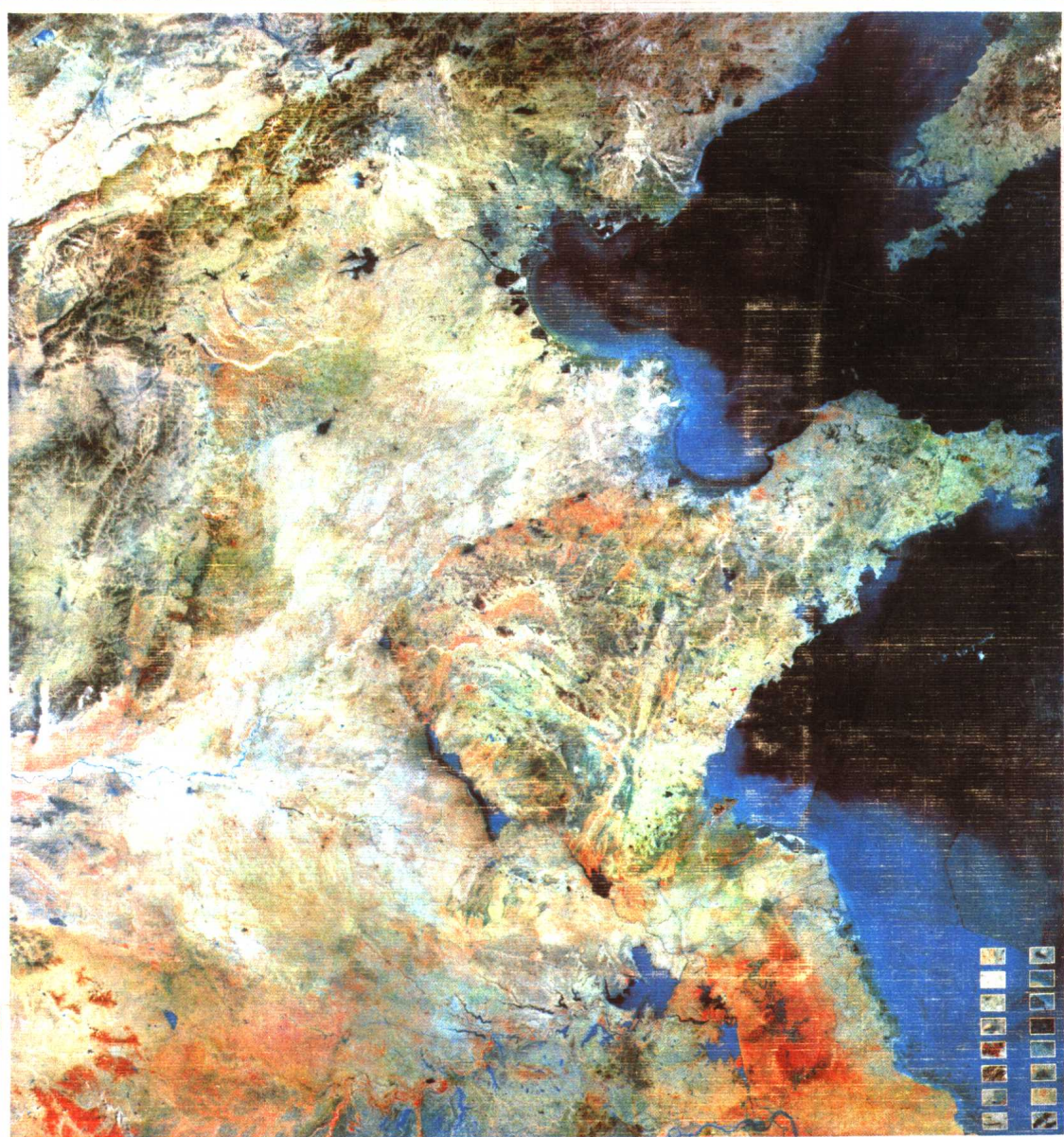


黄淮海平原治理与开发研究文集
(1983—1985)

土壤水盐动态和盐碱化防治

俞仁培 主编



56.4
24

科学出版社

黄淮海平原治理与开发研究文集

(1983—1985)

土壤水盐动态和盐碱化防治

俞仁培 主 编

科 学 出 版 社

1 9 8 7

内 容 简 介

本书为黄淮海治理与开发研究文集之一。共十三篇论文，包括蒸发条件下非饱和粉砂壤土水盐动态，土壤中盐分离子扩散运动，土壤次生碱化问题，黄淮海平原碱化土壤某些物理性质研究，引黄放淤和种稻抑制土壤返盐的技术及其机理，土壤碱化过程和碱化实质的研究等，是研究黄淮海地区的第一手资料，对发展该地区的工农业生产有参考价值。

本书可供土壤学和农业工作者参考。

黄淮海平原治理与开发研究文集
(1983—1985)

土壤水盐动态和盐碱化防治

俞仁培 主编

责任编辑 曾建飞

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

南京人民印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年2月第一版 开本：787×1092¹/₁₆

1987年2月第一次印刷 印张：7³/₄

印数：2000 字数：188,000

统一书号：13031·3548

本社书号：5600·13-12

定价：1.45元

中国科学院黄淮海平原治理与开发研究

编 委 会 名 单

(按 姓 氏 笔 划 排 列)

王天铎 王重九 王毓云 王遵亲

邓静中 左大康 刘文政 许越先

李松华 吴长惠 罗焕炎 席承藩

黄荣翰 童庆禧

中国科学院黄淮海平原治理与开发研究成果

- 一、黄淮海平原综合治理与农业发展问题.....
.....席承藩、邓静中、黄荣翰 主编
- 二、天然文岩河流域农业发展战略和综合治理研究.....
.....王遵亲 等著
- 三、黄淮海平原农业气候资源评价.....丘宝剑 等著
- 四、黄淮海平原农业自然条件和区域环境研究(第一集)....左大康 主编
- 五、黄淮海平原农业自然条件和区域环境研究(第二集)....左大康 主编
- 六、天然文岩河流域农业自然资源研究.....王遵亲 主编
- 七、天然文岩河流域遥感应用研究.....陈正宜 主编
- 八、黄淮海平原区域治理技术体系研究.....傅积平 等主编
- 九、土壤水盐动态和盐碱化防治.....俞仁培 主编

序

黄淮海平原指黄河、淮河和海河下游的冲积平原，包括京、津、冀、鲁、豫、苏、皖五省二市的部分地区，总面积约35万平方公里，其中耕地27,000万亩。1983年，这一地区的粮食和棉花产量分别占全国总产量的17%和21%，大豆、花生和烤烟的产量约占全国总产量的10—20%。由此可见，这个平原的农业经济状况，对全国农业的发展有重要影响。

黄淮海平原地理位置优越，交通方便，光照充足，热量资源丰富，年降水量500—1,000毫米，区内地势平坦，土层深厚，开发历史悠久，耕作技术精细，这些条件对农业生产十分有利。但是，长期以来受到洪涝、干旱、盐碱、风沙等多种自然灾害的危害，严重限制了农业生产的发展，粮食产量低而不稳。

新中国成立后，对黄河、淮河、海河进行了大规模治理，并以改土治水为中心，开展了群众性的农田基本建设。经过三十多年的持续努力，区内已建机电井160万眼，水浇地发展到14,000万亩，治理盐碱地4000万亩，三分之二的易涝地也得到了初步治理，各种灾害有所减轻。1983年，粮食平均亩产达215公斤，接近全国平均水平，皮棉亩产60公斤，已超过全国平均水平。

现在，黄淮海平原，存在的主要问题是，洪涝威胁依然存在，特别是黄河万一出险，平原内将蒙受重大损失，水资源短缺日趋严重，尤其是平原北部地区，水资源供需矛盾已相当突出；区内尚有2,200万亩盐碱地，3,000万亩砂疆黑土地，2,000余万亩风沙地，低产地总面积约占总耕地面积三分之一左右；农业结构不合理，畜牧业、林业、副业和渔业十分薄弱。这些问题，影响农业生产潜力的发挥。

由于本区在全国的重要地位，而自然条件又很复杂，灾害频繁，1982年国家将“黄淮海平原的治理与开发”列为重点科研项目，组织多部门跨学科联合攻关。中国科学院则是这个项目的主持单位之一。

关于黄淮海平原治理与开发的研究，三十多年来，中国科学院做了大量工作，取得了一批重要研究成果。早在1954年，中国科学院与水利部及有关单位合作，在熊毅、席承藩领导下的土壤调查队，对华北平原13万平方公里的土壤进行了系统的调查，完成了一套1:20万土壤图集，编著了《华北平原土壤》专著，为华北平原发展灌溉农业和改良土壤，提供了基础资料，提出了以治水为中心的综合治理方案。六十年代初期，对该地区盐碱土及淮北平原砂疆黑土的成因和防治作了大量调查研究，并对部分地区旱涝灾害进行了调查。1965年和1966年，先后在封丘和禹城开辟了10万亩试验区，对旱涝盐碱综合治理及除灾增产技术进行典型试验，将井灌井排和农业措施相结合的综合防治旱涝盐碱技术首先应用于这个地区。在石家庄德州和衡水等地也设立了定位试验点。与此同时，在邯郸地区、德州地区、聊城地区、封丘县等地县开展了农业区划和旱涝碱综合治理区划工作。在十年动乱期间，研究受到干扰，但工作并没有完全停顿，在豫北、苏北、鲁西北等地区仍坚持开展土壤盐化和碱化成因，土壤改良和培肥及土壤增温保墒等方面的试验研究；八十年代初期，开展了南水北调及其对自然环境影响的研究。这些工作，既探讨了自然规律，也解决了生产实际中一些关键性技术问题，对防治自然灾害促进农业发展做出了贡献。

上述长期工作的积累，使之在科学资料、试验基地及人才和组织管理上，为“六五”科技攻

关任务的完成提供了有利条件。1983年初,中国科学院在接受国家交给的六项课题的同时,又增设了一些项目,在1983年1985年间,组织了院系统的南京土壤研究所、地理研究所、遥感应用研究所、系统科学研究所、石家庄农业现代化研究所、植物研究所、遗传研究所等19个单位,30多个专业,300余名科技人员,对黄淮海平原自然资源开发利用与综合治理、开展了大规模联合攻关研究。这项攻关任务,在中国社会科学院、中国人民大学及河南、山东、河北省有关部门和有关地、县协助和支持下,通过三年的工作,现已圆满地完成了任务。

这一研究工作在总体方案指导下,是分点、片、面三个层次进行的。点上的工作,分别在河南省封丘县、山东省禹城县和河北省南皮县,建立了三个万亩典型试验区,提出了区域治理配套技术。在封丘试验区,提出了以井、沟、渠相结合,水利工程措施和合理施肥及培肥为重点的旱、涝、盐碱、瘠薄土地综合治理开发技术体系。在禹城试验区,提出了以节水节能、盐碱荒地改良为主的旱涝盐碱综合治理开发技术体系。在南皮试验区,提出了以农业结构调整和作物高产技术为主的综合治理开发技术体系。通过上述技术体系的治理,三个试验区粮食产量分别都增加一倍以上,经济作物产量增加二倍到三倍,人均收入增加了二倍以上。

片上的工作,则选择了天然文岩河流域。这个流域包括河南省北部的四个县,面积2500多平方公里,流域内排水不畅,易涝易旱,土地瘠薄,盐碱地面积大。在综合治理研究期间,运用了生物、地学、水利等常规方法和遥感,系统工程等新技术手段,调查了区内自然资源和社会经济要素,分析了存在的主要问题,明确了发展目标,提出了数学模型,制定了流域总体规划方案。

面上的工作,则开展了旱涝成因、资源调查、灾害防治、类型划分、农业布局、农村经济及黄河有关问题的研究;查明了水资源和土地资源,得出了各类低产土的分布和数量,指出水土资源合理开发利用的方向。深入研究了洪旱涝盐碱等灾害的时空变化规律,提出了一些重要的学术见解。同时,用地貌学方法,划出了平原的边界和范围,量算了平原的面积;分析了黄河下游泥沙沉积规律和量值,查明了中游粗沙区范围和产沙量,提出了黄河下游治理途径。进而,在自然条件和社会经济条件调查的基础上,提出了农业结构调整意见;依照资源开发和配量及经济生态平衡,建立了黄淮海平原农业资源、农村经济开发时空配置模型,提出了本区加速经济振兴的措施。

“六五”期间,中国科学院在黄淮海平原的科研工作,注意了多层次的结合,宏观和微观相结合,自然科学和社会经济科学相结合,常规技术方法和最新技术手段相结合,综合治理研究和合理开发研究相结合,注意了发挥科学院的特点,因而取得了一大批可喜成果。据初步统计,三年内共采集和分析各种样品3,000多个,统计科学数据700多万条,两次航空遥感飞行拍摄遥感象片760多张,绘制各种专业图件60余幅,取得科研成果56项。这些成果将在国家和地方有关部门的决策中,发挥一定作用。

在完成国家任务的同时,进行了系统的学术总结,写出了150多篇论文,出版了一批论文集、专著和成果图件。这套学术论著的出版,将系统地反映全院三年来在黄淮海平原的工作内容和学术成就。希望能够对这个地区的经济发展和科学研究起到促进作用。当然,这些成果只是阶段性成果,局限性和片面性在所难免。希望读者给予评论,以使我们在“七五”期间和以后长期的工作中得到改进和提高。

叶笃正

1986年10月

前言

盐碱土是黄淮海平原三种主要低产土壤之一，历来影响农业生产的发展。

六十年代中期以来，由于重视了排水并因时因地制宜采取综合措施改良盐碱地；加之近几年来气候偏旱，雨量少，地下水位普遍下降，盐碱土面积明显减少，农作物产量持续上升。但是土壤盐碱化的威胁依然存在，形成盐碱土的自然条件，如气候因素、地形地貌、沉积母质等不易改变。调控地下水水位在不会使土壤发生盐渍化的一定深度也不易做到。为了解决平原旱的问题，国家正计划“南水北调”，从长江引大量的水北流，将改善平原地区土壤水分状况，也会改变这个地区的水盐平衡状况，对排水条件较差的局部地段有可能抬高地下水位，增加土壤盐渍化威胁，对此，我们应给予足够的重视。

因而，我们仍然有必要系统地研究盐渍土的形成、特性、改良。随着近代科学技术的迅速发展，电子计算机等新技术的普遍推广应用，使盐渍土的研究逐步向纵深发展，从一般的定点采样分析到自动的监测，从土壤水盐动态的物理模拟进一步向数学模拟发展，使有可能进行土壤次生盐碱化的预测预报及预防。

应该指出，随着盐渍土改良和灌溉农业的发展，利用了部分低矿化碱性水灌溉，引起了土壤的次生碱化，这是一个值得注意的动向。为防患于未然，我们着手进行这方面的研究，从灌溉水质入手，一直到如何防治次生碱化。

过去，由于实验室条件的限制以及提取土壤溶液实际存在的困难，有关作物耐盐的研究曾用 1 : 5 (土 : 水) 的土壤提取液测定出的可溶性盐来说明，但它不能真实地反映田间土壤盐分对作物的危害。近几年我们从土壤溶液的角度来研究作物的耐盐性，探索了土壤溶液浓度-土壤含盐量-作物耐盐性之间的关系，这些成果有助于国内、外资料的交流。

另外，种稻改良盐碱地是我国的一项传统经验。黄河浸润区进行引黄放淤种稻更是群众因地制宜的创举。我们在总结群众经验的基础上，进一步研究探讨了放淤种稻改良盐碱地的机制和技术。

总之，这本论文集是科技工作者在“六五”期间完成国家下达的科研任务的阶段总结。不少方面的工作还刚刚开始，我们将在“七五”期间，加倍努力，更深入细致地开展研究，争取新的科研成果。

本论文集由于编写时间短促，作者水平有限，难免有不足与错误之处，希读者指正。

编者

目 录

序

前 言

土 壤 水 盐 运 动

蒸发条件下非饱和粉砂壤土水盐动态·····	尤文瑞	孟繁华	肖振华	(1)		
水分入渗条件下粉砂壤土水盐动态·····	尤文瑞	肖振华	孟繁华	吴学增	兰光明	(15)
土壤中盐分离子扩散运动·····	孟繁华	欧阳丽	尤文瑞	(24)		
应用放射性同位素 ¹²⁵ I研究耕层熟化度对土壤水盐运动的影响·····						
·····	张丽君	唐淑英	李冬顺	(31)		

土 壤 盐 碱 化 防 治

土壤次生碱化问题·····	俞仁培 (36)		
黄淮海平原低矿化碱性水分级的探讨·····	万洪富	唐万龙	俞仁培 (43)
黄淮海平原碱化土壤某些物理性质研究·····	卢升高	俞仁培	王遵亲 (54)
有机质改良碱化土壤初报·····	石万普 俞仁培 (66)		
引黄放淤和种稻抑制土壤返盐的技术及其机理·····	宋荣华	邵希澄 (75)	
河南封丘盐渍土与作物耐盐度·····	曾宪修 (89)		
黄淮海地区内陆盐碱土加速培肥熟化表土的途径·····	张丽君	张绍德	李冬顺 (98)
土壤碱化过程和碱化实质的研究Ⅱ. 交换性钠的解离·····	杨道平	俞仁培 (103)	
盐碱荒地改良效果初步分析·····	董云社 (111)		

SALT-WATER MOVEMENT IN SOIL AND CONTROL OF SALINIZATION AND ALKALIZATION

Edited by Yu Renpei

CONTENTS

I. Salt and water movement in soil

- Salt-water dynamic regime in unsaturated silt loamy soils under evaporated condition.....*You Wenrui, Meng Fanhua, Xiao Zhenhua*(1)
- Salt-water dynamic regime in silt loamy soils under leaching condition
.....*You Wenrui, Xiao Zhenhua, Meng Fanhua*(15)
- Diffusion of ions in soils.....*Meng Fanhua, Ouyang Li, You Wenrui*(24)
- Effect of the development of cultivated horizon on the movement of water and salt in the soil by means of radioactive isotope ^{125}I
.....*Zhang Lijun, Tuang Shuyeng, Li Dongshun*(31)

II. Control of soil salinization and alkalization

- Problem of secondary alkalization of soil..... *Yu Renpei*(36)
- Discussion on gradation of lowly mineralized alkaline water in Huang-Huai-Hai Plain..... *Wan Hongfu, Tang Wanlong, Yu Renpei*(43)
- Some physical properties of alkalized soils in Huang-Huai-Hai Plain
..... *Lu Shenggao, Yu Renpei, Wang Zungin*(54)
- Preliminary report on the effects of organic matter on improvement of alkalized soils..... *Shi Wanpu, Yu Renpei*(66)
- Technique and mechanism for controlling resalinization of soil by warping the soil and planting rice with water diverted from the Yellow-River.....
..... *Song Ronghua, Shao Xicheng*(75)
- Salt-affected soils in Fengoin county of Henan province and salt tolerance of crops.....*Zeng Xianxiu*(89)
- Methods for promotion of the fertility of inland salt-affected soils in Huang-Huai-Hai Plain..... *Zhang Lijun, Zhang Shaode, Li Dongshun*(98)
- Studies on the process of soil alkalization II Dissociation of exchangeable sodium in soil *Yang Daoping, Yu Renpei*(103)
- Preliminary report on the effect of salt-affected soil improvement
..... *Dong Yunshe*(111)

土壤水盐运动

蒸发条件下非饱和粉砂壤土水盐动态*

尤文瑞 孟繁华 肖振华

(中国科学院南京土壤所)

黄淮海平原地区,广泛分布着粉砂壤土,一般认为这种土壤持水性强,释水性差,毛细管水蒸发强烈,盐分累积速度快。为了有效地对这种土壤的盐渍化进行防治,对其水盐运动特点过去曾作过一些研究^[1,2,3,4]。但这些研究多限于对水盐运动定性或半定量的描述,特别是由于研究方法的限制,只能研究某时段前后土壤水盐变化的结果,还未能对其水盐运动的机理进行较为深入的揭示。随着盐分传感器的应用和土壤水分张力计的广泛采用,有可能对土壤中的水分和盐分变化进行连续的观测。我们从1981年起利用盐分传感器和水分张力计,对山东省打渔张灌区粉砂壤土进行了不同潜水平深情况和蒸发条件下的水盐动态室内模拟试验研究。现将试验结果总结如下。

一、试验装置及观测设备的安装

1. 试验土柱及其安装

试验土柱是用透明的有机玻璃筒盛装而成,以便于观察土柱内部情况,土筒直径为12厘米,面积为113.1厘米²,每节土筒长度为1米,两端有法兰盘可连接成所需要的长度,土柱设有三种测孔,以接装传感器,水分张力计和温度计。供试土样为山东滨海打渔张灌区西部粉砂壤土,机械组成见表1。

表1 供试土样的机械组成

土 壤	各 级 颗 粒 含 量 %						物理性粘粒 <0.01 (毫米)
	1—0.25 (毫米)	0.25—0.05 (毫米)	0.05—0.01 (毫米)	0.01—0.005 (毫米)	0.005—0.001 (毫米)	粘 粒 <0.001 (毫米)	
粉砂壤土	0.2	15.1	65.6	3.5	4.2	11.4	19.1

土壤含盐量为0.046—0.049%,电导率**为0.122—0.158毫西/厘米(1:5土壤浸提液),含盐量和离子组成见表2。

土壤经过风干磨细去掉根系等杂质,通过20孔筛,然后装入有机玻璃筒中。为了使土壤均匀地装入筒中,以等量的土样分次填装,每次填入厚度5厘米,使土壤容重控制在1.5克/

* 本文承蒙王遵亲、祝寿泉同志审阅,特此致谢。文中插图由欧阳丽同志清绘。

** 文中所述电导率均为25℃时的电导率。

表2 供试土壤的含盐量和离子组成

土柱号	pH* 值	电导率 毫西/厘米	全盐 %	阴离子 毫克当量/100克土				阳离子 毫克当量/100克土		
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺ + Na ⁺
7	8.69	0.158	0.049	—	0.30	0.16	0.25	0.18	0.28	0.28
9	8.12	0.122	0.046	—	0.36	0.10	0.15	0.15	0.07	0.39

* 水土比为 5:1 时测定。

厘米³。土柱最下部装有石英砂作为反滤层。共安装三个土柱,编号为 7, 8, 9, 以便进行三种不同潜水埋深处理。

2. 观测设备的安设

观测设备安装之前,首先从土柱底部通过“马廖特”装置对土柱进行补水(蒸馏水),待水分湿润到土壤表面时,开始安装观测设备。从测孔分别装入盐分传感器,水分张力计及温度计。距土柱表面第一支传感器深度为 2 厘米(图中记为表层),第二支为 5 厘米(编号为 1),以下传感器和水分张力计的间距均为 15 厘米,自土表 100 厘米以下间距增大为 30 厘米,测头插入土中的深度为 5 厘米,利用“马廖特”装置进行补水和水位控制,三个土柱的潜水埋深分别为 100, 150, 200 厘米。每个土柱上部各安装 250 瓦红外灯一个,用以模拟光照,利用温度指示控制仪,自动控制土柱表面温度在 38℃。装设与土筒相同直径的水面蒸发皿一个,在相同的光照条件下进行水面蒸发量的观测。

二、试验观测及资料

仪器安装完毕后,由“马廖特”装置进行补水,开始时补充蒸馏水,待 30 厘米以下土壤溶液的电导率基本不变时,开始补充 3 克/升的矿化水(含纯 NaCl)。每天从 8 时开始至 17 时光照约 9 小时。试验开始时,每日光照前及光照结束前各观测一次,随着水盐运行的逐渐稳定,观测时间间隔逐渐加大,试验最后阶段每两天观测一次。利用 DDS-11A 型电导仪,测定逐层土壤溶液电导率的变化,根据所得资料绘制试验过程中各层土壤中土壤溶液电导率随时间的变化曲线,根据各层水分张力计读数绘制各土层水分负压值随时间的变化曲线。每隔一段时间进行表土取土,分析其盐分变化。由“马廖特”装置观测土柱的蒸发耗水量,得到试验期间蒸发耗水量随时间的累积变化曲线。由水面蒸发皿观测资料,得到水面蒸发随时间的累积变化曲线,试验观测共进行了 24 个月,试验结束时进行了土柱中各层土壤含盐量的分析。

三、试验结果分析及讨论

1. 粉砂壤土在不同潜水埋深情况下的水盐运动规律

从观测资料分析可以看出试验过程中,土柱中的水盐运动可划分如下的四个阶段。

(1) 土体中盐分随淡水运行向表土的累积阶段:在测试仪器安装前和安装后向土柱中补充淡水(蒸馏水)的期间内,土柱中的盐分(土柱安装时含盐量上下是均一的)在水分向上运动

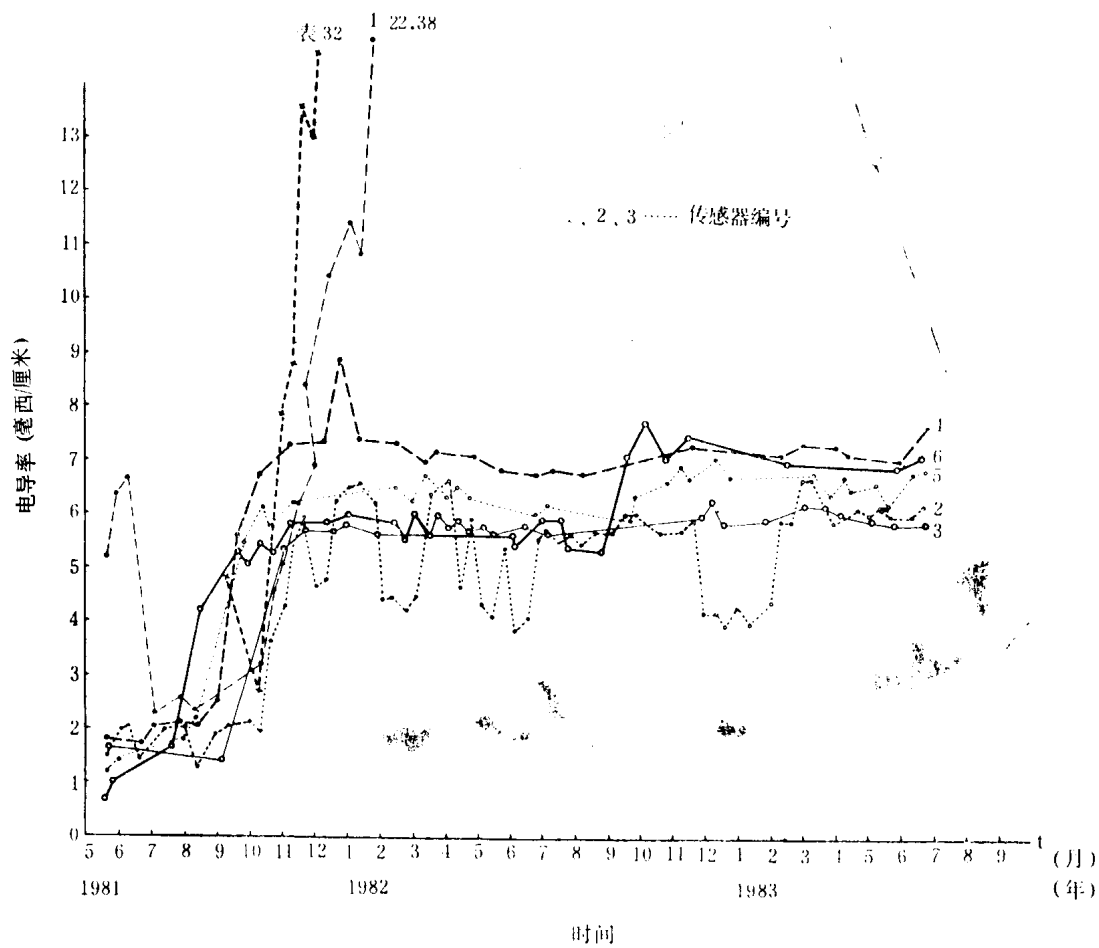


图1 土壤溶液电导率变化曲线(土柱7)①,②,③……传感器编号

的过程中,溶解于淡水中随之向上累积,从传感器测得的土壤溶液电导率随时间的变化曲线(图1)明显地看出,试验开始时愈向土柱上部,土壤溶液的电导率愈高,随着淡水的不断补给和向上运动,出现盐分不断向表土集中现象,这种现象在三个不同潜水埋深的土柱中都明显的出现,说明在潜水埋深小于2米的情况下,只要土体中有淡水向上运动蒸发,就会产生盐分的向上移动,而不受潜水埋深的影响。这一现象在试验所用的粉砂壤土中表现的十分明显,虽然土柱中原始土壤含盐量只有0.046—0.049%,电导率为0.12毫西/厘米(1:5土壤浸提液),但三个土柱均产生表土的盐渍化,在传感器开始测试时,表层土壤溶液电导率就已分别达到3.5、13.0、5.8毫西/厘米。而下层土体中土壤溶液的电导率最低可降至0.5毫西/厘米,含盐量降至0.03%。这种由于淡水向上运动蒸发而引起表土盐分积累的现象,可以阐明在无良好排水条件下,粉砂壤土地区进行灌溉和发生涝灾之后,土壤易产生盐碱化的原因,也是低矿化地下水地区土壤盐渍化的主要原因之一。近些年来,黄淮海平原气候连续干旱,加之采用井灌,潜水位下降,土壤次生盐渍化问题显得不太突出,但有些地区下层土体中仍含盐较多,一旦发生涝灾或灌溉不当,就会再次引起土壤盐渍化的发展,这是不容忽视的。

(2)淡水继续向上运行下层土体含盐稳定阶段:当土体中淡水继续借毛细管作用向上运行,并通过蒸发而耗损,在矿化水尚未补给进入下层土体阶段,下层土体中原有的盐分已大部向表层累积,导致各土层中的土壤溶液浓度基本相同,而且在相当长的一段时间内保持不变。这一阶段的延续时间,随潜水的埋深不同而异,潜水埋深愈大则这一段的延续时间愈长,潜水埋深1米时约为1个月(图1),1.5米为3个月(图2),2米者约为9个月(图3)。

(3)矿化潜水向土体中运行补给阶段:通过“马廖特”装置向土柱中补给3克/升的矿化水,在土表照光,土壤水分不断蒸发的情况下,土体中淡水逐渐消耗,矿化水逐渐进入土体,开始参与土壤的积盐过程,这一过程开始的早晚决定于潜水的埋深,潜水埋深愈深,土壤水分的蒸发愈缓则矿化水进入土体的时间愈迟,从图1可以明显看出,潜水埋深为1米的土柱,在“马廖特”装置开始供给矿化水1个月以后,距潜水面以上20厘米处的6号传感器电导读数已开始上升,从矿化水消耗曲线中看出矿化水消耗量已有1600毫升,继6号传感器处土壤溶液浓度增加以后,5号、4号等处的土壤溶液电导率也逐渐增加,说明矿化水已运行到这些高度。经过2个月的时间,6号传感器处的土壤溶液浓度达到与补给矿化水相同的浓度,即近于6毫西/厘米,则开始不再变化。其后,5、4、3、2等处相继达到平衡阶段,而当矿化水上升到表层传感器1的位置时则产生表层土壤溶液浓度的显著不断升高。这一阶段的延续时间,亦随潜水埋深的增加明显增加,潜水埋深为1米的情况下约为3个半月,而1.5米及2.0米者均在一年以上(在试验期间内,尚未观测到由矿化水补给引起的积盐全过程),特别是潜水埋深为200厘米的土柱,由于潜水蒸发已十分微弱,在观测到11个月时,距潜水面12.5厘米处的土壤溶液浓度才开始有所增加(图3)。由此可见,在经常进行灌溉或有降雨补给土壤水分的情况下,土壤水盐运动过程大部分时间是处于随上层土体中水分的蒸发和补给而引起的水盐在上层土体中上下运动的状态。下层潜水(埋深大于1.5米)并不能直接参与上层土体的水盐运动过程。因此在矿化潜水地区,加速表土的培肥熟化及加强雨后和灌溉后的土壤保墒措施,以减少土壤水分的消耗,对阻止或减缓矿化潜水运行到表土和参与土壤积盐过程方面,具有十分重要的意义。在半湿润半干旱的黄淮海平原地区是可以通过这些措施,调控土壤水盐动态防止盐分向地表累积的。

(4)矿化潜水参与表土积盐的阶段:在潜水埋深较浅的情况下(如土柱7)由于潜水消耗数量大,矿化潜水很快运行到达表土,参与表土的积盐,在这一阶段中,下层土体中土壤溶

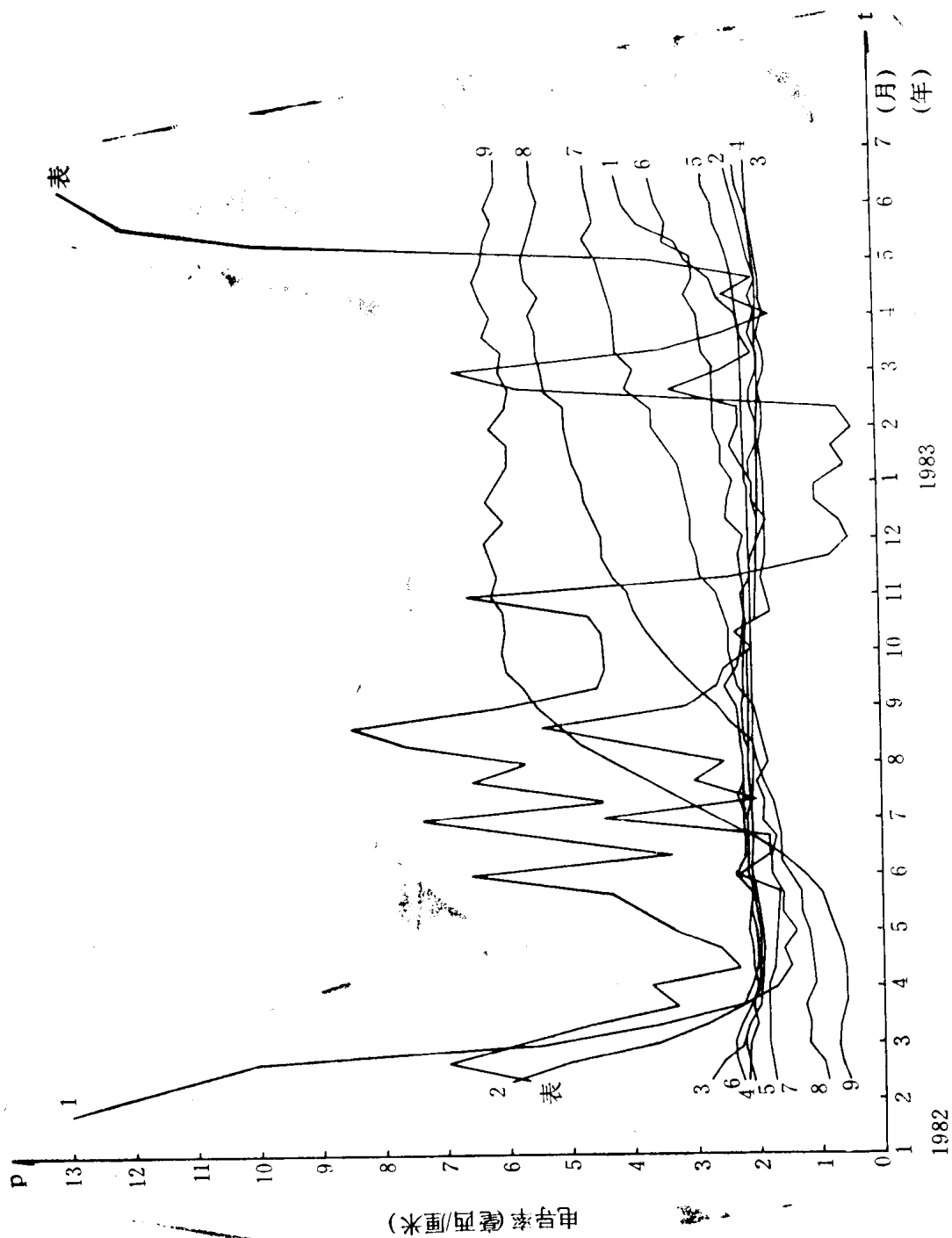


图 2 土壤溶液电导率变化曲线(土柱 8)

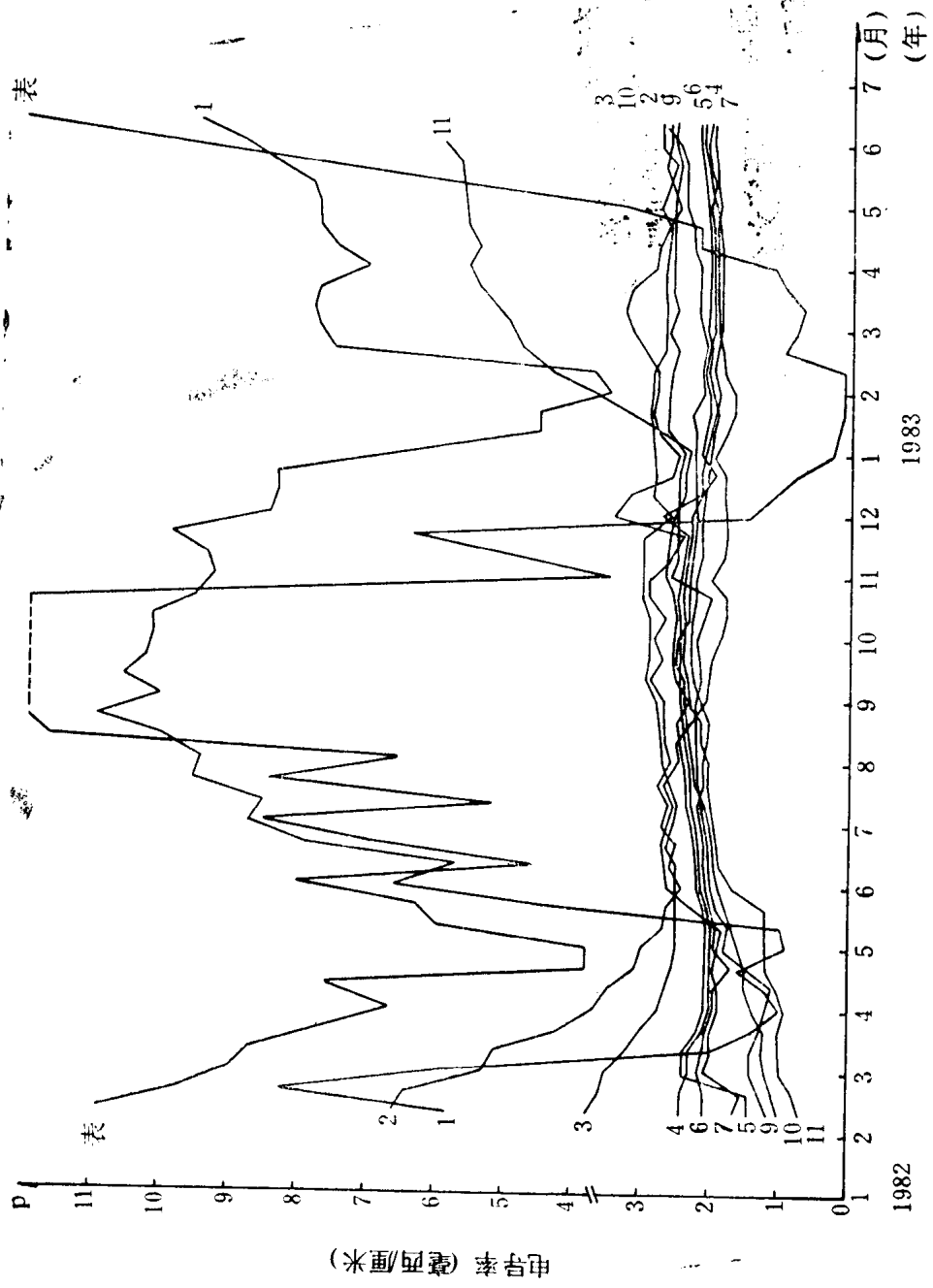


图 3 土壤溶液电导率变化曲线(土柱 9)

液的浓度始终与作为土壤水盐补给源的矿化潜水浓度相同,矿化潜水通过土体的毛管作用不断输送至表土,使表土含盐量不断增加,并在土表形成盐结晶。在所观测的三个土柱中,只有潜水埋深为1米的土柱7,于开始补给矿化水3个月以后,开始这一阶段,其他两个土柱经过17个月的观测,仍未达到这一阶段。

2.不同潜水埋深情况下粉砂壤土中的水盐运行速度

(1)潜水的蒸发速度:试验资料证明,在相同的外界条件(主要是蒸发能力)、相同土壤质地剖面情况下,潜水的蒸发强度主要决定于潜水的埋藏深度。从蒸发耗水累积曲线中(图4、5)可以明显地看出土柱的潜水蒸发总量及强度小于水面蒸发。从表3可以看出潜水位每下降50厘米,潜水的平均日蒸发量几乎成倍数地减小。随试验时间的延续,潜水的消耗量有逐渐减小的现象,如将潜水消耗曲线划分为两段,试验后期的日平均潜水消耗量减小到前期的二分之一以下(见表4)。这可能是由于经过长期蒸发在表土形成干土层而使土壤蒸发强度降低的结果。

(2)土壤剖面的水分状况及毛管水的运行速度:三种潜水埋深情况下,土壤的水分剖面特征有着明显的差异,这也是形成潜水消耗速度及盐分运行差异的主要原因。

潜水埋深为1米的土柱在整个试验过程中,各土层的水分负压值基本不变(见图6),从表5可以看出整个土壤剖面含水量都在最大悬着毛管含水量以上,由于整个土柱均处在支持毛管水以内,水分的运行以液态运行为主,速度较快(见表6),而土柱8,在潜水面以上105厘米以上的土壤含水量,即开始小于最大悬着毛管水含水量(见图7,表7),而且在表土出现含水量为8—3%的干土层,在距潜水面135厘米以上的土壤中,水分即以气态进行为主,大大减小了潜水的蒸发速度,土壤中毛管运行速度为2.03—2.91毫米/日大大小于土柱7。在潜水埋深为2.0米的土柱9中,距潜水面150厘米以上,即为毛管破裂含水量范围(见图8,表8)。潜水的蒸发更为缓慢。

在潜水埋藏达到一定深度的情况下,水分自潜水而运行到地表是个长期的过程,由于毛管水运行的速度随潜水埋深的增加而急剧减小,如表6所示,埋深为1米时为7.14—10.71毫米/日,而埋深1.5米时只有2.03—2.91毫米/日,所以水分由潜水面上升到表土所需的时间随潜水埋深的增加而急剧增加。潜水埋深1米者约需3个月,而1.5米者则需15个月以上,2.0米时则需更长的时间。

在整个试验过程中,由图6、7、8可以看出,在恒水位情况下,除表土层水分张力值变化较大,下面各土层的负压值变化均很小,不随时间的延续而变化,由此可见各土层的含水量,在无水分入渗的情况下,主要受潜水埋深的影响。

(3)盐分的累积速度:如前所述,蒸发条件下的水盐运行分为四个阶段,显然四个阶段中盐分积累的形式不同,速度也有差异。在盐分随淡水运行而向表土累积阶段盐分主要来自下层土体,盐分累积的速度主要取决于土体中的含盐量。在第二阶段,土体所含盐分继续向土表积聚,表土层含盐量逐渐趋于稳定,由于表层出现干土层,盐分积累速度逐渐减慢,但在潜水埋深较小的情况下,土壤中的毛管水运行速度快,则盐分向上运行的速度也快。矿化水参与土体盐的速度,主要决定于潜水蒸发速度,在潜水埋深为1米的土柱中,距潜水面20厘米处土壤溶液浓度增高到与补给水相同浓度所需时间约为2个月,潜水埋深为1.5米则需约6个月。埋深为2米的土柱则没有观测到全过程。因此,在矿化水地区,控制潜水埋深对阻止潜水参与土体盐,具有十分重要的作用。一旦矿化潜水升至地表,即达到水盐动态