

生活污水有机肥育苗基质配方研究

王西娜¹, 薛旭¹, 谭军利^{2,3*}, 麦旭东², 田军仓^{2,3} (1.宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021; 2.宁夏大学土木与水利工程学院, 宁夏银川 750021; 3.宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术研究中心, 宁夏银川 750021)

摘要 为研发适宜育苗的以生活污水有机肥为基础的基质,通过温室大棚育苗盘育苗试验,筛选适宜的生活污水有机肥种类以及有机肥与珍珠岩、蛭石的混合比例,为生活污水资源化利用提供理论依据和技术支撑。试验因素包括生活污水有机肥种类和生活污水有机肥:珍珠岩:蛭石的配比,生活污水有机肥种类有4种分别为A₁、A₂、A₃和A₄;4个混合比例分别为2:1:1、4:1:1、6:1:1和8:1:1(质量比,分别以B₁、B₂、B₃、B₄表示),完全随机组合共16个处理,以商品基质为对照,供试材料为西瓜。结果表明,不同种类生活污水有机肥及混合比例的基质均对西瓜出苗率和幼苗生长存在显著影响,其中A₂B₃处理的基质西瓜出苗率、株高、叶片数、SPAD均高于其他处理。同时生活污水有机肥种类与混合比例也存在极显著的交互效应,而A₂B₃组合的基质最优即A₂生活污水有机肥及其与珍珠岩、蛭石质量比为6:1:1,可以推荐为生活污水有机肥育苗基质配方。

关键词 污泥有机肥;育苗基质;西瓜;混合比例

中图分类号 S604⁺.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2024)24-0119-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2024.24.027

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Seedling Substrate Formulation Based on Organic Fertilizer from Domestic Sludge

WANG Xi-na¹, XUE Xu¹, TAN Jun-li^{2,3} et al (1.School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2.School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 3.Engineering Technology Research Center of Water-Saving and Water Resource Regulation in Ningxia, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract In order to research and develop suitable seedling substrate based on domestic sludge organic fertilizer, the suitable kinds of domestic sludge organic fertilizer and the mixing ratio of organic fertilizer to perlite and vermiculite were screened through seedling tray test, providing theoretical basis and technical support for domestic sludge resource utilization. The treatments included 4 types of domestic sludge organic fertilizers (A₁, A₂, A₃, A₄) and 4 mixing mass ratio of organic fertilizers: perlite: vermiculite (2:1:1, 4:1:1, 6:1:1, 8:1:1) which were denoted by B₁, B₂, B₃, B₄ respectively, with commercial substrate as control and watermelon as tested crop. The results showed that both sludge organic fertilizer varieties and mixing ratios had significant effect on watermelon seed germination and seedling growth. Watermelon seed germination, plant height, number of leaves and SPAD were higher in A₂B₃ treatment than other treatments. Also there were highly significant interaction effects between organic fertilizer varieties and mixing ratios, while the combination of A₂B₃ was optimum i.e. sludge organic fertilizer A₂ and its mixing ratio with perlite and vermiculite was 6:1:1, which can be recommended as sludge organic fertilizer seedling substrate formulation.

Key words Sludge organic fertilizer; Seedling substrate; Watermelon; Mixing ratio

随着农业种植结构的调整 and 传统农业向现代化农业的转变,我国设施农业的快速发展,育苗基质变得越来越重要^[1]。育苗基质是能否培育优质壮苗的关键因素之一^[2]。利用有机、无机材料及微生物制剂所配制的能够满足幼苗生长需要的优质土壤或无土栽培基质称为育苗基质^[3]。目前市面上常见的育苗基质有岩棉、细蛭石、草炭、锯木屑等,其中有机肥、细蛭石是较理想的育苗基质^[4]。

污泥的农业利用实现污泥的资源化、减量化、稳定化,是最具潜力的处置方式^[5]。城市生活污水经过堆肥发酵处理,可以钝化污泥中重金属活性、消灭病原体^[6],是最有发展前景和经济有效的污泥处置方法,对实现农业可持续发展具有重要意义^[7]。经过堆肥发酵的污泥有机肥含有大量有机质和丰富的营养元素,可以作为育苗基质原材料生产营养基质,为幼苗的生长发育提供充足的养分和营养元素,促进其生根发芽,有利于培育优质壮苗^[8]。

城市生活污水、秸秆等的堆肥产物,具有疏松土壤、提高

土壤透气性、增强土壤肥水渗透力等特点^[9],能够提高农产品产量和品质。唐同斌等^[10]发现污泥堆肥产物能促进小麦的生长发育,邵蕾等^[7]将污泥堆肥产物用于油菜种植,增产效果显著,土壤和产品质量均在安全标准范围内^[11]。污泥堆肥产物不仅具有显著的经济效益,而且堆肥产物经过处理后使用是安全的^[12-13]。

笔者利用污泥有机肥作为主要材料,与珍珠岩、蛭石经过一定质量比例混合复配出西瓜育苗基质,研究其对西瓜幼苗生长发育的影响,筛选出最佳的育苗基质配方,为开发合适的西瓜育苗基质配方和污泥堆肥产物资源化利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 污泥有机肥取自在中卫市林峰科技有限公司的污泥堆肥试验中的A₁、A₂、A₃、A₄堆肥产品。其中A₁生活污水有机肥的生产工艺为10%玉米秸秆+90%生活污水,玉米秸秆粉碎成3 cm粒径,堆肥工艺采用玉米秸秆与生活污水掺混后静置6 d后再按常规翻抛的堆肥产品;A₂生活污水有机肥的生产工艺为10%玉米秸秆+90%生活污水,玉米秸秆不粉碎,堆肥工艺采用常规翻抛的方法;A₃生活污水有机肥的生产工艺为15%玉米秸秆+85%生活污水,玉米秸秆粉碎成5 cm粒径,堆肥工艺采用常规翻抛的方法;A₄生活污水有机肥的生产工艺为15%玉米秸秆+85%生活污水,玉米

基金项目 国家重点研发计划课题(2018YFC0408104);宁夏自然科学基金项目(2022AAC02013);宁夏高等学校一流学科建设(水利工程)资助项目(NXYLXK2021A03)。

作者简介 王西娜(1978—),女,陕西华阴人,副教授,博士,从事植物营养高效利用与调控研究。*通信作者,教授,博士,从事农业水资源高效利用及农业废弃资源利用研究。

收稿日期 2024-02-05

秸秆粉碎成 3 cm 粒径,堆肥工艺采用常规翻抛+曝气处理。具体堆肥过程参考文献[14]。轻质珍珠岩(粒径 3~6 mm)和蛭石(粒径 1~2 mm)购买于灵寿县永顺矿产品加工厂。供试西瓜种子为金城五号(中卫市金城种业有限责任公司)。商品基质是由沃德农业科技有限公司生产。

1.2 试验方法 试验于 2021 年 4—6 月在宁夏大学教学试

验基地温棚内进行。首先将经过堆肥所生产的污泥有机肥用粉碎机粉碎成粉末状。然后与珍珠岩和蛭石按一定质量比例混合,复配形成新的育苗基质。4 种污泥有机肥的基本理化性状见表 1。4 种生活污水有机肥养分含量接近,A₁ 和 A₂ 硝态氮和铵态氮含量略高于 A₃ 和 A₄。

表 1 生活污水有机肥基本理化性状
Table 1 Basic physical and chemical properties of sludge organic fertilizer

肥料 Fertilizer	pH	EC mS/cm	硝态氮 Nitrate nitrogen g/kg	铵态氮 Ammonium nitrogen//g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	有机质 Organic matter//g/kg
A ₁	7.35	2.49	1.18	1.04	19.23	419.5
A ₂	7.35	2.52	1.11	1.10	19.10	407.7
A ₃	7.37	2.66	1.01	0.84	20.87	418.5
A ₄	7.40	2.71	0.96	0.75	21.58	432.7

1.3 试验设计 采用 2 因素 4 水平完全随机试验,2 因素分别为污泥有机肥种类(A₁、A₂、A₃、A₄)和生活污水有机肥:蛭石:珍珠岩的混合比例,混合比例分别为 2:1:1、4:1:1、6:1:1、8:1:1,分别以 B₁、B₂、B₃、B₄ 表示。试验设计见表 2。

表 2 试验设计
Table 2 The experimental design

处理 Treatment	A(污泥有机肥) Sludge organic fertilizer	B(混合比例) Mixing ratio
①	A ₁	B ₁
②	A ₂	B ₁
③	A ₃	B ₁
④	A ₄	B ₁
⑤	A ₁	B ₂
⑥	A ₂	B ₂
⑦	A ₃	B ₂
⑧	A ₄	B ₂
⑨	A ₁	B ₃
⑩	A ₂	B ₃
⑪	A ₃	B ₃
⑫	A ₄	B ₃
⑬	A ₁	B ₄
⑭	A ₂	B ₄
⑮	A ₃	B ₄
⑯	A ₄	B ₄
CK	商品基质	

复配后的基质分别装入育苗盘,穴盘规格为 50 孔,4 月 7 日将西瓜种子浸泡,4 月 8 日将浸泡的西瓜种子播种于穴盘中。每穴播西瓜种子 1 粒,之后盖一层薄的基质至与穴盘平齐。随机排列,每个处理 4 次重复,每个重复 5 穴。育苗期间定期灌水,保持育苗基质有较好的水分状况。所有处理灌水处理均保持一致。

1.4 测定项目与方法 出苗率:种子拱土,子叶露出即为出苗。分别于 4 月 28 日(播种后 20 d)和 5 月 12 日(播种后 34 d)分别测定种子出苗率。出苗率=出苗数/播种数×100%。

株高用卷尺测量从基质表面位置到生长点的高度。叶片数为展开的叶片数。用叶绿素测定仪 SPAD-502plus(Konica Minolta,日本)测定叶片 SPAD 值,每株测定 3 片叶片,求其平均数。

1.5 数据处理 采用 SPSS 22.0 软件对试验数据进行统计

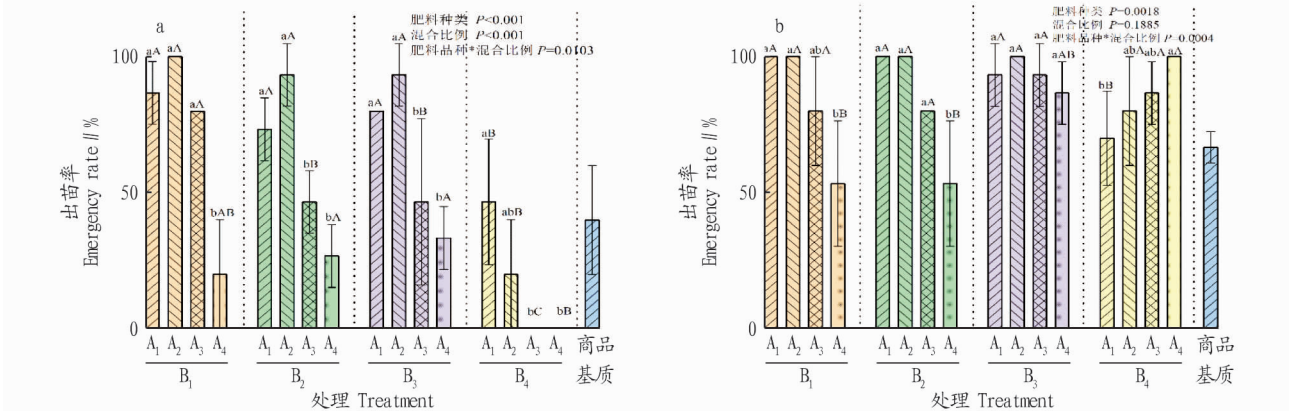
分析,采用双因素试验法进行方差分析,用 Duncan 法进行多重比较,结合 WPS Office 进行数据统计与分析处理,并使用 OriginPro2021 进行作图。

2 结果与分析

2.1 生活污水有机肥种类及混合比例育苗基质对西瓜出苗率的影响 播种后 20 和 34 d 西瓜的出苗率见图 1。不同种类生活污水有机肥基质对不同时期西瓜出苗率均有极显著($P<0.01$)或显著($P<0.05$)影响,其中 A₂ 基质的西瓜出苗率最高,平均值分别达 76.67%和 95.00%,比商品基质分别提高了 91.67%和 42.5%。除 A₄ 基质显著低于其他种类生物污泥有机肥的基质外,其他处理之间无显著差异。另外,A₄ 基质播种后 20 d 的出苗率低于同时期商品基质,但播种后 34 d 高于商品基质。这说明生活污水有机肥育苗基质随着培育时间延长促进了西瓜出苗。这可能是因为生活污水有机肥中含有大量的养分,为西瓜出苗提供了较好的养分条件。

从混合比例来看,播种后 20 d 不同混合比例复配基质对西瓜出苗率有极显著影响($P<0.01$),8:1:1 混合比例的复配基质的平均出苗率显著低于 2:1:1、4:1:1 和 6:1:1 处理。而播种后 34 d,不同混合比例复配基质之间无显著差异。这说明随着育苗时间的延长,混合比例对西瓜出苗率的影响不断减弱。

另外,生活污水有机肥种类与混合比例对西瓜出苗率存在极显著的交互效应($P<0.01$)。播种后 20 d,A₂B₃、A₂B₁ 和 A₂B₂ 处理的出苗率较高,超过 93%,而 A₃B₄ 和 A₄B₄ 的出苗率为 0;播种后 34 d,A₄B₁ 和 A₄B₂ 育苗基质的出苗率显著低于其他处理,出苗率仅为 53.3%,而此时其他组合育苗基质出苗率均超过 70%。从西瓜出苗率来看,每种生活污水有机肥均有适宜的配合比例。A₂ 生活污水有机肥的 B₁、B₂ 和 B₃ 配合比例和 A₁ 生活污水有机肥的 B₁ 和 B₂ 配合比例的出苗率最高,是较优的组合。综合播种后 20 和 34 d 西瓜出苗率来看,A₂B₃ 组合的育苗基质即生活污水有机肥种类为 A₂ 且其混合比例为 B₃ 即生活污水有机肥:珍珠岩:蛭石=6:1:1 是最优的。



注:不同小写字母表示同一比例下不同种类生活污泥有机肥之间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示同一种生活污泥有机肥不同混合比例之间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between different types of organic fertilizers from domestic sludge under the same proportion ($P<0.05$); Different capital letters indicate significant difference between different mixing ratios of the same organic fertilizer from domestic sludge ($P<0.05$).

图 1 生活污泥有机肥种类和混合比例基质对播种后 20 d (a) 和 34 d (b) 西瓜出苗率的影响

Fig.1 Effects of substrate from different organic fertilizer types based on domestic sludge and mixing ratios on seedling emergence of watermelon at 20 d (a) and 34 d (b) after sowing

2.2 生活污泥有机肥种类及其配比育苗基质对西瓜幼苗生长的影响

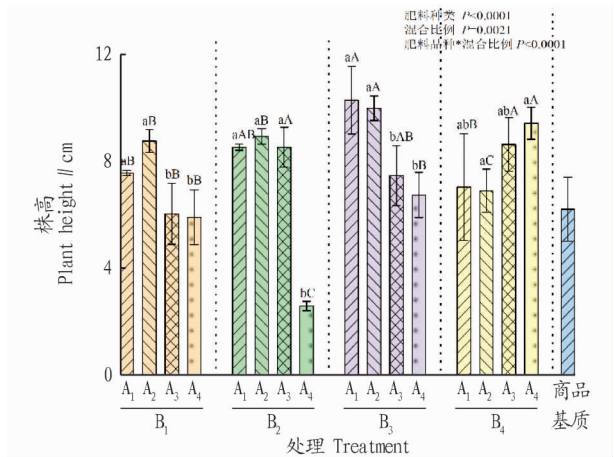
2.2.1 株高。西瓜幼苗株高是反映幼苗长势的重要指标。由图 2 可知,不同污泥肥料种类的基质对西瓜幼苗株高有极显著影响($P<0.0001$),A₄ 生活污泥有机肥基质的株高显著低于其他生活污泥有机肥基质。且除 A₄ 外,其他污泥有机肥基质的株高大于商品基质。A₂ 处理的株高最大,平均值达 8.68 cm,与商品基质相比提高了 39.3%。不同混合比例复配基质对西瓜幼苗株高也有显著影响($P<0.05$),B₃ 混合比例的复配基质的株高显著大于 B₂ 和 B₁ 复配基质($P<0.05$)。可见,西瓜苗株高随着污泥有机肥复配比例增加有增大趋势。这可能是因为生活污泥有机肥混合比例增加,养分含量增多,可以促进西瓜苗期的生长。

生活污泥有机肥种类与混合比例对西瓜苗期株高有极显著($P<0.0001$)的交互作用。对苗期西瓜株高而言,最优基质为 A₁B₃、A₂B₃ 处理次之,而 A₄B₂ 处理最小。可见,从促进西瓜幼苗生长的角度来看,A₂B₃ 组合的基质配方即 A₂ 生活污泥有机肥且生活污泥有机肥:珍珠岩:蛭石=6:1:1 是较优组合。

2.2.2 叶片数。叶片是植物对土壤矿质营养反应最为敏感的器官,作为地下部分向上输送的矿质营养储存库,其生长情况可作为评价肥料肥效最直观的指标^[15-16]。叶片数是反映幼苗生长发育的重要指标。由图 3 可知,不同种类生活污泥有机肥基质对西瓜幼苗叶片数有极显著影响($P<0.0001$),A₄ 基质的叶片数显著少于 A₁、A₂ 和 A₃ 基质。与商品基质相比,A₁、A₂、A₃ 和 A₄ 基质的西瓜平均叶片数分别比商品基质提高了 31.9%、41.9%、37.5%和 5.35%。从不同混合比例基质来看,B₃ 混合比例的基质平均叶片数显著多于 B₂,增加了 21.6%,而其他混合比例基质之间无显著差异。

不同生活污泥有机肥种类与混合比例的基质对西瓜叶

片数存在极显著的交互效应($P<0.0001$),最优组合基质为 A₂B₃,其叶片数为 6.0 片,而最差组合基质为 A₄B₂,其叶片数仅为 2.2 片。



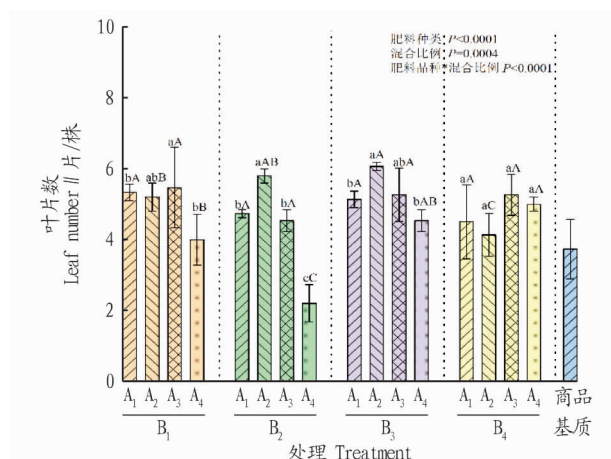
注:不同小写字母表示同一比例下不同种类生活污泥有机肥之间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示同一种生活污泥有机肥不同混合比例之间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between different types of organic fertilizers from domestic sludge under the same proportion ($P<0.05$); Different capital letters indicate significant difference between different mixing ratios of the same organic fertilizer from domestic sludge ($P<0.05$).

图 2 生活污泥有机肥种类和混合比例基质对西瓜育苗后期株高的影响

Fig.2 Effects of substrate from different organic fertilizer types based on domestic sludge and mixing ratios on seedling height of watermelon at late seedling period

2.3 生活污泥有机肥种类及其混合比例的育苗基质对西瓜幼苗叶片 SPAD 值的影响 叶绿素是植物体所必需的光合色素,其作为光能吸收、传递和转化的主要物质载体,在光合



注:不同小写字母表示同一比例下不同种类生活污水有机肥之间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示同一种生活污水有机肥不同混合比例之间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between different types of organic fertilizers from domestic sludge under the same proportion ($P<0.05$); Different capital letters indicate significant difference between different mixing ratios of the same organic fertilizer from domestic sludge ($P<0.05$).

图3 生活污水有机肥种类和混合比例基质对西瓜育苗后期幼苗叶片数的影响

Fig.3 Effects of substrate from different organic fertilizer types based on domestic sludge and mixing ratios on number of seedling leaves of watermelon at late seedling period

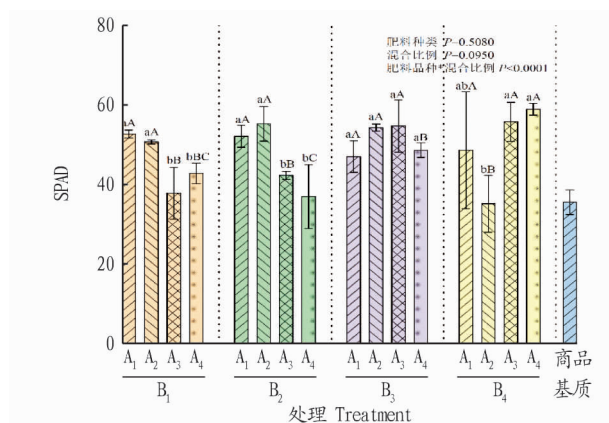
作用中占据重要地位^[17]。叶片SPAD值反映了叶片中叶绿素含量。由图4可知,不同种类生活污水有机肥基质和不同混合比例基质对西瓜幼苗叶片SPAD值无显著影响,处理之间无显著差异。但生活污水有机肥基质的叶片SPAD值均高于商品基质,提高幅度在31.7%~41.8%。尽管不同混合比例基质对西瓜叶片SPAD值无显著影响,但B3混合比例即6:1:1的基质叶片SPAD值最高,均值为51.0,而B1即2:1:1基质最低,均值为45.9。不同种类生活污水有机肥和混合比例对叶片SPAD值有极显著的交互效应,A₄B₄、A₃B₄和A₂B₂组合基质的叶片SPAD值最高,大于55,而A₂B₄仅为35。这说明不同种类生活污水有机肥及合适混合比例的基质可以提高西瓜幼苗叶片的SPAD值。

3 结论

(1)与商品基质相比,污泥有机肥育苗基质提高了西瓜的出苗率,同时促进了西瓜幼苗的生长。综合西瓜出苗率和西瓜幼苗生长来看,A₂是最优的生活污水有机肥种类。

(2)污泥有机肥与珍珠岩及蛭石的混合比例对西瓜种子的出苗以及株高和叶片数均有显著影响,B₃即6:1:1混合比例的基质最优。

(3)不同种类生活污水有机肥与混合比例的基质对西瓜种子发芽、幼苗生长及叶片SPAD均有极显著的交互作用。综合来看,A₂B₃的组合即A₂生活污水有机肥及生活污水有机肥:蛭石:珍珠岩混合比例为6:1:1是适宜西瓜育苗的基质配方。



注:不同小写字母表示同一比例下不同种类生活污水有机肥之间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示同一种生活污水有机肥不同混合比例之间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between different types of organic fertilizers from domestic sludge under the same proportion ($P<0.05$); Different capital letters indicate significant difference between different mixing ratios of the same organic fertilizer from domestic sludge ($P<0.05$).

图4 生活污水有机肥种类和混合比例基质对西瓜育苗后期幼苗叶片SPAD的影响

Fig.4 Effects of substrate from different organic fertilizer types based on domestic sludge and mixing ratios on leaf SPAD of watermelon seedlings at late seedling period

参考文献

- [1] 王缙.育苗基质研究综述[J].现代农业科技,2009(16):77,81.
- [2] 张婧,吴慧,程云霞,等.椰糠复合基质对番茄穴盘幼苗生长效应的综合评价[J].土壤通报,2021,52(5):1156-1164.
- [3] 王林闯,许文钊,徐兵划,等.不同类型育苗基质对无籽西瓜出苗及生长的影响[J].安徽农业科学,2019,47(4):69-70,78.
- [4] 陈贻钊,谢宇,林强,等.茶树菇菌糠复合红泥土基质对西瓜育苗的影响[J].农学学报,2017,7(7):71-76.
- [5] 王海东.北京市排水污泥制有机肥料对土壤的影响[D].北京:北京林业大学,2020.
- [6] 曹仲宏,王秀荣.某城市污水处理厂污泥处理处置方案的选择[J].中国给水排水,2013,29(2):13-15.
- [7] 邵蕾,王丽霞,马元民,等.污泥有机肥在油菜上的应用研究[J].北方园艺,2013(23):178-180.
- [8] 白霜,平原野,曾文龙,等.不同育苗基质配方对烟苗生长及若干生理代谢的影响[J].江西农业学报,2021,33(9):75-82.
- [9] 卫星,李贵雨,吕琳.农林废弃物育苗基质的保水保肥效应[J].林业科学,2015,51(12):26-34.
- [10] 陈同斌,李艳霞,金燕,等.城市污泥复合肥的肥效及其对小麦重金属吸收的影响[J].生态学报,2002,22(5):643-648.
- [11] 侯磊,杨阳,王鹏鹄,等.城市污水处理厂污泥堆肥产物复配水稻育苗基质的研究[J].农业开发与装备,2021(2):128-130.
- [12] 乔引庄,伍安国,王燕涛,等.造纸污泥做有机肥的尝试[J].中国造纸,2016,35(9):56-60.
- [13] CHANG R X, GUO Q Y, PANDEY P, et al. Pretreatment by composting increased the utilization proportion of pig manure biogas digestate and improved the seedling substrate quality[J]. Waste management, 2021, 129: 47-53.
- [14] 麦旭东,谭军利,王西娜,等.辅料及工艺参数对干旱地区污泥堆肥物理指标动态变化的影响[J].环境工程学报,2022,16(8):2682-2690.
- [15] 彭玉华,黄志玲,曹艳云,等.红锥不同种源叶片养分含量分析[J].广东林业科技,2012,28(5):62-66.
- [16] 童琪,李志辉,童方平,等.南酸枣幼林配方施肥及叶片氮磷钾元素分布规律[J].中南林业科技大学学报,2017,37(5):50-54.
- [17] 李辛,赵文智.荒漠区植物雪冰藜光合特性对混合盐碱胁迫的响应[J].生态学报,2018,38(4):1183-1193.