

有机肥料优越性的研究

(一) 提高堆肥肥效的研究*

刘期松 邱鳳琼 陈恩鳳 李鳳珍
張丽珊 刘鈞祐 周惠民 李家藻

(中国科学院林业土壤研究所)

在1958年工农业生产的大跃进中党和毛主席总结出指导农业生产的“八字宪法”。在八字宪法中合理施肥的作用很大，而我国农民在获得高额丰产的技术措施中所施用的是大量的有机肥料，因此，研究有机肥料在农业增产中的优越性就成为科学上的重要课题之一。

有机肥料具有改善土壤的物理化学性质，提高土壤肥力，促进微生物的活动和植物生长，以及含蓄养分，长期持续供给植物利用等的功能，是无机肥料所不能比拟的。更重要的是对植物的生理和营养具有不少的特殊作用，目前已知有机物质在微生物作用的过程中形成生物物质，能供植物直接吸收，促进植物的代谢作用，另一方面在密植的丰产地上单靠吸收矿物养分、灰分元素，CO₂和光合作用已不能说明丰产问题。因为在密植的丰产地上，植物的积累物质较多，而日光能供给的能量有一定限制，已非叶面所进行的光合作用所能达到的，很可能是依靠根部直接吸收土壤中的有机物质而形成。这些有机物质不仅影响植物的营养，而且还具有提高植物产量、改善植物品质、调节营养生长和生殖生长的作用。

但是，有机肥料在我国是多种多样的，它们的分解过程及其产物，受着各种环境的影响，与土壤微生物、高等植物间的关系极为复杂。我们为了找出施用大量有机肥料而获得高额丰产的原因和制定合理的施肥制度，初步拟从总结农民制造和施用堆肥的经验基础上找出提高堆肥肥效的方法和研究堆肥中微生物的区系和生物物质的作用着手。

堆肥在全国已被广泛利用，各地对利用堆肥已有丰富的经验。过去我国在高温堆肥制造方面已作了许多工作：如1940年四川大学农学院彭家元和陈禹平从垃圾中分离一种高温纤维分解菌，接种于堆肥中，可使其迅速腐熟；1950年东北农业科学研究所坂野新夫等进行了应用扎扎菌制造堆肥的研究。1952—1956年华北农业科学研究所刘守初长期进行了高温堆肥的研究，找出了半坑式堆积接种马粪培养液的造肥方法。1958年武汉微生物室采用架台式快速堆肥，也取得了很好的经验。以上工作在腐熟方法上取得了良好的效果，并在东南、东北、华北、湖北各省进行了推广应用。在添加无机肥料方面：苏联M.B. 费多罗夫早就指出添加磷灰石后，接种好气性固氮菌及纤维素分解菌，在四个月内可使干物重显著减少，而其中的氮素不受损失，且有所增加。我国东北农业科学研究所1957年研

* 参加工作人员：任凤歧、孔庆新、黄美纯、邵君、王月华、刘经邦、宁金荣、常士俊。

究了堆肥中加入人粪尿作为氮源,效果最大;其次是硫酸铵、石灰氮,表现不好。南京土壤研究所郝文英在堆肥中接种自生固氮菌,提高了肥效。苏联 E. И. 尼斯捷洛娃研究了不同作物地上的细菌化堆肥的效果,指出接种自生固氮菌和添加微量元素可以增进堆肥在田间的肥效、提高作物产量。最近北京农业大学姜隆后(1958年)发表了高温堆肥中微生物的变化规律。这些研究工作丰富了肥料学和微生物学的内容,给予我们的工作以较多的启发,使我们有可能在前人的基础上总结农民制造堆肥的经验,提高堆肥的肥效,解决农村中有机肥料来源缺乏、质低量大、运输困难的生产问题,和了解堆肥中微生物的变化和生物物质的作用,为进一步阐明有机肥料对农业丰产的优越性打下基础。

一、试验方法和结果

(一)堆制的方法和氮素的增加

堆制的方法是采用辽宁省清源县英额门管理区火箭式制造堆肥的方法加以部分的改善而进行的。

辽宁省清源县英额门管理区火箭式堆肥方法的特点是:适于冬季造肥、腐熟快、造肥多、质量好、花劳力少。方法是在草炭产地或耕地的地头用冻草炭土块迭成1.5—2尺高的土堆若干,堆与堆间相距1.5尺左右,形成纵横的深沟,以此代替地下挖沟,然后在堆与堆间填满豆秸或其他柴禾等物,达到与土堆一样高度,将填入的柴草踏实,并在每面留下点火线(指露出点火口以外的柴禾)2—3个,在堆上铺上纵横的玉米秸或高粱秸半尺左右厚。再在玉米秸上面铺一层厚约2尺的冻结的草炭土,以防发火烧掉,再在草炭上面均匀铺上厚约3—4寸左右的马粪,依此类推,一层草炭,一层马粪的堆积起来,达到5—6尺高度,最顶上一层是2尺左右厚的马粪。全部堆好可以从四方面的点火线点火。当火苗燃烧起来时,以冻草炭块堵住火口,对堆面冒烟处复土,让烟气串入堆内,进行泼粪,4—5天后翻堆一次,以后堆外小部分未串烟的,便借热气发酵,半月多就可应用。

造肥的原料比例是80%的草炭,20%的马粪或者再增加一些人粪尿就更好。这个比例不是一成不变的,仅是农村中造肥的一个大概比例。每堆烧柴禾400斤左右,少了熏不透,每堆可造40~60车粪,每车大约1200斤左右。兹将其化学成分,列表如下:

表1 清源县火箭式快速造肥的化学成份分析

| 处 理 | 全氮 (%) | 有效氮 (%) | 全磷 (%) | 有效磷 (%) | 全碳 (%) | C/N | 水份 | pH | 备 注 |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|------|-------|------|----------|
| 未腐熟的草炭 | 2.45 | 0.055 | 0.09 | 0.003 | 47.44 | 19.3 | 61.03 | 6.10 | |
| 腐熟的草炭 | 2.09 | 0.108 | 0.10 | 0.005 | 29.35 | 14.0 | 63.92 | 6.75 | 发酵10天的样品 |

表2 清源县火箭式快速造肥的微生物分析

| 处 理 | 细 菌 ($\times 10^6$) | 真 菌 (个) | 固 N 菌 ($\times 10^6$) | 放线菌 | 纤维素分解菌 ($\times 10^6$) | 备 注 |
|--------|-----------------------|---------|-------------------------|-----|--------------------------|----------|
| 未腐熟的草炭 | 4.35 | 277 | 3.97 | 0 | 0 | |
| 腐熟的草炭 | 33.67 | 476 | ++++ | 0 | 70 | 发酵10天的样品 |

从分析的结果说明：草炭含有丰富的氮源和有机质，适于作肥料。但由于它本身的持水力大，未经腐熟就加施用，农民反映有“冷浆”现象。为此必须熏烟腐熟，方可施用。经熏烟腐熟后的草炭，不仅碳、氮比例降低了（19.3 下降到 14.0），而且大大的提高了有效性养分（如 N、P、有效养分的增加）。由于火箭式堆肥的串烟作用，能使烟中的氨气被草炭吸收，损失较少。经熏烟后草炭在全 N 量上只损失 0.36%。同时由于烟中氨的作用，调整了 pH 值，从 6.10 调整到 6.75，改善了草炭的化学性质。在物理性质方面也有所改善，如由黄褐色变为油黑色，施入土壤有利于土壤的吸热性，大块紧实的草炭经腐熟后变为细碎松软，为改良土壤、增进土壤团粒、保持水分、流通空气提供良好条件，且适于植物根系的发育。草炭的物理化学性质一经改善后其细菌、真菌、固 N 菌数量就有增长（表 2），这充分说明未腐熟的草炭在有效养分、pH 值（如表 1）和微生物数量上均不如熏烟后的草炭。在熏烟后的草炭中，微生物积极的活动，加强了有机物质的转化。

在应用的效果上，当地农民反映说：1958 年经过“挖沟造粪”后的草炭效果是良好的，即：肥效高、易发苗，并改善了砂砾地和黄土地的土壤结构，而易于松地。由于发过的草炭烟味大，田间的虫害少，清源县英额门管理区施用这种方法制造出的草炭堆肥，全区平均提高了产量 50%。

总括以上情况，说明火箭式草炭快速造肥法是一个比较好的造肥方法，但是它在某些方面仍然存在着一一定的缺点：

- (1) 用柴禾过多，不适于缺少柴禾的平原地区。
- (2) 火力较大，易引起草炭燃烧和有机质的强烈分解。
- (3) 堆制时间太短，不易全部腐熟，没有充分发挥微生物对有机质转化和固 N 作用。
- (4) 水热条件没有及时调整，影响微生物的积极活动与堆肥的发酵。
- (5) 堆肥各层间比较紧实，水热交换不良，马粪液渗透不均，影响堆肥的均匀发酵。

根据辽宁省清源县英额门管理区火箭式制造堆肥的主要方法和针对上面这些缺点，我们和该方法的创始人张海林同志共同研究在我所进行堆制试验。堆制的方法是 9 个草炭堆柱，柱高 0.5 米，柱间距 85 厘米，堆肥基部面积 2.2×2.2 米。在草炭堆柱所形成的间隙中填入藁秆，上铺玉米秆或高粱秆然后铺湿草炭一层、马粪一层、稻草一层、马粪一层、杂草一层，再铺草炭、马粪各一层，分层加水，达到水分充足、通气较好，堆至约 2 米高的泥炭堆，然后点火窜烟，闭塞火口，封闭漏烟的孔隙（图 1），经 10 余小时，在气温零下 15°C 左右的情况下，堆内的温度则逐渐上升至 $20 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 左右，在堆的四面和顶部每日进行温度、水份的测定，堆制的层次可见（图 1），堆制的材料可见“表 3”。

火箭堆肥 I、II、III 号的水热情况的变化，如图 2、图 3 所表现的那样，火箭 I、II 号柴禾较多，III 号较少，因此 I、II 号在 1 天以后就达到 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，而火箭 III 号只上

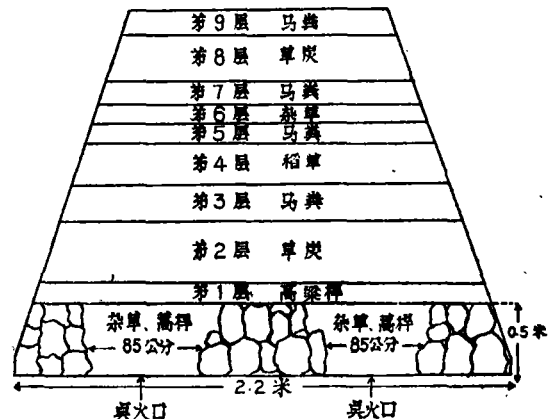


图 1 火箭式堆肥的堆制图

表 3 火箭式堆肥所用的原料

| 处 理 | 火 箭 式 I 号 | | 火 箭 式 II 号 | | 火 箭 式 III 号 | |
|-----------|-----------|------|------------|------|-------------|------|
| | 公 斤 | % | 公 斤 | % | 公 斤 | % |
| 泥炭 | 640.0 | 56.8 | 640.0 | 56.8 | 640.0 | 62.4 |
| 馬粪 | 400.0 | 35.5 | 400.0 | 35.5 | 360.0 | 35.1 |
| 稻草 | 27.0 | 2.4 | 27.0 | 2.4 | 10.5 | 1.4 |
| 杂草 | 15.0 | 1.3 | 15.0 | 1.3 | 15.0 | 1.0 |
| 水 | 215.0 | | 215.0 | | 182.0 | |
| 燃料(杂草、蒿秆) | 44.7 | | 44.2 | | 22.0 | |
| 固N菌菌粉 | | | 71.0 | | 85.0 | |
| 磷細菌菌粉 | | | 35.5 | | 42.5 | |
| 石灰 | | | 4.5 | | 9.0 | |

注

外部用泥塗封

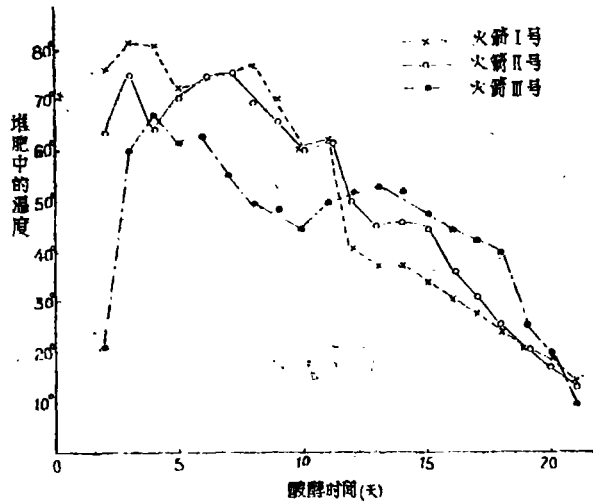


图 2 火箭式堆肥中温度的变化

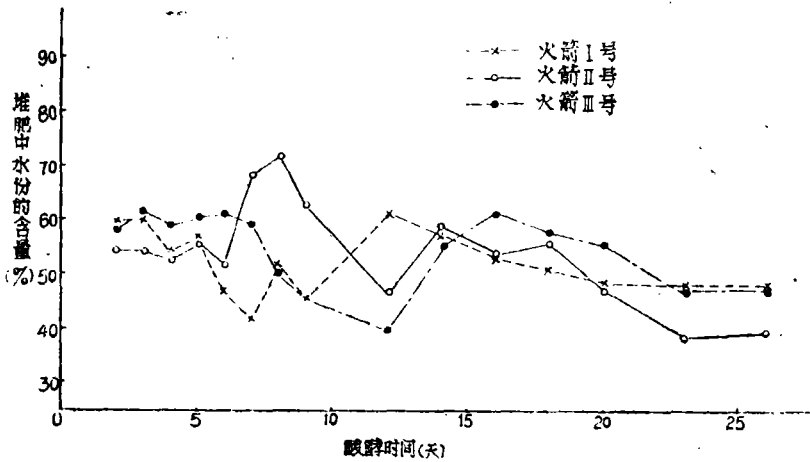


图 3 火箭式堆肥中水份的变化

升至 20℃, 在发酵 5 天内温度均达到 60~80℃, 水份也保持在 50~60% 之間, 10 天内 I、II 号堆肥温度仍然保持在 60~70℃; III 号堆肥却下降至 50℃。在水分方面, 我們根据每天所测定的水份状况, 进行水份的补充, 使水份始終保持在 40~60% 之間, 使发酵作用不会因干燥而停止。温度除借助于最初燃烧柴禾的温度外, 就得依靠堆肥本身发酵时所产生的温度, 从堆肥 I、II、III 号看来, III 号在 10 天以后的发酵情况中均比 I、II 号堆肥散热慢, 很可能, 是 III 号堆肥经过外部泥封的结果。从 20 天的观察中, 温度的变化可以分为以下几个阶段: 发酵 5 天前温度是在 60~80℃ 的范围, 到第 10 天逐渐下降至 50~60℃, 到第 15 天温度下降至 40~50℃ 左右, 到 20 天或者更长一些时间均保持 10℃ 左右。整个的变化是每隔 5 天大约下降 10℃, 但是在翻堆 (I、II 号发酵 11 天翻堆, III 号发酵 23 天翻堆) 后, I、II 号堆肥经过 10 多小时温度上升仍然很快 (到 40~50℃), 而 III 号堆肥翻堆后 1 天只上升 6~10℃, 可能是翻堆时间太晚, 发酵终止的缘故。

堆肥在发酵中由于温度的上升, 全部冻结的草炭堆, 蒸气腾腾, 松软潮湿, 无论对水分的交流、粪液的渗透、温度的传导、微生物的生长都造成了良好的环境。在 3 月 3 日取样后, 进行了翻堆, I、II、III 号堆肥在比较潮湿部分, 杂草的形态已呈深褐色, 有的已腐烂, 但在干燥部分, 情形却完全相反, 形态上变化不大, 也未腐熟; 甚至由于水份消耗过大, 未得到及时的补充, 堆肥底部比较干燥, 因此在翻堆时除在 II 号、III 号堆肥中接入自生固氮菌和磷细菌外, 均加入适当的水份, 再行堆制, 而 I 号和 II 号堆肥能在 10 小时后温度迅速上升, 除了翻堆的时间有影响外, 水份也有很大的关系。为了观察有机物质的转化和微生物的作用, 我们延长堆放的时间, 以便取样分析。不仅如此, 我们还在室内进行了各种材料和不同处理的试验。如:

- | | | |
|--------|---|--|
| I 草炭 | { | <ol style="list-style-type: none"> 1. 添加馬粪液。 2. 添加馬粪液、固 N 菌 I 号。 3. 添加馬粪液、固 N 菌 230 号。 4. 添加馬粪液固 N 菌 I 号、230 号、丁酸菌。 |
| II 杂草 | { | <ol style="list-style-type: none"> 1. 添加馬粪液。 2. 添加馬粪液、固 N 菌 I 号。 3. 添加馬粪液、固 N 菌 230 号。 4. 添加馬粪液、固 N 菌 I 号、230 号、丁酸菌。 |
| III 稻草 | { | <ol style="list-style-type: none"> 1. 添加馬粪液。 2. 添加馬粪液、固 N 菌 I 号。 3. 添加馬液粪、固 N 菌 230 号。 4. 添加馬粪液、固 N 菌 I 号、230 号、丁酸菌。 |

兹将初步所得结果分列于下:

火箭堆肥在腐解过程中化学成份的变化, 經分析后其结果列于表 4。

火箭式堆肥不仅在严寒的季节里腐熟很快, 而且在化学成分上也有较大的变化。从直物可以植接吸收的有效氮的含量来看, 在发酵 11 天后与原始材料比, 火箭 I 号增长 6 倍, 火箭 II 号增长 4 倍, 火箭 III 号增长 5 倍, 说明了堆肥中微生物的作用是巨大的, 在短期内将有机氮转化为有效性氮给植物提供了良好的养分, 也表明了堆肥肥效的增长。再从堆肥所含全氮量来看也有先增后减的现象。利用草炭、厩肥、杂草、稻草、细菌肥料进行火

表 4 火箭式堆肥在腐解过程中的化学成份(原始材料)

| 处 理 | 水份 (%) | pH | 全 磷 (%) | 全 氮 (%) | 有效氮 (%) | 有效磷 (%) | 全 磷 (%) |
|--|--------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 火箭式堆肥 I 号 (不接菌) | 53.06 | 6.13 | 0.24 | 1.02 | 0.025 | 0.024 | 21.31 |
| 火箭式堆肥 II 号 (接种自生固 N 菌, 磷细菌) | 52.60 | 6.10 | 0.26 | 1.05 | 0.019 | 0.019 | 19.28 |
| 火箭式堆肥 III 号 (接 菌) | 59.46 | 6.10 | 0.26 | 1.05 | 0.019 | 0.019 | 19.28 |
| 注: 火箭 I 号, 2 月 19 日开始; 火箭 II 号, 2 月 20 日开始; 火箭 III 号, 2 月 20 日开始。 发酵后 5 天的化学成份 (2 月 25 日) | | | | | | | |
| 火 箭 式 I 号 | 46.92 | 5.95 | 0.14 | 1.27 | 0.038 | 0.015 | |
| 火 箭 式 II 号 | 51.47 | 6.40 | 0.20 | 1.26 | 0.031 | 0.011 | |
| 火 箭 式 III 号 | 60.97 | 7.05 | 0.18 | 0.95 | 0.031 | 0.019 | |
| 发酵后 11 天的化学成份 (3 月 3 日) | | | | | | | |
| 火 箭 式 I 号 | 57.59 | 5.15 | 0.18 | 1.24 | 0.16 | 0.023 | |
| 火 箭 式 II 号 | 58.00 | 6.55 | 0.17 | 1.24 | 0.09 | 0.015 | |
| 火 箭 式 III 号 | 60.85 | 6.90 | 0.20 | 1.04 | 0.13 | 0.011 | |
| 发酵后 20 天的化学成份 (3 月 12 日) | | | | | | | |
| 火 箭 式 I 号 | 47.75 | 5.80 | 0.079 | 1.45 | 0.103 | 0.019 | |
| 火 箭 式 II 号 | 38.46 | 6.50 | 0.074 | 1.02 | 0.075 | 0.030 | |
| 火 箭 式 III 号 | 46.85 | 6.80 | 0.082 | 1.23 | 0.066 | 0.013 | |
| 发酵后 29 天的化学成份 (3 月 22 日) | | | | | | | |
| 火箭式堆肥 I 号 (不接菌) | 44.87 | 6.44 | 0.077 | 0.90 | 0.056 | 0.023 | |
| 火箭式堆肥 II 号 (接 菌) | 43.52 | 6.30 | 0.078 | 0.78 | 0.031 | 0.019 | |
| 火箭式堆肥 III 号 (接 菌) | 33.77 | 5.80 | 0.077 | 0.58 | 0.019 | 0.017 | |
| 发酵后 46 天的化学成份 (4 月 7 日) | | | | | | | |
| 火 箭 式 I 号 | 43.42 | 6.42 | 0.060 | 0.47 | 0.031 | 0.019 | |
| 火 箭 式 II 号 | 42.46 | 6.20 | 0.060 | 0.40 | 0.021 | 0.013 | |
| 火 箭 式 III 号 | 41.43 | 6.15 | 0.060 | 0.38 | 0.015 | 0.013 | |

表5 草炭、雜草、稻草發酵中的化學成份
(原堆材料的化學成份) (1月24日)

| | 草 炭 | | | | 雜 草 | | | | 稻 草 | | | |
|--------------------|----------------|--------------------------|----------------------------|--|----------------|--------------------------|----------------------------|--|----------------|--------------------------|----------------------------|--|
| | 1 添加馬 糞液 | 2 添加馬 糞液和 Az. I | 3 添加馬 糞液和 Az. 230 | 4 添加馬 糞液和 丁酸菌 Az. I、230 | 1 添加馬 糞液 | 2 添加馬 糞液和 Az. I | 3 添加馬 糞液和 Az. 230 | 4 添加馬 糞液和 丁酸菌 Az. I、230 | 1 添加馬 糞液 | 2 添加馬 糞液和 Az. I | 3 添加馬 糞液和 Az. 230 | 4 添加馬 糞液和 丁酸菌 Az. I、230 |
| 水份(%) | 64.3 | 66.7 | 68.0 | 65.5 | 80.2 | 80.0 | 79.9 | 79.6 | 81.2 | 81.0 | 81.7 | 81.2 |
| pH | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 4.76 | 4.76 | 4.76 | 4.76 |
| 全氮(%) | 1.94 | 1.94 | 1.94 | 1.94 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| 全磷(%) | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 全碳(%) | 29.25 | 29.25 | 29.25 | 29.25 | 42.36 | 42.36 | 42.36 | 42.36 | 43.58 | 43.58 | 43.58 | 43.58 |
| 有效磷 (%) | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.018 | 0.018 | 0.018 | 0.018 | 0.019 | 0.019 | 0.019 | 0.019 |
| 有效氮 (%) | 0.076 | 0.076 | 0.076 | 0.076 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| C/N | 15 | 15 | 15 | 15 | 21 | 21 | 21 | 21 | 44 | 44 | 44 | 44 |
| 還原糖 (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 18.90 | 18.90 | 18.90 | 18.90 | 19.32 | 19.32 | 19.32 | 19.32 |
| 發酵後5日的化學成份(1月29日) | | | | | | | | | | | | |
| 水份(%) | 66.1 | 65.2 | 65.7 | 62.8 | 76.8 | 79.6 | 80.5 | 79.5 | 79.3 | 80.9 | 77.5 | 81.8 |
| pH | 5.93 | 5.96 | 5.64 | 6.4 | 7.13 | 6.74 | 6.87 | 6.54 | 7.49 | 7.23 | 7.38 | 7.38 |
| 全氮(%) | 1.99 | 2.10 | 1.88 | 2.02 | 1.65 | 1.48 | 1.58 | 1.55 | 0.97 | 0.74 | 1.07 | 0.96 |
| 還原糖 (%) | 0.53 | 0.52 | 0.47 | 0.49 | 1.21 | — | 1.42 | 1.46 | 1.25 | 1.15 | 1.03 | 1.43 |
| 發酵後10天的化學成份(2月3日) | | | | | | | | | | | | |
| 水份(%) | 68.36 | 64.66 | 69.38 | 65.38 | 79.83 | 81.60 | 80.74 | 76.67 | 83.22 | 83.46 | 83.54 | 83.51 |
| pH | 5.48 | 5.43 | 5.48 | 5.48 | 7.13 | 7.18 | 7.26 | 7.59 | 7.56 | 7.67 | 7.36 | 6.79 |
| 全氮(%) | 3.08 | 2.48 | 2.55 | 2.23 | 1.92 | 2.49 | 2.59 | 2.41 | 1.79 | 1.77 | 1.56 | 1.05 |
| 還原糖 (%) | 0.187 | 0.285 | 0.258 | 0.171 | 1.05 | 1.27 | 1.11 | 0.88 | 0.88 | — | 0.50 | 1.00 |
| 發酵後24日的化學成份(2月17日) | | | | | | | | | | | | |
| 水份(%) | 68.84 | 71.58 | 78.79 | 68.70 | 82.65 | 81.46 | 80.64 | 82.41 | 84.78 | 85.49 | 84.51 | 73.96 |
| pH | 6.20 | 6.30 | 5.90 | 6.63 | 6.73 | 6.8 | 6.39 | 6.84 | 7.15 | 7.32 | 6.95 | 7.25 |
| 全氮(%) | 1.97 | 1.68 | 2.18 | 1.87 | 2.52 | 2.32 | 2.42 | 2.58 | 2.02 | 2.03 | 1.63 | 2.55 |

箭式堆制,在發酵過程中不僅未損失含氮量,而且有所增長,火箭I號增長了全氮42%,火箭III號增長了20%,火箭II號在發酵11日後增加含氮量20%,但是在繼續發酵中均遭受損失。從這一過程中明顯的指出損失的原因在較大的程度上,一是以氣態的方式逸失,一是以可溶性態的方式流失,為此我們要从這兩方面減少氮的損失。

为了进一步探讨有机物质的转化和微生物的活动,我们在室内恒温(20℃左右)的条件下进行了草炭、杂草、稻草的不同处理,企图从中找出提高堆肥肥效的措施,兹将初步获得的结果总结如表5。

从表5的材料来看,有机物质经过发酵在全氮量的增加上是一致的规律性,由于不同的材料不同的处理,在提高含氮量上就表现出较大的差异,这些差异一方面反映了原材料(草炭、杂草、稻草)本身含氮量的高低,一方面也真实的反映了有机物质在分解中参与分解作用的微生物的关系。如象图4、5、6所示的那样,草炭含氮量高(全氮量

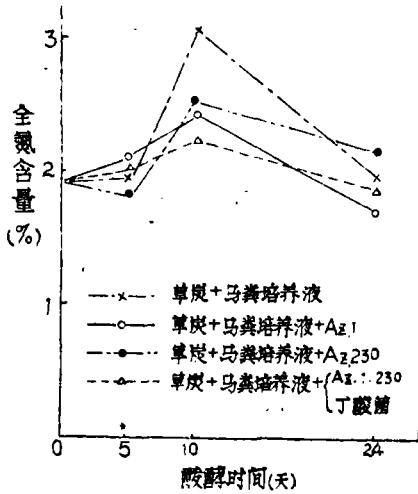


图4 草炭堆肥发酵过程中总氮量的变化

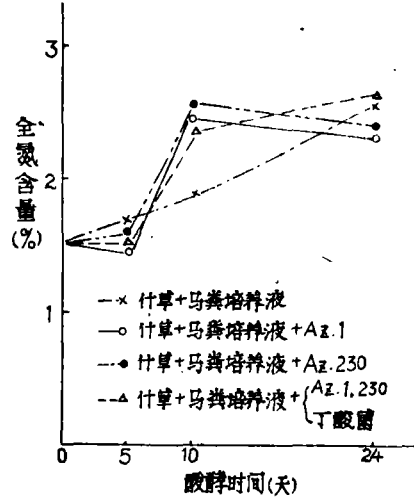


图5 杂草堆肥发酵过程中总氮量的变化

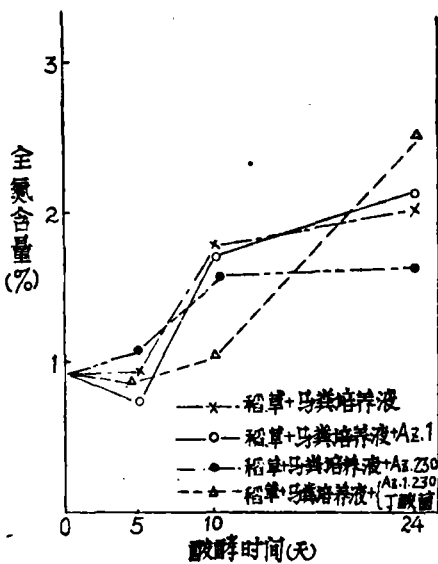


图6 稻草堆肥发酵过程中总氮量的变化

1.94%),碳氮比率小。稻草、杂草含氮量低,碳氮比率大。因此,稻草堆肥和杂草堆肥在适于微生物生长的条件下就有可能固定大量的氮,而在提高含氮量的百分比上也较草炭为多(草炭提高含氮量50%,杂草提高66%,稻草提高177%)。再从还原糖的数量上也可看出稻草、杂草含量是较丰富的,这对原材料的利用与微生物发育都有着重要的意义。

根据以上的试验结果证明,经我们改善后的火箭式堆肥方法是一个提高堆肥肥分的有效方法,它在20天的腐解过程中提高总的含氮量20~40%,提高有效性氮5~3.5倍。如以含氮量来决定堆肥肥分的指标,我们认为不必加入细菌,只添加30%的马粪和保持一定的水热条件,按改进的火箭式堆肥方法堆制完全有可能

提高堆肥的肥分,同时也便于广泛推广,因为马粪中含有大量的微生物,具有与加入细菌相似以及更多的作用。从微生物的分析数据,或从图4、5、6的曲线趋势中都可看出,在草炭中添加细菌肥料对氮量的提高不显著,在稻草和杂草中添加细菌肥料在腐解过程中

虽有良好表现,但不十分突出。为了制造方便,在厩肥多的地方尽量使用厩肥,在厩肥少的地方可以添加细菌肥料,以便达到促进腐熟和提高氮肥的目的。

(二)堆肥中的微生物区系

1. 微生物数量的消长和有机质转化的关系

为了理解有机物质的分解与微生物的关系,我们首先进行了堆肥中活跃微生物区系的试验,试验的布置是火箭式大堆肥与小堆肥相结合,进行了分期取样测定,企图从这些探索中找出它们共同的规律和不同的特点。火箭式堆肥的处理方法已在前面说明,现将小堆肥的处理方法介绍于下:发酵的材料分草炭、稻草、杂草,三者不相混合,分别接入①马粪培养液;②马粪培养液加自生固氮菌1号;③马粪培养液加自生固氮菌1号、230号;④马粪培养液加固氮菌1号、230号、丁酸菌共12个处理,用20×20厘米的搪瓷盆,每盆装2.2公斤,上部未泥封,只盖以搪瓷盖,下有漏水的孔和盛漏液的盆,置20℃左右的温室内发酵,微生物区系所用的培养基有:卵蛋白培养基、马丁氏(Matin)培养基、淀粉琼培养基、伊姆歇涅茨基培养基、瓦克斯曼77号培养基。分析时间与上面化学分析取样时期相同。

首先分析一下火箭式堆肥的水热条件和其原材料,以及其中含有的有效氮素与微生物生长的关系。在发酵的初5天中,堆里的温度保持在60~80℃之间,水份保持在50~60%,有效氮最初含量为0.02%,在这样的发酵条件下微生物的数量表现了继续的低落,尤其是细菌和固氮菌的数量大量减少。从堆肥的原始材料分析结果来看,火箭式堆肥最初含有大量的细菌和固氮菌,但是在这样的高温下对某些微生物来说是不利的,而对另一些微生物的活动有了加强,因此,在微生物趋于急剧下降的过程中,总氮量和有效氮量的上升,一方面可能由于烟气中的氮,另一方面是与微生物有力活动分不开的。由于微生物的生命活动,在没有烟气的5天后,总氮量和有效氮量仍然继续增长,此时,由于温度的逐渐下降,微生物也得到良好的繁殖,因此在数量上又有显著的增长,特别是纤维素细菌。细菌和放线菌增长甚快,从图7、8、9的曲线中就可看出,火箭式I、II、III号堆肥中细菌和放线菌在整个发酵期中的数量较高,其次是纤维素分解菌,真菌、自生固氮菌发育较弱,在发酵11天后,数量最少。从堆肥发酵的最初过程中,我们找出一个共同现象,就是在高温的水热条件下微生物死亡甚大,对发挥微生物的积极作用不佳,对有机物分解太强,短期内损失了27~31%的碳,在火箭II号、III号中接种了磷细菌和固氮菌,因此在发酵过程中,纤维素细菌、放线菌和真菌的数量均表现出不同的差异,究竟它们起的作用如何?还得从它们的优势羣落的生化强度来说

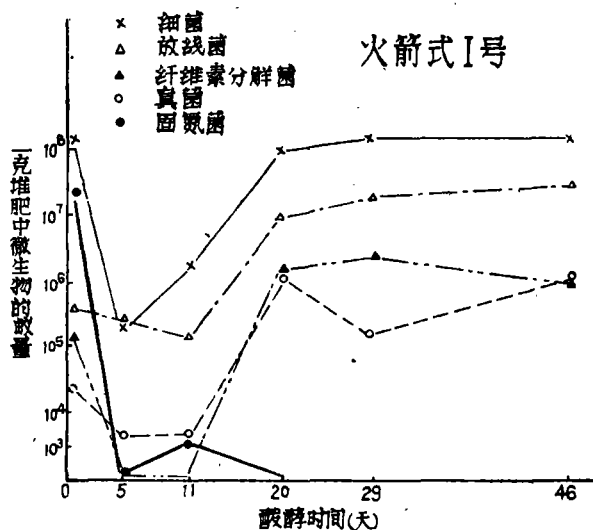


图7 火箭式I号堆肥在发酵过程中微生物总数的变化

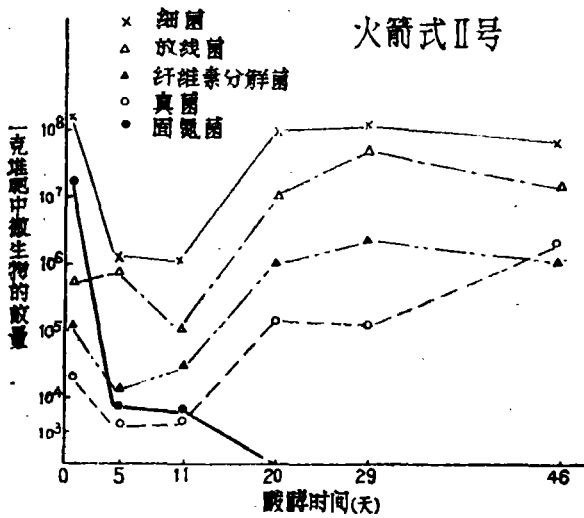


图8 火箭式II号堆肥在发酵过程中微生物总数的变化

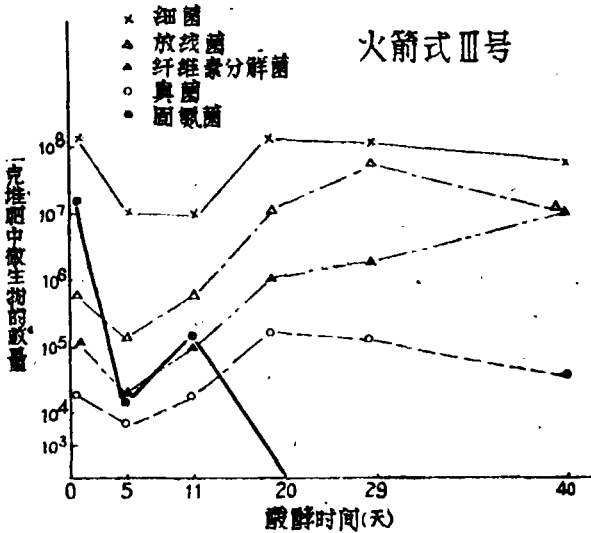


图9 火箭式III号堆肥在发酵过程中微生物总数的变化

明。总的来说,火箭式堆肥由于加入了马粪,致使原材料在细菌,固氮菌,纤维素分解菌,放线菌、真菌的含量上均高,因此再接种固氮菌,磷细菌肥料后对提高含氮量不显著。

为了进一步理解堆肥中有机质的转化过程,我们采用单一的材料:草炭、杂草、稻草,在温室内(20℃左右)进行不同处理的发酵,经过62天的长期观察,从图10、11、12、13的结果中表明,草炭在整个发酵过程中微生物的数量变化是细菌数高,固氮菌数较次,真菌较低。在发酵的各个阶段中以第5日和第10日取样测定的微生物数量高,以后逐渐下降。这与前面的氮量提高有相关性,在不同处理间也表现出相互间的差异,例如,只加马粪不接种固氮菌和磷细菌的草炭堆肥、细菌和固氮菌的数量低,相反,接种了固氮菌和磷细菌的数量高,同时只有在接种了固氮菌1号的处理才出现了大量的放线菌。从以上分析看来,草炭堆肥中微生物区系,在发酵一开始得到了良好的繁殖,在数量上有明显变化,在参加有机质的转化作用中也起着显著的作用,正如图4、5、6中氮量的转化就是明显的

例子。其他如氨化作用、纤维素分解作用、相互间的拮抗作用,均将分别叙述于后。

以上是草炭堆肥中的微生物区系,而稻草和杂草堆肥中的微生物区系,由于原材料中含还原糖、有效氮及pH值比较适于微生物繁殖的要求,在微生物数量上增加颇大,表现在生化强度上氮量的提高也比较显著。在固氮菌数的消长上稻草和杂草堆肥也比草炭高,但是从添加固氮菌和不添加固氮菌而只添加马粪液的处理中,固氮菌数在发酵过程中,没有显著的差别,这就说明了马粪液中含有大量的固氮菌,有着与其他处理同样的固氮作用(图14—21)。

总的来说,草炭堆肥、稻草堆肥、杂草堆肥在微生物的数量上互有高低,但在趋势上是存在着一定的规律:细菌多、放线菌其次、真菌较少,在水热条件较适当的情况下固氮菌和纤维素分解菌繁殖旺盛,加强有机质的转化对提高氮量起着一定的作用。如火箭式堆肥

图10—21 由草炭、稻草、雜草制成的堆肥在发酵过程中微生物总数的变化

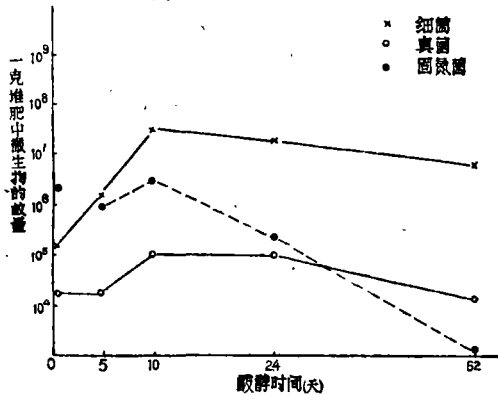


图10 草炭加馬粪液的堆肥

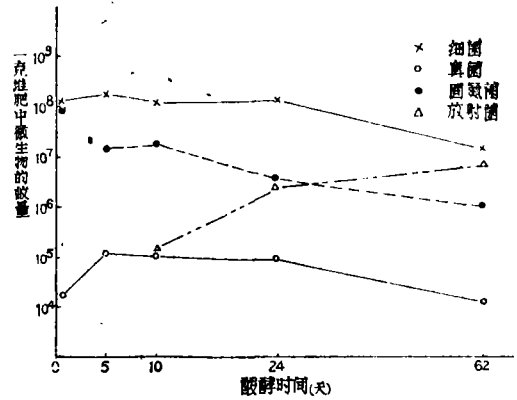


图11 草炭加馬粪液,加自生固氮菌1号

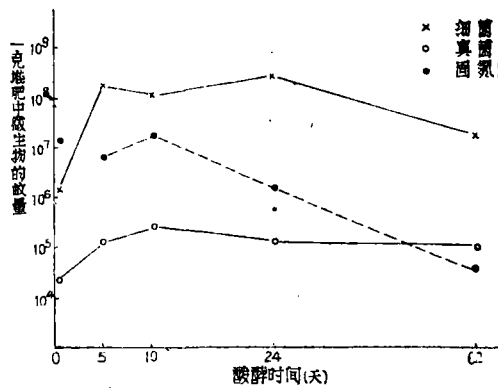


图12 草炭加馬粪液,加自生固氮菌230号

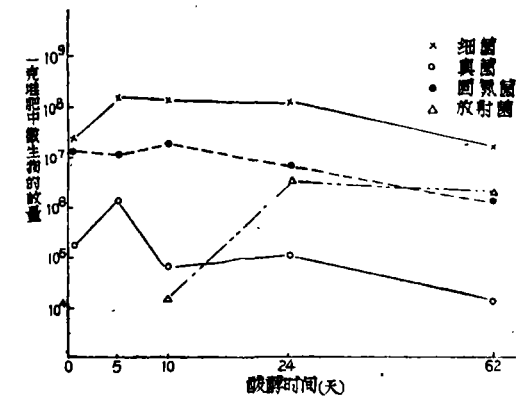


图13 草炭加馬粪液,加自生固氮菌1号、230号及丁酸菌

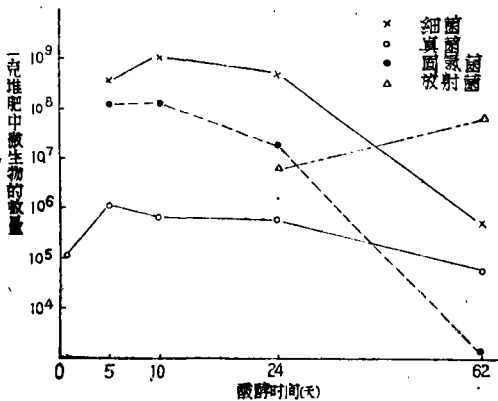


图14 稻草加馬粪液的堆肥

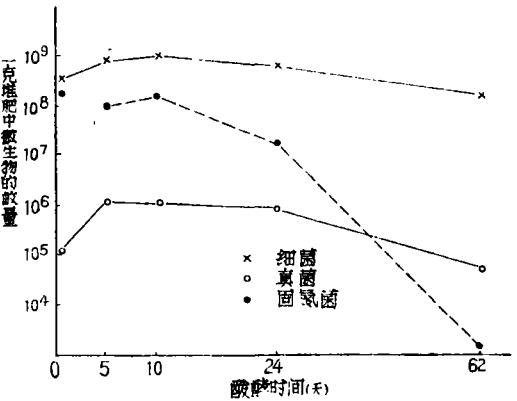


图15 稻草加馬粪液,加自生固氮菌1号

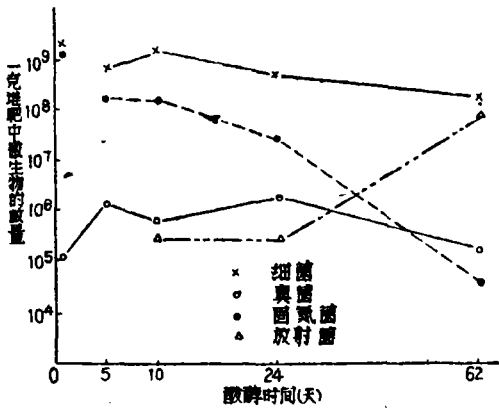


图 16 稻草加馬糞液, 加自生固氮菌 230 号

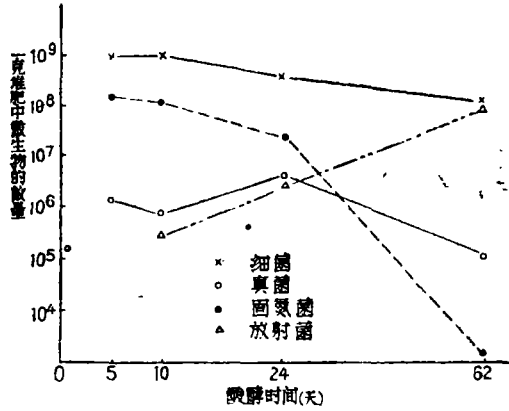


图 17 稻草加馬糞液, 加自生固氮菌 1 号及 230 号

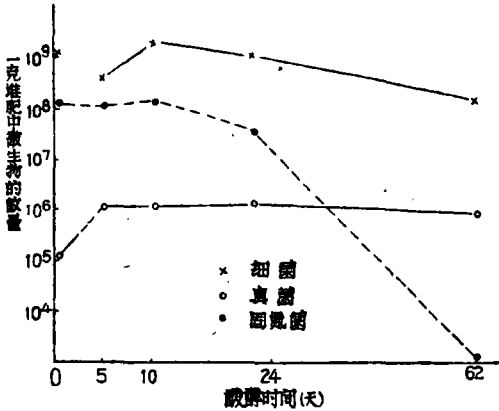


图 18 杂草加馬糞液的堆肥

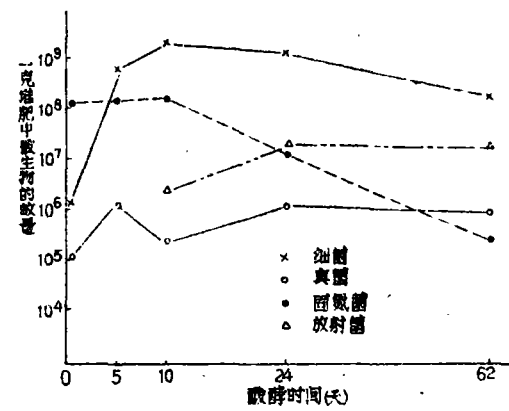


图 19 杂草加馬糞液, 加自生固氮菌 1 号

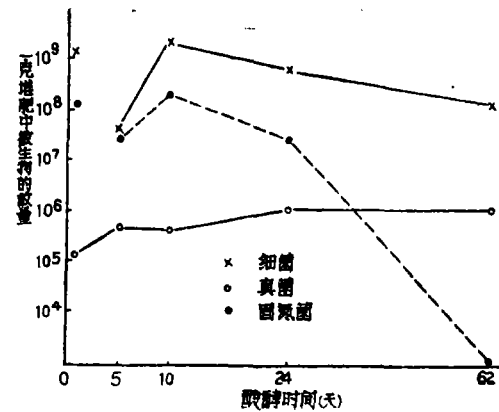


图 20 杂草加馬糞液, 加自生固氮菌 230 号

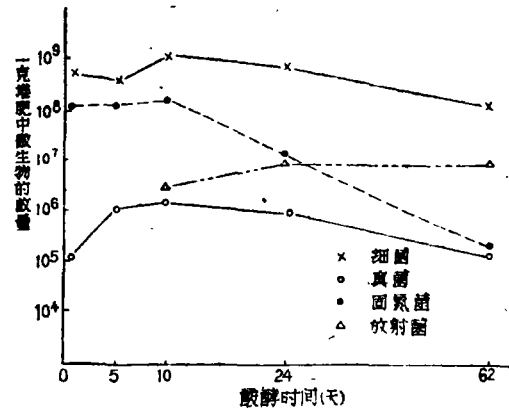


图 21 杂草加馬糞液, 加自生固氮菌 1 号及 230 号

经过高温发酵提高总氮量：I号火箭堆肥是42%，II号火箭堆肥是20%，III号火箭堆肥是20%，而在室内的中温发酵堆肥提高氮量是：草炭堆肥提高50%，杂草堆肥提高66%，稻草堆肥提高177%，这说明了堆肥中活跃的微生物区系对氮素的转化起着较大的作用。

2. 在有机质腐解过程中出现的优势微生物群落

我们在测定堆肥中的微生物区系时，挑出为数较多的微生物群落，如细菌、放线菌、真菌、纤维素分解菌等的群落，(挑选分解纤维素能力大的)采用肉汁蛋白胨培养基、淀粉琼培养基、马铃薯培养基、淀粉或葡萄糖培养基(伊姆歇涅茨基培养基)进行菌种的纯化。以后测定它们的生化强度：如测定它们对有机氮和纤维素的分解作用，最后进行形态和生理鉴定，找出堆肥中占优势的微生物群落和它们对有机质所起的作用，以便了解有机质的转化过程。

为了更简明地揭露堆肥中的优势微生物群落，我们按堆制的材料分别叙述于下：

采用草炭为主要原料配合以马粪、稻草、杂草的火箭堆肥在高温和中温发酵过程中所

表6 堆肥中优势细菌对有益微生物的相互作用

| 处 | 理 | 堆肥 | 磷 | 堆肥 | 自 | 堆肥 | 自 | 堆肥 | 果 | 堆肥 | 氨 | 堆肥 | 硝 | 堆肥 | 根 |
|-------|-------------------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | | 细菌 | 细菌 | 细菌 | 生固氮菌 | 细菌 | 生固氮菌 | 细菌 | 胶菌 | 细菌 | 化细菌 | 细菌 | 化细菌 | 细菌 | 瘤菌 |
| | | 169 | 169 | 1号 | 230号 | 147 | 8号 | | | | | | | | C8 |
| 芽孢杆菌 | 3 | - | +++ | ++ | +++ | + | +++ | - | ++ | - | +++ | + | + | +++ | + |
| 芽孢杆菌 | 7 | + | +++ | + | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 芽孢杆菌 | 18 ⁽¹⁾ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 芽孢杆菌 | 27 ⁽¹⁾ | ++ | +++ | + | +++ | ++ | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | + | + | +++ | + |
| 芽孢杆菌 | 27 ⁽²⁾ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 芽孢杆菌 | 35 ⁽²⁾ | - | +++ | - | +++ | + | +++ | - | ++ | - | +++ | - | + | +++ | + |
| 芽孢杆菌 | 21 | - | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | ++ | + | ++ | +++ | + |
| 芽孢杆菌 | 16 | + | +++ | + | ++ | + | +++ | +++ | ++ | ++ | +++ | ++ | ++ | ++ | + |
| 无芽孢杆菌 | 38 ⁽¹⁾ | - | +++ | - | +++ | + | +++ | +++ | ++ | + | +++ | + | + | +++ | + |
| 球 菌 | 8 | ++ | +++ | ++ | +++ | ++ | +++ | - | ++ | ++ | +++ | + | + | +++ | + |
| 球 菌 | 14 | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | ++ | ++ | +++ | + |
| 球 菌 | 17 | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | + | + | +++ | + |
| 球 菌 | 19 | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 20 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 23 | +++ | +++ | - | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 25 | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 26 ⁽¹⁾ | +++ | +++ | + | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 26 ⁽²⁾ | +++ | +++ | + | +++ | - | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | +++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 28 | + | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | + |
| 球 菌 | 29 | +++ | +++ | +++ | +++ | + | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 33 | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ | + | + | + | +++ | + |
| 球 菌 | 35 ⁽¹⁾ | +++ | +++ | ++ | +++ | + | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | ++ | + | +++ | + |
| 球 菌 | 35 | - | +++ | ++ | +++ | + | +++ | - | ++ | + | +++ | - | + | +++ | + |
| 球 菌 | 38 ⁽²⁾ | - | +++ | - | +++ | + | +++ | +++ | ++ | + | +++ | + | + | +++ | + |
| 球 菌 | 34 | +++ | +++ | + | +++ | ++ | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | + | + | +++ | + |

附注：硝化菌、根瘤菌在专责性培养基上生长不旺盛。

出現的優勢微生物以細菌的數量為最高，其中以芽孢細菌和球菌占優勢，無芽孢菌，固氮菌較少；其次是放線菌，其中以褐色、灰色、球孢，黃色、白色、紫色放線菌占優勢；第三是纖維分解菌，其中以纖維粘菌和芽孢細菌較多，真菌在整個醱酵過程中數量最少，其中以毛霉、青霉、麴霉、鐮刀霉為出現的優勢羣，在生化特性上除少數菌株外一般均能在纖維素上生長和具有氨化作用。

採用單一的草炭、稻草、雜草在室溫 20°C 左右進行發酵的有機堆肥，在整個發酵過程中，細菌數量最高，其中芽孢細菌和無芽孢細菌占優勢，無芽孢細菌自生固氮菌占比例較大，其次是小球菌 (*Micrococcus flavus*)、巨大桿菌 (*Bac. megatherium*)、蜡狀桿菌 (*Bac. cereus*) 等。其次是纖維素分解菌，占優勢的是纖維粘菌、芽孢細菌和球菌，放線菌只在發酵後期出現，占優勢的羣落有：*Act. ruber*、*Act. griseus*、*Act. albus*、*Act. viridi-chromogenes*、*Act. aureus*、*Act. flavus*、*Act. globisporus*、*Act. cellulose*。真菌占優勢的羣落有：青霉、鐮刀霉、麴霉、毛霉較少（以上只是我們初步鑑定出來的，在真菌中還有幾種未經鑑定）。細菌、放線菌、真菌，除少數菌株外均有氨化作用，在纖維素上生長較好。

從不同堆肥中所出現的優勢微生物羣落，它們具有轉化有機氮和纖維素的能力和它們在數量上的優勢，很可能在氮素和碳素循環中起着主導的作用。由於我們的工作初步開展，缺乏對這些優勢羣落的深入探討，很難作出肯定的說明。

3. 優勢微生物羣落和有益微生物的相互關係

將堆肥中占優勢的細菌和有益微生物（固氮菌、磷細菌、根瘤菌、硝化菌、果膠分解菌、氨化菌）進行拮抗試驗，觀察它們之間的相互作用。方法是將堆肥中占優勢的細菌在 28°C 培養於肉汁蛋白胰凝乳平板上，經 24 小時後，在滅菌條件下切取一小塊置已培育 24 小時的有益微生物培養基上，有益微生物所採用的培養基為專責性培養基。然後在 28°C 培育 2—3 天後觀察。其結果如表 6。

表 7 放線菌對細菌的抗病試驗

| 放 線 菌 | 試 驗 用 的 病 原 菌 | | | | |
|---|---------------|---------|---------|---------|---------|
| | 小 赤 霉 病 | 松 立 枯 病 | 白 軟 腐 病 | 棉 黃 萎 病 | 棉 立 枯 病 |
| 1. <i>Act. ruber</i> No. 1. | +++ | - | - | - | - |
| 2. <i>Act. aureus</i> No. 6. | + | + | - | - | + |
| 3. <i>Act. flavus</i> No. 13. | - | - | - | - | ++ |
| 4. <i>Act. albus</i> No. 28. | - | + | +++ | ++ | + |
| 5. <i>Act. albus</i> No. 30. | - | ++ | ++ | ++ | +++ |
| 6. <i>Act. hygroscopicus</i> No. 33. | - | +++ | ++ | ++ | ++ |
| 7. <i>Act. albus</i> No. 35. | - | ++ | + | ++ | + |
| 8. <i>Act. griseus</i> No. 42. | - | - | - | +++ | - |
| 9. <i>Act. chromogenes</i> No. 51. | + | + | - | ++ | ++ |
| 10. <i>Act. albus</i> No. 70. | - | + | +++ | +++ | ++ |
| 11. <i>Act. cellulose</i> No. 74 ₍₃₎ | - | - | - | ++ | - |
| 12. <i>Act. albus</i> No. 76 ₍₃₎ | - | - | +++ | - | - |
| 13. <i>Act. aureus</i> No. 77. | - | +++ | ++ | + | ++ |
| 14. <i>Act. viridi-chromogenes</i> No. 14 | - | - | ++ | - | - |

从表 6 全部结果分析,堆肥中的优势细菌群落对有益细菌没有抑制现象,尤其是对固氮菌、磷细菌、氯化菌还有促进生长的作用。全部有益细菌对堆肥中的个别优势菌种有抑制作用。根据这些分析,可以指出施用有机堆肥不影响有益微生物的繁殖而且促进了它们的生长,丰富了土壤中的有益微生物成份,为提高土壤肥力创造良好条件。

4. 堆肥中放线菌的类群和它的拮抗作用

从堆肥中分得占优势的放线菌 77 株,进行了对植物病原菌的抗病试验,其结果见表 7。

从表 7 看来,堆肥不仅供给植物以养分,而且含有大量抗植病的放线菌群,它们依靠堆肥中的有机氮和有机碳为营养来源,进行生命活动,一方面促进了有机质的转化,一方面以它们的代谢产物起着刺激、抑制或消灭其他微生物的作用,首先表现在抑制上述植物病害的作用,就使有机肥料有了无机肥料所没有的优点,说明了有机肥料不仅供给植物以良好的养分,而且具有刺激植物生长,抑制植物病虫害的特殊作用。

(三)堆肥中生物物质的形成和作用

1. 刺激物质的形成和作用

在堆肥的腐解过程中,由于微生物的积极参与,加强了有机碳、氮的分解与合成,形成了各式各样的化合物,不仅影响微生物的活动,而且对于植物的营养有极密切的关系。关于这方面的研究国内、外已进行了不少工作,如有机肥料中的胡敏酸、氨基酸、维生素、植物刺激素等及它们对植物生长的作用,我们为了阐明有机肥料的优越性,拟在前人的基础上找出对植物生长有特殊效果的物质,并试探以此作为堆肥腐熟的质量指标的可能性。为此我们采用了不同溶剂和不同的提取方法,从上述火箭 II 号及小堆肥中提取刺激植物生长的物质,通过植物幼苗试验,选择效果特别显著的进行分离鉴定和盆钵、田间试验,目前仅将小麦幼苗试验的结果介绍于下:

I、试验方法:

a. 植物生长物质的提取:

1. 堆肥溶液: 堆肥在腐熟过程中流出的堆肥液。
2. 堆肥压榨液: 腐熟的堆肥用油压机压出的溶液。
3. 胡敏酸钠: 用 0.1N NaOH 自堆肥中提取。

表 8 不同溶剂提取物对小麥幼苗生长的影响

| 处 理 | 根 长 | | 枝 高 | | 全 枝 高 | |
|-------------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 厘 米 | % | 厘 米 | % | 厘 米 | % |
| 胡敏酸钠 0.004% | 22.9 | 135.5 | 17.6 | 115.8 | 40.5 | 126.2 |
| 石油醚浸液 1% | 21.6 | 127.8 | 20.5 | 134.8 | 42.1 | 130.8 |
| 丙酮浸液 4% | 20.3 | 120.1 | 20.4 | 134.2 | 40.7 | 126.8 |
| 乙醚浸液 1% | 19.6 | 113.6 | 19.2 | 126.3 | 38.8 | 120.9 |
| 酒精浸液 1% | 19.2 | 113.6 | 17.3 | 113.8 | 36.5 | 113.7 |
| 氯仿浸液 1% | 6.0 | 35.6 | 14.4 | 94.7 | 20.4 | 63.6 |
| 对 照 | 16.9 | 100.0 | 15.2 | 100.0 | 32.1 | 100.0 |

注: 表中数字系 5 株植株的平均数,以下表 9、10、11、12、13 同此。

4. 用不同的有机溶媒(酒精、乙醚、丙酮、氯仿、石油醚)自堆肥中提取的物质的水溶液。

b. 小麦幼苗试验用水培法, 小麦品种是甘肃 96, 全部试验是在室内进行。

II、试验结果: 用不同溶剂自火箭 II 号堆肥中提取的物质进行小麦幼苗生长试验, 结果见表 8。

从表 8 中可以看出各处理中除氯仿浸液有抑制作用外(特别是对根的抑制), 其他处理均对小麦的地下、地上部分生长有促进作用。不同之点是胡敏酸钠对根的作用较植株的作用大而其他处理则差不多有类似的情况, 对地上部分的作用较对地下部分的作用大, 其中又以石油醚浸液为最显著, 为了进一步观察它们的作用与作物吸收养分的关系和养分的运转情况, 我们分别测定了各处理小麦幼苗地上部分和地下部分的干重, 结果见表 9。

表 9 不同溶液提取物质对小麦各部分干重的影响

| 处 理 | 地下部分干重 | | 地上部分干重 | | 全 株 干 重 | |
|-------------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
| | 毫 克 | % | 毫 克 | % | 毫 克 | % |
| 胡敏酸钠 0.004% | 7.3 | 116.2 | 16.4 | 131.7 | 23.7 | 126.7 |
| 石油醚浸液 1% | 5.4 | 86.6 | 16.8 | 135.6 | 22.2 | 118.7 |
| 丙酮浸液 4% | 5.9 | 93.9 | 14.7 | 118.2 | 20.6 | 110.2 |
| 乙醚浸液 1% | 6.8 | 108.6 | 14.9 | 119.6 | 21.7 | 116.0 |
| 酒精浸液 1% | 5.6 | 91.7 | 13.9 | 111.9 | 19.5 | 104.3 |
| 氯仿浸液 1% | 3.0 | 48.0 | 11.9 | 96.4 | 14.9 | 79.7 |
| 对 照 | 6.3 | 100.0 | 12.4 | 100.0 | 18.7 | 100.0 |

从表 9 看出各处理对作物生长的影响与其营养物质的分配有着密切的关系, 胡敏酸钠处理的地下部分干重较其他各处理都重, 而其他的处理则差不多都不如对照重, 特别是氯仿浸液最低, 还不及对照的一半, 地上部分除氯仿浸液外都较对照重 10—35%。

同时进行了不同方法获得的溶液物质对小麦幼苗生长的试验, 其结果见表 10 和 11。

表 10 不同方法获得的堆肥液对小麦幼苗生长的影响

| 处 理 | 根 长 | | 株 高 | | 全 株 高 | |
|---------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 厘 米 | % | 厘 米 | % | 厘 米 | % |
| 杂压液 3% | 19.9 | 127.5 | 22.0 | 149.7 | 41.9 | 137.8 |
| 泥压液 4% | 19.4 | 127.5 | 19.3 | 131.1 | 38.7 | 127.3 |
| 445 3% | 24.6 | 157.0 | 18.3 | 124.5 | 42.9 | 141.1 |
| 397 3% | 25.6 | 164.1 | 19.4 | 132.0 | 45.0 | 148.0 |
| 对照(蒸馏水) | 15.6 | 100.0 | 14.7 | 100.0 | 30.4 | 100.0 |

说明:

杂压液: 小堆肥中杂草+固N菌 1,230 号+丁酸菌+马粪液处理的压液。

泥压液: 小堆肥泥炭+固N菌 1,230 号+丁酸菌+马粪液处理的压液。

445: 稻草+固N菌 1,230 号+丁酸菌+马粪液处理堆肥溶液。

397: 稻草+马粪液处理的堆肥溶液。

从表 10 和表 11 中可以看出各处理对小麦幼苗生长的影响与营养物质的分配仍有着密切的关系, 一般压液对根部生长的影响没有对地上部分生长的影响大, 而堆肥溶液的

表 11 不同方法獲得的堆肥液对小麥各部分干重的影响

| 处 理 | 地下部分干重 | | 地上部分干重 | | 全 株 干 重 | |
|--------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
| | 毫 克 | % | 毫 克 | % | 毫 克 | % |
| 杂压液 3% | 6.58 | 143.0 | 22.1 | 190.5 | 28.7 | 177.2 |
| 泥压液 4% | 6.15 | 133.9 | 15.4 | 133.6 | 21.6 | 133.3 |
| 445 3% | 8.20 | 178.2 | 21.0 | 188.1 | 29.2 | 180.2 |
| 397 3% | 8.30 | 180.4 | 20.0 | 172.4 | 28.3 | 174.7 |
| 对 照 | 4.6 | 100.0 | 11.6 | 100.0 | 16.2 | 100.0 |

效果則相反,对根部的影响較对地上部分的影响大,相对的植株各部分干重增加的情况其趋势亦与之类似。压榨液的处理是地上部分干物质增加的重量比地下部分显著,而堆肥溶液則反之,是地下部分增加的重量比地上部分大。采用压榨提取杂压液較泥压液好。采用的堆肥液不同,表現也不同,就其对小麦生长的影响来看,無論地上或地下部分的生长情况都是 397 比 445 好,而在小麦幼苗干重上的表現却是 445 較 397 好,这說明它們所起的作用不同。但因堆肥溶液或压榨液中的有效养分都不少,而我們的对照又是蒸餾水,可能是养分的影响而不是什么特殊生长物质的作用。为进一步查明它們影响的原因,我們又用营养液作对照,在其它各处理中添加等量的营养液作試驗,小麦的处理、栽培方法等完全与上述試驗相同,所得之結果見表 12 和表 13 (表中处理符号說明同表 10,各处理均添加与对照等量的营养液)。

表 12 堆肥压榨液和堆肥液在添加营养液的基础上对小麥生长的影响

| 处 理 | 根 长 | | 株 高 | | 全 株 高 | |
|----------------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 厘 米 | % | 厘 米 | % | 厘 米 | % |
| 杂压液(3%) + 营养液 | 10.1 | 82.7 | 20.2 | 123.2 | 30.3 | 105.9 |
| 泥压液(4%) + 营养液 | 14.1 | 115.5 | 18.0 | 109.8 | 32.1 | 112.2 |
| 445 (3%) + 营养液 | 11.4 | 93.4 | 21.1 | 128.7 | 32.5 | 113.6 |
| 397 (3%) + 营养液 | 10.7 | 82.7 | 20.3 | 123.8 | 31.0 | 108.4 |
| 对 照 | 12.2 | 100.0 | 16.4 | 100.0 | 28.6 | 100.0 |

表 13 堆肥压榨液和堆肥液在添加营养液的基础上对小麥幼苗干重的影响

| 处 理 | 地下部分干重 | | 地上部分干重 | | 全植株干重 | |
|---------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | 毫 克 | % | 毫 克 | % | 毫 克 | % |
| 杂压液(3%) + 营养液 | 3.84 | 116.3 | 12.1 | 127.6 | 15.9 | 123.3 |
| 泥压液(4%) + 营养液 | 5.26 | 159.3 | 10.7 | 111.9 | 16.0 | 124.0 |
| 445(3%) + 营养液 | 6.50 | 196.9 | 12.9 | 134.9 | 19.4 | 150.4 |
| 397(3%) + 营养液 | 3.52 | 106.6 | 12.3 | 128.8 | 15.8 | 122.5 |
| 对 照 | 3.30 | 100.0 | 9.6 | 100.0 | 12.9 | 100.0 |

从表 12 中可以明显的看出加营养液后的各个处理对作物生长的影响不大,特别是对根长影响还有一定的副作用,但是对地上部分的影响有一定的促进作用,特别是 445 更为显著,比对照增高 28%。从表 13 看出,对作物各部分干物质增重的影响均很显著,特别

是 445, 不管是地上、地下部分的干重都增加得很高, 根部約增加到 1 倍, 作物总重增加 50%。杂压液是地上部分較地下部分显著。泥压液則是地下部分較地上部分显著。

总结以上試驗結果, 可以指出堆肥中的植物生长物质是多种多样的, 由于他們以不同的形态存在, 可以用不同的溶剂和不同的方法提取。在小麦幼苗的生长上, 用有机溶媒提取的相互間比較接近, 胡敏酸鈉、堆肥溶液和压榨液差异較大, 可能其中所含的物质不同, 有待以后分析鑑定。

从对小麦幼苗生长的效果来看, 比較肯定的是胡敏酸 (0.004%); 有机溶媒提取液中最好的是石油醚, 其次是丙酮和乙醚; 压榨液中以杂压液較好; 堆肥溶液中效果最好的是 445。它們均有促进小麦生长的作用又有刺激小麦吸收养分的能力。

2. 特殊营养物质的形成和鑑定

为了改善植物的生长, 需要在腐熟的堆肥和厩肥中极小量的有机物质, 这些有机物质是植物生长的积极因素, 一部分属于胡敏酸; 一部分属于氮的衍生物或碳的衍生物, 如象维生素、氨基酸、生长素、酵素和生活物质等, 它們在植物营养和新陈代谢中起着特殊的作用。如象我們前面研究的堆肥提取液、压榨液和水溶液中所指出的, 这些物质有的加强了植物地上部分的发育, 有的加强了植物地下部分的发育。在文献中对于这方面的资料极为丰富。我們为了鑑定有机堆肥在腐熟后形成这些物质的种类和在植物营养上、生理上所起的作用, 因而进行了初步的分离鑑定工作。鑑定方法和結果如下:

(1) 活性胡敏酸的形成: 不同处理的有机堆肥經 62 天发酵后所形成活性胡敏酸用邱林法处理結果如表 14。

表 14 各种堆肥中所形成之活性胡敏酸

| 处 | 理 | 活性胡敏酸 (%) | C:N | 氮(N) (%) | 碳(C) (%) |
|-------|-----------------------------|-----------|-------|----------|----------|
| (546) | 草炭 + 馬糞液 | 4.25 | 30.59 | 0.086 | 2.64 |
| (780) | 草炭 + 馬糞液 + 固氮菌 1 | 3.86 | 24.00 | 0.100 | 2.40 |
| (411) | 草炭 + 馬糞液 + 固氮菌 230 | 4.57 | 17.21 | 0.165 | 2.84 |
| (936) | 草炭 + 馬糞液 + 固氮菌 1, 230 + 丁酸菌 | 2.43 | 15.25 | 0.099 | 1.51 |
| (225) | 草炭 + 馬糞液 + 丁酸菌 | 4.59 | 17.92 | 0.159 | 2.85 |
| (397) | 稻草 + 馬糞液 | 6.67 | 20.80 | 0.199 | 4.14 |
| (837) | 稻草 + 馬糞液 + 固氮菌 1 | 4.11 | 19.17 | 0.133 | 2.55 |
| (576) | 稻草 + 馬糞液 + 固氮菌 230 | 6.34 | 30.78 | 0.128 | 3.94 |
| (413) | 稻草 + 馬糞液 + 丁酸菌 | 4.04 | 16.19 | 0.154 | 2.51 |
| (363) | 杂草 + 馬糞液 | 3.27 | 17.65 | 0.115 | 2.03 |
| (389) | 杂草 + 馬糞液 + 固氮菌 1 | 3.17 | 15.15 | 0.130 | 1.97 |
| (619) | 杂草 + 馬糞液 + 固氮菌 230 | 1.79 | 10.67 | 0.104 | 1.11 |
| (337) | 杂草 + 馬糞液 + 固氮菌 1, 230 + 丁酸菌 | 3.51 | 16.89 | 0.129 | 2.18 |
| (543) | 杂草 + 馬糞液 + 丁酸菌 | 4.49 | 23.64 | 0.118 | 2.79 |

(2) 氨基酸的形成: 馬糞压榨液及堆肥 445 号液用紙譜分析; 单向采用正丁醇: 乙酸: 水 (40:10:50) 为溶剂, 双向中的第一向溶剂用正丁醇: 甲酸: 水 (15:3:2), 第二向用正丁醇: 12% 氨水 = 13:3。結果在馬糞压榨液中含有絲氨酸、谷氨酸、天門冬氨酸、一縮胜 (glycylglycin); 445 号液中得到天門冬氨酸、蛋氨酸、絲氨酸、甘氨酸。

从表 14 的数据说明了不同的有机物质接种自生固氮菌和纤维素分解菌(含在馬粪液内),对活性胡敏酸的累积有着密切的关系,如在草炭堆肥中接种馬粪液和自生固氮菌 230 号或丁酸菌,累积的活性胡敏酸多,接种自生固氮菌 230 号、1 号和丁酸菌,累积的胡敏酸少。在稻草堆肥中接种单一的自生固氮菌 1 号、230 号和丁酸菌均高;在杂草堆肥中只有接种馬粪液、丁酸菌的较多,说明了微生物在有机质转化过程中的两种作用,分解的与合成的。而累积得较少的是没有合成,还是合成后又被分解,现在对这种作用还不明白。总之,说明了有机物质经过微生物的转化形成了各式各样的特殊营养物质。

讨 论

1. 有机堆肥在大量微生物的生命活动下进行着腐解的作用,随着这一作用的发展,有机堆肥的内部无论在物理上、化学上和生物上都引起了显著的变化。堆肥的腐熟程度,可以从堆肥的碳、氮比率和本身体积的减小上来决定,但不能说这就是判断肥效的指标。堆肥的肥效指标除了大量的氮、磷、钾外,还要包括小量的无机的和有机营养物质(如微量元素和碳、氮的衍生物)。但是,在没有确立一种很好的肥效指标以前,还是按着一般采用的指标——含氮量的指标,作为判断有机堆肥的肥力的标准,因此氮量的增加也就直接表明着肥力的提高。这样就产生了氮量提高的相对量和绝对量的问题,因为有机堆肥的腐熟是随着有机质的分解和碳、氮比率的缩小而熟化的,有机质经过分解后放出大量的 CO_2 , 减低了堆肥的重量和体积,腐熟堆肥所含氮量的百分比在不损失的条件有所提高,这种提高的氮量是相对的,如果全部腐熟堆肥的含氮量超过原始材料的含氮量那才是绝对的提高。由于堆肥在腐熟过程中养分的流失和逸失,往往在腐熟后期含氮量很低,如象前面试验中所指出的一样,为了提高氮的相对量或绝对量,除了利用堆制方法提高氮的含量外,还必须防止堆肥中养分的损失。

表 15 堆肥在不同腐解过程中,氮素相对量和绝对量的变化

| 处理 | 腐解日期 | 腐解程度 | 堆肥重量(公斤) | 水份(%) | 全氮量(%) | 气体中的氮(%) | 堆肥液中的氮(%) | 相对总氮量(%) | 绝对总氮量(克) | 实际增加的氮量(%) |
|------|------|----------|----------|-------|--------|----------|-----------|----------|----------|------------|
| 稻草堆肥 | 4/6 | 未腐解的原始材料 | 4.45 | 80 | 0.79 | 0 | 0 | 0.79 | 7.03 | 0 |
| | 30/6 | 经26日腐解 | 3.71 | 83.2 | 1.16 | 0.038 | 0.028 | 1.20 | 7.26 | 3.1 |
| | 27/7 | 经53日腐解 | 3.58 | 81.0 | 1.21 | 0.048 | 0.030 | 1.288 | 8.31 | 18.2 |
| 草炭堆肥 | 4/6 | 未腐解的原始材料 | 5.45 | 69 | 2.33 | 0 | 0 | 2.33 | 38.86 | 0 |
| | 30/6 | 经26日腐解 | 5.17 | 72 | 2.67 | 0.032 | 0 | 2.70 | 38.69 | -0.43 |
| | 27/7 | 经53日腐解 | 5.14 | 70.6 | 2.79 | 0.043 | 0 | 2.83 | 42.17 | 9.4 |

经过我们重复试验,第一明确了堆肥中总氮量的变化,在稻草堆肥中相对总氮量提高 63%,绝对总氮量只提高 18.2%;在草炭堆肥中相对总氮量提高 1.1%,绝对总氮量只降低 -0.43%;第二明确了堆肥肥分的损失途径,在中温情况下稻草堆肥肥分的主要损失途径是流失,而草炭堆肥则是以气态逸失,在高温火箭堆肥中也有同样的规律。

2. 在添加自生固氮菌的草炭堆肥处理中氮量没有显著的增加,很可能与磷肥之缺乏、

pH 偏低有关,利用磷粉石和石灰共同堆制就显得十分必要。

3. 水热条件也影响着微生物的生命活动和氮量的提高,試驗指出:温度过高(70—80℃)和水份过多(80%以上)都影响微生物的繁殖和有机质的轉化,比較适当的温度是60℃左右,水份是70%左右。

总 結

1. 利用农民冬季制造草炭堆肥的方法(火箭式造肥法),加以部分改进(添加稻草2.4%、杂草1.3%、70%的水份),在氮的相对含量上,草炭堆肥提高总氮量20—42%;同时在室温下杂草堆肥提高总氮量66%;稻草堆肥提高总氮量177%。在就地取材,开辟肥源提高草炭肥效上是有其经济价值,适于在东北地区推广应用。

2. 堆肥中的微生物(区系和优势微生物羣),不仅加速有机质的轉化,而且在它们的代謝产物中,含有对植物刺激的物质及防止植物病害的物质和特殊营养物质,是有机肥料独具的优点。

3. 在有机质轉化过程中,除营养条件外,水热条件具有主要調整微生物生命活动的作用,为控制有机质轉化过程的重要条件之一。

参 考 文 献

- [1] 中共清源县委农业生产跃进办公室編:1958. 清源人民公社草市分社英額門管理区利用草炭的积肥經驗。(未发表)
- [2] 坂野新夫:1951. 扎扎菌速成堆肥法. 东北农业, 1951年8月, 19—21.
- [3] 刘守初:1954. 細菌制造堆肥試驗. 农业学报, 5(1): 129—136.
- [4] 刘守初, 赵质培:1955. 用馬粪培养液接种制造高温堆肥. 农业学报, 6(1): 94—96.
- [5] 刘守初:1954. 半坑式通气性高温发酵制造堆肥法. 农业科学通訊, 3期, 134—136.
- [6] 刘守初:1954. 半坑式通气性高温发酵制造堆肥法的补充說明. 农业通訊, 6期 298頁.
- [7] 刘守初:1956. 高温堆肥研究. 华北农业科学研究所研究报告, 1期.
- [8] 黄炳玉, 周起华:1951. 高热纖維分解菌在农业上的应用及初步研究. 江西农林, 1(4): 38—41.
- [9] 婁隆后:1958. 高温堆肥中微生物学过程变化規律簡报. 土壤通报, 1958(5): 56.
- [10] 东北农科所:1957. 关于高温速成堆肥的几个問題. 东北农业科学通报, 90—96.
- [11] Н. А. Красильников:1958. 土壤微生物与高等植物.
- [12] Н. А. Красильников:1957. 細菌和放線菌的鑑定.
- [13] А. А. Имшенецкий:1953. 纖維素微生物学.
- [14] А. В. Рыбалкина:1957. 苏联欧洲部分的土壤微生物区系.
- [15] Е. И. 尼斯捷洛娃等:不同作物地上的細菌化堆肥的效果. 苏联农业科学, 1958年, 10期, 604頁.
- [16] Е. Ф. 別列佐娃等:1957. 用氮素提高堆肥的肥效. 苏联农业科学, 10期, 513頁.
- [17] М. X. 恰依拉汉:1959. 維生素对高等植物生长发育的影响. 农业科学, 2: 36頁.
- [18] К. Е. 奥夫查罗夫:1957. 植物生活中的維生素. 科学出版社.
- [19] Б. А. 魯 宾:1958. 現在植物生理学若干問題. 科学出版社.
- [20] С. С. Драгунов, Л. А. Христова 等:1957. 胡敏酸肥料及其应用的理論与实践.
- [21] A. Carl Leopold:1955. 生长素和植物的生长.

ИЗУЧЕНИЕ ПО ПРЕИМУЩЕСТВУ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ (I)

Лю Ци-сун, Лю Фэн-цун, Чэнь Энь-фун, Ли Фэн-цжень, Чжан Ли-сань,
Лю Цзюнь-ю, Чжоу Хуй-минь и Ли Цзя-цзао

(Резюме)

Во время большого скачка в сельском хозяйстве в 1958 году непрерывно появились чудеса в создании наиболее высоких урожаев. Коммунистическая партия и председатель Мао Цзэ-дун на основе обобщения сельскохозяйственного передового опыта установили так называемую "конституцию 8 пунктов". Из них 5 пунктов, т.е. пунктов о почве, удобрении, воде, семенах и загущенном посеве, имеет тесную связь с удобрением земли. Тем более считается, что внесение больших количеств органических удобрений является важным ключом в создании высоких урожаев. Таким образом, изучение по преимуществу органических удобрений в сельском хозяйстве стало одной из важнейших проблем в науке. Мы на основе крестьянского опыта разработали методику по повышению эффективности компостов и изучили их микрофлору и действие их биологических масс.

1. Частично усовершенствовали передовую крестьянскую методику по подготовке торфокомпостов в зимнее время, (так называемую методику по подготовке удобрений с ракетной скоростью). Усовершенствование заключается в следующих: добавление в торфокомпосты 2.4% соломы, 1.3% разных трав и 70% воды. В результате чего в относительном содержании азота, общий азот торфокомпостов повышается на 20—42%, а в условии помещения при постоянной температуре общий азот компостов из сорняков повышается на 66%, из соломы—на 177%. Все это дает большую возможность в широком использовании местного сырья для приготовления торфокомпостного удобрения и имеет экономическую ценность в повышении эффективности торфов. Разработанная методика по подготовке удобрения более целесообразно используется для Северо-востока Китая.

2. Микрофлора и группа преимущественных микроорганизмов в компостах не только ускоряют процесс превращения органических веществ, но в их метаболитах имеются еще вещества, стимулирующие рост растений и предохраняющие их от болезни, а также и специфические питательные вещества. Все они являются своеобразным достоинством органических удобрений.

3. В процессе превращения органических веществ наряду с питательными условиями водной и тепловой режимы играют важную роль в регулировании действия жизнедеятельности микроорганизмов, между тем они и являются одним из важнейших условий для регулирования процесса превращений органических веществ.