

3 种常见速生灌木吸收红壤氮磷能力的比较

王卫国^{1,2}, 童根平^{1,2}, 徐温新^{1,3}, 窦春英¹, 张圆圆¹, 叶正钱¹

(1. 浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江清凉峰国家级自然保护区 管理局, 浙江 临安 311323;
3. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 由于大量施用肥料造成养分在土壤中积累, 已经成为重要的面源污染源。通过栽植植物篱截留养分是防止面源污染的最有效措施之一。为了更好地利用植物资源, 采用土培盆栽试验的方法比较了 3 种常见速生绿化灌木红叶石楠 *Photinia fraseri*, 金森女贞 *Ligustrum japonicum* 'Howardii' 和柳叶蜡梅 *Chimonanthus salicifolius* 对红壤氮磷的吸收积累能力。结果表明, 红叶石楠对土壤氮的吸收能力最强, 积累量最大, 达到 30 mg·盆⁻¹, 可作为红壤氮截留的首选植物篱植物; 而金森女贞对土壤磷的吸收能力最强, 吸收积累土壤磷达到 8 mg·盆⁻¹, 同时对土壤氮的吸收积累量也达到了 25 mg·盆⁻¹, 金森女贞可以作为红壤植物篱的植物种类。红叶石楠与金森女贞配合混植有可能起到更有效的植物篱功效。表 4 参 19

关键词: 土壤学; 植物篱; 氮肥; 磷肥; 面源污染; 金森女贞; 红叶石楠; 柳叶蜡梅

中图分类号: S718.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)03-0346-05

Absorption of soil N and P by three fast growing bush species

WANG Wei-guo^{1,2}, TONG Gen-ping^{1,2}, XU Wen-xin^{1,3}, DOU Chun-ying¹,
ZHANG Yuan-yuan¹, YE Zheng-qian¹

(1. School of Environment Sciences and Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;
2. Management Office, Mount Qingliangfeng National Nature Reserve of Zhejiang Province, Lin'an 311323, Zhejiang, China;
3. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Due to soil and water erosion, excessive nutrient loss in heavily fertilized farmland is creating serious pollution problems and contributing to groundwater contamination as well as non-point source pollution; hedge plants may help control this problem. In order to chose bush species with strong absorption ability, a soil-pot experiment was conducted to test the capability of soil nitrogen (N) and phosphorus (P) absorption by three fast growing bush species: *Ligustrum japonicum* 'Howardii', *Photinia fraseri*, and *Chimonanthus salicifolius*. Results showed that *P. fraseri* was able to uptake N most actively ($P < 0.01$); meanwhile *L. japonicum* 'Howardii' was able to uptake P most actively ($P < 0.01$) together with strong ability to absorb N. Therefore, intercropping with these two species may act as a more efficient barrier to N and P loss from soil and water erosion. [Ch, 4 tab. 19 ref.]

Key words: pedology; bush species; nitrogen fertilizer; phosphorus fertilizer; non-point source pollution; *Ligustrum japonicum* 'Howardii'; *Photinia fraseri*; *Chimonanthus salicifolius*

在中国许多地区, 随着农林业集约化经营程度的提高, 肥料用量迅速增加, 导致土壤氮、磷营养元素的大量积累, 养分随水移动进入水体, 已经成为重要的面源污染源^[1]。控制水源面源污染, 防治

收稿日期: 2008-04-18; 修回日期: 2008-12-10

基金项目: 浙江省重大科技攻关项目(2005C12032)

作者简介: 王卫国, 助理工程师, 从事植物资源保护研究。E-mail: laqqt63661312@163.com。通信作者: 叶正钱, 教授, 博士, 从事土壤与植物营养环境生态研究。E-mail: yezhq@zjfc.edu.cn

水体富营养化是一项复杂的系统工程。因为减少肥料用量不易被农民接受, 被认为会降低产量因而减少收益, 所以有效控制污染传播途径便成了现在解决此问题最好的选择。对由农林业的水土流失污染引起水体污染的源头控制和污染传播途径控制, 植物隔离带是目前常用的有效措施之一^[2-4]。植物隔离带由植物篱发展而来。植物篱(笆)又称作等高植物篱, 是在坡面上沿等高线一定间距种植速生、萌生力强的多年生灌木、灌化乔木或与草本植物混种一行或多行植物; 植物篱间为耕作带, 种植作物。其最初的目的是用来防治水土流失, 起到水土保持的作用^[5-7]。通过木本植物篱与大田作物的合理间作, 还可以成为混农林业, 改善生态环境和提高经济效益^[8]。随着面源污染的发展和加剧, 植物篱的形式又被种植于水岸边起防治水土流失、保护水质的作用, 又被叫做植物过滤带、隔离带、缓冲带^[3,9-10]。植物篱通过植物根系的吸收、固定等作用, 减少和阻隔氮、磷等污染物进入水体, 特别是木本植物通过其深根系可以吸收深层土壤中的养分, 从而实现源头污染截留和水体富营养化污染治理^[11-13]。不同的植物篱植物在污染控制中的作用能力不同^[3,14]。在利用植物篱进行污染源头的控制中, 适生适地不影响农林业生产的植物篱资源很重要, 寻找养分吸收能力强大和适应性广的速生灌木可能给面源污染治理找到新的植物资源。红叶石楠 *Photinia fraseri*, 金森女贞 *Ligustrum japonicum* 'Howardii' 和柳叶蜡梅 *Chimonanthus salicifolius* 是目前常见的绿化用速生灌木, 生存能力强, 生长迅速, 可以多次刈割。对它们应用于植物篱方面的研究未见报道。为此, 笔者开展这 3 种植物吸收土壤氮磷能力的比较研究, 为寻找吸收土壤氮磷能力强, 可作为植物篱植物的速生灌木增加植物资源, 为选取经济、美观、实效的植物篱植物提供依据。

1 试验材料和方法

2005 年秋, 采集在浙江省临安市太湖源头地区强度经营的雷竹 *Phyllostachys praecox* 林地土壤样本, 风干后, 过 5 mm 筛备用。土壤基本性质为 pH 5.14, 有机质 30.16 g·kg⁻¹, 碱解氮 142 mg·kg⁻¹, 有效磷 16 mg·kg⁻¹。选择 1 年生红叶石楠、金森女贞和柳叶蜡梅等 3 种灌木植物材料, 进行土培盆栽试验。金森女贞和红叶石楠苗的生物量相近, 都为 1.1 g·株⁻¹, 柳叶蜡梅为 0.7 g·株⁻¹。装风干土 3 kg·盆⁻¹, 种植 1 株·盆⁻¹, 6 次重复。不施任何肥料, 保持土壤含水量为田间持水量的 80%, 于 2006 年 11 月至 2007 年 5 月在浙江林学院东湖校区温室大棚内进行试验。植物收获时, 分别对植物叶片、茎、根系称鲜质量后, 烘干, 称量, 粉碎, 过 1 mm 筛, 供氮磷分析用; 同时对收获土壤进行风干, 过 1 mm 筛, 供速效养分分析。采用常规方法分析测定^[15]。植物样品经硫酸-双氧水消煮后, 用凯氏定氮仪测定氮, 钼黄比色法测定磷; 土壤 pH (水土比 1:1) 用 pH 计测定, 碱解氮为硼酸扩散吸收法, 速效磷用 Olsen 法提取-钼锑抗比色法测定。试验数据使用 SPSS 处理软件分析。

2 结果与讨论

2.1 植物生长及对土壤速效养分水平的影响

自 11 月栽植植物后至翌年春天, 由于进入秋天, 气温下降, 树苗生长减缓, 没有发现植株有明显的生长。待开春气温回升后, 植物恢复生长。到 5 月份收获时, 植物之间生长差异显著, 以柳叶蜡梅生物量最小, 但是所有植物生长正常(表 1)。从地上部、地下部生物量分配来看, 金森女贞、红叶石楠和柳叶蜡梅之间没有显著差别, 但是金森女贞和红叶石楠叶片所占比例显著高于柳叶蜡梅。

由表 2 可知, 从植物栽植后对土壤养分水平的影响来看, 秋天栽下植物, 经过温室内一个春天的生长, 栽植了红叶石楠、金森女贞和柳叶蜡梅等 3 种植物篱植物后, 土壤有机质质量分数相对于原来土壤

表 1 3 种植物生物量

Table 1 Dry weight of three plant species

植物名称	干生物量/(g·盆 ⁻¹)				叶片/地上部	根/整株
	根	茎	叶	总量		
红叶石楠	1.23 aA	0.51 a	1.44 aA	3.18 aA	0.73 aA	0.38 a
金森女贞	1.38 aA	0.44 ab	1.67 aA	3.48 aA	0.79 aA	0.40 a
柳叶蜡梅	0.37 bB	0.29 b	0.31 bB	0.97 bB	0.52 bB	0.38 a

说明: 不同的大、小写字母分别表示达到 0.01 和 0.05 显著水平差异。

变化不大,只有栽植过柳叶蜡梅的土壤有降低的趋势;但是土壤碱解氮质量分数显著降低,3种植物对降低土壤碱解氮的影响差别不大,土壤碱解氮质量分数降低了将近54%;而栽植过3种植物后,土壤有效磷则降到了相当低的水平,土壤速效磷质量分数从 $15.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 降低到了 $2.2 \sim 3.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中金森女贞对土壤速效磷的降低作用最大,栽植过金森女贞的土壤速效磷质量分数降低到了 $2.17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。由于柳叶蜡梅生物量最小,而它降低土壤速效氮、磷的能力却与金森女贞和红叶石楠相当,预示着它有很强的养分吸收能力。因土壤中的速效养分是最活跃的部分,不仅对当季作物有效,也最容易发生转化、溶解并随水流被带到地下水、河流或江湖等水体中,因此,总体来看,3种植物篱植物均明显降低了土壤中的速效氮和速效磷水平,3种植物降低土壤速效氮水平的效果差异不大,而金森女贞对降低土壤速效磷最好。

2.2 植物对土壤养分的吸收积累

2.2.1 3种植物对土壤氮的吸收积累

对于中国大部分地区土壤肥力不足的山地、坡地,植物篱主要用来防止水土流失和培肥地力,特别是利用固氮植物,可以发挥更好的作用^[16-17]。孙辉等^[16,18]的研究表明,等高固氮植物篱模式能有效地防治坡耕地水土和养分流失,使土壤侵蚀量和养分流失减少98%以上,地表径流量减少50%以上,还提高了土壤肥力,如增加土壤有机质和氮素水平等。对于水体污染源的源头控制而言,特别是在强度经营、施肥水平高的地区,植物篱被用于污染物的截留,从而达到水体污染源的控制^[4,19]。植物篱的功能除了在于有效防治坡耕地表土水土流失和养分截获外,还通过根系吸收土壤养分,减少不同土层养分的淋洗和渗漏,从而减少和避免土壤养分流入地下水和周边水体,因而,固土能力强、养分吸收能力强的深根系木本植物对防治源头面源污染源具有更重要的作用。

氮是土壤中流失最为严重的元素之一,也是造成水体富营养化的关键元素之一。表3表明,红叶石楠对氮的吸收积累量显著大于金森女贞和柳叶蜡梅,达 $29.7 \text{ mg}\cdot\text{盆}^{-1}$,是柳叶蜡梅的2.3倍。由于3种植物对土壤碱解氮水平的影响差异并不大(表2),而柳叶蜡梅的生物量和氮积累量又最小,表明在植物种植期间土壤氮转化明显,并非前文中推测的柳叶蜡梅对养分的吸收积累能力强。从表2可见,经过处理后,土壤碱解氮水平下降了一半多,而有效磷则下降了80%以上,若提早收获植物可能会更好地反应和比较3种植物降低土壤速效养分能力的差异。尽管如此,由于红叶石楠对土壤氮的吸收积累量最大,因此推测红叶石楠作为削减土壤氮的植物篱植物最好,金森女贞次之。

从不同器官来看,植物吸收的氮主要集中于地上部叶片,其次为根系,茎中的积累最少(表3),同种植物不同部位之间对土壤氮的吸收积累能力差异显著。红叶石楠、金森女贞和柳叶蜡梅叶片积累的氮分别占植株总积累量的62%,49%和42%,而3种植物根系积累的氮分别占植株总积累量的32%,45%和36%。红叶石楠叶片积累的氮最多,达到 $17.7 \text{ mg}\cdot\text{盆}^{-1}$,是柳叶蜡梅叶的3倍多,这与红叶石楠叶片生物量比较大和氮向叶片的分配比例高有关。在3种植物中,红叶石楠叶片氮占植物全氮60%,金森女贞次之,占49%,柳叶蜡梅最少,为42%。从3种植物篱根系氮积累量来看,金森女贞根系对土壤氮的吸收积累能力最好,红叶石楠次之,柳叶蜡梅根系对土壤氮的吸收积累能力最差,金森女贞和红叶石楠根系对土壤氮的吸收积累能力是柳叶蜡梅的2倍多。

2.2.2 3种植物对土壤磷的吸收积累

由表4可知,植物对磷的吸收积累量远不及氮,除植物营养特性外,这显然还与土壤有效磷水平($16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)低于土壤有效氮($142 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)有关;并且,至收获时,土壤有效磷已经很低(表2)。供试3种植物中,金森女贞对土壤磷的吸收积累能力最强,积累量达到 $8.0 \text{ mg}\cdot\text{盆}^{-1}$,远远高于红叶石楠和柳叶蜡梅;柳叶蜡梅对土壤磷的吸收积累能力最弱。所以在南方红

表2 不同植物篱植物对土壤速效养分的影响

Table 2 Effect of plant on soil organic matter content and soil available nutrients

项目	有机质/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	碱解氮/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
原始土壤	30.16 a	142.15 aA	15.66 A
红叶石楠	30.95 a	64.41 bB	3.06 bB
金森女贞	30.24 a	66.97 bB	2.17 bB
柳叶蜡梅	29.46 a	65.72 bB	2.36 bB

说明:不同的大、小写字母分别表示达到0.01和0.05显著水平差异。

表 3 3 种植物各部位吸收积累氮量

Table 3 Nitrogen (N) content in three plants and distribution of N in different plant parts

植物名称	氮/(mg·盆 ⁻¹)				叶/总量	根/总量
	根	茎	叶	总量		
红叶石楠	9.63 bB	2.40 bB	17.70 aA	29.73 aA	0.60	0.32
金森女贞	11.13 aA	1.47 cC	12.27 bB	24.87 bB	0.49	0.45
柳叶蜡梅	4.60 cC	2.80 aA	5.40 cC	12.80 cC	0.42	0.36

说明: 不同的大、小写字母分别表示达到 0.01 和 0.05 显著水平差异。

壤土壤磷过多的地区, 金森女贞最适合做植物篱植物。从不同组织部位来看, 磷在各器官中的分配与氮也不同, 但都以茎部积累的磷最少, 不足整株磷的 1/4。金森女贞的叶、根都能够大量积累磷, 以在叶中积累的磷最多; 红叶石楠和柳叶蜡梅根系对土壤磷的积累量最大, 积累的磷都占整株的一半以上。因此, 除不同植物吸收积累磷的能力差异显著外, 不同植物之间植物器官组织对磷的分配也不同, 但都以叶片和根系占主导作用。

表 4 3 种植物各部位吸收积累磷量及总积累磷量

Table 4 Phosphorus (P) content in three plants and distribution of P in different plant parts

植物名称	磷/(mg·盆 ⁻¹)				叶/总量	根/总量
	根	茎	叶	总量		
红叶石楠	1.15 bB	0.34 bB	0.75 bB	2.23 bB	0.33	0.52
金森女贞	2.46 aA	0.46 aA	5.03 aA	7.97 aA	0.63	0.31
柳叶蜡梅	0.78 cC	0.34 bB	0.40 cC	1.50 cC	0.27	0.52

说明: 不同的大、小写字母分别表示达到 0.01 和 0.05 显著水平差异。

此外, 3 种植物氮、磷在不同器官的分配不同, 但都以叶片和根系为主, 它们两者之和所占植株氮、磷分别为 78% ~ 94% 和 79% ~ 94% (表 3 ~ 4), 其中红叶石楠向叶片分配的氮达到 60%, 而金森女贞向叶片分配的磷达到 63%。

3 结论

植物篱植物可以有效地减少水土流失和养分流失。红叶石楠、金森女贞和柳叶蜡梅等 3 种速生 1 年生观赏灌木苗对土壤氮、磷的吸收积累能力差异显著。3 种植物篱植物中, 红叶石楠对土壤氮的吸收能力最强, 积累量最大, 达到 30 mg·盆⁻¹, 是削减土壤氮植物篱的首选植物; 而金森女贞对土壤磷的吸收能力最强, 其吸收积累磷达到 8 mg·盆⁻¹, 同时对土壤氮的吸收积累量也达到了 25 mg·盆⁻¹, 金森女贞可能是红壤植物篱的更佳植物种类。对多年生植物而言, 由于在田间状态下, 植物篱在田间对土壤养分截留固持的作用是个多年的过程, 它们对养分的吸收能力以及控制水土流失和养分流失的能力尚待进一步研究。另外, 有效组合不同的植物, 既有利于生物多样性, 又可发挥更有效的作用^[1], 这些也有待于田间状态下的深入研究。本研究仅开展了小苗试验的研究, 大苗、大田实际效果有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 (I) 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计 [J]. 中国农业科学, 2004, 37 (7): 1008 - 1017.
ZHANG Weili, WU Shuxia, JI Hongjie, et al. Estimation of agricultural non-point source pollution in China and the alleviating strategies (I) Estimation of agricultural non-point source pollution in China in early 21 century [J]. *Sci Agric Sin*, 2004, 37 (7): 1008 - 1017.

- [2] CORRELL D L. Principles of planning and establishment of buffer zones [J]. *Ecol Eng*, 2005, **24**: 433 – 439.
- [3] 倪九派, 傅涛, 卢玉东, 等. 缓冲带在农业非点源污染防治中的应用[J]. 环境污染与防治, 2002, **24** (4): 229 – 231, 251.
NI Jiupai, FU Tao, LU Yudong, *et al.* Study on pollution control of agricultural nonpoint source by means of buffer strips [J]. *Environ Pollut & Control*, 2002, **24** (4): 229 – 231, 251.
- [4] 潘响亮, 邓伟. 农业流域河岸缓冲区研究综述[J]. 农业环境科学学报, 2003, **22** (2): 244 – 247.
PAN Xiangliang, DENG Wei. Advances in riparian buffers in agricultural catchments [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2003, **22** (2): 244 – 247.
- [5] LIN Wentzu, TSAI Jingshyan, LIN Chaoyuan, *et al.* Assessing reforestation placement and benefit for erosion control: a case study on the Chi-Jia-Wan Stream, Taiwan [J]. *Ecol Model*, 2008, **211**: 444 – 452.
- [6] DERCON G, DECKERS J, GOVERS G, *et al.* Spatial variability in soil properties on slow-forming terraces in the Andes region of Ecuador [J]. *Soil Till Res*, 2003, **72** (1): 31 – 41.
- [7] 王玲玲, 何丙辉, 李真霞. 高等植物篱技术研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2003, **11** (3): 131 – 133.
WANG Lingling, HE Binghui, LI Zhenxia. The recent development of technique of contour hedgerows [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2003, **11** (3): 131 – 133.
- [8] 蔡强国, 卜崇峰. 植物篱复合农林业技术措施效益分析[J]. 资源科学, 2004, **26** (增刊): 7 – 12.
CAI Qiangguo, BU Chongfeng. Benefit of hedgerow agro-forestry technical measure [J]. *Resour Sci*, 2004, **26** (supp): 7 – 12.
- [9] VERSTRAETEN G, POESEN J, GILLIJNS K, *et al.* The use of riparian vegetated filter strips to reduce river sediment loads: an overestimated control measure? [J]. *Hydrol Process*, 2006, **20**: 4259 – 4267.
- [10] 张建春, 彭补拙. 河岸带研究及其退化生态系统的恢复与重建[J]. 生态学报, 2003, **23** (1): 56 – 63.
ZHANG Jianchun, PEN Buzhuo. Study on riparian zone and the restoration and rebuilding of its degraded ecosystem [J]. *Acta Ecol Sin*, 2003, **23** (1): 56 – 63.
- [11] LEE K H, ISENHART T M, SCHULTZ R C. Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer [J]. *J Soil Water Conserv*, 2003, **58** (1): 1 – 8.
- [12] NAIR V D, GRAETZ D A. Agroforestry as an approach to minimizing nutrient loss from heavily fertilized soils: the Florida experience [J]. *Agrofor Syst*, 2004, **61**: 269 – 279.
- [13] YOUNG E O, BRIGGS R D. Phosphorus concentrations in soil and subsurface water: a field study among cropland and riparian buffers [J]. *J Environ Qual*, 2008, **37**: 69 – 78.
- [14] 王震洪, 吴学灿, 李英南. 滇池流域荒地植被恢复工程控制面源污染生态机理[J]. 环境科学, 2006, **27** (1): 37 – 42.
WANG Zhenhong, WU Xuecan, LI Yingnan. Ecological mechanisms of the effects of vegetation restoration on the controls of non-point source pollution on barren tableland in Dianchi Watershed of China [J]. *Environ Sci*, 2006, **27** (1): 37 – 42.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [16] 唐亚, 谢嘉穗, 陈克明, 等. 等高固氮植物篱技术在坡耕地可持续耕作中的作用[J]. 水土保持研究, 2001, **8** (1): 104 – 109.
TANG Ya, XIE Jiasui, CHEN Keming, *et al.* Contour hedgerow intercropping technology and its application in the sustainable management of sloping agricultural lands in the mountains [J]. *Res Soil Water Conserv*, 2001, **8** (1): 104 – 109.
- [17] 尹迪信, 唐华彬, 朱青, 等. 坡耕地不同水土保持措施下的养分平衡和土壤肥力变化[J]. 水土保持学报, 2002, **16** (1): 72 – 75.
YIN Dixin, TANG Huabin, ZHU Qing, *et al.* Nutrient balance and soil fertility change in different conservation measures on sloping field [J]. *J Soil Water Conserv*, 2002, **16** (1): 72 – 75.
- [18] 孙辉, 唐亚, 王春明, 等. 等高固氮植物篱技术——山区坡耕地保护开发利用的有效途径[J]. 山地学报, 2001, **19** (2): 125 – 129.
SUN Hui, TANG Ya, WANG Chunming, *et al.* Contour hedgerow intercropping for exploitation and conservation of slope cropland in mountain areas [J]. *J Mt Res*, 2001, **19** (2): 125 – 129.
- [19] 曾蓓清, 潘文斌. 河岸缓冲区氮素截留研究进展[J]. 环境科学与管理, 2008, **33** (1): 22 – 25.
ZENG Beiqing, PAN Wenbin. Advances in research of riparian buffer removal of nitrogen [J]. *Environ Sci Manage*, 2008, **33** (1): 22 – 25.