

# 黑河灌区盐碱化土地的修复与调控研究

谢晓蓉<sup>1</sup>, 刘金荣<sup>1</sup>, 金自学<sup>2,1</sup>, 秦嘉海<sup>1</sup>

(1. 河西学院 生物系 西部环境资源化学重点实验室, 甘肃 张掖 734000; 2. 绍兴文理学院 生物系, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:** 黑河流域地处干旱的甘(甘肃)蒙(内蒙古)西部, 是这一带最大、全国第二大内陆水系。黑河水源于祁连山, 山区岩石风化后, 地表径流和地下径流携带大量可溶性盐类(主要是  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 向黑河灌区汇集, 使得该片土地盐分含量不断增加, 土壤理化性质遭到破坏。人类在生产 and 生活中的不合理活动也加剧了盐碱化的发生, 这是河西走廊盐碱化面积不断扩大, 盐碱化程度逐渐加强的主要原因。盲目毁草开荒, 过度放牧、樵柴及采草, 导致草原严重退化。特别是草原开荒将地下的盐碱翻到了地表, 不利于植物生长。植被的大量减少又加剧了地表的蒸发作用, 将盐碱带到地表, 从而加剧了土地盐碱化。在自然因素和人为因素的共同作用下, 盐碱化土地和碱斑面积不断增加, 出现了连片的碱斑和不毛之地。在盐碱化土地的治理和恢复中, 要坚持因地制宜和可持续发展的原则, 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。黑河灌区修复改良盐碱土的可行性措施大致可归纳为四个方面, 即农业技术措施、水利工程措施、生物改良措施和化学改良措施。

**关键词:** 黑河灌区; 盐碱化; 修复; 调控

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)02-0107-04

中图分类号: S156.4

## Recovery and Control of Saline-alkali Lands in Irrigated Area of Black River

XIE Xiao-rong<sup>1</sup>, LIU Jin-rong<sup>1</sup>, JIN Zi-xue<sup>2,1</sup>, QIN Jia-hai<sup>1</sup>

(1. *Hexi University Biology Department, Key Laboratory of Western China's Resources and Environment Chemistry, Zhangye 734000, Gansu Province, China*; 2. *Shaoxing Arts and Sciences University, Shaoxing 312000, Zhejiang Province, China*)

**Abstract:** Heihe River is located in the dry area of western Gansu Province and Mengolia region, it is the second largest continental river in China. The water of Heihe River comes from Qilian Mountain. The rock of the area weathered, the surface river and subterranean river gathered in the Heihe River irrigated area with large amount of soluble saline (mainly  $\text{NaHCO}_3$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), making the proportion of saline of this area increasing steadily, and the soil destroyed greatly. The improper activities in human productivity and life also increasing the chances of salinization, and it is the main reason of the continual increase of salinized area and the damage of salinization. Blindly reclaiming wasteland, over pasturing, lumbering make the grassland seriously deteriorated. Over reclaiming wasteland brings the under surface saline-alkali to the surface land, and increases the salinization. Due to these natural and human factors, the salinization became more and more serious, leading to a stretch of saline-alkali spots, even barren land. In the recovery and control of the saline-alkali lands in irrigated area, we should stick to the suit measures to local conditions and sustainable development, and choose some effective measures according to the degree and character of salinized area and its local economy, society and ecological environment. From the author's point of view, there are four feasible measures to improve the situation of salinization in Heihe River irrigated area, namely agricultural techniques, water conservancy project, biogeographical improvement and chemical improvement.

**Keywords:** Heihe irrigated area; salinization; recovery; control

黑河流域位于河西走廊中部, 介于  $98^\circ-101^\circ 30' \text{E}$ ,  $38^\circ-42^\circ \text{N}$  之间, 流域面积  $1.30 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 全长约 810 km。黑河流域地处干旱的甘(甘肃)蒙(内蒙古)

西部, 是这一带最大, 全国第二大内陆水系。这里日照充足, 热量丰富, 但干燥少雨。全年日照超过 2 500 h, 降水量 120 ~ 20 mm/a, 蒸发量 1 800 ~ 3 000 mm/a

收稿日期: 2004-11-26

资助项目: 国家自然科学基金重点项目“黑河流域生态恢复问题的研究”(40235053)

作者简介: 谢晓蓉(1967—), 女(汉族), 甘肃省张掖市人, 硕士, 副教授。多年来从事河西生态环境资源等方面的教学及科研工作。电话: 13008748127, E-mail: ljx@hxy.edu.cn.

a<sup>[1]</sup>。强烈的蒸发、蒸腾作用使地下水埋深较浅地段的包气带强烈积盐,土壤含盐量较高。灌区是“黑河农业灌溉工程”的重点区,拟开发地段盐渍土面积占开垦面积之 83.2%。因此盐碱化土地的修复与调控引起了各界的关注。

## 1 盐碱化成因分析

### 1.1 自然因素

黑河流域成土的矿物主要是正长石、斜长石、白云母、角闪石、橄榄石等原生矿物。这些矿物经过生物、物理、化学风化作用形成了盐化成土母质,并释放出了钙、镁、钾、钠等盐基离子,盐基离子随水搬运到低洼带形成沼泽、盆地、湖泊,随着水分的蒸发,盐基离子浓缩形成了盐土。地下水属 NaHCO<sub>3</sub> 型,埋藏较浅,潜水位为 110~310 cm,而且地下水矿化度高,一般为 15~110 g/L,pH 值 7.15~8.11。深层承压水中含有大量苏打,有可能逐渐上升而积聚于地表。再加上 40~100 cm 土层中存在 CaCO<sub>3</sub> 不透水层,使得淋滤水不易下渗,滞留于此层之上,形成了一个潜水面。这样溶出的盐分便容易通过地表蒸发作用或植被的蒸腾作用而不断输送到土壤部分。

黑河流域深居内陆,海洋暖温气流受六盘山、乌鞘岭阻隔,成雨机会少,因而大气干燥,蒸发量 1 800~3 000 mm/a。降水量 120~20 mm/a。由于蒸发量大于降水量,水分强烈蒸发,水随气散,气散盐存,形成了大面积的盐化土、盐土。黑河流域发源于祁连山,径流量  $3.92 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ ,河水在流动过程中,一部分水分向下渗透,形成地下潜水,地下潜水沿坡向低地移动,遇到北部合黎山的阻隔时,就滞汇起来,抬高了地下水位,形成了半闭流的盆地——张掖—酒泉盆地。盆地中含各种可溶性盐分,由于气候干燥,强烈蒸发的结果,形成了各种内陆盐化土壤和盐土。

### 1.2 人为因素

自然因子的相互作用是土地盐碱化的根本原因,而人为活动是促进其发生的外因。人类在生产和生活中的不合理活动加剧了盐碱化的发生,这也是河西走廊盐碱化面积不断扩大,盐碱化程度逐渐加剧的主要原因。盲目毁草开荒,过度放牧、樵柴及采草,导致草原严重退化。特别是草原开荒将地下的盐碱翻到了地表,不利于植物生长;植被的大量减少又加剧了地表的蒸发作用,将盐碱带到地表,从而加剧了土地盐碱化,使盐碱化土地和碱斑面积不断增加,出现了连片的碱斑和不毛之地。

不合理灌溉,特别是有灌无排,以及水利工程质量差,渠道渗漏严重,抬高了地下水位,容易形成盐分

的表聚现象,使土地盐碱化更为严重。另外,挖草皮、取土、采药材等一些不合理活动也在一定程度上促进了土地盐碱化<sup>[2]</sup>。

## 2 盐碱地的修复

根据上述盐碱土的成因,结合群众的改土经验并参照国内外对盐碱土修复改良的研究意见,提出黑河灌区修复改良盐碱土的可行性建议措施,大致可归纳为 4 个方面,即农业技术措施、水利工程措施、生物措施和化学措施。在盐碱化土地的治理和恢复中,要坚持因地制宜和可持续的原则,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。

### 2.1 农业技术措施

平整土地,深耕深翻,适时耕耙,增施有机肥等农业技术措施对改良盐碱土均有明显的效果<sup>[3]</sup>。平整土地可以消除局部洼坡积盐的不利因素,使水分均匀下渗,提高冲洗脱盐的效果,防止土壤斑状盐渍化。深耕深翻具有疏松耕作层,破除犁底层,降低毛管作用的效果,并能提高土壤透水保水性能。盐碱地经深耕后可以加速土壤淋盐,防止表土返盐。适进耕耙可疏松耕作层,抑制土壤水和地下水蒸发,阻止底层盐分向上运行,防止表层积盐。增施有机肥可改善土壤结构,提高通透性和保蓄性,减少蒸发,促进淋盐,抑制返盐,加速脱盐。有机酸可中和土壤碱性,活化土壤钙质,减轻或消除碱害。

经对甘肃省武威、张掖、金塔、玉门糠醛厂提取糠醛后排放出的废渣化验分析<sup>[3]</sup>,其有机质含量 764.00~781.00 g/kg,速效氮 328.00 g/kg,速效磷 393.00 g/kg,速效钾 730.00 g/kg,pH3.15,容重 0.32 g/cm<sup>3</sup>,残余硫酸 3.50%。为充分利用废渣,1992—1995 年在临泽县马营村的盐化潮土上每年施用糠醛渣 37.5 t/hm<sup>2</sup>,3 a 后不仅提高了土壤耕层养分,同时改善了土壤物理性状,有机质增加 0.66 g/kg,碱解氮增加 16.40 mg/kg,速效磷增加 18.50 mg/kg,总孔隙度增加 10.50 个百分点,团粒结构增加 23.14 百分点,容重降低 0.1 g/cm<sup>3</sup>。

2000—2002 年在甘州区上秦镇上秦村盐化潮土上每年施用苏地生物有机肥(含有机质 45%,NP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> K<sub>2</sub>O > 10%) 3 000 kg/hm<sup>2</sup>,0—20 cm 土层土壤有机质增加 2.40 g/kg;总孔隙度增加 4.50 个百分点,全盐含量由 6.45 g/kg 降到 1.18 g/kg。

### 2.2 水利工程措施

在改良盐碱土的各项措施中,灌溉排水是一项带根本性的、最有效的关键措施和前提,只有健全灌溉排水设施,其它措施才能充分发挥作用。灌水冲洗就

是把水灌到盐碱地里,使土壤盐分溶解,通过水在土壤中的渗透,自上而下地把土壤中的可溶性盐碱淋洗下去,再渗入排水沟加以排除。在水利条件较好的疏勒河灌区,这也是改良重盐碱地和开垦盐荒地的重要措施<sup>[4]</sup>。

为了改良修复重盐碱地,笔者于1998—2002年在张掖市东北郊工业开发区重盐碱地进行了双层暗管排水法试验<sup>[5]</sup>,试验证明,双层暗管排水对重盐碱地的修复改良是可行的和有发展前途的。同时,根据雨水淋洗盐碱的启示,利用喷灌来改良内陆干旱区盐碱地,直接走农业开发与节水灌溉相结合的道路。研究总结出了一套喷灌洗盐的工程措施与生物措施相结合改良盐碱地的成功经验,已在生产中应用。

喷灌洗盐特别适宜没有地表水或紧缺水地区,地下水丰富、地下水位(5 m以下)低的荒漠盐地区。喷灌洗盐采用无排水系统改良荒漠盐碱地效果明显,是一条高效可行的新途径,这在黑河灌区有着极大的推广价值。

### 2.3 生物改良

植树造林和广种绿色肥也是综合改良盐碱地的一项重要措施,而且黑河灌区,四季多风,树林可改善农田小气候,减低风速,并能增加空气湿度,从而减少地表蒸发,抑制返盐。林木根系能从土壤深层吸水,通过叶面蒸腾,具有很大的生物排水作用,能显著降低地下水位。此外,林木还可提供大量的有机质,改善土壤的理化性质和养分状况。

2.3.1 种植聚盐植物,进行植物修复 河西走廊上的聚盐植物主要有碱蓬属(*Suaeda*)和滨藜属(*Atriplex*)的一些植物碱蓬属的角碱蓬(*S. corniculata*),主要适宜于草原地带的盐碱土,它是河西走廊最耐盐的植物,它体内主要大量吸收积累阳离子 $\text{Na}^+$ ,占阳离子的85%以上;而阴离子主要富集 $\text{HCO}_3^-$ 和 $\text{CO}_3^{2-}$ ,占阴离子的50%~80%。碱蓬(*S. glauca*)适宜生长在pH为8.15~10.11之间,富含 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的土壤中,具有富集 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 的作用。碱地肤(*Kochia sieversiana*)多数生长在次生盐碱斑的外围,主要富集Na、K和S元素。滨藜属植物主要生长在碱土和盐碱土上,该属的滨藜(*Atriplex* spp)具有较强的积聚Na元素的作用。另外,蓼科(*Polygonaceae*)的西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum*)主要生长在含 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的碱性土壤上,具有富集Na、Cl和S的作用。根据聚盐植物积聚盐分的能力及生态特性的差异,将它们引种到不同含盐量的盐碱化土壤上,可将大片盐碱地利用起来,充分发挥其生态作用。在盐碱地上大量种植这些聚盐植物后,可以吸收土壤次

表层的盐分,使植物根系可达部位的盐分降低,进而使植被得以恢复,土壤蒸发即被植物蒸腾所取代,从而阻止盐分在土壤表层继续积累。将各种聚盐植物引种到含不同盐分的盐渍土壤上,成熟后将其移走,能降低土壤的含盐量,改善土壤的理化性质。由于植物的枯枝落叶和根系的生理活动,可以改善土壤的理化性质和肥力,为其它一些植物的侵入和定居提供了可能,进而逐渐形成新的植物群落,使盐碱化土地和碱斑的面积不断减小,生态环境逐渐得以恢复。

2.3.2 保护好野生盐生植物 河西走廊水资源总量为 $7.76 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,可利用水资源为 $6.43 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,干旱缺水一直是该区农业生产的主要障碍,显而易见采用水利工程和大面积种植水稻改良盐土并不现实。因此保护好野生盐生植物,恢复自然植被,增加土壤覆盖度,降低土壤水分蒸发,抑制土壤返盐是一条简单易行的节水型生物改土技术<sup>[6]</sup>。生长在河西走廊盐土上的野生盐生植物资源主要有:碱蓬、骆驼刺、芦苇、冰草、芨芨草、盐爪爪、盐角草、花花紫、盐蒿、怪柳、胡杨、滨藜、碱茅草、唐古拉白刺、苦豆子、甘肃棘豆、西伯利亚蓼、猪毛菜、地肤、长叶碱毛茛、黑果枸杞、海菲菜、籽粒苋、盐蓬。

### 2.4 化学改良

碱化土和碱土中含有大量苏打及交换性钠,致使土粒高度分散,物理性状恶化,作物难以正常生长,要改良这类土壤,除了消除多余的盐分外,主要应降低土壤胶体上过量的交换性钠和碱性。这样,在采取水利和农林措施的同时,施用化学改良剂就可以收到更好的改良效果。近年来黑河灌区主要施用康地宝改良剂、禾康盐碱清除剂、高聚合物等均有较好的治盐效果。

## 3 结论与建议

(1) 黑河水源于祁连山,山区岩石风化后,地表径流和地下径流携带大量可溶性盐类(主要是 $\text{NaHCO}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )向黑河灌区汇集,使得该片土地盐分含量不断增加,土壤理化性质遭到破坏。人类在生产生活中的不合理活动也加剧了盐碱化的发生,这是河西走廊盐碱化面积不断扩大,盐碱化程度逐渐加强的主要原因。盲目毁草开荒,过度放牧、樵柴及采草,导致草原严重退化。特别是草原开荒将地下的盐碱翻到了地表,不利于植物生长。植被的大量减少又加剧了地表的蒸发作用,将盐碱带到地表,从而加剧了土地盐碱化。在自然和人为因素的共同作用下,盐碱化土地和碱斑面积不断增加,出现了连片的碱斑和不毛之地。

(2) 在盐碱化土地的治理和恢复中,要坚持因地制宜和可持续发展的原则。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。黑河灌区修复改良盐碱土的可行性措施大致可归纳为 4 个方面,即农业技术措施、水利工程措施、生物措施和化学措施。

(3) 在促进盐碱化土地的自然恢复和植物修复过程之中,还应该根据当地实际情况辅以相应的配套措施。在草原区仍要加强草原的管理和建设,根据草原盐碱化状况实施禁牧或轮牧育草、量草计牧等措施;在耕作区要加强防护林的建设,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;加强依法保护生态环境的力度,建立有效的法律约束机制;积极向农民宣传有关知识以提高他们的环境意识,减少人为的破坏活动;加强科技成果的转化与应用,成立科技指导小组进行实地指导;坚

持“政府补贴、谁治理谁受益”的原则,在盐碱化土地的修复过程中充分利用聚盐植物的经济价值,调动广大农民的积极性,实现经济效益、社会效益和生态效益的统一。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘金荣. 河西走廊水土流失成因分析及水土资源可持续发展对策研究[J]. 河西学院学报, 2004, 20(5): 33—35.
- [2] 李秀军. 河西走廊西部土地盐碱化与农业可持续发展[J]. 地理科学, 2000, 20(1): 51—55.
- [3] 马少华. 浅析甘肃省疏勒河项目新开垦灌区盐碱土的改良措施[J]. 环境保护, 2001, 发展专辑(9): 62—64.
- [4] 田长彦, 周宏飞. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2000, 23(2): 177.
- [5] 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.
- [6] 郑慧莹, 李建东. 河西走廊盐生植物与盐碱化草地的恢复[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 59—72.

(上接第 87 页)

支沟滞洪、干沟生产, 坝库相间、清洪分治。这种坝系规划较适用于集水面积在 10~20 km<sup>2</sup> 的主沟。建坝顺序一般应在其上游和两岸支沟各坝建成之后, 再建中、下游淤地坝(一般为大型或骨干工程), 形成两岸支沟以滞洪为主, 干沟以生产为主, 干支沟各坝按区间集水面积分组调节, 控制洪水, 使之形成拦、蓄、淤、排和生产有机协调的工程体系, 以减轻洪水、泥沙负担, 降低工程造价; 另外, 在沟道出现泉眼集中的地方考虑修建小型水库时, 应因地制宜合理布设淤地坝工程, 充分利用清水和洪水资源。这种布设使洪水泥沙进入拦洪骨干工程或淤地坝淤地肥田, 而不进入水库, 以免水库淤积, 泉水蓄在水库, 既能灌溉, 又不使泉水淤埋在坝地内, 避免造成盐碱化。

3.3.2 坡面治理 在各级沟道进行水土流失的治理中, 不可忽视坡面的治理, 因为, 只有通过坡面的层层治理, 才能减轻沟道治理泥沙的负担, 从而达到有效控制泥沙的目的。

水土保持措施的优化配置, 也是人们在生产实践中不断探索和完善起来的。20 世纪 70 年代, 黄土高原不少地方, 水土保持措施在坡面上的立体配置, 形成一种“山上戴帽子(草灌), 山腰系带子(坡改梯), 山沟穿靴子(淤地坝)”的配置模式。依据陕北黄土高原的地貌自然形态, 以崩边线、沟脚线为分界线, 将流域坡面自上而下划分为梁崩坡、沟谷坡和沟道 3 段, 并分成梁崩顶、梁崩坡、崩边线、沟谷坡和沟谷底 5 节, 因地制宜分别配置不同的措施进行治理。梁崩顶地,

营造由刺槐、榆树、柠条、紫穗槐混交防护林带, 带宽 10 m。梁崩坡地, 选择小于 25° 的坡耕地集中连片实施坡改梯田, 作为基本农田或经济林。大于 25° 的坡耕地实施退耕还林草。崩边线(亦称地畔), 配置柠条等崩边生物保护带, 俗称沟边长“胡子”, 防止沟岸扩张。沟谷坡地, 坡度一般在 20°~45°, 最陡处 70° 以上, 选择完整的地段修成水平沟、水平阶、反坡梯田或鱼鳞坑等整地工程措施, 营造乔木或灌木。沟道, 如前所述, 以淤地坝建设为主。

这样, 以流域坡面自上而下, 层层治理, 将对泥沙的控制起到很好的效果。

## 4 结 语

陕北库坝群大量的泥沙淤积来自库坝上游两岸众多未经系统治理, 水土流失程度剧烈的小流域, 而这些小流域均是由塬、梁、崩面谷坡上的切沟汇集发展形成毛、支、干 3 级沟道, 这些沟道就是泥沙输入库坝的通道, 因此, 只有通过各级沟道及坡面的综合治理才是解决陕北库坝群泥沙淤积的根本途径。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 黄河水利委员会水土保持局. 黄河流域小流域坝系建设实践与探索[Z]. 2003.
- [2] 黄河上中游管理局. 黄河流域水土保持基本资料[Z]. 2001.
- [3] 陕西省水土保持局, 陕西省农业区划办公室. 陕西省县级水土保持简要区划汇编[Z]. 1986.