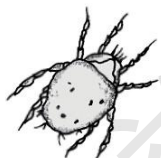


《土壤健康指南》第十一部分

《有机物料堆肥操作指南》



美国农业部

《土壤健康管理指南》



山东益禾箭生物技术有限公司 编译

《粪肥和其他有机物料的堆肥操作指南》

堆肥法在内布拉斯加州越来越普遍。本指南提供有关堆肥过程及相关问题的资料。

堆肥过程

堆肥是在高温(40—65℃)范围内对肥料或其他有机物进行有氧分解。堆肥材料是无味的，质地细腻，低水分的。它可装袋、出售，用于园林或苗圃，或用作农田的肥料，其气味和苍蝇繁殖潜力要小。通过减少其体积和重量，堆肥改善了任何有机残留物的处理特性。堆肥可以杀死病原体和杂草种子。

有机残留物堆肥的缺点包括，氮和其他营养物质的损失、处理时间、处理设备的成本，用来堆肥的土地、气味、市场营销、粪肥或残渣从农田的转移、失去农场等级的风险，以及有效营养物质的缓慢释放。在一项为期三年的内布拉斯加



州研究中，多达 40%的牛肉饲养场粪肥氮和 60%的碳，由于堆肥而散失到大气中。在高降雨量的堆肥期间，钠(Na)和钾(K)的径流和淋失量也很高(分别超过 6.5%)。通过掺入高碳材料(叶片、植物渣、纸张、木屑等)来提高碳氮比，可以减少氮素的损失。在另一项研究中，当碳氮比从 15 增加到 20 时，在 55 加仑的反应器中

堆肥家禽粪便时，发现氮流失减少了 30%。由于堆肥过程中氮、碳和钾的损失，除非考虑到改善肥料特性、杀死杂草种子和病原体或减少气味问题，否则更可取的做法是直接使用肥料作为营养源。

温度、含水量、碳氮比、pH 值、曝气率和有机物的物理结构是影响堆肥速度和效率的重要因素。表一给出了这些因素的理想值。均匀的固体粪肥可以单独堆肥而不与填充物料混合。当固体粪肥或其他有机残留物太湿，不能维持堆肥垛内空气时，需要填充剂来提供结构支撑图 1 所示，以减少水分含量或/和改变碳氮比。干燥的纤维性材料，如锯末、树叶、切碎的稻草或泥炭苔藓，是湿粪肥或有机残留物堆肥的良好填充剂。

温度是衡量堆肥过程进行的怎么样的最常见指标。提高温度是必要的，以消灭在粪便或其他有机材料中的病原体和杂草种子。美国环境保护署 (EPA) 关于堆肥城市垃圾的条例要求温度保持在 55℃或以上至少三天，以消灭病原体。堆肥堆内的温度需要达到 145°F（62℃多）才能消灭杂草种子。根据外部环境温度的不同，一个完整的堆肥过程可能需要两到六个月。成熟堆肥的含水量应小于 50%，

表 1。快速堆肥的推荐条件		
条件	合理范围	优选范围
碳氮比	20:1-40:1	25:1-30:1
含水量	40-65%	50-60%
氧气浓度	5%	5-15%
粒径	1/8-1/2 英寸	依具体原料而定
pH	5.5-9.0	6.5-8.0
温度	110-150	130-140
注意：这些条件适合快速堆肥。在这些范围之外的条件也可以产生成功的堆肥。		

最好在 30%至 35%之间。C:N 比率应该小于 20。

堆肥方法

有许多堆腐有机材料的方法(图 1 和图 2)。这些包括, 活性条垛料堆法(需要翻转), 被动堆肥堆, 被动地充气料堆(通过嵌入在料堆内的多孔管道供应空气), 主动充气料堆(强制通气), 垃圾箱, 矩形搅动床, 筒仓, 旋转鼓、容器、厌氧消化、蚯蚓粪。

由于不同种类禽畜的粪便特性及处理系统各不相同, 本报告将分别分析每一种禽畜的堆肥处理过程。其他部分将在其他有机残留物的堆肥中描述。

养牛场

内布拉斯加州约有 250 万头牛和犊牛在食用谷物和浓缩饲料。通常在中部和南部大平原, 从牛肉饲养场刮出的粪便中有 50%是泥土。表二列出了每单位动物每天产生的粪便量。当饲养场刮料时, 每头奶牛每天可收集约 14.2 磅干粪/土混



合物。每年有 500-600 万吨的肥料(干重)可用于土地或在内布拉斯加州进行堆肥(假设每只动物的平均重量约为 800 磅)。表三列出了从养牛场收集粪肥的特性。从饲养点收集的粪肥可以按原样堆肥(不加膨松剂)或添加高碳材料(表四), 以增

加碳氮比，减少氮流失。根据环境温度的不同，饲养场肥料可以在 60–120 天内制成堆肥。条垛堆肥是肉牛饲料场最常用的堆肥方法。条垛应该 3–6 英尺高，8–12 英尺宽。用条垛翻堆机或前装载机翻堆。

表 2。 每 1,000 磅动物产生的粪便量/天。		
牲畜	湿料量 (lb) *	干料重 (lb)
架子牛	52.0	7.1
乳牛	78.0	10.7
猪 (100 磅猪)	88.4	8.1
肉鸡	87.9	24.4
蛋鸡	72.7	17.8
火鸡	55.0	12.3
山羊	39.0	11.3
马	54.0	16.5
资料来源是家畜废物管理，卷 I.， M.R. Overcash, F.J. Humenik 和 J.R. Miner, 1983, CRC 出版社，博卡拉顿，佛罗里达州。 *尿液和粪便。		

养猪场

表二和表三列出了猪粪的产生和特性。从圈养建筑中收集的猪粪主要包括粪便、尿液、废水和饲料。从带有机刮土器的深坑和浅坑内或重力式排水沟内收集的粪便固体含量为 2–8%，而冲洗系统收集的粪便较稀，固体含量低于 2%。对于堆肥，粪肥固体需要从液体中分离出来。压力机和离心机有更高的分离效率，产生比筛网更干燥的固体。在分离前加入聚电解质和有机聚合物等絮凝剂对浆液进行预处理，可以显著提高分离效率。如果在堆肥堆中加入高碳堆积材料，也可以将高含水量的粪肥制成堆肥。一些填充材料的特性见表四。填充材料加入猪粪后，可以在 3 英尺高、10 英尺宽的垄沟中进行堆肥。可能需要经常翻动，以使物料干燥，提高堆肥堆内的温度并减少气味。

奶牛场

从饲养、躺卧和挤奶房收集的粪可肥以制成堆肥。在乳制品生产过程中收集的粪便含有 75– 95%的水，需要脱水或添加适当的其他堆肥材料。用于猪粪脱水

表 3。来自家畜品种的肥料特性范围。					
特性	N	p	含水量	C/N	pH
	-----%				
肉牛饲养场	0.2–3.0	0.1–1.2	20–80	10:1–20:1	6–8
乳牛	0.3–0.5	0.1–0.2	70–85	15:1–21:1	7–8
猪（	88.4	0.1–0.2	75–90	8:1–30:1	6–8
鸡粪	87.9	0.3–0.7	50–87	4:1–18:1	6.0–7.5
仔鸡垫料	72.7	0.8–2.6	22–29	6:1–24:1	6.5–8.5
火鸡	55.0	0.3–0.9	50–87	4:1–18:1	6.0–7.5
*牛肉饲养场粪便收集，其他以新鲜粪肥为基础。					
**假设和鸡相似。					

表 4。膨化材料的碳含量及碳氮比。		
材料	N%（干重）*	C/N
玉米秸秆	0.6–0.8	60–73
稻草	0.3–1.1 (0.7)	48–150 (80)
树皮、硬木	0.1–0.4 (0.24)	116–436 (223)
树皮，软木	0.04–0.39 (0.14)	131–1285 (496)
印刷用纸	0.06–0.14	398–852
锯末	0.06–0.8	200–750
木屑	0.04–0.23 (0.09)	212–1313 (641)
树叶	0.5–0.13 (0.9)	40–80 (54)
括号内的数字是平均值。		

的技术也可以用于牛粪。垫床的稻草或木屑是堆肥的良好碳源的和干燥材料。奶牛粪便含有 3–4%的氮，随后可通过添加高碳膨胀材料来减少堆肥过程中氮的损失。和养猪场一样，牛粪也可以通过添加膨化物质形成堆肥风道来进行堆肥。

家禽

家禽、鸡和火鸡粪便的生产和特性列于表二和表三。肉鸡、蛋鸡、雏鸡和火鸡的粪便是家禽养殖业产生的主要废物。鸡粪、肉鸡粪便和火鸡粪便分别含有约 60%、25% 和 75% 的水分。在堆肥肉鸡凋废弃物时，应向材料中添加水分，使其含水量至少达到 40%。在堆肥过程中氮的流失是一个主要的问题，如果粪肥或垃圾没有与高碳材料混合，因为肉鸡的垃圾含有约 3% 的氮，粪肥含有约 4% 的氮。家禽粪便可以在料堆或垃圾箱里进行。最简单的容器堆肥形式是堆肥箱，它很容易适用于家禽养殖。腐熟箱可能只是带有木板板条地板和屋顶的简单结构，或为传统的谷物箱，或为散装存储的建筑物。

动物死尸

尸体堆肥可以用于所有类型的动物。死亡堆肥可以在后院式垃圾箱、指示器堆肥箱、临时的开口箱-在平整的或排水良好的土壤表面上，由大捆干草或稻草，以条垛或大堆围成。对于家禽尸体的堆肥，使用体积比例为 2:1:1 的家禽垃圾、稻草和死禽。堆肥层是垃圾，稻草，死禽，垃圾物要在仓底。其他动物的尸体可以用一层层的锯末或切碎的稻草和动物尸体在箱子里堆肥。大约 1.5 英尺的稻草或锯末被放置在尸体下面，需要 2 英尺以上的尸体。堆肥动物尸体的生物过程与堆肥任何其他有机材料相同。空气、水、营养、碳和温度等参数都需要加以调节。当堆肥死亡动物时，水分含量是一个重要的考虑因素，应该保持在 40%-50% 左右。水分含量较低会促进脱水，从而保存尸体，而水分过多(超过 60%)则会产生难闻的气味可能导致堆肥堆的流失。死亡的动物会以静态堆方式堆肥，在活性堆肥期间，可能会翻动一次或两次。然后让堆静止，直到堆的内部温度接近环境温度。

小畜群的粪便和其他有机残留物

绵羊、山羊、马、鸭和其他动物的粪便也可以通过考虑它们的粪便特性和重要因素进行堆肥(表一)。其他可用于堆肥的有机残留物包括庭院废物、剪草、泥炭苔、海草、果蔬废物、食物加工废物、城市垃圾、污水污泥等。当堆肥的这些

材料, 考虑因素, 如空气、水含量、颗粒大小、C: N 比、pH 值、温度和(表 1)。其中一些有机材料的特性给出了表诉堆肥草和树叶的混合物从市、收集成堆 15 英尺宽, 300 英尺长, 10 英尺高的可以使用。根据需要, 用机械翻车机从一边开始前后翻动桩身。风车也可以用来堆肥草和叶子。

堆肥管理

调整碳氮比和含水量

碳氮比是指堆肥材料中碳的重量(C)除以氮的重量(N)。当调整堆肥混合物的碳氮比时, 需要考虑每一种添加材料的碳氮比。例如, 锯末可以添加到物料中, 使碳氮比(C:N)达到 25。假设肥料干物质(DMM)为 40%, N (NM)为 1%, C 为 15%, C:N (NM)为 15。假设锯末的干物质(DMA)为 90%, N (NA)为 0.5%, C (NA)为 50%, C:N (NA)为 100。按下表计算每吨肥料添加木屑(QA)的数量。

$$Q_A = \frac{2000 \text{ lb} \times N_M \times (C:N_T - C:N_M) \times DM_M}{N_A \times (C:N_A - C:N_T) \times DM_A}$$

or

$$Q_A \text{ (lb sawdust per ton of manure)} = \frac{2000 \text{ lb} \times 0.01 \times (25 - 15) \times 0.40}{0.005 \times (100 - 25) \times 0.90} = \frac{800}{3.375} = 237 \text{ lb}$$

The dry matter content of the mixture (DM_{Mix}) is the weight of dry matter in the components divided by the weight of mix.

$$DM_{Mix} (\%) = \frac{(2000 \times DM_M) + (Q_A \times DM_A)}{(2000 + Q_A)} = \frac{(2000 \times 0.40) + (237 \times 0.90)}{(2000 + 237)} = 45\% \text{ dry matter.}$$

翻堆

当堆肥材料的温度上升到 145°F 以上时, 应翻转堆肥材料, 以防止过热, 过热会杀死堆肥微生物。温度低于 104°F 可能表明缺乏足够的氧气和需要翻堆。如翻堆后的温度未超过 104°F, 则堆肥应停止翻动, 并放置至少一个月, 以完成堆肥过程。如果堆肥材料是干的(含水量少于 40%), 则加水, 激活堆肥过程。在某些情况下, 含水量低于 40%可能会导致过热, 需要浇水。如果不能加水, 可以通过转动来调节温度。如果水分含量不能维持在适当的水平, 堆肥期可能需要较长的时间。

堆肥的田间使用

堆肥材料是一种无臭、质地细腻、水分含量低的材料，在其气味和苍蝇繁殖潜力小时，可用于花园、盆栽和苗圃，或作为肥料农田使用。堆肥是有机物质、氮和其他营养物质的极佳来源。有代表性的样品应该送到农业土壤测试实验室去测定养分含量。堆肥应该有非常低的铵或硝酸盐值，所以有机氮将是唯一可用氮的来源。施用后第一年，要使用 0.15 或更小的有效系数来确定氮有效性。从堆肥中获得的磷、钾和微量元素的有效性应类似于或高于用于堆肥的粪肥或其他有机残留物。由于堆肥的质地好，含水量比原料少，因此可以更均匀的更好控制的施用。堆肥材料也可以储存起来，方便时使用。在施用粪肥或其他有机残留物时会产生问题，如杂草种子或病原体，但当使用正确制造的堆肥时，不必再担心这些了。

表 5。 部分有机残留物的氮、水含量及 C:N 比值。			
有机残渣	N 含量 (%)	水含量 (%)	C:N
水果废物；	0.9-2.6	62-88	20-49
蔬菜废物	2.5-4	30-85	11-13
屠宰场废物	13-14	10-78	3-3.5
鱼废物	6.5-14.2	50-80	2.6-5.0
垃圾(食物、纸张等)	0.6-1.3	10-70	34-80
污水污泥	2-6.9	72-84	5-16
碎要草	2.0-6.0	30-70	9-25
来源是农场堆肥, R. Rynk, M. van de Kamp, G.B. Wilson, W.F. Brinton, 1992 年, 东北地区农业工程服务处, 伊萨卡, 纽约州			

问题和选择

当堆肥一种有机残渣时，堆肥工艺的优点、缺点和可行性需要考虑。堆肥有好处，也有坏处，生产者需要决定他们的操作是否是一个好的选择。堆肥的优点包括杀灭病原体、蝇蛆和杂草种子，并通过减少粪便和其他残留物的体积和重量

来改善其后序处理特性。大多数粪肥和其他有机残留物通常含氮量高，因此在堆肥过程中容易流失氮。杂草种子的破坏，虽然理论上是可能的，但需要在田间条件下进行评估。肥料和其他残留物可能含有大量的水，需要脱水，或者需要加入高碳膨松剂以进行适当的堆肥。堆肥的其他考虑包括，有足够的土地面积，堆肥的气味，经济考虑和环境影响。堆肥材料的市场需要发展，因此堆肥是一项成功的投资。例如，内布拉斯加州中部一个养牛场收集的粪便被制成堆肥并卖给附近的农民，从粪便中获得利润。在许多情况下，堆肥是一种很好的选择，可以使产生的废物更适合于作物、水果或蔬菜生产者。