

半干旱地区海水灌溉下滨海盐土盐分运动研究*

刘兆普¹ 陈铭达¹ 刘玲¹ 邓力群² 赵耕毛¹ 王洪军³ 王建华³

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

(2 南京市建邺区科学技术局, 南京 210097)

(3 南京农业大学 863 山东莱州中试基地, 山东莱州 261400)

SALINITY CHARACTERISTICS OF MARINE SALINE SOIL UNDER SEAWATER IRRIGATION IN SEMIARID REGION

Liu Zhaopu¹ Chen Mingda¹ Liu Ling¹ Deng Liqun² Zhao Gengmao¹ Wang Hongjun³ Wang Jianhua³

(1 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

(2 Science and Technology Bureau of Jianye District, Nanjing 210097, China)

(3 863 Experimental Base of Nanjing Agricultural University, Laizhou, Shandong 261400, China)

关键词 海水灌溉; 盐分运动

中图分类号 P748 文献标识码 A

海水灌溉农业是国际范围内新兴的热点研究领域。在我国海水灌溉农业研究还刚刚起步。为探索海水灌溉对滨海盐土发育演变的影响, 作者从 2000 年起, 在半干旱的山东莱州地区进行海水灌溉下滨海盐土盐运动的田间试验研究, 以率定不同气候带土壤发育安全的海水灌溉指标与参数, 探索可行的土壤盐调控技术体系, 并根据田间试验结果安排原状土柱室内模拟试验, 以深入探讨其作用机制。本文仅就田间盐分运动试验结果进行讨论。

1 试验和方法

1.1 试验设计

试验共设 4 个海水淡水比例: I, 0: 1; II, 1: 9; III, 1: 3; IV, 1: 1。3 次重复, 小区面积 15 m², 随机区组排列, 小区间用 0.12 mm 聚乙烯薄膜埋深 1.00 m 以防侧渗, 地表筑埂 20 cm, 以防互溢。地面种植鲁梅克斯 (*Rumex patientia* × *R. Tianschanicus*. cv. *Rumex K-1*), 每年灌溉两次, 小区灌溉量 1.00 m³, 海水 pH 8.30, 含盐量为 33.326 g L⁻¹, 试验安排在南

京农业大学山东莱州 863 中试基地, 土壤性质见表 1。

1.2 采样及田间测试方法

按对角线法每小区采 5 个样品, 然后按层次充分混合备用。土壤中水盐测定用中国科学院南京土壤研究所研制的水分、盐分传感器按 5 cm、15 cm、30 cm、50 cm 深度埋设探头, 按设计要求记录土壤水吸力和电导率(EC)。

1.3 分析方法

全盐、盐分离子由常规方法测得^[1], pH 用 1: 5 土水比 pH 计法, 土壤有机质用重铬酸钾外加热法, 速效磷用 0.5 mol L⁻¹ NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法。

2 结果与分析

2.1 半干旱地区海水灌溉下土壤总盐量及离子变化

图 1 为经海水灌溉一年后土壤盐分变化, 从各处理不同土壤层次盐分含量来看, 海水灌溉对土壤耕层(0~20 cm)盐分没有显著影响, 即使用 1: 1 比例

* 国家 863 计划海洋生物技术专题项目(2001AA627040)、国家 948 项目(201030)资助

作者简介: 刘兆普, 男, 南京农业大学教授, 博导, 长期从事盐土农业及咸水资源利用研究。E-mail: sea@njau.edu.cn

收稿日期: 2003-01-27; 收到修改稿日期: 2003-06-15

的海淡水灌溉 2 次, 总灌溉定额达到 $1\ 500\ \text{m}^3\ \text{hm}^{-2}$, 耕层土壤盐分与淡水同额灌溉没有显著差异。但随着土层的下移, 从处理 I 到处理 IV 盐分逐渐增加, 土层越深, 处理间盐分的增幅越大。这主要原因是试

验期总降雨量仅 212.9 mm, 海水灌溉增加了土体中的盐分。但从土体盐分总量来看, 仍在安全指标范围内。

表 1 供试土壤基本性状

剖面深度 (cm)	pH	含盐量 (g kg^{-1})	有机质 (g kg^{-1})	砂粒 2~ 0.02mm (g kg^{-1})	粉粒 0.02~ 0.002mm (g kg^{-1})	粘粒 < 0.002mm (g kg^{-1})	容重 (g cm^{-3})
0~ 20	7.55	0.379	10.52	826.0	89.4	84.6	1.265
20~ 40	7.50	0.401	4.42	826.3	80.7	93.0	1.576
40~ 60	8.17	0.480	2.48	826.5	80.5	93.4	1.501
60~ 80	7.71	0.647	—	859.9	69.1	71.0	1.484
80~ 100	7.94	0.731	—	861.6	70.3	74.1	1.496
100~ 135	8.12	0.724	—	806.3	111.4	82.3	1.478
135~ 185	7.70	0.355	—	970.5	5.4	24.1	1.542
185~ 200	7.50	1.387	—	525.0	295.4	179.0	1.647

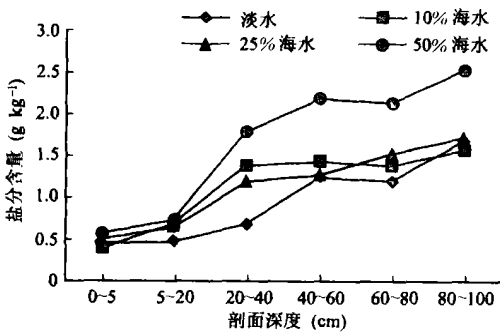


图 1 海水灌溉各处理的土壤盐分含量

据报道, 矿化水灌溉中有 96%~ 99% 的 Na^+ 和 97%~ 99% 的 Cl^- 存留在土壤中, 进入植物体内的 Na^+ 、 Cl^- 相对很少^[2], 故在本文中将植物吸收的盐分忽略不计, 1 m 土体盐分平衡见表 2。但如果降雨量增加或增灌一些淡水, 土体中的盐分将大大降低, 这在许多的田间试验和模拟试验中被证实^[3]。在如此干旱条件下, 0~ 40 cm 土壤脱盐率仍十分明显, II、III、IV 处理脱盐率分别为 79.57%、83.58%、82.72%。而下层土体随着海水比例的增加, 脱盐率明显降低, 这是因为降雨过少, 但 1.5 m 埋深地下水的矿化度为却 $4.164\ \text{g L}^{-1}$, 因此影响了下层土体的脱盐速度。

海水灌溉下土体中各离子的变化存在很大差异, 在 0~ 100 cm 土体中, Na^+ 含量总是高于 Cl^- , 这与王遵亲等的研究结果一致^[4]。但从图 2 中发现, 随着土层加深, 两种离子含量差距加大, 表明在土体

中 Na^+ 向下迁移的速度快于 Cl^- ^[5]。随着灌溉水中海水比例的增加, 在 80~ 100 cm 土层上述两种离子含量差距在缩小, 说明高矿化水灌溉下 Na^+ 、 Cl^- 向下迁移的速度逐步趋向一致, 其机制尚不清楚。

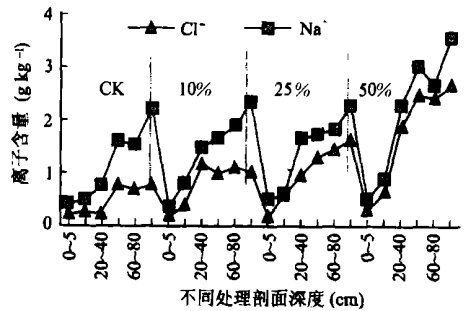


图 2 不同处理土壤中 Cl^- 和 Na^+ 浓度变化

SAR(钠吸附比)与土壤中交换性钠密切相关, 因此是预测滨海盐土发育的一个重要指标^[6]。试验一年后不同处理的 SAR 变化见图 3。随着土层加深, 各处理 SAR 均呈增加的趋势, 这与滨海盐土自然脱盐过程中的变化一致^[7]。表明适当的海淡水比例灌溉对滨海盐土改良并未形成明显的影响。

2.2 海水灌溉下植物根层土壤溶液盐分浓度的动态变化

植物根层土壤(0~ 40 cm)溶液浓度对植物生长发育直接产生影响, 海水灌溉下其盐分离子含量变化与外界条件变化密切相关, 而这些盐分离子的化学物理行为非常活跃, 离子间的相互作用及其参与的吸附与解析、溶解与沉淀、络合与解离、氧化与还

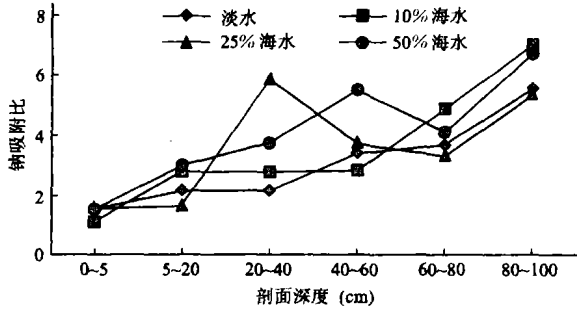


图3 不同处理1年后土壤中的SAR变化

原等物理化学过程又深刻影响这些盐分离子的性质^[8]。因此, 研究海水灌溉下植物根层土壤溶液浓度的动态变化, 揭示其与环境因素的内在联系, 对于海水灌溉制度的创立意义重大。不同比例海水灌溉处理植物根层土壤溶液盐分浓度的动态变化见图4。从图中看出, 灌溉水随着海水比例的增加, 灌溉

后土壤溶液盐分浓度有所上升: 处理 I、II 中盐分浓度基本上不受灌溉的影响, 而处理 III、IV 每次灌溉后迅速形成盐分浓度峰, 但始终未超过 0.6‰, 对耐盐植物生产量基本没有影响。在土壤层次上, 淡水灌溉处理与 1:9 海淡水混灌处理中 5 cm 土层土壤溶液盐分浓度始终低于 15 cm、30 cm 和 50 cm, 而 1:3、1:1 海淡水灌溉在溶液盐分浓度峰值期 5 cm 土层的溶液盐分浓度始终高于下面的层次。这主要是由于莱州这一特定的土体构型(表 1)致使土壤含盐量很低, 而土壤溶液盐分浓度的变化主要受外部加入盐分的影响。即使两次灌溉定额基本一致, 也就是说, 每个处理外加入盐量没有什么差异, 但处理 III、IV 的第二次灌溉形成的盐分浓度峰值明显低于第一次的峰值, 这可能受温度的影响^[9], 田间温度记录表明, 8 月份平均地表温度 32℃ 左右, 而 9 月份约在 25℃。试验区出现 2 次中等强度的降雨过程, 即 8 月 28 日~ 8 月 30 日降雨 54.3 mm, 9 月 28 日~ 10 月 1 日雨

表 2 海水灌溉后土体盐分平衡概算(0~ 100 cm 土体)

处理代号	处理前土体盐总量 (kg hm ⁻²)	灌溉带入的盐总量 (kg hm ⁻²)	处理后土体盐总量 (kg hm ⁻²)	总盐量变化 (kg hm ⁻²)
I	7 647.15	—	15 548.55	7 901.7
II	7 647.15	5 428.5	17 252.55	9 605.4
III	7 647.15	11 884.5	18 791.25	11 144.1
IV	7 647.15	23 773.5	27 882.15	20 235.0

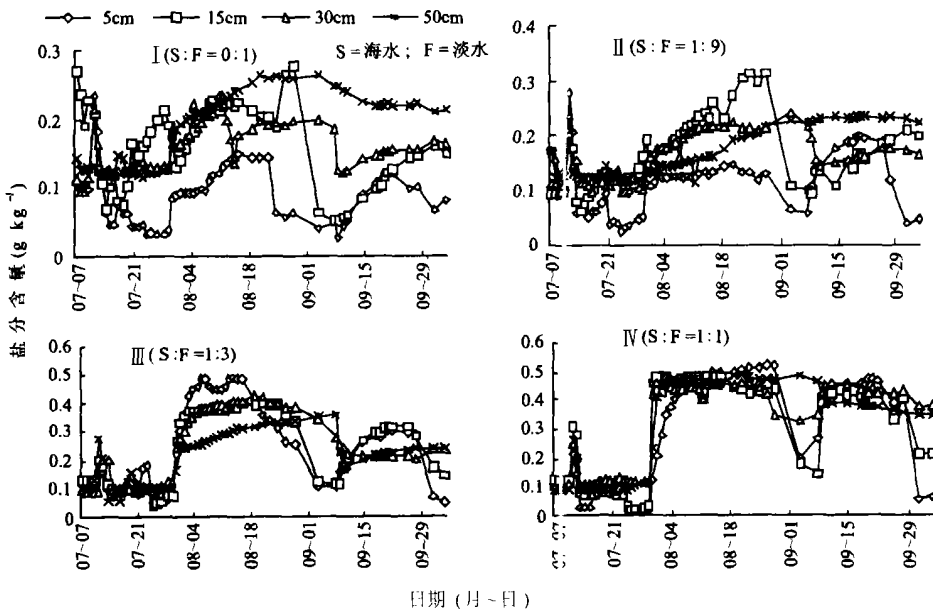


图4 不同处理土壤溶液盐分浓度变化

量为 45.2 mm, 这两次降雨中处理 III、IV 均形成明显的盐分浓度低谷, 表明随着灌溉携入盐量的增加, 降雨脱盐的强度也在增加, 证实在特定的环境中, 采取合理的海水灌溉定额及方法, 不会导致土壤盐分无限量增加, 即使 1:1 海淡水年灌溉定额 $1\ 500\ \text{m}^3\ \text{hm}^{-2}$, 根层土壤溶液最高浓度仍在 0.05% 之内, 不至于对耐盐经济作物产生明显的盐害。

海水灌溉是一种新的尝试。从本研究的初步结果来看, 只要灌溉定额合理, 灌溉方法适当, 不会产生明显的土壤退化, 土壤含盐量在特定的环境下将控制在一定的范围内, 不会对耐盐植物生长发育产生明显的影响。

参 考 文 献

[1] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出

版社, 1999. 322~ 323

- [2] 李加宏, 俞仁培. 矿化灌溉水-土壤-作物系统中盐分迁移和循环的分室模型. 土壤通报, 1997, 28(5): 197~ 201
- [3] Wand X F, You W R, Wang Z Q. Salt water dynamics in highly salinized topsoil of salt-affected soil during water infiltration. Pedosphere, 1991, 1: 315~ 323
- [4] 王遵亲等著. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993. 322~ 323
- [5] 刘兆普, 沈其荣, 茆泽圣等. 蓄淡养鱼改良江苏滨海强度盐渍化土壤的探讨. 南京农业大学学报, 1992, 15(3): 57~ 62
- [6] 刘兆普, 沈其荣, 尹金来等著. 滨海盐土农业. 北京: 中国农业科技出版社, 1998. 4~ 5
- [7] 刘兆普, 沈其荣, 邓力群等. 滨海盐土水、旱生境下田菁生长及其对盐土肥力的影响. 土壤学报, 1999, 36(2): 267~ 275
- [8] 李韵珠, 李保国编著. 土壤溶质运移. 北京: 科学出版社, 1998. 50~ 98
- [9] 谢承陶主编. 盐渍土改良原理与作物抗性. 北京: 中国农业科技出版社, 1992. 61~ 65