

# 滨海泥质盐碱地台田水盐动态对比研究<sup>\*</sup>

景峰<sup>1</sup>, 朱金兆<sup>1</sup>, 张学培<sup>1</sup>, 张红丽<sup>2</sup>, 李国华<sup>1</sup>, 岳增璧<sup>1</sup>, 云波兰<sup>1</sup>, 曹波<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 水保学院, 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083; 2. 山西省水利水电勘测设计研究院, 太原 030002)

**摘要:**通过对试验地进行台田整地及各台田水盐动态数据的收集, 研究唐山滨海泥质盐碱地 5 种不同隔离暗层台田水分和盐分动态情况。结果表明: 研究区地下水位处于临界水位, 易导致强烈积盐; 土壤含水量与含盐量关系密切, 从春季到秋季, 土壤表层水盐呈现先降低后升高的趋势, 中深层水分呈现先升高, 后降低的趋势, 土壤盐分变化与之相反; 经过台田整地, 台田土壤均由重盐化土变为盐化土, 已适合耐盐碱树种生长发育。铺设隔离暗层的台田较未铺设隔离暗层的对照台田脱盐效果明显, 其中, 以“草层和砂石”为双隔离暗层的台田脱盐效果最佳, 脱盐率高达 30.46%, 然后依次为“草层+炉渣”、“草层+薄膜”、“草层+建筑垃圾”和对照台田。

**关键词:**盐化土; 水盐动态; 双隔离暗层; 台田; 含水量; 含盐量; 脱盐率

中图分类号: S156.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)05-0104-06

## Comparative Study on Water-Salt Dynamic of Platform Field in Coastal Argillaceous Saline-alkali Land

JING Feng<sup>1</sup>, ZHU Jin-zhao<sup>1</sup>, ZHANG Xue-pei<sup>1</sup>, ZHANG Hong-li<sup>2</sup>,

LI Guo-hua<sup>1</sup>, YUE Zeng-bi<sup>1</sup>, YUN Bo-lan<sup>1</sup>, CAO Bo<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Soil & Water Conservation and Desertification Control, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Shanxi Research Institute of Investigation & Design of Water Conservancy & Hydropower, Taiyuan 030002, China)

**Abstract:** Water-salt dynamic of five different platform fields by insulating hidden of two layers were researched in coastal argillaceous saline land of Tangshan from the prepared of platform field and the date collection of the water-salt dynamic. Results showed that, the experimental plot is easily lead to salt accumulated which the water table was above the critical depth. There is a close relation between the water content and salt content, from spring to autumn, the ‘down-up’ process of water and salt appears in soil surface layer, it is inversely which water showed ‘up-down’ and the salt changed as opposite trend in soil middle and deep layer. After the build of platform field, the soil of platform field which from heavy salinized soil into slinized soil is appropriate to growth by saline-alkali tolerant tree species. The effect of desalination is obvious in the platform field which lying the insulating hidden layers. The best effect of desalination is the layers by grass and gravel which the desalination ratio as high as 30.46%, then load decreased with the order of grass and slag, grass and plastic film, grass and garbage architecture, control platform field.

**Key words:** salinized land; water-salt dynamic; insulating hidden of two layers; platform field; water content; salt content; desalination ratio

截止 20 世纪末, 全球盐碱地面积已达到 9.543 8 亿  $\text{hm}^2$ 。我国地域辽阔, 气候类型多样, 盐碱地面积为 3 665.8 万  $\text{hm}^2$ , 遍布全国, 一般分为 5 个区: 西北内陆盐碱区、黄河中游半干旱盐碱区、黄

淮海平原干旱半干旱洼地盐碱区、东北半湿润半干旱低洼盐碱区和沿海湿润盐碱区<sup>[1-2]</sup>。

土壤水盐动态是盐碱地形成的核心, 在滨海泥质盐碱地土壤水盐变化直接影响和制约着植被的发

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-05-04

基金项目: “948”国家林业局引进项目“保育基盘法播种造林成套技术引进”(2006-4-47)

作者简介: 景峰(1983-), 男, 山西晋城沁水县人, 博士研究生, 主要研究水土保持与荒漠化防治。E-mail: panda\_0356@163.com

通信作者: 朱金兆(1944-), 男, 山东蓬莱人, 教授, 主要研究水土保持与荒漠化防治。E-mail: zhjz@bjfu.edu.cn

生<sup>[3-4]</sup>。在盐碱地造林中,主要采取修筑台田、灌水压盐、垫隔离层、施有机肥、选抗盐碱树种等综合措施进行造林<sup>[5-9]</sup>。通过盐碱地改造,研究土壤水分和盐分运动规律,有助于分析植物生境的适应策略和方式,有效地进行植被的恢复与重建。

通过修筑台田、铺设隔离暗层、灌溉等措施对试验地进行改造。对经过不同改造措施台田的水盐动态规律进行研究,目的掌握试验地水盐动态规律,筛选出适宜试验地土壤的隔离暗层,为滨海泥质盐化土土地复垦和植被恢复提供理论依据。

1 研究区概况

研究区地处唐山市南堡经济开发区南堡盐场,位于北纬 39°11'28" - 39°39'28",东经 117°51'43" - 118°25'28",属暖温带滨海半湿润大陆性季风气候,年均降雨量 573 mm,最高年降雨量 1 030 mm,最低降雨量 261 mm,降雨多集中在 7 - 9 月,占全年降雨量的 65%左右。年均水面蒸发量 1 378 mm,陆面蒸发量为 530 mm。年平均气温 11.9℃,最高气

温 35.4℃,最低气温 - 16.3℃,最大冻土深度 0.7 m。年主导风向西南风,夏季多西南风,冬季多西北风。地下水位为 1 ~ 2.5 m,地下水矿化度大于 15 g/L,土壤为盐化土,盐分含量为 0.3% ~ 0.5%,主要盐分是 Cl<sup>-</sup>。地表零星分布芦苇、藜、苋等植物。

2 研究方法

2.1 滨海泥质盐化土台田整地及土壤采样

采用修筑台田,铺设隔离暗层等措施对试验地泥质盐化土进行改造<sup>[3,6]</sup>,台田规格 12 m × 12 m,并修建配套的排水沟。自地面基准线下挖 30 cm,铺 30 cm 深的隔离暗层,其上垫 50 cm 的原有土,其整体层次剖面图见图 1。采用双隔离暗层,根据双隔离暗层的不同,可将台田分为以下 5 种类型,并编号见表 1。

2007 年 11 月台田整理,2008 年 4 - 11 月期间,每月 3 日分别于 5 种台田上定点取样,采样深度 0 - 50 cm,剖面采样区间分别定为 0 - 10 cm,10 - 30 cm,30 - 50 cm,每个采样层 3 次重复<sup>[10-11]</sup>。

表 1 不同隔离暗层台田具体情况

台田编号	上隔离暗层	下隔离暗层	初始含盐量/ %		
			0 - 10 cm	10 - 30 cm	30 - 50 cm
1	草层	建筑垃圾	0.50	0.52	0.53
2	草层	炉渣	0.51	0.51	0.55
3	草层	砂石	0.52	0.52	0.55
4	草层	薄膜 + 原有土	0.53	0.50	0.56
5	原有土	原有土	0.46	0.51	0.52

注:4 号台田在上、下隔离暗层中间铺一张薄膜,下层为原有土,5 号台田为对照台田。

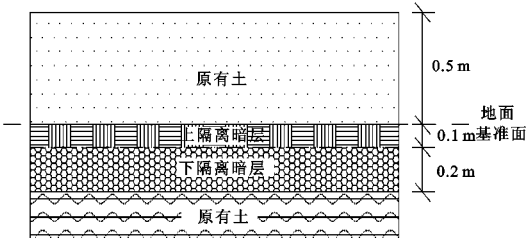


图 1 台田层次剖面图

2.2 土壤样本含水量和含盐量测定

土壤含水量采用烘干法;土壤含盐量采用电导率值法。将采集的土样风干,过 1 mm 筛,使用雷磁 DDS - 307 型电导率仪测土水比为 1 : 5 的土壤溶液电导率值<sup>[11]</sup>。电导率  $\gamma$  依土壤含盐量  $x$  回归方程的含盐量用滴定法测得,其它含盐量由回归方程测得。电导率、盐分和作物生长关系见表 2。

2.3 地下水位测定

地下水位的测定通过利用废弃的机井,在 2008 年 4 - 11 月期间,于每月 3 日、13 日、23 日清晨观察其水面深度,以测定地下水位<sup>[12]</sup>。

2.4 统计分析

方差分析、回归分析和多重比较均采用 SPSS 13.0 统计。方差分析使用双因素方差分析,多重比较采用邓肯新复全距法(LSR 检验法)<sup>[13]</sup>。

3 结果与分析

3.1 地下水位动态

研究区地下水位年度变化呈“U”字型(图 2 所示),4 月水位最低,随后逐渐升高,到 7 月,8 月达到最高,随后又逐渐降低。研究区濒临渤海,地下水位较浅。分析得出,该研究区地下水位的动态变化与降雨量和温度有密切关系,4 - 6 月随着温度不断升高,地下水不断上涌,但由于降雨少,变化平缓;随着 7 - 9 月降雨期的来临,地下水位逐步回升,到 8 月达到最高,这 3 个月的地下水位居全年最高;随后地下水位又逐步下降。地下水位的变动与土壤盐碱化的发生有着密切的关系,当地下水位升至一定范围时,即达到临界深度,土壤盐分才能随毛管运动积聚

于地表<sup>[4-9]</sup>。唐山南堡经济开发区地下水位引起土壤盐渍化的临界深度介于 4.5~5 m 之间<sup>[4-9]</sup>。研究区地下水位位于 1~2.5 m,均浅于临界深度,故研究区土壤易导致土壤强烈积盐。

表 2 土壤饱和浸出液的电导率(S25)与盐分和作物生长的关系

饱和浸出液的电导率/(mS·cm <sup>-1</sup> )	含盐量/%	盐化程度	作物反应
0~2	<0.1	非盐化土壤	对作物不产生盐害
2~4	0.1~0.3	中度盐化土	对盐分很敏感的作物可能受到影响
4~8	0.3~0.5	盐化土	对盐分很敏感的作物可能受到影响对耐盐作物仍可适应
8~16	0.5~1.0	重盐化土	只有耐盐作物获得收成,对种子发芽有害,出现缺苗
>16	>1.0	极重盐化土	只有极少数耐盐作物获得收成

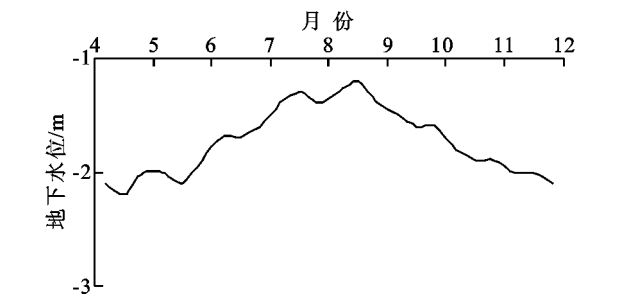


图 2 研究区地下水位动态变化

3.2 土壤盐分动态变化

使用雷磁 DDS-307 型电导率仪测量不同月份、不同土层的土壤样本的电导率值,每个月从其样本中挑选 3 个使用滴定法<sup>[11]</sup>测含盐量。建立拟合含盐量( $Y_i$ )与电导率值( $X_i$ )的线性回归方程,见公式(1)。

$$Y_i = 0.005 + 0.0625 X_i \tag{1}$$

不同台田类型及不同土层土壤含盐量动态变化见图 3。可以得出,采用不同隔离暗层做隔离层台田的共同特点是:随 0-50 cm 土层深度的不断增加,土壤含盐量有增加趋势;0-10 cm 土层含盐量波动幅度大,10-30 cm、30-50 cm 土层含盐量波动幅度小;4 月份土壤含盐量比较高,是积盐最强烈的阶段,随后逐渐降低,7 月、8 月的含盐量最低,是脱盐阶段,然后呈上升趋势,进入积盐阶段。

由图 3 比较 a 时间(a 时间为台田整地初始含盐量)和次年 4 月份的含盐量,在经过一个冬季后,含盐量明显升高,这说明研究地区冬季为积盐过程,同时也可以得出 5 号对照台田 4 月在 5 种台田类型中含盐量最高,双层隔离暗层效果明显。

4 月之后各类型台田含盐量均有所降低,到 7 月、8 月份降至最低,随后都有小幅度的回升。以炉渣和砂石做隔离暗层的 2 号和 3 号台田 0-10 cm 的含盐量下降幅度最大,尤其降雨期降至 0.3% 以下,其余 3 块台田 0-10 cm 含盐量在降雨期降至 0.3%~0.35%;10-30 cm 和 30-50 cm 含盐量变化幅度不大,10-30 cm 含盐量多降为 0.4%~0.45%,30-50 cm 含盐量多降为 0.45%~0.55%,

4 号台田降幅最小,可能是由于塑料膜渗水效果差,导致盐分在 50 cm 处积聚的原因。

将 11 月份测得的土壤含盐量与台田刚整完地时的含盐量比较,依据公式,求得这一年各个台田的脱盐率。

根据始末含盐量,求出经过 1 a 后的土壤脱盐率的质量分数<sup>[8-9]</sup>,脱盐率的质量分数公式见(2)。

$$\text{脱盐率质量分数} = (1 - \frac{\text{始含盐量}}{\text{末含盐量}}) \times 100\% \tag{2}$$

不同台田、不同土层脱盐率质量分数见表 3。

表 3 不同台田、不同土层脱盐率质量分数 %

台田类型	土层/cm			$\bar{x}_i$
	0-10	10-30	30-50	
1	13.78	14.32	5.90	11.33
2	26.89	20.78	12.53	20.07
3	51.93	25.06	28.47	30.46
4	22.41	7.52	5.57	11.83
5	5.42	1.24	0.00	2.22

使用 SPSS 13.0 数理统计软件,对表 3 不同台田类型、不同土层进行方差分析<sup>[13]</sup>,结果如表 4。

由表 4 对不同台田类型不同土层脱盐率方差分析结果,得出不同台田类型的脱盐率差异极显著,不同土层间土壤脱盐率差异极显著。再通过 SPSS 13.0 分别对不同台田和不同土层脱盐率进行 LSR 多重检验<sup>[5]</sup>。

不同台田平均脱盐率依次为 3 号台田>2 号台田>4 号台田>1 号台田>5 号台田,其中 3 号台田与 1 号、4 号和 5 号台田脱盐率差异极显著( $\alpha=0.01$ ),与 2 号台田差异显著( $\alpha=0.05$ );2 号台田与 1 号、4 号台田差异不显著,与 5 号台田差异显著;4 号台田与 1 号台田差异不显著,与 5 号台田差异显著;1 号台田与 5 号台田差异显著,具体见表 4。铺设隔离暗层的台田脱盐效果要显著好于未铺设隔离暗层的台田,同时铺设隔离暗层的材料对其影响显著,采取“草层+砂石”隔离暗层的台田脱盐率高达

30.46 % ,明显优于“草层 + 炉渣 ”台田的 20.07 %、“草层 + 薄膜 ”台田的 11.83 %和“草层 + 建筑垃圾 ”台田的 11.33 %。

不同土层脱盐率平均值依次为 0 - 10 cm > 10 - 30 cm > 30 - 50 cm。其中 ,0 - 10 cm 土层的脱盐率对 10 - 30 cm 土层差异显著 ,对 30 - 50 cm 土层差异极显著 ;10 - 30 cm 和 30 - 50 cm 土层脱盐率差异不显著 ,具体见表 5。

表 4 不同台田类型 ,不同土层脱盐率方差分析

离差来源	离差平方和	自由度	均方差	<i>F</i>	Sig.
校正模型	1825.383133	6	304.2305	14.111932 **	0.00072212
截 距	3457.762557	1	3457.763	160.39058 **	1.4203E - 06
台田类型	1354.288547	4	338.5721	15.70489 **	0.0007406
土 层	471.094587	2	235.5473	10.926015 **	0.0051578
误 差	172.467117	8	21.55839		
合 计	5455.612807	15			
校正合计	1997.850250	14			

注：\*表示 =0.05 时差异显著；\*\*表示 =0.01 时差异显著,下同。

表 5 不同台田类型脱盐率平均值多重比较结果

(I) 台田	(J) 台田	平均差 (I - J)	标准差	显著水平	95 %置信区间	
					下界	上界
1	2	- 8.7351	3.79	0.0501	- 17.4773	0.0072
	3	- 19.1284 **	3.79	0.0010	- 27.8707	- 10.3862
	4	- 0.4973	3.79	0.8989	- 9.2395	8.2449
	5	9.1143 *	3.79	0.0429	0.3720	17.8565
2	1	8.7351	3.79	0.0501	- 0.0072	17.4773
	3	- 10.3933 *	3.79	0.0254	- 19.1356	- 1.6511
	4	8.2378	3.79	0.0615	- 0.5045	16.9800
	5	17.8494 **	3.79	0.0015	9.1071	26.5916
3	1	19.1284 **	3.79	0.0010	10.3862	27.8707
	2	10.3933 *	3.79	0.0254	1.6511	19.1356
	4	18.6311 **	3.79	0.0012	9.8889	27.3734
	5	28.2427 **	3.79	0.0001	19.5005	36.9849
4	1	0.4973	3.79	0.8989	- 8.2449	9.2395
	2	- 8.2378	3.79	0.0615	- 16.9800	0.5045
	3	- 18.6311 **	3.79	0.0012	- 27.3734	- 9.8889
	5	9.6116 *	3.79	0.0350	0.8693	18.3538
5	1	- 9.1143 *	3.79	0.0429	- 17.8565	- 0.3720
	2	- 17.8494 **	3.79	0.0015	- 26.5916	- 9.1071
	3	- 28.2427 **	3.79	0.0001	- 36.9849	- 19.5005
	4	- 9.6116 *	3.79	0.0350	- 18.3538	- 0.8693

表 6 不同土层脱盐率平均值多重比较表

(I) 土层	(J) 土层	平均差 (I - J)	标准差	显著水平	95 %置信区间	
					下界	上界
1	2	8.8545 *	2.94	0.0167	2.0828	15.6263
	3	13.5117 **	2.94	0.0018	6.7400	20.2834
2	1	- 8.8545 *	2.94	0.0167	- 15.6263	- 2.0828
	3	4.6571	2.94	0.1514	- 2.1146	11.4288
3	1	- 13.5117 **	2.94	0.0018	- 20.2834	- 6.7400
	2	- 4.6571	2.94	0.1514	- 11.4288	2.1146

3.3 土壤水分动态变化

不同台田类型在不同月份、不同土层的土壤含水量如图 4 表示。由图可以看出,随土层深度的增加,土壤含水量在随之增加。10 - 30 cm 和 30 - 50 cm 处土壤含水量随雨季的到来,含水量不断增加,到 8 月达到最高,但波幅较小。0 - 10 cm 处土壤含

水量波幅较大,且出现两对峰谷,峰顶在 5 月和 9 月,谷底在 4 月和 8 月。

不同台田类型间土壤含水量变化不大。0 - 10 cm 处土壤平均含水量为 18.9 %,10 - 30 cm 处土壤平均含水量为 26.4 %,30 - 50 cm 处土壤平均含水量为 28.5 %。

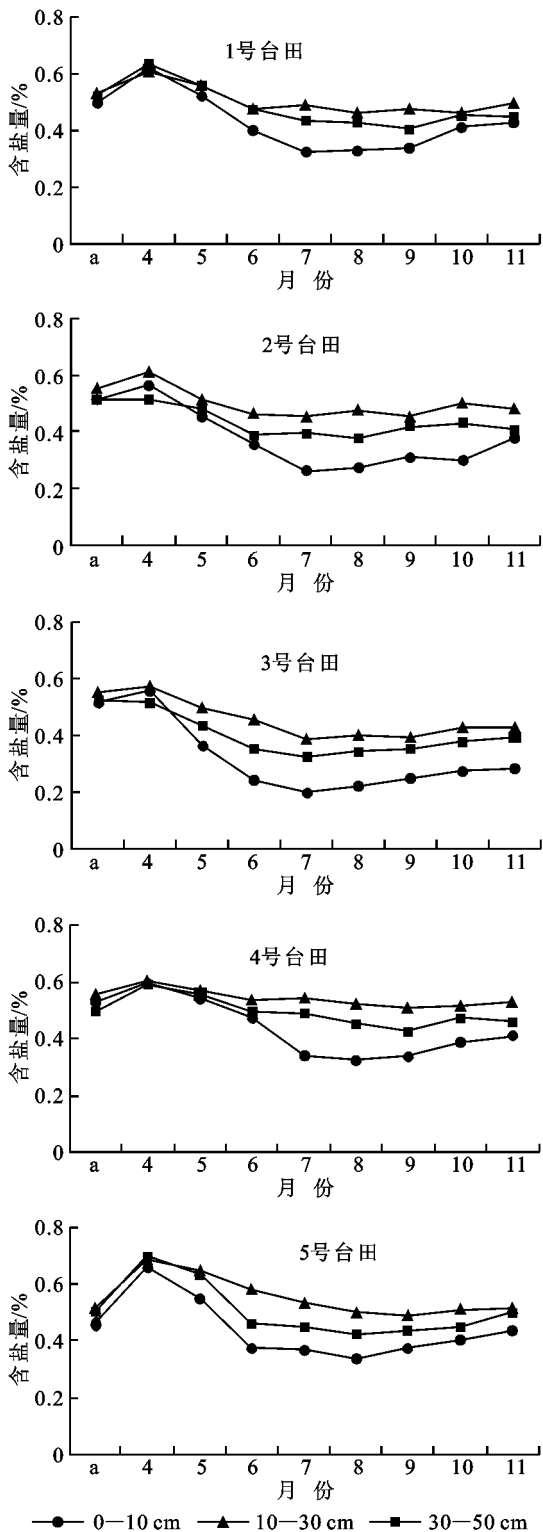


图 3 不同类型台田土壤含盐量动态变化

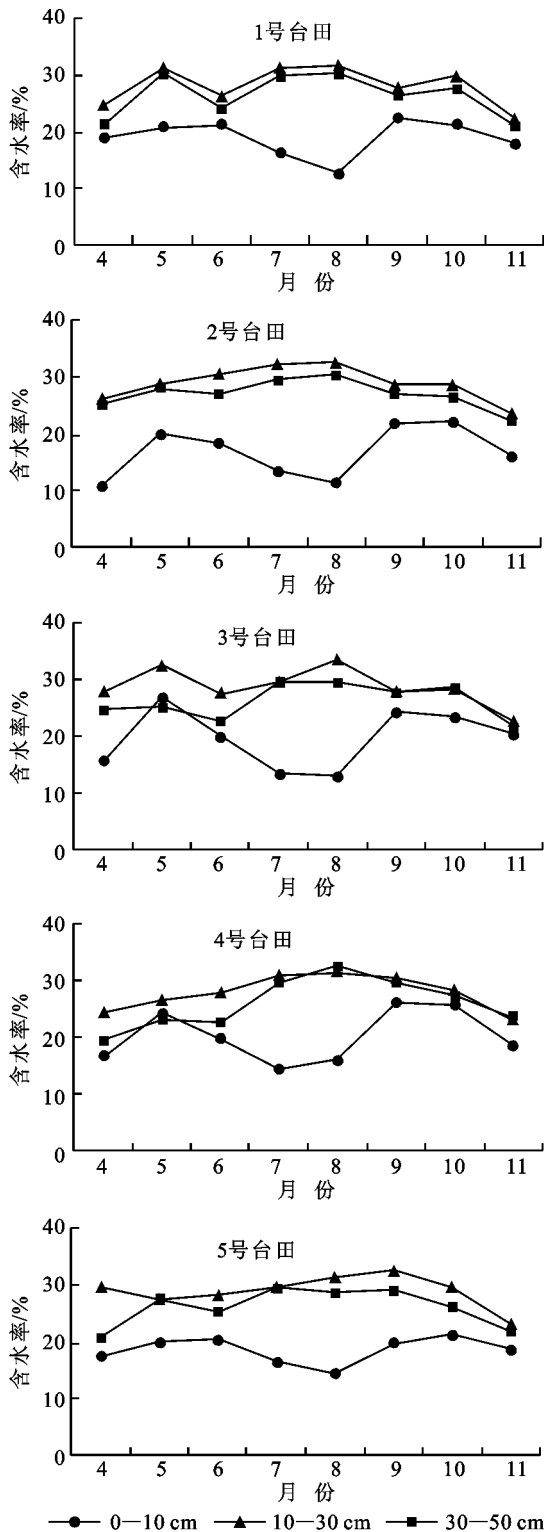


图 4 不同类型台田含水量动态变化

### 3.4 地下水位、土壤含盐量与含水量之间的关系

研究区常年多风,且风力较强,加之地表植物稀少,地下水位低于临界值,因此较容易导致土壤积盐。蒸发为导致研究区土壤积盐过程的主要因子,降水量为其土壤脱盐过程的主要因子。由图 3,4 可看出,研究区冬春季降雨少,土壤含水量较低,地下水位低,故土壤强烈积盐。夏秋两季,尤其是 7-9 月降水期,土壤中、深层含水量有所增加,表层土壤的含水量由于温度的升高引起的强烈蒸发而降低。同期,土壤盐分通过降雨淋溶从表层到中深层都有不同程度的降低,在 8 月降到最低再逐渐升高。

## 4 结 论

(1) 研究区地下水位为 1~2.5 m,且随降雨的增加水位逐渐上升,但其均浅于返盐临界深度,故研究区易导致强烈积盐。

(2) 研究区降雨少且集中,土壤含水量与含盐量有密切的关系,土壤表层水盐变化剧烈,结合蒸发与淋溶,水盐变化规律相似;土壤中深层水盐变化较为缓和,且变化规律相反,随着含水量的升高,含盐量不断降低。

(3) 5 种台田整地脱盐效果明显,通过 1 a 降雨的自然淋溶,均由重盐化土变为盐化土,已适合耐盐碱树种的生长。铺设隔离暗层的台田脱盐率均优于未铺设隔离暗层的对照台田。其中,隔离暗层为“草层+砂石”的台田脱盐效果最佳,平均脱盐率达 30.46%,较其余 4 种隔离暗层有明显差异。随后依次是隔离暗层为“草层+炉渣”台田的 20.07%，“草层+薄膜”台田的 11.83%，“草层+建筑垃圾”台田的 11.33%，最后为对照台田的 2.22%。

(4) 通过 1 a 的水盐动态监测,台田整地效果明显,已经可以适应耐盐作物的生长。但离可以适应大部分作物的生长还有一定的距离,尤其台田整地是否

会有返盐情况仍需要对未来几年的不同台田类型的水盐动态情况进行进一步的调查和研究。

### 参考文献:

- [1] Malcolm E, Sumner R N, et al. Sodic soils: distribution, properties, management, and environmental consequences [M]. New York: Oxford University Press, 1998.
- [2] 张建锋, 张旭东, 周金星, 等. 世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 28-30.
- [3] 刘金荣, 谢晓蓉. 重盐碱地的改造及建植草坪的研究[J]. 水土保持通报, 2004, 24(1): 19-21.
- [4] Willis W O. Evaporation from layered soil in the presence of a water table [J]. Soil Sci. Soc. Proc., 1960, 24: 239-242.
- [5] Hassam F A. Evaporation and salt movement in soil in the presence of water table [J]. Soil Sci. Soc. Amer. J., 1977, 41(3): 470-478.
- [6] 李法虎, Keren R, Benhur M. 暗管排水条件下土壤特性和作物产量的空间变异性分析[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 64-69.
- [7] 许景伟, 李传荣, 马履一, 等. 沿海防护林造林树种抗旱性的比较[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(1): 166-170.
- [8] 牛东玲, 王启基. 柴达木盆地弃耕地水盐动态分析[J]. 草业学报, 2002, 11(4): 35-38.
- [9] 李利, 何兴元, 张希明, 等. 准噶尔盆地盐渍土壤水盐动态及其对植被影响[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2007, 26(2): 296-299.
- [10] 景峰, 张学培, 郭汉清, 等. 山西省葛铺煤矿弃土弃渣径流泥沙研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(4): 61-64.
- [11] 中国土壤学会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 45-56.
- [12] 徐海量, 宋郁东, 李卫红, 等. 生态输水后塔里木河下游地下水水盐动态变化[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(3): 63-67.
- [13] 邵崇斌. 概率论与数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 197-241.