

网络出版日期:2017-06-05

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20170605.1728.032.html>

苦豆子茎秆粉基质发酵中碳素及氮素的变化

冯海萍¹, 杨冬艳¹, 丁志强², 白生虎³, 杨志刚², 刘晓梅³

(1. 宁夏农林科学院 种质资源研究所, 银川 750002; 2. 宁夏隆德县农牧局, 宁夏隆德 756300; 3. 宁夏固原原州区农业技术推广中心, 宁夏固原 756000)

摘 要 设净苦豆子茎秆粉(T1)、苦豆子茎秆粉+粗纤维降解菌(T2)、苦豆子茎秆粉+有机肥+粗纤维降解菌(T3)、苦豆子茎秆粉+尿素+粗纤维降解菌(T4)、苦豆子茎秆粉+有机肥+尿素+粗纤维降解菌(T5)5个处理,以T1处理为对照,研究苦豆子茎秆粉基质化发酵中碳素及氮素相关参数的变化。结果表明:T3和T5处理堆体升温速度显著快于T1,且保持较长时间的高温(>50℃,均达10d,>55℃,均达6d),缩短苦豆子茎秆堆体腐熟的时间至发酵结束时,较T1处理T5总有机碳和C/N分别降低12.20%、27.76%,T3处理和T5处理全氮质量分数分别增加19.24%和21.49%, NO_3^- -N分别增加12.72%和13.60%, NH_4^+ -N分别降低16.67%和21.26%,均显著高于T1及其他处理,且两处理间无显著差异,提高堆肥腐熟进程中的总氮质量分数,保证腐熟后的肥力。综合考虑,添加有机肥+尿素+接种微生物菌和添加有机肥+接种微生物堆体对苦豆子茎秆基质化促进效果较优。

关键词 苦豆子茎秆;基质发酵;基质碳素;基质氮素

中图分类号 S141.4

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2017)06-0926-06

苦豆子是豆科槐属基部木质化成亚灌木植物,在中国主要分布于新疆、内蒙古、陕西、山西、宁夏、甘肃、西藏等省区,宁夏苦豆子资源集中分布在盐池、灵武、陶乐县(市)境内,零星分布于红寺堡、同心、中宁和中卫县,生长区分布面积为213 829 hm²,其来源丰富、可再生^[1]。目前,关于苦豆子综合利用在生物农药^[2]、医学临床^[3]、饲料^[4]上已有相关研究,在医学临床和生物农药开发也已进行了应用,但是苦豆子味微苦和茎易木质化,影响其作为饲料的适口性和消化率,经检测苦豆子茎秆粉氮质量分数为16.17 g/kg,磷质量分数为0.94 g/kg,钾质量分数为2.52 g/kg,养分含量高,其在基质开发方面具有可利用价值。基质化发酵是制作无土栽培基质的关键环节之一,目前,有关棉秆^[5]、木薯茎秆^[6]、花生壳^[7]、醋糟^[8]、枸杞枝条^[9]、柠条粉^[10]等基质化发酵的研究报道较多,但采用苦豆子茎秆粉发酵作为栽培基质的研究鲜见报道。添加外源微生物菌剂一方面可增加发酵原料中的微生物数量,促使堆体快

速升温,另一方面则可更加有效和彻底地降解有机物,在短时间内实现有机废弃物资源化利用的目标^[11-12]。氮源是基质发酵的核心问题之一,无机氮源易被微生物利用,有机氮源有利于持续被微生物利用,如鸡粪、尿素、复合肥等。如何通过发酵将苦豆子茎秆粉转化成栽培基质是该研究的探索方向,微生物菌剂和氮源是快速基质化的关键因子,因此,本试验将外源微生物和氮源应用于苦豆子茎秆基质发酵中,研究苦豆子茎秆基质化发酵中碳素及氮素的变化,为苦豆子茎秆基质的生产和应用提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于2014—2015年在宁夏农科院试验基地进行试验,原料有苦豆子、鸡粪、粗纤维降解菌(粉剂,有效活菌总数 $\geq 10^9$ cfu/g),其基本性质见表1。

收稿日期:2016-04-10 修回日期:2016-06-14

基金项目:国家自然科学基金(31501803);宁夏农林科学院科技创新先导资金项目(NKYQ-16-05)。

第一作者:冯海萍,女,硕士,助理研究员,研究方向为蔬菜生理及无土栽培。E-mail:fenghaiping2005@163.com

表 1 物料基本性质
Table 1 Basic properties of materials

物 料 Material	pH	全氮质量分数/ (g/kg) Total nitrogen mass fraction	全磷质量分数/ (g/kg) Total phosphorus mass fraction	全钾质量分数/ (g/kg) Total potassium mass fraction	总有机碳分数/ (g/kg) Total organic carbon mass fraction	碳氮比值 Organic carbo- nitrogen ratio
苦豆子枝条 Sophora alopecuroides	7.62	16.17	0.94	2.52	426.30	26.36
鸡 粪 Chicken manure	8.62	24.22	8.68	11.8	126.56	5.23

1.2 试验设计

将粉碎(长度 0.5 cm 左右)苦豆子茎秆粉装入发酵池(1 m³),将水分含量调节至 60%左右,试验采用单因素随机区组设计,设置 5 个处理,分别为:净苦豆子茎秆粉(T1),苦豆子茎秆粉+粗纤维降解菌(T2),苦豆子茎秆粉+有机肥+粗纤维降解菌(T3)、苦豆子茎秆粉+尿素+粗纤维降解菌(T4)、苦豆子茎秆粉+有机肥+尿素+粗纤维降解菌(T5),以 T1 为对照,每个处理设 3 次重复,粗纤维降解菌剂按 0.5 kg/m³ 苦豆子茎秆粉添加,分 2 次加入,第 1 次在发酵刚开始时加入,第 2 次在发酵 10 d 时结合翻料的同时加入,之后覆盖塑料薄膜进行发酵。

1.3 测定指标及方法

于发酵中第 0、25、50 天对发酵堆体进行取样,取每个重复的上中下物料混合约 250 g,装入无菌袋,鲜样用于铵态氮和硝态氮的测定,晾干用于总碳、总氮测定,方法参照鲍士旦^[13]中的测定。其中全氮采用凯氏定氮法测定,有机碳用重铬酸钾法测定。

温度:采用数显温度计测定,每 2 d 测 1 次上层(距堆体顶端 25 cm 处)、中层(距堆体顶端 50 cm 处)和下层温度(距堆体顶端 75 cm 处),平均

为中心温度,同时监测环境温度。

1.4 数据处理方法

采用 DPS 7.05 和 Microsoft Office Excel 2003 对试验数据进行处理,采用 DPS 7.05 进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 苦豆子茎秆粉基质化发酵中堆体温度变化

由图 1 可以看出,不同处理堆体温度均表现先升高后下降的趋势,虽然在第 15 天、25 天、35 天、45 天翻堆后温度又上升,但均没有达到之前各处理的最高温度,且最高温度逐渐降低,各处理均从第 2 天开始迅速升温,其中 T4 温度上升的速度最快,于第 7 天温度就超过 60 ℃,达 63.8 ℃,其次是 T5,达 62.5 ℃,以 T1 处理温度最低,这可能与发酵初期添加微生物菌、有机肥、尿素及尿素更易被微生物利用有关。通过对苦豆子茎秆基质化发酵期间温度检测和统计,5 个处理堆温度保持 50 ℃ 以上的时间依次为 4、8、10、9、10 d,保持 55 ℃ 以上的时间依次为 1、4、6、5、6 d,说明接种粗纤维素降解菌和添加氮源提前并延长了堆体发酵的高温期,处理 T5 和 T3 堆腐效果较好。

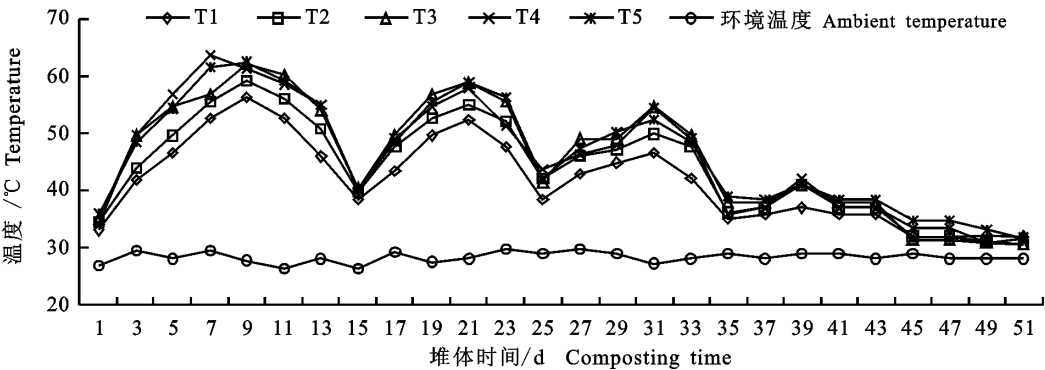


图 1 不同处理堆体温度的变化

Fig. 1 Changes of composting temperature under different treatments

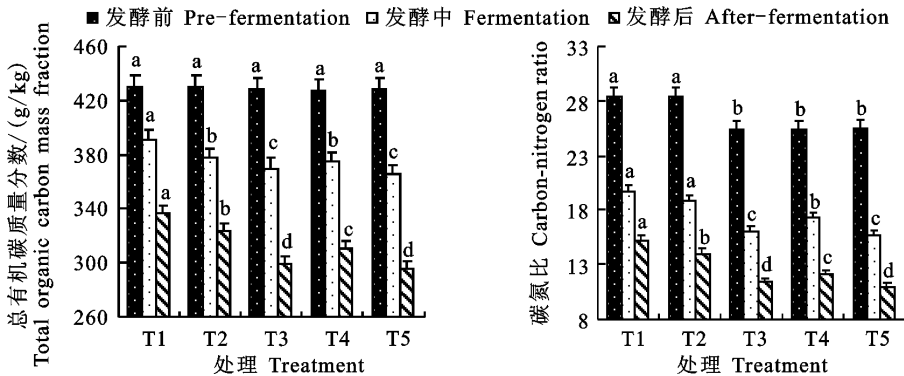
2.2 苦豆子枝条粉基质化堆体碳素变化

由图 2 可以看出,不同处理碳素随着发酵的

进行而逐渐降低,但降低的速度不同,各处理的降解速度均快于 T1,至堆体腐熟后,以 T5 处理总

有机碳和碳氮比值降解速度最快,较 T1 分别降低 12.20%、27.76%,其次是 T3 处理,分别较 T1 降低 10.83%、25.24%,显著快于其他处理,且两处理间无显著差异,T2 处理降解速度最慢。说明随着发酵的进行和物料逐渐腐熟,添加微生物菌、

有机肥、尿素有利于苦豆子粉基质堆料碳素的降解。相较而言,以添加有机肥+尿素+微生物菌和有机肥+微生物处理的有机碳分解现象较其他处理明显。



图中不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05),下同。

Different lowercase letters means significant difference among treatments(P<0.05),the same as below.

图 2 不同处理堆体总有机碳和碳氮比的变化

Fig. 2 Changes of composting total organic carbon and carbon-nitrogen ratio under different treatments

2.3 苦豆子茎秆粉基质化发酵中堆体氮素变化

由图 3 和图 4 可以看出,随着发酵的进行,不同处理堆体全氮和硝态氮均表现增加趋势,但增加的速度不同,处理增加的速度均快于 T1,至堆体腐熟后,T5 处理全氮和 NO₃⁻-N 质量分数最高,分别为 26.90 和 0.384 g/kg,其次是 T3 处理,分别为 26.40 和 0.381 g/kg,较 T1 处理,T3 和 T5 处理全氮质量分数增加 19.24% 和 21.49%,O₃⁻-N 质量分数增加 12.72% 和 13.60%,且两处理间无显著差异,T2 处理全氮和 O₃⁻-N 质量分数最低,仅为 22.14 和 0.338 g/kg,较 T1 处理,铵态氮变化与上述变化恰好相反,至堆体腐熟后,处理间以 T5 处理铵态氮减少率最大,其次是 T3 处理,分别为 10.0% 和 9.90%,较 T1 处理,T3 和 T5 处理 NH₄⁺-N 分

别降低 16.67%和21.26%,且两处理间无显著差异,但均与其他处理存在显著差异。说明苦豆子枝条粉基质化发酵中,伴随着物料的腐熟而促成

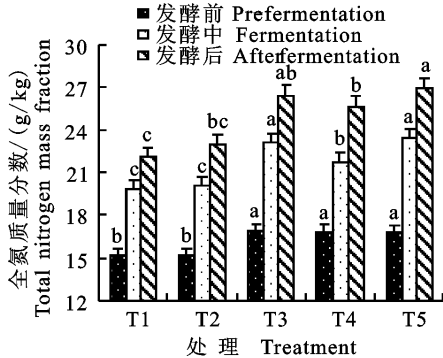


图 3 不同处理对基质堆体全氮的影响

Fig. 3 Effects of different treatment on total nitrogen

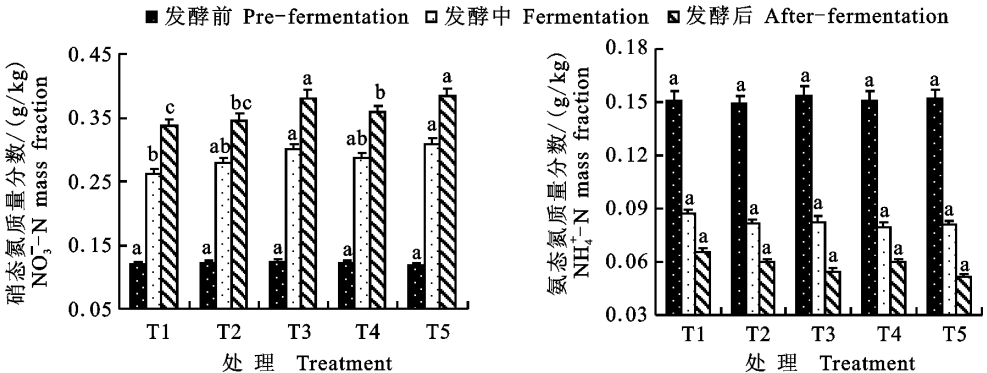


图 4 不同处理对基质堆体硝态氮和铵态氮的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on substrate pile NO₃⁻-N and NH₄⁺-N

氮素的浓缩,氮素以硝态氮的形式被固定,以处理 T5 和 T3 氮素“浓缩”和“固定”现象较其他处理明显。

3 结论与讨论

温度是堆肥过程的一个关键控制指标,其变化反映堆肥过程中微生物活性^[14]。这种变化与堆肥中可被氧化分解有机质的含量呈正相关。无论何种物料的堆肥,其温度通常在开始的 3~5 d 从环境温度迅速上升至 60~70 ℃ 的高温,并在这一水平持续一段时间后逐渐下降^[15-16]。本试验从苦豆子粉基质化堆体温度来看,添加有机肥+尿素+接种微生物菌和添加有机肥+接种微生物处理堆体升温速度快,堆体高温期提前到来,高温持续时间较长(高于 50 ℃,均达 10 d,高于 55 ℃,均达 6 d),加速苦豆子茎秆粉腐熟,缩短腐熟的时间,这与伍琪等^[17]研究相似。说明添加氮源和微生物菌加速了苦豆子茎秆粉腐熟,且在加入一定量鸡粪、微生物菌的基础上添加尿素能影响苦豆子茎秆粉的发酵进程,在一定程度上促进物料腐熟,但差异不显著。

堆肥过程中的一切生物化学变化,都是在微生物及各种酶的参与下进行的^[18]。碳源和氮源是微生物利用的能量和营养物质,在发酵过程中,碳源被消耗,转化成二氧化碳和腐殖质物质,氮以氨气的形式散失,或变为硝酸盐和亚硝酸盐、或是由生物体同化吸收^[19-20]。堆肥进程酶及微生物都与碳、氮等基础物质代谢密切相关,分析碳素和氮素变化趋势可以反映堆肥的演替过程。本试验从苦豆子粉基质化堆体碳素和氮素变化来看,添加有机肥+尿素+接种微生物菌和添加有机肥+接种微生物处理降低堆料的有机碳和 C/N 值,增加堆料的总氮、硝态氮质量分数,均显著高于 T1 及其他处理,这与人研究一致。说明添加氮源和微生物菌加速了苦豆子茎秆粉碳素的降解和氮素的转化,保证腐熟后的肥力,且在加入一定量鸡粪、微生物菌的基础上添加尿素对苦豆子茎秆粉的有机碳分解现象和氮素的转化较明显,在一定程度上提高堆肥产品质量,但差异不显著。

综合考虑,添加氮源和接种微生物菌对加快苦豆子粉基质腐熟具有促进效果,添加有机肥+尿素+接种微生物菌和添加有机肥+接种微生物这 2 个处理效果显著,因此,可以在这 2 种处理下进一步细化研究,对其作为基质进行园艺作物育

苗及栽培的效果还需进一步研究。

参考文献 Reference:

- [1] 张清云,杨朝霞,赵晓莉,等.宁夏苦豆子资源的保护及其开发利用[J].资源开发与市场,2011,27(10):897-890.
ZHANG Q Y, YANG ZH X, ZHAO X L, *et al.* Protection and exploitation on resources of *Sophora alopecuroides* L in Ningxia[J]. *Resource Development & Market*, 2011, 27(10): 897-890(in Chinese with English abstract).
- [2] 高红英,李国玉,王航宇,等.新疆苦豆子种子中生物碱类化学成分的研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2011,29(1):145-150.
GAO H Y, LI G Y, WANG H Y, *et al.* Chemical constituents from the seeds of *Sophora alopecuroides* L[J]. *Journal of Shihezi University(Natural Science)*, 2011, 29(1): 145-150(in Chinese with English abstract).
- [3] 单晓菊,郎明磊,陶遵威.苦豆子化学成分及药理研究进展[J].中国中医药信息杂志,2011(3):82-90.
SHAN X J, DI M L, TAO Z W. Bitter chemical and pharmacological research progress beans[J]. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2011(3): 82-90(in Chinese with English abstract).
- [4] 余徐润,郝志敏,潘晓花,等.苦豆子新型饲料的开发应用与研究[J].广东饲料,2012,21(1):78-81.
YU X R, HAO ZH M, PAN X H, *et al.* Research and development and application of new feed of bitter beans[J]. *Guangdong Feed*, 2012, 21(1): 78-81(in Chinese).
- [5] 张 晔,余宏军,杨学勇,等.棉秆作为无土栽培基质的适宜发酵条件[J].农业工程学报,2013,29(12):210-217.
ZHANG Y, YU H J, YANG X Y, *et al.* Favorable conditions of cotton straw composting using as soilless culture substrate[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(12): 210-217(in Chinese with English abstract).
- [6] 李光义,李勤奋,张晶元.木薯茎秆基质化的堆肥工艺及评价[J].农业工程学报,2011,27(1):320-325.
LI G Y, LI Q F, ZHANG J Y. Process and assessment of organic substrate production by cassava stalk compost[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(1): 320-325(in Chinese with English abstract).
- [7] 孙治强,赵永英,倪相娟.花生壳发酵基质对番茄幼苗质量的影响[J].华北农学报,2003,18(4):86-90.
SUN ZH Q, ZHAO Y Y, NI X J. Effect of fermented peanut shells substrates on tomato seedling[J]. *Acta Agricultural Boreali-Sinica*, 2003, 18(4): 86-90(in Chinese with English abstract).
- [8] 刘超杰,郭世荣,王长义,等.混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长的影响[J].园艺学报,2010,37(4):559-566.
LIU CH J, GUO SH R, WANG CH Y, *et al.* Vinegar residue substrate as component of mixed substrate for pepper seedling growth [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(4): 559-566(in Chinese with English abstract).

- [9] 冯海萍,杨志刚,杨冬艳,等.枸杞枝条最优基质化发酵工艺及参数优化[J].农业工程学报,2015,31(5):252-260.
FENG H P,YANG ZH G,YANG D Y,*et al.* Optimization substrate of wolfberry shoots for fermentation and parameters[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015,31(5):252-260(in Chinese with English abstract).
- [10] 冯海萍,曲继松,杨志刚,等.氮源类型与配比对柠条粉基质化发酵品质的影响[J].农业机械学报,2015,46(5):192-199.
FENG H P,QU J S,YANG ZH G,*et al.* Effects the type and proportion of nitrogen on fermentation quality of caragana powder for substrate production[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2015, 46(5):192-199(in Chinese with English abstract).
- [11] 霍培书,陈雅娟,程旭艳,等.添加 VT 菌剂和有机物料腐熟剂对堆肥的影响[J].环境工程学报,2013,7(6):2339-2343.
HUO P SH,CHEN Y J,CHENG X Y,*et al.* Effect of inoculating VT microbes and organic matter-decomposing inoculant on high-temperature aerobic composting [J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2013, 7(6):2339-2343(in Chinese with English abstract).
- [12] 张陇利,劳德坤,李季,等.密闭式堆肥反应器中复合微生物菌剂对堆肥效果的影响[J].环境工程,2014,32(1):102-107.
ZHANG L L,LAO D K,LI J,*et al.* Effects of compound microbial inoculants on composting in hermetic bioreactors [J]. *Environmental Engineering*, 2014,32(1):102-107(in Chinese with English abstract).
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第3版.北京:中国农业出版社,2000.
BAO SH D. *Agrochemical Soil Analysis*[M]. 3rd edition. Beijing:China Agriculture Press,2000(in Chinese).
- [14] 茹菁宇,尹雯,王家强,等.农田秸秆高温好氧堆肥实试研究[J].可再生能源,2007,25(2):37-40.
RU J Y,YIN W,WANG J Q,*et al.* Experiment and research on thermophilic aerobic compost of crop stalks[J]. *Renewable Energy Resources*, 2007, 25(2):37-40(in Chinese with English abstract).
- [15] EKLIND Y,KIRCHIMANN H. Composting and storage of organic household waste with different litter amendments II. Nitrogen run-tover and losses[J]. *Bioresource Technology*, 2000,74(4):125-133.
- [16] TIQUIA S M,TAMN F Y. Co-composting of spent pig litter and sludge with forced-aeration[J]. *Bioresource Technology*, 2000,72(7):1-7.
- [17] 伍琪,甘福丁,曾广宇,等.锯末基质堆腐及其对油茶苗生长的影响[J].林业科技开发,2015,29(5):40-44.
WU Q,GAN F D,ZENG G Y,*et al.* Composting sawdust matrix and its effect on the growth of tea seedlings[J]. *Forestry Science and Technology*, 2015, 29(5):40-44(in Chinese with English abstract).
- [18] 朴哲,崔宗林,苏宝林.高温堆肥的生物化学变化特征及植物抑制物质的降解规律[J].农业环境保护,2001,20(4):206-209.
PIAO ZH,CUI Z L,SU B L. Characterization of biochemistry and degradation of plant-inhibited materials during high-temperature composting[J]. *Agro-Environment Protection*, 2001,20(4):206-209(in Chinese with English abstract).
- [19] 郑金生,权桂芝,石磊,等.不同氮源的甘草渣基质发酵效果研究[J].新疆农业科学,2008,45(6):1064-106.
ZHENG J SH,QUAN G ZH,SHI L,*et al.* Effects of different nitrogen resources on liquorice dregs substrate fermentation [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45(6):1064-106(in Chinese with English abstract).
- [20] 董晓宇,孙守如,杨秋生,等.碳氮比和碳源配比对玉米秸基质发酵效果的影响[J].河南农业大学学报,2008,42(2):167-169.
DONG X Y,SONG SH R,YANG Q SH,*et al.* Effect of carbon-to-nitrogen ratios and nitrogen resources on the corn stalk fermentation for substrate production[J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2008, 42(2):167-169(in Chinese with English abstract).

Changes of Carbon and Nitrogen Activity of *Sophora alopecuroides* Stalks Substrate for Fermentation

FENG Haiping¹, YANG Dongyan¹, DING Zhiqiang², BAI Shenghu³,
YANG Zhigang² and LIU Xiaomei³

(1. Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Agriculture and Animal Husbandry, Longde Ningxia 756300, China;

3. Guyuan Yuanzhou District Agricultural Technology Promotion Center, Guyuan Ningxia 756000, China)

Abstract The experimental setup included net *Sophora alopecuroides* stem powder(T1), *Sophora alopecuroides* stem powder + stem crude fiber degrading bacteria(T2), *Sophora alopecuroides* stem

powder+organic fertilizer and crude fiber degrading bacteria(T3),*Sophora alopecuroides* stem powder+urea+cellulose fiber degrading bacteria(T4),*Sophora alopecuroides* stem powder+organic fertilizer urea+crude fiber degrading bacteria(T5). Taking T1 as control to study the change of related parameters of *Sophora alopecuroides* stalks substrate for fermentation. The results showed that growth rate of composting temperature of T3 and T5 treatment significantly were faster than that of the control,and could keep high temperature for a long time(> 50 ℃ for 10 d,> 55 ℃ for 6 d), and shorten the rotten time of the stalks of *Sophora alopecuroides* pile body at end of the fermentation,to contrast,total organic carbon mass fraction and C/N was reduced by 12. 20% and 27. 76% respectively,total nitrogen mass fraction increased by 19. 24% and 21. 49% respectively,and NO₃⁻-N increased by 12. 72% and 13. 60% respectively,NH₄⁺-N was reduced by 16. 67% and 21. 26%,respectively,it were significantly higher than that of control and other processing,and there was no significant difference between the two processing,and increased the content of total nitrogen in the process of the composting for ensuring the fertility after it was rotten. To sum up,adding organic fertilizer+urea+inoculated microbe and organic fertilizer+inoculated microbe treatment pile body had better effect on promoting stalks substrate of *Sophora alopecuroides* .

Key words *Sophora alopecuroides* stem; Fermentation; Matrix carbon ; Matrix nitrogen

Received 2016-04-10 **Returned** 2016-06-14

Foundation item National Natural Science Foundation of China(No. 31501803); Pilot Project for Technology Innovation of Ningxia Academy of Science(No. NKYQ-16-05).

First author FENG Haiping,female, master, assistant researcher. Research area: vegetable physiology and soilless cultivation. E-mail: fenghaiping2005@163. com

(责任编辑:史亚歌 **Responsible editor:SHI Yage**)



《西北农业学报》入选中国科学引文数据库(CSCD)核心库

近日,中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database,简称 CSCD)来源期刊正式公布,2017—2018 年度 CSCD 共收录来源期刊 1229 种,其中核心库 885 种(以备注栏中 C 为标记),扩展库 344 种(以备注栏中 E 为标记)。《西北农业学报》入选 2017—2018 年度 CSCD 核心库,这也是《西北农业学报》首次入选 CSCD 核心库。

CSCD 始创于 1989 年,现已成为我国规模最大、最具权威性的科学引文索引数据库,是目前我国高等院校和科研机构等进行项目申报、成果评估、人才选拔及文献计量的主要依据之一。CSCD 来源期刊每两年遴选一次,《西北农业学报》自 1997 年被其收录至扩展库(E),此次入选 CSCD 核心库(C),标志着《西北农业学报》已经得到我国最具权威性的科学引文数据库的认可。