

不同用量固化剂对湖底淤泥理化性质以及草坪草生长的影响

严先平, 毛钰, 蒋尚志, 谢学彬

(中建三局基础设施工程有限公司, 湖北 武汉 430074)

摘要:利用室内培养试验研究了固化剂不同用量对湖底淤泥理化性质的影响,结合盆栽试验分析了淤泥固化后种植植物的生长情况,以期为淤泥就地固化转化为种植土提供技术支持。结果表明:不同用量固化剂对固化后淤泥的容重、土壤有机质含量没有明显影响,但其全盐含量和 pH 值随固化剂用量的增加呈升高的趋势。固化剂添加后土壤含水率明显降低,与淤泥静置 10 d 相比,添加 3%~8% 固化剂后(T2~T7 处理)土壤含水率分别降低了 30.5%~20.2%。从高羊茅、黑麦草生长情况来看,淤泥经过固化后种植高羊茅、黑麦草的出苗率、株高和植被指数均高于未经固化淤泥处理,其中以添加 4% 固化剂(T3 处理)的植株长势最好,其出芽率、株高和植被指数要高于其它处理。

关键词:湖底淤泥;固化剂;高羊茅;黑麦草;含水率

中图分类号:S 812.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0155-04

湖底隧道建设过程中往往会产生大量的湖底淤泥,据报道,武汉市东湖通道工程建设过程中清淤总量约为 35 万 m³[1]。面对如此大量的淤泥,传统的处理方法往往采用简单堆放、自然干化,一方面它需要大量的场地进行淤泥的堆放,并且自然干化通常持续较长时间,在城市土地面积有限的情况下往往造成了资源的大量浪费,另一方面堆放过程中同样可能会对堆放区域产生二次污染[2],因此寻找合理的淤泥处理方法一直是湖底清

淤工程中面临的难题。关于淤泥处理方法有很多,比如利用淤泥进行堆肥发酵后制成有机肥[3],但由于生产成本相对较高,这种异地处理的方法并非是工程项目的首选,就地固化处理则是生产中广泛采用的方法,在多个工程项目中均有报道[4-5]。通过固化剂的添加,将湖底淤泥固化为工程性质良好的泥饼,用于工程的填方材料等,常见的固化剂有水泥、钢厂废渣、粉煤灰等[5-6]。事实上湖底淤泥经过长年的沉积作用,其有机质和养分含量往往较高,并且在湖底隧道建设过程中往往对周围的植被和土壤造成很大的破坏,如果能将淤泥转化为农业或园林种植土,一方面可以就地解决淤泥的处理问题,另一方面高有机质含量淤泥转化的种植土也有利于隧道

第一作者简介:严先平(1971-),男,本科,工程师,现主要从事土壤修复等研究工作。E-mail:564696467@qq.com.

基金项目:国家财政部施工新技术研究与开发资助项目。

收稿日期:2015-05-21

Abstract: Taking Chinese cabbage as test material, to evaluate the effect of organic and inorganic fertilizer application on cabbage yield and nutrient absorption synthetically in cabbage cropping region in north China, field experiments were conducted in the black soil of Acheng city. Six different treatments were designed: inorganic fertilizer(T1), combination of organic and inorganic fertilizer(T2), organic fertilizer(T3), lime mixed inorganic fertilizer(T4), lime mixed combination of organic and inorganic fertilizer(T5) and lime mixed organic fertilizer(T6). Compared the nutrient absorption content, calcium content and grain yield at each treatment. The results showed that T5 and T2 achieved the highest yield, 57.362 t/hm² and 56.695 t/hm², 26.8% and 17.0% higher respectively than T6, T3. And combination of organic and inorganic fertilizer promoted Chinese cabbage on the absorption of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium. The calcium content of harvesting time and yield were linear correlation. Liming accelerated the absorption of calcium thereby to increase the yield. Combination of organic and inorganic fertilizer was a good practical technique to increase the yield and nutrient absorption content on Chinese cabbage.

Keywords: Chinese cabbage; organic fertilizer; inorganic fertilizer; yield; nutrient absorption

建设过程中破坏植被的恢复。因此该文针对武汉市东湖通道建设过程中产生的大量淤泥,探讨不同固化剂用量对湖底淤泥理化性质影响,同时利用固化淤泥种植植物,分析其作为园林种植土存在的问题,为合理处理湖底淤泥提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料采自湖北省武汉市东湖通道过程清淤产生的淤泥,经过排水后,淤泥的各类指标见表1。供试固化剂为 HEC 高强高耐水土固结剂,它是一种无机水硬性凝胶材料,HEC 水化产物能将固结材料基本单元粘结成为牢固的整体,从而产生较高强度和水稳性^[1]。

表1 湖底淤泥各类指标情况

| Table 1 The indexes of the lake silt | | |
|--|----------------------------|--------------------------|
| 指标 Index | 检测指标 Detection index | 湖底淤泥(自然排水后) Lake silt |
| 理化指标 Physical and chemical index | 含水率/% | 57 |
| | pH 值 | 8.5 |
| | 全盐量/(g·kg ⁻¹) | 0.97 |
| | 有机质/(g·kg ⁻¹) | 17.6 |
| | 水解氮/(mg·kg ⁻¹) | 70.2 |
| | 有效磷/(mg·kg ⁻¹) | 18.1 |
| | 速效钾/(mg·kg ⁻¹) | 134 |
| 安全指标 Safety index | 汞/(mg·kg ⁻¹) | 0.033 |
| | 砷/(mg·kg ⁻¹) | 8.15 |
| | 镉/(mg·kg ⁻¹) | 0.11 |
| | 铅/(mg·kg ⁻¹) | 29.5 |
| | 铬/(mg·kg ⁻¹) | 55.1 |
| | 镍/(mg·kg ⁻¹) | 29.3 |
| | 锌/(mg·kg ⁻¹) | 65.0 |
| | 铜/(mg·kg ⁻¹) | 22.5 |

注:除 pH 值外,各类指标符合《绿化种植土壤》(CJ/T 340-2011)^[7]。

Note:Indexes conform with 'Planting Soil for Greening' (CJ/T340-2011)^[7], expect pH value.

1.2 试验方法

试验设置 7 个处理。T1 处理:淤泥处理,不添加任何材料;T2 处理:掺 3% 固化剂淤泥,根据淤泥的重量添加 3% 的固化剂;T3 处理:掺 4% 固化剂淤泥,根据淤泥的重量添加 4% 的固化剂;T4 处理:掺 5% 固化剂淤泥,根据淤泥的重量添加 5% 的固化剂;T5 处理:掺 6% 固化剂淤泥,根据淤泥的重量添加 6% 的固化剂;T6 处理:掺

7% 固化剂淤泥,根据淤泥的重量添加 7% 的固化剂;T7 处理:掺 8% 固化剂淤泥,根据淤泥的重量添加 8% 的固化剂。

试验于 2014 年 12 月 1 日至 2015 年 1 月 22 日在东湖通道工程第 IV 标段进行,将取回的淤泥在场地堆放 2 d,排干流动水后装入容器,每容器装淤泥 50 kg,按照处理分别添加不同用量的固化剂,搅拌均匀后在室外放置 10 d。之后采集经过处理的淤泥样品进行理化性质的分析测试,然后利用剩余的固化淤泥样品进行植物生长试验,该试验将高羊茅(*Festuca elata*)、黑麦草(*Lolium perenne*)作为草坪草试验材料。分别称取不同处理土壤样品 1 kg,打碎后装入花盆内,然后每盆分别播种 50 粒,每处理重复 3 次,完全随机排列。于 2014 年 12 月 22 日播种,2015 年 1 月 22 日结束,整个试验过程保证各处理的灌溉量一致(第 1 次灌溉时间为播种后 3 d),室内温度 15℃。

1.3 项目测定

1.3.1 固化后淤泥样品的理化性质 固化结束后利用环刀法测定固化后淤泥样品的容重和含水率,同时采集淤泥样品测定其有机质、全氮、pH 值和全盐含量。

1.3.2 草坪草生长情况调查 分别在播种后 6、9、12、15、18、21 d 调查植物的出苗情况以及株高,同时在试验结束时采用 Greenseeker 手持光谱仪测定各处理植被指数。

1.4 数据分析

采用 Excel 对试验数据进行统计分析,利用 SPSS 软件进行数据的差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同固化剂处理淤泥理化性质影响

从表 2 可以看出,随着固化剂添加量的增加,种植土含水率呈显著递减趋势,与淤泥静置 10 d 相比,T2~T7 处理的土壤含水率分别降低了 30.5%~20.2%。全盐量、pH 值指标呈一定的递增趋势,且全盐量和 pH 值均已超过绿化种植土标准^[7]。由于常年的静水沉积作用,并且不同湖泊其湖水性质、沉积物来源不同,可能会造成湖底淤泥的全盐含量和 pH 值超过种植土标准的现象。其他指标均满足绿化种植土壤标准^[7]。

表2 添加固化剂后对东湖通道工程淤泥理化性质的影响

| Table 2 Effect of different solidifying agent content on physical and chemical properties of lake silt | | | | | | | | | |
|--|------------------------|--|----------------------|--------|------------|--------|-------------------------|---|------------------|
| 处理 Treatment | 含水率 Water content/% | 容重 Bulk density/(g·cm ⁻³) | 土壤颗粒 Soil particle/% | | | | 有机质 Organic matter/% | 全盐量 Total salt content/(g·kg ⁻¹) | pH 值 pH value |
| | | | >2 mm | 2~0.02 | 0.02~0.002 | <0.002 | | | |
| T1(CK) | 57.0 | 1.29 | 11.09 | 28.21 | 43.30 | 15.10 | 1.76 | 0.97 | 8.5 |
| T2 | 36.8 | 1.38 | 16.58 | 68.81 | 9.82 | 0.07 | 2.15 | 1.05 | 9.0 |
| T3 | 33.4 | 1.42 | 17.17 | 69.70 | 6.35 | 0.00 | 1.82 | 1.18 | 9.3 |
| T4 | 32.6 | 1.42 | 17.14 | 75.12 | 5.26 | 0.00 | 1.29 | 1.88 | 9.9 |
| T5 | 30.6 | 1.44 | 17.31 | 78.54 | 4.70 | 0.00 | 1.87 | 2.18 | 9.5 |
| T6 | 29.2 | 1.58 | 17.73 | 84.14 | 3.47 | 0.02 | 2.40 | 2.17 | 10.0 |
| T7 | 26.5 | 1.62 | 17.32 | 81.27 | 4.20 | 0.00 | 1.20 | 1.94 | 9.9 |

2.2 不同固化剂用量对高羊茅生长的影响

图1表明,由于冬季温度较低,播种6 d后高羊茅的出苗率为48.0%~66.7%,平均为56.3%,其中以淤泥处理出苗率最低,T3处理的出苗率最高,可能与播种时各处理本身的含水率有关,T3处理土壤含水率较适宜,而其它处理则过高或过低。随着播种时间的延长,出苗

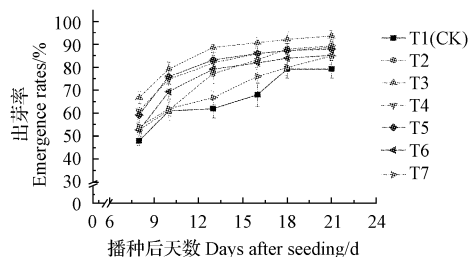


图1 不同处理对高羊茅出芽率和株高的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on emergence rates and plant height of *Festuca elata*

图2表明,以不同固化剂用量种植土栽植的高羊茅3个重复NDVI值进行两两比较(Duncan's, $P < 0.05$)分析,得知不同固化剂用量种植土处理间的显著性差异。从试验结束时各处理的NDVI值来看,T2~T4处理的NDVI值要显著高于其它4个处理,其中T3处理的NDVI值最高。

2.3 不同固化剂用量对黑麦草生长的影响

图3表明,播种6 d后黑麦草的出苗率为36.0%~67.3%,平均为52.7%,其中以淤泥处理出苗率最低,T3处理的出苗率最高。随着播种时间的延长,出苗率逐渐增加,到播种后21 d,平均出苗率达到91.9%,但均以T3处理的出苗率最高,达到95.3%。从植物的株高来看,

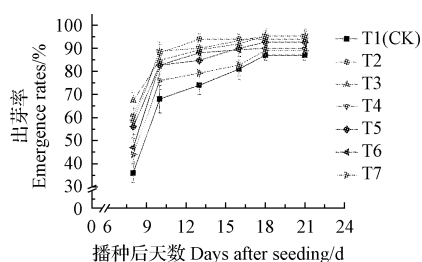


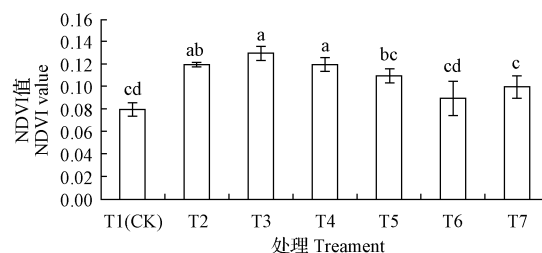
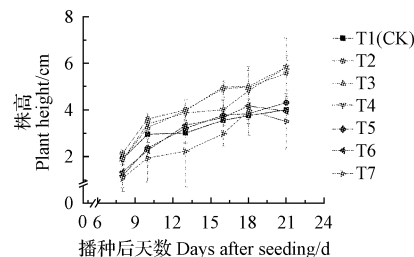
图3 不同处理对黑麦草出芽率和株高的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on emergence rates and plant height of *Lolium perenne*

随着播种时间的延长,各处理的株高均明显增加,T2~T5处理的株高要高于其它4个处理。

图4表明,以不同固化剂用量种植土栽植的高羊茅3个重复NDVI值进行两两比较(Duncan's, $P < 0.05$)分析可知,不同处理间的显著性差异,从试验结束时各处理NDVI值来看,T2~T5处理的NDVI值要高于其它3个处理,其中T3处理的NDVI值最高。

率逐渐增加,到播种后21 d,平均出苗率达到87.0%,但均以T3处理的出苗率最高,达到93.7%。从植物的株高来看,随着播种时间的延长,各处理的株高均明显增加,但可以看到植株的长势呈现明显的两极分化现象,T2~T4处理的株高要高于其它4个处理,这可能与前期T2~T4处理的含水率比较适宜植物生长有关。

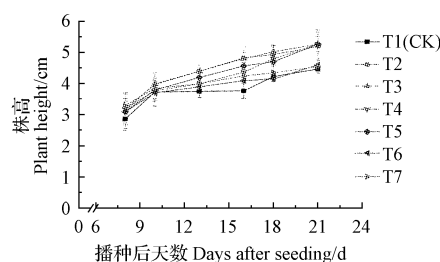


注:不同字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different letters indicated significant differences among treatments at 0.05 level. The same below.

图2 不同处理对高羊茅NDVI值的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on NDVI value of *Festuca elata*



3 结论与讨论

该试验采用的是排干流动水后淤泥开展试验,并且由于冬季低温天气,淤泥添加固化剂后,较单纯工程固化试验,淤泥固化速率相对较慢^[1,5],但仍可以看到明显的固化效果,尤其是固化剂用量越高,其含水率降低的越明显。从工程的角度来看,含水率低的泥砖更适合工程的填料,但从种植土角度来看,适宜的含水率对于植

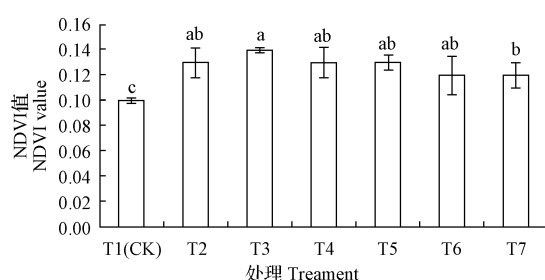


图4 不同处理对黑麦草 NDVI 值的影响

Fig. 4 Effect of different treatments on NDVI of *Lolium perenne*

物的生长更重要。T6~T7 处理淤泥含水率要低于其它处理,其前期植物的出芽率和长势均要低于其它处理,因此选择合适的固化剂用量对于种植土非常重要。从经济效益上来讲,T2 处理最实惠,但 T2 处理土壤含水率仍略微偏高,不利于植物种植前期的翻耕和播种,而 T3 处理效果则最好,其土壤含水率、紧实度等均比较适宜。

该试验条件下尽管淤泥的 pH 值超过种植土标准^[7],并且随着固化剂用量的增加,其全盐含量和 pH 值

均呈增加的趋势,均超出种植土标准,但在该试验中并没有观察到植物明显的盐害或碱害胁迫。针对湖底淤泥的全盐含量和 pH 值超过种植土标准的现象,在利用固化剂将湖底淤泥就地转化为种植土时,一方面选择耐性和抗性较好的园林植物,另一方面在植物生长过程中可以通过施用生理酸性的肥料以及有机肥的方式来降低土壤 pH 值和全盐含量。

参考文献

- [1] 于洋,孟本文,彭建锋,等. 东湖风景区湖底淤泥脱水固结一体化施工工艺[J]. 施工技术,2014,43(19):98-100.
- [2] 陶琛杰,顾晓惠,周健. 浅析河湖生态清淤及淤泥固化技术的研究与运用[J]. 江苏水利,2014(7):42-44.
- [3] 唐强. 浅谈淤泥的资源化利用[J]. 水利发展研究,2004(10):46-49.
- [4] 屈阳,朱伟,包建平,等. 衡阳平湖污染淤泥固化/稳定化技术的应用[J]. 环境科学与技术,2011,34(6):137-140.
- [5] 邵玉芳,何超,楼庆庆. 西湖疏浚淤泥的固化试验[J]. 江苏大学学报(自然科学版),2007,28(5):442-445.
- [6] 张同虎,孟令娣. 城市湖泊环保疏浚淤泥固化试验研究[J]. 中国水运,2012,12(12):264-266.
- [7] 绿化种植土壤(CJ/T 340-2011). 中华人民共和国城镇建设行业标准. 2011.

Effect of Different Solidifying Agent Content on Physical and Chemical Properties of Lake Silt and Growth of Turfgrass

YAN Xianping, MAO Yu, JIANG Shangzhi, XIE Xuebin

(CCTEB Infrastructure Construction Co. Ltd., Wuhan, Hubei 430074)

Abstract: Silt solidification as planting soil is an important way to solve dredging a large amount of silt from the lake tunnel project. In the paper, the effect of different solidifying agent content treatments on physical and chemical properties of lake silt and growth of turfgrass were analyzed. The results showed that there was no significant effect of different solidifying agent content on soil bulk density and organic matter, but the total salt content and pH value showed an increasing trend. The soil water content decreased significantly after adding solidifying agent, and compared with the silt set for 10 days, the soil water content were decreased by 30.5%—20.2% after 3%—8% solidifying agent added (T2—T7). From the growth of *Festuca elata*, *Lolium perenne*, the emergence rates, plant height and NDVI of the turfgrass added solidifying agent were higher than those without silt solidification and 4% solidifying agent (T3) was the most significant.

Keywords: lake silt; solidifying agent; *Festuca elata*; *Lolium perenne*; water content