

王 颖,刘会玲,崔江慧,等. 环渤海地区盐渍土养分及盐分离子分布特征[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):344-348,356.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.101

环渤海地区盐渍土养分及盐分离子分布特征

王 颖¹,刘会玲¹,崔江慧¹,吉艳芝¹,李骁腾¹,王 磊²,王树涛³

(1. 河北农业大学资源与环境科学学院,河北保定 071000; 2. 天津创世生态景观建设股份有限公司,天津 300384;
3. 河北农业大学国土资源学院,河北保定 071000)

摘要:为摸清环渤海地区盐渍土地资源状况,掌握盐渍土土壤养分和盐分离子的分布特征,以河北省黄骅市为研究区,采集该地区土壤表层(0~20 cm)样品,进行室内分析处理,根据土壤养分及盐分离子的测定值,分析二者含量的数值特征,制作土壤养分及盐分离子空间分布图,研究二者的空间分布特征,最后用 SPSS 软件对二者进行相关性分析。结果表明:环渤海地区盐渍土壤碱解氮和有机质含量缺乏,呈现沿海低、内陆高的趋势;速效磷和速效钾含量丰富,呈现沿海高、内陆低的趋势。环渤海地区盐渍土壤中不含 CO_3^{2-} 或 CO_3^{-} 含量极少,含量最丰富的为 Cl^{-} ,其次为 SO_4^{2-} 。盐分离子含量呈现沿海高、内陆低的趋势,盐渍化土壤中的盐分主要以 NaCl 的形式存在。盐分含量高是造成碱解氮和有机质含量缺乏、速效钾含量丰富的重要原因,总盐分与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 均为显著正相关关系,与 HCO_3^{-} 为负相关关系。

关键词:盐渍化;黄骅市;土壤养分;盐分离子

中图分类号: S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0344-05

盐渍土是土地资源中一种重要的类型,其在全球分布广泛,多存在于沿海地区,这些地区多处于自然地理环境和气候条件差、生态环境脆弱地带^[1]。面对保障粮食安全、提高土地资源利用效率的政策需求,对盐渍化地区的土壤进行调查研究成为解决资源短缺和环境恶化问题的有效途径^[2-3]。摸清现阶段盐渍化地区土壤养分和盐分离子的含量水平,揭示二者的分布特征及相互关系^[4],是科学认识盐渍化地区土地资源的基础,也是完成盐渍化地区土地资源开发利用、生态环境优化布局的关键所在。

河北省黄骅市处于环渤海中心地带,在历史上是一个旱涝碱咸综合危害的盐渍化低产生态类型区,也是我国南资北移、京津冀产业转移的中心区域,是工业化、城镇化发展的快速区域。该区域盐渍荒地面积大、生态环境恶劣,属于典型的生态脆弱区^[5]。随着人口增长与经济高速发展,该地区的盐渍土地大面积存在导致环境恶化、资源短缺,因此,对黄骅市盐渍土地的调查以及分析研究具有很重要的现实指导意义。

本研究从维持良好的生态系统出发,旨在解决该地区盐渍土地资源的开发利用问题,并以科学发展观为指导,理论与实践相结合,因地制宜地考虑当地土地资源特点和条件,通过对黄骅市盐渍土地进行调查、分析,全面掌握该地区土地资源的分布情况、土壤养分以及盐分离子含量,为该地区盐渍土地的开发利用提供理论基础,为今后环渤海其他地区土地治理

提供理论支持,对于环渤海地区经济发展、改善生态环境、盐碱地整治等都具有积极的推动作用。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄骅市位于河北省东南部,是河北省沧州市管辖的县级市,东临渤海、西依沧州、南靠山东、北倚京津。位于 117.08°~117.82°E 和 38.15°~38.65°N 之间,总面积 1 717.50 km²,处在华北冲积平原黑龙港流域的最东端,地势低洼平坦,海拔高度在 3~5 m^[6]。地处暖温带半湿润季风气候区,因为靠近渤海而略具有海洋气候特征,季风显著,四季分明。历年平均日照时数为 2 755 h,年平均蒸发量 1 908.7 mm,年平均降水量 627 mm,降水年际变化大,时空分布不均。土壤受地形、冲积母质类型和土体构型的影响较大,土壤类型共分为 3 类,即潮土、盐土和沼泽土,以潮土面积最大^[7]。处于“环渤海”及“环京津”的枢纽地带,不仅是沧州渤海新区的重要组成部分,也是“现代化沿海经济隆起带”的重要窗口,它的快速发展将会成为带动沧州市乃至河北省经济发展的强大引擎。

1.2 研究方法

1.2.1 土壤样品的采集 通过对相关资料的收集、阅读和实地调查,结合黄骅市土地利用现状图、行政区划图和土壤图确定 310 个采样点,覆盖黄骅市 12 个乡镇,于 2014 年 5—7 月用 GPS 定位,采集 0~20 cm 表层土样,用 ArcGIS 软件制作土壤采样点分布图(图 1)。采集的土壤样品带回实验室风干,去掉植物根系、落叶、石块等,研磨,分别过 2、0.25 mm 尼龙筛,贮存备用。

1.2.2 分析方法 养分含量的测定参照《土壤农化分析》,其中碱解氮采用碱解扩散法;速效磷采用 NaHCO_3 浸提-钼锑抗比色法;速效钾采用 NH_4OAc 浸提-火焰光度法;有机质

收稿日期:2015-01-04

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项(编号:201311060);河北省科技支撑计划(编号:2014055616)。

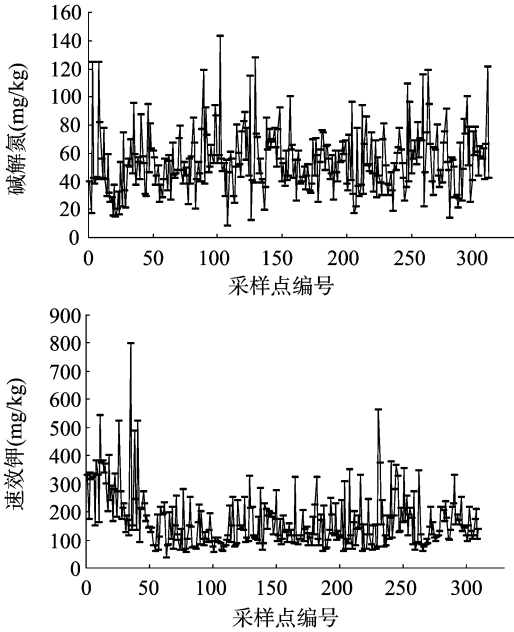
作者简介:王 颖(1989—),女,河北卢龙人,硕士,主要从事土地资源利用研究。E-mail:wangying_wy1989@163.com。

通信作者:王树涛,副教授,硕士生导师,主要从事土壤与土地资源持续利用研究。E-mail:wangshutao78@126.com。



图1 黄骅市土壤采样点分布

采用重铬酸钾外加热法测定;Ca²⁺、Mg²⁺采用原子吸收分光光度法;K⁺、Na⁺采用火焰光度法;CO₃²⁻、HCO₃⁻采用双指示



剂-中和滴定法;Cl⁻采用 AgNO₃ 滴定法;SO₄²⁻采用 BaSO₄ 比浊法^[8];用阳离子和阴离子总量计算土壤总盐分含量。
1.2.3 数据处理 试验相关数据应用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行统计检验,用 ArcGIS 9.3 软件制作土壤养分和盐分离子的空间分布图。

2 结果与分析

2.1 土壤养分一般性统计特征分析

本研究主要采用 SPSS 18.0 软件来完成土壤养分的统计分析,对黄骅市的土壤表层(0~20 cm)310 个样品中的土壤养分(包括碱解氮、速效磷、速效钾、有机质)进行描述性特征的统计,结果见表 1。黄骅市全部采样点养分含量情况如图 2 所示。

表 1 黄骅市土壤各养分指标的统计特征(采样数 310 个)

土壤养分	最小值	最大值	平均值	中值	变异系数 (%)
碱解氮 (mg/kg)	8.4	143.4	54.2	52.4	41.7
速效磷 (mg/kg)	0.4	202.7	21.8	14.4	115.8
速效钾 (mg/kg)	36.7	796.0	166.7	138.1	59.9
有机质 (g/kg)	2.2	39.3	13.5	12.9	43.5

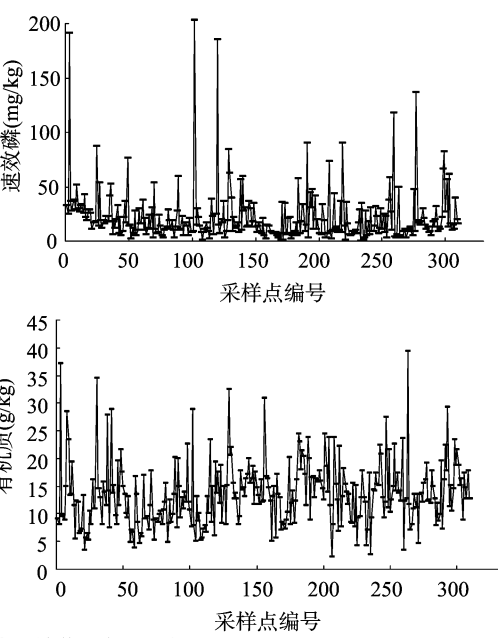


图2 全部采样点土壤养分含量分布

从土壤养分含量的变化范围来看,碱解氮为 8.4~143.4 mg/kg;速效磷为 0.4~202.7 mg/kg;速效钾为 36.7~796.0 mg/kg;有机质为 2.2~39.3 g/kg。从养分含量的均值和中值来看,碱解氮均值为 54.2 mg/kg,中值为 52.4 mg/kg;速效磷均值为 21.8 mg/kg,中值为 14.4 mg/kg;速效钾均值为 166.7 mg/kg,中值为 138.1 mg/kg;有机质均值为 13.5 g/kg,中值为 12.9 g/kg。土壤各养分中,碱解氮和有机质均值与中值很接近,说明碱解氮和有机质空间分布比较均匀,而速效磷均值与中值差异稍大,速效钾均值与中值相差极大,说明速效磷和速效钾的空间分布差异性相对较为明显。

变异系数反映 1 组数据相对平均值的波动程度,变异系数 CV≤10% 时为弱变异性,10% < CV < 100% 时为中等变异性

性,CV≥100% 时为强变异性^[9]。从表 1 可以看出,4 种养分的变异情况各不相同,变异系数由大到小依次为速效磷>速效钾>有机质>碱解氮,其中,碱解氮、速效钾、有机质处于中等变异性,而速效磷处于强变异性,表明速效磷在各地块间的分布差异相对更大,这主要与各地农民施用磷肥量不均一,而磷肥本身又有固定难移动的性质有关;其次是速效钾,这与上述速效磷与速效钾的分布趋势是吻合的。

参照全国第二次土壤普查养分分级标准(表 2)^[10],由图 2 养分含量分布来看,碱解氮含量主要集中在 30~60 mg/kg 的 5 级“很缺乏”水平;速效磷含量主要集中在 10~20 mg/kg 的 3 级“中等”水平和 20~40 mg/kg 的 2 级“丰富”水平;速效钾含量主要在 200 mg/kg 以上的 1 级“很丰富”水平和

100 ~150 mg/kg 的 3 级“中等”水平;有机质含量主要集中在 10 ~20 g/kg 的 4 级“缺乏”水平,表明该地区碱解氮和有机质含量缺乏,速效磷和速效钾含量丰富。

2.2 土壤养分空间分布特征

采用克里金插值法绘制土壤养分的空间分布图(图 3)。从图 3 可以看出,养分元素的空间分布具有明显的方向性和一致性,其中,碱解氮和有机质含量空间分布特征相似,均呈

现沿海低、内陆高的趋势,含量的最低点均出现在研究区东南角;速效磷和速效钾含量空间分布特征相似,均呈现沿海高、内陆低的趋势。产生这种空间格局的原因主要是受地下水的影响,地下水受海水影响导致。此外,研究区西部有一小片区速效钾含量较高,这主要是因为此地有较多鱼塘存在,而鱼塘的水引自大海。研究区西南部有小片区有机质含量较低,也是由于靠近鱼塘所致。

表 2 土壤养分分级标准

土壤养分	1 级 (很丰富)	2 级 (丰富)	3 级 (中等)	4 级 (缺乏)	5 级 (很缺乏)	6 级 (极缺乏)
碱解氮 (mg/kg)	>150	120 ~ 150	90 ~ 120	60 ~ 90	30 ~ 60	<30
速效磷 (mg/kg)	>40	20 ~ 40	10 ~ 20	5 ~ 10	3 ~ 5	<3
速效钾 (mg/kg)	>200	150 ~ 200	100 ~ 150	50 ~ 100	30 ~ 50	<30
有机质 (g/kg)	>40	30 ~ 40	20 ~ 30	10 ~ 20	6 ~ 10	<6

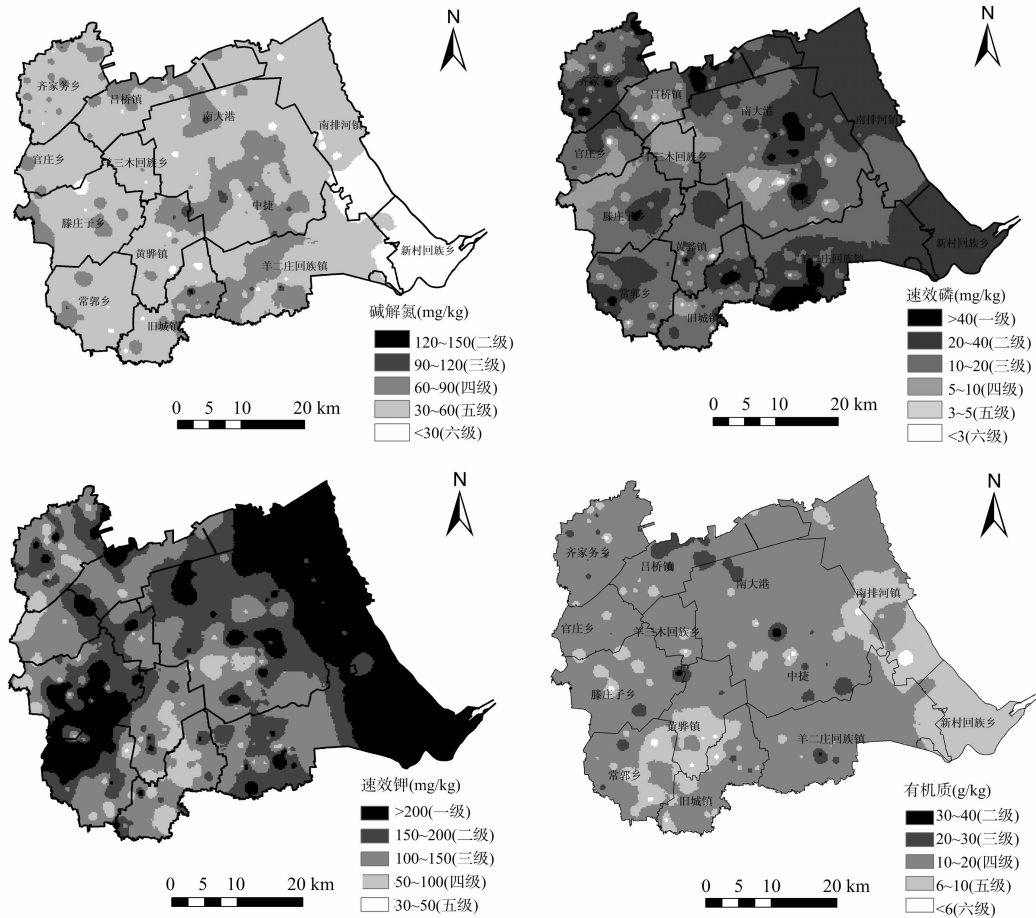


图 3 土壤养分空间分布

2.3 土壤盐分离子一般性统计特征分析

在土壤图、行政区划图的基础上,从 310 个样点中均匀随机选取 54 个样点进行土壤盐分离子含量的测定。由表 3 可见,Ca²⁺ 含量范围是 0.023 ~0.861 g/kg,均值为 0.178 g/kg;Mg²⁺ 含量范围是 0.011 ~1.252 g/kg,均值为 0.165 g/kg;K⁺ 含量范围是 0.003 ~0.321 g/kg,均值为 0.070 g/kg;Na⁺ 含量范围是 0.032 ~9.332 g/kg,均值为 1.398 g/kg;Cl⁻ 含量范围是 0.620 ~27.385 g/kg,均值为 4.078 g/kg;SO₄²⁻ 含量范围是 0.053 ~6.168 g/kg,均值为 1.071 g/kg;HCO₃⁻ 含量范围是 0.065 ~0.579 g/kg,均值为 0.124 g/kg。统计数据表明,黄骅

表 3 黄骅市土壤盐分离子的统计特征

盐分离子	采样数 (个)	含量 (g/kg)				变异系数 (%)
		最小值	最大值	平均值	中值	
Ca ²⁺	54	0.023	0.861	0.178	0.123	93.0
Mg ²⁺	54	0.011	1.252	0.165	0.109	100.4
K ⁺	54	0.003	0.321	0.070	0.039	326.0
Na ⁺	54	0.032	9.332	1.398	0.833	5.6
Cl ⁻	54	0.620	27.385	4.078	2.216	45.7
SO ₄ ²⁻	54	0.053	6.168	1.071	0.648	471.5
HCO ₃ ⁻	54	0.065	0.579	0.124	0.102	1073.5
CO ₃ ²⁻	54	—	—	—	—	—

市土壤中不含 CO_3^{2-} 或 CO_3^{2-} 含量极少, 含量最丰富的为 Cl^- , 其次为 SO_4^{2-} 。黄骅市采样点盐分离子含量情况如图 4 所示, 地块间 HCO_3^- 含量差异性较小, 分布较为均匀。

2.4 盐分离子空间分布特征

采用克里金插值法绘制盐分离子的空间分布图(图 5)。由图 5 可知, 大部分盐分离子的空间结构性都较好, 呈现沿海

高、内陆低的趋势, 东部地区各盐分离子含量明显高于其他地区, 这主要是东部地区靠近渤海所致, 中部地区离子含量较低。从各盐分离子的分布情况来看, Cl^- 和 Na^+ 的分布规律极为相似, 表明该地区盐渍化土壤中的盐分主要以 NaCl 的形式存在, 此外, Mg^{2+} 和 HCO_3^- 的分布规律也较为相似, 表明 Mg^{2+} 和 HCO_3^- 也是盐分的主要结合方式。

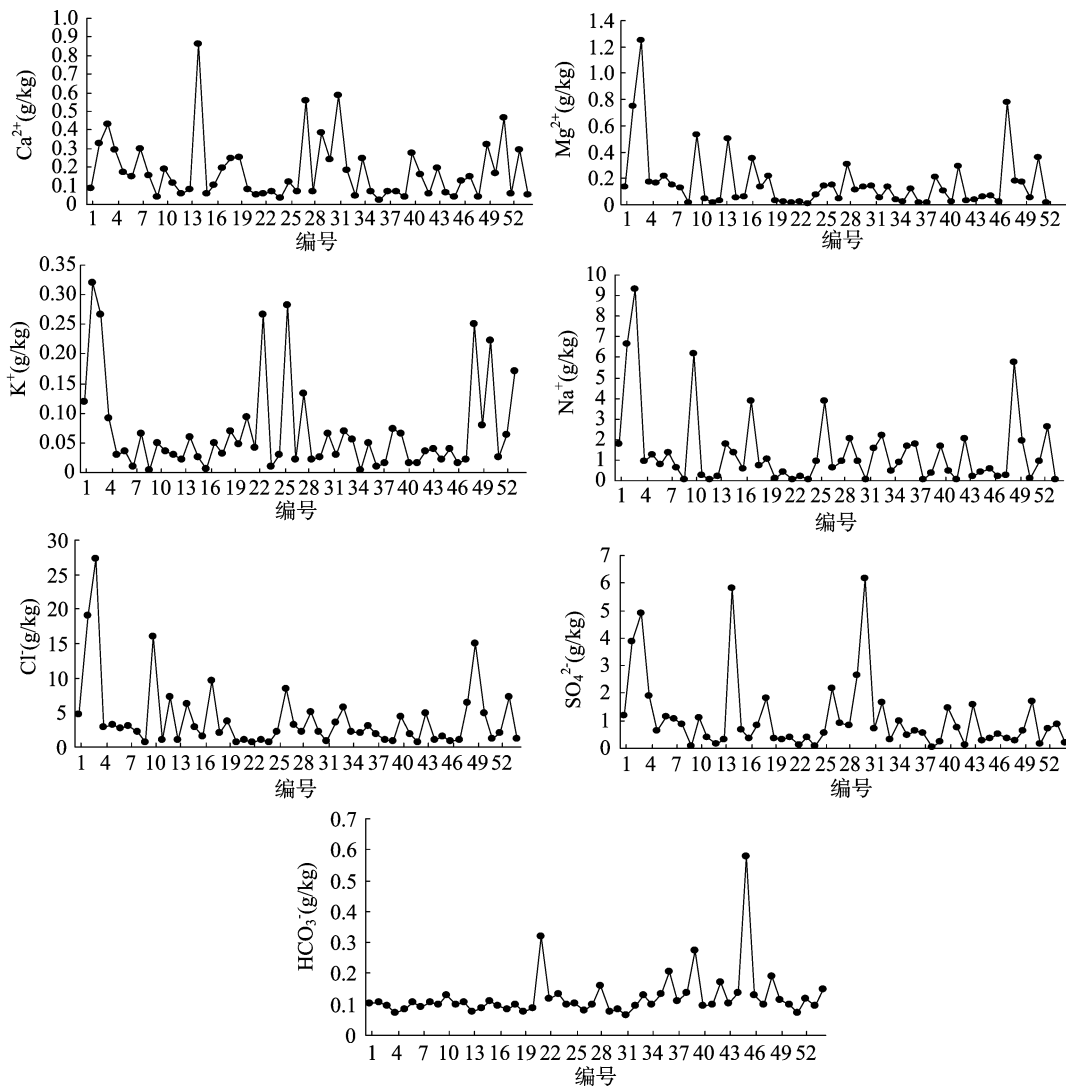


图4 采样点盐分离子含量分布

2.5 土壤养分、盐分离子含量相关性分析

由表 4 可以看出, 碱解氮含量与有机质含量关系密切, 为极显著的正相关关系, 碱解氮含量与 8 大离子含量之间均为负相关关系, 与总盐分之间为极显著的负相关关系, 表明有机质是氮素的主要来源, 而盐分含量高是造成碱解氮含量缺乏的重要原因; 速效磷含量与碱解氮含量呈极显著正相关关系, 与有机质含量呈显著的正相关关系, 与盐分离子含量的相关性不明显, 表明有机质也是磷素的重要补给源; 速效钾含量与钾离子含量呈极显著的正相关关系, 与其他离子含量及总盐分之间均为正相关关系, 表明盐分含量高是造成钾素含量丰富的重要原因; 有机质含量与碱解氮含量、速效磷含量呈正相关关系, 与总盐分呈显著负相关, 表明盐分含量高是造成有机

质缺乏的重要原因。总盐分与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量均为显著正相关关系, 且与 Na^+ 、 Cl^- 显著性关系最强, 与 HCO_3^- 为负相关关系; 除 HCO_3^- 含量与其他离子含量为负相关关系外, 其他离子含量两两之间均为正相关关系, 说明 HCO_3^- 与其他离子之间存在相互抑制的关系, HCO_3^- 的存在可能导致盐分总含量的减少。

3 结论与讨论

本研究结果表明, 环渤海地区盐渍土壤碱解氮和有机质含量缺乏, 速效磷和速效钾含量丰富; 碱解氮和有机质的空间分布较均匀, 速效磷和速效钾的空间分布较为离散。碱解氮和有机质含量呈现沿海低、内陆高的趋势; 速效磷和速效钾含

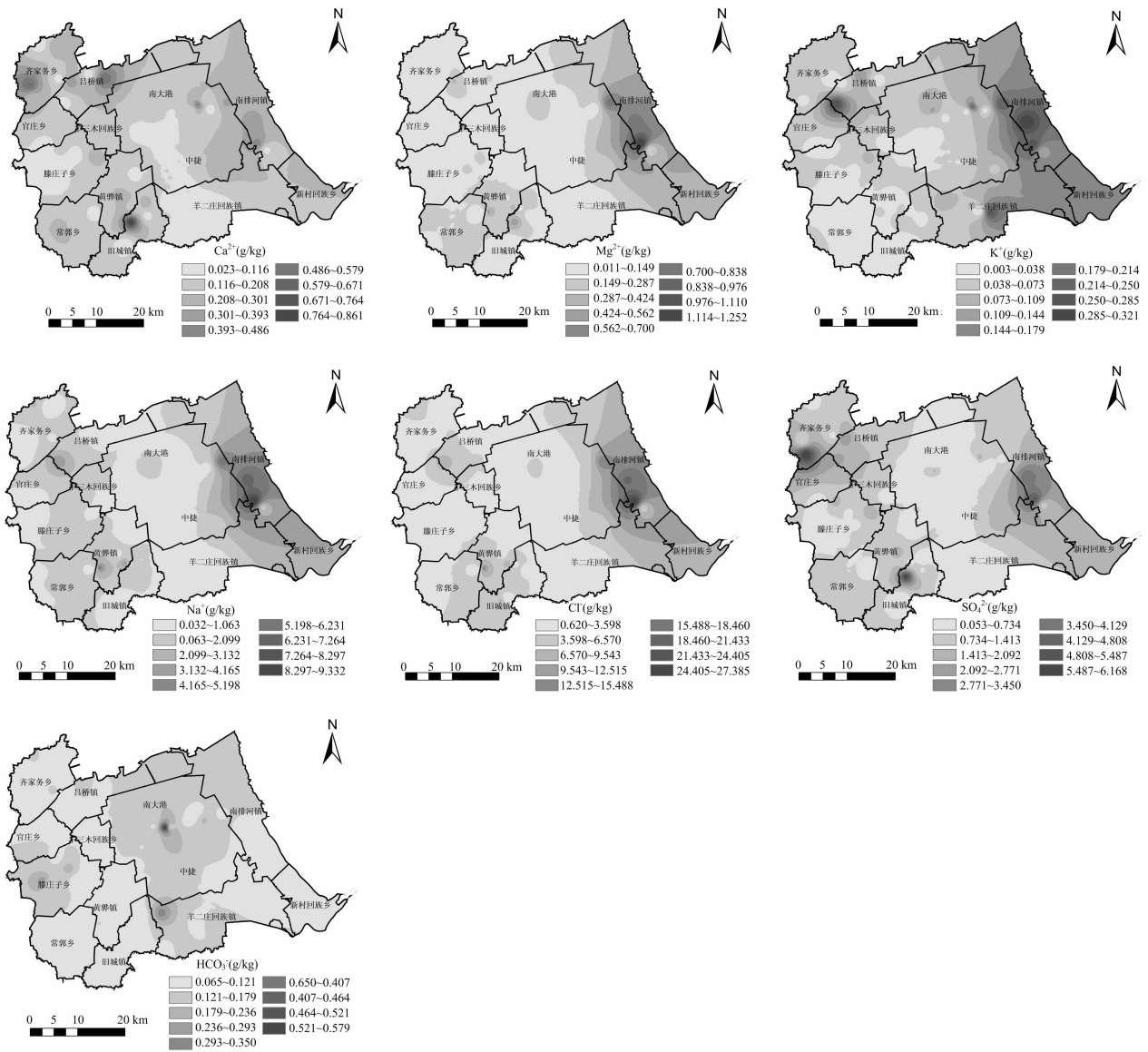


图5 土壤盐分离子空间分布

表 4 土壤养分、盐分含量之间的相关性

养分	相关系数											
	碱解氮	速效磷	速效钾	有机质	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	总盐分
碱解氮	1											
速效磷	0.422 **	1										
速效钾	-0.206	-0.045	1									
有机质	0.752 **	0.321 *	0.050	1								
Ca ²⁺	-0.058	0.020	0.043	0.021	1							
Mg ²⁺	-0.443 **	-0.134	0.226	-0.190	0.563 **	1						
K ⁺	-0.288 *	0.004	0.482 **	-0.024	0.201	0.544 **	1					
Na ⁺	-0.556 **	-0.185	0.257	-0.301 *	0.301 *	0.910 **	0.568 **	1				
Cl ⁻	-0.483 **	-0.168	0.247	-0.246	0.327 *	0.916 **	0.567 **	0.956 **	1			
SO ₄ ²⁻	-0.187	0.178	0.130	-0.083	0.590 **	0.600 **	0.289 *	0.510 **	0.501 **	1		
HCO ₃ ⁻	-0.041	-0.124	0.254	-0.042	-0.337 *	-0.204	-0.077	-0.142	-0.131	-0.217	1	
总盐分	-0.504 **	-0.176	0.223	-0.296 *	0.345 *	0.853 **	0.542 **	0.881 **	0.853 **	0.481 **	-0.159	1

注: * 表示在 0.05 水平显著相关, ** 表示在 0.01 水平显著相关。- 表示负相关关系,其余为正相关关系。

- [4] Tan R X, Zou W X. Endophytes; a rich source of functional metabolites[J]. Natural Product Reports, 2001, 18(4): 448–459.
- [5] 纪丽莲, 张强华, 崔桂友. 芦竹内生真菌 F0238 对植物病原菌的拮抗作用[J]. 微生物学通报, 2004, 31(2): 82–86.
- [6] Shimizu M, Nakagawa Y, Sato Y, et al. Studies on endophytic actinomycetes (I) *Streptomyces* sp. isolated from rhododendron and its antifungal activity [J]. Journal of General Plant Pathology, 2000, 66(4): 360–366.
- [7] 孙力军, 陆兆新. 植物内生菌抗菌活性物质研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(2): 78–82.
- [8] 杨亚军, 周秋贵, 曾红, 等. 车前草化学成分及新生物活性研究进展[J]. 中成药, 2011, 33(10): 1771–1776.
- [9] Jiang L M, Nie S P, Zhou H L, et al. Carboxymethylation enhances the maturation-inducing activity in dendritic cells of polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. [J]. International Immunopharmacology, 2014, 22(2): 324–331.
- [10] 王歌. 车前草化学成分与药理作用的研究[J]. 黑龙江医药, 2014(4): 864–865.
- [11] Nishibe S. The plant origins of herbal medicines and their quality evaluation[J]. Yakugaku Zasshi, 2002, 122(6): 363–379.
- [12] 张雪芹, 曲玮, 梁敏钰. 车前草化学成分和药理作用研究进展[J]. 海峡药学, 2013(11): 1–8.
- [13] 巩健. 马齿苋内生菌分离及其抑菌效果研究[J]. 食品工业, 2014(7): 144–147.
- [14] 孙燕, 吕跃军, 华木星, 等. 民间草药臭灵丹抑菌作用的实验研究[J]. 中国民族医药杂志, 2014(9): 44–45.
- [15] 李春美, 杜靖, 谢笔钧. 柚皮提取物的抑菌作用[J]. 食品与发酵工业, 2004(1): 38–41, 56.
- [16] 周邦靖. 常用中药的抗菌作用及其测定方法[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1987: 100–299.
- [17] 李小青, 黄文祥, 郑行萍, 等. 美洛西林-三唑巴坦的体外抗菌活性[J]. 中国新药与临床杂志, 2006, 25(3): 189–192.
- [18] 李强, 刘军, 周东坡, 等. 植物内生菌的开发与研究进展[J]. 生物技术通报, 2006(3): 33–37.
- [19] Castillo U F, Strobel G A, Ford E J, et al. Munumbicins, wide-spectrum antibiotics produced by *Streptomyces* NRRL 30562, endophytic on *Kennedia nigricans* [J]. Microbiology, 2002, 148(9): 2675–2685.
- [20] 文才艺, 吴元华, 田秀玲. 植物内生菌研究进展及其存在的问题[J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 86–91.
- [21] Roth J, Leroith D, Collier E S, et al. Evolutionary origins of neuropeptides, hormones, and receptors: possible applications to immunology[J]. Journal of Immunology, 1985, 135(2): 816–819.
- [22] Li A P, Gorycky P D, Hengstler J G, et al. Present status of the application of cryopreserved hepatocytes in the evaluation of xenobiotics: consensus of an international expert panel[J]. Chemico-Biological Interactions, 1999, 121(1): 117–123.
- [23] 贾栗, 陈疏影, 翟永功, 等. 近年国内外植物内生菌产生物活性物质的研究进展[J]. 中草药, 2007, 11(11): 1750–1754.
- [24] 王锋, 左国营, 韩峻, 等. 20种清热解毒中草药体外抗金黄色葡萄球菌活性筛选[J]. 中国感染控制杂志, 2013(5): 321–325.
- [25] Strobel G, Daisy B. Bioprospecting for microbial endophytes and their nature products [J]. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 2003, 67(4): 491–502.
- [26] 史应武, 姜恺, 李春. 植物内生菌在生物防治中的应用[J]. 微生物学杂志, 2009, 11(6): 61–64.
- [27] 黄午阳. 植物内生真菌的抗菌活性研究[J]. 南京中医药大学学报, 2005, 21(1): 24–26.
- [28] 陈红云, 申元英. 车前草几种提取物的抗菌活性研究[J]. 大理学院学报, 2012(3): 21–23.

(上接第348页)

量呈现沿海高、内陆低的趋势。环渤海地区盐渍土壤中不含 CO_3^{2-} 或 CO_3^{2-} 含量极少, 含量最丰富的为 Cl^- , 其次为 SO_4^{2-} 。地块间 HCO_3^- 含量差异性较小, 分布较为均匀, 盐分离子含量呈现沿海高、内陆低的趋势, 盐渍化土壤中的盐分主要以 NaCl 的形式存在, 此外, Mg^{2+} 和 HCO_3^- 也是盐分的主要结合方式。

碱解氮含量与有机质含量为极显著的正相关关系, 与总盐分之间为极显著的负相关关系, 表明有机质是氮素的主要来源, 盐分含量高是造成碱解氮含量缺乏的重要原因; 速效磷含量与有机质含量呈显著的正相关关系, 表明有机质也是磷素的重要补给源; 速效钾与钾离子呈极显著的正相关关系, 与其他离子含量及总盐分均为正相关关系, 表明盐分含量高是造成钾素含量丰富的重要原因; 有机质与总盐分呈显著负相关关系, 表明盐分含量高是造成有机质缺乏的重要原因。总盐分与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 均为显著正相关关系, 且与 Na^+ 、 Cl^- 显著性关系最强, 与 HCO_3^- 为负相关关系; HCO_3^- 与其他离子之间存在相互抑制的关系, HCO_3^- 的存在可能导致盐分总含量的减少。

参考文献:

- [1] Shen Q R, Liu Z P, Mao Z S. Effect of initial soluble salt composition

of saline soil on salinity tolerance of barley plant [J]. Pedosphere, 1991, 1(4): 355–362.

- [2] 石玉林. 西北地区土地荒漠化与水土资源利用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 335.
- [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[J]. 土壤, 1997(6): 326–330.
- [4] 储晓雷, 刘高焕, 刘悦翠, 等. 黄河三角洲土壤离子空间相关性研究[J]. 中国科技信息, 2005(12): 35–57.
- [5] 左彤, 何玲, 张俊梅. 基于 CA-Markov 模型的滨海土壤盐渍化动态变化研究——以黄骅市为例[J]. 资源科学, 2014, 36(6): 1298–1305.
- [6] 李楠. 黄骅市水土资源空间优化耦合研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2012.
- [7] 张晓楠, 宋宏利, 王雨, 等. 基于 RS 和 GIS 技术的湿地生态环境质量评价分析——以黄骅湿地为例[J]. 水土保持研究, 2007, 4(4): 233–236.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 苏伟, 聂宜民, 胡晓洁, 等. 利用 Kriging 插值方法研究山东龙口北马镇农田土壤养分的空间变异[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(1): 76–81.
- [10] 徐志强, 刘顺国, 何琳, 等. 昌图县土壤肥力状况分析[J]. 垦殖与稻作, 2006(6): 63–65.