

不同品种扦插柳条根系土壤对营养物质富集的影响

闫晖敏, 漆志飞, 张艳晴, 毕雪娟, 程花, 林超 (江苏江达生态科技有限公司, 江苏无锡 214061)

摘要 [目的] 研究不同柳条根系土壤对营养物质富集的影响, 筛选出适宜工程施工的最佳植物材料。[方法] 在现场岸坡扦插 4 种柳条(垂柳、杞柳、柺柳、馒头柳), 比较不同植物材料对环境的适应性、根际土与非根际土养分指标及根际土对营养物质的富集作用。[结果] 4 种柳条成活率均在 84% 以上, 垂柳的平均基径最大, 而柺柳的枝条生物量最大、株高最高。比较根际土与非根际土养分指标可知, 垂柳和馒头柳的根际土全氮含量高于非根际土; 垂柳的根际土全磷含量高于非根际土; 4 种柳条根际土的有效磷含量均高于非根际土, pH 均低于非根际土; 垂柳、杞柳、柺柳的根际土有机质含量均高于非根际土。垂柳和馒头柳对土壤全氮有很高的富集效应; 垂柳对土壤全磷有一定的富集作用; 4 种柳条均能有效地将有效磷富集在根际土中。[结论] 可根据工程施工的要求, 筛选不同柳条品种用于岸坡扦插。

关键词 柳条; 扦插; 适应性; 营养物质; 富集效应

中图分类号 S158.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)15-262-03

Effects of the Rhizosphere Soil of Different Varieties of Cutting Wickers on the Nutrients Enrichment

YAN Hui-min, QI Zhi-fei, ZHANG Yan-qing et al (The Ecological Science and Technology Limited Company of Jiangda, Wuxi, Jiangsu 214061)

Abstract [Objective] To study the effect of the rhizosphere soil of different varieties of cutting wickers on the enrichment of nutrients, and screen out the optimal plant materials for engineering construction. [Method] Cutting 4 kinds of wickers on slope (including *Salix babylonica*, *Salix integra*, *Tamarix chinensis*, *Salix matsudana*), the adaptability of different plant materials to environment, nutrient index of rhizosphere and non rhizosphere soil, enrichment of nutrients in rhizosphere soil were compared. [Result] The survival rates were above 84% of four varieties of wicker, the average base diameter of *Salix babylonica* was maximum, the branch biomass and plant height of *Tamarix chinensis* was maximum. The comparison of element content in rhizosphere soil and non-rhizosphere soil showed that the total nitrogen content of *Salix babylonica* and *Salix matsudana* in rhizosphere soil was lower than that of non-rhizosphere soil, and the total phosphorus content of *Salix babylonica* in rhizosphere soil was higher than that in non-rhizosphere soil. The available phosphorus content in rhizosphere soil of all 4 kinds of wickers was higher than that in non-rhizosphere soil, pH were lower than that of non-rhizosphere soil; the organic matter content in rhizosphere soil of *Salix babylonica*, *Salix integra*, *Tamarix chinensis* were higher than that in non-rhizosphere soil. *Salix babylonica* and *Salix matsudana* had highest enrichment effect on total nitrogen; *Salix babylonica* had a certain enrichment effect on total phosphorus; available phosphorus was effectively enriched by rhizosphere soil of 4 kinds of wickers. [Conclusion] According to the requirements of engineering construction, different wickers should be selected for slope cutting.

Key words Wicker; Cutting; Adaptation; Nutrient substance; Enrichment effect

植物主要通过根际吸收对土壤中污染物进行拦截、富集, 根际吸收是化学物质进入植物体内重要的途径之一^[1-2]。根际土壤是土壤水分和矿物质进入根系参与生物链物质循环的门户, 是根系自身生命活动和代谢影响最直接、最强烈的区域, 同时也是植物所吸收养分的直接来源, 对植物的营养生长起到至关重要的作用^[3-4]。由于受根系吸收和微生物活动的影响, 根际土壤中氮、磷、有机质含量等都可能区别于非根际土壤。对根际土元素含量特征的研究, 有助于更好地了解植物根际富集污染物的能力, 从而在利用植物护坡的同时通过植物根系吸收, 减少污染物进入河道的量。

目前, 国内对植物生态护岸技术的研究主要集中在探讨多种结构形式的植物配置对防止土壤流失的影响, 并没有探索植物根系对富集土壤中的污染物的影响, 因此笔者选择 4 种柳条材料, 以 4 种扦插柳条土壤为研究对象, 分别测定它们的根际土和非根际土中氮、磷、有机质等营养元素含量, 比较分析植物根际土与非根际土氮、磷、钾营养元素含量特征, 以期了解柳条根系富集土壤中氮、磷的效果, 从而筛选出适

宜工程施工的最佳植物材料。

1 材料与方法

1.1 试验步骤 试验选取 4 种(垂柳、杞柳、柺柳、馒头柳)无叶休眠期的树条, 柳条直径 1~3 cm, 长度 35 cm。选择风浪小、过流量小、坡度缓的堤岸, 且在高出平均水位 0.5~2.0 m 的岸坡带内种植。

设施结构: 柳条斜 45° 插入岸坡土壤内, 柳条埋入地下约 30 cm 的长度, 地面露出约 5 cm, 柳条列间距和行间距均为 50 cm。为提高插条的成活率, 扦插时将插条上端剪平蜡封, 以此减少插条水分的蒸发, 下端剪斜口, 利于生根。

试验进行到 600 d 时, 分别在 4 种柳条扦插区域内及未种植植物的空白区域内取土样, 分析 4 种柳条对土壤理化性质的影响, 并与空白土壤进行对比。此外, 记录 4 种柳条区域内成活情况, 并测量其枝条、根系的生物量和根系空间分布情况, 从而筛选出成活率高、富集污染物能力强, 较适用于河道边坡生态修复的柳树品种。

1.2 土壤理化性质的测定 土样的采集^[5]: 根际土壤和非根际土壤用剥落法收集土样。即先用铁铲除去枯枝落叶层, 然后在尽量不破坏植物根系的条件下, 用不锈钢土壤刀从基部向下挖出植株, 将植株整体缓慢拔出土壤, 轻轻抖动植株根部, 使附着在根部不紧密的土壤全部掉落, 收集抖落的土壤即为非根际土; 然后将植株根部放入纸袋中剧烈摇晃, 并

基金项目 国家“十二五”水专项——太湖新城湖滨流域水质改善与生态修复综合示范项目(2012ZX07101-013-5)。

作者简介 闫晖敏(1989-), 女, 江苏如皋人, 助理工程师, 硕士, 从事生态修复方面的研究。

收稿日期 2016-04-11

用小毛刷将不能抖落的黏附在根上的土轻轻刷下,使附着在根上的土壤全部脱落,收集剧烈摇晃后根表脱落和小毛刷刷下的土壤即为根际土。样品带回实验室后剔除植物残根和其他可能杂物,风干土壤样品粉过 200 目筛,密封干燥保存,备用。

分别测定各个土样的有机质、全氮、有效磷、全磷含量和 pH。有机质采用重铬酸钾氧化外加热法测定;全氮采用硒粉-硫酸铜-硫酸钾消煮-蒸馏法测定;速效磷采用 50 mmol/L HCl-25 mmol/L 1/2H₂SO₄ 浸提法测定;全磷采

用硫酸-高氯酸-钼锑抗比色法测定;pH 采用 pH 计测定。

2 结果与分析

2.1 柳条生长状况分析

2.1.1 成活率。护坡植物的成活率是检验该植物材料是否适用于生物护坡的一个关键指标^[6-7]。用于护坡的植物材料,若成活率太低,不能满足生物护坡的需求。分析表 1 可知,4 种柳条成活率均在 84% 以上,因此,单从植物成活率上来看,4 种柳树均能满足生态护坡的要求。

表 1 柳条的生长状况分析

Table 1 Analysis on growth status of wickers

柳树品种 Wicker varieties	成活率 Survival rate//%	平均基径 Average base diameter//mm	株高 Plant height //cm	枝条生物量 Branch biomass//g	根系生物量 Roots biomass//g	测量株数 Measured plants//%
垂柳 <i>Salix babylonica</i>	96	10.62 a	89.73 b	29.33 b	18.37 a	50
杞柳 <i>Salix integra</i>	85	5.41 c	83.73 bc	43.59 a	14.00 bc	50
柽柳 <i>Tamarix chinensis</i>	92	8.72 b	110.50 a	30.87 b	12.51 c	50
馒头柳 <i>Salix matsudana</i>	88	5.33 c	72.53 c	23.77 b	16.60 ab	50

注:表中同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference at 0.05 level.

2.1.2 基径。新生枝条基径的大小直接反映了植物材料生长的好坏^[4,6]。表 1 显示,试验结束后,垂柳的平均基径最大,达 10.62 mm,最小的为馒头柳(5.33 mm),二者相差 5.29 mm,杞柳和柽柳的平均基径分别为 5.41、8.72 mm。方差分析显示,垂柳与杞柳、柽柳和馒头柳之间存在显著差异($P < 0.05$),柽柳与杞柳、馒头柳之间也存在显著差异($P < 0.05$)。

2.1.3 株高。新生枝条长度指标的重要性在于它直接反映根系的生长,因此,它也反映出植物枝条生根后对表层土壤的稳固作用^[3-4]。调查结果表明(表 1),柽柳新生枝条的株高最高,达 110.50 cm,馒头柳的株高最矮,为 72.53 cm。方差分析显示,柽柳与杞柳、垂柳和馒头柳之间均存在显著差异($P < 0.05$),垂柳和馒头柳之间存在显著差异($P < 0.05$)。

2.1.4 生物量。生物量分为枝条生物量和根系生物量,不同植物材料在相同立地条件下、相同生长时间段里枝条和根系的生物量有一定的差异,它们可以间接反映出该植物材料生长的好坏^[4]。调查结果表明(表 1),枝条生物量最大的是杞柳,柽柳和垂柳次之,馒头柳的最小;根系生物量最大的是

垂柳,馒头柳和杞柳次之,柽柳的最小。

对 4 种柳条的枝条生物量进行方差分析表明,杞柳与垂柳、柽柳、馒头柳之间均存在显著差异($P < 0.05$);对根系生物量进行方差分析表明,垂柳与杞柳、柽柳之间均存在显著差异($P < 0.05$),馒头柳与柽柳之间也存在显著差异($P < 0.05$)。

2.2 土壤中的养分指标分析

2.2.1 4 种柳条根际土与非根际土养分指标比较分析。表 2 显示,杞柳、柽柳的根际土全氮含量低于非根际土,垂柳和馒头柳的根际土全氮含量略高于非根际土;垂柳的根际土全磷含量高于非根际土,而馒头柳、杞柳和柽柳的根际土全磷含量低于非根际土。有效磷是植物能快速利用的土壤磷,由表 2 可知,4 种柳条的根际土有效磷含量均高于非根际土,说明 4 种柳条根际均具有活化磷的能力^[7-10]。垂柳、杞柳、柽柳的根际土有机质含量均高于非根际土,而馒头柳的根际土有机质含量低于非根际土。

根际土酸度的调整是植物改善根际磷有效性的重要手段之一^[3-4,11],表 2 显示,4 种柳条根际土的 pH 均低于非根际土。

表 2 4 种柳条根际土与非根际土养分指标

Table 2 Rhizosphere and non-rhizosphere soil nutrient index of 4 kinds of wickers

植物 Plant	全氮 Total nitrogen //g/kg	全磷 Total phosphorus //g/kg	有效磷 Available phosphorus //g/kg	有机质 Organic matter //g/kg	pH
垂柳 <i>Salix babylonica</i>	2.41	0.46	0.88	16.83	6.0
杞柳 <i>Salix integra</i>	1.94	0.39	0.91	14.91	6.0
柽柳 <i>Tamarix chinensis</i>	1.75	0.42	0.98	14.29	6.0
馒头柳 <i>Salix matsudana</i>	2.57	0.43	0.87	10.34	5.9
非根际土 Non rhizosphere soil	2.01	0.45	0.79	12.95	6.8

2.2.2 4 种柳条根际土壤对养分的富集程度。采用富集率表示根际土壤对土壤养分的富集程度:富集率 = [(根际含量 - 非根际含量) / 非根际含量] × 100%。

由图 1 可知,垂柳、馒头柳根际土对全氮的富集率为正

值,说明垂柳和馒头柳对土壤全氮有很高的富集效应;而杞柳、柽柳根际土对全氮的富集率为负值,说明杞柳、柽柳根际土对全氮没有富集作用。垂柳对土壤全磷有一定的富集作用,但是作用不大,杞柳、柽柳、馒头柳对土壤全磷没有富集

作用;4种柳条根际土对有效磷的富集率均为正值,表明有效磷能有效地富集在根际土中,以怪柳对有效磷的富集率最高,杞柳次之,馒头柳的富集率最低;4种柳条以垂柳的根际土对有机质的富集率最高,其次是杞柳和怪柳,而馒头柳的根际土对有机质的富集率为负值。

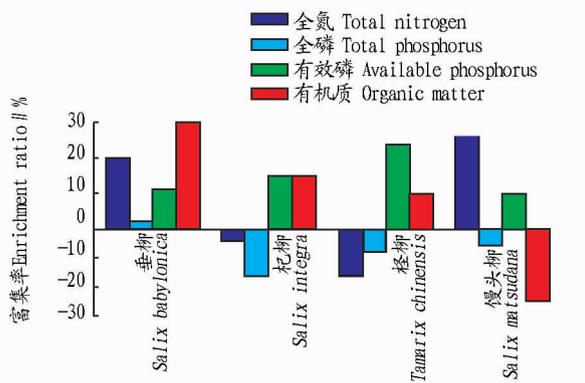


图1 4种柳条根际土壤对养分的富集率

Fig. 1 The enrichment rate of the rhizosphere soil of 4 kinds of wickers to nutrients

3 结论与讨论

通过在现场岸坡种植4种柳条,研究了不同植物材料对环境的适应性,同时研究根际土和非根际土对营养物质的富集效果,研究结果表明:

(1)4种柳条成活率均在84%以上,因此,单从植物成活率上来看,4种柳树均能满足生态护坡的要求。

(2)从平均基径来看,排序为:垂柳>怪柳>杞柳>馒头柳,垂柳与其他三者之间均存在显著差异,因此垂柳比较适合用于河道生态护坡的工程技术当中。

(3)从平均株高来看,排序为:怪柳>垂柳>杞柳>馒头柳,怪柳与其他三者之间均存在显著差异,因此,仅就株高而言,更适宜选择怪柳用于岸坡生态修复工程。

(4)从枝条生物量来看,排序为:杞柳>怪柳>垂柳>馒头柳,杞柳与其他三者之间均存在显著差异。从根系生物量来

看,排序为:垂柳>馒头柳>杞柳>怪柳,垂柳与杞柳、怪柳之间在存在显著差异,馒头柳与怪柳之间也存在显著差异。

(5)垂柳和馒头柳的根际土全氮含量略高于非根际土;垂柳的根际土全磷含量高于非根际土;4种柳条的根际土有效磷含量均高于非根际土;垂柳、杞柳、怪柳的根际土有机质含量高于非根际土;4种柳条的根际土pH均低于非根际土。

(6)垂柳、馒头柳根际土对全氮有很高的富集效应,而杞柳、怪柳根际土对全氮没有富集作用;垂柳根际土对全磷有一定的富集作用,但是作用不大,杞柳、怪柳、馒头柳根际土对全磷没有富集作用;4种柳条根际土对有效磷的富集率均为正值,排序为:怪柳>杞柳>垂柳>馒头柳;4种柳条以垂柳的根际土对有机质的富集率最高,其次是杞柳和怪柳,而馒头柳的根际土对有机质的富集率为负值。

笔者仅研究了4种扦插柳条用于生态护坡中的生态适应性,根系土壤对营养物质的富集作用,可根据工程的要求,选用不同柳条品种用于岸坡扦插。对于其他植物材料用于生态护坡的效果如何有待进一步试验研究。

参考文献

- 钱斌天,石磊,高甲荣,等. 怪柳在河岸生态修复中的应用:以西宁市湟水河为例[J]. 中国水土保持科学,2014,12(2):35-39.
- 周文君,沈有信,刘文耀. 滇中云南松根际土与非根际土磷的有效性[J]. 中南林业学院学报,2015,25(3):25-29.
- 张婷. 几种作物根际与非根际土壤养分含量差异探析:以重庆市北碚区为例[D]. 重庆:西南大学,2012.
- 罗绪强,王世杰,张桂玲,等. 茂兰喀斯特地区常见蕨类植物根际土氮、磷、钾营养元素含量特征[J]. 地球与环境,2014,42(3):269-278.
- 张政,付融水. 河道坡岸生态修复的土壤生物工程应用[J]. 湖泊科学,2007,19(5):558-565.
- 徐佩贤. 东方杉嫩枝扦插繁殖技术及其生根机理研究[D]. 南京:南京林业大学,2009.
- 钱斌天. 土壤生物工程植物材料的筛选和施工方式研究[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- 高甲荣,刘瑛. 土壤生物工程在北京河流生态修复中的应用研究[J]. 水土保持学报,2008,22(3):152-157.
- 赵广琦,奉树成,邵飞,等. 植物护坡及其生态效应研究[J]. 园林科技,2008(4):31-38.
- 钱斌天,高甲荣,王越,等. 植物混凝土格栅技术在北京地区生态护坡中的应用[J]. 水土保持通报,2012,32(3):123-127.
- 刘瑛,高甲荣,张金瑞,等. 扦插-抛石联合技术的构建与应用[J]. 水利水电科学进展,2009,29(4):47-50.
- 钱斌天,高甲荣,王越,等. 植物混凝土格栅技术在北京地区生态护坡中的应用[J]. 水土保持通报,2012,32(3):123-127.
- 刘瑛,高甲荣,张金瑞,等. 扦插-抛石联合技术的构建与应用[J]. 水利水电科学进展,2009,29(4):47-50.
- 石磊. 试论“美国模式”的农业现代化[J]. 重庆科技学院学报(社会科学版),2009(6):94-96.
- 川井之一,沙浜. 今后农业与能源问题[J]. 农业现代化研究,1980(3):52-57.
- 逢锦彩. 日美法现代农业比较研究[D]. 长春:吉林大学,2010.
- 郎秀云. 现代农业:美国模式和中国道路[J]. 江西财经大学学报,2008,56(2):49-55.
- 杨绍先. 日本农业现代化之路径[J]. 贵州大学学报(社会科学版),2005,23(6):85-92.
- TROSTLE R. Global agricultural supply and demand: Factors contributing to the recent increase in food commodity prices [R]. United States Department of Agriculture,2008.
- GARDEBROEK C,HERNANDEZ M A. Do energy prices stimulate food price volatility Examining volatility transmission between US oil, ethanol and corn markets[J]. Energy economics, 2013,40:119-129.
- 邓汉慧,邓璇. 发达国家农业现代化经验对我国农业发展的启示[J]. 农业经济问题,2007(9):106-110.
- 许佩倩. 农业现代化模式的比较与选择[J]. 现代经济探讨,2001(11):49-51.

(上接第239页)

资源节约型的现代农业,提高农业机械在使用过程中的效率,同时,科学施用化肥和农药等间接能源,如加大对农民的培训 and 宣传,推广测土配方施肥技术,甚至可以适度引导农民采用免耕或减耕技术,以期减少环境污染问题的发生^[13-14]。

参考文献

- SCHNEPF R. Energy use in agriculture: Background and issues [M]. Washington, DC: Congressional Research Service, The Library of Congress,2004.
- BECKMAN J,BORCHERS A,JONES C. Agriculture's supply and demand for energy and energy products[R]. USDA/ERS,2013.
- 蓝海涛,姜长云. 经济周期背景下中国粮食生产成本的变动及趋势[J]. 中国农村经济,2009(6):4-13.
- 方松海,王为农. 成本快速上升背景下的农业补贴政策研究[J]. 管理世界,2009(9):91-109.
- 詹武,刘文璞,侯雨夫,等. 日本农业现代化中的能源问题[J]. 世界经