

滨海盐土暗管排水降渍脱盐效果研究^①刘永¹, 王为木^{2*}, 周祥³

(1 盐城市滨海县耕地质量与肥料管理站, 江苏盐城 224500; 2 河海大学南方地区高效灌排与农业水土环境教育部重点实验室, 南京 210098; 3 江苏省盐城市土肥站, 江苏盐城 224000)

摘要: 在江苏省滨海盐土按不同埋深和间距埋设地下暗管, 其降渍、脱盐作用主要表现在丰水期(7—9月)内, 在试验区范围内, 10 m 间距暗管的降渍效果最显著, 10 m 和 15 m 间距暗管的脱盐效果相差不明显; 在较小间距(10 m)时, 1.4 m 埋深暗管的降渍效果优于 1.2 m 埋深, 埋设间距 ≥ 15 m 后, 埋深对暗管降渍效果无明显影响, 而在所有埋设间距处理中, 1.4 m 埋深暗管的脱盐效果都优于 1.2 m 埋深。综合比较分析各相关试验结果, 并考虑暗管埋设的初期投资和后期维护成本, 推荐间距 15 m、埋深 1.4 m 为江苏滨海盐土降渍脱盐的地下暗管工程最佳布设参数。

关键词: 滨海盐土; 降渍脱盐; 塑料暗管; 间距; 埋深

中图分类号: S278

塑料暗管排水改盐技术于 1959 年在荷兰首次采用, 之后迅速在美国、以色列等国家推广。我国从 20 世纪 80 年代开始, 在天津、新疆、上海等地陆续开展了塑料暗管排水改良盐碱土技术的试验示范工作^[1-2], 积累了一些初步的经验。邵孝侯等^[3]认为, 农田塑料暗管埋深和间距的确定, 是塑料暗管排水系统规划设计的主要任务, 关系到排水效果和投资效益。许多学者也对滩涂盐渍地改良过程中暗管田间排水过程的技术参数进行了研究, 提出了不同脱盐标准下暗管埋深、间距和管径^[4-6]。

目前国内外将暗管排水作为防止土壤沼泽化和盐渍化的一项措施, 在内陆盐渍土和沼泽土研究较多, 对滨海盐碱土的暗管排水研究较少。江苏沿海地区有未脱盐的滨海盐土 10 万 hm^2 , 降低土壤含盐量是改良滨海盐土的根本任务。2008 年江苏省土肥站在滨海县建立了面积为 100 hm^2 的沿海地区暗管改盐与地力培肥示范区, 采用不同埋深和间距埋设塑料暗管, 分析评价降渍脱盐效果, 优选暗管埋设参数, 为利用暗管改良滨海盐土提供技术储备。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于盐城市滨海县滨淮镇东罾村, 中心坐标 34°17'N, 120°06'E。试验区 0~20 cm 土壤基本理化性状见表 1。

表 1 试验区土壤基本理化性状

Table 1 Soil basic physical and chemical properties in experimental plot

土壤有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	有效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	pH
17.60	1.2	9.2	320	8.4

1.2 试验设计

基于已有研究成果和工作基础, 在中心试验区设 10 m、15 m、20 m 共 3 个暗管埋设间距, 1.2 m、1.4 m 两种埋深, 两两组合, 以不埋设暗管为对照(CK), 同时结合深耕松土(30 cm)和田间平整技术, 共设 7 个处理, 具体试验方案见表 2。各处理顺序排列, 试验小区长宽为 180 m \times 50 m, 沿小区长边等分 3 段作为重复, 分别进行取样测定。

表 2 暗管降渍脱盐改碱试验方案

Table 2 Experimental design of study

处理	1	2	3	4	5	6	CK
暗管埋深(m)	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	-
暗管间距(m)	10	15	20	10	15	20	-

1.3 暗管布设

田间暗管为内径 80 mm 的带孔 PVC 波纹管, 管外面包裹透水的土工布。田间暗管与埋设在地头的集水井连通, 集水井一方面用于收集暗管排水, 一方面作

①基金项目: 江苏省专项基金项目(苏财农(2007)265号)和河海大学“基本科研业务费”青年教师项目(B103021)资助。

* 通讯作者(wangwm@hhu.edu.cn)

作者简介: 刘永(1970—), 男, 江苏滨海人, 学士, 高级农艺师, 从事土壤肥料技术与推广。E-mail: liu040106yong@163.com

为暗管清洗的入口。所有集水井通过内径 80 mm 的平滑 PVC 集水管串联,地下排水流经集水管进入汇水池,经水泵抽排入支沟,水泵的开闭通过水池水位自动控制。开沟与暗管的埋设使用荷兰斯廷伯根公司 EGS3000 刀链式开沟铺管机在激光制导下按设计深度、间距和坡降比(田间暗管为 0.8‰,集水管为 1‰)同步一次完成,激光制导系统控制暗管埋深不受地表高程变化的影响。

1.4 样品采集及分析

2008 年 11 月完成暗管埋设,自 2008 年 12 月至 2009 年 12 月在每月中旬前后采集土样和测量地下水

埋深。每个重复区内按 S 型选取不少于 15 个样点,用管状采样器取 20 cm 耕层土,混合后四分法取 1 kg 土样,带回实验室风干预处理,烘干重量法测定土壤盐分总量^[7]。在每个试验区内中段适当位置用土钻向下打孔深至 1.2 m,插入长约 1.3 m、下端打孔并用干净棉布包裹起来的 PVC 管,定期用直尺量取地下水位。

2 结果与分析

2.1 地下暗管对地下水埋深年变化的影响

2009 年间不同埋深、不同暗管间距处理地块的地下水埋深见表 3。

表 3 地下暗管对地下水埋深 (cm) 的影响
Table 3 Effects of subsurface pipes on groundwater depth

处理	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	91.4	92.6	98.8	103.4	93.9	91.8	80.8	79.2	86.3	88.8	96.8	102.3
2	88.1	85.9	94.5	102.0	91.8	87.9	73.3	71.3	79.8	97.5	96.6	99.2
3	87.8	83.1	92.2	102.2	89.4	86.1	69.9	66.5	74.4	92.4	89.9	95.5
4	98.3	96.4	102.7	108.3	97.6	92.4	81.7	80.9	82.5	93.9	88.2	93.1
5	94.7	89.2	99.1	105.6	94.5	88.3	77.2	71.6	76.9	88.2	84.4	88.5
6	87.2	85.6	96.4	102.1	89.8	82.1	71.6	62.8	73.6	85.6	82.5	85.4
CK	84.9	74.1	89.7	102.5	87.2	85.3	62.6	53.8	66.3	89.7	86.5	89.7

从表 3 可以看出,在暗管埋深 1.2 m 时(处理 1、2、3),试验区地下水埋深在枯水期的 3—5 月份最大,一般在 85 cm 以上,且在各处理间无明显差异($p < 0.05$,下同),尤其是 4 月份各处理的监测值都在 102 cm 左右。进入夏季,随着降雨量的增大,地下水埋深逐渐变浅,暗管排水的效果得以体现,进入丰水期,暗管的降渍效果更加显著,且与暗管间距有一定关系:5、6 月份间距 15 m 和 20 m 试验区与对照区的地下水埋深监测结果无显著差异,只有间距为 10 m 的处理地下水埋深较深;7、8、9 月份埋设暗管区地下水埋深较对照区显著下降,变化幅度为 66.5~86.3 cm,且间距为 10 m 时(处理 1)降幅更明显,与对照相比的最大降幅为 60.4%。进入秋、冬季后,随着降水量的减少,地下水埋深增大并趋于稳定至 85~100 cm,各处理地块间差异不显著,此时暗管的排水作用不再明显。在暗管埋深为 1.4 m 时(处理 4、5、6),试验区地下水埋深的年内变化趋势与埋深为 1.2 m 时相近。但在埋设暗管后的初期(1—3 月份),各间距处理间的差异似乎更明显,降渍效果更好。

上述结果表明,暗管间距越小,降渍效果越明显。

但是,在一定区域范围内,间距的缩小势必会增加暗管的数量、增大一次性投资,同时也相应增加后期的维护、管理费用,因此,最佳间距的确定,必须合理平衡降渍效果和资金投入的矛盾。

选取具代表性的 4 月份(枯水返盐期)和 8 月份(丰水洗盐期)各处理地块地下水埋深监测值作图 1。由图可以看出,在周年内,无论是旱季还是雨季,间距较小时(10 m),埋设较深(1.4 m)暗管地块的地下水埋深略低于埋深 1.2 m 处理的地块,但在较宽间距(15~20 m)时,不同埋深处理地块的地下水埋深无显著差异。从降渍效果和资金投入总和来看,在示范区内,1.2 m 的暗管埋深已具有较好的效果,该结果可以为相同或相似地区滨海盐土的改良提供参考。针对试验示范区雨季地下水位较浅(< 70 cm)的现状,更浅暗管埋深处理的降渍效果还有待进一步试验研究。

2.2 地下暗管对表层土壤含盐量年变化的影响

2.2.1 不同暗管间距对表层土壤含盐量年变化的影响
埋深分别为 1.2 m 和 1.4 m 不同暗管间距处理地块的表层(0~20 cm)土壤盐分总量 2009 年间的变化趋势见图 2。

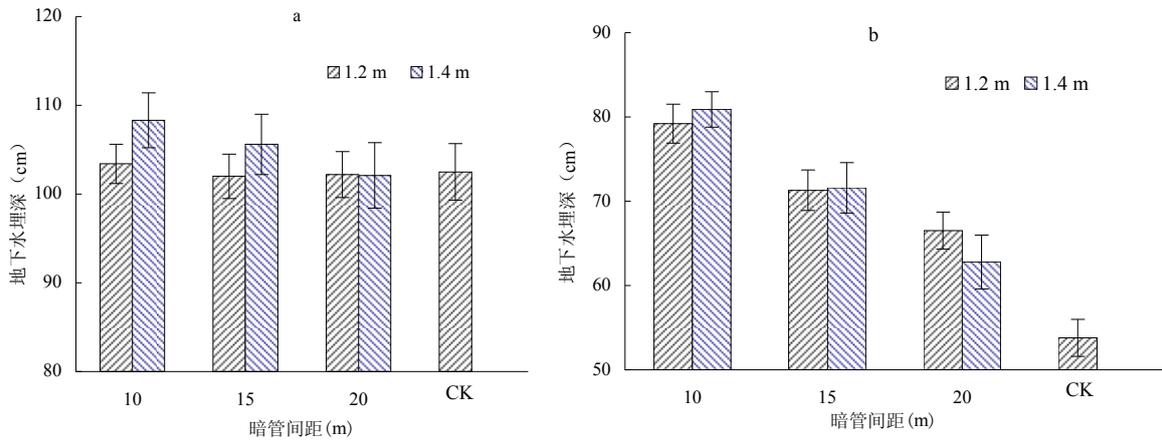


图 1 2009 年 4 月 (a) 和 8 月 (b) 不同处理地块的地下水埋深

Fig. 1 Effects of subsurface pipe interval and depth on groundwater depth at different seasons

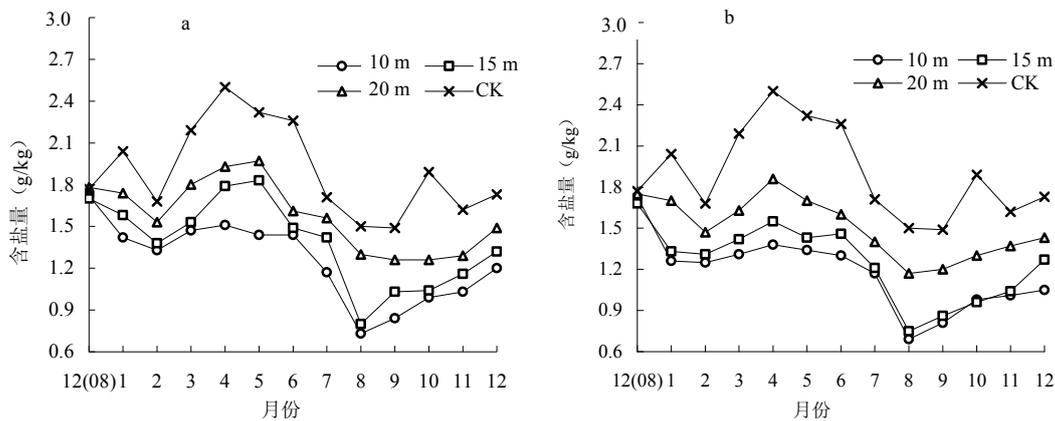


图 2 不同间距暗管表层土壤含盐量 (a, 暗管埋深 1.2 m; b, 暗管埋深 1.4 m)

Fig. 2 Effects of different subsurface pipe intervals on salinity concentration in topsoil

从图 2a 可以看出, 在暗管埋深 1.2 m 时, 各处理表层土壤含盐量都呈现旱季高、雨季低的特点, 体现了盐碱土“盐随水走”的根本特征。在暗管埋设后的 3 个月内 (2008 年 12 月—2009 年 2 月), 其脱盐效果还不明显, 进入 3—6 月份, 尽管为旱季, 但埋设暗管处理地块表层土壤含盐量比对照有了显著降低, 其中最大降幅为 39.6%, 平均降幅为 28.7%。3—6 月是江苏省滨海盐土表层积盐的主要季节, 暗管的埋设使表土含盐量由对照的 $>2 \text{ g/kg}$ 降至 $1.4 \sim 1.9 \text{ g/kg}$, 对减轻土壤的盐害具有重要意义。进入雨季 (7—9 月份), 由于雨水的淋洗作用, 各处理地块表土的盐分含量较前期都有显著下降, 其中 15 m、10 m 间距处理由 1.45 g/kg 左右将至 0.75 g/kg 左右, 平均降幅为 47.8%, 表

层土壤已接近脱盐化。进入秋、冬季, 随着降水量的减少, 埋设暗管处理地块的表土盐分含量趋于稳定, 略有回升, 暗管间距 10 m 和 15 m 处理都维持在 1.2 g/kg 以下, 而对照处理在 10 月份有一个明显的反弹, 后又逐渐降低至 1.6 g/kg 水平。

比较图 2a 数据还可看出, 在周年内, 不同暗管间距处理表土的含盐量呈现 $10 \text{ m} < 15 \text{ m} < 20 \text{ m} < \text{CK}$ 的趋势, 说明暗管间距越小, 脱盐效果越明显。但在推广实践过程中, 仍然存在合理平衡脱盐效果和资金投入矛盾的问题。

暗管埋深为 1.4 m 时, 试验区表土含盐量的年内变化趋势与埋深为 1.2 m 时相近 (图 2b)。在 3—5 月份的枯水期内, 埋设暗管的脱盐效果更为显著; 在丰水

期及其以后（8—12 月），10 m 和 15 m 间距处理间已无显著差异，说明在埋深 1.4 m 的情况下，适当增大间距至 15 m 对暗管的脱盐效果无明显影响。

2.2.2 不同暗管埋深对表层土壤含盐量的影响 图 3 为不同处理 2009 年各月表层土壤含盐量的平均值。从图中可以看出，与 CK（无暗管）相比，埋设暗管都能显著降低表层土壤含盐量。在所有不同暗管间距的处理中，1.4 m 埋深时表土年平均含盐量都低于 1.2 m 埋深，平均降低了 7.6%。与暗管间距对降渍效果的影响结果相比，暗管埋深对地表脱盐的影响更为明显，原因可能是由于取样点布设在两根暗管中间，地表盐分除垂直向下的迁移以外，还有小部分侧向的运移。

将一年分为 4 个时期，分别相当于枯水前期、枯水期、丰水期和丰水后期。每个时期内 3 次土壤样品含盐量的平均值列于图 4。从图中可以看出，不同暗管埋设深度对表土盐分含量的影响主要发生在丰水期

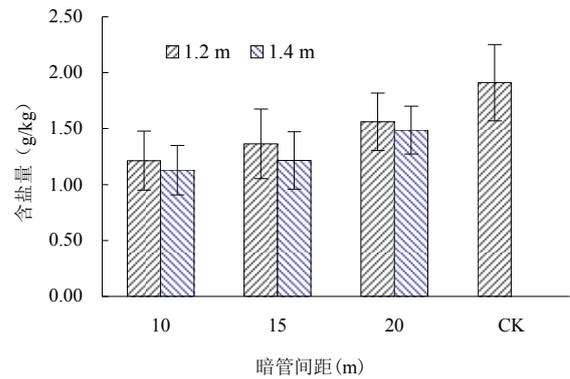


图 3 不同处理表层土壤年平均含盐量

Fig. 3 Annual averages of salinity concentrations in topsoils under different treatments

及丰水期之前，在第一个雨季过后（2009 年 10—12 月），暗管埋深的影响已不再明显。在暗管铺设 2 年后埋深对洗盐效果的影响特征有待进一步研究。

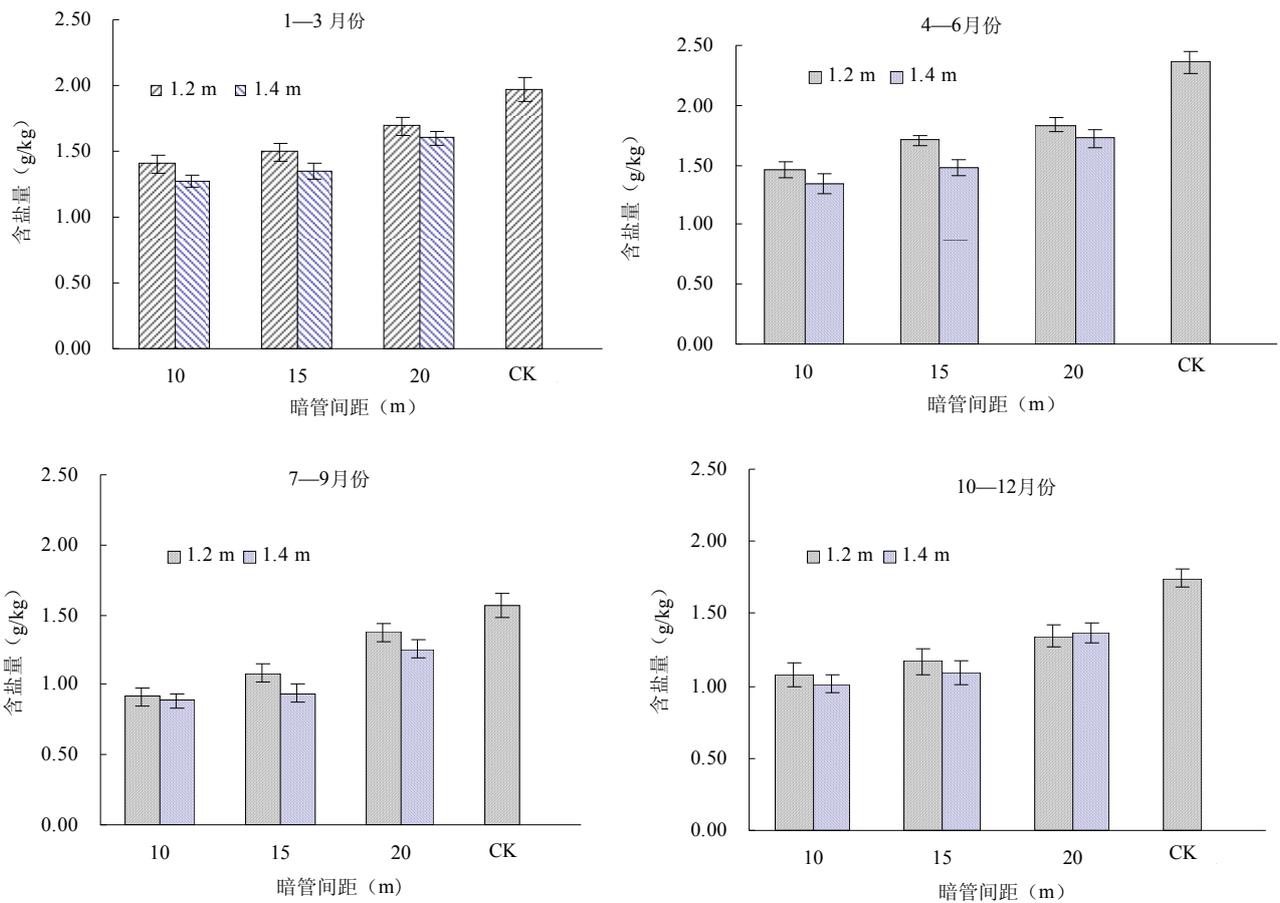


图 4 不同时期土壤表土平均含盐量

Fig. 4 Season averages of salinity concentrations in topsoils under different treatments

3 结论

(1) 江苏省滨海盐土埋设地下暗管的降渍作用主要体现在丰水期(7—9月),在试验范围内,暗管间距为10m时地下水埋深最大,20m时最小,说明较小的暗管间距降渍效果明显。在枯水期(春季、秋冬季),当地下水埋深超过85cm时,地下暗管的降渍效果不明显,且不同间距差异不大。

(2) 在较小埋设间距(10m)时,1.4m埋深暗管的降渍效果较1.2m埋深的更加显著,但间距 ≥ 15 m后,埋深对暗管降渍作用无明显影响。

(3) 地下暗管的脱盐效果明显,且主要发生在丰水期(7—9月)。10m和15m间距暗管的脱盐效果相差不明显;从暗管埋深对地表土壤含盐量的影响来看,1.4m埋深的脱盐效果优于1.2m埋深。

(4) 综合比较分析各相关试验结果,间距15m、埋深1.4m是江苏滨海盐土降渍脱盐的地下暗管工程

最佳布设参数。

参考文献:

- [1] 周明耀,陈朝如,毛春生,曹玉华,贾良荣.滨海盐土地区暗管排水系统布置模式的研究.江苏农业研究,2000,21(3):34-38
- [2] 迟道才,程世国,张玉龙,王晓愚.国内外暗管排水的发展现状与动态.沈阳农业大学学报,2003,34(3):312-316
- [3] 邵孝侯,刘才良,俞双恩.暗管排水对滨海新垦区土壤盐分动态的影响及脱盐效果.河海大学学报,1995,23(2):92-93
- [4] 马力.利通区农业综合开发项目区暗管排水运行情况的调查.宁夏农林科技,2007(4):54-55
- [5] 景清华,刘学军.宁夏银北灌区暗管排水技术应用与工程效果监测.灌溉排水学报,2005,24(1):43-49
- [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.农业工程学报,2003,19(6):64-69
- [7] 鲍士旦主编.土壤农化分析法.北京:中国农业出版社,2005

Effects of Subsurface Pipe Drainage on Waterlogging Controlling and Desalination in Coastal Saline Soil

LIU Yong¹, WANG Wei-mu², ZHOU Xiang³

(1 *Binhai Land Quality and Fertilizer Management Station, Yancheng, Jiangsu 224500, China;* 2 *Key Laboratory of Efficient Irrigation-drainage and Agricultural Soil-water Environment in Southern China (Hohai University), Ministry of Education, Nanjing 210098, China;*

3 *Yancheng Soil and Fertilizer Station, Jiangsu Province, Yancheng, Jiangsu 224000, China)*

Abstract: Subsurface drainage plastic pipes were buried in typical coastal saline soil plots in Jiangsu Province with designed 1.2 m and 1.4 m depths and 10 m, 15 m and 20 m intervals. The effects of subsurface pipe drainage on groundwater depth controlling and desalination were mainly detected in the flooding season (from July to September). The groundwater depth was significantly reduced by subsurface pipes buried with 10 m interval. There was no significant difference between the treatments with 15 m and 10 m intervals. The effect of subsurface pipes buried with 1.4 m depth was better than 1.2 m depth with the 10 cm interval, but no significant difference was found between the effects of different buried depths with the buried interval ≥ 15 m. The effects of subsurface pipe with 1.4 m depth on desalination were more obvious than 1.2 m depths. Based on synthetical estimating the experimental results and constructing and maintaining costs, subsurface pipes buried with 15 m wide and 1.4 m depth were recommended as the optimal parameters for waterlogging controlling and desalination in coastal saline soil in Jiangsu Province.

Key words: Coastal saline soil, Waterlogging controlling and desalination, Subsurface plastic pipe, Buried wide and depth