

污泥堆肥对青菜生长及重金属积累的影响

褚艳春, 葛 骁, 魏思雨, 丁 敬, 王小治, 封 克*

(扬州大学环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225127)

摘 要:采用盆栽方式,设置污泥堆肥施用比例为0%、1%、5%、10%、15%、20%、40%、60%、80%和100%(重量比)共10个处理,研究污泥堆肥施用量对青菜生长状况及重金属积累的影响。结果表明:1%~5%的污泥堆肥施用可将青菜发芽率由87.78%提高到93.33%,但当施用量大于10%时,发芽率有不同程度的降低;污泥堆肥施用量在0%~15%范围内,青菜总生物量随堆肥施用量的增加而增加,10%污泥堆肥处理青菜鲜重为58.11 g,略低于15%处理,但无显著差异,当污泥堆肥施用量大于20%时,青菜生物量呈下降趋势;污泥堆肥施用量为10%已满足青菜对营养元素的需求,其地上部N、P、K含量分别为52.68、5.89、26.86 g·kg⁻¹;与空白处理相比,随污泥堆肥施用量增加,青菜地上部Cu、Cd、Zn、Cr和Pb含量呈增加的趋势,Cr的含量在堆肥施用量大于80%时,高于食品中污染物限量标准0.5 mg·kg⁻¹,Cd的含量在堆肥施用量大于60%时,高于食品中污染物限量标准0.2 mg·kg⁻¹,而Pb的含量在所有处理中均超标;确定最佳的污泥堆肥施用量为10%。为降低重金属在作物中积累,在污泥堆肥农用过程中应严格控制污泥堆肥施用量。

关键词:污泥堆肥;青菜;生长;重金属

中图分类号:X503.231 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2013)10-1965-06 doi:10.11654/jaes.2013.10.009

Growth and Heavy Metal Accumulation of *Brassica chinensis* Applied with Sewage Sludge Compost

CHU Yan-chun, GE Xiao, WEI Si-yu, DING Jing, WANG Xiao-zhi, FENG Ke*

(College of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: In this study, a pot experiment was conducted to investigate the effect of sewage sludge application on growth and heavy metal accumulation in *Brassica chinensis*, and sewage sludge compost was applied at the rates of 0%, 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% (W/W), respectively. The results showed that the application of sludge compost with the rates of 1% and 5% could increase the germination percentage of *Brassica chinensis* from 87.78% to 93.33%, while higher application rates (>10%) depressed the germination percentage to different extents. When sludge compost was applied with the rates of 1%~15%, the fresh weight of *Brassica chinensis* increased with the rates and reached to 58.11 g per pot at the rate of 10%, which was slightly lower than the 15% treatment with no significant difference. The biomass of *Brassica chinensis* significantly decreased with the increase of sludge compost application rate when the rates were higher than 20%. The sludge compost applied with the rate of 10% had met the nutrients demand of *Brassica chinensis*, and N, P, K contents in the aboveground part reached to 52.68 g·kg⁻¹, 5.89 g·kg⁻¹, 26.86 g·kg⁻¹, respectively. The accumulation of Cu, Cd, Zn, Cr and Pb in *Brassica chinensis* was observed and increased with the increase of sludge compost application rates, compared to the control treatment with no sludge compost applied. According to national food hygiene standard in China, the content of Cr in *Brassica chinensis* exceeded the limit of 0.5 mg·kg⁻¹ when the application rate of sludge compost was higher than 80%, while Cd content exceeded the limit of 0.2 mg·kg⁻¹ when the rate was higher than 60%. The content of Pb in *Brassica chinensis* exceeded the standard in all treatments. The appropriate application rate of sludge compost was 10%. This study indicated that there should be a tight control over the application rate of the sludge compost to reduce the accumulation of heavy metals in the crops.

Keywords: sludge compost; *Brassica chinensis*; growth; heavy metal

收稿日期:2013-03-29

基金项目:江苏省农业技术科技自主创新资金项目(CX(12)1001-6);扬州市-扬州大学校地合作专项(YZ2011146);扬州市环保科研课题

作者简介:褚艳春(1988—),女,山东枣庄人,硕士研究生,研究方向为固体废弃物处理处置及资源化利用。E-mail:yanchun1988@yeah.net

*通信作者:封 克 E-mail:fengke@yzu.edu.cn

近年来,随着我国经济和城市化进程的快速发展,生活污水的产出量急剧增加。生活污水中含有植物生长所需的氮、磷、钾等营养元素,钙、镁、铜、锌、铁等微量元素以及丰富的有机质,因此生活污水的土地利用是一种积极、有效的污泥处置方式^[1],但一直以来,对污泥中重金属污染的担心限制了其资源化利用的规模。已有的研究表明,污泥堆肥可使污泥中的有机污染物含量降低,达到园林和农业施用标准的要求^[2],同时也促进污泥中的重金属稳定化,降低土壤的污染风险^[3]。Warman 等^[4]研究发现,施用污泥堆肥能有效地为作物生长提供氮、磷、钾等养分,其效果与市售复合肥效果相当,明显优于等养分的化肥。黄雅曦等^[5]研究显示,随污泥堆肥施用量的增加,盆栽生菜的产量也增加。许多学者已在污泥堆肥施用于蔬菜和粮食作物方面做了大量研究,但是高配比的污泥堆肥施用量对农作物生长和重金属积累特征的影响报道较少。本文通过盆栽青菜试验,研究污泥堆肥施用量对青菜生长的影响以及重金属在青菜中的积累特性,通过确定合理的污泥堆肥施用量,为污泥堆肥在农业上的利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

污泥堆肥由扬州市汤汪污水处理厂生活污水添加一定比例的菌菇渣和秸秆堆制而成,堆肥周期为 49 d。供试土壤取自扬州市江都区马陵良种场,清泥土,土壤质地为砂壤,砂粒(2~0.02 mm)含量 57.8%,粉粒(0.02~0.002 mm)28.5%,粘粒(<0.002 mm)13.7%,容重 1.16 g·cm⁻³。污泥堆肥和土壤经风干粉碎后备用,两者基本理化性质见表 1。供试材料为小青菜,品种为黑四月慢,从扬州市蔬菜种业有限公司购置。

表 1 供试土壤和污泥堆肥的理化性质

Table 1 Physical and chemical characteristics of tested soil and sludge compost

项目	pH	电导率/mS·cm ⁻¹	总氮/g·kg ⁻¹	总磷/g·kg ⁻¹	有机质/%
土壤	7.20	0.23	2.28	0.82	5.67
污泥堆肥	7.41	4.11	19.55	15.55	45.74

由表 2 可知,按照我国土壤环境质量标准(GB 15618—1995)二级标准限值(6.5<pH<7.5,旱田),供试土壤中的重金属 Cd 已经超标。所用污泥堆肥中重金属含量均低于农用污泥中污染物控制标准(GB 4284—1984)限值(pH≥6.5)。

表 2 供试土壤和污泥堆肥的重金属含量(mg·kg⁻¹)

Table 2 Heavy metal contents of tested soil and sludge(mg·kg⁻¹)

项目	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr
土壤	22.84	72.70	37.74	1.27	52.96
GB 15618—1995	100	250	300	0.3	200
污泥堆肥	340.85	653.67	82.04	4.93	363.81
GB 4284—1984	500	1000	1000	20	1000

1.2 试验方法

采用直径 20 cm、高 14 cm 的塑料盆钵。将污泥堆肥与土壤按 0:100、1:99、5:95、10:90、15:85、20:80、40:60、60:40、80:20 和 100:0 的重量比充分混合(为方便起见,以下将各处理分别用百分比表示),装于塑料盆钵中,每盆混装 1.5 kg,每个处理重复 3 次。混配时,污泥堆肥和土壤的含水率分别为 22.49%和 20.42%。选 30 粒均匀、饱满的青菜种子,播深为 0.5 cm。将盆钵置于温室大棚中,幼苗长出 2~3 片叶时定苗,长出 4~5 片叶时定苗,每盆留 5 棵,60 d 时收获。

1.3 测定方法

将收获的植物样品用水清洗干净,水分晾干后将地上部和地下部分离,置于天平上称取鲜重,青菜总生物量即为地上部和地下部鲜重之和,之后于 105 ℃杀青 45 min,然后在 70 ℃下烘干至恒重后分别称重。样品磨细,过 40 目筛后于干燥箱中保存。

土壤和污泥堆肥 pH 采用电位法测定;水溶性盐总量采用电导法测定;总氮采用半微量凯氏法测定;总磷采用 H₂SO₄-HClO₄ 消化,钼锑抗比色法测定^[6];土壤和污泥堆肥有机质采用焙烧失重法测定^[7];土壤和污泥堆肥重金属含量采用 HCl-HNO₃-HF-HClO₄ 消化,KIIM6 型原子吸收分光光度计测定。青菜重金属含量采用 HNO₃-HClO₄ 消化,KIIM6 型原子吸收分光光度计测定;青菜氮、磷、钾含量采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化后分别用靛酚蓝比色法、钼蓝比色法、火焰光度法测定。

1.4 数据处理

使用 SPSS18.0 及 Excel 软件对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 污泥堆肥施用量对供试青菜苗期发芽率的影响

不同污泥堆肥施用量对青菜苗期发芽率的影响见图 1。对照处理青菜的发芽率为 87.78%,1%和 5%堆肥处理青菜的发芽率均为 93.33%。可见,少量污泥堆肥施用可提高发芽率,而 10%施用量处理的发芽率明显下降,降低为 73.33%。在 10%~40%的施用量范

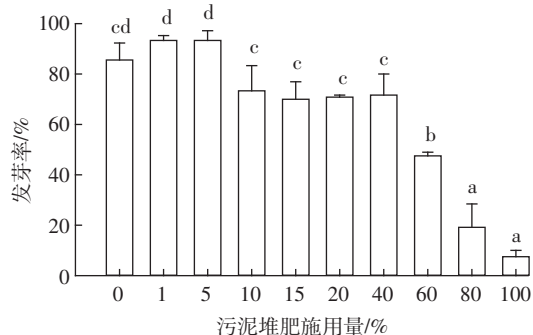


图1 不同污泥堆肥施用量对青菜苗期发芽率的影响

Figure 1 The effects with different application rates of sludge compost on the germination percentage of *Brassica chinensis*

国内,各处理间差异不显著,青菜发芽率基本稳定在70%左右,但是当污泥堆肥施用量大于60%时,青菜的发芽率显著降低。

2.2 污泥堆肥施用量对青菜生物量的影响

由图2可以看出,不同处理青菜总生物量(按鲜重计)差异显著。对照青菜总生物量为5.45 g。污泥堆肥施用量在1%~15%范围内,青菜总生物量随堆肥施用量的增加而增加,污泥堆肥施用量1%、5%、10%和15%处理的青菜总生物量分别是对照的1.96、7.82、10.66倍和11.19倍。青菜总生物量在15%处理时达到最大值,10%处理青菜总生物量略低于15%处理,但无显著差异。其中15%处理和10%处理青菜总生物量分别为61.01 g和58.11 g。但是当污泥堆肥施用量增至20%时,其总生物量比15%处理显著降低,降低了21.75%。40%、60%、80%和100%堆肥处理总生物量依次为29.17、20.14、11.48 g和6.00 g,由此可见,随着污泥堆肥施用量的进一步加大,其总生物量呈急剧下降趋势。

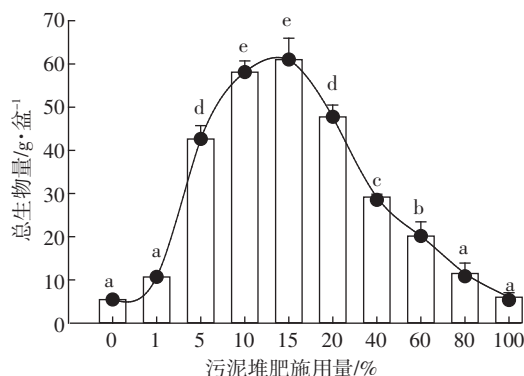


图2 不同污泥堆肥施用量对青菜生物量的影响

Figure 2 The effects with different application rates of sludge compost on the biomass of *Brassica chinensis*

2.3 污泥堆肥施用量对青菜地上部营养元素的影响

从图3可见,对照青菜体内N、P、K含量较低。随污泥堆肥施用量的增加,青菜地上部N、K含量的变化趋势基本一致,在0%~10%污泥堆肥施用范围内,随污泥堆肥施用量的增加,青菜体内N、K含量不断增加,在污泥堆肥施用量为10%达到最大,而随施用量的进一步增加,青菜体内N和K含量分别相对稳定在54.20~59.19 g·kg⁻¹和23.10~26.11 g·kg⁻¹之间。与对照相比,施用1%污泥堆肥显著提高了青菜体内P含量,但是1%和5%处理无显著性差异;10%~100%污泥堆肥处理范围内,青菜体内P含量比5%处理略有增加,各处理间均无显著差异。

2.4 污泥堆肥施用量对青菜地上部重金属含量的影响

不同施肥处理对青菜地上部重金属含量的影响见图4。与对照相比,地上部Cr、Cu、Zn、Cd和Pb含量

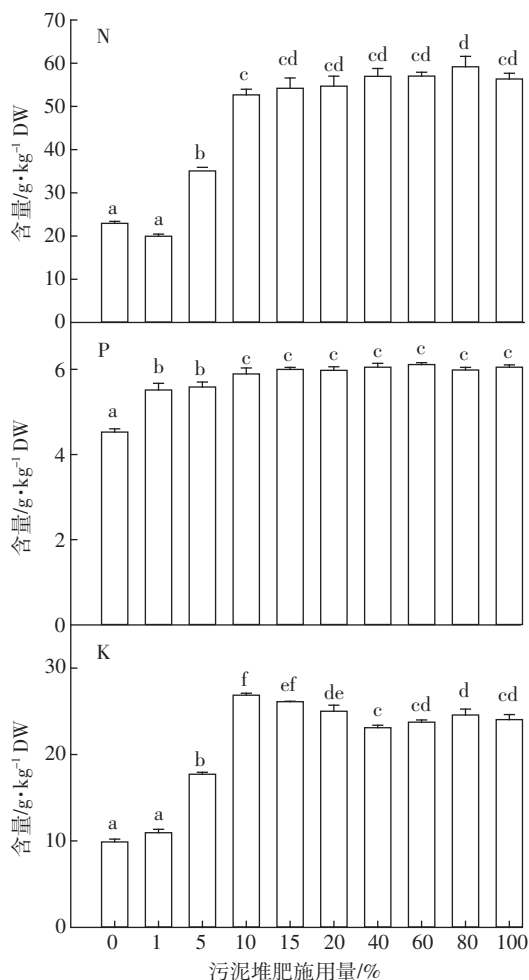


图3 不同施肥处理对青菜地上部N、P、K含量的影响

Figure 3 The effects with different application rates of sludge compost on the contents of N, P, K in the aboveground part of *Brassica chinensis*

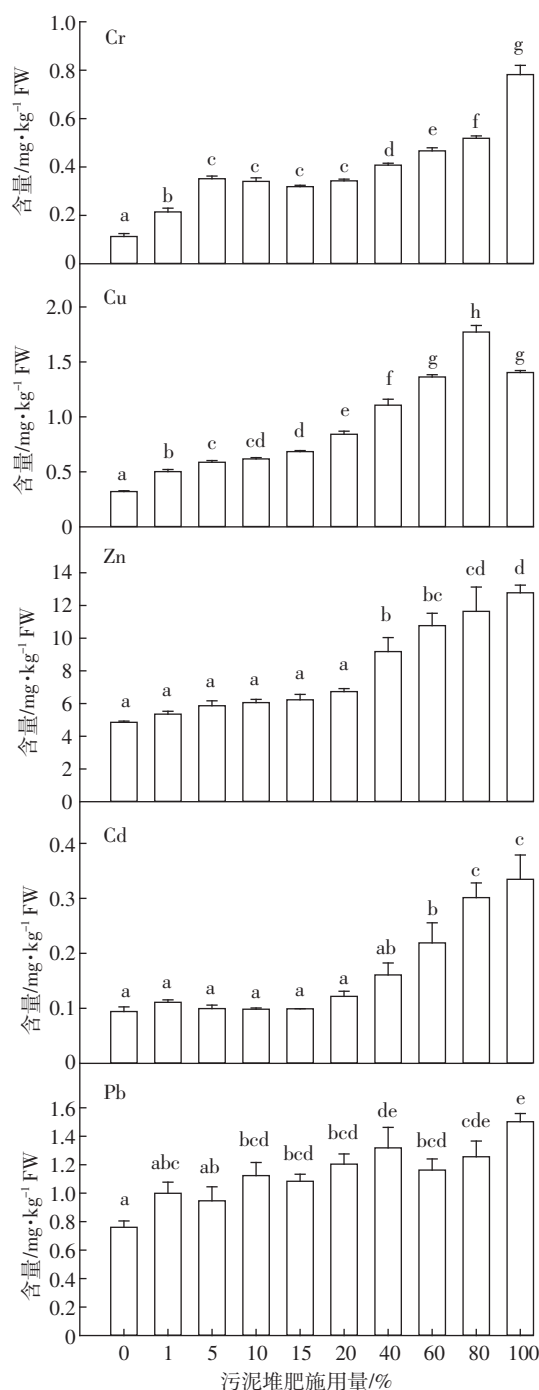


图4 不同施肥处理对青菜地上部 Cr、Cu、Zn、Cd、Pb 含量的影响

Figure 4 The effects with different application rates of sludge compost on the contents of Cr, Cu, Zn, Cd, Pb in the aboveground part of *Brassica chinensis*

随污泥堆肥施用量的增加呈明显上升趋势。地上部 Cr、Zn、Cd 和 Pb 含量均在 100% 污泥堆肥处理达到最大, 分别为 0.78、12.78、0.33、1.50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 依次是对照的 6.93、2.64、3.55、1.98 倍。地上部 Cu 含量在 80% 污泥堆肥处理中达到最大, 为 1.77 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是对照的

5.52 倍。Cr 含量在 5%~20% 污泥堆肥施用范围内, 各处理间差异不显著, 依次是对照的 3.11、3.02、2.82、3.04 倍; 当施用量大于 40% 时, Cr 含量显著增加。Cu 含量在 5%~15% 污泥堆肥施用范围内增加趋势较为平缓, 依次是对照的 1.83、1.93、2.13 倍; 当施用量大于 20% 时, Cu 含量显著增加。Zn 含量在 0%~20% 污泥堆肥施用范围内, 各处理间无显著性差异; 当施用量大于 40% 时, 青菜体内 Zn 含量显著增加。Cd 含量在 1%~20% 污泥堆肥施用范围内各处理间差异不显著, 依次是对照的 1.18、1.06、1.04、1.05、1.29 倍; 当施用量大于 40% 时, 青菜体内 Cd 含量显著增加。对 Pb 而言, 1%~20% 堆肥处理范围内各处理间差异不显著, 但是略高于对照处理; 60% 污泥堆肥处理的 Pb 含量明显低于 40%、80% 和 100% 污泥堆肥处理。

3 讨论

经过堆肥化处理的污泥, 含有丰富营养物质, 但也不可避免地含有重金属等有害物质, 将污泥堆肥施入土壤后, 土壤中养分和重金属含量均有所增加, 这必将对植物生长产生有益或不利的影

响。青菜发芽率在 10%~40% 的施用量范围内, 各处理间差异不显著 (图 1), 表明在此范围内随堆肥施用量的增加, 并不会引起盐分和水溶性重金属对种子发芽的抑制作用的进一步加大。但是当污泥堆肥施用量大于 60% 时, 青菜发芽率显著降低, 这可能是因为污泥堆肥中盐分、有机酸、重金属等有害物质的释放, 加强了对种子发芽的抑制作用。

青菜总生物量在 1%~15% 的堆肥施用量范围内, 随施用量的增加而增加 (图 2), 这主要是由于污泥堆肥含有丰富的有机物质和营养元素, 施用至土壤后, 能明显改善土壤理化性质, 为植物创造了良好的生长环境^[8]。青菜鲜重在污泥堆肥施用量大于 20% 时呈下降趋势, 生长受到显著抑制, 这是因为污泥堆肥的电导率高于土壤的电导率, 土壤中施用污泥堆肥会使其盐度升高^[9], 对植物的正常生长产生不利影响, 表现为生长缓慢、植株矮小。此外, 污泥堆肥中还含有的其他有害化学物质也可能对植物生长有抑制作用。

土壤重金属含量高低直接影响植物对其吸收, 但植物对重金属的吸收与积累是一个复杂的过程, 也与重金属的种类及其生物有效性、植物生长代谢机制、土壤的理化性质等因素有关^[10]。对青菜地上部 5 种重金属含量测定的结果表明: Cr、Cu、Zn、Cd 和 Pb 含量随污泥堆肥施用量的增加, 均有不同程度的增加 (图

4)。对照 GB 2762—2005 食品中污染物限量标准 $\text{Cr} \leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $\text{Cd} \leq 0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 发现 5 种重金属中 Cr、Cd 的含量分别在堆肥施用量达到 80% 和 60% 后出现超标, 并且超标率分别为 3.73% 和 9.49%, 而 Pb 含量(限量标准为 $\text{Pb} \leq 0.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 在所有处理中均出现超标情况, 可能是因为叶菜类蔬菜本身对 Pb 有较强的富集能力^[11], 施用污泥堆肥处理后, 土壤环境中 Pb 的含量有进一步提高, 使青菜地上部 Pb 含量高于对照处理。需要指出的是, 本文供试土壤 Pb 含量远低于国家土壤环境质量二级标准, 而种植的青菜 Pb 超标。这与谢正苗^[12]、丁爱芳^[13]等研究结论相似, 也表明现有的土壤环境质量和食品中污染物限量标准对 Pb 含量的界定还不够合理, 仍需进一步深入研究。本研究所有处理青菜地上部 Cu 和 Zn 累积含量均不高, 此外, Cu 和 Zn 是植物生长所需的微量元素^[14-15], 目前的 GB 2762—2005 食品污染物限量标准已不再将 Cu 和 Zn 作为污染物, 因此在污泥堆肥农用过程中应重点控制 Cr、Cd 和 Pb 等重金属元素可能带来的污染。综上可知, 施用污泥堆肥时, 要严格控制施用量, 尤其是应用于蔬菜等进入食物链的作物种植, 需慎重考虑重金属在作物中的积累效应, 谨慎施用, 同时要跟踪试验, 检测作物中重金属含量是否超过食品中污染物限量标准。

本研究表明, 不同污泥堆肥施用量会对青菜生长和重金属积累产生显著影响, 只有将污泥堆肥施用量控制在合适范围内, 才能有效地发挥其促进植物生长的有利方面, 降低其负面影响。污泥堆肥作为良好的有机肥料, 能够有效实现污泥资源化利用, 特别是其中的氮、磷养分多为有机态^[16], 能够稳定而持续的提供养料, 这无疑对植物生长有良好的促进作用。本研究青菜总生物量在 15% 堆肥处理时达到最大值, 略高于 10% 堆肥处理; N、P、K 等营养元素含量在施用量 10% 和 15% 时均达到较高水平。由于重金属积累随堆肥施用量增加而增强, 为避免重金属农用风险的加强, 故本文建议污泥堆肥施用量选择 10%。

目前国内对污泥农用的风险性研究还不够深入^[17], 对重金属在土壤-农作物体系间的迁移转化规律还需加强研究, 以建立污泥农用风险性的评价体系, 同时相关部门要完善相应的规范和政策。

4 结论

(1) 1%~5% 的污泥堆肥施用可将青菜发芽率由 87.78% 提高到 93.33%, 而当施用量大于 10% 时, 青菜

发芽率有不同程度降低。

(2) 适量施用污泥堆肥能促进青菜生长, 提高青菜产量。10% 污泥堆肥处理已能满足植物生长的需求, 此施用条件下, 总生物量达 $58.11 \text{ g} \cdot \text{盆}^{-1}$, 且地上部 N、P、K 含量分别为 52.68、5.89、26.86 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 达到较高水平。

(3) 与对照相比, 随着污泥堆肥施用量的增加, 重金属元素在青菜地上部中的富集普遍呈现增加趋势。Cr、Cd 的含量分别在堆肥施用量大于 80% 和 60% 时, 高于食品中污染物限量标准, 而 Pb 的含量在所有处理中均超标。

(4) 综合考虑, 建议污泥堆肥施用量为 10%。

参考文献:

- [1] 马娜, 陈玲, 何培松, 等. 城市污泥资源化利用研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 86-89.
MA Na, CHEN Ling, HE Pei-song, et al. Study on resource reuse of municipal sewage sludge[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(1): 86-89.
- [2] Hackett G, Easton C A, Duff S. Composting of pulp and paper mill fly ash with wastewater treatment sludge[J]. *Bioresource Technology*, 1999, 70(3): 217-224.
- [3] 孙西宁, 张增强, 张永涛, 等. 污泥堆肥过程中重金属的形态变化研究: Sposito 浸提法[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(6): 2339-2344.
SUN Xi-ning, ZHANG Zeng-qiang, ZHANG Yong-tao, et al. Changes of heavy metal forms in sludge during the composting process: Sposito method[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(6): 2339-2344.
- [4] Warman P R, Termeer W C. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Yields and N, P and K content of crops and soils[J]. *Bioresource Technology*, 2005, 96(8): 955-961.
- [5] 黄雅曦, 李季, 李国学, 等. 施用污泥堆肥对土壤和生菜重金属积累特性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2005(6): 15-18.
HUANG Ya-xi, LI Ji, LI Guo-xue, et al. Heavy metal accumulation in lettuce in soil amended with sewage sludge compost[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2005(6): 15-18.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
BAO Shi-dan. Analysis of soil agrochemical[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [7] Tam N Y, Wong Y S. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of HongKong mangrove swamps[J]. *Environmental Pollution*, 2000, 110: 195-205.
- [8] 王绍文, 秦华. 城市污泥资源利用与污水土地处理技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
WANG Shao-wen, QIN Hua. Urban sludge resource utilization and sewage land disposal technology[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2000.

- [9] Soumare M, Tack F M, Verloo M G. Characterisation of malian and belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application[J]. *Waste Manage*, 2003, 23: 517-522.
- [10] 魏树和, 周启星. 重金属污染土壤植物修复基本原理及强化措施探讨[J]. *生态学杂志*, 2004, 23(1): 65-72.
WEI Shu-he, ZHOU Qi-xing. Discussion on basic principles and strengthening measures for phytoremediation of soils contaminated by heavy metals[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(1): 65-72.
- [11] 祖艳群, 李元, 陈海燕, 等. 蔬菜中铅镉铜锌含量的影响因素研究[J]. *农业环境科学学报*, 2003, 22(3): 289-292.
ZU Yan-qun, LI Yuan, CHEN Hai-yan, et al. Research on factors influencing concentrations of Pb, Cd, Cu and Zn in vegetables[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2003, 22(3): 289-292.
- [12] 谢正苗, 李静, 徐建明, 等. 杭州市郊蔬菜基地土壤和蔬菜中 Pb、Zn 和 Cu 含量的环境质量评价[J]. *环境科学*, 2006, 27(4): 742-747.
XIE Zheng-miao, LI Jing, XU Jian-ming, et al. Evaluation on environmental quality of Pb, Zn and Cu contents in vegetable plantation soils and vegetables in Hangzhou Suburb[J]. *Environmental Science*, 2006, 27(4): 742-747.
- [13] 丁爱芳, 潘根兴. 南京城郊零散菜地土壤与蔬菜重金属含量及健康风险分析[J]. *生态环境*, 2003, 12(4): 409-411.
DING Ai-fang, PAN Gen-xing. Contents of heavy metals in soils and Chinese cabbages (*Brassica chinensis*) from some urban vegetable fields around Nanjing and the human health risks[J]. *Ecology and Environment*, 2003, 12(4): 409-411.
- [14] Nagalakshmi N, Prasad M N V. Copper-induced oxidative stress in *Scenedesmus bijugatus*: Protective role of free radical scavengers[J]. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 1998, 61(5): 623-628.
- [15] 王吉秀, 祖艳群, 李元. 镉锌交互作用及生态学效应研究进展[J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(增刊): 256-260.
WANG Ji-xiu, ZU Yan-qun, LI Yuan. The interaction of cadmium and zinc and its ecological effects[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(Suppl): 256-260.
- [16] 陈桂梅, 刘善江, 张定媛, 等. 污泥堆肥的应用及其在农业中的发展趋势[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(24): 301-306.
CHEN Gui-mei, LIU Shan-jiang, ZHANG Ding-yuan, et al. Application and development of sewage sludge compost in agriculture[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(24): 301-306.
- [17] 秦俊芳. 污水处理厂污泥安全处置方式的比较筛选[J]. *中国资源综合利用*, 2010, 28(4): 52-55.
QIN Jun-fang. The safe disposal of sewage sludge comparison of screening methods[J]. *China Resource Comprehensive Utilization*, 2010, 28(4): 52-55.

《农业环境科学学报》再次成为“百篇”刊源

根据中国科技论文统计结果,《农业环境科学学报》2008 年第 27 卷第 1 期刊登的金相灿等撰写的论文《长江中下游浅水湖沉积物磷形态及其分布特征研究》入选“2013 年度中国百篇最具影响优秀国内学术论文”。特向作者表示热烈祝贺!

论文的选取范围是从 2013 年度“领跑者 5000—中国精品科技期刊顶尖论文”(F5000 论文)中进一步遴选产生的。2013 年度 F5000 论文是以 2008—2012 年中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)为基础,统计全部论文的累计被引次数,并分别遴选出发表在中国精品科技期刊上,并且累计被引用次数进入相应发表年度和所属学科领域的前百分之一的论文,则入选为 F5000 论文。百篇论文的选取,是在 F5000 论文的基础上,进一步提高了遴选标注,从中选取累计被引用次数进入相应发表年度和所属学科领域的前千分之一的论文,作为本年度的候选论文。根据各个学科领域的论文数量和规模以及候选论文数量,结合我国科技发展的重点领域和优先主题,参考候选论文的文献类型、基金项目资助情况、被引用分布等方面的情况,从中择优选取《中国百篇最具影响优秀国内学术论文》,2013 年度共有 91 篇论文入选。

《农业环境科学学报》编辑部供稿

2013 年 9 月 29 日