

# 草塘泥漚制过程的特点及其肥效的研究

中国科学院土壤研究所肥料专题组  
江苏无锡农业学校

有机肥料按其腐解的条件不同，可以归纳为两大类，一类是堆肥，另一类是漚肥。由于自然条件和习惯的不同，一般来说，北方(旱地)多用堆肥类的肥料，南方(水田)多用漚肥类的肥料。

草塘泥是漚肥类中的一种，在苏南地区，苏北里下河地区，以及浙江的北部地区均有长短不同的施用历史，尤以太湖地区施用历史最为悠久。它是冬春两季用河泥、稻草、猪灰粪、绿肥(主要是紫云英)等混合漚制而成的，冬季是储积材料及预积的阶段，春季是漚制腐解的阶段。

草塘泥制作简便，原料来源广泛，作为水稻基肥，不仅能源源不断地供给水稻对养分的需要，而且在改良土质上也是相当迅速而有效的。据调查，宜兴县有一农民，连续使用三年草塘泥，使白土(低肥力土壤)变为蜡血白土，土壤肥力得以提高，水稻每亩产量也能提高百斤左右。此外，草塘泥在调节各茬口的肥料上也很重要，因为晚稻田的肥料主要是靠早稻田中的部分绿肥来供给的，但当早稻田耕翻时，晚稻田中的麦子尚未收割，因此，绿肥只能漚制成草塘泥备作晚稻田的施用。

关于草塘泥的漚制方法及一般农化特性各有关农业单位已有不少的调查研究。本文主要目的对以下几个问题加以研究证明：(1)草塘泥的漚制特点及物质的分解、转化与微生物的关系；(2)不同处理的草塘泥的肥效及草塘泥各组成部分的肥效；(3)草塘泥的腐解产物与磷铁的关系。

## 一、草塘泥漚制特点及物质分解转化与微生物的关系

### (一) 漚制特点

草塘泥是始终处于水分过量的情况下腐解的；这种腐解条件与堆肥有很大的差别，这些差别表现在如下几个方面：

1. 温度的变化：有机质的腐解实质上是一种缓慢的生物氧化，伴随着氧化的发生必然联系着能量的释放。因此堆肥在腐解的各个阶段中温度变化十分显著，有明显的高温与低温的阶段。温度最高时可达60—70℃；然而在草塘泥漚制过程中，温度的变化却十分平稳，变幅很小，温度维持在12—20℃之间，它的变化动力是由于气温的升降所引起的，而不是生物能的释放。变幅大小与土温相近似(图1，见第191页)。因此，草塘泥腐熟良好与否就不能以温度的变化来作为判断的指标。草塘泥腐熟过程中，温差变幅不大的原因：其一是因为草塘泥处于多量的水分环境中，水的比热较大，温度不易升高；其二是分解不彻底，能量未得到充分释放，而部分保存在还原性的气体中，特别是储存在“沼气”中。

温度的高低与微生物的活动强度有着密切的关系。草塘泥在瀉制过程中很难依赖本身所释放的能量来提高坑内温度,因此,草塘泥不适于冬季瀉腐。

2. 酸度变化:草塘泥在瀉腐过程中,酸度始终维持在一定范围内,pH值在6.0—7.0之间。各种不同配料处理虽略有差别(猪粪瀉腐的pH值比用紫云英瀉腐的高),但它们之间的变化有着共同的规律,即开始时均有下降的趋势,而后又渐趋增高(图2)。

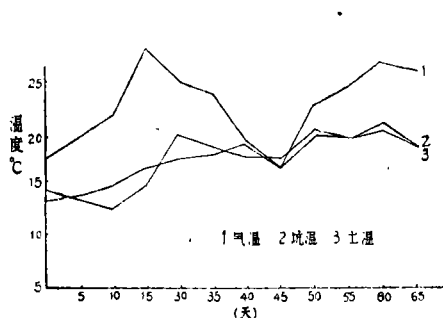


图1 腐解过程中温度的变化  
(4月5日—5月31日)

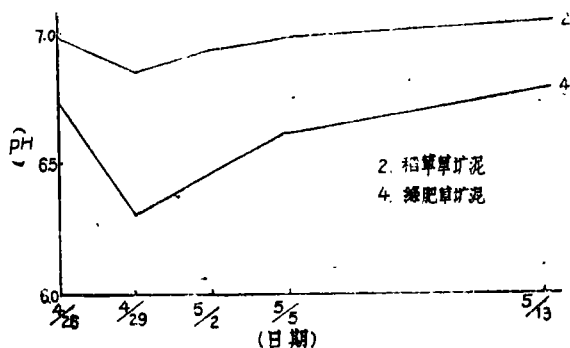


图2 腐解过程 pH 的变化

这种变化,显然与堆肥不同,堆肥在堆腐过程中pH值不断的下降,以致对微生物的正常活动产生不良的影响,所以在实践中常需添加石灰以维持一定的酸度。从这一角度出发,草塘泥在瀉腐过程中是无需添加石灰的,但有些农民有添加石灰或石膏的习惯,且确有加速瀉腐的效益,看来这并不是起酸度调节的作用,而可能是钙质对植物物质的分解有良好的生物化学作用。

草塘泥含有大量的河泥,它具有强大的吸附表面及高的代换性能,这是保证草塘泥在整个瀉腐过程中酸度不发生显著变化的主要因素。其次是在瀉腐过程中水溶液中 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 的不断增高,它对酸度的变化也有一定的缓冲作用。

3. 氧化还原电位的变化:通气的好坏是堆肥或瀉肥中氧化还原电位高低的主要因子,草塘泥所处的通气条件是十分不良的,因此氧化还原电位较低,均未超过+60毫伏,添加紫云英瀉腐的电位更低,最低值达-25毫伏,瀉腐过程中电位的变化与植物物质的分解有着密切的关系,瀉腐愈快,电位下降愈显著,这显然是氧气被大量消耗与还原性物质增加的结果(图3)。

通气不良、过强的还原条件,对微生物的活动都有不利的影响,农民通常用“翻塘”的方式来更换这些不利的环境条件,以保证瀉腐正常进行。

所以每当“翻塘”后总会出现一次瀉腐高峯,因此“翻塘”的次数可以代表草塘泥的不同瀉腐程度。

4. 气体的变化:草塘泥瀉腐过程中会产生大量的气体从草塘泥的坑表外逸。农民常

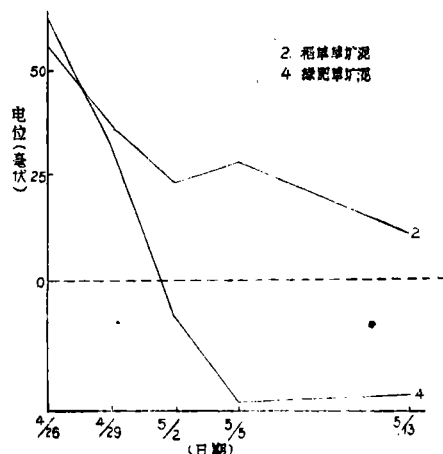


图3 腐解过程中氧化还原电位的变化

以产气的有无与快慢作为判断腐腐情况的指标。

由于草塘泥处于十分还原的条件下腐解,因此有机质得不到彻底的分解,产生了大量的  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$ , 而存在的  $\text{O}_2$  极少。

表1 不同腐解阶段气体成分的组成

处 理 气 体	日期		4月26日		4月29日		5月13日		5月28日	
			$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
猪灰稻草草塘泥			18.82	2.89	12.76	7.97	11.98	19.79	7.40	16.56
紫云英草塘泥			0	67.71	0	67.71	0	51.08	6.56	30.83

注: 4月23日翻塘加料。

分析的结果表明:不同处理间气体成分变化的速率相差很大,紫云英腐制的仅3天时间氧气即完全消失,而二氧化碳达67%之多。这种情况维持了一周左右的时间以后,二氧化碳的含量有降低的趋势;此时氧气又重新出现。这并非是腐解的后期会产生氧气,而是腐解速度减缓后,气体扩散的结果。用猪灰稻草腐制的草塘泥情况有些不同,在一个月左右的时间二氧化碳的含量一直上升,以后才逐渐的下降。室内辅助试验也得到同样的结果。绿肥只要腐解3—5天产气即基本上停止,随之翻动一次,又会重新出现,但其量很少(图4)。稻草则需要一个月左右的时间才开始下降(图5)。

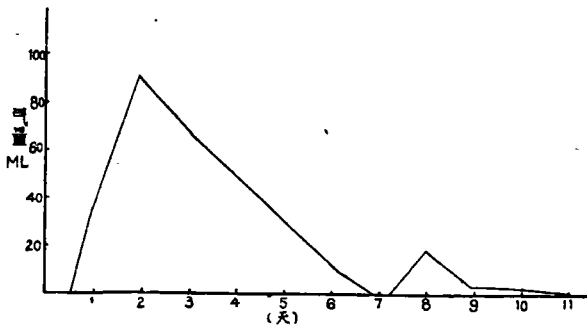


图4 绿肥腐解过程中的产气速度及其与翻动的关系  
(6.4克干红花草)

但从产气总量比较,1斤干稻草可产生100多升气体,而绿肥仅为稻草的1/5左右,这种差异,显然是由于它们所含的碳水化合物高低不一的缘故。稻草中碳水化合物的含量要远远的高于绿肥。

各个时期中,气体成分的变化是随着腐解的延续,氧气和二氧化碳的含量均逐渐降低,而“沼气”有相应的增加,这是因为腐解过程中还原性的增强,使有机质愈来愈得不到彻底分解之故(图5)。

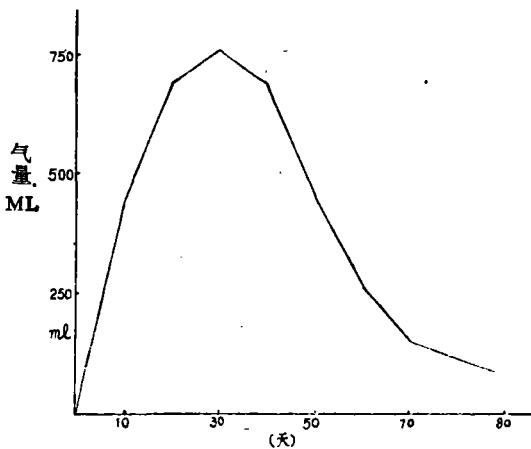


图5 稻草腐解过程中产气的速度(17克稻草)

以上结果表明:绿肥的腐解速度很快,只要几天即可完全腐解;而稻草较慢,需要一个多月的时间,因此假如将草塘泥中易分解的物质与难分解的物质适当的配合在一起,利用易分解的物质来带动难分解的物质分解,这样才能充分发挥分解的效果。

以上结果表明:绿肥的腐解速度很快,只要几天即可完全腐解;而稻草较慢,需要一个多月的时间,因此假如将草塘泥中易分解的物质与难分解的物质适当的配合在一起,利用易分解的物质来带动难分解的物质分解,这样才能充分发挥分解的效果。

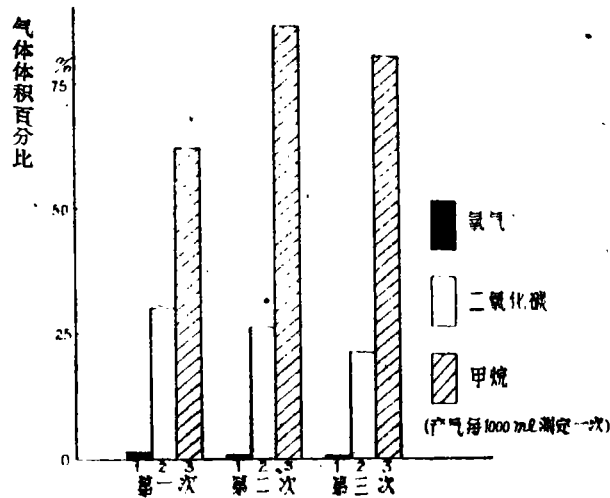


图6 气体成分图

## (二) 物质的分解及转化与微生物的关系

草塘泥在漏制过程中物质发生了分解及转化, 其最终的表现是矿物质养分的不断增加, 而这些过程的主导者就是草塘泥中的微生物群。

### 1. 物质的分解及转化:

(1) 草塘泥中植物物质的损失: 草塘泥在漏腐过程中首先分解的是稻草及绿肥, 它们表现在重量的减轻、以及形态的变化上。不仅如此, 它们原有各组成物质的相对含量也有所改变, 表 2 是紫云英经漏制后几类物质的消失情况。从表中可以看出, 紫云英在漏制过程中首先分解的是一些水溶性物质、脂蜡类物质及半纤维素等。而且这几类物质在漏制的最初阶段消失最快, 然后渐趋和缓; 纤维素类是较难分解的物质, 当上述各类物质消耗到一定阶段时, 它才开始被微生物作为碳源利用。

稻草的腐解特点与紫云英相类似, 所不同的是, 稻草的纤维素含量较紫云英高, 脂蜡及水溶性物质含量较紫云英低, 因此在同一时期内总重量的损失就不及紫云英快。

(2) 草塘泥泥质部分中有机质的变化: 由于植物性物质的分解, 其损失的量,

一方面以  $\text{CH}_4$  及  $\text{CO}_2$  形态散失, 另一方面以新的有机形态保留在草塘泥的泥质部分中, 结果使泥质部分的有机质增高。表 3 是各处理有机质变化的情况, 从表中可以看出所有各处理有机质均有增加, 但增加的数量各不相同; 这说明各处理的分解速度不同, 稻草草塘泥分解速度慢, 因而泥质部分有机质的增加也少, 紫云英虽分解迅速, 然而能以新的较稳定的有机形态物质留存在泥质部分的亦较少; 而稻草草塘泥加石灰处理的有机物含量高、分解亦快, 所以泥质部分有机质增加亦最多。

表 2 紫云英漏腐过程中几类物质的消失

漏腐天数	总量%	脂蜡%	半纤维素%	纤维素%
0	100.00	9.63	9.34	4.60
5	60.48	2.68	3.33	4.49
10	38.57	1.71	1.98	2.44
15	31.43	1.20	1.40	2.98
20	27.18	0.75	1.21	2.65
25	23.81	0.46	1.07	2.23
30	22.86	0.35	0.57	1.94

表 3 各处理有机质在沤制过程中的变化

有机质(%) 处 理	沤制天数	23	44	60	74
稻草草塘泥		5.96	6.05	7.09	7.00
紫云英草塘泥		7.71	9.38*	7.52	7.57
稻草草塘泥+石灰		4.80	6.85	8.15	9.32

\* 腐解 23 天后添加紫云英故有机质猛烈上升。

(3) 草塘泥中泥质部分氮素变化: 氮素变化是两方面的, 一方面表现在全氮量的增加, 和有机质变化一样, 各处理增加的数量不同; 其变化规律与有机质变化规律一致。另一方面表现在氮素形态上的变化, 也就是说随着时间的延续泥质部分中有效氮素不断的增长, 但水解性氮及水溶性氮变化不稳定, 因为这两种形态的氮素是草塘泥中较为不稳定的氮素形态, 它们容易被进一步的利用或转化。

代换性氮的变化一直随沤制时间的延续而增加, 因为在草塘溶液中  $\text{NH}_4^+$  离子占优势它不易被其他离子所代换, 另一方面也因为代换性  $\text{NH}_4^+$  较难被微生物直接利用的缘故。

表 4 各处理在沤制过程中氮素的变化

处 理	沤制天数	全 氮 %	水溶性氮%	水解性氮%	代换性氮%
稻草草塘泥	23	0.20	0.033	0.049	0.008
	44	0.20	0.021	0.045	0.009
	60	0.23	0.056	0.058	0.015
	74	0.24	0.062	0.079	0.012
紫云英草塘泥	23	0.20	0.012	—	0.004
	44	0.42	0.015	0.088	0.014
	60	0.37	0.142	0.075	0.018
	74	0.33	0.093	0.081	0.033
稻草草塘泥+石灰	23	0.15	0.008	0.034	0.009
	44	0.19	0.020	0.036	
	60	0.44	0.140	0.051	0.018
	74	0.33	0.104	0.051	0.019

(4) 草塘泥中泥质部分的磷钾变化: 如表 5 所示, 磷在沤制过程中有增高, 但各处理间无差异, 而代换性钾及速效钾则增高的异常显著。这说明在腐解过程中钾经历着明显的转化过程。

2. 微生物活动状况与腐解的关系: 上面已经提到草塘泥是在浸水条件下腐解的, 而且温度变化很少。因此决定草塘泥中微生物状况的主要因子是缺氧和低的氧化还原电位。

草塘泥的微生物的数量如表 6 所示, 它与水稻土的微生物数量极为相近, 所不同者, 草塘泥中有较高数量的固氮菌的存在, 而且随着沤制时间的延续有不断增高的趋势(表 7)。室内补助试验表明草塘泥中加有石膏或石灰对固氮菌的生长有促进作用。

我们已经提到为了加速腐解, 草塘泥在沤制过程中需要进行“翻塘”操作。“翻塘”对

表5 各处理磷钾的变化

处 理	沤制天数	全磷 $P_2O_5\%$	550°C 烧灼后水溶性钾 ( $K_2O\%$ )	速效性钾 ( $K_2O$ 毫克/100克)	代换性钾 ( $K_2O$ 毫克/100克)
稻草草塘泥	23	0.12	0.070	63	4.75
	44	0.15	0.069	88	4.65
	60	0.19	0.075	128	7.95
	74	0.22	0.067	104	7.60
紫云英草塘泥	23	0.14	0.082	44	3.85
	44	0.20	0.078	120	6.35
	60	0.21	0.070	99	6.50
	74	0.22	0.068	106	8.60
稻草草塘泥+石灰	23	0.095	0.064	37	3.18
	44	0.19	0.071	87	4.40
	60	—	0.063	100	8.03
	74	0.21	0.074	113	8.60

表6 草塘泥水稻土微生物数量的比较

标本名称	细 菌 (万/克)			放线菌 (万/克)	真 菌 (万/克)	固氮菌 (个/克)
	营 养	查彼克	嫌 气			
南京水稻土	272	570	3.24	191.0	57.0	760
江西水稻土	1134	563	5.0	132.0	46.0	55
草 塘 泥	254	129	5.1	117.0	24.8	1260

表7 草塘泥沤制过程中固氮菌的数量变化

沤制天数	固氮菌数量(个/克)
23	610
31	690
44	1260
52	1150
60	1380
64	1490
70	3710

表8 翻塘后电位的变化

翻塘后天数	氧化还原电位(毫伏)
3	+62
6	+32
8	-9
10	-28
18	-27

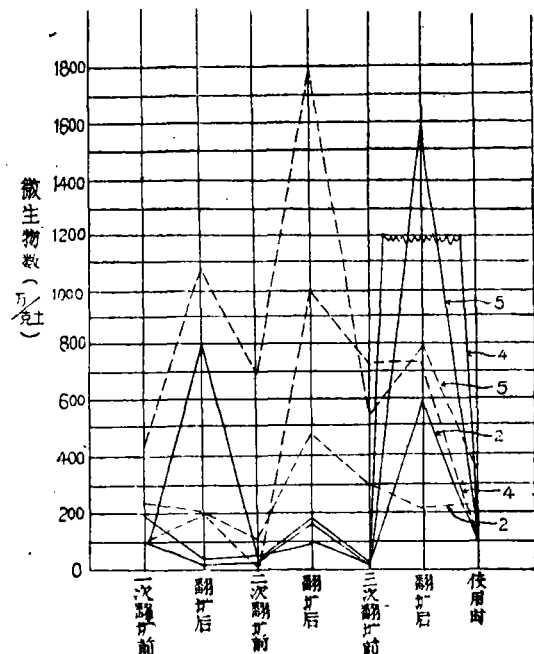


图7 翻塘前后微生物数量变化

微生物起什么作用呢？图 7 及表 8 中可以看到；“翻塘”以后无论是微生物数量或氧化还原电位均有显著的升高，因此可以认为“翻塘”之所以能加速腐解，是由微生物得到了充分的氧气，活动强度增大的结果，但是从草塘泥泥质部分中养分元素的变化情况来看（表 3、4、5）翻塘次数也不宜过多，一般以 1—2 次为宜，否则多化劳力而得益不大（图 7）。

图 5 中可以看出，稻草草塘泥加石灰处理的细菌、放线菌始终高于紫云英草塘泥，而紫云英草塘泥又始终高于稻草草塘泥，这与表 3、4、5 的结果极为吻合。因此，可以从草塘泥中的细菌、放线菌的数量来判断腐解速度的快慢。腐解速度快的，则数量高，反之数量就低。

草塘泥腐解过程中放线菌，真菌的成份比较稳定。配料不同的草塘泥在腐解的不同阶段中占绝对优势的放线菌种是灰色放线菌，其次是腊黄色放线菌和褐色放线菌，到了后期褐色放线菌的比重逐渐加大，并出现金色和紫色等放线菌。真菌在各腐解阶段，成份均非常单一，主要是霉菌属的真菌。细菌成份随着塘内的通气状况有较明显的变化，每经反塘一次，即塘内通气稍有改善时，细菌成份中以球菌和桿菌为主，俟塘内氧气含量渐少时，则芽孢桿菌有渐渐增多的趋势。

## 二、不同处理草塘泥的肥效及草塘泥各组成部分的肥效

### （一）草塘泥各组成部分的肥效

草塘泥是一个复杂的混合物，它所表现的肥效，是各个组成部分综合作用的结果，但是那一组成部分最有效呢？为了说明这一点我们进行了砂培试验。

#### 1. 各组成部分的分离：

(1) 水溶性部分的分离：1000 克草塘泥加 2000 毫升蒸馏水搅匀后静置 16 小时，然后离心(4000 转/分)得水溶性部分及水溶后的草塘泥残渣。

(2) 硷溶性部分的分离：方法同上，以 0.1 NNaOH 代替蒸馏水，得硷溶性部分。

(3) 水溶后硷溶部分的分离：先按①提取一次，弃去液体，取出残渣再按②法提取一次，即得水溶后的硷溶性部分。

#### 2. 试验处理及结果：

表 9 砂培处理表

盆号	处理内容	分盆用量
1	草塘泥混合体	200克
2	经水提取后的草塘泥残渣	200克
3	草塘泥水溶性物质	400毫升
4	草塘泥硷溶性物质	40毫升
5	草塘泥水溶后的硷溶性物质	40毫升
6	草塘泥硷溶物质 + N、P*、K	1克N 1克P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.5克K <sub>2</sub> O
7	N、P**、K	同 上
8	N、P*、K	同 上

\* 磷为过磷酸石灰 \*\* 磷为磷矿粉

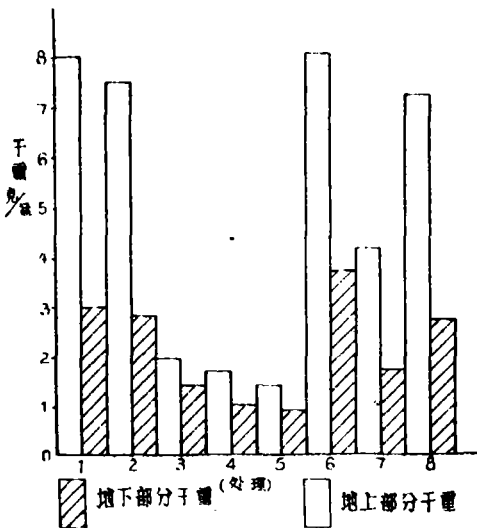


图 8 砂培试验各处理地上部及地下的干重变化

(1) 试验处理：如表 9 所示，各重复 3 次，水稻为南特号，生长 40 天的结果。

(2) 試驗結果:如图 6 所示,各处理間在肥效上的差异很显著如以 1 号处理的干重为 100%, 則 2 号处理为 97%, 3 号为 13%, 4 号为 9.4%, 5 号为 7.5%(表 10), 同时可以看出各处理在植株成分上也有差异, 特別表现在氮含量上。根据这些結果, 我們可以把草塘泥的各組成部分的肥效排列如下的順序。

表 10 各处理植株化学成分表

处 理	化学成分	N(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaO(%)	MgO(%)
1		1.04	0.45	3.19	0.81	0.42
2		1.18	0.64	3.52	0.49	0.68
3		0.79	0.094	2.54	0.78	0.67
4		0.88	0.48	1.91	1.00	0.64
5		0.77	0.33	1.68	1.10	0.69
6		1.68	1.87	2.71	0.91	0.73
7		3.48		3.50	0.57	0.34
8		1.98	0.99	3.14	1.39	0.45

草塘泥混合物 > 水溶后草塘泥殘渣 > 水溶性部分 > 硷溶性部分 > 水溶后硷溶性部分。

化学肥料处理(6,8)与 1 号、2 号处理相近似。

### 3. 結果討論:

(1) 草塘泥各組成部分的养分分配情况决定于各組成部分对养分的容納能力, 从結果中可以看出如以草塘泥混合物作对照則經水溶后的草塘泥殘渣部分肥效最高, 說明他所容納的养分最多。

(2) 水溶性部分虽含有較高的氮素, 但是以  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  为主, 供应不能持久, 所以植株中的氮含量也显著的減少因而叶色发白。

(3) 前人工作証明: 硷溶部分只有在 N、P、K 含量很丰富时, 方能显示出它的刺激作用, 而且主要是对根的刺激作用, 但草塘泥的硷溶部分中养分仍嫌不足, 所以結果与水溶性部分相近似。

(4) 草塘泥經水溶后再用硷溶解, 則硷部分所含养分更少了, 所以結果最差。

(5) 草塘泥混合体的肥效与化肥处理相同, 証明草塘泥有很高的肥料价值。

(6) 6 号处理及 7 号处理的差异主要是磷肥状态不同所引起的。

(7) 在本試驗中, 根的长度差异主要是受养分“活度”的影响, 生长在草塘泥上的植株以吸收吸附性状态的养分为主, 故根部較为細长。生长在高浓度的化肥水溶液中者, 根部即短壯。

通过这一試驗說明: 草塘泥的泥質部分在保蓄养分上的作用很大, 因此企图过多的減少泥的用量, 不一定是适宜的。

### (二) 不同处理的草塘泥的肥效

不同处理的草塘泥在营养元素的总量上以及各种形态的营养元素均有所差异, 这种差异應該反映在它們之間的肥效上的不同, 为了証实这一点, 我們进行了田間試驗。

1. 方法及处理: 試驗是在无錫农校的农場上进行的, 試驗材料为中晚稻 853, 土壤俗



名“烏山土”(中等肥力),前作为小麦。試驗共分 8 个处理,三个組合。

(1) 第一組合: 这一組合試驗的目的是在于了解翻塘次数对肥效的影响, 共三个处理, 见表 11。

(2) 第二組合: 这一組合的試驗目的是在于証实不同配料的草塘泥的肥效差异(均翻塘 3 次)共分 5 个处理, 见表 12。

表 11

田間代号	处 理 内 容	每 亩 施 用 量
1	翻塘 2 次的稻草草塘泥	150 担
2	翻塘 3 次的稻草草塘泥	150 担
8	未經腐解的稻草及河泥	150 担

表 12

田間代号	处 理 内 容	每 亩 施 用 量
2	翻塘 3 次的稻草草塘泥	150 担
3	翻塘 3 次的稻草草塘泥+貝壳粉	150 担
4	翻塘 3 次的紫云英草塘泥	150 担
5	翻塘 3 次的稻草草塘泥+石灰	150 担
6	翻塘 3 次的泥炭草塘泥	100 担

表 13

田間代号	处 理 内 容	每 亩 施 用 量
2	翻塘 3 次的稻草草塘泥	150 担
4	翻塘 3 次的紫云英草塘泥	150 担
10	硫酸, 过磷酸石灰, 氯化鉀	20斤, 30斤, 20斤
11	无肥处理	0

(3) 第三組合: 这一組合的試驗目的是在于了解草塘泥的肥效, 共 4 个处理, 见表 13。

上述各試驗田于 1959 年 6 月 14 日耕翻、施肥, 18 日灌水栽秧, 小区面积为 0.070 亩, 各处理重复 3 次, 于 10 月中旬收割。

## 2. 試驗結果及討論:

(1) 第一組合結果: 从表 14 及 15, 可以看出: 无论是水稻的生长状况及产量, 翻塘 2 次的稻草草塘泥与翻塘 3 次的稻草草塘泥均无差异, 由此可以认为草塘泥一般翻塘两次即可, 再增加翻塘次数并没有显著的增产效果, 反而多化劳力。这里值得注意的是: 未經腐解的稻草及河泥, 其产量仅较腐解的草塘泥低数斤/亩, 在生长

初期反比經漚制后的好, 关于这个问题, 有必要进一步試驗証实。

表 14 不同翻塘次数对植株生长的影响

处 理	测 定 项 目	株 高 (厘米)	干重(克/100株)	植株含氮量(毫克/株)
翻 塘 2 次		75	192	19.96
翻 塘 3 次		74	187	19.26
未經漚制原料		80	220	22.66

表 15 不同翻塘次数对产量的影响

处 理	产 量 斤/亩	产 量	产 量 (%)	稻 草 重	稻 草 (%)
翻 塘 2 次		700.7	101.55	1065	97.38
翻 塘 3 次		697.0	101.30	1044	95.40
未經漚制原料		690.7	100.00	1094	100.00

注: 原料均为稻草、猪灰、河泥。

(2) 第二組合結果: 从表 16 及 17 可以看出, 不同配料的草塘泥肥效有差异, 这种差异不仅表现在植株高度、干物重以及植株不同生长时期中体内养分含量的不同, 而且也表现在最后的产量上, 这些结果与各种不同配料的草塘泥的矿化速度相一致, 矿化速度快的, 肥效亦高, 因此可以认为凡是有益于草塘泥矿化的物质, 均能提高草塘泥的肥效。

表 16 栽秧 62 天后植株性状比较

田间代号	株高(厘米)	干重 (克/100株)	植株含氮量 (毫克/株)
2	74	187	19.26
3	82	199	21.10
4	87	280	28.00
5	84	240	26.16
6	73	169	16.73

表 17 各种草塘泥处理水稻产量比较

田间代号	产量(斤/亩)	增产(%)
2	697	0
3	715	2.6
4	758	8.7
5	737	5.6
6	625	-10.5

根据这些结果, 我们可以把不同配料的草塘泥的肥效排列成如下的次序: 紫云英草塘泥 > 稻草草塘泥 + 石灰 > 稻草草塘泥 + 贝壳粉 > 稻草草塘泥 > 泥炭草塘泥。这个结果说明草塘泥中添加绿肥及石灰, 对肥效是有益的。泥炭不适于瀝制草塘泥, 而用作制造堆肥较好。

(3) 第三組合結果:

表 18 各处理水稻各生长期植物性状表

田间代号 测定时间 项目	栽秧后 11 天				栽秧后 32 天				栽秧后 62 天			
	2	4	10	11	2	4	10	11	2	4	10	11
株高(厘米)	34	35	41	—	54	61	60	—	74	87	79	71
干重(克/100株)	12	13	19	—	53	84	75	—	187	280	236	176
含氮量(毫克/株)	2.34	2.99	4.94	—	8.90	14.3	11.7	—	19.3	28.0	20.5	15.1

表 18 表明, 草塘泥与无机肥比较, 则草塘泥小区的水稻在返青期的株高、株重、植株含氮量等均较化肥区水稻低, 但到了分蘖期这种差异就几乎消失, 到了拔节期草塘泥区的水稻反而超过了化肥区, 最后产量也以草塘泥区最高(表 19), 这说明草塘泥总的养分含量是很高的, 然而它的释放速度较慢, 不能符合水稻不同时期对养分的要求, 因而草塘泥区的水稻前期生长不及化肥区, 说明草塘泥在施用上必需在水稻的初期与后期适量追加

表 19 各处理水稻产量表

田间代号	产量(斤/亩)	产量(%)
2	697	108.33
4	758	117.78
10	694	107.78
11	644	100.00

表 20 草塘泥与化肥配合的施用对产量的影响

田间代号	产量(斤/亩)	增产(%)
2	697	0
2+追肥	845	21.23
4	758	0
4+追肥	874	15.33

注: 栽秧62天后追肥田粉 14.5 斤/亩。

无机肥, 以弥补草塘泥养分供应不上的缺陷, 表 20 是追肥的增产的效果, 可以看出, 增加 14.5 斤硫酸即可增产 100 斤左右, 可见追肥是非常重要的。

从这一组合的结果也可看到,草塘泥的利用率和其他有机肥料一样,当年能被利用的仍是一小部分,草塘泥之所以能提高土壤肥力的原因即在此。

### 三、草塘泥腐解产物对磷铁的关系

草塘泥在整个腐解过程中,除了有机质的矿化外,还会出现一些有机酸类的中间产物,可以想象这些产物对于水稻土的特性以及对水稻的生长都会产生直接或间接的影响,为此我们进行了以下的探讨:

#### (一)草塘泥腐解产物对 $Fe^{++}$ 的关系

水稻土在长期浸水下, $Fe^{++}$ 的含量往往很高,但它并不象在水培中一样对水稻产生毒害作用,此种现象是否与有机物的存在有关?为了阐明  $Fe^{++}$  与有机物质之间的关系,我们将腐解数天后的紫云英浸提液与不同浓度的  $Fe^{++}$  溶液混合在一起,静置半小时后测定溶液中剩余的  $Fe^{++}$  量,同时做空白试验。结果表明:(1)加浸提液后  $Fe^{++}$  有显著的减少;(2)减少的数量在一定范围内随着  $Fe^{++}$  浓度的增加而增加,超过此一范围后,不再变化。这说明了浸提液中的有机物质不仅与  $Fe^{++}$  有一定结合的关系,同时还有量上的相关性。

由于这种结合关系所引起  $Fe^{++}$  形态的改变,是否可以消除或者降低  $Fe^{++}$  对水稻的

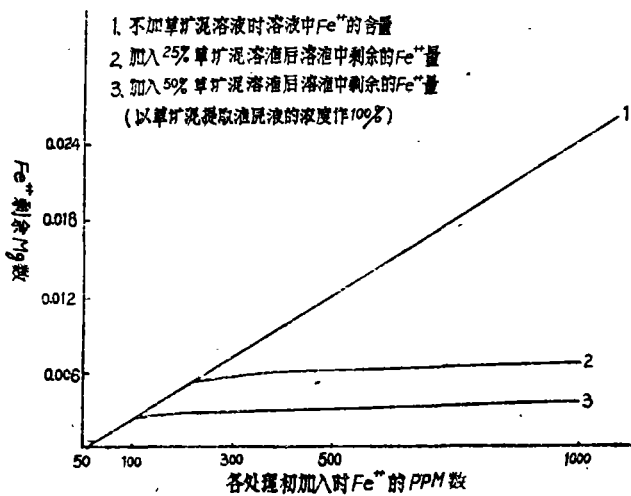


图9 草塘泥浸提液与  $Fe^{++}$  间的关系

毒害作用呢?为此我们进行了水稻在不同浓度  $Fe^{++}$  溶液中的水培试验,结果表明,由于草塘泥溶液的存在,在一定程度上能够消除  $Fe^{++}$  的毒害作用,凡是在单纯  $Fe^{++}$  溶液中生长的水稻,只要  $Fe^{++}$  浓度超过 200ppm 时,水稻很快就要死亡,而加入草塘泥浸提液后  $Fe^{++}$  浓度达 400ppm 时,水稻还能正常生长。这就说明了为什么在我国某些土壤中  $Fe^{++}$  含量很高时对水稻仍无毒害作用的原因,就是大量施用有机肥料的结果。

果。

#### (二)草塘泥腐解产物对磷的有效性的关系

前人不少试验证明:磷的有效性土壤中鉄的含量有密切的关系。在上述试验中肯定,有机物质与  $Fe^{++}$  有一定结合的关系,这种关系的产生是否可以减少鉄对磷的不利影响,以提高磷的有效度呢?

下面试验是用水稻吸收标记磷的多少作指标,来探讨草塘泥浸提液与磷、鉄三者之间相互的关系。

试验采用水培法:各个处理是以 2%、20% 浓度的草塘泥浸提液为基数(以草塘泥提取液的原液浓度为 100%) 分别配成 50、100、150ppm 的  $Fe^{++}$  混合液,然后在各个处理中除加 20 毫克的  $P_2^{31}O_5$  外;另加放射性磷( $P^{32}$ )39.5 微居里。另外用单独的草塘泥提取液与

单独的亚铁溶液加入同等数量的  $P^{32}$  作对照。試驗結果表明(见图10)。

(1) 培养液中加入  $Fe^{++}$  时, 水稻吸收磷的数量显著降低; 当  $Fe^{++}$  浓度达 50ppm 时吸收量降低 30%, 随着  $Fe^{++}$  浓度的增高, 吸收量有繼續下降的趋势, 由此也証实了磷的有效性与鉄的含量有密切的关系。

(2)  $Fe^{++}$  溶液中加入一定量草塘泥溶液后, 水稻吸收磷的数量有显著增加, 其增加量在不同浓度的亚鉄溶液中, 低浓度的比高浓度的多。可見加入草塘泥提取液后, 由于它与  $Fe^{++}$  有一定的結合关系, 因此降低了鉄对磷的不利影响, 而相对的提高了磷的有效性。

(3) 同一浓度的  $Fe^{++}$  溶液中, 加入不同量草塘泥提取液时, 磷的有效性是多加草塘泥溶液的比少加的高。这也是因为有更多的  $Fe^{++}$  被草塘泥溶液結合之故。

(4) 培养液中不存在  $Fe^{++}$  的情况下, 加入草塘泥溶液亦能提高水稻对磷的吸收能力达 50% 之多。

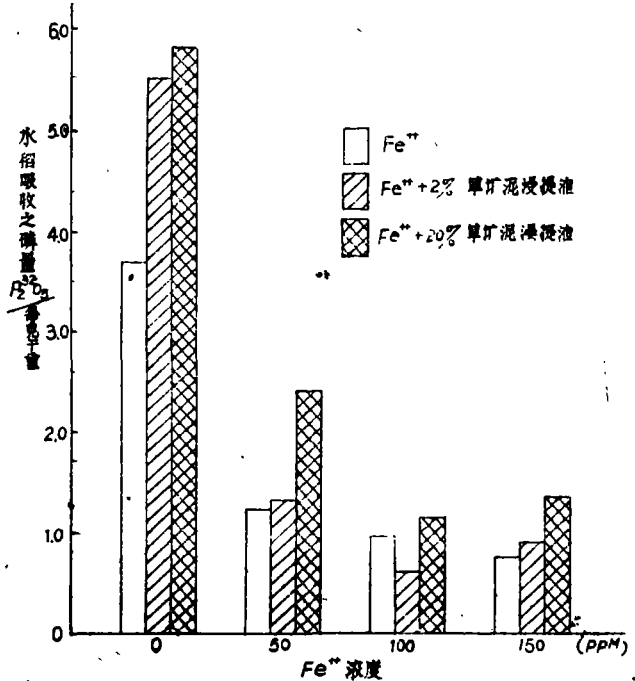


图10 磷的有效性 with  $Fe^{++}$  浓度和草塘泥腐解产物之间的关系

上述結果都表明由于草塘泥溶液与鉄有一定的結合关系, 这不仅降低了亚鉄过多时对水稻的毒害作用, 同时也相应的提高了磷的有效性。除此以外草塘泥溶液中本身还能促进水稻对磷的吸收作用。

#### 四、結 語

1. 草塘泥沤腐过程中, 各种特性的变化与堆肥有着本质的区别。它虽随着配料的不同, 有些变异; 但一般始終維持在常温(12—20°C)、中性(pH 值6—7)、嫌气(氧化还原电位60毫伏以下, 并出現大量  $CH_4$  之类的还原性气体)的条件下进行分解的。这些条件, 在某种程度上对微生物正常保持强盛的生活力有着一定的好处。

2. 草塘泥中有机物的分解速度, 以脂蜡、半纖維素之类物质最快, 纖維素类相对的慢而迟緩。与有机物分解的同时, 草塘泥的泥质部分中, 各种形态的氮素均有增加; 磷的变化不显著; 代換性鉀的含量亦有明显的上升。

3. 草塘泥中微生物的情况与水稻土相似, 但微生物的成分比較单纯, 而固氮菌的数量相对的比水稻土要高, 并随着沤腐过程的延緩繼續不断增高。

从微生物的角度肯定了翻塘对調节坑内气体状况与加速腐解有好处。

4. 草塘泥的腐解产物与  $Fe^{++}$  有一定的結合关系, 这种关系能消除  $Fe^{++}$  对水稻的毒

害作用;并减少了  $Fe^{++}$  对磷的不利影响, 相对的提高了磷的肥效。此外草塘泥腐解产物本身也能促进水稻对磷的吸收。

5. 肯定了: ①草塘泥在春天漚制为宜; 漚腐时间一月左右即可。②翻塘次数 2 次已足; ③泥质部分在肥力上有巨大作用, 不可忽视; ④配料时添石灰、石膏或绿肥均能加速腐解, 提高肥效。

6. 草塘泥是一种好肥料, 但单独施用, 还不能满足水稻各个时期中对养分的需要, 如在初期与后期配加适量的无机氮肥, 能大大的提高产量。

## INVESTIGATION ON THE PROCESS OF DECOMPOSITION AND NUTRITIVE VALUE OF TSAO-TUNG-NI, A MIXED FERTILIZER OF MUDS AND STRAWS PREPARED UNDER ANAEROBIC CONDITION

Section of manure researches, Institute of Soils, Academia Sinica;  
Wuhsi Agricultural School, Kiangsu.

It is usual practice of the farmers of southern China that, contrary to the compost, organic manures are decomposed under anaerobic condition with the mixture of muds. Various proportions of straws, muds, green manures and mineral fertilizers are compared in such a preparation and the effect of response to crops studied.

Present article also find out that methane occupies about 70—80% of the total evolved gases, The pH value through out the whole decomposition process remains slightly acid. The mudportion shows great absorbing property and gives good nutritive value in sand culture experiment.