



玉米秸秆: 用来调节堆肥的水分和碳氮比。该材料来自养牛场切碎后的青贮饲料, 经晒干后使用。试验材料的基本理化性状见表 1。

表 1 供试堆肥材料的主要理化性状

原料	有机碳 (g/kg)	水分 (g/kg)	pH	TN (g/kg)	C/N
牛粪	316	765	8.3	19.1	16
玉米秸秆	432	380	5.6	6.7	64

1.2 试验设计

不同物料配比对堆肥的影响: 将牛粪与秸秆按比例 10 : 0(ck), 8 : 2, 6 : 4, 4 : 6, 2 : 8 混合均匀。堆成 5 堆, 堆体的长、宽、高分别为 1.5m, 1.5m, 1.0m。每周翻堆一次, 堆肥时间为 30d。每隔 1d 测定堆体温度, 以堆体前、后、左、右和中心 5 点温度的平均值作为堆体的发酵温度。测量时温度计插入堆体表面 25cm 以下, 同时记录周围环境温度。

1.3 采样及测定

采样: 分别于堆制开始后第 1, 7, 14, 17, 20, 23, 26, 29 天从堆体前后左右和中心 5 点采样。取样后带回实验室立即测定。

pH 值测定: 取混合后的样品, 用去离子水按粪水比 1 : 10 浸提 1h, 用 pH 计测定悬浮液的 pH 值。

水分测定 : 在 105℃下烘 24h 至恒重, 冷却后测定其含水量。

种子发芽指数: 于培养皿内垫上一张滤纸, 均匀放入 10 粒郑白 4 号白菜籽, 吸取 5.0ml 堆肥浸提液(水 : 堆肥 = 5 : 1)于培养皿中, 以蒸馏水作对照, 每个处理 3 次重复, 在 25℃恒温培养箱中培养 24h, 测定种子发芽率和根长, 然后按以下公式计算种子的发芽指数。

发芽指数(GI)= $\frac{\text{处理的发芽率} \times \text{处理的平均根长}}{\text{空白的发芽率} \times \text{空白的平均根长}} \times 100\%$

2 结果与分析

2.1 不同原料配比对堆肥温度的影响

在牛粪与玉米秸秆不同配比条件下, 温度在堆肥过程中的变化具有明显的差异。其中以牛粪与秸秆 4 : 6 配比升温最快, 3d 达到 50℃, 且高温维持时间为 16d, 最高温度达 71℃(表 2)。其次为 2 : 8 和 6 : 4 配比, 到达高温时间分别为 5d 和 6d, 高温维持时间均为 13d, 最高温度均为 68.2℃。而 8 : 2 和对照处理(10 : 0)升温较为缓慢, 分别于 15d 和 23d 到达高温阶段, 高温期为 10d 和 5d, 最高温度为

66.2℃和 59℃。其原因可能与 8 : 2 和对照处理湿度较高有关。

表 2 牛粪与秸秆不同配比对堆肥温度变化的影响

牛粪与秸秆 不同配比 (v/v)	最高 温度 (℃)	到达 50℃ 所需天数 (d)	50℃以上高 温维持天数 (d)	完成温变过程 降到 40℃以下 所需天数 (d)
10 : 0	59.0	23	5	> 30
8 : 2	66.2	15	10	28
6 : 4	68.2	6	13	24
4 : 6	71.0	3	16	22
2 : 8	68.2	5	13	17

2.2 不同原料配比对堆肥含水率的影响

水分是影响堆肥效果的重要参数。本试验选用的新鲜牛粪初始含水量为 76.5%, 加入不同比例的秸秆后, 堆肥含水率分别调整到 73.5%(8 : 2), 69.7%(6 : 4), 66.4%(4 : 6)和 63.3%(2 : 8)。随着堆肥的进行, 各堆肥的含水率总体呈下降趋势(图 1)。堆制结束时, 除对照(10 : 0)外, 各堆体的含水率分别为 59.8%(8 : 2), 50%(6 : 4), 43.9%(4 : 6)和 40.5%(2 : 8), 含水量减少了 13.7 个百分点(8 : 2), 19.7 个百分点(6 : 4), 22.5 个百分点(4 : 6), 22.8 个百分点(2 : 8)。含水率的降低, 一方面与堆体的温度和高温维持时间有关, 另一方面也与秸秆的添加量有关。秸秆所占的比例越大, 透气性越好, 越有利于气体的蒸发和散失。但当含水率降低到低于 50% 时, 微生物的活动受到抑制<sup>[4]</sup>, 影响堆肥的进行。因此, 堆制过程中应注意含水率的变化, 适时地调整含水量, 创造出好氧微生物适宜的生长条件, 才能达到高温堆肥的目的。对照处理(10 : 0)在堆肥初期其含水率先略有升高, 而后又缓慢降低, 这可能是由于堆体原料的初始含水量较高, 有机物厌氧分解产生一定的水分所致。而后, 随着堆体温度的升高, 堆体含水率开始降低, 但由于堆体的

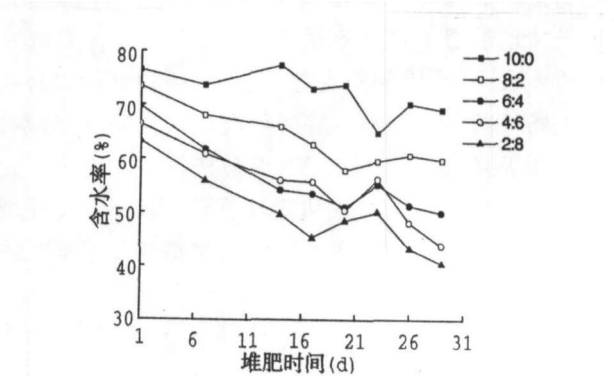


图 1 不同物料配比对堆肥含水率的影响

温度偏低,水分的挥发较少,堆制结束时含水率仅减少了7.3个百分点。

2.3 不同原料配比 对堆肥 pH 的影响

pH 的变化是反映堆肥过程的重要参数。如图2所示,在配比10 : 0和8 : 2条件下,堆肥的pH 呈先下降后升高再回落的趋势。pH 值在起始时的降低与堆体含水量偏高,有机物厌氧发酵产生的有机酸的积累有关;而后随着有机酸的分解,氨氮的产生,堆体的pH 值开始上升;堆制后期,由于氨氮的挥发,堆体的pH 值又逐渐回落。其他配比堆体的pH 在堆制初期没有出现pH 值下降趋势,反而呈上升趋势,说明在堆制初期没有出现因厌氧导致有机酸的积累。至堆肥结束时,所有处理的pH 值在8.0 ~8.4,各处理之间差异不大,符合腐熟堆肥pH 值在8.0~9.0的标准<sup>[9]</sup>。

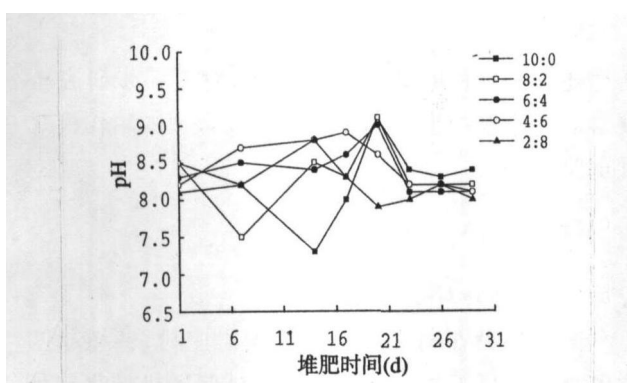


图2 不同物料配比对堆肥 pH 的影响

2.4 不同原料配比 对堆肥发芽指数的影响

堆肥腐熟度是影响堆肥品质主要因素之一,用生物学方法测定堆肥的植物毒性是检验堆肥腐熟度的有效方法<sup>[9]</sup>。发芽指数(GI)是通过检验堆肥对植物发芽是否产生抑制作用来评价堆肥无害化、稳定化程度的指标,它不但能检测堆肥样品的植物毒性水平,而且能预测堆肥植物毒性的变化<sup>[7]</sup>。由图3可知,在堆制初期,种子发芽指数先略有下降,由开始的22.2%~28.6%下降到17.1%~23.5%(第7天),这可能与微生物分解有机物质产生的小分子有机酸或NH<sub>3</sub>的释放有关<sup>[8]</sup>。而后,随着堆肥的进行,种子的发芽指数迅速提高,尤其以4 : 6和6 : 4配比上升最快,到堆肥结束时,种子的发芽指数分别为81.6%和80.5%;其他配比种子的发芽指数则分别为53.4%(10 : 0),65.8%(8 : 2)和65.3%(2 : 8)。在一般情况下,当发芽指数达到80%时,可认为堆肥已没有植物毒性或者说堆肥已经腐熟<sup>[9]</sup>;但也有人认为,水蓼种子发芽指数(GI)达到或超过50%时,就可以认为堆肥已基本腐熟,对于

种子的发芽基本无毒性<sup>[10]</sup>。而本试验采用的为白菜种子,为安全起见,我们以发芽率为80%作为堆肥的评价指标。因此,至堆肥结束时(即29d),只有4 : 6和6 : 4配比的堆肥达到腐熟。

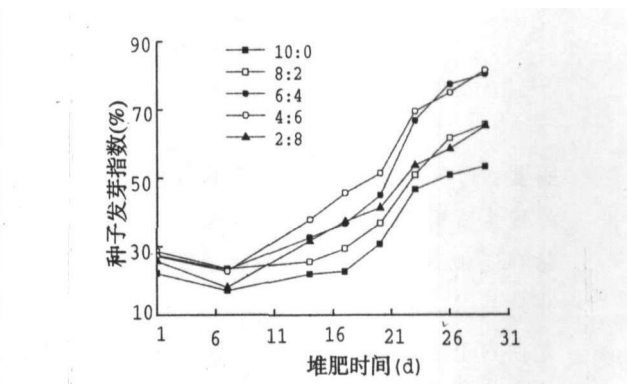


图3 不同物料配比对堆肥白菜种子发芽指数的影响

3 讨论

近年来,由于人们重视化肥而忽略有机肥的使用,使得土壤中的有机质严重匮乏,土壤质量下降,另一方面,农业与畜牧业的大力发展又产生大量的农业废弃物,如秸秆和粪便却因焚烧和任意堆放而污染环境,而通过堆肥实现有机废物的还田无疑是解决这一问题的最好途径。但单一的秸秆和粪便堆肥时间长,效果差,难以满足卫生要求。其主要原因是秸秆C/N对微生物生长偏高,而粪便的C/N偏低。因此,二者结合可以满足微生物对C/N的要求,本研究结果表明,二者适宜的配比以40%~60%为宜,在此条件下微生物的活性较高,升温快,高温期长,杀菌彻底,腐熟时间缩短,29d即达到腐熟,可满足快速堆肥化的要求。而单一牛粪堆肥因其含水量高,C/N低,微生物的活性受到抑制,升温速度明显缓慢,且高温时间只有5d,难以满足堆肥无害化的要求。因此,将畜禽粪便与秸秆以适当的比例混合堆肥,是一条既简便又快速的堆肥方法。

参考文献:

[1] Hoitink H A J, Boehm M J. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate dependent phenomenon [J]. Annual Review of Phytopathology, 1999, 37: 427 - 446.

[2] 道宗直昭, 福森功, 古田隆司. 畜产现象的恶臭、污水的消除 [J]. 机械化与农业, 2000(12): 18 - 21.

[3] 日本中央畜产会. 畜产养殖场的产生与防止对策 [M]. 东京: 日本农林弘济服务株式会社出版, 1990.

# 秸秆还田与耕作方式对土壤酶活性动态变化的影响

李春霞<sup>1,2</sup>, 陈 阜<sup>1\*</sup>, 王俊忠<sup>3</sup>, 李友军<sup>2</sup>, 付国占<sup>2</sup>, 陈明灿<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471003;

3. 河南省农业技术推广总站, 河南 郑州 453000)

**摘要:** 为研究土壤酶活性在不同耕作措施下随作物生长的动态变化, 于小麦、玉米生育期内测定了关键生育时期各处理的土壤酶活性, 结果表明: 随着作物的生长, 秸秆不还田深翻、秸秆还田深翻、秸秆还田旋耕处理的过氧化氢酶活性均呈先升后降趋势; 磷酸酶活性在小麦生育期内呈现先降后升的趋势, 而在玉米生育期内则呈上升趋势; 转化酶活性在小麦生育期内呈上升趋势, 而在玉米生育期内则表现为先升后降。深耕秸秆还田处理和旋耕秸秆还田处理能提高磷酸酶和转化酶活性, 过氧化氢酶活性在作物同一关键生育期内, 各处理间没有明显差异。

**关键词:** 土壤酶; 活性; 小麦; 玉米; 秸秆还田

**中图分类号:** S141.4, S341.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004 - 3268(2006)11 - 0068 - 03

土壤酶在土壤生态系统的物质循环和能量转化中起着非常重要的作用, 它催化土壤中的一切生物化学反应, 其活性大小是土壤肥力的重要标志<sup>[1]</sup>, 反映土壤中各种生物化学过程的强度和方向<sup>[2]</sup>。关于土壤酶活性与肥力的关系、秸秆还田对土壤酶活性的影响已有不少报道, 但主要集中在水稻和玉米上<sup>[3~12]</sup>。对高产田秸秆还田后, 土壤酶活性的变化情况报道的较少, 尤其是对高产田秸秆还田后, 小麦—玉米两熟制模式下, 土壤酶活性随作物生长变化情况的报道就更少。本试验主要研究了粮食主产区, 高产田秸秆还田后, 小麦—玉米两熟制模式下, 不同耕作措施的田块内小麦、玉米生育期间土壤酶

活性随作物生长的动态变化规律, 对进一步研究土壤酶活性与作物生长的相关性以及合理的轮作模式有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与 设计

试验地设在河南省修武县大梁庄村, 种植制度为冬小麦—夏玉米一年两熟制。试验区机械化秸秆还田已实行 4 年, 土壤类型为壤土, 供试品种小麦为温麦新系(半冬性), 玉米为郑单 958。试验设 3 个处理, 每个处理的面积为 0.3hm<sup>2</sup>。(1) 秸秆不还田深翻( pb ), 即对照, 玉米人工收获后, 将秸秆运出,

收稿日期: 2006 - 05 - 31  
基金项目: 国家重大科技专项资助项目( 2004BA 520A 14)  
作者简介: 李春霞( 1969 - ), 女, 河南宜阳人, 讲师, 硕士, 主要从事土壤耕作方面的教学与科研工作。  
通讯作者: 陈 阜( 1964 - ), 男, 山西浑源人, 教授, 博士, 主要从事农作制度研究。

[ 4 ] Tiquia S M, Tam N F Y, Hodgkiss I J. Microbial activities during composting of spent pig manure sawdust litter at different moisture contents[ J ]. Bioresource Technology, 1996, 55: 201 - 206.

[ 5 ] 李艳霞, 王敏健, 王菊思. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度参数及指标[ J ]. 环境科学, 1999, 20(2): 98 - 103.

[ 6 ] Wang P, Changa C M, Watson M E, et al. Maturity indices for composted dairy and pig manures[ J ]. Soil Biology and Biochemistry, 2004, 36: 767 - 776.

[ 7 ] 黄国锋, 吴启堂, 孟庆强, 等. 猪粪堆肥化处理的物质变化及腐熟度评价[ J ]. 华南农业大学学报, 2002, 23( 3): 1 - 4.

[ 8 ] Fang M, Wong J W C. Effects of lime amendment on availability of heavy metals and maturation in sewage sludge composting[ J ]. Environmental Pollution, 1999, 106: 83 - 89.

[ 9 ] Tiquia S M, Tam N F Y, Hodgkiss I J. Effect of composting on phytotoxicity of spent pig manure sawdust litter[ J ]. Environ Pollut, 1996, 93: 249 - 256.

[ 10 ] Zucconi F, Forte M, Monac A, et al. Biological evaluation of compost maturity[ J ]. Biocycle, 1981, 22: 27 - 29.