

Larrea tridentata 地径、根系及枝相关关系的研究

张香凝¹, 孙向阳^{1*}, 王保平², 乔杰², 崔令军¹

(1. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 国家林业局 泡桐研究开发中心, 郑州 450003)

摘要:为了研究 *Larrea tridentata* 根系生长情况, 并建立相应的数学模型, 对一年生和两年生 *Larrea* 进行了研究。结果表明: *Larrea* 各器官之间的相关关系大多是极显著幂函数关系。两年生 *Larrea* 各器官之间的相关系数比一年生的相关系数有明显的增加。地径与主要根参数(总根长、根总断面积、根干重)和主要枝参数(侧枝总断面积、枝干重)之间都有极显著的幂函数相关关系。可见, 用地径建立预测根系和侧枝参数的模型是可行的。地上部分生物量与地下部分生物量有极显著的幂函数相关关系, 且随着地下部分生物量的增加, 地上部分生物量成幂函数递增。侧枝总断面积与根总断面积之间呈极显著的线性关系。

关键词: *Larrea tridentata*; 地径; 根系; 侧枝; 相关关系

中图分类号: S718.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2007)04-0035-04

A Study on Correlation between Diameter at Butt End, Root and Side Branch of *Larrea tridentata*

ZHANG Xiang-ning¹, SUN Xiang-yang¹, WANG Bao-ping², QIAO Jie², CUI Ling-jun¹

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. Paulownia Research and Development Center of China, Zhengzhou, Henan 450003, China)

万方数据

Abstract: One year old and two years old seedlings of *Larrea* were used to study the growth of the roots of *Larrea tridentata*. The results are as follows: The relevant relations between *Larrea* every organ are significantly exponential functional relation. The correlation-coefficient has a obvious increase in two years old *Larrea* than one year old. There is significantly exponential functional relation between diameter at butt end and the main parameter of root (the length of total roots, the total section area of roots, the dry weight of roots) and the main parameter of side branch (the total section area of side branch, the dry weight of branches). It is obvious that use the diameter at butt end to make the model to predict the parameter of root and side branch is feasible. There is significantly exponential functional relation between overground and underground biomass. And the growth of the overground biomass is exponential functional along with the growth of the underground biomass. The relevant relations between the total section area of roots and the total section area of branches are significantly prominent linearity.

Key words: *Larrea tridentata*; diameter at butt end; root; side branch; correlation

Larrea tridentata 也称为 Creosote Bush, 属于蒺藜科, 是一种亚热带沙漠常绿灌木, 主要生长在美洲, 极其耐旱, 具有很高的生态价值和药用价值^[1]。国家林业局 2002 年将该种列为引种项目, 由北京林业大学对该种进行引种实验。2003 年 4 月, 在河南新乡原阳县境内进行种植实验, 经过 2 a 的栽培, *Larrea* 生长情况良好, 叶常绿, 分枝茂盛, 冠型好, 现平均株高为 30 cm, 平均地径 3.92 cm, 冠幅 40~60 cm。由于 *Larrea* 是生长在亚热带沙漠气候的植物,

具有很强的耐旱性, 发达的根系植物具有耐旱性的基本保证, 根系的生长情况对 *Larrea* 的生长发育有很重要的影响, 但是根系的生长情况无法直接观测, 国内也没有任何关于 *Larrea* 生长情况的数据。因而通过研究地径与根系及枝各参数的相关关系, 建立合理的数学模型, 可以通过便捷的测量地径估测地下部分根系的生长情况以及侧枝的生长情况, 为根系和侧枝的研究提供依据, 并对估测生长量, 及干物质在各器官中的分配也十分有意义。同时也利于掌

收稿日期: 2006-10-16 修回日期: 2006-12-15

基金项目: 国家林业局“948”项目(2002-02)

作者简介: 张香凝(1980-), 女, 河南信阳人, 在读博士, 主要研究方向: 土壤生态。

* 通讯作者: 孙向阳(1965-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 土壤生态。

握 *Larrea* 的生长动态,制定有效的经营措施,提高经营质量。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于河南省中部的原阳县境内——国家林业局泡桐研究开发中心实验基地,地理位置为东经 $113^{\circ}34' \sim 113^{\circ}52'$,北纬 $34^{\circ}53' \sim 35^{\circ}05'$ 之间。项目区地处黄河故道,为典型平原地区,地形平坦开阔,有部分沙岗。目前 *Larrea tridentata* 的种植面积约为 200 m^2 ,区内土壤为黄河冲积风沙土,沙粒较细,土层深厚,透气性强。土质偏碱($\text{pH}7.5 \sim 8.5$),有机质、有效氮、有效磷平均含量分别为 8.79% 、 20.53 mg/kg 、 2.75 mg/kg ,养分含量较低。

1.2 研究方法

在试验地 2004 年 12 月随机挖取整株 *Larrea* 一年生幼苗 30 株,2005 年 12 月随机挖取两年生 *Larrea* 12 株,用水冲净,去除叶子,出土后立即浸泡于水中,防止失水,测量前用吸水纸将根系擦干。用游标卡尺测地径(D)、单根的基径(距基部 1 cm 处的直径),侧枝基径(距基部 1 cm 处的直径),用毫米刻度尺测单根的长度,并计算根总断面积($RTSA$),侧枝总断面积($BTSA$),用直线截获法和直接测量法测总根长(RTL),用千分之一天平测根干重(RDW)、

枝干重(BDW)。

根据英国 J S Huxley 的理论,生物体各部分器官与测树因子之间普遍存在着异速生长规律,这种生长规律可用数学表达式表达^[2-4]。因此,根据测得 *larrea* 的地上及地下部分的各参数,用 Excel 进行相关分析,选择 R^2 值最高的一个方程建立回归关系,并用 SPSS 进行 F 检验法检验回归关系的显著性和计算标准误差。

2 结果与分析

实验结果表明,2 年生 *larrea* 比 1 年生的 *larrea* 各参数相关关系好,随着生长它的地径与根系及侧枝各参数的相关关系更加显著。

2.1 地径与根参数的基本关系

地径是反应灌木生长的重要指标,对其群落收获量、生长量及损失量的估测,具有十分重要的现实意义^[3,6,10]。对于 *larrea* 这种在沙漠生长的耐旱植物,根系的生长状况是反应植物是否健康生长的重要指标。

从图 1、5 可以看出 *Larrea* 的地径与总根长之间的关系以幂函数关系较为显著,一年生的相关系数 $R^2 = 0.7514$, F 检验的结果为 $F = 60.4539$,达到极显著水平。二年生的相关系数 $R^2 = 0.8621$, F 检验的结果为 $F = 62.5229$,达到极显著水平。

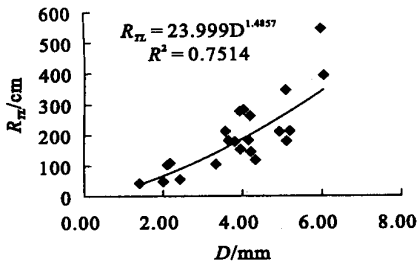


图 1 1 年生 *L. tridentata* 地径与总根长的关系
Fig. 1 Correlation between D and RTL of *L. tridentata* (1a)

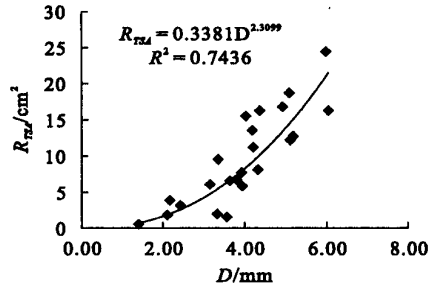


图 2 1 年生 *L. tridentata* 地径与根总断面积的关系
Fig. 2 Correlation between D and $RTSA$ of *L. tridentata* (1a)

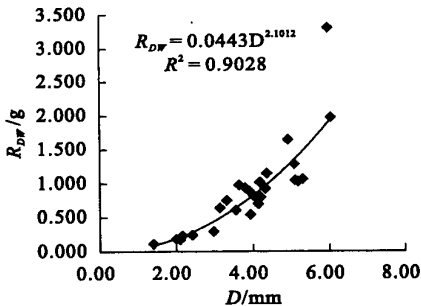


图 3 1 年生 *L. tridentata* 地径与根干重的关系
Fig. 3 Correlation between D and RDW of *L. tridentata* (1a)

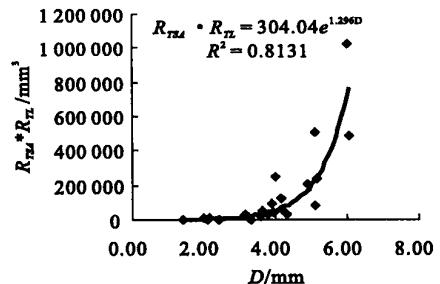


图 4 1 年生 *L. tridentata* 地径与 $RTSA \times RTL$ 的关系
Fig. 4 Correlation between D and $RTSA \times RTL$ of *L. tridentata* (1a)

从图 2、6 可以看出, *larrea* 的地径与根总断面积之间的关系有较显著的幂函数相关性,一年生的

larrea 地径与根总断面积之间的相关系数 $R^2 = 0.7346$, F 检验的结果为 $F = 60.90766$,达到极显

著水平,2 a 生的相关系数 $R^2 = 0.9424$, F 检验的结果为 $F = 163.56036$, 达到极显著水平, 其回归估计值的标准误差为 0.16077。从图 3、7 可以看出, *Larrea* 的地径与根干重之间的关系以幂函数关系较

为显著,1 a 生 $R^2 = 0.9028$, F 检验的结果为 $F = 222.90867$, 达到极显著水平。2 a 生的 $R^2 = 0.9166$, F 检验的结果为 $F = 109.84794$, 达到极显著水平, 其回归估计值的标准误差为 0.19347。

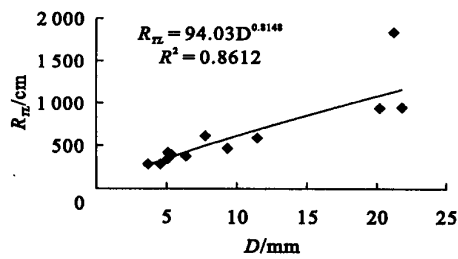


图5 2年生 *L. tridentata* 地径与总根长的关系
Fig.5 Correlation between D and RTL of *L. tridentata* (2a)

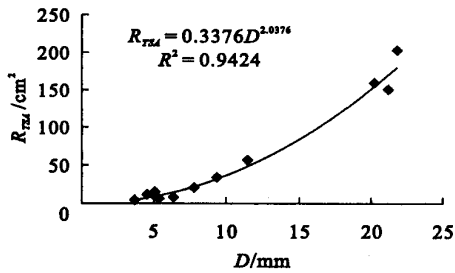


图6 2年生 *L. tridentata* 地径与根总断面积的关系
Fig.6 Correlation between D and $RTSA$ of *L. tridentata* (2a)

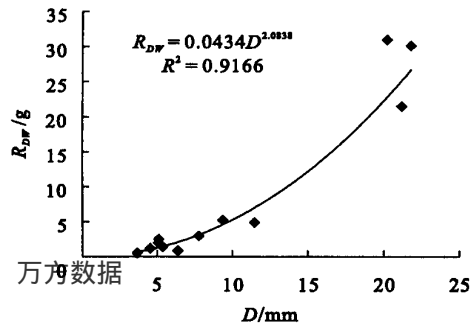


图7 2年生 *L. tridentata* 地径与根干重的关系
Fig.7 Correlation between D and RDW of *L. tridentata* (2a)

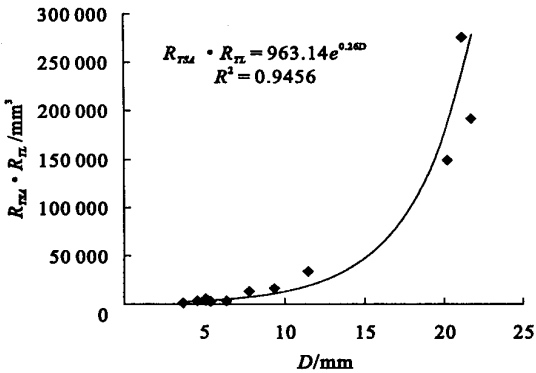


图8 2年生 *L. tridentata* 地径与 $RTSA \times RTL$ 的关系
Fig.8 Correlation between D and $RTSA \times RTL$ of *L. tridentata* (2a)

相比较而言,地径与根总断面积与总根长的积的关系较紧密(如图4、8),呈指数函数关系,一年生 $R^2 = 0.8131$, $F = 86.99178$ 。2年生 $R^2 = 0.9456$, $F = 32.73246$,说明这两个参数共同影响的因素比单个因素的影响大。

从回归关系可进一步看出,在 *larrea* 生长初期,随地径的增加,根系增长幅度不是很大,成苗后,随着地径的增大,根总断面积、总根长和根干重增长的幅度逐渐增大,说明 *larrea* 地下部分生长的速度极快,表现了沙生耐旱植物根系发达的典型特征。

2.2 地径与地上部分的关系

由图9~11可见,地径与侧枝总断面积、枝干重之间也是以幂函数关系最显著,其中与二年生的侧枝总断面积 $R^2 = 0.9383$, $F = 152.11$,与枝干重一年生的 $R^2 = 0.9756$, $F = 82.8282$,2年生的 $R^2 = 0.9756$, $F = 380.786$,回归估计值的标准误差为分别为0.17395和0.10714。说明同根参数类似,随着 *larrea* 地径的增大,地上部分参数侧枝总断面积、枝干重的增长幅度逐渐增大,也可建立相应的数学模型。可见地径能够全面的反映 *larrea* 的生长情况。

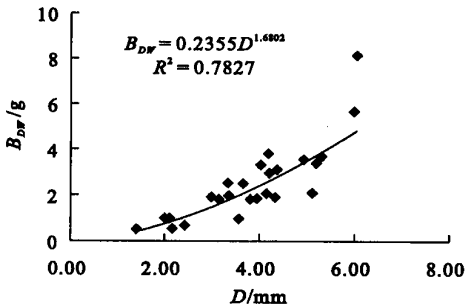


图9 1年生 *L. tridentata* 地径与枝干重的关系
Fig.9 Correlation between D and BDW of *L. tridentata* (1a)

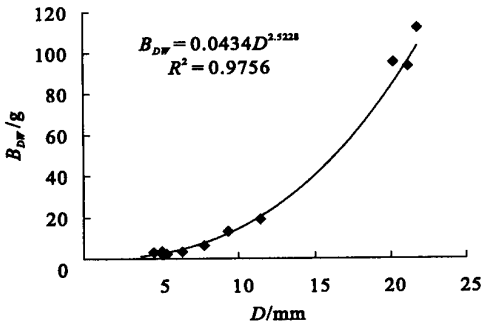


图10 2年生 *L. tridentata* 地径与枝干重的关系
Fig.10 Correlation between D and BDW of *L. tridentata* (2a)

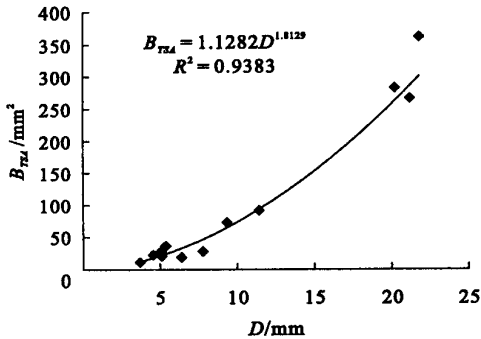


图 11 2 年生 *L. tridentata* 地径与侧枝总断面积的关系

Fig. 11 Correlation between *D* and *B_{TSA}* of *L. tridentata* (2a)

2.3 地上部分参数与地下部分生物量的基本关系

从图 12、13 可以看出根干重与枝干重之间存在极显著的乘幂相关性 ($R^2 = 0.7406$), F 值 68.517 08。2 a 生 ($R^2 = 0.9202$), F 值 103.845 88。回归估计值的标准误差为 0.388 51。

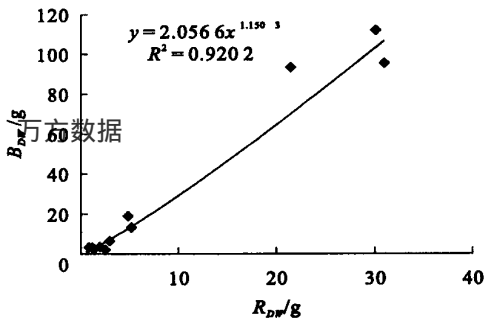


图 13 2 年生 *L. tridentata* 根干重与枝干重的关系

Fig. 13 Correlation between *RDW* and *BDW* of *L. tridentata* (2a)

3 结论与讨论

研究 *Larrea* 的地径、根系及侧枝的相关关系对于 *larrea* 的栽培引种具有十分重要的意义。研究结果表明, *larrea* 各器官之间的相关关系大多是极显著幂函数关系。

(1) 2 a 生 *larrea* 各器官之间的相关系数比 1 a 生的相关系数有明显的增加, 说明随着生长各参数的相关关系更加显著。这符合一般植物的生长规律。

(2) 地径是反映其生长的重要指标, 对地上部分和地下部分各参数都有极显著的相关关系。其中以幂函数关系为主。因此, 通过地径建立预测 *larrea* 生长的模型是可取的。

(3) 从生物量的角度来看, 地上部分生物量与地下部分生物量有极显著的幂函数相关关系。且随着地下部分生物量的增加, 地上部分生物量成幂函数递增, 说明根系健康与否是 *larrea* 生长的重要条

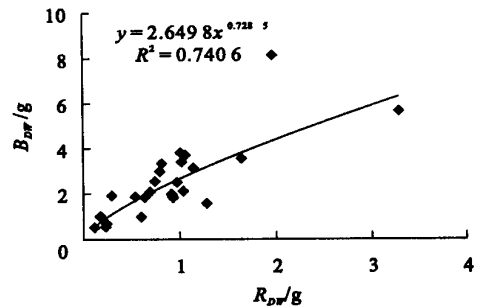


图 12 1 年生 *L. tridentata* 根干重与枝干重的关系

Fig. 12 Correlation between *RDW* and *BDW* of *L. tridentata* (1a)

侧枝总断面积与根总断面积之间线性关系极显著 ($R^2 = 0.9949$) (如图 14), F 值 1 969.657 3。回归估计值的标准误差为 9.313 86。可见 *larrea* 的枝与根粗度保持着基本相同的生长速率, 侧枝的粗度比根的粗度增加速度略快。

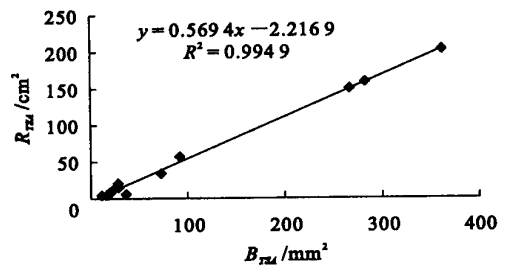


图 14 1 年生 *L. tridentata* 侧枝总断面积与根总断面积的关系

Fig. 14 Correlation between *B_{TSA}* and *R_{TSA}* of *L. tridentata* (1a)

件。 *Larrea* 有发达的根系, 表现了沙漠耐旱植物的基本特征^[5]。

参考文献:

- [1] Barbour Michael G. Age and space distribution of the desert shrub *Larrea divaricata* [J]. Ecology, 1969, 50(4): 679-685.
- [2] 陆新育, 陈绍信, 李森泉, 等. 农桐间作泡桐生物量的研究 [J]. 泡桐与农林业, 1990(1): 12-23.
- [3] 周再知, 郑海水, 尹光天, 等. 橡胶树生物量估测的数学模型 [J]. 林业科学研究, 1995, 8(6): 624-629.
- [4] 王保平, 李宗然, 乔杰, 周海江. 泡桐枝叶相关关系的研究 [J]. 北京林业大学学报, 1998, 5(3): 128-133.
- [5] 张建国, 李吉跃, 沈国防, 等. 树木耐旱特性及其机理研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2000. 6.
- [6] 郑辉, 陈来东, 孟庆潭. 山杨桦树地径与直径相关关系的研究 [J]. 河北林果研究, 2001, 16(1): 14-16.
- [7] 王志杰. 椴树胸径、根径和立木材积相关关系的研究 [J]. 河北林业科技, 1997, 9(3): 20-22.
- [8] 邓宝忠, 王素玲, 李庆君. 红松阔叶人工天然混交林主要树种胸径与冠幅的相关分析 [J]. 防护林科技, 2003, 11(4): 19-21.

(下转第 56 页)

被物根系在总根系中所占的比例较大,随着刺槐林的生长,地被物根系在总根系中所占的比例逐渐下降;而刺槐林根系所占的比例逐渐增加;二是与刺槐林根系具有主根不明显,侧根较发达的特点有关,三是与黄土高原地区土壤水分分布特点有关。

关于树木根系与土壤有机碳关系方面的研究主要集中在根系衰老和死亡之后对林地生态系统碳的贮存和循环的贡献^[7-9]。在森林生态系统中,通过根的形成、衰老、死亡、分解,向地下部分和土壤中分配的碳被认为是陆地碳循环和营养循环的重要组成部分,根骸留在土壤中,从而保留了大量的碳和营养物质,这对于碳在土壤中长期贮存具有重大意义^[8]。

本项研究结果显示,无论是5 a林还是26 a林,土壤有机碳的最大值都出现在土壤表层,且在数量上并没有显著差异,也不能找出根系生物量与土壤碳对应的量变关系。土层中根系生物量大,不一定土壤有机碳含量高。这说明在人工林生态系统中,通过根的形成、衰老、死亡、分解,对土壤有机碳的形成和积累虽然有一定影响,但影响程度很小。根系生物量为土壤碳的形成提供了物质来源,但不是唯一的来源。同时,林地的土壤状况(土壤结构、土壤水分、土壤微生物、土壤养分等)也影响土壤有机质的分解,从而影响到土壤有机碳含量。根系对土壤碳储量的影响虽然没有直接的量变关系,但根系生物量大,根系导致较小的土壤碳变化都会影响到人

工林的净碳积累,而且土壤碳周转速率慢,受各种干扰影响小,能维持较长时期的碳储藏,因此,人工林地是不容忽视的土壤碳库。

参考文献:

- [1] 季志平,苏印泉,刘建军. 黄土高原的生态恢复与支撑体系初探[J]. 西北林学院学报,2005,20(4):9-13.
- [2] 史军,刘纪远,高志强,崔林丽. 造林对土壤碳储量影响的研究[J]. 生态学杂志,2005,24(4):410-416.
- [3] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [4] 王进鑫,王迪海,刘广全. 刺槐和侧柏人工林有效根系密度分布规律研究[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2208-2214.
- [5] 季志平,苏印泉,贺亮,等. 秦岭北坡几种人工林根系及土壤有机碳剖面分布特征的研究[J]. 西北植物学报,2006,26(9):1911-1915.
- [6] 季志平,苏印泉,贺亮. 黄土丘陵区人工林土壤有机碳的垂直分布特征[J]. 西北林学院学报,2006,21(6):54-57.
- [7] King JS,Albaugh TJ,Allen HL,et al. Below-ground carbon input to soil is controlled by nutrient availability and fine root dynamics in loblolly pine[J]. New Phytol,2002,164:389-398.
- [8] Nadelhoffer KJ,Emmett BA, Gunderson P,et al. Nitrogen deposition makes a minor contribution to carbon sequestration in temperate forests[J]. Nature,1999,398:145-148.
- [9] Nadelhoffer NJ. The potential effects of nitrogen deposition on fine-root production in forest ecosystem[J]. New Phytol,2000,147:131-139.

(上接第38页)

- [9] 蒋建平,范国强,李培玉,等. 泡桐主干与树冠生长相关关系的研究[J]. 河南农业大学学报,2006,34(2):127-129.

- [10] 卢昌泰. 四川的云南松地径胸径相关关系及其应用的研究[J]. 四川林业科技,2004,25(2):46-49.