

徐州地区砂板土的改良

袁朝良

(中国科学院南京土壤研究所)

徐州地区处于黄泛平原,因受黄河冲积物的影响,土壤可分为砂板土、两合土、淤土等。其中砂板土占耕地面积竟达31.4%,分布地区广、面积大。这种砂质土壤的物理性状很差,遇水土粒极易分散而后淀浆板结,形成板结层。这种土壤旱改水后,由于土壤板结紧实,不仅插秧非常困难,还影响水稻苗期的分蘖发棵以及后期的生长。

砂板土的这种板结性状,反应了土壤的结构不良以及内在的物理化学的恶劣特性,因而导致土壤肥力低下,影响农业生产。砂板土的供肥保肥性能很差,漏水漏肥,有效养分含量不足,土壤瘠薄。此外,砂板土有前劲没有后劲,群众称之为“一轰头”,往往造成在水稻生长的前期供肥较多,促使水稻生长旺盛,而到后期则呈现出后劲不足,说明砂板土有不能持续供肥的缺点。过去国内外对砂板土改良多偏重于施肥方式和方法的研究,对砂板土性质的改良方面研究较少。1974年我所曾采用麦糠、稻草、大麦秆、紫穗槐、土壤结构改良剂(聚乙烯醇)等改良砂板土(中国科学院南京土壤研究所孟庄点,1974;袁朝良,1974),并取得了一定效果。本文主要研究掺加粘土和翻压绿肥对改良砂板土的效果。

一、砂板土改良试验

我们在徐州铜山县张集公社孟庄大队进行田间试验,并在孟庄大队采取土样进行盆栽试验。在试验期间除观察作物生长情况及测产外,还及时采集土样进行室内研究。

改土用的绿肥是光叶苕子和黑麦草两种,以单播苕子与混播苕子和黑麦草的两种方式翻压,经过三年的试验结果,我们初步认为:单播苕子翻压改土,对砂板土的改善是不十分显著的。我们曾在孟庄大队挑选二百亩稻田(都普遍翻压过3—4年的绿肥)进行有机质和全氮的普查分析,其结果是有机质和全氮的累积都很少,土壤中有机质和全氮的含量仍然很低,有机质含量平均为0.5%左右,全氮平均为0.03%左右。即使在我们的试验田和盆栽的土样分析结果也与此数值相类似。翻压苕子难于累积有机质,可能是由于苕子为豆科绿肥,植株较嫩易于分解之故。黑麦草是植株含纤维质较高而不易分解的禾本科绿肥,分解慢,遗留在土壤中的植株残体较多,有架松土壤的作用,但黑麦草在砂板土中积累的有机质仍不太多。为了增加有机质的积累,加强有机无机复合体的形成,我们进行了砂板土掺粘试验。徐州砂板土的土壤颗粒多集中在细砂粒(0.25—0.05毫米)和粗粉粒(0.05—0.01毫米)两级,而粘粒含量却很少,仅有5%左右,物理性粘粒也只含有8—9%(表1)。在这极度缺乏土壤粘粒的情况下,即使有机质大量存在,也不能形成有机无机复合体,促进土壤团聚体的形成。事实证明,砂板土掺粘并翻压绿肥不仅土壤板结得到

改善,水稻生长和产量也取得显著的效果。现将盆钵试验和田间试验的结果简述于后。

(一) 盆栽试验

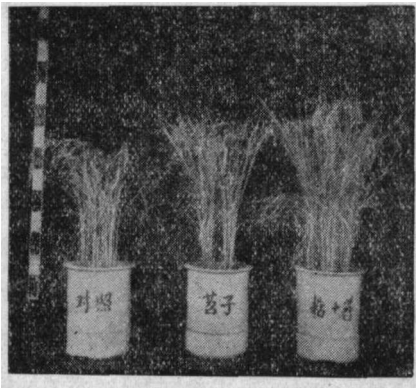
设对照(未加绿肥)、加苕子、加粘土和苕子、加苕子和黑麦草、加粘土和苕子与黑麦草共五个处理。粘土用量为土重的30%,所加有机物材料以烘干计为土重的5%,栽培作物为水稻,品种为农垦57。试验结果见表2和照片1、2。

表1 砂板土改良前后的土壤机械组成

处 理	各 级 颗 粒 含 量 (%)					
	0.25—0.05 毫 米	0.05—0.01 毫 米	0.01—0.005 毫 米	0.005—0.001 毫 米	粘 粒 <0.001毫米	物理性粘粒 <0.01毫米
对 照	76.9	14.5	1.1	2.4	5.1	8.6
翻压苕子	69.0	22.0	2.0	2.2	4.8	9.0
翻压苕子和 黑麦草	69.6	21.6	1.6	2.0	5.2	8.8
加粘土和翻 压苕子	55.7	20.1	4.5	6.3	13.4	24.2
加粘土和翻压 苕子与黑麦草	54.8	20.8	4.9	5.7	13.8	24.4

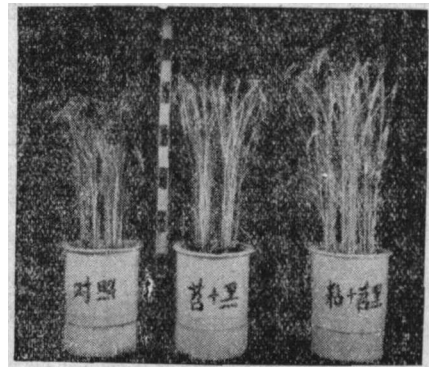
表2 盆栽试验结果

处 理	测定项目	株 高 (厘米)	穗 长 (厘米)	粒 数 (粒/穗)	实粒重 (克/盆)	增 产	
						克/盆	%
对照		55.6	11.3	33.1	9.6	0	0
翻压苕子		61.8	15.5	67.8	36.3	26.7	278
翻压苕子和黑麦草		63.7	15.8	73.6	46.1	36.4	379
加粘土和翻压苕子		65.5	15.9	73.8	44.0	34.4	358
加粘土和翻压苕子与黑麦草		66.0	16.6	77.2	50.4	40.7	424



照片1 砂板土加粘土和苕子的试验效果

左: 对照(未加绿肥)
中: 砂板土加苕子
右: 砂板土加粘土和苕子



照片2 砂板土加粘土和苕子与黑麦草的试验效果

左: 对照(未加绿肥)
中: 砂板土加苕子和黑麦草
右: 砂板土加粘土和苕子与黑麦草

从盆栽试验的结果看来,经过改良后的砂板土,无论是株高、穗长以及产量都有显著的增加,水稻整个长势也较旺盛。翻压苕子可以提高砂板土的水稻产量,翻压苕子和黑麦草的比单翻压苕子的增产较多,加粘以后增产效果更为明显。

(二) 田间试验

为了进一步阐明客粘和施用有机肥料改良砂板土后对水稻的生长及产量的影响,我们又进行了田间试验,试验处理与盆栽试验相同,每个处理重复一次,每个试验小区的面积为 0.1 亩,翻压绿肥的鲜草量按每亩 3000 斤计算,每亩施用粘土量为 60000 斤,栽种水稻品种为农垦 57,试验连续进行两年,其结果见表 3。

表 3 大田试验结果

处 理	产 量			
	1974 年		1975 年	
	斤/亩	增产(%)	斤/亩	增产(%)
对照	700	—	711	—
翻压苕子	800	14.3	830	16.7
翻压苕子和黑麦草	830	18.5	848	19.2
加粘土和翻压苕子	982	40.3	1035	45.5
加粘土和翻压苕子与黑麦草	995	42.1	1029	44.8

通过田间试验再一次证实翻压苕子和黑麦草的效果比单翻压苕子好,另外客粘土的改良效果更为显著,水稻产量连年增加,不施粘土只翻压绿肥的增产 15—20%;施加粘土和翻压绿肥的增产效率可高达 40—45%。除产量上有明显的差异外,在植株生长情况上也显示其优越性,如水稻苗期分蘖多、发棵旺,中期生长健壮,后期籽实饱满,整个植株颜色青秀,表现出秆青籽黄的景象。而未施加粘土的,土壤后效不足,前期生长旺盛,后期倒伏病害过多,稻株颜色苍灰,空秕率增高,籽实不饱满,使水稻产量不高。

通过以上的初步研究,可以得出一个印象是绿肥能改良土壤,翻压禾本科绿肥和豆科绿肥比单翻压豆科绿肥为优。但在改良砂板土时,最好增加客粘土的措施,翻压绿肥的作用更可得到发挥。徐州地区旱改水后,稻田种苕子已有多年的历史,在生产上也起了一定的作用,孟庄大队就是种苕子翻身的。但是孟庄大队的水稻产量连年都在 500—600 斤/亩之间波动,再提高产量就不太容易了。除其他原因外,土壤板结未能得到改良也是一个重要原因,豆科绿肥可以补充氮素,但还不足以改良板结,所以砂板土掺粘和混种禾本科绿肥是值得考虑的措施。最近铜山县推行禾本科秸秆回田措施,对土壤发暄取得很大的效果,其道理是一样的。

二、如何提高砂板土中有机质的积累

(一) 有机质的吸附和保持

砂板土中有机质积累很少。经过三年试验后,对照土壤含有有机质只 0.55%,单独翻压苕子的为 0.65%,翻压苕子和黑麦草的为 0.77%;如掺施粘土再翻压苕子或苕子和黑麦

草,土壤有机质含量分别增为 0.97% 和 1.03%, 比对照土壤增加一倍。

再从腐殖质结合形态来看(表 4), 砂板土的紧结态腐殖质很低, 只占全部腐殖质的 17.6%。翻压苕子后松结态、联结态和稳结态腐殖质都略有增高, 而紧结态腐殖质并未增加, 但掺施粘土再翻压苕子后, 联结态、稳结态和紧结态腐殖质含量都有增加, 特别是紧结态腐殖质的增加十分明显, 充分说明砂板土中的腐殖质结合较松, 只有掺施粘土后增加土壤中粘粒含量, 才能促进有机无机胶体复合, 使腐殖质与矿粒紧密结合。

表 4 砂板土改良前后腐殖质结合形态*

处 理	C %				全碳** (%)
	松结态	联 结 态	稳 结 态	紧结态	
	0.1N NaOH 提 取	0.1N NaOH + Na ₂ P ₂ O ₇ 提 取	0.1N NaOH + Na ₂ P ₂ O ₇ , 超声波处理后提取	土壤残渣	
对照	0.049	0.064	0.055	0.036	0.20
翻压苕子	0.055	0.069	0.059	0.036	0.22
加粘土和翻压苕子	0.053	0.095	0.085	0.067	0.30

* 系盆栽一年的标本。 ** 四种结合形态的腐殖质碳的总和。

另外, 有机质的渗漏试验也可说明粘土有吸附有机质的作用, 从而减少有机物的流失, 以便有机质的积累和有效养分的保蓄。试验是在盆钵中模拟水田进行的, 处理有五个, 即砂板土(对照)、砂板土加苕子、砂板土加苕子和黑麦草、砂板土掺粘加苕子、砂板土掺粘加苕子和黑麦草, 粘土施用量为土重的 30%, 烘干绿肥的用量为土重的 5%, 充分混匀后淹水培育, 定期取其渗透液进行透光度的测定, 并选取培育十五天后的渗透液所测得的透光度绘成曲线(图 1)。图中清楚看出, 砂板土空白的透光度最大, 砂板土加苕子的透光度最小, 砂板土加苕子和黑麦草的透光度比单加苕子的要大, 客施粘土后砂板土的透光度都增大。透光度的大小, 一方面说明苕子的分解程度比黑麦草大, 所以渗透液浓度较大, 颜色较深, 透光度较小; 另一方面也说明砂板土客粘土后将增加土壤的吸附性, 减少有机质的分解和损失, 所以客粘土的砂板土加绿肥后, 其渗透液的透光度都较高, 并且不管是施加苕子或施加苕子和黑麦草, 透光度曲线都很接近, 更进一步说明粘土的吸附作用, 即使是易于腐解的豆科绿肥也可免致流失。

(二) 有机质的矿化腐解

另一试验证明, 砂板土掺加粘土可以抑制有机物的矿化腐解。试验设砂板土(不加有机质材料)、砂板土掺粘土(不加有机质

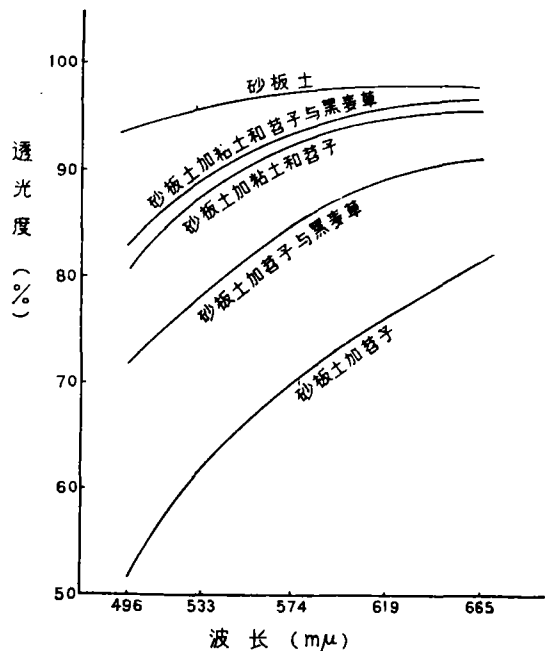


图 1 腐解渗透液透光度曲线

材料)、砂板土加玉米秆、砂板土掺粘土加玉米秆四个处理。玉米秆占土重 5%，样品混匀后，放入 500 毫升广口培育瓶中，加水使其为 40% 的含水量，在 30℃ 下进行腐解，培育瓶中置 2M 的 KOH 溶液 3 毫升以吸收腐解后释放出的 CO₂，然后每隔一定的腐解时间测定其 CO₂ 的百分含量 (Bundy et al., 1972)，不同处理在不同时间其 CO₂ 释放出的百分含量的大小，可以说明不同改良措施对有机质矿化腐解的影响 (图 2)。

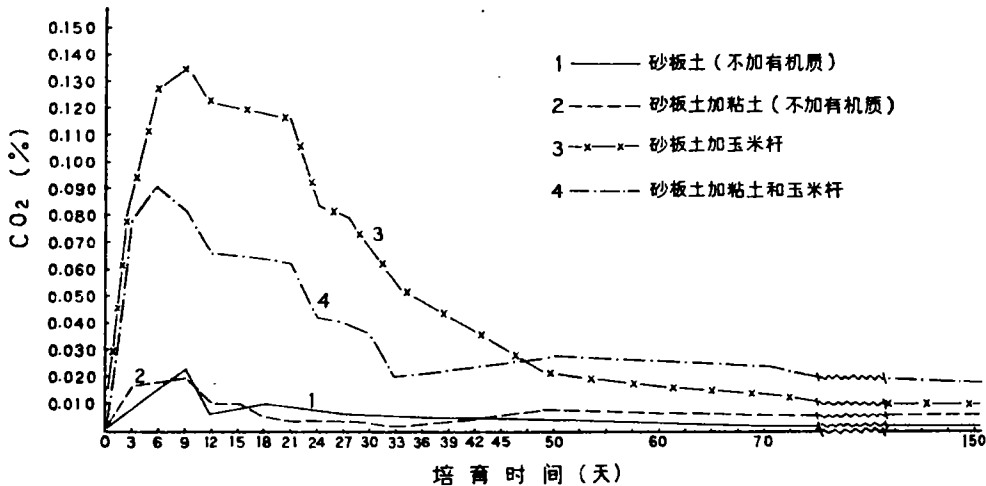


图 2 有机质矿化腐解曲线

图 2 中的 1, 2 曲线分别表示砂板土和砂板土掺粘的有机质矿化腐解情况。这两种处理的土壤中原有的有机质含量较少，所以在培育 7—10 天时，土壤中原有的有机质大量分解，放出的 CO₂ 较多，曲线上升，但十天后曲线急剧下降趋于平缓，以后不再回升。经过四个月后，曲线趋近于零，砂板土(不加有机质)和砂板土掺粘(不加有机质)经矿化腐解最后残留在土壤中的有机质含量分别为 0.35% 和 0.31%。这就说明砂板土中有机质很少，短时期的分解即可损失殆尽，急需补充有机质。曲线 3 是砂板土加玉米秆的腐解情况，由于砂板土质地较砂，通气性良好，但又缺乏粘粒，这样就促使了土壤中有有机物质加速的分解，这种情况在曲线 3 上表现的最为显著，在腐解一个星期左右，曲线 3 的峰值比其他各曲线都高，短期内达到最高峰，放出的 CO₂ 竟达 0.133%，自此以后腐解出的 CO₂ 数量逐渐下降。曲线 4 是砂板土掺粘又加玉米秆的腐解情况，在相同的腐解时间里，曲线 4 的峰值没有曲线 3 那样高，释放出 CO₂ 的最高量只 0.092%，以后也趋于下降。曲线 3、4 虽在到达各自高峰后都趋于下降，但其下降的程度不同，曲线 3 较曲线 4 下降的较为激烈。经过四个月的腐解时间，曲线 3 和曲线 1 几乎相似，而曲线 4 则和它们仍保持着显著的差异，充分说明砂板土加玉米秆处理，在腐解四个月后有机质大多分解一光，土壤中最后残留的有机质为 0.49%。而砂板土掺粘再加玉米秆处理，仍保存着一定量的有机质，土壤中最后残留的有机质为 0.59%，还没有消耗殆尽。这一试验再一次证明客施粘土可减少有机质在砂板土中的矿化作用，为有机质的积累提供条件。

在盆钵内模拟试验中，氧化还原电位的研究也证实客粘土有抑制土壤中有机质腐解的作用。这个试验分为三个处理：砂板土(不加有机质)、砂板土加玉米秆、砂板土掺粘加

玉米秆。玉米秆按土重的 5% 加入，与土拌匀，在培育过程中分淹水期和落干期两个阶段，在这两个阶段中选一定的时间进行氧化还原的电位测定(于天仁等, 1976)，结果见表 5 和图 3。

表 5 氧化还原电位测定结果 (毫伏)

处 理	淹 水 期						落 干 期	
	第 一 次		第 二 次		第 三 次		pH	Eh ₇
	pH	Eh ₇	pH	Eh ₇	pH	Eh ₇		
砂 板 土	7.3	-45	7.3	-23	7.8	+64	8.3	+454
砂板土加玉米秆	5.8	-116	6.8	-99	6.7	-2	7.9	+439
砂板土掺粘土加玉米秆	6.1	-56	6.5	-87	6.6	+36	7.1	+413

从所得的结果(图 3)中可观察到曲线 1 比曲线 2 的电位值高,说明在淹水阶段,加有玉米秆的土壤有机物质分解释放出了大量的还原性物质,致使电位下降。但是同样都加入玉米秆的情况下,客入粘土的土壤的电位比不客粘土的要高。淹水后一个星期的电位值是砂板土为 -45 毫伏、砂板土加玉米秆为 -116 毫伏、砂板土掺粘加玉米秆为 -56 毫伏。在土壤落干期,各处理都呈氧化状态,电位都有所增高,其中砂板土最高,砂板土加玉米秆次之,砂板土掺粘加玉米秆相对较低。这些现象说明客粘土可使原来砂板土中的氧化还原电位发生改变,就是在加有大量有机质的情况下,客粘土可使砂板土在淹水期不致产生过强烈的还原作用,在落干期也不致产生过强的氧化作用,粘土在砂板土的氧化还原过程中产生缓冲的作用,既可减轻还原物质的毒害作用,也可抑制土壤有机质的腐解。

综上所述,砂板土掺粘或不本科绿肥与豆科绿肥混施都可以提高砂板土中有机质的积累,但以客掺粘土的效果最大最快。砂板土客粘土后,可以延缓土壤有机质的腐解,克服砂板土在养分方面“一轰头”的缺点。另外,由于土壤有机质积累的提高,有利于有机粘粒复合的形成,为创造良好土壤结构提供条件。

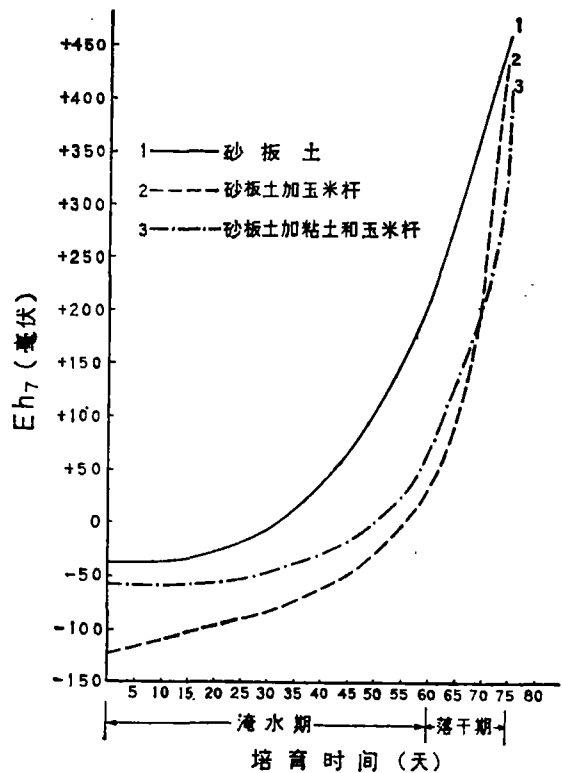


图 3 氧化还原电位的变化

三、砂板土理化性质的改良

(一) 物理性质的改良

砂板土的淀浆板结是一种不良的结构性,对土壤物理性质产生一系列的不良影响。由盆栽土样的分析结果(表6)来看,不论是单独施用绿肥改良或采用绿肥结合掺用粘土的改良办法,比不经改良的对照土壤,在物理性状上都有不同程度的改善。土壤容重和土壤浸水容重都有所降低,孔隙度则增加,这充分说明砂板土经改良后土壤发松变软,克服了淀浆板结的毛病。另外,分散度的减少和结构系数的提高,以及 >0.25 毫米水稳性团聚体的增多,说明砂板土的结构性得到改善。总的来说,客加粘土而又翻压绿肥的,其改良效果比单用绿肥改良的要显著得多,这说明客加粘土在改良砂板土方面的优越性。在不同绿肥的翻压试验中,无论掺粘或不掺粘,苕子和黑麦草混施与单施苕子相比,砂板土的容重较低而孔隙度较大,其他性质也有差别。当然,绿肥不同,有机无机胶体复合的情况是不同的,但与黑麦草难于腐解的特性,不无关系。禾本科绿肥黑麦草的组织较粗,纤维含量

表6 客粘土和翻压绿肥对砂板土物理性质的影响

测定项目 处 理	容 重 (克/厘米 ³)	孔隙度 (%)	饱和含水率 (%)	浸水容重 (克/毫升)	分散度 $\frac{a}{b} \times 100^*$	结构系数 $\frac{b-a}{b} \times 100$	>0.25 毫米 水稳性团聚 体(%)
对 照	1.61	39.5	27.2	0.95	35.7	64.7	15.7
翻压苕子	1.46	45.5	30.3	0.89	33.5	66.4	13.3
翻压苕子和黑 麦草	1.38	47.1	31.7	0.85	32.5	68.0	17.7
加粘土和翻压 苕子	1.41	47.8	30.7	0.68	12.2	88.1	27.5
加粘土和翻压 苕子与黑麦草	1.29	52.2	32.2	0.64	11.8	88.4	28.5

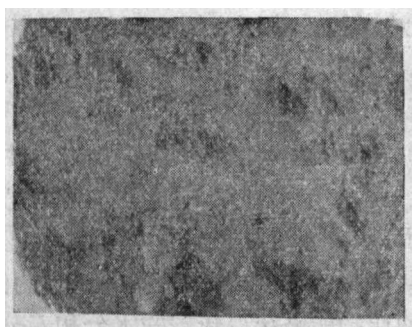
* a—— <0.001 毫米之微团聚体;

b—— <0.001 毫米之机械组成。

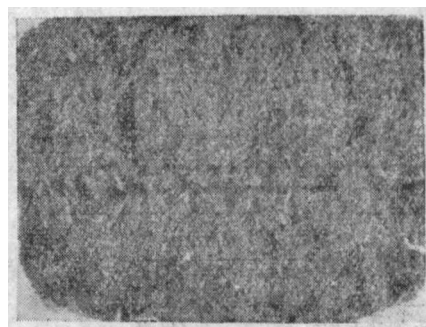
高,在土壤中不易腐烂分解,遗留在土壤中的植株残体较苕子多,架松土壤的作用较大,可在土体中形成蜂窝状的孔隙(照片3)。不翻压任何绿肥的对照土壤中,每一千克土壤中只含有1.7克植物残体,翻压苕子的含4.3克,而翻压黑麦草和苕子的土壤中植物残体高达6克(表7)。

表7 绿肥植物残体含量

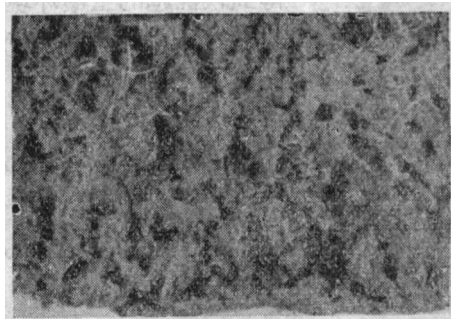
处 理	每1000克土壤中植物残体重(克)	植物残体占土重百分含量(%)
对 照	1.7	0.17
翻 压 苕 子	4.3	0.43
翻压苕子和黑麦草	6.0	0.60



(I) 砂板土(对照),土壤孔隙很少



(II) 砂板土翻压苕子,土壤孔隙增多



(III) 砂板土翻压苕子和黑麦草,土壤孔隙显著增多,并呈蜂窝状

照片3 翻压不同的绿肥对砂板土孔隙和结构的影响

(二) 化学性质的改良

砂板土翻压绿肥后土壤 pH 略有降低,特别是掺粘再翻压绿肥,土壤 pH 更为降低。土壤中全氮含量的增加与有机质的增加相符,对照全氮量为 0.025%;翻压绿肥后全氮量增至 0.046—0.054%;掺粘再翻压绿肥可增至 0.057—0.067%。砂板土翻压绿肥后,土壤表面积略有增加,但不甚显著。客掺粘土则可使土壤的表面积成倍增加(表 9)。增加了土壤表面积也就增加了土壤的表面能,因而也加强了土壤的吸附性能。阳离子交换量和吸氮量的结果证实(表 8),砂板土翻压绿肥后,交换量和吸氮量都有所增加,但不甚大,而砂

表 8 客粘土和翻压绿肥对砂板土化学性质的影响

测定项目 处 理	pH	有机质含量 (%)	全 氮 量 (%)	代 换 量 (毫克当量 /100克土)	吸 氮 量 (毫克当量 /100克土)
对 照	8.75	0.55	0.025	3.16	43.8
翻压苕子	8.50	0.65	0.046	3.45	48.5
翻压苕子和黑麦草	8.40	0.77	0.054	3.73	50.9
加粘土和翻压苕子	8.36	0.97	0.057	8.30	95.1
加粘土和翻压苕子 与黑麦草	8.28	1.03	0.067	8.51	98.6

注:粘土的有机质含量为 0.65%。

板土掺粘后再翻压绿肥, 交换量和吸氮量都可成倍地增长。由于土壤表面积和阳离子交换量的增加, 而使得土壤的缓冲性能也大大地提高, 为作物生长提供一个适宜的环境。

表9 不同处理对砂板土表面积的影响

处 理	表面积 (平方米/克)
砂板土	21.8
砂板土加苕子	23.9
砂板土加粘土和苕子	47.0

综上所述, 砂板土掺粘或禾本科绿肥与豆科绿肥混施都可以改善砂板土的物理和化学性质, 但以客粘土的效果最为显著, 从容重、孔隙度、结构系数、表面积、交换量和吸氮量都可得到证实。砂板土的理化性质得到改善, 提高了土壤的保水保肥能力, 使作物能够获得较多的水分和养分, 并得到较优越的土壤环境, 满足作物的生长发育。实

践和理论证明, 砂板土是可以改良的, 可以通过人为的努力逐步提高土壤的肥力。

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所孟庄点, 1974: 孟庄土壤砂板的危害和改良。土壤, 第1期, 22—27页。
 袁朝良, 1974: 聚乙烯醇改良砂板土的效果。土壤, 第5期, 216—219页。
 于天仁等, 1976: 土壤的电化学性质及其研究法。433—440页, 科学出版社。
 Bundy, I. G. et al., 1972: A simple titrimetric method for determination of inorganic carbon in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36: 273—275.

THE IMPROVEMENT OF SANDY SOIL WITH A COMPACT SURFACE LAYER IN XUZHOU DISTRICT, JIANGSU PROVINCE

Yuan Chao-liang

(Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Summary

Large areas of sandy soil, approximately occupied 30% of the total arable land, are distributed over Xuzhou District, Jiangsu Province. A compact soil surface layer is always developed due to the settling of the coarse particles brought by irrigation water. The compact and sandy surface soil contains low organic matter and plant nutrients. The improvement of this soil by the application of green manures—turning over of single cropping of vetch or mixed cropping of vetch and rye grass, or manuring mixed with clay—was investigated. The results obtained from pot and field experiments are summarized as follows:

1. The effect of manuring of the mix-cropped vetch-rye grass was superior to that of single vetch on the increase of crop yield, but manuring mixed with clay was the most effective.
2. The holding capacity of the sandy soil for organic matter was increased with application of clay, and at the same time, mineralization of organic matter was decreased.
3. Application of clay and turning over of green manures effectively improved the physical and chemical properties of sandy soil, and provided favorable conditions for the formation of organic-mineral complex of the soil.