

苏北滨海盐渍土的形成和演化*

唐淑英 祝寿泉 单光宗 邵希澄 张丽君

(中国科学院南京土壤研究所)

为了加速滨海盐渍土的垦殖和改良利用,建设高产稳产的农业生产基地,必须弄清滨海盐渍土的形成演化规律,提高我们认识自然,改造自然的自觉性,减少片面性和盲目性。十多年来,我们通过调查研究,定位观测,专题试验和总结群众经验等方式,对苏北滨海盐渍土的分布规律、发生演变、基本特性及改良利用等问题进行了较系统的研究。本文主要就苏北滨海盐渍土形成演化的实质、方向及其调控等问题进行初步探讨。

一、苏北滨海盐渍土的发生演变过程

苏北滨海平原是由苏北凹陷经第三纪和第四纪沉积物填充而成,沉积物的厚度大多为700—1000米,凹陷中部还往往在1000米以上(方鸿琪,1959;陈吉余等,1959)。填充物质12世纪以前主要来自长江、淮河、沂沭河和灌河等,但除长江以外,其他河流的输沙量是微不足道的,因此,除长江三角洲及其南北两缘外,长江沉积物影响不到的地区,海岸的伸展是极其缓慢的。1194年黄河夺淮以后,大量泥沙直接输入黄海,致使北部海岸向东伸展的速度比南部快,特别是1493—1855这三百多年间,黄河全流入黄海,大大加速了苏北滨海平原的堆积,使长江、淮河间的岸湾迅速淤连,形成了苏北滨海平原今日之外貌¹⁾。

滨海平原的形成历史、发育特点,直接影响着滨海各地区的成陆年龄、成土年龄和土壤分布。根据地方志记载、海岸地貌遗迹、海岸淤涨速度、土壤分布规律及农业生产现状的分析^{2),3),4)}(胡焕庸,1957;程潞,1957),苏北滨海地区的成陆年龄大致可分为2000年以上、2000—1000年、1000—500、500—200年及200年以下几个阶段。其中大部分地区的成陆时期都在1000—500—200年前,亦即黄河夺淮期间(图1)。由于成陆愈早,离海愈远,开垦利用历史愈长,土壤脱盐熟化程度愈高;反之,成陆愈迟,离海愈近,土壤盐渍程度愈大,地下水矿化度愈高,因此形成了与海岸平行成带状的土壤分布规律,从海边到内陆顺次分布着:盐渍淤泥带、滨海盐土与强度盐化土带、中度盐化土带及轻度盐化与脱盐土带(图2)。盐渍淤泥带又可分为年、月、日高潮淹没带。各分带的土壤或淤泥的含盐量,及其地下水的矿化度都不相同(表1)。成陆1000—2000年的地段,地下水矿化度一般为1—2克/升,分布着轻度盐化与脱盐土;成陆500—1000年的地段,地下水矿化度为2—

* 本工作在熊毅教授和王遵亲同志指导下进行。并蒙江苏省盐城地区新洋试验站多方支持与帮助,均此致谢。

- 1) 王颖:苏北粉沙淤泥质平原海岸的概况及特点。南京大学地理系资料,1961。
- 2) 江苏省水利勘察设计院资料:江苏、徐州、淮阴地区的水文地质条件。1959。
- 3) 王颖:中国粉沙淤泥质平原海岸的概况及特点。南京大学地理系资料,1961。
- 4) 江苏省盐城专区十年水利建设。1959。

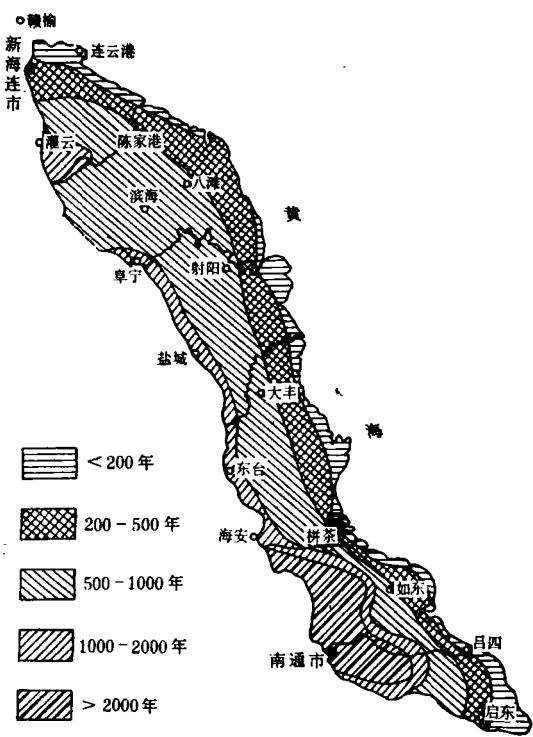


图1 苏北滨海地区成陆年龄示意图
(比例尺 1:300 万)

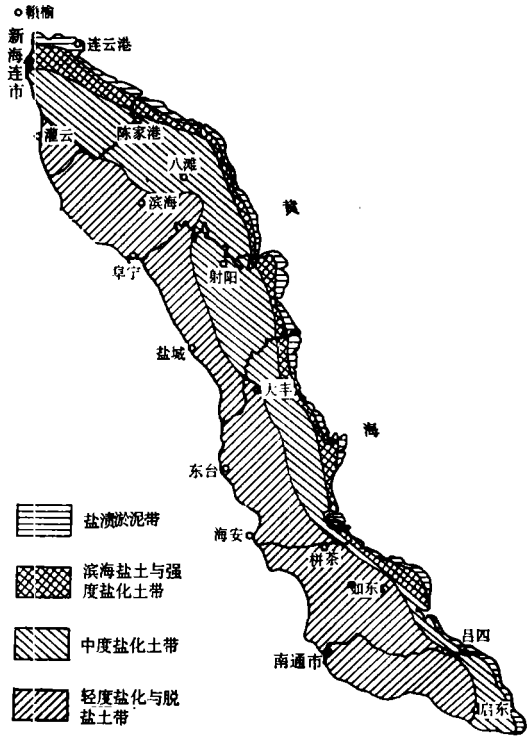


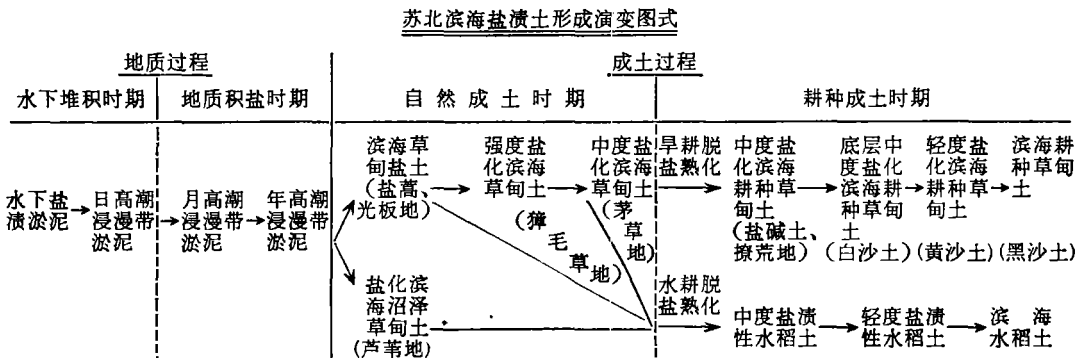
图2 苏北滨海地区土壤分带图
(比例尺 1:300 万)

表1 苏北滨海地区土壤(淤泥)及地下水的盐分状况

土壤类型	质地	土壤(淤泥)全盐量(%)				地下水	
		0—10厘米	10—100厘米	100—200厘米	平均	埋深(厘米)	矿化度(克/升)
水下淤泥	壤质(海 ₁)	0.40	—	—	0.40	0	21.64
	粘质(燕 ₁)	0.74	—	—	0.74	0	—
日高潮漫带淤泥	壤质(海 ₂)	0.72	0.52	—	0.54	137	25.70
	粘质(燕 ₂)	0.94	1.23	—	1.20	—	—
月高潮漫带淤泥	壤质(海 ₃)	1.30	0.57	0.64	0.64	166	29.10
	粘质(燕 ₃)	2.39	1.87	2.33	2.13	—	—
年高潮漫带淤泥	壤质(海 ₄)	0.89	0.53	0.56	0.56	250	30.70
	粘质(燕 ₄)	0.82	1.44	1.81	1.60	200	56.80
滨海盐土与强度盐化土带土壤	壤质(海 ₅)	0.82	0.51	0.56	0.55	200	22.20
	粘质(武 ₂)	0.68	0.58	—	0.59	80	17.92
中度盐化土带土壤	壤质(土 ₃)	0.22	0.22	0.25	0.24	142	9.80
	粘质(武 ₃)	0.29	0.42	—	0.40	80	11.60
轻度盐化与脱盐土带土壤	壤质(北 ₄)	0.11	0.12	0.23	0.17	110	2.10
	粘质(合 ₁)	0.04	0.05	—	0.05	100	1.20

5—10克/升,分布着中度盐化土壤;成陆 200—500 年的地段,地下水矿化度一般为10—20克/升,插花分布着各种盐分轻重不同的盐渍土;少于 100—200 年以至近期才成陆的堤外滩地,地下水矿化度在 20—30 克/升以上,多为盐渍淤泥和光板地。

盐渍淤泥是滨海盐渍土的成土母质,其盐分主要来自海水,由于海岸的东移,海堤的兴建,又逐渐脱离海水的直接浸渍,在自然淋盐和人为排盐、洗盐、抑盐、抑盐和耕种熟化作用的影响下,循着一定的规律形成演变。其演变的过程可分为地质过程和成土过程。地质过程即沉积物堆积过程,又可分为水下堆积和地质积盐两时期;成土过程则可分为自然成土时期和耕种成土时期;耕种成土时期又有旱耕脱盐熟化和水耕脱盐熟化之别。各成土时期包括着各种反映量变阶段的土壤类型,它们彼此有发生上的联系,在一定条件下可以互相转化,可以循着相同的演变规律形成发育,从而构成了如下的演化图式。



(一) 地质过程

黄河、长江等河流所挟持的大量入海泥沙,受潮汐顶托不断在近海絮凝沉积,成为盐渍母质,其沉积速度主要决定于泥沙来量,长江年输沙量为 4.5—5.0 亿吨,黄河年输沙量超过 10 亿吨,因此黄河夺淮期间苏北海岸的淤积速度是十分迅速的。

淤泥的盐渍程度视其质地的粗细和所处的潮带而有所不同(见表 1)。日低潮线以下的水下沉积物,盐分含量上下层较一致,壤质者在 0.4—0.5% 之间,粘质者在 0.7—0.8% 之间。沉积物出水成陆后,淤泥的盐分向地表积累,地下水开始浓缩,进入地质积盐时期。日高潮漫漫带淤泥,每日为海水淹没两次,地表积盐和地下水浓缩主要在短暂的落潮间隙,积盐的迹象轻微;月高潮漫漫带每月朔望前后才为海水所淹没,母质和地下水盐分的累积和浓缩已很明显,淤泥的含盐量最高;年高潮漫漫带只每年 7、8 月大潮期才为海水所淹没,由于雨水的淋盐作用使淤泥的含盐量又有所降低,地下水矿化度则较月高潮带略高;数年一遇的大潮淹没带,淤泥盐分与年高潮带相近,地下水则有明显淡化。

(二) 成土过程

1. 自然成土时期。在离海较远,海浸频率减弱,特别是兴建了海堤、涵闸、围塘的地区,经过雨季逐步淋盐,盐渍淤泥由周期性积盐转入季节性脱盐,不毛之地出现自然植物,而开始了自然成土过程。生长在滨海盐渍土上的自然植被,大多是盐生植物和耐盐植物,它们形成的不同群落,不仅反映了土壤的盐渍程度、地下水状况和自然肥力状况,而且也有它们的演替规律,一般是:光板地→盐蒿群落→獐毛草(或结缕草)群落→茅草群落。当

一种群落演替为另一种群落时,由纯群变为混生,再由混生变为纯群,因此除了这些群落外,还有一些过渡类型。自然植物群落在演替过程中往往是后一种比前一种生长得更茂密,根群更发达。在生长稀疏盐蒿的土壤中,自然植被风干物质的重量,地上部分为 15 克/尺²,地下部分为 9 克/尺² (20 厘米深土层,下同); 獐毛草地分别为 56 克/尺² 和 44 克/尺²,茅草地则增加到 137 克/尺² 和 189 克/尺²¹⁾。这样,不但自然植物残体在土壤中累积愈来愈多的有机质和无机营养元素,自然覆盖度也愈来愈大,起着减少土壤蒸发,抑制土壤返盐的作用。而且由于植物根系活动不断增强,使无结构的紧实土壤表层变得疏松多孔,提高了渗透性能,加强了淋盐作用(表 2),因此,前一种植被为后一种植被创造了生长繁育的有利条件,后者又继前者促进土壤的自然演变。

表 2 植物群落对土壤表层性质的影响

植被类型	干物质总重量(克/平方米)*	地上部分占干物质总量(%)*	地下部分占干物质总量(%)*	覆盖度 (%)	表土有机质(%)	容重(克/立方厘米)	孔隙度 (%)	>0.25毫米团聚体含量(%)	土壤全盐含量(%)	
									表土	1米土层平均
光板地	0	0	0	0	0.4—0.7	1.4—1.5	40—42	5—8	1.0—2.0	0.5—0.6
盐蒿地	24	62.5	37.5	20—30	0.6—0.8	1.3—1.4	40—43	6—10	0.6—1.0	0.5—0.6
獐毛草地	100	56.0	44.0	50—70	0.8—1.2	1.25—1.4	42—50	6—12	0.5—0.8	0.4—0.6
茅草地	326	42.0	57.8	80—90	1.3—2.5	1.0—1.25	52—58	16—25	0.2—0.3	0.25—0.4

* 江苏省盐城地区新洋试验站资料。

2. 耕种成土时期。滨海盐渍土一经开垦和改良利用,土壤形成过程就转入耕种成土时期。这个时期,人的因素起着决定性的作用,土壤脱盐过程是在人工排灌与降雨淋盐共同作用下进行的,速度加快,强度加大,土壤脱盐深度由表土而及于心、底土。土壤肥力的提高是在人们精心培育下进行的,代替并超过了自然生草的作用,有机质的累积,物理性质的改善就更明显,从而促进耕层熟化。但自然成土时期向旱耕成土时期过渡之初,土壤脱盐与返盐,熟化与退化的反复过程频繁,中度盐化滨海草甸土(群众称为茅草地)开垦后,既能演变为在一定程度上表现返盐退化现象的中度盐化滨海耕种草甸土(群众称为盐碱土或撩荒地),也能演替为表现出一定脱盐熟化特征的底层中度盐化滨海耕种草甸土(群众称为白沙土),这主要取决于垦殖利用过程中能否控制土壤水盐运动的方向,能否防止由于自然植被耕翻,自然覆盖破坏而导致水盐上升运动的加强,是否重视培养地力,防止由于自然肥力消耗,引起地力减退。

人为作用对盐渍土水耕脱盐熟化过程的影响更为明显,土壤脱盐速度快而且强度大。在灌溉、排水条件较好的地区,不论土壤盐分有多重,一般种稻 2—4 年,田间排水沟深度以上的土层都可达到基本脱盐,地下水也得到较大程度的淡化。因此,在水耕条件下,任何类型的滨海盐渍土,甚至包括盐渍淤泥,只要有充沛的水源和一定排水条件,都可以垦种水稻。但在盐分降低的同时,土壤中的营养元素也易淋失,在施肥不足的情况下,往往引起地力的减退,产量的回降,出现“一年见效,二年增产,三年减产”的现象。因此,采用

1) 江苏省盐城专区新洋农业试验站农业科学研究报告汇编第一辑、第二辑, 1959、1961。

水耕方式改良利用盐渍土,要加强地力的培养,使土壤的脱盐和熟化作用同时并进,才能促进土壤的形成发育。

二、苏北滨海盐渍土的脱盐熟化规律

苏北滨海盐渍土在形成演变过程中,土壤特性的变化主要是土壤地下水的脱盐淡化和表土层的熟化两方面,它们是相互制约、相互促进的,往往是土壤脱盐愈多,耕层熟化愈好,熟化程度愈高,土壤脱盐愈快,脱盐效果也愈巩固。

(一) 盐渍特性的变化

由于成土母质在沉积过程中便受海水的浸渍,含盐沉积物深厚,滨海盐土形成的特点是积盐过程先于成土过程。积盐和脱盐始终是滨海盐渍土演变过程中的主要矛盾。地质过程和自然成土时期之初,矛盾的主要方面是土壤积盐和矿化地下水浓缩。以后,由于人们利用了有利的自然条件和采取一系列综合措施,矛盾的主要方面转为土壤脱盐和地下水淡化。在这个过程中,盐分含量的变化较大,盐分组成的变化较小。

1. 盐分含量的变化。从土壤剖面的平均含盐量来看,地质时期→自然成土时期→旱耕成土时期整个演化系列可分为三个明显的等级:第一个等级是全盐量在 0.4—0.6% 和 0.6% 以上,盐渍淤泥、滨海草甸盐土和强度盐化滨海草甸土的含盐量都在这个范围;第二个等级是在 0.25—0.4% 之间,自然成土时期向旱耕成土时期过渡的三种中度盐化类型均属之;第三个等级是平均含盐量在 0.1—0.2% 之间的旱耕脱盐熟化类型。这些等级变化反映了盐渍特性变化过程中的质变阶段。各平均含盐量等级的土壤盐分垂直分布状况又各有特点,平均含盐量在 0.4—0.6% 范围的,往往表土 > 心土 ≥ 底土,属盐分累积类型;平均含盐量在 0.1—0.2% 的,是表土 < 心土 < 底土,为稳定脱盐类型;而平均含盐量为 0.25—0.4% 的土壤,盐分的垂直分布状况就变化较多,中度盐化滨海草甸土的表、心土含盐量较一致,有向底土弱度淋溶的迹象;中度盐化滨海耕种草甸土则表土大于心土和底土,有明显的返盐现象;底层中度盐化滨海耕种草甸土则是表、心土小于底土,有明显的淋盐特征(表 3)。这些盐分垂直分布状况,反映了土壤盐分在剖面中重新分布的量变特征,它正说明脱盐、返盐的反复交替,只有掌握了这些规律,才能更好地改良利用滨海盐渍土。

地下水矿化度随土壤演化过程而降低的规律也极明显,其变化随土壤平均含盐量三个等级而相应变化,分别为 20—35 克/升, 5—20 克/升, 和 1—5 克/升,各土壤类型的矿化度亦有所不同,根据同期地下水埋藏深度和矿化度资料,海堤外的地下水位,由于海水的直接补给,距海愈近而水位愈高,但离海 10 公里以上的堤外荒地,一般都较海堤内相同高程地段的地下水位低,而堤内荒地的地下水位又较已有有人工排灌系统的农田地区低,因而形成了一条大致以海堤为分界向东西两边逐渐升高的地下水位线(图 3)。这是由于农田地区建立了条排沟系统以后,受地面高程的限制和海潮的顶托,排水沟的深度不能太深,末级排水沟一般是 1—1.5 米,骨干河道既要容泄雨水和上游客水,又要保证灌溉需要,经常保持一定水位,形成对地下水的补给,提高了农田地区的地下水位。但由于苏北滨海地区有较完善的排水系统,沟沟相通,有排盐出路,农田地区地下水位虽略有抬高,但地下水矿化度仍不断淡化,从而形成了与地下水位线变化一致的地下水矿化度

表 3 滨海地区各土壤类型的盐渍度及地下水矿化度

土壤类型		主要自然植被或宜栽作物种类	覆盖度或成苗率	土壤全盐量 (%)				地下水矿化度(克/升)
分类	命名			群众名称	1米土层平均	表土*	心土*	
	滨海草甸盐土	光板地、盐蒿地	20—30%	0.5—0.6	1.0—2.0	0.4—0.5	0.5—0.6	25—35
	强度盐化滨海草甸土	獐毛草地	50—60	0.4—0.6	0.4—0.5	0.4—0.6	0.6—0.8	20—30
	中度盐化滨海草甸土	茅草地	80—90	0.25—0.4	0.2—0.3	0.2—0.4	0.3—0.5	10—20
	中度盐化滨海沼泽草甸土	芦草地	80—90	0.25—0.4	0.2—0.3	0.2—0.4	0.3—0.4	10—15
	中度盐化滨海耕种草甸土	盐碱土、咸沙土、咸粘土	50—70	0.25—0.45	0.3—0.6	0.2—0.5	0.2—0.4	5—20
	底层中度盐化滨海耕种草甸土	白沙土、咸潮土	80—90	0.2—0.4	0.1—0.25	0.15—0.3	0.3—0.5	3—10
	轻度盐化滨海耕种草甸土	黄沙土、黄泥土、夜潮土	90—100	0.1—0.2	0.1—0.2	0.15—0.2	0.15—0.25	2—5
	滨海耕种草甸土	黑沙土、灰泥土	100	0.07—0.12	0.07—0.15	0.1—0.15	0.07—0.15	1—2
	中度盐渍性水稻土	—	—	0.15—0.30	0.10—0.20	0.15—0.25	0.20—0.30	7—18
	轻度盐渍性水稻土	—	—	0.09—0.12	0.04—0.08	0.07—0.10	0.10—0.15	2—5
	滨海水稻土	—	—	0.04—0.09	0.03—0.08	0.03—0.10	0.05—0.10	1—2

* 表土是 0—10—20 厘米;心土是表土以下, 60 厘米以上;底土是 60 厘米以下。

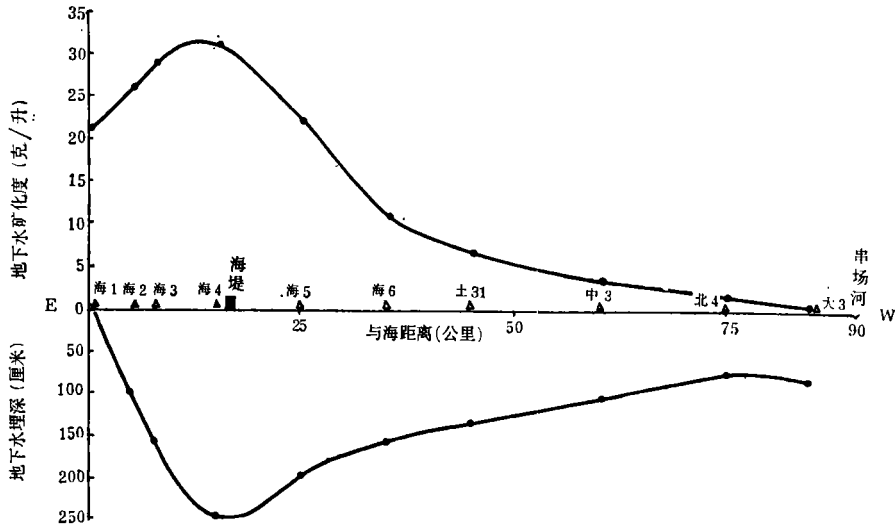


图3 苏北滨海地区垂直海岸的地下水埋藏深度与矿化度的变化

线。在这种情况下,土壤还是朝着逐渐脱盐的方向发展,这说明滨海地区土壤的盐渍化程度,不仅决定于地下水位的高低,同时还受地下水矿化度和表土熟化程度的影响。

2. 盐分组成的变化。随着土壤演变过程的发展,各种离子有一定的消长规律。但土壤盐分的主要组成不变,整个过程均以氯化钠为主, Cl^- 和 Na^+ 离子始终占绝对优势,并随全盐量的增减而增减,成直线关系。土壤全盐量平均减少0.1%, Cl^- 和 Na^+ 平均降低1.1—1.6毫克当量/100克土,而全盐量为1.0—0.4%时减速最快。绝对值的变幅很大,全盐由>2.5%下降到0.1%时,二种离子均由>35毫克当量/100克土降低到0.3毫克当量/100克土左右。一般当土壤含盐量在0.4—1.0%时, Cl^- 和 Na^+ 的绝对含量为5—15毫克当量/100克土,全盐量<0.4%时,为0.5—6毫克当量/100克土。相对值的变幅较小,一般由80—90%降低到45—80%。

SO_4^{2-} 和 Mg^{++} 的含量也随土壤的脱盐而有所下降,但下降速度较 Cl^- 、 Na^+ 慢得多,土壤全盐量每减少0.1%, SO_4^{2-} 和 Mg^{++} 平均减少0.1—0.35毫克当量/100克土。当全盐量在1.0%以上时,含量在2—10毫克当量/100克土以上,全盐下降到0.4%以下时,往往小于1毫克当量/100克土。

HCO_3^- 的绝对含量与相对含量的变化均与全盐量成反相关,当全盐量由>2.5%逐渐下降为0.05—0.1%时, HCO_3^- 含量由0.2—0.3毫克当量/100克土增加到0.4—0.6毫克当量/100克土,增幅虽然不大,但相对量的变化却较明显,由占阴离子总量的0.4—0.6%增加到20—45%。因此随着土壤的脱盐,要注意 HCO_3^- 对土壤性质的影响。

Ca^{++} 的变化甚微,变幅在0.2—2毫克当量/100克土之间,有随全盐量的增加而略增加的趋势(图4)。

土壤盐渍类型的变化,主要反映在土壤表层的次要离子的变化上,在整个演变过程中,土壤表层盐渍类型的变化与平均含盐量三个等级基本一致,平均含盐量为0.4—0.6%和0.6%以上的土壤,盐渍类型往往属氯化物盐土,平均含盐量为0.25—0.4%的土壤,属

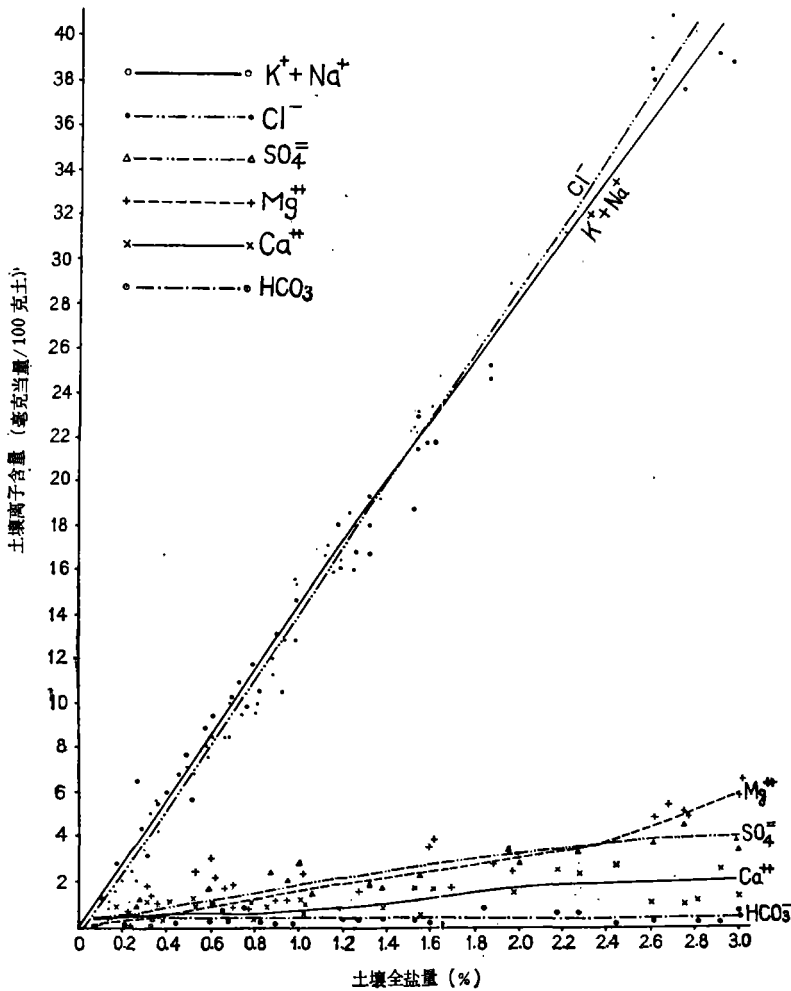


图4 土壤含盐量与盐分组成的关系

硫酸盐氯化物盐土；平均含盐量为 0.1—0.2% 者，为重碳酸盐氯化物盐土。

地下水的化学组成与海水一致，不论矿化度高低，均以 Cl^- 、 Na^+ 占优势，并有相当数量的 Mg^{++} 。这三种离子的绝对量均随地下水的淡化而明显地减少。矿化度与离子含量变化的关系是：地下水矿化度每降低 1 克/升， Cl^- 减少 11—20 毫克当量/升， Na^+ 减少 12—14 毫克当量/升， Mg^{++} 减少 3—4 毫克当量/升， SO_4^{--} 减少 1.0—1.6 毫克当量/升， Ca^{++} 减少 0.4—1.0 毫克当量/升， HCO_3^- 有增有减，含量也最低。

Cl^- 的绝对含量始终较 Na^+ 略高，在地下水矿化度 >30 克/升时，二者含量均超过 400—500 毫克当量/升， <5 克/升时，均在 100 毫克当量/升以下。相对变幅为 50—90%。

Mg^{++} 的绝对含量在矿化度 >30 克/升时，达 100—150 毫克当量/升， <5 克/升时，降低到 15 毫克当量/升以下，相对量变化不大，一般为 15—20%。

SO_4^{--} 和 Ca^{++} 随矿化度变化而增减的数量，前者在 1—60 毫克当量/升，后者在 0.5—25

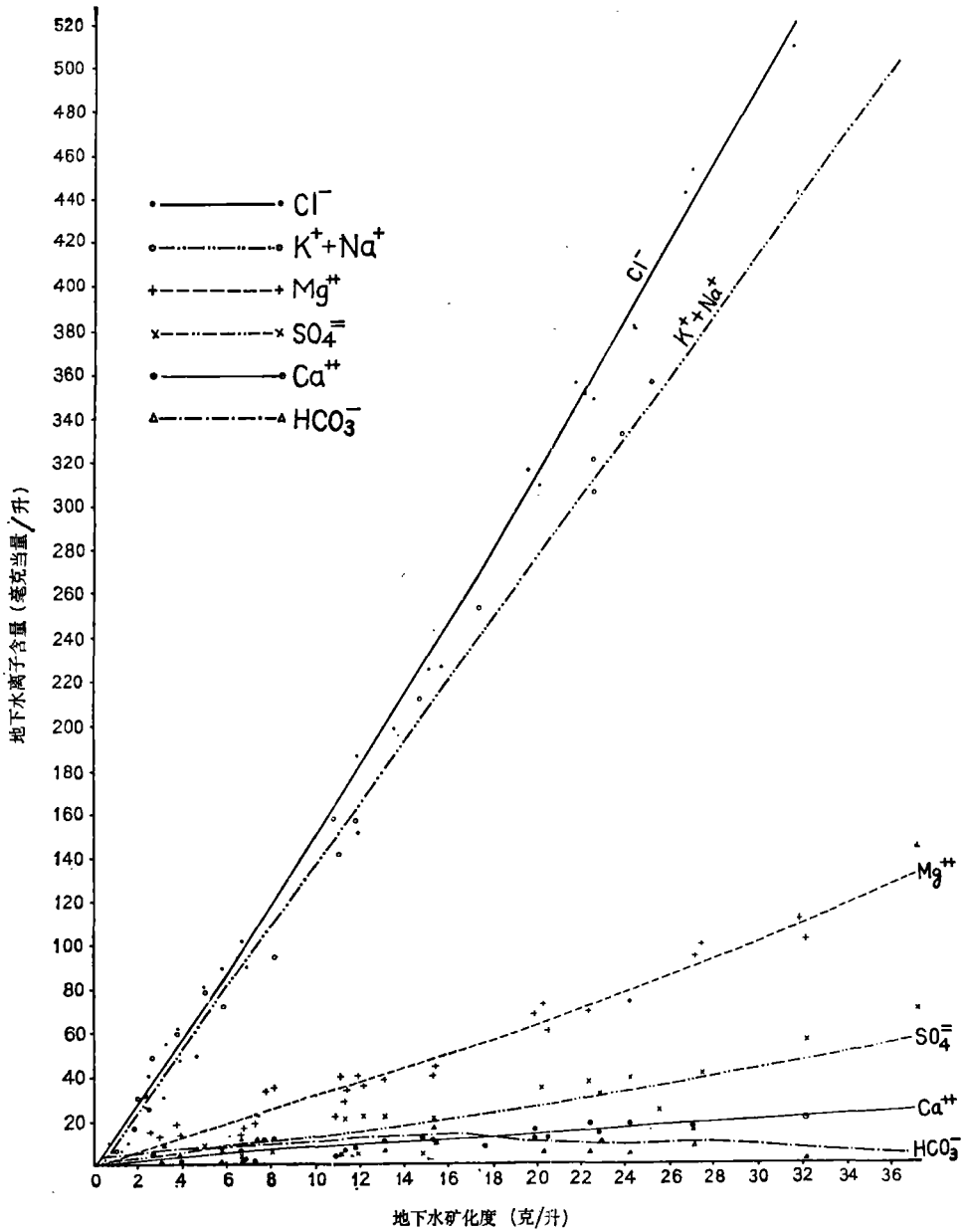


图 5 地下水矿化度与盐分组成的关系

毫克当量/升之间变化,分别占阴阳离子总量的 2—8% 和 4—15%。

HCO₃⁻ 的含量最低,变化不大,处于相对稳定状态,含量为 3—15 毫克当量/升(图 5)。

地下水矿化度与离子组成的变化也导致地下水水质的变化,矿化度 > 30 克/升时常为 Cl-Mg-Na 质水, 10—30 克/升时,主要为 Cl-Mg-Na 质水,部分为 SO₄-Cl-Mg-Na 质水, 5—10 和 2—5 克/升时,为 SO₄-Cl-Mg-Na 质水, 1—2 克/升时,为 HCO₃-Cl-Mg-Na 质水。

(二) 耕层的熟化

滨海盐渍土垦殖利用以后,耕层的熟化与退化是演变过程中的另一对矛盾。人们的耕耘、施肥和管理活动,促进着耕层的熟化,有时也会引起暂时的退化现象,随着农业生产的发展,耕层的熟化是必然规律,熟化程度的不同也是土壤发育阶段不同的反映。苏北沿海南部的南通地区,农业生产发展最早,唐宋以后便有农耕,因此,不但土壤大都基本脱盐,土壤熟化程度和农业生产水平也普遍较高,其他地区大多是清末或解放以后才开垦,农业利用历史一般是50—60年或20—30年,土壤熟化程度有高有低,生产水平也有差异。

土壤脱盐和耕层熟化是滨海盐渍土发育过程中相辅相成、相互促进的两个方面。盐渍土的熟化不仅有利于作物的生长,也有利于土壤的脱盐。在土壤熟化过程中,有机质、土壤结构、微生物状况及生产性能等都有较明显的变化。

1. 有机质的累积。有机质的含量随土壤的发育而有规律地变化。盐渍淤泥的有机质很低,上下层较一致,壤质淤泥一般为0.3—0.5%,粘质淤泥一般是0.6—0.8%。自然成土时期开始了有机质的累积,表层有机质含量随植被的演替而不断增加,以至提高到1.5—2.5%,累积深度由2—5厘米逐渐增厚,但一般不超过10厘米左右,10厘米以下土层的有机质含量与淤泥母质相近。由此可见,自然成土时期耐盐植物和草甸植物的生物累积主要是浅层累积。耕种成土时期以后,由于人的耕作、施肥、种植绿肥和栽培作物等一系列活动的影响,土壤有机质在浅层累积的同时,还在较深的土层中进行积累,以至10—25厘

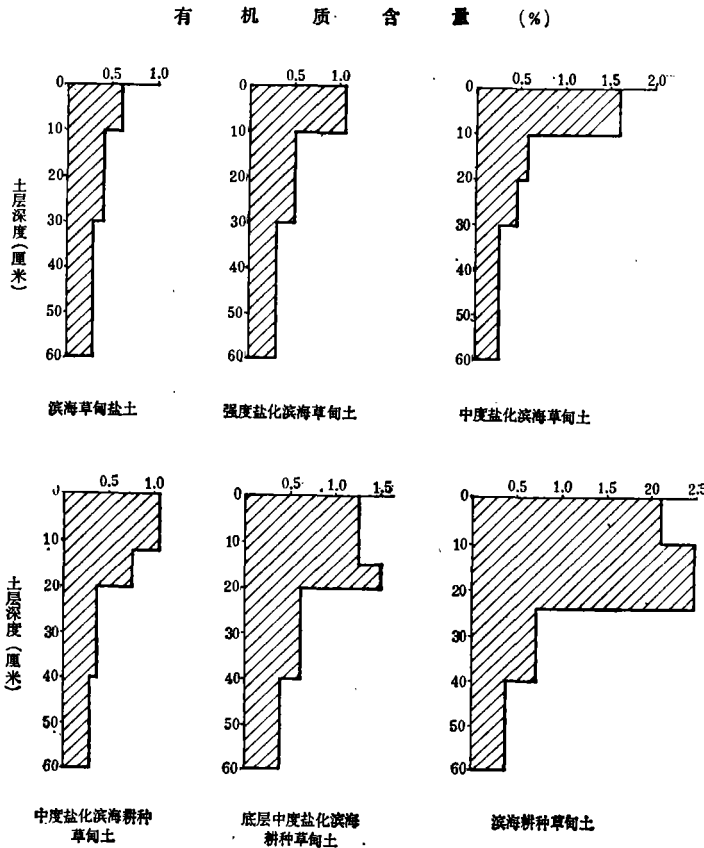


图6 各类型土壤有机质含量

米也逐渐提高到 1.0—2.5%，25—40 厘米也比母质的含量为高，从而增厚了熟土层。这种深层累积的作用，随着熟化程度的提高而愈加明显。耕垦初期，由于只利用不补给或少补给而处于有机质暂时下降阶段的中度盐化滨海耕种草甸土，在浅耕的条件下，有机质的消减变化主要也是在 10 厘米以上的土层中，10 厘米以下的土层则仍有所积累，当土壤发育为底层中度盐化滨海耕种草甸土以后，有机质深层积累的现象就很明显，以致亚表土的有机质含量较表土和心土为高(图 6)。

随着有机质的消长变化，土壤的氮素营养亦有所积累，滨海草甸盐土、强度盐化滨海草甸土和底层中度盐化滨海耕种草甸土的表土全氮量大多在 0.03—0.07% 之间，中度盐化滨海草甸土和底层中度盐化滨海耕种草甸土大多为 0.07—0.14%，轻度盐化滨海耕种草甸土和滨海耕种草甸土均在 0.1—0.15% 之间。熟化过程中，土壤的全磷和全钾的含量则变化不大，前者多为 0.12—0.14%，后者则在 1.9—2.1% 的范围。

2. 土壤结构的改善。土壤结构状况是熟化程度的重要物理指标，往往随有机质的变化而变化，不论是自然成土时期或耕种成土时期都渐趋改善。滨海草甸盐土层 >0.25 毫米水稳性团聚体的含量一般是 6—8%，发育到中度盐化滨海草甸土时则增加到 25—26%，在垦殖利用不当的情况下，由于有机质减少，结构破坏，团聚体的含量亦有所降低，以后，随着熟化程度的提高又逐渐增加到 25—40% 之间。各级团聚体的变幅，壤质旱作土壤主要以 >5 毫米的团聚体变化最明显；粘质水旱轮作土壤则以 3—1—0.5—0.25 毫米三级变化较大，>3 毫米者变化较小(表 4)。伴随着土壤结构的改善，土壤容重减少，孔隙度增加，其中主要是非毛管孔隙增加。

表 4 各种土壤类型表层水稳性团聚体含量(%)

土壤类型	有机质 (%)	质地	各级团聚体(毫米)						
			>5	5—3	3—1	1—0.5	0.5—0.25	<0.25	>0.25
滨海草甸盐土	0.57	轻壤	2.90	1.60	0.80	1.10	1.50	92.10	7.90
强度盐化滨海草甸土	0.75	轻壤	3.67	0.96	2.34	4.14	2.78	86.11	13.89
中度盐化滨海草甸土	1.80	轻壤	10.80	5.30	4.30	3.40	2.30	73.90	26.10
中度盐化滨海耕种草甸土	1.14	轻壤	3.40	4.10	2.30	2.70	1.70	85.80	14.20
轻度盐化滨海耕种草甸土	1.56	轻壤	9.30	4.40	3.10	3.60	4.60	75.00	25.00
中度盐渍性水稻土	1.02	轻壤	2.87	1.26	2.75	4.96	5.32	82.84	17.16
轻度盐渍性水稻土	1.27	轻壤	3.00	2.89	5.68	8.99	6.34	73.13	26.87
滨海水稻土	1.78	轻壤	13.65	3.88	7.70	8.89	6.14	59.71	40.29
滨海草甸盐土	1.12	粘土	1.29	0.34	1.00	2.11	1.57	93.71	6.29
中度盐渍性水稻土	—	粘土	1.34	0.98	2.21	7.89	4.40	83.17	16.83
滨海水稻土	1.36	粘土	0.55	1.02	6.05	13.64	9.42	69.32	30.68

3. 土壤微生物的变化。苏北滨海盐渍土的微生物种类，以细菌为主，放线菌为次，芽孢杆菌和真菌较少。细菌数量在 100—4000 万/1 克干土之间，放线菌在 2—350 万/1 克干土之间，芽孢杆菌在 0.3—28 万/1 克干土之间，真菌在 0.005—50 千/1 克干土之间变化，随土壤脱盐熟化程度的增加而增加。盐渍淤泥 1 克干土的细菌数量仅 18 万左右，脱离海潮浸渍的光板地也不过 100—200 万，盐蒿地和獐毛草地为 300—500 万，当演变为茅草地时则上升到 2000—2500 万，发育为脱盐熟化类型时，往往增加到 3200—3800 万之间

(表 5)。

表 5 各种土壤表层的微生物状况

土壤类型	植物或作物 种 类	细菌总数 万/1 克干土	芽孢杆菌 万/1 克干土	放线菌 万/1 克干土	真 菌 千/1 克干土
盐渍淤泥	光 板 地	18.0	0.30	0.20	0.005
滨海草甸盐土	光 板 地	173.0	0.30	2.20	0.06
强度盐化滨海草甸土	筲毛草盐蒿	557.0	0.03	43.00	1.03
中度盐化滨海草甸土	茅 草	2357.0	3.60	323.10	8.30
轻度盐化滨海耕种草甸土	棉、 麦	3862.0	6.20	233.30	24.60
中度盐渍性水稻土	稻、麦、棉	1881.0	21.30	113.60	5.90
轻度盐渍性水稻土	稻、麦、棉	3571.0	5.90	182.90	10.90
滨海水稻土	稻、麦、棉	3242.0	8.90	205.20	14.20
中度盐渍性水稻土	种 稻 1 年	1620.0	19.20	—	5.10
轻度盐渍性水稻土	种 稻 6 年	3307.0	28.50	281.40	—
滨海水稻土	种 稻 9 年	3688.0	0.22	209.80	3.00

注：由中国科学院南京土壤研究所微生物室鉴定。

4. 生产性能的提高。随着土壤的不断脱盐熟化, 滨海盐渍土的宜种性、成苗率、轮作方式、作物产量和耕作特点都有变化。开垦之初, 进行旱作利用时, 一般只宜种植棉花, 不宜种植旱杂粮作物, 轮作方式较简单, 主要是纯作棉花与绿肥倒茬; 土壤发育到一定程度, 耐盐性较强的大麦、元麦、油菜可以立苗时, 可实行棉、麦(油菜)、绿肥轮套作, 但其它粮食作物仍不宜种植, 或在增施肥料和加强防盐措施的情况下才能种植; 土壤发育到轻度盐化滨海耕种草甸土时, 小麦、豆类、玉米等耐盐性较弱、需肥较多的作物也能成苗高产时, 轮作倒茬的方式就更多样, 可以向间套种多熟制的方向发展。

三、苏北滨海盐渍土形成演化的调节与控制

通过苏北滨海盐渍土形成条件、分布规律和发生演化过程的研究, 认识到滨海盐渍土形成演化的调节与控制, 关键在于缩短或跨越某些成土时期或成土阶段, 并防止在演化过程中出现滞缓不前或因循反复的现象。

(一) 缩短或跨越某些成土时期或成土阶段, 要从选择垦殖利用方式着手。进行旱耕垦殖的土壤, 以具有初步淋盐特征的茅草地为宜, 它的自然成土过程较长, 一般要经历三个阶段, 进入耕种成土时期以后, 又要经历 3—4 个旱耕脱盐熟化阶段, 才能演化形成滨海耕种草甸土, 即使演化过程不发生反复, 土壤形成演化过程仍是相当长的。而开垦种植水稻的垦地, 对土壤盐分含量的要求就不那么严格, 不但各种盐化土壤类型和盐土都可洗盐种稻, 甚至盐渍淤泥滩也可垦殖, 加以水耕脱盐速度快, 加强培肥熟化措施, 就能较快地演化形成滨海水稻土。有些地区在日高潮浸漫带围涂造田, 采取当年围垦当年种稻的成功经验, 盐渍淤泥就能跨越地质积盐时期和自然成土时期, 直接向耕种成土时期飞跃, 大大缩短了滨海盐渍土的形成演变过程。而从节约水源, 扩大垦殖, 种稻 2—3 年再回旱或实行水旱轮作, 也同样可以缩短土壤形成过程。水旱轮作有提高改土培肥效果, 调节茬口、劳力等优越性, 应该提倡。

(二) 防止演化过程中出现滞缓不前或因循反复现象, 就要掌握影响演化进程的关键问题和关键阶段, 采取相应的调控措施。筑堤建闸, 防潮御卤, 使盐生植物和耐盐植物获得生长繁育的环境, 不致因海水周期性淹没与浸渍而使生草作用不能进行或中断, 而造成地质积盐时期与自然成土时期的交替。因此, 断绝海水来源, 是加速土壤形成发育的先决条件, 也是改良利用滨海盐渍土的重要保证。由于地形地貌和排水条件的限制, 自然植被往往停滞在盐蒿、犐毛草或结缕草阶段, 不能迅速演替为茅草地, 故在堤闸建成后, 应逐步开挖各级排水河道, 缩短自然养垦过程。

在垦种过程中, 防止撩荒现象的产生, 是自然成土时期向旱耕成土时期演进的关键。耕垦开荒是盐渍土形成发育过程中一个激变阶段, 自然植被的耕翻, 自然覆盖的破坏, 有机质层的扰动, 以及人们耕种管理活动的影响等, 都会引起水盐运动的强烈变化。人为措施得当, 土壤继续脱盐而向底层中度盐化阶段演进。但由于地面裸露, 蒸发加强, 往往引起表土返盐, 特别是原始草色较差或高洼不平的地段, 和在耕垦深度过大或不注意养地的情况下, 返盐就更严重, 以致形成大小轻重不等的盐斑, 拿苗不易, 保苗困难, 缺苗断垄现象普遍, 作物产量低而不稳, 以致撩荒弃种, 土壤返盐退化为中度盐化滨海耕种草甸土。因此, 在垦殖利用之始, 就要采取调控措施, 促进中度盐化滨海耕种草甸土向底层中度盐化土演进, 才能避免反复, 加速旱耕成土时期的进程。为此, 一方面要掌握垦殖的原则, 即做好垦地的选择, 严格控制初耕深度, 以不超过有机质层为度, 做好土地平整工作, 防止盐斑面积的扩大。另一方面要水利先行, 开沟排水, 建立沟沟相通的分级排水系统, 控制地下水位, 提高淋盐排盐效果。同时要增加地面覆盖, 通过铺生盖草、种植绿肥、植树造林等农业生物措施, 减少土壤蒸发。选种耐盐作物, 合理安排茬口, 推行间套轮作, 提高作物的成苗率和郁闭度, 保持地面常青, 以作物、绿肥的郁闭代替自然植被的覆盖等, 都有利于控制土壤返盐, 促进土壤的定向发育。

(三) 培肥地力, 熟化表土, 是加速耕种成土过程的重要环节。滨海盐渍土, 不仅土壤盐分重, 地下水矿化度大, 而且肥力低, 理化性质不良, 存在着盐、瘦、板、冷、渍多种低产因素, 从而影响着农业生产, 其中主要矛盾是盐和瘦。土壤和地下水的盐分, 虽可通过水利措施加以排除, 但滨海地区的含盐沉积物十分深厚, 深层地下水的矿化度也很高, 不易消除盐分的影响。且地势低平, 排水沟的深度受到限制, 沉积母质多属壤质, 水盐运动活跃, 蒸发返盐速度快, 强度大。因此, 必须重视水盐动态的调节与控制, 人工覆盖和生物覆盖措施虽然有效, 但有些也不尽符合农业生产发展的要求, 且有些覆盖物来源不易, 因此, 必须从根本上培肥地力, 熟化表土, 使土壤本身具有覆盖抑盐的性能。研究试验资料说明: 随着耕层熟化度的提高, 土壤结构不断改善, 大孔隙逐渐增多, 雨季时有利于纳雨淋盐, 晴旱时, 一方面能在表面迅速形成薄层干燥层, 一方面当土壤水分从小孔隙体系的心底土向大孔隙体系的表层移动时, 毛管水的上行运动受到限制, 从而减少了土壤蒸发, 抑制了土壤返盐。因而, 熟化层覆盖下的土壤年周期脱盐率达 30—50% (唐淑英等, 1978)。可见, 培肥地力, 熟化表土, 不仅是改土增产这一目的所必需, 而且与水盐动态息息相关。即使是淋盐作用已较明显的底层中度盐化滨海耕种草甸土, 其演化方向和演化速度, 也往往受退化返盐和熟化脱盐这两个方向相反的过程所影响, 既可倒退为中度盐化滨海耕种草甸土, 也可演进为轻度盐化滨海耕种草甸土, 并向滨海耕种草甸土迈进。

培肥熟化表土关键在于增加有机质的积累,因此,必须通过种植绿肥、养猪积肥、秸秆还田等广辟肥源,增施有机肥料,同时通过合理耕作促进有机质的累积。苏北滨海地区向以绿肥为主,通过间、套、轮作制,使用地与养地结合起来,从而在改土培肥,熟化土壤中起着极其重要的作用。

参 考 文 献

- 方鸿琪, 1959: 长江中下游地区的新构造运动。地质学报, 第 39 卷 3 期, 328—343 页。
 陈吉余、虞志英等, 1959: 长江三角洲的地貌发育。地理学报, 第 25 卷 3 期, 201—219 页。
 胡焕庸, 1957: 江苏省人口密度和农业区域。华东师大学报, 第 1 期, 16—22 页。
 唐淑英、张丽君, 1978: 土壤耕层熟化度对水盐动态的影响。土壤学报, 第 15 卷 1 期, 39—53 页。
 程滢, 1957: 南通地区经济地理。华东师大学报, 第一期, 23—24 页。

THE FORMATION AND EVOLUTION OF SALT-AFFECTED SOILS IN THE COASTAL AREA OF NORTHERN KIANGSU

Tang Shu-ying, Chu Shou-chuan, Shan Kuang-tsung,
 Shao Hsi-cheng and Chang Li-chun
 (Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Summary

The formation and distribution of the coastal salt-affected soils in Northern Kiangsu is influenced by various soil-forming conditions, among which the age of sediments, the distance from the sea and the history of cultivation and utilization are the most important factors. Under the influence of these factors, the belts of soil-ground water parallel to the coast line come into being. All the soils of each belt are derived from the salt-affected mud-sediments.

In the sedimentary stage, the parent material in this area was soaked with sea water, so the salinization process was prior to the soil-forming process. Under the influence of natural rainfall and anthropogenic activities, a tendency towards desalinization becomes general.

In soil-forming stage of cultivation, the anthropogenic factor has played a decisive role in desalinization and promotion of the fertility of the soils. For the change of the nature of the soils, the desalinization of soil-ground water and the improvement of the fertility of surface soil through cultivation are the most important.

Experiment showed that a good cultivated surface soil might regulate the movement of soil salt and water. The higher leaching intensity in rainy season and the lower desalinization rate in dry season were found in the sub-soil covered with a good cultivated surface soil. The annual desalinization rate of the soil ranged from 30 to 50 per cent.

Even in the area with high ground water table and high salt concentration both in ground water and soil, the agrobiological and the cultivating measures under a rational drainage system may also accelerate the rate of leaching and promote the effect of desalinization in the soils.