

东北地区盐碱土特征及其农业生物治理

姚荣江, 杨劲松, 刘广明

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 东北地区是我国四大盐碱土分布区之一。特殊的气候、地形和水文地质等自然因素以及人类不合理的农业技术措施和社会生产活动等人为因素加剧了该区盐碱化发生、分布与演变。本文系统分析了东北地区盐碱土的分布、成因及盐碱特征; 阐述了其农业生物治理措施: 种稻洗盐、耕作措施、培肥措施、种植耐盐植物和生物排碱; 并对该区盐碱土农业生物治理措施及今后的工作提出了几点建议。

关键词: 东北地区; 盐碱土; 农业生物治理

中图分类号: S156.4

土地盐碱化与次生盐碱化是当今世界土地退化的主要问题之一。我国东北地区盐碱土面积 384 万 hm^2 , 约占全区总面积的 3.1%, 其中盐碱土耕地总面积 128 万 hm^2 , 占全区总耕地面积的 6.8%; 已治

理盐碱土耕地面积 57.1 万 hm^2 , 占全区盐碱土耕地总面积的 44.7%。东北地区是我国土地盐碱化最严重的地区之一, 同时也是世界三大苏打盐碱土集中分布区之一 (表 1)^[1]。

表 1 东北地区盐碱土面积统计表

Table 1 Statistics of areas of saline-alkalized lands in Northeast China

分布地区	盐碱土面积 (万 hm^2)	盐碱土耕地面积 (万 hm^2)	已治理盐碱土耕地面积 (万 hm^2)
东北地区	384.15	127.62	57.06
辽宁省	90.67	38.65	29.28
吉林省	140	27.43	1.98
黑龙江省	146.67	56.22	21.55
内蒙东四蒙	6.81	5.32	4.25

1 东北地区盐碱土分布

东北地区盐碱土主要集中分布在: ①松嫩平原西部, 该区有广泛的闭流区和矿化度很高的无尾河, 目前盐碱土面积达 300 万 hm^2 , 而且仍以每年 2 万 hm^2 速度快速增长。该区盐碱土被嫩江和松花江分割成南北两大块。南片以吉林省镇赉、洮南、通榆、乾安、农安、前郭等县为集中分布区, 北片以黑龙江省的安达、肇州、肇源、杜蒙、林甸、大庆、龙江、泰来等县市为集中分布区 (表 2)^[1-3]。②西辽河平原冲积低地, 丘陵间低地, 封闭盆地及古河道等地区。③辽西西侧的小柳河、绕阳河和大小凌河中下游地区, 辽河平原北部辽河中游河谷也有分布,

包括辽宁省的黑山、台安、新民、康平、彰武、法库等县。上述地区统称为内陆盐碱土区, 土壤以苏打盐碱土分布为主。④辽河平原南部临渤海的滨海地区, 包括营口、盘山、锦县和大洼等市县, 土壤以氯盐为主, 称为滨海盐碱土区^[4]。

2 东北地区盐碱土成因分析

造成东北地区土地盐碱化既有自然方面的因素, 也有人为方面的因素。

2.1 自然因素

自然因素主要包括气候、地形、水文地质、冻融作用等。水文地质因素为盐碱化提供了物质基础和发育空间; 气候因素决定了盐碱化发生的必然性,

表2 松嫩平原盐碱土集中分布区域

Table 2 The main saline-alkalized soil distributing regions in the Songnen Plain

县(市)	盐碱土面积 (万 hm ²)	盐碱土占土地 总面积 (%)	盐碱化程度			备注
			轻度 (%)	中度 (%)	重度 (%)	
镇赉县	18.84	35.0	27.2	21.3	51.5	轻度：盐斑率<30%
洮南市	8.16	9.5	23.2	27.2	49.6	中度：30%~50%
通榆县	36.55	43.1	50.8	27.4	21.8	重度：>50%
大安市	30.37	62.3	20.0	6.0	74.0	
前郭县	19.57	30.6	49.7	19.7	30.6	
扶余县	12.84	22.2	58.8	9.2	32.0	
农安县	9.98	34.4	73.0	20.0	7.0	
长岭县	16.61	29.2	36.6	37.4	26.0	
乾安县	18.03	39.7	22.9	34.6	42.5	
龙江县	6.35	10.3	5.2	91.2	3.6	
杜蒙县	11.74	19.4	-	92.8	7.2	
大庆市	28.8	59.43	32.1	33.2	34.7	
安达市	15.73	43.9	27.8	13.7	58.5	
肇源县	10.92	26.8	39.5	3.1	57.4	
肇州县	6.65	27.1	20.3	-	79.7	

特别是冻融作用不能被忽略；地形因素对盐碱化则产生更为直接的影响。

2.1.1 气候因素 我国东北地区属于北温带半湿润大陆季风性气候，本区降水集中，夏季降水占全年降水量的70%~80%；春季少雨多风，十年九春旱，使得春季蒸降比远大于年均蒸降比。由于干燥度较大，土壤水的毛管上升运动超过了重力下行水流的运动，土壤及地下水中的可溶盐类随上升水流蒸发、浓缩，不断累积于地表。如吉林省西部平原，在强烈的季风影响下，全区年降水量400~500 mm，而年蒸发量高达1206 mm，年蒸发量是降雨量的3倍以上，而春季蒸发量为降水量的8~9倍^[1,5-6]。

2.1.2 地形因素 东北地区的地形主要是新构造运动中间上升并受不同程度切割的高平原、台地和阶地地貌，多为波状起伏的漫岗，地形比较开阔，坡度比较小，微地形极为复杂。本区有较多的江河及各支流，如松花江、嫩江、乌苏里江、洮儿河、蛟流河等，加上区内夏季降雨集中，这些地表水绝大部分不能通过河道或地下径流及时排往区外，而停留在区内地势较低的河-湖漫滩上和汇集在局部洼地中，从而使得水分平衡主要靠蒸发来调节；水中携带的盐类累积下来，使区内半内流区和闭流区的地表水、地下水逐渐被矿化，土壤也逐渐盐碱化^[5]。

2.1.3 水文地质因素 东北地区大部分浅层地下水地处半封闭式的蓄水盆地，再加上低平的地形

地貌特点，使地下水流动滞缓，地下水排泄方式以蒸发为主。本区地下水埋深1.5~3 m，矿化度2~5 g/L，高者达10 g/L，盐分以碳酸盐为主，且含有大量代换性Na⁺。因此，局部地区的浅层地下水、高地下水矿化度以及主要靠蒸发调节的弱地表径流，这些东北地区特有的水文地质因素加速了本区土地盐碱化的发生与演变。如松嫩平原三面环山，周围高地岩石风化后，地表径流和地下径流携带大量可溶性盐类（主要是NaHCO₃和Na₂CO₃）向平原区汇集，每年可达15万t，使得该片土地盐分含量不断增加^[7-9]。

2.1.4 冻融作用 冻融作用与东北地区土地盐碱化的关系十分密切，但其影响一直为前人所忽视。本区每年有长达半年的冻结期，不但冻结期长，而且冻层厚度大，一般可达1.2~1.5 m左右。在黑龙江省南部、内蒙古东北部、吉林省西北部冻土层可超过3 m。除存在春季强烈积盐和秋季返盐两个积盐期外，本区还存在伴随土壤冻融过程而同步发生的“隐蔽性”积盐过程。

在土壤冻结过程中，结冻使土壤冻层与非冻层的地温产生一定差异，底层土壤水盐明显地向冻层运移，引起土壤毛管水分向冻层移动，盐分也随之上升，在冻层中累积，冻层以下土壤水分和盐分含量下降；同时地下水不断借毛管作用上升补给，使水分和盐分不断向冻层移动，所以造成水盐在冻层

中大量累积。冬季“隐蔽”积盐过程与地下潜水有直接的联系。当春季来临,气温回升,地表蒸发逐渐强烈,使冬季累积于冻层中的盐分,转而向地表近乎“爆发式”地聚集,这种过程直至冻层化通为止。在冻层化通之前,它像一块隔水层,隔断了冻层之上土壤水分与冻层之下潜水的联系。因此,东北地区春季强烈积盐的实质是冬季冻层中大量累积的盐分随着春季蒸发在地表的强烈聚集,而与潜水位并没有直接的联系^[5-6]。

2.2 人为因素

造成东北地区土地盐碱化的人为因素是很多的,归纳起来主要如下 4 种。

2.2.1 缺乏完善的排水系统 排水不畅、缺乏完善的排水系统是造成土地盐碱化的重要原因。东北地区从 20 世纪 50 年代末以来修建了不少大中型灌排水渠和平原水库,由于工程不配套,仅修了灌溉工程,未修排水工程或田间工程,不能及时将灌区内多余灌溉积水排出去,抬高了地下水位,促使和加剧了土地次生盐碱化的发生。如松嫩平原西部,上世纪 70 年代修建引嫩工程,每年引嫩江水 $4.65 \times 10^8 \text{ m}^3$ 进入该区,由于工程不配套,导致耕地中的次生盐碱化面积 1980 年比 1959 年增加 23.7%^[2,7,10]。

2.2.2 不良灌溉管理和灌溉技术 在东北地区,灌区开发后大量引入河水。由于灌溉定额过大和灌溉技术不完善,除一部分引水渗漏损失外,送入田间的水大量渗入地下,结果抬高了地下水位。此外,水田灌区管理不善,常采用大水漫灌,使地下水位抬高,盐分上升;或在排水条件不好情况下水旱插花种植,地下水位上升,引起次生盐碱化。而后,不得不大量引水采用大水压盐的办法,造成盐碱化与次生盐碱化的恶性循环。

2.2.3 农业技术措施不当 农业技术措施使用不当,会加重土壤盐碱化的程度。由于受传统习惯的影响和经济条件的限制,东北大部分地区仍沿袭着广种薄收、粗放经营的生产方式。重用轻养、重化肥轻农肥、重产出轻投入,这种掠夺式的经营方式,使全区土壤养分平衡失调,有机质含量下降,土壤理化性状渐趋恶化;再加上种植结构单一,地面作物覆盖率低,促使土壤盐碱在表层强烈积聚。当耕地发生盐碱化后,由于未及时采取措施,进行精耕细作,培肥改土,从而加重了该区耕地盐碱化的程度。

2.2.4 过度垦殖 对土地资源的过度垦殖,如滥

垦、过牧、伐薪、采药等都是导致土地盐碱化的不良经济行为。上世纪 50—60 年代,由于没有因地制宜利用土地资源,东北地区盲目开展了大规模的垦荒运动,包括毁林开荒、开垦草地,使农业生态环境受到严重的破坏,发生了大范围的土地盐碱化,形成了“越垦越穷,越穷越垦”的恶性循环。1958—1984 年的 26 年期间,由于不合理地利用草地,如过度放牧、割草、搂柴、烧荒和挖药等原因,吉林西部草地盐碱化面积增加了 16.5 万 hm^2 , 平均每年增加 6875 hm^2 ^[2,10,13-14]。

3 东北地区盐碱土特征

与我国其他几大盐碱土集中分布区如黄淮海平原、河套平原和西北干旱半干旱区等相比,东北地区盐碱土有明显的自身特点。

(1) 盐碱类型以苏打盐碱化为主。本区地下水埋深 1.5 ~ 3 m, 矿化度 2 ~ 5 g/L, 高者达 10 g/L; 地下水和土壤盐分组成以碳酸盐为主, 呈强碱性反应 (pH 9.0 ~ 10.0), 代换性 Na^+ 百分率 (ESP) 较高, 因此对作物危害更大。

(2) 该区属寒温带大陆季风气候区, 受西伯利亚寒流影响, 有保持半年的冻土层, 深 1.2 ~ 1.5 m。冬季“隐蔽性”积盐与春季强烈积盐过程均与冻融作用有直接或间接的联系。

(3) 草地盐碱化占比例重。东北羊草草原已有 60% 的草地出现不同程度的盐碱化, 且每年以 1.5% ~ 2% 的速度递增; 松嫩平原盐碱化草地面积 240 万 hm^2 , 占松嫩平原草地的 2/3 以上; 吉林省西部草地有 30% ~ 50% 已变成碱斑裸地。

4 东北地区盐碱土农业生物治理措施

农业生物措施可以减少土壤蒸发、防止返盐、降低土地盐碱化程度, 还可使土壤中现有盐分重新分配, 使表层含盐量降到作物耐盐极限以下, 保证作物出苗生长, 达到合理利用盐碱化耕地的目的。由于东北地区的盐碱化特征不同于其他地区, 所以农业生物治理措施也表现出明显的区域特点。

4.1 种稻洗盐(碱)

在一定的水源和良好的排水出路条件下, 种植水稻是治盐(碱)改土、争取农业增产的有效措施。其优点是边利用边改良, 在利用中改良。在种植水稻的过程中, 土壤中可溶性盐类, 随着换水渗水, 排出田块以外, 或渗入土壤底层, 因而脱盐(碱)

效果显著^[1,9,11]。盐碱土种稻改良的技术关键是实行成片规模化开发, 建立完善的灌排工程体系, 实行单灌单排, 保证洗碱灌溉定额, 并将稻田水排泄到外流河中去, 以保证不发生异地次生盐碱化。1984年以来, 松嫩平原苏打盐碱土区, 通过发展种植水稻 13.3 万 hm^2 , 单产由原来的 3000 kg/hm^2 提高到 5250 kg/hm^2 ; 黑龙江肇源县 1975 年在盐碱土上种植水稻 17.33 hm^2 , 单产达 4050 kg/hm^2 , 隔年种植面积扩大到 133.33 hm^2 , 单产就达到了 4598 kg/hm^2 , 到 1985 年水稻单产已为 6338 kg/hm^2 。另经测定, 土壤在种稻前 0 ~ 40 cm 土层平均含盐量为 1.87 g/kg, 通过种稻洗盐, 含盐量下降到 0.62 g/kg, pH 值由 9.1 降到 8.1, 改良效果显著。生产实践证明种稻洗盐改良盐碱土确实效果显著^[3, 7, 12]。

需要指出的是盐碱化耕地种稻, 除了要有水源保证外, 还必须要有健全的排水系统, 切忌盲目扩大稻田面积和水、旱田插花种植。

4.2 耕作措施

4.2.1 合理的耕作制度 采用合理的耕作方法(如浅翻深松耕作、旋松带状耕法)不仅可以疏松土壤, 打破不透水层, 而且可以促进耕层盐分迅速随水分下渗, 提高土壤散墒作用, 对次年春季盐分的回升起到控制作用。中耕除草可以破坏毛细管作用, 防止盐分上升, 提高土壤温度, 增强土壤透性, 促进幼苗根系发育和幼苗生长。黑龙江省安达县通过在轻度盐化草甸土上种植大豆, 松土深度达 30 ~ 35 cm, 当年大豆增产 44%。

此外, 推广轮、间、套等多种耕作制度, 如草田轮作、套种绿肥等, 不仅能增加土壤有机质和速效养分, 而且可以改善土壤物理性状和耕性, 抑制土壤返盐。据河套灌区改碱试验, 套种草木樨后, 土壤体积质量(容重)由 1.42 g/cm^3 下降至 1.37 g/cm^3 , 孔隙度由 46% 上升为 48.3%, 全盐含量仅为未套种的 55.9%。

4.2.2 科学整地 耕地盐碱化的发生常与地表不平整有关系。据禹城改碱试验区的研究, 在相同的土质和水文地质条件下, 盐斑的部位一般要比邻近的地面高出 2 ~ 5 cm, 盐碱的分布状况, 从盐斑的边缘到中心, 盐碱逐渐加重, 所以科学整地对改良盐碱化耕地极为重要。但必须注意的是, 平整土地后也要留有一定的坡度, 以保证灌区水浇地灌水时行水顺畅。一般渠灌的地面坡度为 1/400 ~ 1/800, 井灌的地面坡度为 1/300 ~ 1/500^[7]。

4.2.3 换土改碱斑 碱斑是苏打盐碱土在地面的表露, 是寸草不生的光板地。对于一些表层碱斑呈零星分布、不易通过大面积的生物改良措施在短期内达到改良效果的盐碱土, 换土以改变碱斑土壤的理化性状是一种经济有效的措施。具体做法是: 把表层土挖出运走, 挖深约 1 m, 以见较松的底土为止; 然后, 底层垫一些砂子、炉渣等隔碱, 上层再填上 30 ~ 50 cm 的好土。黑龙江省青岗县新村采用换土改碱方法, 搬走碱斑 4000 余块, 造田 5.4 hm^2 , 结合开挖田间排水沟, 盐碱危害得到治理, 粮食单产由原来 975 kg/hm^2 提高到 3000 kg/hm^2 ^[1,15]。

4.3 培肥措施

提高盐碱土的肥力状况是其农业生物改良利用的关键, 有机肥与无机肥配合施用的平衡施肥是盐碱化培肥改良的重要原则。盐碱土 N、P、K 和 Zn 营养元素缺乏比较突出, 由于盐碱土 Na^+ 和 HCO_3^- 含量很高, 土壤溶液呈碱性, N 肥应以 NH_4^+-N 和尿素为宜; P 肥应以磷酸二铵、重过磷酸钙为佳; K 肥以硫酸钾为佳。肥料用量根据作物种类、品种、土壤肥力及盐碱化程度等条件的不同而异。施肥的基本原则是适量为止, 不宜过多, 以免造成次生盐碱化、土壤酸化或者对土壤结构造成不良影响。

4.3.1 增施有机肥 在盐碱土上增施有机肥, 能增加土壤有机质含量, 提高土壤的缓冲性能, 改善耕层结构及物理性状, 减少地面蒸发, 有效地控制土壤毛细管水的强烈上升, 从而显著地减轻地表积盐。有机肥主要原料有畜禽粪、秸秆、石灰、枯草等, 可通过过圈、坑沤、堆制、过腹等形式积攒农家肥, 秸秆、根茬可利用机械粉碎直接还田^[1,3,8,16]。黑龙江省肇源县城郊, 由于长期以来施肥结构过于单一, 盐碱化耕地越种越板结, 单产不超过 1500 kg/hm^2 , 通过增施优质农家肥后, 单产超过 3750 kg/hm^2 。据研究, 松嫩平原通过向盐碱斑上施枯草以改良草地盐碱化, 施枯草 (1.5 万 kg/hm^2) 两年后, pH 由 10.05 降至 8.53, 含盐量由 5.6 g/kg 降至 2.5 g/kg, 碱化度由 64.59% 降至 35.76%, 体积质量下降了 0.61 g/cm^3 , 孔隙度提高 16.02%, 而且效果随着施枯草量的增加而增强^[12,15]。

4.3.2 种植绿肥 盐碱土种植绿肥, 并实行草田轮作可以增加土壤有机质和速效养分, 也可以使土壤体积质量变小, 孔隙度增大, 渗透性增强, 不但有利于作物生长, 而且有利于排水洗盐。吉林省通过种植绿肥大面积压青增加土壤有机质, 每年压

青 1~2 茬, 连续 3 年后, 耕层有机质达 7.0 g/kg, 使盐碱土达到半熟化和熟化程度。据试验, 盐碱化耕地在种植田菁前耕层 (0~20 cm) 含盐量为 3.04 g/kg, 压青后则降到 1.65 g/kg, 减少 1.39 g/kg, 脱盐率达 44.7%; 而未种田菁的晒旱地 (留麦地) 的耕层含盐量前后仅减少 0.75 g/kg, 脱盐率为 23.7%, 压青比留麦地脱盐率高 21%。常种植的绿肥品种有草木樨、黑麦草、苜蓿、田菁、绿豆、大豆等。在我国的盐碱化地区, 种植绿肥、实行草田轮作已被多年实践证明是行之有效的措施, 应努力加以推广^[8,17-18]。

4.4 种植耐盐植物

耐盐植物包括耐盐作物 (粮食作物和经济作物) 和耐盐牧草。种植耐盐作物, 可以提高盐碱化耕地的利用率, 扩大盐碱化耕地的种植面积。其关键是在盐碱化程度不同的耕地上, 选种相宜的耐盐作物。不同作物的抗盐能力是不同的, 耐盐 (碱) 能力较强的大田作物有: 玉米、向日葵、苏丹草、甜菜、大豆、红麻、棉花、高粱、大麦等。但作物的耐盐能力和作物的不同生育时期、不同品种以及土壤肥力、农业技术、土壤水分、温度等因素有密切关系^[14,19,21,24]。

盐碱化草地在东北地区盐碱土上占相当比例, 耐盐 (碱) 牧草的筛选与种植对保护东北地区草地资源及促进畜牧业发展有着重大的意义。目前针对盐碱化草地土壤, 国内开展了大量的水盐动态模拟研究^[25-26]。羊草 (*Leymus chinensis*) 是松嫩平原盐碱化草地上的优势植物, 是耐盐碱性较强的一种优质牧草。它的生态分布幅度很宽, 能和獐毛 (*Aeluropus sinnensis*)、碱茅 (*Puccinellia tenuiflora*) 和碱蓬 (*Suaeda glauca*) 等耐盐碱性较强的植物组成混合群落。郭继勋等^[20]在松嫩平原南部种植虎尾草 (*Chloris virgata*) 以改良盐碱化草地, 封育 4 年后光碱斑已全部被植物覆盖, 群落产量达 450 g/m², 其中羊草约占总产量的 45% 以上。松嫩平原四方山军马场从 1964 年开始试种羊草, 现种草面积已发展到 3000 hm², 平均产干草 1500 kg/hm² 以上。人工种植的羊草从第 2 年开始, 密度逐年增加, 第 4 年到第 8 年羊草的密度与产量已比较稳定, 覆盖度达到 80% 以上, 大大降低了碱斑面积^[20,22-23]。

4.5 生物排碱

所谓生物排碱就是大力植树造林。植树造林可以改善农田小气候, 对土壤水盐运动进行调控, 将

土壤蒸发转变成植物蒸腾或水面蒸发。同时, 树木的强大根系和庞大的叶面积, 可以降低地下水位, 通过抑制土壤蒸发达到控制土壤表层积盐 (碱)。综合各地试验资料, 林带影响蒸发的最大范围可为树高的 25~35 倍。在树高 10 倍处, 可减少水面蒸发 11%~30%; 树高 20 倍处, 可减少 4%~10%; 树高 20 倍范围以外, 可减少 3%~6%, 且林带格网密度与蒸发量呈反比^[27]。松嫩平原安达市中本村盐碱土综合治理试验区, 营造林带 4 条, 林业覆盖率达 5.3%, 试验区基本上达到树成行, 林成网, 建立了合理的农田生态体系。试验区结合林带的兴建, 修建排灌沟渠各 5 条, 实现了早能灌、涝能排。同时采取了掺砂改土、浅翻深松、种植绿肥、增施有机无机肥料等一系列农业生物技术措施, 把一个旱、涝、风蚀、盐碱的低产地区, 变成了高产稳产的粮食基地^[15]。

常种植的耐盐 (碱) 乔、灌木有沙枣、怪柳、白蜡树、沙棘、枸杞, 这些树种耐盐碱、抗旱、耐涝, 能在土壤盐分 7.0~10.0 g/kg 环境下生长; 绿萍耐盐碱和贫瘠, 是重度盐碱土改良的好品种, 有蓄水、淋盐、增肥和改土的多重效果; 在沟渠两侧种植, 不仅可降低地下水位, 还可减少水土流失, 防止塌坡淤积, 巩固农田工程效益。

5 东北地区盐碱土农业生物治理的几点建议

5.1 因地制宜, 合理采用农业生物治理措施

对于轻度和中度盐碱土, 推行以自然恢复与农业生物改良相结合的措施。由于本区夏季雨热同期, 降水后表层土中的可溶性盐分可被雨水淋溶冲入低洼地或随水下渗到土壤深层, 在短时间内可使表土层的含盐量及 pH 下降, 此时即为季节性的可恢复盐碱化。此时应掌握时机实施农业生物改良措施, 使有害盐类不能上返, 加快盐碱土逐渐向良性方向转化。

对于重度盐碱土, 施加化学调节剂改善土壤的理化性质是一种经济有效的措施。化学调节剂对调节土壤 pH 和碱化度、改善土壤的理化性状有快速显著的作用。常用的化学调节剂有石膏、磷石膏、黑矾等。经处理后的重度盐碱土再适当采用一些农业生物措施, 不仅可起到降低土壤盐分的作用, 而且可以培肥地力, 提高土壤有机质, 为土壤的熟化提供必要条件。

盐碱土的治理,在很大程度上是对区域水盐运动的调节,因此其治理要从水的管理入手,重点是排水问题。

5.2 走综合治理与开发的道路

东北地区土壤盐碱化是多种因素综合作用下形成的,因此在开发和治理中要走综合的道路,正确处理好利用与改良,水利工程改良措施、农业生物改良措施和化学改良措施的关系。①治理方法上的综合。根据不同的条件,将水利工程措施(灌溉、排水、放淤等)、农业生物改良措施(平整土地、深翻改土、增施有机肥、种植绿肥、种植耐盐作物等)和化学改碱措施(施石膏、磷石膏、糖醛渣等)结合起来。②注重经济效益、生态效益和社会效益的结合和统一。注意调整作物布局,发展多种经营和畜牧业,抓住改土的关键措施,建立高产、稳产、优质、低耗的生产技术体系和用地养地相结合的农业结构。

5.3 建立盐碱化监测组织,为农业生物治理提供政策支持

地理信息系统(GIS)是一种采集、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统,可以为土地利用、资源管理等提供设计、规划和管理决策服务。建立盐碱退化信息系统及盐碱退化预警系统,可以利用遥感、地理信息系统和GPS全球定位技术,使快速、经济、准确、动态监测土壤盐碱化成为可能,以便即时地掌握本区盐碱土数量和盐碱化程度的动态变化趋势,为盐碱化危险度评估和盐碱退化农业生物防治提供信息和决策上的支持^[28-30]。

参考文献:

- [1] 王有华,王素霞. 东北地区盐碱灾害及其治理. 东北水利水电, 1994 (10): 27-30
- [2] 李取生,裘善文,邓伟. 松嫩平原土地次生盐碱化研究. 地理科学, 1998, 18 (3): 268-272
- [3] 李取生,李秀军,李晓军,王志春,宋长春,章光新. 松嫩平原苏打盐碱地治理与利用. 资源科学, 2003, 25 (1): 15-20
- [4] 刘庆生,刘高焕,励惠国. 辽河三角洲土壤盐渍化现状及特征分析. 土壤学报, 2004, 41 (2): 190-196
- [5] 张殿发,王世杰. 吉林西部土地盐碱化的生态地质环境研究. 土壤通报, 2002, 33 (2): 90-93
- [6] 张殿发,王世杰. 土壤盐碱化过程中的冻融作用机制—以吉林省西部平原为例. 水土保持通报, 2000, 20 (6): 14-17
- [7] 杨瑞珍,毕于运. 我国盐碱化耕地的防治. 干旱区资源与环境, 1996, 10 (3): 22-30
- [8] 盛连喜,马逊风,王志平. 松嫩平原盐碱化土地的修复与调控研究. 东北师大学报, 2002, 34 (1): 30-35
- [9] 王志春,李取生,李秀军,宋长春,章光新. 松嫩平原盐碱化土地治理与农业持续发展对策. 中国生态农业学报, 2004, 12 (2): 161-163
- [10] 何艳芬,张柏,马超群. 松嫩平原土地盐碱化动态研究—以农安县为例. 水土保持学报, 2004, 18 (3): 146-150
- [11] Hussain N, Ali A, Sarwar G, Mujeeb F, Tahir M. Mechanism of salt tolerance in rice. *Pedosphere*, 2003, 13 (3): 233-238
- [12] 王志春,裘善文. 吉林省西部盐碱化土地治理对策. 农业与技术, 2002, 22 (5): 6-9
- [13] 庞香蕊,尹秀英. 通榆县土地盐碱化的成因机理及防治对策探讨. 国土与自然资源研究, 2002 (4): 29-30
- [14] 郭继勋,李建东,张宝田. 吉林省西部盐碱化草地的自然恢复. 农业与技术, 1994 (2): 27-31
- [15] 王治富,于凤华,张树德,于洪波,龙显助. 松嫩平原土壤盐碱化防治措施. 防护林科技, 2002 (1): 80-81
- [16] Bhatti AU, Khan Q, Gurmani AH, Khan MJ. Effect of organic manure and chemical amendments on soil properties and crop yield on a salt affected Entisol. *Pedosphere*, 2005, 15 (1): 46-51
- [17] 邵翻身,崔志祥,樊润威,张三粉. 有机物料对盐碱化土壤的改良作用. 土壤通报, 1997, 28 (1): 9-11
- [18] 汤洁,李月芬,林年丰,郭平,杨有德. 应用生物技术改良退化土壤的效果—以黄花草木樨改良盐碱化土壤为例. 生态环境, 2004, 13 (1): 51-53
- [19] 郭继勋,姜世成,孙刚. 松嫩平原盐碱化草地治理方法的比较研究. 应用生态学报, 1998, 9 (4): 425-428
- [20] 郭继勋,马文明,张贵福. 东北盐碱化羊草地生物治理的研究. 植物生态学报, 1996, 20 (5): 478-484
- [21] 李建东,郑惠莹. 松嫩平原盐碱化草地改良治理的研究. 东北师大学报, 1995, 27 (1): 110-115
- [22] 陈志鸿,胡勇军,郭继勋. 生物、化学改良对重度盐碱化草地土壤水分特征影响的比较研究. 东北师大学报, 2002, 34 (3): 92-97
- [23] 王萍,殷立娟,李建东. 松嫩平原盐碱化草地羊草的生长适应性及耐盐生理特性的研究. 生态学报, 1994, 14 (3): 306-311
- [24] 秦嘉海,吕彪,赵芸晨. 河西走廊盐土资源及耐盐牧草

- 改土培肥效应的研究. 土壤, 2004, 36 (1): 71-75
- [25] 尚宗波, 高琼, 王仁忠. 松嫩草地土壤水分及盐渍化动态的模拟研究. 土壤学报, 2002, 39 (3): 375-383
- [26] 张为政, 高琼. 松嫩平原羊草草地土壤水盐运动规律的研究. 植物生态学报, 1994, 18: 132-139
- [27] 杨柳青. 新疆盐碱土的改良技术. 新疆农业科技, 1994 (4): 27
- [28] 庞治国, 吕宪国, 李取生. 3S 技术支持下的盐碱化土地现状评价与发展对策研究—以吉林省西部大安市为例. 国土与自然资源研究, 2000 (4): 42-45
- [29] 汤洁, 林年丰, 卞建民, 金燕. 应用 GIS-ANN 进行土地盐碱化危险度评估—以吉林西部平原为例. 自然灾害学报, 2003, 12 (4): 34-39
- [30] 杨玉建, 杨劲松. 土壤水盐运动的时空模式化研究. 土壤, 2004, 36 (3): 283-288

Characteristics and Agro-Biological Management of Saline-Alkalized Land in Northeast China

YAO Rong-jiang, YANG Jing-song, LIU Guang-ming

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

Abstract: Northeast China is one of the four main regions of saline-alkalized land of our country, and the occurrence, distribution and evolution of the saline-alkalized soils is a comprehensive result of natural factors (such as peculiar climate, topography, hydro-geology etc.), and irrational agricultural and social activities of human. Distribution, formation and characteristics of the saline-alkalized land in Northeast China was systematically analyzed and agro-biological measures for management of saline-alkalized soil were illustrated, including cultivation of rice to wash down salts, cultivation practices, soil building practices, plantation of salt-tolerant plants and biological removal of alkali, etc. in the paper. At the end, several suggestions were made for agro-biological treatment of and future research on saline-alkalized land in Northeast China.

Key words: Northeast China, Saline-alkalized land, Agro-biological treatments