

江蘇省沿海地區鹽漬土發生過程及 鹽漬特性的轉化

冷 福 田 趙 守 仁

(華東農業科學研究所土壤系)

隨着我國農業生產的發展,特別是灌溉農業的發展,鹽漬土壤的改良和利用,將成為農業生產中一項重要的工作。關於這方面的研究,文獻上很早就有記載,近年來蘇聯土壤科學在這方面的卓越成就,更為鹽漬土的改良和利用開闢了廣闊的道路。鹽漬土由於其發生和性質上的不同,在改良利用上亦往往有着很大的差異。現將我們近幾年來有關江蘇沿海鹽漬土區的一部分調查研究資料進行整理,就土壤的發生、性質和改良途徑等方面,均加以討論,而特別着重於土壤發生過程和鹽漬特性轉化的規律。

一、鹽土區概況

江蘇沿海鹽漬土區位於長江以北、隴海鐵路以南、串場河迄鹽河一綫以東地區,約當北緯 $31^{\circ}37'$ — 35° , 東經 119° — 122° 之間,面積共約二萬一千平方公里,為一濱海沖積大平原(圖 1)。區域內西部近串場河地區土壤大部分已趨於脫鹽,東部沿海,由於海勢逐漸東移,繼續有新的海灘出現,因此鹽土區的位置,實質上是逐漸向東遷徙的。

成土母質主要為江河沖積濱海沉積物,少數為無石灰性湖相沉積物,成陸年代一般均在千年以內。區內地形平坦,地面高程(以廢黃河口為零點)約 2—5 米。氣候屬東南亞季風區。大致以射陽河為界,南部為海洋性氣候;北部因接近華北大平原,兼受大陸性氣候影響,氣候溫和濕潤。年降雨量平均為 700—950 毫米,大半集中在 7—9 月;年平均氣溫在 14.3 — 15.1°C 之間;全年無霜期達 200—230 日。潛水位較高,乾旱季節中一般在地下 1—3 米以下,雨季中則普遍升至 1 米以內。潛水礦化值約為 1—10 克/升(焙乾殘渣)。上述的自然環境條件適宜於草甸植物的生長。自然植物常見的有藜科(如胖蒿、鹽蒿、碱蒿)、菊科(如奇蒿、蒲公英、藍花草)、禾本科(如茅草、獐毛草、蘆葦)、磯松科(如含鹽草)和莎草科(如三角草)等。

區域內水系除斗龍港、射陽河等外,一般皆淺小易淤,雨季常因排水不暢而易成澇。各河以前多無擋潮涵閘,因此常受海潮倒灌影響。

本區最早的利用形式為刈草煎鹽,大規模的農業生產始於 50—60 年以前;解放以

後,耕地面積更加迅速擴大,大規模的國營農場遍佈全區。目前除深度鹽漬化土壤外多已墾植利用。栽培作物隨土壤鹽漬情況而異,輕度鹽漬以下的土地,以糧食作物(如玉米、高粱、麥類等)為主,鹽漬程度較重者則多植棉。有灌溉水源的地區則種植水稻。近海一帶,有大面積深度鹽漬化*的土壤荒地,尙待改良利用。

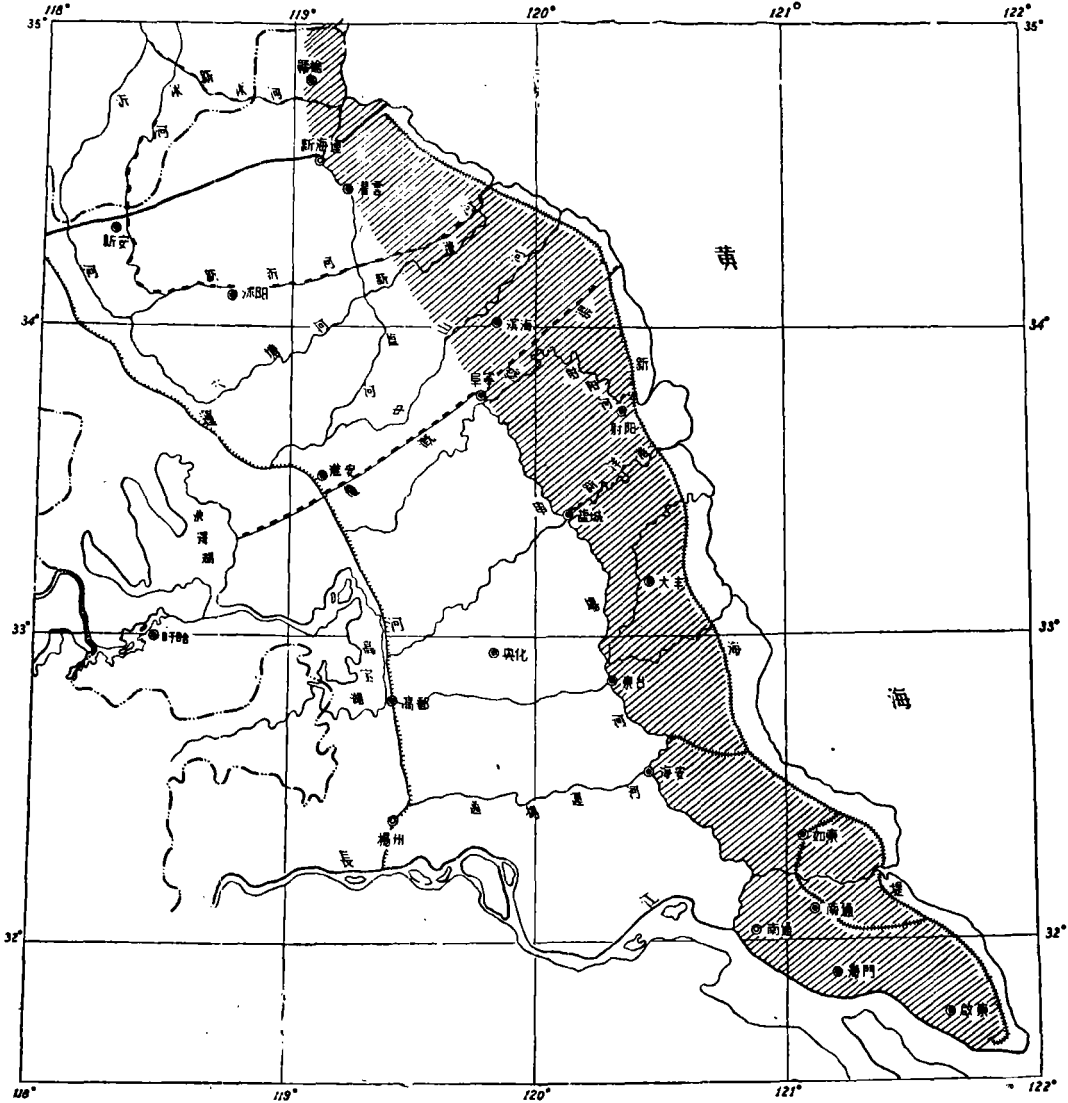


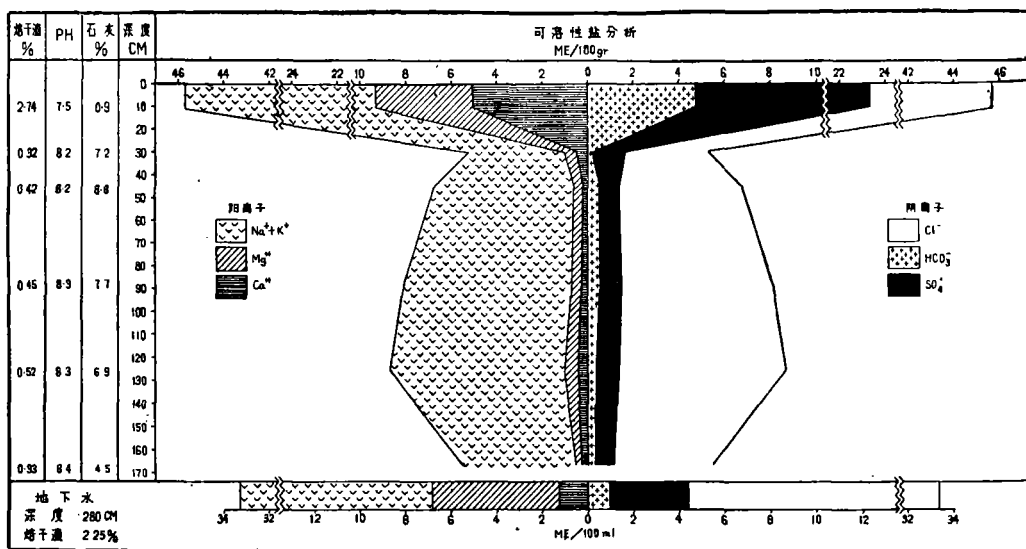
圖 1 蘇北濱海鹽漬土區範圍示意圖

二、土壤概性和發生過程

本區土壤發育於鹽漬性沖積母質,成土年代不久,一般土層無明顯的發育層次。由

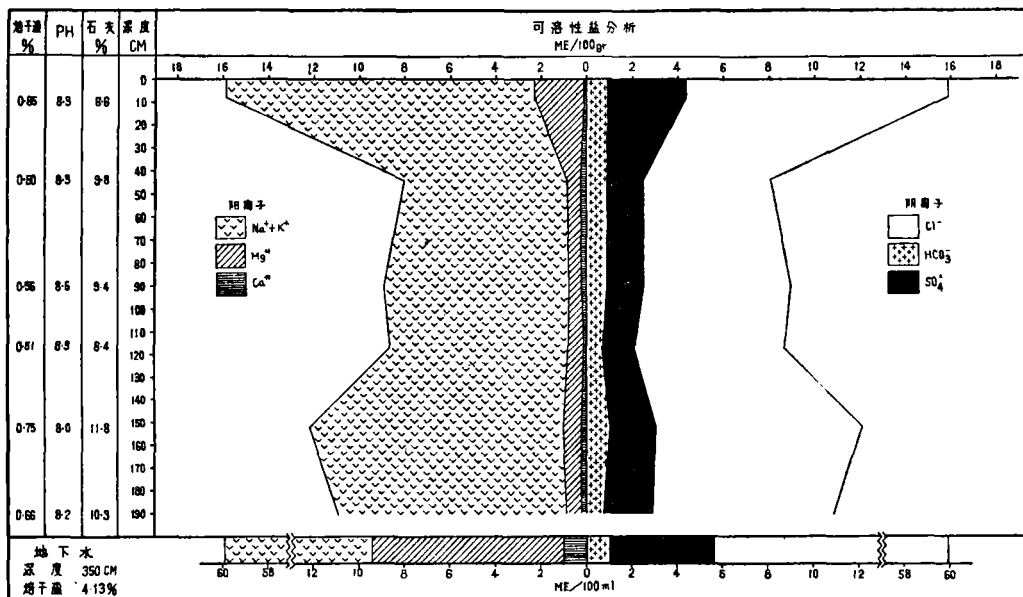
* 本區鹽土鹽漬分級標準暫定為脫鹽土(NaCl 含量 < 0.05%);輕度鹽漬土(NaCl 含量 0.05—0.15%)中度鹽漬土(NaCl 含量 0.15—0.3%);深度鹽漬土(NaCl 含量 > 0.3%)等四級。

於受海水浸漬的影響，土層中富含以氯化鈉為主的可溶性鹽類(圖 2、3、4)；同時並呈一定的“鹼性”。“鹼性”表現在兩方面，一方面表現在土壤有較高的 pH 值(水懸浮液 pH 8.0—9.0)；另方面表現在吸附性鈉量較多，按蓋德羅伊茨法測定結果，鹼化度一般在



採土地點：蘇北東台縣鹽壩區王港 (發育於江淮沖積物上深度鹽漬草甸鹽土；分佈於沼澤窪地)

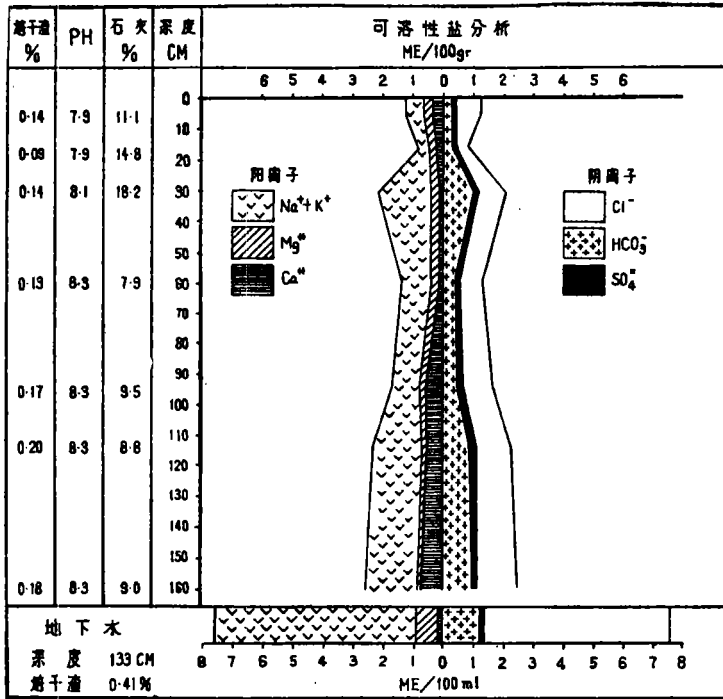
圖 2 蘇北沿海鹽漬土鹽分割面圖



採土地點：蘇北大豐縣上海農場元華分場南 800 米 (發育於淮黃沖積物上輕度鹽漬草甸鹽土)

圖 3 蘇北沿海鹽漬土鹽分割面圖

5—30% 間。土壤具碱性的原因，除了上述因母質長期受海水浸漬的作用，膠體表面上吸附有大量吸收性的鈉外，另方面，可能在很大的程度上受石灰性母質的影響。本區域的土壤，除發育於無石灰性的湖相沉積物者外，一般呈石灰反應，石灰含量在 5—15% 之



採土地點：蘇北濱海縣五汛區蔡橋鄉劉舍村（發育於黃淮沖積物輕度鹽漬草甸鹽土）

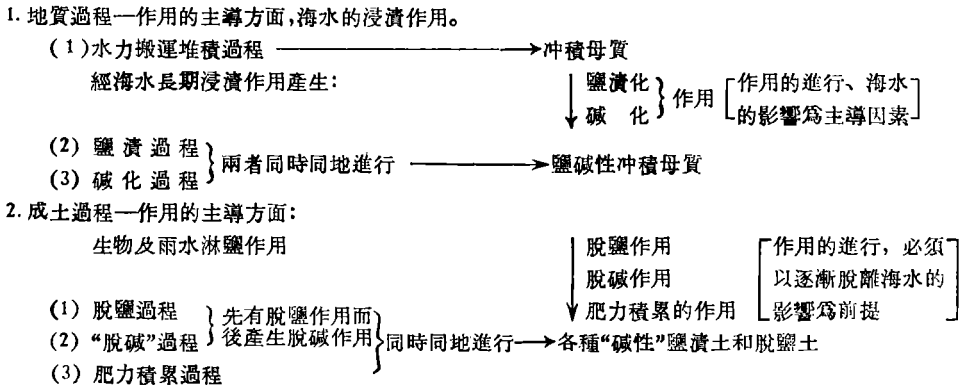
圖 4 蘇北沿海鹽漬土鹽分剖面圖

間，在自然生草和雨水淋溶的作用下，土壤表層石灰有逐漸被淋失的現象。土壤質地隨母質來源及沉積的環境條件而異，大致廢黃河以南，一般為砂壤-輕壤土，廢黃河以北則漸趨粘重。由於潛水位高的影響，土層下部具不同程度的潛育現象，在地勢低窪排水不良的蘆蕩地區，土壤上層常有黑色淤泥層的生成，整個剖面潛育化程度亦深，類似沼澤土壤，但因發育年代較短，一經改善排水，進行耕作，土層即消失其明顯的沼澤化表徵。

本區域土壤的發生過程，可粗分為兩個階段。第一階段——地質過程，亦即水力搬運堆積過程，江河自上流挾帶大量泥沙，攜帶入海，受海水的作用，沉積成陸；使土體中含有大量的可溶性鹽類。隨後受自然降水的淋鹽作用，表層鹽分逐漸降低，有利於耐鹽生物的繁育；而開始土壤形成過程的第二階段——成土過程，亦即自然脫鹽和肥力積累的過程。後一過程，必須以逐漸脫離海水的影響為前提條件，自然降水及生物作用，為促使本區土壤脫鹽和肥力積累的主導因素。是以土壤的“鹽碱性”，為地質過程遺留的影響，隨着成土過程的開始，土壤即開始着“脫鹽”和“脫碱”的過程。此處引用“脫碱”一詞，係指在脫鹽過程中，土壤吸附性鈉數量逐漸減低的現象。現將本區土壤發生過程概

括為如下圖式：

江蘇東部沿海地區鹽漬土形成過程示意圖式



三、成土過程中土壤鹽碱性的轉化

前已述及，本區土壤的“鹽碱性”為地質過程遺留的影響，在自然降水淋鹽及生物作用的影響下，成土過程亦即脫鹽“脫碱”過程和肥力積累過程。由於土層中各種可溶鹽淋失的難易不一（溶解度愈大的愈易淋失），所以隨着土壤的脫鹽，一方面鹽漬程度逐漸減輕，另一方面鹽分組成亦隨之發生轉化。由圖 5 可見，在脫鹽過程中，氯化物及重碳酸鹽含量變化最大，硫酸鹽含量比較穩定；大體上，鹽分較重的土壤，以氯化物鹽類佔優勢，

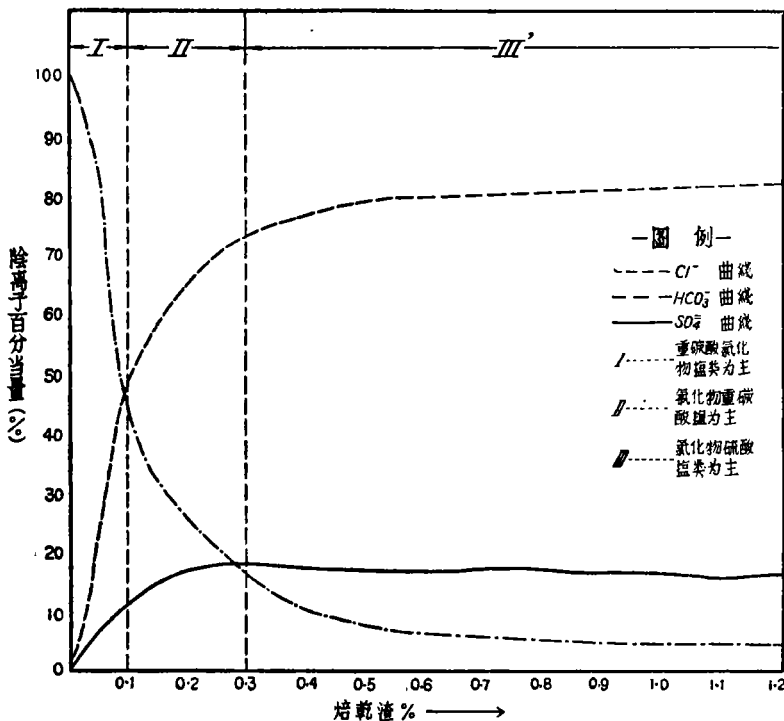


圖 5 土壤的鹽漬組成和含鹽量的關係

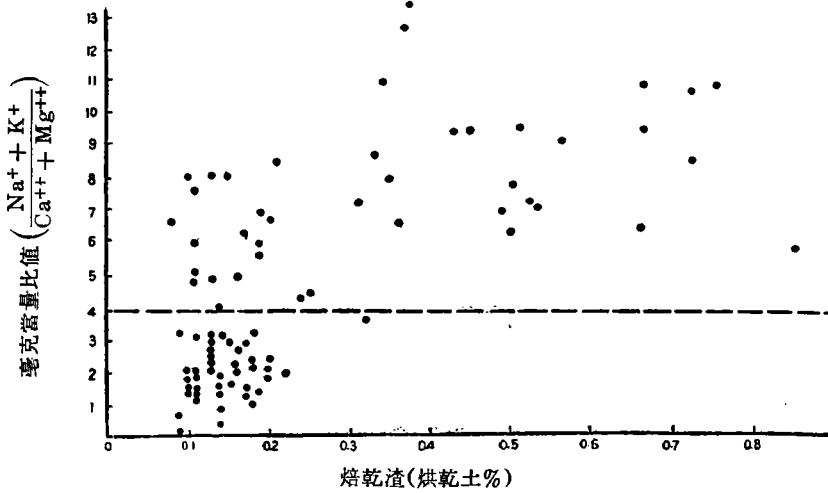


圖 6 可溶性鹽中 $\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$ 當量比值與土壤含鹽的關係

脫鹽土則以重碳酸鹽為主。隨着土壤鹽漬程度的逐度減輕，可溶鹽中 Na^+ 及 K^+ 的相對含量逐漸減少， Ca^{++} 及 Mg^{++} 相對含量逐漸增加，因而 $\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$ 比值呈逐漸減低的趨勢。

隨着土壤的脫鹽，將逐漸導致土壤碱化度的降低——“脫碱化”，土壤“脫碱”作用，從屬於脫鹽作用，其從屬性表現在：

- (1) 土壤鹽漬程度愈重，則碱化度 $\left(= \frac{\text{吸收性鈉}}{\text{吸收容量}} \times 100\% \right)$ 愈高；
- (2) 同一剖面中；碱化度常隨土層深度而增加，和土層脫鹽的趨勢一致(表 1)。

表 1 典型剖面土壤碱化度分析結果*

剖面號	母質來源	質地層理 (兩米以內土層)	碱化度		
			表土	表土以下一米	一米以下
脫鹽土	P ₁₃₃	無石質性沖積物	7.00	6.00—10.70	13.28
	P ₉	江淮沖積物	7.80	8.13—10.91	11.0
	P ₈₀	江淮沖積物	9.50	9.75—10.95	/
	C ₁₉₃	淮黃沖積物	6.25	6.36—11.46	/
輕度鹽漬	P ₅₅	江淮沖積物	6.05	11.76—16.99	20.05
	P ₁₄₅	淮黃沖積物	11.20	14.02	7.00—23.73
	P ₁₈₃	黃河沖積物	12.20	13.60—17.40	14.58—11.07
深度鹽漬	P ₉₁	江淮沖積物	21.20	30.40	28.40
	P ₁₄₃	黃淮沖積物	22.70	24.10	28.60—29.90
	P ₁₆₄	黃河沖積物	11.35	24.85—30.60	29.30

* 段秀泰、趙士彥、張燕影、馬秀英等分析吸收性鈉及吸收容量均採用蓋德羅伊英法。

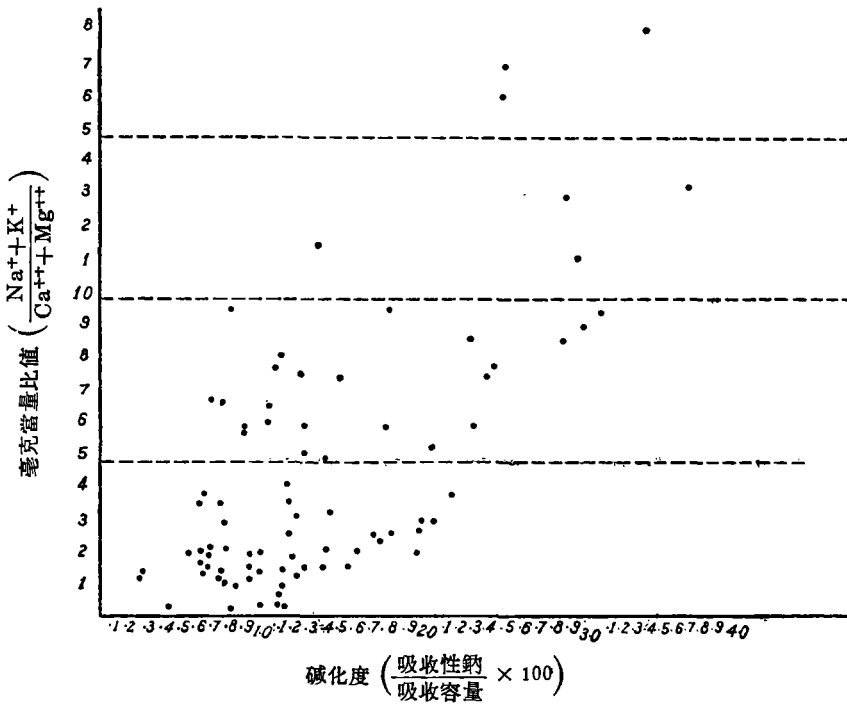


圖 7 土壤碱化度和土壤可溶鹽中 $\left(\frac{K^+ + Na^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}\right)$ 毫克當量比值關係

土壤脫鹽過程時間上當早於“脫碱”過程，在速度上當快於“脫碱”過程。因脫鹽作用直接決定於生物、氣候、排水等項環境因素，可隨時隨地進行，而“脫碱”作用則決定於脫鹽作用所引起的土壤鹽分組成的改變。圖 7 表明土壤碱化度和土壤溶液中 $\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$ 比值的關係，當 $\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$ 比值降低時，土壤碱化度亦顯同樣降低的趨勢。

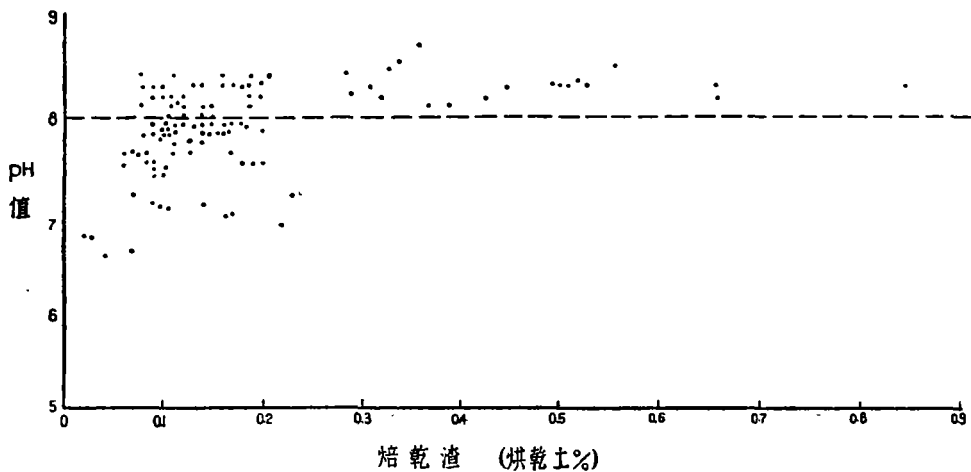


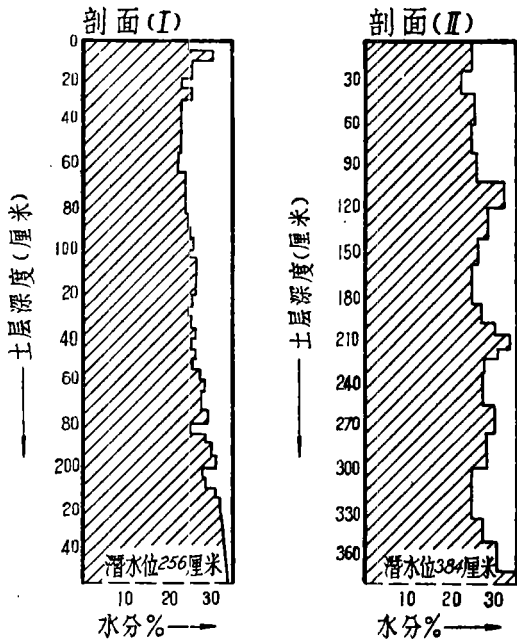
圖 8 土壤 pH 與含鹽的關係

同樣,土壤的脫鹼作用,也表現在土壤的 pH 和全鹽的關係上,如圖 8 所示,全鹽量(焙乾渣%)大於 0.3% 時,土壤 pH 均在 8.0 以上,隨土壤鹽漬程度的逐漸減輕,而 pH 值同樣亦呈降低趨勢。討論本區鹽漬土在脫鹽過程中土壤碱化的問題時,有必要提及土壤母質的影響,由於本區域的成土母質極大部分為石灰性母質,我們認為本區域土壤的脫鹽,當不致招致進一步的碱化。

五、 潛水與土壤鹽漬在發生學上的聯系

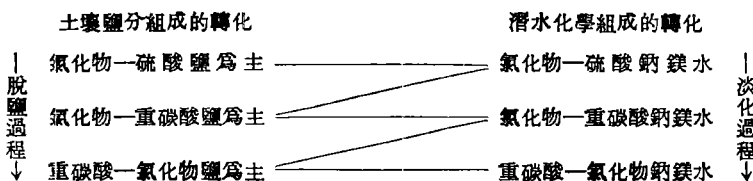
根據現有土層鑽探資料,本區內有兩層潛水。一為深層潛水,為一種承壓的地下水流,約在地面下 150 米以下,含鹽量甚微,礦化值在 1.0—1.7 克/升(焙乾渣)間;另一為上層潛水,約在地面下 1—3 米,雨季則經常升高至 1 米左右。後者的動態對本區域鹽漬土的發生過程影響最大,關係亦最密切。本區鹽漬土的脫鹽過程,一直是在潛水位相當高

的情況下進行的,潛水位經常在臨界水位以內(圖 9),這是本區土壤發生過程最大的特點。在二者內在的聯系方面,於一定的地區內,一定鹽漬程度的土壤,則常有礦化值與其相適應的潛水類型。在地理分佈上,土壤鹽漬程度自東向西逐漸低輕,潛水礦化值亦逐漸降低。自東向西,土壤為脫鹽的過程,潛水則為淡化的過程,二者變化的趨勢大致相符。隨着潛水的淡化,其化學組成亦發生相應的轉化,其轉化趨勢,和脫鹽過程中土壤鹽漬性的轉化相同(圖 10)。土壤脫鹽和潛水淡化二者是互相依存互相制約的,在不斷運動過程中,似先有土壤的脫鹽,而後導向潛水的淡化,但就土壤脫鹽過程言,同時又是潛水淡化的結果。二者的關係,可簡明歸納為如下圖式:



註: 剖面(I)——發育於淮黃沖積濱海沉積物上的鹽漬土。
剖面(II)——發育於江淮沖積濱海沉積物上的鹽漬土。

圖 9 土層水分分佈情況



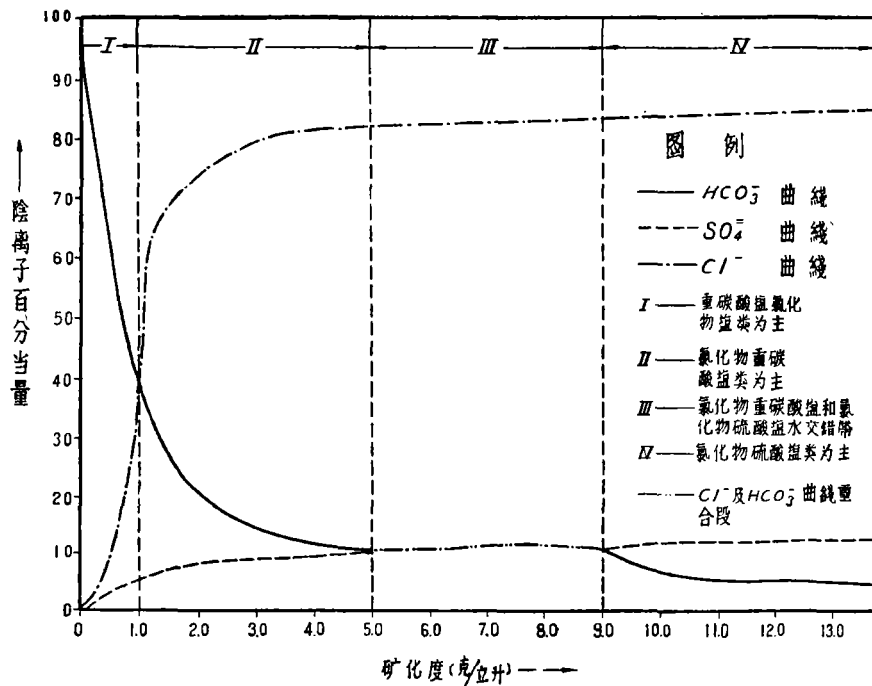


圖10 潛水化學組成的轉化和礦化度的相關性

在脫鹽過程中，土壤鹽分的動態比較複雜，由於自然降水淋鹽及排水排鹽的影響，一方面是全區土壤的日趨脫鹽，另一方面，由於潛水位較高的影響，在一定條件下，又可產生局部地區土壤表層的鹽漬化，但前者為本區土壤發生過程的本質方面，決定本區土壤今後發展的方向，而後者為臨時性現象，此種現象，最終亦必因潛水的轉向淡化，而逐漸消除——因土壤的鹽漬化，不單純是決定於潛水位的高低，更重要的是決定於潛水的礦化值，決定於其它的許多自然環境因素。

六、本區鹽漬土改良的途徑

綜上所述，海水的浸漬作用為本區域土壤鹽漬主要來源，目前土壤是向脫鹽的方向發展，所以土壤改良主要的任務，在於創造條件，控制土層的返鹽，防止局部地區可能產生的土壤表層臨時性鹽漬化；是在於通過一切可能的手段，儘速的建立生物植被和不斷的提高土壤的肥力；是在於儘量創造條件，加速自然脫鹽的過程。當然土壤改良的工作，本身應當是綜合性的，而最基本的措施，當為：

- (1) 修堤築閘，防止海水倒灌侵襲，杜絕土層鹽分來源。
- (2) 興修水利，開挖河道，以加速排水排鹽的作用，加速全區土壤的脫鹽。
- (3) 建立生物植被，改善土壤物理性，以不斷提高土壤肥力來控制土壤表層的返鹽。

重鹽漬土,可以採用水利改良措施,引水洗鹽,但最基本的環節,還在於提高土壤肥力。在灌溉水源充足地區,可以考慮種植水稻,改良鹽土。本區地勢低下,欲將潛水位降至臨界水位以下,實際上很困難,根據本區鹽漬土脫鹽過程的特點,可以考慮在加強排水排鹽作用的原則下,將潛水位通過排水措施,降至適當的深度,而不必硬性規定降低至臨界水位以下。在具體改良措施方面,應當根據各地具體的條件、需要和可能,制定適宜的改良方案。

摘 要

本文簡要地說明了江蘇省沿海地區鹽漬土壤的自然發生過程及鹽漬特性轉化的規律,文中主要論點,可初步歸納如下:

1、本區域的土壤,發育於鹽漬性的沖積母質,土層中富含以氯化鈉為主的可溶性鹽類,並呈一定的“鹼性”。土壤鹼性表現在兩方面:一方面是土壤膠體表面存在有較多的吸附性鈉,另一方面表現在本身具有較高的 pH 值。

2、在自然發生過程中,土壤鹽漬性為地質過程遺留的影響;隨受自然降水淋鹽,河溝排水排鹽及生物作用的影響,開始“脫鹽、脫鹼”和肥力積累過程,發育成為本區內現存的各種不同鹽漬程度的土壤。

3、隨着土壤脫鹽作用的進行,土壤鹽漬的組成在變化;主要是可溶性鹽陽離子中鈉離子的含量淋失較速,最後降低了土壤溶液中 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ 比率。由於這種鹽漬組成的改變,土壤膠體上吸收性 Na^+ 也相應的降低,從而導致土壤的脫鹼作用。因此本區土壤的脫鹽不致引起土壤鹼化。

4、在自然發生過程中,本區域鹽漬土的脫鹽過程,一直是在潛水位較高的情況下進行的。在脫鹽過程中,潛水位經常在臨界水位以內,為本區自然脫鹽過程中,最大特點;潛水動態和土壤的脫鹽過程,存在着許多內在的聯系。在一定地區內,一定鹽漬程度、鹽漬特性的土壤,則常有和其相適應的礦化潛水類型。在自然發生過程中,隨土壤的脫鹽和鹽漬特性的轉化,潛水似亦隨之發生相應的淡化和化學性質的變化。二者轉化趨勢,大致相符。彼此間的關係,是互相依存、互相制約的,在不斷運動的過程中,似先有土壤的脫鹽,而後導向潛水的淡化;但就土壤脫鹽的過程言,本身同時又是潛水淡化的結果。

5、在土壤脫鹽的過程中,土壤鹽分的動態比較複雜,一方面是全區土壤不斷地脫鹽,另一方面是在一定的條件下,又可產生局部地區土壤表層的鹽漬化。前者為本區鹽漬土壤自然發生過程的實質,後者為臨時性現象。此種現象,最終亦必隨同潛水的轉向淡化而逐漸消除。

THE GENESIS AND PROPERTIES OF THE SALINE SOILS IN THE EASTERN COAST OF KIANGSU PROVINCE, CHINA

(ABSTRACT)

F. T. LENG and S. J. CHAO

(East China Regional Institute of Agriculture)

The roles of the natural development and some properties of the soils in this area are briefly discussed as follows:

The soils are saline and calcareous in nature, in which over 70% of the total soluble salts are sodium chloride. Slight to moderate alkalization may be developed, while the total soluble salt contents exceed 0.2%; but generally, there is no NaCO_3 present. The ground water table in this area is usually high, and the quantity and constituents of the salts in ground water are directly varied with and influenced by that contained in the above soils.

The saline and alkali properties of soils in this area are originated from the parent materials, through the action of the sea water when they were deposited. As soon as the sea water ceased to affect, the soils as well as the ground water are gradually desalinized by natural leaching and this process will be strengthened by the biological activities.

As the desalinization of the soils is proceeded further, the ratio of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ in the soil solution decreased and the amount of the exchangeable Na on the soil colloidal complex is finally lowered. It is evident that desalinization also introduces the dealkalinization of the soils in this area; there is no hazard of strong alkalization of the soils taken place through leaching.