

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第6期 Vol.31 No.6 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 6 期 2011 年 3 月 (半月刊)

目 次

臭氧胁迫对水稻生长以及 C、N、S 元素分配的影响	郑飞翔,王效科,侯培强,等 (1479)
高含氮稻田深层土壤的氨氧化古菌和厌氧氨氧化菌共存及对氮循环的影响	王 雨,祝贵兵,王朝旭,等 (1487)
气候年际变率对全球植被平均分布的影响	邵 璞,曾晓东 (1494)
模拟升温 and 放牧对高寒草甸土壤有机碳氮组分和微生物生物量的影响	王 蓓,孙 庚,罗 鹏,等 (1506)
广州城区生态安全岛典型植物群落结构及物种多样性	莫 丹,管东生,黄康有,等 (1515)
中亚热带湿地松人工林生长过程	马泽清,刘琪璟,王辉民,等 (1525)
潜流人工湿地中植物对氮磷净化的影响	刘树元,阎百兴,王莉霞 (1538)
模拟氮沉降对两种竹林不同凋落物组分分解过程养分释放的影响	涂利华,胡庭兴,张 健,等 (1547)
苔藓植物对贵州丹寨汞矿区汞污染的生态监测	刘荣相,王智慧,张朝晖 (1558)
三峡库区泥、沙沉降对低位狗牙根种群的影响	李 强,丁武泉,朱启红,等 (1567)
上海崇明东滩互花米草种子产量及其萌发对温度的响应	祝振昌,张利权,肖德荣 (1574)
栲-木荷林凋落叶混合分解对土壤有机碳的影响	张晓鹏,潘开文,王进闯,等 (1582)
荒漠化对毛乌素沙地土壤呼吸及生态系统碳固持的影响	丁金枝,来利明,赵学春,等 (1594)
黄土丘陵沟壑区小流域土壤有机碳空间分布及其影响因素	孙文义,郭胜利 (1604)
种间互作和施氮对蚕豆/玉米间作生态系统地上部和地下部生长的影响	李玉英,胡汉升,程 序,等 (1617)
测墒补灌对冬小麦氮素积累与转运及籽粒产量的影响	韩占江,于振文,王 东,等 (1631)
植被生化组分光谱模型抗土壤背景的能力	孙 林,程丽娟 (1641)
北方两省农牧交错带沙棘根围 AM 真菌与球囊霉素空间分布	贺学礼,陈 程,何 博 (1653)
基于水源涵养的流域适宜森林覆盖率研究——以平通河流域(平武段)为例	朱志芳,龚固堂,陈俊华,等 (1662)
黑龙江大兴安岭呼中林区火烧点格局分析及影响因素	刘志华,杨 健,贺红士,等 (1669)
大兴安岭小尺度草甸火燃烧效率	王明玉,舒立福,宋光辉,等 (1678)
长江口中华鲟自然保护区底层鱼类的群落结构特征	张 涛,庄 平,章龙珍,等 (1687)
骨顶鸡等游禽对不同的人为干扰的行为响应	张微微,马建章,李金波 (1695)
光周期对白头鹇体重、器官重量和能量代谢的影响	倪小英,林 琳,周菲菲,等 (1703)
应用稳定同位素技术分析华北部分地区第三代棉铃虫虫源性质	叶乐夫,付 雪,谢宝瑜,等 (1714)
西花蓟马对蔬菜寄主的选择性	袁成明,郅军锐,曹 宇,等 (1720)
基于 Cyt b 基因序列分析的松毛虫种群遗传结构研究	高宝嘉,张学卫,周国娜,等 (1727)
沼液的定价方法及其应用效果	张昌爱,刘 英,曹 曼,等 (1735)
垃圾堆肥基质对不同草坪植物生态及质量特征的影响	赵树兰,廉 菲,多立安 (1742)
五氯酚在稻田中的降解动态及生物有效性	王诗生,李德鹏 (1749)
专论与综述	
景观遗传学:概念与方法	薛亚东,李 丽,吴巩胜,等 (1756)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 284 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 31 * 2011-03	



封面图说:美丽优雅的新疆夏尔西里森林草地原始景观。夏尔西里国家级自然保护区建立在新疆博乐北部山区无人干扰的中哈边境上,图中雪地云杉为当地的优势树种。

彩图提供:国家林业局陈建伟教授 E-mail: cites.chenjw@163.com

垃圾堆肥基质对不同草坪植物生态及质量特征的影响

赵树兰, 廉 菲, 多立安*

(天津师范大学生命科学学院, 天津 300387)

摘要:通过田间实验,研究了城市生活垃圾堆肥基质对高羊茅和黑麦草不同品种草坪植物生态及质量特征的影响。结果表明:堆肥能明显促进草坪植物生长,提高地上和地下生物量。与一茬草相比,垃圾堆肥对二茬草的促进作用更为明显,说明了垃圾堆肥营养具有缓释效应。另外,垃圾堆肥能加快草坪植物返青,对越年草坪植物盖度、株高以及生物量具有明显促进作用。不同品种草坪植物对垃圾堆肥的生长响应存在明显差异,在生长速度和生物量指标上,3种高羊茅品种表现较好。采用美国国家草坪评比体系 NTEP(9分法)作为评比标准,对各草坪综合质量进行评定。结果垃圾堆肥建植的草坪综合质量均明显好于对照;不同草坪植物之间比较,以爱神综合质量为最佳,尤其表现在密度、颜色和质地方面。

关键词:城市生活垃圾堆肥;草坪植物;生态特征;草坪质量

Effects of compost from municipal solid waste on ecological characteristics and the quality of different turfgrass cultivars

ZHAO Shulan, LIAN Fei, DUO Li'an*

College of Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300387, China

Abstract: Carpet turf production was used to conduct on cultivated soil in China. The fertile cultivated soil was often taken with turf selling. After several cycles, the soil became infertile and could no longer be used for cultivating crops. Meanwhile, there is a rapid increase of municipal solid waste (MSW) due to the population keep growing and the fast development of economy. MSW composting has been proved to be a safe and effective way to utilize the large amount of MSW. In this study, field trials were conducted to investigate the effects of MSW compost medium on ecological characteristics and the quality of different turfgrass cultivars. The results showed that MSW compost had significantly improved the biomass of turfgrass on both aboveground and underground parts. Compared with the first stubble, the second stubble grew much better, this indicated that nutrients of MSW compost may release slowly. Plant height of the second stubble grew in MSW compost was measured on August 11 and 31, respectively; both were significantly higher than that of their controls ($P < 0.01$) which grew in cultivated soil. Aboveground biomass of the second stubble of Triple, Cochise and Tipton grew in MSW compost increased by 88.9%, 115.7% and 121.0% ($P < 0.01$) compared to their controls, respectively. Moreover, the underground biomass of three cultivars grew on MSW compost increased by 33.8%, 57.3% ($P < 0.05$) and 125.7% ($P < 0.01$) compared with their controls, respectively. In addition, MSW compost could accelerate turfgrass to regreen and the coverage, plant height and biomass in the next year. The regreening peak of turfgrass grew in MSW compost appeared between the end of March and the beginning of April. There was remarkable increase in turfgrass coverage in response to MSW compost. Plant height of turfgrass with the regreening in the next year grew in MSW compost was significantly higher than that of the controls, especially for Triple, Cochise and Tipton. Furthermore, MSW compost increased the biomass of both aboveground and underground of turfgrass in the next year. The increases of aboveground biomass were 74.2% ($P < 0.01$) and 77.3% ($P < 0.05$) for Triple and Tipton, respectively, and

基金项目:天津市科技支撑计划重点项目(09ZCGYSH02100)

收稿日期:2010-08-09; 修订日期:2011-01-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: duolian_tjnu@163.com

underground biomass were 63.8% and 69.0% ($P < 0.01$) for Cochise and Tipton, respectively. Different turfgrass cultivars showed different responses to MSW compost in plant growth. Among which, three *Festuca arundinacea* L. cultivars had higher biomass and growth rate than *Lolium perenne* L. cultivar. According to National Turfgrass Evaluation Program (NTEP), the scores for turf grew in MSW compost assessment were much higher than those of their controls. Cultivar Accent achieved the highest score of 8.4 in comprehensive quality, especially in density, color and texture of leaves. These results demonstrated that MSW compost contained rich nutrients and the nutrients released slowly, which made the compost support turfgrass to grow more than two years or even longer. Turf established in MSW compost medium showed better color effect and other properties. These findings highlight that turf production with compost came from MSW could largely reduce the environmental pollution and soil contamination. Thus, it is necessary to replace soil medium with MSW compost in turf production.

Key Words: MSW compost; turfgrass; ecological characteristics; turf quality

随着经济的发展、人口的增长与城市化进程的加快,城市生活垃圾(下称“垃圾”)的产量与种类不断增多,垃圾的安全处置与资源化利用已成为我国的当务之急^[1-2]。与其他垃圾处理方法相比,堆肥法被认为是最有效的垃圾资源化利用的方法之一^[3]。垃圾堆肥中含有大量的有机质和植物生长所需的营养物质,常作为肥料施于土壤,不仅能提高土壤肥力,改善土壤的理化性质,而且能促进植物生长,提高产量和质量^[4-6]。尽管垃圾堆肥的利用潜力巨大,但堆肥中的重金属和病原菌等有害物质会通过食物链给人类的健康造成潜在的威胁^[7-10]。

随着人们生态意识的加强,实现大地绿化已成为人们普遍的要求。为此,草坪绿化规模与水平已成为衡量现代化城市环境质量的重要客观标准之一^[11-12]。但在现行的草皮生产过程中,肥沃的土壤会随着草皮的销售被带走,而使农田土壤遭到破坏^[13]。将垃圾堆肥用作草坪培植基质,不仅可以促进草坪植物生长,保持草坪的优良性状,又可解决垃圾销纳和保护耕地土壤的问题。目前,垃圾堆肥应用草皮生产的方式主要还是将垃圾堆肥作为肥料施于土壤^[14],这种应用方式无法实现垃圾堆肥替代土壤和销纳更多垃圾的目标。因此,将垃圾堆肥作为主体成分用于草坪基质的研究受到关注,在国内,以垃圾堆肥为主体成分组配草坪基质及其草皮生产研究多停留在实验室内的小试阶段^[15-18];而有关田间直堆垃圾堆肥基质进行草皮生产应用研究还鲜有报道。在国外,替代土壤基质的草皮生产研究则仅限于对农业废弃物的利用上^[19],而将垃圾堆肥作为主体成分用于草皮基质的研究还尚无文献报道。任何草坪植物或草种与其生长的基质都存在协同适应的问题,这一问题的解决与否,则事关草皮生产技术成功的关键。为此,本文通过连续两年的田间实验,探讨了生活垃圾堆肥作为主体成分基质对不同草坪植物主要性状、草坪性能及成坪质量的影响并进行了评价,以优化出适宜垃圾堆肥基质的草坪植物及其品种,为垃圾堆肥为主体基质成分进行大规模草皮生产的实际推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

垃圾堆肥来自天津市小淀垃圾堆肥厂。垃圾堆肥源为城市日常生活提供服务活动中产生的固体废物,主要有厨房垃圾,包括剩菜剩饭、骨头、菜根菜叶等食品类废物,另外,也包含可回收垃圾、有害垃圾和其他如取暖煤灰等废弃物。堆肥制备与处理采用德国工艺技术与设备,堆肥前将城市生活垃圾中的塑料、金属、玻璃、纸张等可回收利用物质进行分选后,剩余的物质作为堆料。堆肥过程为好氧发酵,堆料含水率为45%—60%,在pH为6.5—7.5,温度为45—55℃条件下,通风供氧,发酵30 d。80t发酵后的垃圾堆肥在利用前要进行筛选,以进一步去除各类塑料、金属、碎玻璃及砖瓦石块等杂物,然后对垃圾堆肥背景进行分析。处理后的垃圾堆肥平铺于实验地上作为草皮基质,每平方米用量约为200 kg,镇压后基质厚度为20 cm。垃圾堆肥主要理化性质为:pH 7.62,饱和含水量0.76 mL/g,容重0.85 g/mL,全氮5.18%,有效磷77.92 mg/kg,有机质

12.12%, 全钾 1.21%, Ca 含量 30.62 g/kg, Fe 19.95 g/kg, Mg 5.78 g/kg, Cu 546.15 mg/kg, Zn 534.53 mg/kg, Pb 163.62 mg/kg, Cd 2.06 mg/kg, Mn 324.59 mg/kg, Cr 89.87 mg/kg, Ni 76.26 mg/kg。草坪植物选用我国各地广泛应用的多年生黑麦草 (*Lolium perenne* L.) 和高羊茅 (*Festuca arundinacea* L.)。所用品种: 黑麦草为爱神, 高羊茅为可奇思、翠波和蒂普顿。

1.2 田间实验设计

草皮生产实验地设在天津师范大学北院内(北纬 38°34′至 40°15′, 东经 116°43′至 118°04′)。年平均气温 12.33℃, 1 月最冷, 月平均气温 -4—6℃; 7 月最热, 月平均气温 26℃。年平均降水量 550—680 mm, 夏季降水量占全年降水量的 80%, 无霜期 200 d, 年平均日照射 2610—3090 h。试验地面积为 220 m², 应充分整地。堆肥直堆前基底设水泥阻断层, 以避免营养等流失。垃圾堆肥平铺于实验地上, 再通过镇压使堆肥紧实平坦。实验地共设 4 个小区, 小区面积为 4.0 m×4.0 m, 间距为 20 cm; 将 300 g 爱神、可奇思、翠波和蒂普顿分别播于 4 个小区内, 各小区分别设有土壤对照, 对照区土壤肥沃, 地力均匀。草坪建植播种时间为春季。

1.3 指标测定

从建植开始, 观测各草坪植物的出苗日期。从出苗到生长稳定, 每隔 10 d 在各小区及其对照区内随机选 10 株, 测量幼苗株高。草坪建植 70 d 后在各小区取样, 测地上生物量(干重), 样方面积为 10 cm×10 cm, 在各小区内, 样方设置为随机方式, 4 次重复; 之后进行第一次刈割, 留茬高度 5 cm。草坪植物恢复生长 10 d 后, 继续在各小区内每隔 10 d 测株高; 40 d 后分别测定地上生物量和地下生物量, 4 次重复。

于越年早春观测草坪植物返青日期, 返青后每隔 7 d 测定各小区草坪植物盖度及株高, 直到草坪植物生长稳定, 并测定草坪植物地上和地下生物量。草坪盖度测定采用网格法, 5 点取样, 样方面积 50 cm×50 cm。采用美国国家草坪评比体系 NTEP(9 分法)对草坪外观质量进行综合评分^[20]; 对堆肥基质草皮与土壤基质草皮进行了比较研究。

1.4 数据处理

数据分析采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 12.0 统计软件。

2 结果与分析

2.1 堆肥对草坪植物初期生长的影响

各小区草坪植物出苗所用天数均为 7—8 d, 出苗天数未表现出明显差异。一茬草生长初期, 除了爱神, 其余堆肥建植的草坪植物长势均不如土壤基质的对照, 但生长到第一次刈割前, 堆肥建植的草坪植物长势表现出了好于对照的势头(图 1), 方差分析表明, 爱神、翠波及蒂普顿株高与对照相比均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。对于二茬草, 堆肥基质草坪植物生长优势一开始就表现出来, 并一直保持到二茬草刈割前(图 2)。方差分析表明, 二茬草在 8 月 11 日, 堆肥建植的草坪株高与各对照相比均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。在 9 月 10 日, 堆肥基质的翠波、可奇思以及蒂普顿与对照相比差异极显著 ($P < 0.01$)。

由表 1 可知, 除黑麦草的爱神外, 堆肥基质能够显著提高草坪植物的地上和地下生物量, 尤其二茬草地上生物量的表现得更明显, 翠波、可奇思、蒂普顿分别比相应的对照提高了 88.9%、115.7%、121.0%, 差异达到极显著 ($P < 0.01$)。翠波、可奇思地下生物量分别高出对照 33.8%、57.3% ($P < 0.05$), 而蒂普顿地下生物量高出对照 125.7%, 差异达到极显著 ($P < 0.01$)。

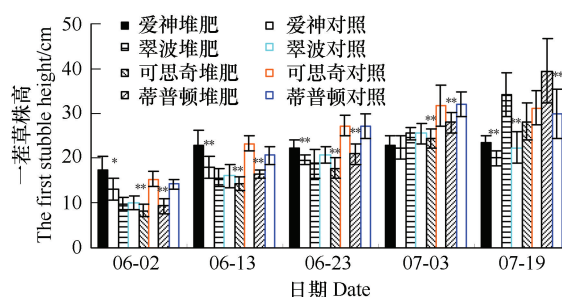


图 1 堆肥对各草坪一茬株高的影响

Fig. 1 Effects of MSW compost on turfgrass height in the first stubble

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 1 堆肥对各草坪植物生物量的影响
Table 1 The effects of MSW compost on turfgrass biomass /g

草坪植物 Turfgrass		一茬草地上生物量 Aboveground biomass of 1 st stubble	二茬草地上生物量 Aboveground biomass of 2 nd stubble	地下生物量 Underground biomass
爱神 Accent	堆肥基质 Compost medium	4.43±1.12	8.04±1.12	1.95±0.48
	CK	3.40±0.27	5.74±1.62	2.65±0.41
翠波 Triple	堆肥基质 Compost medium	8.64±1.28	17.83±2.17	4.24±0.56
	CK	5.75±0.54 **	9.44±1.50 **	3.17±0.34 *
可奇思 Cochise	堆肥基质 Compost medium	5.59±0.74	18.53±2.82	4.31±0.84
	CK	3.25±0.83 **	8.59±1.59 **	2.74±0.43 *
蒂普顿 Tipton	堆肥基质 Compost medium	6.68±1.56	21.70±1.26	5.80±0.63
	CK	4.18±0.68 *	9.82±1.19 **	2.57±0.43 **

2.2 堆肥对草坪植物越年返青的影响

越年返青后各草坪的盖度见表 2。随着气温的升高以及适时的灌溉,各草坪植物快速返青,但堆肥建植的草坪植物返青速度明显优于对照。堆肥基质各草坪植物盖度均高于各自的对照,至 3 月 15 日,可奇思和蒂普顿分别与各自对照相比差异显著($P<0.05$)。堆肥基质建植的草坪植物返青高峰出现在 3 月底至 4 月初。4 月 5 日的测定结果表明,可奇思、蒂普顿与各自对照相比差异达到极显著($P<0.01$)。到了 4 月中旬,各小区草坪植物返青基本稳定。堆肥基质的可奇思和蒂普顿草坪盖度与对照差异最为显著,4 月 12 日分别高出对照 25.5% 和 82.7% ($P<0.01$)。不同草种之间比较,返青后爱神的盖度要明显高于其它 3 种高羊茅品种,说明堆肥与不同草坪植物的协同适应关系存在明显差异。

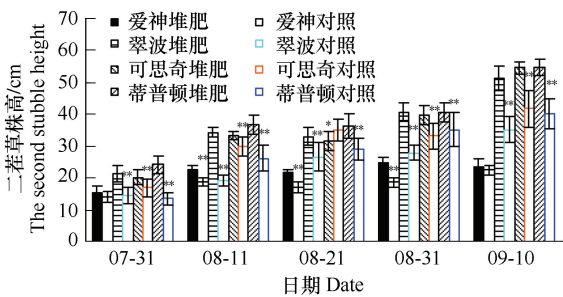


图 2 堆肥对各草坪二茬株高的影响
Fig. 2 Effects of MSW compost on turfgrass height in the second stubble

表 2 堆肥对各草坪植物越年返青的影响
Table 2 Effects of MSW compost on regreening of turfgrass in the next year

草坪植物 Turfgrass		不同日期盖度 Coverage in different date/%				
		3-15	3-22	3-29	4-5	4-12
爱神 Accent	堆肥基质 Compost medium	41.4±6.15	65.2±5.26	80.4±4.16	91.4±1.14	95.8±2.49
	CK	34.4±4.04	59.6±6.80	76.8±3.11	88.0±2.55	90.8±1.64 *
翠波 Triple	堆肥基质 Compost medium	33.6±6.23	47.2±7.82	61.4±4.56	70.2±4.82	72.4±4.88
	CK	28.8±6.06	41.0±5.00	53.6±4.22 *	64.6±4.16	69.4±2.61
可奇思 Cochise	堆肥基质 Compost medium	41.2±6.65	60.0±6.82	75.0±4.00	82.4±3.51	89.6±3.05
	CK	30.4±6.11 *	44.2±5.76 **	53.0±7.25 **	62.4±8.62 **	71.4±6.91 **
蒂普顿 Tipton	堆肥基质 Compost medium	39.2±4.32	61.2±5.45	76.0±8.60	83.6±8.62	92.8±2.59
	CK	30.6±3.85 *	44.4±3.85 **	39.0±5.24 **	46.0±7.04 **	50.8±7.36 **

由图 3 可见,堆肥基质的各草坪植物越年株高均显著高于各自对照。方差分析表明,除蒂普顿 3 月 15 日株高外,堆肥基质的各草坪株高与各自对照相比均达到极显著水平($P<0.01$)。而且堆肥基质的株高优势从草坪植物返青时就表现出来,尤其是翠波、可奇思和蒂普顿草坪地上部生长一直呈快速增长趋势。

堆肥基质各草坪植物第 2 年的地上生物量均高于对照(表 3),其中以蒂普顿、翠波的差异较为明显,分别比对照增加了 77.3% ($P<0.05$)、74.2% ($P<0.01$)。堆肥基质的地下生物量也都明显高于各自对照,爱神与对照相比差异显著($P<0.05$),可奇思和蒂普顿与对照存在极显著差异($P<0.01$)。不同草种之间比较,以翠

波的地上生物量和蒂普顿的地下生物量为最高。

2.3 草坪外观质量评价

越年初夏在供试草坪起皮前依据美国国家草坪评比体系 NTEP(9 分法)对草坪质量进行综合评分,系统比较堆肥基质草皮与对照土壤基质草皮的优劣。由表 4 可知,堆肥基质建植的各草坪综合质量评分均高于对照,其中爱神得分最高,为 8.4,蒂普顿和可思奇的对照得分最低,仅为 6.2。可见,以堆肥为基质建植草坪,第 2 年各项指标都明显优于对照草坪,而且不同草坪植物对堆肥的协同适应性也存在差异。

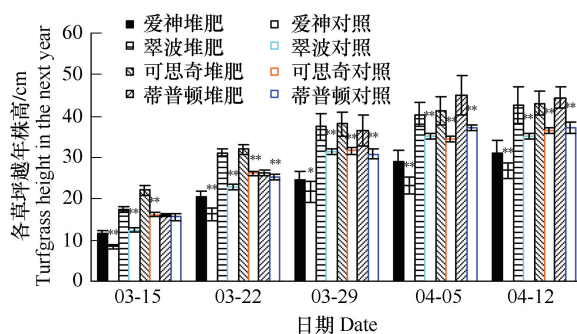


图3 堆肥对各草坪植物越年株高的影响

Fig. 3 Effects of MSW compost on turfgrass height in the next year

表3 堆肥对各草坪植物越年生物量的影响

Table 3 Effects of MSW compost on turfgrass biomass in the next year(g)

草坪植物 Turfgrass	地上生物量 Aboveground biomass	地下生物量 Underground biomass
爱神 Accent(CK)	4.72±0.97(3.69±0.70)	11.25±2.12(6.69±0.64*)
翠波 Triple(CK)	10.47±1.20(6.01±1.08**)	10.16±1.71(8.18±0.57)
可奇思 Cochise(CK)	9.54±2.01(7.34±0.92)	10.63±0.82(6.49±0.45**)
蒂普顿 Tipton(CK)	5.92±1.34(3.60±0.44*)	12.30±1.71(7.28±0.40**)

表4 草坪综合质量评分结果

Table 4 Evaluation on integrated turf quality

草坪植物 Turfgrass	密度 Density	颜色 Color	质地 Texture	均匀性 Uniformity	加权平均分* Weighted average
爱神 Accent(CK)	8(7)	9(8)	8(7)	9(9)	8.4(7.7)
翠波 Triple(CK)	7(7)	8(8)	6(5)	9(7)	7.4(6.8)
可奇思 Cochise(CK)	7(6)	9(7)	6(5)	9(7)	7.7(6.2)
蒂普顿 Tipton(CK)	8(6)	8(8)	6(5)	9(6)	7.8(6.2)

* 计算总分时,不同指标予以不同分配权重:密度 3 分,颜色 2 分,质地 2 分,均匀性 2 分

3 讨论

垃圾堆肥在应用中,主要是将其作为肥料施入土壤而加以利用。尽管堆肥是植物生长基质的非主体成分,但其促进植物生长的效果明显。Roberts 等的研究表明,黑麦草、高羊茅、早熟禾 3 种草坪植物在堆肥基质中都有较好的地上部生长^[19]。Hua 等研究发现,不同土壤中施用堆肥能显著增加 2 种草坪植物的地上部生物量^[21]。Mishra 等也证实,由于堆肥中含有丰富的营养物质,施用堆肥能显著促进小麦的生长包括地上部株高、叶片数、分蘖数、植物干重和产量的增加等^[22]。在城市生活垃圾堆肥的利用方式上,主要还是以少量施入土壤,而发挥其肥效和改良土壤的作用。在本研究中,利用垃圾堆肥作为草坪植物生长的主体基质,其肥效也得到了较好的发挥,尤其,堆肥对草坪植物初期生长的促进作用在二荏草中得到明显的体现,堆肥基质各处理草坪株高与地上生物量明显高于对照,这与刘晓波等^[14]和 Soumaré 等^[23]利用垃圾堆肥为肥料施入土壤所得的研究结果相一致,表明堆肥在草坪建植体系中的应用,无论作为肥料还是作为主体基质,其肥效都能得到较好的发挥。

尽管通常堆肥是植物生长基质的非主体成分,但其不仅含有丰富的植物所需的营养物质,而且能明显改善土壤的性质,从而促进了植物的生长。已有的研究证实,堆肥能增加土壤有机碳、总 N、孔隙度、有效 P、Fe、Mn、Zn、Cu、K,提高了植物的产量,堆肥是一种很好的提供营养物质的肥料^[4-5,23]。Weber 等在连续 3a 的试验中证实,堆肥能显著提高土壤有机碳、总孔隙度和阳离子交换量,也能显著提高土壤中植物可利用的 P、K、Mg

的含量^[5]。罗希榕等将城市堆肥添加不同比例的磷石膏组成基质,对4种常见的冷季型草坪草的生长状况及草坪质量进行了研究,通过采用5级计分制评价法对草坪综合质量进行了评定,结果表明不同的草坪植物响应存在较大的差异,多年生黑麦草和高羊茅获得良好的生长响应,草坪质量高,出苗、生长和成坪速度快,色泽和均一性好;而匍匐翦股颖和草地早熟禾的长势和草坪质量较差,从而通过草坪质量特征来达到评价草坪基质特征的目的^[24]。还有研究表明,土壤含水量缺乏能够使植物根的干重明显减少^[25]。堆肥能够提高基质的保水性能、田间持水量和植物可利用水量^[5,26],从而促进草坪地下生物量的增加。在本研究中,根据 NTEP 评分标准在第二年各草坪起皮前对草坪综合质量评价结果显示,堆肥基质均好于对照;而且黑麦草的爱神要好于高羊茅的3个品种,主要表现在密度、颜色、质地3个方面,说明爱神的后期生长表现更好,这也和草种本身的特性有关;这些特征的改善,都从侧面反映了利用垃圾堆肥作为草坪植物生长的主体基质,其环境条件较适宜草坪植物的生长,这也是堆肥营养成分充分发挥作用的前提。

本研究结果还表明堆肥作为草坪植物生长基质的主体成分,其作用方式也表现出自身的特点:即从第2年返青开始,堆肥基质的各草坪植物盖度、株高、生物量指标都好于对照处理,并且在后期表现得更加明显。这可能是由于堆肥具有明显的缓释作用,使草坪植物返青后有充足的养分供应,所以生长迅速,成坪速度及草坪质量都有显著提高^[26-27]。而这一特点与堆肥作为肥料施入草坪植物生长基质的效果不同;堆肥作为基质主体成分的这种缓释效应在草坪建植第1年二荏草的生长中也得到良好的表现。此外,不同的草坪植物对堆肥的生长响应存在差异,从生长速度和生物量来看,以3种高羊茅品种为佳,与对照的差异最显著。越年草坪植物返青后,堆肥基质的各草坪盖度、株高及生物量均明显高于对照。爱神草坪质量综合评分为最高,而且所有堆肥建植草坪均高于对照。通过连续两年的田间实验,证明了堆肥所含营养物质丰富,且缓释作用明显,能持续两年甚至更长时间为草坪植物生长提供营养。可见,垃圾堆肥基质草皮不仅具有较好的色泽效应,其它性能也较为理想,一些性能还要明显优于土壤基质草皮,生活垃圾堆肥替代土壤作为无土草皮培养基质具有广阔的应用前景。垃圾堆肥基质草皮的产业化应用,不仅能使城市生活垃圾减量化、安全与资源化利用,也能避免有毒物质进入食物链,保护耕田土壤,降低草皮生产成本。

References:

- [1] Huang Q F, Wang Q, Dong L, Xi B D, Zhou B Y. The current situation of solid waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2006, 8(1): 63-69.
- [2] Yuan X M, Huang G X, Li G. Status and countermeasures of domestic waste treatment in China. *Environmental Sanitation Engineering*, 2009, 17(2): 31-32.
- [3] Füleky G, Benedek S. Composting to recycle biowaste; a review // Lichtfouse E, ed. *Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science*. Netherlands: Springer, 2010: 319-346.
- [4] Mylavarapu R S, Zinati G M. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientia Horticulturae*, 2009, 120(3): 426-430.
- [5] Weber J, Karczewska A, Drozd J, Licznar M, Licznar S, Jamroz E, Kocowicz A. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(6): 1294-1302.
- [6] Cherif H, Ayari F, Ouzari H, Marzorati M, Brusetti L, Jedidi N, Hassen A, Daffonchio D. Effects of municipal solid waste compost, farmyard manure and chemical fertilizers on wheat growth, soil composition and soil bacterial characteristics under Tunisian arid climate. *European Journal of Soil Biology*, 2009, 45(2): 138-145.
- [7] Businelli D, Massaccesi L, Said-Pullicino D, Gigliotti G. Long-term distribution, mobility and plant availability of compost-derived heavy metals in a landfill covering soil. *Science of The Total Environment*, 2009, 407(4): 1426-1435.
- [8] Bhattacharyya P, Chakrabarti K, Chakraborty A, Tripathy S, Kim K, Powell M A. Cobalt and nickel uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2008, 69(3): 506-512.
- [9] Duo L A, Lian F, Zhao S L. Enhanced uptake of heavy metals in municipal solid waste compost by turfgrass following the application of EDTA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010, 165(1-4): 377-387.
- [10] Duo L A, Gao Y B, Zhao S L. Heavy metal accumulation and ecological responses of turfgrass to rubbish compost with EDTA addition. *Journal of*

Integrative Plant Biology, 2005, 47(9): 1047-1054.

- [11] Wu C F, Ma X M. Present situation and development of turf grass industry in the 21st century in China. Tianjin Agricultural Sciences, 2009, 15(3): 74-77.
- [12] Jim C Y, Chen W Y. Perception and attitude of residents toward urban green spaces in Guangzhou (China). Environmental Management, 2006, 38(3): 338-349.
- [13] Cui J Y, Mu K G, Hu L, Zhang F S, Xu S H. Studies on the effects of sod-production on soil quality in Beijing area. Pratacultural Science, 2003, 20(6): 68-72.
- [14] Liu X B, Duo L A, Zhao S L. Characteristics of compound medium with different domestic rubbish compost particles and their ecological effects on *Lolium perenne* L. . Chinese Journal of Grassland, 2008, 30(1): 72-77.
- [15] Zhao S L, Duo L A. Comparison of growth parameters of sod establishment system with municipal solid waste compost and garden soil as the media. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(6): 962-967.
- [16] Lian F, Zhao S L, Duo L A. Medium compounded with rubbish compost and haulm and ecological responses of turfgrass. Journal of Agro-Environment Science, 2007, 26(4): 1517-1521.
- [17] Zhao S L, Duo L A, Wang X L, Lian F, Teng M. Turf established by sod with municipal solid waste compost as medium and waste materials as netting. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2007, 27(1): 126-131.
- [18] Zhao S L, Lian F, Duo L A. Responses of turfgrass physioecology to municipal solid waste compost medium. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2): 916-923.
- [19] Roberts B R, Kohorst S D, Decker H F, Yaussy D. Shoot biomass of turfgrass cultivars grown on composted waste. Environmental Management, 1995, 19(5): 735-739.
- [20] Lin Y D, Wang Y S, Wu X G. Assessment on turf quality of 6 varieties of flowering cover plants. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(2): 307-312.
- [21] Hua L, Wang Y L, Wu W X, McBride M B, Chen Y X. Biomass and Cu and Zn uptake of two turfgrass species grown in sludge compost-soil mixtures. Water Air and Soil Pollution, 2008, 188(1/4): 225-234.
- [22] Mishra M, Sahu R K, Sahu S K, Padhy R N. Growth, yield and elements content of wheat (*Triticum aestivum*) grown in composted municipal solid wastes amended soil. Environment Development and Sustainability, 2009, 11(1): 115-126.
- [23] Soumaré M, Tack F M G, Verloo M G. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bioresource Technology, 2003, 86(1): 15-20.
- [24] Luo X R, Qin C, Liu F, Luo H B, Chen G J, Yu C S. The effect of urban rubbish composting manure with different phosphogypsum proportion on grass growth and lawn quality. Guizhou Agricultural Sciences, 2009, 37(5): 109-112.
- [25] Huang B R, Gao H W. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science, 2000, 40(1): 196-203.
- [26] Gentilucci G, Murphy J A, Zaurov D E. Nitrogen requirement for kentucky bluegrass grown on compost amended soil. International Turfgrass Society Research Journal, 2001, 9(1): 382-387.
- [27] Pinamonti F. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1998, 51(3): 239-248.

参考文献:

- [2] 袁霄梅, 黄广霞, 李光. 我国生活垃圾处理现状及对策. 环境卫生工程, 2009, 17(2): 31-32.
- [11] 吴朝峰, 马雪梅. 21 世纪中国草坪业的现状与发展. 天津农业科学, 2009, 15(3): 74-77.
- [13] 崔建宇, 慕康国, 胡林, 张福锁, 徐淑红. 北京地区草皮卷生产对土壤质量影响的研究. 草业科学, 2003, 20(6): 68-72.
- [14] 刘晓波, 多立安, 赵树兰. 不同粒径生活垃圾堆肥组配基质特征及其对黑麦草的生态作用. 中国草地学报, 2008, 30(1): 72-77.
- [15] 赵树兰, 多立安. 生活垃圾堆肥与园土基质草皮建植体系的生长参数比较. 生态学报, 2008, 27(6): 962-967.
- [16] 廉菲, 赵树兰, 多立安. 城市生活垃圾堆肥与豆秸复合作草坪基质及草坪植物的生态响应. 农业环境科学学报, 2007, 26(4): 1517-1521.
- [17] 赵树兰, 多立安, 王修鲁, 廉菲, 滕萌. 以生活垃圾堆肥为基质的废弃物铺网草皮建植研究. 西北植物学报, 2007, 27(1): 126-131.
- [18] 赵树兰, 廉菲, 多立安. 草坪植物对生活垃圾堆肥基质的生理生态响应. 生态学报, 2009, 29(2): 916-923.
- [20] 蔺银鼎, 王有拴, 武小刚. 6 种开花地被植物坪用价值的比较研究. 中国农学通报, 2007, 23(2): 307-312.
- [24] 罗希榕, 覃成, 刘方, 罗海波, 陈贵江, 余常水. 添加磷石膏城市垃圾堆肥对草坪草生长及草坪质量的影响. 贵州农业科学, 2009, 37(5): 109-112.

CONTENTS

Influences of elevated ozone on growth and C, N, S allocations of rice	ZHENG Feixiang, WANG Xiaoke, HOU Peiqiang, et al (1479)
Coexistence, biodiversity and roles of ammonia-oxidizing archaea and anaerobic ammonium-oxidizing bacteria in deep soil layer of high nitrogen loaded paddy field	WANG Yu, ZHU Guibing, WANG Chaoyu, et al (1487)
The impact of interannual climate variability on the mean global vegetation distribution	SHAO Pu, ZENG Xiaodong (1494)
Labile and recalcitrant carbon and nitrogen pools of an alpine meadow soil from the eastern Qinghai-Tibetan Plateau subjected to experimental warming and grazing	WANG Bei, SUN Geng, LUO Peng, et al (1506)
The structure and species diversity of plant communities in ecological safety islands of urban Guangzhou	MO Dan, GUAN Dongsheng, HUANG Kangyou, et al (1515)
The growth pattern of <i>Pinus elliottii</i> Plantation in central subtropical China	MA Zeqing, LIU Qijing, WANG Huimin, et al (1525)
The effect of two wetland plants on nitrogen and phosphorus removal from the simulated paddy field runoff in two small-scale Subsurface Flow Constructed Wetlands	LIU Shuyuan, YAN Baixing, WANG Lixia (1538)
Effect of simulated nitrogen deposition on nutrient release in decomposition of several litter fractions of two bamboo species	TU Lihua, HU Tingxing, ZHANG Jian, et al (1547)
Ecological monitoring of bryophytes for mercury pollution in Danzhai Mercury Mine Area, Guizhou Province, China	LIU Rongxiang, WANG Zhihui, ZHANG Zhaohui (1558)
Influence of silt deposition and sand deposition on <i>Cynodon dactylon</i> population in low-water-level-fluctuating zone of the Three Gorges Reservoir	LI Qiang, DING Wuquan, ZHU Qihong, et al (1567)
Seed production of <i>Spartina alterniflora</i> and its response of germination to temperature at Chongming Dongtan, Shanghai	ZHU Zhenchang, ZHANG Liquan, XIAO Derong (1574)
Effects of decomposition of mixed leaf litters of the <i>Castanopsis platyacantha</i> - <i>Schima sinensis</i> forest on soil organic carbon	ZHANG Xiaopeng, PAN Kaiwen, WANG Jinchuang, et al (1582)
Effects of desertification on soil respiration and ecosystem carbon fixation in Mu Us sandy land	DING Jinzhi, LAI Liming, ZHAO Xuechun, et al (1594)
The spatial distribution of soil organic carbon and its influencing factors in hilly region of the Loess Plateau	SUN Wenyi, GUO Shengli (1604)
Effects of interspecific interactions and nitrogen fertilization rates on above- and below- growth in faba bean/maze intercropping system	LI Yuying, HU Hansheng, CHENG Xu, et al (1617)
Effects of supplemental irrigation based on measured soil moisture on nitrogen accumulation, distribution and grain yield in winter wheat	HAN Zhanjiang, YU Zhenwen, WANG Dong, et al (1631)
Anti-soil background capacity with vegetation biochemical component spectral model	SUN Lin, CHENG Lijuan (1641)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin of <i>Hippophae rhamnoides</i> L in farming-pastoral zone from the two northern provinces of China	HE Xueli, CHEN Cheng, HE Bo (1653)
Study on optimum forest coverage for water conservation: a case study in Pingtonghe watershed (Pingwu section)	ZHU Zhifang, GONG Gutang, CHEN Junhua, et al (1662)
Spatial point analysis of fire occurrence and its influence factor in Huzhong forest area of the Great Xing'an Mountains in Heilongjiang Province, China	LIU Zhihua, YANG Jian, HE Hongshi, et al (1669)
Combustion efficiency of small-scale meadow fire in Daxinganling Mountains	WANG Mingyu, SHU Lifu, SONG Guanghui, et al (1678)
Community structure of demersal fish in Nature Reserve of <i>Acipenser sinensis</i> in Yangtze River estuary	ZHANG Tao, ZHUANG Ping, ZHANG Longzhen, et al (1687)
Behavioral responses of the Common Coots (<i>Fulica atra</i>) and other swimming birds to human disturbances	ZHANG Weiwei, MA Jianzhang, LI Jinbo (1695)
Effects of photoperiod on body mass, organ masses and energy metabolism in Chinese bulbul (<i>Pycnonotus sinensis</i>)	NI Xiaoying, LIN Lin, ZHOU Feifei, et al (1703)
Larval host types for the 3 rd <i>Helicoverpa armigera</i> in Bt cotton field from North China determined by $\delta^{13}\text{C}$	YE Lefu, FU Xue, XIE Baoyu, et al (1714)
Selectivity of <i>Frankliniella occidentalis</i> to vegetable hosts	YUAN Chengming, ZHI Junrui, CAO Yu, et al (1720)
Genetic structure of <i>Pine caterpillars</i> (<i>Dendrolimus</i>) populations based on the analysis of Cyt b gene sequences	GAO Baojia, ZHANG Xuwei, ZHOU Guona, et al (1727)
Pricing method and application effects of biogas slurry	ZHANG Changai, LIU Ying, CAO Man, WANG Yanqin, et al (1735)
Effects of compost from municipal solid waste on ecological characteristics and the quality of different turfgrass cultivars	ZHAO Shulan, LIAN Fei, DUO Li'an (1742)
Degradation kinetics and bioavailability of pentachlorophenol in paddy soil-rice plant ecosystem	WANG Shisheng, LI Depeng (1749)
Review and Monograph	
Concepts and techniques of landscape genetics	XUE Yadong, LI Li, WU Gongsheng, ZHOU Yue (1756)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 6 期 (2011 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 6 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		

