

不同立地条件下野生荆条与胡枝子根系生长特性的比较研究

王英宇¹, 宋桂龙², 孟强³, 辜再元⁴, 郭宇⁴

(1. 北京京石园林绿化有限公司, 北京, 102600; 2. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 草坪研究所, 北京 100083; 3. 交通部公路科学研究院, 北京, 100088; 4. 北京绿之源生态科技有限公司, 北京 100085)

摘要: 根系分布特征有着特殊的生态意义, 它反映出植物适应和改变环境的功能。采用土钻法研究了野生荆条与胡枝子在两种坡度(12°与28°)和两种坡向(阳坡与阴坡)立地条件下根系生长特性。结果表明, 根系直径 $d \leq 1$ mm 有效根系荆条高于胡枝子, 且阳坡明显高于阴坡; $d > 1$ mm 根系生物量, 在阳坡两种坡度及阴坡 12° 条件下, 胡枝子均高于荆条, 而阴坡 28° 条件下则相反; 在阳坡和阴坡两种坡向条件下, 距主干 0.2 m 处和 0.4 m 处, 胡枝子 $d > 1$ mm 的根密度均大于荆条, 而 $d \leq 1$ mm 的根密度明显小于荆条, 表明水平方向荆条的有效根系生长强于胡枝子; 两种灌木根系的垂直分布主要集中于 0—60 cm 内土壤中, $d > 1$ mm 根密度的大小次序为胡枝子(阳坡) > 荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阴坡), $d \leq 1$ mm 根密度的大小次序为荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阳坡) > 胡枝子(阴坡)。

关键词: 不同立地条件; 荆条; 胡枝子; 根系生长特性; 比较研究

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)04-0094-05

中图分类号: S718.42, Q948.1

Comparative Study on Root Growth Characteristics of *Vitex Negundo* var. *Heterophylla* and *Lespedeza Bicolor* Turcz. in Different Site Conditions

WANG Ying-yu¹, SONG Gui-long², MENG Qiang³, GU Zai-yuan⁴, GU Yu⁴

(1. Beijing Jingshi Landscaping Co., Ltd., Beijing 102600, China; 2. Key Laboratory of Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Institute of Turfgrass Science, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Research Institute of Highway, Ministry of Communications, Beijing 100088, China; 4. Beijing Fountain of Green Eco-Tech Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: Root distribution characteristics have special ecological meaning as they reflect the utilization of trees to the environments. Soil drilling method is applied for the root distribution characteristics of *Vitex negundo* var. *heterophylla* and *Lespedeza bicolor* Turcz. in two slope gradients(12° and 28°) and two slope aspects(south and north). Results show that the $d \leq 1$ mm root biomass of *Vitex negundo* var. *heterophylla* is more than *Lespedeza bicolor* Turcz.. The $d \leq 1$ mm root biomass of the two shrubs in south slope is more than that in north slope. The $d \leq 1$ mm root biomass of *Lespedeza bicolor* Turcz. is more than *Vitex negundo* var. *heterophylla* in three site conditions, including two slope gradients in south slope and 12° slope in north slope. The $d > 1$ mm root biomass of *Lespedeza bicolor* Turcz. is more than *Vitex negundo* var. *heterophylla* at 0.2 and 0.4 m from trunk in south and north slope, while the $d \leq 1$ mm root biomass is on the contrary. It is showed that effective root($d \leq 1$ mm) of *Vitex negundo* var. *heterophylla* is stronger than *Lespedeza bicolor* Turcz. in horizontal distribution. Roots of the two shrubs are distributed mostly in 0—60 cm soil layer. By the $d > 1$ mm root density, the order of shrubs in the two slope aspects is *Lespedeza bicolor* Turcz. (south slope) > *Vitex negundo* var. *heterophylla*(south slope) > *Vitex negundo* var. *heterophylla*(north slope) > *Lespedeza bicolor* Turcz. (north slope). By the $d \leq 1$ mm root density, the order of shrubs in the two slope aspects is *Vitex negundo* var. *heterophylla*(south slope) > *Vitex negundo* var. *heterophylla*(north slope) > *Lespedeza bicolor* Turcz. (south slope) > *Lespedeza bicolor* Turcz. (north slope).

收稿日期: 2009-12-02

修回日期: 2010-03-25

资助项目: 北京首都公路发展集团有限公司项目“京承高速公路(沙峪沟—市界段)边坡综合防护及治理技术研究”; “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD16B09); 2008年科技部科技型中小企业技术创新基金项目(08C26211100123)

作者简介: 王英宇(1947—), 男(汉族), 河北省秦皇岛市人, 高级工程师, 研究方向为园林景观建造。E-mail: wyy7172@126.com。

通信作者: 宋桂龙(1976—), 男(汉族), 河北省沧州市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为运动场草坪、边坡绿化技术。E-mail: syihan@163.com。

Keywords: different habitats; *Vitex negundo* var. *heterophylla*; *Lespedeza bicolor* Turcz.; root growth characteristic; comparative study

地下根系是支撑地上植被的强大基础,也是固土护坡的主要物质基础。已有研究证实,根系中粗根的主要作用在于对树木的机械支持,而其吸收功能主要由细根完成。尽管目前对于细根的定义尚无统一的标准,但是大多数学者认为直径(d)小于 1 mm 的根为细根^[4,3]。许多研究结果证明^[4,5],灌木的有效根密度(根系直径 $d \leq 1$ mm)与改善土壤的抗冲性有密切相关性,同时 $d \leq 1$ mm 的根密度及根量是不同植物群落改善土壤结构稳定性、提高土壤入渗及增强土壤抗冲性的有效根密度。但是,由于地下根系的隐蔽性,其研究深度远不如地上部分,其中地下生物量的测定因缺乏统一有效的方法而存在不确定性^[5,6]。本研究选取野生荆条和胡枝子作为研究对象,研究两种灌木在不同立地条件下的根系生长情况,采取一定体积取根量的方法进行测定,以研究两种灌木根系生长特性与其立地条件的关系,探讨二者在边坡植被恢复中的应用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料选择适合北方岩石边坡生长,抗旱性强、抗逆性强、耐粗放管理的乡土野生优良水土保持灌木——荆条和面积广泛应用的优良护坡植物——二色胡枝子。

1.2 指标与方法

1.2.1 根系生物量 在样方内,选取 4 株标准木,采用 1/4 样圆法对根系进行调查,即在每株样木的不同方位划分出 1/4 区作为取样区。取样时,以样木为中心分别在半径 0.2 和 0.4 m 的弧线上按等距确定 3 个取样点,分土层(每 20 cm 一层)用土钻($\Phi = 3.4$ cm)钻取土样,直至无根系,将所取土样装入密封的塑料袋并编号,带回实验室。然后在室内进行分离活根和死根。用根系扫描仪将活根区分为 ≤ 1 mm 和 > 1 mm。用蒸馏水清洗干净后置入 105 °C 烘箱中,烘干至恒重,再分别称重和记录。

1.2.2 根密度 将同一样地上 4 株树木在不同方位营养空间、不同距离特定径级根系的分布按照公式(1—2)进行合并。利用公式(1)计算某土层特定径级根系的密度(ρ kg/m³);利用公式(2)计算距离树干不同距离处特定径级根系的密度(ρ kg/m²)。

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k m}{nk} \cdot \frac{1}{\pi R^2 h \cdot 100} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^k x_{ijl}}{nk} \cdot \frac{1}{\pi R^2 \cdot 100} \quad (2)$$

式中: R ——土钻半径(0.017 m); h ——土层厚度(0.2 m); m ——根重(g); n, k ——样木总数及样点总数。

2 结果与分析

2.1 两种灌木根系生物总量

图 1—2 中分别为两种灌木在 4 种立地条件下根直径 $d > 1$ mm 根系生物量和 $d \leq 1$ mm 根系生物量变化趋势。由图 1 可以看出, $d \leq 1$ mm 根系生物量在 28° 立地条件下无论是阴坡还是阳坡,荆条均大于胡枝子,同时荆条阳坡明显大于荆条阴坡,胡枝子在阴坡与阳坡的差异较小;而在 12° 立地条件下,表现为荆条阳坡最大,其次为胡枝子阳坡、荆条阴坡、胡枝子阴坡,结果表明:荆条 $d \leq 1$ mm 有效根系要高于胡枝子,且阳坡明显高于阴坡,可以认为荆条在改善土壤稳定性和提高土壤抗冲性方面强于胡枝子,且阳坡效果更明显;两种灌木在阴坡与阳坡条件下,12° 坡度均大于 28° 坡度,表明小坡度有利于根系的生长,尤其是阳坡胡枝子在两种坡度条件下根系生物量差异较大。由图 2 可以看出,两种灌木 $d > 1$ mm 根系生物量在阳坡均明显大于阴坡,表明阳坡条件下更适于粗根生长;在阳坡两种坡度条件下,胡枝子 $d > 1$ mm 根系生物量均高于荆条,而阴坡 12° 立地条件下胡枝子大于荆条,而 28° 条件下则相反,这说明荆条在坡度较大的立地条件下适应性更突出。

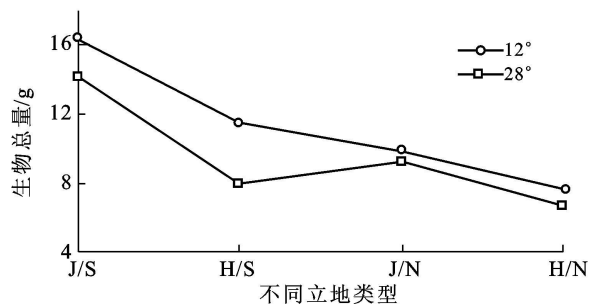


图 1 根系直径 $d \leq 1$ mm 的植物生物量
注: J 胡枝子, H 荆条; S 阳坡, N 阴坡。下同。

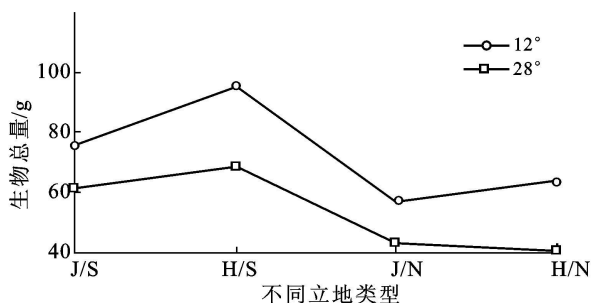


图 2 根系直径 $d > 1$ mm 的植物生物量

2.2 两种灌木水平根密度研究

2.2.1 12°边坡距离树干不同距离处根密度 从图 3—4 可以看出, 两种灌木在坡度为 12° 的立地条件下, 根密度在距树干 0.2 m 处均大于 0.4 m 处。其中相同灌木在阳坡的根密度均大于阴坡。说明荆条和胡枝子在阳坡的生长要好于阴坡, 表现为根系水平扩展性较好。从图 3—4 可以看出, 两种灌木直径 $d > 1 \text{ mm}$ 和 $d \leq 1 \text{ mm}$ 的根系分布和生长情况不同, 胡枝子在阳坡和阴坡 0.2 m 处 $d > 1 \text{ mm}$ 的根密度分别为 309.1 和 268.89 g/m^2 , 大于荆条的根密度 268 和 243.74 g/m^2 , 而 0.2 m 处 $d \leq 1 \text{ mm}$ 的根密度分别为 84.23 和 64.82 g/m^2 , 则明显小于荆条的根密度 104.37 和 100.03 g/m^2 , 在 0.4 m 处同样是胡枝子 $d > 1 \text{ mm}$ 的根密度大于荆条, 而 $d \leq 1 \text{ mm}$ 的根密度则小于荆条。可以看出灌木距离树干越近, 根密度越高。许多专家通过大量试验证明, 灌木的有效根密度(根系直径 $d \leq 1 \text{ mm}$) 与改善土壤的抗冲性有密切相关性, 同时证明 $d \leq 1 \text{ mm}$ 的根密度及根量是不同植物群落改善土壤结构稳定性、提高土壤入渗及增强土壤抗冲性的有效根密度^[4-5]。分析结果表明, 荆条在改善土壤结构稳定性、提高土壤入渗及增强土壤抗冲性方面强于胡枝子。从图 4 中可以看出, 荆条在阳坡的水平方向的根密度分布分别为 104.37 和 51.35 g/m^2 , 在阴坡的水平方向的根密度分布为 100.03 和 49.25 g/m^2 , 可以看出, 差值分别为 4.34 和 4.1 g/m^2 ; 胡枝子在阳坡的水平方向的根密度分布分别为 84.23 和 29.52 g/m^2 , 在阴坡的水平方向的根密度分布为 64.82 和 24.95 g/m^2 , 差值分别为 19.41 和 5.57 g/m^2 , 从阳、阴坡差值相比, 胡枝子大于荆条。这说明胡枝子在阴阳坡的根系生长差别大于荆条。

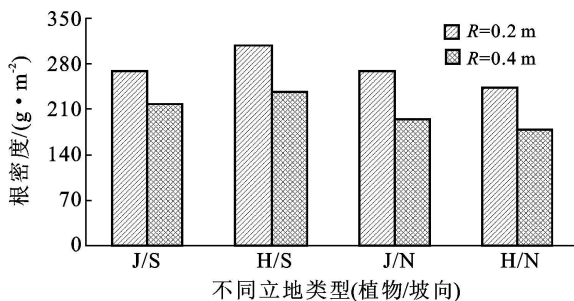


图 3 $d > 1 \text{ mm}$ 植物根密度对比

2.2.2 28°边坡条件下距离树干不同距离处的根密度 从图 5 可以看出, 两种灌木在 28° 边坡立地条件下, $d > 1 \text{ mm}$ 根密度分布不同。距离主干越远, 根密度数量越小。胡枝子 $d > 1 \text{ mm}$ 的根密度分别为 270.12 和 198.72 g/m^2 , 而荆条分别为 240.51 和

188.02 g/m^2 , 显然胡枝子大于荆条。同时也可以看到胡枝子和荆条在阳坡的根密度均大于同样情况下的阴坡。从图 6 可以看出, $d \leq 1 \text{ mm}$ 的根密度在 4 种情况下的变化不同于 $d > 1 \text{ mm}$ 的根密度。荆条在阳坡的 $d \leq 1 \text{ mm}$ 的根密度为 87.88 和 41.46 g/m^2 , 而其它处理的跟密度分别为 51.37, 31.46 g/m^2 ; 43.53, 36.78 g/m^2 ; 30.53, 16.83 g/m^2 。显然荆条在阳坡的根密度大于其它 3 种情况。进一步说明荆条在改善土壤结构稳定性, 提高土壤入渗及增强土壤抗冲性方面强于胡枝子。

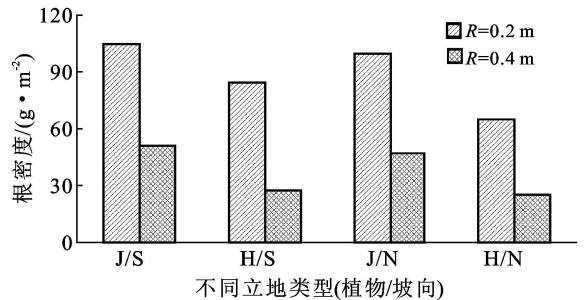


图 4 $d \leq 1 \text{ mm}$ 植物根密度对比

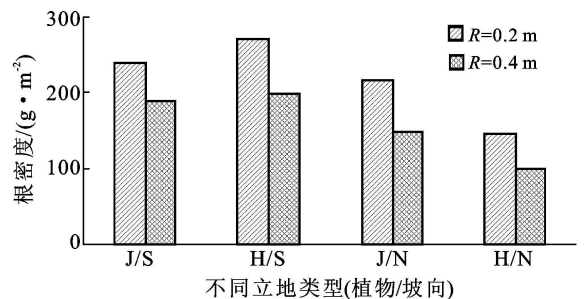


图 5 28°边坡距树干不同距离处 $d > 1 \text{ mm}$ 根密度对比

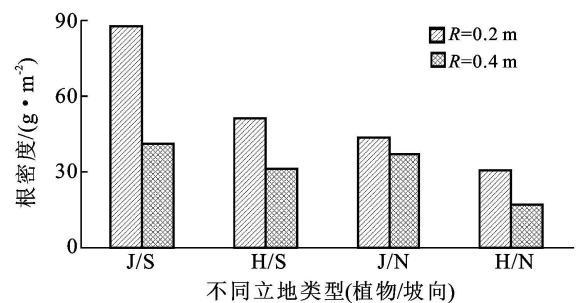


图 6 28°边坡距树干不同距离处 $d \leq 1 \text{ mm}$ 根密度对比

2.3 垂直根密度研究

2.3.1 12°边坡条件灌木垂直根密度 长期以来, 人们对于植物根系的分布特征, 尤其是根系的垂直分布特征进行了大量的研究, 并且认识到强大的根系是地上部分能够良好生长所必须的(单建平, 1992; 吕士行, 1990)。根系的垂直分布反映了植物根系在土壤中的纵向生长情况(图 7—8)。

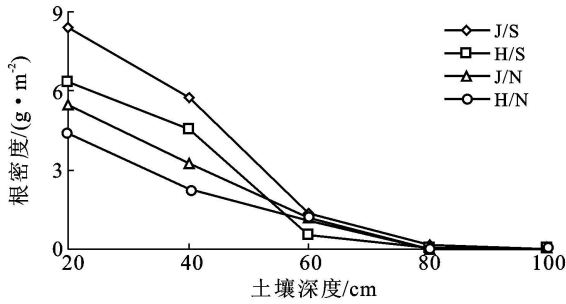


图 7 12° 边坡不同土层深度 $d > 1$ mm 根密度对比

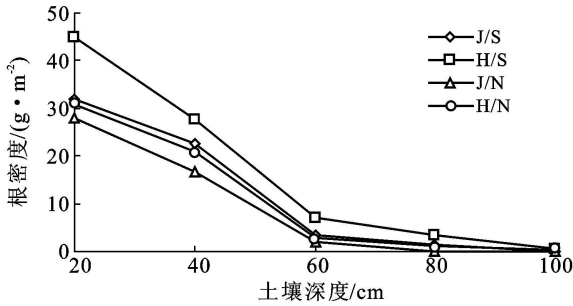


图 8 12° 边坡不同土层深度 $d \leq 1$ mm 根密度对比

从图 7 可以看出, 两种灌木 $d > 1$ mm 根系在阴、阳坡的分布均集中于 60 cm 以内。100 cm 以内, > 1 mm 根密度大小顺序为胡枝子(阳坡) > 荆条(阳坡) > 胡枝子(阴坡) > 荆条(阴坡)。其中, 0—20 cm 以内, 胡枝子(阳坡) 最大为 45.03 g/m^2 , 其次荆条(阳坡) 为 32 g/m^2 , 再次胡枝子(阴坡) 为 30.86 g/m^2 , 最小荆条(阴坡) 为 28.06 g/m^2 。可见, 胡枝子粗根生物量大于相同立地条件下的荆条, 具有较强的机械支持能力。图 8 显示, 两种灌木 ≤ 1 mm 根系在阴、阳坡地分布均集中于 60 cm 以内, 这与 > 1 mm 根系集中分布一致。0—20 cm, 20—40 cm 以内, 根密度大小顺序为荆条(阳坡) > 胡枝子(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阴坡)。其中, 荆条(阳坡) 最大分别为 8.43 和 5.76 g/m^2 , 其次胡枝子(阳坡) 分别为 6.32 和 4.54 g/m^2 , 然后是荆条(阴坡) 分别为 5.45 和 3.25 g/m^2 , 最小为胡枝子(阴坡) 分别为 4.37 和 2.26 g/m^2 。可见, 荆条细根根密度大于相同立地条件下的胡枝子, 说明荆条在改善土壤结构稳定性、提高土壤入渗及增强土壤抗冲性方面强于胡枝子。可以看出 40—60 cm 以内, 根密度大小顺序为荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阳坡) > 胡枝子(阴坡)。同时从趋势图的斜率可以看出, 随着土层加深, 胡枝子的根密度下降的幅度大于荆条, 说明在 40 cm 以下的土层, 荆条的稳定土壤、增强土壤抗冲性方面强于胡枝子。

2.3.2 28° 边坡灌木垂直根密度研究 图 9 可以看出, 随着土层加深, 两种灌木的根密度逐渐减少; 28° 边坡两种灌木 $d > 1$ mm 根系主要集中于 60 cm 以内。100 cm 以内, $d > 1$ mm 根密度大小顺序均为胡

枝子(阳坡) > 荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阴坡)。其中, 0—20 cm 以内, 胡枝子(阳坡) 最大为 32.25 g/m^2 , 其次荆条(阳坡) 为 26.25 g/m^2 , 然后是荆条(阴坡) 为 23.17 g/m^2 , 最小胡枝子(阴坡) 为 21.17 g/m^2 。可见, 在坡度为 28° 的边坡立地条件下, 阳坡的胡枝子粗根生物量大于相同立地条件下的荆条, 具有较强的机械支持能力; 而阴坡的胡枝子粗根生物量则小于相同立地条件下的荆条。从图 10 可以看出, 两种灌木 $d \leq 1$ mm 根系在阴、阳坡地分布均集中于 60 cm 以内, 这与 $d > 1$ mm 根系集中分布一致。0—20 cm, 20—40 cm 以内, 根密度大小顺序为荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阳坡) > 胡枝子(阴坡)。其中, 荆条(阳坡) 最大分别为 7.56 g 和 5.25 g/m^2 , 其次是荆条(阴坡) 分别为 5.18 和 3.12 g/m^2 , 再次胡枝子(阳坡) 分别为 4.56 和 2.95 g/m^2 , 最小为胡枝子(阴坡) 分别为 3.88 和 2.01 g/m^2 。可见, 阴、阳坡的荆条细根根密度大于胡枝子, 再次说明荆条在改善土壤结构稳定性、提高土壤入渗及增强土壤抗冲性方面强于胡枝子。可以看出 40—60 cm 以内, 根密度大小顺序为荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阳坡) > 胡枝子(阴坡)。同时从趋势图的斜率可以看出, 随着土层加深, 胡枝子的根密度下降的幅度大于荆条, 说明在 40 cm 以下的土层, 荆条的稳定土壤、增强土壤抗冲性方面同样强于胡枝子。

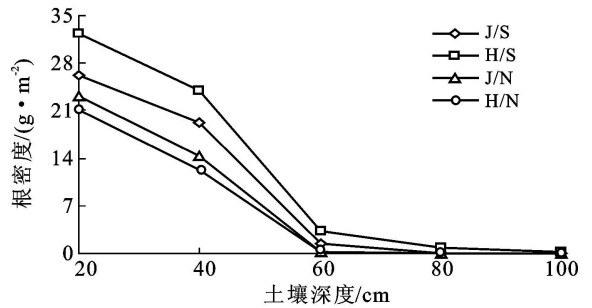


图 9 28° 边坡不同土层中 $d > 1$ mm 根密度对比

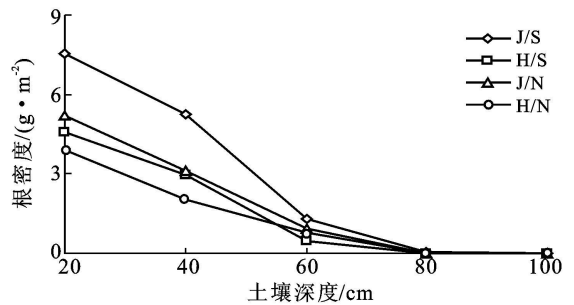


图 10 28° 边坡不同土层中 $d \leq 1$ mm 根密度对比

3 结论

(1) 阳坡立地条件下胡枝子 $d > 1$ mm 根系生物

量显著大于荆条,说明阳坡上生长的胡枝子的机械支持能力强于荆条。而阴坡立地条件下小坡度生长的胡枝子根系生物量大于荆条,而大坡度情况下则相反,这说明荆条比胡枝子更加适应坡度较大的立地条件。荆条 $d \leq 1$ mm 根系生物量无论在阴坡和阳坡都大于胡枝子,可见荆条的有效根密度大于胡枝子,进一步说明在改善土壤稳定性和提高土壤抗冲性方面强于胡枝子。研究认为,荆条适宜建植在阳坡上且可以适应坡度较大的边坡。在边坡防护效果上,荆条均比胡枝子的有效根密度大,护坡性能更好。

(2) 通过对两种灌木的水平根密度分析,得出距离树干不同距离处 $d > 1$ mm 和 $d \leq 1$ mm 根密度不同,离树干越远根密度越小。胡枝子在阳坡和阴坡 0.2 m 处和 0.4 m 处均为 $d > 1$ mm 的根密度大于荆条,而 $d \leq 1$ mm 的根密度明显小于荆条,荆条在阴坡和阳坡的水平方向的根密度差值小于胡枝子,这说明胡枝子在阴阳坡的根系生长差别大于荆条。在裸露坡面生态修复中,利用荆条在阴坡和阳坡均可以形成较为均一的绿化效果,而利用胡枝子则可能造成阴阳坡差异较大的绿化效果。

(3) 通过对垂直根密度分析,得出两种灌木的根系集中分布于 60 cm 以内的土壤中。不同土层中根系的 $d > 1$ mm 和 $d \leq 1$ mm 根密度不同。60 cm 的各土层中 $d > 1$ mm 根密度的大小分别为胡枝子(阳

坡) > 荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阴坡),而 60 cm 以内 $d \leq 1$ mm 根密度的大小分别为荆条(阳坡) > 荆条(阴坡) > 胡枝子(阳坡) > 胡枝子(阴坡)。表明胡枝子的根系具有较高的机械支持力,对坡体具有较强的支撑保护作用,而荆条则可较强地改善土壤结构稳定性和增强土壤抗冲刷性能;胡枝子在阴阳坡的根系生长差别大于荆条。

[参 考 文 献]

- [1] 刘建军. 林木根系生态研究综述[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(3): 74-78.
- [2] 陈金林, 许新建, 姜志林, 等. 空青山次生栎林细根周转[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(1): 6-10.
- [3] 单建平, 陶大立. 国外对树木细根的研究动态[J]. 生态学杂志, 1992, 11(4): 46-49.
- [4] 吕士行, 余雪标. 杉木造林密度与根系生长的关系[J]. 林业科技通讯, 1990(11): 1-3.
- [5] 李勇, 朱显谟, 田积莹. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性的有效性[J]. 科学通报, 1991, 36(12): 935-938.
- [6] 刘定辉, 李勇. 植物根系提高土壤抗侵蚀性机理研究[J]. 水土保持学报, 2003, 3(11): 34-37.
- [7] Cairns M A, Brown S, Helmer E H, et al. Root biomass allocation in the world's upland forests[J]. Oecologia, 1997, 111: 1-11.
- [8] 伯姆 W. 根系研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 3-15.

欢迎投稿《International Journal of Sediment Research》

《International Journal of Sediment Research》(译名《国际泥沙研究》)是国际泥沙研究培训中心主办的纯英文版科技期刊,为季刊。自 2007 起成为 SCI 源刊,被 SCI-E 收录。《International Journal of Sediment Research》刊登内容有:泥沙运动力学、河床演变、地理学、地貌学、土壤侵蚀、流域产沙、水土保持、泥沙对环境及生态的影响、泥沙所引起的社会和经济问题评估等内容。竭诚欢迎相关人员投稿。

联系人:陈月红

投稿地址:北京车公庄西路 20 号,国际泥沙研究培训中心,
《国际泥沙研究》编辑部

邮政编码:100048

传真:86-10-68411174

网 址: <http://www.waser.cn/journal/journal-main.asp>

电子邮箱: sedimentpaper2004@yahoo.com.cn,

chyh@iwhr.com, yhchen1234@gmail.com