

辽河三角洲土壤盐渍化现状及特征分析*

刘庆生 刘高焕 励惠国

(中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘要 土壤盐渍化是辽河三角洲可持续发展面临的主要环境问题之一。本研究在野外考察、GPS 定点和土壤采样分析的基础上, 给出了土壤盐渍化的程度和分布范围, 并对不同土地利用方式下盐渍化特征进行了分析。最后利用对应分析方法, 选择了两组不同的特征变量对土壤盐渍化状况进行探讨。

关键词 辽河三角洲; 土壤盐渍化; 对应分析

中图分类号 S156.4 文献标识码 A

土壤盐渍化是目前世界农业面临的主要环境问题之一。因此, 世界各国都在积极研究和探讨土壤盐渍化的形成原因和改良措施。我国盐渍土资源面积之大, 分布之广, 是世界之最^[1]。据统计, 全国约有 3 693 万 hm^2 现代(活化)盐渍土^[2]。盐渍土是一种重要的土地资源, 科学合理地开发利用, 具有重大的经济价值和社会意义。盐渍土的发生受区域性因素的制约和影响, 其盐分组成及离子比例呈现地域性特点, 积盐、脱盐过程存在差异^[3], 对植物和农作物生长发育的影响也不尽相同。由此, 不同地区盐渍化程度判定的标准也不完全相同, 切实查明该地区土壤盐渍化的程度和分布范围及其组成特征, 对指导地区盐渍化土壤的合理利用和改良, 显得十分重要。

1 研究区概况

辽河三角洲位于辽河平原的南端, 南濒辽东湾, 为辽河、大辽河、大凌河冲积而成的冲积、海积平原, 行政区划包括辽宁省盘锦市域和营口市市区及其老边区的全部^[4]。辽河三角洲属暖温带半湿润季风气候。年平均气温 $8.3\sim 8.4^\circ\text{C}$, 夏季最高平均气温 23.8°C , 冬季平均最低气温 -9.7°C 。年平均降雨量为 $611.6\sim 640.0\text{ mm}$, 主要集中在夏季, 约占全年降雨量的 63%。年平均蒸发量为 $1\ 392.0\sim 1\ 705.0\text{ mm}$ 。辽河三角洲土地面积占辽宁省总土地面积的 3%, 占全中国总土地面积的 0.04%。

研究区自然生态景观复杂多样, 有平原、滩涂等典型的河口三角洲地貌类型。土地利用类型主要为水稻田、旱作农田、芦苇地、盐田、水产养殖、林地和居民地等。

辽河三角洲盐渍化土壤约 $9.33\text{ 万}\text{ km}^2$, 主要分布在盘山、大洼两县的沿海地带, 属于滨海盐渍土类型^[4]。本区盐渍土分布区大多种植水稻, 经多年种植水稻改良的滨海盐渍土壤, 在淡水资源缺乏的年份, 土壤含盐量将出现回升的现象, 导致和加剧土壤次生盐渍化, 严重影响农业生产。

2 研究方法

2.1 样品采集

本研究采用 GPS 定位技术, 以 2000 年 6 月 13 日陆地卫星 ETM+ 遥感影像数据为参考图, 使采样点尽可能遍及辽河三角洲范围内主要的土地利用类型, 而且尽可能使样点分布规则, 利于进行统计分析。另外, 也顾及辽河三角洲的地貌特点。采样时间为 2002 年 9 月 1 日到 6 日, 取样层为 $0\sim 20\text{ cm}$, 共计 107 个点, 样点分布见图 1(见图版 I)。

2.2 分析测试

对所有采集的样品风干, 碾碎, 过 1 mm 筛, 进行土壤盐分及其组分、pH 值和有机质的测定, 具体分析由中国科学院地理科学与资源研究所化学分析室完成。其中, pH 值(水土比 2.5:1)采用 PHS-3C 酸度计法测定; 有机质采用电热板加热- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 容量

* 中国科学院地理科学与资源研究所领域前沿项目(XIOG-D00-04)

作者简介: 刘庆生(1971~), 男, 博士, 主要从事遥感与 GIS 在区域可持续发展中的应用研究

收稿日期: 2002-12-26; 收到修改稿日期: 2003-04-30

法测定; CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 采用双指示剂中和法测定; Cl^- 采用 AgNO_3 滴定法测定; SO_4^{2-} 采用 EDTA 间接滴定法测定; Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 采用 EDTA 络合滴定法测定; K^+ 和 Na^+ 采用差减法; 全盐含量以土壤中上述八种离子的重量之和计算。

2.3 对应分析

为了更加深入地对辽河三角洲土壤盐渍化状况及组成进行分析, 我们利用对应分析方法对所得分析数据进行研究。对应分析 (Correspondence Analysis) 又称 R-Q 型因子分析, 是由法国巴黎科学院统计研究室本泽西 (Benzecri) 教授于 1970 年首次提出的, 这种方法是在 R 型和 Q 型因子分析的基础上发展起来的, 它联接着 R 型和 Q 型因子分析, 所以有时被称为双重因子分析。由于在变量空间 (R^P) 的 N 个样品点的各个主成分与样品空间 (R^N) 的 P 个变量点的各个主成分在各自的总方差中的贡献是相同的, 因此可用同样的主成分轴去同时表示变量和样品, 并可由 R 型分析 (对变量 (盐分离子) 进行分析) 结果很容易地获得 Q 型分析 (对样品进行变换) 的结果, 将变量和样品的关系表征在同一空间中, 从而使各个主成分的物理意义得到明确^[5]。

3 结果与分析

3.1 不同土地利用方式土壤盐渍化特征

3.1.1 辽河三角洲土壤盐渍化类型 涉及辽河

表 1 辽河三角洲土壤盐渍化程度分级和土壤盐渍化类型
Table 1 Classes and types of soil salinization in Liaohe River Delta

盐渍化程度 Degree of salinization	全盐量 Total salt (g kg^{-1})	盐渍化类型 Types of salinization	$\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$
非盐渍化土 Non-salinized soils	< 1	硫酸盐型 Sulfate type	< 0.5
轻盐渍化土 Slightly salinized soils	1~3	氯化物-硫酸盐型 Chloride-sulfate type	0.5~1.0
中盐渍化土 Moderately salinized soils	3~5	硫酸盐-氯化物型 Sulfate-chloride type	1.0~4.0
重盐渍化土 Strongly salinized soils	5~7	氯化物型 Chloride type	> 4.0
盐土 Saline soils	> 7		

3.1.2 辽河三角洲土壤盐渍化现状分析 根据表 1 的土壤盐渍化程度分级和分类标准, 本研究所采 107 个样品的分析结果统计于表 2。

从表 2 和样品盐分组成分析, 可以初步得出以下结论:

(1) 辽河三角洲土壤盐渍化较轻, 轻盐渍化土和非盐渍化土占样品总数的 85.98%。这与该区大范围的种稻改良有关。辽河三角洲非盐渍化土、轻

三角洲土壤盐渍化形成原因、盐渍土分区和改良的研究很多, 例如, 张启德等人^[4]将辽河三角洲盐渍土划归为滨海盐渍土类型。董振国等人^[6]将辽河三角洲划分为东北苏打碱化盐渍区—辽河片。王有华等人^[7]将辽河三角洲大凌河中下游地区、辽河平原北部和辽河中游河谷, 包括本研究区台安等地在内的区域称为内陆盐碱土区, 土壤以苏打盐碱土分布为主, 而把辽河平原南部临渤海的滨海地区, 包括营口、盘山和大洼等市县在内的地区称为滨海盐碱土区, 土壤以氯化物为主。由此可见, 本研究区盐渍土分跨内陆盐渍土和滨海盐渍土两区, 但主要分布以氯化物为主的滨海盐渍土。盐渍土的类型很多, 划分的方法也不同。可根据盐渍土发生和分布的生物气候条件、盐渍土形态、盐渍土化学性质、对作物的危害程度等进行划分。本文在综合分析前人资料的基础上^[8~11], 主要以盐渍土化学组成和其对作物的危害程度来划分, 将辽河三角洲土壤盐渍化程度分为五级, 盐渍化类型的确定主要参照 $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ 的当量比值, 见表 1。

盐渍化土、中盐渍化土、重盐渍化土和盐土全盐量的平均值分别为 0.76、1.64、3.52、6.05 和 10.96 g kg^{-1} , 有机质的平均值分别为 12.30、17.41、28.18、10.74 和 23.28 g kg^{-1} , pH 的平均值分别为 7.92、8.10、8.34、8.07 和 8.14。按第二次全国土壤普查有机质分级标准, 总体属于有机质良好区, 土壤偏碱性。

(2) 辽河三角洲盐渍化土壤中, 硫酸盐型共 52 个样品, 占样品总数的 48.60%; 氯化物-硫酸盐型

共35个样品,占32.71%;硫酸盐-氯化物型共15个样品,占14.02%;氯化物型共5个样品,占4.67%。硫酸盐型和氯化物-硫酸盐型两类盐渍化土样品占总数的81.31%,说明该区盐分组成是以硫酸根为主,与一般滨海盐渍化土盐分组成以氯化物占绝对优势相比,其土壤毒性相对较低。分析样品中均未监测到 CO_3^{2-} ,除3个样品外, $\text{HCO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 比值均小于1,说明碳酸氢盐和碳酸盐是该地区土壤盐分的次要成分。

(3) 随着土壤盐渍化程度逐渐加强,氯化物型的比例也越来越大,轻盐渍化土中氯化物型样品数

为0,而盐土中氯化物型所占比例上升到了66.67%;阳离子中 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 的比例也越来越大,非盐渍化土中 $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值都小于1,而盐土中 $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值均大于10, $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 占绝对优势。所有样品中, $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值小于1的有42个,比值在1和5之间的样品有55个,比值在5和10之间的样品有6个,比值大于10的样品有4个。一般地,非盐渍化土 $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值均小于1,重盐渍化土和盐土中 $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值均大于5。

表2 辽河三角洲土壤盐渍化现状

Table 2 Soil salinization status in Liaohe River Delta

盐渍化程度 Salinization classes	样本数 Sample number	百分比 Percentage (%)	盐渍化类型 Salinization types	样本数 Sample number	百分比 Percentage (%)			
非盐渍化土 Non-salinized soils	9	8.41	硫酸盐型 ^①	4	44.44			
			氯化物-硫酸盐型 ^②	4	44.44			
			硫酸盐-氯化物型 ^③ 氯化物型 ^④	1 —	11.11 —			
轻盐渍化土 Slightly salinized soils	83	77.57	硫酸盐型 ^①	46	55.42			
			氯化物-硫酸盐型 ^②	30	36.15			
			硫酸盐-氯化物型 ^③ 氯化物型 ^④	7 —	8.43 —			
			中盐渍化土 Moderately salinized soils	6	5.61	硫酸盐型 ^①	2	33.33
重盐渍化土 Strongly salinized soils	3	2.80	氯化物-硫酸盐型 ^②	1	16.67			
			硫酸盐-氯化物型 ^③ 氯化物型 ^④	3 —	50.00 —			
			盐土 Saline soils	6	5.61	硫酸盐型 ^①	—	—
			氯化物-硫酸盐型 ^② 硫酸盐-氯化物型 ^③ 氯化物型 ^④	— 2 4	— 66.67 66.67			
合计 Total	107	100.00		107				

①Sulfate type; ②Chloride-sulfate type; ③Sulfate-chloride type; ④Chloride type

3.1.3 不同土地利用方式土壤盐渍化特征 图1(见图版I)给出了当前辽河三角洲几种主要的土地利用方式,如水稻田、芦苇地、旱作农田、林地等。不同的土地利用方式对土壤盐分产生不同的影响:

(1) 水稻田是辽河三角洲最主要的土地利用类型,图1中呈暗蓝—暗蓝绿色调的均为水稻田。种植水稻的土壤盐渍化程度比较低,一般都属于轻盐渍化土,全盐量平均值为 1.72 g kg^{-1} ;pH为7.08~9.09,

绝大多数小于 8.5; 有机质含量 $1.50 \sim 50.64 \text{ g kg}^{-1}$, 平均值为 18.94 g kg^{-1} ; $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值为 $0.44 \sim 3.52$, 平均值为 1.31 ; $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ 绝大多数都小于 1, 属于氯化物-硫酸盐型或硫酸盐型盐渍化土类型。

(2) 芦苇地是辽河三角洲主要的土地利用类型之一, 有良好的灌溉措施, 主要分布在双台子河和大凌河之间的广大湿地中。生长芦苇的土壤盐渍化程度较水稻田高, 一般为轻盐渍化土或中盐渍化土, 但芦苇地中间零星裸露地的含盐量非常高, 一般为盐土。pH 为 $7.29 \sim 8.92$, 平均值为 8.28 ; 有机质含量 $2.07 \sim 78.62 \text{ g kg}^{-1}$, 平均值为 22.46 g kg^{-1} ; $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值为 $0.06 \sim 18.14$, 平均值为 5.88 ; $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ 绝大多数都大于 1, 属于硫酸盐-氯化物型或氯化物型盐渍化土类型。

(3) 旱作农田主要分布在台安、牛庄、沟邦子等周边地势较高的地区, 在水稻田之间也有零星的分布。由于地势高、地下水水位较低, 土壤本身盐渍化不太严重, 绝大多数为非盐渍化土或轻盐渍化土。一般地, 水稻田间旱作农田的含盐量稍高些。pH 一般都小于 8.5, 个别样品的 pH 小于 7.0; 有机质含量 $3.54 \sim 28.30 \text{ g kg}^{-1}$, 平均值为 13.63 g kg^{-1} ; $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值为 $0.09 \sim 3.74$, 平均值为 0.90 ; $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ 绝大多数都小于 1, 属于氯化物-硫酸盐型或硫酸盐型盐渍化土类型。

(4) 辽河三角洲林地较少, 主要为杨树幼林地。土壤盐渍化轻, 一般为非盐渍化土或轻盐渍化土。pH 值均小于 8.5, 有机质平均含量为 18.47 g kg^{-1} , $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 比值小于 1, $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ 都小于 1, 属于氯化物-硫酸盐型或硫酸盐型盐渍化土类型。

3.2 土壤盐渍化对应分析

利用多元统计的方法对土壤盐渍化状况进行分析, 前人已有很多研究^[12~15]。其中, 主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA), 也有称主分量分析, 应用较好^[14]。但主成分分析方法只考虑了各个变量 (盐分组成) 间的关系, 并没有考虑各个变量与分析样品之间的关系, 因而各个主成分的物理意义不太明确。对应分析方法克服了这一缺点。由于在变量空间的 N 个样品点的各个主成分与样品空间的 P 个变量点的各个主成分在各自的总方差中的贡献是相同的, 因此可用同样的主成分轴去同时表示变量和样品, 将变量和样品的关系表征在同一空间中, 从而使各个主成分的物理意义得到明确^[5]。

3.2.1 变量选择 对辽河三角洲盐渍化土, 本研究分析了 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 、全盐量、pH 和有机质, 并由此派生出表征土壤盐渍化类型的三个比值: $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 和 $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 。对这些变量进行对应分析, 发现不是利用全部变量而是选择一组变量, 如 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 、全盐量和 pH 或另一组变量, 如全盐量、pH、有机质、 $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 和 $(\text{K}^+ + \text{Na}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, 进行对应分析能更加有效地进行土壤盐渍化状况的分析。

3.2.2 对应分析 图 2 是利用第一组变量进行对应分析的结果, 横坐标为第一主成分, 纵坐标为第二主成分。图 3 是利用第二组变量进行对应分析的结果, 横坐标为第一主成分, 纵坐标为第二主成分。分析得出如下结论:

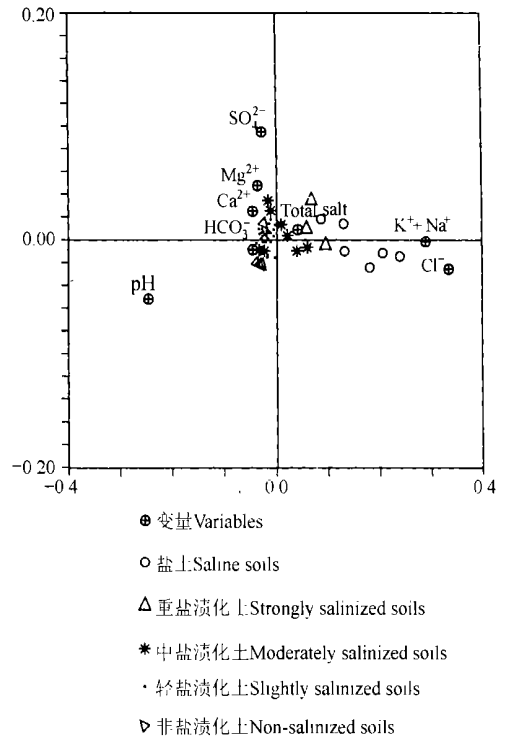


图 2 第一组变量对应分析结果

Fig 2 The corresponding analysis result of the variables of the first group

(1) 由图 2 可见, Cl^- 、 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 和全盐量在第一主成分上为正高载荷, 实际上代表了土壤盐化状况, 而 HCO_3^- 的低载荷则代表了土壤的碱化状况, 表明第一主成分是反映土壤盐渍化状况的综合指标。 Cl^- 和全盐量对第一主成分的贡献远大于 HCO_3^- , 说明土壤盐化过程占优势, 样品在第一主成

分上值越大,表示其盐化程度越严重,土壤盐渍化类型越倾向于氯化物型。 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 在第二主成分上为正高载荷, HCO_3^- 为低负载荷,实际上代表了土壤盐化的另一种类型,硫酸盐型盐渍化土。 HCO_3^- 在两个主成分上均为低负载荷,说明碳酸氢盐是该地区土壤盐渍化的次要成分。

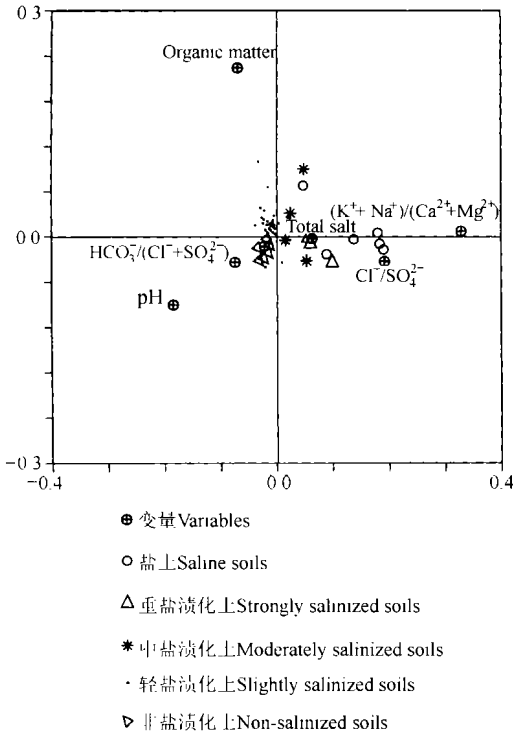


图3 第二组变量对应分析结果

Fig 3 The corresponding analysis result of the variables of the second group

(2) 不同程度盐渍化土在平面图上的分布部位明显不同。盐土是以第一主成分高载荷为特征的。其特征是:盐分组成以 Cl^- 、 K^+ + Na^+ 为主。图3更加清晰地表明盐土盐分组成中,阳离子 K^+ + Na^+ 占绝对优势,阴离子 Cl^- 、 SO_4^{2-} 占绝对优势,其中 Cl^- 更胜一筹。

(3) 绝大部分重盐渍化土和中盐渍化土在第一主成分和第二主成分上为正载荷,其特征是:全盐量、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 。由图3可见,重盐渍化土和中盐渍化土盐分组成中 K^+ + Na^+ 和 Cl^- 、 SO_4^{2-} 占优势。

(4) 轻盐渍化土和非盐渍化土在第一主成分上为低负载荷,在第二主成分上一部分为正载荷,一部分为负载荷。在第二主成分上为正载荷的一组主要为轻盐渍化土,其特征是:盐分组成以 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 为主。在第二主成分上为负载荷的一组包括轻盐渍化土和非盐渍化土,其特征是:盐分组成以

HCO_3^- 和 Ca^{2+} 为主。由图3可见,轻盐渍化土和非盐渍化土盐分组成中各种成分相当,但 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 略胜一筹,轻盐渍化土中有机质含量最多,非盐渍化土中有机质含量较低。

4 结论

除了盐田、滩涂和芦苇湿地间零星裸露地外,辽河三角洲土壤盐渍化程度相对较轻(图4,见图版I),属轻度硫酸盐型和氯化物—硫酸盐型盐渍化土。不同的土地利用方式土壤盐渍化程度不同,水稻田土壤盐渍化程度轻,种植水稻仍为该地区首选的土地利用方式。芦苇地盐渍化程度中等,但其间的零星裸露地土壤盐渍化严重,除局部地形因素引起盐渍化外,更应注意土壤和灌溉水本身的作用,由此更应加强湿地保护,使其向脱盐的正向发展,避免恶化。新开发的林地土壤盐渍化程度很轻,但有机质含量偏低,应加强管理。土壤盐渍化对应分析研究表明,与主成分分析方法相比,对应分析能更加有效直接地反映土壤盐渍化的状况,能同时在一张平面图上区分土壤盐渍化程度和盐分组成类别,并能有效地将土壤样品与盐分组成联系在一起,是一种行之有效的方法。

参考文献

- [1] 俞仁培. 对盐渍土资源开发利用的思考. 土壤通报, 2001, 32(专辑): 138~ 140. Yu R P. Ideas about exploitation and utilization of saline soil resources (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(S0): 138~ 140
- [2] 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培, 等. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993. Wang Z Q, Zhu S Q, Yu R P, et al. Saline Soil in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 1993
- [3] 毛任钊, 田魁祥, 松本聪, 等. 盐渍土盐分指标及其与化学组成的关系. 土壤, 1997, (6): 326~ 330. Mao R Z, Tian K X, Song B C, et al. The relationship between salt indices and chemical components of saline soils (In Chinese). Soils, 1997, (6): 326~ 330
- [4] 张启德, 方汉隆, 王玉秀, 等著. 辽河三角洲资源环境与可持续发展. 北京: 科学出版社, 1997. 1~ 2. Zhang Q D, Fang H L, Wang Y X, et al. Environmental resource and sustainable development in Liaohe River Delta (In Chinese). Beijing: Science Press, 1997. 1~ 2
- [5] 刘庆生, 王志刚, 荆林海. 岩石实验室光谱对应分析研究. 遥感学报, 1999, 3(2): 151~ 156. Liu Q S, Wang Z G, Jing L H. The correspondence analysis of laboratory spectra of rocks (In Chinese). Journal of Remote Sensing, 1999, 3(2): 151~ 156
- [6] 董振国, 吴家燕, 刘瑞文. 内陆盐碱土开发治理. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 7~ 8. Dong Z G, Wu J Y, Liu R W.

- Development and control of inland saline soils (In Chinese). Beijing: Chinese Agricultural Technology Press, 1995. 7~ 8
- [7] 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. Wang Y H, Wang S X. Saline-alkaline disaster and its harness in Northeast China (In Chinese). Water Resources & Hydropower of Northeast China, 1994, (10): 27~ 30
- [8] 王春裕, 王汝辅. 中国东北西部地区土壤盐渍化演变及其防治的若干对策. 生态学杂志, 1996, 15(2): 44~ 48. Wang C Y, Wang R Y. The change of soil salinization and some countermeasures by ecology control in the western plain area of the Northeastern China (In Chinese). Chinese Journal of Ecology, 1996, 15(2): 44~ 48
- [9] 王秀红, 胡双照. 柴达木盆地农田土壤盐渍化特征及其防治对策研究. 干旱区资源与环境, 1998, 12(4): 74~ 84. Wang X H, Hu S X. Characteristics and amelioration of soil salinization of farmland in the Chaidamu basin (In Chinese). Journal of Arid Land Resources and Environment, 1998, 12(4): 74~ 84
- [10] 石元春编著. 盐碱土改良——诊断、管理、改良. 北京: 农业出版社, 1986. 2~ 6. Shi Y C. Amelioration of Saline Soils-Diagnosis and Management and Amelioration (In Chinese). Beijing: Agricultural Press, 1986. 2~ 6
- [11] 许翠华, 张维琴, 马彦昆, 等. 吉林省西部低洼易涝盐碱化耕地的分类管理技术研究. 土壤通报, 2001, 32(专辑): 31~ 32. Xu C H, Zhang W Q, Ma Y K, *et al.* Systematic techniques for soil management in low land and waterlogging regions (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(S0): 31~ 32
- [12] 李韵珠. 区域土壤盐渍化状况分析. 土壤肥料, 1992, (5): 8~ 10. Li Y Z. Analysis of soil salinization status in regions (In Chinese). Soils and Fertilizers, 1992, (5): 8~ 10
- [13] 自由路, 李保国. 黄淮海平原土壤盐渍化状况的数值分类. 土壤通报, 2001, 32(专辑): 8~ 13. Bai Y L, Li B G. Numerical classification of soil salinization in the Huang-huai-hai plain (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(S0): 8~ 13
- [14] 牛东玲, 彭宏春, 王启基等. 柴达木盆地弃耕地盐渍化状况的主分量分析. 草业学报, 2001, 10(2): 39~ 46. Niu D L, Peng H C, Wang Q J, *et al.* The principal component analysis on salinization status of waste cultivated-land in Chaidamu basin (In Chinese). Acta Prataculurae Sinica, 2001, 10(2): 39~ 46
- [15] 杨柳青. 新疆苏打盐渍土分级的初步研究. 八一农学院学报, 1990, 13(1): 39~ 46. Yang L Q. Preliminary study on the classes of soda-saline soils in Xinjiang (In Chinese). Journal of August 1st Agri. College, 1990, 13(1): 39~ 46

ANALYSIS ON CHARACTERISTICS OF SOIL SALINIZATION IN LIAOHE RIVER DELTA

Liu Qingsheng Liu Gaochuan Li Huiguo

(State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract Soil salinization is one of primary environmental problems, which faces the sustainable development in Liaohe River Delta. On the base of field survey and GPS location and soil analysis, soil salinization levels and distribution are investigated. In general, except salterns and tidal flats and bare lands between reed wetlands, soil salinization level belongs to light salinization with sulfate type and chloride-sulfate type in Liaohe River Delta. The different land use type has the different influences on soil salinization, paddy lands is slightly salinized. It is a good measure to plant paddy rice for improving salt affected soils. Although reed lands is only moderately salinized, bare lands between reed wetlands is strongly salinized. The reason is maybe because of local relief, but the irrigated water needs our more attentions. There are many scholars who used multivariable statistical analysis methods to evaluate soil salinization status. Principal component analysis (PCA) is one better method used. But PCA can only be used to analyze the relationships among variables, not evaluate the relationships among variables and samples. As a result, physical meanings of principal component variables aren't distinct. Correspondence analysis (CA) overcomes this demerit. It can analyze variables (salt components) and soil samples in the common principal component space. Therefore CA method is used to deal with the sample data of Liaohe River Delta. As a result, the samples with different soil salinization level are classified clearly.

Key words Liaohe River Delta; Soil salinization; Correspondence Analysis

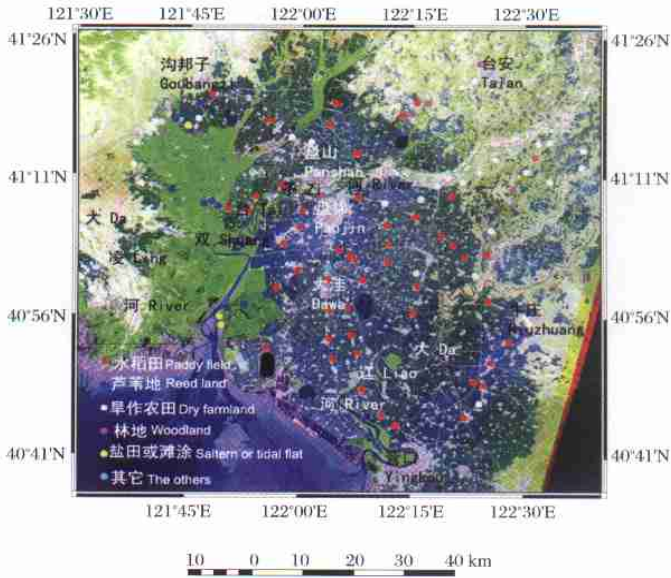


图 1 采样点分布图

Fig.1 The distribution map of sampling points.

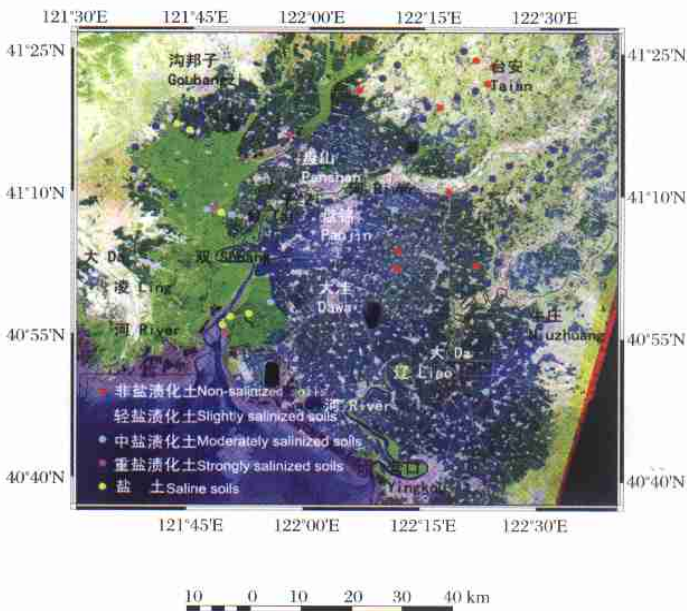


图 4 辽河三角洲土壤盐渍化现状

Fig.4 Soil salinization status in Liaohe River Delta