

滨海盐土脱盐过程中 pH 变化 及碱化问题研究

陈 巍 陈邦本 沈其荣

(南京农业大学资源与环境科学学院, 农业部“作物生长调控”重点开放实验室, 南京 210095)

摘 要 对滨海重盐土室内淋洗模拟脱盐过程的分析研究结果表明: 随着含盐量的下降, Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 K^+ 的绝对含量都逐渐减少, HCO_3^- 逐渐增加; Cl^- 和 Na^+ 的相对含量逐渐下降, 而 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 特别是 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 的相对含量逐渐增加, 当含盐量降至 $1\text{g}/\text{kg}$ 以下时结果更加明显。由于各离子的迁移能力不同, 导致土壤的盐分化学类型由 Cl-Na 向 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 转化。淋洗试验中淋洗液的盐分化学类型变化滞后于土样。pH 值在整个脱盐过程中先上升后下降, pH 值下降时的土壤含盐量在小于 $1\text{g}/\text{kg}$ 范围。在 pH 值先上升后下降的变化过程中, Ca^{2+} 含量是先下降后上升, 而 HCO_3^- 含量是先上升后下降, 残余碳酸钠 (RSC) 的变化趋势也与 HCO_3^- 一样, 土壤 pH 值与可溶性 Ca^{2+} 含量呈互为增减的关系。钠吸附比 (SAR) 和土壤碱化度 (ESP) 在整个脱盐过程中始终下降。pH 值上升的真正原因是由于脱盐导致 Ca^{2+} 淋失, 相应提高了 HCO_3^- 含量所致, 而非交换性 Na^+ 水解的结果。滨海盐土脱盐同时脱碱, 不会发生碱化现象。淋洗试验盐渍性状变化过程基本反映了实际条件下滨海盐土脱盐过程盐渍性状的变化规律。

关键词 滨海盐土, 脱盐, pH 值, 碱化

中图分类号 S156.42

在海涂土壤农业改良和利用中, 普遍存在着农作物产量较低的问题。大量研究表明, 土壤含盐是影响作物产量的主要限制因素, 并在脱盐过程中出现土壤 pH 逐渐上升的现象。其原因到目前还没有统一的认识。有人认为是胶体上代换性钠在脱盐过程中解离所致^[1]。Beck 等认为交换性钠解离会产生 $[\text{OH}^-]$, 它是土壤碱度的重要来源, 换言之, 交换性钠解离对土壤 pH 值有重大影响^[2]。Mashady 等认为, 高的 pH 值是由于交换性钠的水解而形成, 灌溉和降雨稀释土壤溶液会引起交换性钠的解离和水解, 从而使土壤 pH 值升高^[3]。柯夫达、罗佐夫也有类似的叙述^[4,5]。也有人根据 Jurner 和 Bohn 关于 pH 值与 CaCO_3 沉淀溶解理论^[6,7], 在 80 年代初开始对江苏滨海盐渍土做了大量的研究工作, 从相关分析中发现, 在自然脱盐、灌溉洗盐或旱耕熟化脱盐使 pH 值上升的同时, Ca^{2+} 含量相应减少, HCO_3^- 含量相应增加, 而钠吸附比 (SAR) 下降, 土壤碱化度 (ESP) 也下降, 因而认为滨海盐土脱盐过程 pH 值上升是由于 Ca^{2+} 的淋失。因受 CaCO_3 溶度积的支配: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$, 土壤 CaCO_3 产生部分溶解, 相应提高了溶液中 HCO_3^- 含量和 pH

值,而不是交换性钠水解的结果^[8,9]。作者曾对辽东半岛滨海盐土脱盐进行大量的研究,得出了与江苏一致的结论^[10]。

本试验以滨海重盐土为材料,采用室内人工模拟淋洗的方法,减少自然因素(如地形、降雨、蒸发等)及人为利用的干扰,研究滨海盐土脱盐过程中 pH 上升的机理和滨海盐土脱盐过程中是否会导致碱化问题,为寻求解决海涂土壤农业开发中出现的土壤问题而提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 自然概况

本研究的原始重盐土壤采自江苏省如东县,位于江苏省东南部,地处北纬 32°12′~32°36′,东经 120°42′~121°22′,为北亚热带湿润季风气候区,年均温 14.8℃,无霜期 222 天,年降雨量 1028.6mm,主要集中在夏季,滨海盐土分布在本区海堤内外的滩涂、新围垦地和老围垦的光板地、盐蒿地上,母质为海相淤积物。^[11]

1.2 实验方法

采集滨海重盐土 0~20cm 混合样,风干后过 20 目筛备用,运用室内土柱模拟淋洗脱盐设计。土柱体积为 120cm³,装土使土柱内土壤的容重为 1.32g/cm³,接近田间自然土壤容重。

供淋洗试验的土柱共 12 个,设 6 个处理(淋洗液为 50, 100, 150, 200, 250 及 300ml)、2 次重复。用去离子水淋洗土柱共 6 次,控制一定的淋移速度,在土柱水分饱和和后渗滤出滤液,分次接取淋洗液。每次接取 50ml,间隔时间 1 昼夜,至第 6 次得 300ml。除每次淋洗液分析盐渍性状外,逐次移去一个处理土柱分析土壤的盐渍性状。

1.3 样品分析

全盐量:电导法。pH 值:酸度计法。碳酸钙:中和滴定法。离子含量:莫尔法滴定 Cl⁻;EDTA 间接滴定法测 SO₄²⁻;双指示剂中和法滴定 CO₃²⁻和 HCO₃⁻;EDTA 络合滴定法测 Ca²⁺和 Mg²⁺;原子吸收法测定 Na⁺和 K⁺。

2 结果与讨论

2.1 离子组成变化

2.1.1 土壤 室内淋洗试验减少了许多自然及人为因素的干扰,较能准确地体现脱盐过程中盐渍性状的变化。随着淋洗次数的增加以及土壤盐分含量的下降,Na⁺、Cl⁻的含量逐渐下降,交换性 Na⁺含量在淋洗 1 次时已由原始土的 1.58cmol/kg 下降至 0.37cmol/kg,淋洗 2 次后已测定不出交换性 Na⁺,据分析,Na⁺、Cl⁻与含盐量变化皆存在极显著正相关:

$$Y = 0.431 + 0.753X_1, \quad R = 0.999^{**};$$

$$Y = 0.481 + 0.865X_2, \quad R = 0.998^{**}; \quad n = 5$$

式中 Y 为含盐量(g/kg),X₁为 Na⁺(cmol/kg),X₂为 Cl⁻(cmol/kg)。

SO₄²⁻、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺含量随着淋洗脱盐逐渐下降,而当土壤含盐量 < 1g/kg 时有

平缓回升的趋势。 K^+ 的平缓增加,可能是由于淋洗次数增加而导致矿物层间 K^+ 释放所致,而 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量的增加,可能是碳酸盐平衡向解离方向移动的结果。 HCO_3^- 含量变化趋势与其它离子不同,在含盐量 $> 1g/kg$ 时,随着淋洗盐分下降, HCO_3^- 含量逐渐增加,进一步淋洗至含盐量 $< 1g/kg$ 时, HCO_3^- 含量又随盐分下降而下降,且在淋洗过程中出现了 CO_3^{2-} ,如表1。

表1 淋洗过程中土壤盐分的变化

Table 1 The changes of soil salts during the column leaching process

项 目 Item	处 理 Treatment				
	原始土 Untreatment	淋1次 1st leaching	淋2次 2nd leaching	淋4次 4th leaching	淋6次 6th leaching
全盐量(g/kg)	8.50	2.01	0.98	0.54	0.42
pH	8.71	9.29	9.16	8.92	8.70
Na^+ (cmol/kg)	10.740	1.926	0.596	0.255	0.146
K^+ (cmol/kg)	0.429	0.194	0.101	0.102	0.103
Mg^{2+} (cmol/kg)	1.405	0.289	0.070	0.080	0.091
Ca^{2+} (cmol/kg)	1.236	0.290	0.094	0.115	0.129
Cl^- (cmol/kg)	9.323	1.324	0.571	0.254	0.137
HCO_3^- (cmol/kg)	0.317	0.494	0.525	0.416	0.376
CO_3^{2-} (cmol/kg)	无	0.158	0.079	无	无
交换性 Na^+ (cmol/kg)	1.58	0.37	无	无	无

2.1.2 滤液 随着淋洗次数的增加,渗出的滤液中 Na^+ 、 Cl^- 含量逐渐减少,据分析,它们与含盐量变化均存在极显著正相关:

$$Y = 0.146 + 0.787X_1, \quad R = 0.999^{**};$$

$$Y = 0.157 + 0.889X_2, \quad R = 0.999^{**}, \quad n = 6.$$

式中 Y 为含盐量(g/L), X_1 为 Na^+ (cmol/L), X_2 为 Cl^- (cmol/L)

SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 及 Ca^{2+} 含量均随盐分下降而不断减少,在滤液盐分 $> 1g/L$ 时,淋出的各离子含量较多,随后逐渐减少, Ca^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 含量在滤液的含盐量 $< 0.5g/L$ 时有随盐分下降而升高的趋势。 HCO_3^- 在滤液盐分 $> 1g/L$ 范围内随盐分下降而升高,而当滤液含盐量 $< 1g/L$ 时,又随盐分下降而有下降的趋势,淋洗滤液中出现了 CO_3^{2-} ,且在含盐量 $1\sim 0.5g/L$ 范围内 CO_3^{2-} 含量较高,如表2。淋洗试验中出现 CO_3^{2-} 是合理现象,由于受 $CaCO_3$ 沉淀溶解平衡控制,土柱淋洗试验体系处于半封闭状态, CO_2 分压减少, CO_3^{2-} 不可能很快转化成为 HCO_3^- ,这样便会有 CO_3^{2-} 积累,但随着进一步淋洗, CO_3^{2-} 会淋失。从淋洗试验还可看出,土柱中土壤各离子的变化与滤液中各离子含量的变化趋势相似,即土壤的脱盐规律与滤液盐分减少规律一致。

2.2 脱盐过程中其它盐渍性状的变化

滨海盐土脱盐过程中离子组成的变化必将引起盐土一系列性质发生变化,如钠吸附比、碱化度、残余碳酸钠(Residual sodium carbonate, RSC)、总碱度及pH值均会产生较大的变化。

表2 淋洗过程中滤液盐分的变化

Table 2 The changes of salts in leaching solutions during the column washing process

项 目 Item	处 理 Treatment					
	淋1次	淋2次	淋3次	淋4次	淋5次	淋6次
	1st leaching	2nd leaching	3rd leaching	4th leaching	5th leaching	6th leaching
全盐量(g L)	7.12	1.50	0.96	0.64	0.40	0.31
pH	7.64	7.78	8.86	9.21	9.15	8.91
Na ⁺ (cmol L)	8.805	2.012	1.036	0.512	0.212	0.154
K ⁺ (cmol L)	0.310	0.088	0.075	0.060	0.080	0.102
Mg ²⁺ (cmol L)	1.205	0.198	0.074	0.030	0.035	0.045
Ca ²⁺ (cmol L)	0.801	0.210	0.104	0.094	0.076	0.102
Cl ⁻ (cmol L)	7.853	1.251	1.002	0.583	0.302	0.240
HCO ₃ ⁻ (cmol L)	0.114	0.253	0.233	0.147	0.146	0.147
CO ₃ ²⁻ (cmol L)	无	0.020	0.111	0.141	0.034	0.018

2.2.1 土壤 在室内淋洗模拟脱盐试验中, pH 值变化很明显, 由于淋洗受人工控制, 脱盐程度比自然土壤脱盐完全。从表 3 可看出, 淋洗试验土壤的含盐量 > 1g/kg 时, pH 值随盐分减少而上升, 当淋洗次数增加至土壤含盐量 < 1g/kg 时, pH 值又随含盐量减少而下降, pH 值上升至最高点是在土壤盐分下降至 1g/kg 左右, 淋洗液为 150ml 时, 总碱度的变化与 pH 值基本一致。淋洗试验土壤 ESP 变化较大, 随着淋洗次数的增加, ESP 逐渐下降, 在含盐量 < 1g/kg 时, ESP 已近于零。SAR 随淋洗次数增加而逐渐下降, 据分析, SAR 与含盐量变化存在极显著的正相关。

$$\text{SALT} = -0.536 + 0.294 \cdot \text{SAR}, R = 0.986^{**}, n = 5$$

经淋洗的土壤均有残余碳酸钠出现, 即淋洗试验除原始土外, RSC 值皆大于零, 随着淋洗的进行, RSC 逐渐增加, 但当淋洗至盐分 < 1g/kg 时, RSC 又有减少的趋势, RSC 与含盐量变化存在极显著的负相关。

$$\text{SALT} = 1.641 - 2.926 \cdot \text{RSC}, R = -0.981^{**}, n = 5$$

表3 淋洗试验土壤各盐渍性状变化

Table 3 The changes of soil salining properties during the column washing process

项 目 Item	处 理 Treatment				
	原始土	淋1次	淋2次	淋4次	淋6次
	Untreatment	1st leaching	2nd leaching	4th leaching	6th leaching
全盐量(g/kg)	8.50	2.01	0.98	0.54	0.42
pH值	8.71	9.29	9.16	8.92	8.70
总碱度	0.317	0.652	0.604	0.416	0.376
RSC	-2.324	0.073	0.455	0.213	0.132
SAR	29.55	11.32	6.58	2.58	1.39
ESP	6.19	1.40			

2.2.2 滤液 淋洗试验的滤液分析结果表明(见表 4), 随着淋洗次数的增加, pH 值变化

表4 淋洗试验滤液各盐渍性状的变化

Table 4 The changes of salining properties of leaching solutions during the column washing process

项 目 Item	处理 Treatment					
	淋1次	淋2次	淋3次	淋4次	淋5次	淋6次
	1st leaching	2nd leaching	3rd leaching	4th leaching	5th leaching	6th leaching
全盐量 (g/kg)	7.12	1.50	0.96	0.64	0.40	0.31
pH值	7.64	7.78	8.86	9.21	9.15	8.91
总碱度	0.114	0.273	0.344	0.288	0.180	0.165
RSC	-1.892	-0.135	0.166	0.166	0.068	0.011
SAR	27.80	14.09	10.98	7.14	2.85	1.79

趋势与土壤基本一致,开始淋洗时,pH值处于上升趋势,只是pH值上升的峰值不是在含盐量为1g/L左右,而是在含盐量0.5g/L左右,当淋洗次数增加,滤液含盐量<0.5g/L时,pH值开始下降,趋势较土壤缓和,以淋洗次数和盐分含量来考虑,滤液的pH值变化滞后于土壤,即滤液的pH值最高时,其滤液盐分小于土壤,总碱度量的变化趋势与pH值相同,滤液总碱度的最高峰值前于pH峰值。滤液的SAR变化趋势与土壤一致,SAR随淋洗次数增加含盐量下降而逐渐下降,它与含盐量变化存在极显著的正相关。

$$\text{SALT} = -0.959 + 0.258 \cdot \text{SAR}, R = 0.938^{**}, n = 6$$

滤液的RSC也随盐分减少有明显上升的趋势,特别是脱盐前期,未见有RSC,至淋洗三次,滤液盐分达1g/kg左右时出现了RSC。随着进一步淋洗,滤液的RSC值又呈减少的趋势,但减少的趋势较平缓,从整个淋洗过程来看,RSC与含盐量变化存在极显著的负相关。

$$\text{SALT} = 0.951 - 3.242 \cdot \text{RSC}, R = -0.988^{**}, n = 6$$

2.3 脱盐过程中盐渍性状间的关系

在滨海盐土脱盐过程中,随着盐分含量的减少,其盐渍性状有一定规律的变化,盐分化学类型也将发生变化,各性状与含盐量间存在一定的相关性,这在前面的分析中可以清楚地看出,那么这些性状之间,特别是pH值的变化与其它性状间是否存在一定的关系,其影响程度又是如何呢?下面从土壤和滤液两方面进行分析。

2.3.1 土壤 淋洗过程中pH值、总碱度($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$)、RSC、 Ca^{2+} 的变化都有较明显的趋势。随着淋洗的进行,pH值先上升后下降, HCO_3^- 含量和总碱度的变化与pH值趋于一致,而总碱度与pH值变化的趋势更密切,几乎同步升降,pH值变化达最高9.29时,总碱度也上升至其最高值0.652cmol/kg。SAR和ESP是随淋洗进行始终处于下降趋势,ESP在淋洗2次后已近于零,说明ESP、SAR与pH值变化间没有相关性。 Ca^{2+} 含量变化与pH值变化趋势相反,从而比较清楚地体现了 Ca^{2+} 、 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 随pH值变化的关系。体现 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 含量的RSC在淋洗试验土壤中的变化与pH值极为密切,表现为与pH值同升同降,只是在含盐量不同时,RSC与pH值也不存在对应关系,仅趋势相同。

2.3.2 滤液 淋洗试验滤液各性状的变化趋势与土壤基本一致(见表4)。由于淋洗次数多,盐分含量极低,后期(淋4次后)pH值与 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 等离子变化比较平缓,SAR变化趋势也和土壤中的相同,即在pH值先上升后下降的情况下,滤液的SAR始终是下降的,由此可认为SAR与pH值间没有明显的相关性。

总碱度与 pH 值的变化趋势与淋洗土壤具有相同的结果,即 pH 值与总碱度变化趋势基本一致。以盐分或者总碱度 ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) 来考虑淋洗土壤和淋洗液的 pH 值变化,滤液的 pH 值峰值滞后于土壤 pH 值峰值。滤液的总碱度峰值在淋 3 次,而其 pH 峰值在淋 4 次,即 pH 峰值滞后于总碱度的峰值。从整个淋洗过程看,淋 4 次以后各性状变化幅度也较缓和,可能是各成分已达到平衡状态,且量已很少。淋洗液的 RSC 变化趋势与土壤中的一致,即伴随 pH 值升降 RSC 也呈现升降的趋势,只是后期变化趋势不明显。

随着淋洗次数的增加,残留土壤与淋洗液将出现一系列化学性状变化,最后导致盐分化学类型发生变化。表 5 说明土壤化学类型变化在前,滤液盐分化学类型变化滞后于土壤,pH 值变化也具有同样趋势。

随着 pH 值的上升, Ca^{2+} 下降而 HCO_3^- 上升, pH 值下降, Ca^{2+} 上升而 HCO_3^- 下降,即 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 含量与 pH 值变化关系极为密切,从而使 RSC 与 pH 值有同步升降的结果。淋洗液各成分变化与土壤相似,只是变化趋势较缓,出现一定程度的滞后现象。

表 5 土壤和滤液的组分比较

Table 5 Comparison of salt components in soil and leaching solution

项目 Item	样品 Sample	处理 Treatment			
		淋 1 次 1st leaching	淋 2 次 2nd leaching	淋 4 次 4th leaching	淋 6 次 6th leaching
全盐量 (gkg^{-1})	土壤	2.01	0.98	0.54	0.42
	滤液	7.12	1.50	0.64	0.31
pH	土壤	9.29	9.16	8.92	8.70
	滤液	7.64	7.78	9.21	8.91
盐分化学类型	土壤	$\text{SO}_4^{2-}_{4(0.27)^{1/2}} \cdot \text{Cl}^-_{(0.49)}$ - $\text{Na}^+_{(0.71)}$	$\text{Cl}^-_{(0.34)} \cdot \text{HCO}_3^-_{3(0.36)}$ - $\text{Na}^+_{(0.70)}$	$\text{Cl}^-_{(0.30)} \cdot \text{HCO}_3^-_{3(0.50)}$ - $\text{Ca}^{2+}_{(0.21)} \cdot \text{Na}^+_{(0.45)}$	$\text{Cl}^-_{(0.20)} \cdot \text{HCO}_3^-_{3(0.55)}$ - $\text{Ca}^{2+}_{(0.26)} \cdot \text{Na}^+_{(0.30)}$
	滤液	$\text{Cl}^-_{(0.73)}$ - $\text{Na}^+_{(0.79)}$	$\text{SO}_4^{2-}_{4(0.30)} \cdot \text{Cl}^-_{(0.58)}$ - $\text{Na}^+_{(0.80)}$	$\text{HCO}_3^-_{3(0.22)} \cdot \text{Cl}^-_{(0.58)}$ - $\text{Na}^+_{(0.76)}$	$\text{HCO}_3^-_{3(0.28)} \cdot \text{Cl}^-_{(0.41)}$ - $\text{Ca}^{2+}_{(0.24)} \cdot \text{Na}^+_{(0.37)}$

1) () 内数字表示该阴(阳)离子占样品中全部阴(阳)离子总量的比值。

3 结论

3.1 脱盐过程中土壤各离子含量的变化

土壤脱盐过程中随着含盐量的下降, Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 和 Ca^{2+} 的绝对含量也逐渐下降,特别是 Na^+ 和 Cl^- 含量下降较快,而其它离子含量下降较缓慢,当土壤脱盐至含盐量 $< 1\text{gkg}^{-1}$ 后, K^+ 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 量有平缓增加的趋势。土壤交换性 Na^+ 在原始土淋洗 2 次时已测定不出。但 HCO_3^- 含量变化的趋势与含盐量变化的关系恰恰相反,即随着土壤的脱盐, HCO_3^- 含量有所上升,只是上升不高。由于各种离子的迁移能力不同,各离子的相对含量也发生变化, Na^+ 、 Cl^- 始终呈下降趋势,而 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} , 特别是 HCO_3^- 的相对含量呈现出上升趋势。随着脱盐作用的进行,因各离子相对含量的不断变化,导致土壤的盐分化学类型的不断改变,有由 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 向 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 再向 $\text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Na}^+$ 最后将向 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ 转化的趋势。淋洗液的盐分化学类型变化

滞后于土壤。

3.2 pH值、 HCO_3^- 、RSC、SAR和ESP变化及其相互关系

室内淋洗模拟脱盐,有pH值先上升后下降的明显趋势,土壤的含盐量在小于1g/kg时,pH值开始下降,而滤液含盐量在小于0.5g/L时,pH才表现出下降的趋势,也即淋洗液的pH值变化的趋势滞后于土壤。 HCO_3^- 含量和RSC值变化与pH值变化都有关。 HCO_3^- 含量和RSC的最大值与pH值的峰值同时出现,即pH值与 HCO_3^- 含量和RSC值有同步增减的关系,这也就是说pH值的变化与 HCO_3^- 含量和RSC值之间存在极密切的相关性。而SAR和ESP在整个脱盐过程中始终处于下降趋势,SAR下降是 Na^+ 和盐分浓度减少的具体反映($\text{SAR} \propto \text{Na}^+ / \sqrt{\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}}$),而SAR下降必然引起ESP下降($\text{ESP} = a + b \cdot \text{SAR}$)。由此可以说,脱盐过程pH值的变化与RSC和 HCO_3^- 含量密切相关,而与SAR、ESP间没有一定的相关性。

3.3 pH值变化的原因

对脱盐过程pH值变化,不同学者有不同的解释。有人认为是由胶体上交换性 Na^+ 水解所致;也有人认为是由于脱盐导致可溶性 Ca^{2+} 的淋失,受活度积支配的 CaCO_3 发生部分溶解,提高了溶液中 HCO_3^- 含量,所以pH值也随之上升。特别是当土壤含盐量小于1g/kg时,pH值又呈现下降趋势, Ca^{2+} 含量相应增加,而ESP在一直减小,直至近于零,从而否定了前一种解释。殷仪华等人也否定交换性 Na^+ 水解引起pH值上升^[9]。土壤脱盐至1gkg⁻¹以下阶段,因可溶性 Na^+ 基本淋竭,土壤盐分化学类型逐渐向 HCO_3^- — Ca^{2+} 转变,土壤pH值也开始下降,而可溶性 Ca^{2+} 含量则增加,丁克冲等人也有同样的研究结果^[12]。本文在室内淋洗重盐土的情况下,pH先上升后下降,而交换性 Na^+ 始终是减少的,在淋洗2次已近于零。

3.4 脱盐过程土壤碱化问题

脱盐过程pH值上升是否会导致土壤碱化有不同的认识,我们认为所谓土壤碱化,是指土壤碱化度和溶液pH值以及土壤物理性状恶化三个相互联系的指标同时超过了一定界限的现象,其本质是土壤中 Na_2CO_3 的积累,单凭某一性状指标不能确定土壤碱化。本研究显示随着脱盐作用的进行,土壤pH值逐渐升高,但当含盐量降至1g/kg以下时,pH值又开始逐渐下降。并且碱化度在脱盐过程中逐渐下降,淋一次时已由原始土的6.19%降到1.40%。此外RSC也于上升后逐渐下降,没有 NaHCO_3 多量的积累。因此,滨海盐土脱盐过程中不会造成土壤碱化问题。

参 考 文 献

1. 俞仁培,杨道平. 土壤碱化过程和碱化实质的研究. 北京: 科学出版社, 1987. 103~110
2. Beck C G, Van E M, Bleemen N V. The alkalinity of alkali soil. *Soil Sci.*, 1973, 24(1): 129~136
3. Mashhady A S, Rowell D L. Soil alkalinity. *Soil Sci.*, 1987, 29(1):65~75
4. B. A. 柯夫达著. 席承藩等译. 盐渍土的发生和演变(上). 北京: 科学出版社, 1957. 202~210
5. Д. П. 罗佐夫. 傅子桢译. 土壤改良土壤学. 北京: 农业出版社, 1959. 165~248
6. Jurner R C, Brian L M. The pH of calcareous soil. *Soil Sci.*, 1965, 82: 337~342
7. Hinrich L B, Clark J S. *Soil Chemistry*. New York: Wiley, 1985, 93~96
8. 陈邦本, 方明. 江苏滨海盐土碱化可能性的探讨. 南京农业大学学报, 1987, 10(2): 76~81

9. 殷仪华, 陈邦本. 江苏滨海盐土脱盐过程 pH 上升原因探讨. 土壤学报, 1991, 22(1): 5~7
10. 陈巍, 陈邦本, 方明. 辽东半岛滨海盐土脱盐过程中 pH 上升及碱化问题探讨. 南京农业大学学报, 1998, 21(2): 59~64
11. 如东县土壤普查办. 江苏省如东县土壤志. 1983. 1~2
12. 丁克冲, 陈邦本. 江苏滨海盐土与花碱土脱盐熟化过程中盐碱性状变化的研究. 南京农业大学学报, 1992, 15(4): 61~67

STUDIES ON THE CHANGES OF pH VALUE AND ALKALIZATION OF HEAVILY SALINE SOIL IN SEABEACH DURING ITS DESALTING PROCESS

Chen Wei Chen Bang-ben Shen Qi-rong

(College of Resources and Environmental Sciences and MOA Key Lab of Plant Growth
and Regulation, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Summary

The experiments on indoor imitating process of soil column leaching for desalting were conducted on heavily saline soil in seabeach. The results showed that the absolute amounts of Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} and K^+ decreased gradually with the decreasing of salt content while that of HCO_3^- increased. Furthermore, the relative contents of Cl^- and Na^+ decrease slowly but those of SO_4^{2-} , Mg^{2+} , K^+ , especially of Ca^{2+} and HCO_3^- , increased significantly. Due to the different transfer rates of ions, the soil chemical type took a shift from Cl-Na to $\text{HCO}_3\text{-Ca}$. The changes of salt chemical type in leaching solution happened more slowly than in the column soil. During the whole leaching process in the experiments, the pH value, HCO_3^- content and RSC went up, then went down with the shifting point of soil salt content being $< 1\text{g/kg}$, it is quite the contrary for Ca^{2+} content in soil. Both the SAR and ESP decreased all the time and ESP almost reached zero. The real reason for pH increase during the process of desalting was not the hydralization of nonexchangeable Na^+ but the leaching loss of Ca^{2+} and a small increase of HCO_3^- . Therefore the desalting process happened in seabeach soil would not cause alkalization.

Key words Saline soil, pH, Desalting, Alklization