

分类号: X705

学校代码: 10712

UDC: 628

研究生学号: 2015050936

密 级: 公开



西北农林科技大学

2017 届专业学位硕士研究生学位论文

以污泥为主料的育苗基质研究

学 科 专 业 环境工程

研 究 方 向 固体废物处理与资源化

研 究 生 何仕涛

指 导 教 师 呼世斌 教授

完 成 时 间 2017 年 5 月

中国 陕西 杨凌

研究生学位论文的独创性声明

本人声明：所呈交的专业学位硕士论文是我个人在导师指导下独立进行的研究工作及取得的研究结果；论文中的研究数据及结果的获得完全符合学校《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》，如果违反此规定，一切后果与法律责任均由本人承担。

尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究结果，也不包含其他人和自己本人已获得西北农林科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同事对本研究所做的任何贡献均已在论文的致谢中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：何仕清

时间：2017年 5 月 25 日

导师指导研究生学位论文的承诺

本人承诺：我的专业学位硕士研究生 何仕清 所呈交的硕士学位论文是在我指导下独立开展研究工作及取得的研究结果，属于我现岗职务工作的结果，并严格按照学校《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》而获得的研究结果。如果违反学校《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》，我愿接受按学校有关规定的处罚处理并承担相应导师连带责任。

导师签名：



时间：2017年 5 月 25 日

关于研究生学位论文使用授权的说明

本学位论文的知识产权归属西北农林科技大学。本人同意西北农林科技大学保存或向国家有关部门或机构送交论文的纸质版和电子版, 允许论文被查阅和借阅; 同意西北农林科技大学将本学位论文的全部或部分内容授权汇编录入《中国优秀硕士学位论文全文数据库》和《中国学位论文全文数据库》进行出版, 并享受相关权益。

本人保证, 在毕业离开(或者工作调离)西北农林科技大学后, 发表或者使用本学位论文及其相关的工作成果时, 将以西北农林科技大学为第一署名单位, 否则, 愿意按《中华人民共和国著作权法》等有关规定接受处理并承担法律责任。

任何收存和保管本论文各种版本的其他单位和个人(包括研究生本人)未经本论文作者的导师同意, 不得有对本论文进行复制、修改、发行、出租、改编等侵犯著作权的行为, 否则, 按违背《中华人民共和国著作权法》等有关规定处理并追究法律责任。

(保密的学位论文在保密期限内, 不得以任何方式发表、借阅、复印、缩印或扫描复制手段保存、汇编论文)

研究生签名: 何仕清

时间: 2017 年 5 月 25 日

导师签名:



时间: 2017 年 5 月 25 日

Classification code: X705

UDC: 628

Confidentiality level: OPEN

University code: 10712

Postgraduate number: 2015050936

Thesis for Master's Degree
Northwest A & F University in 2017

Title: STUDY ON NURSERY SUBSTRATE OF SLUDGE

Major: Environmental engineering

Research field: Solid waste treatment and recycling

Name of Postgraduate: He Shitao

Adviser: Prof. Hu Shibin

Date of submission: May 2017

Yangling Shaanxi China

以污泥为主料的育苗基质研究

摘要

基质育苗是现代农业无土栽培的基础。长期以来,商用基质主要以消耗自然资源为原料,对生态环境造成了严重的破坏。寻找廉价易得的废弃材料来制作育苗基质,既可以保护环境,实现资源循环利用,又可以避免环境污染,减少资源浪费,是一项具有广阔发展前景的研究课题。另一方面,随着城市污水厂规模的不断扩大,日益增长的生活污泥给环境保护带来了巨大的压力。如果能用这些生活污泥的发酵物来替代部分传统基质,则基质消耗大的问题将得到缓解,污泥等废弃物也能找到新的处理方法,实现废弃物综合利用的目的。

1、本试验以污泥、牛粪、猪粪、秸秆、木屑以及菌渣作为原料,按照相同的碳氮比(25:1)制成了 T1(污泥:牛粪:秸秆=5:2:1,质量比,下同)、T2(污泥:牛粪:木屑=4.5:2:1)、T3(污泥:猪粪:秸秆=4:2:1)、T4(污泥:猪粪:木屑=6:3.5:1)、T5(污泥:牛粪:秸秆:菌渣=11:5:2:1)和 T6(污泥:牛粪:秸秆:菌渣=12:7:2.5:1) 6 种污泥发酵物,通过温度变化与发芽指数两方面筛选出最佳的育苗基质原料。在这六种污泥发酵物中,T5 的污泥发酵物最先达到高温期,持续天数最久,发芽指数最高。因此,将 T5 的污泥发酵物用于后续的育苗基质制作。

2、将筛选得到的 T5 污泥发酵物和蚯蚓粪、草炭土与田园土作为原料,按照不同体积的配比制成了 H1(污泥发酵物:蚯蚓粪:草炭土=1:1:1 体积比,下同)、H2(污泥发酵物:蚯蚓粪:草炭土=2:1:1)、H3(污泥发酵物:草炭土:田园土=1:1:1)、H4(污泥发酵物:草炭土:田园土=2:1:1)、H5(污泥发酵物:蚯蚓粪:田园土=1:1:1)、H6(污泥发酵物:蚯蚓粪:田园土=2:1:1)、H7(污泥发酵物:田园土=1:1)、H8(污泥发酵物:田园土=2:1) 8 种复合基质,以传统育苗基质(草炭土:蛭石=3:1)作为对照(CK),从基质理化性质变化与育苗效果两方面进行评价与筛选,分别进行了辣椒育苗试验和番茄育苗试验,并对各项指标进行测定分析,研究不同基质对辣椒、番茄生长发育的影响。

3、基质理化性质分析:与传统育苗基质 CK 相比,复合基质的理化性质较好,其中处理 H4 和 H5 的基质的理化性质最佳。处理 H4 的总孔隙、持水孔隙、pH、EC 和全 K 显著高于 CK;处理 H5 的总孔隙、持水孔隙、EC 和全 K 显著高于 CK。

4、番茄育苗试验效果:在 8 种复合基质试验中,处理 H4 的番茄幼苗的壮苗指数显著高于其余处理,地上鲜重、地上干重、株高、根长分别比 CK 平均增加了 1.56 倍、2.18 倍、1.41

倍和 1.72 倍，幼苗的重金属 Pb、Cr 和 Cd 含量最少。

5、辣椒育苗试验效果：在 8 种复合基质试验中，处理 H5 的辣椒幼苗的地下鲜重、地下干重、根长和壮苗指数显著高于其余处理，地上鲜重、地上干重、株高分别比 CK 平均增加了 2.74 倍、2.14 倍、1.35 倍，叶绿素和光合参数有明显的提升。

6、总体来看，处理 H4 可以作为番茄育苗的优良基质，处理 H5 可以作为辣椒育苗的优良基质。

关键词：基质；污泥发酵物；草炭土；辣椒；蕃茄

STUDY ON NURSERY SUBSTRATE OF SLUDGE

ABSTRACT

Substrate nursery is the base of soilless culture in modern agriculture. For a long time, the commercial substrate mainly consumed natural resources as raw material, and caused serious damage to the ecological environment. Looking for Cheap waste materials to produce substrate is a research topic with broad prospects for development. It can not only protect the environment and achieve the recycling of resources, but also can avoid environmental pollution and reduce the waste of substances. On the other hand, with the continuous expansion of the scale of urban sewage plants, the growing living sludge has brought great pressure to environmental protection. If the fermentation of sewage sludge can be used to replace some of the traditional substrate, Substrate consumption problems will be alleviated, sludge waste can also find new treatment methods to achieve the purpose of comprehensive utilization of waste.

1. This test respectively to sludge, cattle manure, pig manure, straw, sawdust and fungi residue as raw materials, according to the same carbon to nitrogen ratio (25:1) made has T1 (sludge: cow dung: straw =5:2:1, mass ratio, the same below), T2 (sludge: cow dung: sawdust =4.5:2:1), T3 (sludge: pig manure straw =4:2:1), T4 (sludge: pig manure: sawdust =6:3.5:1), T5 (sludge: cow dung: straw mushroom residue: =11:5:2:1) and T6 (sludge: cow dung: straw mushroom residue: =12:7:2.5:1) 6 kinds of sludge leavening, from two aspects of temperature change and germination index, the best substrate material was screened. T5 sludge leavening reached the high temperature stage for the longest time and the highest germination index. Therefore, T5 sludge leavening was used for the subsequent nursery substrate production.

2. This test respectively to T5 sludge leavening, vermicompost, peat and soil as raw materials, according to different volume of ratio made has H1 (sludge fermentation: vermicompost: peat =1:1:1 volume ratio, the same below), H2 (sludge fermentation: vermicompost: peat =2:1:1), H3 (sludge fermentation: turf soil: garden soil =1:1:1), H4 (sludge fermentation: turf soil: garden soil =2:1:1), H5 (sludge fermentation material: vermicompost: garden soil =1:1:1), H6 (sludge fermentation: vermicompost: garden soil =2:1:1), H7 (sludge fermentation: garden soil =1:1), H8 (sludge fermentation: garden soil =2:1) 8 kinds of substrates, to have production traditional substrate (peat: vermiculite =3:1) as control (CK), from substrate physico-chemical nature changes and nursery effect two aspects for evaluation and filter, respectively application substrates for pepper nursery test and tomato nursery test, Correlation analysis and the determination of indicators, physico-chemical properties of different substrate effects on growth and development of

pepper or tomato.

3. Analysis of physical and chemical properties of substrate: Compared with the traditional seedling substrate CK, the physical and chemical properties of the composite substrate were better, and the physicochemical properties of treatment H4 and H5 were the best. The total pores, water holding pores, pH, EC and total K of H4 were significantly higher than those of CK. The total pores, water holding pores, EC and total K of H5 were significantly higher than those of CK.

5. Effect of pepper seedling culture experiment: Compared with CK, morphological indicators and photosynthetic characteristics of pepper Seedling of treatment H5 (sludge leavening: vermicompost: soil = 1:1:1) have been significantly improved. Especially, Seedling index and stomatal conductance of pepper Seedlings of treatment H5 respectively increased 3.07 times, 2.69 times.

5. Effect of tomato seedling culture experiment: Compared with control CK, the germination rate, fresh weight, dry weight, plant height, root length and seedling index of tomato Seedlings of treatment H4 (sludge leavening: peat: soil = 2:1:1) respectively increased 1.15 times, 1.56 times, 2.18 times, 1.31 times, 1.72 times and 1.45 times. Pb, Cr and Cd were the least heavy metals in seedlings treated with H4. Heavy metals Pb and Cr content of tomato Seedlings of treatment h4 is the least.

6. Overall, treatment H5 could culture pepper seedling with the best quality, treatment H4 could culture tomato seedling with the best quality.

KEY WORDS: Substrate; sludge leavening; peat; pepper; tomato

目录

第一章引言.....	1
1.1 我国污泥处理的现状.....	1
1.2 传统的育苗基质.....	2
1.2.1 育苗基质的作用.....	2
1.2.2 育苗基质的生产.....	2
1.2.3 国内外育苗基质研究概况.....	3
1.3 研究的目的意义.....	4
第二章材料与方法.....	5
2.1 试验材料与设计.....	5
2.1.1 试验地点.....	5
2.1.2 试验材料.....	5
2.1.3 试验设计.....	5
2.2 技术路线.....	8
2.3 试验测定指标与方法.....	8
2.3.1 污泥发酵物和基质测定指标与方法.....	8
2.3.2 基质幼苗光合和形态指标测定方法.....	9
2.4 试验数据分析.....	9
第三章基质的理化性质研究.....	10
3.1 污泥发酵产物评价.....	10
3.2 育苗基质的物理性质.....	11
3.3 育苗基质的化学性质.....	12
3.4 基质理化性质小结.....	13
第四章育苗试验研究.....	14
4.1 辣椒育苗试验.....	14
4.1.1 不同基质的辣椒幼苗的出苗率.....	14

4.1.2 不同基质的辣椒幼苗的茎粗.....	15
4.1.3 不同基质对辣椒幼苗的鲜重和干重的影响.....	15
4.1.4 不同基质对辣椒幼苗高度的影响.....	17
4.1.5 不同基质对辣椒幼苗壮苗指数的影响.....	17
4.1.6 不同基质对辣椒幼苗叶绿素的影响.....	18
4.1.7 不同基质对辣椒幼苗光合作用的影响.....	19
4.1.8 辣椒育苗试验小结.....	19
4.2 蕃茄育苗试验.....	21
4.2.1 不同基质的蕃茄的出苗率.....	21
4.2.2 不同基质的番茄幼苗的茎粗.....	21
4.2.3 不同基质对番茄幼苗鲜重和干重的影响.....	22
4.2.4 不同基质对番茄幼苗高度的影响.....	23
4.2.5 不同基质对番茄幼苗壮苗指数的影响.....	24
4.2.6 不同基质对番茄幼苗重金属积累的影响.....	25
4.2.7 番茄育苗试验小结.....	26
第五章结论与展望.....	27
5.1 试验结论.....	27
5.2 试验展望.....	28
参考文献.....	29
致谢.....	33
作者简介.....	34

第一章引言

1.1 我国污泥处理的现状

随着我国城市化水平的不断提高,我国污水处理厂规模越来越大,数量越来越多,伴随产生的城市生活污水污泥量也大幅度增加。目前我国的污泥年产量已过4000万吨,而全国生活污水污泥处理处置设施建设只完成规划目标的一半(戴晓虎等 2017)。由于历史经济的原因,我国污水处理厂在规划时,不太注重污泥的处理,存在‘重水轻泥’的现象。生活污水产生的末端污泥的处理处置,无论是资金投入,还是技术支持,都不能使所有的污泥得到安全妥善的处理(戴晓虎等 2017)。根据调查显示,大部分的城市污泥并没有得到合理的处理,大多都是简单的卫生填埋(朱书景等 2010)与土地利用(侯晓峰和薛惠锋 2011),从而引发了一系列的生态环境问题,受到了社会上大众的广泛关注。

目前国内外污泥处理与处置的方法通常是好氧混合堆肥(陈玲等 2005; 丁文川等 2002)、厌氧发酵(Wolters, Bet al. 2016)、制备建材(吴昊泽 2011)、卫生填埋(邹绍文等 2005)等。制备行道砖能够消减部分污泥和节约水的使用,但制砖成本较高,在制砖过程中,容易产生恶臭气体,若进行恶臭气体治理,将进一步增加制砖的成本(黄志丰 2014; 马雯和呼世斌 2012; 吴元昌等 2014)。污泥卫生填埋虽然处理能力大,运营成本低、管理容易(查甫生等 2008; 崔玉雪 2011);但污泥在填埋前,含水率要求降到60%以下;填埋后,也存在容易污染地下水和土壤,以及填埋场使用年限减少等缺点(姜玲玲和孙荪 2015)。

城市污水处理厂的生活污泥主要来自于初沉池和二沉池的剩余污泥的排放(王欢等 2009; 王鑫 2012)。生活污水主要是微生物的聚集体,含有丰富的氮,磷,钾,多种微量元素和生长因子(Ferraz, F Met al. 2016; Fudala-Ksiazek, Set al. 2016; Marufuzzaman, Met al. 2015; Soltan, A M Met al. 2016),但污泥中的病原微生物(Amir, Set al. 2010)和重金属(Huang, H and Yuan, X 2016)是其资源化利用的制约因子。

堆肥化是在一定人为控制条件下,通过生物化学作用,使堆体中有机成分分解转化为比较稳定的腐殖肥料的过程,其实质是一种发酵过程。根据发酵过程中微生物对氧的需求关系,可分为好氧堆肥与厌氧堆肥。生活污水混合堆肥的工艺简单,操作管理容易,但场地要求大,人工成本高,且在堆肥的初期散发味道,生产的有机肥的肥效不能保证,且不能长期使用(Eldridge, S Met al. 2008; Ni, Ket al. 2015)。

如何有效地利用生活污水污泥中的有益因子,如何合理避免生活污水污泥中的不利因素,需要做出更多的探讨与研究。

1.2 传统的育苗基质

1.2.1 育苗基质的作用

近年来,随着我国农业迅猛的发展,蔬菜育苗逐渐向工厂化道路上发展,并逐渐取代传统育苗方式。工厂化育苗对基质的需求量巨大。如何满足这个需求,就需要了解基质的作用,性质和生产方式。

无土栽培中,基质用来固定作物根系,并为作物根系创造良好的水、肥和气等条件(黄科和吴秋云 2001; 刘国荣 2013; 刘婧 2012; 张德威等 1993)。基质育苗的优点是种子耗费少、成活率高、好管理、易移植且幼苗质量好,同时又具有增产增收的效果(李有威 2015)。基质育苗的不足是要求更高的设备和技术条件,根毛发生数量少,基质缓冲作用弱,病害发生容易蔓延(付建超 2013; 祁红英等 2012; 朱荷琴等 2012)。基质育苗是现代蔬菜育苗技术的革新,克服了传统的育苗成苗率较低、苗病难控制、用工成本高、苗床占用面积大等弊端,是现代蔬菜花卉产业迅速发展的基础(王惠娟等 2013)。

基质是无土栽培形式的重要组成部分,在一定条件下,它直接影响无土栽培的栽培效果。基质的性质包括物理性质和化学性质。基质的物理性状包括基质的颗粒大小,容重,通气空隙,毛细孔隙等(郭世荣 2003)。理想基质的物理性状为容重为 $0.1-0.8\text{g/cm}^3$,总孔隙度为 $54\%-96\%$,通气孔隙度为 $15-30\%$,持水孔隙度为 $40\sim 75\%$,气水比为 $1:2-1:4$ (张新建等 2015; 张轶婷等 2011);基质的化学性状指基质本身所含可供植物吸收利用的矿质营养物质。理想基质的化学性状为 $\text{pH } 5.5-7.2$, $\text{EC } 750-3500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (张建华 2012)。基质与有机肥相比,养分低、体积大、容重轻,可以用作幼苗的生长的介质;而有机肥容重大,含量高,总养分丰富,可以用作无土栽培的基肥或追肥。而生活污水发酵制成的有机肥直接施加到田地里,土壤中有积累,作物中有存在(H, K Pet al. 2006)。

无土栽培的栽培形式不同,所采用的基质在栽培中的作用也不尽相同。因此,研究无土栽培基质的性能、生产及效果,对改进栽培方法,降低生产成本,提高生产效益等都有重要意义。

1.2.2 育苗基质的生产

基质根据其含有的主要成分,通常可分为无机基质,有机基质和复合基质;也可分为人工合成基质,天然基质(李庚飞 2012; 李霞等 2005)。

无机基质主要是指一些天然矿物或其经高温等处理后的产物作为无土栽培的介质,如沙、砾石、陶粒、蛭石、岩棉、珍珠岩等。它们的化学性质较为稳定,通常具有较低的盐基交换量,蓄肥能力较差。

一些园林,蔬菜种植基地,将农林废弃物和畜禽粪便按适当的比例混合均匀,在自然条件下进行堆沤发酵,生成有机发酵物(杨红丽等 2009;周晓飞 2013;朱晓婷等 2011)。堆肥是在一定人为控制条件下,通过生物化学作用,使堆体中的有机成分分解转化为比较稳定的腐殖质的过程,其实质是一种发酵过程(张建华 2012)。根据发酵过程中微生物对氧的需求关系,可分为好氧发酵与厌氧发酵。考虑到原料中含植物性毒素、病原菌、重金属等,选择高温静态发酵。根据Stentiford的研究,当温度在55℃以上时,有利于堆肥卫生化;当温度在45-55℃之间时,有利于发酵降解;当温度在35-40℃之间时,有利于微生物多样化(de Bertoldi, Met al. 1996)。有机废弃物发酵过程中需要一定比例的氮源和碳源(钱庆乐 2015)。农林废弃物容重轻,空隙多,可以作为发酵的调理剂或膨胀剂,为发酵提供的碳源。禽畜粪便可以为发酵提供氮源。通过农林废弃物和畜禽粪便的有机结合,既可以降低农林废弃物中碳的比例,又可以避免单纯使用禽畜粪便含水率过高等问题(高华 2014)。

国内绝大部分的穴盘育苗采用草炭+蛭石的复合基质,比例按2:1或3:1(陈振德等 1998;刘洋等 2014;王敏芳和段炼 2011)。草炭和蛭石本身含有一定量的大量元素和微量元素,可被幼苗吸收利用,但对苗期较长的作物,基质中的营养并不能满足幼苗生育的需要。草炭即泥炭,是沼泽发育过程中的产物,形成于第四纪。由沼泽植物的残体,在多水嫌气条件下,不能完全分解堆积而形成。含有大量水分和未被彻底分解的植物残体、腐殖质以及一部分矿物质。有机质含量在30%以上,质地松软易于散碎,比重0.7-1.05,多呈棕色或黑色,具有可燃性和吸气性,pH值一般为5.5~6.5,呈微酸性反应,呈层状分布,称为泥炭层。是沼泽发展速度和发育程度的重要标志。是一种宝贵的自然资源。一般都是由各个公司在当地挖取草炭土,经过工序筛选,包装后进行销售。

1.2.3 国内外育苗基质研究概况

长期以来,商用基质主要以消耗自然资源为原料,对生态环境造成了严重的破坏。并且草炭土和珍珠岩等自然资源的储量是有限的(郎惠卿 1988)。近年来,国内外开展了许多育苗基质的替代研究,并取得了一定进展。杨建生,王杏龙等人(2015)用牛粪干湿分离液与秸秆腐熟料生产复配基质并用在番茄育苗中实验结果表明,腐熟料、蛭石和菜园土的复合基质处理番茄各项观测指标均优于其他处理,与市场对照基质效果相似。程艳等人(2015)用秸秆和草炭按不同配比混配成混合育苗基质的实验结果表明,秸秆灰和草炭混配的基质的理化性质符合穴盘育苗效果要求。王东升等人(2012)用蚯蚓粪、腐熟中药渣、泥炭、蛭石和珍珠岩为原料生成四种育苗基质的实验结果表明,混合基质能提高的番茄幼苗的鲜重、株高、茎粗、根长、根表面积和根体积,可推荐作为番茄育苗的专用型有机营养基质。胡晓丽和杨小莉等人(2015)用蘑菇渣和污泥作为主要原料生产不同配比的基质用于栽培试验结果表明,配比为6:4和5:5的复合基质能显著提高金叶女贞和金森女贞容器幼苗的成活率和壮苗指数。

Hong Caiat和Tongbin Chena等人(2010)用泥炭与污泥发酵来生产不同比例的基质实验结果表明,当盐含量适当时,污泥发酵无需磨碎或添加其它材料,可以作为蔬菜幼苗生长的介质单独使用。Kahn和Brian等人(2005)用泥炭与污泥发酵来生产不同比例的基质实验结果表明,80%泥炭加20%发酵物质在园艺上可接受的替代100%泥炭来进行花椰菜育苗。Daniele和Marcos等人(2013)用不同比例的污泥、泥土和商业基质来生产培养柚木苗的基质实验结果表明,只要比例合适,在基质中使用污泥是可行的和可靠的。Da Costa Silva J D等人(2011)用制革污泥与不同比例的蚯蚓粪生产基质来培养观赏性辣椒和鸡冠花在发芽率和最初生长量上明显优于商业基质。Trazzi和Paulo Andre等人(2014)不同比例的处理后的污水污泥、碳化稻壳和椰丝来生产基质的实验结果表明复合基质对柚木幼苗有一个更好的促进作用。

1.3 研究的目的意义

随着城镇化的发展,蔬菜育苗基质的需求不断扩大,生产廉价易得的育苗基质变得越来越重要。寻找周边的废弃材料来制作育苗基质,既可以保护环境,实现资源循环利用,又可以避免环境污染,减少资源浪费,是一项具有广阔发展前景的研究课题。如果生活污水广泛应用于蔬菜育苗生产技术中,一方面解决了生活污水资源化利用的问题,另一方面取材方便,来源广泛。将基质的生产与污泥等废弃物的利用结合起来,就能实现污泥的减量化,资源化,无害化。加有污泥发酵物的复合基质仅在作物育苗阶段使用,育苗完成后,幼苗被移栽到大田中,一方面减少了重金属进入农作物产品中,避免了重金属在大田里的积累,另一方面也充分利用了污泥中营养成分,减少了草炭土的使用。

本试验主要针对蔬菜基质配方研究,以筛选适宜不同种类蔬菜育苗基质为主要研究内容,从生活污水的资源利用的角度出发,通过对生活污水发酵物与不同有机物料的混合,结合穴盘育苗方式,筛选出能够替代现有传统育苗基质的适宜配方,有效降低育苗基质成本,提高幼苗品质。该研究成果不但能为污泥处理的出路提供新方向,而且能够减少不可再生资源的的使用量,实现了生活污水等废弃物综合利用的目的,为社会创造了经济价值和生态价值。

第二章材料与方法

2.1 试验材料与设计

2.1.1 试验地点

发酵和基质育苗试验地点在西北农林科技大学污染控制研究中心资源清洁利用研究室的温室大棚5区-J09。

2.1.2 试验材料

试验所用农作物秸秆来自陕西省咸阳市杨陵区，试验所用污泥来自陕西省咸阳市杨陵区污水处理厂的污泥（含水率约为80-85%），试验所用牛粪和猪粪来自陕西省咸阳市杨陵区西北农林科技大学的示范养殖厂，试验所用田园土来自陕西省咸阳市杨陵区的土壤。试验所用木屑来自陕西省咸阳市杨陵区的家具厂。试验所用菌渣来自陕西省咸阳市杨陵区的食用菌厂。草炭土购于东北草炭土厂家。试验所用蚯蚓粪购于陕西康运生物科技有限公司。

供试辣椒品种为‘宇宙甜椒王’。育苗穴盘的规格为60cm*30cm*5cm。

供试蕃茄品种为‘厚皮毛粉802属毛型高秧粉红果’，由金星种业公司提供。育苗基质配方与辣椒育苗相同。

2.1.3 试验设计

2.1.3.1 不同配方的污泥发酵设计

1、采集猪粪、牛粪以及木屑、秸秆、菌渣和污泥。测定其含水率以及全氮、全碳。发酵材料的基本性质，如表2-1所示。

表 2-1 发酵材料的基本性质

Table 2-1 Basic properties of compost materials

原料 material	含水率% water content%	全 N % Total N %	全 C % Total C %	C/N 比 C/N
污泥	84	4.59	27.69	6.03
牛粪	53	2.45	32.05	13.09
猪粪	43	3.03	26.94	8.90
小麦秸秆	14	1.00	40.98	40.91
木屑	5	0.23	45.30	196.77

2、通过计算设计出合理的发酵方案，使堆体的碳氮比为25: 1~30: 1，含水率为60%左右。将选取的各种材料按照一定比例进行混合，配置成6种不同配方的污泥发酵物，发酵配比设计如表2-2所示。

表 2-2 发酵处理配方（质量比）
Table 2-2 Formula for composting(by mass)

配方 formula	污泥 sludge	牛粪 cow dung	猪粪 pig manure	秸秆 straw	木屑 sawdust	菌渣 mushroom residue
T1	5	2		1		
T2	4.5	2			1	
T3	4		2	1		
T4	6		3.5		1	
T5	11	5		2		1
T6	12	7	2.5	2		1

3、发酵过程中，每天10: 00和18: 00各测一次堆体的温度，测完温度后，用曝气机强制通气半个小时，在堆温升至50度以后，每三天翻一次堆。当温度下降至室温，发酵结束，进行静置腐熟。腐熟后，取样做发芽指数实验。

2.1.3.2 不同配方的基质设计

- 1、首先将处理T5的污泥发酵物、蚯蚓粪、草炭土、田园土等进行采样和自然风干。
- 2、通过查阅大量文献，将复合基质的配方定为2：1、1：1、2：1、1或1：1：1(黄奇 2014; 吕翠霞 2014; 姚琴 2014)。将T5的污泥发酵物、蚯蚓粪、草炭土、以及田园土按照不同体积比进行混合，配置成8种不同配方的复合基质，传统育苗基质CK由草炭土和蛭石按3：1的体积比配成。复合基质配比设计如表2-3所示。

表 2-3 育苗基质配方（体积比）
Table 2-3The substrate formula(by volume)

复合基质（体积比）	T5 的污泥发酵产物	蚯蚓粪	草炭土	田园土
H1	1	1	1	
H2	2	1	1	
H3	1		1	1
H4	2		1	1
H5	1	1		1
H6	2	1		1
H7	1			1
H8	2			1

- 3、取不同配方基质进行物理性质和化学性质的测定，并将测定值与对照组CK的值进行比较。

2.1.3.3 辣椒育苗试验设计

1、取9个规格为60cm*30cm*5cm的50孔育苗穴盘，分别装上8种复合基质和对照组CK基质，每个处理重复两次，然后用水浇透，搁置一天。将穴盘编号后，完全随机摆放在温室大棚内。

2、将选好辣椒种子浸泡55℃的热水中，用玻璃棒同方向不间断搅拌以免烫伤种子，保持20min左右，然后将水温降至35℃，保持4-6小时浸泡(张天翔等 2012)，然后将种子多余水分控干，进行催芽，出芽后，选取发芽一致的种子播种到穴盘孔穴内。每个方孔中播种二棵辣椒种子。

3、每隔1天浇一次清水，统一管理

4、播种5天后，统计每种基质的辣椒出苗率，然后每个方孔中只保留一颗幼苗。

5、42d后每个处理随机取样5株。分别测定叶绿素、净光合速率、蒸腾速率、胞间CO₂速率和气孔导率。

6、测定光合作用后，每个处理随机取样3株，分别测定辣椒幼苗的株高、根长、茎粗、鲜重、干重和壮苗指数。

2.1.3.4 蕃茄育苗试验设计

1、取9个规格为60cm*30cm*5cm的50孔育苗穴盘，分别装上8种复合基质和对照组CK基质，每个处理重复两次，然后用水浇透，搁置一天。将穴盘编号后，完全随机摆放在温室大棚内。

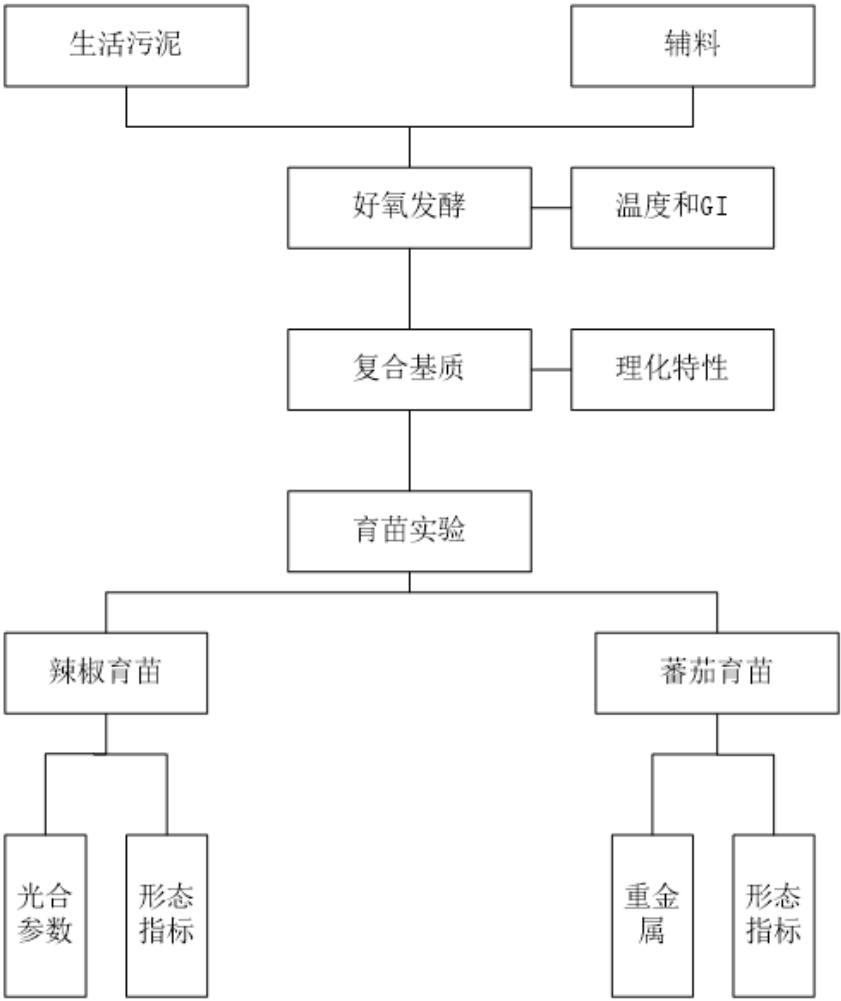
2、将选好番茄种子在凉水中浸泡10min，把浮在水面上的瘪籽去掉，然后放入50℃的热水中，20-30min后捞出放凉水中散去余热，然后将水温降至25-30℃，保持4-6小时浸泡，然后将种子多余水分控干，进行催芽，出芽后，选取发芽一致的种子播种到穴盘孔穴内。每个方孔中播种二颗番茄种子。

3、每隔1天浇一次清水，统一管理。

4、播种5天后，统计每种基质的番茄出苗率，然后每个方孔中只保留一颗幼苗。

5、35d后每个处理随机取样3株。分别测定番茄幼苗的株高、根长、茎粗、鲜重、干重和壮苗指数。再测定辣椒幼苗的重金属含量。

2.2 技术路线



2.3 试验测定指标与方法

2.3.1 污泥发酵物和基质测定指标与方法

1、污泥发酵期间每天 10: 00 和 18: 00 用温度计在堆体的不同深度处测量物料温度，取平均值记为当天该堆体的温度。

2、污泥发酵物的发芽指数(GI) 的测定: 按1: 5的比例称取鲜样 5 g加入500mL 蒸馏水，在摇床上以200 r·min⁻¹和 25 ℃条件下振荡 24 H后，取滤液 6 mL，加到铺有滤纸的 9 cm 培养皿内。每皿点播 20 粒饱满的黑油小白菜种子， 28 ℃恒温恒湿避光培养 72 h，同时以蒸馏水作对照，重复 3 次。

$$GI(\%) = \frac{\text{试验组的发芽率} \times \text{种子根长}}{\text{对照组的发芽率} \times \text{种子根长}} \times 100$$

3、不同基质的容重、总孔隙度、通气孔隙、毛细孔隙均采用环刀法进行测定，大小孔隙比则根据通气孔隙比毛细孔隙求出(荆延德和张志国 2002)；

4、pH和EC的测定需要称量5g样品，与50ml去离子水混合，震荡30分钟，取上清液用pH计、电导率仪进行测定；

5、不同基质的全氮测定使用凯氏定氮仪半自动法进行测定；

6、不同基质的全磷测定方法为NaOH熔融—钼锑抗比色法，用分光光度计进行测定；

7、不同基质的全钾测定采用NaOH熔融—火焰光度法进行测定；

8、不同基质的有机质测定方法为重铬酸钾容量法进行滴定测定；

9、不同基质的重金属用王水和高氯酸常压消解处理，用原子吸收分光光度法测定；

2.3.2 基质幼苗光合和形态指标测定方法

1、根长：以直尺测定幼苗基部至根尖的长度；

2、株高：根茎部到生长点的长度（cm），用直尺进行测量；

3、茎粗：幼苗茎与基质接触面上部1cm处茎粗（mm），用游标卡尺进行测量；

4、植株鲜重（地上部鲜重、地下部鲜重）：植物鲜样用纸擦干水分后直接在分析天平上进行精确称重即可，

5、植株干重（地上部干重、地下部干重）：将植株鲜样放置于105℃烘箱中杀青 15min，继续 80℃恒温烘干 24h，然后称重；

6、苗期综合指标测定：壮苗指数=（茎粗/株高+地下干重/地上干重）×单株干重；

7、叶绿素含量：选取每株长势较好的叶子，用SPD仪测定叶绿素后，取平均值；

8、净光合速率、蒸腾速率、胞间CO₂速率、气孔导率：用LI-6400XT便携式光合仪荧光连用系统的红蓝光源在上午9点之后到下午13点之前测定；

9、植株的重金属含量：用浓硝酸和高氯酸常压消解处理，用原子吸收分光光度法测定；

2.4 试验数据分析

试验所取得的数据用EXCEL 2007版软件进行整理。并结合SPSS18.0版软件进行统计分析，单因素方差分析后采用DUCAN法检验不同处理间的差异显著性，以P<0.05作为显著性差异水平

第三章基质的理化性质研究

3.1 污泥发酵产物评价

发酵物的腐熟度指标可分为三类：物理学指标、化学指标和生物学指标(钱晓雍等 2009; 孙凯宁等 2013; 尉良 2009)。物理学指标易于检测，常用于描述发酵过程所处的状态，包括温度、颜色和气味、光学性质；化学指标广泛用于堆肥过程的详细研究，包括有机质变化、含氮化合物、C/N和CEC；生物学指标常用于评价物料中植物毒性物质的含量，包括呼吸作用和发芽指数。本研究选择物理学指标中的温度和生物学指标中的发芽指标来判断污泥发酵物的腐熟程度。这两种指标不需要复杂仪器和繁琐操作，就能简单快速筛选出合格的污泥发酵物，加快了复合基质的配制与研究进程。

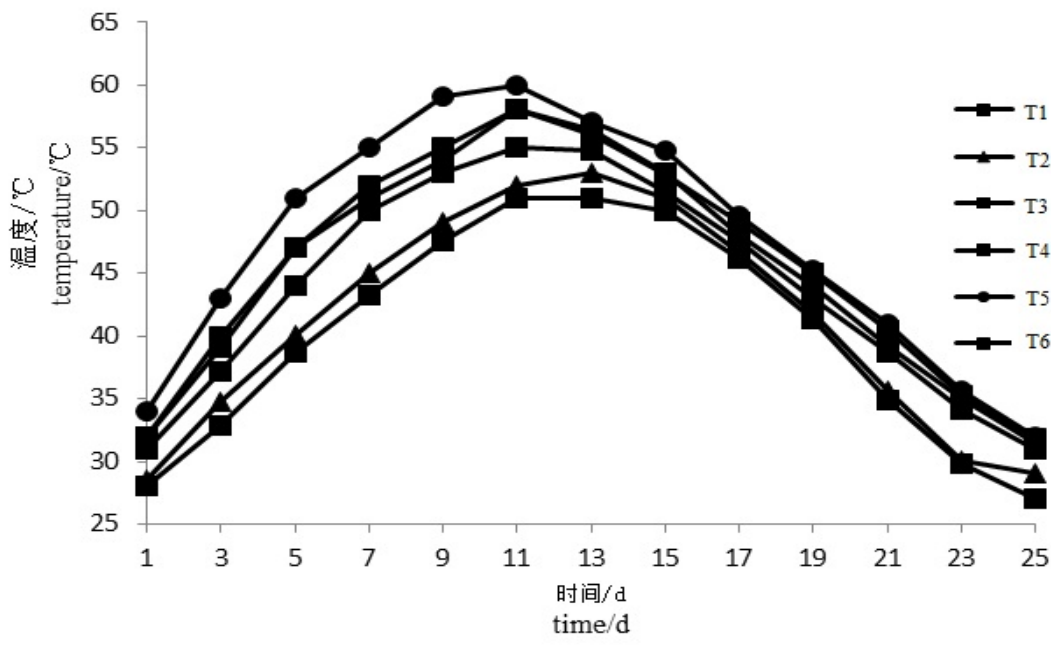


图 3-1 不同处理发酵温度变化趋势

Fig. 3-1. Variation trend of compost temperature in different treatments

在污泥发酵过程中，处理T5和T6的温度要高于T1和T3的温度。处理T5的温度与室温相差最大，温度最先升高到50摄氏度以上，持续时间12d，处理T6其次，持续时间11d。处理T2和T4的温度上升速率慢，可能是由于发酵原料所用为木屑，其木质素含量较高，可利用碳含量较低，难以分解利用，从而导致发酵的温度不如利用秸秆进行发酵的处理T1和T3的温度高。处理T1的发酵温度高于T3，处理T5的发酵温度高于T6，可能是由于牛粪比猪粪碳氮比高。

表 3-1 不同发酵处理的发芽指数(GI)

Table 3-1 Germination index (GI) of different fermentation treatments

发酵处理	T1	T2	T3	T4	T5	T6
GI(%)	83.3	73.8	78.6	69.0	88.1	81.0

从表3-1可以看出, 处理T5的发芽指数(GI)最高, 处理T1其次, 处理T4的发芽指数(GI)最低。发芽指数(GI)≥ 80%可以认为发酵物达到了完全腐熟(鲍艳宇等 2008; 黄红英等 2015)。处理T5的发芽指数(GI)为88.1, 处理T6的发芽指数(GI)为81, 处理T1的发芽指数(GI)为83.3, 可以认为它们已达到了完全腐熟的程度。

通过分析不同处理的发酵温度变化和发芽指数(GI)得出以下结论: 1.利用小麦秸秆发酵效果优于木屑发酵效果; 2.利用牛粪发酵效果优于猪粪; 3含有菌渣的发酵效果优于不含有菌渣的发酵效果。因此, 菌渣、牛粪和小麦秸秆是污泥发酵好的调理剂。

T5 的污泥发酵物最先达到 50 摄氏度以上, 持续时间最长, 发芽指数(GI)最高, 因此, 将 T5 的污泥发酵物用于后续的育苗基质制作。

3.2 育苗基质的物理性质

基质的理化性质对作物种子的萌发生长至关重要, 它们影响作物对水分的持有, 空气的利用, 以及营养元素的吸收; 也对根系的生长与附着有着关键的影响(唐艺荣 2002; 谢兆森 2006)。草炭土或田园土单独的使用其物理性质都不符合理想基质的要求, 要与其它物料配合使用。因此通过不同比例的配方将基质的理化性质调整到合适的范围之内, 更加有利于作物的发芽, 壮苗和生长。

表 3-2 不同育苗基质的物理性质

Table 3-2 Physical properties of different nursery substrates

基质	容重	总孔隙度	通气孔隙	持水孔隙	大小孔隙比	pH 值	EC 值
substrate	bulk density	total porosity	ventilation pore	water containing pores	void ratio	pH	EC
	g/cm ³	%	%	%	%		mS/cm
H1	0.62/b	50.2/g	2.3/d	47.9/i	0.05/d	6.91/c	2.21/a
H2	0.66/a	63.3/f	4.2/c	61.2/f	0.07/c	6.88/d	1.49/b
H3	0.35/e	68.2/b	7.1/b	56.2/g	0.13/b	7.36/b	1.06/d
H4	0.42/cd	65.4/d	4.7/c	65.5/a	0.04/d	7.78/a	1.11/cd
H5	0.40/d	68/b	6.8/b	63.3/d	0.07/c	6.73/f	1.18/c
H6	0.59/b	66/c	4.5/d	59.3/e	0.06/c	6.91/c	1.08/d
H7	0.40/d	69/ a	4.3/ c	64.7/ b	0.07/ c	6.83/e	1.04/d
H8	0.44/c	68.3/ b	4.5/c	63.8/c	0.07/ c	6.65/g	0.86/e
CK	0.39/d	64.7/e	12/a	52.7/h	0.23/a	6.73/f	0.12/f

CK由草炭土和蛭石按3:1配合而成，是常见的育苗基质。为减少草炭土的用量，用污泥发酵物和蚯蚓粪代替部分草炭土的用量，将改变基质的物理性质。

育苗基质适宜容重 $0.2\sim 0.8\text{ g}\cdot\text{cm}^3$ 范围内(李谦盛等 2004)，处理H1~H8和CK的容重都在适宜范围内，H4、H5、H7的容重与CK没有显著性差异，H1、H2和H6的容重与CK有显著性差异。在总孔隙度上，除了H1外，其余处理的总孔隙度都在54%-96%范围内(郭世荣 2005)，可能是由于H1的污泥发酵物和蚯蚓粪密度大。所有处理的通气孔隙都小于对照组CK，可能是添加的污泥发酵物的密度大，大孔隙较少；所有处理的持水孔隙都大于对照组CK，有利于基质储存水分和养分。适合作物生长的安全的EC值不应超过 2.6 mS/cm (孔德栋等 2015)。从表3-2可以看出，所有处理中电导率均高于对照组，说明发酵物的使用增加了基质中的离子数量，进而增加了大量营养元素。但要注意的是，EC值高，说明基质中可溶性盐含量可能高，在使用过程中要避免用于对盐分毒害比较敏感的作物种类。处理H3和H4的pH偏碱性，其余处理的pH偏酸性，可以用于偏好酸碱性的作物育苗。

3.3 育苗基质的化学性质

表 3-3 不同育苗基质的化学性质
Table 3-3 Chemical properties of different nursery substrates

基质	全 N	全 P	全 K	有机质
substrat	Total N	Total P	Total K	organic matter
	%	%	%	g/kg
H1	1.02/b	0.10/a	0.93/e	335.89/a
H2	1.24/a	0.12/a	1.04/d	350.41/a
H3	0.41/d	0.05/b	1.18/bc	108.40/c
H4	0.45/cd	0.05/b	1.22/b	87.73/d
H5	0.49/cd	0.03/bc	1.20/c	106.64/c
H6	0.51/ cd	0.05/b	1.29/a	116.41/c
H7	0.28/ef	0.04/bc	1.32/a	37.69/f
H8	0.31/e	0.02/c	1.05/d	69.29/e
CK	0.51/c	0.03/bc	0.85/f	172.87/b

从表3-4，各处理的全N在0.28-1.24%之间，全N含量为处理H2最高，H7最低，对照组CK为0.51%。各处理的全P在0.02-0.12%之间，全P含量为处理H2最高，H8最低，对照组CK为0.03%。各处理的全K在0.85-1.32%之间，全K含量为处理H7最高，对照组CK最低。各处理的有机质在37.69-350.41g/kg之间，有机质含量为处理H2最高，H7最低，对照组CK为172.87g/kg。处理H1和H2的营养成分和有机质含量高，可能是污泥发酵物，蚯蚓粪和草炭土都是富含营养成分和有机质。

3.4 基质理化性质小结

选取测定的处理基质的容重在 $0.35\sim 0.66\text{g/cm}^3$ ，总孔隙度在 $50.2\%\sim 69.0\%$ ，持水孔隙度在 $47.9\%\sim 65.5\%$ ，通气孔隙度在 $2.3\%\sim 12\%$ ，pH值在 $6.65\sim 7.78$ ，EC值在 $0.12\sim 2.21\text{ ms/cm}$ ，全N在 $0.28\sim 1.24\%$ ，全P在 $0.02\sim 0.12\%$ ，全K在 $0.85\sim 1.32\%$ ，有机质在 $37.69\sim 350.41\text{ g/kg}$ 。与传统育苗基质CK相比，复合基质的理化性质较好，其中处理H2、H4和H5基质的理化性质最佳。处理H2的EC、全N、全P、全K和有机质显著高于CK；处理H4的容重、全N、全P与传统育苗基质CK无显著差异，总孔隙、持水孔隙、pH、EC、全K显著高于CK；处理H5的容重、pH、全N和全P与CK无显著差异，总孔隙、持水孔隙、EC和全K显著高于CK。污泥发酵物密度大，保水性强，使基质的容重和持水孔隙偏大，通气孔隙小。污泥中营养成分高，基质中离子浓度大，注意盐害效应。说明污泥发酵的使用量改变了基质的理化性质。通过合适的配方与筛选，可以使基质的理化性质接近理想基质的性质。

第四章育苗试验研究

番茄，即西红柿（学名：Lycopersicon esculentum Mill.），是茄科番茄属一年生或多年生草本植物。番茄原产南美洲，中国南北方广泛栽培。番茄的果实营养丰富，具特殊风味。辣椒，别名：牛角椒、长辣椒、菜椒、灯笼椒，（学名：Capsicum annuum L.），茄科、辣椒属一年或有限多年生草本植物。我国南北均有栽培，为重要的蔬菜和调味品。番茄和辣椒是我国和世界设施栽培的主要蔬菜种类，也是集约化育苗的主要蔬菜种类。本研究中，分别以番茄和辣椒来进行育苗实验，从 8 种复合基质中，分别筛选出适宜番茄或辣椒的复合基质。

4.1 辣椒育苗试验

4.1.1 不同基质的辣椒幼苗的出苗率

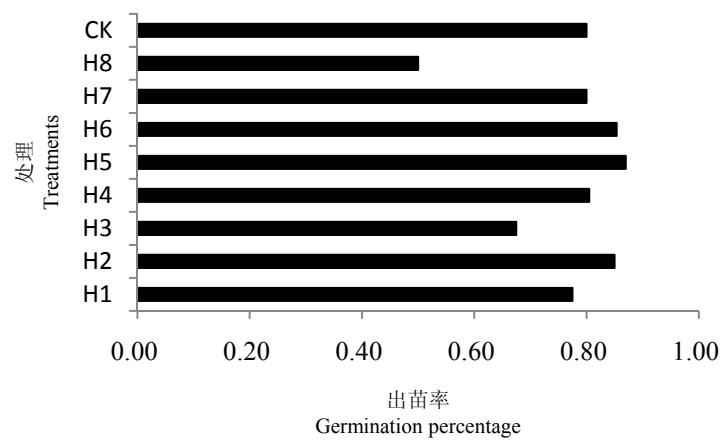


图 4-1 不同基质的辣椒幼苗的出苗率

Fig. 4-1 Germination rate of pepper seedlings with different substrates

播种后 5d 后开始统计出苗率。从图 4-1 可以看出不同配方基质对辣椒出苗率的影响。处理 H1、H3 和 H8 的出苗率低于 CK，处理 H4 和 H7 的出苗率与 CK 相同。处理 H5 的出苗率最高，是 CK 的 1.09 倍。H5 处理（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）对提高辣椒幼苗的出苗率最有效。

4.1.2 不同基质的辣椒幼苗的茎粗

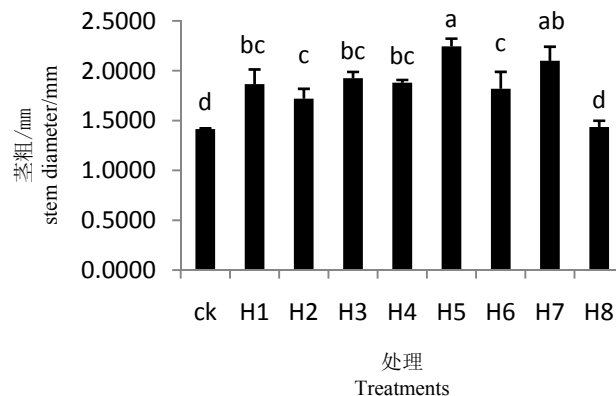


图 4-2 不同基质的辣椒幼苗的茎粗

Fig. 4-2 Stem diameter of pepper seedlings with different substrates

由图 4-2 可见，不同基质对辣椒幼苗的茎粗有着不同程度的影响。结果显示，相比 CK 处理，各处理均能增加辣椒幼苗的茎粗，其中，处理 H5 效果最佳，辣椒幼苗的茎粗达到 2.25mm，比 CK 处理提高了 58.66%，其次是处理 H7，茎粗达到 2.10mm，相比 CK 处理提高了 48.41%。综合分析，处理 H5（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）对提高辣椒幼苗茎粗最有效。

4.1.3 不同基质对辣椒幼苗的鲜重和干重的影响

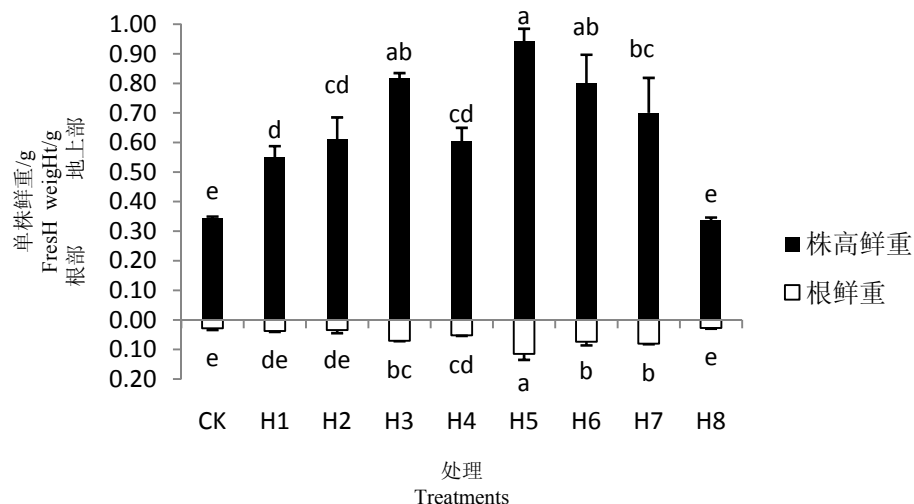


图 4-3 不同基质的辣椒幼苗的鲜重

Fig. 4-3 Fresh weight of pepper seedlings of different substrates

图 4-3 显示了不同基质对辣椒幼苗鲜重的影响。结果表明，对比 CK 处理，各处理均能

不同程度地提高辣椒幼苗的鲜重。对于地上部分的鲜重，H5 处理效果最佳，单株鲜重达到 0.9418 g，是 CK 处理的 2.74 倍。其次是 H3 处理和 H6 处理，分别是 CK 处理的 2.37 倍和 2.33 倍。对于地下部分鲜重，H5 处理效果较好，单株鲜重达到 0.1150g，是 CK 处理的 4.07 倍。综合分析，从整株上来看，H5 处理的鲜重最大。H5 处理（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）对提高辣椒幼苗鲜重最有效。

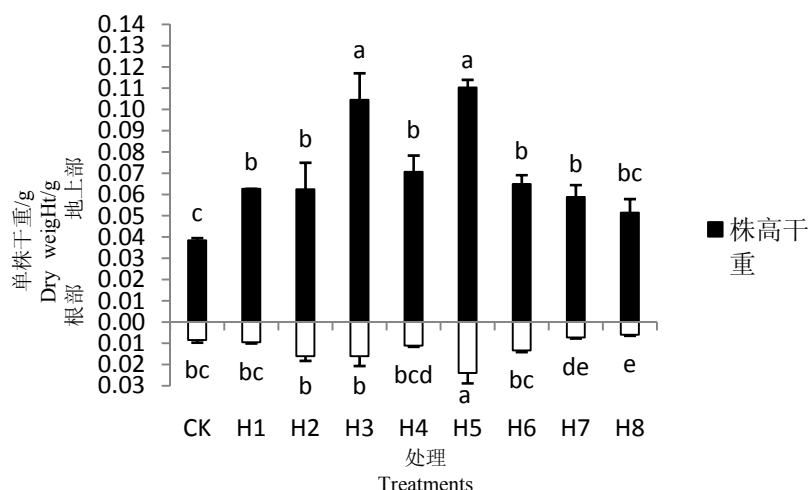


图 4-4 不同基质的辣椒幼苗的干重

Fig. 4-4 Dry weight of pepper seedlings of different substrates

图 4-3 显示了不同基质对辣椒幼苗干重的影响。结果表明，对比 CK 处理，除了 H1 处理和 H8 处理外，其余处理均能不同程度地提高辣椒幼苗的干重。对于地上部分的干重，H5 处理效果最佳，单株鲜重达到 0.1103g，是 CK 处理的 2.14 倍。其次是 H3 处理，是 CK 处理的 2.03 倍。对于地下部分干重，H5 处理效果最好，单株鲜重达到 0.024 g，是 CK 处理的 2.82 倍，其次是 H3 处理，是 CK 处理的 2.68 倍。综合分析，从整株上来看，H5 处理的干重最大，H3 处理其次。H3 处理（污泥发酵物：草炭土：田园土=1：1：1）和 H5 处理（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）对提高辣椒幼苗干重效果好，有利于干物质的积累。

4.1.4 不同基质对辣椒幼苗高度的影响

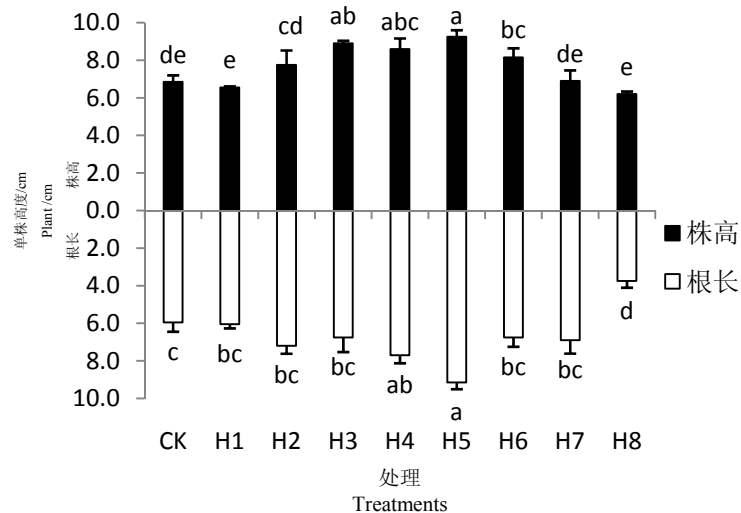


图 4-5 不同基质的辣椒幼苗的高度

Fig. 4-5 Height of pepper seedlings in different matrixes

图 4-5 显示了不同基质对辣椒幼苗伸长量的影响。结果表明，H1 处理、H2 处理、H7 处理和 H8 处理的株高与 CK 处理没有显著差异，其余处理的株高与 CK 处理有显著差异。对于株高，H5 处理效果最佳，单株高度达到 9.25cm，是 CK 处理的 1.35 倍。其次是 H3 处理，是 CK 处理的 1.26 倍。对于根长，H5 处理效果最好，单株鲜重达到 9.15cm g，是 CK 处理的 1.54 倍。从整株上来看，H5 处理的全长最大。H5 处理（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）对提高辣椒幼苗伸长量最有效。

4.1.5 不同基质对辣椒幼苗壮苗指数的影响

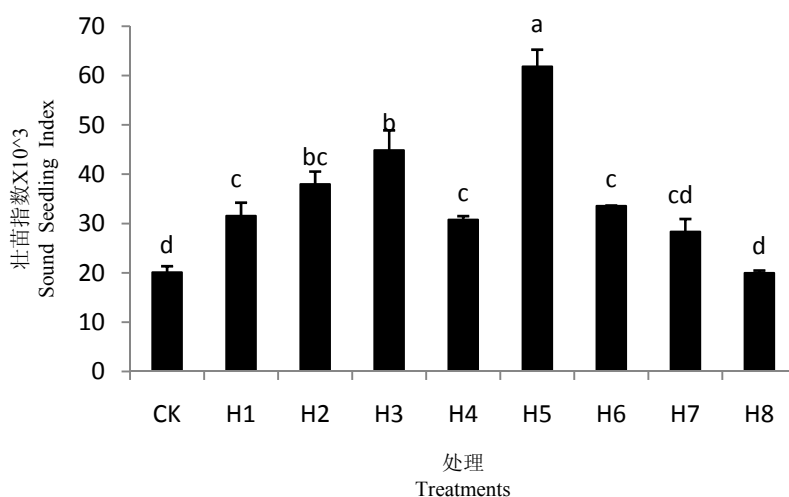


图 4-6 不同基质的辣椒幼苗的壮苗指数

Figure 4-6 Different matrix of pepper seedlings seedling index

图 4-6 显示了不同基质对辣椒壮苗指数的影响。壮苗指数不仅反应幼苗的生长现状，也反应了幼苗的发展潜力。结果表明，辣椒壮苗指数由大到小依次为 H5>H3>H2>H6>H1>H4>H7>CK>H8。H7 处理和 H8 处理的株高与 CK 处理没有显著差异，其余处理不同程度地提高辣椒壮苗指数，与 CK 处理有显著差异。H5 处理的壮苗指数最佳，是 CK 处理的 3.07 倍。其次是 H3 处理，是 CK 处理的 1.26 倍。H5 处理（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）对提高辣椒壮苗指数最有效。

4.1.6 不同基质对辣椒幼苗叶绿素的影响

图 4-7 列出了不同配方基质对辣椒幼苗叶绿素的影响。叶绿素在植物的光合反应中起重要作用。在不同的基质处理下，辣椒幼苗的相对叶绿素含量发生了变化。除了处理 H1 外，其它处理的叶绿素都高于 CK，最高的是处理 H5，其次是处理 H7。处理 H5 的叶绿素是 CK 的 1.07 倍。H5 处理（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）对提高辣椒叶绿素含量最有效。

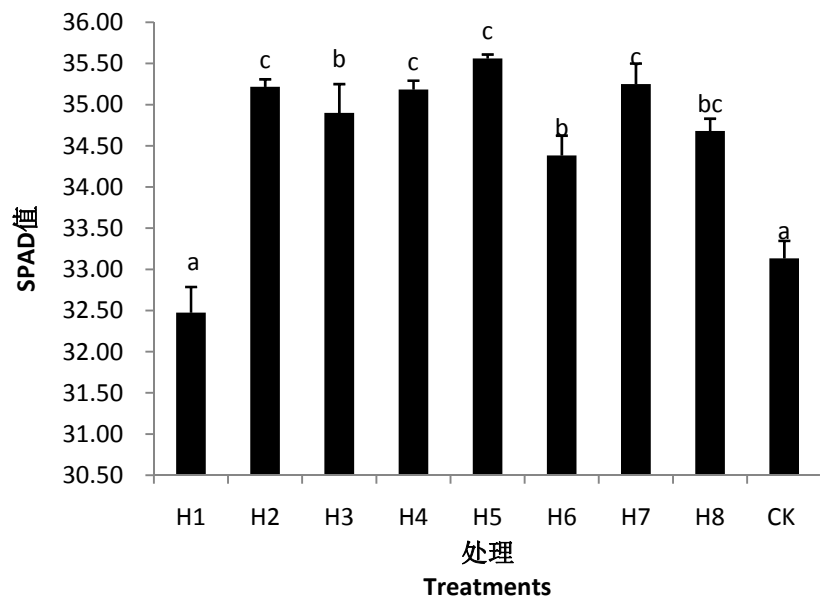


图 4-7 不同基质的辣椒幼苗的叶绿素

Fig. 4-6 Chlorophyll of pepper Seedlings of different substrates

4.1.7 不同基质对辣椒幼苗光合作用的影响

表 4-1 不同处理的辣椒幼苗的光合参数

Table 4-1 Photosynthetic parameters of pepper seedlings treated with different treatments

处理 treatment	净光合速率 net photosynthetic rate $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	气孔导度 stomatal conductance $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	胞间 CO_2 浓度 intercellular CO_2 concentration $\mu\text{mol}/\text{mol}$	蒸腾速率 transpiration rate $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$
H1	4.26/bc	0.10/d	364.95/e	5.03/d
H2	3.89/cd	0.09/d	384.29/d	4.57/de
H3	4.31/b	0.19/c	421.33/c	7.88/c
H4	5.25/a	0.19/c	431.52/c	8.57/b
H5	5.31/a	0.43/a	493.53/a	13.20/a
H6	5.03/a	0.40/b	455.74/b	12.91/a
H7	2.61/e	0.08/d	452.03/b	4.50/e
CK	3.57/d	0.16/c	450.71/b	7.70/c

注：处理H8在苗龄42d时，叶片面积小，不能测定光合参数。

净光合速率是指光合作用产生的糖类减去呼吸作用消耗的糖类（即净光合作用产生的糖类）的速率。在净光合速率上，除了处理H7外，其它处理都高于对照组CK,说明基质配方有利于提高辣椒幼苗的糖类作用。处理H1、H3、H4、H5、H6的净光合速率分别是CK的1.19倍、1.21倍、1.47倍、1.49倍、1.41倍。处理H5能够积累更多的糖类。气孔导度表示的是气孔张开的程度，植物通过调节气孔孔径的大小控制植物光合作用中 CO_2 吸收和蒸腾过程中水分的散失，气孔导度的大小与光合及蒸腾速率紧密相关。叶片光合速率与气孔导度呈正相关，当气孔导度增大时，叶片光合速率相应增大。在气孔导度上，处理H5和H6与CK和其他处理有显著差异，更加有利于叶片的光合速率。处理H5、H6的气孔导度分别是CK的2.69倍、2.50倍。胞间 CO_2 浓度指的是细胞内 CO_2 的浓度。在胞间 CO_2 浓度上，处理H1和H2远低于CK,可能是处理中EC值大，作物通过调节光合细胞内的胞间 CO_2 浓度以应对基质中有害元素的胁迫，从而达到保护作物免受伤害的目的。处理H5的胞间 CO_2 浓度分别是CK的1.10倍。蒸腾速率是指植物在一定时间内单位叶面积蒸腾的水量，反应了营养盐等在植物体内上运的速度，也会影响叶温和水分的散失。在蒸腾速率上，除了处理H2和H7外，其它处理都高于CK,最高的是处理H5，其次是处理H6。处理H5、H6的蒸腾速率分别是CK的1.71倍、1.68倍。

4.1.8 辣椒育苗试验小结

处理H5更有利于辣椒种子的萌发。处理H3和H5的生物量积累较多。处理H2、H3、H5和H7的单株高度优于CK。处理H3和H5的壮苗指数较高，幼苗发展潜力大。处理H2、H3、H4、H5、H6、H7、H8有较高的叶绿素含量。处理H3、H4、H5、H6更有利于植物的光合作用。

综上，在形态指标上，处理H5（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1）的辣椒幼苗的出苗率、地上鲜重、地下鲜重、地上干重、地下干重、株高、根长和壮苗指数分别平均增加1.09倍、2.74倍、4.07倍、2.14倍、2.82倍、1.35倍、1.54倍、3.07倍；在光合参数上，处理H5的辣椒幼苗的叶绿素、净光合速率、蒸腾速率、胞间CO₂速率、气孔导率分别平均提高1.07倍、1.49倍、2.69倍、1.10倍、1.71倍。处理H5（污泥发酵：蚯蚓粪：花园土=1：1：1）更有利于辣椒幼苗的生长，是辣椒育苗的优良基质。

4.2 蕃茄育苗试验

4.2.1 不同基质的蕃茄的出苗率

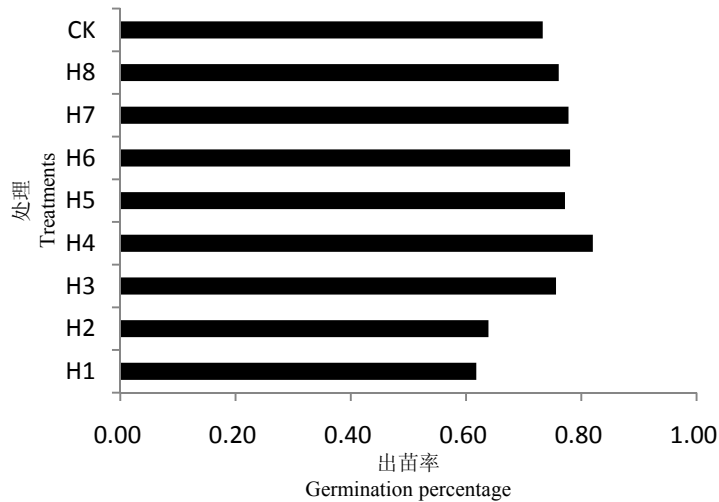


图 4-8 不同基质的番茄幼苗的出苗率

Fig. 4-8 Germination rate of tomato seedlings in different media

播种后 5d 后开始统计出苗率。从图 4-8 可以看出不同配方基质对番茄出苗率的影响。除了处理 H1 和 H2 低于对照组 CK 外，其余处理都能提高番茄幼苗的出苗率，这可能与其养分含量过高有关。处理 H4 出苗率最高，是对照组 CK 的 1.15 倍。处理 H4（污泥发酵物：草炭土：田园土=2：1：1）对提高番茄幼苗的出苗率最有效。

4.2.2 不同基质的番茄幼苗的茎粗

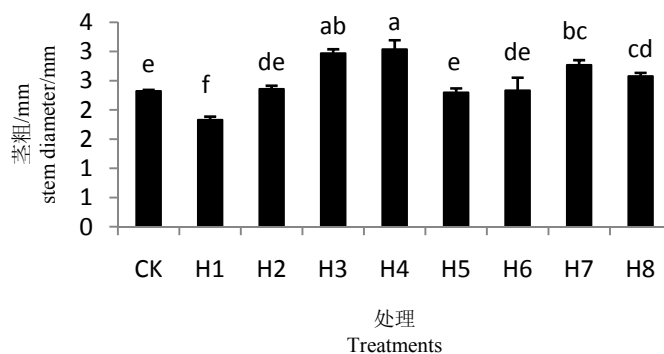


图 4-9 不同基质的番茄幼苗的茎粗

Fig. 4-9 Stem diameter of pepper seedlings with different substrates

从图 4-9 可以看出不同配方基质对番茄茎粗的影响。结果显示，相比 CK 处理，除了 H1 处理与 H5 处理外，其余各处理均能增加番茄幼苗的茎粗，其中，H3 处理和 H4 处理的茎粗

与 CK 有显著差异。H3 处理的辣椒幼苗的茎粗达到 2.97mm，比 CK 处理提高了 27.77%，其次是 H7 处理，茎粗达到 3.04mm，相比 CK 处理提高了 31.02%。综合分析，处理 H4（污泥发酵物：草炭土：田园土=2：1：1）对提高辣椒幼苗茎粗最有效。

4.2.3 不同基质对番茄幼苗鲜重和干重的影响

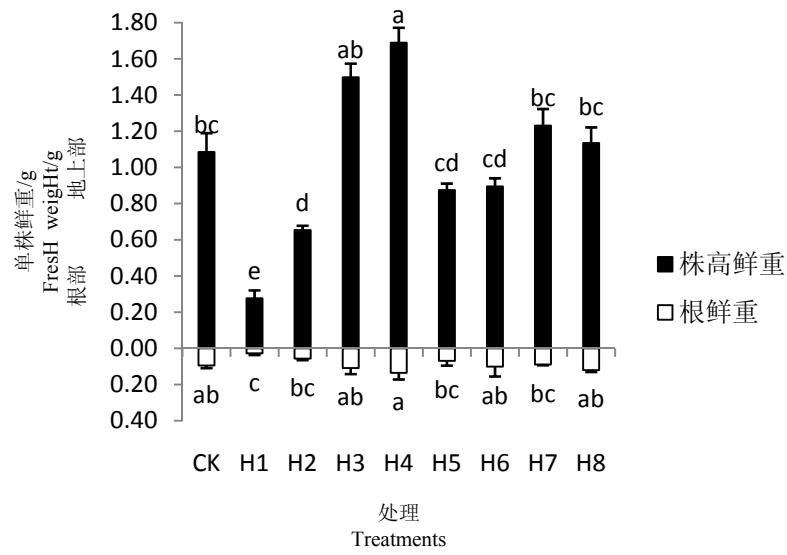


图 4-10 不同基质的番茄幼苗的鲜重

Fig. 4-10 Fresh weight of tomato seedlings in different matrixes

图4-10列出了不同配方基质对番茄幼苗鲜重的影响。在番茄幼苗鲜重上，处理H1、H2与对照组CK有显著差异，处理H7和H8与对照CK无显著差异。H4处理效果最佳，单株鲜重达到1.6898g，是CK处理的1.56倍。其次是H3处理是CK处理的1.38倍。对于地下部分鲜重，H3，H4，H6，H7处理与对照组CK无显著差异，H4处理最高，相比CK处理提高了42.20%。。综合分析，从整株上来看， H4处理的鲜重最大，H3次之。处理H4（污泥发酵物：草炭土：田园土=2：1：1）对提高番茄幼苗鲜重最有效。

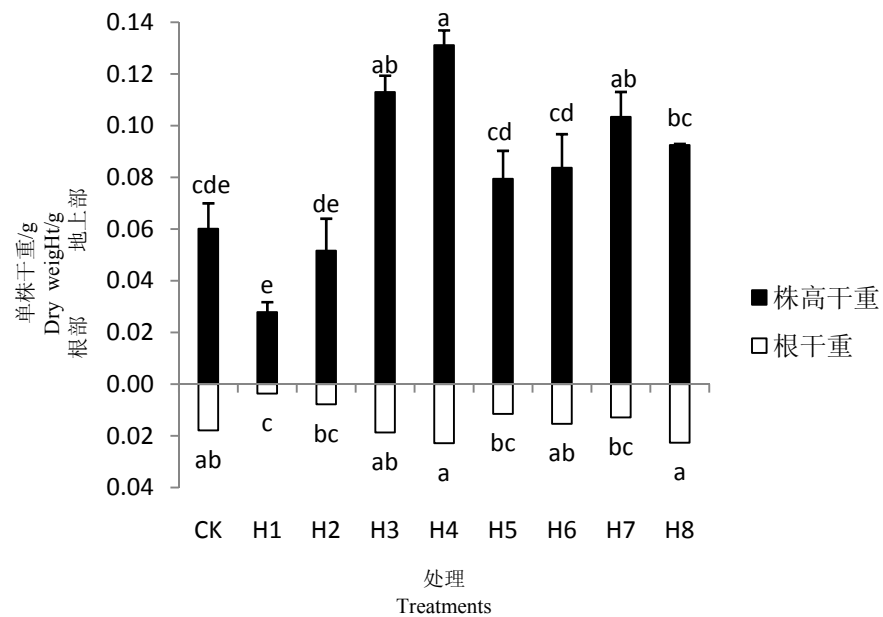


图 4-11 不同基质的番茄幼苗的干重

Fig. 4-11 Dry weight of tomato seedlings in different media

图4-11列出了不同配方基质对番茄幼苗干重的影响。在番茄幼苗地上干重上，H4处理效果最佳，单株地上干重达到0.1312g，是CK处理的2.18倍。其次是H3处理是CK处理的1.87倍。对于地下部分干重，H3，H4，H6，H8处理与对照组CK无显著差异，H4处理最高，是CK的1.28倍。综合分析，从整株上来看，H4处理的干重最大，H3次之。处理H4（污泥发酵物：草炭土：田园土=2：1：1）对提高番茄幼苗干重最有效。

4.2.4 不同基质对番茄幼苗高度的影响

图4-12列出了不同配方基质对番茄幼苗高度的影响。在株高上，除了处理H1，处理H2和处理H6外，其余处理的株高都大于对照组CK。处理H1显著低于对照组CK，可能是由于营养成分和EC太高。H4处理的株高的效果最佳，单株高度达到18.35cm，是CK处理的1.41倍。其次是H3处理，是CK处理的1.31倍。处理H2与H4的根长与对照组CK有显著差异。处理H4的根长最长，是CK的1.72倍。从整株上来看，处理H4的全长最长，H3次之。

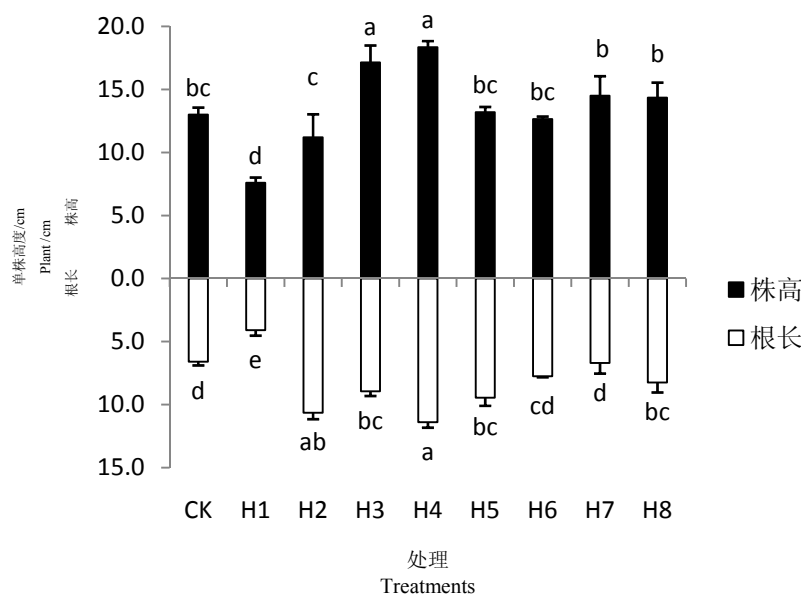


图 4-12 不同基质的番茄幼苗地高度
Fig. 4-12 Height of tomato seedlings in different media

4.2.5 不同基质对番茄幼苗壮苗指数的影响

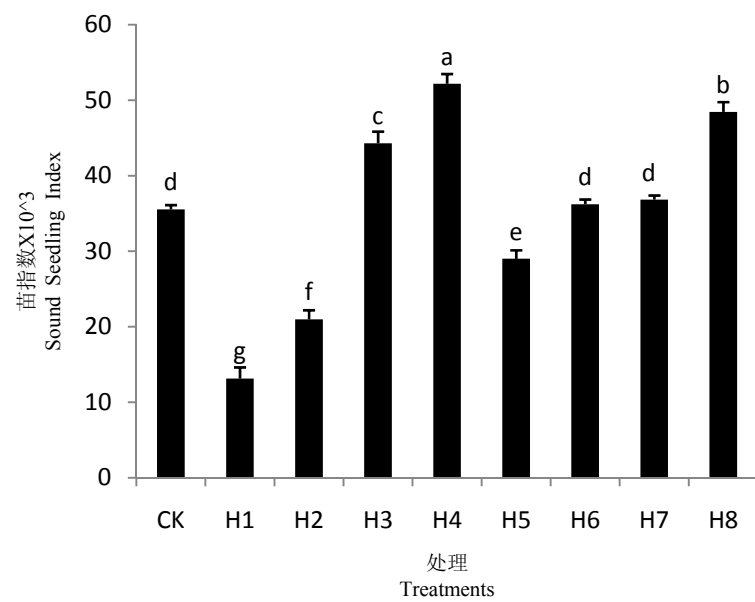


图 4-13 不同基质的番茄幼苗的壮苗指数
Figure 4-13 Matrix seedling index of tomato seedlings

图4-13列出了不同配方基质对番茄幼苗高度的影响。结果表明，辣椒壮苗指数由大到小依次为H4>H8>H3>H7>H6>CK>H5>H2>H1。处理H6和H7的壮苗指数与对照组CK没有显著差异。处理H1、H2 和H5的壮苗指数低于对照组CK。处理H3、H4和H8壮苗指数显著高于对照

组CK，分别是对照组CK的1.24倍、1.45倍、1.35倍。处理H1和H2中没有田园土的加入，营养物质虽然充分，但根系不能充分依附，水分不能长时保持，并不能有利番茄幼苗的发育。

4.2.6 不同基质对番茄幼苗重金属积累的影响

表 4-2 育苗基质与蕃茄幼苗的金属含量的对比

Table 4-2 Comparison of metal content between seedling substrate and tomato seedling

处理	基质	植物样	基质	植物样	基质	植物样	基质	植物样	基质	植物样
Treatment	Cu	Cu	Zn	Zn	Pb	Pb	Cr	Cr	Cd	Cd
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
H3	18.65/b	8.88/b	46.31/c	39.76/de	9.04/d	3.88/c	36.65/b	7.82/c	N	N
H4	16.07/c	8.87/b	48.91/c	21.07/f	5.82/e	1.41/e	28.00/c	6.64/c	N	N
H5	14.86/c	8.43/b	56.46/b	49.05/b	8.07/d	4.83/b	48.15/a	13.72/a	N	N
H6	20.95/a	9.70/a	63.92/a	55.54/a	21.33/c	3.77/c	45.46/a	10.67/b	N	N
H7	9.92/d	4.67/d	42.48/d	41.81/cd	33.38/b	4.85/b	22.36/d	8.14/c	N	N
H8	10.37/d	6.72/c	47.48/c	42.81/c	38.88/a	7.85/a	26.36/c	8.14/c	N	N
CK	8.95/d	3.75/e	43.31/d	32.05/e	5.09/e	3.22/d	37.57/b	13.60/a	N	N
GB I	35		100		35		90		0.2	
GB II	50		200		250		150		0.3	

注：GB I 表示土壤环境质量标准（GB15618-1995）的一级标准，GB II 表示二级标准

处理H1、H2烘干后的干重小，无法检测其重金属含量。

从表 4-2 可以看出，所有处理的基质的重金属含量都在土壤环境质量标准(GB15618-1995)的一级标准限值内。在 H3 处理的番茄幼苗上，重金属含量是 $Zn > Cu > Cr > Pb > Cd$ 。在 H4 处理的番茄幼苗上，重金属含量是 $Zn > Cu > Cr > Pb > Cd$ 。在 H5 处理的番茄幼苗上，重金属含量是 $Zn > Cr > Cu > Pb > Cd$ 。在 H6 处理的番茄幼苗上，重金属含量是 $Zn > Cr > Cu > Pb > Cd$ 。在 H7 处理的番茄幼苗上，重金属含量是 $Zn > Cr > Pb > Cu > Cd$ 。在 H8 处理的番茄幼苗上，重金属含量是 $Zn > Cr > Pb > Cu > Cd$ 。在 CK 处理的番茄幼苗上，重金属含量是 $Zn > Cr > Cu > Pb > Cd$ 。在 Cu 上，所有基质的 Cu 含量都高于 CK，所有蕃茄幼苗的 Cu 含量都高于 CK，这说明蕃茄幼苗对 Cu 有一定的吸收效应。处理 H7 的蕃茄幼苗的 Cu 含量在六个处理中最少。在 Zn 上，处理 H3、H4 和 H8 的基质的 Zn 含量与 CK 无显著差异，处理 H5 和 H6 的含量高于 CK。所有蕃茄幼苗对 Zn 都有富集作用，可能是由于 Zn 有利于植物生长。处理 H4 的蕃茄幼苗的 Zn 含量在六个处理中最少，处理 H6 最高。在 Pb 上，处理 H4 的基质的 Pb 含量与 CK 无显著差异，处理 H6、H7 和 H8 的基质的 Pb 含量远大于 CK。蕃茄幼苗对 Pb 有屏蔽作用，可以降低其迁移进细胞体内。处理 H4 的蕃茄幼苗的 Pb 含量最低。在 Cr 上，处理 H4 的基质的 Cr 含量低于 CK，有明显差异。蕃茄幼苗对 Cr 也有屏蔽作用。处理 H4 的蕃茄幼苗的 Cr 含量最低。在 Cd 上，基质与育苗上没有检出，可能是含量太低。随着基质育苗完成后，在大田中成长，重金属浓

度会随着植株生物量的积累而进一步降低。总体上，蕃茄幼苗的重金属偏低，不会影响蕃茄正常生长。

4.2.7 蕃茄育苗试验小结

处理H4、H6、H7、H8有较高出苗率。H3处理和H4处理有高于对照组CK的生物积累量。，处理H3、H4、H8有较高的壮苗指数。所有处理的基质的重金属含量都在国家标准限定内，不会影响蕃茄幼苗的正常生长。蕃茄幼苗生物体内，重金属含量都较低，随着移栽到大田继续生长，这种含量会进一步减小。所有处理中，处理H4对重金属的吸收与屏蔽有最好的效果。综上，与对照组CK相比，在形态指标上，处理H4（污泥的发酵物：草炭土：田园土=2：1：1）的出苗率、地上鲜重、地上干重、地下干重、株高、根长和壮苗指数分别平均增加了1.15倍、1.56倍、1.14倍、2.18倍、1.27倍、1.31倍、1.72倍、1.45倍。处理H4虽然在Zn有富积，在Cu上有积累，但在Pb和Cr上有更少的含量，在Cd上，未检出。处理H4（污泥发酵物：草炭土：花园土=2：1：1）有利于提高蕃茄幼苗的质量，可以用作蕃茄幼苗的育苗基质。

第五章结论与展望

5.1 试验结论

本研究中, 先将生活污水进行发酵, 然后选择最好的发酵物与蚯蚓粪、草炭土、田园土按不同体积比进行混合, 配成八种基质, 并对基质的理化性质进行研究, 还在温室大棚进行二种不同作物的育苗效果实验。结论如下:

1、生活污水发酵实验: 处理T5(污泥: 牛粪: 秸秆: 菌渣=11: 5: 2:1)在发酵过程中, 最先达到高温期, 持续天数久, 发芽指数(GI)最高。这表明牛粪和秸秆是生活污水发酵的一种好的添加剂或膨胀剂。处理T5的污泥发酵物可以当作复合基质的原料。

2、基质理化性质: 处理基质的容重在 $0.35\sim 0.66\text{g}/\text{cm}^3$, 总孔隙度在 $50.2\%\sim 69.0\%$, 持水孔隙度在 $47.9\%\sim 65.5\%$, 通气孔隙度在 $2.3\%\sim 12\%$, pH值在 $6.65\sim 7.78$, EC值在 $0.12\sim 2.21\text{ms}/\text{cm}$, 全N在 $0.28\sim 1.24\%$ 之间, 全P在 $0.02\sim 0.12\%$ 之间, 全K在 $0.85\sim 1.32\%$ 之间, 有机质在 $37.69\sim 350.41\text{g}/\text{kg}$ 之间。污泥发酵的使用量可能改变基质的理化性质。通过合适的配方与筛选, 可以将基质的理化性质接近理想基质的性质, 或者适合某种作物种子萌发生长的基质。

3、辣椒育苗试验: 与对照组CK(草炭土: 蛭石=3: 1)相比, 在形态指标上, 处理H5(污泥发酵物: 蚯蚓粪: 田园土=1: 1: 1)的辣椒幼苗的出苗率、地上鲜重、地下鲜重、地上干重、地下干重、株高、根长和壮苗指数分别平均增加1.09倍、2.74倍、4.07倍、2.14倍、2.82倍、1.35倍、1.54倍、3.07倍; 在光合参数上, 处理H5的辣椒幼苗的叶绿素、净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO_2 速率、气孔导率分别平均提高1.07倍、1.49倍、2.69倍、1.10倍、1.71倍。处理H5有利于辣椒幼苗的生长。适量的污泥发酵物的加入, 可以提高辣椒幼苗的光合作用, 增加生物量的积累。

4、蕃茄育苗试验: 与对照组CK相比, 在形态指标上, 处理H4(污泥发酵物: 草炭土: 田园土=2: 1: 1)的出苗率、地上鲜重、地上干重、地下干重、株高、根长和壮苗指数分别平均增加1.15倍、1.56倍、1.14倍、2.18倍、1.27倍、1.31倍、1.72倍、1.45倍。在五种重金属含量上, 处理H4虽然在Cu上有一定积累, 在Zn有富积, 但在Pb、Cr和Cd上含量最少。处理H4有利于蕃茄幼苗的生长, 处理H4可节省50%的草炭土。污泥发酵中虽然含有重金属, 但污泥基质育苗可以在前期充分利用污泥中的营养元素和有益因子, 减少了重金属进入作物中的含量。

5.2 试验展望

处理H1和H2由T5的污泥发酵物、蚯蚓粪和草炭土组成，在所有处理中，其全氮，全磷，全钾和有机质高，但在辣椒和番茄的育苗实验中，出苗率、形态指标和光合参数不是很好。可能是营养成分太高，导致EC值大，对作物产生了盐害效应。因此，在配制基质过程中，要注意营养成分高的物料的搭配。

加有生活污水发酵物的八个处理，其容重和持水孔隙大都上升，其总孔隙、通气孔隙和大小孔隙比大都下降。持水孔隙、通气孔隙和大小孔隙比不在常用基质范围内，可能是因为污泥发酵物密度大，保水性强。为了避免这种情况，要改进生活污水发酵方案，增加膨胀剂的比例，还要控制污泥发酵物的使用量。

作物幼苗体内的重金属随着生物量的增加的变化，污泥发酵物在育苗中起主要作用的的有益因子，生产完的污泥复合基质如何处理处置这些问题还有进一步研究。

本试验初步找出辣椒育苗的优良基质H5（污泥发酵物：蚯蚓粪：田园土=1：1：1），番茄育苗的优良基质H4（污泥发酵物：草炭土：田园土=2：1：1）。还需更加详细的梯度实验进一步确定几种物质的最佳比例。

参考文献

- 鲍艳宇, 周启星, 颜丽, 关连珠. 2008. 畜禽粪便堆肥过程中各种氮化合物的动态变化及腐熟度评价指标. 应用生态学报, (02):374-380.
- 查甫生, 崔可锐, 席培胜. 污泥的处置及利用技术探讨: 第二届中国水利水电岩土力学与工程学术讨论会, 中国湖北武汉, 2008[C].
- 陈玲, 赵建夫, 李宇庆, C. Paul Lo, 方萍, 李季. 2005. 城市污水厂污泥快速好氧堆肥技术研究. 环境科学, (05):192-195.
- 陈振德, 何金明, 黄俊杰, 翟光辉, 李祥云, 朱培生. 1998. 蔬菜穴盘育苗基质的选配及其理化特性研究. 农业工程学报, (02):198-203.
- 程艳, 张晓明, 吴春燕, 刘丹, 曹稳, 姜婉竹. 2015. 秸秆灰型混合育苗基质对番茄秧苗质量的影响. 北方园艺, (18):51-54.
- 崔玉雪. 2011. 用于填埋场臭气控制的微生物除臭剂开发与除臭机理研究. [硕士华东师范大学].
- 戴晓虎, 戴翎翎, 段妮娜. 2017. 科技创新为我国污泥绿色化低碳发展提供对策. 建设科技, (01):48-50.
- 丁文川, 李宏, 郝以琼, 曾晓岚. 2002. 污泥好氧堆肥主要微生物类群及其生态规律. 重庆大学学报(自然科学版), (06):113-116.
- 付建超. 2013. 基质育苗移栽棉主要病害发生特点分析. 黑龙江科技信息, (18):296.
- 高华. 2014. 秸秆还田的优点及应用. 农业开发与装备, (10):129.
- 郭世荣. 2003. 无土栽培学北京: 中国农业出版社:202-214.
- 郭世荣. 2005. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势. 农业工程学报, (S2):1-4.
- 侯晓峰, 薛惠锋. 2011. 城镇污水污泥土地利用风险及收益-成本分析. 西安工业大学学报, (02):199-204.
- 胡晓丽, 杨小莉, 吴宝山, 连喜娟. 2015. 蘑菇渣污泥混合基质理化性质及其对女贞容器苗生长的影响. 西南林业大学学报, (04):1-6.
- 黄红英, 孙恩惠, 武国峰, 曲萍, 常志州, 徐跃定. 2015. 麦秸秸秆花盆堆肥化研究及评价. 农业环境科学学报, (12):2386-2393.
- 黄科, 吴秋云. 2001. 无土栽培的现状与展望. 福建农业科技, (02):14-16.
- 黄奇. 2014. 蚯蚓堆肥在番茄育苗与栽培上的应用效果研究. [硕士南京农业大学].
- 黄志丰. 2014. 中小城市生活污水处理厂污泥在制砖工业中应用的探索. 污染防治技术, (01):17-20.
- 姜玲玲, 孙荪. 2015. 我国污泥处理处置现状及发展趋势分析. 环境卫生工程, (03):13-14.
- 荆延德, 张志国. 2002. 栽培基质常用理化性质“一条龙”测定法. 北方园艺, (03):18-19.
- 孔德栋, 齐振宇, 黄冲平. 2015. 温室植物无土栽培标准化基质配方试验. 浙江农业科学, (07):1009-1011.
- 郎惠卿. 1988. 泥炭的鉴别与利用北京: 科学出版社.
- 李庚飞. 2012. 室内花卉无土栽培基质的探讨. 价值工程, (17):302-303.
- 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 2004. 基质EC值与作物生长的关系及其测定方法比较. 中国蔬菜, (01):75-76.
- 李霞, 吕国华, 孟胜. 2005. 基质开发的研究现状、存在问题及发展趋势. 安徽农学通报, (S1):28-29.
- 李有威. 2015. 甜辣椒无土基质育苗技术要点. 蔬菜, (02):46-47.

- 刘国荣. 2013. 我国花卉无土栽培前景展望. 生物技术进展,(05):342-345.
- 刘婧. 2012. 无土栽培技术的应用与发展. 北方园艺,(16):204-206.
- 刘洋, 李永强, 徐鑫霖, 江茂, 黄冰, 康佳宾, 曾燕兵, 赵萍. 2014. 穴盘育苗播种机械及技术发展研究. 农业科技与装备,(06):34-36.
- 吕翠霞. 2014. 盆栽瓜叶菊无土栽培基质配方与营养液筛选研究. [硕士四川农业大学].
- 马雯, 呼世斌. 2012. 以城市污泥为掺料制备烧结砖. 环境工程学报,(03):1035-1038.
- 祁红英, 李师默, 宋超. 2012. 辣椒基质幼苗病害鉴定及生防菌剂防效试验. 长江蔬菜,(24):86-88.
- 钱庆乐. 2015. 秸秆综合开发利用的前景分析. 农技服务,(08):128.
- 钱晓雍, 沈根祥, 黄丽华, 奚刚, Giovanni Minuto. 2009. 畜禽粪便堆肥腐熟度评价指标体系研究. 农业环境科学学报,(03):549-554.
- 孙凯宁, 于君宝, 宁凯, 管博, 宋守旺, 丁广民. 2013. 棉花秸秆堆腐特性及腐熟度评价. 农业环境科学学报,(02):393-399.
- 唐艺荣. 2002. 城市污泥堆肥用于非洲菊无土栽培的研究. [硕士南京农业大学].
- 王东升, 毛久庚, 常义军, 陈欢, 成维东, 唐懋华. 2012. 蚓粪复合育苗基质对番茄幼苗生长的影响. 金陵科技学院学报,(01):64-68.
- 王欢, 王幸锐, 刘芳. 剩余活性污泥资源化利用技术及发展趋势: 四川省水污染控制工程学术交流会, 中国四川成都, 2009[C].
- 王惠娟, 程炳林, 邹志江. 2013. 黄瓜不同基质育苗试验. 上海蔬菜,(01):60-61.
- 王敏芳, 段炼. 2011. 蔬菜穴盘育苗及管理技术. 中国园艺文摘,(11):138-140.
- 王鑫. 2012. 调理剂对生活污泥脱水性能影响的研究. [硕士中南大学].
- 尉良. 2009. 农牧业废弃物堆肥腐熟质量控制指标研究. [硕士东华大学].
- 吴昊泽. 2011. 利用钢渣和造纸污泥吸收工业废气制备建材制品. [硕士济南大学].
- 吴元昌, 朱基珍, 黄榜彪, 赖骏, 武卫峰. 2014. 城市污水污泥烧结页岩多孔砖砌体轴压试验. 广西大学学报(自然科学版),(01):32-37.
- 谢兆森. 2006. 蓝莓栽培基质研究. [硕士中国林业科学研究院].
- 杨红丽, 王子崇, 张慎璞, 乔改梅. 2009. 农业有机废弃物发酵基质番茄育苗的试验研究. 中国农学通报,(18):304-307.
- 杨建生, 王杏龙, 钱晓晴, 陈维, 朱静, 王梁燕, 姚红艳, 丁媛媛, 胡亮, 江海明. 2015. 牛粪干湿分离液与秸秆腐熟料复配基质在番茄育苗中的应用效果研究. 现代农业科技,(09):75-76.
- 姚琴. 2014. 双孢蘑菇培养料配方及发酵过程中物质变化规律研究. [硕士南京农业大学].
- 张德威, 牟咏花, 徐志豪, 阙瑞芬, 张世祖. 1993. 几种无土栽培基质的理化性质. 浙江农业学报,(03):166-171.
- 张建华. 2012. 典型有机废弃物堆肥化产品的基质利用和对土传细菌病害抑制作用的研究. [博士浙江大学].
- 张天翔, 林宗铿, 曹明华, 杨尚庞, 蔡坤秀, 杨俊杰. 2012. 甜椒反季节基质栽培技术. 福建热作科技,(04):43-46.
- 张新建, 赵秋, 宁晓光. 2015. 以麦秸腐熟物为主体的基质对番茄幼苗生长的影响. 江苏农业科学,(10):201-202.

- 张轶婷, 崔世茂, 张晓梅, 姜伟, 单艳敏. 2011. 草炭复配基质特性及对黄瓜、番茄、辣椒幼苗生长的影响. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), (02):123-128.
- 周晓飞. 2013. 园林废弃物发酵基质对土壤pH值及含盐量的影响研究. 绿色科技, (11):207-209.
- 朱荷琴, 冯自力, 李志芳, 师勇强, 赵丽红, 李彩红. 2012. 基质育苗移栽棉主要病害发生特点. 中国棉花, (06):27-29.
- 朱书景, 薛改凤, 张垒. 2010. 污泥处理技术与发展趋势. 武钢技术, (03):1-3.
- 朱晓婷, 董立军, 林夏珍, 刘胜龙. 2011. 几种农林废弃物发酵基质与常用轻型基质的理化性质比较. 浙江林业科技, (02):57-60.
- 邹绍文, 张树清, 王玉军, 刘秀梅, 何绪生. 2005. 中国城市污泥的性质和处置方式及土地利用前景. 中国农学通报, (01):198-201.
- 张鹏, 张刚, 周婷. 2015. 市政污泥处理处置分析. 中国化工贸易, 7(22):159.
- Amir S, Abouelwafa R, Meddich A, Souabi S, Winterton P, Merlina G, Revel J, Pinelli E, Hafidi M. 2010. PLFAs of the microbial communities in composting mixtures of agro-industry sludge with different proportions of household waste. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(7):614-621.
- Cai H, Chen T, Liu H, Gao D, Zheng G, Zhang J. 2010. The effect of salinity and porosity of sewage sludge compost on the growth of vegetable seedlings. *Scientia Horticulturae*, 124(3):381-386.
- Da Costa Silva J D, Barbosa Leal T T, Araujo R M, Ferreira Gomes R L, Ferreira De Araujo A S, de Melo W J. 2011. Germination and initial growth of ornamental *Capsicum* and *Celosia* in substrate of composted tannery sludge. *CIENCIA RURAL*, 41(3):412-417.
- de Bertoldi M, Sequi P, Lemmes B, Papi T, Stentiford E I. 1996. Composting Control: Principles and Practice. 见: de Bertoldi M, Sequi P, Lemmes B, et al(主编). *Blakie Academic and Professional*:49-59.
- Eldridge S M, Chan K Y, Xu Z H, Chen C R, Barchia I. 2008. Plant-available nitrogen supply from granulated biosolids: implications for land application guidelines. *AUSTRALIAN JOURNAL OF SOIL RESEARCH*, 46(5):423-436.
- Ferraz F M, Bruni A T, Povinelli J, Vieira E M. 2016. Leachate/domestic wastewater aerobic co-treatment: A pilot-scale study using multivariate analysis. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 166:414-419.
- Fudala-Ksiazek S, Pierpaoli M, Kulbat E, Luczkiewicz A. 2016. A modern solid waste management strategy - the generation of new by-products. *WASTE MANAGEMENT*, 49:516-529.
- Gomes D R, Winckler Caldeira M V, Delarmelina W M, Goncalves E D O, Trazzi P A. 2013. SEWAGE SLUDGE AS SUBSTRATE FOR *Tectona grandis* L. SEEDLINGS PRODUCTION. *CERNE*, 19(1):123-131.
- H K P, C H C, Y H Z. 2006. Response of microbial activities to heavy metals in a neutral loamy soil treated with biosolid. 64(01):63-70.
- Huang H, Yuan X. 2016. The migration and transformation behaviors of heavy metals during the hydrothermal treatment of sewage sludge. *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, 200:991-998.
- Kahn B A, Hyde J K, Cole J C, Stoffella P J, Graetz D A. 2005. Replacement of a peat-lite medium with compost for cauliflower transplant production. *COMPOST SCIENCE & UTILIZATION*, 13(3):175-179.
- Marufuzzaman M, Eksioglu S D, Hernandez R. 2015. Truck versus pipeline transportation cost analysis of

wastewater sludge. TRANSPORTATION RESEARCH PART A-POLICY AND PRACTICE,74:14-30.

Ni K, Koester J R, Seidel A, Pacholski A. 2015. Field measurement of ammonia emissions after nitrogen fertilization-A comparison between micrometeorological and chamber methods. EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY,71:115-122.

Soltan A M M, Kahl W, El-Raoof F A, El-Kaliouby B A, Serry M A, Abdel-Kader N A. 2016. y Lightweight aggregates from mixtures of granite wastes with clay. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION,117:139-149.

Trazzi P A, Winckler Caldeira M V, Cusatis A C, Higa A R. 2014. Growth and nutrition of Tectona grandis seedlings produced in organic substrates. SCIENTIA FORESTALIS,42(101):49-56.

Wolters B, Widyasari-Mehta A, Kreuzig R, Smalla K. 2016. Contaminations of organic fertilizers with antibiotic residues, resistance genes, and mobile genetic elements mirroring antibiotic use in livestock APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY,100(21):9343-9353.

,

致谢

感谢我的导师呼世斌教授，在忙碌的工作之余，从论文的选题到查阅资料、从试验设计到开展工作、从论文的写作到最后的修改，导师都倾注了大量心血，给予了我悉心的建议和指导，这使我受益匪浅。

在论文完成之际，向对我攻读专硕期间给予我不倦的教诲和关怀的恩师呼世斌教授表示我由衷的感谢！

在试验完成的整个过程中，师兄刘晋波，师姐李小娜，梁晓萍，许晓玲给予了我热心的帮助和指导，师弟张修顺，张威，师妹王旋，候丽娜给予了我热心的帮助，在这里我表示衷心的感谢！

在西北农林科技大学的两年生活中，舍友李晨曦，张中恺，林国伟与我相处融洽，大家互帮互助，度过了两年愉快的研究生时光，在这里我表示衷心的感谢！

在西北农林科技大学的两年学习中，我开拓了眼界，增长了学问，为我以后的职业生涯打下了扎实的基础，在这里，向我的母校西北农林科技大学表示衷心的感谢！

能来西北农林科技大学的没有担忧的生活和学习，离不开我父母无条件的鼓励和支持，在这量我向他们表示万分的感谢！

最后，对所有的专家评审委员表示最诚挚的感谢！

作者简介

何仕涛，男，1992 年 07 月 20 日出生，汉族，四川南充人，中共党员。2010 年 9 月考入四川农业大学资源环境学院环境工程专业，2014 年 6 月获得工学学士学位。2015 年 9 月考入西北农林科技大学资源环境学院环境工程专业，攻读硕士学位，师从呼世斌教授，研究方向为固体废弃物资源化利用和污水处理与处置方向。