,次生盐渍化仍在发展。据初步调查,20世纪80年代初石河子垦区因次生盐渍化危害而弃耕土地 $3.5 \text{ 万} \sim 4.0 \text{ 万} \text{ hm}^2$ 。该时期不同土壤类型土层均出现严重积盐,尤以深层土壤最为严重(图2)。

69.7%,这些措施的综合应用有效的降低了地下水位(图4),从而降低了土壤次生盐渍化的危害。图5示出1975—2000年机井数与棉花产量的关系。可以看出棉花产量随机井的发展而上升,实际上机井的发展是与盐碱地的治理同步的^[3]。

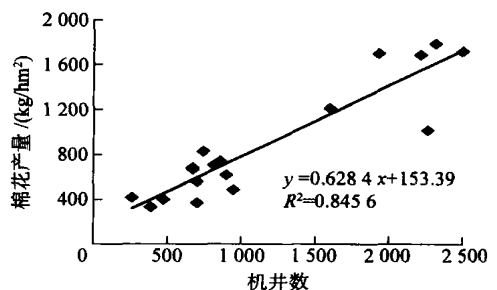


图4 1975—2000年石河子垦区机井数与棉花产量的关系

Fig. 4 Correlation between the number of wells and cotton yield in the period of 1975 to 2000 in Shihezi region

4) 实施节水高效灌溉技术阶段(1998—至今)。自 20 世纪 90 年代后期,为全面实施节水灌溉技术阶段。随着灌溉技术的不断更新改进,加上各级排水系统逐渐完善,垦区地下水位上升趋势基本得到有效控制。这一阶段以膜下滴灌为主的节水灌溉技术得到大面积推广应用,如 1999 年垦区膜下滴灌面积仅 0.20 万 hm^2 ,2004 年滴灌面积 8.67 万 hm^2 ,占

总灌溉面积 53.3%。表 1 示出膜下滴灌条件下土壤盐分累积变化状况。可以看出,膜下滴灌通过降低灌溉定额减少地下水补给,以及滴灌在耕作层的压盐作用,使土壤中盐分逐年下降,与滴灌前相比,采用膜下滴灌第 1、3、8 年 0~100 cm 土层平均脱盐率分别为 35.9%、61.4%和 74.0%,土壤脱盐率逐渐提高,作物单产水平也不断上升。

表 1 膜下滴灌不同年限 0~100 cm 土层土壤中盐的质量分数及籽棉单产变化

Table 1 Changes of salts accumulation at 0~100 cm soil layer during different periods of mulched drip irrigation

滴灌年限	盐质量分数/ %				籽棉单产/ (kg/hm^2)
	0~30 cm	30~60 cm	60~100 cm	0~100 cm	
滴灌前	2.91	2.37	1.62	2.23	0
1 年	1.35	1.76	1.23	1.43	804.0
3 年	0.80	0.91	0.88	0.86	3 564.0
8 年	0.63	0.72	0.55	0.58	4 200.0

2.2 灌溉技术对土壤盐渍化的影响预测

目前整个新疆自治区盐渍化耕地 80%以上属土壤次生盐渍化,而耕地中次生盐渍化主要是不合理灌溉产生的,因此要预测今后研究区土壤盐渍化必须依据水利建设和灌溉技术发展水平^[14]。本研究根据 1995 年玛河流域不同地区盐渍化耕地占灌溉面积比例与灌溉水平之间的相应关系,以灌溉水平较高的石河子垦区为参比对象,用类比法对玛河流域灌区 2010 和 2020 年耕地盐渍化进行预测,灌溉水平选取地下水开采率、渠道防渗率、渠系水利用系数、毛灌溉定额和灌溉水生产效率等(表 2),结果如下:

1) 水资源大部分地区达到合理利用阶段(2010)。参考区域各地区水利、社会经济中长期规划,以及灌溉水平发展趋势,到 2010 年研究区域大部分灌区地下水开采率将达到 60%~70%,渠道防渗率提高到 25%~30%,渠系水利用系数预测达 0.65~0.70 左右,各种排水系统基本完善;玛纳斯县、沙湾县等地区先进节水灌溉技术如膜下滴灌等

占灌溉面积达 20%~30%,大水漫灌、畦灌等低效灌溉技术基本被淘汰,毛灌溉定额降至 0.75~0.80 万 m^3/hm^2 ;皮棉灌溉水生产效率升至 0.16~0.25 kg/m^3 ,这时玛河流域灌区盐渍化耕地面积占耕地总面积的比例下降到 35%~40%。

2) 水资源实现高效利用阶段(2020 年以后)。这一阶段整个流域灌区地下水开采率可达 80%~90%,渠系水利用系数提高到 0.75~0.80,渠道防渗率 30%~45%;区域节水灌溉技术如膜下滴灌占总灌溉面积的比例预测将达到 40%~50%,毛灌溉定额降至 0.50 万~0.75 万 m^3/hm^2 ;皮棉灌溉水生产效率达 0.25~0.35 kg/m^3 ,这时灌区盐渍化耕地比例将减少到 30%以内。由于地处内陆封闭区,盐分无排泄条件,随着绿洲规模的不断扩大,耕地面积还会增加,新垦耕地因地下水位上升,该区域还会产生一定数量的盐渍化;另外目前玛河流域下游等部分灌区仍处于脱盐不稳定和持续积盐状态,所以将来即使水利和灌溉水平相当高,耕地中盐渍化也不会全部消失。

表 2 玛河流域主要地区盐渍化耕地面积与灌溉水平的关系

Table 2 Relationship between salinized land and irrigation levels in Manas River Valley

地 区	盐渍化耕 地比/ %	地下水开 采率/ %	渠道防渗 率/ %	渠系水利 用系数	毛灌溉定额/ (万 m^3/hm^2)	皮棉灌溉水生 产效率/ (kg/m^3)
石河子垦区	38.36	69.7	21.9	0.64	0.79	0.16
玛纳斯县	47.20	48.5	15.0	0.59	0.89	0.14
沙湾县	57.73	35.9	11.7	0.55	0.94	0.12

3 结 论

新疆玛纳斯河流域在无排水条件下采用漫灌、畦灌等传统低效灌溉技术,造成地下水位迅速上升,土层严重积盐。井灌井排技术有效地降低了地下水位,土壤明显脱盐,从而作物产量得到不断提高。目前大力推广的膜下滴灌技术由于其良好的压盐和节水效果,土壤中盐分逐年下降,但随着滴灌年限的增加,平均脱盐率逐年降低;根据土壤盐渍化与灌溉技术水平的关系,用类比法对流域灌区土壤盐渍化的发展趋势进行了预测,2010年大部分地区水资源达到合理利用后,流域灌区次生盐渍化耕地比例将下降到35%~40%,2020年区域水资源实现高效利用后,灌区盐渍化耕地比例将减少到30%以内,但不会全部消失。

参 考 文 献

- [1] 田长彦,周宏飞,刘国庆. 21世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2000, 23(2): 178-179
- [2] 袁国映,屈喜乐,李竟生. 中国新疆玛纳斯河流域农业生态环境资源保护与合理利用研究[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社, 1995:46-47
- [3] 赖先齐,刘建国,张凤华,等. 玛纳斯河流域绿洲农业弃耕地生态重建的研究[J]. 石河子大学学报, 2004, 22(1): 27-30
- [4] 邵光成,俞双恩,杨道成,等. 大田棉花膜下滴灌与沟灌的应用研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004, 32(1): 84-86
- [5] 李毅,王文焰,王全九. 论膜下滴灌技术在干旱~半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用[J]. 灌溉排水学报, 2001, 20(2): 42-47
- [6] 王英. 不同灌溉方式对土壤次生盐渍化的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(2): 178-180
- [7] 季方,樊自立,邓永新,等. 阿拉尔垦区土壤盐渍化治理与土地持续利用[J]. 干旱区地理, 1998, 21(3): 40-41
- [8] 段争虎,何兴东,赵爱国,等. 塔克拉玛干沙漠腹地灌溉条件下土壤盐渍度变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2000, 14(3): 65-70
- [9] 张玉龙,张继宁,张恒明,等. 保护地蔬菜栽培不同灌水方法对表层土壤盐分含量的影响. 灌溉排水学报, 2003, 22(1): 41-44
- [10] 姜学健,杨继芝. 不同灌溉制度旱作物田间盐分动态试验初报[J]. 塔里木农垦大学学报, 2003, 15(2): 18-21
- [11] 刘新永,田长彦. 棉花膜下滴灌盐分动态及平衡研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 82-85
- [12] 张琼,李光永,柴付军. 棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布和棉花生长的影响[J]. 水利学报, 2004(9): 123-126
- [13] 周宏飞,马金玲. 塔里木灌区棉田的水盐动态和水盐平衡问题探讨[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(6): 10-14
- [14] 樊自立,马英杰,马映军,等. 中国西部地区耕地土壤盐渍化评估及发展趋势预测[J]. 干旱区地理, 2002, 25(2): 97-101
- [15] 李述刚,赵怀璧. 石河子垦区147团灌区土壤次生盐渍化新动态[J]. 干旱区研究, 1984(1): 28-34