

架台式高溫堆肥試驗*

土化系 吳德敬執筆整理

一、試驗的意義

为了更好地貫徹党的教育方針，使教學、科研、生產三者密切結合，我們配合生產，根據學院具有的物質條件，同時考慮到我們廣東的氣候、地理等情況，進行了這次架台式高溫堆肥試驗，企圖找出合理堆制肥料的技术，和解決當前我院農業生產上所需的肥料問題。

本試驗的主要材料是干什草和塘泥，拌用不同配料。以不同原料比例和分層堆積及混合堆積的處理、以有通氣設備和沒有通氣設備的對照，摸索在廣東冬季條件下比較合理的什草高溫堆肥方法，以便推廣和利用。

要求試驗在一個月左右，使各項處理的堆肥一般達到腐熟或接近腐熟，趕上農時需要。

二、試驗設計

本試驗共分二組，所用材料及處理項目和方法如下：

(1) 第一組：①材料：採用干什草、塘泥、稀糞水、石灰、馬糞及硫酸銨和過磷酸鈣。草是有機質原料；塘泥主要是養分的吸收劑，同時帶有機質成分；稀糞水能提高堆體的速效氮素含量，改善細菌生活條件，同時帶有分解有機物的細菌；石灰能調節微生物生活的酸鹼環境，中和有機質分解時產生的有機酸；加馬糞主要是接種高溫好氣的纖維分解細菌，對分解較難的纖維素有特效作用，且增加了堆體肥分的含量；硫酸銨和過磷酸鈣，主要是解決細菌活動，特別是初期活動所需的氮、磷養分，並提高了堆肥的肥分。

②處理項目。

第一項：干什草(各層厚約40Cm) + 塘泥(各層厚約5Cm) + 石灰 + 馬糞 + 稀糞水。

* 本文是全院下放勞動鍛鍊期中土壤農化系留校師生下放學院農場所做的試驗研究經集體討論後由吳德敬執筆整理

第二項：干什草（各层厚約 40Cm）+塘泥（各层厚約 5Cm）+石灰+馬糞+稀糞水+ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4+\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 。

第三項：干什草（各层厚約 40Cm）+塘泥（各层厚約 5Cm）+石灰+稀糞水+ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4+\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 。

第四項：干什草（各层厚約 40Cm）+塘泥（各层厚約 5Cm）+馬糞+稀糞水+ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4+\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 。

第 1、2 項处理比較可以觀察 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 对堆肥的作用；第 2、3 項处理比較可以看出馬糞的作用；第 2、4 項处理比較可以看出石灰的作用；第 2 与第 3、4 項处理比較可以看出馬糞和石灰对堆肥的共同作用。

③堆制方法。

1.堆体的大小：以堆底为准，长 5M，寬 3M，高 1.5M，斜面上升，堆頂的面积約 $3\text{M} \times 1.5\text{M}$ 。

2.通气和保水保肥設備：每堆地基上开一个十字沟，沟深 5 寸寬 5 寸，长度在堆体的长方向上稍长于 5 M，在肥堆的横方向上稍长于 3 M，使露出堆体外面，方便通气；堆制前先在沟上架好竹枝或木枝，再用薄草鋪上，然后堆料，以防止坭草掉入沟內，阻碍通气。每堆豎立两条通气管，通气管用直径約 5 寸的禾稈束代替，使管束高出堆面，堆体的四週糊上坭土，約 1—2 寸厚，堆頂面四边稍糊一些，中間不糊代之以鸡蛋大小的干碎塘坭，約 10—20Cm 厚，以便淋水和吸肥。最后在四週約 1 米高的地方每隔 1 米左右向堆內与地面成 45 度的方向打一个洞，洞口的口径約 5—10Cm，洞口用坭作成半漏斗形，使能通气又便于管理和灌水。

3.堆制配料的用量；馬糞每堆用 400 市斤左右；石灰每堆用 40 市斤左右，分层薄散（不用水拌，因为石灰的溶解度小，以免施用不勻）；过磷酸鈣和硫酸銨每堆各用 5 市斤，以碎土粉混和后分层施用；20 公分厚 1 平方米的干草上洒稀糞水一担，以湿透干草不流出为宜。

4.材料堆放的先后秩序；坭→草→馬糞→稀糞水→配料（硫酸銨、过磷酸鈣、石灰）→坭。即是坭在底下先放，接着是草、馬糞、糞水，最后放配料。草的上下有坭对保肥比較好，馬糞与草接触有利纖維分解細菌的作用，先淋稀糞水后加配料則可以防止配料因水下淋而集中在下层，分佈不勻。

④檢查管理和化学分析：

1.堆积后約七天內每天檢查一次，以后隔三天檢查一次，每天下午进行檢查，檢查内容为晴雨情况、气温、堆体的温度、湿度、酸碱度和腐热情况，研究檢查結果及时进行管理，在一定時間內淋稀糞水，以增加养分，保持湿度，排除 CO_2 （二氧化碳）。

2.堆积过程中，要注意其湿度、温度、酸碱度和通气状况，經常保持湿润，及时灌稀糞水。（灌注日期和担数詳“試驗过程堆体变化情况”中的“湿度”栏）一般說堆制前期应保持較高温度和良好的透气环境，以加速有机物的分解，后期的温度会低些，透

气性也可以小些,如已完全腐熟,要造成嫌气环境(如压实、堵洞等)以利养分的保存。

3.应用前作一次詳細檢查,並平均取样分析,分析項目为水分含量、有机質、全氮量、速效磷、速效鉀和酸碱度,作为鑑別各种处理效果好坏的内容之一。

(2)第二組:①材料:除干什草、塘泥、稀糞水、过磷酸鈣外,还用血肥和土制鉀肥。血肥是我院磷細菌厂廢棄的磷細菌培养基,除含有多量的氮素成分外,还有分解磷素的磷細菌。土制鉀肥是用花崗岩、石灰、食盐等制造的,含鉀0.5—1.8%,也有石灰的性能。

②处理項目:

第一項:塘泥(各层厚約10Cm)+干什草(各层厚 20Cm)+糞水+血肥+土制鉀肥+ $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 。(分层堆积)

第二項:塘泥(各层厚約10Cm)+干草(各层厚 40Cm)+糞水+血肥+土制鉀肥+ $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 。(分层堆积)

第三項:塘泥(各层厚約10Cm)+干草(各层厚 60Cm)+糞水+血肥+土制鉀肥+ $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 。(分层堆积)

第四項:1份塘泥+1份干草+糞水+血肥+土制鉀肥+过磷酸鈣。(混合堆积)

第五項:塘泥、干草約各半+糞水+血肥+土制鉀肥+ $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 。(混合堆积,操作較粗造,不做通气設備)

第1、2、3項处理互相比較,可以看出坭草比例对堆肥的影响。第2、4項处理比較可以看出堆积方式不同对堆肥的关系。第五項处理操作較粗造,而且坭多,不做通气設備,使内外均造成不良的通气条件,因此与1、2、3、4項处理比較可以看出通气对堆肥的作用。

③堆制方法:

与第一組差不多,不同的是第五項处理不做通气設備,沒有十字沟、气洞和禾程束。同时每担稀糞水加一鉄鍬血肥(約3—4市斤)。土制鉀肥每堆用100市斤,分层施用。材料的堆放次序如坭→草→稀糞水拌血肥→配料(过磷酸鈣和土制鉀肥)→坭。不用馬糞和硫酸銨。

④檢查管理和化学分析。(同第一組)

三、試驗过程堆体的變化情况

試驗期間进行了廿一次檢查和最后一次的詳細檢查,分述于下。

(1)溫度:除第二組第五項处理以外,堆后第二天溫度均逐漸上昇,第8—14天各堆先后达到最高溫度,以后逐漸下降,(詳下面的溫度变化曲綫图)灌注稀糞水后,溫度則下降,隔二天溫度又回升,这說明堆肥还未完完全腐解;如果腐熟后淋糞水,例如第一組的第一項和第二組的第三項处理的后期,溫度就不会再回升了。溫度变化幅度最大的是第二組第三項处理,最高溫度达 57°C ,比气温高出 40°C 左右;其次是第一組的第

1、2項处理和第二組的第2、4項处理，溫度最高达 42°C — 46°C ，比气温高出 24°C — 32°C 。比較低的是第一組的第3、4項处理及第二組的第一項处理，最高溫度才 36°C — 38°C 。最低的是第二組的第五項处理，溫度几乎沒有变化，保持在 16°C 至 18.5°C 之間，处于近乎嫌气低温慢性分解过程。

(2) 溫度：初期，除第一組第4項处理較干潤以外，其他处理均处于湿润状态，堆积后第二天通气沟漬水，以后各堆均保持湿润状态，前后灌了三次稀粪水，第一次在1959.1.8.—10日，各堆灌七担，第二次在1959.1.21日，第三次在1959.1.25日，后二次各堆灌十担。

(3) 酸碱度：用泛用指示剂粗测，一般看来，未加石灰的酸度較大， $pH6.0$ — 6.8 ，(不算过大，这可能与所用的是干草材料有关)，其他各堆 $pH7$ — 8 之間。

(4) 腐熟变化情况：各堆中以第一組的第1、2項和第二組的第2、3处理的腐熟开始較早，特别是第一組的第一項处理，堆后第八天就有腐熟现象，最后检查时也是腐熟較好。

(5) 气候状况：試驗期間有三次寒潮侵袭广东，发生过二次霜冻，其他時間大气溫度一般是 12°C — 16°C 。全为晴天和阴天，沒有下雨。多为东北冷风，有时无风，风力最大达3—4級。

四、試驗結果

試驗由1958.12.26—28日先后堆成至1959.1.31日結束，茲将最后一次檢查的物理分析和化学分析結果分述于下。

(1) 第一組

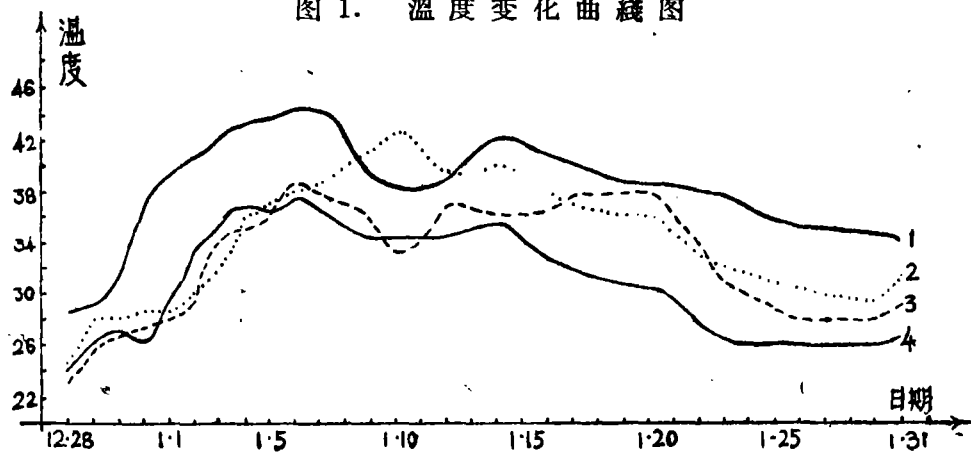
表1 現場記錄表

处 理 項 目	顏 色	气 溫	堆內溫度(由上至下60—100cm)	酸 碱 度 (pH)	湿 度	腐熟狀況
(1) 干什草+塘泥+石灰+馬糞+稀糞水	暗黑色	16.5°C	34°C	7	湿 潤	完全腐熟
(2) 干什草+塘泥+石灰+馬糞+稀糞水+ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$	暗黑色	16°C	33°C	7	湿	接近完全腐熟
(3) 干什草+塘泥+石灰+稀糞水+ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$	黃褐色	15.8°C	29°C	6.5	干 潤	半腐熟
(4) 干什草+塘泥+馬糞+稀糞水+ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$	黃黑色	16.8°C	27°C	6.5	湿 潤	超半腐熟

〔註〕腐熟狀況分級标准如下：

1. 完全腐熟：暗黑色，捏之成团，撕之易烂。
2. 接近完全腐熟：褐黑色，較松，叶及嫩枝已腐熟，但有少許腐熟不全的桿枝。
3. 超半腐熟：黃黑色，腐熟不全的桿枝較多，压之較松，拉之比較易断。
4. 半腐熟：黃褐色，材料拉之比較难断，保持原样較全。
5. 不腐熟：从顏色及形态上均較完全地保持原来材料的狀況。

图 1. 温度变化曲线图



〔計〕① 1, 2, 3, 4 分別代表上表的第一、二、三、四項處理。

② 本圖解釋見上節溫度一栏及下面的討論中。

表 2 化 学 分 析 表

处 理	取样时含水量 %	有机质 %	全 氮 %	速效磷 %	速效钾 %
(1) 干什草+塘泥+石灰+馬粪+稀粪水	37.82	8.98	0.475	0.720	0.350
(2) 干什草+塘泥+石灰+馬粪+稀粪水+(NH ₄) ₂ SO ₄ +CaH ₄ (PO ₄) ₂	41.80	6.216	0.388	0.131	0.120
(3) 干什草+塘泥+石灰+稀粪水+(NH ₄) ₂ SO ₄ +CaH ₄ (PO ₄) ₂	26.30	7.67	0.360	0.097	0.180
(4) 干什草+塘泥+馬粪+稀粪水+(NH ₄) ₂ SO ₄ +CaH ₄ (PO ₄) ₂	31.60	6.62	0.339	0.046	0.239

从以上各图表可以看出，第一、二項處理比第三、四項處理好，溫度升高較快也較高，腐熟較早較好，化学分析結果及表面觀察的顏色和腐熟性狀都說明了這一點。

(2) 第二組

表 3 現 場 記 录 表

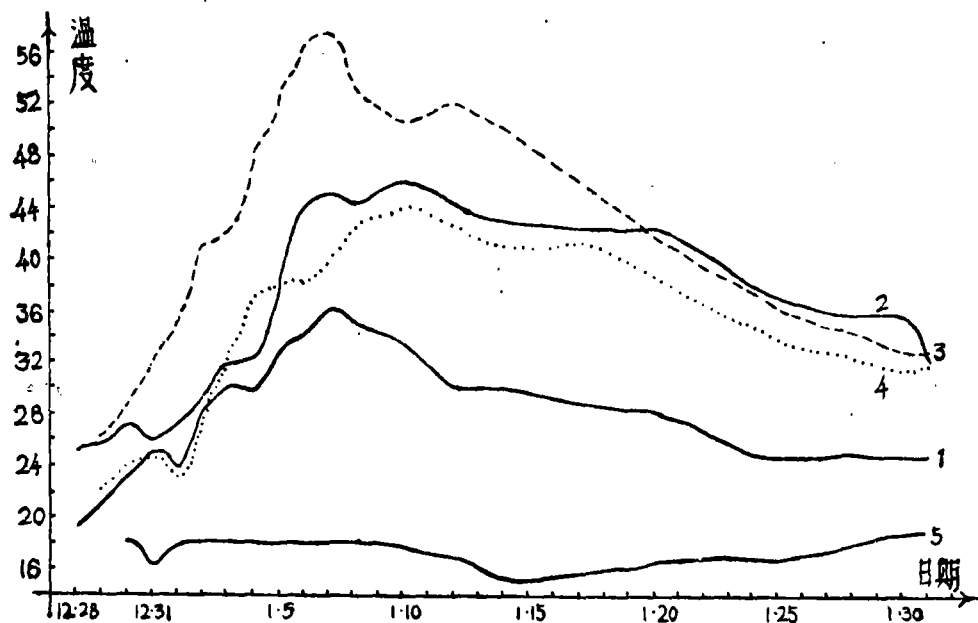
处 理 項 目	顏 色	气 溫	堆內溫度(由上至下60—100cm)	酸碱度 (PH)	湿 度	腐熟狀況
(1) 1份塘泥2份干什草+粪水+血肥+土制鉀肥+CaH ₄ (PO ₄) ₂ 。(分层堆积)	褐 色	19.5°C	25°C	6.8	潤	超半腐熟
(2) 1份塘泥4份干什草，其他材料同上。(分层堆积)	褐 黑	19°C	32°C	6.8	湿 潤	接近完全腐熟
(3) 1份塘泥6份干什草，其他材料同上。(分层堆积)	褐 黑	18.5°C	35°C	7	潤	接近完全腐熟
(4) 1份塘泥4份干什草，其他材料同上。(混合堆积)	黃 褐	16°C	33°C	6.5	潤	半腐熟
(5) 1份塘泥1份干什草，其他材料同上。(混合堆积，操作粗造，不做通氣設備)	黃 褐	18°C	18.5°C	6.5	潤	接近半腐熟

表 4

化 学 分 析 表

处 理	取样时含水量 %	有机质 %	全 氮 %	速 效 磷 %	速 效 钾 %
(1) 1份塘泥2份干什草+粪水+血肥+土制钾肥+CaH ₄ (PO ₄) ₂ (分层堆积)	36.10	6.108	0.116	0.042	0.113
(2) 1份塘泥4份干什草, 其他材料同上。(分层堆积)	36.40	6.968	0.343	0.036	0.236
(3) 1份塘泥6份干什草, 其他材料同上。(分层堆积)	31.40	10.12	0.328	0.045	0.205
(4) 1份塘泥4份干什草, 其他材料同上(混合堆积)	35.40	5.774	0.347	0.047	0.189
(5) 1份塘泥1份干什草, 其他材料同上。(混合堆积, 操作粗放, 不做通气设备)	30.2	4.978	0.377	0.0235	0.130

图 2. 温度变化曲线图



〔註〕①图中的1.2.3.4.5分别代表上表第一、二、三、四、五项处理。

②本图解解释见上节温度一栏及下面讨论中。

由上列各图表的记载可以看出, 第三项处理最好, 温度变化高而快, 分析结果及表面颜色和腐熟性状都好; 相反, 第五项处理则较差。

五、討 論

根据試驗过程及試驗結果看来，可以論証許多問題，以及一些新的現象：

(1) 關於完全材料堆積和不完全材料堆制效果的对比問題

从第一組試驗的相互比較中可以看出，其中的第三、四項处理是不完全的，缺乏馬糞或石灰与这組的第一、二項堆肥比較，腐熟程度差，速效养分含量較少，酸度稍大，溫度升高也較低，这就显示了馬糞和石灰的共同作用，不过据我們看来，各堆約 400 担的堆積量中，才加 400 斤左右馬糞，只占 1%，用量可能少了一些，不然，对照就会更加明显。

附羊屎堆肥情况：在同样的時間、地理、气候条件下，我們做了一堆羊糞堆肥，材料約羊糞 2 份干稻草 1 份，堆体长 6 米，寬 2 米，高 1 米，通气、水湿等情况与堆肥試驗相同，堆后第三天溫度已达 60°C 还多，到第八天，溫度仍很高，原来的干硬稻稈已呈棕褐色，很軟爛，接近完全腐熟的状态。由此看来，羊糞的效果並不亚于馬糞，同时也說明在堆肥中接种热性肥料（富含高溫好气分解細菌）多一些，其效果也会更好一些。惜堆后第十天因急用来不及作物理檢查、化學分析和微生物分析。

(2) 關於无机速效肥料在堆肥中的效用問題

从第一組的第一、二項堆肥可以看出，虽然腐熟情况和溫度变化方面第二項比第一項差些，但相差无几，最高溫度相似，而且最后檢查时发现第一項处理的干草較柔軟，第二項的較硬，矽質和纖維較多，从剖面的层次看来，第二項用坭稍多一些，可以想像第二項的通气也不会比第一項好，由这些情况来看，第二項的腐熟幅度上是比第一項大的，所以从試驗情况和理論分析上都可以認為无机速效肥料在堆肥上的作用是肯定的。但是由于試驗量大，所用材料多，难于做到絕對完全一致，並发现 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 $\text{CaH}_2(\text{PO}_4)_2$ 的用量不够，才 1/4000 左右，可以用 1/1000 的分量，甚致更多一些。

(3) 關於坭草比例的問題

第二組的各项处理試驗可以知道，草較多的效果也較好，例如其中的第二項和第三項处理，特別是第三項，溫度上升得最快最高，腐熟情况也較好，相反第一項处理則較差。其原因是草多，則有机質較多，发热量大，同时草多坭少，則通气也較好，因此微生物活动的条件較优越，堆肥的腐解程度也就高了。

(4) 關於混合堆積和分層堆積的問題

一般說来在不妨碍通气的条件下，混合堆积是可以的，因为这样会使各种材料混合均匀，接触較多，对微生物的腐解作用及养分的供应和保存上都会有好处。但現在我們試驗的結果是混合堆积的比分层堆积的差，例如第二組的第二、三項与第四、五項处理相比，其腐熟程度上，速效养分含量上，特別是第五項处理的溫度变化上，都有明显的差異。因为坭土干时过分松細，湿润則粘实，影响通气条件，这說明材料的混合要做到不妨碍通气，不然就会得出相反的結果。

(5) 關於通氣設備的問題

第二組第五項堆肥處理在通氣問題上表現最突出；堆積時，我們不單不做通氣設備，而且泥多且碎，內外均造成接近嫌氣條件，因此好氣微生物活動差，溫度低，腐熟非常緩慢；就堆體本身各部分比較起來，頂上部通氣水濕狀況較良，腐熟就比中下部好。所以通氣設備對速成堆肥，特別是冬天的高溫速成堆肥是很重要的。

(6) 關於堆肥溫度的變化問題

高溫速成堆肥，溫度高是其主要特徵，但不是唯一鑑別腐熟情況的條件，腐熟好壞決定於物理的和化學的各種分析結果，加以綜合鑑定。因為溫度的升高與原料的性質、有機質的多少、高溫好氣纖維分解細菌菌劑的多少、養分、水分和通氣狀況、以及酸鹼度的變化都有關係；例如第二組第三項處理的溫度較高，但其腐熟程度並不比第一組的第一項處理好，相差不多。要說明的是，這種分析並不貶低溫度因素在速成堆肥中的主要作用，堆體的溫度高，說明微生物活動良好，腐解能力強，適當的高溫，對速成堆肥是很必要的。所以在堆肥時要想盡辦法創造高溫好氣微生物的生長條件。

這次的堆肥試驗中最高溫度沒有超過 60°C ，這與干草作原料有關，如果是新鮮材料，溫度肯定会昇得更高。

(7) 管理問題

堆肥的好壞與管理工作有密切關係，因為堆積時間長了，氣候不同，最初堆積時的濕度、 pH 、通氣、養分供給雖然做得好，但也會變化的。在未完全腐解之前，要注意保持高溫分解的良好條件，其中水分是重要的，濕度也最易變化，我們的堆肥中有個別局部的地方未淋到水，材料完全保持原來的狀況，沒有變化。所以經常保持水分狀況良好，是管理工作中的主要事項之一。

六、總 結

(1) 試驗結果對比說明，第一組中以第一項處理（干什草 + 塘泥 + 石灰 + 馬糞 + 稀糞水）和第二項處理（干什草 + 塘泥 + 石灰 + 馬糞 + 稀糞水 + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ ）較好。第二組中以第二項處理（干什草各層厚 40cm + 塘泥各層厚 10cm + 稀糞水 + 血肥 + 土制鉀肥 + 過磷酸鈣，分層堆積）和第三項處理（干什草，各層厚 60cm + 塘泥各層厚 10cm + 稀糞水 + 血肥 + 土制鉀肥 + 過磷酸鈣，分層堆積）較好。第五項處理（塘泥、干什草約各半 + 稀糞水 + 血肥 + 土制鉀肥 + $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ ，混合堆積，操作較粗造，不做通氣設備）則最差。完全材料堆積比不完全材料堆積較好，草多的較草少的好，分層堆的比混合堆的好，通氣的比不通氣的好。

(2) 試驗證明，在南方冬天的地理氣候條件下，高溫速成堆肥是完全可以做到的，堆制時間不長，質量又好，經濟方便，是擴充肥源，製造土什肥的好方法之一。但堆制和管理必須合乎科學要求，任何一項工作環節粗造了，都不會達到應有的效果，必須注意創造堆制前期的高溫分解條件。

(3) 試驗証明，在高溫堆肥中接種高溫好氣分解細菌，在南方也是有效果的，但要加得多些，微生物活動條件良好時，方有顯著作用。如果用馬糞、牛屎等做接種劑，且有條件的話（數量來源多），它們的用量與什草葉稈等材料的比例可以1:2甚至1:1。我們在實踐工作中發現，過去不大引人注意的羊糞在堆肥上有良好的用途。

(4) 試驗說明，創造水分、酸鹼度方面的好條件，對促進微生物的活動及提高堆肥質量是很重要的。速效無機化肥對堆肥的作用是肯定的。

(5) 試驗情況說明，柔軟的矽質纖維少的材料比硬的矽質纖維多的材料更好用作堆肥材料。

最後，我們覺得堆制肥料上還有許多問題需要研究，例如微生物特別是細菌肥料在堆肥中的作用方面；是很值得重視的，有關堆肥的問題，我們正在作進一步的研究。

科學討論消息

我院和廣東農業科學研究所聯合舉行科學討論會，決定於九月十四日，採取報告會和專題討論會相結合的形式。現已提出七十多篇論文作報告，還決定了八個專題討論；這些討論都是目前較重大而又爭論多的問題，包括“水稻的合理密植、施肥問題”“水稻遠緣什交問題”“粳稻方面的問題”“防治病蟲害的土農藥問題”“稻瘟病問題”“豬的肥育問題”“豬病毒性肺炎的問題”“栽桑適度密植的問題”等。報告會的報告人正在積極準備材料，寫成論文摘要。專題討論也正在指定中心發言人準備發言。這次討論會不僅我們兩單位的師生職工參加，還特別邀請一些土專家和農業有關部門、暨我院各分院派人出席，以便搜集更多的資料和意見，使會議開得更好，對今後農業生產能起一定的積極推動作用。