

河西走廊内陆盐渍土生物修复与调控研究

吕彪^{1,2}, 许耀照^{1,2}, 赵芸晨¹

(1. 河西学院 农学系, 甘肃 张掖 734000; 2. 河西绿洲农业研究所, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 分析了河西走廊内陆盐渍土的分布、类型和含盐特征。生物修复与调控试验研究表明, 草甸盐土经种植碱茅草 3 a, 耕层土壤与对照相比脱盐率达 77.00%, pH 值下降了 0.25 个单位, 容重降低 0.14 g/m³, 总孔隙度增加 5.29%, 团粒结构增加了 23.14%, 自然含水量增加 70.30 g/kg。3 年生碱茅草平均产草量 36 000 kg/hm² (鲜重); 盐化耕地采用以种植牧草为中介, 将种植业与农区林业、畜牧业有机结合成互相依存, 互相促进的农林牧复合生物系统治理后, 土地利用率达 184.00% 以上, 可获得 16 300~35 500 元/hm² 的经济收入, 治理区农户人均纯收入由 1 300.80 元增加到 2 160.70 元, 增加了 66.00%。

关键词: 河西走廊; 盐渍土; 生物修复; 调控; 复合生物系统

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)03-0198-03

中图分类号: S156.4⁺ 4

A Study of Bioremediation and Control on Inland Saline Soil in Hexi Corridor

LÜ Biao^{1,2}, XU Yaoshao^{1,2}, ZHAO Yunchen¹

(1. Department of Agriculture, Hexi College, Zhangye, Gansu 734000, China;

2. Institute of Hexi Oasis Agriculture, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: The distribution, type, and salt characteristics of inland saline soil in the Hexi corridor were analyzed. Experiments of bioremediation and control were conducted with the alkali meadow grass planted in saline soil for 3 years. Contrasted with control group, topsoil desalination rate was up to 77.00%; pH value decreased 0.25 pH unit; soil bulk density decreased 0.14 g/m³; total porosity increased by 5.29%; soil aggregate structure increased by 23.14%; soil water content increased 70.30 g/kg; average triennial alkali grass yield was 36 000 kg/hm² (fresh weight). In addition, planting forage in saline soil as a medium and establishing a compound agro-forestry-animal system promoted the sound combination of planting industry, forestry, and livestock husbandry. Because of the reasons, utilization ratio of land reached more than 184.00%; the income of land increased from 16 300 to 35 500 yuan/hm²; average income per farmer in the controlling region increased by 66.00%, from 2 160.70 to 1300.80 yuan.

Keywords: Hexi corridor; saline soil; bioremediation; control; compound ecological system

河西走廊东西长约 1 200 km, 地处东经 92°12′—104°43′, 北纬 36°29′—42°47′, 南北宽数十公里至百余公里, 地势由东南向西北倾斜, 海拔由 1 200 m 抬高到 1 750 m, 是一封闭的内陆盆地。年降水量 36.8~150 mm, 年蒸发量 1 900~2 500 mm, 空气相对湿度 35%~50%, 全年 5 m/s 以上的风有 34~120 d, 属典型干旱荒漠大陆性气候。由于地形、气候、植被、母质、水质等因素综合作用的结果, 使区域内分布着 1.798×10⁶ hm² 的盐渍土, 占河西地区土地总面

积的 6.4%, 是农牧业发展的潜在土地资源。盐渍土是一种重要的土地资源。由于盐渍化造成了土地被迫撂荒和植被的第一性生产力下降, 限制了农业生产的发展。

盐渍土的改良利用是一项复杂的工程, 关于河西走廊盐渍土改良利用的研究很多^[1-7], 多年来, 在河西走廊盐渍土的治理上采用了水利工程、农业耕作、化学改良、生物改良等措施, 并取得了一定的效果, 但每一单项措施都有一定的局限性。河西走廊是无灌

收稿日期: 2007-08-29 修回日期: 2007-11-19

资助项目: 国家自然科学基金(40471083)

作者简介: 吕彪(1964—), 男(汉族), 甘肃省张掖市人, 副教授, 主要从事土地生态、土壤改良与植物营养方面的教学、研究工作。E-mail: lvbiao@hxu.edu.cn.

溉就无农业的区域。当前,在淡水资源日趋缺乏,内陆河流域综合治理和建立节水型社会的形势下,传统的以水改良盐渍土措施的运用将受到限制。而将植被恢复重建和种植业养殖业有机结合、配套,形成林草牧或农林草复合生物系统,辅之合理灌溉等其它措施,不仅可以治理盐渍土,充分发挥盐渍土的资源优势,而且还是防治土地荒漠化,改善生态环境的有效措施之一^[8]。

1 河西走廊内陆盐渍土特征

河西走廊盐渍土面积 $1.798 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 主要分布在民勤、武威、张掖、临泽、高台、酒泉、玉门、安西、敦煌等 19 个县(市),具有从东至西,从南至北盐渍土面积增多,盐分含量增高的规律性。而不同地形地貌区,盐渍土的含盐量及类型呈明显的微域分布规律:以石洋河、黑河、疏勒河 3 大内陆河两岸低平洼地、沿河湖滩、冲洪积扇缘和平原水库、湖泊、泉群为中心,多呈环形或弧形分布,盐分含量由轻至重。土壤类型以盐化沼泽土、盐化草甸土、盐化林灌草甸土、草甸盐土、典型盐土、干旱盐土和农耕区盐化灌漠土、盐化潮土等为主。

盐渍土的盐分含量,从河西走廊 3 大流域看,规律性很明显:东部石羊河流域 < 中部黑河流域 < 西部疏勒河流域。在土体中盐分含量呈一漏斗状垂直分布,盐分大多聚积在 0—30 cm 的土层中,随剖面深度的增加,盐分含量急剧减少。由于受季节和气候的影响,春秋季节返盐强烈。盐渍土盐分组成以硫酸盐为主,其次是氯化物—硫酸盐,碳酸盐较少,各种盐分对作物的毒害效应是: $\text{MgCO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{MgCl}_2 > \text{NaCl} > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ 。盐分表聚强烈,表土层含盐量高,积盐形态多样,厚度大,盐分组成类型多变是区域盐渍土的显著特征。

2 生物修复与调控

2.1 盐土的植物修复技术

植物修复成本低,对环境扰动小。植被可减少土壤蒸发,而植物根系活动可激活土壤中 CaCO_3 并加速其溶解,提供充分的 Ca^{2+} 以替代可交换 Na^+ ,改善土壤理化性质,促进盐分下移,使其结构向良性发展。同时根系向土壤中释放的柠檬酸、苹果酸等有机酸和酶及脱落的根冠细胞和残留根系既有利于土壤微生物的活动,又可促进 P, K, Fe, Mn, Cu 和 Zn 等营养物质的溶解,提高土壤肥力。在灌水缺乏,降雨量少的内陆干旱地区,建立地表植被对盐渍化的恢复尤为重要。

试验设在河西走廊临泽县小屯乡,土壤类型为草甸盐土,地表植被覆盖度 15%, 0—20 cm 土层含盐量为 10.87 g/kg, 电导率 13.58 mS/cm, 地下水矿化度 3.0 g/L, pH 为 8.50。参试植物是禾本科多年生耐盐植物碱茅草 [*Puccinellia distans* (L.) Parl], 其耐盐极限达 52.40 g/kg。试验设 5 个处理: (1) 盐土荒滩为对照; (2) 种碱茅草 1 a; (3) 种碱茅草 2 a; (4) 种碱茅草 3 a; (5) 种碱茅草 4 a。小区面积 67 m², 随机排列, 重复 3 次, 分别于 1995, 1996, 1997 和 1998 年 4 月中旬播种。在碱茅草抽穗期取深度 0—20 cm 土样测定土壤容重、孔隙度、团粒结构、自然含水量、全盐、电导率、pH, 测定方法为常规分析方法^[8]。试验结果表明, 种植碱茅草 2~4 a 后, 地表覆盖度达到 90%~100%, 使地下水位降低 0.4~0.9 m。在碱茅草抽穗期采取 0—20 cm 土样分析, 种植碱茅草 3 a 耕层土壤与对照(盐土荒滩)相比, 含盐量由 10.87 g/kg 降低到 2.50 g/kg, 脱盐率达 77%, pH 值下降了 0.25 个单位, 容重降低 0.14 g/m³, 总孔隙度增加 5.29%, 团粒结构增加了 23.14%, 自然含水量增加 70.3 g/kg, 3 年生碱茅草平均产草量 36 000 kg/hm² (鲜重)。此时将草地耕翻后种植小麦平均产量达 5 461.5 kg/hm², 种植玉米平均产量达 10 236.5 kg/hm²^[1]。草甸盐土经治理后, 不仅可种植农作物, 而且可变为中高产田。

2.2 盐化耕地治理的农林牧复合生物系统

河西走廊冲积洪积平原下部古老灌区, 广泛分布着 $9.26 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的盐化耕地, 占现有耕地面积的 14.7%。土壤类型有盐化灌漠土、盐化潮土、盐化耕灌草甸土和盐化耕灌灰漠土、盐化耕灌灰棕漠土、盐化耕灌棕漠土等盐化耕地, 属底产土壤。临泽县小屯乡进行调查研究表明, 在次生盐化耕灌草甸土分布区支、斗、农渠和道路两旁各植 2~4 行杨树, 毛渠和田间地埂上可栽植 1~2 行果树组成网格面积为 4~10 hm² 农田防护林。测量距林带 50~100 m 内土壤地下水位, 较小麦田下降 0.5~0.9 m, 具有明显的生物排水作用, 使盐分的表积能力减弱。

在成林网格内设置如下 5 个处理进行试验。(1) 盐化耕灌草甸土(CK); (2) 种植紫花苜蓿 1 a; (3) 种植紫花苜蓿 2 a; (4) 种植紫花苜蓿 3 a; (5) 种植紫花苜蓿 4 a。小区面积 72 m², 随机排列, 3 次重复, 播种时间为 1998 年 4 月 20 日。在紫花苜蓿盛花期取土(0—20 cm)分析土壤容重、土壤总孔隙度、团粒结构、全盐量、pH、土壤有机质、土壤碱解 N、土壤速效 P、土壤速效 K。结果表明, 单种紫花苜蓿 3 a, 可使 0—20 cm 土层容重减低 0.18 g/m³, 总孔隙度增加

8.0%, > 0.25 mm 水稳性团粒增加 21.76%, 含盐量由原来的 10.8 g/kg 下降到 2.1 g/kg, pH 值由 8.50 降到 8.15; 0—20 cm 土层中有机质增加 4.90 g/kg, 碱解 N 增加 18.01 mg/kg, 速效 P 增加 3.00 mg/kg, 速效 K 增加 41.90 mg/kg。由于豆科牧草的种植, 增加了土壤有机质, 提高了土壤肥力, 同时, 使土壤入渗率和含水量提高, 淡化了土壤溶液浓度, 使土壤有机胶体数量的增加。增强了对盐分离子的吸附能力, 降低了土壤盐分的活性, 有效抑制了盐分的表积。3~5 a 后再种植其它粮食作物和经济作物, 并与豆科牧草混、间、套、复、轮作, 同时, 选择优良畜种(小尾寒羊、澳细毛羊、西蒙达尔肉牛、黑白花奶牛等) 进行繁育, 大力发展家庭养殖业, 延伸食物链, 在能量获得和物质循环过程中, 植物、动物和土壤以其特有的作用而相互影响, 紧密结合成良性循环的有机统一整体。这样, 以种植牧草为中介, 将种植业与农区林业、畜牧业有机结合成互相依存, 互相促进的农林牧复合生物系统。

经改良后的盐化耕灌草甸土后续效应明显, 可种植多种作物, 并进行果粮、果菜间作或果树与豆科牧草的间作套种, 形成林网—果树—作物(饲草、粮食、蔬菜等) 模式, 土地利用率可达 184% 以上, 可获得 16 300~35 500 元/hm² 的经济收入。经治理后, 盐化耕地可变为高产稳产田。治理区农户人均纯收入由 1 300.8 元增加到 2 160.7 元, 增加了 66%, 这样使得盐渍土的治理和利用达到了持续的目的, 经济效益和社会效益显著^[9]。

3 讨论

种植耐盐牧草生物修复技术和农林牧复合生物系统调控技术, 在改良利用盐渍土上效果明显, 是合理利用自然资源, 节约用水, 改良盐化低产田, 防治土地荒漠化, 保护和改善生态环境, 促进农村经济循环发展的有效措施之一。为内陆盐渍化土地的改良和可持续利用展示了广阔的前景。

在促进盐渍化土地的植物修复过程之中, 应该根据当地的实际情况辅以相应的配套措施。在耕作区

要加强耕地周围防护林的建设。正确的排灌方式, 秸秆覆盖, 根茬培肥, 增施有机肥等等都是可采用的辅助措施。

植物修复是盐渍化土地恢复的最经济有效的措施, 而且盐渍土修复最终目标也是实现植被的恢复与重建。但耐盐性植物的选择是生物改良盐渍土的首要前提。据调查, 我国现有盐生维管植物 425 种, 分属 66 科, 200 属, 占世界盐生植物总数的 27% 左右^[10], 有关抗盐碱植物耐盐碱基因的分离、提取、克隆已有所研究, 以后还需要不断深入转基因技术和其它技术手段的结合, 选择适宜的耐盐植物体系运用到实际当中。

在盐渍化土壤的治理和恢复中, 要坚持因地制宜和可持续的原则。应根据盐碱化的程度、特征, 及当地的经济和社会状况, 选择切实可行的措施。

[参 考 文 献]

- [1] 吕彪, 赵芸晨, 陈叶, 等. 河西走廊盐土资源及生物改土效果[J]. 土壤通报, 2001, 32(4): 149—150.
- [2] 杨自辉, 王继和, 纪永福, 等. 干旱区盐渍化土地三系统治理技术研究[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(4): 92—96.
- [3] 刘金荣, 谢晓蓉, 金自学, 等. 河西走廊干旱荒漠区盐碱化土地修复与调控研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(3): 79—81.
- [4] 许克荣, 鲍德敏. 排阴对改良盐碱地的效果研究[J]. 甘肃农业科技, 1993(4): 33—34.
- [5] 郭树林, 朱兴运, 李锋瑞. 略论河西走廊内陆盐渍区盐渍土及其改良[J]. 土壤肥料, 1990(1): 4—8.
- [6] 陈月清, 龚大祥. 甘肃河西盐化土壤的类型及利用改良[J]. 土壤肥料, 1993(1): 25—27.
- [7] 杨自辉, 纪永福, 刘虎俊. 河西走廊盐渍化沙区综合治理模式研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 171—173.
- [8] 劳家桢. 土壤农化分析手册[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [9] 吕彪, 秦嘉海. 河西走廊内陆盐渍土治理复合生物系统研究[J]. 干旱区研究, 2003, 20(1): 72—75.
- [10] 赵可夫, 李法曾. 中国盐生植物[M]. 北京: 科学出版社, 1999.