

唐红琴,董文斌,李忠义,等. 稻草-狐尾藻治理养殖废水效应研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):302-305.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.077

稻草-狐尾藻治理养殖废水效应研究

唐红琴,董文斌,李忠义,蒙炎成,韦彩会,王瑾,俞月凤,胡钧铭,张野,李婷婷,何铁光
(广西农业科学院农业资源与环境研究所,广西南宁 530007)

摘要:拟研究稻草-狐尾藻治理养殖废水的效应,为探讨狐尾藻在处理养殖废水中的应用提供理论依据。通过覆盖稻草和无稻草覆盖 2 组模拟试验,每组将狐尾藻放置于 5 级废水中培养,以自来水作为对照,每间隔一段时间测量各级废水化学需氧量(COD)与固体悬浮物(SS)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、总氮(TN)、总磷(TP)的浓度,分析其变化规律。结果表明:除稻草覆盖组中 COD 和 SS 浓度 2 项指标呈现升高趋势外,其余指标均呈现前期快速降低、后期缓慢降低的趋势。处理 75 d 后,各级废水中的各指标浓度均较原水明显下降,无稻草覆盖组狐尾藻净化养殖废水效果较好,效率较高。狐尾藻能有效降低养殖废水中的各种污染物浓度,改善水质,在治理和净化养殖废水方面具有良好的应用前景。

关键词:稻草;狐尾藻;养殖废水;污染物;效应

中图分类号: X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0302-04

随着畜禽养殖业的快速发展,化学需氧量、氨氮、磷等主要污染物排放量日益增多。国内外利用水生植物净化生活污水的研究已取得了一些成果,并证实利用水生植物既能治理水体污染,又能避免二次污染^[1]。狐尾藻(*Myriophyllum verticillatum* L.)属小二仙草科的多年生沉水植物,为 C_4 光合作物,能较快高效地除去水体中的氮、磷等富营养化元素,因其具有适应能力强、生物量积累较快和耐污能力较强等特点而成为水生植被恢复工程中被优先考虑的先锋物种之一^[2]。利用水生植物治理或修复污染水体,具有运行成本低、净化效果好、环境效益高等优点,适用于分散式养殖的废水处理^[3]。陈金发等在室内条件下模拟大藻对不同质量浓度畜禽废水的净化试验,发现大藻对养殖废水的 COD_{cr} 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TP 的去除率分别高达 82.33%、69.21%、45.88%^[4]。此外,水葫

芦^[5]、芦苇^[6]等对养殖废水也具有良好的净化作用。与其他水生植物相比,狐尾藻适应性广、耐污能力强,既能快速净化水体,又能避免二次污染^[2,7],厉金炳等将狐尾藻用于禽畜养殖污水的生态处理具有显著效果^[8]。2014 年陈鸿等在广西河池环江县丽源养猪场以稻草、绿狐尾藻为核心构建人工湿地治理养殖废水,发现经处理后水体中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TN、TP 浓度分别下降 69%、60%、73%^[9]。罗开武等也采用“稻草-绿狐尾藻”的治污技术,对猪场废水中氨氮、总氮、COD 实现较彻底的去除^[10]。

在利用狐尾藻等一些水生植被处理畜禽养殖污染物方面,目前国内仍处于起步和技术探索阶段,整治工作基本处于水质改善和景观建设阶段,缺乏传统水利、生态系统栖息地和景观的有机结合,而国外已经形成了较为成熟的理念及相关技术、标准和规范。本研究针对广西南宁市养殖业迅猛发展及养殖污染亟需减排治理的现实需求,以生猪规模化养殖为研究对象,在室内环境下开展稻草-狐尾藻净化养殖水体的模拟试验,以取自养殖场 5 级滤池的废水作为原水,设置稻草覆盖与无稻草覆盖 2 组试验,研究试验期间狐尾藻对养殖废水化学需氧量(COD)、固体悬浮物(SS)、氨氮($\text{NH}_3 - \text{N}$)、总氮(TN)、总磷(TP)的去除效果,深入探讨稻草-狐尾藻的净化效果,为其在生产中的推广和应用提供理论依据和数据参考。

收稿日期:2017-05-15

基金项目:广西科学研究与技术开发计划(编号:桂科攻 1598016-2);广西农业科学院基本科研业务专项(编号:2015YT31);南宁市科学研究与技术开发计划(编号:20153135);广西农业科学院科技发展基金(编号:桂农科 2016JZ11)。

作者简介:唐红琴(1969—),女,广西大化人,副研究员,主要从事农业生态和环境研究。Tel:(0771)3244194;E-mail:229167658@qq.com。

通信作者:何铁光,博士,研究员,主要从事环境生态研究。Tel:(0771)3243829;E-mail:tghel18@163.com。

[18]濮晨熹,张金松,安瑞,等. 某污水处理厂紫外线消毒运行效果研究[J]. 给水排水,2012,38(1):126-129.

[19]Navarro E, Muñoz S, Korkaric M, et al. Ultraviolet radiation dose calculation for algal suspensions using UVA and UVB extinction coefficients[J]. Journal of Photochemistry & Photobiology B: Biology, 2014, 132(10):94-101.

[20]Häder D P, Kumar H D, Smith R C, et al. Effects on aquatic ecosystems[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 1998, 46(1/2/3):53-68.

[21]Williamson C E. What role does UV-B radiation play in freshwater

ecosystems? [J]. Limnology & Oceanography, 1995, 40(2):386-392.

[22]杨顶田,陈伟民,张运林,等. 太湖梅梁湾水体中紫外线状况及藻体内 MAAs 的检测[J]. 植物科学学报, 2004, 22(3):264-268.

[23]张运林,秦伯强,马荣华,等. 太湖典型草、藻型湖区紫外辐射的衰减及影响因素分析[J]. 生态学报, 2005, 25(9):2354-2361.

[24]Figueroa F L, Niell F X, Figueiras F G, et al. Diel migration of phytoplankton and spectral light field in the Ría de Vigo (NW Spain) [J]. Marine Biology, 1998, 130(3):491-499.

1 材料与方法

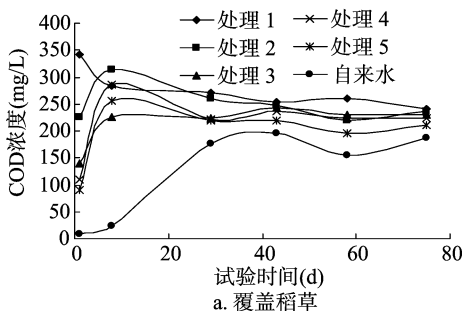
以采自广西柯新源原种猪有限责任公司的狐尾藻为去污材料,用清水洗净其附着物,去除枯黄和衰败的叶片,移栽至塑料杯中培养备用。分别采集该公司养猪场经过 1、2、3、4、5 级简易滤池处理的废水作为试验原水,以自来水作为对照,5 级原水污染物指标见表 1。

表 1 各级原水污染物指标

级别	浓度 (mg/L)				
	COD	NH ₃ -N	TN	TP	SS
1	341.75	22.60	32.05	11.86	24.6
2	226.34	21.46	28.84	9.21	23.3
3	138.92	21.01	27.15	7.64	21.1
4	109.20	20.31	18.6	6.52	14.2
5	90.03	19.75	10.95	5.08	10.7
6(自来水)	9.35	0.32	1.96	0.27	2.50

1.1 试验设计

试验于 2016 年 9 月 14 日在广西农业科学院温室大棚进行,棚内放置相同规格的聚氯乙烯(PVC)桶(桶深×直径=50 cm×60 cm),在桶壁作标记,设桶蓄水比为 80%,即桶高 40 cm 处为标准水位线,将 5 级不同浓度的猪场废水分别倒入编号为 1~5 号的桶中,其中 1 号桶装 1 级原水(浓度最高),2 号桶装 2 级原水,以此类推,6 号桶装自来水作为对照桶,将水装至水面与标准水位线平齐为止。分为覆盖稻草和无稻草覆盖 2 组试验,稻草覆盖量为 500 g/桶,每组中每级废水各倒入 3 桶,做 3 次重复试验。取预培养的狐尾藻顶枝部位往下量约 20 cm,扦插入桶中,每桶 20 株。分别于试验 1、8、29、43、58、75 d 采集各处理水样,测定化学需氧量(COD)、



氨氮(NH₃-N)、总氮(TN)、总磷(TP)及固体悬浮物(SS)的浓度。试验过程中及时加水,补充因蒸发而消耗的水分,使水位始终保持不变。对照桶(不放入猪场废水)与试验组作相同处理。试验时间在 2016 年 9—12 月。

1.2 测定项目与方法

采集各处理的水样后,参照《水和废水监测分析方法》^[1]测定各处理水质指标:采用重铬酸钾法测定 COD,采用过硫酸钾消解紫外分光光度法测定 TN 浓度,采用纳氏比色法测定 NH₃-N 浓度,采用钼锑抗比色法测定 TP 浓度,滤料过滤后烘干测定 SS 浓度。

1.3 数据处理

采用 Excel 2003 软件进行数据整理和图表制作。

2 结果与分析

2.1 废水 COD 变化分析

由图 1 可知,在无稻草覆盖组中,1~5 号桶废水中的 COD 均逐渐降低,在前 43 d COD 下降较快,说明狐尾藻在前 43 d 对 COD 处理较快,从第 43 天开始浓度变化趋于稳定, COD 降至 50.00 mg/L 以下,之后至试验结束 COD 基本无明显变化,6 号桶中的自来水 COD 基本无变化;在覆盖稻草组中,1~5 号桶废水中的 COD 变化规律不明确,其中 1 号桶 COD 基本呈现下降趋势,而 2~5 号桶中 COD 在第 8 天时有上升趋势,之后呈下降趋势,但是下降不明显,而 6 号桶中的水也呈现同样的趋势, COD 反而上升,试验结束时,各级废水中 COD 在 186.00~241.00 mg/L。在狐尾藻处理废水的过程中,无稻草组的废水 COD 远小于覆盖稻草组,无稻草覆盖组处理废水后 COD 较低,处理效果较好。

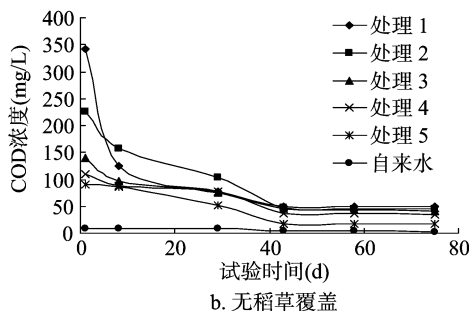


图 1 试验期间 COD 的动态变化

2.2 废水 SS 浓度变化分析

由图 2 可知,在无稻草覆盖组中,1~5 号桶废水中的固体悬浮物浓度逐渐下降,在前 43 d,SS 的浓度下降得较快,之后至试验结束,SS 的浓度基本保持稳定,在 2.20~7.80 mg/L,6 号桶 SS 浓度基本保持不变;覆盖稻草组中,1~5 号桶废水中 SS 的浓度整体呈现逐渐上升趋势,其中 58 d 后浓度上升较快,6 号桶自来水中 SS 的浓度也呈现类似规律,最终浓度达到 50 mg/L,试验结束时,各级废水中 SS 的浓度在 50.00~118.00 mg/L。在狐尾藻处理废水的过程中,无稻草覆盖组的废水 SS 浓度小于覆盖稻草组,无稻草覆盖组处理废水中固体悬浮物较少,处理效果较好。

2.3 废水 NH₃-N 浓度变化分析

由图 3 可知,无稻草覆盖组中,1~5 号桶废水中的氨氮浓度逐渐下降,在前 29 d,NH₃-N 的浓度下降较快,之后至试验

结束,NH₃-N 的浓度基本保持稳定,在 0.37~1.61 mg/L,6 号桶浓度基本保持不变;在覆盖稻草组中,1~5 号桶废水中 NH₃-N 浓度也呈现与无稻草覆盖组中一样的变化规律,6 号桶自来水中 NH₃-N 浓度也基本保持不变,试验结束时,各级废水中 SS 浓度在 0.50~1.96 mg/L。在狐尾藻处理废水过程中,覆盖稻草组与无稻草覆盖组处理废水的 NH₃-N 浓度变化规律基本一致,最终 2 组的废水 NH₃-N 浓度相近,处理效果相当。

2.4 废水 TN 浓度变化分析

由图 4 可知,在无稻草覆盖组中,1~5 号桶废水中的总氮浓度逐渐下降,在前 29 d,TN 浓度下降较快,之后至试验结束,TN 浓度基本保持稳定,在 1.10~4.71 mg/L,6 号桶浓度基本保持不变;在覆盖稻草组中,1~5 号桶废水中 TN 的浓度也呈现与无稻草处理中一样的变化规律,6 号桶自来水中 TN

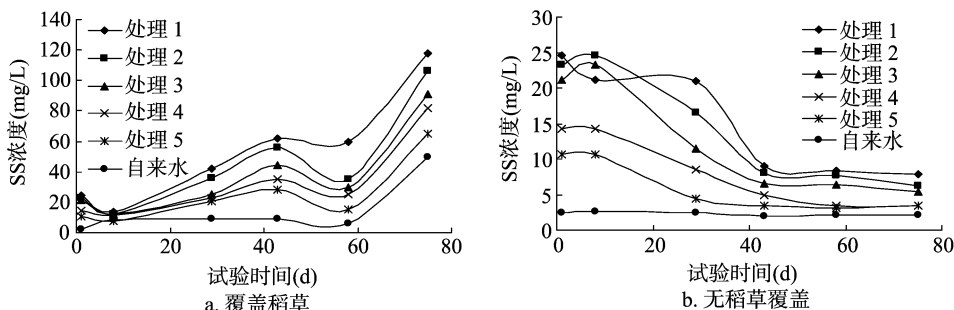


图2 试验期间 SS 浓度的动态变化

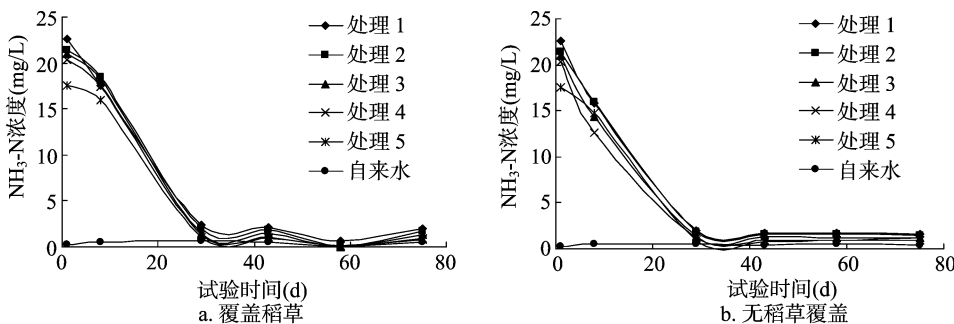
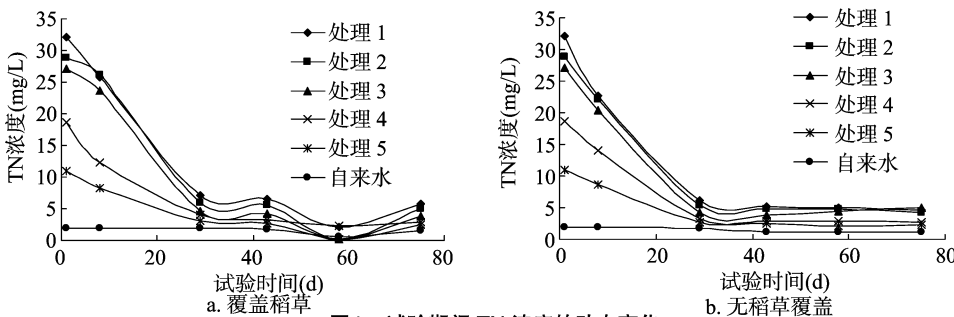
图3 试验期间 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的动态变化

图4 试验期间 TN 浓度的动态变化

的浓度也基本保持不变,试验结束时,各级废水中 TN 浓度在 $1.50 \sim 5.78 \text{ mg/L}$ 。在狐尾藻处理废水的过程中,覆盖稻草组与无稻草覆盖组中废水的 TN 浓度变化规律基本一致,也与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度变化规律基本一致,最终 2 组废水的 TN 浓度相近,处理效果相当。

2.5 废水 TP 浓度变化分析

由图 5 可知,在无稻草覆盖组处理中,1~5 号桶废水中的总磷浓度逐渐下降,在前 43 d,TP 浓度下降较快,之后至试验结束,TP 浓度基本保持稳定,在 $0.06 \sim 0.37 \text{ mg/L}$,6 号桶浓度基本保持不变;在覆盖稻草组中,1~5 号桶废水中 TP 浓度在第 8 天时稍有上升,上升 10% 以内,幅度不大,然后逐渐

下降,在 43 d 以后浓度基本保持稳定,6 号桶自来水中 TP 浓度也基本保持不变,试验结束时,各级废水中 TP 浓度在 $0.26 \sim 1.58 \text{ mg/L}$ 。在狐尾藻处理废水过程中,覆盖稻草组与无稻草覆盖组中 TP 浓度变化规律稍有不同,但均在 43 d 后趋于稳定,其中无覆盖稻草组比稻草覆盖组的最终 TP 浓度要低,可见无覆盖稻草组效果比较好。

2.6 废水处理的效果

根据以上模拟试验结果可以看出,狐尾藻治理废水效果明显,按照 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中规定的 COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP 日均最高允许排放浓度标准(表 2)^[12],本试验处理后的水质在这 5 个项目中均达

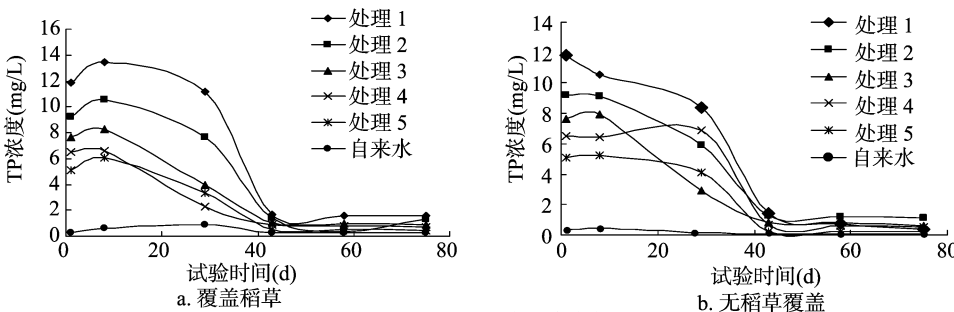


图5 试验期间 TP 浓度的动态变化

表 2 基本控制项目最高允许排放浓度(日均值) mg/L

序号	基本控制项目	一级标准 A 标准
1	化学需氧量	50
2	悬浮物(SS)	10
3	总氮(以 N 计)	15
4	氨氮(以 N 计)	5(水温>12℃)/8(水温≤12℃)
5	总磷(以 P 计)	1(2005 年 12 月 31 日前建设的污水处理厂) 0.5(2006 年 1 月 1 日起建设的污水处理厂)

到了一级标准 A 标准;而稻草-狐尾藻处理的废水除了 COD 和 SS 未达到最高允许排放浓度标准,其余 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP 均已达到一级标准 A 标准。

3 讨论与结论

3.1 狐尾藻治理废水的效率

从本模拟试验结果可以看出,无稻草覆盖组的狐尾藻处理废水中 COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 和 TP 效果最好,且效率最高,在 29~43 d,废水中各项指标均已降至最低浓度,且水质指标均已达到 GB/8918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级标准 A 标准;而在覆盖稻草组的狐尾藻处理废水中,除 COD 和 SS 浓度升高外,其余指标也均在 29~43 d 时降至最低浓度,且都达到 GB/8918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级标准 A 标准。相比较而言,无稻草覆盖的狐尾藻处理废水效率更高,效果更好。

3.2 狐尾藻治理废水的效果

在罗开武等的研究中, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度、TP 浓度、COD 在沼液池、生物池(稻草降解池)通过 4 级绿狐尾藻湿地净化后均降低 90% 以上^[10]。本试验中覆盖稻草组中 COD 与 SS 浓度有升高的趋势,6 号桶中自来水的 COD 和 SS 浓度也呈现升高趋势,在试验中覆盖稻草的处理桶内水逐渐变为黑色,而无稻草覆盖组的水是透明的,是否因为稻草在废水中降解从

而导致 COD 和 SS 浓度升高,有待进一步验证。此外,本试验为室内模拟试验,处理时间为 75 d,而罗开武等的处理时间为半年^[10],因此,若本模拟试验延长处理时间,COD 和 SS 浓度在后期是否会下降也有待进一步验证。

参考文献:

- [1] 苏小东,李 艳,原金海,等. 不同水生植物对水体中氮磷吸收去除效果的试验[J]. 净水技术,2014,33(2):48-51.
- [2] 柏 祥,陈开宁,任奎晓,等. 不同水深条件下狐尾藻生长对沉积物氮磷的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(6/7):1086-1091.
- [3] 孙 伟. 简述畜禽养殖废水处理研究方法研究进展[J]. 环境研究与监测,2014,27(2):68-69.
- [4] 陈金发,杨 平,聂琦珊,等. 大藻对不同质量浓度畜禽废水的净化作用及生物学效应[J]. 重庆大学学报,2014,37(3):87-94.
- [5] 程 燕,龙 峥,姜无边,等. 水葫芦对猪场废水的净化作用[J]. 养猪,2014(4):86-87.
- [6] 蒙宽宏,刘延滨,张 玲,等. 芦苇与香蒲对水中总磷总氮净化能力研究[J]. 环境科学与管理,2014,39(11):38-40.
- [7] 贾一非,袁 涛,马映东. 狐尾藻对园林水景污染水体的净化作用[J]. 西北林学院学报,2015,30(6):250-254.
- [8] 厉金炳,徐小燕,袁金钱,等. 利用狐尾藻综合治理规模养殖场污水的原理及效果分析[J]. 浙江畜牧兽医,2014(5):72-73.
- [9] 陈 鸿,黄世洋,黎庶凯,等. 绿狐尾藻人工湿地治理污水污染模式及其在广西的应用[J]. 亚热带植物科学,2016,45(4):386-390.
- [10] 罗开武,邹爱华,邹均华,等. 绿狐尾藻治理猪场废水效果观察[J]. 湖南畜牧兽医,2016(1):22-24.
- [11] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [12] 国家环境保护总局. 城镇污水处理厂污染物排放标准:GB 18918—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.

(上接第 296 页)

素、纤维素、木质素的降解率分别为 16.64%、26.42%、11.43%。BD-19 菌株经过形态特征及 ITS 的系统发育分析,鉴定其属于枝孢菌属。

利用 GC-MS 对筛选出的高效降解秸秆菌株 BD-19 降解秸秆的能力进行进一步研究。通过对其降解秸秆产生有机物的分析表明,产物中除了含有少量烷烃类物质外,还含有 32 种有机物,从有机物的种类及含量变化上可以判断,枝孢菌 BD-19 对纤维素、木质素均有降解作用。

参考文献:

- [1] 毕于运,高春雨,王亚静,等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报,2009,25(12):211-217.
- [2] 张蕴琦,徐凤花,张书敏,等. 水稻秸秆降解菌系的筛选及其菌群组成分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(8):257-260.
- [3] 陈 坚. 环境生物技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.
- [4] 张雪松,朱建良. 影响纤维素类物质厌氧发酵产氢因素的研究[J]. 生物技术通报,2005(2):7-15.
- [5] 封 莉,刘俊峰,冯晓静,等. 秸秆生物质资源利用途径及相应技术[J]. 农机化研究,2004(6):8-11.
- [6] 张 燕. 中国秸秆资源利用方式的效益对比探析[J]. 中国农学通报,2009,25(23):45-51.

- [7] 李慧君. 秸秆纤维素降解菌的筛选及其利用研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010:1-51.
- [8] Deacon J W. Fungal growth[M]. New York:Blacwell Science Inc, 1997:50-59.
- [9] He X S, Xi B D, Jiang Y H, et al. Bai SG structural transformation study of water-extractable organic matter during the industrial composting of cattle manure[J]. Microchemical Journal, 2013(106):160-166.
- [10] Chi Y, Hatakka A, Maijala P. Can co-culturing of two white-rot fungi increase lignin degradation and the production of lignin-degrading enzymes? [J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2007, 59(1):32-39.
- [11] 徐 忠,汪群慧,姜兆华. 氨处理对大豆秸秆纤维素酶产糖影响的研究[J]. 高校化学工程学报,2004,18(6):773-776.
- [12] Juhász T, Kozma K, Szengyel Z, et al. Production of β -glucosidase in mixed culture of *Aspergillus niger* BKM-1305 and *Trichoderma reesei* RUT C30 [J]. Food Technology and Biotechnology, 2003(41):49-53.
- [13] 许 凤,钟新春,孙润仓,等. 秸秆中半纤维素的结构及分离新方法综述[J]. 林产化学与工业,2005,25(21):179-182.
- [14] 全桂静,赵 航. 半纤维素酶高产菌株的筛选及产酶条件的研究[J]. 沈阳化工大学学报,2010,4(1):50-57.