

城市垃圾堆肥对高羊茅生长及土壤性质的影响

付学琴¹, 陈霞², 龙中儿¹

(1. 江西师范大学生命科学院, 江西 南昌 330022; 2. 江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所, 江西 南昌 330200)

摘要: 采用盆栽实验方法, 比较了在每盆施用 130 g 垃圾堆肥(T1)或 1.5 g 化肥(T2)以及 130 g 垃圾堆肥与 1.5 g 化肥混合施用(T3)条件下高羊茅(*Festuca arundinacea* L.)生长及土壤性质的变化。结果表明:T1 和 T3 处理组的土壤容重显著低于对照(不施肥)和 T2 处理组, 土壤中的阳离子代换量及有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量显著高于对照及 T2 处理组, 且 T3 处理组的增加幅度更大; T1 和 T3 处理组土壤中 Pb、As、Cu、Cr 和 Cd 含量均高于对照和 T2 处理组, 且 T1 处理组土壤中 Pb、As、Cu 和 Cd 含量均显著高于 T3 处理组, 但均小于土壤环境质量一级标准, 不会造成土壤环境污染。T1 和 T3 处理组高羊茅种子萌发率均明显低于 T2 处理组和对照, 但随萌发时间的延长逐渐提高, 表明垃圾堆肥对高羊茅种子萌发的抑制作用是暂时性的。施肥处理对高羊茅生长均有明显的促进作用; T1、T2 和 T3 处理组高羊茅的株高、地上部分和根干质量、叶片 N 含量和叶绿素含量总体上均显著高于对照; 其中 T1 处理组在栽培前期高羊茅的株高、地上部分干质量和叶片 N 含量低于 T2 处理组, 但在后期显著高于 T2 处理组; 而 T3 处理组高羊茅的各项指标总体上均最高。结果显示: 使用垃圾堆肥能明显改善土壤性质、增加土壤肥力; 垃圾堆肥具有缓释效应, 能改善高羊茅的生长状况、提高草坪质量, 与化肥混合施用效果更佳。

关键词: 城市垃圾堆肥; 高羊茅; 土壤性质; 种子萌发; 生长

中图分类号: X705; S688.404 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)02-0096-06

Effect of municipal waste compost on growth of *Festuca arundinacea* and soil property FU Xue-qin¹, CHEN Xia², LONG Zhong-er¹ (1. College of Life Sciences, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; 2. Soil Fertilizer and Resource Environment Research Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, 21(2): 96-101

Abstract: Using pot experiment, changes of growth of *Festuca arundinacea* L. and soil property were compared under applying 130 g waste compost per pot (T1), 1.5 g chemical fertilizer per pot(T2) and 130 g waste compost and 1.5 g chemical fertilizer per pot (T3). The results show that soil bulk density of T1 and T3 groups is significantly lower, cation exchange and contents of organic matter, available N, available P and available K in soil are significantly higher than those of the control (no fertilizer) and T2 groups with bigger increasing range of T3 group. Also, contents of Pb, As, Cu, Cr and Cd in soils of T1 and T3 groups are higher than those of the control and T2 groups, while contents of Pb, As, Cu and Cd in soil of T1 group are significantly higher than those of T3 group, but these heavy metal contents are less than the level of soil environmental quality standards, and cannot cause the soil environment pollution. Seed germination rate of *F. arundinacea* in T1 and T3 groups is significantly lower than that of the control and T2 groups, but that increases gradually with prolonging of germinating time, indicating inhibition effect of waste compost on seed germination is temporary. Fertilizer can obviously improve growth of *F. arundinacea*. Generally, plant height, dry weight of above-ground part and root, N and chlorophyll contents in leaf of *F. arundinacea* in T1, T2 and T3 groups are significantly higher than those in the control. In which, plant height, dry weight of above-ground part and N content in leaf of T1 group are lower during earlier cultivated stage but higher during later cultivated stage than those in T2 group, while growth indexes of *F. arundinacea* in T3 group are generally the highest. It is suggested that use of waste compost can improve soil property and enhance soil fertility. Waste compost has a sustained-release

effect, can improve growth status and turf quality of *F. arundinacea*, and has the best improvement effect when mixed applying with chemical fertilizer.

Key words: municipal waste compost; *Festuca arundinacea* L.; soil property; seed germination; growth

随着城镇化的快速推进和人们生活水平的不断提高,城市生活垃圾数量与日俱增。据统计,我国市民每年人均产生生活垃圾量达 440 kg,全国生活垃圾年均总量高达 1 亿吨以上,并且还以每年 6% 以上的速度递增^[1],因而,对生活垃圾的处置已成为突出的资源、环境、经济和社会问题。

目前对生活垃圾的处理方式主要有焚烧、填埋、堆肥等,其中,垃圾堆肥处理是利用微生物将垃圾中易腐的有机质分解为易被植物吸收的腐殖质和 N、P、K 等营养元素,是城市生活垃圾无害化、减量化、资源化处理的有效途径。虽然垃圾堆肥富含有机质和植物生长所需的营养元素,能有效提高土壤肥力、改善土壤理化性质、增加作物产量^[2-5],但由于垃圾堆肥中含有重金属、病原菌等一系列污染物,直接农用会污染环境、并通过食物链危害人畜健康^[6-8],因而,近年来垃圾堆肥越来越多地被应用于草坪及观赏性植物的栽培^[9-10]。

将垃圾堆肥应用于草坪和观赏植物的栽培,既可以促进草坪植物生长、改善观赏品质,又可以解决垃圾堆肥的出路,避免进入食物链,节约化肥,是科学合理利用垃圾堆肥的新途径^[11-12]。

作者比较了城市垃圾堆肥、化肥及垃圾堆肥与化肥混合施用对高羊茅(*Festuca arundinacea* L.)草坪土壤性质和草坪质量的影响,为垃圾堆肥的科学、安全、合理利用提供基础研究数据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试草种高羊茅品种为‘Acending star’,引自美国,由江苏常州佳南草业公司提供。

盆栽土壤取自江西师范大学校园,为褐红壤,土壤中全氮、全钾和全磷含量分别为 0.91、7.40 和 0.76 mg · g⁻¹, Cu、Cd、As、Pb 和 Cr 含量分别为 20.17、0.41、8.64、26.76 和 67.45 mg · kg⁻¹, pH 6.52。

垃圾堆肥由广东博罗垃圾厂提供,其中全氮、全钾和全磷含量分别为 2.81、12.70 和 5.40 mg · g⁻¹,

Cu、Cd、As、Pb 和 Cr 含量分别为 37.23、1.32、13.78、27.30 和 71.30 mg · kg⁻¹, pH 7.56。

商品化肥为 NH₄H₂PO₄ 和 KCl,含 180.0 g · kg⁻¹ N、460.0 g · kg⁻¹ P₂O₅ 和 240.0 g · kg⁻¹ K₂O。

1.2 方法

1.2.1 实验设计和播种 共设置 4 组施肥处理:处理 1(T1)每盆施用 130 g 垃圾堆肥;处理 2(T2)每盆施用 1.5 g 化肥;处理 3(T3)每盆施用 130 g 垃圾堆肥和 1.5 g 化肥;处理 4(T4)不施肥(对照)。采用直径 20 cm、高 35 cm 的塑料盆进行盆栽,每盆装土 7 kg,肥料在装盆时直接拌入盆栽土中。

实验在露天进行,高羊茅种子按 20 g · m⁻² 用量播种,经催芽后于 2010 年 3 月 25 日播种。种子萌发间苗后每盆留 100 株,每个处理 5 盆,重复 3 次,共 60 盆。播种后按照草坪管理要求进行常规管理。

1.2.2 生长指标测定方法 对高羊茅种子萌发状况和植株生长状况进行观察和统计,主要的统计指标有种子萌发率、株高、长势和叶色等。

从 3 月 25 日播种时开始观察和统计种子的萌发数量,每隔 5 d 统计 1 次,至 4 月 14 日止。按公式“萌发率 = (全部发芽种子数/播种种子总数) × 100%”计算种子萌发率。

株高用精度 0.1 cm 的钢尺测定,测定时每盆随机取 10 株,于刈剪前测量其自然高度。

地上部干质量采用收获法测定,于 5 月 20 日开始刈剪,每个月刈剪 1 次,至 9 月 20 日止;刈剪高度为 4.5 cm,共刈剪 5 次;每 100 株为 1 个单位,刈剪后先称取鲜质量,然后烘干至恒质量后称取干质量并进行统计分析。样品保存用于其他指标的分析。

采用钻土芯法获取地下部分,在收获时每个处理各取 5 钻(每盆 1 钻),深度为 20 cm;按 10 cm 分层并装入布袋中,分别置于 0.5 mm 筛子中冲洗;然后将全部根装入纸袋中,于 60 °C 干燥至恒质量,称量后对根系干质量进行统计分析。

收获时选取有代表性的功能叶数片,采用比色法测定叶片中的叶绿素含量。于每次刈剪后用凯式法测定叶片中的总 N 含量^[13]。

1.2.3 土壤指标分析方法 在高羊茅收获后用土钻

取 0~20 cm 层土样, 风干过 0.5 mm 筛, 采用常规分析方法^[14]测定土壤的理化性质。采用环刀法测定土壤容重; 采用浸提蒸馏法测定阳离子代换量; 采用重铬酸钾法测定有机质含量; 采用原子吸收法测定重金属含量; 采用碱解扩散法测定速效氮含量; 采用钼锑抗比色法测定速效磷含量; 采用火焰发射法测定速效钾含量。

1.3 数据处理

采用 DPS 7.55 和 Excel 2003 软件进行实验数据统计处理和 LSD 分析。

2 结果和分析

2.1 不同施肥处理对土壤养分和重金属含量的影响

2.1.1 对土壤养分含量的影响 不同施肥处理对高羊茅栽培土壤养分含量的影响见表 1。由表 1 可以看出: T1 (垃圾堆肥) 和 T3 (垃圾堆肥-化肥) 处理组的土壤容重分别比 T4 (对照) 处理组下降了 24.85% 和 26.63%, 分别比 T2 (化肥) 处理组下降了 23.03%

和 24.85%, 差异显著; 阳离子代换量分别比对照组提高了 11.83% 和 19.20%, 分别比 T2 处理组提高了 11.03% 和 18.34%, 也均有显著差异。说明施用垃圾堆肥可以明显改善土壤疏松度、增加土壤团粒性, 且与化肥配施效果更佳。

由表 1 还可以看出: T1 和 T3 处理组的土壤有机质含量分别比对照提高了 80.06% 和 75.02%, 分别比 T2 处理组提高了 73.13% 和 68.28%, 均有显著差异。T1 处理组的土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量分别比对照组提高了 38.53%、40.03% 和 17.14%, 差异达显著水平; 但与 T2 处理组的土壤碱解氮和速效磷含量差异不显著, 与 T2 处理组的速效钾含量则有显著差异。T3 处理组的土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量分别比对照组提高了 62.48%、54.51% 和 22.69%, 比 T2 处理组分别提高了 19.37%、22.8% 和 42.49%, 差异达显著水平。说明施用垃圾堆肥可以明显改善土壤供肥状况、增加土壤肥力, 具有改土培肥的作用。且施用垃圾堆肥并配以适当比例的无机复合肥, 培肥效果更佳。

表 1 不同施肥处理对高羊茅栽培土壤养分含量的影响¹⁾

Table 1 Effect of different fertilizer treatments on nutrient content in cultivating soil of *Festuca arundinacea* L.¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ Bulk density	阳离子代换 量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Cation exchange	有机质 含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Organic matter content	含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Content		
				碱解氮 Available N	速效磷 Available P	速效钾 Available K
T1	1.27bc	102.41bc	22.23ab	50.91b	10.25ab	163.51a
T2	1.65a	92.24c	13.21c	50.02b	9.21b	120.18c
T3	1.24bc	109.16a	23.12ab	59.71a	11.31a	171.25a
T4 (CK)	1.69a	91.58c	12.84c	36.75c	7.32c	139.58bc

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ T1: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥 Applying 130 g waste compost per pot; T2: 每盆施用 1.5 g 化肥 Applying 1.5 g chemical fertilizer per pot; T3: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥和 1.5 g 化肥 Applying 130 g waste compost and 1.5 g chemical fertilizer per pot; T4: 不施肥 (对照) No fertilizer (CK).

2.1.2 对土壤重金属含量的影响 不同施肥处理对高羊茅栽培土壤中重金属含量的影响见表 2。由表 2 的数据可以看出: T2 (化肥) 处理组与 T4 (对照) 处理组土壤中重金属 Pb、As、Cu、Cr 和 Cd 的含量基本无差异, 说明施用化肥对土壤中重金属的积累无明显影响。T1 (垃圾堆肥) 和 T3 (垃圾堆肥-化肥) 处理组土壤中 Pb、As、Cu、Cr 和 Cd 的含量均高于对照, 且有显著差异, 说明施用垃圾堆肥对土壤中重金属的积累有明显影响。T1 处理组土壤中 Pb、As、Cu 和 Cd 含量均显著高于 T3 处理组, 而 Cr 含量也略高于 T3 处理组, 但差异不显著, 表明在垃圾堆肥中加入适量的化学肥

料配制成复混肥, 可以明显减缓土壤中重金属元素的富集速率。各处理组土壤中重金属 (Pb、As、Cu、Cr 和 Cd) 含量均小于土壤环境质量一级标准的要求, 对土壤环境不会造成污染。

2.2 不同施肥处理对高羊茅种子萌发的影响

不同施肥处理对高羊茅种子萌发率的影响见表 3。由表 3 的数据可以看出: 施用垃圾堆肥对高羊茅种子萌发有明显的抑制作用, 使种子萌发率降低并延长种子萌发时间。在播种 10 d 后 (4 月 4 日), T4 (对照) 和 T2 (化肥) 处理组的种子萌发率基本达到恒定, 且均在 93% 以上; 而 T1 (垃圾堆肥) 和 T3 (垃圾堆肥-

化肥)处理组的种子萌发率仍很低,分别仅为 25.9% 和 22.4%。随萌发时间的延长,T1 和 T3 处理组的种子萌发率逐渐提高,播种 20 d 后(4 月 14 日)基本上达到恒定,且均在 82% 以上,与对照和 T2 处理组的差异明显减小。表明垃圾堆肥对高羊茅种子萌发的抑制作用是暂时性的。

表2 不同施肥处理对高羊茅栽培土壤中重金属含量的影响¹⁾
Table 2 Effect of different fertilizer treatments on heavy metal content in cultivating soil of *Festuca arundinacea* L.¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	各重金属元素的含量/mg·kg ⁻¹ Content of different heavy metal elements				
	Pb	As	Cu	Cr	Cd
T1	27.51a	12.11a	28.83a	70.42a	0.86a
T2	23.49c	8.91bc	20.12c	68.83ab	0.43c
T3	26.47b	9.86b	25.45b	69.51a	0.61b
T4(CK)	23.35c	8.59c	20.85c	67.49b	0.42c

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ T1: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥 Applying 130 g waste compost per pot; T2: 每盆施用 1.5 g 化肥 Applying 1.5 g chemical fertilizer per pot; T3: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥和 1.5 g 化肥 Applying 130 g waste compost and 1.5 g chemical fertilizer per pot; T4: 不施肥(对照) No fertilizer (CK).

表3 不同施肥处理对高羊茅种子萌发率的影响
Table 3 Effect of different fertilizer treatments on seed germination rate of *Festuca arundinacea* L.

处理 ¹⁾ Treatment ¹⁾	不同日期(MM-DD)种子萌发率/% Seed germination rate at different dates (MM-DD)				
	03-25	03-30	04-04	04-09	04-14
T1	0	3.3	25.9	62.5	85.3
T2	0	60.1	93.1	94.9	95.2
T3	0	3.8	22.4	58.2	82.8
T4(CK)	0	65.6	94.2	95.6	95.6

¹⁾ T1: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥 Applying 130 g waste compost per pot; T2: 每盆施用 1.5 g 化肥 Applying 1.5 g chemical fertilizer per pot; T3: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥和 1.5 g 化肥 Applying 130 g waste compost and 1.5 g chemical fertilizer per pot; T4: 不施肥(对照) No fertilizer (CK).

2.3 不同施肥处理对高羊茅生长的影响

2.3.1 对株高的影响

不同施肥处理对高羊茅株高的影响见表 4。由表 4 可见:各施肥处理组高羊茅的株高均高于对照(不施肥),且差异达显著水平,可见施肥可以明显加快高羊茅的生长速率。在整个观测周期内,T3(垃圾堆肥-化肥)处理组高羊茅的株高一直显著高于其他处理组,说明垃圾堆肥与化肥混合施用效果最佳。

在 5 月 20 日、6 月 20 日和 7 月 20 日,T2 处理组

高羊茅的株高均高于 T1 处理组;但在 8 月 20 日和 9 月 20 日,T1 处理组的株高则均高于 T2 处理组。表明垃圾堆肥具有缓释作用,能为高羊茅的生长提供持续的养分供应,从而满足高羊茅的生长需要。

表4 不同施肥处理对高羊茅株高的影响¹⁾
Table 4 Effect of different fertilizer treatments on height of *Festuca arundinacea* L.¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	不同日期(MM-DD)株高/cm Height at different dates (MM-DD)				
	05-20	06-20	07-20	08-20	09-20
T1	20.1c	21.3c	22.6c	22.8b	22.1b
T2	25.6b	24.6b	23.4b	21.2c	20.1c
T3	27.2a	26.9a	25.7a	25.1a	24.8a
T4(CK)	11.4d	12.8d	11.5d	11.1d	10.9d

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ T1: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥 Applying 130 g waste compost per pot; T2: 每盆施用 1.5 g 化肥 Applying 1.5 g chemical fertilizer per pot; T3: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥和 1.5 g 化肥 Applying 130 g waste compost and 1.5 g chemical fertilizer per pot; T4: 不施肥(对照) No fertilizer (CK).

2.3.2 对植株干质量的影响

不同施肥处理对高羊茅地上部分及根干质量的影响见表 5。由表 5 可见:不同施肥处理对高羊茅地上部分和根干质量都有非常明显的影响,除 T2(化肥)和 T1(垃圾堆肥)处理组间根干质量的差异不显著外,其他处理组间地上部分和根的干质量都有显著差异,且都显著高于对照(不施肥),说明施肥能增加高羊茅生物量,但不同施肥处理间存在差异。

T3(垃圾堆肥-化肥)处理组 5 个日期(5 月 20 日、6 月 20 日、7 月 20 日、8 月 20 日和 9 月 20 日)的地上部分干质量以及根干质量分别比 T2 处理组提高了 14.18%、13.51%、19.06%、20.33%、25.91% 以及 47.37%,分别比 T1 处理组提高了 27.49%、31.80%、32.14%、11.09%、9.31% 以及 49.31%,说明垃圾堆肥和化肥混合施用能有效促进高羊茅的生长及干物质积累,且效果最佳。T2 处理组地上部分干质量在 5 月 20 日、6 月 20 日和 7 月 20 日显著高于 T1 处理组,但在 8 月 20 日和 9 月 20 日则低于 T1 处理组,且差异均达到显著水平。说明化肥提供的速效养分有利于促进高羊茅的快速生长,而垃圾堆肥的肥效则具有缓释效应,对高羊茅的生长具有长期缓慢的促进效应。

2.3.3 对叶片中 N 含量的影响

不同施肥处理对高羊茅叶片中 N 含量的影响见表 6。由表 6 可见:各处

理组叶片中 N 含量有显著差异,且都显著高于对照,说明施肥能增加高羊茅叶片的 N 含量。

在整个实验周期的前半段,T1(垃圾堆肥)处理组高羊茅叶片 N 含量显著低于 T2(化肥)处理组,但从中期开始则显著高于 T2 处理组。表明垃圾堆肥能促

进高羊茅对 N 的吸收,且具有明显的缓释作用。T3(垃圾堆肥-化肥)处理组高羊茅叶片中的 N 含量在实验初期显著低于 T2 处理组,但其后叶片中的 N 含量均最高。说明垃圾堆肥和化肥混合施用最有利于高羊茅对 N 的吸收。

表 5 不同施肥处理对高羊茅植株干质量的影响¹⁾

Table 5 Effect of different fertilizer treatments on dry weight of *Festuca arundinacea* L.¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	不同日期(MM-DD)地上部分干质量/g·pot ⁻¹ Dry weight of above-ground part at different dates (MM-DD)					根干质量/g·pot ⁻¹ Dry weight of root
	05-20	06-20	07-20	08-20	09-20	
T1	17.50c	19.56c	17.02c	19.12b	20.58b	18.92b
T2	19.54b	22.71b	18.89b	17.65c	16.13c	19.17b
T3	22.31a	25.78a	22.49a	21.24a	22.31a	28.25a
T4(CK)	10.48d	12.35d	11.82d	9.89d	11.08d	14.75c

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ T1: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥 Applying 130 g waste compost per pot; T2: 每盆施用 1.5 g 化肥 Applying 1.5 g chemical fertilizer per pot; T3: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥和 1.5 g 化肥 Applying 130 g waste compost and 1.5 g chemical fertilizer per pot; T4: 不施肥(对照) No fertilizer (CK).

表 6 不同施肥处理对高羊茅叶片中 N 含量的影响¹⁾

Table 6 Effect of different fertilizer treatments on N content in leaf of *Festuca arundinacea* L.¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	不同日期(MM-DD) N 含量/mg·g ⁻¹ N content at different dates (MM-DD)				
	05-20	06-20	07-20	08-20	09-20
T1	1.84c	1.65c	1.48b	1.32b	1.29b
T2	2.01a	1.78b	1.32c	1.15c	1.03c
T3	1.94b	1.83a	1.67a	1.51a	1.43a
T4(CK)	0.96d	0.91d	0.85d	0.81d	0.75d

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ T1: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥 Applying 130 g waste compost per pot; T2: 每盆施用 1.5 g 化肥 Applying 1.5 g chemical fertilizer per pot; T3: 每盆施用 130 g 垃圾堆肥和 1.5 g 化肥 Applying 130 g waste compost and 1.5 g chemical fertilizer per pot; T4: 不施肥(对照) No fertilizer (CK).

2.3.4 对叶片中叶绿素含量的影响 在实验结束时对高羊茅叶片中叶绿素含量进行测定和统计分析,结果表明:T1(垃圾堆肥)、T2(化肥)、T3(垃圾堆肥-化肥)和 T4(对照)处理组叶片中的叶绿素含量分别为 1.67、1.29、1.83 和 0.85 g·kg⁻¹,各施肥处理组叶片叶绿素含量均显著高于对照 ($P < 0.05$),说明施肥能明显提高高羊茅叶片中的叶绿素含量,促进高羊茅的光合作用,增强高羊茅的生长能力。尤其是垃圾堆肥与化肥混合施用后高羊茅叶片中叶绿素含量显著高于其他处理组 ($P < 0.05$),且叶色深绿,说明垃圾堆肥与化肥混合施用不但对高羊茅叶片中叶绿素合成的促进效果最明显,且肥效最好并具有缓释效应。

3 讨论和结论

垃圾堆肥是垃圾资源化利用的重要方式,对此已有大量的研究报道。Caravaca 等^[15]的研究结果表明:垃圾堆肥能显著降低土壤容重、增加土壤持水量和阳离子代换量。也有研究结果^[11,16]显示:垃圾堆肥与纯鸡粪、羊粪混施,能降低土壤质量、增大总孔隙度、形成团粒结构,但能提高土壤的保水性和保肥性。在本研究中,对土壤容重、阳离子代换量、土壤有机质和速效养分含量等指标的测定结果表明:与化肥相比,垃圾堆肥能明显改善土壤结构、增加土壤养分含量、提高肥效,且与化肥混合施用效果最佳。这与前人的相关研究结果基本一致。

垃圾堆肥中含有一定量的重金属,施入土壤的同时重金属元素也随之进入土壤,提高了土壤中重金属的含量。多立安等^[17]和曾峰海等^[18]认为:施用垃圾堆肥会增加土壤重金属含量,但随着时间的推移,重金属含量将逐步降低。陈兴兰等^[19]认为:在以堆肥和灰渣为主的盆栽土中添加磷石膏,其渗透水中所含的 Pb、Cu、Zn 和 Mn 浓度较低,这可能是由于磷石膏对垃圾堆肥中部分重金属产生了钝化作用。本研究结果表明:施用垃圾堆肥会导致高羊茅栽培土壤中重金属含量增加,但与化肥混合施用可以有效减缓重金属的富集速率。其原因可能是施用垃圾复混肥促进了土

壤中微生物的新陈代谢,对垃圾堆肥中所含的重金属具有分解和钝化的作用,从而降低了土壤中的重金属含量。

多立安等^[17]的研究结果表明:高浓度的垃圾堆肥淋洗液使黑麦草(*Lolium perenne* L.)和高羊茅种子萌发高峰期推迟,但不影响发芽率,到萌发11 d时种子发芽率分别达到94%和92%以上。范海荣等^[9]认为:与化肥相比较,垃圾复合肥能有效改善草坪草的色泽和整齐度、增加草坪的密度、促进对氮的吸收,提升草坪质量。本研究结果显示:垃圾堆肥对高羊茅种子的萌发有明显抑制作用,主要表现为萌发推迟和萌发率降低,其原因可能是由于垃圾堆肥中含有一些对种子发芽有抑制作用的有机物质,如酚类、醛类和有机酸等,但随播种时间的延长,这些成分被逐渐分解且含量逐渐降低,其抑制作用也逐渐减弱。因此,只要经过充分预腐熟处理,促进垃圾堆肥中一些有抑制作用的成分分解,就能有效减轻或消除其不利影响,使垃圾堆肥可以安全应用于城市绿化草坪建设。

氮素是高羊茅生长所需的重要营养元素之一,氮素的吸收有利于提高高羊茅草坪的各项质量指标^[20]。而施用垃圾堆肥能促进高羊茅的生长、提高叶片中N含量,从而可达到改善高羊茅草坪色泽、提高草坪质量的目的,且与化肥配施效果最佳。

参考文献:

- [1] 张燕清. 谈谈城市生活垃圾的资源化处理[J]. 城市问题, 2003, 15(1): 37-39.
- [2] GIUSQUANI P L, PAGLIAI M, GIGLIOTTI G, et al. Urban waste compost: effects on physical, chemical, and biochemical soil properties[J]. Journal of Environmental Quality, 1995, 24: 175-182.
- [3] HE X T, TRAINA S J, LOGAN T J. Chemical properties of municipal solid waste composts [J]. Journal of Environmental Quality, 1992, 21: 318-329.
- [4] SHEN A L, LI X Y, KANAMORI T, et al. Effect of long-term application of compost on some chemical properties of wheat rhizosphere and nonrhizosphere soils[J]. Pedosphere, 1996, 6(4): 355-363.
- [5] AGAASSI M, HADAS A, BENYAMINI Y, et al. Mulching effects of composted MSW on water percolation and compost degradation rate [J]. Compost Science and Utilization, 1998, 6(3): 34-41.
- [6] 郭秀芳, 潘洁, 陆文龙, 等. 提高生活垃圾堆肥质量的试验[J]. 环境卫生工程, 2002, 10(3): 128-129.
- [7] 马琨, 杜茜. 城市生活垃圾堆肥对春小麦生长和土壤的影响[J]. 农业环境保护, 2000, 19(5): 312-314.
- [8] 李志强, 韩建国, 陈怀, 等. 施肥处理对草地早熟禾草坪质量的影响[J]. 草业学报, 2000, 17(6): 71-76.
- [9] 范海荣, 华路, 蔡典雄, 等. 城市垃圾堆肥及其复合肥对黑麦草草坪质量的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2694-2702.
- [10] 李艳霞, 赵莉, 陈同斌. 城市污泥堆肥用作草皮基质对草坪草生长的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(6): 797-801.
- [11] 秦嘉海, 金自学, 吕彪, 等. 垃圾复混肥对土壤理化性质及牧草产草量的影响[J]. 草业科学, 2004, 21(10): 33-36.
- [12] 刘玉杰, 韩建国, 杨艳, 等. 施肥对草地早熟禾草坪质量、剪草量及蒸散量的影响[J]. 中国草地, 2003, 25(4): 50-55.
- [13] 城乡建设环境保护部环境保护局. 环境监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1983: 159-361.
- [14] 中国环境监测总站. 土壤元素的近代分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992: 39-262.
- [15] CARAVACA F, LAX A, ALBALADEJO J. Soil aggregate stability and organic matter in clay and fine silt fractions in urban refuse-amended semiarid soils [J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65(4): 1235-1238.
- [16] 范海荣, 华路, 王学江. 城市垃圾堆肥及其复合肥对草坪草生长及土壤环境的影响[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(1): 188-192.
- [17] 多立安, 廉菲, 赵树兰, 等. 生活垃圾堆肥淋洗液培植无土草皮的生态特征[J]. 生态学报, 2007, 27(12): 5050-5056.
- [18] 曾峰海, 郑海金, 丁蕾, 等. 城市生活垃圾堆肥对草坪土壤性质和草坪草生长的影响[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2007, 31(1): 107-111.
- [19] 陈兴兰, 刘方, 罗海波, 等. 垃圾堆肥基质对翠菊生长响应及其水环境的影响[J]. 山地农业生物学报, 2007, 26(2): 119-125.
- [20] 江海东, 孙小芳, 曹卫星. 施肥对高羊茅草坪越夏的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(4): 44-47.

(责任编辑: 惠红)