



史风梅,刘娣,裴占江,等.寒区玉米秸秆田间覆膜堆肥速测指标变化研究[J].黑龙江农业科学,2021(1):26-30.

寒区玉米秸秆田间覆膜堆肥速测指标变化研究

史风梅¹,刘娣²,裴占江^{3,4},于洪久¹,张楠¹,王粟¹,高亚冰¹,刘杰^{1,2,3}

(1.黑龙江省农业科学院农村能源与环保研究所,黑龙江哈尔滨150086;2.农业部种养循环重点实验室,黑龙江哈尔滨150086;3.黑龙江省秸秆能源化重点实验室,黑龙江哈尔滨150086;4.黑龙江省农业科学院博士后科研工作站,黑龙江哈尔滨150086)

摘要:为促进寒区玉米秸秆堆肥技术的推广应用,本试验在低温环境中,将玉米秸秆加入自主研发的腐熟菌剂后在大田中进行田间覆膜堆腐,并研究了在堆肥过程中温度、pH、含水率、电导率EC和 E_4/E_6 等速测指标的变化情况。结果表明:堆肥在较低的环境温度中无需额外添加能量就可以快速启动。堆体温度、pH、含水率、 E_4/E_6 曲线均为双峰结构,呈现出先增加—降低—增加—降低的趋势,除含水率值第二个峰值较第一个峰值高外,pH和 E_4/E_6 曲线的第一个峰的峰值均较第二个峰值高。而堆体的EC值则随堆肥的进行呈先降低,后升高,最后降低到稳定值的趋势。腐熟后玉米秸秆堆肥的TN、TP、TK、碱解氮、有效磷、速效钾(K_2O)、有机质及盐分经检测分别为0.62%、0.13%、1.86%、485.0 mg·kg⁻¹、115.7 mg·kg⁻¹、754.7 mg·kg⁻¹、163 g·kg⁻¹和4.39 g·kg⁻¹。根据种植品种以及土壤情况,将秸秆堆肥与化肥配施可满足作物的生长发育需求。研究表明在黑龙江省等寒冷地区利用秋季或初春的温度采用田间覆膜堆肥的方式处理玉米秸秆是可行的。

关键词:玉米秸秆;堆肥;pH;EC;含水率; E_4/E_6

玉米、水稻和大豆是黑龙江省的三大农作物。据统计,2017年,水稻、玉米和大豆的播种面积分别为586.3万、394.9万和373.4万hm²,分别占粮食总播种面积的41.4%、27.9%和26.4%^[1]。三大农作物约占全省粮食总播种面积的96%左右,玉米的播种面积最大。在黑龙江省由于气候条件的影响,农作物收获期集中,秸秆量大,每年产生1亿多t的秸秆,如何有效处理秸秆成为黑龙江省急需解决的难题之一^[2-3]。秸秆的综合利用日益受到重视,据报道,2018年黑龙江省秸秆的综合利用率超过了65%,超过7200万t的秸秆得到了综合利用^[4]。但仍有约35%的秸秆被焚烧掉,秸秆的综合利用率还需要进一步提高^[5-6]。由于秸秆中氮磷钾的平均含量约分别为0.6%、0.3%和1.0%,因此肥料价值较高^[7]。王洋等^[8]在中国科学院长春地理研究所农业试验示

范基进行了3年(1999—2001年)玉米秸秆堆腐肥还田试验,结果表明堆腐肥的施用可有效培肥地力,使玉米产量提高15.7%。鉴于黑龙江省玉米秸秆量大,所以玉米秸秆肥料化是比较好的处理方式之一^[9-10]。玉米秸秆还田的方式有过腹还田、堆腐还田和直接还田等^[10-11]。其中,过腹还田需有相匹配的养殖业且产业链条较长,秸秆的收储运费较高,且过腹后还需要进行堆肥或其他处理;而目前推广的深翻还田则需配备大型机械,费用较高,如翻埋深度不够秸秆不易腐熟,影响下一季庄稼的种植和生长,且直接还田需要配施适量的氮肥^[10-11]。而原位堆腐则很好克服了上述问题,具有操作简单,费用较低的优点。目前,寒区的玉米秸秆野外大田堆腐研究相对较少。因此,本研究进行玉米秸秆野外大田堆腐试验,研究在环境温度较低条件下堆肥的可行性以及在堆肥过程中一些速测指标的变化情况,从而为寒区玉米秸秆大田堆肥还田提供技术和理论服务。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验所用玉米秸秆来自黑龙江省兰西县某农田,其含水率约为11.0%。寒地秸秆腐熟剂由黑龙江省农业科学院农村能源与环保研究所自主研发,由芽孢杆菌、梭菌、拟杆菌等组成。试验用尿素购于黑龙江北大荒农业股份有限公司(黑龙江,伊春),氮元素含量≥46.2%。堆肥用水从该

收稿日期:2020-09-17

基金项目:国家“十三五”重点研发计划课题(2016YFD0501403);哈尔滨市科技局青年后备人才项目(RC2017QN002097);黑龙江省农业科学院院科学基金(2019KYJL013,2019CGJL009);哈尔滨市创新人才项目(2016RAQYJ070);黑龙江省农业科学院院级课题(2018YYF037);黑龙江省生猪现代农业产业技术协同创新推广体系项目;黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX15, HNK2019CX16, HNK2019CX17, HNK2019CX18)。

第一作者:史风梅(1972—),女,博士,副研究员,从事农业生物环境与能源工程研究。E-mail: ocean-water@126.com。

通信作者:刘杰(1974—),男,博士,研究员,从事农业生物环境与能源工程研究。E-mail: Liujiel677@126.com。

农田灌溉用机井抽取。

1.2 方法

试验在黑龙江省绥化市兰西县于 2019 年 4 月 3 日开始,90 d 后结束。

1.2.1 试验设计 堆制 3 个宽 2.0 m,高 1.8 m 的堆体,每个堆体使用玉米秸秆、腐熟剂和尿素的量分别为 2 000,2 和 20 kg。堆制过程如下:将 2 t 左右的玉米秸秆粉碎后加水(调节水分至 55%左右),然后在平坦的农田分层铺放,每层 20~25 cm 厚,每层均匀撒入生物菌剂和尿素,共铺放 7 层,然后在堆体外面进行覆膜,无机械通风,在第 30 天人工翻堆 1 次,每隔 10 d 采样一次,每次采集 3 个平行样,用密封袋封存并保存在冰箱冷藏,一部分样品经自然风干后备用。

1.2.2 测定项目及方法 堆体的温度由远程温度测试系统(TPJ21-G,杭州)每天 22:00 时测定并记录。将 3 个平行新鲜样品混匀后取 5 g 放在锥形瓶中,按水肥比 10:1 用去离子水浸提 1 h 后,用 pH 计(PHS-3C 型,上海)和电导率仪(DDB-303A,上海)测定 pH 和电导率(EC); E_4/E_6 按照下面步骤进行测量:将 3 个平行新鲜样品混匀后取 5 g 放在锥形瓶中,按水肥比 10:1 用去离子水浸提 1 h 后,提取液经离心后利用紫外分光光度计(SP-752,上海)分别在 465 和 654 nm 条件下测定其吸光度,分别记为 E_4 和 E_6 ,则二者的比值为 E_4/E_6 。含水率采用烘干法进行测定。

依据 NY/T 1121.24-2012、NY/T 88-1988、NY/T 87-1988、LY/T 228-2015、Olsen 法、NY/T 889-2004、NY/T 1121.6-2006 和 LY 1251-1999 分别监测分析腐熟后的秸秆肥料的 TN、TP、TK、碱解氮、有效磷、速效钾(K_2O)、有机质及盐分。

1.2.3 数据分析 试验数据采用 OriginPro 8.0 进行处理。

2 结果与分析

2.1 堆体温度的变化

温度是判定堆腐进展程度的一个重要指标^[11]。秸秆堆腐根据温度的变化可以分为升温阶段、高温阶段、降温阶段和后熟保肥 4 个阶段^[11-12]。由图 1 可以看出,在堆肥开始的第 1 天和第 2 天,堆体的温度变化不大,此阶段堆体中的微生物菌群对堆体环境进行适应,整体处于驯化阶段。从第 2 天开始,适应了微生物菌群快速

繁殖,分解堆体中的糖、淀粉、蛋白质等易分解的物质,产生大量的热,导致堆体温度迅速上升,升温速率达到了 $8.46\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$,到第 7 天后,堆体内温度上升到 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$,第 8 天,则升至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,高温阶段一直持续到第 29 天。然后堆体温度因翻堆导致断崖式下降到第 30 天的 $26.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,此后以 $3.17\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$ 的速率升温,在第 38 天升温至 $51.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,在第 42 天,达到第二个温度峰值 $63.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,此后温度以 $0.779\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$ 的速率缓慢降低,木质素被逐渐分解^[11]。在第 70 天,肥堆的内部温度降到了 $40.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此可以认为 70 d 时堆肥阶段完成,其后则为后保熟阶段^[12]。当 90 d 时,堆体温度接近环境温度,表明堆肥完成了后腐熟阶段^[12]。堆体的温度(T_c)影响微生物活性,最终表现为堆肥的进展速度和熟化程度,而温度也相应地反映堆体中微生物的活跃程度^[13-15]。微生物菌群在第一高温阶段的温度及升温速率较第二高温阶段的高,表明第一高温阶段的微生物菌群的活跃程度较第二阶段的高。

由堆体的温度变化可以看出,虽然环境温度(T_e)低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,但是秸秆添加添加菌剂后,堆肥过程快速启动。因此在东北地区的秋季或初春,对玉米秸秆进行生物快速腐熟是可行的。

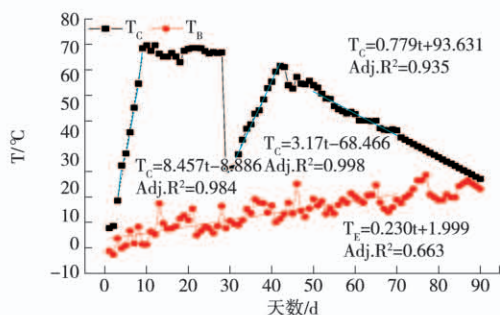


图 1 玉米秸秆堆腐过程中堆体温度的变化情况

2.2 玉米秸秆表观特征变化

根据堆体温度变化结合翻堆时间,选取 0, 10, 20, 30, 40, 50, 70 和 90 d 的肥样,分别记为 d_0 、 d_{10} 、 d_{20} 、 d_{30} 、 d_{40} 、 d_{50} 、 d_{70} 和 d_{90} ,观察其表观特征。由图 2 可知,堆肥开始时,秸秆为浅黄色,组织坚硬。堆肥启动后第 10 天,堆体已经处于高温阶段,此时好氧菌和兼氧菌较为活跃,玉米秸秆上肉眼可见零星白色菌斑,有强烈的氨味;第 20 天的秸秆表层颜色加深,第 30 天的秸秆开始变软,叶子及叶鞘等已经无法分辨,霉味明显;从第 40 天开始,秸秆逐渐丝化,霉味变淡;到第 90 天的秸

秆黑且丝化,白色菌斑较多,较为干燥,从颜色、形状和气味这三方面可判定此时的玉米秸秆已达到

了腐熟的标准^[11]。

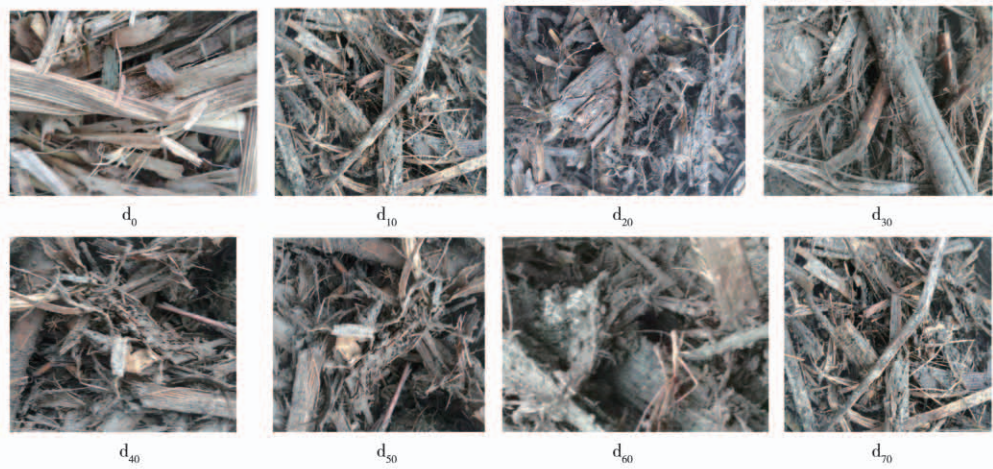


图 2 玉米秸秆堆腐过程中玉米秸秆表现特征的变化情况

2.3 pH 变化

pH 是玉米秸秆腐熟过程中比较重要的指标。首先,pH 影响堆体中微生物的生存环境及堆腐后堆体中氮元素的含量^[15-17]。研究表明 pH 的变化与体系中 NH_3 释放、有机物降解和微生物种群的变化有着密切的关系^[18-20]。从图 3 可知,pH 在 10,40 和 70 d 出现峰值,分别为 9.29、8.85和 8.92,第 90 天的 pH 在 7 左右。堆肥开始时,体系中一部分尿素溶于水后引起 pH 升高^[18]。随着堆肥过程的进行,堆体中纤维素和半纤维素水解产生大量的酸性物质开始积累,体系 pH 开始下降^[18,21],使得第 30 天堆体的 pH 达到 8.06。翻堆后,堆体中的氧气含量增加,体系中的一些蛋白质如微生物代谢产物及尸体分解产生氨氮,同时堆体中的酸性物质随着有机物降解及微生物的利用而减少,导致体系的 pH 升高,第 70 天的 pH 达到了 8.92^[18,22]。堆肥后期,体系中的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 转化成 NO_3^- ,体系的 pH 下降,在第 90 天达到了 7.05^[23]。

2.4 电导率的变化

电导率(EC)体现堆肥浸提液中有有机酸盐类和无机盐等的离子总浓度,如数值过高,肥料会影响农作物的生长和发育^[24-27]。在作为蔬菜基质或农作物肥料时,有机肥的 EC 值分别不应高于 2.5 和 9.0 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ^[28-29]。从图 4 可以看出,玉米秸秆堆肥过程中,EC 是由最初的 1 372 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 先下降至堆肥第 10 天的 403 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$,然后在堆肥第 20 天升高至 2 890 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$,在第 30 天出现峰值

3 130 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$,翻堆后,EC 值由第 30 天的 3 130 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 急剧下降至第 40 天的 744 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$,然后缓慢下降至第 90 天的 448 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。在堆肥启动后的前 10 天,体系呈碱性,减少了无机盐类的溶出,因此体系的 EC 降低;随着堆肥的进行,微生物大量繁殖,生命代谢活动旺盛,玉米秸秆中有机物的分解,产生了大量的有机酸,无机盐类溶出增多,表现为 EC 上升。40 d 后,随着玉米秸秆中有机物继续降解,体系中 CO_2 、 NH_3 流失,以及腐殖酸阳离子交换量的升高,导致 EC 下降。该堆制肥在 40 d 后的 EC 小于 2.5 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,对农作物和蔬菜的生长发育不产生毒害作用^[25-27]。

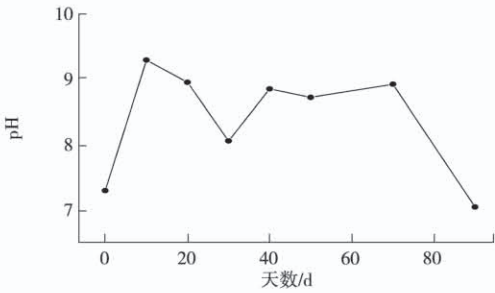


图 3 玉米秸秆堆腐过程中 pH 的变化情况

2.5 含水率的变化

在堆肥过程中,含水率的高低会影响堆肥的进展程度。研究表明,堆肥过程中含水率应保持在 40%~60%,过高或过低都会对堆肥过程产生负面影响^[20]。由图 5 可知,在堆肥开始后,含水率在 10 和 40 d 出现峰值,分别为 60.48% 和 66.5%。含水率在 90 d 时下降到 45% 以下,此时

肥堆处于熟化阶段,符合堆肥工艺对含水率的要求^[20]。

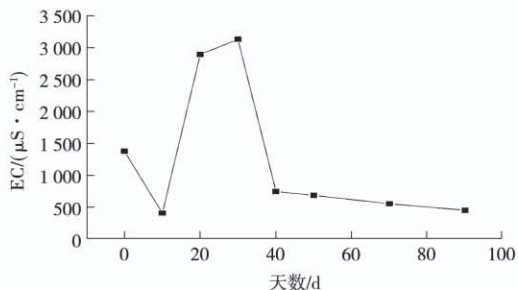


图4 玉米秸秆堆腐过程中 EC 的变化情况

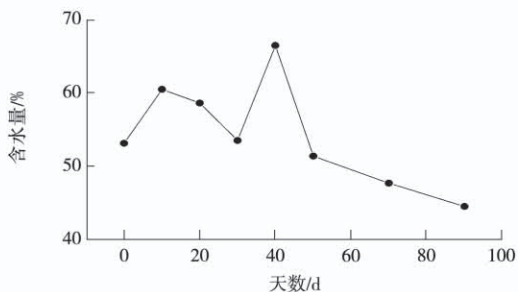


图5 玉米秸秆堆腐过程中堆体含水率的变化情况

2.6 E_4/E_6 的变化

研究表明,可利用 E_4/E_6 值的变化间接地反映腐殖酸含量在堆肥过程中的变化情况^[20,25]。如果 E_4/E_6 高,表明堆体中腐殖酸含量低^[25,28]。由图6可知, E_4/E_6 在堆肥启动后的10和50 d出现了峰值,分别为2.34和1.93,在90 d时, E_4/E_6 的值为1.35。堆肥开始后,堆体中玉米秸秆中的纤维素和半纤维素很快被降解为小分子有机物,从而被微生物菌群利用。第二个峰值则可能是因为秸秆中的木质素被生物降解成小分子有机物。 E_4/E_6 降低则是因为小分子有机酸被利用,含量降低或小分子腐殖酸转化成了大分子腐殖酸或者形成了胡敏酸等大分子物质^[20]。堆肥后期 E_4/E_6 降低,表明堆体中大分子腐殖酸不断增加,堆肥逐渐熟化^[20,25]。

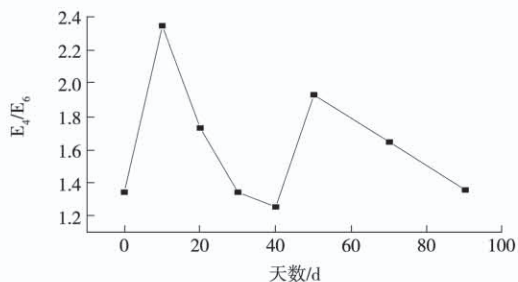


图6 玉米秸秆堆腐过程中 E_4/E_6 的变化情况

2.7 堆肥质量

腐熟后玉米秸秆肥的 TN、TP、TK、碱解氮、

有效磷、速效钾(K_2O)、有机质及盐分经检测分别为 0.62%、0.13%、1.86%、485.0 $mg \cdot kg^{-1}$ 、115.7 $mg \cdot kg^{-1}$ 、754.7 $mg \cdot kg^{-1}$ 、163 $g \cdot kg^{-1}$ 和 4.39 $g \cdot kg^{-1}$ 。因此堆肥还田后,可以增加土壤中的有机质含量,达到培肥地力的目的。但是由于其有机质含量低于 NY525-2012《有机肥料》中规定的有机物含量不低于45%的要求,在制成产品或具体施用时,需根据种植品种以及土壤情况与化肥配施,使其能满足作物的生长发育需求。

3 结论与讨论

本试验利用自制的生物菌剂原位堆腐技术处理玉米秸秆,田间试验表明:添加生物菌剂后,玉米秸秆堆腐可在低温条件下顺利启动。因此,在黑龙江省可在秋季收获后或初春春耕前采用原位堆腐的方式处理玉米秸秆。堆体温度、pH、含水率、 E_4/E_6 曲线均为双峰结构,呈现出先增加-降低-增加-降低的趋势,除含水率值第二个峰值较第一个峰的高外,pH和 E_4/E_6 曲线的第一个峰的峰值均较第二个峰值高。随堆肥时间的推进,堆体的EC先因氮素流失降低,后因有机物分解形成有机酸溶出秸秆中的盐而升高;最后因大分子量腐殖酸含量增加再降低然后趋于稳定。腐熟后玉米秸秆肥的TN、TP、TK、碱解氮、有效磷、速效钾(K_2O)、有机质及盐分经检测分别为0.62%、0.13%、1.86%、485.0 $mg \cdot kg^{-1}$ 、115.7 $mg \cdot kg^{-1}$ 、754.7 $mg \cdot kg^{-1}$ 、163 $g \cdot kg^{-1}$ 和4.39 $g \cdot kg^{-1}$,与化肥配施,能满足作物的生长发育需求。

有机质含量是标准《有机肥料》中规定的需要保证的重要质量指标之一。在本次试验中由于堆肥过程中温度过高且高温阶段持续时间过长导致堆肥中有机质含量偏低,可通过减少堆体体积或增加1~2次翻堆次数来控制堆体的温度,在满足卫生要求的同时尽可能提高秸秆肥料中有机质的含量。另一方面,后续还应建立速测指标与各质量指标之间的关系,实现通过速测指标判断堆肥过程的进展程度及进行堆肥质量过程控制。

参考文献:

- [1] 黑龙江省统计局,国家统计局黑龙江调查总队. 黑龙江省统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2018.
- [2] 李莉莉,王琨,姜璐秋,等. 黑龙江省秸秆露天焚烧污染物排放清单及时空分布[J]. 中国环境科学,2018,38(9): 3280-3287.
- [3] 孙彬,张楠,崔昌龙,等. 黑龙江省作物秸秆综合利用现状、存在问题与发展建议[J]. 安徽农业科学,2015,43(6): 238-239.
- [4] 张桂英. 全省秸秆年综合利用率超过65%[N]. 黑龙江日报,2019-01-28(01).
- [5] 孟雪靖,杨永健,周诗丹. 黑龙江省农作物秸秆资源利用现

- 状及对策研究. 农业经济, 2018(3):38-40.
- [6] 王激清, 张宝英, 刘社平, 等. 我国作物秸秆综合利用现状及问题分析[J]. 江西农业学报, 2008, 20(8): 126-128.
- [7] 农业部. 东北地区秸秆处理行动方案[EB/OL]. 2017-06-05. http://www.moa.gov.cn/n/ygbg/2017/dlq/201712/t20171231_6133708.htm.
- [8] 王洋, 齐晓宁, 王其存. 施用秸秆堆腐肥对黑土农田养分及玉米产量的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(4): 132-134.
- [9] 黄玉凡. 关于黑龙江省秸秆综合利用的调研与政策建议[J]. 当代农村财经, 2015(3): 45-48.
- [10] 戴志铨, 张洪涛, 徐迪, 等. 玉米秸秆还田技术[J]. 现代化农业, 2019, 477(4): 24-26.
- [11] 毕洪文, 王红蕾, 钱春荣, 等. 黑龙江省玉米秸秆综合利用问题与对策研究[J]. 玉米科学, 2017, 25(5): 112-115.
- [12] 梁文俊, 刘佳, 刘春敬, 等. 农作物秸秆处理处置与资源化[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [13] 牛斌, 王君, 任贵兴, 等. 畜禽粪污与农业废弃物综合利用技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017.
- [14] 李秀金, 董仁杰. 粪草堆肥特性的试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(2): 31-35.
- [15] Kong Z J, Wang X Q, Liu Q M, et al. Evolution of various fractions during the windrow composting of chicken manure with rice chaff [J]. Journal of Environmental Management, 2018, 207: 366-377.
- [16] 白玲, 宋飞跃, 季蒙, 等. 不同调理剂对秸秆沼渣堆肥的影响[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(1): 128-135.
- [17] 姜继韶, 李杰. 酸性物质对猪粪秸秆堆肥过程中氮素转化的影响[J]. 环境科学, 2017, 38(3): 1272-1278.
- [18] Zhang L, Sun X Y. Effects of earthworm casts and zeolite on the two-stage composting of green waste[J]. Waste Management, 2015, 39: 119-129.
- [19] 黄健, 胡志斌, 姜晨辉, 等. 羊粪与菌菇渣、秸秆好氧堆肥实验研究[J]. 丽水学院学报, 2019, 41(5): 41-45.
- [20] 于洪久, 郭炜, 王大蔚, 等. 微生物菌剂对堆肥过程中氨挥发的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2016, 28(1): 73-75.
- [21] 张亚宁, 李国学. 化肥作为补充 N 源对堆肥碳素转化和污染物去除的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(1): 154-157.
- [22] 喻英兰. 啤酒糟型生物有机肥堆制条件及其应用效果研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- [23] 何志刚, 孙军. 德复合微生物菌剂在牛粪堆肥中的实验研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(16): 4922-4933.
- [24] Stephen R S. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metal in municipal solid waste composts compared to sewage sludge[J]. Environment International, 2009, 35: 142.
- [25] 鲁如坤. 土壤—植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [26] 史向远, 王秀红, 周静, 等. 牛粪联合玉米秸秆好氧堆肥理化性状分析[J]. 山西农业科学, 2019, 47(7): 1217-1221.
- [27] 徐文俊, 程智慧, 孟焕文, 等. 农业废弃物有机基质配方对番茄生长及产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(4): 127-133.
- [28] 聂永丰. 三废处理工程技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [29] 丁文川, 郝以琼, 李宏. 污泥堆肥温度对微生物降解有机质的影响[J]. 重庆建筑大学学报, 1999, 21(6): 20-23, 34.

Changes of Fast Test Indexes During Field Composting of Maize Straw in Cold Region

SHI Feng-mei¹, LIU Di², PEI Zhan-jiang^{3,4}, YU Hong-jiu¹, ZHANG Nan¹, WANG Su¹, GAO Ya-bing¹, LIU Jie^{1,2,3}

(1. Rural Energy & Environmental Protection Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Key Laboratory of Combining Farming and Animal Husbandry Ministry of Agriculture, P. R. China, Harbin 150086, China; 3. Key Laboratory of Energy Utilization of Main Crop Straw Resources, Harbin 150086, China; 4. Postdoctoral Programme of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to promote the application of maize straw composting technology in cold regions, maize straws were piled up and composted in the field at low temperature with microbial inoculum, chemical nitrogen and a polyethylene film. We studied the temperature, pH, moisture content, electrical conductivity EC and E_4/E_6 during the composting process. The temperature change inside the compost indicated that the compost could start quickly at low environment temperature without additional energy. The curves of pH, water content and E_4/E_6 were bimodal, showing the trend of increase, decrease, increase and decrease. Except that the second peak of water content value was higher than its first peak, the first peak of pH and E_4/E_6 curve were both higher than their second peak. The EC value of the compost underwent decrease, increase, decrease and finally reached a stable value. The correlation between EC, pH, moisture content and E_4/E_6 were not significant. The TN, TP, TK, alkali hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, available potassium (K_2O), organic matter and salt content of maize straw fertilizer were 0.62%, 0.13%, 1.86%, 485.0 $mg \cdot kg^{-1}$, 115.7 $mg \cdot kg^{-1}$, 754.7 $mg \cdot kg^{-1}$, 163 $g \cdot kg^{-1}$ and 4.39 $g \cdot kg^{-1}$, respectively. The maize straw fertilizer using with chemical fertilizer could meet the needs of crops and vegetables. Therefore, it is feasible to compost maize straw in autumn or early spring in Heilongjiang Province and the other cold regions.

Keywords: maize straw; composting; pH; EC; water content; E_4/E_6