

城市污泥的土地利用对黑麦草理化指标和品质的影响

赵晓莉,徐德福,李泽宏,陈建军,董斌,吴荣涛

(南京信息工程大学环境学院,南京 210044)

摘要:通过室内盆钵试验研究了施用城市污泥对黑麦草理化指标和品质的影响,旨在为污泥的土地利用提供科学依据。研究结果表明,随着污泥施用量的增加,黑麦草的叶绿素 a、叶绿素 b 含量呈现波动变化,在 $25 \sim 30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 达到极大值;黑麦草中硝酸还原酶、可溶性糖、可溶性蛋白和抗坏血酸的含量呈现先急剧增加然后逐渐减少的趋势;SOD、MDA、粗纤维和硝酸盐含量呈现先随污泥含量增大降低,然后又升高的趋势。说明施加适量的污泥可促进黑麦草的生长,有利于黑麦草品质的提高,但施加过量的污泥既抑制黑麦草的生长也不利于品质的提高。对上述指标中污泥的最佳施用量范围进行综合分析,可以得出污泥的最佳施用量为 $20 \sim 35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

关键词:城市污泥;土地利用;理化性质;品质;黑麦草

中图分类号:X503.233 文献标识码:A 文章编号:1672-2043(2010)增刊-0059-05

Influence of Municipal Sludge Land Application to Ryegrass Physical and Chemical Properties and Quality

ZHAO Xiao-li, XU De-fu, LI Ze-hong, CHEN Jian-jun, DONG Bin, WU Rong-tao

(Department of Environmental Science & Engineering Nanjing University of Informational Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: The paper studied influence of municipal sewage sludge on the physical and chemical properties and quality of ryegrass through indoor pots, for the sludge land use to provide a scientific basis. The results shows that with the increase of sludge application, chlorophyll a, b content of ryegrass changes show fluctuations in the $25 \sim 30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ to achieve maximum value; nitrate reductase, soluble sugar, soluble protein and ascorbic acid content of ryegrass at first increase and then gradually reduce in the trend; SOD, MDA, crude fiber and nitrate content of ryegrass at first is in lower with the increase of sludge, and then increasing trend. The result shows appropriate amount of sludge can promote the growth of ryegrass and it is conducive to the improvement of the quality of ryegrass; however an excessive amount of sludge inhibit the growth of ryegrass is not conducive to quality improvement. Through a comprehensive analysis about the best sludge application, the sludge can be drawn from this study the best use of the range of $20 \sim 35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Keywords: municipal sewage sludge; land use; physical and chemical properties; quality; ryegrass

城市污泥是指城市污水处理厂在污水处理过程中产生的沉积物,以及污水表面飘出的浮沫形成的残渣的总称。我国每年会产生大量的城市污泥^[1],其中含有许多植物营养元素,如氮、磷、钾、微量的氨基酸

等,即污泥也是一种肥料资源,如不利用会造成资源浪费。同时污泥中含有大量的有害物质,如重金属、细菌、各种寄生虫卵、大量的病原微生物等,很容易形成“二次污染”^[2]。因此,如何合理处置污水厂污泥已成为非常紧迫的任务。城市污泥的处置方法主要有填埋、焚烧、投海、土地利用、制造材料等,土地利用可能是最古老、最经济的处置方法^[3]。近年来,城市污泥的土地利用日益受到重视,欧共体成员国及美国

收稿日期:2009-03-05

基金项目:省级实践创新项目资助(09CX0013);南京信息工程大学科研基金项目资助(20070022)

作者简介:赵晓莉(1974—),女,陕西西安人,讲师,研究方向为固体废物处理及资源化。E-mail:zhaoxiaoli2187@163.com

的城市有占总量 40% 的污泥施于农田^[4-5]。目前污泥的应用主要表现为城市绿化、荒地复垦,土壤改良等^[6-8],由于污水厂大多位于郊区,随着污泥量的增多,污泥的就近利用如农田施用成为污泥资源化研究的热点^[9]。本文通过室内盆栽试验研究了施用污泥对黑麦草生长发育的影响,旨在为污泥的土地利用及资源化提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验土壤与污泥

盆栽试验原土采自校外在耕农田,土壤养分和重

金属含量均符合我国农业污染控制标准^[10]。污泥采自南京市江心洲污水处理厂的脱水污泥,该厂污水主要来源于城市居民生活排放,污泥成分主要为有机质。土壤样品采回后,置于室内通风处风干。在土壤半干时,将大土块用木槌捶碎,风干后备用。污泥采回后在阴凉通风处风干,磨碎,过 2 mm 筛,用密实袋装好备用。供试土壤^[11]与污泥的性质见表 1。

1.2 试验方案设计

采用直径为 15 cm 的聚乙烯塑料盆,每盆装土 1 kg。每盆污泥施用量分别为 5、10、15、20、25、30、35、40、45、50 g · kg⁻¹ 共 10 个梯度,编号分别为 T1、T2

表 1 供试土壤和污泥的养分和重金属含量

Table 1 The nutrient and heavy metal content of tested soil and sludge

项目	pH	有机质/ %	全氮/ %	全磷/ %	Cu/ μg · kg ⁻¹	Zn/ μg · kg ⁻¹	Pb/ μg · kg ⁻¹	Cd/ μg · kg ⁻¹	Ni/ μg · kg ⁻¹
土壤	8.2	1.48	0.108	0.14	23.1	70.1	16.8	0.0865	27.1
污泥	7.6	21.3	1.31	1.49	542	591	332	1.13	265

……、T10, CK 组不施加污泥为空白对照。按不同的施用量分别将污泥与土壤充分混合均匀装盆。黑麦草(Ryegrass,“畅通”黑麦草,产地郑州)的草籽用去离子水清洗,并用去离子水浸泡 36 h 后,种入盆钵中(30 粒种子 · 盆⁻¹),每组 3 个平行样。每日喷洒适量水,观察 40 d 内黑麦草的生长情况。

重复 3 组,随机排列于北辰楼门前草地上,光照充足。按常规管理,观察记录生长情况。

1.3 指标测定及方法

1.3.1 生理特性指标的测定^[12]

叶绿素含量的测定采用分光光度法。超氧化歧化酶(SOD)的测定采用分光光度法。叶片硝酸还原酶的测定采用对氨基苯磺酸法。MDA 的测定采用分光光度法。

1.3.2 品质指标的测定

可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[13]。可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝法^[13]。抗坏血酸含量的测定采用王慧琴的亚甲基蓝法^[14]。纤维素的测定采用酸碱洗涤法^[13]。硝酸盐含量的测定采用比色法^[13]。

2 结果与分析

2.1 污泥施用对生理特性指标的影响

2.1.1 污泥施用对黑麦草叶绿素含量的影响

不同污泥对黑麦草叶绿素的影响见图 1。

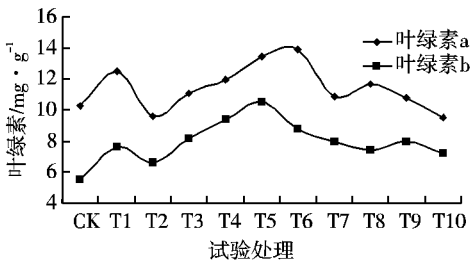


图 1 污泥处理对黑麦草的叶绿素含量的影响

Figure 1 Effect of various levels of sludge application on chlorophyll content

叶绿素是光合作用膜中的绿色色素,它是光合作用中捕获光的主要成分。植物叶绿体中的叶绿素主要有叶绿素 a 和叶绿素 b 两种,在光合作用中,绝大部分叶绿素的作用是吸收及传递光能,还有极少数叶绿素 a 分子起转换光能的作用。在同一时期内叶片的叶绿素含量和光合速率之间的关系呈显著相关关系,所以叶绿素的高低可直接反映光合能力的强弱。

由图 1 中黑麦草的叶绿素 a、b 的含量可以看出,在污泥浓度低的情况下,叶绿素 a、b 的含量增加,在达到 10 g 时,叶绿素 a、b 的含量出现第一个峰值,当污泥含量继续增大时,叶绿素 a、叶绿素 b 含量明显下降,到约 15 g 时,出现了一个极小值,而当污泥含量达到 25 g 左右时,叶绿素 a、b 的含量又出现第二个峰值,然后又再随着施用泥量的增加而减少。可能是由于污泥中的营养物质在开始的时候起主要作用,促进

黑麦草生长,同时,污泥中的重金属类的污染物对黑麦草的生长又有抑制,使得叶绿素含量下降,而出现极小值,之后,植物对环境的抗胁迫能力增强而出现了第二个峰值。而当超出胁迫范围时,植物就不能再适应胁迫环境而使黑麦草的叶绿素含量下降。

2.1.2 污泥施用对叶片硝酸还原酶的影响

不同污泥对叶片硝酸还原酶的影响见图2。

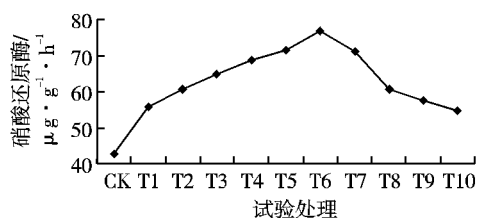


图2 污泥处理对黑麦草硝酸还原酶的影响

Figure 2 Effect of various levels of sludge application on nitrate reductase

硝酸还原酶是氮代谢过程中的关键酶之一,与作物氮素利用、产量和品质密切相关。它同时是诱导酶,受 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 供应状况的影响较大, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的代谢速度取决于硝酸还原酶的活性。从图2看出,黑麦草叶片硝酸还原酶浓度随污泥水平增加而增加。说明足量的营养物质有助于提高硝酸还原酶活性,植物体内的硝酸盐会降低,亚硝酸盐含量增大。但是当超过 $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,过多的营养物质表现出对硝酸还原酶活性的抑制。

2.1.3 污泥施用对黑麦草超氧化歧化酶的影响

不同污泥对叶片超氧化歧化酶的影响见图3。

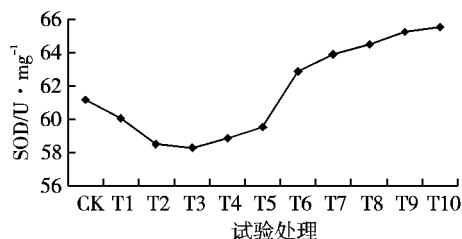


图3 污泥处理对黑麦草超氧化歧化酶的影响

Figure 3 Effect of various levels of sludge application on SOD

SOD是植物防护系统保护酶,它催化活性氧发生歧化反应,产生无毒分子氧和水,从而避免植物受到伤害,较高的SOD是植物抵抗逆境的生理基础。从图3看出,在初始阶段,植物体内的SOD为 $61.19 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$,当施入污泥后,土壤的营养物质提高,保水性能提高,很适合黑麦草的生长,SOD降低。当施泥量增大到 $25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,SOD的含量慢慢增大。说明泥量增加污泥中的毒害物质也以一定的比例增加,表

现出对植物生长系统的抑制或破坏,植物本身的防御系统为了不受外界的侵扰,保护植物的正常生长,产生一定的植物防护系统保护酶,就是SOD,它能够避免植物受到伤害。因此不难解释,当超过一定的阈值时,植物就会产生抗性酶来减缓系统受到的伤害,维持植物的生长。

2.1.4 污泥施用对丙二醛的影响

不同污泥对植物丙二醛含量的影响见图4。

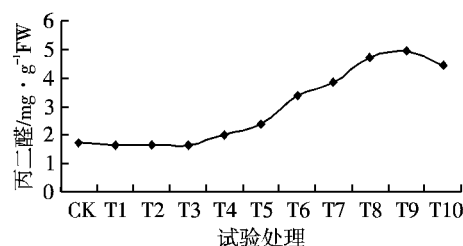


图4 不同污泥处理对黑麦草丙二醛的影响

Figure 4 Effect of various levels of sludge application on MDA

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的产物,是具有细胞毒性的物质,其含量高低是衡量细胞膜受损伤程度的指标之一。从图4看出,在施加的污泥量比较少时,促进黑麦草的生长,丙二醛含量较低,当施泥量增加,大于 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时植物抗性略增,可能原因是泥量增大,营养增强,同时携带的毒害物质增大,对作物有一定的毒害,使作物细胞有一定程度的损伤,当污泥量大于 $45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,丙二醛含量又呈降低趋势,可能是适应了这种迫害时,毒害效应减小。说明黑麦草作物为了抵抗有毒元素的毒害,丙二醛含量增大,细胞结构受损,从而影响了植物生长。

2.2 污泥施用对黑麦草品质的影响

2.2.1 污泥施用对黑麦草可溶性糖的影响

不同污泥对黑麦草可溶性糖的影响见图5。

可溶性糖主要是单糖,它是植物体内一种重要的碳水化合物,在一般植物及植物产品中,测定其含量

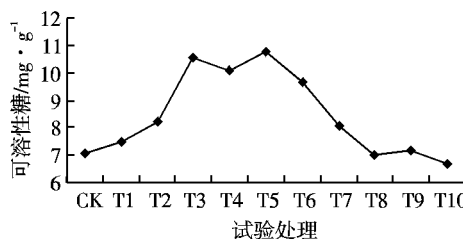


图5 污泥处理对黑麦草可溶性糖的影响

Figure 5 Effect of various levels of sludge application on dissolve sugar

多少,不仅能反映作物的生长状况,而且还能反映其品质。从图5看出,随着污泥施用量的增加,土壤中营养物质增加,促进了植物的生长,表现为光合作用增强,可溶性糖增加,在 $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时出现极大值,当泥量继续增加,可溶性糖降低,可能是由于泥量增加时,土壤中的有毒物增加,抑制了光合作用,当泥量继续增加时,在 $25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右出现第二次极大值,随后由于植物生长环境的不利,光合作用降低,导致可溶性糖的合成减弱,从而出现糖类的下滑。主要是由于施加污泥改变了土壤环境,当有利时植物光合作用增强,当有害物质的作用大于植物的抵抗力时,植物出现负增长,表现可溶性糖含量的下滑,这与图1的叶绿素的曲线基本一致,说明泥量影响着植物的生长和品质。因此,应该控制一个合适的量,从图中看出,这个范围为 $15 \sim 35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.2.2 污泥施用对黑麦草可溶性蛋白质的影响

不同污泥对黑麦草可溶性蛋白质的影响见图6。

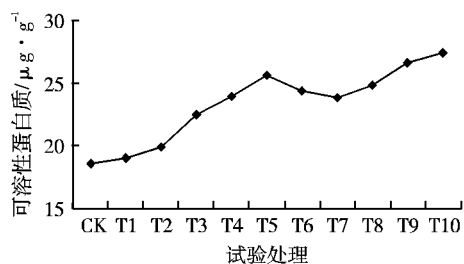


图6 污泥处理对黑麦草可溶性蛋白质的影响

Figure 6 Effect of various levels of sludge application on dissolve protein

植物体内的可溶性蛋白大多数是参与各种代谢的酶,其含量高低是反映植物总代谢能力的重要指标之一,可溶性蛋白含量可反映蛋白质的代谢。由图6可以看出,在最初阶段,蛋白质含量与对照基本相同,随施泥量的增加,黑麦草可溶性蛋白含量而显著增加。说明随泥量增加时,有机营养物质(氮,磷等)水平提高,环境适宜时,黑麦草的光合作用增强,吸收营养物质合成自身的基质,黑麦草总代谢能力增强。与对照相比,足量营养物质显著提高了黑麦草叶片可溶性蛋白含量,有助于提高黑麦草的品质。

2.2.3 污泥施用对黑麦草粗纤维的影响

不同污泥对黑麦草粗纤维的影响见图7。

纤维是植物细胞壁的主要成分,常与木质素、半纤维素、果胶物质等伴生。同淀粉一样,纤维也是由葡萄糖聚合而成,但纤维素中的葡萄糖由 $\beta-1,4$ 糖苷键连接,纤维素分子内和分子间都可形成氢键,因

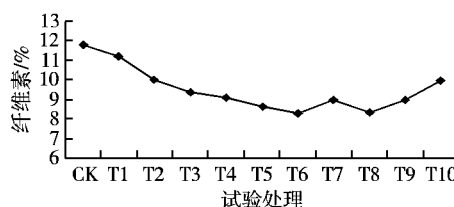


图7 污泥处理对黑麦草粗纤维含量的影响

Figure 7 Effect of various levels of sludge application on crude fiber contents

此它的理化性质较稳定。从图7可以看出,在对照中,植物粗纤维为11.77%,含量较大,也就是说黑麦草体内的大部分代谢物质(如糖分)相对固定,仅有一部分参与代谢,随着施用污泥量的增加,土壤环境营养物质丰富,植物生长的外界环境比较有利,因此植物体内的代谢增强,更多的粗纤维可能转换成糖,氨基酸等参与这种代谢;当污泥含量继续增大,大于 $40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,土壤中随污泥携带的毒害物质的作用增强,表现出对植物的代谢的抑制,植物体内的保护机能发挥作用,合成更多的稳定性物质粗纤维去对抗这种反作用,因此表现为粗纤维的增大。

2.2.4 污泥施用对黑麦草硝酸盐的影响

不同污泥处理对黑麦草硝酸盐的影响见图8。

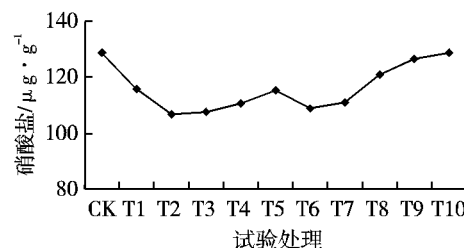


图8 污泥处理对黑麦草硝酸盐含量的影响

Figure 8 Effect of various levels of sludge application on nitrate contents

氮素是植物需要量最多的必需营养元素之一。硝态氮是陆生植物的主要氮源,通常以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 形式存在于土壤溶液中,它进入植物体内后主要储存于叶片的液泡中,并同化成各种有机氮。硝酸盐在植物液泡中的积累对渗透调节具有重要的意义。从图8可以看出,随着土壤中泥量的增加,营养物质增加,植物生长代谢加快,植物从土壤吸收更多的氮素参与这种代谢,在酶的作用下合成氨基酸,最终合成蛋白质等,这个生长的最佳范围泥量为 $10 \sim 35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,当泥量继续增加,土壤中的重金属、有机有毒物质含量也增大,表现出对植物生长的抑制,导致黑麦草体内的代谢速度减慢,再加上不断的从土壤环境吸取氮素,转

换为体内的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$, 而合成作用弱化。因此, 不难解释当泥量增加时, 超过一定的值阈范围, 黑麦草体内的硝酸盐含量增加, 可能会形成一定的危害。

3 结论

本文通过室内盆栽试验研究了施用城市污泥对黑麦草生长发育的影响, 主要得出以下一些结论: 随着污泥施用量的增加, 黑麦草的叶绿素 a、叶绿素 b 含量呈现波动变化, 在 $25 \sim 30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 达到极大值; 黑麦草中硝酸还原酶、可溶性糖、可溶性蛋白和抗坏血酸的含量呈现先急剧增加然后逐渐减少的趋势; SOD、MDA、粗纤维和硝酸盐含量呈现先随污泥含量增大而降低, 然后又升高的趋势。表明施加适量的污泥促进黑麦草的生长, 有利于黑麦草品质的提高; 而施加过量的污泥抑制黑麦草的生长并不利于品质的提高。对上述指标中污泥的施用量范围进行综合分析, 可以得出污泥的最佳施用量范围为 $20 \sim 35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

总之, 污泥的土地利用具有非常重要的意义, 本文对作为绿化及牧草的黑麦草在污泥施用后一些性状进行了研究, 作用是非常明显的。当然污泥对作物的影响还与水分、二氧化碳、营养元素、温湿度、光合作用及杂草和病虫害密切相关。因此, 本试验还有待进一步在大田中继续研究。

参考文献:

- [1] 何晶晶, 顾国维, 李笃中, 等. 城市污泥处理与利用[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] 莫测辉, 吴启堂, 蔡全英. 城市污泥农用资源化与可持续发展[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 157-160.
- [3] M Johansson B, Stenberg L, Torstensson. Microbiological and chemical changes in two arable soils after long-term sludge amendments[J]. *Biol Fertil Soils*, 1999, 30: 160-167.
- [4] Rodrigo Studart Corre, Robert E White, Anthony J Weatherley. Effect of compost treatment of sewage sludge on nitrogen behavior in two soils[J]. *Waste Management*, 2006, 26: 614-619.
- [5] Fytli D, Zabaniotou A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2006, 5: 1-25.
- [6] 申荣艳, 骆永明, 藤应, 等. 城市污泥的污染现状及其土地利用评价[J]. 土壤, 2006, 38: 517-524.
- [7] 莫测辉, 蔡全英, 吴启堂, 等. 城市污泥及其堆肥施用对通菜中有机污染物的累积效应[J]. 环境科学, 2002, 23(5): 52-56.
- [8] Deniz dolgen M, Necdet Alpaslan, Nafiz Delen. Aricultural recycling of treatment-plant sludge: a case study for a vegetable processing factory[J]. *Journal Environmental Management*, 2007, 84: 274-281.
- [9] 李艳霞, 陈同斌, 罗维, 等. 中国城市污泥有机质及养分含量与土地利用[J]. 生态学报, 2003, 11: 2464-2474.
- [10] 李健, 郑春江, 郭希利, 等. 环境背景值数据手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 25.
- [11] 国家环保总局. 农用污泥中污染物控制标准[S]. GB 4284—1984. 1985-03-01.
- [12] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.
- [13] 李西开. 土壤农化常规分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [14] 王慧琴, 柴春英, 黄振中, 等. 亚甲基蓝褪色光度法测定抗坏血酸[J]. 江西化工, 2002(2): 22-24.

[1] 何晶晶, 顾国维, 李笃中, 等. 城市污泥处理与利用[M]. 北京: 科学