

朱晓雯,黄顾林,左文刚,等.不同有机物料对滩涂土壤重金属含量及有效性的影响[J].江苏农业科学,2016,44(11):467-470.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.134

不同有机物料对滩涂土壤重金属含量及有效性的影响

朱晓雯,黄顾林,左文刚,陈亚斯,沈袁玲,陶天云,柏彦超,单玉华,封克

(扬州大学环境科学与工程学院/江苏省有机固体废弃物资源化协同创新中心,江苏扬州 225009)

摘要:沿海滩涂是重要后备耕地资源,但新围垦滩涂并非农用耕地,须投入大量有机物料加以熟化改良。实施大面积滩涂土壤改良过程中,廉价有机物料的来源及其重金属含量成为新围垦滩涂土壤改良的限制因素。采用生活污水、牛粪及中药渣 3 类有机物料改良新围垦滩涂土壤,对改良过程中滩涂土壤的重金属含量及黑麦草对重金属的吸收进行比较研究。结果表明,施用牛粪、中药渣对滩涂土壤全量 Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb 均无显著影响。施用牛粪增加了滩涂土壤有效态 Cu、Zn、Ni、Cd 的含量,施用中药渣使得滩涂土壤有效态 Ni、Cd 含量稍有上升。施用生活污水增加了滩涂土壤全量 Cu、Zn;随着污泥施用量的增加,滩涂土壤有效态 Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb 的含量均呈上升趋势,其中有效态 Mn 含量上升幅度较小,其余重金属有效态含量上升幅度均较大。施用牛粪、中药渣对黑麦草地上部和根系重金属含量均无明显影响。施用生活污水增加了黑麦草地上部重金属(Mn、Zn、Cu、Ni、Cd 和 Pb)含量;随污泥施用量的增加,根系 Mn、Zn、Cu、Ni 含量呈先上升后下降趋势,Cd 和 Pb 含量呈上升趋势。施用生活污水后在滩涂土壤上种植的黑麦草植株各重金属的含量均未超标,但应用生活污水改良滩涂土壤过程中的重金属环境安全性问题,仍值得深入研究。

关键词:滩涂土壤;有机物料;资源化利用;无害化处理;重金属;土壤环境安全有效性

中图分类号: S156.91 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0467-04

中国耕地资源紧缺,随着人口的不断增长,工矿、交通、城市建设用地的不断增加,人地矛盾空前严峻^[1]。我国东部沿海每年可以形成约 2 万 hm^2 的淤泥质滩涂,改造后可为全国特别是沿海省份的长期发展提供最实际的后备耕地资源^[2]。

收稿日期:2015-09-15

基金项目:国家自然科学基金(编号:31101604);江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(15)1005];土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放课题(编号:Y412201402)。

作者简介:朱晓雯(1991—),女,江苏海门人,硕士研究生,主要从事农业资源利用、滩涂土壤改良方面的研究。Tel:(0514)87979645; E-mail:zxw900710@163.com。

通信作者:单玉华,博士,教授,主要从事农田生态环境与农业资源利用方面的研究。E-mail:shanyuhua@gmail.com。

沿海滩涂土壤属于特殊原始土壤,最显著的特征就是盐分含量偏高,有机质含量极低,耕作层次尚未形成,结构差、保水通气性差,养分含量低且易流失、供应能力差,微生物区系组成单一^[3-4],须要通过投入大量有机物料加以熟化改良。研究表明,有机质可通过改善土壤的理化性状,改变土壤盐分运动状况,促进土壤脱盐,抑制土壤返盐,中和土壤碱度,从而减轻盐分对作物的危害^[5]。土壤有机质含量与土壤脱盐率和作物产量呈正相关,与土壤返盐率呈负相关^[6]。土壤有机质与土壤养分含量的增加有密切的联系^[7],有机质分解后可提供多种养分,特别是氮素,因为滩涂土壤矿物质一般不含氮。此外,有机质也是滩涂土壤中磷、硫、钙以及微量元素的重要来源。在大面积新围垦滩涂土壤改良过程中,廉价有机物料的来源及其重金属含量是新围垦滩涂土壤改良的限制因素。前

[2] Liang B, Lehmann J, Solomon D, et al. Black carbon increases cation exchange capacity in soils [J]. Soil Science Society of America Journal, 2006, 70(5): 1719-1730.

[3] 邓霞. 湿地植物生物炭的制备及其对土壤氮素生物有效性的影响[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.

[4] Hossain M K, Strezov V, Chan K, et al. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar [J]. Journal of Environmental Management, 2011, 92(1): 223-228.

[5] Sohi S, Loez - Capel E, Krull E, et al. Biochars roles in soil and climate change: a review of research needs [R], 2009: 64.

[6] Chen B L, Zhou D D, Zhu L Z, et al. Sorption characteristics and mechanisms of organic contaminant to carbonaceous biosorbents in aqueous solution [J]. Science in China Series B - chemistry, 2008, 51(5): 464-472.

[7] 蒋艳艳,胡孝明,金卫斌. 生物炭对废水中重金属吸附研究进展 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52(13): 2985-2988.

[8] Lehmann J. Bio-energy in the black [J]. The Ecological Society of America, 2007, 5(7): 381-387.

[9] 谢祖彬,刘琦,许燕萍,等. 生物炭研究进展及其研究方向 [J]. 土壤, 2011, 43(6): 857-861.

[10] Yang H P, Yan R, Chen H P, et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis [J]. Fuel, 2007, 86(12/13): 1781-1788.

[11] Graetz R D, Skjemstad J O. The charcoal sink of biomass burning on the Australian continent [J]. CSIRO Atmospheric Research, 2003(5): 64-66.

[12] Schmidt M I, Noack A G. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications, and current challenges [J]. Global Biogeochemical Cycles, 2000, 14(3): 777-793.

[13] Hamelinck C N, Hooijdonk G V, Faaij A P. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short, middle and long term [J]. Biomass & Bioenergy, 2005, 28(4): 384-410.

期研究表明,施用生活污水、牛粪和中药渣等廉价有机物料,均可增加滩涂土壤有机质含量,降低土壤含盐量及 pH 值,改善土壤氮磷养分的供应,从而促进黑麦草植物的生长^[8]。这 3 种有机物料都可用于新围垦滩涂的改良,对滩涂围垦初期土壤肥力形成有明显的效果。然而,目前对生活污泥农用的意见分歧较大,争议的焦点是部分生活污水可能含有较多的重金属等污染物。同时,有机质的大量施用可能会对土壤重金属的存在形态产生影响^[9],从而可能增加植物对重金属累积以及重金属污染环境的风险。本研究以生活污水、牛粪和中药渣 3 种有机废弃物料作为有机肥源改良新围垦滩涂土壤,对改良过程中重金属在滩涂土壤及黑麦草中的累积进行对比研究,旨在获得科学依据的基础上,积极地实施廉价有机物料资源化利用战略,为解决我国土地资源严重不足和有机废弃物料难以处理的迫切问题提供理论支撑。

表 1 供试滩涂土壤、生活污水、牛粪和中药渣的基本理化性质

项目	pH 值	有机质含量(g/kg)	全氮含量(g/kg)	全磷含量(g/kg)	碱解氮含量(mg/kg)	速效磷含量(mg/kg)	全 Mn 含量(mg/kg)	全 Cu 含量(mg/kg)	全 Zn 含量(mg/kg)	全 Ni 含量(mg/kg)	全 Cd 含量(mg/kg)	全 Pb 含量(mg/kg)
滩涂土	9.02	3.43	0.282	0.507	17.08	6.99	153.1	15.9	56.2	30.9	1.60	37.8
污泥	6.32	377.00	51.200	5.510	3 440.00	813.00	129.5	1121.9	2127.3	52.8	3.30	59.1
牛粪	7.74	415.70	32.300	5.310	358.70	111.90	133.9	769.4	146.7	18.0	2.15	26.6
中药渣	7.68	242.00	40.60	1.030	460.10	135.30	147.9	713.7	116.7	26.7	1.96	25.9

1.2 试验设计

采用田间随机区组试验,各小区面积均为 4.0 m × 4.0 m。试验按有机物料干基不同施用量,设 5 个处理,分别为 0、30、75、150、300 t/hm²,各处理重复 3 次。2011 年 9 月将生活污水、牛粪、中药渣按不同用量施入滩涂土壤小区,自然风干后于 10 月 20 日利用旋耕机将生活污水、牛粪、中药渣与 0~20 cm 耕层土壤拌匀,10 月 25 日每小区播入 35 g 黑麦草种子。于 2012 年 3 月 26 日(播种后 150 d)采集土壤和黑麦草植株样品,分析土壤重金属全量和有效态含量,并对黑麦草植株的地上和地下部重金属含量进行比较研究。

1.3 测定方法

采用 HCl-HNO₃-HClO₄ 消煮-原子吸收分光光度法

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2011—2012 年在江苏省如东县兆盈垦区试验田(121° 23'23"E,32° 00'3"N)进行。试验区为新围垦第 3 年的滩涂,属淤涨型的淤泥质海岸,滨海相地貌,地势平坦,地面高程 3.0 m;属亚热带湿润季风气候,具有明显的过渡性海洋性和季风性,四季分明,降水量主要集中在 6—8 月份。试验区浅层土层中地下水均为第四系孔隙潜水类型,层状分布,主要补给来源为地表水及大气降水。供试生活污水、牛粪和中药渣于 2011 年 8 月分别取自如东生活污水处理厂、如东某奶牛场及如东某中药厂,基本理化性质见表 1,其中生活污水中重金属元素含量均低于建设部颁布的 GB/T 24600—2009《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》国家标准。

和 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法,分别测定土壤 Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb 的全量和有效态含量。采用干灰化法-原子吸收分光光度法,测定黑麦草植株重金属 Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb 的含量^[10]。试验数据采用 Microsoft Excel (2010) 和 SPSS 13.0 统计软件进行统计分析,LSD 法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同有机物料对滩涂土壤重金属全量的影响

施用生活污水、牛粪和中药渣对滩涂土壤全量重金属(Mn、Zn、Cu、Ni、Cd 和 Pb)的影响见图 1。总体来看,施用牛粪、中药渣对滩涂土壤 Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb 的全量,均无显著影响。试验条件下,施用生活污水对 Mn、Ni、Cd、Pb 的全量

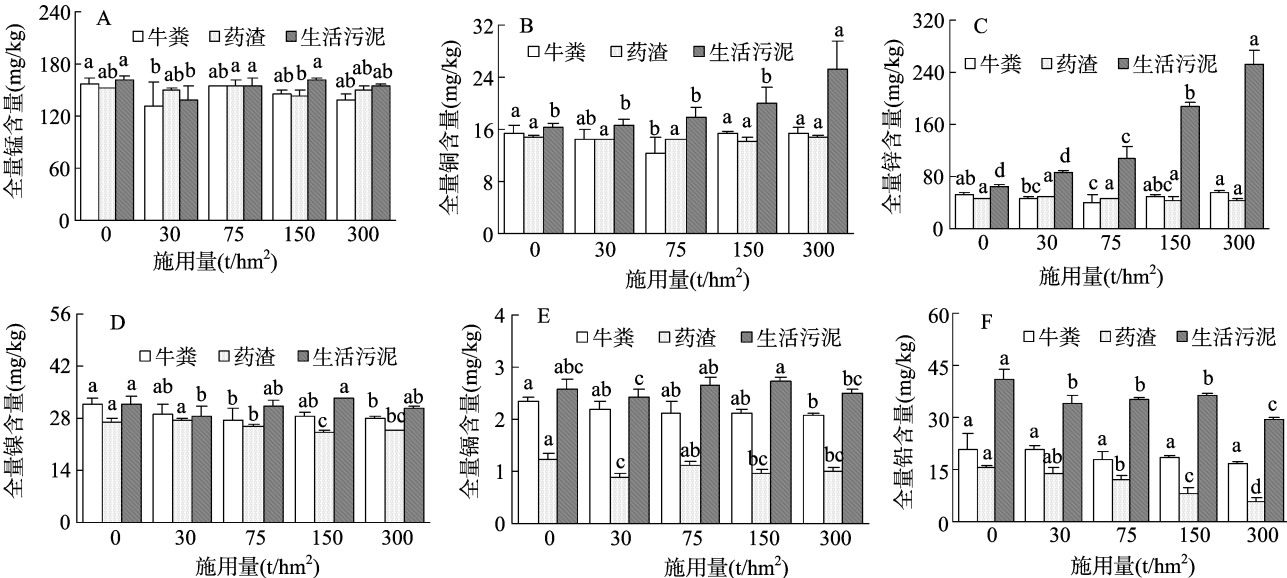


图1 不同有机物料对滩涂土壤重金属全量 Mn(A)、Cu(B)、Zn(C)、Ni(D)、Cd(E)、Pb(F) 含量的影响

无显著影响,但显著增加了滩涂土壤 Cu、Zn 的全量。施用生活污泥各处理(30、75、150、300 t/hm²)滩涂土壤全 Cu 含量分别比对照增加 0.6%、9.1%、22.0%、54.3%;全 Zn 含量分别比对照增加 31.9%、69.2%、191.6%、292.4%。

2.2 不同有机物料对滩涂土壤有效态重金属含量的影响

施用生活污泥、牛粪和中药渣对滩涂土壤有效态重金属(Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb)的影响见图 2。随牛粪施用量(30、

75、150、300 t/hm²)的增加,滩涂土壤有效态 Cu、Zn、Ni、Cd 的含量呈逐渐上升趋势,有效态 Mn、Pb 含量无显著变化。施用中药渣后,滩涂土壤有效态 Ni、Cd 的含量稍有上升,有效态 Zn、Cu、Mn、Pb 含量无显著变化。随生活污泥施用量(30、75、150、300 t/hm²)的增加,滩涂土壤有效态 Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb 的含量均呈上升趋势,除有效态 Mn 含量上升幅度较小外,其余重金属有效态含量上升幅度均较大。

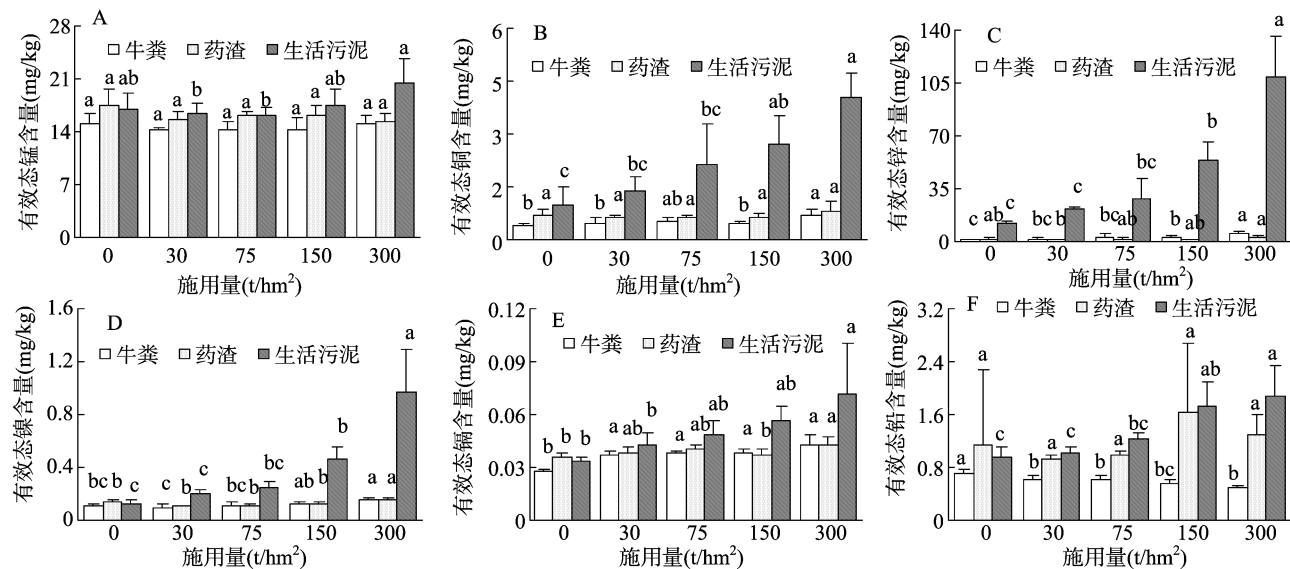


图2 不同有机物料对滩涂土壤有效态重金属 Mn(A)、Cu(B)、Zn(C)、Ni(D)、Cd(E)、Pb(F) 含量的影响

2.3 不同有机物料对黑麦草重金属吸收的影响

施用生活污泥、牛粪和中药渣对成熟期黑麦草地上部和根系重金属(Mn、Zn、Cu、Ni、Cd 和 Pb)吸收的影响见图 3 和图 4。施用牛粪、中药渣对黑麦草地上部和根系重金属吸收

均无明显影响。随生活污泥施用量的增加,黑麦草地上部重金属含量呈上升趋势,黑麦草根系重金属(Mn、Zn、Cu、Cd)含量呈先上升后下降趋势,当污泥用量 150 t/hm² 的处理达到最大值;根系 Pb 含量随污泥用量的增加呈上升趋势。

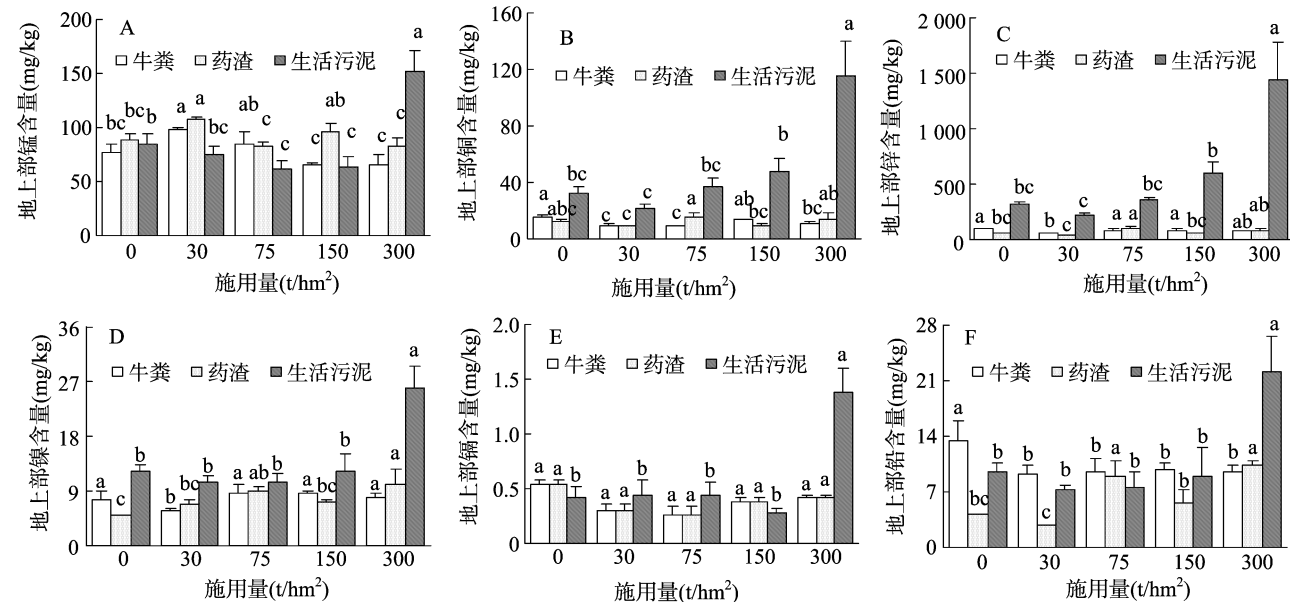


图3 不同有机物料对滩涂土壤黑麦草地上部重金属 Mn(A)、Cu(B)、Zn(C)、Ni(D)、Cd(E)、Pb(F) 含量的影响

3 讨论与小结

沿海新围垦滩涂土壤的培肥熟化,须投入大量有机物料。

廉价优质的有机物料成为滩涂土壤改良的重要限制因素之一。生活污泥、牛粪、中药渣 3 种有机废弃物均可用于新围垦滩涂土壤的改良,对滩涂围垦初期土壤肥力形成有明显的效

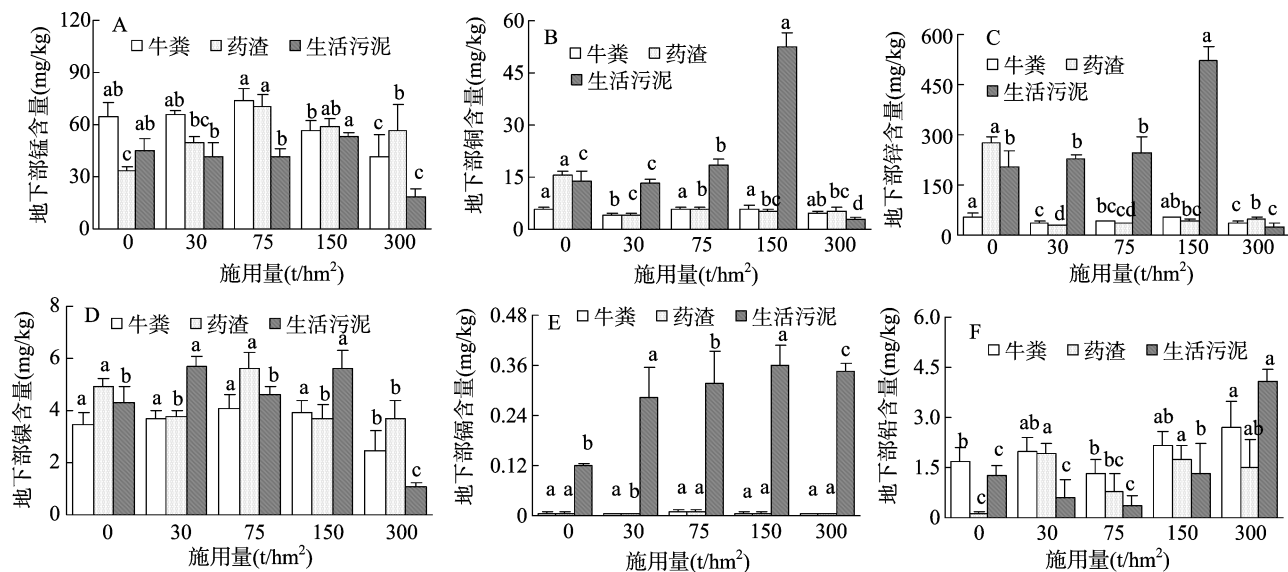


图4 不同有机物料对滩涂土壤黑麦草地下部重金属 Mn(A)、Cu(B)、Zn(C)、Ni(D)、Cd(E)、Pb(F) 含量的影响

果。然而,这3类有机物料,尤其生活污水中含有的重金属是污泥农用的主要障碍。以往的大量研究表明,施用生活污水、牛粪等有机物料均能增加土壤中重金属的含量^[11-12],其主要原因是这些有机物料中含有一定量的重金属^[13-14]。本研究表明,施用牛粪、药渣对滩涂土壤重金属(Mn、Zn、Cu、Ni、Cd、Pb)全量无显著影响,而施用生活污水显著增加了滩涂土壤Cu、Zn的全量,滩涂土壤Cu、Zn全量的增加主要由生活污水带入。施用牛粪、中药渣对黑麦草地上部和根系重金属含量均无明显影响。施用生活污水显著增加了黑麦草地上部和根系重金属含量,主要是因为生活污水的施用增加了土壤有效态重金属的含量,这与前人研究结果^[15-16]一致。施用生活污水后在滩涂土壤上种植的黑麦草成熟期体内各重金属的含量均未超标(GB 13078—2001《饲料卫生标准》)。而黑麦草通常被认为是重金属超积累植物^[17-18],常常被用于土壤重金属生物修复的研究^[19]。那么,应用污泥改良滩涂土壤后种植一般农作物,农产品的重金属含量是否超标,值得深入研究。

参考文献:

- [1] Yu B H, Lu C H. Change of cultivated land and its implications on food security in China[J]. Chinese Geographical Science, 2006, 16 (4): 299-305.
- [2] Wang F, Wall G. Mudflat development in Jiangsu Province, China: practices and experiences[J]. Ocean & Coastal Management, 2010, 53(11): 691-699.
- [3] 柏彦超,汪莉,陶天云,等. 施用生活污水改良滩涂土壤理化性质的探讨[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(4): 1019-1025.
- [4] 姚荣江,杨劲松,陈小兵,等. 苏北海涂围垦区耕层土壤养分分级及其模糊综合评价[J]. 中国土壤与肥料, 2009(4): 16-20.
- [5] 田忠孝,曹季江. 有机质改良盐碱土的初步研究[J]. 土壤肥料, 1993(1): 1-9.
- [6] 谢承陶,李志杰,章友生,等. 有机质与土壤盐分的相关作用及其原理[J]. 土壤肥料, 1993(1): 19-22.
- [7] 孟京辉,陆元昌,刘刚,等. 不同演替阶段的热带天然林土壤化学性质对比[J]. 林业科学研究, 2010, 23(5): 791-795.
- [8] 黄顾林,左文刚,朱晓雯,等. 不同有机物料改良新围垦滩涂土壤效果研究[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版, 2015, 36(2): 51-56.
- [9] 孙花,谭长银,黄有道,等. 土壤有机质对土壤重金属积累,有效性及形态的影响[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2011, 34(4): 82-87.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社, 2000: 205-338.
- [11] 汪莉,陶天云,陈国华,等. 施用生活污水对滩涂土壤性质及重金属含量的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(23): 227-231.
- [12] 叶必雄,刘圆,虞江萍,等. 施用不同畜禽粪便土壤剖面中重金属分布特征[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1708-1714.
- [13] 杨军,郭广慧,陈同斌,等. 中国城市污泥的重金属含量及其变化趋势[J]. 中国给水排水, 2009, 25(13): 122-124.
- [14] 郝秀珍,周东美. 畜禽粪中重金属环境行为研究进展[J]. 土壤, 2007, 39(4): 509-513.
- [15] Wu L H, Cheng M M, Li Z, et al. Major nutrients, heavy metals and PBDEs in soils after long-term sewage sludge application[J]. Journal of Soils and Sediments, 2012, 12(4): 531-541.
- [16] Bhat M A, Kirmani N A, Agrawal H P, et al. Heavy metal phytotoxicity to radish (*Raphanus sativus* L.) in a digested sludge-amended gangetic alluvium[J]. Soil & Sediment Contamination, 2011, 20(6): 733-743.
- [17] Black A, McLaren R G, Reichman S M, et al. Metal bioavailability dynamics during a two-year trial using ryegrass (*Lolium perenne* L.) grown in soils treated with biosolids and metal salts[J]. Soil Research, 2012, 50(4): 304-311.
- [18] Karami N, Clemente R, Moreno-Jiménez E, et al. Efficiency of green waste compost and biochar soil amendments for reducing lead and copper mobility and uptake to ryegrass[J]. Journal of Hazardous Materials, 2011, 191(1/2/3): 41-48.
- [19] Khan S, Rehman S, Cao Q, et al. Uptake and translocation of lead and pyrene by ryegrass cultivated in aged spiked soil[J]. International Journal of Environment and Pollution, 2011, 15(1/2/3): 110-122.