
试验研究

吉林省西部土壤退化特征及机理分析

林年丰, 王娟, 汤洁, 卞建民

(吉林大学 环境与资源学院, 吉林 长春 130026)

摘 要: 以吉林省西部土壤退化典型地区大安市和长岭县为例, 研究、分析了该地区土壤退化特征及机理。该地区的土壤退化主要表现为营养成分的减少, 有害的盐碱成份的增加。造成土壤退化的原因既有自然因素也有人为因素, 自然因素是土壤退化的基础和潜在因素, 人类不合理活动是土壤退化的诱发因素和主要因素。借助于 GIS, SPSS 技术, 揭示了土壤化学成分在水平、垂直方向的动态变化和分布规律。该区的土层结构复杂, 土壤剖面含盐量的分布呈“T”形、正“梯”形、负“梯形”和“柱”形等形态。

关键词: 土壤退化; 特征; 机理; 吉林省西部

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)02-0001-04

中图分类号: S158.1

Character and Mechanism of Soil Degradation in West of Jilin Province

LIN Nian-feng, WANG Juan, TANG Jie, BIAN Jian-min

(College of Environment and Resource, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The characteristics and mechanism of soil degradation were analyzed, as the case study of Da'an city and Changling county in the west part of Jilin province. Soil degradation in this region mainly expressed decrease of nutrition element and increase of salt and alkali. Soil degradation had been caused by natural factors and human impacts. Natural factors were potential and human activity was to enhance potential soil degradation. With application of GIS and SPSS, it was analyzed that dynamical change and horizontal and vertical distribution of chemical elements. Soil horizon structure was complex. Soil salt content in soil profile expressed T shape, straight trapezoid, reverse trapezoid, and column shape.

Keywords: soil degradation; characteristics; mechanism; the west part of Jilin province

土壤退化是指在各种自然, 特别是人为因素影响下所发生的导致土壤农业生产能力、土地利用和环境调控潜力, 即土壤质量及其持续下降(包括暂时的和永久的)甚至完全丧失其物理的、化学的、生物等特征的过程^[1]。土壤退化是地球生态环境恶化的主要表现形式之一^[2], 当前, 因各种不合理的人类活动所引起的土壤和土地退化问题, 已严重威胁世界农业的发展^[1]; 全球土壤退化面积已达 $1.97 \times 10^7 \text{ km}^2$, 我国土壤退化也日趋严重, 有 $1.50 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 土地遭受水蚀, 有 $1.00 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 的耕地遭受盐渍化, 风蚀荒漠化面积达 $3.30 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

作为全国商品粮食生产基地之一的吉林省西部, 其土地退化已成为阻碍该地区农业持续发展的主要因素之一。土壤退化主要表现为营养成分的减少, 向贫瘠化方向发展, 养分比例失调, 有害的盐碱成分的增加, 其结果是生态环境恶化, 生物量下降, 荒漠化迅速发展; 目前, 全区土地退化面积已达 2.80×10^6

hm^2 。本文以吉林省西部的大安市和长岭县为例, 进行土壤化学成分的分析, 使定性与定量相结合; 并借助于 GIS, SPSS 技术, 揭示了土壤化学成分在水平、垂直方向的动态变化和分布规律, 为今后该区农业生态环境建设和土壤改良提供科学依据。

1 研究区概况

大安市和长岭县位于吉林省西部。大安市地处松嫩平原中部, 位于东经 $123^\circ 9' - 124^\circ 22'$, 北纬 $44^\circ 57' - 45^\circ 4'$ 之间, 幅员 4879 km^2 , 海拔为 $120 \sim 160 \text{ m}$, 地貌差异不大, 起伏较小, 东北、西南两侧略高, 中部稍低, 属平原区。长岭县地处松原平原的西南端, 位于东经 $123^\circ 6' - 124^\circ 45'$, 北纬 $43^\circ 59' - 44^\circ 42'$ 之间, 幅员 5728.4 km^2 , 海拔 $145 \sim 260 \text{ m}$, 地势东南高、西北低, 南部为台地, 中部为平地, 西北为沙丘草原。该地区属中温带季风气候, 春季干旱多风, 夏季炎热多雨, 秋季凉爽, 冬季寒冷而漫长, 干旱指数为 $1.75 \sim 3.00$ 。

收稿日期: 2002-11-22

资助项目: 国家自然科学基金(40072093, 40273047)

作者简介: 林年丰(1932—), 男(汉族), 湖北武汉人, 教授, 博士生导师, 主要从事环境地质和生态环境系统与信息管理方面的研究。电话(0431) 8502251, E-mail: tangjie@jlu.edu.cn。

2 样品采集、分析方法、聚类分析

在大安市和长岭县,按等间采取了具有代表性的不同地类的表土样 81 个(0—30 cm),挖掘了土壤试坑 31 个(0—200 cm),对其进行土壤的营养成分和可溶盐的化验分析。营养成分化验方法采用重铬酸钾容量法,分析了有机质、全氮、全磷、全钾、有效氮、速效磷和速效钾等 7 项指标;根据《土壤农业化学常规分析方法》,(1983 年)进行阴离子(Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , NO_2^-)、阳离子(K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})和 pH 的测试,在此基础上计算了土壤的全盐量、总碱度、残余碳酸钠、碱化度等 4 项指标。

在土壤化学分析中,需要对众多的样品和变量进

行分类和分区,通常采用聚类分析方法。聚类分析是根据多个指标进行数学分类的一种多元统计方法,这次应用了 SPSS (Statistics—Package for Social Science—社会科学统计软件包)软件的 Q 型聚类模块对上述指标进行了聚类分析,它是当今世界上流行的 3 大统计分析软件之一,具有使用方便、运行速度快、结果准确等特点。

2.1 营养成分

对 81 个样品的表土层进行了 7 项指标的多因子和单因子聚类分析,根据全国第 2 次土壤养分的分级标准,将大安、长岭划分为 3 级,大安为适量—微贫乏(I)、微贫乏(II)、贫乏(III),长岭为微贫乏(I)、贫乏(II)和极贫乏(III)(表 1,图 1)。

表 1 土壤养分含量分级标准

级 别	有机质/%	全氮/%	全磷/%	全钾/%	有效钾	速效磷	速效钾
1 丰 富	>4.00	>0.20	>0.20	>3.00	>150	>40	>200
2 较丰富	3.00~4.00	0.15~0.20	0.15~0.20	2.00~3.00	120~150	20~39	150~199
3 适 量	2.00~3.00	0.10~0.15	0.10~0.15	1.50~2.00	90~119	10~19	100~149
4 微贫乏	1.00~2.00	0.08~0.10	0.07~0.10	1.00~1.50	60~89	5~9	50~99
5 贫 乏	0.60~1.00	0.05~0.08	0.04~0.07	0.50~1.00	30~59	3~4	30~49
6 极贫乏	<0.60	<0.05	<0.04	<0.50	<30	<3	<30

注:速效磷、速效钾及有效钾的单位为 mg/100 g。

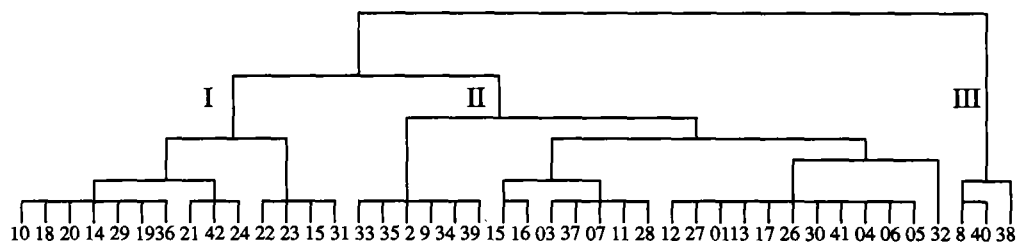


图 1 长岭县营养成分聚类树形图(01—41 为采样号)

2.2 可溶盐

对可溶盐 5 项指标进行了多因子和单因子聚类分析,分为好、中、坏或轻、中、重 3 类。据杨国荣等人的分级标准,这 2 地区样品中苏打碱土占 26.17%,苏打碱化土占 34.56%,苏打盐土占 33.12%。

样品化验数据的聚类结果与采样点的生态环境相一致。第 I 类的样品采自生态环境较好的草地和耕地,第 III 类样品采自生态环境十分恶劣的沙碱地、盐碱地和盐碱光板地,第 II 类样品为二者的过渡环境,碱地、沙地、林地和荒草地等。

3 变化特征

3.1 营养成分的动态变化

土壤养分是土壤肥力的重要的组成部分,养分的

组成、含量及贮量又是构成土壤肥力和土壤生产力的基本条件,它是一个动态的变量。与 20 世纪 80 年代西部的耕层土壤的有机质和全氮含量相比都呈下降趋势(表 2)^[4];耕层的颜色变浅,黑土层变薄,盐碱含量增加,不到 30% 的样品处在中等—微贫乏水平,有 70% 的样品处于微贫乏—贫乏水平。

有机质是土壤养分的源泉,又是土壤中异养型微生物的能源物质,其含量及组成直接影响土壤的供肥、保肥、保水、适耕性和生物活性。20 世纪 80 年代西部地区耕层的有机质就已经普遍缺乏,其范围为 0.38%~9.81%,经过 20 a 的农业生产,平均每年以 0.03% 的速度减少。土壤的全量养分 N, P, K 是植物必需的 3 大营养元素,是衡量土壤潜力和有效肥力的重要指标,同时也直接决定作物现实生产力。

表2 吉林省西部土壤耕层养分含量变化

地 区 年 代	西 部			大安市			长岭县		
	1980年	2001年	均 差	1980年	2001年	均 差	1980年	2001年	均 差
有机质/%	2.000	1.390	-0.031 0	1.970	1.510	-0.023 0	1.410	1.260	-0.008 0
全 氮/%	0.129	0.080	-0.002 0	0.128	0.084	-0.031 0	0.107	0.081	-0.041 0
全 磷/%	0.067	0.032	-0.000 2	0.070	0.037	-0.001 7	0.058	0.026	-0.001 6
全 钾/%	2.950	2.920	-0.001 5	2.850	2.240	-0.030 5	2.990	2.170	-0.041 0

该地区普遍缺N,P这2种元素,全N,全P分布在0.10%~0.15%,0.04%~0.07%之间,而全区富含钾,其含量在2%~3%;全N,P,K分别平均以年0.002%,0.0018%,0.0032%减少,虽然K元素也呈减少的趋势,但它还处在较丰富状态,因该地区土壤碱性环境有利于钾的富集。

3.2 盐碱含量的垂向特征

对吉林省西部有关盐碱地的形成机理、分布情况等研究的较多^[5-7],但对土壤层的(2 m以内)和土壤耕作层(30 cm)的盐碱含量的垂向变化特征却很少研究。通过野外采样和化验分析,发现这2地区土层结构较复杂,盐碱含量在水平和垂向上变化较大,表土层的全盐量、碱化度较高,平均每年以1.20%~2.20%速度积累。

利用Mapinfo软件绘制了31个试坑含盐量在垂向上的变化特征。将土壤剖面含盐量分布的形态分为:“T”形、正“梯”形、倒“梯”形、“柱”形等形态。“T”形剖面的表土层(20—30 cm)中盐碱含量很高,为苏打盐土或苏打碱土,而在其下部的盐碱含量很低,为非盐土或轻盐土;表明这类土壤多处于轻度盐碱阶段,有开发利用的潜力,只要加强保护措施或合理治理,土地质量不会太恶化。而其它形态的土壤剖面揭示了土壤盐碱化程度较重或很重,多为低产田或为盐碱光板地,这种类型的土壤进行生态恢复和土壤改良的难度很大。

4 空间分布

借助GIS技术较强的空间管理、模型分析和图形编辑等功能,对有机质、有效氮、速效磷、速效钾、全盐量、碱化度和总碱度等7项指标进行了趋势面分析,揭示了这7项指标在大安市、长岭的空间分布。

4.1 营养成分

大安市土壤的分布图中,有机质和有效氮分布规律不明显,除了在西北角有机质、有效氮处在适量区外,其它地区处于贫乏和微贫乏状态;速效磷除了东南角处于适量区外,其它地区处在微贫乏—极贫乏区间;速效钾具有较明显的方向分布,高值含量呈北东

—南西条带状分布。长岭县土壤的营养成分有较明显的方向性,有机质从东部到西部处于微贫乏水平—极贫乏水平;有效氮的含量在东部、西南部处于中等水平,在中—西部处于贫乏区,个别地区处于极贫乏区;速效磷的高值呈西北—东南条带状分布,处于适量水平,其它地区处于贫乏状态;速效钾含量与有机质含量分布呈相反方向,西高东低,但都处于适量水平。

4.2 盐碱含量

全盐量在大安市呈北东—南西条带状分布,其值大于5%,其它地区含量为1%~4%,为苏打盐土、苏打重盐化土壤和苏打中盐化土壤;总碱度分布规律与全盐量相似,分重、中、轻3级,其值分为60~90 mg/100 g,10~60 mg/100 g,<10 mg/100 g;碱化度可分为4组,分别为80%~50%,50%~30%,20%~30%,<10%,与之相应的土壤类型为苏打碱土、苏打重碱化土壤,苏打中弱碱化土壤,苏打弱碱化土壤。苏打碱土和苏打重碱化土壤主要分布在大安市北、西、南3个地区,东北部碱性相对较轻,但也属于苏打弱碱化土壤。全盐量在长岭县城北部、七撮乡、大兴乡等局部地区较高,为4%~8%,其它地区为2%左右;总碱度中西部明显高于东部,土壤类型为苏打盐土;碱化度在该县有较明显的分界线,西部的土壤类型为苏打碱土—苏打重碱化土壤,中部为苏打中—弱碱化土壤,东部为苏打弱碱化土壤。总的看来,长岭县土壤环境质量东部好于西部,但都属盐碱含量过高状况。

5 土壤退化的机理

该地区土壤退化类型主要表现为土壤营养成分的下降、贫瘠化和盐碱化成分的增加,具体表现为耕地生产能力下降,高产田沦为中、低产田,草地大面积退化,甚至为寸草不生的“光板地”。造成土壤退化的因素既有自然因素也有人为因素,自然因素是土壤退化的基础和潜在因素,而人为因素是土壤退化的诱发因素和主要因素。吉林省西部土壤退化是这2大因素的相互作用、相互影响、相互叠加的结果。

5.1 自然因素

(1) 成土母质。吉林西部成土母质为第四纪冲淤

积物,其质地黏重,团粒结构差,渗透性差,或沉积物本身盐基饱和,属碱性,pH 值 8~8.6,盐分不能得到有效淋溶而积累,是土壤盐渍化的母质因素^[8]。

(2) 地形地貌。该地区地势平坦,起伏较小,相对高差为 5~10 m,坡度较缓,坡降为 1/8 000~1/5 000,自然降水和高处来水,水流缓慢,排泄不畅,水分多在低洼处聚积,水分蒸发,可溶盐浓缩,久而久之,土体中盐分逐渐升高,较封闭洼地和相对的低地是积盐的重点区^[9]。

(3) 气候因素。该区为亚湿润亚干旱的气候区,显著特点为降水不足、时空分配不均,蒸降比为 3 以上。特别是春季,降水少,风大,是水分蒸发的高峰期,随着冻层的融化,盐分随水分的蒸发而聚积地表,造成了强烈的积盐现象;夏季降水量占全年的 70% 以上,且常以暴雨、阵雨的形式降落,这样,成土母质风化释放出的可溶性盐也无法淋溶,在强烈蒸腾作用下,使土壤中的可溶性盐通过毛管孔隙升至地表,盐分累积在土壤表层中^[9];秋季风速又回升,直到冬季为止,蒸发大于降水,又是一个积盐期。

(4) 水文因素。该地区河流较少,分布不均且多为无尾河,排水不畅,只能在流域下游漫流、淤积或通过蒸发而消失,河水不能排出该地区,是土地次生盐碱化的主要途径之一;而地下水矿化度、埋藏深浅是西部土壤盐渍化形成和广泛分布的重要环境因素之一,西部地下水埋深 1.50 m,为地下水强烈蒸发临界深度,也是盐分强烈积累阶段。这些自然因素共同作用是形成土壤次生盐碱化的基础。

5.2 人为因素

在自然因素作用下的土壤退化,仅发生在条件适宜的地区,而且发生的面积和范围也是有限的,类型也比较简单;而在人类活动影响下,不仅加速土壤退化的进程,而且也影响着土壤退化的深度和广度,使土壤退化类型区域复杂化,人类对土壤资源的破坏能力是自然界自身的 6.10 倍^[10]。

人口的膨胀,加大了土地的负荷。人口的不断增加,人均耕地不断的减少,对土地的负荷愈来愈大,这是造成土壤退化的主要原因之一。如大安市 1949 年人口为 1.90×10^5 人,到 2000 年增加到 4.25×10^5 人,50 a 增加幅度为 122.38%;而耕地的增加幅度却为 32.25%;人均耕地从 1949 年的 0.47 hm^2 减少到现在的 0.28 hm^2 ,下降了 40%。为了满足粮食的需求,必然要扩大耕地,不得不毁草、毁林开荒。

重用轻养,掠夺式经营。20 世纪 50—70 年代,由于经济基础薄弱,物质投入不足,靠掠夺地力提高产

量,用养失调,造成土壤肥力下降。进入 90 年代,随着品种、栽培、防治病虫害、土壤改良等新技术的广泛应用和普及,使农作物产量继续大幅度提高,但土壤还存在营养元素供不应求的情况,大安、长岭土壤的有机质、全氮含量在这 20 a 呈减少下降的趋势,也证明了土壤肥力普遍下降。同时,人们仍沿袭着广种薄收、粗放经营的生产方式,重用轻养,重产出轻投入,重化肥轻农肥,这种掠夺式生产方式,使全区的土壤肥力明显下降,中、低产田占总耕地面积的 70% 以上。

草地退化严重。西部草地为苏打盐土地,不适宜做放牧牧场,但多年来由于载畜量过大、采草、挖草皮积肥、取土、雨天放牧等活动,破坏了草地的“淡化层”,减少了地表的枯枝落叶,使植被维持土壤中水盐平衡的状况被打破,加剧了土壤水分的蒸发和盐分上升运动过程,使埋深不足 10 cm 的浅位暗盐碱土迅速转变为碱斑累累的明碱土,特别是居民点附近和水源周围,盐碱化最为严重,出现连片碱斑和不毛之地。

水利工程的负效应。一些地区在修建灌排渠道时,由于工程质量差,渠道渗漏严重,抬高渠道附近的地下水水位,致使盐碱化发生;其次,有些地区在没有完善灌排配套工程的情况下,盲目实施农田灌溉或开发水田,地表水分不能及时排除,起不到洗盐、脱盐的效果,反而抬高了地下水位,造成盐碱的次生化。

6 土壤退化的治理措施

应加大宣传,提高人们对土壤退化的危害及其严重性的认识,树立生态道德观念;加强法制、法规的建设,明确土地承包者的长期经营和使用权;调动广大农民改良、治理、保护、利用土地的积极性,用法律和经济手段保障土地质量,确保土地使用者不再以掠夺式方式进行生产。

根据土地的适宜性合理开发利用,退耕还林、还草工程建设,进行人工草场的建设,引进耐盐碱的草种,改良土壤,提高产草量;调整林木结构,合理配置生态林、经济林、薪碳林的比例和布局;同时建立完善的灌排配套的工程体系,发挥水利工程的作用。

根据“肥能吃盐”的特点,合理施肥,实现有机肥、生物肥、化学肥“三肥合一”的组合;实行高效轮作制,使土壤在利用过程中有适当的缓冲,便于土壤肥力的恢复;按一定的比例进行农作物与牧草间种,加大种植业和畜牧业间的能量流,产生的有机肥还田培肥土壤^[11];引种耐盐碱植物,对盐碱较重的耕地可种植耐盐碱的向日葵、甜菜、棉花等作物。

(下转第 8 页)

3.3 全硫、有效硫与 TOC 的相关分析

相关系数 r 表示的是 2 个变量之间的线性关系。如果将相关系数平方,得到的结果(R^2 决定系数)则表示两变量共同方差比例(相关的强度或大小),可用来估计变量之间的关联程度。应用 STATISTICA 5.5 统计软件(Stat Soft, Inc. 1999),对付老文泡(FLWP)与二百方子(EBFZ)沉积剖面不同粒径沉积物中全硫(TS)、有效硫(AS)与同一粒级中有机质(TOC)相关分析,得出如下结果。

付老文泡(FLWP)沉积剖面不同粒径沉积物中全硫(TS)与同一粒级中有机质(TOC)相关性比较:粉砂与黏土>细砂(负相关)>极细砂>中砂以上粒级;有效硫(AS)与同一粒级中有机质(TOC)相关性比较:粉砂与黏土>中砂以上>细砂>极细砂。

二百方子(EBFZ)沉积剖面不同粒径沉积物中全硫(TS)与同一粒级中有机质(TOC)相关性比较:中砂以上>细砂>极细砂>粉砂与黏土;有效硫(AS)与同一粒级中有机质(TOC)相关性比较:极细砂>细砂>中砂以上>粉砂与黏土。

相关性比较,不同粒径沉积物中全硫(TS)、有效硫(AS)与同一粒级中有机质(TOC)相关性均为二百方子(EBFZ)沉积剖面>付老文泡(FLWP)。

4 结 论

(1) 芦苇沼泽与沼泽化草甸沉积物全硫与有效硫平均含量高值均出现在细粒,即粉砂与黏土粒级中。向海湿地沉积物全硫接近于世界土壤中硫的平均含量 700 mg/kg。

(2) 虽然程度不同,但不同粒径沉积物除剖面特殊层序外均呈现出一定的分层性:即从上到下,全硫的含量呈递减趋势,并且硫主要富集在草根层。

(3) 沉积物中有机质含量对沉积物中硫的贡献

起着十分重要的作用,一般而言,有机质含量高,总硫、有效硫含量也高,反之亦然。但随沉积环境不同,并不一定每种粒径沉积物中硫与有机质都有很大相关性。

(4) 湿地沉积物中的硫的变化十分复杂,表象性得出的只能是初步认识,很多现象有待深入研究。

[参 考 文 献]

- [1] Mitsch W J, Gosselink J G. Wetlands, 3rd Ed[M]. John Wiley & Sons, New York. 2000. 155—204.
- [2] 罗莎莎,万国江. 湖泊沉积物中硫的地球化学循环机制研究[J]. 四川环境, 2000, 19(3): 1—3.
- [3] 赵魁义,孙广友,杨永兴,等. 中国沼泽志[M]. 北京:科学出版社,1999. 255—261.
- [4] 王国平,刘景双,高峰. 向海湿地沉积芯重金属对流域环境污染示踪[J]. 地理科学, 2001, 21(6): 549—554.
- [5] 中国土壤学会编. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999.
- [6] 成都地质学院陕北队编. 沉积物粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社,1978.
- [7] 金泰龙. 三江平原沼泽生态环境的化学特征[A]. 见:黄锡畴主编,中国沼泽研究[C]. 北京:科学出版社,1988. 145—153.
- [8] 刘英俊. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [9] 郝庆菊. 三江平原典型湿地开垦前后硫的含量及形态分布. 硕士论文:中国科学院东北地理与农业生态研究所,2002.
- [10] LUTHER, III GEORGE W, CHURCH, THOMAS M. An overview of the environmental chemistry of sulphur in wetland systems[A], R. W. Howarth, J. W. B. Stewart & M. V. Ivanov eds: SCOPE 48 Sulphur Cycling on the Continents: Wetlands, Terrestrial Ecosystems, and Associated Water Bodies[C], Wiley, U. K. 1992, 376.

(上接第 4 页)

[参 考 文 献]

- [1] 张桃林,王兴祥. 土壤退化研究的进展与趋向[J]. 自然资源学报, 2000, 15(3): 280—284.
- [2] 步丰骥,等. 河北省土壤退化及其防治对策[J]. 地理学与国土研究, 1996, 12(4): 28—33.
- [3] 张殿发,林年丰. 吉林西部土地退化成因分析与防治对策[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(1): 354—359.
- [4] 吉林省白城地区土壤普查办公室. 白城土壤[Z]. 1988. 112—124.
- [5] 裘善文,孙百合,等. 松嫩平原盐碱地与风沙地农业综合研究[M]. 北京:科学出版社,1997. 15—20.
- [6] 李秀军,邓伟. 松嫩平原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.
- [7] 罗先香,邓伟. 松嫩平原西部土壤盐渍化动态敏感性分析与预测[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 36—40.
- [8] 林年丰,汤洁. 东北平原第四纪环境演化与荒漠化问题[J]. 第四纪研究, 1999, 1(5): 448—455.
- [9] 白效明,等著. 吉林省生态环境及生态省建设的研究[M]. 长春:吉林大学出版社,2000. 21—22.
- [10] 张荣群,刘黎明,等. 我国土壤退化的机理与持续利用管理研究[J]. 地域研究与开发, 2000, 19(3): 52—54.
- [11] 刘兴土,等. 松嫩平原退化土地整治与农业发展[M]. 北京:科学出版社,2001. 210—211.