

张 苗,刘丽珠,严少华,等. 发酵床熟化垫料肥料化发酵特性[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):297-301.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.083

发酵床熟化垫料肥料化发酵特性

张 苗¹,刘丽珠²,严少华¹,张志勇²,张振华²,徐 冉³,罗 佳¹

(1. 江苏省农业科学院循环农业研究中心,江苏南京 210014; 2. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所,江苏南京 210014;

3. 江苏省淮安市中国园艺发展有限公司,江苏淮安 223001)

摘要:固体堆肥发酵是合理利用发酵床熟化垫料的有效途径之一,但是发酵床熟化垫料因在养殖场中经过腐熟分解过程,存在无法满足固体堆肥发酵及畜禽粪便无害化处理要求的风险。将不同比例的酒糟添加进发酵床熟化垫料中,改善发酵床熟化垫料理化性状,使其能够进行正常的堆肥发酵,并对发酵过程中的温度、pH 值、电导率(EC)、养分以及发芽指数进行检测,从而观察不同处理之间堆肥进程差异,在兼顾堆肥耗时、腐熟度以及养分含量的情况下,选出较为合适的混合发酵比例。结果表明,经过 53 d 的堆肥发酵,添加酒糟的 T2、T3、T4、T5 处理能够延长堆肥中高温阶段的天数,满足无害化对温度的要求,达到腐熟发酵床熟化垫料的目的;但与其他处理比较 T2 处理耗时最短,成本最低。酒糟的添加不仅能够明显提高堆体初始 pH 值以及 C/N,而且明显降低堆体初始的 EC 值,有一个相对合适的初始发酵条件。因此,发酵床熟化垫料添加 25% 的酒糟进行混合发酵,不仅可以得到较好的堆肥效果,而且控制了发酵床熟化垫料成本,节省时间。

关键词:固体发酵;发酵床熟化垫料;酒糟;发酵特性;堆肥

中图分类号: X713;S141.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0297-04

社会和经济的快速发展不仅提高了人们的生活水平,也导致环保压力日益增加。随着农户环保意识的逐渐增强,发酵床养猪技术逐渐被农户接受,并获得了良好的经济效益、生态效益、社会效益。发酵床养猪是遵循全新的自然农业理念,结合现代微生物发酵处理技术提出的一种环保、安全、有效的生态养猪法^[1]。它通过将稻壳、木屑、菌糠以及酒糟等物料按一定比例混合,均匀铺设于畜禽舍底,或者再接种有益菌来分解畜禽粪便,从而减少畜禽粪便排放量^[2-3],此过程中,发酵床垫料吸附了畜禽粪便,并利用其中的有益微生物发酵降解部分畜禽粪尿,只要将养殖结束后的垫料资源化利用即可实现无污染排放^[4-6]。

当前影响发酵床养猪技术推广的主要难题是发酵床初期的垫料投入较高,同时养殖户无法从后期发酵床熟化垫料中获得收益,影响了养殖户采用该技术的积极性^[7]。同时,发酵床垫料中虽然有部分畜禽粪尿被分解,但并不能彻底杀灭或抑制有害微生物,因此饲养周期结束后移出的发酵床熟化垫料需要进行无害化处理之后才能再利用。因发酵床垫料在畜禽舍底部时经过一次发酵,部分有机物质已经被分解^[8],移出之后进行有氧堆肥时,高温阶段维持时间较短,不能达到无害化处理的要求,所以考虑加入其他物料与其进行混合发酵,延长固体发酵高温阶段的时间,从而达到无害化处理的目的。

的^[9]。本研究在发酵床熟化垫料中加入一定量发酵床初始原料酒糟(木薯渣),调节堆肥物料的初始状态,进行高温有氧堆肥,从而使发酵床熟化垫料能够达到无害化处理的目的,旨在为发酵床熟化垫料的资源化利用提供技术参数和理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

固体发酵原料:发酵床熟化垫料,来自于江苏省农业科学院六合基地发酵床养猪场;酒糟,来自于江苏省灌南县某酒厂。发酵原料基本理化性质如表 1 所示。

1.2 试验设计

不同比例发酵床熟化垫料与酒糟混合进行固体发酵,选出合适的发酵比例,堆肥试验于江苏省农业科学院六合基地进行。试验共设 5 个处理,处理 1(T1):100% 酒糟;处理 2(T2):25% 发酵床熟化垫料+75% 酒糟(为物料干质量比,下同);处理 3(T3):50% 发酵床熟化垫料+50% 酒糟;处理 4(T4):75% 发酵床熟化垫料+25% 酒糟;处理 5(T5):100% 发酵床熟化垫料。每个处理 10 m³,建制成大小约 6 m×2 m×1 m(长×宽×高)的条垛式堆体,每 3 d 用翻抛机翻堆 1 次,并且在每天 09:00 测定堆体中心温度,每个堆体测定 3 个点。

样品采集与制备:分别在堆肥开始的 0、4、7、11、14、18、21、25、28、32、39、46、53 d 采样,每个堆体采集 10 个点,每个点采集约 100 g,样品混合均匀,部分用于测定样品 pH 值、EC 值;部分样品风干粉碎,过筛,用于测定全氮、全磷、全钾、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾等化学指标。

1.3 测定项目与方法

pH 值、EC 值测定:将新鲜堆肥样品与去离子水按质量比

收稿日期:2016-05-30

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201203050);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2132];江苏省六大人才高峰项目(编号:NY-033)。

作者简介:张 苗(1988—),女,江苏扬州人,硕士,主要从事废弃物资源化利用研究。E-mail:zhangmiaojd@126.com。

通信作者:罗 佳,博士,副研究员,主要从事水污染治理及资源化利用研究。Tel:(025)57686557;E-mail:luo_jia_428@163.com。

表 1 固体发酵原料的基本理化性质

原料	pH 值	电导率(EC) (mS/cm)	总氮含量 (%)	碳氮比	总磷含量 (%)	总钾含量 (%)
发酵床熟化垫料	8.58 ± 0.06	6.15 ± 0.12	1.99 ± 0.10	17.24 ± 0.96	1.19 ± 0.03	1.40 ± 0.01
酒糟	9.36 ± 0.03	1.72 ± 0.02	1.70 ± 0.11	29.21 ± 1.97	0.36 ± 0.01	0.68 ± 0.01

注:磷含量按照 P_2O_5 计算,钾含量按照 K_2O 计算。表 3 同。

1:5 混合,于水平摇床上振荡 40 min,静置过滤测定 pH 值、EC 值。采用常规测定方法^[10]测定化学指标, $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮后分别测定全氮、全磷、全钾含量;采用 $Zn-FeSO_4$ 还原扩散吸收法测定碱解氮含量;采用 0.15 mol/L $NaHCO_3$ 浸提速效磷,钼锑抗比色法测定速效磷含量;采用 1 mol/L NH_4OAc 浸提速效钾,火焰光度法测定速效钾含量;采用烧湿法测定有机质含量。

发芽指数的测定:样品与去离子水按质量比 1:10 混匀,水平摇床上振荡 2 h,静置 30 min 后用滤纸过滤,取滤液备用,将 5 mL 滤液加入直径 9 cm 并铺有滤纸的培养皿中,每个培养皿中放入 20 粒大小相等、籽粒饱满的独行菜种子,将其放置在 30 ℃ 培养箱中,避光培养 3 d,同时以去离子水为对照,每个样品重复 3 次。

发芽指数 = (滤液组种子发芽率 × 滤液组种子发芽根长) / (对照组种子发芽率 × 对照组种子发芽根长) × 100%^[11]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行数据统计与分析,使用最小显著差法 (least significant difference, LSD) 检验进行多重比较 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。

2 结果与分析

2.1 不同混合比例对发酵堆体温度的影响

如图 1 所示,各处理下发酵堆体温度均表现相同的变化趋势,即升温-高温-降温的变化。高温期是高温好氧堆肥化有机固体废弃物的重要阶段,高温期可以杀灭其中的有害微生物、虫卵以及杂草种子,达到无害化的水平。T5 处理在堆肥 1 d 达到 55 ℃ 以上,进入高温期;T1、T2、T3、T4 处理在堆肥 2 d 均达到 55 ℃ 以上,进入高温期;T1、T2、T3、T4、T5 处理的高温期 ($\geq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$) 分别维持 22、27、26、16、12 d,之后随着高温期阶段有机物的逐渐消耗,微生物代谢活动减慢,产热量减少,堆肥温度逐渐下降。对于条垛式堆肥系统而言,要达到无害化的要求,需要堆体内部温度大于 55 ℃ 的时间至少为 15 d,因此 T5 处理的高温维持时间未能达到这一要求。

堆肥积温可以作为高温好氧堆肥过程中兼顾温度强度和

保持时间的重要参数,与堆肥化进程及堆肥的腐熟度有关^[12]。如表 2 所示,堆肥结束后处理 T1、T2、T3 之间堆肥积温无显著差异,且这 3 个处理的堆肥积温显著高于 T4、T5 处理,T4 处理积温显著高于 T5。此外,从图 1 可知,堆肥结束后 5 个堆体的温度分别为 40.0、40.0、36.7、25.7、13.7 ℃。处理 T1、T2、T3 在堆肥结束后堆体温度依然处于较高水平,可见这 3 个处理的堆肥进程没有完全结束,这也就延长了整个堆肥进程的时间。所以 T1、T2、T3 处理虽然有较高的高温维持时间以及积温,但是完成完整的堆肥进程需要耗费更多的时间,在一定程度上增加了时间成本。

表 2 不同处理间的堆肥发酵积温

处理	积温 (℃/h)
T1	46 792 ± 1 671a
T2	48 656 ± 1 416a
T3	47 540 ± 1 385a
T4	39 265 ± 1 117b
T5	27 384 ± 2 326c

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下表同。

2.2 不同混合比例对发酵堆体 pH 的影响

不同处理下发酵堆体 pH 值的变化情况如图 2 所示,各处理初始 pH 值分别为 9.36 (T1)、9.04 (T2)、8.94 (T3)、8.68 (T4)、8.58 (T5),可见发酵床熟化垫料加入量降低提高了堆体的初始 pH 值。堆肥结束后,各处理的 pH 值均有所降低,但处理间变化趋势有所差异,T1、T2、T3、T4 处理均为先下降之后有较小幅度的上升,分别在 14、11、11、11 d 达到最低点,pH 值分别为 7.24、7.14、7.00、6.89,此后又有缓慢上升,最终 pH 值分别达到 7.75、7.56、7.38、7.05;而 T5 处理整体趋势为 pH 值逐渐降低,中途稍有波动,堆肥 28 d 时 pH 值达到 7.0 左右,最终 pH 值下降到 6.87。pH 值降低是因为堆肥原料中大量易被微生物利用的淀粉等糖类物质被分解,从而产生了较多的有机酸,使得堆体 pH 值逐渐降低,但随着堆肥的进行以及翻堆次数的增加,有机酸或挥发或被堆肥中微生物作为能源利用而减少,此外蛋白质的脱氨基作用产生的 NH_3 释放到堆体中,形成氨气,堆体中铵态氮和蛋白质的动态平衡,因此在堆肥中后期,pH 值会缓慢上升^[13-14]。

2.3 不同混合比例对发酵堆体 EC 值的影响

如图 3 所示,随着发酵床熟化垫料添加量的降低,堆体初始 EC 值逐渐下降,这是由于酒糟的 EC 值低于发酵床熟化垫料,降低发酵床熟化垫料的添加量降低了不同处理初始的 EC 值。堆体的电导率即 EC 值可以表征堆肥中可溶性盐含量的高低。由图 3 可见,随着堆肥时间延长,各处理 EC 值均表现出上升的趋势,最后逐步趋于稳定,但不同处理间上升幅度有差异,堆肥结束后 T1、T2、T3、T4、T5 处理的 EC 值分别达到 2.21、3.23、3.80、5.33、7.69 mS/cm,各处理分别比初始 EC 值上升了 28.29%、39.02%、39.75%、42.38%、25.03%,上升

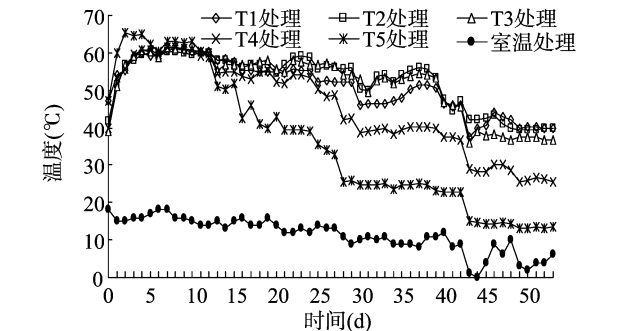


图 1 不同混合比例对发酵堆体温度的影响

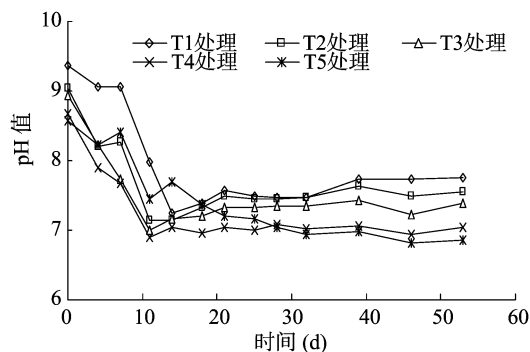


图2 不同混合比例对发酵堆体 pH 值的影响

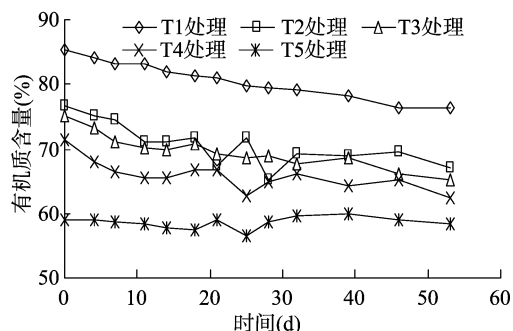


图4 不同混合发酵比例对堆体有机质含量的影响

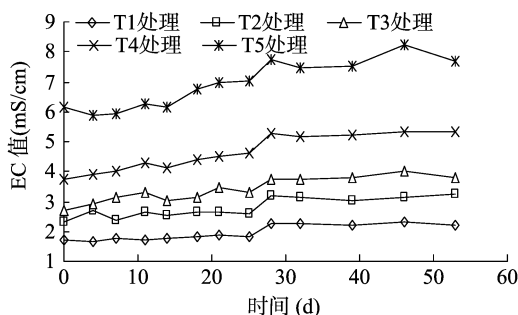


图3 不同混合比例对发酵堆体 EC 值的影响

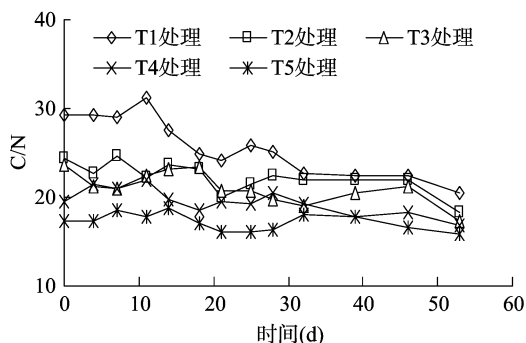


图5 不同混合发酵比例对堆体 C/N 的影响

幅度顺序为 $T4 > T3 > T2 > T1 > T5$, 2 种原料混合的处理比单一原料处理 EC 值上升幅度大。

2.4 不同混合发酵比例对堆体有机质含量及 C/N 的影响

如图 4 所示, 发酵床熟化垫料添加量的降低提高了堆体的初始有机质含量, 这是由于酒糟的有机质含量较发酵床熟化垫料高。随着堆肥进行, 有机质含量逐渐下降。除 T5 处理外, 其余 4 个处理堆体中有机质含量均表现出明显的下降趋势, 堆肥结束后各处理有机质含量高低顺序为 $T1 > T2 > T3 > T4 > T5$, 但是各处理的下降幅度有差别, T1、T2、T3、T4、T5 处理有机质含量的下降比例分别为 10.84%、12.57%、13.05%、12.71%、1.11%。堆体中碳含量变化能在一定程度上反映微生物活动的强弱, 在堆肥过程中, 堆体中的有机物质在微生物作用下, 一方面被不断分解为 CO_2 、 H_2O 等小分子物质而散失到环境中, 微生物活动越激烈, 碳损失相对也会增加; 另一方面, 一部分有机物质被高分子化, 转化为腐殖质等稳定的物质。

C/N 是影响微生物生理活动的重要因素。由图 5 可知, 各处理初始 C/N 分别为 29.21、24.49、23.63、19.63、17.24, 酒糟的加入提高了堆体初始的 C/N; 随着堆肥进行, 各处理 C/N 逐渐下降, 堆肥结束后 T1、T2、T3、T4、T5 处理的 C/N 分

别为 20.39、18.37、17.35、16.76、15.73, 分别降低了 30.20%、4.99%、6.58%、4.62%、8.76%。

2.5 不同混合发酵比例堆肥结束后养分间差异

由表 3 可以看出, 堆肥结束后所有处理的全氮含量介于 2.0%~2.3% 之间, T2、T3 处理显著低于其余 3 个处理, T1、T4、T5 之间无明显差异; 碱解氮是植物能够直接吸收利用的生物有效态氮, 是衡量氮素供应水平高低的重要指标之一, T4 处理碱解氮含量显著高于其他处理, T1、T2、T3、T5 处理之间碱解氮含量无显著差异。

各处理的全磷、全钾、速效磷含量均表现相同的变化趋势, 即 $T5 > T4 > T3 > T2 > T1$; 速效钾含量趋势有所不同, T1、T2 处理间无显著差异, T3、T4 处理间无显著差异, T5 处理显著高于其他 4 个处理。堆肥结束后, T1 至 T5 各处理的总养分 ($N + P_2O_5 + K_2O$) 含量分别为 3.61%、3.84%、4.28%、4.64%、5.27%, 速效养分总含量分别为 11.29、12.24、13.74、15.01、16.67 g/kg, 在酒糟与发酵床熟化垫料混合发酵的 3 个处理 T2、T3、T4 中, T4 处理的总养分含量以及速效养分含量均明显高于 T2、T3 处理。

2.6 不同混合发酵比例发芽指数的差异

发芽指数是衡量堆肥腐熟度的有效且直接的生物性指标。不同混合发酵比例发芽指数的变化如表 4 所示。随着堆

表 3 不同混合发酵比例堆肥结束后养分差异

处理	养分含量					
	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	碱解氮 (g/kg)	速效磷 (g/kg)	速效钾 (g/kg)
T1	2.17 ± 0.16a	0.54 ± 0.00e	0.90 ± 0.01e	1.24 ± 0.01b	0.52 ± 0.03e	9.53 ± 0.22c
T2	2.01 ± 0.05b	0.82 ± 0.01d	1.01 ± 0.00d	1.20 ± 0.04b	1.46 ± 0.02d	9.58 ± 0.17c
T3	2.06 ± 0.11b	1.05 ± 0.03c	1.17 ± 0.01c	1.22 ± 0.03b	1.93 ± 0.04c	10.59 ± 0.27b
T4	2.28 ± 0.02a	1.16 ± 0.00b	1.20 ± 0.02b	1.27 ± 0.04a	3.01 ± 0.04b	10.73 ± 0.34b
T5	2.21 ± 0.07a	1.74 ± 0.10a	1.32 ± 0.02a	1.21 ± 0.02b	3.97 ± 0.08a	11.49 ± 0.21a

肥时间延长,各处理堆肥样品浸提液中的种子发芽指数均呈上升趋势,表明随着堆肥进行,对种子的有害性逐渐降低,对植物的毒害作用减弱。

表 4 不同混合发酵比例发芽指数变化趋势

时间 (d)	发芽指数(%)				
	T1 处理	T2 处理	T3 处理	T4 处理	T5 处理
0	9.80a	10.78a	7.84a	8.83a	4.90b
4	19.12b	23.53a	18.63b	16.67b	6.86c
11	34.89a	32.49a	28.89a	32.49a	9.63b
18	46.93a	44.52a	52.94a	57.76a	22.86b
25	51.74ab	54.15ab	60.17ab	68.59a	43.32b
32	63.88ab	62.20ab	70.63a	75.44a	55.01b
46	70.63bc	67.01c	73.39ab	76.64a	59.57d
53	73.93ab	72.01b	74.99ab	77.81a	61.59c

3 结论与讨论

随着养殖业的发展,出现了新型养殖技术,与此同时伴随着新的待无害化资源化处理的农业废弃物,发酵床熟化垫料就是发酵床技术养猪产生的固体有机废弃物,既含有一定量的有害微生物,也含有丰富养分^[15]。本研究在发酵床熟化垫料中添加适量酒糟,完成垫料的无害化处理,有效地资源化利用发酵床熟化垫料这一废弃物。

发酵堆体温度被认为是指示堆肥进程的最重要指标,其中的高温阶段是高温好氧堆肥处理固体废弃物的关键阶段,大部分有机物质能够在此阶段被氧化分解,而且堆肥物料中几乎所有的有害微生物在此过程中被杀死而达到稳定^[16]。本研究发现,在发酵床熟化垫料中添加酒糟能够延长堆肥过程高温阶段的时间,但添加过多酒糟会延长发酵时间,导致堆肥腐熟进程减慢,这可能是因为酒糟中粗纤维含量高,而纤维素的结构牢固,难以降解,所以造成分解速率较慢,耗费时间较长,而且较高含量的纤维素也提高了碳含量,提高了物料的 C/N,降低了降解速率^[17],不仅增加了发酵床熟化垫料无害化处理额外成本,也增加了堆肥场地周转时间,影响后面堆肥生产。因此,酒糟添加量在 25% 时相对合适,能够满足无害化处理要求,且不需要花费较多额外成本和时间。

pH 值的变化是揭示堆肥化过程比较直观的参数,适宜的 pH 值有利于微生物发挥作用,pH 值过高或过低都会影响堆肥效率,而且较高的 pH 值也是造成堆体氮素养分损失的重要原因^[18]。有研究表明,当 pH 值 > 7 时,氨气损失量呈增加趋势^[19],而酒糟本身 pH 值较高,所以酒糟添加量过多也会使堆体 pH 值过高,造成过多的氨挥发,损失氮素养分。堆肥结束后 T1、T2、T3 处理的 pH 值为 7.35~7.75,T4 处理的 pH 值最终达到 7.05,T5 处理的最终 pH 值为 6.87,有利于氮素保持,这与堆肥结束后 T4、T5 处理具有较高的氮素含量结果一致。EC 值代表可溶性电解质含量,离子强度决定了电导率大小,堆肥过程中由于微生物代谢旺盛、活动加剧,分解大量的物料并产生大量的小分子有机酸和各种离子,电导率上升明显^[20],随着堆肥中有机物降解以及温度下降,堆体 EC 值逐步趋于稳定,试验结果显示,2 种物料混合的处理 EC 值上升幅度高于单一原料堆肥处理,且有机质降解率也是混合处理高于单一原料处理,这可能是由于 2 种原料混合提高了堆体微

生物的多样性,改变了堆体中的产酶情况,从而提高了对不同有机物质的降解能力^[21],也同时增加了堆体中的小分子物质含量,提高了堆体 EC 值。过高的 EC 值会影响植物生长,而发酵床熟化垫料由于在猪养殖过程中积累了较多的粪便,EC 值很高,所以添加一些 EC 值相对较低的物料,能够适当减少发酵床熟化垫料作为肥料使用过程中高 EC 值对植物生长的危害。

堆肥结束后,堆体中氮含量会因为氨气的挥发而有所损失,所以总氮的绝对含量降低,但是因为堆体体积和质量的变化,最终又会使得氮含量有所提高;堆体中磷、钾不会通过挥发的形式损失,所以总磷、总钾的绝对含量不会发生变化,但是随堆肥体积和质量的不断减少,各处理中全磷、全钾含量会随堆肥过程的完成而逐渐增加,即相对含量逐渐升高^[22],但因为各处理物料混合比例有差,所以增加幅度有一定差异。未腐熟的堆肥含有植物毒性物质,对植物生长产生抑制作用,因此可以用发芽指数(GI)来评价堆肥腐熟度,且可靠性较好,可以直接反映堆肥的腐熟状况,研究表明,当 GI 达到 80% 以上时,就可以认为堆肥对植物没有毒性^[23]。本试验中 T4 处理的发芽指数达到 77.81%,基本达到腐熟。

发酵床熟化垫料单独进行固体发酵,高温阶段维持时间不够,不能完成无害化处理的过程,而加入适量的酒糟可以延长高温期的时间,达到无害化处理的要求。发酵床熟化垫料添加不同量的酒糟对发酵过程中的理化影响是不同的,试验结果表明,发酵床熟化垫料添加 25% 的酒糟进行混合发酵,不仅可以得到较好的堆肥效果,而且控制了发酵床熟化垫料成本,节省时间。

参考文献:

[1] 王远孝,李 雁,钟 翔,等. 猪用发酵床的研究与应用[J]. 家畜生态学报,2007,28(6):139-142.

[2] 刘 伟,刘天明,孔祥峰,等. 不同垫料配方对发酵床养猪效果的影响[J]. 畜牧与兽医,2011,43(7):45-46.

[3] 孟 翠. 发酵床垫料的研究以及猪舍环境因子监测[D]. 南京: 南京农业大学,2013.

[4] 胡海燕,于 勇,张玉静,等. 发酵床养猪废弃垫料的资源化利用评价[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(1):252-258.

[5] 蓝江林,刘 波,唐建阳,等. 基于微生物发酵床养猪模式的生态安全探讨[J]. 中国农学通报,2010,26(19):324-326.

[6] Philippe F X, Laitat M, Canart B, et al. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter[J]. Livestock Science, 2007, 111(1/2):144-152.

[7] 罗 佳,刘丽珠,王 同,等. 养猪发酵床垫料有机肥对辣椒产量及土壤微生物多样性的影响[J]. 土壤, 2015, 47(6):1101-1106.

[8] 尹微琴,李建辉,马 晗,等. 猪发酵床垫料有机质降解特性研究[J]. 农业环境科学学报,2015,34(1):176-181.

[9] 罗 佳,刘丽珠,王 同,等. 水葫芦和猪粪混合堆肥发酵条件的研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(6):336-338,339.

[10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000: 421-428.

[11] 卢秉林,王文丽,李 娟,等. 添加小麦秸秆对猪粪高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 环境工程学报,2010,4(4):926-930.

王楠,姚凯,赵志伟,等. 氮素不同形态对比对白浆土养分性状的调控[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):301-304.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.084

氮素不同形态对比对白浆土养分性状的调控

王楠¹,姚凯¹,赵志伟²,徐俊平¹,李玉玺¹,王帅¹

(1. 吉林农业科技学院植物科学学院,吉林吉林 132101; 2. 中国农业大学农学院,北京 100193)

摘要:铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)是无机氮素的2种形态,其不同配比势必会通过影响土壤微生物活性进而影响土壤的养分性状。通过同等氮素用量、不同氮素形态配比($\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ 摩尔比分别为4:1、1:1、1:4)处理,试图揭示其对添加玉米秸秆白浆土养分性状的影响。结果表明:无论何种氮素形态占优,添加玉米秸秆白浆土的有机质含量均随培养时间的延长而呈现波动式下降。铵态氮在培养初期对于矿化作用的促进最为明显,硝态氮的优势在于培养中段,而铵态氮、硝态氮等比例供氮则可使微生物的矿化能力延续更久;矿化等量玉米秸秆,硝态氮占优处理下全氮含量丧失的幅度最大,而铵态氮则有利于全氮含量水平的稳定;速效养分含量在外源氮素供应下均降低明显。铵态氮、硝态氮等比例供氮更易使微生物消耗混料的碱解氮含量,从其所占全氮的比例来看,铵态氮更易降低白浆土中可利用氮素的含量,同样其对于有效磷含量的消耗亦有促进作用,因氨态氮对秸秆 K^+ 有替代作用而使速效钾含量的下降趋势相对平稳。

关键词:氮素形态配比;白浆土;玉米秸秆;养分性状;铵态氮;硝态氮

中图分类号: S143.1;S158.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0301-04

土壤作为具有生命活性的类生物体,在其复杂的生命现象和特殊的代谢过程中,微生物能够推动土壤中各类生化反应^[1]。铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)是土壤氮素中最为活跃、植物可利用的主要形态,2类电荷恰好相反,两者间丰度的比例变化势必会引起微生物不同的生物偏好性,

间接对土壤养分性状产生影响^[2]。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 是相对于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 更为耗能的一种无机氮源,其过量施用会引起氮素流失,而 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 数量较大则会间接抑制植物对土壤 K^+ 、 Ca^{2+} 的吸收^[3],间接保蓄了土壤中的阳离子养分。据报道,混合氮源供应要比单一 NH_4^+ 或 NO_3^- 更有利于植物生长,在 NH_4^+ 营养中适当施加 NO_3^- 可以缓解 NH_4^+ 引起的代谢失调现象,而在 NO_3^- 营养中适量增加 NH_4^+ 的比例,又会减少较高浓度 NO_3^- 消耗的大量还原力和光量子能量^[4]。作为多种氮源的混合体系,土壤中不同氮素形态间的相互作用必然会对植物营养供应产生一定影响^[5-6]。另有报道指出,不同形态氮肥混施可有效改善土壤微生物区系,硝态氮肥对作物根际土壤细菌和放线菌数量有明显的促进作用^[7],而铵态氮肥比例的增加则提高了土壤真菌数量和土壤脲酶、中性磷酸酶活性^[3]。关于氮素形态不同对比对植物生理效应的影响有

收稿日期:2016-05-29

基金项目:国家自然科学基金(编号:41401251);吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目(编号:吉教科合字[2015]第375号);吉林农业科技学院重点学科培育项目(编号:吉农院合字[2015]第X004号)。

作者简介:王楠(1982—),女,吉林九台人,博士,讲师,研究方向为土壤肥力调控。E-mail: wangnan664806@126.com。

通信作者:王帅,博士,副教授,硕士生导师,主要从事土壤生物及环境化学研究。E-mail: wangshuai419@126.com。

[12]陈同斌,黄启飞,高定,等. 城市污泥好氧堆肥过程中积温规律的探讨[J]. 生态学报,2002,22(6):911-915.

[13]魏自民,席北斗,赵越,等. 城市生活垃圾外源微生物堆肥对有机酸变化及堆肥腐熟度的影响[J]. 环境科学,2006,27(2):376-380.

[14]Bioshop P L, Godfrey C. Nitrogen transformations during sludge composting[J]. BioCycle,1983,24(4):34-39.

[15]王潇娜,廖春燕,朱玲. 发酵床养猪模式中垫料的主要菌群分析[J]. 养猪,2012(3):69-72.

[16]李国学,张祖锡,白瑛. 高温堆肥和沤肥碳、氮转化和杀灭病原菌的比较研究[J]. 北京农业大学学报,1995,21(3):286-290.

[17]李洋,席北斗,赵越,等. 不同物料堆肥腐熟度评价指标的变化特性[J]. 环境科学研究,2014,27(6):623-627.

[18]黄向东,韩志英,石德智,等. 畜禽粪便堆肥过程中氮素的损失与控制[J]. 应用生态学报,2010,21(1):247-254.

[19]Moore P A, Daniel T C, Edwards D R, et al. Effect of Aluminum

sulfate on ammonia fluxes from poultry litter in commercial broiler houses[C]//Proceeding of the Fifth International Symposium on Livestock Environment. Bloomington, Minnesota: American Society of Agricultural engineering,1997:883-891.

[20]Smars S, Gustafsson L, Beck - Friis B, et al. Improvement of the composting time for household waste during an initial low pH phase by mesophilic temperature control[J]. Bioresource Technology, 2002,84(3):237-241.

[21]陈辉宁. 堆肥化中协同降解木质纤维素的混合菌筛选及其培养[D]. 长沙:湖南大学,2007.

[22]胡雨彤,时连辉,刘登民,等. 添加硫酸对牛粪堆肥过程及其养分变化的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(3):718-725.

[23]Bertran E, Sort X, Soliva M, et al. Composting winery waste: sludges and grape stalks[J]. Bioresource Technology, 2004,95(2):203-208.