

苏北滨海盐土区土壤盐分割面特征及其理化特性

李二焕¹, 胡海波¹, 鲁小珍¹, 沈俊², 邵永昌¹, 邹姜慧¹, 邓涵文¹

(1. 南京林业大学 南方现代林业协同创新中心 江苏省水土保持与生态修复重点实验室, 南京 210037; 2. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225127)

摘要:以淮河入海口两侧河漫滩为研究对象,运用聚类分析和相关性分析方法对土壤盐分割面类型、土壤理化特性及其相关关系进行了研究。结果表明:研究区土壤盐分割面类型具有明显区段性,距入海口近、中、远,土壤盐分割面类型依次为表聚型、震荡型、平均型;土壤颗粒组成以粉粒和砂粒为主,黏粒含量极少,不同部位质地差异不大,表聚型土壤含盐量与土壤质地有较好的相关性,震荡型和平均型土壤含盐量与土壤质地的相关性差;研究区0—350 cm 土体有机质均属低水平,震荡型盐分割面土壤有机质与含盐量显著负相关($p < 0.05$),表聚型和平均型盐分割面土壤有机质与含盐量相关性差;土壤整体为弱碱性,部分为碱土。

关键词:苏北; 滨海; 盐分割面; 理化特性

中图分类号:S156.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)04-0116-04

Characteristics of Soil Salinity Profiles and Physical and Chemical Properties of Coastal Saline Soil in the Estuary of North Jiangsu

LI Erhuan¹, HU Haibo¹, LU Xiaozhen¹, SHEN Jun²,

SHAO Yongchang¹, ZOU Jianghui¹, DENG Hanwen¹

(1. South Modern Forestry Cooperative Innovation Center, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2. Environmental Immigration Office of Water Conservancy Survey Design Institute of Jiangsu Province, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: Flood land soils in the estuary of Huai River were investigated for analysis of soil salinity profile types, the variation of the physical and chemical properties and the relation between them. The result showed that along with the distance far from the estuary, characteristics of soil salt content distribution in the soil profiles varied and fell into three types: surface accumulation profiles (SAP), oscillation profiles (OP) and equably distribution profiles (EDP). The soil particle composition is dominated by silt and sand, content of clay is less. Salt distribution of surface accumulation profiles (SAP) is significantly correlated to soil texture, but salt distribution of oscillation profiles (OP) and equably distribution profiles (EDP) are not negatively correlated with soil texture. Organicorganic matter in 0—350 cm soil depth in the study area is low. Salt distribution of oscillation profiles (OP) is negatively correlated with organic matter content, but salt distribution of surface accumulation profiles (SAP) and equably distribution profiles (EDP) are not significantly correlated with organic matter content. The soil in the study area is weak alkaline soil and the soil in partial area belongs to alkali soil.

Keywords: north Jiangsu; coastal; soil salinity profiles; physical and chemical properties

土壤盐分在剖面中的分布状况称之为土壤盐分割面,土壤盐分割面特点综合反映了土壤质地、气候、地形、植被、地下水等自然因素以及人类活动(例如耕种、浇灌、施肥)作用于盐分运移的结果,可预测盐碱

地未来发展动向^[1-3]。近年来,利用地统计学及数值分析方法^[4-8],积极开展了许多有关土壤盐渍化程度、类型、盐渍土分布以及其影响因素的研究。白由路^[9]等运用系统聚类分析方法研究了整个黄淮海平原土

收稿日期:2015-07-10

修回日期:2015-09-18

资助项目:江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD);国家林业局长江三角洲城市森林生态系统定位研究资助项目(2001-5);淮河入海水道二期工程盐碱土分布与水土保持方案研究项目(201305013)

第一作者:李二焕(1988—),女,河南宝丰人,硕士研究生,主要从事林业生态工程研究。E-mail:1326039936@qq.com

通信作者:胡海波(1964—),男,江苏宝应人,教授,博士,博士生导师,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail:huhb2000@aliyun.com

壤盐渍剖面特征与水平分布;姚荣江等^[10]通过主成分分析和Q型聚类方法,对黄河三角洲地区土壤盐渍化特征、剖面类型及其影响因素进行了分析;方华军等^[11]利用灰色关联分析方法探讨了引起松嫩平原水土环境空间结构变化的因素,确定了盐渍化形成和演化的直接原因;李宝富^[12]等利用聚类分析和相关分析法研究了新疆奇台县绿洲不同耕种时间含盐量变化规律、盐分割面类型及其影响因素;杜金龙等^[13]研究了焉青盆地土壤盐分割面特征及与颗粒组成的相关性,确定了不同盐渍化程度及盐分割面类型与土壤粒级的关系。可见,我国对盐渍土的研究在不断深入。目前,苏北新建了一些重要骨干行洪排涝入海河道,迫切需要开展盐土分布规律的研究,而针对入海河道盐渍土的研究还不多见。为此,本文以淮河入海水道海口段两侧沿线滩涂地为例,运用聚类分析和相关性分析等方法对该地区土壤盐渍化剖面类型及其理化特性进行研究,以期对淮河入海口及类似入海口盐碱地改良与管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区地处北纬 $34^{\circ}08'97''$ — $34^{\circ}11'56''$,东经 $120^{\circ}25'30''$ — $120^{\circ}32'58''$,位于江苏省射阳县与滨海县交界处,东临黄海、北接滨海县振东乡、南邻射阳县临海镇,与苏北灌溉总渠平行,紧靠其北侧,全长7 km。位于北亚热带和暖温带过渡地带,属海洋性季风气候区。气候温和,季风盛行,夏季炎热,冬季较冷,四季分明;年平均气温为 13.7°C ,最高气温 39°C ,最低 -17°C ,降雨7月份最多,年平均降水量942.6 mm,平均封冻期为12 d,平均风速4.5 m/s,最大风速20 m/s。

研究区地广人稀,人为干扰较少,耕作管理粗放。自然植被多为草甸植被,主要有芦苇(*Phragmites communis*)、盐蒿(*Artemisia halodendron*)、苔草(*Carex doisutepensis*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、茵陈蒿(*Artemisia capillaries*)、芦竹(*Arundo donax*)等耐盐植被。

1.2 试验设计

采样在2014年4月中旬进行,沿淮河入海水道两侧河漫滩及其堤防外侧土壤采样,样带长7 km,共2条样带。

沿河漫滩,从入海口自东往西,由密至疏布点(≤ 1 km,100 m一个点;1~2 km,200 m一个点;2~4 km,400 m一个点;4~7 km,500 m一个点,共26个点;河床两边同时取样,共52个点);利用GPS对采样点定位,用土钻分层(0—10,10—20,20—50,50—100,100—150,150—200,200—250,250—300,300—350 cm)取样,试验共计采样468个,带回实验室分析。

1.3 土壤指标测定方法

土壤含盐量采用烘干法测定;土壤有机质采用重铬酸钾氧化—外加热法;土壤颗粒组成用激光粒度仪测定,土壤粒级依据美国制土壤类型划分标准;土壤pH采用pHSJ-3 F型pH计测定水土比5:1。

1.4 数据分析

利用SPSS 19.0采用相似系数作距离标准,以各土层含盐量为参数,对研究区52个剖面样点系统聚类分析,使用Microsoft Excel 2013软件进行数据处理,Origin 9.0绘制图件。

2 结果与分析

2.1 土壤剖面盐分特征分析

为了解研究区不同部位的土壤含盐量剖面特征与类型,本文采用相似系数作距离标准,对研究区52个剖面样点系统聚类分析^[9-10,12],根据相似系数,可将样品明显分为3大类。依据各类剖面特征(图1典型盐分割面部分采样点土壤含盐量的分布),可归纳为表聚型盐分割面、平均型盐分割面、震荡型盐分割面。

表聚型:该类剖面土壤含盐量随土层深度呈逐渐降低趋势(图1A),由不同剖面类型含盐量统计特征值知(表2),其平均含盐量(3.04 g/kg)最高,表聚系数(土壤剖面表层0—20 cm平均含盐量与20 cm土层深度以下各土层平均含盐量之和的比值)^[12]最大,底聚系数(土壤剖面底层300—350 cm平均含盐量与300 cm土层深度以上各土层平均含盐量之和的比值)^[12]最小,变异系数(70%)最大,表明该类剖面的盐分含量高,表层聚集现象严重,且各层含盐量分布不均匀。该类型盐分割面占土壤样点总数的27%,其中北堤河漫滩占该类剖面总数的50%,南堤河漫滩占50%,主要分布在南北河漫滩距入海口 $<1\ 000$ m的区域(表3)。依据研究区的生态环境及盐渍土形成原因,可判断该类型盐分割面的土壤并未有明显脱盐过程,土壤向积盐过程发展的可能较大,如不采取一定措施,近期很难脱盐^[14-15]。

震荡型:该类剖面含盐量随着深度呈一个或多个“之”字型无规律波动状态,变化较复杂(图1B)。剖面平均含盐量(2.87 g/kg)较表聚型略低,表聚系数(11%)和底聚系数(15%)均较小,变异系数为31%,高于平均型,但与表聚型相差甚远。研究区该类型盐分割面占土壤样点总数的21%,其中北堤河漫滩占该类剖面总数目的64%,南堤河漫滩占36%,主要分布在河漫滩距入海口1 700~1 800 m区域(表3)。

平均型:该剖面含盐量随着深度的变化波动较小

(图 1C),与其他两剖面类型相比,平均含盐量(0.21 g/kg)、变异系数(26%)均最小,说明该类盐分割面含盐量较低且呈均匀分布状态。表聚系数(15%)和底聚系数(12%)不大,可见盐分表聚、底聚现象不明显。研究区该类型盐分割面最多,占土壤样点总数的 52%,其中北堤河漫滩占该类剖面总数目的 44%,南堤河漫滩占 56%,主要分布在河漫滩距入海口 1 800~7 000 m 区域(表 3)。该类盐分割面土壤可判断已进行明显脱盐过程,近期脱盐趋势稳定。

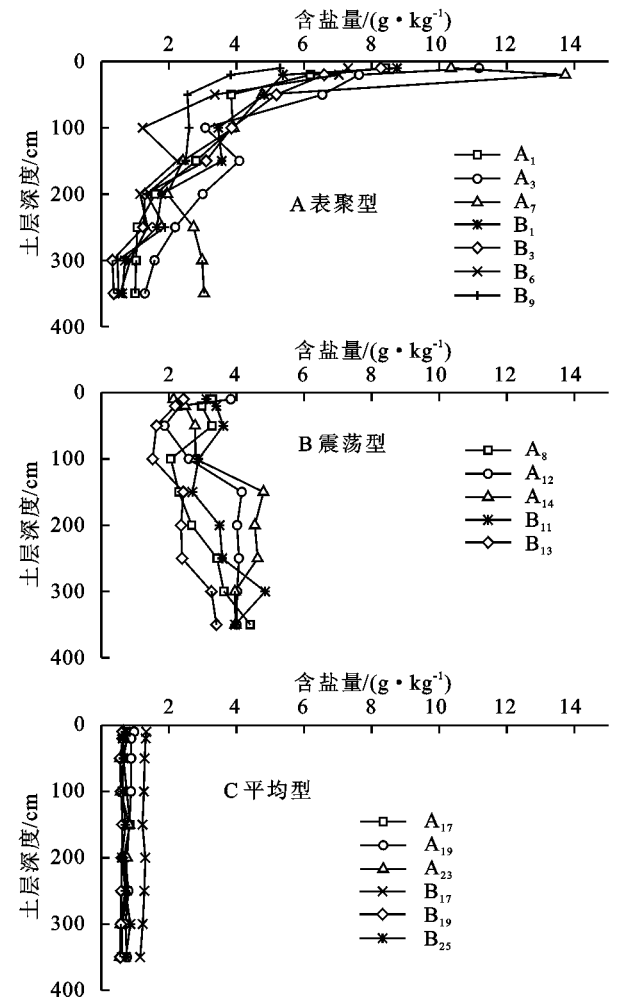
以上结果表明,研究区土壤剖面类型具有明显区段性,河漫滩距入海口近(约为 0~700 m 区段)、中(北堤河漫滩为 700~1 800 m、南堤河漫滩为 700~1 600 m 区段)、远(北堤河漫滩 1 800~7 000 m 区段、南堤河漫滩 1 600~7 000 m 区段)的土壤盐分割面依次为表聚型、震荡型、平均型。

2.2 不同剖面类型土壤盐分与土壤性状的关系

2.2.1 土壤盐分与颗粒组成的关系 土壤剖面中不同颗粒组合方式对土壤水分、养分、盐分等有着重要的制约作用,对土壤次生盐渍化发展和生产性能均有明显影响^[16-18]。研究区土壤颗粒组成以粉粒 78.53%~84.31%和砂粒(15.60%~21.33%)为主,黏粒含量很低其在各剖面类型中百分比小于 0.20,各粒级含量在不同剖面类型之间变化不大,表明研究区距入海口不同距离土壤质地差异不大(表 4)。

各类剖面均表现为黏粒和粉粒与盐分呈负相关关系,砂粒与盐分呈正相关关系。表聚型剖面土壤含盐量与粉粒呈显著负相关,与砂粒呈显著正相关,而与黏粒相关性不显著。其他两类剖面土壤颗粒组成与含盐量相关性均不显著(表 4)。表明距入海口较

近的土壤含盐量与土壤质地有较好的相关性,而距入海口远的土壤含盐量与土壤质地之间的相关性不好。



注:A 为北堤河漫滩土壤盐下剖面编号;B 为南堤河漫滩土壤盐下剖面编号。

图 1 不同类型盐分割面特征

表 2 不同盐分割面类型土壤含盐量的统计特征值及其空间变异系数

剖面类型	最大值/ (g·kg ⁻¹)	最小值/ (g·kg ⁻¹)	极差/ (g·kg ⁻¹)	均值/ (g·kg ⁻¹)	标准差/ (g·kg ⁻¹)	变异 系数/%	表聚 系数/%	底聚 系数/%
表聚型 SAP	13.73	0.39	13.4	3.04	2.13	70	38	4
震荡型 OP	4.85	0.56	4.29	2.87	0.9	31	11	15
平均型 EDP	1.89	0.43	1.46	0.82	0.21	26	15	12

表 3 盐分割面类型分布情况

盐分割面类型	分布区	比例/%
表聚型 SAP	北堤河漫滩 0~700 m 区段、南堤河漫滩 0~700 m 区段	27
震荡型 OP	北堤河漫滩 700~1 800 m 区段、南堤河漫滩 700~1 600 m 区段	21
平均型 EDP	北堤河漫滩 1 800~7 000 m 区段、南堤河漫滩 1 600~7 000 m 区段	52

表 4 各类盐分割面土壤机械组成百分含量平均值及其与土壤含盐量间的相关关系

剖面类型	黏粒	粉粒	砂粒	黏粒与盐分相关性	粉粒与盐分相关性	砂粒与盐分相关性
表聚型	0.14	78.53	21.33	-0.36	-0.41*	0.48*
震荡型	0.09	84.31	15.60	-0.19	-0.28	0.20
平均型	0.14	82.17	17.69	-0.29	-0.31	0.11

注:* 表示显著相关($p<0.05$),** 表示极显著相关($p<0.01$)。

2.2.2 土壤盐分与有机质的关系 各类盐分剖面土壤有机质含量(均值 3.4~4.8 g/kg)按全国养分含量分级标准均属低水平,标准差(1.9~3.1 g/kg)和变异系数(54.2%~65.4%)均较大(表 5),说明研究区土壤有机质含量不高,各剖面有机质含量变化幅度较大。表聚型剖面土壤有机质含量均值最高,平均型次之,震荡型剖面土壤有机质含量最少,这是由于表聚型剖面土壤分布在距入海口近的芦苇滩,植被覆盖度大,震荡型剖面土壤分布在耐盐荒草地,植被覆盖度低,枯枝落叶少,平均型剖面土壤分布在耐盐荒草地,耐盐植被种类多,覆盖度大。震荡型剖面土壤含盐量与有机质显著负相关,表聚型和平均型剖面土壤含盐量与有机质无显著关系。

从各类盐分剖面的土壤有机质分布特征来看(图 2),土壤有机质均随土层加深呈降低趋势。表聚型剖面 0—100 cm 土层深度有机质含量在 10.0~2.3 g/kg 均匀变化,100 cm 土层深度以下有机质含量低至 2.3 g/kg 且基本趋于平稳;震荡型剖面土壤有机质

分布特征与平均型相近,均表现为表层(0—10 cm)土壤有机质含量较高(约是表层以下的 2~3 倍),表层以下急剧下降,且基本趋于稳定,没有形成腐殖质淋溶下渗的层次逐渐过渡现象,而平均型表层土壤有机质含量(0—10 cm 土层深度均值 11.1 g/kg)高于震荡型剖面土壤有机质表层含量(0—10 cm 土层深度均值 7.7 g/kg)。可见,表聚型剖面有机质分布较深,而震荡型和平均型剖面有机质具有明显的浅层积累特点,这可能与距入海口近的河漫滩植被类型以深根性芦苇为主,而距入海口较远的河漫滩植被类型多为浅根性耐盐草本有一定关系。

2.2.3 土壤盐分与 pH 的关系 各类盐分剖面土壤 pH 值的变异系数(2.7%~4.4%)均较小,均值为 7.88~8.32,最大值为 9.12~10.18,最小值为 7.88~8.32,说明研究区土壤基本为弱碱性土壤,部分土壤为碱土,且各剖面 pH 变化不大(表 5)。

各类盐分剖面土壤 pH 与含盐量相关性分析发现,二者并没有显著关系。

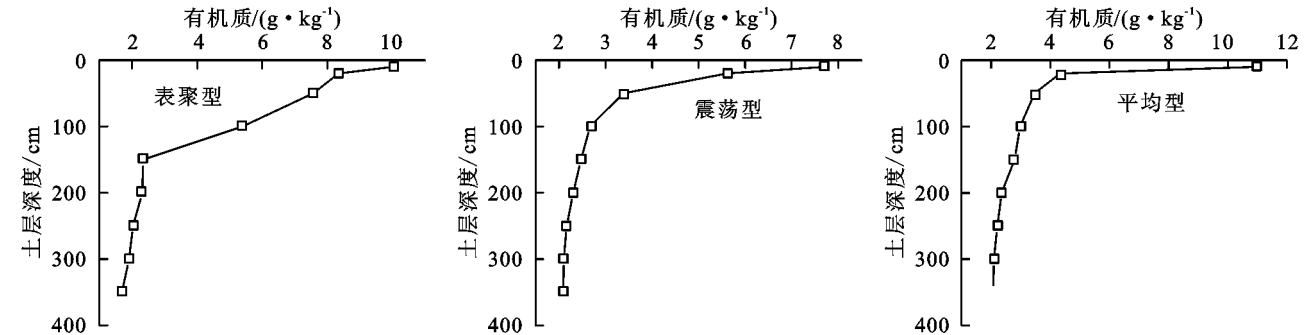


图 2 不同盐分剖面类型土壤有机质垂直分布特征

表 5 不同剖面类型土壤有机质含量、pH 统计特征值及其与盐分的相关关系

剖面 类型	最大值		最小值		平均值		标准差		变异系数/%		与含盐量的 相关系数	
	有机质/ (g·kg ⁻¹)	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	pH	有机质	pH	有机质	pH
	(g·kg ⁻¹)		(g·kg ⁻¹)		(g·kg ⁻¹)		(g·kg ⁻¹)					
表聚型	10.6	10.18	1.9	8.32	4.7	8.74	3.1	0.38	65.4	4.4	0.13	-0.13
震荡型	7.9	9.12	2.2	7.88	3.4	8.60	1.9	0.23	54.2	2.7	-0.36*	-0.20
平均型	11.7	9.69	2.1	8.10	4.2	8.81	2.7	0.28	64.1	3.2	-0.19	-0.09

注: * 表示显著相关($p<0.05$), ** 表示极显著相关($p<0.01$)。

3 结论

研究区土壤剖面按盐分分布特征分为表聚型、震荡型、平均型 3 类,表聚型占样品总数的 27%,震荡型占 21%,平均型占 52%。其分布具有明显区段性,表聚型主要分布在距入海口 700 m 范围内的芦苇滩,震荡型主要分布在距入海口 700~1 800 m 区段,平均型主要分布在距入海口>1 800 m 区段。

研究区土壤质地差异不大,土壤颗粒组成以粉粒和砂粒为主,黏粒含量极少,有机质含量整体属低水平,土壤整体为弱碱性,其中表聚型盐分剖面土壤含盐量与土壤质地有较好的相关性,震荡型盐分剖面土

壤有机质与含盐量呈显著负相关关系,其他盐分剖面土壤理化性质与含盐量无显著关系。

参考文献:

[1] 刘福汉,王遵亲. 潜水蒸发条件下不同质地剖面的土壤水盐运动[J]. 土壤学报,1993,30(2):173-181.
[2] Herrero J, Pérez-Coveta O. Soil salinity changes over 24 years in a Mediterranean irrigated district [J]. Geoderma, 2005, 125(3): 287-308.
[3] Lee G, Carrow R N, Duncan R R. Growth and water relation responses to salinity stress in halophytic sea-shore paspalum ecotypes [J]. Scientia horticulturae, 2005, 104(2): 221-236.

- Journal of Geophysical Research, 2005, 110, D23107, doi:10.1029/2005 JD006119.
- [18] Sen Roy S, Balling R C. Trends in extreme daily precipitation indices in India[J]. International Journal of Climatology, 2004, 24(4):457-466.
- [19] Haylock M, Nicholls N. Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910—1998[J]. International Journal of Climatology, 2000, 20(13):1533-1541.
- [20] New M, Hewitson B, Stephenson D B, et al. Evidence of trends in daily climate extremes over southern and west Africa [J]. Journal of Geophysical Research, 2006, 111, D14102, doi:10.1029/2005 JD006289.
- [21] 陆文秀, 刘丙军, 陈俊凡, 等. 近50 a 来珠江流域降水变化趋势分析[J]. 自然资源学报, 2014, 29(1):80-90.
- [22] 李运刚, 何大明, 胡金明, 等. 红河流域 1960—2007 年极端降水事件的时空变化特征[J]. 自然资源学报, 2012, 27(11):1908-1917.
- [23] 汪宝龙, 张明军, 魏军林, 等. 西北地区近 50 a 气温和降水极端事件的变化特征[J]. 自然资源学报, 2012, 27(10):1720-1733.
- [24] 任正果, 张明军, 王圣杰, 等. 1961—2011 年中国南方地区极端降水事件变化[J]. 地理学报, 2014, 69(5):640-649.
- [25] 杜军, 路红亚, 建军. 1961—2012 年西藏极端降水事件的变化[J]. 自然资源学报, 2014, 29(6):990-1002.
- [26] 王建国. 山东气候[M]. 北京:气象出版社, 2005.
- [27] 迟竹萍. 近 45 a 山东夏季降水时空分布及变化趋势分析[J]. 高原气象, 2009, 28(1):220-226.
- [28] 董旭光, 顾伟宗, 孟祥新等. 山东省近 50 a 来降水事件变化特征[J]. 地理学报, 2014, 69(5):661-671.
- [29] 郭军, 任国玉, 李明财. 环渤海地区极端降水事件概率分布特征[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4):425-432.
- [30] Xue Deqiang; Wang Xingtang. The variation of extreme temperature and precipitation in Shandong Province during 1961—2008[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(5):51-57.
- [31] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4):531-539.
- [32] 张明军, 李瑞雪, 贾文雄, 等. 中国天山山区潜在蒸发量的时空变化[J]. 地理学报, 2009, 64(7):798-806.
- [33] 赵文慧, 宫辉力, 赵文吉, 等. 基于地统计学的北京市可吸入颗粒物时空变异性及气象因素分析[J]. 环境科学学报, 2010, 30(11):2154-2163.
- [34] 胡桂芳, 李芸, 李德萍. 山东近百年来最高、最低气温变化[J]. 气象, 2010, 30(11):43-46.
- [35] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(3):144-148.
- [36] Changnon S A. Thunderstorm rainfall in the conterminous United States[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2001, 82(9):1925-1940.

~~~~~

(上接第 119 页)

- [4] 姚荣江, 杨劲松. 黄河三角洲地区土壤盐渍化特征及其剖面类型分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(11):106-112.
- [5] 刘庆生, 刘高焕, 范晓梅. 黄河三角洲土壤盐分剖面类型时空分布研究[J]. 山东农业科学, 2010, (1):57-62.
- [6] Zhang T T, Zeng S L, Gao Y, et al. Assessing impact of land uses on land salinization in the Yellow River Delta, China using an integrated and spatial statistical model[J]. Land Use Policy, 2011, 28(4):857-866.
- [7] 王娜娜, 齐伟, 王丹, 等. 基于样带的滨海盐碱地土壤养分和盐分的空间变异[J]. 应用生态学报, 2012, 23(6):1527-1532.
- [8] Johannes Hendrikus Barnard, Leon Daniel van Rensburg, Alan Thomas Peter Bennie. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity[J]. Irrigation Science, 2010, 28(2):191-201.
- [9] 白由路, 李保国. 黄淮海平原土壤盐渍化状况的数值分类[J]. 土壤通报, 2001, 32(Z1):8-13.
- [10] 姚荣江, 杨劲松, 姜龙, 等. 基于聚类分析的土壤盐渍剖面特征及其空间分布研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(1):56-65.
- [11] 方华军, 杨学明, 张晓平. 人类胁迫对松嫩平原土壤盐渍化的灰色关联分析[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2):65-70.
- [12] 李宝富, 熊黑钢, 张建兵, 等. 不同耕种时间下土壤剖面盐分动态变化规律及其影响因素研究[J]. 土壤学报, 2010, 47(3):429-438.
- [13] 杜金龙, 靳孟贵, 欧阳正平, 等. 焉耆盆地土壤盐分剖面特征及其与土壤颗粒组成的关系[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2008, 33(1):131-136.
- [14] 陈邦本, 方明. 江苏海岸带土壤[M]. 南京:河海大学出版社, 1988.
- [15] 贾艳红, 赵传燕, 南忠仁. 黑河下游地下水波动带土壤盐分空间变异特征分析[J]. 干旱区地理, 2008, 31(3):379-388.
- [16] 吕云海. 于田绿洲典型区域土壤盐分空间分异规律研究[D]. 乌鲁木齐:新疆大学, 2009.
- [17] 高婷婷, 丁建丽, 哈学萍, 等. 基于流域尺度的土壤盐分空间变异特征:以渭干河—库车河流域三角洲绿洲为例[J]. 生态学报, 2010, 30(10):2695-2705.
- [18] 王娜娜. 黄河三角洲滨海盐渍土养分和盐分空间变异[D]. 山东泰安:山东农业大学, 2012.