



张天昱,彭祚登,冯天爽,等.城镇排水污泥制成的有机营养土对油松种子萌发的影响[J].黑龙江农业科学,2021(12):29-33.

城镇排水污泥制成的有机营养土对油松种子萌发的影响

张天昱¹,彭祚登¹,冯天爽²,唐 胶¹

(1.北京林业大学 国家林草局油松工程技术研究中心,北京 100083; 2.北京市黄堡苗圃,北京 102602)

摘要:为促进资源的合理利用和可持续发展,本研究使用高级厌氧消化技术处理城镇排水污泥,将其制成有机营养土,通过实验室种子萌发试验,将城镇排水污泥制成的有机营养土与取自北京市大兴区黄堡苗圃的表层沙土进行不同比例的混合后,用蒸馏水浸提制成营养液,作为油松种子萌发的供给水分。结果表明:油松种子发芽率、日均发芽率和发芽指数在污泥占比 60% 最高,发芽势、发芽值和发芽峰值在污泥占比 80% 时最高,平均发芽时间在污泥占比 40% 时最短,平均发芽系数在污泥占比 20% 时最高。整体来看,所有指标均随着污泥占比减少呈先促进萌发后抑制萌发的趋势,即添加适量的污泥制有机营养土对油松种子萌发有促进作用。因此,采用城镇排水污泥制成的有机营养土作为油松播种育苗的基肥和种肥是可取的,同时在油松林林下施用污泥制有机营养土对油松的实生天然更新具有促进作用,可以考虑其应用推广,但需要合理控制污泥的用量。

关键词:污泥制有机营养土;油松;种子萌发

对城镇排水污泥的有效处理是城市污水处理后需要解决的重要问题之一^[1]。传统的污泥处理方法,大部分采取土地填埋,污泥好氧发酵和农用也占有一定比例,还有极少数采取焚烧的方法^[2-3]。未经加工处理的城镇排水污泥施入土壤中存在容易造成地下水污染、臭气等而影响环境的问题^[4]。但城镇排水污泥成分中含有丰富的氮、磷、钾等植物所需营养元素^[4-7],应用到农林中将会比普通肥料有更明显的优势,并且促进资源的合理利用和可持续发展。使用热水解厌氧消化工艺处理城镇排水污泥,消化后的污泥易于脱水,不仅可提高有机物降解率,而且能杀灭病菌和蛔虫卵等,形成稳定的固体^[8]。将其制成有机营养土,进行废弃资源的生态化综合利用。

油松(*Pinus tabulaeformis*)是我国北方地区重要的造林绿化树种,育苗造林范围广泛。本研究通过实验室种子萌发试验,将城镇排水污泥制成的有机营养土与取自北京市大兴区黄堡苗圃的表层沙土进行不同比例的混合后,用蒸馏水浸提

制成营养液,应用于油松种子萌发试验,旨在探究北京地区油松林内施用污泥制有机营养土后对林下种子更新及油松苗圃播种育苗的影响,为城镇排水污泥制有机营养土应用于油松人工林培育的可行性决策提供科学依据^[9]。

1 材料与方法

1.1 材料

供试油松种子 2018 年 9 月采自河北省滦平县。所用土壤采集自北京市大兴区黄堡苗圃多年育苗地,取 40 cm 以内耕作表层,土壤基本理化性质详见表 1。污泥产品由北京排水集团污泥处置分公司提供,采用高级厌氧消化处理污泥制成的有机营养土产品,相关理化性质详见表 2,供试污泥产品出厂测定的各项指标含量均符合国标 GB/T 24600—2009《城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质》。

1.2 方法

1.2.1 种子处理 所有油松种子经过水选,筛选出粒大饱满的优良种子。试验前先用 0.5% 的高锰酸钾溶液消毒 2 h,洗净后用 45 ℃ 温水浸泡 24 h。

1.2.2 试验设计 试验在北京林业大学林学实验中心的种子发芽箱中进行。发芽箱设置为 25 ℃,每天 16 h 光照、8 h 黑暗,相对湿度 75%。

收稿日期:2021-09-14

基金项目:国家发改委环境污染第三方治理“北京市污泥资源化苗圃种植项目”(2017HXFWLXY023)。

第一作者:张天昱(1997—),女,硕士研究生,从事林木种苗培育研究。E-mail:13020020658@163.com。

通信作者:彭祚登(1964—),男,博士,副教授,从事森林培育研究。E-mail:zuodeng@sina.com。

将油松种子置于铺有双层滤纸的培养皿里进行萌发试验,每个培养皿中放置 30 粒油松种子。将有机营养土与沙土进行不同比例的混合,共设置 6 个营养土占比处理,分别为 100%、80%、60%、40%、20%和 0%(CK),记为处理 1~6,各处理重复 4 次。每个处理的营养土和沙土的总量一致,均为 1.5 kg。将混合土和蒸馏水以 1:2 的比例充分混合后过滤得到浸提液,作为种子萌发的供给水分。试验处理方案详见表 3。

表 1 供试土壤相关理化性质

参数	含量	参数	含量
全镉/(mg·kg ⁻¹)	0.30±0.03	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	22.00±16.52
全铬/(mg·kg ⁻¹)	67.67±7.64	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	230.67±69.95
全铅/(mg·kg ⁻¹)	17.63±0.15	有机质/(g·kg ⁻¹)	13.72±1.25
全汞/(mg·kg ⁻¹)	0.14±0.02	pH	8.59±0.11
全铜/(mg·kg ⁻¹)	15.67±0.58	容重/(g·cm ⁻³)	1.41±0.03
全钾/(mg·kg ⁻¹)	15.58±0.88	孔隙度/(%)	46.96±1.22
全锌/(mg·kg ⁻¹)	89.77±27.27	最大持水量/(g·kg ⁻¹)	286.47±3.14
全镍/(mg·kg ⁻¹)	25.33±4.04		

表 2 供试城镇排水污泥相关理化性质

参数	含量	参数	含量
全镉/(mg·kg ⁻¹)	0.79	全氮/%	3.16
全铬/(mg·kg ⁻¹)	5.57	磷/%	5.42
全铅/(mg·kg ⁻¹)	15.55	钾/%	0.71
全汞/(mg·kg ⁻¹)	72.65	含水率/%	58.40
全铜/(mg·kg ⁻¹)	12.25	pH	7.50
全钾/(mg·kg ⁻¹)	208.50	粪大肠菌值	>0.111
全锌/(mg·kg ⁻¹)	535.00	蛔虫卵死亡率/%	未检出蛔虫卵
全镍/(mg·kg ⁻¹)	34.75	电导率/(mS·m ⁻¹)	204.50

表 3 污泥制有机营养土与苗圃沙土混合处理方案

处理	污泥制有机营养土施用配比方案		
	沙土/g	营养土/g	营养土占比/%
1	0	1500	100
2	300	1200	80
3	600	900	60
4	900	600	40
5	1200	300	20
6	1500	0	0

1.2.3 测定项目及方法 观察发芽的总天数为 15 d,每天记录种子发芽数,以第 8 天的数据计算发芽势。试验结束后分别计算种子的发芽率,发

芽势,平均发芽时间,平均发芽系数,日均发芽率,发芽指数,发芽峰值,发芽值。

各测定指标的计算公式如下^[10-14]：

发芽率(%)= $\frac{G_n}{S_n} \times 100$ (1)

式中:G_n为第 14 天种子萌发数,S_n为测试种子总数。下同。

平均发芽时间(d)= $\frac{\sum_i (G_i \times i)}{\sum_i G_i}$ (2)

式中:i 为自播种之日起的天数,G_i为第 i 天种子的发芽数。下同。

平均发芽系数= $\frac{\sum_i G_i}{\sum_i (G_i \times i)}$ (3)

日均发芽率(%)= $\frac{GP}{14} \times 100$ (4)

发芽指数= $\sum \frac{G_t}{D_t}$ (5)

式中:G_t为 t 时间内的发芽数,D_t为相应的发芽天数。

发芽势(%)= $\frac{GP_t}{S_n} \times 100$ (6)

发芽峰值= $\frac{GP_t}{DP_t}$ (7)

式中:GP_t为达到高峰日时发芽量,DP_t为达到发芽峰值时的天数。

发芽值= PV × MDG (8)

1.2.4 数据分析 试验数据采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析,采用单因素方差分析进行显著性检验(P<0.05)。

2 结果与分析

2.1 对种子发芽率的影响

种子发芽率是测试种子发芽数占测试种子总数的百分比,是检测种子质量的重要指标之一。种子发芽率越高,说明种子饱满,整齐度高,种胚发育良好,种子生命力高。如图 1A 所示,不同处理的油松种子发芽率差异显著,随污泥占比减少呈先上升后下降的趋势,其中发芽率最高的处理是污泥占比 60%。

2.2 对种子发芽进程的影响

种子发芽进程是反映污泥制有机营养土对种子发芽过程中的快慢指标,一般可以通过平均发芽时间、平均发芽系数和日均发芽率得到体现。

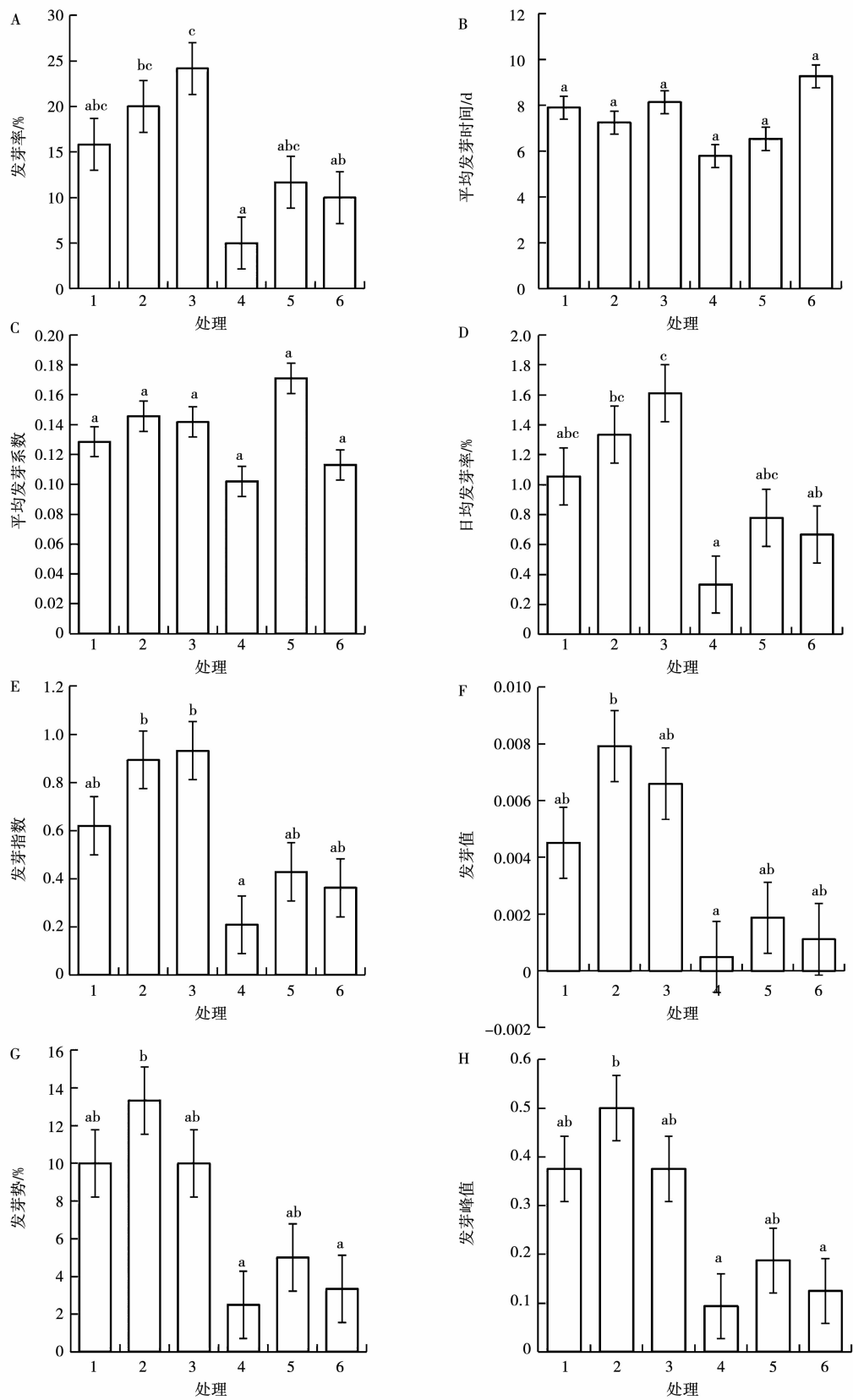


图 1 不同处理对油松种子萌发的影响

注:不同小写字母代表 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。

2.2.1 平均发芽时间 平均发芽时间是供试种子发芽所需的平均时间。如图 1B 所示,不同处理的油松种子平均发芽时间差异不显著,随污泥占比减少呈先缩短再延长的趋势,其中平均发芽时间最短的处理是污泥占比 40%。

2.2.2 平均发芽系数 平均发芽系数和平均发芽时间互为倒数,平均发芽系数与种子活力正相关。如图 1C 所示,不同处理的油松种子平均发芽系数差异不显著,随污泥占比减少呈先下降后上升的趋势,其中平均发芽系数最高的处理是污泥占比 20%。

2.2.3 日均发芽率 日均发芽率反映种子在单位时间所发芽的量,既可以体现发芽的快慢,也可以反映种子发芽的效率。如图 1D 所示,不同处理的油松种子日均发芽率差异显著,随污泥占比减少呈先上升后下降的趋势,其中日均发芽率最高的处理是污泥占比 60%。

2.3 对种子发芽效率的影响

种子发芽效率是种子在发芽过程中在有效时间范围内的成效指标,包括发芽指数和发芽值。

2.3.1 发芽指数 发芽指数是每日发芽数与相应天数的比值的总和,能反映种子的健壮度,即种子的活力。如图 1E 所示,不同处理的油松种子发芽指数差异显著,随污泥占比减少呈先上升后下降的趋势,其中发芽指数最高的处理是污泥占比 60%。

2.3.2 发芽值 发芽值是日均发芽率和发芽峰值的乘积,能体现种子的综合品质,更具有代表性。如图 1F 所示,不同处理的油松种子发芽值差异显著,随污泥占比减少呈先上升后下降的趋势,其中发芽值最高的处理是污泥占比 80%。

2.4 对种子播种萌发潜力的影响

种子萌发潜力是体现种子在播种后具备潜在出苗的能力,可以通过包括发芽势和发芽峰值等指标反映污泥制有机营养土处理后的种子对场圃条件下播种出苗的影响。

2.4.1 发芽势 发芽势是在发芽过程中日发芽种子数达到最高峰时,发芽种子数所占比例。如图 1G 所示,不同处理的油松种子发芽势差异显著,随污泥占比减少呈先上升后下降的趋势,其中发芽势最高的处理是污泥占比 80%。

2.4.2 发芽峰值 发芽峰值是高峰日的发芽量和达到高发芽峰值天数的比值,能反映测试种子的发芽速度和整齐度。如图 1H 所示,不同处理

的油松种子发芽峰值差异显著,随污泥占比减少呈先上升后下降的趋势,其中发芽峰值最高的处理是污泥占比 80%。

3 讨论

种子萌发是植物生长发育的起点,也是对外界环境状况反应最为敏感的阶段^[15]。种子萌发时期的发芽率、平均发芽时间、平均发芽系数、日均发芽率、发芽指数、发芽值、发芽势、发芽峰值是评价种子萌发的常用指标。它可以反映出种子的活力、发芽进程、发芽效率以及萌发潜力。通过试验结果可知,采用热水解厌氧消化工艺处理的污泥制有机营养土对油松种子萌发具有促进作用。因此,采用污泥制有机营养土用作油松播种育苗的基肥和种肥是可取的,同时在油松林林下施用有机营养土对油松的实生天然更新具有促进作用,可以考虑其应用推广,但需要合理控制用量。

本研究是从林业苗圃培育油松播种苗方面探究了污泥制有机营养土的施用效果,旨在为污泥日后在育苗中的应用提供可行的理论与技术支持。之前与此相关的研究多从污泥能促进苗木生长的角度出发,如高浩浩等^[16]的研究表明,污泥含量为 30% 时能对油松幼苗生长起到最佳的促进效果;李艳霞^[17]的研究中指出,污泥堆肥作为育苗基质能明显促进刺槐、国槐、侧柏的苗木生长。关于污泥对种子发芽影响少有相关报道,因而还未有类似的研究予以佐证,很有必要继续重复研究证实现有结论。

本试验主要是在实验室的发芽箱中进行的油松种子萌发试验,因此种子的生长环境与外界实际生长环境存在一定差异,需要在苗圃自然条件下进行油松播种育苗的进一步试验验证,使研究更具有系统性,但现有研究结果对后续研究和油松播种育苗生产已经具有一定的参考价值 and 指导意义。

4 结论

采用热水解厌氧消化工艺处理的污泥制有机营养土对油松种子萌发具有影响。在油松种子萌发试验中,就污泥制有机营养土在土壤中的占比来看,油松种子发芽率、日均发芽率和发芽指数在污泥占比 60% 最高,发芽势、发芽值和发芽峰值在污泥占比 80% 最高,平均发芽时间在污泥占比 40% 时最短,平均发芽系数在污泥占比 20% 时最高。整体来看,所有指标均随着污泥占比减少呈

先促进萌发后抑制萌发的趋势,即添加适量的污泥制有机营养土对油松种子萌发有促进作用。因此,采用城镇排水污泥制有机营养土用作油松播种育苗的基肥和种肥是可取的,同时在油松林林下施用有机营养土对油松的实生天然更新具有促进作用,可以考虑其应用推广,但需要合理控制用量。

参考文献:

[1] 贾旋,王春青,王晓玲.城市污水处理厂污泥资源化利用途径探讨[J]. 节能,2019,38(3):105-106.

[2] 高文梅.城市污泥处置与综合利用[J]. 化工设计通讯,2018,44(5):190.

[3] 刘恒嘉,刘永丽,张宏忠,等.城市污泥堆肥土地利用及环境风险综述[J]. 江苏农业科学,2014,42(2):324-326.

[4] 王金双,刘永德,赵继红,等.污泥堆肥产物的应用研究进展[J]. 绿色科技,2016(24):20-21.

[5] 张家权.城市污泥处理处置技术及资源化利用[J]. 化工设计通讯,2018,44(5):216.

[6] 王大春,郑敏.城市污泥处理及资源化利用现状与建议[J]. 节能,2015,34(6):4-8.

[7] 马雄威,马伟芳,郭浩,等.污泥制生物碳土在废弃矿山修复中的生态利用研究[C]//2012中国城镇污泥处理处置技术与应用高级研讨会论文集.天津:中国给水排水杂志社,2012:453-457.

[8] 杜强强,戴明华,张晏,等.热水解厌氧消化工艺用于污水厂泥区升级改造[J]. 中国给水排水,2017,33(2):46-50.

[9] 孙昱,彭祚登,熊建军,等.高级厌氧消化制污泥制有机肥对油松和榆树林木生长及养分积累的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(10):55-63.

[10] 刘雅婧,蒙仲举,党晓宏,等.狼毒浸提液对3种牧草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 草业学报,2019,28(8):130-138.

[11] 牛景文,陈少鹏,马俊伊.油松浸提液对福祿考种子萌发的影响[J]. 吉林农业,2019(19):61.

[12] 张毅,冯西博,马跃峰,等.有色大麦种子种皮颜色与种子活力相关性分析[J]. 中国农业大学学报,2019,24(10):18-29.

[13] 吕学辉,魏巍,陈诗,等.云南松不同家系种子发芽能力分析[J]. 种子,2011,30(8):42-45.

[14] 郑丽,冯玉龙,紫茎泽兰叶片化感作用对10种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2005(10):2782-2787.

[15] 王博,田杰,龙林,等.重金属胁迫对白三叶种子萌发的影响[J]. 种子,2019,38(2):20-24.

[16] 高浩浩,赵凤香.不同含量污泥堆肥对油松幼苗生长的影响[J]. 内蒙古林业调查设计,2016,39(3):52-53,47.

[17] 李艳霞,薛澄泽,陈同斌.污泥和垃圾堆肥用作林木育苗基质的研究[J]. 农村生态环境,2000(1):61-64.

Effects of Organic Nutrient Soil Made from Urban Sewage Sludge on Seed Germination of *Pinus tabulaeformis*

ZHANG Tian-yu¹, PENG Zuo-deng¹, FENG Tian-shuang², TANG Jiao¹

(1. *Pinus tabulaeformis* Engineering Technology Research Center, National Forestry and Grass Administration, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Beijing Huangfa Nursery, Beijing 102602, China)

Abstract: In order to promote the rational use of resources and sustainable development, this study used advanced anaerobic digestion technology to treat urban sewage sludge and turn it into organic nutrient soil. Through the laboratory seed germination test, the organic nutrient soil made from urban sewage sludge and the surface sand from the Huangfa nursery in Daxing District, Beijing were mixed in different proportions, and then extracted with distilled water to make a nutrient solution, which was used as water supply for seed germination of *Pinus Tabulaeformis*. The results showed that the germination rate, daily average germination rate and germination index of *Pinus tabuliformis* were the highest when the proportion of sludge was 60%, the germination potential, germination value and germination peak were the highest when the proportion of sludge was 80%, the average germination time was the shortest when the proportion of sludge was 40%, and the average germination coefficient was the highest when the proportion of sludge was 20%. On the whole, with the decrease in the proportion of sludge, the germination had shown a trend of first promoting and then suppressing. That is, adding an appropriate amount of organic nutrient soil made from sludge can promote the germination of *Pinus tabuliformis*. Therefore, it is advisable to use organic nutrient soil made from urban sewage sludge as the base fertilizer and seed fertilizer for *Pinus tabuliformis* sowing and seedling. At the same time, applying sludge to organic nutrient soil under *Pinus tabuliformis* forest has a significant effect on the natural regeneration of *Pinus tabuliformis*. The promotion effect can be considered for its application and promotion, but the amount of sludge needs to be controlled reasonably.

Keywords: organic nutrient soil made from sludge; *Pinus tabuliformis*; seed germination