

关帝山华北落叶松人工林 细根生物量空间分布及季节变化

杨秀云, 韩有志^①

(山西农业大学林学院, 山西 太谷 030801)

摘要: 利用根钻法研究了山西关帝山华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii* Mayr) 人工林细根生物量的空间分布和季节变化特征。结果表明, 华北落叶松不同径级细根生物量随土层深度的增加而逐渐减少, 土壤表层(0~10 cm)中各径级细根的生物量最高, I级细根(根直径0~1 mm)的生物量在不同土层深度间差异显著($P < 0.05$); 距树干不同水平距离处各径级的细根生物量差异均未达到显著水平($P > 0.05$)。在0~10 cm土层中, 各径级细根生物量的季节变化差异显著($P < 0.05$), 均表现为单峰型, 峰值出现在9月份; 在10~20 cm和20~30 cm土层中, I级和II级(根直径1~2 mm)细根生物量季节变化差异显著, III级细根(根直径2~5 mm)和I级死根(根直径0~2 mm)生物量季节变化差异不显著。

关键词: 华北落叶松人工林; 细根生物量; 空间分布; 季节变化

中图分类号: S791.22; Q945.32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0978(2008)04-0037-04

Spatial distribution and seasonal change of fine root biomass of *Larix principis-rupprechtii* plantation in Guandi Mountain YANG Xiu-yun, HAN You-zhi^① (College of Forestry, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(4): 37-40

Abstract: The spatial distribution characteristics and seasonal change dynamics of fine root biomass of *Larix principis-rupprechtii* Mayr plantation in Guandi Mountain of Shanxi Province were investigated by using the root core method. The results show that the fine root biomass of different diameter classes are decreasing with soil depth increasing, and it reach the highest in 0-10 cm soil depth. The biomass differences of class I fine root (diameter 0-1 mm) in different soil layers are significant ($P < 0.05$), and the fine root biomass of different diameter classes have no significant differences with different horizontal distances ($P > 0.05$). The seasonal change of fine root biomass of different diameter classes in the upper soil layer (soil depth 0-10 cm) is significant ($P < 0.05$) and shows a single peak curve, and the biomass values reach the maximum in September. In 10-20 cm and 20-30 cm soil depth, the seasonal change of biomass of class I and class II fine roots (diameter 1-2 mm) has significant differences, while that of class III fine root (diameter 2-5 mm) and class I dead root (diameter 0-2 mm) has no significant difference.

Key words: *Larix principis-rupprechtii* Mayr plantation; fine root biomass; spatial distribution; seasonal change

陆地生态系统的功能在很大程度上依赖于碳的分配格局和分配过程, 树木根系是森林地下碳循环的重要组成部分^[1-2]。森林地下根系生物量大部分积累在粗根中, 但是每年用于生长的生物量大部分则被分配到细根(fine root)中, 细根具有较高的周转率, 是土壤中碳的主要来源^[3]。土壤中根系在水平位置和深度层次上的分布特征是植物对土壤中水分和养分吸收的基础^[4-5]。以往对森林细根的研究主

要局限于对细根生物量、根长密度等构型参数的现存量、季节动态及其与环境相关性的研究^[5-8], 但对

收稿日期: 2008-04-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30670338); 山西农业大学科技创新基金(2004016); 山西省自然科学基金资助项目(20031073)

作者简介: 杨秀云(1976—), 女, 山西洪洞人, 博士, 讲师, 主要从事森林培育和生态学方面的研究。

^①通讯作者 E-mail: hanyouzhi@sxdu.edu.cn

于林木地下根系空间分布尤其是水平分布方面的研究较少,且细根水平分布的研究则多见于异质性组分的森林。林木各属性的空间分布与立地资源利用强度、种间和种内的竞争等相关,是分析种群及群落动态的重要基石^[9]。细根的分布特征及其对于干旱的抗御能力是土地生产力,尤其是半湿润、半干旱地区土地生产力的主要决定因素^[10]。

华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii* Mayr)是华北山地半湿润少林地区针叶林的主要建群种,是华北地区重要用材林、水源涵养林及景观风景林等,在生产和经营上具有重要的战略意义。山西是华北落叶松的最适生长区,是构成中国华北落叶松分布地区的主体。作者以华北落叶松人工纯林为研究对象,研究了华北落叶松细根生物量的空间分布和季节变化特征,为进一步探讨土壤资源的有效利用提供研究基础和理论依据。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于山西省关帝山森林经营管理局三道川林场,地理位置为东经110°30′、北纬37°28′,主峰海拔1 600~1 900 m。该地年平均气温8.85℃,1月份均温-7.7℃,极端最低气温-19.6℃,7月份均温23.0℃,极端最高气温34.5℃;无霜期年际变化幅度较大,平均无霜期100~120 d,≥10℃的年积温为2 022℃;年均降水量400~600 mm,其中每年降水量的65%集中于7月份至9月份。土壤类型为山地棕壤。

1.2 样地选择

在长势均一、受干扰较少的华北落叶松人工纯林中设定3块标准样地,样地面积为30 m×30 m。样地林分的密度491株·hm⁻²,平均树高9.6 m,平均胸径14.4 cm。

1.3 研究方法

分别于2004年5月份、7月份、9月份和10月份采用根钻法(内径7.0 cm)采集细根^[11]。每次取样时选取9株样木(接近样地平均树高和平均胸径的树木),每株样木随机选择3个不同方位作为取样区,以样木为中心分别在距树干20、50及100 cm处按0~10、10~20和20~30 cm土层分层取样。将每层样品分别标记并装袋。

在实验室内把土样用水泡软后,倒入60目筛网中,用水冲洗数次。将乔木根和林下植被根分开,并根据细根的颜色、外形、弹性以及根皮与中柱分离的难易程度将活根和死根分开^[12],并分别进行分级。活根分为5级:Ⅰ级,根直径(D)≤1 mm;Ⅱ级,1 mm< D ≤2 mm;Ⅲ级,2 mm< D ≤5 mm;Ⅳ级,5 mm< D ≤10 mm;Ⅴ级, D >10 mm。死根分为2级:Ⅰ级, D ≤2 mm;Ⅱ级,2 mm< D ≤5 mm。把每个土芯中的细根按前述等级分开后,分别于80℃条件下烘干至恒质量(24 h),用电子天平称其质量(精确到0.001 g)。

1.4 数据处理

根系生物量计算公式为:根系生物量=平均每根土芯根干质量/[$\pi(\varphi/2)^2/10^4$]。式中, φ ($\varphi=7.0$ cm)为土钻的直径。

由于采用根钻法取样分析直径大于5 mm的粗根误差较大,所以,数据分析处理主要对Ⅰ~Ⅲ级细根和Ⅰ级死根进行分析。对5月份、7月份、9月份和10月份采集的不同径级细根生物量进行统计,取其平均值分析细根生物量的空间分布特征。对各径级细根生物量进行平均数、标准差及变异系数分析;用方差分析和多重比较方法对不同土层深度和不同水平距离细根生物量的差异及季节变化的差异进行显著性分析。采用Systat 10.2软件对实验数据进行相关的统计和分析。

2 结果和分析

2.1 不同径级细根生物量的空间分布特征

华北落叶松不同径级细根生物量的空间分布状况见表1。由表1可见,华北落叶松不同径级细根生物量随土层深度的增加而逐渐减少,0~10 cm土层细根生物量(包括Ⅰ~Ⅲ级细根与Ⅰ级死根)分别占0~30 cm土层各自总细根生物量的64.04%、47.42%、42.83%和50.39%。方差分析结果显示,Ⅰ级细根生物量在不同土层深度间差异显著($P<0.05$),Ⅱ级和Ⅲ级细根及Ⅰ级死根的生物量随土层深度的变化差异不显著($P>0.05$)。

对距树干不同水平距离处的细根生物量进行统计分析,结果表明(表1),华北落叶松不同径级细根生物量在不同水平距离处的差异均未达到显著水平($P>0.05$)。在同一深度土层中,不同径级细根生

物量表现出不同的分布规律。在0~10 cm土层中, I级细根生物量的水平分布特征为凹形,距树干50 cm处细根生物量最小; II级细根生物量水平分布特征为凸形,距树干50 cm处细根生物量最高; III级细根和 I级死根生物量的分布呈直线形,并随距树干水平距离(0~100 cm)的增加而增加。在10~20 cm土层中, I级、II级细根和 I级死根的生物量水平分布呈直线形,并随与树干水平距离的增加而增加; III级细根生物量随与树干水平距离的增加而减少。在20~30 cm土层中, I级、II级细根和 I级死根的生物量随与树干水平距离的增加而减少; III级细根生物量水平分布呈凸形,距树干50 cm处细根生物量最高。

表1 山西关帝山华北落叶松细根生物量的空间分布特征¹⁾
Table 1 Spatial pattern of fine root biomass of *Larix principis-rupprechtii* Mayr in Guandi Mountain of Shanxi Province¹⁾

土层深度/cm Soil depth	水平距离/cm Horizontal distance	不同径级细根生物量/g·m ⁻² Fine root biomass of different diameter classes			I级死根生物量/g·m ⁻² Biomass of class I dead root
		I	II	III	
0-10	20	78.49a	18.96a	59.51a	31.87a
	50	64.93a	19.27a	64.39a	35.71a
	100	81.50a	17.64a	68.01a	40.08a
10-20	20	23.36b	9.77a	60.82a	19.31a
	50	26.13b	12.00a	44.87a	19.45a
	100	35.06b	16.46a	34.55a	26.30a
20-30	20	16.03c	9.68a	40.21a	15.15a
	50	13.44c	8.44a	48.29a	13.70a
	100	12.30c	5.61a	27.45a	12.07a

¹⁾表中数据为36个样本根系生物量的平均值;同列中的不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。The datums in this table are the average of 36 samples; Different letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$). I: $D \leq 1$ mm; II: $1 \text{ mm} < D \leq 2$ mm; III: $2 \text{ mm} < D \leq 5$ mm; I级死根的根直径 $D \leq 2$ mm. The diameter of class I dead root $D \leq 2$ mm.

2.2 不同径级细根生物量的季节变化特征

华北落叶松不同径级细根生物量的季节变化状况见表2。结果表明,华北落叶松不同径级细根生物量(0~30 cm土层)在不同季节间的变化有差异。

在0~10 cm土层中,不同季节 I级细根生物量的变化范围为41.64~93.36 g·m⁻²,表现为单峰型,其中9月份最高,季节变化差异显著($P < 0.05$)。在10~20 cm土层中,不同季节 I级细根生物量的变化范围为20.78~38.01 g·m⁻²,表现为单峰型,其中7月份最高,5月份、7月份和9月份间差异不显著($P > 0.05$),5月份和7月份与10月份

间差异显著($P < 0.05$)。在20~30 cm土层中,不同季节 I级细根生物量的变化范围为10.50~17.94 g·m⁻²,生物量逐渐增加,5月份与10月份间差异显著($P < 0.05$)。

在0~10 cm土层中, II级、III级细根和 I级死根的生物量季节变化差异显著($P < 0.05$),季节变化特征与 I级细根生物量季节变化特征相似,表现为单峰型,峰值出现在9月份。主要因为7月份至9月份是当地雨水集中的季节,土壤有效水分含量高,碳向地下部分的分配量增多,促使细根生长和细根生物量的积累;从8月份开始气温逐渐降低,死根的分解速度减慢,而活细根还在周转中,因而造成死根的积累^[13-15]。在10~20和20~30 cm土层中, II级细根生物量分别在7月份与9月份以及7月份与5月份、9月份和10月份间差异显著($P < 0.05$); III级细根和 I级死根生物量在各月份间的差异不显著($P > 0.05$)。

表2 山西关帝山华北落叶松细根生物量的季节变化¹⁾
Table 2 Seasonal change of fine root biomass of *Larix principis-rupprechtii* Mayr in Guandi Mountain of Shanxi Province¹⁾

土层深度/cm Soil depth	月份 Month	不同径级细根生物量/g·m ⁻² Fine root biomass of different diameter classes			I级死根生物量/g·m ⁻² Biomass of class I dead root
		I	II	III	
0-10	May	41.64d	10.66b	25.14c	26.36b
	July	79.79c	15.99ab	61.86abc	27.60b
	Sep.	93.36a	28.10a	116.23a	46.78a
	Oct.	86.12b	20.57a	52.66b	39.91a
10-20	May	21.52a	13.36ab	50.33a	22.06a
	July	38.01a	10.01b	66.33a	22.51a
	Sep.	23.07ab	14.74a	54.64a	21.56a
	Oct.	20.78b	12.41ab	22.14a	22.27a
20-30	May	10.50b	8.48a	30.73a	14.04a
	July	11.80ab	2.76b	36.53a	11.01a
	Sep.	14.99ab	8.68a	27.27a	12.65a
	Oct.	17.94a	10.92a	56.16a	16.28a

¹⁾表中数据为27个样本根系生物量的平均值;同列中的不同字母表示显著差异($P < 0.05$)。The datums in this table are the average of 27 samples; Different letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$). I: $D \leq 1$ mm; II: $1 \text{ mm} < D \leq 2$ mm; III: $2 \text{ mm} < D \leq 5$ mm; I级死根的根直径 $D \leq 2$ mm. The diameter of class I dead root $D \leq 2$ mm.

3 讨 论

Jackson等^[16]认为,导致植物根系分布空间异质性的主要原因是土壤的空间异质性,细根生物量在垂直空间的异质性是由于随着土层深度的增加土

壤的有效养分和水分都在减少,因此随着土层加深细根的生物量也逐渐减少。关帝山华北落叶松的 I 级细根(根直径 0~1 mm)在土壤上层(0~10 cm)、中层(10~20 cm)和下层(20~30 cm)分布的生物量分别占总体生物量(0~30 cm)的 64.04%、24.07% 和 11.89%; II 级细根(根直径 1~2 mm)在土壤上、中、下层分布的生物量比例分别为 47.42%、32.44% 和 20.14%; III 级细根(根直径 2~5 mm)在土壤上、中、下层分布的生物量比例分别为 42.83%、31.30% 和 25.87%; I 级死根(根直径 0~2 mm)在土壤上、中、下层分布的生物量比例分别为 50.39%、30.45% 和 19.16%。根据上述结果可以看出,直径越细的细根在土壤表层所占的比重越大,对土壤有效资源的反应越敏感, I 级细根生物量在土壤表层的分布量与土壤下层相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

土壤在水平位置上的空间异质性主要由林木树冠及树木之间的林隙造成的水分、温度等因素的异质性所致,林隙和林冠下光照和温度的异质性很大,林隙可以接受到更充足的阳光,表层和亚表层土壤温度均高于林冠下同一层次土壤的温度,且在一定的范围内根系的生长随温度的升高而增加。此外,林隙土壤表层有机质含量、全氮含量、有效磷含量和速效钾含量均大于林下土壤,由于细根总是趋于富养斑块下生存,使得大量的细根积聚在林隙土壤的表层^[17]。在土壤下层(20~30 cm),华北落叶松细根的生物量随着与树干水平距离的增加而减少,原因是处于这一层次的土壤几乎是同质性的,根系的分布特点主要决定于树种本身根系的形态生长特点。

关帝山华北落叶松细根生物量的季节变化主要受不同季节和不同土层深度影响较大。细根生物量随季节变化有一定差异,径级越细,细根生物量的季节变化差异越明显,其中 I 级细根生物量随季节变化差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。不同土壤深度细根生物量的季节差异表现出不同特点,由于土壤表层的水热条件随季节变化差异较大,使得土壤表层细根生物量的变化较土壤下层明显。

参考文献:

- [1] 贺金生,王政权,方精云. 全球变化下的地下生态学: 问题与展望[J]. 科学通报, 2004, 49(13): 1226-1233.
- [2] Copley J. Ecology goes underground[J]. Nature, 2000, 406: 452-454.
- [3] 杨丽韞,李文华. 长白山不同生态系统地下部分生物量及地下 C 贮量的调查[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 204-209.
- [4] 张立桢,曹卫星,张思平,等. 棉花根系生长和空间分布特征[J]. 植物生态学报, 2005, 29(2): 266-273.
- [5] 马新明,席磊,熊淑萍,等. 大田期烟草根系构型参数的动态变化[J]. 应用生态学报, 2006, 17(3): 373-376.
- [6] 梅莉,王政权,韩有志,等. 水曲柳根系生物量、比根长和根长密度的分布格局[J]. 应用生态学报, 2006, 17(1): 1-4.
- [7] 程玉环,韩有志,王庆成,等. 落叶松人工林细根动态与土壤资源有效性关系研究[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3): 403-410.
- [8] 朱慧,洪伟,吴承祯,等. 天然更新的柞木林根系生物量的研究[J]. 植物资源与环境学报, 2003, 12(3): 31-35.
- [9] 陈光水,杨玉盛,何宗明,等. 树木位置和胸径对人工林细根水平分布的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1007-1011.
- [10] Persson H. The distribution and productivity of fine roots in boreal forests[J]. Plant and Soil, 1983, 71: 87-101.
- [11] 张小全,吴可红, Murach D. 树木细根生产与周转研究方法评述[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 875-883.
- [12] McLaugherty C A, Aber J D, Melillo J M. The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems[J]. Ecology, 1982, 63(5): 1481-1490.
- [13] Pregitzer K S, King J S, Burton A J, et al. Responses of tree fine roots to temperature[J]. New Phytologist, 2000, 147(1): 105-115.
- [14] Pregitzer K S. Woody plants, carbon allocation and fine roots[J]. New Phytologist, 2003, 158(3): 421-424.
- [15] King J S, Albaugh T J, Allen H L, et al. Below-ground carbon input to soil is controlled by nutrient availability and fine root dynamics in loblolly pine[J]. New Phytologist, 2002, 154(2): 389-398.
- [16] Jackson R B, Canadell J, Ehleringer J R, et al. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes[J]. Oecologia, 1996, 108(3): 389-411.
- [17] 耿玉清,单宏臣,谭笑,等. 人工针叶林林冠空隙土壤的研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 16-19.