

两种食用菌菌糠与鸡粪不同配比对有机肥发酵参数的影响

葛江丽, 赵晓军*, 惠婉婷, 施汉钰, 贾宝库

(黑龙江省林业科学院牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157000)

摘要:为研究平菇、杏鲍菇菌糠与鸡粪不同配比对有机肥发酵参数的影响,同时筛选合适的堆肥配方,试验设5个菌糠与鸡粪的配比方案,分别为:平菇(P)和杏鲍菇(XB)菌糠与鸡粪按150:0、120:30、90:60、60:90、30:120的质量比混合,并接种微生物菌剂。分析菌糠与鸡粪不同配比对发酵温度、有机质含量、总养分(氮、磷、钾)含量、C/N、电导率(EC)、pH值和种子发芽指数(GI)的影响。结果表明,除P₁和XB₁处理,其他处理的发酵温度都超过55℃,并持续5d以上;经过发酵后,不同处理的有机质含量和C/N均显著下降,且添加鸡粪处理的有机质含量低于未添加鸡粪处理;同时,所有处理的养分含量都有所增加,添加鸡粪处理的总养分含量和EC均高于未添加鸡粪处理,且随鸡粪添加量的增加EC也随之增加。而当鸡粪添加量过多时,种子的发芽指数会受到影响。综合分析,能够满足NY/T 525-2021《有机肥》要求的是P₂和XB₂处理,即平菇和杏鲍菇菌糠与鸡粪按120:30的质量比混合为最佳的堆肥发酵方案。但是由于XB₂处理的EC较高(4.9 mS/cm),应与土壤或其他基质混合后使用。

关键词:食用菌菌糠;鸡粪;有机肥;发酵参数

中图分类号:S141.4

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2026)02-0047-07

Effects of the Ratios of Two Spent Mushroom Substrates to Chicken Manure on Fermentation Parameters of Organic Fertilizer

GE Jiangli, ZHAO Xiaojun*, HUI Wanting, SHI Hanyu, JIA Baoku

(Heilongjiang Academy of Forestry Mudanjiang Branch, Mudanjiang 157000, China)

Abstract: In order to study the effects of different ratios of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* spent mushroom substrates to chicken manure on the fermentation parameters of organic fertilizer, and to screen the appropriate composting formula, five treatments with different mass ratios of spent mushroom substrates to chicken manure were set up in the experiment. *Pleurotus ostreatus*(P) and *Pleurotus eryngii*(XB) spent mushroom substrates were mixed with chicken manure at mass ratios of 150:0(Treatment 1), 120:30(Treatment 2), 90:60 (Treatment 3), 60:90(Treatment 4), and 30:120(Treatment 5), followed by inoculation with microbial agents. The effects of different ratios on fermentation temperature, organic matter content, total nutrient(nitrogen, phosphorus, potassium) content, C/N ratio, electrical conductivity(EC), pH value, and seed germination index(GI) were analyzed. The results showed that except for P₁ and XB₁, the fermentation temperature of other treatments exceeded 55°C and lasted for more than 5 days. After fermentation, the organic matter content and C/N ratio of spent mushroom substrates(*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*) in different treatments decreased significantly, and the organic matter content of treatments with chicken manure addition was significantly lower than that of treatments without chicken manure. Meanwhile, the nutrient content of all treatments increased; the total nutrient content and EC of treatments with chicken manure addition were higher than those without chicken manure, and EC increased with the increase of chicken manure addition. Excessive addition of chicken manure would affect the seed germination index. Comprehensive analysis showed that Treatments P₂ and XB₂ could meet the requirements of NY/T 525-2021 "Organic Fertilizer" and achieve better maturity standards, i.e., the optimal fermentation scheme is to mix

收稿日期:2025-10-14

基金项目:黑龙江省自然科学基金联合引导项目(SS2023C004)

作者简介:葛江丽(1981-),女,副高级工程师,硕士,主要从事微生物发酵和植物生理生化等方面的研究。

通信作者:赵晓军, E-mail: gejl_1981@163.com

Pleurotus ostreatus and *Pleurotus eryngii* spent mushroom substrates with chicken manure at a mass ratio of 120:30. However, due to the high EC(4.9 mS/cm) of Treatment XB₂, it should be mixed with soil or other substrates before use.

Key words: Spent mushroom substrate; Chicken manure; Organic fertilizer; Fermentation parameter

中国食用菌协会统计数据显示,2023年黑龙江省食用菌总产量390万t^[1],按生产每1kg食用菌,产生3.25~5.00kg菌糠计算^[2],每年约有1268~1950万t菌糠产生。然而,食用菌产区的大多数菌糠被直接焚烧或随意丢弃,既造成了环境污染,也导致菌糠资源的严重浪费。菌糠中不仅含有丰富的有机物和营养元素,还有许多微量元素和酶类^[3]。同时,由于菌糠独特的物理性质和微生物生态群落,对改善土壤生态环境具有重要作用^[4]。

食用菌菌糠的木质素含量较高,是制约堆肥和资源化利用的关键^[5]。动物粪便中有机碳含量相对较低,养分含量丰富,可作为调理剂,在化学成分上更好弥补菌糠成分结构的不足,两者适宜

的配比是堆肥成功与否的关键^[6]。本研究将黑龙江省牡丹江市周边的杏鲍菇和平菇菌糠与鸡粪按不同配比发酵有机肥,通过分析不同处理在发酵过程中理化指标的变化特征,探讨平菇和杏鲍菇菌糠与鸡粪适宜的堆肥发酵方案,旨在为食用菌产区的菌糠发酵有机肥生产提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

平菇和杏鲍菇菌糠均由牡丹江市食用菌种植户提供,鸡粪购自牡丹江市养鸡场,微生物菌剂购自北京沃土生物技术有限公司。堆肥物料成分见表1。

表1 堆肥物料的成分

Table 1 Physical and chemical properties of raw materials

原料 Raw material	有机质含量/% Organic matter	全N含量/% Total nitrogen	全P含量/% Total phosphorus	全K含量/% Total potassium	C/N	含水率/% Moisture content
平菇菌糠	52.0	1.91	0.12	1.08	15.8	4.5
杏鲍菇菌糠	70.3	0.86	0.07	0.21	47.6	5.3
鸡粪	38.8	2.44	3.20	1.70	9.2	50.0

1.2 试验设计

试验于2024年8—9月在黑龙江省林业科学院牡丹江分院的遮阳棚内进行,当季的室外温度为15~25℃。将晾晒后的平菇菌糠与鸡粪按150kg和0kg、120kg和30kg、90kg和60kg、60kg和90kg、30kg和120kg的质量比混合(P₁、P₂、P₃、P₄、P₅处理);晾晒后的杏鲍菇菌糠与鸡粪按同样的质量比混合(XB₁、XB₂、XB₃、XB₄、XB₅处理)。然后按质量比0.1%添加微生物菌剂,含水率调至60%。发酵堆的直径和高度均为1m左右。发酵过程中,当堆体温度下降到一定数值进行翻堆。

堆肥后,每天9:00—10:00,用手持式探杆数显温度计测量堆体30cm处的发酵温度,测定3次取平均值作为堆体温度;每隔7d在堆体的5个不同位置、深度30cm处取样1次,每次取样量不少于500g,混合、烘干后用于各指标的测定。取样截止到菌糠的发酵周期结束。

1.3 试验方法

参照NY/T 525-2021《有机肥》的方法,分别测量堆肥样品的有机质含量、总养分(氮、磷、钾)含量、pH值、种子(小白菜)发芽指数,并计算碳氮比;称取风干样品5g,过直径1mm的筛子,置于100mL烧杯中加50mL水,用磁力搅拌器搅拌30min,然后用滤纸过滤收集上清液,通过电导仪测量电导率。

1.4 数据处理与分析

采用Excel 2016和SPSS statistics 26软件进行数据处理和方差分析。

2 结果与分析

2.1 菌糠与鸡粪不同配比对有机肥发酵温度的影响

高温阶段主要是酸性化合物和芳香化合物的氧化与分解所致,高温可以杀死有害病菌,是堆肥无害化的保证^[7]。由图1a可知,P₂处理升温速

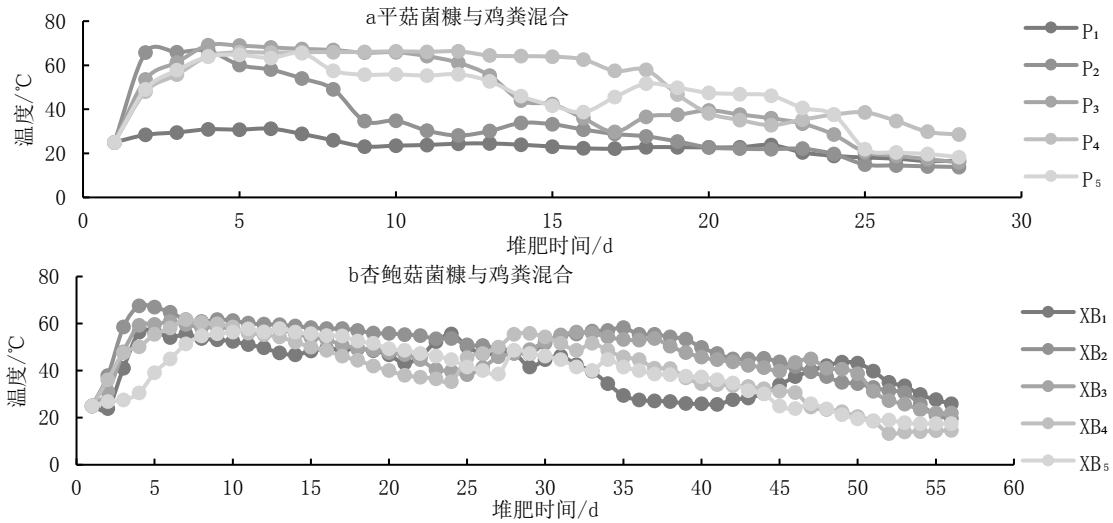


图1 不同处理对有机肥发酵温度的影响

Fig.1 Effects of different treatments on fermentation temperature

度最快,在发酵第2天达到最高温度 65.8 °C,此后温度趋于平稳。P₃、P₄和P₅处理在发酵的第3天温度超过 55 °C,分别在第4、5、7天达到最高温度。除P₁处理外,其他处理高温期(55 °C以上)持续时间均在5 d以上。P₁处理温度始终接近室温。

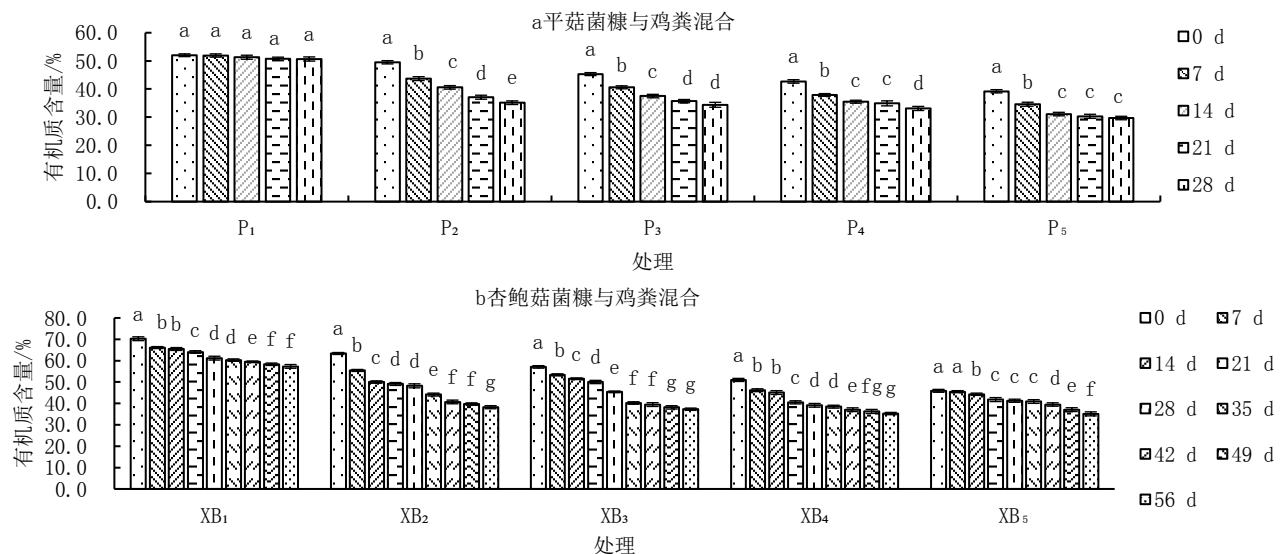
由图1b可知,各处理在发酵过程中温度有较大的起伏。XB₂处理在发酵第3天温度达到 58.5 °C,高温期(55 °C以上)持续 19 d;XB₃、XB₄和XB₅处理分别在发酵的第4、5、9天温度超过 55 °C,且持续时长均超过 5 d。XB₁处理,发酵温度连续超过 55 °C以上的天数不足 5 d。

P₁和XB₁处理相较于同组其他处理,纤维素含量较高,更难被微生物降解和利用;氮含量较低,

不利于微生物的生长和繁殖,因此发酵温度较其他处理低。除P₁和XB₁处理外,其他处理的发酵温度均符合 NY/T 3441-2019《蔬菜废弃物堆肥无害化处理技术规程》中“超过 55 °C并持续 5 d以上,认为堆肥达到无害化标准”的要求。

2.2 菌糠与鸡粪不同配比对有机肥有机质含量的影响

由图2可知,平菇和杏鲍菇菌糠经过发酵后,未添加鸡粪处理(P₁和XB₁)的有机质含量高于添加鸡粪处理组,且所有处理的有机质含量相较于发酵前均显著下降,这是由于添加鸡粪有利于微生物的繁殖与代谢,使得有机质的消耗增大;同时在发酵过程中,有机碳以CO₂、CH₄和热量等形



注:小写字母不同表示差异显著性(P<0.05),下同。

Note: Different lowercase letters indicate the significant differences among treatments(P<0.05), the same below.

图2 不同处理对有机肥有机质含量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on organic matter content

式损耗^[8-9],致使发酵后有机质含量下降。

发酵后,所有处理都达到了NY/T 525-2021《有机肥》的规定,有机质的含量不小于30%。

2.3 菌糠与鸡粪不同配比对有机肥总养分含量的影响

由图3可知,发酵后的养分含量较发酵前有所增加。这是因为发酵过程中有机物以不同形式被消耗,由于浓缩效应导致养分含量上升^[10]。经过

发酵后,平菇菌糠各处理总养分含量分别是3.49%、4.60%、5.95%、6.68%和8.04%,杏鲍菇菌糠各处理总养分含量分别是2.18%、4.40%、5.83%、7.68%和8.07%。两种菌糠添加鸡粪处理的总养分含量均大于未添加鸡粪处理。除P₁和XB₁处理外,其他处理的总养分含量均在4.0%以上,符合国标NY/T 525-2021《有机肥》的规定,总养分含量≥4.0%。

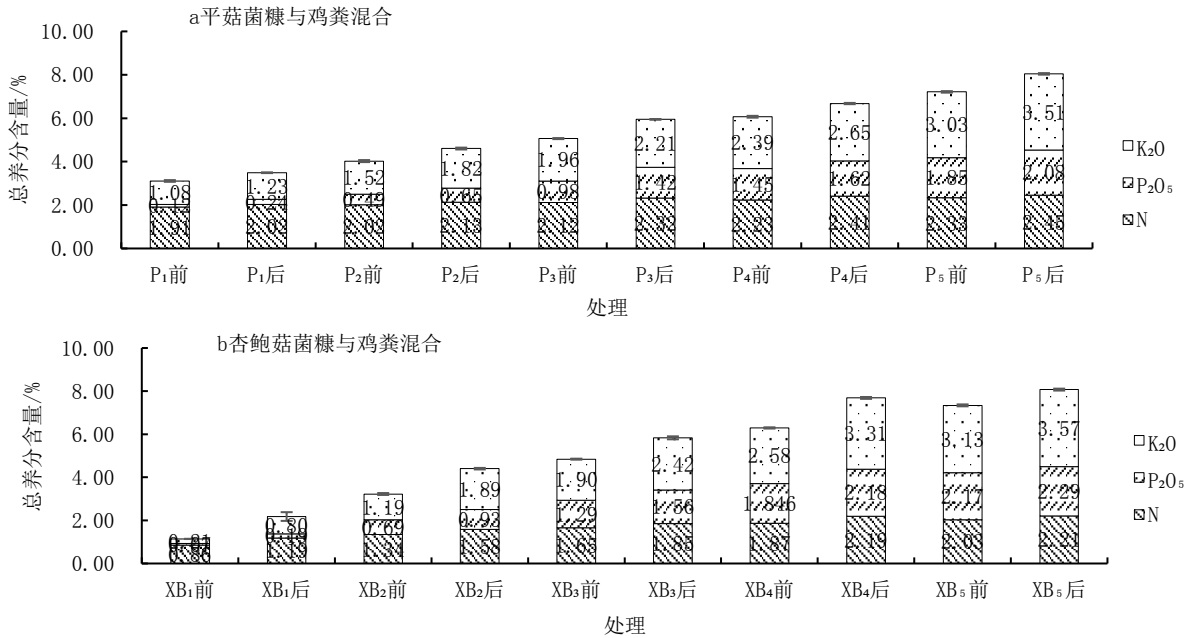


图3 不同处理对有机肥总养分含量的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on total nutrient content

2.4 菌糠与鸡粪不同配比对有机肥C/N的影响

由图4可知,两种菌糠经过发酵后,所有处理的C/N均显著下降,其中,平菇菌糠各处理降幅为

8.0%、32.9%、30.4%、28.3%和27.8%,杏鲍菇菌糠各处理降幅为41.0%、48.6%、41.7%、41.2%和29.0%。由于堆肥过程中部分氮素以氨气形式释

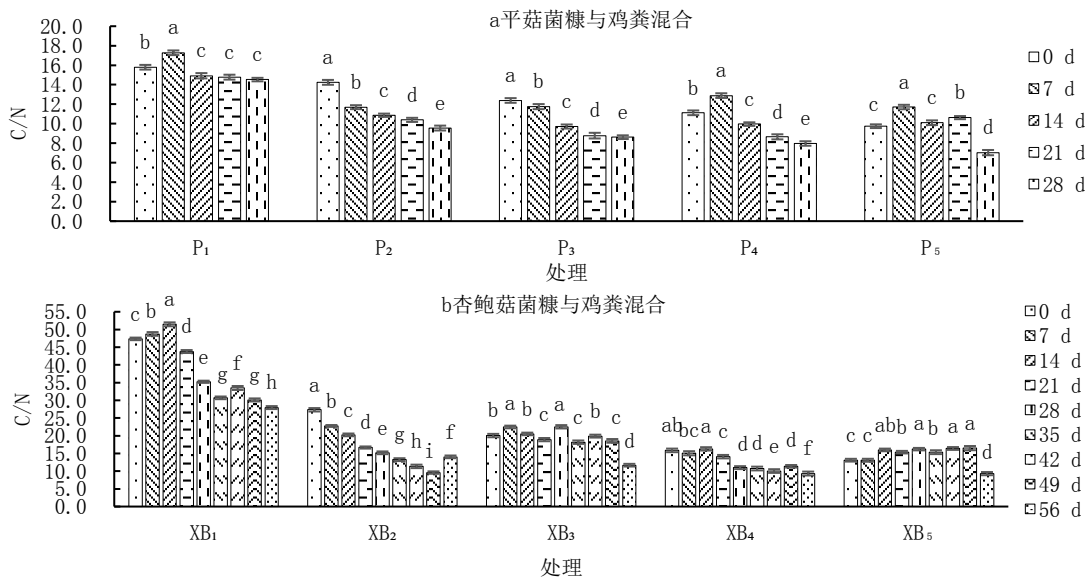


图4 不同处理对有机肥C/N的影响

Fig.4 Effects of different treatments on C/N

放出去^[11],而微生物活动需消耗大量有机碳,并且最终以CO₂形式散失,若前者的下降速度小于后者^[12],则将导致C/N下降。

2.5 菌糠与鸡粪不同配比对有机肥电导率(EC)的影响

由图5可知,两种菌糠添加鸡粪处理的EC均高于未添加处理,且随着鸡粪添加量的增加EC呈增加趋势。这可能是因为鸡粪在发酵时会产生更

多的可溶性盐和矿物质,从而使EC升高^[13]。发酵结束后,平菇菌糠各处理的EC依次为2.0、3.9、6.0、6.2、7.8 mS/cm;杏鲍菇菌糠各处理的EC依次为1.9、4.9、6.0、7.8、9.1 mS/cm。有研究表明,当堆肥EC小于4 mS/cm时,不会产生盐分毒害,可直接使用^[14]。本研究中只有P₁、P₂和XB₁处理的EC小于4 mS/cm。EC较高的堆肥在使用时,可与土壤或其他基质混合后再使用。

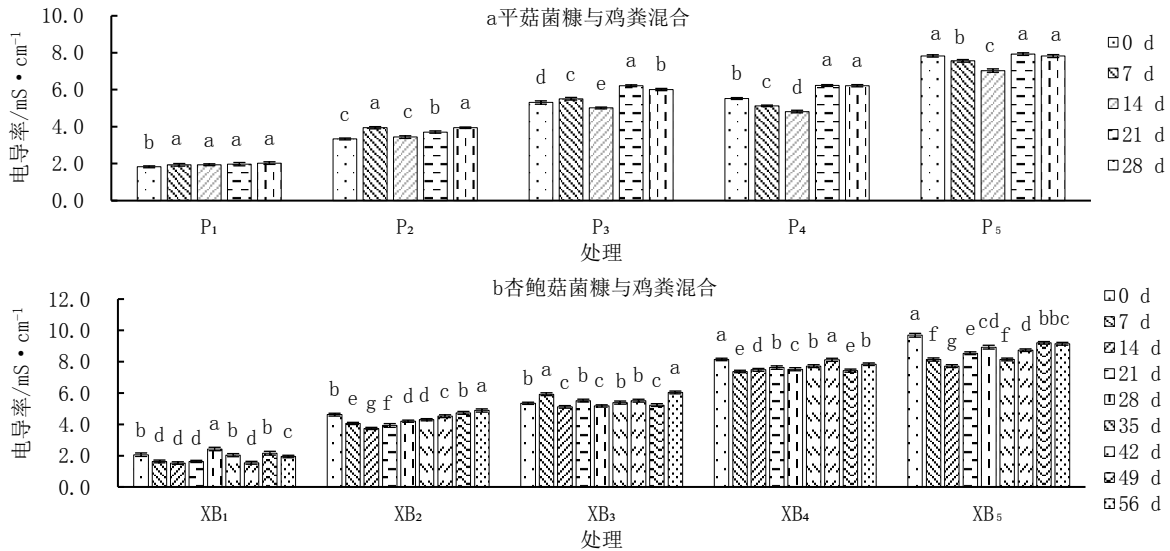


图5 不同处理对有机肥电导率的影响

Fig.5 Effects of different treatments on electric conductivity(EC)

2.6 菌糠与鸡粪不同配比对有机肥pH值的影响

由图6a可知,平菇菌糠发酵过程中,各处理在7~14 d,pH值快速上升,后又有所下降。这是

由于酸性化合物分解矿化产生氨气,使pH值升高;随着氨气挥发,易分解的含氮物质逐渐减少,氨气产量也不断减少,此时由于有机酸的产生和

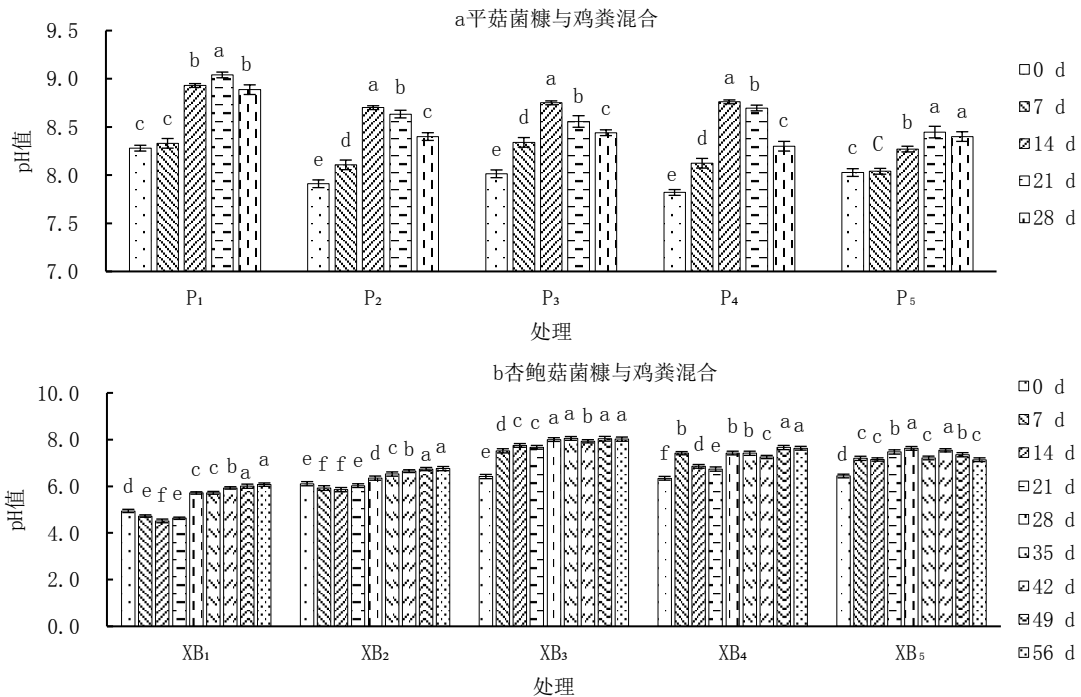


图6 不同处理对有机肥pH值的影响

Fig. 6 Effects of different treatments on pH

硝化作用,pH值又有所下降。

由图6b可知,杏鲍菇菌糠发酵过程中,XB₃、XB₄和XB₅处理的pH值高于XB₂、XB₁处理,可见大量添加鸡粪可使pH值显著增加。这是因为过多的鸡粪使反应物中氮素含量增加,从而氨气的释放量增加,导致pH值升高。

研究表明,不同物料堆肥的pH值变化趋势不同^[15-18],本研究中两种菌糠发酵过程中pH值的变化趋势也不尽相同。按照NY/T 525-2021《有机肥》的规定,酸碱度(pH值)在5.5~8.5。杏鲍菇菌糠所有处理的pH值都在6.1~8.0;平菇菌糠除P₁处理(pH值8.9)外,其他处理的pH值均未超过8.5。

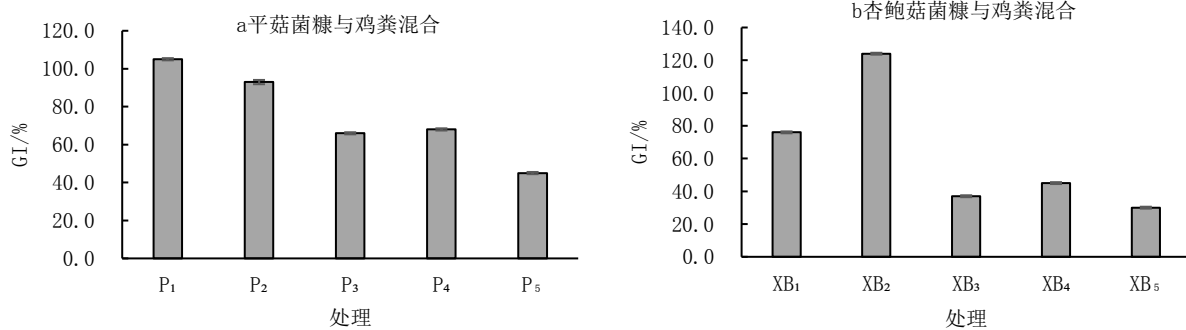


图7 不同处理对种子(小白菜)发芽指数的影响

Fig.7 Effects of different treatments on germination index(GI)

3 讨论

不同菌糠堆肥温度有较大差异^[15]。在堆肥工艺相对一致的情况下,原料组成是影响堆肥温度的主要原因。通常菌糠的C/N越高,微生物的降解速度越慢,导致升温迟缓,堆肥周期较长^[20]。反应前,杏鲍菇菌糠XB₁处理的C/N(47.3%)明显高于平菇菌糠P₁处理(15.8%)。因此,与相同配比的平菇菌糠相比,杏鲍菇菌糠各处理达到最高温度所用的时间、高温期持续时间及发酵周期都相对较长。

综合分析,两种菌糠与鸡粪不同配比经过发酵后,满足NY/T 525-2021《有机肥》要求的是P₂处理和XB₂处理。因此,平菇和杏鲍菇菌糠与鸡粪以120 kg和30 kg的质量比混合,为最佳的堆肥发酵方案。由于XB₂处理的EC较高,应和土壤或其他基质混合后使用。

参考文献:

[1] 中国食用菌协会. 2023年度全国食用菌统计调查结果分析[J]. 中国食用菌, 2025, 44(1): 120-129.
China Edible Fungi Association. Analysis of the results of the

2.7 菌糠与鸡粪不同配比对种子(小白菜)发芽指数(GI)的影响

由图7可知,发酵后,平菇菌糠各处理的GI由大到小依次为P₁>P₂>P₄>P₃>P₅,其中70%以上的有P₁处理(105%)和P₂处理(93%);杏鲍菇菌糠各处理GI由大到小依次为XB₂>XB₁>XB₄>XB₃>XB₅,只有XB₁处理(76%)和XB₂处理(124%)超过70%。可见,鸡粪的添加量过多会影响种子的发芽指数,这可能是由于鸡粪带来的低C/N,使堆肥物料中NH₄⁺、有机酸和盐离子等含量增高,从而抑制种子萌发^[19]。

因此,只有P₁、P₂、XB₁和XB₂处理达到NY/T 525-2021《有机肥》要求,种子发芽指数(GI)≥70%。

national edible fungi statistical survey in 2023[J]. Edible Fungi of China, 2025,44 (1): 120-129. (in Chinese)

[2] 于磊,姜明,徐丽萍,等.食用菌菌糠的研究及其再利用[J]. 黑龙江科技信息, 2014(29): 73.
YU L, JIANG M, XU L P, et al. Study on edible fungus chaff and its reuse[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2014(29): 73. (in Chinese)

[3] 韩相龙,吴薇,赵鹏博,等.不同碳氮比对烟梗与牛粪堆肥过程的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(16): 303-307.
HAN X L, WU W, ZHAO P B, et al. Effects of different carbon-nitrogen ratios on the composting process of tobacco stem and cow manure[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(16): 303-307. (in Chinese)

[4] 刘爱红.食用菌菌渣综合利用技术[J]. 农业开发与装备, 2021(2): 199-200.
LIU A H. Comprehensive utilization technology of edible fungi residue[J]. Agricultural Development and Equipment, 2021(2): 199-200. (in Chinese)

[5] BROWN R A, ROSENBERG N J. Sensitivity of crop yield and water use to change in a range of climate factors and CO₂ concentrations: a simulation study applying EPIC to the central USA[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1997, 83(3-4): 171-203.

[6] 雷琬莹,李敏娜,何东锐,等.黑木耳菌糠与牛粪不同配比对堆肥养分性状及发芽指数的影响[J]. 东北农业科学, 2021, 46(1): 52-56, 93.

- LEI W Y, LI M N, HE D R, et al. Effects of different ratios of spent mushroom substrate to cattle manure on nutrient property and germination index of composting[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2021,46(1): 52-56, 93. (in Chinese)
- [7] SOM M P, LEMÉE L, AMBLÈS A. Stability and maturity of a green waste and biowaste compost assessed on the basis of a molecular study using spectroscopy, thermal analysis, thermodesorption and thermochemolysis[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100(19): 4404-4416.
- [8] YANG Y R, GUO Y X, WANG Q Y, et al. Impacts of composting duration on physicochemical properties and microbial communities during short-term composting for the substrate for oyster mushrooms[J]. *Science Total Environ.*, 2022, 847: 157673.
- [9] 周金看,赵玉阳,夏会楠,等.平菇培养料发酵过程中理化性质及物质变化研究[J].*食药菌*, 2023, 31(5):338-343.
ZHOU J K, ZHAO Y Y, XIA H N, et al. Study on the changes of physicochemical properties and substances during the substrate composting of pleurotus ostreatus[J]. *Edible and Medicinal Mushrooms*, 2023, 31(5): 338-343. (in Chinese)
- [10] 卫智涛,周国英,胡清秀.食用菌菌渣利用研究现状[J].*中国食用菌*, 2010, 29(5):3-6, 11.
WEI Z T, ZHOU G Y, HU Q X. Research and utilization of edible fungi residue[J]. *Edible Fungi of China*, 2010, 29(5) : 3-6, 11. (in Chinese)
- [11] 王岩,霍晓婷,王文亮.家畜粪尿的堆肥化处理技术研究 I 通气量、通气温度及搅翻次数的调节[J].*河南农业大学学报*, 2002, 36(1):46-49.
WANG Y, HUO X T, WANG W L. Study on composting treatment of livestock wastes I adjustment of rate and temperature of aeration and mixing times of compost materials during composting[J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2002, 36(1): 46-49. (in Chinese)
- [12] 尹永强,何明雄,韦峥宇,等.堆肥腐熟机理研究进展[J].*安徽农业科学*, 2008, 36(23):10053-10055.
YIN Y Q, HE M X, WEI Z Y, et al. Research progress on composting maturity mechanism[J]. *Anhui Agricultural Science*, 2008, 36(23): 10053-10055. (in Chinese)
- [13] 林俊铭.黑皮鸡枞菌糠菌肥的制备及其在小白菜种植中的应用[D].佛山:佛山科学技术学院, 2023.
- [14] 李维.食用菌菌糠的腐熟及腐熟物在土壤改良中的应用[D].北京:北京理工大学, 2016.
- [15] 陈贻钊.不同品种菌糠堆肥的理化特征比较分析[J].*农学报*, 2021, 11(2):45-49.
CHEN Y Z. Comparative study of physicochemical characteristics of different species of spent mushroom substrate in compost [J]. *Journal of Agriculture*, 2021,11(2): 45-49. (in Chinese)
- [16] 周海瑛,邱慧珍,杨慧珍,等. C/N 比对好氧堆肥中 NH₃ 挥发损失和含氮有机物转化的影响[J].*干旱地区农业研究*, 2020, 38(2):69-77.
ZHOU H Y, QIU H Z, YANG H Z, et al. Effects of C/N ratio on NH₃ volatilization loss and nitrogen-containing organic compounds conversion in aerobic composting[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2020, 38(2): 69-77. (in Chinese)
- [17] 刘林培,管秀琼,李俊,等.食用菌菌渣协同白酒糟堆肥效果研究[J].*江苏农业科学*, 2019, 47(23):294-298.
LIU L P, GUAN X, LI J, et al. Study on the composting effect of edible fungi residue combined with liquor distiller 's grains[J]. *Journal of Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47(23): 294-298. (in Chinese)
- [18] 刘青海,潘虎,朱兆静,等.高效纤维素降解复合菌系 M6 的构建及堆肥效果初探[J].*河南农业科学*, 2019, 48(12):56-62.
LIU Q H, PAN H, ZHU Z J, et al. Construction of a high efficient cellulose degradation composite strains M6 and its compost effect analysis[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2019, 48(12): 56-62. (in Chinese)
- [19] 罗渊,袁京,李国学,等.种子发芽试验在低碳氮比堆肥腐熟度评价方面的适用性[J].*农业环境科学学报*, 2016, 35(1):179-185.
LUO Y, YUAN J, LI G X, et al. Applicability of seed germination test to evaluation of low C/N compost maturity[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2016, 35(1): 179-185. (in Chinese)
- [20] 潘健锋,麦芹芳,李海渤,等.以菌渣为原料制作生物有机肥的可行性及技术要点[J].*蔬菜*, 2020(5):60-66.
PAN J F, MAI Q F, LI H B, et al. The feasibility and technology key points of producing bio-organic fertilizer from fungus dregs [J]. *Vegetables*, 2020(5): 60-66. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)