

玛纳斯河流域微咸水滴灌对土壤盐碱性的影响

邵建荣, 张凤华

(石河子大学 农学院, 新疆 石河子 832003)

摘要: [目的] 探究玛纳斯河流域微咸水滴灌对土壤盐碱性的影响, 为新疆干旱区科学利用微咸水以及盐碱地治理提供理论依据。[方法] 在新疆玛纳斯河流域进行定点试验, 分析强蒸散条件下微咸水灌溉后土壤盐分的迁移规律及对土壤碱性环境的影响。[结果] 滴灌降低了上层(0—30 cm)土壤盐分, 导致土壤盐分的底聚分布; 土壤盐分的周期性变化显著(盐分变异系数在 48.2%~82.7%之间), 上层(0—30 cm)土壤存在返盐风险; 土壤 pH 值变化与盐分运移呈负相关, 滴灌后土壤 pH 值呈波动上升趋势。[结论] 耕层土壤盐分降低的同时存在碱度(pH 值)升高的风险。

关键词: 干旱区; 玛河流域; 盐分变化; 碱化现象

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)04-0163-05

中图分类号: S156.4⁺1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.032

Influence of Brackish Water Drip Irrigation on Soil Salt and Alkali in Manasi River Basin

SHAO Jianrong, ZHANG Fenghua

(College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: [Objective] The influence of brackish water drip irrigation on soil salt and alkali in Manasi River Basin was investigated in order to provide theoretical basis for the scientific utilization of brackish water and saline-alkali land management in arid areas of Xinjiang area. [Methods] The experiment was conducted in Manasi River Basin in Xinjiang area, and the influence of brackish water irrigation on soil salt movement regularity and soil pH value were analyzed under the condition of strong evapotranspiration. [Results] Drip irrigation reduced the salt in top layer(0—30 cm) soil, leading to soil salt cluster distribution at the bottom; periodical change of soil salt was significant with the variation coefficient ranging from 48.2% to 48.2%, therefore, the top layer soil(0—30 cm) have the risk of salt accumulation on the surface soil; pH value was negatively correlated with salt movement, soil pH value showed the trend of fluctuation rise after irrigation. [Conclusion] Plough layer soil salt reduced, while the risk of basicity(pH value) rise occurred at the same time.

Keywords: arid area; Manasi River Basin; salinity variation; alkalization phenomenon

水资源的短缺已成为干旱半干旱区可持续发展的一个重要限制因素^[1]。随着经济、社会的发展以及全球气候的变化, 淡水资源的日益短缺使高矿化度的微咸水灌溉成为解决我国西北地区水危机的重要措施之一^[2]。新疆自治区地处欧亚大陆腹地干旱中心, 属典型的沙漠绿洲灌溉农业区, 农业用水量占总水量的 94%, 水资源匮乏, 生态环境脆弱, 已严重制约区域农林业的可持续发展^[3]。为缓解日益加剧的供水矛盾, 新疆地区不少农业用水部门已将目光转向了微

咸水—咸水资源的开发利用上^[4]。微咸水灌溉一方面提供了作物生长所需要的水分, 另一方面增加了土壤中的盐分, 造成土壤潜在盐化与碱化的危险^[5], 这种两重性, 决定了微咸水灌溉的特殊性与复杂性。微咸水灌溉造成土壤盐化的研究较多^[6-9], 但是碱化的定量化研究方面显得较为薄弱。土壤盐和碱的变化过程相互联系^[10], 在土壤盐渍化的成土因素中, 气候因素, 特别是降水、蒸发和温度是主要的动力因素, 影响着土壤盐渍化过程中水盐运动和易溶盐类的淋溶

收稿日期: 2014-05-15

修回日期: 2014-05-29

资助项目: 国家自然科学基金项目“干旱区大面积农田膜下滴灌条件下灌区尺度水盐平衡分析”(31160115); 教育部科学技术研究项目(213039A); 国家国际科技合作项目(2011DFA93140)

第一作者: 邵建荣(1989—), 男(汉族), 甘肃省天水市人, 硕士研究生, 研究方向为农业生态与环境。E-mail: sjr2013@126.com。

通信作者: 张凤华(1970—), 女(汉族), 山东省邹县人, 博士, 教授, 主要从事干旱区绿洲农业生态方面研究。E-mail: zfh2000@126.com。

积聚过程^[11]。土壤以脱盐过程为主时,土壤中可溶性盐不断被淋洗,土壤溶液浓度逐渐下降,代换性钠随之解离。造成土壤胶体表面吸附的离子与土壤溶液中的离子互相交换,土壤胶体从土壤溶液中吸附一定数量的钠离子,造成土壤溶液碱度增加^[12]。土壤碱化问题在任何气候区都可能发生,尤其在干旱和半干旱地区^[13]。碱化可能会引起含有多种矿物的壤土和黏土结构的严重退化^[14],如果灌溉水中的钠离子含量过高,会对土壤物理性质及灌溉系统产生影响,土壤的吸附能力也会随时间变化,最终导致土壤碱化度升高,迫使放弃盐水灌溉或者改变土地利用方式^[15]。探讨微咸水灌溉对土壤盐化与碱化过程的影响,对科学、合理、安全地开发利用微咸水以及盐碱地治理具有重要的指导意义。本研究以玛纳斯河流域石河子绿洲西古镇为例,通过定点定位连续监测,将棉田土壤盐分运移过程及土壤碱性环境的变化结合起来,探讨灌水前后不同土层土壤盐分变化、土壤 pH 值的变化以及二者的相互联系,以期为干旱区微咸水灌溉对土壤盐和碱的影响提供理论参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

玛纳斯河流域干三角洲绿洲西古镇是典型的棉花高产区,位于天山北麓,准噶尔盆地南缘,属温带大陆性气候,年平均气温约 6.1℃,极端最高气温 43.1℃,极端最低气温 -42.8℃,≥10℃有效积温 2 400~3 900℃。昼夜温差悬殊,光热资源充足。年平均降水量 117 mm,年平均蒸发量 1 945 mm,蒸发量为降水量的 16 倍^[16]。土壤类型为灌溉灰漠土,质地以沙壤或夹砂土为主。地下水埋深为 1.95~4.20 m^[17]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地处理以及样品采集 试验点选择膜下滴灌棉田为样地,采用一膜两管 4 行种植模式,膜宽 140 cm,膜间距 60 cm,面积 1.5 hm²。灌溉水矿化度 3.1 g/L,全生育期灌水 8 次,灌溉总量 4500 m³/hm²。2013 年 7 月进行采样,灌溉前采样时间为 17:00,灌溉于次日 22:00 结束,分别在灌水前及灌水结束后 4,8,12,16,20,24,48,72,96 及 120 h 进行取样。为避免破坏覆膜、滴灌带及棉花根系,保证棉花正常生长,采样范围选择在膜间。在膜间划定半径为 20 cm 的 3 个圆形区域,每次采样在 3 个圆内随机各布置一个采样点(要避开之前采样点),即 3 个重复,取样深度为 100 cm,每隔 10 cm 土层取一个土样,各层的重复土样充分混匀后采用四分法取 1 kg 左右。共计 33 个采样点,110 个分层土样。土壤样品含水率当天测

定,其他样品用密封袋保存,带回实验室处理。土样经自然风干,磨碎、过 1 mm 筛备用。

1.2.2 指标测定与数据分析 按土水比 1:5 制备土壤浸提液测定电导率及盐离子,采用 DDSJ-308 A 型电导率仪测定电导率,BPH252 pH 计测定 pH 值,AgNO₃ 滴定法测定 Cl⁻,EDTA 间接滴定法测定 SO₄²⁻。室内烘干法测定土壤含水率。灌溉水直接测定电导率和 pH 值,方法同上^[18]。分析数据为 3 次平行试验的平均值。采用 SPSS 10.0 及 Excel 进行数据分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 灌水前土壤盐分的垂直分布

研究区土壤平均含盐量为 2.48 g/kg,为中重度盐渍化土壤(表 1)。pH 值在 8.86~8.95 之间,碱化现象明显。土壤盐渍化类型以氯化物—硫酸盐型盐渍土为主。从土壤盐分的垂直分布来看,研究区表层土壤盐分较低,中下层尤其是 40—70 cm 土层盐分含量较高,最大值达 3.28 g/kg;70—100 cm 土层土壤盐分稍有下降,总体上土壤盐分呈底聚型分布。长期滴灌使得盐分向深层迁移^[19],滴灌湿润深度达 60—80 cm 左右,按照“盐随水走”的规律,60—80 cm 土层也更易积盐。但是盐分并没有排除 0—100 cm 土体,盐分较重的土层紧邻耕层土壤,表层土壤返盐的风险依然存在。另外,盐分的底聚特征也表现为棉田经过一系列田间管理措施,如深耕、施肥、秸秆还田等,改善了土壤质量,切断了盐分随毛管水向耕层土壤迁移的路径,抑制了盐分向表层迁移^[20-21]。

2.2 微咸水灌溉后土壤盐分的动态变化

从图 1 可以看出,灌水后 0~120 h 内,土壤盐分经历了两次上下运移,其中,4,8 h(图 1a)与 24,48,72 h(图 1c)为盐分下移阶段,12,16,20(图 1b)与 96,120 h(图 1d)为盐分上升阶段。表明 1 个灌水周期内土壤盐分呈现典型波动性变化过程。灌水后不同时间内,盐分的迁移速度不同,灌水后初始 4 h 内中下层(30—90 cm)土壤盐分迅速随水下移,随后下移速度变慢,而中下层土壤尤其是中层(20—60 cm)土壤的降盐、返盐速度都更快,40—60 cm 和 90—100 cm 土层盐分平均值最高。

从时间尺度看,灌水后 4~8 h,土壤盐分迅速下降,高浓度盐分得到有效淋洗,0—100 cm 土壤盐分从灌水前的 20.73 mS/cm 下降到 10.74 mS/cm,进而下降到 5.50 mS/cm,淋洗率分别为 48.2%和 73.5%。灌水后 8~12 h,12~16 h,16~20 h 土壤开始返盐,返盐率分别为 48%,110.3%,170.4%,土壤盐分在前

20 h 内经过了一个周期的上下运移,返盐现象明显,0—100 cm 土体总盐没有明显降低,在迁移过程中盐分依然具有分层现象。灌水后 24 h,土壤盐分经历第二次下移,到灌水后 72 h,0—100 cm 土体总盐降到最小值,约为灌水前的 1/10。随着灌水后 96 h 盐

分的第 2 次上移,0—100 cm 土体开始转向快速返盐阶段,灌水后 96 h 土体的盐分含量达到 17.92 mS/cm,接近灌水前土壤盐分水平,说明灌溉后土壤盐分虽然发生剧烈迁移,但最终降盐效果并不明显,直至下一个灌水周期,这种盐分的动态变化将持续发生。

表 1 灌水前土壤剖面水盐分布

土深/cm	水分含量/%	总盐含量/ (g · kg ⁻¹)	pH 值	Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻	盐碱土类型
0—10	9.10	0.61	8.89	0.26	氯化物—硫酸盐型
10—20	15.22	1.26	8.95	0.36	氯化物—硫酸盐型
20—30	12.59	2.42	8.90	0.30	氯化物—硫酸盐型
30—40	13.08	3.04	8.91	0.51	氯化物—硫酸盐型
40—50	14.47	3.20	8.86	0.46	氯化物—硫酸盐型
50—60	14.52	3.28	8.94	0.44	氯化物—硫酸盐型
60—70	15.24	3.18	8.96	0.42	氯化物—硫酸盐型
70—80	15.98	2.56	8.99	0.33	氯化物—硫酸盐型
80—90	16.70	2.89	9.02	0.22	氯化物—硫酸盐型
90—100	16.96	2.44	9.00	0.27	氯化物—硫酸盐型

注: (1) 参照新疆土壤盐渍化分类标准进行盐碱土类型划分: Cl⁻/SO₄²⁻ > 2 为氯化物型, 1~2 为硫酸盐—氯化物型, 0.2~1 为氯化物—硫酸盐型, < 0.2 为硫酸盐型。(2) 表中 Cl⁻/SO₄²⁻ 为毫克当量比。

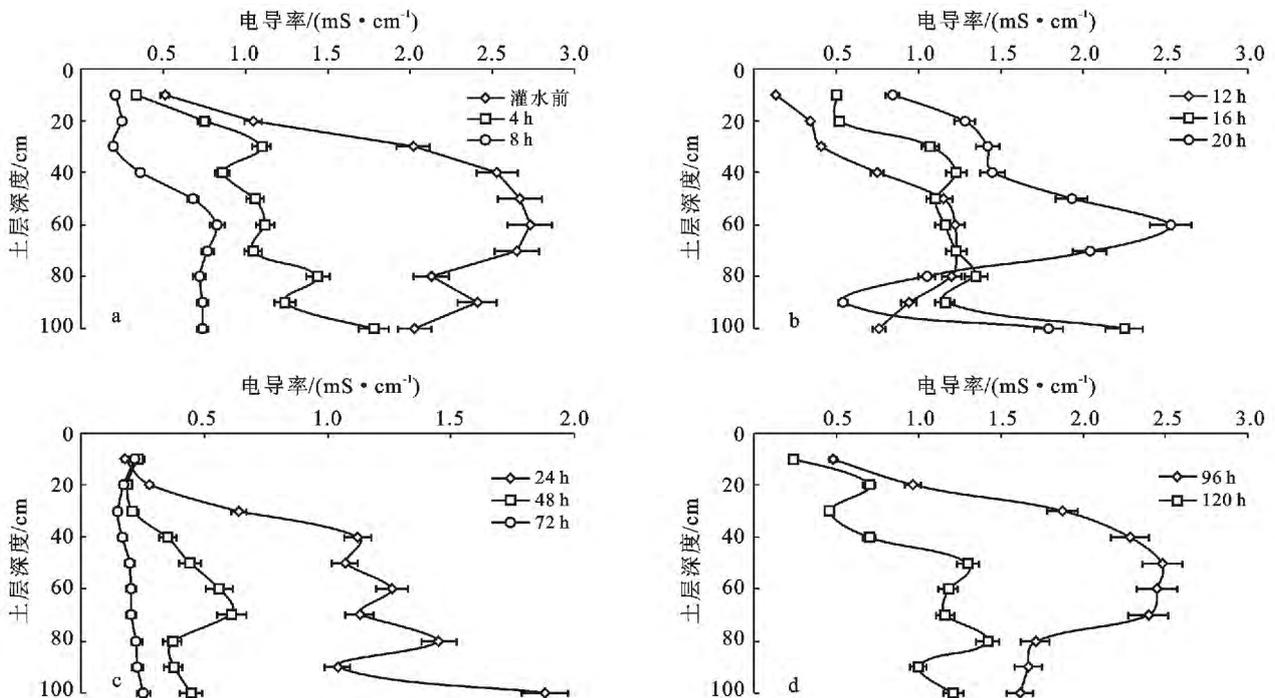


图 1 研究区土壤盐分随滴灌时间的垂直变化

2.3 微咸水灌溉后土壤 pH 值变化

从图 2 可以看出,下层土壤 pH 值高于中上层土壤,在经历灌水后连续的水盐运移过程后,土壤 pH 值呈现上升趋势,部分土层土壤 pH 值超过 9.0,演变成碱化土壤。灌水 120 h 后土壤 pH 值均不同程度升高,上层和下层土壤平均变化幅度更大。土壤处于地

球各圈层的交界面,是各种物理、化学、生物过程的反应界面,物质与能量交换、迁移过程复杂而频繁,因此赋予土壤抵抗外界温度、湿度、酸碱性、氧化还原性变化的缓冲能力。土壤 pH 值受到这种缓冲能力的影响,相对来说处于比较稳定的范围内。因此,土壤 pH 值变化幅度小,而微小的变化更能够说明土壤碱性环

境发生了改变。

随着盐分的波动性变化,土壤碱化发展较快,土壤 pH 值变化明显的土层有 0—30 cm, 60—80 cm,

pH 值变化范围基本都在 0.14 以上。研究区棉田土壤在各种因素的综合影响下,0—100 cm 土壤 pH 值总体呈现升高的趋势,下层碱化现象更明显。

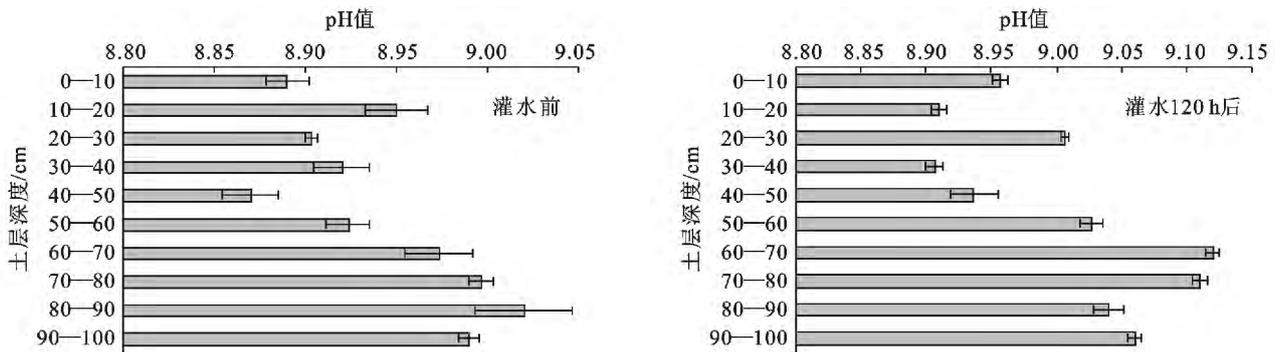


图 2 研究区灌水前后土壤 pH 值变化

2.4 微咸水灌溉后不同土层盐碱性变化及相互关系

2.4.1 土壤 pH 值与碱化度 ESP 相关性分析

土壤 pH 环境具有一定的缓冲性能,受到诸多因素的影响,以 pH 值作为土壤碱度的衡量指标具有一定的局限性。

本研究在进行大量测定前随机抽取 30 个土壤样品测定 pH 值和碱化度 ESP,结果表明,该地区土壤 pH 与碱化度 ESP 呈极显著相关(相关系数为 0.553,样本数 $N=30$)。因此,不考虑定量表达时,土壤 pH 值能够定性说明土壤碱化趋势。

2.4.2 不同土层土壤盐碱性变化

按照 0—30 cm, 30—60 cm, 60—100 cm 将土壤剖面划分成上、中、下

三层,分析各层土壤盐分与 pH 值的变化关系(图 3)。由图 3 可知,土壤盐分与 pH 值变化呈负相关,脱盐过程中 pH 值升高,返盐过程中 pH 值下降,上层土壤盐分与 pH 值的负相关关系更加显著(相关系数为 $-0.73, N=10$)。

综上,微咸水滴灌容易导致盐分在中下层聚集而上层脱盐,土壤盐分变化与碱度变化表现为“盐降碱升,盐升碱降”的趋势,这种趋势在上层土壤中表现的更加明显。上层土壤 pH 值变化与盐分运移呈显著负相关,各土层 pH 值在变化过程中均呈波动升高的趋势,最终结果表现为 pH 值增加,说明耕层盐分降低的同时存在碱化的风险。

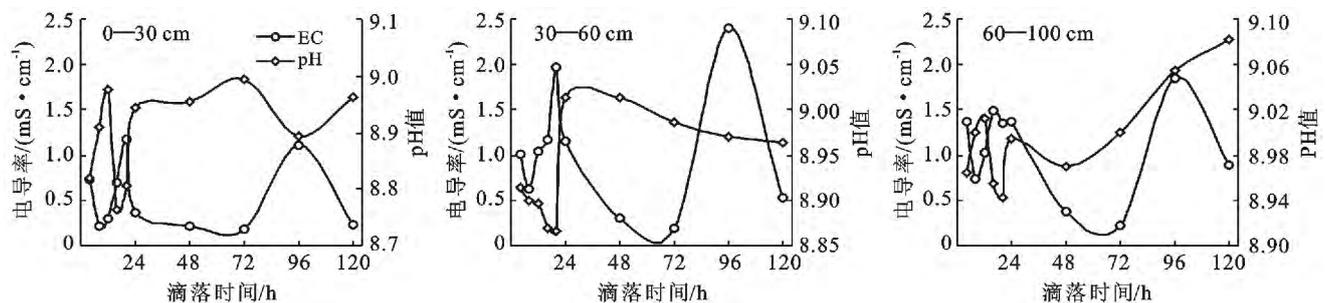


图 3 研究区不同土层土壤盐碱性变化

3 讨论与结论

(1) 玛纳斯河流域干三角洲地区 0—100 cm 土层盐渍化现象比较严重,以氯化物—硫酸盐型盐渍土为主,土壤盐分总体呈底聚型分布,表层 0—30 cm 土壤有返盐风险。盐分的周期性变化显著,盐分变异系数在 48.2%~82.7%之间。灌溉后每隔 4 h 的观测发现,土壤盐分运移(包括降盐和返盐)速度快,在盐分的重新分配中,中下层土壤依然表现出强的盐分截

留能力。盐分波动变化周期与光照强度、采样时间间隔等有关,不考虑起始采样时间点及采样周期带来的差异,每 24 h 盐分经历 3 次上下运移,直至下一个灌水周期,这种盐分的动态变化将持续发生。

(2) 土壤盐分与 pH 值变化呈负相关,脱盐过程中 pH 值升高,返盐过程中 pH 值下降,上层土壤盐分与 pH 值的负相关关系更加显著。各层 pH 值在盐分的波动过程中均呈波动升高趋势,一方面上层土壤受到人为因素及自然因素的影响更大,另一方面滴

灌导致上层盐分有效淋溶,陈巍等^[22]研究了滨海盐土脱盐过程中 pH 值变化问题,肯定了盐分大于 1 g/kg 时盐分淋溶导致 pH 值升高,但忽略了盐分多次上下运移对 pH 值变化的影响。因此,干旱区强蒸散滴灌条件下盐分变化影响着 pH 值变化,耕层盐分降低的同时存在碱度升高的风险。

(3) 土壤碱化的发展是一个长期的过程,并且土壤 pH 环境具有一定的缓冲性能,受到诸多因素的影响,以 pH 值作为土壤碱度的衡量指标在定量表达时具有一定的局限性。本研究通过前期试验,肯定了土壤 pH 值与碱化度 ESP 之间具有极显著相关性,因此选取电导率 EC 和 pH 值作为盐分和碱度指标,旨在目前盐碱化研究的基础上初步探讨土壤盐分变化和碱化的相互关系,得到了一些结论,但还需补充更多指标,进行周期更长的试验以探讨其机理,这也是今后需进一步开展的研究工作。

[参 考 文 献]

- [1] 王艳娜,侯振安,龚江,等. 咸水资源农业灌溉应用研究进展与展望[J]. 中国农学通报,2007,23(2):393-397.
- [2] 刘友兆,付光辉. 中国微咸水资源化若干问题研究[J]. 地理与地理信息科学,2004,20(2):57-60.
- [3] 罗岩,王新辉,沈永平,等. 新疆内陆干旱区水资源的可持续利用[J]. 冰川冻土,2006,28(2):283-287.
- [4] 王振华,何新林,杨广. 玛纳斯河流域非常规水资源开发利用现状及可持续对策[J]. 中国农村水利水电,2010(8):99-101.
- [5] 逢焕成,杨劲松,严惠峻. 微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量影响研究[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(6):599-603.
- [6] 刘胜尧,范凤翠,李志宏,等. 咸水负压渗灌对番茄生长和土壤盐分的影响[J]. 农业工程学报,2013,29(22):108-117.
- [7] 马文军,宇振荣. 农户管理水平下微咸水灌溉对土壤水盐动态及作物产量的影响[J]. 资源科学,2013,35(3):585-593.
- [8] 杨军,邵玉翠,高伟,等. 微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量的影响研究[J]. 水土保持通报,2013,33(2):17-25.
- [9] 孙林,罗毅. 长期滴灌棉田土壤盐分演变趋势预测研究[J]. 水土保持研究,2013,20(1):186-192.
- [10] 李彬,王志春,武恒. 苏打碱化土壤碱化参数的干湿季节动态变化[J]. 土壤,2010,42(4):639-643.
- [11] 中国科学院新疆生态与地理研究所. 新疆灌区土壤盐渍化及改良治理模式[M]. 新疆 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2008:71-80.
- [12] 谢承陶. 盐渍土改良原理与作物抗性[M]. 北京:中国农业科技出版社,1993:108-110.
- [13] Armstrong A S B, Rycroft D W, Tanton T W. Seasonal movement of salts in naturally structured saline-sodic clay soils[J]. Agricultural Water Management, 1996,32(5):15-27.
- [14] Bresler E, Macneal B L, Carter D L. Saline and Sodic Soils: Principles-Dynamics-Modeling[M]. New York: Springer-Verlag, 1982.
- [15] Halliwell D J, Barlow K M, Nash D M. A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems[J]. Australian Journal Soil Research, 2001, 39(7):1259-1267.
- [16] 朱玉伟,王永红,陈启民,等. 新疆 150 团农田防护林林地效应研究[J]. 防护林科技,2010,97(4):9-11.
- [17] 张凤华,赵强,潘旭东,等. 新疆玛河流域绿洲土壤特性空间分异与合理开发模式[J]. 水土保持学报,2005,19(6):53-56.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000:14-200.
- [19] 中国科学院南京土壤研究所. 盐渍土改良论文选[M]. 山东 济南:山东科学技术出版社,1979:17-23.
- [20] 李慧琴,王胜利,郭美霞,等. 不同秸秆隔层材料对河套灌区土壤水盐运移及玉米产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2012,31(4):91-94.
- [21] 侯振安,王艳娜,龚江,等. 干旱区咸水滴灌土壤盐分的分布与积累特征[J]. 土壤通报,2008,39(1):16-24.
- [22] 陈巍,陈邦本,沈其荣. 滨海盐土脱盐过程中 pH 变化及碱化问题研究[J]. 土壤学报,2000,37(4):521-528.