

# 皖北“花碱土”的形成及其利用改良

田兆順

(中国科学院土壤研究所)

皖北“花碱土”是发育在近代黄泛冲积物上的次生盐渍化土壤,是皖北主要的低产土壤,多呈小块状散布于其他土壤之間,尤以“青沙土”(砂壤质浅色草甸土)中为最多。全省共有147万多亩,以肖县、碭山、灵璧、宿县分布較广,所以改良利用“花碱土”对淮北粮棉增产具有现实意义。

## 一、自然地理因素与土壤积盐过程

### (一) 气候特征与土壤积盐过程

皖北平原位于华北大平原的南端,属暖温带半湿润气候区,带有明显季风气候特征。年蒸发量大于降水量的一倍以上(图1),且雨量分配极度不均,6、7、8三个月降水仅占全年降水量的30%左右。因此,夏季高温多雨,而春秋则有旱象,尤其是春夏之交(4—6月間)降水少,气温高,蒸发大(例如5月蒸发超出降水量6.7倍),使盐分强烈向土表累积,造成土壤次生盐渍化。

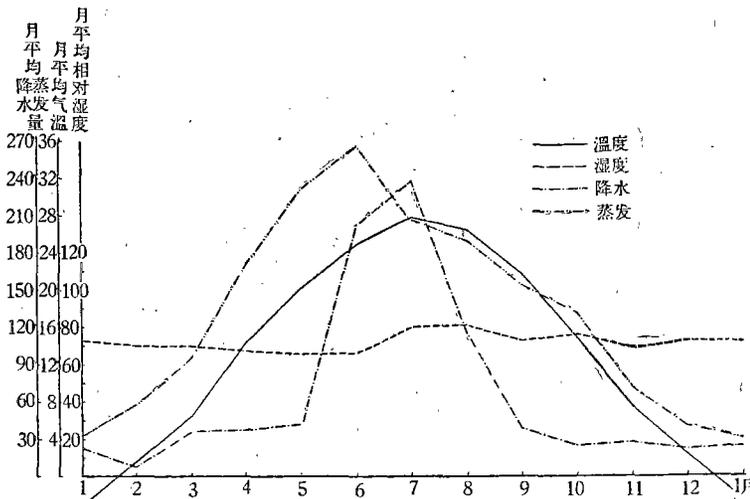


图1 碭山县气象站 1955—1959 年月平均气象资料

### (二) 地形母质与土壤积盐过程

皖北地势比較低平,排水不暢,地下水强烈参与成土过程,甚至有周期积水现象。因此,在茂密的草甸沼泽植被下发育着潜育草甸土(过去也称“砂姜土”,羣众叫“黑土”)。后来由于黄河泛滥,大片草甸潜育土被复盖,形成了今天的黄泛平原(图2)。

黄泛冲积物大量堆积的结果,改变了原有的地形,形成开闊平坦的大平原,但今天的平原是数百年

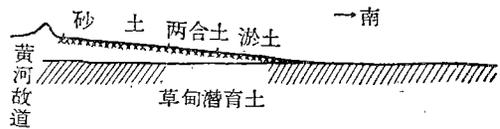


图2 黄泛冲积物分布示意图

来大小河流交错沉积的结果，平原内部却具有形形色色的小地形及千变万化的质地剖面类型，这就给土壤次生盐渍过程提供了地形和水文条件。

由于黄河是个地上河，在静水压力作用下经常以含盐的渗漏水（黄河河水矿化度在 0.20—0.36 克/升间）补给两岸的地下水。因此，土壤次生盐渍化过程就有了发展。直至黄河北迁后，盐分来源断绝，总的说来土壤在天然雨水的淋溶下处在脱盐阶段。但因地形和水文条件的差异及人类耕作的影响，各处脱盐速度是很不平衡的。甚至在盐分重新分配的过程中，局部地段盐化过程还会有某些发展。

### （三）地下水与土壤积盐过程

地下水中盐分通过毛管源源向表土积累是次生盐渍化的直接原因，故其矿化度、成分及埋藏深度对“花碱土”特性具有决定性的意义。皖北“花碱土”地下水矿化度不高（通常在 0.5—2.0 克之间），且其中 80% 以上均属淡水范畴（即 < 1 克/升）。地下水矿化度有随其埋藏深度而变化，一般地下水矿化度也与土壤盐渍程度相吻合（例如砂碱低，滴碱高）。皖北“花碱土”地下水埋藏深度的季节性变幅很大（旱季下降到 2 米以下，雨季可升高到 1 米以上），一般多在 80—220 厘米之间。

表 1 地下水埋藏深度与矿化度之季节性变化

土 壤	嗅碱(碭山隴海公社)		滴碱(碭山商业农場)	
	旱季(6 月)	雨季(9 月)	旱季(4 月)	雨季(9 月)
地下水埋藏深度(厘米)	240	58	200	76
地下水矿化度(克/升)	1.12	1.35	0.48	0.73

此外，并非所有“花碱土”的盐渍过程均与地下水相关。事实上有些“花碱土”就是在大量雨水补给的汛期，其地下水位也经常保持在临界水位以下（例如黄口公社一个瓦碱剖面，长时地下水位在 250 厘米以下），显然此时参与土壤盐渍过程的是上层滞水而不是地下水。

除矿化度及埋藏深度外，地下水的化学成分对土壤盐渍类型有巨大的影响。皖北“花碱土”地下水按化学成分可明显划分为两个类型：

$\text{HCO}_3^- - \text{Cl} - \text{Na} - \text{Mg}$  型（在阿列金分类中属  $\text{C}_1^{\text{Na}}$  型）

$\text{HCO}_3^- - \text{Cl} - \text{Mg} - \text{Na}$  型（在阿列金分类中属  $\text{C}_{11}^{\text{Mg}}$  型）

从阴离子方面来看，皖北“花碱土”地下水中  $\text{HCO}_3^-$  始终占优势。在矿化度加大的同时， $\text{Cl}^-$  比重有急剧上升趋势。 $\text{SO}_4^{2-}$  一般不多，而  $\text{CO}_3^{2-}$  则极少发现。从阳离子方面来看则有明显不同的两类，一类以  $\text{Na}^+$  为主；另一类以  $\text{Mg}^{++}$  为主。两者的主要差别是前者含有  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca} + \text{Mg}$ ，而后者  $\text{HCO}_3^- \leq \text{Ca} + \text{Mg}$ 。

当地下水中  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca} + \text{Mg}$  时，则在其浓缩过程中必将有大量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的累积。一方面碳酸钠的碱性特强，对农作物的毒性甚大（较  $\text{NaCl}$  毒性大 1—2 倍，较  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  毒性大 10 倍）；另一方面碳酸钠大量累积的结果，使土壤溶液中碱土金属（ $\text{Ca}$  及  $\text{Mg}$ ）大量发生沉淀，因而根本改变了土壤溶液中一价离子与二价离子的比例关系，从而使  $\text{Na}$  离子强烈侵入土壤胶体复合体，大大恶化了土壤的物理性质。因此将地下水按碳酸钠有无（或含量）分类是具有理论及实际意义的。事实上在两类不同的地下水情况下，形成性质截然不同的土壤。在具有大量碳酸钠的地下水情况下，形成了强碱性，物理性质极坏的嗅碱；而在无（或少量）碳酸钠的地下水情况下，形成着以氯化钠为主的滴碱。

为了进一步证明地下水中碳酸钠对土壤中苏打累积作用的相关性,我们用当地有碳酸钠的地下水做了一个浓缩试验,结果如表2。

表2 含有大量碳酸钠的地下水的浓缩试验结果

编号 <sup>1)</sup>	全盐 (克/升)	水溶性离子 (毫克当量/升)						Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> <sup>2)</sup> (毫克当量/升)	SAR <sup>3)</sup>	ESP <sup>4)</sup>
		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>			
1	1.20	—	17.05	3.07	5.78	14.34	0.45	11.27	5.01	5.7
2	1.75	2.81	17.07	4.36	8.19	16.05	0.31	11.69	3.92	4.3
3	2.10	9.20	16.56	5.15	6.79	24.12	0.62	18.97	12.93	15.0
4	2.60	11.40	23.00	8.03	9.05	33.38	0.62	25.35	13.17	15.2
5	4.05	18.63	29.00	11.55	12.51	46.67	0.31	35.12	13.40	15.6

注: 1) 为浓缩编号,其中第一号为原有地下水。

2) 碳酸钠=(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)-(Ca+Mg)

3) SAR为溶液中Na的吸收比率=
$$\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

4) ESP为与溶液平衡的土壤的交换性钠%=
$$\frac{\text{交换性Na}}{\text{交换量}} \times 100$$

由此可见,含有碳酸钠的地下水,在其浓缩过程中大量积累碳酸钠。与碳酸钠升高的同时,溶液的钠吸收比率(SAR)也升高了,用这种溶液处理土壤时,将使土壤的交换性钠由与原地下水作用时的5.7%剧升到15.6%,所以地下水中碳酸钠的浓缩积累是嗅碱类型“花碱土”理化性质恶化的直接原因。

## 二、“花碱土”的类型及其特性

### (一)“花碱土”的类型

按照群众的分类,皖北“花碱土”计有“砂碱”、“瓦碱”、“水碱”、“滴碱”(盐碱)、“嗅碱”(黑滴碱)、“面碱”、“游碱”及“硝碱”等8种类型。其中“游碱”、“硝碱”、“水碱”及“面碱”面积甚少,无经济价值。“滴碱”、“嗅碱”含盐较重,但总面积不算大。惟“砂碱”、“瓦碱”含盐较轻,面积最大,是皖北改碱的主要对象。

兹将“花碱土”的主要类型简介如下:

1. 砂碱 相当于砂壤质轻度苏打盐化浅色草甸土。“砂碱”多夹杂分布于大片青砂地之间,表层砂壤质,吸收容量小,肥力水平低下。地形较其他碱地稍高,粘壤夹层及地下水埋藏深度均较大,且为淡水。表层扩散,旱季表面起一层盐霜,但含盐不重(表层全盐0.1—0.2%,Cl<sup>-</sup>0.03—0.06%),成分以HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>为主,pH3.0—9.0,一般农作物均可种植,立苗后可长(图3)。

2. 瓦碱 相当于轻壤质轻度(或中度)苏打盐化浅色草甸土的缓坡地带。地形部位较“砂碱”稍低。表层轻壤质,具灰白色坚硬结皮,严重妨碍作物出苗。表面光滑平坦,很少有植被生长。其粘壤夹层既浅(30厘米内)且厚。地下水埋藏深度较深,矿化度不高(0.5克/升左右)。表层含盐不多(表层全盐0.1—0.3%,Cl<sup>-</sup>0.03—0.10%),成分仍以HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>为主。但总碱度较大,且有CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>出现,故pH高(8.5—9.5),分散性强(可达50%以上),物理性质不良,农作物不易立苗,但由于吸收容量稍大,保水保肥能力较好,故立苗后比一般低洼的青砂地还长得好。群众说它“管长不管出”。目前以植棉为主,将来改稻也有前途(图4)。

3. 滴碱 相当于砂壤质中度(或重度)氯化物盐化浅色草甸土或盐土,“滴碱”也叫“灰碱”或“盐碱”,呈小块状分布于其他“花碱土”(如砂碱、瓦碱)之间,多处于微域地形稍为凸起的部位。表面

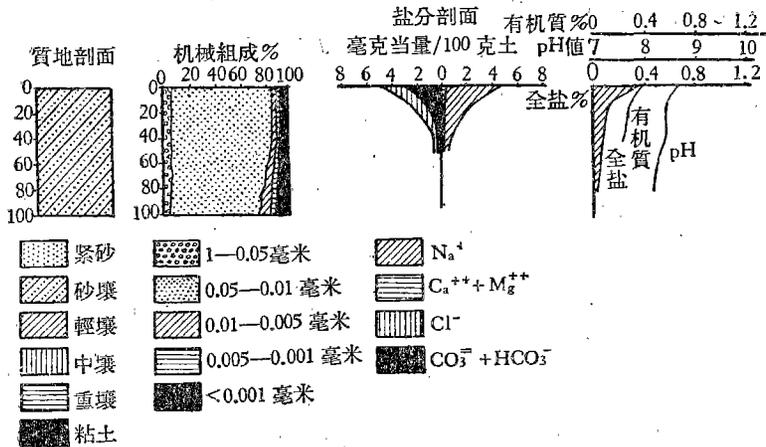


图3 碭山县农場砂碱剖面

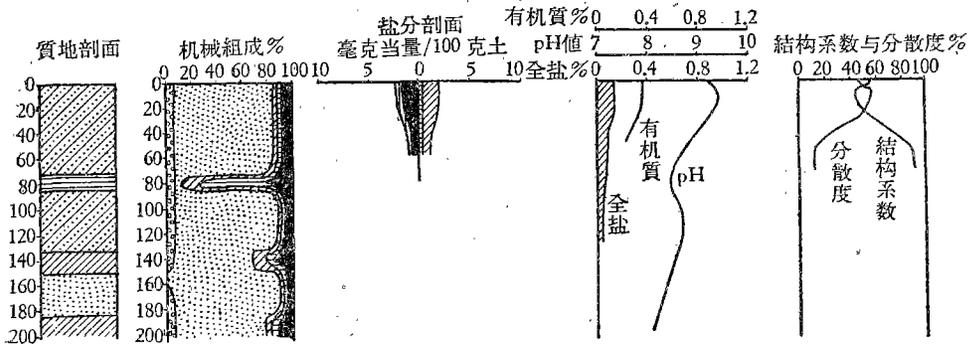


图4 肖县黄口公社瓦碱剖面

灰褐色,潮湿,砂壤到輕壤質,平时具薄层結皮。含盐較重(表层全盐 0.3—0.5%,  $Cl^-$  0.10—0.18%),成分以氯化物为主,总碱度不大,故 pH 不太高(pH 8—9)。“鹵碱”含盐高的原因是与其粘壤夹层部位較高及地下水矿化度較大(1克/升左右)相关联的。农作物不易立苗,立苗后也容易死亡(图5)。

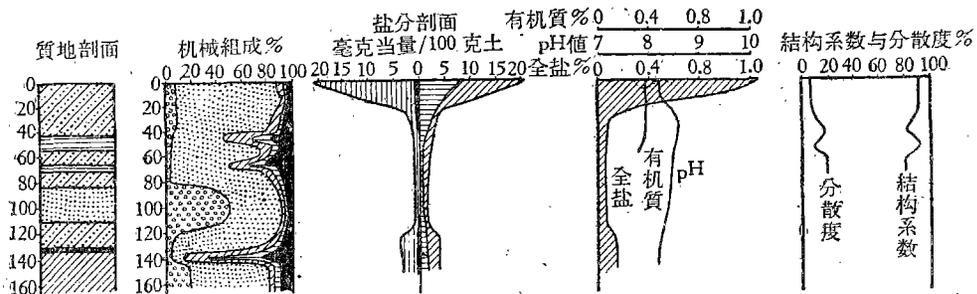


图5 碭山县农場鹵碱剖面

4. 嗅碱 相当于輕壤質碱性中度(或重度)苏打盐化浅色草甸土或苏打盐土。“嗅碱”亦称“黑鹵碱”,多分布于靠近黄河故道外側的洼地中。表层灰棕色,輕壤質,含盐較重(表层全盐 0.3—0.6%,  $Cl^-$  0.10—0.23%),且具有显著苏打累积現象(地下水矿化度 1克/升左右,并具大量碳酸鈉),故 pH 高(> 9.0),分散性强(分散度可达 80% 以上)。农作物不能生长,天然植被也很稀疏,

目前多为荒地(图6)。

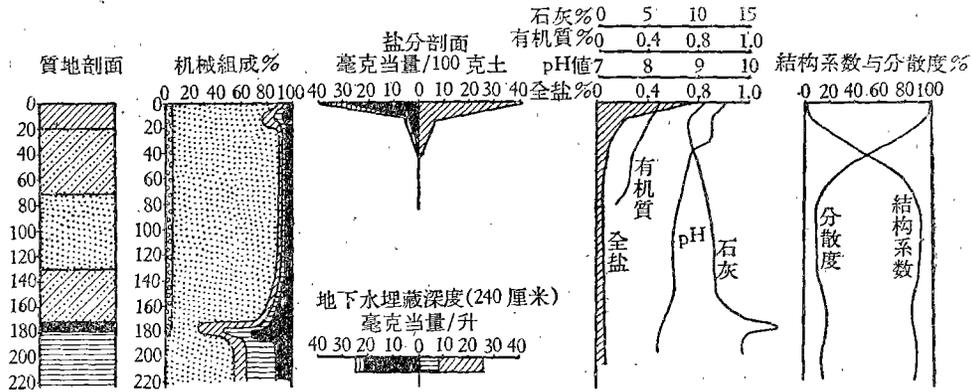


图6 碭山县隰海公社碱剖面

此外,“面碱”具蓬松层,除氯化物外,还含有相当  $SO_4^{2-}$ 。“硝碱”含火硝( $KNO_3$ )。“淤碱”土体粘重。“水碱”经常为水分饱和。但都因面积不大,故不赘述。

## (二)“花碱土”的特性

皖北“花碱土”的共同特性如下:

1. 土壤积盐的一般规律:随着土壤积盐过程的发展,总碱度与氯离子之消长规律如图7。

由图7可见,随土壤全盐的升高,氯离子含量也急剧上升。但总碱度则有所不同,它最初升高,然后急剧下降。土壤积盐的一般特性是:

全盐  $< 0.25\%$  时,  $CO_3^{2-} + HCO_3^- > Cl^-$ ,土壤盐渍过程以  $HCO_3^-$  累积为主。

全盐  $> 0.25\%$  时,  $CO_3^{2-} + HCO_3^- < Cl^-$ ,土壤盐渍过程以  $Cl^-$  累积为主。

皖北“花碱土”除“面碱”外,一般  $SO_4^{2-}$  含量都很低,因此  $Cl^-/SO_4^{2-}$  比率甚高,所以毒性相对较高。

2. 表层积盐特征:皖北“花碱土”的盐剖面

面特点是表层积盐特征。所谓表层积盐是指盐分大部积累在20厘米以内的表土层,至于20厘米以下则始终为不含盐分的非盐渍化土层(无论旱季、雨季全盐均小于0.1%)。这是土体含盐总量不大及地下水矿化度不高所决定的。在土体含量很低的情况下,弱度矿化的地下水在蒸发蒸腾作用的影响沿毛管向上运行的时候,只能将盐分带到表土或富根层,而不致残积于底土。表层积盐提示人们,刮扫等法可能有一定效果,但必须与施肥结合起来。

3. 季节性盐积特征:由于淮北雨量分布不均,且多以暴雨形式降落,故土壤盐分季节性变化特别明显——每年有两个返盐高峯,且以春末夏初为最甚。

由此可见,雨季表层全盐一般都要强烈下降,且土壤含盐愈重,则雨季下降愈多,盐分季节性变化也愈强烈。季节性盐渍特征表明降低地下水位,增加复盖对防止返盐有重大意义。

4. 花斑积盐特征:皖北“花碱土”的分布特点是具有花斑积盐特征。花斑大小由数平方米到数

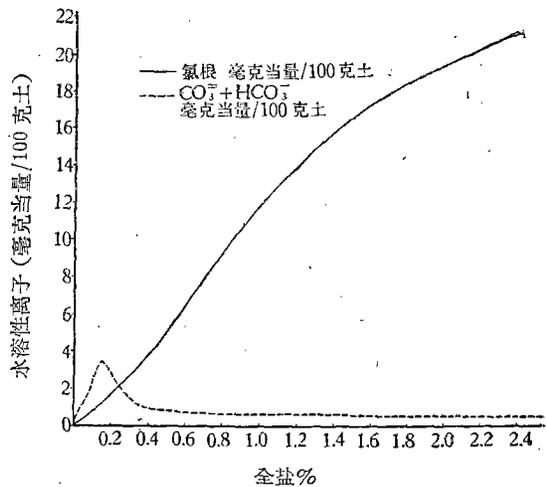


图7 土壤积盐过程与离子积累的关系

表3 土壤盐分季节性变化 (20厘米土层全盐%)

季 节	瓦 碱 (碭山商业农場)	滴 碱 (碭山商业农場)	嗅 碱 (碭山隴海公社)
旱季 (4月)	0.11	0.28	0.42
雨季 (7月)	0.10	0.12	0.10

百平方米,其面积随积盐分加重有缩小趋势。花斑分布与微域地形有关。与此同时,盐类成分沿小地形也有明显差异。由于氯离子活动性较大,故在大型洼地微域凸起的部位上,不但含盐重,而且氯离子取代  $\text{HCO}_3^-$  而占绝对优势。花斑积盐特征使人们必需逐块加以改良。

5. 质地轻,物理性质坏,肥力水平低: 皖北“花碱土”质地轻松(砂壤质到轻壤质,粗砂粒级占80%以上),吸收性能微弱(5—10毫克当量/100克土),有淀板特性,故毛管特别发达。土体盐分总量虽然不多,但上下运行频繁迅速,故对作物为害相当剧烈。

皖北“花碱土”天然肥力水平低,氮素尤感贫乏(有机质多在0.5%以下,全氮在0.025—0.045%之间),全磷虽达0.12%左右,但速效磷却很低(速效磷0.3—1.3毫克/100克土)。因此,提高土壤肥力,尤其是氮磷的供应水平就成了“花碱土”改良的重要内容。钾素一般比较丰富(全钾1.5—2.0%,速效性钾10—30毫克当量/100克土)。

6. 强碱性与苏打累积问题: 由于苏打对农作物毒害最强,因此,苏打累积问题特别值得注意。皖北“花碱土”早春旱季与盐渍化发展的同时, pH 有普遍升高趋势 (pH 达9以上,且具显著酚酞反应)。根据初步观察,碱度上升的原因有两种情况必须严加区分。其中一类(如“嗅碱”)碱性升高是由苏打积累所致,长时期应用有机肥料或化学改良剂加以改良。但土壤溶液中碳酸镁的暂时性积累(因地下水具有  $\text{HCO}_3^-$  与  $\text{Mg}^{2+}$  之故),也可能引起碱度的强烈升高,但不稳定,因此皖北很多“花碱土”,3—4月碱度很强,到5—6月间却有下降趋势。

### 三、“花碱土”的利用改良途径

皖北“花碱土”含盐总量不大,又带有表层积盐及季节性盐特征,其中绝大部分均可直接通过利用加以改良,只有含盐较重的“嗅碱”、“滴碱”才需要采取专门的改良措施。先谈利用,后谈改良。

#### (一) 利用问题

“花碱土”的利用包括合理种植及抗盐保收等问题。“花碱土”常种作物有棉花、小麦、红薯、高粱等,近年来水稻也有一定栽培。兹就各种作物的耐盐情况,逐一叙述如下。

1. 棉花: 棉花比较耐盐,故当地种植最为广泛。皖北棉花幼苗期恰逢土壤返盐,对幼苗生长颇为不利。但雨季来临后(6月下旬)土壤中的盐分暂时降低,对棉株、根系生长有利,因此“花碱土”植棉对抗盐保苗的意义重大。根据田间观察土壤盐分状况与棉苗生长的关系如表4。

除了研究幼苗期耐盐度之外,并对表4中各区进行了生长期观察,其结果列如表5。

在  $\text{CO}_3^{2-}$  含量少时,表土含盐小于0.1% (第I区)对棉花无害。表土含盐增至0.21%时(第II区),棉苗前期虽有轻度抑制,但后期生长颇好,甚至在株高、总铃数及产量方面还较正常区(第I区)为高(籽棉产量高出16%左右)。当表土全盐升高到0.25%时(第III区),幼苗显著受抑制,物候期普遍推迟,株高、总铃数等均大为降低,因此籽棉产量只有正常区(第I区)的一半,且霜前花大为减少(第I区为83.2%,第III区为31.7%),故纤维品质也变坏。当表层全盐继续升高到0.61%时(第IV区),幼苗遭受强烈抑制,缺苗率几达80%,籽棉产量只有正常区(第I区)的5%,

表4 棉花幼苗期耐盐度

区号及生长情况	出苗率(%)	深度(厘米)	全盐(%)	水溶性离子						
				CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>
				毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土
第 I 区 生长正常	100	0—10	0.10	0.12	0.004	0.90	0.060	1.08	0.039	0.84
		10—20	0.10	0.12	0.004	0.80	0.049	0.66	0.023	0.70
		20—40	0.07	0.12	0.004	1.97	0.120	0.60	0.021	0.84
第 II 区 轻度抑制	89	0—10	0.21	—	—	1.23	0.075	1.14	0.051	0.60
		10—20	0.13	0.24	0.007	1.23	0.075	0.78	0.028	—
		20—40	0.11	0.12	0.004	1.23	0.075	0.96	0.034	0.90
第 III 区 中度抑制	75	0—10	0.25	0.86	0.026	1.34	0.082	1.69	0.060	0.45
		10—20	0.16	0.76	0.023	0.60	0.037	1.08	0.038	0.94
		20—40	0.12	0.25	0.008	0.96	0.059	0.84	0.030	0.66
第 IV 区 严重抑制	28	0—10	0.61	0.12	0.004	0.92	0.056	3.78	0.124	2.42
		10—20	0.19	0.62	0.019	4.50	0.275	1.20	0.043	1.65
		20—40	0.12	0.37	0.011	1.60	0.097	0.97	0.0345	0.91

表5 各种盐分状况下棉花的性态及产量

区号	第 I 区 生长正常	第 II 区 轻度抑制	第 III 区 中度抑制	第 IV 区 严重抑制
幼苗生长情况				
出苗数	27	25	21	7
出苗率(%)	100	89	75	21
株高(厘米)	107.3	116.6	104.0	96.5
总铃数	388	475	279	58
单株铃数	14.7	19.0	13.3	8.3
霜前花铃数(%)	82	70.6	17.2	0.0
实数霜前花(克)	1,499.6	1,435.8	280.2	—
实数霜后花(克)	300.6	653.5	604.6	98.7
收花总量(克)	1,500.2	2,089.2	885.0	98.7
收花总量相对%	100	116.2	49.2	5.4
霜前花(%)	83.2	68.7	31.7	00

而且全部是霜后花。不但如此,其盐害也同时反映在生态变化上。一般盐斑地棉苗,要比正常区晚出土 10 天左右(个别达一个月以上)。出苗后生长势很弱,幼苗根基部呈黑褐色,根尖呈粘腐状态,只有当雨季到来后才能正常生长。

如果土壤中有显著的 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 累积时,则情况有所不同(表 6)。

由表 6 可见,当 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 含量为 1 毫克当量/100 克土时,棉苗开始受抑制;CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 含量为 1.72 毫克当量/100 克土时,遭受严重抑制(缺苗达 90% 以上);而当 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 含量 > 3.43 毫克当量/100 克土时,则完全不能出土。由以上的对比资料中可以看出,当有 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 存在时,棉苗耐盐度有降低趋势。根据田间分析结果,我们归纳出皖北棉花苗期耐盐度指标(表 7)。

为了保证棉花丰产,就必须把表层全盐控制在 0.2% 以下。如果含有苏打,则必须采取措施(有机肥或化学改良剂)将 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 含量降低到 1 毫克当量/100 克土以下。

表6 含苏打“花碱土”上棉花的耐盐度

生长情况	深度(厘米)	出苗率(%)	全盐(%)	水溶性离子						
				CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>
				毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土
中度抑制	0-10	70	0.19	1.20	0.036	2.09	0.128	0.28	0.010	0.60
	10-30		0.12	0.49	0.015	0.98	0.060	0.24	0.009	1.39
严重抑制	0-10	10	0.36	1.72	0.052	2.57	0.157	1.44	0.051	1.20
	10-30		0.21	0.75	0.023	1.72	0.105	0.84	0.030	1.50
死亡	0-15	种子腐烂	0.60	3.43	0.103	5.27	0.322	3.00	0.107	1.65
	15-30		0.15	0.98	0.029	0.55	0.034	0.30	0.011	1.20

表7 皖北棉花幼苗期耐盐度指标(10厘米土层)

生长情况	全盐(%)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		Cl <sup>-</sup>	
		毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%
生长良好	<0.20	<1.0	<0.03	<1.6	<0.057
轻度抑制	0.2-0.3	<1.0	<0.03	1.6-2.6	0.057-0.092
中度抑制	0.3-0.5	<1.0	<0.03	2.6-5.0	0.092-0.178
严重抑制	0.5-0.7	<1.0	<0.03	5.0-7.8	0.178-0.277
死亡	>0.7	<1.0	<0.03	7.7-7.8	>0.277

2. 小麦: 小麦与棉花不同, 由10月播种到次年5-6月间收获, 整个生长期都处在干旱季节, 受盐害的危险比较长(表8, 9), 但前期(如2月以前)由于气温低, 盐害还不太显著, 到3月以后,

表8 小麦拔节期耐盐度

生长情况	深度(厘米)	全盐(%)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>
			毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土
生长正常 出苗率100%	0-10	0.10	0.28	0.008	1.00	0.061	0.72	0.025	—
	10-30	0.11	0.05	0.002	1.14	0.070	0.84	0.029	0.18
轻度抑制 出苗率50%	0-10	0.18	0.10	0.003	0.99	0.060	1.05	0.037	0.18
	10-30	0.24	0.19	0.006	0.52	0.032	1.94	0.068	0.29
中度抑制 出苗率20%	0-10	0.59	0.19	0.006	0.33	0.020	6.10	0.214	0.78
	10-30	0.26	0.19	0.006	0.43	0.026	2.32	0.081	0.42
严重抑制 出苗率0%	0-10	1.11	0.19	0.006	0.24	0.015	12.4	0.043	1.42
	10-30	0.15	痕跡	痕跡	0.90	0.055	1.25	0.044	0.24

气温升高, 表层盐分积累, 故此时死苗现象相当严重。

由此可见, 表层全盐在0.18%时, 小麦缺苗达50%; 全盐达0.59%时, 缺苗达80%以上; 表层全盐达1.0%时, 虽然已是乳熟期, 仍然会出现大量死亡的现象。根据田间分析结果, 将小麦苗期耐盐指标综合如表10。

由此, 在“花碱土”上要获得小麦丰收, 就必需与盐害作斗争, 生长初期应将表层全盐控制在

表 9 小麥乳熟期耐盐度

生长情况	深度 (厘米)	全盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>
			毫克当量/ 百克土	%	毫克当量/ 百克土	%	毫克当量/ 百克土	%	毫克当量/ 百克土
缺苗率90%, 但生长健壮 (瓦碱)	0—3	0.30	0.74	0.022	1.48	0.090	2.64	0.094	1.65
	3—26	0.21	0.86	0.026	1.97	0.120	1.68	1.060	1.65
	26—33	0.29			0.68	0.042	2.64	0.094	0.90
	33—46	0.10	无	无	0.80	0.049	0.96	0.034	0.75
	46—54	0.06	无	无	0.86	0.052	0.60	0.021	0.75
缺苗不多, 但 大量死苗 (鹼碱)	0—14	1.00	无	无	0.37	0.023	9.24	0.328	7.05
	14—29	0.41	无	无	0.37	0.023	3.72	0.132	2.10
	29—76	0.20	无	无	0.43	0.026	1.68	0.060	1.35
	76—96	0.24	无	无	—	—	—		
	96—	0.27	无	无	—	—	—		

表 10 小麥苗期耐盐度

生长情况	全盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		Cl <sup>-</sup>	
		毫克当量/百克土	%	毫克当量/百克土	%
生长正常	<0.15	<1.0	<0.03	<1.1	<0.039
轻度抑制	0.15—0.25	<1.0	<0.03	1.1—2.1	0.039—0.075
中度抑制	0.25—0.40	<1.0	<0.03	2.1—3.8	0.075—0.135
严重抑制	0.40—0.60	<1.0	<0.03	3.8—6.4	0.135—0.233
死亡	>0.60	<1.0	<0.03	>6.4	>0.233

0.15% 以下, 后期应控制在 0.3% 以下, 如果含有苏打, 则指标还要降低。例如 A. Габаян (1953) 发现在不含 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 的情况下, 土壤溶液渗透压虽达 37 个大气压, 小麦还能正常生长, 但当有 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 存在时 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.027—0.031%) 土壤溶液达 21 大气压时小麦就受害了。

3. 水稻: 盐分对水稻的为害主要表现在秧田期及返青期, 且往往因水源缺乏而有所加剧。

皖北“花碱土”水稻田按水盐特性可划分为两种类型。其中一类以鹼碱为代表, 其特点是, 质地轻松, 碱度不高, 内排水良好, 渗透性特强, 田面存不住水, 只能执行浸灌灌溉。此时 5 厘米表层, 含盐达 0.15% 时, 稻秧出现焦尖现象。5 厘米表层全盐达 0.41% 时 (或 10 厘米全盐达 0.25% 以上时), 即有死秧现象 (表 11)。

表 11 “鹼碱”秧田水稻耐盐度 (浸灌灌溉下)

生长情况	深度 (厘米)	全盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>
			毫克当量/ 百克土	%	毫克当量/ 百克土	%	毫克当量/ 百克土	%	毫克当量/ 百克土
	0—5	0.15	0.12	0.004	0.74	0.045	1.44	0.052	1.21
稻秧 死亡	0—5	0.41	0.12	0.004	0.62	0.038	4.50	0.160	2.57
	5—10	0.09	痕迹	—	0.86	0.053	1.02	—	0.97
	10—20	0.10	痕迹	—	0.86	0.0523	1.08	0.039	1.14
稻秧 死亡	0—5	0.62	0.12	0.004	0.74	0.045	3.00	0.107	3.17
	5—10	0.13	痕迹	—	0.92	0.056	0.90	0.032	1.21
	10—20	0.08	痕迹	—	0.80	0.049	0.48	0.017	0.60

另一类秧田以“嗅碱”为代表,质地为壤(或中壤)质,碱度高,分散性强,内排水不良,淹水经久不渗,且在浸淹过程中品质迅速变坏——pH升高达9.0以上,矿化度由0.15克/升迅速升高到1.0克/升以上,“两三天不换水就要烂秧”。在含有大量CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>的情况下,淹水矿化度达1.0克/升时即有为害迹象。

水稻在返青期耐盐度最差,但大多数水稻都在雨季后移栽,此时盐害稍为缓和。至于生长后期因雨充沛,基本上为害不大。

为了查明盐害对作物养分吸收的影响,曾分别采集作物样品作了分析(表12)。

表12 作物受盐害后其营养成分变化(植物烘干重%)

作物	样品	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaO(%)	MgO(%)	N(%)
小麦幼苗	正常	0.398	3.33	1.65	0.87	1.21
	盐害	0.264	0.71	1.32	1.05	1.61
水稻幼苗	正常	0.575	2.46	0.61	0.59	1.61
	盐害	0.206	0.91	0.97	0.98	1.34
棉花幼苗	正常	1.05	2.19	4.25	2.29	2.50
	盐害	0.813	0.81	1.37	1.65	2.09
大白菜叶	正常	2.53	3.79	0.95	0.49	4.34
	盐害	1.67	3.12	1.06	0.52	4.31

小麦、水稻、棉花及大白菜受盐害后体内磷及钾的含量有显著下降趋势。而钙及镁含量则有所不同;对需钙多的棉苗来说,盐害可使钙、镁吸收量降低;而对禾谷类作物来说则影响不明显。盐害对作物体内含氮量无显著影响。

最后根据访问资料,将皖北主要农作物的相对耐盐度初步整理于表13。

表13 皖北农作物相对耐盐度

作物种类	耐盐情况	高度耐盐作物	耐盐作物	不耐盐作物
	全盐(%)	>0.25	0.15—0.25	<0.15
	Cl <sup>-</sup> (%)	>0.070	0.04—0.07	<0.04
纤维作物	—	—	棉花	青麻
粮食作物	—	碱谷,高粱,糜子,黑豆	大麦,水稻,小麦	红薯,黄豆,豌豆,花生
蔬菜作物	—	牛皮菜	萝卜,大头菜,南瓜,大白菜,西瓜	甜瓜,韭菜,黄瓜
牧草绿肥	—	紫穗槐,碱菁,扫帚菜	苜蓿,苦豆,草木樨	—
果树	—	梨子,葡萄	苹果	—

## (二) 改良问题

群众改良盐碱地经验极其丰富,现将几种主要的方法介绍如下:

### 1. 在种植改良方面

(1) 种稻改盐:种稻改盐效果极好。例如碭山县农场1960年在“盐碱”上改种水稻,改前表层(20厘米)含盐0.64%,一季水稻后全盐已降到0.1%;与此同时,Cl<sup>-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>及pH值均有明显下

降,而肥力水平則大为提高(图 8)。

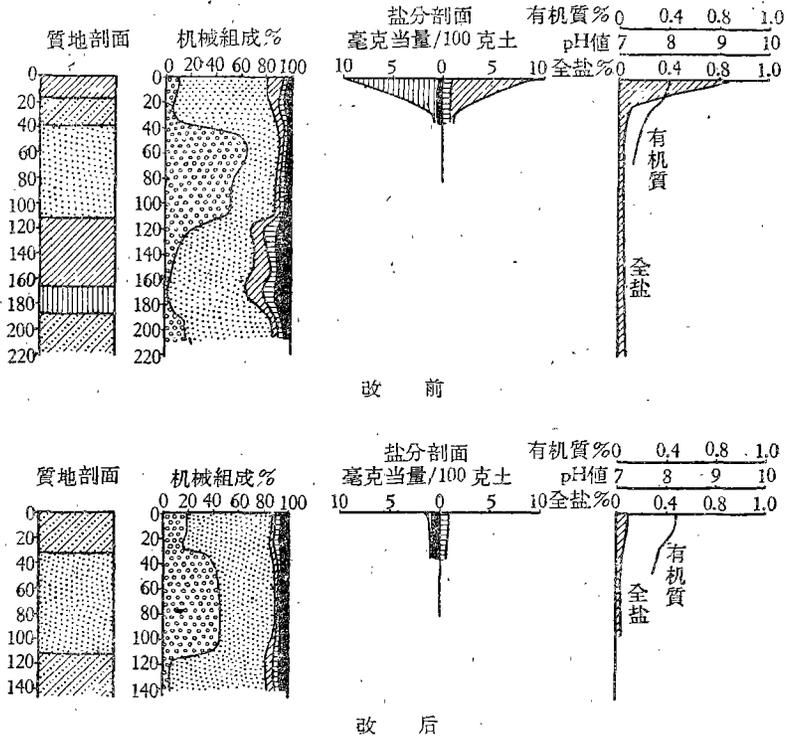


图 8 陽山县农場滷碱改稻前后盐分肥力变化图

陽山县农場“滷碱”种稻后脱盐率特高的原因是質地輕松,內排水良好,如果表层稍粘重或粘壤夹层較高时,則情况有所不同。如肖县黃口公社陈庄大队在輕壤質“滷碱”地上种植数年水稻后,增产效果很显著(第一年单产即达千斤),改稻后表层全盐也显著下降(由 0.60% 降为 0.1%),但因內排水不良,下淋盐分还殘留在 80 厘米以內,因此春旱时返盐的可能性并未消除(图 9)。

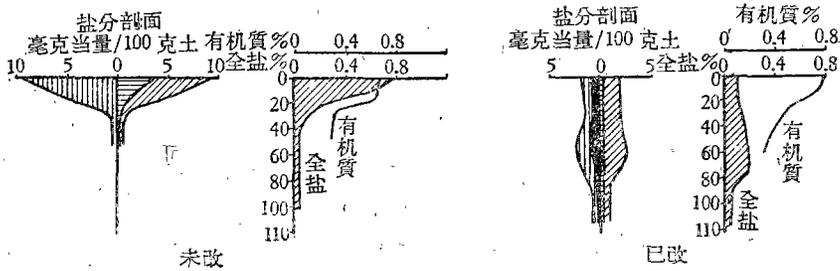


图 9 肖县黃口公社輕壤質滷碱改良前后盐分变化图

种稻是改良利用相結合的有效办法(尤其对重盐碱地),在水源、劳力許可的情况下值得大力提倡。为了加速盐分的排除及防止稻田周围田地的返盐,應該有排水沟的設置,并集中連片的布置在比較低洼处。

(2) 牧草綠肥: 耐盐綠肥不但具有加強淋盐、消除碱性的特性,在改良土壤結構和提高肥力方面更有双重意义。皖北“花碱土”含盐不重,大部分均有直接种植綠肥的可能。在皖北最常見的牧草是碱菁,例如陽山县农場 1956 年在盐碱荒地上种碱菁一年,次年大麦即获 350 斤/亩。重碱地

碱菁难立苗，碭山商业农場創造移栽法也很成功。近年来除碱菁外，紫穗槐、紫花苜蓿、草木樨、苕子及苦豆等也有零星栽培。但总的說来还很不广泛，今后在不影响粮棉生产的前提下，大力发挥間种、套种及輪栽的作用，扩大牧草綠肥面积。

## 2. 在耕种改良方面

(1) 深沟台田可加厚耕层：抬高田面，相对降低地下水位，有利于淋盐排渍，对“瓦碱”、“水碱”尤为重要。沟深有兩種規格，一类仅40厘米左右，适用于較輕的“花碱土”。另一类深达1米以上，适用于重“花碱地”。

(2) 深翻密植：深翻对具有隔水层的“花碱土”效果最好，因为此时不但有压盐(表层含盐层被压入底层)作用，而且也可根本改变水盐运行方向。但据碭山商业农場經驗，在地下水位較高处(在临界水位以上时)深翻效果不如盖土。深翻的另一缺点是深翻第一年在生土未熟化以前增产效果不明显，例如黄口公社新庄大队深翻后第一年棉产仅50—60斤/亩，但次年即提高到100斤/亩以上。密植可增加复盖，降低风速，抑制盐分上升，对“花碱土”改良有积极作用。

(3) 秋播提早，春播推迟及冲沟播种：“花碱土”盐分吸湿性大，水分較多，故土温較一般土壤要低一些。秋播适当提早，春播适当推迟，对获得全苗、壮苗有积极意义。据老农經驗，小麦播种期应由10月底提前到10月上中旬(寒露附近)。棉花播种期应由4月中旬延迟到4月下旬(谷雨前后，但因每年气温病情不同絕不可机械从事)。冲沟植棉是黄口羣众在花碱地上植棉的一項重要經驗，沟深8—10寸，东西走向，种子播在沟坡或沟底，有增温、保墒、防盐等好处。据大田观察，冲沟播种比一般棉苗要整齐健壮得多。

(4) 早鋤、勤鋤、雨后必鋤：多鋤、勤鋤是抗旱保墒措施，同时也是防盐保苗措施。

## 3. 在消除耕层盐害方面

(1) 起“碱”条堆是一种独特的改盐方法：要点是先将重碱地划分为寬窄相同(12米与6米)的条带状，然后将寬层表面盐层(8寸深)起下来堆放在窄行的表面呈长壟状，再把耐盐作物或綠肥牧草播种在壟上，而把一般农作物安排在壟間，該法对消除耕层盐害有巨大功效，一般起“碱”后表层全盐均可降到0.1%以下，过去不立苗的“滴碱”、“瓦碱”，改良后都获得了全苗；但其主要缺点是起碱的同时，土壤肥力下降，結構破坏，所以施肥以及其他耕作措施应跟上，否則仍然无收成。例如碭山商业农場1960年用此法改盐两块，其中一块未施肥，棉花基本无收；另一块施廐肥每亩3,000—4,000斤，种高粱，每亩单产250斤。由此可见，起“碱”条堆法必須結合施肥方有效果；但該法化工大，而且起“碱”后地面更为低洼，相对提高了地下水位，故只能在地势稍高的盐碱地上，小面积的使用。

(2) 客土法：客土法有穴換、沟換及全換等三种。因皖北“花碱土”質地偏砂，故客土材料以粘土为佳，此时除改盐作用外，还可增加吸收性能，提高肥力。粘土除了可以減緩毛管上升速度防止返盐外，由于其持水量大及緩冲性能強，故在同样盐分含量下其盐害也較砂土为弱。

(3) 刮扫窖碱：如上所述，皖北“花碱土”有表层盐渍特性，旱季将盐分从表层刮扫起来或深埋，或熬制盐碱对降盐保收也有一定效果，但必須与施肥結合起来，否則增产效果不大。

根据“花碱地”的盐分状况及肥力水平，必須認識到皖北“花碱土”改良的中心任务是消除盐害及提高肥力，两者不可偏废。过去或多或少有忽視后者的傾向。其实对皖北大多数“花碱土”來說，提高肥力方面的任务显得更为迫切，也更为艰巨。皖北“花碱土”含盐不多，因此可以直接运用农业技术措施加以改良，而不需要通过預先冲洗。