

人工绿洲防护 生态安全保障体系 建设研究

RENGONGLÜZHOU FANGHU SHENGTAI ANQUAN BAOZHANGTIXI
JIAN SHEYANJIU

潘存德 楚光明 编著

西北农林科技大学出版社

人工绿洲防护 生态安全保障体系 建设研究

王学军 王学军 王学军
王学军 王学军 王学军

王学军 王学军 王学军

王学军 王学军 王学军

人工绿洲防护生态安全 保障体系建设研究

潘存德 楚光明 编著

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

人工绿洲防护生态安全保障体系建设研究/潘存德,楚光明编著. —杨凌:西北农林科技大学出版社,2012.10

ISBN 978-7-81092-763-5

I. ①人… II. ①潘… ②楚… III. ①干旱区—绿洲—生态安全—防护工程—研究
IV. ①P941.73②X171.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 249023 号

人工绿洲防护生态安全保障体系建设研究

潘存德 楚光明 编 著

出版发行 西北农林科技大学出版社
地 址 陕西杨凌杨武路 3 号 邮 编:712100
电 话 总编室:029—87093105 发行部:87093302
电子邮箱 press0809@163.com
印 刷 陕西龙源印务有限公司
版 次 2012 年 11 月第 1 版
印 次 2012 年 11 月第 1 次
开 本 787 mm×1092 mm
印 张 17
字 数 414 千字

ISBN 978-7-81092-763-5

定价:38.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

《人工绿洲防护生态安全保障体系建设研究》

编委会名单

主 编	潘存德	楚光明			
副主编	王 梅	万 猛	晋 瑜		
著 者	潘存德	楚光明	王 梅	万 猛	
	晋 瑜	姚晓蕊	常 静	江 森	
	王振锡	黄闽敏			

前言

新疆的绝大部分地区处于半干旱、干旱和极端干旱或高寒地带,土壤发育十分微弱,天然降水少而不均,生态环境非常脆弱。生态现状的总体态势表现为:先天不足,后天失调;局部改善,整体恶化;沙进人退与人进沙退兼有,绿洲扩大与沙漠扩张并存;绿洲内部生态环境大体改善,人类有效生存空间有所增容。在此背景下,进行水土资源的开发需要以防护生态安全保障体系的建设作保证,其对抵御风沙等自然灾害、稳定人工绿洲的生态环境起着不容忽视的作用。因此,人工绿洲的防护生态安全保障体系建设在干旱荒漠区的水土资源开发中具有十分突出的作用。

克拉玛依是一座著名的油城,随着引水工程和 20 世纪末特殊历史背景下“大石油、大石化、大农业、大市场”的战略部署,克拉玛依市农业综合开发区应运而生,但所处的地理环境和气候条件决定了其农业开发的困难性。克拉玛依属典型的温带大陆性干旱荒漠气候,冬季寒冷,夏季炎热,春秋季较短,冬夏温差大;年降水量少,蒸发量约为降水量的 34 倍;干旱少雨、春秋多风是其突出的气候特征;大风日数多、土壤盐渍化、冻害等自然灾害使得农业开发的难度很大。为了充分发挥克拉玛依水土光热资源的优势,实现生态农业开发的可持续发展,需要采取一种兼顾生态环境改善和农业经济效益“双赢”的农林牧复合生产模式,建立农林复合生态系统,营造防护林体系,以期达到改善农田小气候,用养结合,保持水土,防风固沙的目的。从而使克拉玛依的农业开发走向良性循环的道路,实现农业高效持续发展,更好地为国家在克拉玛依的石油化工基地建设提供生态保障和生活保障。

在克拉玛依已实施的 27 万亩生态农业开发区内,通过各项农业开发技术和适宜农林复合种植模式的推广应用,人工绿洲生态系统正在得到不断的完善优化,特别是通过外围绿洲—荒漠过渡带荒漠植被的保育、边缘基于防风林的建设和内部防护林网的营造,这种“三位一体”的防护生态安全保障体系正在形成,周边的荒漠生态环境条件正在得到改善,内部的小气候正在好转,土地的承载力不断提高,环境容量逐渐扩增。生产实践证明,开发区防护生态安全保障体系建设为其实现农业高效可持续发展,对提高农业开发的生态效益、经济效益和社会效益起到了很大的作用。

本书的所有编写人员均曾参与了在克拉玛依农业综合开发区实施的“十五”国家科技攻关课题和“十一五”国家科技支撑计划项目,并取得了显著的成果,为当地的农业生产、环境保护和经济发展作出了应有贡献。本书就是对这些成果进一步的总结,共分 10 章。第一章主要对克拉玛依农业综合开发区的自然概况、水土环境特征以及其防护生态安全保障体系进行了概述;第二章以植被生态学理论为指导,对克拉玛依农业综合开发区外围荒漠植被在物种组成、种间关系、群落类型、群落结构等方面进行了研究;第三章通过对克拉玛依农业综合开发区外围荒漠植被的典型群落调查及其土壤理化性质分析,运用主成

分分析、聚类分析、相关分析、DCA 排序分析和回归分析等数学分析手段对荒漠植物群落分布及其物种多样性与土壤环境因子的关系进行了研究;第四章以种群生态学理论为指导,基于典型群落样地调查数据,采用以频率/密度为基础的样方法和以距离为基础的无样方法,对农业开发区外围典型荒漠植物群落优势种种群分布格局及其种间关系进行了研究,揭示了群落种群分布格局与环境因子之间的内在联系,进一步加深了对荒漠植物群落结构的科学认识,为该区域荒漠植被的保育与恢复提供了理论和实践指导;第五章以恢复生态学理论为指导,在总结前人对于干旱区退化植被恢复研究成果的基础上,针对克拉玛依地区的气候、土壤和植被的具体情况,通过退化荒漠植被保育与恢复试验,总结出了一套科学适用的植被保育与恢复技术模式,为该地区荒漠植被的保育与恢复工作提供了技术支撑;第六章采用多元统计方法分析了克拉玛依农业开发区造林地立地类型划分的主导因子,对造林地立地类型进行了划分及造林地土壤质量进行了综合评价,对人工栽培树种的生态适应性进行了分析;第七章结合克拉玛依新垦人工绿洲防护林体系,分析了现有防护体系的防护效应;第八章以农田防护林生态工程学理论为指导,结合景观生态学理论,以 GIS 技术为辅助研究手段,对克拉玛依农业综合开发区农田防护林林带疏透度的数字化测定、防护林的有效防护距离和面积以及农田林网景观结构的宏观度量等几个方面进行研究;第九章以 64 种人工栽培树种为测试材料,通过对其叶绿素荧光参数的测定,揭示了不同树种生理生态适应的差异性,为开发区不同立地类型防护林树种和绿化树种的选择提供了依据;第十章采用以色列 PhyTech 公司生产的 Phytalk 植物生理生态监控系统对克拉玛依农业开发区引种栽培植物以及外围天然荒漠植物的三个重要的生理指标(茎液流速、茎干直径变化和叶片温度)及其环境因子进行同步自动采集,并对它们之间的关系进行了较全面的分析,探索了植物生长对环境因子的响应,为进一步认识植物对干旱环境的适应及调节提供了理论依据。

本专著的出版得到了“十五”国家科技攻关课题(2001BA606A—10、2004BA606A—10、2002BA517A—07)、国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD26B0901、2007BAC17B05)、石河子大学高层次人才项目(RCZX201007)、克拉玛依市重点科技项目(SK2003—18)的资助。

由于编者水平有限,书中难免错讹、疏漏之处,竭诚希望读者予以批评指正。

作 者

2012 年 5 月于乌鲁木齐

目 录

第一章 人工绿洲概况及其防护生态安全概述	(1)
第一节 自然概况	(1)
第二节 绿洲水土环境特征	(3)
第三节 防护生态安全概述	(9)
第二章 人工绿洲外围荒漠植被生态特征	(13)
第一节 荒漠植物组成与区系特征	(13)
第二节 荒漠植物群落外貌特征	(19)
第三节 荒漠植物群落多样性特征	(26)
第四节 荒漠植被种间关系特征	(32)
第三章 人工绿洲外围荒漠植物群落土壤环境特征	(40)
第一节 荒漠植物群落分布与土壤环境的相关性	(40)
第二节 荒漠植物群落分布的土壤环境排序解释	(45)
第三节 荒漠植物群落物种多样性与土壤环境因子的关系	(50)
第四章 人工绿洲外围典型荒漠优势种种群空间格局分析	(60)
第一节 分布型指数法	(60)
第二节 频次分布检验法	(71)
第三节 空间点格局分析	(75)
第五章 人工绿洲外围荒漠植被恢复	(98)
第一节 干旱区植被恢复现状	(98)
第二节 荒漠植被退化原因及退化类型	(105)
第三节 荒漠植被保育与恢复技术试验	(107)
第四节 荒漠植被保育与恢复技术模式	(126)
第六章 人工绿洲造林立地条件及栽培树种适应性评价	(133)
第一节 绿洲造林立地类型及土壤质量综合评价	(133)
第二节 基于生长表现的人工绿洲栽培树种适应性评价	(139)

第七章 人工绿洲防护林环境效应分析..... (146)

 第一节 绿洲防护林防护效应..... (146)

 第二节 绿洲防护林水热效应..... (150)

 第三节 绿洲防护林土壤理化效应..... (154)

第八章 人工绿洲防护生态安全评价..... (159)

 第一节 林带疏透度数字化测度方法及其与林带结构的关系..... (159)

 第二节 现有防护林林带的有效防护距离与有效防护面积..... (164)

 第三节 农田林网景观结构的度量与评价..... (171)

第九章 人工绿洲栽培树种叶绿素荧光特征..... (177)

 第一节 防护林树种的叶绿素荧光特征..... (177)

 第二节 经济林树种的叶绿素荧光特征..... (188)

 第三节 庭院观赏树种的叶绿素荧光特征..... (190)

第十章 人工绿洲木本植物生理生态数据表征的环境影响..... (195)

 第一节 植物茎液流速及其与环境因子的关系..... (196)

 第二节 植物茎干直径变化及其与环境因子的关系..... (209)

 第三节 植物叶片温度及其与环境因子的关系..... (218)

附录

 附录 1 克拉玛依农业综合开发区外围荒漠植物名录 (228)

 附录 2 克拉玛依农业开发区人工栽培树种目录 (231)

 附录 3 克拉玛依农业开发区人工栽培树种因子量化赋值表 (234)

中文参考文献..... (237)

英文参考文献..... (255)

第一章 人工绿洲概况及其防护生态安全概述

绿洲是干旱荒漠地区的一种地理景观类型,是在干旱的地理环境下,依山而存,植被茂盛,人口聚集,生产力明显大于周围荒漠地区,广泛分布在山前冲积洪积平原上(山体水流方向)的区域系统(韩艳等,2005)。克拉玛依农业综合开发区就是在荒漠背景基质上以引水工程为依托,在准噶尔盆地西北边缘洪积平原上建立的新型人工绿洲。经过几年来克拉玛依人民不懈的努力,已建成新型的、拥有现代化管理水平的,集社会效益、经济效益和生态效益为一体的现代生态农业综合开发区,目前已经成为克拉玛依市重要的饲料生产和瓜果蔬菜基地。本章主要对克拉玛依农业综合开发区的自然概况、水土环境特征以及防护林生态安全保障体系进行概述。

第一节 自然概况

一、地貌

克拉玛依农业综合开发区位于准噶尔盆地西北边缘的湖积平原,地理坐标为东经 $84^{\circ}50'$ ~ $85^{\circ}20'$,北纬 $45^{\circ}22'$ ~ $45^{\circ}40'$,距克拉玛依市区 20 km。开发区西北方向毗邻属于准噶尔西部山地的加依尔山及成吉思汗山,地势西南高东北低,西南部海拔高程在 273~280 m 之间,东北部海拔高程在 258~260 m 之间。自然坡降为 0.26‰,部分地段有风成沙丘。据新疆维吾尔自治区 1:100000 地质图,农业开发区主要为三种类型的第四纪沉积物,位于开发区中部及北部占据大面积的为晚更新世的湖相沉积,开发区西南边缘有成吉思汗山的晚更新世和全新世的洪积沉积物,在中东部有属于全新世的沙丘分布。

二、土壤

由于该区域经历了一个由水湿迅速旱化的过程,所以土壤中普遍存留有过去水湿植被的影响。在水湿环境下,生长有茂密的以芦苇和莎草为主的植物群落,在土表积累了大量有机物质,在湖水退缩之后形成干泥炭。湖水由南向北退缩,由于农业区南部与北部淹水时间不同,使得南部这种泥炭层较薄,而北部较厚。因此研究区的土壤主要有棕漠土、灰棕漠土,是由冲积物的母质在干旱条件下发育形成的地带性土壤。此外,还有盐土、砂质土、干沼土的分布。

三、气候条件

克拉玛依农业综合开发区属典型的大陆性干旱荒漠气候。据克拉玛依气象站

1956 年至今的气象观测记录数据(表 1—1):年平均气温 8℃,1 月份为最冷月,月平均气温 -16.7℃,7 月份温度最高,月平均温度 27.4℃;冬季严寒,年极端最低温度可达 -35.9℃,最大冻土深达 1.5~2.0 m;夏季高温炎热,年极端最高气温可达 42.9℃;全年日平均气温稳定在 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 日数为 230 d,初日在 3 月中旬,终日在 11 月上旬, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年最高积温约 4000℃;年降水量多年平均为 105.3 mm,从年内分布看,6~8 月份稍多,冬季无稳定积雪。春季多风,全年(主要集中在冬春两季) ≥ 5 级风的日数为 119.7 d, ≥ 8 级风的日数为 45.6 d,最大风速可达 42.2 m/s,主风向西北。全年蒸发量达 3545 mm,为年降水量的 34 倍,无霜期 180~220 d。

表 1—1 克拉玛依农业综合开发区气象资料

项目	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	全年平均
平均气温(℃)	0.2	12.2	19.8	25.6	27.4	25.7	19.3	9.4	8.0
最高气温(℃)	5.4	18.4	26.1	31.7	33.5	31.9	25.3	14.6	13.4
最低气温(℃)	-4.3	7.0	14.2	19.9	21.8	20.0	14.1	5.1	3.3
相对湿度(%)	56.0	34.0	29.0	29.0	32.0	30.0	32.0	44.0	48.0
降水量(mm)	4.4	6.8	11.0	14.6	25.0	16.6	7.3	5.8	105.3
日照时数(h)	218.4	251.4	295.7	298.7	304.9	306.3	271.6	214.3	2734.6
日照白分率(%)	59.0	62.0	64.0	64.0	65.0	71.0	73.0	64.0	61.0
蒸发量(mm)	121.8	374.1	549.2	649.0	570.0	544.4	393.9	233.1	3545.2
平均风速(m/s)	3.4	5.1	5.6	5.5	5.1	4.7	4.5	3.9	3.7
最大风速(m/s)	27.0	33.0	27.8	24.0	24.0	28.0	26.3	30.0	30.0
大风日数(d)	4.2	8.8	11.7	11.8	11.5	9.2	6.8	5.9	76.3

注:表内数据为 20 年平均。

四、水文地质特征

农业开发区周边地区目前已无地表水系,毗邻的成吉思汗山山体矮小,基本上已是荒漠化的山地,没有经常性的水流,仅在暴雨期间,形成暂时性洪流,影响到西南角,并在那里形成一些由短暂洪流积水所造就的“光板地”。发源于加依尔山的柳树沟与达尔布特河,由于受成吉思汗山的阻挡,分别向南、向北流动,柳树沟流至测区南约 60 km 的车排子地区,达尔布特河流至测区北面约 50 km 的白杨河地区。据称达尔布特河水 50 余年前曾流至测区北约 30 余公里的百口泉,近 30~40 年,此河在百口泉以上就已断流。对本区水文及水文地质状况有过巨大影响的当属玛纳斯河,玛纳斯河由开发区东南的小拐,大致沿北偏东方向,沿开发区东部边缘,流至玛纳斯湖。历史上玛纳斯河曾在本区域形成规模巨大的玛纳斯湖,由于气候变迁以及上游大量开发利用,至 20 世纪 70 年代,玛纳斯河已无水流到小拐,玛纳斯湖也随之干涸。据贺洪义的《克拉玛依地区地表水变迁与现有水源概况》一文中提到,“从唐朝 618 年开始到清朝 1906 年,克拉玛依市现公路以南的地区,河网、湖泊密布,植物丛生,人文发育。1906 年以后,因河流上游引用水量的增加,使克拉

玛依地区水环境发生了巨大变化。”可见开发区曾有一个迅速的干涸过程,从地质年代的尺度,这个过程是很短暂、很迅速的。从1996年土壤调查以及2003年生态安全保障体系课题研究均见到了残余泥炭沼泽土的存在,也证明了上述论断。由玛纳斯河等河流的干涸,除使本区没有地表水源外,潜水位也迅速降低,据1996年土壤详查,主剖面达2 m,地质雷达测量达3 m,在3 m范围内无潜水分布。

第二节 绿洲水土环境特征

水土环境是区域农业生态环境的重要组成部分,水资源的不合理利用常常会引起水土环境的恶化,特别是在生态环境脆弱的干旱荒漠区建立的人工绿洲,只有靠人工开采地下水或引用地表水灌溉才能得以维持,不合理的灌溉制度很容易打破原有的水盐平衡,造成地下水位抬升,使土壤中的大量盐分通过潜水蒸发聚集于地表,引起土壤的次生盐渍化(刘贯英等,2004;戚隆溪等,1997),导致绿洲水土环境恶化,进而造成天然植被的退化和农作物低产甚至绝收,土地撂荒(崔亚莉等,2001)。因此,以水盐平衡为主导的水土生态安全(潘存德,2004)是绿洲经济可持续发展的前提。克拉玛依农业开发区始建于1999年,是采用“有灌无排”的方式在荒漠中新开辟的绿洲。1996年土地开发前的土壤详查表明,开发区非盐渍化土面积、各类盐渍化土面积、盐土面积分别占开发区总面积的33.2%、47.4%和19.4%(新疆农业大学等,1997)。此外,1997年水文地质详查也证实开发区地下水属高矿化度咸水,不能用于灌溉(水利部水利水电勘测设计研究院地质勘察研究所等,1997)。开发区农业灌溉只有靠区外引水,并且自土地开发以来多采用以地面灌为主的灌溉方式,无排水系统。这种只灌不排的方式虽暂时可以达到土壤脱盐的目的,但灌溉回归水也有可能经包气带向下渗漏造成地下水位的抬升,长此以往势必会导致开发区原本脆弱的水土环境劣化。基于此,借助地下水监测井和土壤采样测定,通过对克拉玛依农业开发区土地开发前后浅层地下水和土壤理化性质的对比分析,旨在揭示土地开发后开发区水土环境特征,为农业开发区制定安全的水土管理策略提供依据。

一、水环境特征分析

(一)地下水位动态变化分析

克拉玛依农业开发区自土地开发以来多采用地面灌水为主的灌溉方式,除蒸发外,大部分灌溉回归水经包气带垂向运移补充给浅层地下水。因开发区基本上为一闭流区域,侧向径流量小,加上地势平坦,地下水排泄不畅,造成浅层地下水位抬升。从开发区灌溉区浅层地下水月平均埋深年度统计(表1-2)和年际变化曲线(图1-1)看出,土地开发灌溉后比灌溉前地下水位埋深平均抬升了5.21 m。从近两年的趋势看,同期月份2006年地下水埋深明显小于2005年,平均上升了1.67 m,表明近两年来地下水位上升速度有加快速势。从2006年3月至2007年1月近一个水文年的变化趋势看出,11月份地下水位埋深相对其他月份要浅,而此时正处在冬灌末期,蒸发强度低,3月份地下水位埋深相对其他月份要深,而此时正是春灌前的一个月,由此可得出浅层地下水埋深的季节变化规

律,即:从3月到11月水位逐渐升高,随灌溉结束水位又开始回落,水位上升的高峰期出现在作物灌水高峰的7、8月份和冬灌初期的10月份。灌溉区43眼监测井中,大多数监测井以浅层地下水位抬升占主导态势,其中有部分监测井的地下水埋深已小于土壤发生次生盐渍化的临界深度4.0 m。尤其在土质砂性地段,地下水埋深相对更浅,这主要是由于砂质土壤渗漏系数大,土壤水下渗容易,灌溉水渗漏量大,如开发区东部林纸基地绝大部分监测井的水位埋深已小于4 m,甚至于接近3 m,相对整个开发区而言,是地下水埋深最浅的区域,土壤正处在次生盐渍化的边缘。

从位于开发区外围荒漠区和开发区内未开垦荒地的监测井地下水埋深动态监测曲线看出(图1-2至图1-4),远离灌溉区的S01、S03、S09监测井,在土地开发前后浅层地下水位变化甚微,始终处在动态平衡之中,受灌溉水影响很小;距离灌溉区较近的S27、S56监测井,灌溉水渗漏波及至此,浅层地下水位有小幅上升;8#、S11监测井位于开发区(绿洲)与荒漠的过渡带,ZK7位于开发区(绿洲)内的未开垦荒地,均受到农田灌溉的影响,浅层地下水有缓慢上升的态势,而且8#、S11监测井的地下水埋深随灌溉周期呈现出一定的季节规律性。

表 1-2 地下水月平均埋深年度统计

年度	地下水月平均埋深 (m)											平均	增幅
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	1月			
1997												11.1	
2005			8.08	7.47		7.25	8.01	7.39	7.27			7.58	-3.52
2006	6.75	6.46	6.37	5.96	5.63	5.7	5.69	5.42	5.36			5.91	-1.67
2007										5.73			
增幅			-1.71	-1.51		-1.55	-2.32	-1.97	-1.91				

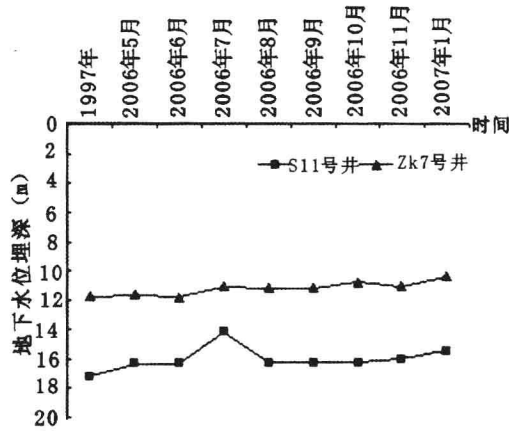


图 1-1 地下水月平均埋深年际变化曲线

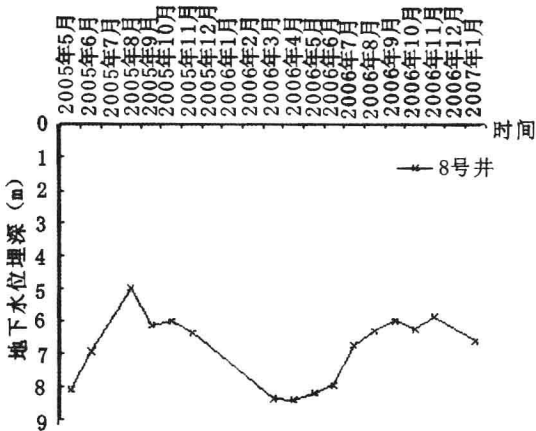


图 1-2 地下水埋深动态监测曲线(过渡带)

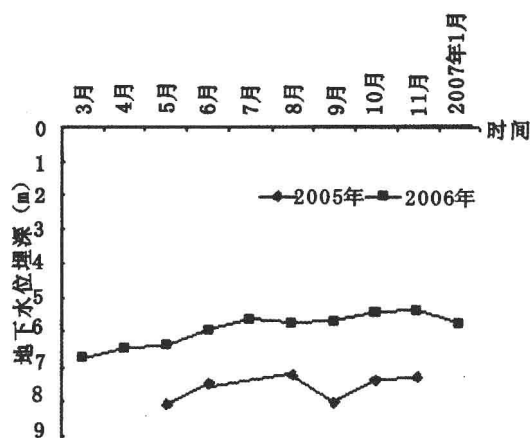


图 1-3 地下水埋深动态监测曲线
(过渡带和未开垦荒地)

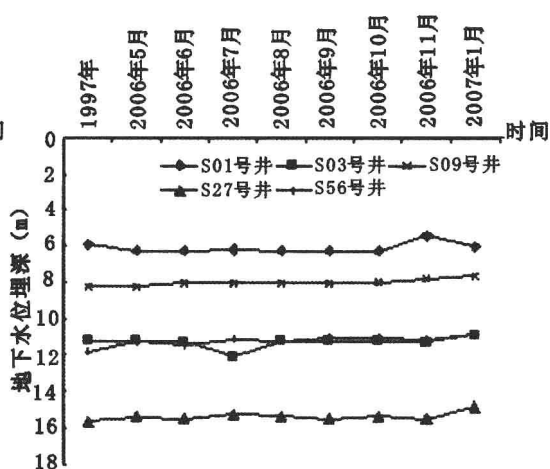


图 1-4 地下水埋深动态监测曲线
(荒漠区)

(二)地下水水质动态变化分析

根据水文地质详查,土地开发前开发区浅层地下水处在动态平衡之中,地下水水质也处在动态平衡之中。开发前绝大部分区域地下水的矿化度在 10 g/L 以上,最高可达 56 g/L,地下水一个水文年矿化度及各种离子含量基本保持平稳,变化微弱。土地开发灌溉后这种平衡被打破,而浅层地下水水质因受到灌溉水质及诸多物理化学因素的影响,变化十分复杂,其中部分监测井的矿化度及各种离子含量波动很大,但从历次监测的矿化度平均值变化趋势可大致看出(图 1-5),土地开发灌溉后浅层地下水的矿化度相对开发前有所降低,尤其是一些水位埋深较浅的监测井降低则更为明显,如 T9、13#、T3 和 T4 监测井,地下水矿化度已小于 6 g/L, T11、14#、13#、5# 和 2# 监测井的地下水矿化度在灌水高峰期的 7 月和 10 月都比灌水量较少的 4 月降低了 30 g/L 左右,表现出明显的季

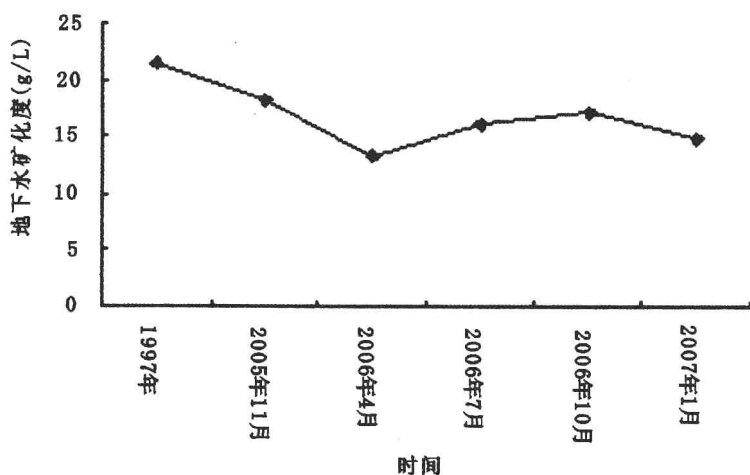


图 1-5 地下水矿化度平均值变化趋势

节性波动。这说明在浅层地下水位上升的同时伴随水质的冲淡,但从矿化度的绝对值来看,除 T9 监测井在 2006 年四次水质监测中矿化度值都达到农用水标准($<1.7 \text{ g/L}$)外,其他监测井矿化度值仍然很高,维持在 $2\sim 40 \text{ g/L}$,水化学类型以 $\text{Cl}^{\text{Na}} \text{ II}$ 或 $\text{Cl}^{\text{Na}} \text{ III}$ 为主,属不可灌溉的咸水或盐水。从此意义上讲,地下水质淡化的效果远远小于地下水位升高产生的负面影响。因此,以高矿化度地下水作为水环境背景的克拉玛依农业开发区,其水环境现状已不容乐观。

二、土壤环境特征分析

(一)土壤理化性质空间变异分析

根据室内分析测定得到的 190 组土壤样本理化性质数据,对反映土壤盐分和养分性状的特征参数进行特征值统计(表 1-3)。从表 1-3 看出,速效磷空间变异最大,为 229.88%,属强变异性($CV < 10\%$ 为弱变异性, $CV = 10\% \sim 100\%$ 为中等变异性, $CV > 100\%$ 为强变异性),且最大值与最小值相差 200 多倍,表明磷素水平变化十分明显,速效磷含量均值为 7.57 mg/kg ,总趋势表现为部分缺乏;总盐空间变异其次,为 88.56%,总盐含量均值为 3.93 g/kg ,属轻度盐渍化($<3 \text{ g/kg}$ 为非盐渍化, $3\sim 6 \text{ g/kg}$ 为轻盐渍化, $6\sim 9 \text{ g/kg}$ 为中盐渍化, $9\sim 12 \text{ g/kg}$ 为强盐渍化, $>12 \text{ g/kg}$ 为盐土),最大值为 33.30 g/kg ,属高盐度盐土,最大值样品出现在荒漠林地;反映土壤养分特征的其他要素有机质、全氮量、速效氮、速效钾空间变异在 $45.56\% \sim 48.97\%$ 之间,其中:有机质总体表现为不丰富,含量为 $3.76\sim 36.86 \text{ g/kg}$,平均为 10.10 g/kg ;全氮含量为 $0.17\sim 1.96 \text{ g/kg}$,平均为 0.53 g/kg ,全氮含量在 0.5 g/kg 以下的样品占 65.38%;速效氮含量为 $10.90\sim 96.20 \text{ mg/kg}$,平均为 38.09 mg/kg 。因此,由全氮和速效氮特征表明氮素处在缺乏的水平。速效钾含量为 $6.50\sim 90.00 \text{ g/kg}$,平均为 22.08 g/kg ,表现为富中有缺,总趋势是“丰”;pH 值空间变异最小,仅为 2.73%,属弱变异性,平均为 7.82。一般来说 pH 值超过 8.4 可视为碱化现象,pH 值超过 9.5 就是碱土(龚子同,1999),本研究中 $\text{pH} \geq 8.4$ 样品仅占 1.58%,表明开发区土壤碱化特征不强。

表 1-3 土壤理化性质特征值

土壤特征参数	范围	均值	标准差	变异系数 (%)
总盐 (g/kg)	1.40~33.30	3.93	0.34	88.56
pH 值	7.08~8.77	7.82	0.21	2.73
有机质 (g/kg)	3.76~36.86	10.10	4.60	45.46
全氮量 (g/kg)	0.17~1.96	0.53	0.26	48.98
速效氮 (mg/kg)	10.90~96.20	38.09	18.48	48.52
速效磷 (mg/kg)	0.60~139.00	7.57	17.40	229.88
速效钾 (g/kg)	6.50~90.00	22.08	115.83	52.45

(二) 土地开发前后土壤理化性质比较

为了反映土地开发对土壤理化性质的影响,从样本资料中选取与已开发土地相关的12个主要土种(系),即:壤质干沼土(W1)、黏质干沼土(W2)、表砂干沼土(W3)、底砂干沼土(W4)、盐化壤质干沼土(WS1)、盐化黏质干沼土(WS2)、盐化表砂干沼土(WS3)、盐化底砂干沼土(WS4)、壤质盐土(S1)、黏质盐土(S2)、表砂盐土(S3)、底砂盐土(S4),以土种(系)为统计单元进行土壤理化性质特征参数分析与本底值比较。从土地开发前后不同土种(系)各土壤要素对比看出(图1-6至图1-9),有3个土种(系)W2、W3、W4表现为总盐增加,其余9个土种(系)W1、WS1~WS4、S1~S4表现为总盐下降,而12个土种(系)的pH值全部表现为下降,这表明土地开发后土壤盐分含量总体上呈下降趋势,这主要是由于土地开发以来以地面灌为主的灌溉方式起到了暂时脱盐的作用。与此同时,除速效钾外,反映土壤养分特征的其他要素也呈现出下降的态势,其中5个土种(系)W2、

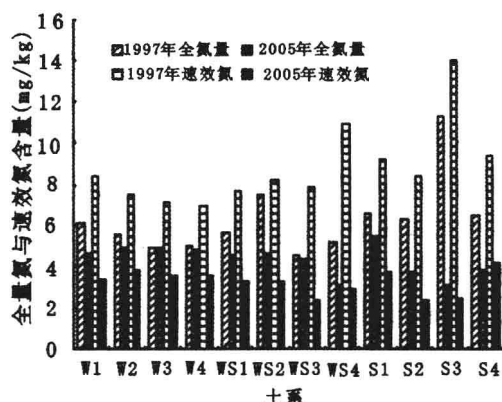


图1-6 土地开发前后全氮量和速效氮含量对比

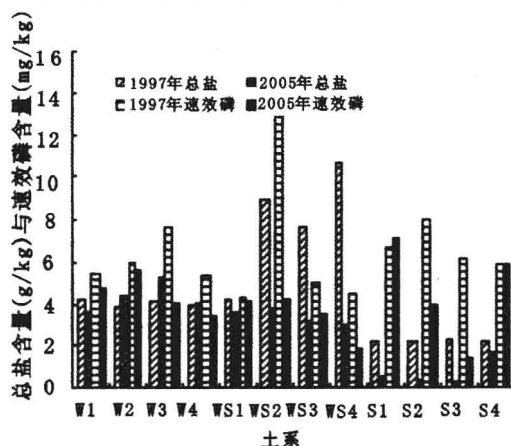


图1-7 土地开发前后总盐含量和速效磷含量对比

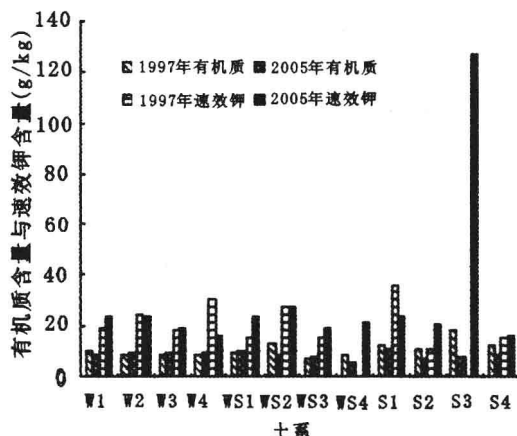


图1-8 土地开发前后有机质含量和速效钾含量对比

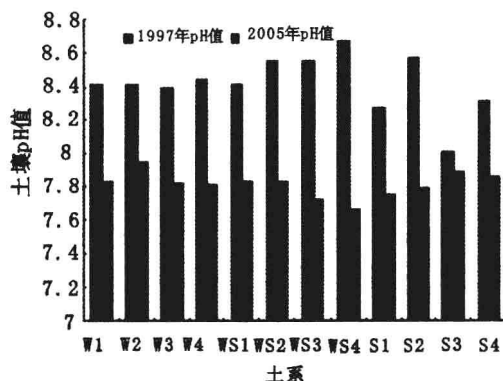


图1-9 土地开发前后pH值对比

W3、W4、WS1、WS3 表现为有机质含量增加,其余 7 个土种(系)W1、WS2、WS4、S1、S2、S3、S4 表现为有机质含量下降,而全氮、速效氮和速效磷含量则基本上全部表现为下降。从以上分析得出,开发区土地开发后耕作层(0~30 cm)土壤总体表现为脱盐,土壤 pH 值减小,但土壤肥力在总体上也表现为降低。说明土地开发对土壤理化性质的影响表现为耕作层脱盐与土壤肥力下降并存。

(三)不同土地利用方式下土壤理化性质比较

为了反映不同土地利用方式对土壤理化性质的影响,将土壤样本资料按土地利用方式分类后,对土壤理化性质特征参数进行多重比较(表 1—4)。荒漠林地的土壤盐分含量最高,为 9.10 g/kg,并且同其他 5 种土地利用方式之间的土壤盐分含量差异均达到了显著水平。其他 5 种土地利用方式的土壤盐分含量范围为 2.90~3.90 g/kg,它们之间的盐分含量差异均不显著;各土地利用方式下的土壤 pH 值均在 8.0 以下,其中以人工林地的土壤 pH 最大,人工林地与人工牧草地和粮食作物用地之间的 pH 值差异达显著水平。此外,经济作物地与人工牧草地的 pH 值之间也存在显著差异;反映土壤养分特征的参数在种植人工牧草综合表现为最好,种植人工林表现为最差,其中,人工牧草地同其他 5 种土地速效氮含量之间的差异均达到了显著水平。此外,人工牧草地除与粮食作物地之间的全氮含量和有机质含量差异不显著外,与其他 4 种土地在这两方面之间的差异也均达到了显著水平,速效磷含量以经济作物地最高,人工牧草地其次,棉花地再其次,人工林地最低,且经济作物地与人工林地和棉花地的速效磷含量差异均显著;速效钾含量以粮食作物地最高,人工牧草地其次,经济作物地再其次,人工林地最低,且粮食作物地与人工林地和经济作物地的速效钾含量差异均显著。

表 1—4 不同土地利用方式土壤特征参数比较

土地利用方式	土壤特征参数						
	总盐 (g/kg)	pH 值	有机质 (g/kg)	全氮量 (mg/kg)	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (g/kg)
人工牧草	3.50b	7.71bd	13.48a	0.75a	5.34a	1.14ab	23.07ab
粮食作物	2.90b	7.79bcd	12.14ab	0.63ab	3.95b	0.89ab	26.78a
经济作物	3.90b	7.83ac	10.83b	0.55b	3.79b	1.16a	20.01bcd
棉花	3.20b	7.81abc	9.50c	0.50bc	3.62b	0.47b	26.07a
荒漠林	9.10a	7.82ab	8.05cd	0.41cd	3.30b	0.48ab	22.63abcd
人工林	3.40b	7.89a	7.32d	0.38d	3.28b	0.28b	16.37c

注:同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著($P<0.05$)。

通过以上分析得出,荒漠林地的盐分含量最高,说明荒漠林地因得不到灌溉水的冲洗,表层盐分仍然居高,而其他 5 种土地受到了灌溉水的脱盐效果,盐分含量不是很高,属轻度盐渍化,这与前面得出的土地开发后土壤盐分含量受灌溉的影响总体上下降的结论