

江苏海涂土壤 盐分地球化学特征的初步研究*

方明 陈邦本 胡蓉卿

(南京农业大学土壤农化系, 210014)

摘 要

根据江苏海涂地区所做的大量分析数据,应用数理统计方法,对滨海盐土的盐分地球化学类型及其变化规律进行了定量的研究,分别提出盐分离子组成规律和盐分变化中几种离子当量比的特征值,为滨海盐土的分类和利用改良提出了依据。

关键词 海涂土壤, 盐分, 地球化学, 江苏省

江苏海岸带地处江淮下游,属暖温带与北亚热带过渡的季风气候区,年降雨量850—1050 mm。由海堤至理论深度基准面之间的江苏海涂面积47.56万ha,其中由海堤至平均高潮线之间的近期可围面积8.23万ha^[1]。海涂土壤在潮汐海水浸渍下发育为滨海盐土,其中草甸滨海盐土1 m土层平均含盐量为 $3.2 \pm 1.9 \text{ g kg}^{-1}$,沼泽滨海盐土为 $5.2 \pm 1.4 \text{ g kg}^{-1}$,潮滩盐土为 $10.5 \pm 3.8 \text{ g kg}^{-1}$ [2],单个土层含盐量变化在0.8—24.0g kg⁻¹之间。在向海倾斜的海涂滩地,潮浸频率逐渐增加,形成与潮位线平行的各种生态环境,它决定了海涂水盐运移的方向和强度,形成有序的土壤盐渍地带分布规律^[3]和特有的盐分地球化学特征。

盐分地球化学是盐渍土发生分类的理论问题之一,也是土壤利用改良的科学依据,各国学者都很重视^[4,5]。江苏滨海盐土前人曾有研究^[6,7],但对海涂环境的盐分地球化学特征未见专文报道,关于滨海盐土碱化问题尚有争论^[8-10]。本文根据大量分析数据的研究,进一步阐明上述问题。

一、采样和方法

于1980至1985年旱季(5或11月),在江苏全省潮间带控剖面219个,采样深度为0—5,5—20cm和20cm以下按20cm等间距分层直至潜水面,共采取1097个土样,114个潜水样,16个近岸海水样。化验项目和方如下:

土样按1:5土水比提取,水样用原液或稀释处理。 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 用双指示剂滴定法, Cl^- 用硝酸银容量法, SO_4^{2-} 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 用EDTA容量法, K^+ 、 Na^+ 用火焰光度计法;含盐量用电导法。

每个样品阴阳离子误差控制在±4%以内。各离子重量百分数求和得土壤全盐量。

为减少数据量和使数据滤波并增加数据连续性,用滑动平均法^[11](表1),按全盐量开适当窗口,各

* 参加工作的还有陈铭达、龚泽圣、武心齐、陈兴华、王义炳、韩高原、张红娣等同志,一并致谢。

离子厘摩尔值随全盐量同步滑动平均。

表 1 土壤和潜水盐分滑动平均数据

Table 1 The treatment of salinity slip averages of soil and ground water

样 品 Sample	样品数 Number of samples	范 围 Range	窗 口 Window	重 叠 Duplication	滑动平均值数 Number of slip average values
土壤	1097	0.8—24.0g kg ⁻¹	5	2/5	46
潜水	61	2.0—60.0g L ⁻¹	3	1/3	25

以单个土层的全盐量或潜水矿化度为自变量 (x), 其各离子厘摩尔值为因变量 (y), 进行回归统计; 由各离子的拟合值回算的全盐量与滑动平均的全盐量之差, 土壤不超过 $\pm 0.05\text{g kg}^{-1}$, 潜水不超过 $\pm 0.05\text{g L}^{-1}$ 。在土壤与潜水的盐分统计中, 以 1m 土层加权平均含盐量与同点潜水矿化度进行计算。

二、结果与讨论

(一) 可溶盐离子组成

海涂土壤盐分主要来自海水, 海陆之间水盐循环决定了土壤和潜水的盐分地球化学特征, 然而海水、潜水和土壤是性质完全不同的体系, 三者的盐分地球化学过程也不同, 因而它们的盐分离子组成规律互有异同(表 2, 3; 图 1, 2, 3)。

由图 1 和表 3 可看出, 近岸海水含盐量有一定变幅, 不同于高度混匀和含盐稳定的(平均 35g L^{-1})大洋海水, 但近岸海水盐分化学类型与大洋平均成分的化学类型一致^[1]。

表 2 海水、潜水、土壤盐分与离子组成的关系

Table 2 Relationship between the salinity and ionic composition of coastal sea water ground water and soil

沿岸海水(含盐量 g L ⁻¹ , 离子含量 (cmol L ⁻¹)) Coastal sea water (Salinity g L ⁻¹ , Ion content cmol L ⁻¹)					
方 程 Equation	a	b	c	r	n
$y_{\text{HCO}_3^-} = ae^{bx}x^c$	0.05577	-0.03014	1.02897	0.945	16**
$y_{\text{SO}_4^{2-}} = ae^{bx}x^c$	5.76034	0.06387	-0.64602	0.992	16**
$y_{\text{Cl}^-} = a + bx$	-0.27352	1.54472	-	0.999	16**
$y_{\text{Ca}^{++}} = ae^{bx}x^c$	4.69026	0.02926	-0.52554	0.982	16**
$y_{\text{Mg}^{++}} = ae^{bx}x^c$	0.01228	-0.03297	2.21356	0.987	16**
$y_{\text{Na}^+} = a + bx$	-0.40717	1.35019	-	0.999	16**
$y_{\text{K}^+} = a + bx$	0.62834	0.00983	-	0.943	16**

续表 2

潜水 (矿化度 $g L^{-1}$, 离子含量 $cmol L^{-1}$)					
Ground water (Degree of mineralization $g L^{-1}$, Ion content $cmol L^{-1}$)					
$y_{HCO_3^-} = a + b \log x$	1.36169	-0.28252	—	0.968	25**
$y_{SO_4^{2-}} = ae^{bx}x^c$	0.31604	0.00484	0.75332	0.998	25**
$y_{Cl^-} = a + bx$	-2.10604	1.59467	—	0.999	25**
$y_{Ca^{++}} = ae^{bx}x^c$	0.48500	-0.00134	0.42498	0.995	25**
$y_{Mg^{++}} = ae^{bx}x^c$	0.48490	0.01406	0.70067	0.998	25**
$y_{Na^+} = ae^{bx}x^c$	0.77830	-0.00510	1.20538	0.999	25**
$y_{K^+} = ae^{bx}x^c$	0.02316	-0.00615	1.10159	0.995	25**

土壤 (含盐量 $g kg^{-1}$, 离子含量 $cmol kg^{-1}$)					
soil (Salinity $g kg^{-1}$, Ion content $cmol kg^{-1}$)					
$y_{HCO_3^-} = 1/(a + be^{-x})$	3.37442	-1.43447	—	0.988	46**
$y_{SO_4^{2-}} = ax^b$	0.21657	0.92815	—	0.999	46**
$y_{Cl^-} = a + bx$	-0.68631	1.52708	—	0.999	46**
$y_{Ca^{++}} = ae^{bx}x^c$	0.14451	0.04856	0.43230	0.993	46**
$y_{Mg^{++}} = ax^b$	0.13121	1.08597	—	0.988	46**
$y_{Na^+} = a + bx$	-0.24768	1.42981	—	0.999	46**
$y_{K^+} = ae^{bx}x^c$	0.05159	-0.01621	0.99370	0.995	46**

在潮间带,潜水因受成分不同的陆地水和海水相互补给和排泄,又通过土壤淋滤和蒸发,发生混和、化学反应和离子代换等作用,潜水和土壤进行着脱盐或积盐过程,在不同时间和生态条件下,二者进行的方向和强度各不相同,因而潜水和土壤的含盐量变幅较大,离子组成也发生了变异(图 2,3),虽然潜水和土壤的离子组成在不同含盐量都有两个排序(表 3),但三者盐分化学类型均为 Cl-Na 型。

(二) 潜水矿化度和土壤盐分的关系

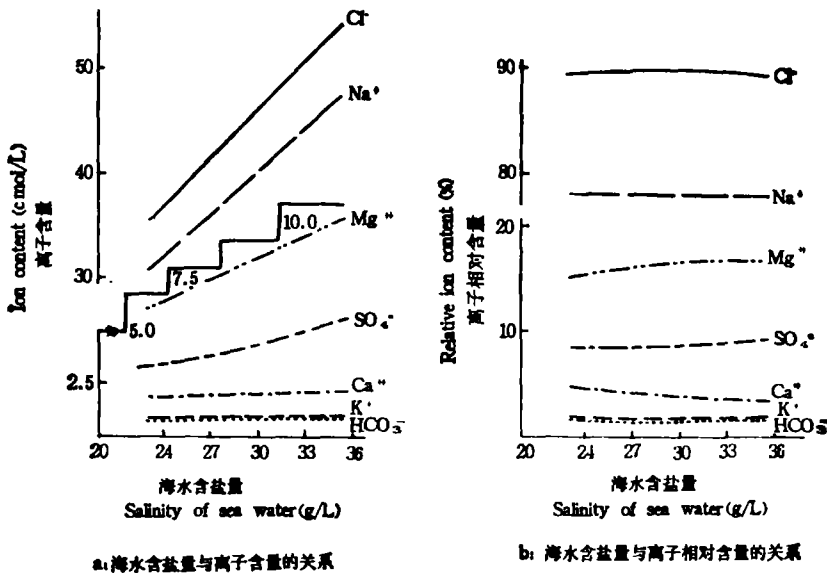


图 1 海水含盐量与离子组成的关系

Fig. 1 Relationship between the salinity and ion composition of sea water

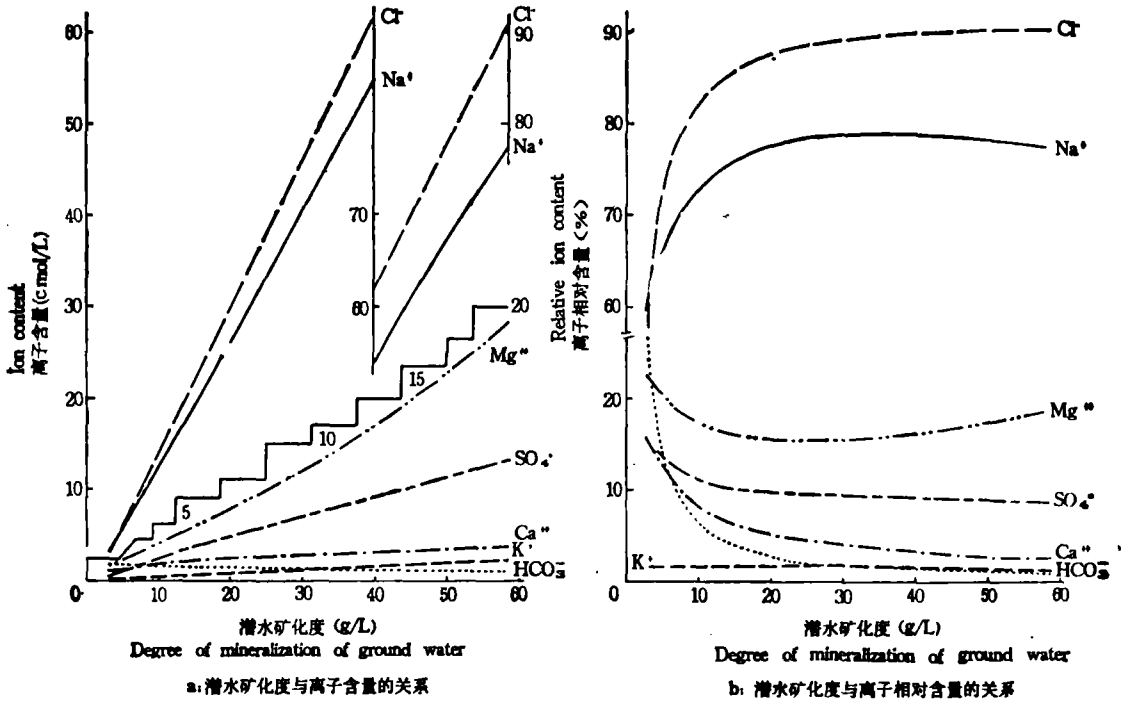


图 2 潜水矿化度与离子组成的关系

Fig. 2 Relationship between the degree of mineralization and ionic composition of groundwater

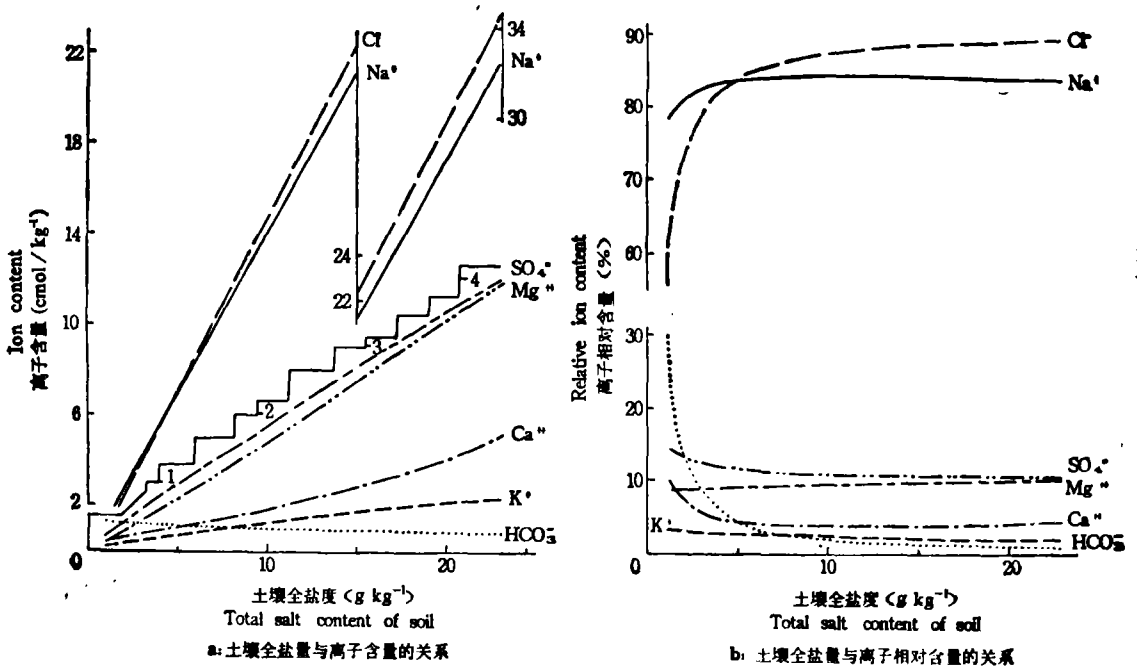


图 3 土壤全盐量与离子组成的关系

Fig. 3 Relationship between the total salt content and ionic composition of soil

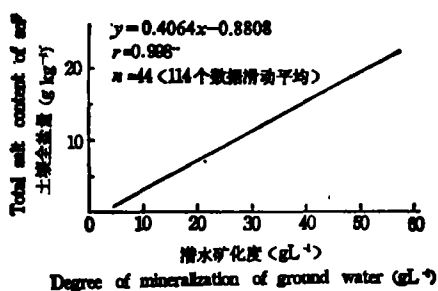


图 4 土壤含盐量与潜水矿化度的关系

Fig. 4 Relationship between the salinity of soil and the degree of mineralization of ground water

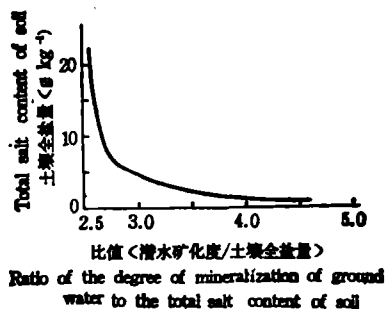


图 5 土壤含盐量与比值 (潜水矿化度/土壤全盐量) 的关系

Fig. 5 Relationship between the total salt content of soil and the ratio of the degree of mineralization of ground water to the total salt content of soil

表 3 海涂盐渍环境中盐分离子组成比较

Table 3 The comparison of salt ionic composition among various salt-affected environments of sea beach

类别 Type	范围 Range	离子排序 Order of ions	离子相对组成举例* Example of ionic relative composition	盐分化学类型** Type of salt chemistry
海水	22.92— 35.17 g L ⁻¹	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻ Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺ >K ⁺	M ₃₄ ^{Cl_{49.56}[SO₄_{1.27}HCO₃_{1.56}] Na_{77.99}Mg_{10.94}[Ca_{3.4}K_{1.65}]}	Cl-Na
潜水	<5 g L ⁻¹	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻ Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺ >K ⁺	M _{6.7} ^{Cl_{69.53}HCO₃_{16.23}SO₄_{13.83}] Na_{64.94}Mg_{20.65}Ca_{12.73}[K_{1.6}]}	Cl-Na
	>5 g L ⁻¹	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻ Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺ >K ⁺	M ₃₄ ^{Cl_{49.51}[SO₄_{1.99}HCO₃_{1.59}] Na_{77.94}Mg_{11.91}[Ca_{3.56}K_{1.57}]}	Cl-Na
土壤	<2 g kg ⁻¹	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻ Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺ >K ⁺	M _{1.5} ^{Cl_{67.83}HCO₃_{12.75}SO₄_{13.37}] Na_{98.33}[Mg_{3.64}Ca_{7.84}K_{3.18}]}	Cl-Na
	>2 g kg ⁻¹	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻ Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺ >K ⁺	M _{6.6} ^{Cl_{4.61}SO₄_{11.63}[HCO₃_{1.76}] Na_{83.75}[Mg_{9.23}Ca_{4.61}K_{2.75}]}	Cl-Na

* 按 M. Г. Курлов 式: M 为含盐量, 离子下标为该离子 (cmol kg⁻¹) 占阴(阳)离子 (cmol kg⁻¹) 的百分数, [] 内为不足 10% 的离子。

** 按相对含量 >25% 的离子定名。

海涂土壤 1m 土层平均含盐量与潜水矿化度呈线性正相关(图 4)。潜水矿化度始终大于土壤含盐量,二者比值在 2.56—4.60 之间(图 5),土壤含盐量愈低,潜水矿化度比土壤盐分高出的数量愈多,当土壤盐分 <6g kg⁻¹ 和矿化度 <17g L⁻¹ 时,比值由 2.8 迅速增加到 4.6,表明潜水的淡化落后于土壤脱盐,这是在海岸带湿润气候和高潮滩草甸生态条件下^[10],潜水在受到陆地淡水补给的同时,还接受土体中盐分淋洗补给的盐分平衡的结果;当土壤盐分 >8g kg⁻¹ 和矿化度 >22g L⁻¹ 时,比值保持在 2.7—2.56 之间,即二者几

乎同步增加,表明潜水强烈地控制着土壤盐渍过程,这是由于潜水受海水补给和中潮滩(光滩)强烈蒸发水盐上移,使土壤向积盐过程发展的结果。

(三) 海涂盐渍环境中各离子消长规律

海水、潜水和土壤在盐分增减过程中,各离子消长趋势类同,但在量的变化上有一定差别,这种差别主要取决于盐渍生态环境和各离子的地球化学行为。

1. 阴离子消长规律 潜水和土壤的 $\text{Cl}^-/(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$ 当量比均大于 1,随着盐分下降比值减小(图 6,7),反映了 Cl^- 的减少速率比 $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$ 快(见图 2 和 3),但 Cl^- 在阴离子组成中始终占优势。 $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比值曲线从低盐端逐渐下降,当土壤盐分 $< 2\text{g kg}^{-1}$,潜水矿化度 $< 5\text{g L}^{-1}$ 时,比值 > 1 ,即 HCO_3^- 含量超过了 SO_4^{2-} 。

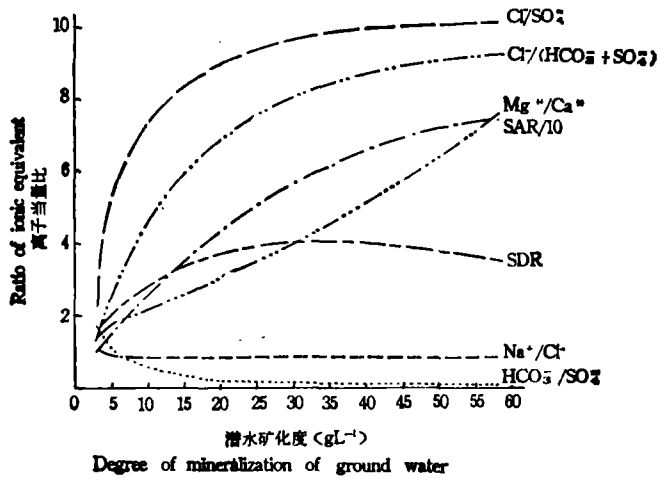


图 6 潜水矿化度与离子当量比的关系

Fig. 6 Relationship between the degree of mineralization and the ratio of ionic equivalent of ground water

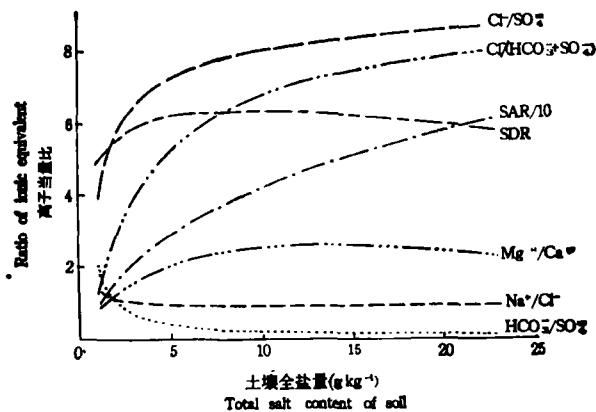


图 7 土壤全盐量与离子当量比的关系

Fig. 7 Relationship between the total salt content and the ratio of ionic equivalent of soil

潜水和土壤存在着碳酸平衡体系,这个平衡体系与 CO_2 分压和 pH 有密切关系。海涂土壤在脱盐熟化过程中,微生物活动增强, CO_2 增加,使碳酸盐溶解,但在底土层和潜水中 CO_2 将减少,同时在海涂土壤上粘下砂的土体构型中^[4], CO_2 到达砂层后很容易消失^[12],又在土壤盐分降低 pH 增高的情况下^[10],也有利于碳酸盐沉淀^[13],因此在潜水淡化和土壤脱盐过程中 HCO_3^- 相对含量显著上升(见图 2b 和图 3b),然而在北亚热带湿润气候和土壤形成中生物活动增强的情况下,碳酸盐积累又受到限制,土壤 HCO_3^- 绝对含量不超过 0.455cmol kg^{-1} ,潜水不超过 1.222cmol L^{-1} ,海涂土壤虽普遍有石灰反应,但土壤溶液中均未检出 CO_3^{2-} 。

江苏海涂土壤发育过程中,在北亚热带气候条件下,生物有机体的作用达不到生物富硫程度,不能形成酸性硫酸盐盐土。除了部分沼泽滨海盐土有潜育层外,大部分海涂土壤都不致有 H_2S 积累,因此硫主要呈 SO_4^{2-} 形态,在土壤脱盐和 pH 增高的情况下,发生脱硫酸作用^[14],因此 SO_4^{2-} 不断由土壤和潜水流入海洋。

由于在土壤和潜水含盐量减少过程中,进行着脱硫酸作用和微弱的碳酸积累,结果 $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 当量比随着盐分下降而增高。

2. 阳离子消长规律 海水、潜水和土壤的 $\text{SDR}(\text{Na}^+ / (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}))$ 都大于 1。 Na^+ 易被土壤吸附,因此在土壤形成和脱盐的同时,SDR 迅速下降,并且土壤的 SDR 值大于潜水(图 6,7)。随着盐分增加, Na^+ 较 Ca^{++} 、 Mg^{++} 增加的速率快(图 3),SDR 曲线上升,在土壤盐分 $8-10\text{g kg}^{-1}$ 处,SDR 出现高峰值(6.29),潜水在 $30-38\text{g L}^{-1}$ 时也出现高峰值(4.03—4.05),类同的曲线变化是二者离子平衡的反映。

海涂盐渍环境中 $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ 都大于 1,虽然土壤盐分在 1g kg^{-1} 时比值为 0.86,不过在 1.5g kg^{-1} 时即上升为 1.1。 Mg^{++} 和 Ca^{++} 在 pH 增高的情况下,有利于形成碳酸盐沉淀^[11,15],A. H. Brownlon 则认为^[15],白云石并不在现代沉积物中出现, $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ 比曲线表明,随着盐分降低, Ca^{++} 的沉积比 Mg^{++} 多,使低盐端比值下降。也由于 Mg^{++}

表 4 几种离子当量比的比较

Table 4 The comparison among the ratios of ionic equivalent

类别 Type	盐度 Salinity	$\frac{\text{Na}^+}{\text{Cl}^-}$	$\frac{\text{Cl}^-}{\text{Na}^+ + \text{Mg}^{++}}$	$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$
土壤	1 g kg^{-1}	1.405	0.641	1.608
	2 g kg^{-1}	1.103	0.891	0.875
	4 g kg^{-1}	1.009	0.894	0.438
	6 g kg^{-1}	0.983	0.916	0.281
	10 g kg^{-1}	0.963	0.934	0.154
	20 g kg^{-1}	0.949	0.940	0.065
潜水	4 g L^{-1}	0.949	0.790	0.536
	10 g L^{-1}	0.860	0.944	0.265
	30 g L^{-1}	0.881	0.947	0.095
	50 g L^{-1}	0.867	0.941	0.050
海水	23 g L^{-1}	0.869	0.963	0.108
	30 g L^{-1}	0.870	0.947	0.086

的迁移能力比 Ca^{++} 强, 溶于潜水中的 Mg^{++} 较土壤多, 所以 $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ 比值潜水大于土壤(图 6,7)。

钠吸附比 ($\text{SAR} = \text{Na}^+/\sqrt{\text{N}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}$), 随着盐分的增加而增大^[6](图 7), 不能认为是碱化的趋向。

3. 阴阳离子之间的关系 以三种离子当量比来考查阴阳离子之间的关系(表 4)。海水和潜水三种离子当量比均小于 1, 数值较接近, 各自也没有发生明显分异。土壤在低含盐量时, 比值有较大变化。

考虑到含盐溶液中各成分间相互作用, 可能出现下列盐类^[4]:

若 $\text{Na}^+/\text{Cl}^- > 1$ $\text{HCO}_3^-/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) > 1$ 则形成 NaHCO_3

$\text{HCO}_3^-/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) < 1$ 则形成 Na_2SO_4

若 $\text{Na}^+/\text{Cl}^- < 1$ $\text{Cl}^-/(\text{Na}^+ + \text{Mg}^{++}) < 1$ 则形成 MgCl_2

$\text{Cl}^-/(\text{Na}^+ + \text{Mg}^{++}) > 1$ 则形成 CaCl_2

对照表 4, 海涂土壤在不同含盐量可能产生三种盐类(表 5)。

表 5 几种离子当量比与可能产生的盐类

Table 5 Ratios of ionic equivalent and salts possibly produced

类别 Type	盐度 Salinity	$\frac{\text{Na}^+}{\text{Cl}^-}$	$\frac{\text{Cl}^-}{\text{Na}^+ + \text{Mg}^{++}}$	$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$	可能产生的盐类 Salt possibly produced
土壤	1 g kg ⁻¹	>1	<1	>1	NaHCO_3
	2—4 g kg ⁻¹	>1	<1	<1	Na_2SO_4
	>4 g kg ⁻¹	<1	<1	<1	MgCl_2
潜水	4—50 g L ⁻¹	<1	<1	<1	MgCl_2
海水	23—25 g L ⁻¹	<1	<1	<1	MgCl_2

残余碳酸钠 ($\text{RSC} = (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$) 只在土壤盐分 1 g kg⁻¹ 时为 0.172c mol kg⁻¹, 其余均为负值; 潜水和海水的 $\text{RSC} < 0$, $\text{HCO}_3^-/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) < 1$, 不可能有多余的 HCO_3^- 形成苏打。

三、小 结

1. 江苏海涂土壤为氯化物盐土, 其指标是 $\text{Cl}^-/(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--}) > 1$, $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{--} > 4$ 。虽然在低含盐量时 (1—2 g kg⁻¹) $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{--} > 1$ (表 6), 但 $\text{Cl}^-/(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--}) > 1$, $\text{HCO}_3^-/(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}) < 1$, 不能归为苏打化类型^[17]; 又在高含盐量时 $> 2 \text{ g kg}^{-1}$, 虽然 $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{--} < 1$, 但 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{--} > 4$, 也不能划归硫酸盐盐土^[17]。

2. 江苏海涂土壤碱化的可能性不大。虽然在土壤盐分为 1 g kg⁻¹ 时 $\text{RSC} > 0$, 但不超过 0.5cmol kg⁻¹; 随着土壤脱盐 pH 有所升高, 但一般不超过 8.5^[2,11]; 以粉砂含量为主的江苏滨海盐土, 未见有物理性质恶化的现象^[2], 这些都达不到土壤碱化的指标。从离子当量比分析, 可能出现苏打(表 5), 但 SDR 和 $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ 比随土壤盐分下降而减

表 6 海涂土壤和潜水盐分地球化学特征值

Table 6 The geochemical characteristic values of salt in sea beach soil and ground water

等级 Degree	盐度 Salinity	离子当量比 Ratio of ionic equivalent					
		$\text{Cl}^-/(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$	Na^+/Cl^-	$\text{HCO}_3^-/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$
土 壤 Soil							
轻度盐渍化	1—2 g kg ⁻¹	1.25—2.80	3.88—5.75	2.10—1.05	0.86—1.30	1.41—1.10	1.61—0.88
中度盐渍化	2—4 g kg ⁻¹	2.80—4.58	5.75—6.92	1.05—0.51	1.30—1.85	1.10—1.01	0.88—0.44
强度盐渍化	4—6 g kg ⁻¹	4.58—5.59	6.92—7.44	0.51—0.31	1.85—2.19	1.01—0.98	0.44—0.28
轻盐	6—8 g kg ⁻¹	5.59—6.23	7.44—7.23	0.31—0.24	2.19—2.40	0.98—0.97	0.28—0.20
中盐	8—10 g kg ⁻¹	6.23—6.69	7.23—7.94	0.24—0.19	2.40—2.52	0.97—0.96	0.20—0.15
重盐	>10 g kg ⁻¹	>6.69	>7.94	<0.19	>2.52	<0.96	<0.15
潜 水 Ground water							
低矿化	<4 g L ⁻¹	<2.02	<3.65	>1.30	<1.56	>0.95	>0.54
中矿化	4—12 g L ⁻¹	2.02—5.26	3.65—7.82	1.30—0.48	1.56—2.39	0.95—0.86	0.54—0.23
高矿化	12—17 g L ⁻¹	5.26—6.38	7.82—8.62	0.48—0.39	2.39—2.84	0.86	0.23—0.17
极高矿化	>17 g L ⁻¹	>6.38	>8.62	<0.39	>2.84	<0.86	<0.17

少,在土壤盐分 1 g kg^{-1} 时, $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$, SDR 下降为 4.81 (图 7), Na^+ 的减少和 Ca^{++} 的增加将抑制碱化作用; 又潜水的 $\text{RSC} < 0$, $\text{HCO}_3^-/(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) < 1$, 这些都不具备进行碱化过程的盐分地球化学条件。然而在潜水 $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ 比值始终大于 1 的情况下,土壤会不会发生镁质碱化问题,有待进一步研究。

3. 不同含盐量的若干离子当量比具有盐分地球化学特征意义。尤其在低盐端,各离子当量比曲线急骤变化,把不同含盐量的某些离子当量比值当作特征值,可供氯化物盐土基层分类的参考(表 6)。

由图 4 的回归方程计算出潜水矿化度与土壤盐分的关系,1m 土层平均含盐量 1 g kg^{-1} 时的潜水矿化度为 4.6 g L^{-1} ,较我国北方盐渍土区高,这是在江苏海岸带湿润气候条件下,水盐平衡的结果。为使滨海盐土在利用改良中避免土壤盐渍化发生的可能,把潜水矿化度 4 g/L 作为本区盐渍土与非盐渍土的界线。把潜水划分为四个等级(表 6),潜水中各离子比特征值与土壤也有很好的对应规律(表 6)。

4. A. И. Перельман (1968)^[43]认为矿化度超过 $4—6 \text{ g L}^{-1}$ 的潜水,不服从理想溶液定律,也不适用离子强度法则,不可能精确确定离子活度。随着矿化度增大,水中离子活度系数和活度势必降低,难溶性矿物的溶解度也随之增大,即发生盐效应。而土壤中盐分还存在着复杂的离子吸附,代换,盐分的溶解,迁移和沉淀,以及介质性质、生态环境等多方面的影响。迄今还没有可供实际应用的理论和方法来计算潜水和土壤中盐分与其离子组成之间的数量关系。本文提供的资料,因数据量大,比较接近实际情况,便于应用,也可供进一步研究的基础资料。因采用经验统计方法,在不同生态条件下,盐分离子组成规律将会有一定差异。

参 考 文 献

- [1] 任美铎等著,1986: 江苏省海岸带和海涂资源综合调查(报告)。313页,海洋出版社。
- [2] 陈邦本、方明等编著,1988: 江苏海岸带土壤。13—22页,河海大学出版社。
- [3] 方明、陈邦本、胡蓉卿、陈铭达,1990: 江苏省海涂土壤的盐渍生态特征。土壤学报,第27卷第3期,335—342页。
- [4] I. Szabolca, 1985: 盐渍土是个世界性问题。国际盐渍土改良学术讨论会论文集。p9—17页。
- [5] 王遵亲,1985: 中国土壤盐渍过程及盐渍分区。国际盐渍土改良学术讨论会论文集。p18—24。
- [6] 唐淑英、祝寿泉、单光宗、邵希澄、张丽君,1978: 苏北滨海盐渍土的形成和演化。土壤学报,第15卷2期,151—164页。
- [7] 冷福田、赵守仁,1975: 江苏省沿海地区盐渍土发生过程及盐渍特性的转化。土壤学报,第5卷3期,195—205页。
- [8] 胡纪常、祝寿泉,1981: 滨海盐碱化问题。土壤学报,第18卷3期,281—288页。
- [9] 王连弟,1985: 天津市滨海盐渍土碱化问题的商榷。土壤,第17卷5期,257—259页。
- [10] 陈邦本等,1987: 江苏沿海地区回归水灌溉对土壤碱化可能性的探讨。土壤通报,第18卷5期,193—195页。
- [11] 同济大学海洋地质系海洋地质教研室编,1982: 海洋地质学。15,16,19页,地质出版社。
- [12] 南京大学地质系编(修订本),1979: 地球化学。499,343页,科学出版社。
- [13] 武汉地质学院地球化学教研室编,1979: 地球化学。343,344,134页,地质出版社。
- [14] 沈照理主编,1986: 水文地球化学。21,55—56页,地质出版社。
- [15] A. H. Brownlow 著,地矿部书刊编辑室编辑,1982: 地球化学。p340—341, 55, 地质出版社。
- [16] 梅国荣等,1986: 松嫩平原苏打盐渍土数值分类的初步研究。土壤学报,第23卷4期,291—297页。
- [17] D. W. James, R. J. Hanks, J. J. Jurinak, 1982: MODERN IRRIGATED SOILS, New York, Chichester Brisbane Toronto Singapore. p151.

A PRELIMINARY STUDY ON SALINE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SEA BEACH SOIL IN JIANGSU

Fang Ming, Chen Bangben and Hu Rongqing

(Department of Soil and Agrochemistry, Nanjing Agricultural University, 210014)

Summary

1097 soil samples of 219 typical soil profiles, 114 ground water samples and 16 offshore sea water samples were collected from the sea beach of Jiangsu. The salt content and ionic composition of the samples were analyzed and the saline geochemical characteristics of sea beach soil and their regularities of variations were summarized as follows:

1. The sea beach soil of Jiangsu is chloride-saline soil. Its index is $\text{Cl}^- / (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) > 1$, $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-} > 4$.

2. The possibility of alkalization of sea beach soil in Jiangsu is not great for the soil neither attains the index of soil alkalization in salt chemical composition nor has the saline geochemical prerequisite for the soil alkalization process.

3. The equivalent ratios of $\text{Cl}^- / (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$, $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$, $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$, $\text{Mg}^{++} / \text{Ca}^{++}$, $\text{HCO}_3^- / (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$ etc. in soil and ground water vary conspicuously with the salt content, and may be adopted as the geochemical characteristics values. The salt content within 1m soil layer is positively linearly correlated with the degree of mineralization of ground water. When the salt content of soil is 1g kg^{-1} , the degree of mineralization is 4.6 g L^{-1} . Thus, the degree of mineralization 4 g L^{-1} is recommended as the boundary to distinguish between saline soil and non-saline soil in this region.

Key words Sea beach soil, Salt, Geochemistry, Jiangsu province