

## 基于 GIS 的黄淮海平原土壤盐分分布与管理研究 \*

白由路 李保国 石元春

(中国农业大学土壤和水科学系,北京 100094)

**摘要:** 本文通过 GPS 定位取样分析、Kriging 插值和 GIS 处理,研究了黄淮海平原土壤盐分的空间分布,结果表明:黄淮海平原非盐渍土的面积占 80.8%,轻度盐化土壤占 17.0%,中度盐化占 2.2%,重度盐化土壤的面积仅占 0.04%。有 7.2% 的土壤表层(0~10 cm)虽无盐化现象,但其 20 cm 以下层次土壤含盐量超过 0.1%;黄淮海平原盐渍化土壤目前已主要分布于沿渤海湾低平原、河北省的衡水以北和山东南四湖地区,其它地区已无大面积盐渍土分布;从宏观而论,黄淮海平原的盐渍化程度正在减轻,土壤正向脱盐方向发展,大部分地区已经脱离了土壤盐渍化的困扰。但是,在上述三地区及周边地区,土壤盐渍化的治理与次生盐渍化的防治仍是近期农业管理所必须考虑的重要因素。

**关键词:** 土壤盐分;黄淮海;GIS

中图分类号:S126

文献标识码:A

文章编号:1007-7588(1999)04-0066-05

## RESEARCH OF THE SOIL SALT CONTENT DISTRIBUTION AND MANAGEMENT IN HUANG HUAIF HAI PLAIN BASED ON GIS

BAI You-lu LI Bao-guo SHI Yuan-chun

(Dept of Soil and Water Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** The spatial distribution of soil salt content was studied by means of GPS, GIS and Kriging method. The results indicated that non-saline soils, lightly saline soils, moderately saline soils and severely saline soils cover 80.8%, 17.0%, 2.2%, and 0.04% of the Huang-Huai-Hai Plain respectively. The area with soil salt content lower than 0.1% in a depth of 0-200 cm occupies 75% of the entire plain. The area with surface soil(0-10 cm) free from salinization but with salt content over 0.1% under 20 cm of sub-layer makes up 7.2%. The results also indicated that the extent of salinization in the study area is lighter nowadays than that in the past. At present, the salt-affected soils in the Huang-Huai-Hai Plain are only distributed on the lower plain along the Bohai Gulf, northern Hengshui in Hebei Province and Nansihu region in Shandong Province. The entire plain has been basically free from soil salinization but in the three regions mentioned above, the prevention and management of soil salinization and secondary salinization is essential in farming practice management. Irrigation should satisfy the crop requirements and leaching soil salts in the regions with soil salt content lower than 0.1% in surface soil and more over the sub-layers.

**Key words:** Salt-affected soil; Huang-Huai-Hai Plain; GIS

黄淮海平原位于我国东部,跨冀、鲁、豫、苏、皖五省和京津二市,总面积为  $31 \times 10^4 \text{ km}^2$  是我国的重要的农业产区。但是,土壤的盐渍化与次生盐渍化一直是困扰黄淮海平原农业发展的重要因素,近年来,随着大规模的治理和水资源的日趋紧张,地表水几乎断绝,地下水位大幅下降<sup>[1]</sup>,土壤盐渍化为害程度正在逐年减轻<sup>[2]</sup>,也有学者认为,聚积

收稿日期:1999-04-08;收到修改稿日期:1999-04-16

\* 国家“九五”攻关项目,合同号 96-004-01-14-2。

作者简介:白由路(1961~),男,河南省温县人,副教授,中国农业大学博士。主要从事土壤物理和黄淮海平原水盐运动的研究。

在黄淮海平原土壤中的盐分非但没有减少,反而相应有所增加<sup>[3,4]</sup>。过去对黄淮海平原土壤盐分的研究多是以田块或小流域的尺度,对整个平原的土壤盐分的积累与分布研究较少。所以,研究整个黄淮海平原土壤盐分的空间分布,对该区农业生产中的水盐管理、预测土壤的次生盐渍化的可能性和农业的可持续发展将有重要意义,本研究通过 GPS 定位取样、GIS 处理分析,旨在对黄淮海平原的土壤盐分分布状况有较详细的了解,为黄淮海平原盐渍土的管理、改良和次生盐渍化的防治提供依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 样品采集

本研究采用 GPS 定位技术<sup>[5]</sup>,以石元春等(1985)编纂的《黄淮海平原农业图集》<sup>[6]</sup>为基础,对黄淮海平原进行定点取样,样点分布见图 1。采样点以东经 116 线为中心,以北纬 40°为基准点,向东、西和南方向每隔 50 km 确定一采样点,考虑到在黄淮海平原的某些地区土壤盐渍化问题较为突出,所以,在黑龙港地区和南四湖及环渤海湾低平原地区,采样点加密一倍,采样地均为农田。取样层次为 0~10 cm、10 cm~20 cm、20 cm~40、40 cm~100 cm 和 100 cm~200 cm,共取样点 139 个,采样时间为 1998 年 4 月至 1998 年 6 月底。

## 1.2 样品处理与分析

对所采集的土壤样品进行风干,过 1 mm 筛,然后以 5:1 的水土比进行抽滤浸提,测定土壤盐分及其组成<sup>[7,8]</sup>,全盐量以土壤中八大离子的重量总和计算,各离子的测定方法分别为: K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>:火焰光度计法; Ca<sup>++</sup>、Mg<sup>++</sup>:原子吸收分光光度计法; Cl<sup>-</sup>:莫尔法; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:双指标剂法; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:EDTA 容量法。

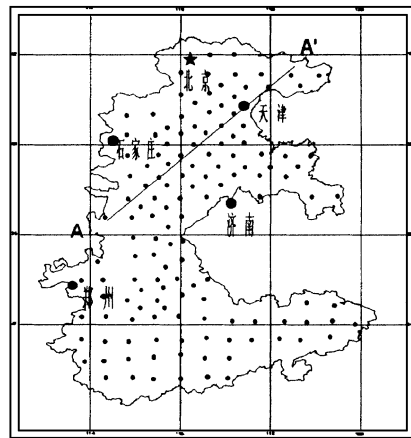


图 1 土壤样点分布示意图  
(A—A 剖面线)

Fig. 1 The sketch map of soil sampling sites  
(A—A The line of section)

## 1.3 数据处理

本文主要采用 Kriging 插值法<sup>[9]</sup>,对点数据进行空间内插,然后应用 GIS<sup>[10]</sup>进行有关图幅的处理和相关的资料统计。

1.3.1 Kriging 插值 Kriging 插值是目前地统计学中应用最广泛的内插值法<sup>[11]</sup>,它是利用已知点的数据去估计任意点(x<sub>0</sub>)处的数值,其算法可表示为:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

式中:λ<sub>i</sub>是考虑了半方差图中表示空间的权重,其中总盐量半方差图的确见参考文献[20],所以,Z值的估计应该是无偏的,因为:∑<sub>i=1</sub><sup>n</sup> λ<sub>i</sub> = 1 估计偏差是最小的,并可以由下列方程求出:λ<sub>d</sub> = b<sup>T</sup> | μ 式中 b 是被估计点与其它点之间的半

方差矩阵,μ 为拉格朗日参数。在该研究中,插值密度设为 0.015 度。

1.3.2 GIS 平台 本研究主要利用 IDRISI 软件,所有图件均采用经/纬度坐标投影。

# 2 结果分析

## 2.1 黄淮海平原盐渍化土壤的数量分布

根据《中国盐渍土》<sup>[12]</sup>所提出的盐渍土盐分含量分类标准,黄淮海平原盐渍化土壤可分为 5 个等级(见表 1)。通过对黄淮海平原近 140 个样点的取样分析,在 GIS 支持下,经处理后,以 0~20 cm 土壤平均含盐量计算,在黄淮海平原,目前已有 25.1 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup> 面积的土壤属非盐化土,占总面积的 80.76%,其它还存在不同程度的盐渍化现象,其中,属轻度盐渍化的有 5.3 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,占 17.0%,中度盐渍化的有 0.7 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,占 2.2%,强度盐化的土壤仅 112 km<sup>2</sup>,占 0.04%。在黄淮海平原,土壤含盐量大于 0.6% 的土壤除极少部分盐荒地外,已种植为农田的土壤基本没有。

通过对黄淮海平原不同层次土壤含盐量的分析,在 GIS 支持下,

表 1 黄淮海平原盐渍化土壤等级的划分

Table 1 The grades of salt-affected soil in the Huang-Huai-Hai plain

等级	土壤含盐量 (%)
非盐化土壤	< 0.1
轻度盐化土壤	0.1~0.2
中度盐化土壤	0.2~0.4
强度盐化土壤	0.4~0.6
盐土	> 0.6

得到黄淮海平原不同层次土壤含盐量的面积与比例(表 2)。

表 2 黄淮海平原不同层次土壤含盐量的面积与比例

Table 2 The area & proportion of soil salt content in different section the Huang Hai Hai plain

含盐量 (%)		< 0.1	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.4	0.4 ~ 0.6	> 0.6
0 ~ 10	面积 (km <sup>2</sup> )	257 399.1	44 272.9	9 067.95	21.91	-
(cm)	比例 (%)	82.83	14.25	2.92	0.01	-
10 ~ 20	面积 (km <sup>2</sup> )	242 352.2	60 304.24	7 919.77	238.62	-
(cm)	比例 (%)	77.97	19.40	2.55	0.08	-
20 ~ 40	面积 (km <sup>2</sup> )	235 069.5	64 277.92	10 999.79	431.09	2.19
(cm)	比例 (%)	75.64	20.68	3.54	0.14	-
40 ~ 100	面积 (km <sup>2</sup> )	238 534.5	63 714.9	8 451.37	100.73	-
(cm)	比例 (%)	76.75	20.50	2.72	0.03	-
100 ~ 200	面积 (km <sup>2</sup> )	237 179.2	59 732.18	12 697.72	922.29	263.08
(cm)	比例 (%)	76.31	19.22	4.09	0.30	0.08

由表可见,目前黄淮海平原 0~200 cm 土体通体含盐小于 0.1% 的土壤的面积已达 75% 以上,除海涂外,盐土的面积已经极小,特别是 0~10 cm 的表层,土壤含盐量低于 0.1% 的面积已达 82%,且面积高于下层土壤,这说明表层土壤的脱盐效果较下层明显,并且有可能上部脱盐而下部土层盐分积累,并与近年来黄淮海平原土壤的农业利用和培肥有关<sup>[13~15]</sup>,从不同土层土壤含盐量 < 0.1% 的土壤的面积变化(图 2)可见,有近 5% (约  $1.5 \times 10^4$  km<sup>2</sup>) 的土壤表层含盐量小于 0.1% 而,其 10 cm 以下则高于该值,同时,还有 2.3% (约 7 000 km<sup>2</sup>) 的土壤 20 cm 以下土壤含盐量大于 0.1%。20 cm 以下,土壤含盐量大于 0.1% 的土层面积相对稳定,这说明,黄淮海平原 75% 以上的地区,0~200 cm 土层均没有盐化现象,土壤的盐渍化问题已不再是农业生产限制因素。

## 2.2 土壤盐分的水平分布

应用 Kriging 方法,通过对近 140 个点的插值,可得到不同土层土壤含盐量的平面分布图,为了能清楚地显示黄淮海平原土壤的盐渍化状况,按土壤盐分含量再分类,得到不同土层土壤盐分状况分布图(图 3)由图可见,目前黄淮海平原盐渍化

土壤主要集中在三个地区,即沿渤海湾的低平原地区、河北省衡水北部地区和山东省的南四湖地区。其它地区土壤基本上没有大面积的盐渍化现象,从不同土层不同土壤盐分含量的面积分布来看,土层越深,土壤含盐量大于 0.1% 的面积扩展越大,且盐分含量也越高。在盐渍土分布地区,土壤表层一般以轻度盐化为主,伴有少量的中度盐化,20 cm 以下土层含盐量在 0.2%~0.4% 的面积明显增加。以南四湖地区表现最为典型,所以,在盐化土壤与非盐化土壤的交界地区,一般下层土壤含盐量均较高,是次生盐化易于发生的地区。

## 2.3 土壤盐分的垂直分布

从以上分析,对黄淮海平原土壤盐分的垂直分布已经有所了解,总的趋势是上部土壤含盐量低于下部土壤。从磁县至滦南的一条切面上(图 4),也可以看出在南宫附近,至广宗方向,可以清楚地看到土壤下部含盐较多,沧州附近土壤含盐较高的地区也有这种趋势。

## 2.4 土壤盐渍化的演变趋势

从整个黄淮海平原土壤盐分的水平分布来看,土壤盐分已明显集中分布在沿渤海湾低平原、衡水以北及南四湖

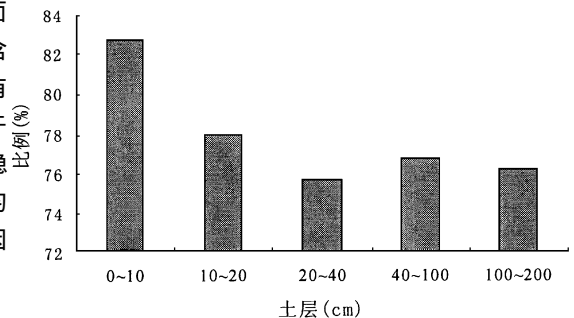


图 2 不同土层土壤含盐量低于 0.1% 的土壤面积比例  
Fig. 2 The proportion of soil salt content exceeding than 0.1% in area in different sections

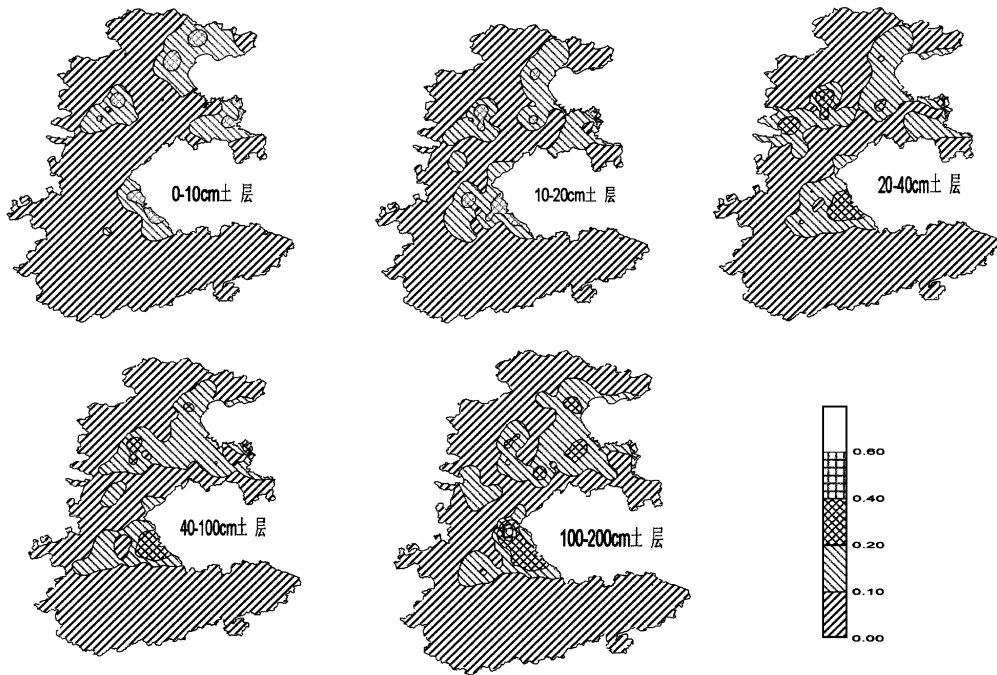


图 3 黄淮海平原不同土层盐分状况

Fig. 3 The status of soil salt content in each section of the Huang-Huai-Hai plain

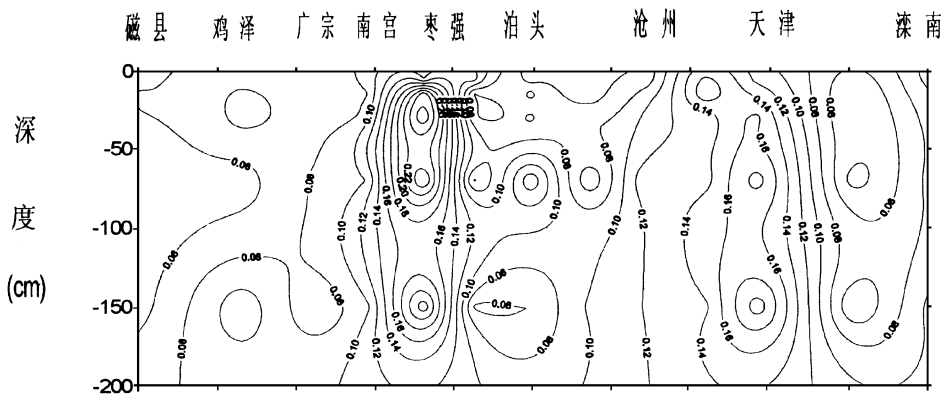


图 4 磁县至滦南切面土壤盐分含量 (%) 分布图

Fig. 4 The distribution of soil salt content in section from Ci county to Luannan county

地区,从垂直分布来看,土壤中的盐分一般呈上低下高的分布趋势,纵观黄淮海平原土壤盐渍化的历史<sup>[16]</sup>,这种空间分布象征着土壤的脱盐过程仍在进行之中<sup>[17,18]</sup>,土壤盐分正从土壤的表层向深层移动,致使土壤表层 0.1% 含盐量明显低于下层土壤,由此可见,黄淮海平原的盐渍土区土壤盐渍化的程度正在减轻,土壤的脱盐过程从总体上大于积盐过程,在较大的范围内,土壤通体盐分已下降至 0.1% 以下,这些地区已经脱离了土壤盐渍化的困扰,如广大的豫东南黄泛平原、皖北地区和苏北平原的大部分地区。黄淮海平原的实地调查也证实了这种看法。但是,在盐化土壤的周边地区,土壤下层的盐分是潜在盐渍化的重要因素,这部分土壤的水盐管理会直接影响到土壤的次生盐渍化,且次生盐渍化的速度也是非常迅速的,通过 1997 年对黑龙港中部的实地调查,1996 年的丰水年,就造成许多地方农田出现盐斑。所以,黄淮海平原部分地区的土壤水盐生态系统还是十分脆弱,土壤盐渍化与次生盐渍化的防治还是近期农业管理所必须考虑的重要因素。

## 2.5 黄淮海平原盐化土壤的管理

有关盐渍土的改良与管理前人都做了大量的工作<sup>[21]</sup>。综上所述,从目前黄淮海平原盐渍化的分布、特征和演变趋势看,笔者认为,黄淮海平原盐渍土的管理应遵循几点:

(1) 0~200 cm 土体全部脱盐化的地区,盐渍化已不再是农业生产的限制因素,土壤管理应以培育为主。在没有大量外来水的情况下,可以不考虑土壤的次生盐渍化问题。

(2) 在 0~20 cm 脱盐,但下层土壤含盐量超过 0.1% 的地区,特别是 0~10 cm 土壤含盐量低于 0.1%,而 10 cm~20 cm 的含盐量高于 0.1% 的地区,在农业用水管理上除满足植物生长外,还必须考虑到洗盐的问题。所以,在灌溉上,不应进行小定额灌溉。以免引起返盐。在作物苗期,小雨过后,还要采取中耕等保墒措施,防止土壤蒸发而引起的土壤表层盐分积累。

(3) 对表层含盐较高的盐渍土地区,应以改良为主,因地制宜,改良利用相结合。

## 3 结论与讨论

(1) 通过对黄淮海平原土壤盐分分布的研究,可以得出以下结论:黄淮海平原非盐渍土的面积占 80.8%,轻度盐化土壤占 17.0%,中度盐化占 2.2%,重度盐化土壤的面积仅占 0.04%。有 7.2% 的土壤表层虽无盐化现象,但其 20 cm 以下层次土壤含盐量超过 0.1%,这是土壤次生盐渍化的易发地区。黄淮海平原盐渍化土壤目前已主要分布于沿渤海湾低平原、河北省的衡水以北和山东南四湖地区,其它地区已无大面积盐渍土分布。从宏观而论,黄淮海平原的盐渍化程度正在减轻,土壤正向脱盐方向发展,大部分地区已经脱离了土壤盐渍化的困扰。但是,在本地及周边地区,土壤盐渍化的治理与次生盐渍化的防治仍是近期农业管理所必须考虑的重要因素。

(2) 黄淮海平原面积约  $31 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,群众素有“一步三换土”的说法<sup>[19]</sup>,给取样工作造成了很大难度,不可能照顾到较小的范围,所以,该结论是仅就整个黄淮海平原的宏观而言的,对于大尺度的空间插值,还是一种尝试,有待于进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] 陈志雄,赵其国. 黄淮海平原的节水农业问题[J]. 土壤,1989,21(4):196~199.
- [2] 田济马,毛任钊. 黑龙港地区盐碱地演变的研究[J]. 土壤学报,1995,32(2):228~233.
- [3] 石元春,辛德惠. 黄淮海平原的水盐运动和旱涝碱的综合治理[M]. 石家庄:河北人民出版社,1983.
- [4] 魏由庆. 从黄淮海平原水盐均衡谈土壤盐渍化的现状和将来[J]. 土壤学进展,1995,23(2):18~25.
- [5] 王广运,郭秉义,李洪涛. 差分 GPS 定位技术与应用[M]. 北京:电子工业出版社,1996.
- [6] 石元春等. 黄淮海平原农业图集[M]. 北京:北京农业大学出版社,1985.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [8] 谢承陶. 盐渍土改良原理与作物抗性[M]. 北京:中国农业科技出版社,1993.
- [9] Vieira, S. R., Halfield, J. L., et al. Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties. Hilgardia[J], 1983, 51(3):1~75.
- [10] Peter A. B., Rachael A. M.. Principles of Geographical Information Systems Press [M]. Oxford University, 1998.
- [11] 周慧珍,龚子同. 土壤空间变异性研究[J]. 土壤学报,1996,33(3):232~241.
- [12] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [13] 魏由庆,严慧峻,张锐等. 黄淮海平原季风区盐渍土培育“淡化肥沃层”措施与机理的研究[J]. 土壤肥料,1992,(5):28~31.
- [14] 严慧峻,魏由庆,马卫萍等. 培育“淡化肥沃层”对盐渍土改良效果的影响[J]. 土壤肥料,1992,(3):5~7.
- [15] 魏由庆,严慧峻,刘继芳等. 洼涝盐渍土“淡化肥沃层”的培育与功能的研究[J]. 土壤学报,1994,31(4):413~421.
- [16] 中国科学院土壤及水土保持研究所. 华北平原土壤[M]. 北京:科学出版社,1961.
- [17] 石元春,李保国,李韵珠等著. 区域水盐运动监测预报[M]. 石家庄:河北科学技术出版社,1991.
- [18] 李韵珠. 区域土壤盐渍化状况分析[J]. 土壤肥料,1992,(5):8~10.
- [19] 黎立群. 盐渍土基础知识[M]. 北京:科学出版社,1986.
- [20] 白由路,李保国,胡克林. 黄淮海平原土壤盐分及其组成的空间变异特征研究[J],土壤肥料,1993(3).
- [21] 石元春. 盐渍土改良和利用. 中国农业四十年[M]. 北京:中国科学技术出版社,1989.