

沷肥沷制方法及其微生物动态的研究

賈 醉 公

(湖南省农业科学研究所)

沷肥,是湖南农村中分布最广和使用最多的一种农家肥料(与长江下游各省的草塘泥很相类似),主要作水稻基肥。据調查:在一般施用区占水稻施肥量的70%左右,施得多的达90%以上。

沷肥在湖南农村之所以深受农民羣众的欢迎,是因为它具有一些优点:首先沷制原料广泛,无论草皮、蒿秆、山青、湖草、垃圾及猪牛粪等都是好原料。其次,一年四季都可积沷,不受季节限制,便于开展常年积肥。又是一种含有机质多,营养丰富的好肥料,既可改良土壤又能适合水稻的要求(因沷制时期需水浇浸)。不过湖南农村的沷肥,目前在沷制上还存在一些问题。主要表现为腐沷不完全彻底,速效性养分不高,不能为水稻及时吸收利用。因此研究如何促进沷肥腐解,提高其肥效是增产粮食的重要环节。我們理解到沷肥的腐沷过程,为物理、化学和微生物三者共同推进与互相影响的变化过程。这个过程非常复杂,而以微生物的作用为主导。所以我們設想向沷肥接种一些有益的微生物,并采取改善其理化性状的措施,来促进沷肥中整个微生物羣落的繁殖以及加速其腐解。还企图通过对沷肥腐沷中的微生物动态与理化性状的观测,来了解上述措施的效应;并进一步将供試沷肥作水稻基肥进行栽培試驗来鉴定其肥效,以便肯定促进沷肥腐解,提高其速效养分的可靠途径。

一、試驗設計和方法

試驗分为4个处理,每个处理重复2次。試驗是通过观察和分析进行的。

1. 处理内容

处	理	二个重要的代号	
甲、普通沷肥		甲 ₁	甲 ₂
乙、普通沷肥+混合菌剂		乙 ₁	乙 ₂
丙、普通沷肥+混合菌剂+理化加工		丙 ₁	丙 ₂
丁、普通沷肥+理化加工		丁 ₁	丁 ₂

混合菌剂是由好气性自生固氮菌(*Azotobacter chroococcum*)、有机磷細菌(*Bacillus megath-erium* var. *phosphaticum*)、硅酸盐細菌(*Bacillus mucilaginosus* subsp. *nova silicas*)和分解矿质磷的无机磷細菌(为湖南省农业科学研究所于1958年自土壤中发现和分离出的一种有强烈分解磷矿粉的无芽孢小杆菌)的純培养液等量混合后,用含有机质較多的泥土作吸附剂拌勻而成。

理化加工系指在沷肥中加入少量石灰、食盐、磷矿粉和人粪尿,并增加翻拌次数,使沷面浸水較少,落干時間較多。

沷肥原料的配合比例約如下列:

草皮(带有部分泥土)	75%	組成普通沷肥原料	新鮮人粪尿	5%	組成理化加工原料
新鮮牛粪(带有少量秆草)	12.5%		石灰	0.25%	
新鮮猪粪(带有部分尿水)	7.5%		食盐	0.05%	
混合細菌制剂	0.01%		磷矿粉(湖南省內产品)	0.5%	

将上述原料按处理分别称就后,加水充分拌匀,使成浓稠的糊状,而后将沤面耙平,沉淀后上面有一薄层余水盖复。沤子的深度按一般常规,约1.2尺左右。

沤肥从开始积沤起至届满30天,已接近半腐熟状态。以后继续腐沤50天,即充分腐熟。腐沤期间甲、乙两处理的沤肥每隔两周翻拌一次,初期和中期沤面浸水较多;而丙、丁两处理则每隔一周翻拌一次,初期和中期沤面浸水较少,有时仅保持湿润状态。

2. 观察和分析内容

(1) 物理性状的观察: 主要观察翻沤时气泡产生量和产生势,翻沤时沤肥松紧程度,翻沤时沤肥的颜色,沤面水层中绿色低等植物生长量。

(2) 化学分析: 沤肥沤制前期、中期和后期的全量氮、磷、钾、有机质与速效氮、磷、钾、pH值。

(3) 微生物分析: 沤肥沤制前期、中期和后期的好气性细菌、嫌气性细菌、真菌、放线菌、好气性自生固氮菌、有机磷细菌、硅酸盐细菌、无机磷细菌、氯化细菌、硝化细菌、反硝化细菌、纤维分解菌的总数量。

(4) 肥效鉴定: 将腐熟的供试沤肥,按不同处理分别施作水稻基肥,进行栽培试验,观察水稻的生长情况和产量。

二、结 果

沤肥腐沤过程中,一系列理化性状,以及营养物质和微生物的转化,各因不同处理而有明显的区别,现分别讨论如后:

1. 沤肥腐沤过程中,一些物理性状的变化,依处理不同而有明显的区别,如沤制中期翻拌时,观察各沤产生气泡的量和势,其结果如表1所示:

表1 沤肥沤制中期(已接近半腐熟程度,下同)翻拌时气泡产生量和势

项 目	处 理 重 复	甲		乙		丙		丁	
		1	2	1	2	1	2	1	2
气泡产生量和势		++	+++	++°°	+++	++++	+++	+++°°	+++°°

(以“+”号的多少来表示量和势, °°° = +)

从表1可以显著看出: 接种混合菌剂并进行理化加工,使沤肥在沤制中期即能旺盛地进行分解,产生大量气体。因此沤肥紧实度也发生了变化。当分解产气愈旺时,沤肥就愈疏松(表2)。

表2 沤肥沤制中期、翻拌时的紧实程度

项 目	处 理 重 复	甲		乙		丙		丁	
		1	2	1	2	1	2	1	2
紧 实 程 度		△△△△	△△△△	△△△	△△△°	△△	△△°	△△°	△△°

(以“△”号的多少来表示紧实程度的大小, °°° = △)

当沤肥沤制1月后,开始进入半腐熟期时,沤肥颜色亦发生了变化。兹将色泽记录于表3:

表3 沤肥沤制中期翻拌时色泽的表现

处 理 代 号	甲	乙	丙	丁
沤 肥 颜 色	土 黄 色	灰 黄 色	深灰黄黑色	深灰黄色

由此可見,接种混合菌剂和进行理化加工,能加速沤肥中有机質的分解和腐植質的形成。由于沤肥沤制过程中速效养分的逐漸增加,使沤面水层中的营养成分也愈来愈丰富,于是使一些低等綠色植物在水中迅速繁殖起来。根据这些低等綠色植物的复盖面积和密度,也可以看出不同处理間的差別。

表 4 沤肥沤制中期,沤面水层中低等綠色植物的生長量

項 目	处 理 重 复	甲		乙		丙		丁	
		1	2	1	2	1	2	1	2
低等綠色植物生長量		无	无	×	××	××	×××	××××	×××

(以“×”号的多少来表示生長量的多少,○○○=×)

以上是沤肥沤制中期,接近半腐熟状态时所表現的一些物理性状。平时如果詳細观察一些沤制的优质沤肥,根据优质沤肥詳細观察,其整个沤制过程中的氧气供应状况,好气与嫌气条件呈如下的交替方式:前期的沤肥水分虽多,但因泡水不久,仍包含着較多的氧气。往后泡水時間延續,氧气含量逐漸減少。到中期水分未減,而氧气已很稀薄,可是这段时间不长。再往后由于沤肥发酵日趋旺盛,使体积大大膨胀,且因产气而使其变成疏松多孔的状态,于是水分自行落干,大量氧气又重新透入。

因此沤肥沤制过程中的好气分解所占時間較长(約为全部过程的 2/3),如增加翻拌次数,經常保持湿润状态等,則沤肥的好气分解更加强烈。这就并不如一些不熟悉情况的人所理解的:沤肥的腐沤过程完全是嫌气发酵。根据这种情况,所以我們在設計微生物分析时,系着重了解好气性微生物类羣的动态。

2. 沤肥腐沤过程中,其主要营养元素氮、磷、鉀的轉化情况,有机質的消长和酸碱度的变化,依处理不同亦有明显的区别(表 5)。

从表 5、6、7 可看出,不同处理的沤肥,在腐沤过程中其化学性状存在如下一些变化規律:

(1) 沤肥中的速效氮、磷、鉀随着沤制時間的延长而逐漸增多。而增多的百分率各个处理之間不相一致,但呈极明显的規律:即普通沤肥增加最少,加入混合菌剂的沤肥增加較多,进行理化加工的沤肥增加更多,加入混合菌剂又进行理化加工的沤肥增加最多。如果将腐沤后期作比較,以普通沤肥的速效养分含量为对照,則加入混合菌剂又进行理化加工的沤肥,比对照的速效氮增加 68.12%,速效磷增加 88.56%,速效鉀增加 45.56%(表 7)。由此可見,向沤肥加入混合菌剂或进行理化加工或二者兼施,均能有效地提高沤肥的速效养分,而以二者兼施的办法效果最好。

(2) 从沤肥中速效氮、磷、鉀增长的速率来看,各个处理之間也不一致,但有极明显的規律(处理后期的氮素例外)。普通沤肥增加最慢,加入混合菌剂的沤肥增加較快,进行理化加工的沤肥增加最快。如果同样是腐沤后期,甲处理的速效氮較原有的提高了 49.74% 时,乙处理已提高了 56.78%,丙处理已提高了 142.03%。各处理的速效磷、鉀提高速率更为規律(表 6)。由此可見,向沤肥加入混合菌剂或进行理化加工,或二者兼施,都可促进沤肥腐解加快,而以二者兼施的促进作用最大。

(3) 已于前述,各个处理的沤肥在腐沤过程中速效养分均逐漸增多。但从前期、中期和后期增长的百分率比較来看,氮、磷、鉀三方面都有明显的規律。这种規律在速效氮与速效鉀方面,表現的完全一样。都是后期比中期增长一倍左右。其增长比例为:前期:中期:后期 = 0:1:2。而速效磷則在中期增长最多,后期增长只为中期增长的几分之几乃至十几分之几。它的規律是:普通沤肥后期增长的速效磷比中期多,加入混合菌剂的后期增长較少,加入混合菌剂又进行理化加

表5 沱肥化学分析的部分结果(折算成干物质含量)

处理编号	分析时期	NH ₄ -N (p.p.m.)	P ₂ O ₅ (p.p.m.)	K ₂ O (p.p.m.)	有机质 (%)	pH
甲	①	199	738	859	4.96	7.0
	②	248	818	936	4.63	7.1
	③	298	997	1003	4.35	—
乙	①	199	699	805	5.03	6.8
	②	248	899	947	4.86	6.9
	③	312	1013	1121	4.50	—
丙	①	207	1060	983	5.12	6.9
	②	389	1700	1210	4.80	7.7
	③	501	1882	1460	4.48	—
丁	①	318	970	940	4.89	7.0
	②	392	1460	1160	4.68	7.7
	③	406	1530	1380	4.21	—

(分析时期代号: ① 前期,即开始沤制期; ② 中期,即半腐熟期; ③ 后期,即充分腐熟期)

表6 沱肥的各个处理,不同分析时期,速效 N、P、K 增加的绝对数量和百分率的比较

处理编号	分析时期比较	速效 N 增加		速效 P 增加		速效 K 增加	
		绝对数 (p. p. m.)	%	绝对数 (p. p. m.)	%	绝对数 (p. p. m.)	%
甲	中期:前期	+49	24.62	+80	10.84	+77	8.96
	后期:前期	+99	49.74	+259	35.20	+144	16.76
乙	中期:前期	+49	24.62	+200	28.61	+142	17.64
	后期:前期	+113	56.78	+314	44.92	+316	39.25
丙	中期:前期	+182	87.92	+640	60.37	+227	23.09
	后期:前期	+294	142.03	+820	77.36	+477	48.52
丁	中期:前期	+74	23.27	+490	50.51	+219	23.27
	后期:前期	+88	27.67	+560	57.73	+435	46.22

(以前期为对照,计算百分率时作 100%, 以下同)

表7 充分腐熟时的沱肥,各个处理所含速效 N、P、K 的绝对数量和百分率的比较

处理编号	速效 N 含量		速效 P 含量		速效 K 含量	
	p. p. m.	%	p. p. m.	%	p. p. m.	%
甲	298	100	997	100	1003	100
乙	312	104.69	1013	101.60	1121	111.96
丙	501	168.12	1882	188.56	1460	145.56
丁	406	136.24	1530	153.46	1380	137.58

(以甲处理为对照,计算百分率时作 100%)

工的后期增长更少,单纯进行理化加工的后期增长最少。沤肥中速效磷增长的这种特异性,其原因可能与沤肥腐沤中期是淹水的嫌气状态,而后期是落干的好气状态及沤肥的 pH 值不断上升等情况密切相关。

(4) 各个处理的沤肥在腐沤过程中, pH 值均呈不断上升的趋势。但以进行了理化加工的沤肥上升则很快。向沤肥中加入石灰可能是个主要原因。

3. 沤肥腐沤过程中,各类主要微生物羣的总数量,其消长变化依处理不同而呈现出许多差别。有些差别可以找出共同性的规律,有些差别则属于某一类羣的特殊性规律。现将各项微生物分析的总结果列于表 8 中。

通过上列各项微生物分析的总结果,将它们作纵横和相互联系的对比观察时,显然可以找出如下许多不同的消长变化规律。

(1) 从不同处理的沤肥中,各类微生物的总数量上来看,除反硝化细菌等个别类羣外,其他各类微生物的总数量变化,基本上都循着同一的规律,即加入混合菌剂又进行理化加工的沤肥,其微生物总数量最多。单加混合菌剂或单行理化加工的沤肥次之,普通沤肥为最少。这和各个处理沤肥中速效养分的增长规律是很相吻合的。因为所分析的微生物类羣,绝大多数都是参与沤肥腐沤的主要代表者,所以它们的总数愈多,就标志着沤肥腐解作用愈旺盛,速效养分也增加得愈多。

(2) 从沤肥腐沤的前、中、后三个时期各类微生物的总数量上来看,有许多类羣的总数量变化,基本上亦循着同一的规律,即前期最多或较多,中期最少,后期又最多或较多。这种现象的发生,主要受沤肥分解时好气与嫌气过程的交替规律所影响。根据此一情况,使我们产生一种设想:减少沤肥的泡水时间和泡水量,经常保持湿润状态,以改善沤肥的通气条件,使有利于各类好气性微生物的繁殖,对加速沤肥腐解可能起很大的作用。因此在我们的试验中就采用了这种措施。实际上农民在促使沤肥腐熟加快时所进行的“勤翻沤”就与此相一致。

(3) 再从沤肥腐沤的前后两个时期各类微生物的总数量上来看,除嫌气性细菌、固氮菌以外,其他各类的变化规律是:前期都要多于后期。虽然后期恢复了好气条件,这些微生物能重新繁殖起来,但总数量只能达到一定水平。与前期的总数量相比较,已大大降低。这种现象是由于沤肥中的有机物质在后期已大部分被分解成简单的有机物或被矿化成无机物了。由于新鲜有机物质的锐减,于是使一些分解蛋白质、淀粉和半纤维素等的微生物类羣的总数量都趋于下降。

(4) 真菌在沤肥沤制过程中的消长规律,显著地由多到少。前期约为中期的 8—10 倍,中期又为后期的 1—6 倍。这种情况我们认为与沤肥中有机物质的存在状态有极密切的关系。因为真菌常受新鲜有机物质的刺激而迅速发育并积极地参与其分解,所以沤肥沤制前期的真菌数量较多。至于进行了理化加工的沤肥,后期真菌数更少一些,其原因可能与沤肥的 pH 显著升高有关。

(5) 放线菌在沤肥中与真菌几乎呈相反的方向发展着。它在前期有相当数量的存在,到中期数量减少,到后期数量复趋猛烈上升。上升程度超过前期一倍乃至两倍多。且受加入混合菌剂和进行理化加工所影响。即处理愈完善,上升的程度愈大,呈很明显的规律。这种情况与沤肥中好气与嫌气条件相互交替有很密切的关系。因为放线菌的绝大多数类型是好气性的,所以沤肥中氧气含量的多少,严重地影响了它们的数量。至于它们在沤肥中后期的数量迅速上升的另一原因,显然是由于它们积极地参与有机残体的后期分解所致。这方面我们的观测证实了米舒斯基的论述。于是我们设想,要促进沤肥的后期腐解,改善沤肥的通气条件,增加矿质营养,甚至采用放线菌羣的人工接种,均将会有很好的效果。

(6) 从反硝化细菌总数量的消长趋势我们所得到的概念是:在沤肥中期的嫌气条件下,反硝化细菌旺盛地繁殖着。到后期恢复好气状态而数量锐减。在加入混合菌剂和进行理化加工或二者兼施的各个处理中,中期和后期的反硝化细菌都较普通沤肥大为减少。由此可见,当沤肥沤制

表8 各項微生物分析的結果

微生物类别	腐爛时期	处 理 編 号			
		甲	乙	丙	丁
(1) 好气性細菌总数	①	807.076	—	17,756.030	—
	②	16.364	20.780	21.781	22.709
	③	82.757	110.987	138.580	58.811
(2) 嫌气性細菌总数	①	—	—	—	—
	②	0.985	1.289	0.568	0.680
	③	16.724	18.297	10.598	13.240
(3) 霉菌总数	①	8.385	—	10.595	—
	②	1.050	1.339	1.100	1.245
	③	0.529	0.644	0.453	0.212
(4) 放線菌总数	①	15.722	—	10.595	—
	②	6.896	5.926	8.849	14.353
	③	27.068	33.333	34.419	24.999
(5) 好气性自生固氮菌总数	①	0	0.897	1.208	0
	②	0	0.599	1.057	0
	③	0	2.328	2.523	0
(6) 有机磷細菌总数	①	39.830	52.744	60.038	—
	②	37.438	49.080	45.531	41.632
	③	7.652	5.842	7.118	7.661
(7) 无机磷細菌总数	①	3.494	15.362	18.547	—
	②	0	0	0	0
	③	1.552	2.509	3.261	1.951
(8) 硅酸盐細菌总数	①	2.026	21.450	29.666	—
	②	0	0	0	0
	③	0	0	0	0
(9) 氨化細菌总数	①	6,065.750	—	29,125.200	—
	②	985.200	2,511.990	5,319.000	—
	③	431.025	4,385.750	12,680.500	1,878.500
(10) 硝化細菌总数	①	14,674.100	—	23,309.000	—
	②	0	0	0	0
	③	11,000.000	200.000	200.000	1,300.000
(11) 反硝化細菌总数	①	0	—	0	—
	②	13,792.800	1,386.460	1,276.560	1,224.480
	③	4.310	1.052	1.087	0.867
(12) 纖維素分解菌总数	①	5.241	—	12.714	—
	②	2.562	0	6.383	1.225
	③	3.448	0.877	1.087	1.301

中,改善其理化性状和进行微生物接种,可以显著地减少反硝化細菌的繁殖。因此也可能减少土壤中硝酸盐被还原成分子态氮而逸损的情况。

(7) 試驗中还看出,氨化細菌与硝化細菌在沤肥的前期都大量地存在着。到中期的嫌气条件下,氨化細菌数量显著下降,硝化細菌几乎絕迹。到后期恢复好气状态时,二者的数量又复趋上

升。但已远不及前期旺盛,且受接种混合菌剂与进行理化加工所影响。这些情况我们认为与沤肥中好气与嫌气条件的交替是密切相关的,同时也受原料中加入人粪尿与否所影响。总之,向沤肥进行接种加工,可以促进氨化作用加旺,因此其速效性氮素亦显著地被提高。

(8) 好气性自生固氮菌在供试过程中表现出了严格的规律。即接种了固氮菌的沤肥,从沤制前期到后期都发现它们存在,而未接种的则反之。这种情况我们认为这是这项试验当中所特殊发生的。因为在一般沤肥的原料里,不可能完全没有固氮菌。而本试验所剖积的草皮泥土,则是取自红壤的缘故。固氮菌在沤制中期的沤肥中,显然受嫌气条件所影响而数量趋于下降,但下降的比例较小。至后期因沤肥恢复了好气状态且可给养分增多,又能猛烈上升,达到前期的2—3倍。可见向沤肥接种固氮菌是必要而有意义的。同时在改善沤肥的通气条件和增加矿质营养时,可以大大促进固氮菌的繁殖。在沤肥速效氮素的积累中,固氮菌能起到一定的作用。

(9) 至于沤肥中接种无机磷细菌与硅酸盐细菌的问题,值得作进一步探索。因为硅酸盐细菌接入沤肥后,中期至后期在稀释平板上已完全绝迹,是否系沤肥的状态不适宜它的成活或其他原因?从本试验中尚难明辨。无机磷细菌在中期同样找不到踪迹,到后期虽有些增殖,但平板上的菌落很不典型。所以无机磷细菌与硅酸盐细菌在沤肥中的生活情况与作用实质如何?还是个问题。

4. 通过上述的观测和分析,已可初步肯定,向沤肥接种有益微生物并进行理化加工,是促进沤肥腐解提高沤肥肥效的良好办法。这种论断被我们以后所作的水稻盆栽肥效鉴定试验进一步予以证实。肥效鉴定试验的简单内容于下:将沤好的几种沤肥,分别施作水稻基肥进行盆栽。水稻品种为一季晚粳松场261号。其生育期的农艺性状、穗粒形成情况和种子产量等如表9所列:

表9 各种处理的沤肥对水稻生长、发育以及产量的影响

处理代号	处 理 内 容	株 高 (厘米)	茎叶颜色	分 蘖 (%)	每蔸平 均穗数	每穗平 均长度 (厘米)	每穗平均 谷 粒 数	每穗平均 空 壳 数	每年平均 谷 粒 重 (克)	千粒重 (克)
甲	普通沤肥	99.26	淡绿	35.25	37.6	16.91	47.0	6.79	48.34	26.93
乙	普通沤肥+混合菌剂	106.74	绿	38.40	42.4	17.81	47.6	10.0	53.67	25.57
丙	普通沤肥+混合菌剂 +理化加工	108.40	浓绿	43.55	44.2	18.14	44.6	9.29	56.70	29.19
丁	普通沤肥+理化加工	299.30	浓绿	41.55	39.4	17.20	44.9	8.24	47.22	27.80

从表9中可以明显地看出,加入混合菌剂并进行理化加工的沤肥,作水稻基肥时,可以显著地促进水稻生长和分蘖发芽,增加有效穗数、穗长和千粒重。因此稻谷产量得到了很大的提高。

三、结 论

通过本项研究观察,沤肥在腐沤过程中所表现的理化性状和微生物动态及不同处理的沤肥对水稻生长发育影响,进一步归纳成如下几点主要内容,作为我们初步研究沤肥的简单结论。

1. 沤肥的腐沤过程是一个由物理、化学和微生物综合作用的复杂的变化过程。三者之间互相影响并互相推进,其中微生物的活动起着主导作用。

2. 在沤肥中加入混合菌剂,可以提高沤肥的速效养分,进行理化加工亦然。如果在加入混合菌剂的同时又进行理化加工,则沤肥中的速效氮、磷、钾可以显著地增长。

3. 接种混合菌剂和进行理化加工,不仅可以提高沤肥中的速效养分,且能加速其腐解过程。

4. 沤肥中各类主要有益微生物,其总数量随加入混合菌剂和进行理化加工而增长。各处理的增长规律与该处理中速效养分的增加数量基本上相一致。

5. 接种混合菌剂和进行理化加工的沤肥,施作水稻基肥时,对水稻生长发育有良好的影响和显著的增产作用。