

知网个人查重服务报告单 (全文标明引文)

报告编号:BC2024063018073312395202784

检测时间:2024-06-30 18:07:33

篇名: 生物炭对大豆连作土壤重金属镉的影响及微生物作用机理

作者: 李肖漪

检测类型: 学术研究

比对截止日期: 2024-06-30

检测结果

去除本人文献复制比: 7.4% 去除引用文献复制比: 6.5% 总文字复制比: 7.4%

单篇最大文字复制比: 3.5% (生物炭施用对东北黑土土壤理化性质和微生物多样性的影响)

重复字符数: [589] 单篇最大重复字符数: [278] 总字符数: [8010]



1. 生物炭对大豆连作土壤重金属镉的影响及微生物作用机理

总字符数: 8010

相似文献列表

去除本人文献复制比: 7.4%(589)	去除引用文献复制比: 6.5%(523)	文字复制比: 7.4%(589)
1 生物炭施用对东北黑土土壤理化性质和微生物多样性的影响 姚钦(导师: 王光华) - 《中国科学院大学(中国科学院东北地理与农业生态研究所)博士论文》- 2017-05-01	3.5% (278)	是否引证: 否
2 大学生创新创业训练计划项目 创新训练子项目 - 道客巴巴 - 《互联网文档资源 (https://www.doc88.co)》- 2019	1.9% (151)	是否引证: 否
3 生物炭与肥料配施对土壤养分及玉米产量的影响 王智慧;唐春双;赵长江;杨克军;李佐同;王洪义;殷大伟; - 《玉米科学》- 2018-02-13 1	0.5% (38)	是否引证: 否
4 生物炭的结构及其理化特性研究回顾与展望 张伟明;修立群;吴迪;孙媛媛;顾闻琦;张鉉贵;孟军;陈温福; - 《作物学报》- 2020-09-22 0	0.5% (38)	是否引证: 是
5 我国大豆产业发展现状分析及对策 胡壮壮;王路路;姜雪冰;尹毛珠;姜磊;李进步;沈维良; - 《大豆科技》- 2023-08-25	0.4% (32)	是否引证: 否
6 生物炭、磷及AMF对Cd胁迫下柳枝稷生长及土壤性质的影响 孙红;郑玉龙;林炎丽;陈超;杨富裕; - 《草业学报》- 2021-12-14	0.3% (28)	是否引证: 否
7 硅肥和生物炭对污染土壤的理化性质、重金属有效性和微生物群落的影响 何岳巍(导师: 张嘉超) - 《湖南农业大学硕士学位论文》- 2021-06-01	0.3% (24)	是否引证: 否

原文内容

大学生创新训练项目计划申请书
项目编号
项目名称生物炭对大豆连作土壤重金属镉的影响及微生物作用机理
项目负责人李肖漪联系电话 13358840515
所在学院农学院
学号 20224013206 专业班级农业资源与环境
指导教师姚钦
申请日期 2024年6月25日
起止年月 2024. 06-2025. 07
黑龙江八一农垦大学

一、基本情况

项目名称		生物炭对大豆连作土壤重金属镉的影响及微生物作用机理					
项目级别		省级					
项目类型		创新训练项目					
项目类别		一般项目					
所属学科		学科一级门：农学 学科二级类：自然保护与环境生态类					
是否为重点支持领域	是	重点支持领域			新农科		
项目来源名称		B学生来源于教师科研项目选题；					
选题来源		新农科					
起止年月		2024.06-2025.07					
负责人	李肖漪	性别	女	民族	汉族	出生年月	2004年8月
学号	20224013206	联系电话	宅：手机：13358840515		邮箱：3179744141@qq.com		
指导教师	姚钦	联系电话	宅：手机：13684571094		职称：中级	邮箱：yaoqin_byau@163.com	
项目简介		为保证国家粮食安全、解决耕地资源短缺和减少秸秆焚烧污染问题，基于黑龙江省广泛的生物质资源基础和日趋严重的重金属镉污染问题，分析四种处理土壤中重金属镉总量和不同形态镉含量特征，同时通过高通量测序技术分析重金属镉拮抗微生物丰度和群落结构多样性，并综合分析不同形态镉含量和镉拮抗微生物的相关关系，为生物炭对土壤重金属污染的治理提供数据支撑和理论依据，一定程度上保障大豆食用安全。实现现代农业的绿色可持续发展					
负责人曾经参与科研的情况		无					
指导教师承担科研课题情况		黑龙江省自然科学基金，LH2023C075，碱性土大豆重迎茬土壤微生物区系形成及调控研究，2023/07/01-2026/07/01 黑龙江省“揭榜挂帅”科技攻关项目子课题，2021ZXJ05B02-10，第四积温区大豆田生物炭消减重茬障碍研究，2021/12/10-2024/12/10 大庆市指导性科技计划项目，zd-2020-42，盐碱水田炭基肥施用对土壤特性和稻米品质的影响，2020/12/01-2022/05/01 黑龙江八一农垦大学引进人才科研启动计划，XYB202005，盐碱旱田氮循环微生物对生物质炭的响应，2020/12/01-2023/12/01 黑龙江八一农垦大学“三纵”青年创新人才，ZRCQC202001，生物质炭对农田氮循环过程的作用机制研究，2020/08/31-2021/08/31					
指导教师对本项目的支持情况		1. 指导教师多年从事土壤微生物生态方面的研究，有丰富的科研经验，能给此项目提出专业的意见并对实验操作进行技术指导；2. 指导教师给学生提供了丰富的研究资源，极大支持了研究工作的开展和进行，并对此项目的研究方向和方法进行评估及审查，提高了研究项目的质量和水平；3. 指导教师曾获得黑龙江科学技术奖自然科学二等奖1项，共发表SCI论文30余篇，能够指导本项目成果文章的撰写和发表。另外，指导教师曾主持和参与过多项科研课题，能指导本项目的顺利完成。					
项目组主要成员	姓名	学号	专业班级	所在学院	项目中的分工		
	李肖漪	20224013206	22资环（2）	农学院	测定土壤样品理化性质		
					测定土壤重金属镉含量		
					测定镉相关微生物丰度		
					镉相关微生物多样性测序数据分析		
					样品采集及数据分析		

项目名称生物炭对大豆连作土壤重金属镉的影响及微生物作用机理

项目级别省级

项目类型创新训练项目

项目类别一般项目

所属学科学科一级门：农学学科二级类：自然保护与环境生态类

是否为重点支持领域是重点支持领域新农科

项目来源名称 B学生来源于教师科研项目选题；

选题来源新农科

起止年月 2024.06-2025.07

负责人李肖漪性别女民族汉族出生年月 2004年8月

学号 20224013206 联系电话：

手机：13358840515 邮箱：3179744141@qq.com

指导教师姚钦联系电话：

手机：13684571094 职称：中级邮箱：yaoqin_byau@163.com

项目简介为保证国家粮食安全、解决耕地资源短缺和减少秸秆焚烧污染问题，基于黑龙江省广泛的生物质资源基础和日趋严重的重金属镉污染问题，分析四种处理土壤中重金属镉总量和不同形态镉含量特征，同时通过高通量测序技术分析重金属镉拮抗微生物丰度和群落结构多样性，并综合分析不同形态镉含量和镉拮抗微生物的相关关系，为生物炭对土壤重金属污染的治理提供数据支撑和理论依据，一定程度上保障大豆食用安全。实现现代农业的绿色可持续发展

负责人曾经参与科研的情况无

指导教师承担科研课题情况黑龙江省自然科学基金，LH2023C075，碱性土大豆重迎茬土壤微生物区系形成及调控研究，2023/07/01-2026/07/01 黑龙江省“揭榜挂帅”科技攻关项目子课题，2021ZXJ05B02-10，第四积温区大豆田生物炭消减重茬障碍研究，2021/12/10-2024/12/10

大庆市指导性科技计划项目，zd-2020-42，盐碱水田炭基肥施用对土壤特性和稻米品质的影响，2020/12/01-2022/05/01 黑龙江八一农垦大学引进人才科研启动计划，XYB202005，盐碱旱田氮循环微生物对生物质炭的响应，2020/12/01-2023/12/01

黑龙江八一农垦大学“三纵”青年创新人才，ZRCQC202001，生物质炭对农田氮循环过程的作用机制研究，2020/08/31-2021/08/31

指导教师对本项目的支持情况 1. 指导教师多年从事土壤微生物生态方面的研究，有丰富的科研经验，能给此项目提出专业的意见并对实验操作进行技术指导；

2. 指导教师给学生提供了丰富的研究资源，极大支持了研究工作的开展和进行，并对此项目的研究方向和方法进行评估及

审查,提高了研究项目的质量和水平;

3. 指导教师曾获得黑龙江科学技术奖自然科学二等奖1项,共发表SCI论文30余篇,能够指导本项目成果文章的撰写和发表。另外,指导教师曾主持和参与过多项科研课题,能指导本项目的顺利完成。

项目组主要成员姓名学号专业班级所在学院项目中的分工

李肖漪 20224013206 22资环(2) 农学院测定土壤样品理化性质

测定土壤重金属镉含量

测定镉相关微生物丰度

镉相关微生物多样性测序数据分析

样品采集及数据分析

二、 立项依据(可加页)

(一) 研究目的

大豆是重要的经济和农业资源,在食品加工、饲料生产、工业原料和医药用途等领域具有较高的应用价值。近年来,随着人口的增长和消费水平的提高,我国大豆需求量不断增大。黑龙江省是全国大豆最主要产区,种植面积和产量均占全国40%左右,从耕地资源、农户生产规模和气候条件看,是全国最有发展潜力的地区。但农田连年大面积种植单一作物会改变土壤理化性质,导致土壤肥力降低及病虫害情况的增加,进而对作物的产量产生影响并造成品质下降。

重金属通过大气沉降、污水农灌、农业投入品的使用和固体废弃物堆放等途径排放到土壤中,由于其具有移动性很小、不易随水淋滤、不为微生物降解等特点,一旦对土壤造成污染将对当地生态系统及群落组成产生长期影响。土壤重金属修复技术可以分为物理法、化学法、生物法,固定化法由于成熟可靠、操作简单而成为了广泛采用的土壤修复方法之一。

镉是全球性的重金属污染物,且镉元素在土壤中存在多种形态,包括:酸提取态、可还原态、可氧化态、残渣态(其中前三种统称为有效态),不同形态的镉对土壤生态系统的影响也不同。通过对重金属形态组成和含量变化的分析,能有效识别出重金属的污染状况和对土壤微生物多样性的影响。重金属镉在土壤中具有易富集、难迁移和难降解等特点,一旦造成土壤污染便会导致大豆的品质和产量降低,直接影响农业的发展,由此间接影响全国的经济;同时也会通过食物链富集到人体内,严重威胁到人类的健康且潜在危害极大。据数据显示,土壤中重金属镉含量有明显增加趋势;所以,降低土壤镉含量与重金属镉的治理与修复,对农业可持续发展至关重要。

生物炭(Biochar)是废弃生物质在缺氧或绝氧的条件下经高温热解得到的产物,其本质上是废弃生物质的回收再利用,因其具有来源丰富且可再生的特点,有利于农业生产的绿色可持续发展。生物炭作为新型土壤改良剂是经济、环保且有效的,因此较之其他的土壤固定剂,生物炭在土壤重金属修复方面有良好的发展前景。

因此,为保证国家粮食安全,解决重金属镉污染问题,促进农业的绿色可持续发展,本研究主要通过分析不同用量生物炭对大豆土壤理化性质、重金属镉与其四种形态镉含量及相应拮抗微生物群落组成的影响,为生物炭对土壤重金属污染的治理以及其对土壤群落结构产生的作用提供数据支撑和理论依据,一定程度上保证大豆的食用安全。

(二) 研究内容

本研究基于黑龙江八一农垦大学安达科技园区(46° 27' 28.692" N, 125° 18' 50.832"E)生物炭施用定位试验平台,以大豆连作5年的根围土壤为研究对象,研究生物炭(0、5、15和25t/ha)对大豆连作土壤镉含量及抗镉微生物群落的影响。

主要研究内容包括:

- (1) 连作模式下生物炭对土壤理化性质和重金属镉总量及不同形态镉含量的影响;
- (2) 连作模式下生物炭对土壤中镉拮抗微生物丰度的影响;
- (3) 连作模式下生物炭对土壤中镉拮抗微生物群落结构及多样性影响;
- (4) 连作模式下生物炭大豆生长发育及产量的影响。

(三) 国、内外研究现状和发展动态

1. 东北土壤重金属污染现状

近年来,我国农田重金属呈日渐增长的趋势,农用耕地的重金属污染状况日益严重[1],有关数据表明,全国遭受不同程度重金属污染的耕地面积已达到2000万hm²,而东北黑土区的污染面积约占总面积的20%左右;东北黑土总面积虽只占国家总面积十分之一左右,却产出了全国五分之一的粮食和三分之一的商品粮,保护东北黑土的重要意义不言而喻[2-3]。

目前,许多学者对黑土重金属污染状况进行调查,郭观林等[4]对中国东北北部 22个县市黑土进行重金属(Cd、Pb、Cu、Zn)检测,结果显示,土壤样品中重金属Cd污染最严重的,其余三个重金属Pb、Cu、Zn污染,依次有57.1 %, 21.0 %和53.3%的表土样品受到这3种重金属的污染;王粟等[5]东北典型区域为研究对象检测七种(As、Cd、Co、Cr、Hg、Ni、Pb)重金属含量,发现某些区域的 Cd、Ni、Hg元素含量超标。影响黑土土壤重金属污染的最主要因素之一可能是黑土区矿产资源的开采;农药和化肥的过量施用,农业生产过程中的污水灌溉等,也是影响黑土土壤重金属含量的重要因素。

2. 生物炭

2.1 生物炭的制备原料

生物炭来源丰富且可再生,目前,制备生物炭的常用原材料可分为植物根茎(水生植物、草生植物、木生植物)、动物粪便、市政垃圾等[6-7]。在植物根茎中水生植物通常选用海藻类,海藻基生物炭具有较高的阳离子交换量和pH以及较高含量的氮、灰分的无机元素,可平衡土壤的pH,有利于酸化土壤的改良[8];草本植物多选用秸秆作物,一般包括玉米秸秆、小麦秸秆、大豆秸秆和高粱秸秆等[9],秸秆生物炭除了含有碳元素外,还蕴含氮、氢、氧、硫以及少量的微量元素,具有改变土壤肥力的效果,又因结构中具有羟基、羧基和脂肪族链状等特性,而对一些物质具有较高的吸附力[10-11];木生植物一般选用的主要有竹子[12]、棕榈废弃物[13]和松木[14]等;当前动物粪便制作生物炭,主要选用猪粪[15]、鸡粪[16]、牛粪[17]等,利用动物粪便制备生物炭不仅可以使粪便减量化和无害化,还可以减少环境污染[18];在市政垃圾中主要利用污泥制作生物炭,污泥中常含有大量有毒有害的物质,处理不当会对环境造成严重的污染,运用一定的技术手段加工成污泥基生物炭后,可用于修复土壤重金属污染[19-20]。

无论是选择哪类原料制备生物炭,都可以达到物质循环利用的目的,促进农业的绿色可持续性发展,使我国的环境和经济效益得到提高。

2. 生物炭特性及影响因素

2.2. 1 pH值

生物炭的pH是决定其效能的主要因素，由于制备生物炭的原料不同，使生物炭的pH变化范围较广，其pH随炭化温度的升高而增加[21]。戴佩彬[22]以植物根茎（水稻秸秆、玉米秸秆、小麦秸秆）为原料，在不同的温度下（300℃、400℃、500℃）制备生物炭，研究发现，生物炭的pH与制备温度呈正相关；王煌平等[23]以动物粪便（猪粪、鸡粪、牛粪）为原料，研究在不同温度（350℃、450℃、550℃、650℃、750℃）下，制备出的生物炭的理化性质，结果表明，随温度的增加pH逐渐上升；陈林等[24]以污泥为原料，于不同的温度（300℃、400℃、500℃、600℃）条件下制备生物炭，同样发现污泥生物炭的pH随温度的升高而增加。综上所述，生物炭的pH大多随炭化温度的增加而上升，原料的选择对pH的影响较小；在实际应用过程中，应利用相应的技术手段获取生物炭的pH，根据不同的需求选择最佳的生物炭。

2.2.2 比表面积

生物炭的比表面积主要与原料选择和炭化温度有关。原料不同导致生物炭的灰分不同，灰分含量的增加会堵塞部分生物炭的孔隙，从而导致比表面积降低；李家康等[25]在相同的温度（550℃）下选用水稻秆、大豆秆、小麦秆和玉米秆为原料，于缺氧条件下制备生物炭，研究得出玉米秸秆生物炭的比表面积最低，这与连神海等[26]人所得的实验结果一致，说明比表面积受制备生物炭原料的影响。炭化温度的升高一般会增加生物炭的比表面积，这是因为生物质大分子在热解过程中逐渐炭化形成多孔结构[27]。本文选取植物根茎（烟杆）、动物粪便（鸽粪）、市政垃圾（污泥）三种不同类型的原料，分别分析炭化温度对生物炭比表面积的影响，结果如表1所示，烟杆生物炭在温度为300~500℃时，比表面积随温度的上升而增加，但在500~700℃时，比表面积却呈下降的趋势，说明制备生物炭的温度并不是越高越好，而有一个上限阈值；从鸽粪生物炭和污泥生物炭的数据结果来看，两者在600~800℃的温度范围内时，比表面积均随温度的上升而增加。在温度为700℃时，不同类型生物炭的比表面积从大到小顺序为鸽粪生物炭>污泥生物炭>烟杆生物炭，再次证实比表面积受原料类型的影响。[28]

2.2.3 吸附性能。

生物炭由于含有高度的芳香环分子结构和多孔的特性而具有吸附特性，基于此，生物炭常用于修复土壤重金属污染，影响其吸附性能的因素较多，如生物质原料、炭化温度、炭化时间、比表面积、粒径等均能影响生物炭的吸附性[29-30]。

娜扎发提·穆罕麦提江等[31]利用秸秆、梧桐皮和污泥制备生物炭，研究发现其吸附性能由大到小的顺序为梧桐皮炭=污泥炭>秸秆炭，说明吸附性受原料的影响；李旭等[32]选用金鱼藻为制备原料，在不同热解温度下（300、500、700℃）制备生物炭，结果表明，其吸附性能在不同温度下的顺序为500℃>700℃>300℃，说明生物炭的吸附性能在合适的温度范围内，会随温度的增加而增强，但温度过高会减弱吸附性能。影响生物炭吸附性能的因素较为复杂，应根据所需解决的问题，综合选择生物炭，以达到最高的经济效益。

3. 生物炭与重金属的作用机理

生物炭固定重金属的机理较为复杂，可以通过本身的结构特性，直接吸附固定土壤中的重金属，与重金属元素发生沉淀、表面络合、离子交换、物理吸附、静电作用等综合反应[33]；也可以通过改变土壤理化性质，使重金属元素的形态发生改变，有生物有效性高的形态向生物有效性低的形态转换[34]。基于此，生物炭与重金属的作用机理可分为直接作用和间接作用。

3.1 直接作用

生物炭与重金属发生反应为直接作用。刘爽等[35]用茶渣制备的生物炭对Pb吸附的研究发现，在扫描电镜图中能清晰的观察到有晶体沉淀产生，此时生物炭与Pb发生沉淀反应，沉淀完成后-OH消失，C=O/P=O峰发生位移，表明羧基和磷酸、偏磷酸基团与Pb发生表面络合，因此，此反应中的作用机理主要为沉淀反应和表面络合；张国胜等[36]双孢菇菌糠为原料在限氧热解条件下制备生物炭，研究菌糠生物炭对Pb²⁺的吸附机制，结果表明作用机理包括沉淀、含氧官能团络合、阳离子交换以及 π 电子配位。

3.2 间接作用

生物炭通过改变土壤理化性质与重金属反应为间接作用。郑依虹[37]以水稻秸秆制备的生物炭对土壤理化性质及重金属镉的影响研究发现，生物炭使土壤阳离子交换量和有机质含量分别提高了34.7%、16.7%，Cd的可氧化物质结合态、残渣态所占比例分别提高了3.3%、2.8%，说明生物炭改善了土壤理化性质，并降低了重金属Cd的生物有效性；张敏研究生物炭对污染农田土壤理化性质及重金属有效性的影响结果表明，生物炭使土壤pH、电导率、无机元素（N、P、K）含量、腐殖质总量均得到增加，使土壤中重金属的形态分布产生影响，并明显降低了土壤重金属的生物有效性。

综上所述，东北地区农业生态系统中重金属镉污染日趋严重，威胁粮食安全。生物炭作为一种优良的土壤改良剂，能够通过直接或间接作用影响土壤中的重金属含量。然而，对于目前为了追求经济效益而盛行的大豆连作模式下，生物炭对其重金属镉含量及相关微生物群落结构多样性研究报道较少。因此，本研究以大豆连作轮作模式为背景，从微生物生态学角度研究生物炭对土壤中重金属镉的调控作用。

参考文献：

- [1] 陈旭. 不同有机物料对污染土壤中重金属Cu、Zn形态及分布影响[D]. 吉林农业大学, 2018.
- [2] 张迪, 韩晓增. 东北黑土区污染现状及研究进展[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008(03): 319-322.
- [3] 李维波, 李鸣. 东北黑土生态保护与修复的路径探析[J]. 学术交流, 2014(07): 151-155.
- [4] 郭观林, 周启星. 中国东北部黑土重金属污染趋势分析[J]. 中国科学院研究生院学报, 2004(03): 386-392.
- [5] 王粟, 孙彬, 汪潮柱, 等. 东北典型黑土区土壤重金属污染现状评价与分析[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(10): 4350-4352.
- [6] 李湘萍, 张建光. 生物质热解制备多孔炭材料的研究进展[J]. 石油学报(石油加工), 2020, 36(05): 1101-1110.
- [7] 张薇, 陈雪丽, 万书明, 等. 原料和制备条件对农用生物炭特性影响的研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2021(12): 107-113.
- [8] 傅宇, 张鹏, 任俊丽, 孙秀梅, 等. 热解温度对不同大型海藻基生物炭中重金属特征的影响[J]. 浙江大学学报, 2020, 46(06): 727-736.
- [9] 王勇, 孟晓林. 秸秆废弃物的生物学特性及其开发利用[J]. 山西农业科学, 2009, 37(12): 42-44.
- [10] 曾洪珊, 杨礼, 张亚琦, 等. 秸秆生物炭特性、制备方法及应用价值[J]. 农村实用技术, 2022(03): 115-116+124.

- [11] Kramer R W, Kujawinski E B, Hatcher P G. Identification of black carbon derived structures in a volcanic ash soil humic acid by Fourier transformation cyclotron resonance mass spectrometry[J]. Environmental Science Technology, 2004, 38(12): 3387-3395.
- [12] 李晓刚. 竹炭对植物修复重金属污染土壤的影响[D]. 中国林业科学研究院, 2018.
- [13] 王彦飞, 李海普, 杨兆光. 改性棕榈生物炭的制备及其对水体磷酸盐的吸附性能[J]. 科技风, 2020(10): 188-191.
- [14] 陈志良, 袁志辉, 黄玲, 等. 生物炭来源、性质及其在重金属污染土壤修复中的研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25(11): 1879-1884.
- [15] 李梦珂. 添加猪粪生物炭对猪粪堆肥过程及应用效果的影响[D]. 河南农业大学, 2021.
- [16] 冯巍, 程群鹏, 李胜兰, 等. 鸡粪热解制备生物炭及其对废水中磷的吸附性能研究[J]. 武汉轻工大学学报, 2021, 40(01): 75-80.
- [17] 张修宇. 牛粪生物炭对水中四环素的吸附特性研究[D]. 东北农业大学, 2020.
- [18] 李琴, 桂双林, 易其臻, 等. 畜禽粪便生物炭理化性质及其在环境修复应用中的研究进展[J]. 广东农业科学, 2022, 49(02): 73-84.
- [19] 周岩, 任玉忠, 王玮涵. 污泥生物炭的制备及处理印染废水效能试验研究[J]. 工业用水与废水, 2021, 52(06): 45-48.
- [20] 秦松岩, 夏迪, 赵立新. 污泥基生物炭对砷污染土壤的稳定修复[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(11): 1481-1486.
- [21] 张伟明, 修立群, 吴迪, 等. 生物炭的结构及其理化特性研究回顾与展望[J]. 作物学报, 2021, 47(01): 1-18.
- [22] 戴佩彬. 制备条件对不同原料生物炭理化性质的影响[J]. 生物化工, 2021, 7(06): 129-131+150.
- [23] 王煌平, 张青, 李昱, 等. 热解温度对畜禽粪便生物炭产率及理化特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(11): 2208-2214.
- [24] 陈林, 平巍, 闫彬, 等. 不同制备温度下污泥生物炭对Cr(VI)的吸附特性[J]. 环境工程, 2020, 38(08): 119-124.
- [25] 李家康, 邱春生, 赵佳奇, 等. 不同农作物秸秆原料制备生物炭特性及重金属浸出行为[J/OL]. 环境科学: 1-14[2022-05-30].
- [26] 连神海, 张树楠, 刘锋, 等. 不同生物炭对磷的吸附特征及其影响因素[J/OL]. 环境科学: 1-10[2022-05-30].
- [27] 杨秋惠, 钱丽, 潘玲怡, 谢志豪, 陈成. 炭化温度对紫茎泽兰生物炭的影响[J]. 河南农业, 2021(23): 18-19.
- [28] 徐亮, 于晓娜, 李雪利, 等. 不同热解温度制备的烟秆生物炭理化特征分析[J]. 土壤通报, 2021, 52(01): 75-81.
- [29] 康雅欣, 亢昕, 李东鹏, 等. 不同热解温度制备的鸽粪生物炭对水中甲砒霉素的吸附性能[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2021, 47(06): 100-108.
- [30] 杨艳琴, 崔敏华, 任屹罡, 等. 热解温度诱导下污泥生物炭特性和吸附能力相关性[J]. 深圳大学学报(理工版), 2020, 37(02): 194-201.
- [31] 娜扎发提·穆罕麦提江, 陈颢明, 闵芳芳, 等. 不同类型生物炭对水体中微量塑料的吸附性能[J]. 环境化学, 2021, 40(11): 3368-3378.
- [32] 李旭, 季宏兵, 张言, 等. 不同制备温度下水生植物生物炭吸附Cd²⁺研究[J]. 水处理技术, 2019, 45(09): 68-73+77.
- [33] 陈旭. 不同有机物料对污染土壤中重金属Cu、Zn形态及分布影响[D]. 吉林农业大学, 2018.
- [34] 梅闯, 王衡, 蔡昆争, 等. 生物炭对土壤重金属化学形态影响的作用机制研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(04): 421-429.
- [35] 刘爽, 汪东风, 徐莹. 磷酸活化茶渣生物炭对铅的吸附性能影响和吸附机理研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2022, 52(01): 56-64.
- [36] 张国胜, 程红艳, 张海波, 等. 双孢菇菌糠生物炭吸附Pb²⁺机制及其环境应用潜力[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(03): 659-667.
- [37] 郑依虹. 水稻秸秆生物炭对土壤理化性质及土壤镉形态的影响[J]. 河南农业, 2022(08): 12-13.

(四) 创新点与项目特色

1. 以无污染无毒害的生物炭为土壤改良物质, 施入土壤后通过自身的优良特性影响土壤中重金属镉的转移和积累, 属于环境友好型, 不仅能减少农业秸秆不合理利用污染问题, 同时降低重金属向餐桌流动的风险问题, 促进农业生产的绿色可持续发展和生态文明建设。

2. 采用连作5年的土壤样品, 结合土壤和植物中镉含量变化规律以及镉拮抗微生物群落特征, 分析单次施用生物炭对农业生产中重金属镉的影响, 从微生物生态学角度解析了生物炭对重金属污染的修复作用机制。

(五) 技术路线、拟解决的问题及预期成果

1. 技术路线:

2. 拟解决问题:

生物炭的多孔结构和吸附特性对镉及不同形态的镉是否存在影响? 生物炭通过对镉含量的影响进而对镉拮抗微生物的作用机理?

3. 预期成果:

1) 完成研究报告1份;

2) 发表学术论文1-2篇;

3) 培养5名本科生完成毕业论文。

(六) 项目研究进度安排

2024.06-2024.10 分不同时期采集土壤样品和大豆植株样品, 分析土壤理化性质和植株生长指标。

2024.11-2024.12 测定土壤中镉相关微生物丰度及群落多样性。

2025.01-2025.05 分析数据，撰写发表科研成果。
2025.06-2025.07 整理数据，总结项目内容，完成项目结题。

(七) 已有基础

1. 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

(1) 与本项目有关的研究积累

指导教师团队一直从事土壤微生物多样性研究工作，近年采用Real-time PCR方法和高通量测序技术重点开展了生物炭一次性施用三年后黑土农田土壤中细菌和真菌丰度和群落结构分布特征的系列研究；也分析了盐碱土壤中施用生物炭后土壤生物环境和非生物环境的变化，尤其是氮循环微生物群落结构变化；另外，重点分析了生物炭对大豆连作3年土壤镉含量和镉拮抗微生物群落结构的影响，目前取得的相关研究成果主要有：

①生物炭施用三年后显著影响了黑土农田土壤微生物丰度和群落结构特征

采用Real-time PCR和Illumina Miseq高通量测序技术研究发现生物炭施入黑土农田土壤三年后增加了土壤细菌和真菌丰度，改变了微生物群落结构。生物炭增加了芽孢杆菌属（*Bacillus*）和土微菌属（*Pedomicrobium*）等功能细菌的相对丰度，降低了慢生根瘤菌（*Bradyrhizobium*）相对丰度，同时也影响了亚硝化单胞菌属（*Nitrosomonadaceae*）和硝化螺菌属（*Nitrospira*）等氮循环过程相关微生物的相对丰度。对于土壤真菌，生物炭施用降低了镰刀菌属（*Fusarium*）和黑粉菌属（*Ustilago*）OTUs的相对丰度，说明施用生物炭具有抑制有害植物病原菌生长繁殖的作用（图2）。

图1生物炭对黑土农田土壤微生物群落结构的影响

②生物炭施用影响了草甸碱土中重金属镉含量及微生物群落

基于草甸碱土生物炭定位试验，采集连作3年后的大豆成熟期土壤样品，分析了土壤总镉含量变化和微生物群落结构变化，发现单次施用生物炭后降低了连作条件下土壤总镉含量，一定程度上增加了镉拮抗微生物绝对丰度，并改变了镉拮抗微生物群落结构。

图2 生物炭对土壤镉含量和微生物群落的影响

(2) 已取得的成绩

指导教师以第一作者身份发表SCI论文5篇，被引频次合计450次，其中Soil Biology and Biochemistry (2017.110:56-67)连续被评为ESI 前1%高被引论文；共发表中文核心期刊14篇；获黑龙江省科学技术奖自然科学二等奖1项；作为主要发明人授权发明专利4项、实用新型专利1项；授权生物炭改良土壤相关软件著作权2项。

2. 已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法

本项目依托于农业农村部东北平原农业绿色低碳重点实验室和黑龙江省秸秆资源化利用工程技术研究中心。目前研究平台已拥有元素分析仪（VarioEL III，德国）、连续流动化学分析仪（SKALAR SAN++，荷兰）、Hitachi高速冷冻离心机、超低温冰箱、普通PCR仪、Real-time PCR仪和凝胶成像仪等其他常规仪器设备，可以满足该项目研究的要求。除此之外，本项目涉及的高通量测序部分，拟提交国内专业测序公司进行。

团队成员熟练掌握上述仪器操作方法，并掌握传统农学试验方法，土壤理化指标测定分析技术以及高通量测序数据筛选及分析；如果经费不足，团队所在研究平台能提供资金支持能够保证本项目顺利开展完成。

三、 经费预算

开支科目	预算经费（元）	主要用途	阶段下达经费计划（元）	
			前半阶段	后半阶段
预算经费总额				
1. 业务费				
(1) 计算、分析、测试费	0.4	土壤理化性质测定及镉相关微生物群落测定		
(2) 能源动力费				
(3) 会议、差旅费				
(4) 文献检索费				
(5) 论文出版费	0.5	论文发表版面费		
2. 仪器设备购置费				
3. 实验装置试制费				
4. 材料费	0.1	试验耗材		
学校批准经费			1	

开支科目预算经费（元） 主要用途阶段下达经费计划（元）

前半阶段后半阶段

预算经费总额

1. 业务费

(1) 计算、分析、测试费 0.4 土壤理化性质测定及镉相关微生物群落测定

(2) 能源动力费

(3) 会议、差旅费

(4) 文献检索费

(5) 论文出版费 0.5 论文发表版面费

2. 仪器设备购置费

3. 实验装置试制费

4. 材料费 0.1 试验耗材

学校批准经费 1

四、 指导教师意见

导师（签章）：

年月日
五、 院系大学生创新创业训练计划专家组意见
专家组组长（签章）：
年月日
六、 学校大学生创新创业训练计划专家组意见
负责人（签章）：
年月日
七、 大学生创新创业训练计划领导小组审批意见
导师（签章）：
年月日

表格检测详细结果

- 说明：1. 总文字复制比:被检测文献总重复字符数在总字符数中所占的比例
2. 去除引用文献复制比:去除系统识别为引用的文献后, 计算出来的重合字符数在总字符数中所占的比例
3. 去除本人文献复制比:去除系统识别为作者本人其他文献后, 计算出来的重合字符数在总字符数中所占的比例
4. 单篇最大文字复制比:被检测文献与所有相似文献比对后, 重合字符数占总字符数比例最大的那一篇文献的文字复制比
5. 复制比按照“四舍五入”规则, 保留1位小数;若您的文献经查重检测, 复制比结果为0, 表示未发现重复内容, 或可能存在的个别重复内容较少不足以作为判断依据
6. 红色文字表示文字复制部分;绿色文字表示引用部分(包括系统自动识别为引用的部分);棕灰色文字表示系统依据作者姓名识别的本人其他文献部分
7. 系统依据您选择的检测类型(或检测方式)、比对截止日期(或发表日期)等生成本报告
8. 知网个人查重唯一官方网站:<https://cx.cnki.net>