

绿肥对粘质淤土及其复合胶体性质的影响

傅积平 张敬森

(中国科学院南京土壤研究所)

在我国黄淮平原地区,分布有大面积粘质淤土。这类土壤底子虽好,但缺少有机质,土质粘重,板实,耕性差,适耕期短,容易跑墒,产量较低,土壤潜在肥力不易充分发挥。大力发展绿肥是解决有机肥源和改良土壤性质,夺取粮食大面积稳产高产的重要途径,是用地养地的好方法,是快速改良粘质淤土的有效措施。

绿肥改土培肥效果过去曾有不少的报导,并认为混播绿肥的改土效果优于单播(陆炳章,1961)。但以往的工作大多侧重于营养元素和一般理化性质的研究,很少从土壤胶体特性的变化来阐明改土作用的机理。

为了探索绿肥改良粘质淤土的作用,我们于1973年与安徽城西湖农场协作,在机械化作业条件下,进行了夏绿肥改土试验。并于1974年秋大面积试种冬绿肥紫云英也初获改土成效。接着又连续三年布置了冬绿肥混播的盆栽改土试验,并辅以培育改土试验,分别研究了禾本科黑麦草与豆科苕子各自的改土作用。测定了土壤的理化性质,土壤有机胶体与无机胶体的复合状况,以及复合胶体的某些物理化学特性。对于禾本科绿肥在改良土壤结构性中所起的作用进行了初步探讨。现将初步研究结果整理如下。

一、供试土壤和研究方法

(一) 供试土壤

采自城西湖农场的马肝淤土和千层状淤土。两种土壤都发育于淮河沉积物,同属粘质潮土。这类土壤占全场耕地面积80%左右。土质属重壤—中粘土,呈中性。潜水位高,土壤通透性差,旱作易受湿害。土壤理化性状列于表1。

(二) 试验处理

大田改土试验选用千层状淤土,处理包括单播苕子,单播紫云英,苕子与黑麦草混播,紫云英与黑麦草混播,对照为冬闲田;采取绿肥就地压青,待水稻收获后,取耕层20厘米土壤。盆栽改土试验采用马肝淤土,处理包括单播苕子,苕子与黑麦草混播,每次绿肥压青后种一季水稻,连续三年,对照不种绿肥,连年水稻、小麦轮种,试验重复三次,在水稻收获后全层取土样。改土培育试验采用马肝淤土,通过60孔筛的风干土,分别加入占土重2%的干苕子和干黑麦草,保持湿润状态于室温下培育8个月。

(三) 研究方法

1. 土壤复合胶体的分离。土壤在不加分散剂条件下直接用超声波分散(Genrich et al., 1972; Watson et al., 1974),提取出小于2微米的复合胶体。称取通过60孔筛的一定量

表 1 供试土壤

土壤名称	采土深度 (厘米)	pH	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 P ₂ O ₅ (%)	全钾 K ₂ O(%)	交换量 (毫克当量 百克土)
千层状淤土	0—20	6.6	1.30	0.088	0.158	2.28	23.7
	35—45	6.6	0.82	0.063	0.120	2.36	22.7
马肝淤土	0—20	6.7	1.46	0.090	0.136	2.12	21.3
	20—35	6.7	1.05	0.068	0.136	2.20	23.7

* 1973年5月采样分析(中国科学院南京土壤研究所城西湖工作组, 1975)。

的风干土样,加水配成土水比为1:5的悬液,直接放在槽型超声波清洗器内(国产CSF—1A型),于21.5千赫兹300毫安超声分散20分钟。将分散的土样洗入高型烧杯中,加水制成浓度为4%的悬液,按机械分析方法,在一定温度下,于规定时间,从10厘米深度用虹吸管吸出小于2微米的复合胶体,反复操作,直至悬液接近澄清为止。分离所得的复合胶体直接用巴氏滤管抽滤浓缩(不加任何化学聚沉剂),并在红外灯下(40—50℃)干燥,也可保留湿胶体备用。

(2) 土壤有机无机复合度测定。土壤中复合的腐殖化有机物质采用重液法分离(XaH, 1959; Ford et al., 1969)。称取通过60孔筛的风干土样5.00克于薄玻璃器皿内,加入50毫升比重为2.0的杜列液(HgI₂与KI的混合液),在槽型超声波清洗器内,于21.5千赫兹300毫安超声5分钟,使土壤充分分散。离心(3000转/分)10分钟,此时未分解或部分腐殖化的轻组有机物质悬浮于重液上部,重组部分沉于管底。倾出的重液保留在棕色瓶内,如比重未变,可供继续使用(一般可连续使用4—5次再行调整比重)。将重组全部洗入400毫升烧杯内,每次加温水用巴氏滤管抽滤洗涤至滤液无色,并用6% AgNO₃溶液检查,直至滤液无黄色AgI沉淀出现,表示已洗净残余的杜列液。收集的重组在红外灯下(50—60℃)干燥,并称重。按H. B. 丘林法定碳。根据原土和重组中有机碳量计算原土复合度或增值复合度。

$$\text{原土复合度}(\%) = \frac{B \times D}{A \times C} \times 100$$

A——土壤有机碳(%), B——重组有机碳(%),

C——土壤重量(克), D——重组重量(克)。

$$\text{增值复合度}(\%) = \frac{(B_2 \times D_2) - (B_1 \times D_1)}{(A_2 - A_1) \times C} \times 100$$

A₁——对照土的有机碳(%),

A₂——加有机肥土壤的有机碳(%),

B₁——对照土中重组的有机碳(%),

B₂——加有机肥土壤中重组的有机碳(%),

C——土壤重量(克), D₁——对照土中重组的重量(克),

D₂——加有机肥土壤中重组的重量(克)。

的理化性状*

交换性盐基组成 (毫克当量/百克土)				颗粒含量 (%)		质地
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	粘粒 (<0.001毫米)	物理性粘粒 (<0.01毫米)	
17.89	4.25	0.66	0.79	10.0	85.0	中粘土
15.94	5.23	0.63	0.90	11.0	75.0	
13.86	5.03	0.47	0.80	13.9	57.0	重壤土
16.01	6.43	0.46	0.85	20.4	69.8	轻粘土

(3) 不同结合形态腐殖质测定。腐殖质的分离是综合其它方法(科诺诺娃, 1963; Schnitzer, et al., 1972)而成。称取通过 60 孔筛的风干土样 5—10 克于 50 毫升离心管中,加 0.1N NaOH 溶液提取,直至无色为止,提取部分为游离松结态腐殖质。继用 0.1N NaOH+0.1M Na₄P₂O₇ 溶液 (pH11) 提取出联结态腐殖质。样品再加 0.1N NaOH + 0.1M Na₄P₂O₇ 溶液,并超声分散 20 分钟,提取部分为稳结态腐殖质。剩余部分为紧结态腐殖质。

(4) 粘度。预先将复合胶体样品配成 1% 悬液,然后倒入乌氏粘度计玻管内,将盛有悬液的粘度计固定在恒温水槽内,在一定温度下测定胶体悬液通过固定容积 A—B 点液面所需时间。同时测定悬液的比重。按公式计算相对粘度 (η)。

$$\eta = \eta_0 \frac{t_1}{t_0} d$$

t_1 ——胶体流经时间(秒),

t_0 ——水流经时间(秒),

η_0 ——水的粘度系数,

d ——悬液比重

(5) 吸铵量。称取通过 60 孔筛的干胶体样品 0.5 克于 100 毫升三角瓶中,加 0.05N NH₄Cl 溶液 50 毫升,振荡一小时,离心,吸取上层清液 10 毫升,用微量定氮仪定氮。同样吸取 0.05N NH₄Cl 原液 10 毫升定氮。两者之差值即为胶体吸铵量。

$$\text{NH}_4 \text{ (毫克/百克)} = \frac{\text{毫克当量} \times 18}{\text{吸取滤液相当的土重}} \times 100$$

(6) 阳离子交换量。用 1N 醋酸铵法。

二、绿肥改土增产效果

(一) 增产效果

城西湖农场 1975 年遇到连续阴雨,水稻后期发生大面积倒伏,但绿肥田水直播早、中稻仍获得较好收成。全场 2700 多亩紫云英压青种植“南京 11 号”中稻平均亩产 750 斤,其中 840 亩平均亩产高达 838.7 斤,一季超纲要。

盆栽改土试验也同样获得增产效果。在化肥施用量相等条件下,绿肥混播与单播的都比对照增产。以第一季水稻增产最显,后季小麦、水稻仍有一定效果(表 2)。从盆栽三年水稻的总产量来看(稻谷产量以七折糙米计),对照每盆为 37.5 克,隔混 57.3 克,连混 77.3

克,连苕 81.0 克,同样显示绿肥的增产效果。

表 2 盆栽改土试验稻、麦产量 (克/盆)

处理	轮种	水 稻	小 麦	水 稻	小 麦	水 稻
		第 一 年	第 二 年		第 三 年	
对 照		11.5	5.7	19.5	8.4	22.5
连 苕		25.9	绿肥	54.9	绿肥	34.9
隔 混		24.3	7.7	23.7	绿肥	33.8
连 混			绿肥	49.8	绿肥	36.3

注: 1. 产量为重复三次平均值。

2. 隔混为一季混播绿肥后,种二季水稻和一季小麦;连混为一季混播绿肥,一季水稻,连续轮种;连苕为一季苕子绿肥,一季水稻,连续轮种,以下均同。

(二) 增加土壤养分

绿肥压青能增加粘质土壤的有机质和含氮量。大田改土试验结果,翻压 5000—6000 斤冬绿肥(鲜草),耕层土壤的有机质含量约增加 0.15%;含氮量约增加 0.01%。在盆栽改土试验中,我们采用养分的增值来反映绿肥的培肥效果,未种绿肥的(对照)土壤养分增值为零,种绿肥各处理与其相比,得出各年土壤有机质和含氮量的增值变化状况(图 1、2)。绿肥压青的土壤有机质有明显的增加,混播绿肥有机质的增值又大于单播。由于土壤有机质是土壤氮素的主要来源,土壤有机质增加,土壤含氮量也相应提高。在一定条件下,土壤有机质增加可作为绿肥培肥效果好坏的一个指标。

(三) 改善土壤物理特性

粘质土壤在不适墒的条件下耕耙很容易变板,土壤通透性变差,不仅影响当季作物产

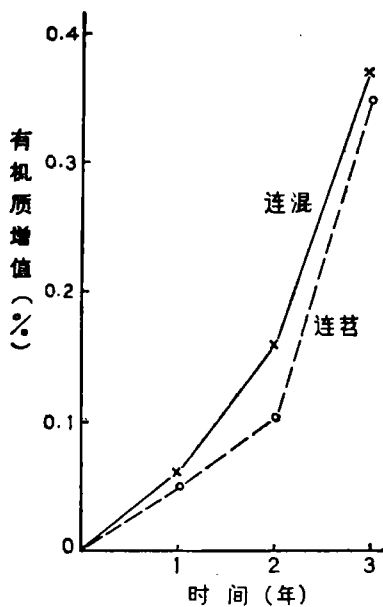


图 1 土壤有机质增值变化

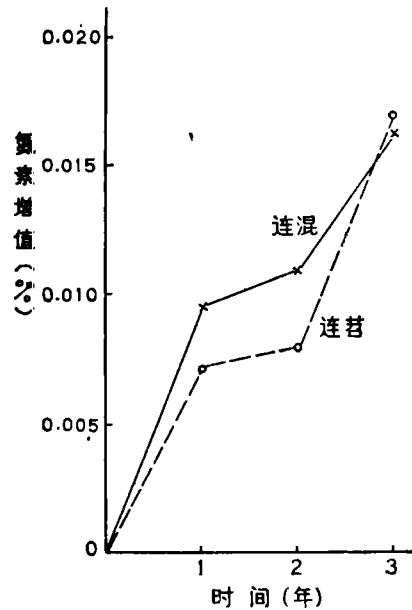


图 2 土壤氮素增值变化

量,后作也受影响,这是土壤物理特性恶化的结果。轮种冬绿肥可变晚茬为早茬,有利茬口轮换,并能显著改良粘质淤土板实的不良性状,使土壤发垆。

翻压绿肥使土壤变松的主要原因是由于改善了土壤的结构性。土壤微形态的鉴定结果(见图版照片 1, 2),无论是大田或盆栽改土试验,冬绿肥改良土壤结构性都十分显著。对照土壤结构致密,很少大孔隙,小于 0.1 毫米的细孔隙也仅占 2—3%¹⁾,贯穿土体的细裂隙是由于土壤干缩引起的,植物残体较少,整个土体只见干湿交替形成的粘粒核和氧化铁聚集。绿肥压青土壤孔隙率显著增加,混播绿肥又优于单播,并有较多团聚体形成,团聚体间孔隙(0.5—1.0 毫米)互相连通,植物残体也较多,这是良好土壤结构性的标志。

土壤结构性的改善,引起了其它物理性质的变化。翻压绿肥使土壤疏松多孔,土壤容重和抗压力变小,干缩和干裂状况减轻,通透性和持水性增强。混播绿肥改良土壤物理性质的效果又比单播绿肥显著(表 3、4)。

表 3 土壤孔隙和持水性变化

项目 采土深度 (厘米)	容重(克/厘米 ³)		总孔隙(%)		毛管水(%)		饱和水(%)	
	1—6	10—15	1—6	10—15	1—6	10—15	1—6	10—15
大田改土处理								
冬闲田	1.41	1.43	45.8	45.0	33.4	32.4	34.5	33.6
紫云英	1.38	1.33	46.9	48.8	35.0	36.0	36.1	37.8
紫云英+黑麦草混播	1.22	1.31	53.1	49.6	40.3	36.1	40.8	37.8
苕子	1.30	1.36	50.0	47.7	39.7	36.2	40.8	36.9
苕子+黑麦草混播	1.27	1.35	51.1	48.1	40.5	36.9	42.3	37.8

表 4 土壤抗压状况

项目 盆栽改土处理	抗压(公斤/厘米 ²)
对 照	80.0
连 茬	9.7
隔 混	31.0
连 混	9.8

三、绿肥对土壤复合胶体性质的影响

土壤胶体包括有机胶体和无机胶体。这两种胶体在土壤中常以有机无机复合体状态存在。除了极端砂质的土壤外,土壤中的有机物质大多与粘粒相结合,形成各种粘粒—有机复合体(Schnitzer, et al., 1972)。它是土壤中比较活跃的部分,对于土壤结构的形成和肥力变化均具有重要影响。研究绿肥与土壤的复合,有助于阐明绿肥改土作用的机理。

1) 根据薄片计算所得表示二度空间的孔隙率。

(一) 土壤有机无机复合度的概念

土壤中能起复合作用的有机物质主要是腐殖化物质。怎样从土壤中把复合的腐殖化物质与游离的(未复合的)有机物质区分开来,这是研究土壤复合度首先要解决的重要课题。近十年来,一些国家采用重液分离法研究土壤复合体取得了一定的进展。这种方法所依据的原理是,将一种物质置于一定的重液中,若物质的比重大于重液则下沉;物质的比重小于重液则浮在液面;两者比重相等,物质在重液中呈悬浮状态。因此只要选择一种重液,它的比重介于土壤和有机物质的比重之间,就有可能把复合的腐殖化物质连同土壤一起被分离出。Ford 和 Greenland (1969) 认为,土壤中没有与土壤结合的未腐解和部分腐殖化的有机物质,可以用比重 2.0 的溴仿—乙醇混合液,在超声分散条件下被悬浮分离。Martin Richter 等人(1975)曾用不同比重的重液来分离土壤有机无机复合体,发现土壤中的有机碳主要集中于比重 2.0—2.3 范围。类似的工作还散见于其他的报道(佐藤 孜·山根一郎, 1972; Turchenek et al., 1974; Ведро́ва 等, 1977)。在我们的工作中主要选用比重 2.0 的杜列液($HgI_2 + KI$),在超声分散条件下,将游离的有机物质(轻组)与结合态的腐殖物质区分开。并初步提出土壤有机无机复合度的概念。

土壤有机无机复合度是指腐殖物质与土壤无机部分的复合程度。实际上它应包括两种不同的含义。一种叫作原土复合度,它是土壤中复合的碳量占土壤总碳量的百分数来表示。这种复合度可用于对比不同类型土壤之间的差异。另一种叫作增值复合度,它是用来研究不同有机肥料改土或土壤熟化过程中腐殖物质与土壤粘粒之间的复合状况。应用增值复合度时必须设有对照,并将对照土的有机碳量作为本底值加以扣除,以土壤中复合碳量的增值占土壤总碳量增值的百分数来表示。土壤复合度的测定适用于各种土壤,并有可能作为土壤肥力的一项重要指标而被广泛应用。

(二) 绿肥与土壤的复合状况

绿肥施入土中并非全部矿化,对于粘质土壤来说,将近占土壤有机碳总量 50% 以上的腐殖化物质参与土壤复合(表 5)。不同的绿肥复合度也各异。苕子与黑麦草混播的增值复合度达 66.6%;而单播苕子仅 42.1%,混播的复合度竟高于单播 24.5%。混播绿肥为什么会增加复合度?通过黑麦草和苕子各自的改土培育试验证明,混播绿肥增加的复合度,主要是禾本科黑麦草的贡献。黑麦草的增值复合度为 83.9%;苕子仅 57.3%,黑麦草

表 5 土壤有机无机复合度

处 理		原 土		重 组		增值复合度 (%)
		碳(%)	碳量增值	碳(%)	碳量增值	
盆 栽	对 照	0.92	0	0.88	0	—
	连 苕	1.13	4.20	0.98	1.77	42.1
	连 混	1.14	4.40	1.04	2.93	66.6
培 育	对 照	0.85	0	0.78	0	—
	苕 子	1.15	6.00	0.96	3.44	57.3
	黑麦草	1.13	5.60	1.02	4.70	83.9

高于苕子 26.6%，这与盆栽改土试验复合度的增值颇相近。说明禾本科黑麦草的腐殖物质与粘粒相复合较豆科苕子为多。造成这种差异的原因，在很大程度上是与绿肥残体本身的化学组成和腐殖化系数大小有关(科诺诺娃, 1963)。由于禾本科绿肥(或秸秆)较之豆科绿肥富含木质素,但缺少蛋白质,所以腐解慢,但腐殖化系数大,腐殖物质与土壤无机部分结合的可能性也就愈大,有利于土壤有机质的积累。

复合胶体腐殖质的表观交换量是衡量土壤有机无机胶体复合的另一个重要性质。腐殖质的表观交换量大,说明有机和无机胶体复合时消耗的交换点少,复合得差;反之,表观交换量小,说明复合得多,消耗的交换点亦多。所以土壤的复合度似与腐殖质的表观交换量有密切关系,随着复合度的增大,表观交换量相应减小。黑麦草的腐殖质表观交换量每百克仅 85.3 毫克当量;而苕子达 148 (表 6),这说明土壤粘粒吸附黑麦草的腐殖物质比苕子多,消耗交换点亦多,所以表观交换量减小。

复合度和腐殖质表观交换量是研究土壤有机无机胶体复合过程的重要方法,为了进一步反映复合的松紧,必须测定腐殖质的结合形态。不同绿肥的腐殖质结合形态也各异。松结态和联结态腐殖质是单播苕子多;而紧结态腐殖质则是混播绿肥多(表 7)。这说明禾本科黑麦草的腐殖物质要比苕子复合紧。应当指出,腐殖物质与粘粒的结合程度应当有松有紧,松紧协调,这样才能兼顾改土培肥的效果。

表 6 土壤小于 2 微米复合体腐殖质表观交换量 (毫克当量/百克)

处 理	交 换 量	腐 殖 质 (%)	H ₂ O ₂ 处 理		腐 殖 质 表 观 交 换 量
			交 换 量	残 余 腐 殖 质 (%)	
对 照	48.5	2.00	45.7	0.40	177
苕 子	45.9	2.36	43.1	0.41	148
黑麦草	45.0	2.45	43.3	0.41	85.3

表 7 土壤腐殖质结合形态

处 理 (三年盆栽改土)	总 碳 量		松 结	联 结	稳 结	紧 结
	%	增 值				
对 照	0.92	0	—	—	—	—
连 苕	1.13	0.21	4.8	14.3	0	80.9
连 混	1.14	0.22	0	4.5	0	95.5

腐殖物质与粘粒之间的相互作用是复杂的物理化学过程,但迄今为止,对于土壤中自然发生的有机无机胶体的复合机理还很不清楚。Александрова (1960) 认为,土壤中的有机胶体不仅以简单的胡敏酸、富里酸或其溶性盐类形态而存在,而且还以铁、铝的胡敏酸化合物形态存在。这些腐殖质常被土壤矿物颗粒所吸附,并固定在其表面上。Келлерман (1959) 认为,黑钙土中的微团聚体是由胡敏酸钙形成的,而后由这些腐殖质把微团聚体与蒙脱类粘土矿物进一步联结起来形成大团聚体;但是灰化土和红壤的微团聚体形成,主要靠三、二氧化物和富里酸的化合物起胶结作用。他们还提出土壤团聚体中胶结物质与

矿物颗粒之间可能的结合图式。但是粘土与腐殖物质之间相互作用的主要反应是, 阴离子交换反应或非专性吸附, 配位体交换反应或专性吸附, 以及氢键结合。而决定粘土—有机物质相互作用的主要因素是: 有机化合物的性质, 体系的水分含量, 粘土表面可交换阳离子的性质; 以及粘土矿物的性质 (Schnitzer 1972)。由于腐殖质通常都带负电荷, 因此它与带负电的粘土矿物之间难于直接起极性吸附。目前较倾向的见解是, 两种带负电荷的胶体可通过多价金属阳离子作为桥梁连结起来。作为这种连接的桥梁有 Ca^{2+} 或 Fe^{3+} 、 Al^{3+} , 以及具有不同碱度的 $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ 等, 有时还有氢键连结 (熊毅等 1963)。根据我们所研究的土壤, 在交换性阳离子组成中虽以 Ca^{2+} 为主, 但施用绿肥引起的土壤复合过程是否可能是通过 Ca^{2+} 为主的连结, 或者是多种形式的连结? 这是一个相当复杂的问题, 尚待今后进一步深入研究, 才能予以阐明。

(三) 复合胶体的团聚性和保肥性

绿肥的腐殖物质与土壤中的无机胶体复合的结果, 导致土壤的团聚化, 使分散的粘粒团聚起来, 土壤发生明显聚沉。土壤复合胶体的这种团聚性, 除非是连年绿肥压青才能保持相对稳定性。如果只种一季绿肥压青, 以后连种几季作物, 土壤团聚性又会遭到破坏, 而使土粒再度分散。土壤水分散粘粒含量的测定结果表明 (表 8), 混播与单播绿肥水分散粘粒量虽相差不大, 但都比对照土明显减少。对照土壤分散性强, 水分散粘粒约占总粘

表 8 土壤水分散粘粒 (<2微米) 含量的测定

处 理	占土重(%)	占粘粒总量(%)
对 照	9.2	21.0
隔 混	7.0	16.7
连 混	5.3	12.8
连 苕	4.8	11.7

粒量的 21%; 而绿肥压青的土壤仅占 12% 左右, 比对照土约减少 10%。隔年混播绿肥的土壤水分散粘粒量明显增加, 表明土壤分散性增大。绿肥压青确能增进土壤团聚化, 提高土壤结构的相对稳定性。这从土壤复合胶体的粘度变化也可得到间接证明。由于粘度与土壤胶体的分散性等有一定的关系, 同是 <2 微米的复合胶体, 施用绿肥由于促进了土壤粘粒的微团聚化作用, 使粒径相对增大, 复合胶体的粘度亦相应增加 (表 9)。施用绿肥

表 9 土壤复合胶体粘度变化

处 理		粘度(厘泊 $\times 10^{-4}$)		测定温度
		原 胶 体	H-Al 胶 体	
盆 栽	对 照	941.0	—	25°C
	连 苕	942.9	—	
	连 混	956.8	—	
培 育	对 照	838.1	852.5	30°C
	苕 子	854.0	856.7	
	黑麦草	855.1	861.6	

引起土壤粘度的变化,对于增强土壤的微团聚性,改善土壤的结构性,以及提高土壤的蓄水保墒能力都十分有利。

绿肥压青还能增强土壤的保肥性和缓冲能力,增加复合胶体的阳离子交换量和对铵离子的吸收量(表 10)。土壤吸铵量是保肥性能的一个指标,无论是水分散或超声分散的复合胶体,对于铵的吸收量都是绿肥压青高于对照,混播绿肥又高于单播。造成吸铵量差异的原因,主要是由于施用绿肥增加了复合胶体的腐殖质含量有关。

从绿肥改良粘质淤土复合胶体的初步研究结果,我们认为在生产实践中施用绿肥时,既要重视豆科绿肥的供氮效果,更要注意禾本科绿肥在改善土壤结构性中所起的作用,豆科与禾本科绿肥配合施用最为理想,可以取长补短,发挥各自的改土效能。在我国黄淮平原地区大面积改良粘质淤土时,可以采用豆科绿肥与禾本科秸秆肥配合,以增进绿肥的改土培肥效果。

表 10 土壤小于 2 微米复合胶体吸铵量

处 理	项 目	腐殖质 (%)	交换量 (毫克当量 百克胶体)	吸铵量 (NH ₄ ⁺ 毫克/百克胶体)	
				水分散复合体	超声分散复合体
对 照		2.01	45.7	486	508
连 苕		2.20	47.0	533	560
连 混		2.25	47.6	560	590

参 考 文 献

- 陆炳章, 1961: 混播绿肥改良盐土的效果。土壤, 第 4 期, 30—32 页。
- 科诺诺娃, M. M., 1963 (周礼恺译, 1966): 土壤有机质。科学出版社。
- 熊毅, 朱祖祥主编, 1963: 土壤物理化学专题综述。科学出版社。
- 佐藤 孜·山根一郎, 1972: 有机无机复合体の比重分画法に与る分离, 土壤中の有机无机复合体の分离とその性状(第 2 报)。日本土壤肥科学杂志, 43 (3), 61—65。
- Ford, G. W., Greenland, D. J. and Oades, J. M., 1969: Separation of the light fraction from soils by ultrasonic dispersion in halogenated hydrocarbons containing a surfactant, J. Soil Sci., 20 (2): 291—296.
- Genrich, D. A. and Bremner, J. M., 1972: A reevaluation of the ultrasonic-vibration method of dispersing soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36(6): 944—947.
- Martin Richter, et al., 1975: Densimetric fractionation of soil organo-mineral complexes. J. Soil Sci., 26(2): 112—123.
- Schnitzer, M. and Khan, S. U., 1972: Humic substances in the environment. Marcel Dekker, inc, New York.
- Turchenek, L. W. and Oades, J. M., 1974: Size and density fractionation of naturally occurring organo-mineral complexes, Trans. 10th Int. Congr. Soil Sci., 2: 65—72.
- Watson, J. R. and Parson, J. W., 1974: Studies of soil organo-mineral fractions I. Isolation by ultrasonic dispersion. J. Soil Sci., 25(1): 1—8.
- Александрова, Л. Н., 1960: Органо-минеральные соединения и органо-минеральные коллоиды в почве. Доклады советских почвоведов к VII международному конгрессу в США, Изд. АН СССР.
- Ведрова, Э. Ф. и Чагина, Е. Г., 1977: Отбор корешков и других растительных остатков из почвы с применением тяжелой жидкости. Почвоведение, № 2, 147—148.
- Келлерман, В. В., 1959: Физико-химические свойства водоустойчивых агрегатов в различных типах почв СССР. Вопросы физикохимии почв и методы исследования Изд. АН СССР.
- Хан, Д. В., 1959: Состав перегнойных веществ и их связь с минеральной частью почв. Почвоведение, № 1, 10—18.

EFFECT OF GREEN MANURE ON THE PROPERTIES OF COLLOIDAL COMPLEXES OF CLAYEY WARP SOIL

Fu Chi-ping and Chang Chiang-shen

(Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica)

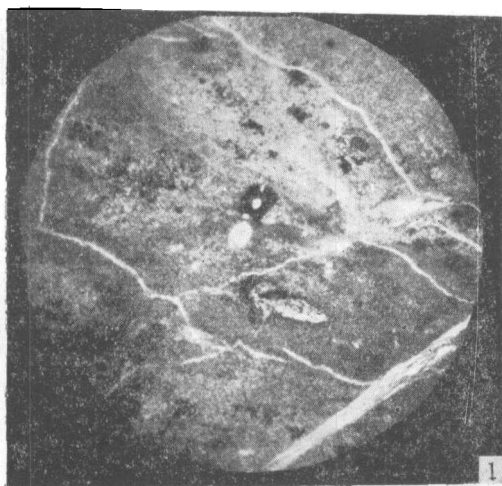
Summary

It is generally known that in order to make the stiff clay gradually become chesom, we can make use of green manure to bring into practice the reclamation of physico-chemical properties of soil, the decrease of bulk density and resistance to compression of soil and the increase of porosity, moisture capacity and aggregation of soil. In addition, application of green manure evidently accumulates some additional organic matter and nitrogen contained in the soil.

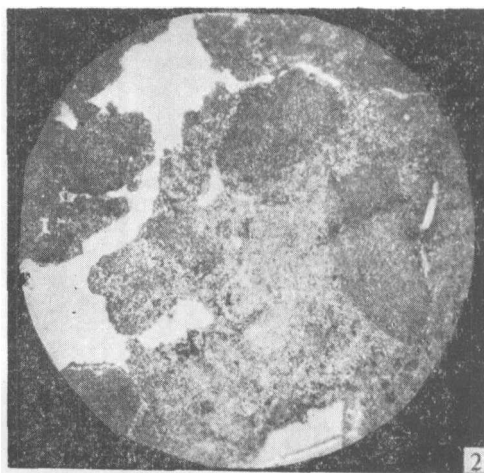
It should be noted that the response of rice productivity on mixed cropping of vetch-rye grass used as green manure is much better than vetch alone.

The degree of organo-mineral complexation is one of the most important properties of soil. The humic substances over 50% of total organic carbon in the soil with green manure added to it may be combined by over 50% humic substances with the clay of soil. Incubation test with the addition of 2% organic matter in soil has shown that the degree of organo-mineral complexation in the rye grass is higher than in common vetch (*vicia sativa*), humic substances of the former more tightly combined with the clay being more tight than the latter.

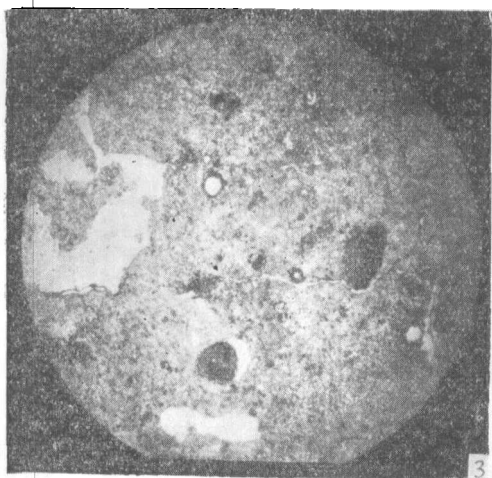
The increase of viscosity, ammonium absorbing capacity and buffer capacity of organic-mineral colloidal complexes of soil strengthens the aggregation of the soil and increases the retaining power of the plant nutrients.



1. 冬闲田(孔隙率 3.3%)



2. 单播紫云英(孔隙率 5.0%)

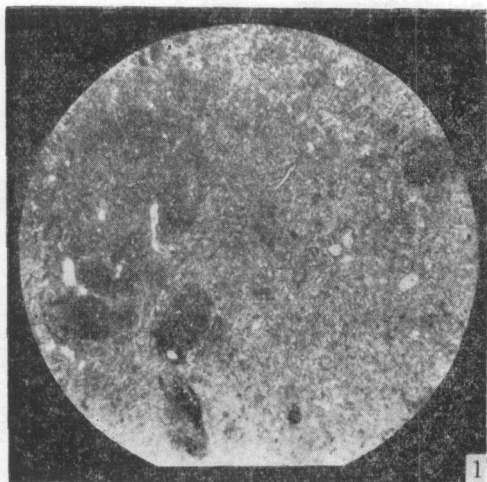


3. 单播苜蓿(孔隙率 4.4%)



4. 苜蓿、黑麦草混播(孔隙率 8.4%)

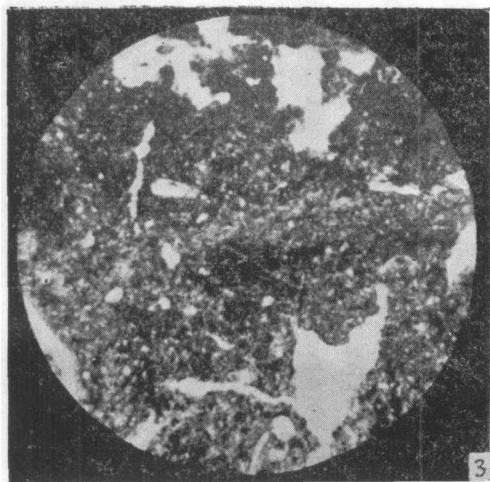
照片 1 大田土壤微形态照片(曹升广同志鉴定)



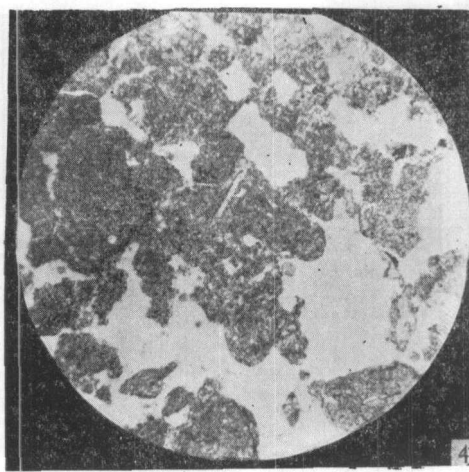
1. 对照(孔隙率 2.4%)



2. 连苕(孔隙率 15%)



3. 隔混(孔隙率 13%)



4. 连混(孔隙率 21%)

照片 2 盆栽土壤微形态照片(曹升庚同志鉴定)