

<<林木根系基本力学性质>>

图书基本信息

书名：<<林木根系基本力学性质>>

13位ISBN编号：9787030344274

10位ISBN编号：7030344278

出版时间：2012-6

出版单位：科学出版社

作者：陈丽华 等著

页数：144

字数：229750

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：<http://www.tushu007.com>

## <<林木根系基本力学性质>>

### 内容概要

林木根系的力学性质是根系固土研究的基础，也是近年来多学科交叉研究的热点问题，受到广泛关注。

《林木根系基本力学性质》基于弹塑性力学、水土保持学、数学、化学等原理和方法，采用野外试验与室内实验相结合、试验测定与理论分析相结合的技术路线，通过调查分析油松、华北落叶松、白桦、蒙古栎和榆树的根系形态，构建了这五个树种根系形态的分布模型；通过对林木根系的拉伸实验，揭示了根系的最大抗拉力、抗拉强度、弹性模量等抗拉特性与根系直径、标距和加载速度等方面的联系；运用数学统计方法，对数据进行预处理，分析数据的潜在意义，归纳出林木单根抗拉力学特性的综合模型；通过对纤维素、木质素和半纤维素含量的测定，揭示根系抗拉特性的内因，建立根系主要化学成分与抗拉特性间的关系。

《林木根系基本力学性质》可作为科研院所林学、水土保持等相关专业研究生的参考教材，也可作为从事林业、水土保持、生态、环境等方面研究的专业技术人员、科研人员和相关专业本科生的参考书。

## &lt;&lt;林木根系基本力学性质&gt;&gt;

## 书籍目录

丛书序前言第1章 根系抗拉基本力学性质研究现状1.1 根系抗拉力学特性1.1.1 根系拉伸断裂形态1.1.2 根系抗拉强度及破坏极限荷载1.1.3 根系抗拉变形特性1.1.4 影响根系抗拉特性的主要因素1.2 根系主要化学成分与抗拉力学特性间的关系1.2.1 根系纤维素含量与抗拉特性1.2.2 根系木质素含量与抗拉特性1.2.3 根系半纤维素含量与抗拉特性1.3 根显微结构的研究现状1.3.1 根的显微结构1.3.2 根的显微结构与力学特性间的关系1.4 研究展望第2章 根系力学性质分析相关理论2.1 强度理论2.1.1 材料破坏的两种形式2.1.2 四个常用的古典强度理论2.1.3 莫尔强度理论2.2 本构关系模型2.2.1 线弹性类本构模型2.2.2 非线性弹性类本构模型2.2.3 弹塑性类本构模型第3章 试验材料与研究方法3.1 研究区域概况3.1.1 气候3.1.2 地形地貌3.1.3 土壤3.1.4 植被概况3.2 研究树种的选择3.2.1 选择依据3.2.2 研究树种的生物学及生态学特性3.3 研究方法3.3.1 野外取样3.3.2 根系拉伸试验3.3.3 根系主要化学成分分析3.3.4 根系显微结构观察实验第4章 根系形态4.1 根系形态研究方法4.1.1 根系形态调查方法4.1.2 林木根系累积模型4.1.3 统计方法4.2 不同树种形态分析4.2.1 根长-根径关系4.2.2 根长-土层深度关系4.2.3 根系生物量-根径关系4.2.4 根系垂直分布根型4.3 各树种根的形态模型4.3.1 根系形态模拟步骤4.3.2 根系形态模拟效果4.4 小结第5章 林木根系抗拉特性5.1 林木根系最大抗拉力分析5.1.1 不同树种抗拉力的比较5.1.2 根系抗拉力与直径的关系5.1.3 根系抗拉力与标距的关系5.1.4 根系抗拉力与加载速率的关系5.1.5 根系抗拉力影响因素分析5.2 林木根系抗拉强度的分析比较5.2.1 不同树种抗拉强度的比较5.2.2 根系抗拉强度与直径的关系5.2.3 根系抗拉强度与标距的关系5.2.4 根系抗拉强度与加载速率的关系5.2.5 根系抗拉强度影响因素分析5.3 林木根系弹性模量5.3.1 不同树种根系弹性模量比较5.3.2 根系弹性模量与直径的关系5.3.3 根系弹性模量与加载速率的关系5.3.4 根系弹性模量影响因素分析5.4 林木根系延伸率与残余应变5.4.1 不同树种根系延伸率比较5.4.2 不同直径根系的残余应变比较5.4.3 不同标距根系残余应变比较5.5 林木根系应力-应变关系5.5.1 不同树种根系应力-应变关系比较5.5.2 根系应力-应变关系与直径的关系5.5.3 根系应力-应变关系与标距的关系5.5.4 根系应力-应变关系与加载速率的关系5.6 小结5.6.1 根系外在形态特性5.6.2 直径与根系抗拉特性5.6.3 标距与根系抗拉特性5.6.4 加载速率与根系抗拉特性第6章 数据处理与分析方法6.1 数据预处理6.1.1 观测数据预处理的常用方法简介6.1.2 小波降噪6.1.3 移动平均平滑法6.1.4 实例分析6.2 数据挖掘6.2.1 正态性检验6.2.2 相关性分析6.2.3 聚类6.2.4 非参数检验6.3 单根抗拉的力学模型6.3.1 固定控制变量情况下,抗拉强度的回归模型6.3.2 引入控制变量时,抗拉强度的综合模型6.4 小结第7章 根系主要成分与抗拉特性7.1 根系抗拉力学特性7.1.1 根系抗拉力学分布特征7.1.2 同一树种不同根型的力学特性比较7.1.3 不同树种同一根型的力学特性比较7.2 根系主要化学成分与抗拉力学特性关系7.2.1 根系纤维素含量与抗拉特性的关系7.2.2 根系木质素含量与抗拉特性的关系7.2.3 半纤维素含量与抗拉特性的关系7.2.4 综纤维素含量与抗拉特性的关系7.2.5 L/C与抗拉特性的关系7.3 根系主要化学成分与极限拉伸应变的关系7.3.1 5种树种根系拉伸应变分布特征7.3.2 根系主要成分与应变的关系7.4 根系显微结构与抗拉特性7.4.1 材料选择及其相关参数测定7.4.2 植物根系的显微构造特征7.4.3 植物根系显微结构与单根抗拉特性的关系7.5 小结7.5.1 不同树种根系化学成分分布特征7.5.2 根系化学成分与抗拉力、抗拉强度的关系7.5.3 根系化学成分对极限拉伸应变7.5.4 根系纤维结构与抗拉特性主要参考文献

## &lt;&lt;林木根系基本力学性质&gt;&gt;

## 章节摘录

第1章 根系抗拉基本力学性质研究现状 根是固着植物、并从土壤中吸收和运输水分与养分的器官。20世纪40年代,美国西部的一场“黑风暴”和近年来我国北方地区沙尘暴的频繁发生及滥砍滥伐、过度垦殖导致的水土流失与生态环境恶化,催生了以植被为核心的生态环境建设工程,加速了国内外学者对植物根系固土机理和土体稳定性的研究,使植物固坡在国内外越来越受欢迎(Bisch-ettietal., 2005; CoppinandRichards, 1990; GrayandSotir, 1996; Norris, 2005; 杨永红等, 2007a; 2007b; 熊燕梅等, 2007),根系的固土力学机理也成为水土保持的新的研究领域。

1.1 根系抗拉力学特性 植物根系材料不同于一般的工程材料,根是具有生命的物体,研究其力学特性,最大的困难在于它参与代谢活动,具有多相、非均匀、各向异性等特点,在不同生理和不同生长环境下,其力学性质有很大差异。

尽管如此,许多国内外专家学者还是对木本植物、草本植物、农作物的根系进行了相关抗拉特性研究试验,目前主要从室内单根抗拉,室外原位土壤水平拉拔和垂直拉拔试验来确定不同植物根系的抗拉特性以及影响根系抗拉的因素(张东升, 2002),从而得到植物根系拉伸条件下的最大载荷、应力、应变、延伸率、弹性模量等量化参数,为水土保持固坡植物选择提供理论支撑。

1.1.1 根系拉伸断裂形态 断裂是指由于新裂纹萌生或已存在的裂纹扩展而引起的一种破坏过程。根系抗拉实质是轴向荷载作用下顺纤维抗拉,当荷载达到一定程度,根系会发生断裂或连根拔出,根系抗拉断裂有弹性断裂和脆性断裂之分。

朱清科等(2002)研究发现,贡嘎山森林生态系统主要树种的根系在受拉条件下断裂方式有很大的差异,冷杉(*Abiesfabri*)根系与冬瓜杨(*PopuluspurdomiiRehd.*)根系总是在根系末端最细部断裂,断裂面参差不齐,根系断口与最大正应力一致,属于切断破坏型,且断裂处颈缩明显,根系抗拉能力与根径有很好的相关性,即冷杉、冬瓜杨根系受拉过程中的断裂方式为典型的弹性断裂。

而杜鹃(*Rho-dodendronsimsii*)根系由于存在生长节理,根系受拉后往往在节理处断裂,即根系并不是在最细部断裂,断口平滑,且与最大正应力垂直,属于正切断裂型,断裂处颈缩不明显,根系抗拉能力与根径相关性较差。

杜鹃根系在拉拔过程中尚未达到根系本身材料的抗拉强度时已发生断裂,根系被拉断,即杜鹃根系受拉过程中的断裂方式表现为脆性断裂。

1.1.2 根系抗拉强度及破坏极限荷载 单根的破坏极限荷载(最大抗拉力)与根系断裂处面积的比值即为抗拉强度。

单根抗拉力随着根径的增大而增大,抗拉强度通常随着根系直径的增大而减少(O LoughlinandWaston, 1979; OpersteinandFrydman, 2000; Wu, 1976; 野久田捻郎等, 1998),这种现象已经归因于根系成分的差异,因为细根系单位干重的纤维素含量比粗根系多(Comman-deuretal., 1991)。

史敏华等(1994)发现,荆条(*Vitexnegundovar.heterophglla*)等8个树种根系的抗拉力随着根径的增加而迅速增大,不同树种根的抗拉能力有显著差异,其原因可能是根径增加,根的截面积迅速增加,导致根的极限拉力迅速增加(耿威等, 2008)。

同样,众多对根系力学特性的研究均显示,根系极限拉力或抗拉强度与根径表现出幂函数或指数函数关系(朱海丽等, 2008; 李绍才等, 2006; 赵丽兵和张宝贵, 2007)。

在根径相同的情况下,根长不同,根系的抗拉强度亦不同,表现为随着根长的增加,根系的抗拉强度减小,根系拉力与根长为幂函数关系(张东升, 2002)。

朱清科等(2002)对冷杉根系和冬瓜杨根系平均抗拉强度研究也得出相同的结论。

解明曙(1990a; 1990b)研究表明,在根系横截面积一定的情况下,长而粗的少量根系与土体间的摩擦阻力远大于短而细的多量根系。

目前,对根径与抗拉强度的幂函数关系研究较多,而作为根系尺寸的另外一个因子,根系长度同样对土壤抗剪强度产生重要影响,其影响却较少被关注。

1.1.3 根系抗拉变形特性 根系应力-应变关系是描述根系力学特性的重要指标,应力-应变全曲线上的特征点可以反映出根系受力过程中不同阶段力学行为的基本特性和力学性能指标,它能反映出根系从

## &lt;&lt;林木根系基本力学性质&gt;&gt;

受力到破坏过程的受力变形特点。

植物根系的极限延伸率是反映根系防治土体滑坡的一个重要指标,当土体间出现滑坡裂缝、根系的极限延伸率较大时,有利于把根系所受的拉力向土体深层传递,同时,在根系伸长系数较大的情况下,受拉过程中根系的形变量较大,有利于对土壤下滑力进行缓冲,这些都有利于提高根系固土能力。

根系拉伸的应力-应变特征随树种的不同而不同。

例如,紫苜蓿(*Medicago sativa*)根的应力与应变为对数函数关系,不符合胡克定律,属于弹塑性材料;而马唐(*Digitaria sanguinalis*)根的应力与应变呈显著的线性正相关关系,基本遵从于胡克定律,属于弹性材料(赵丽兵和张宝贵,2007)。

油松根系受拉后表现出两个阶段,线弹性阶段和非线弹性阶段,其应力-应变关系可以近似地采用双曲线模型来描述(刘秀萍等,2006)。

陈丽华等(2007)对冷杉、杜鹃、冬瓜杨、糙皮桦(*Betula utilis*)、花楸(*Sorbus pohuashanensis*)、荚蒾(*Viburnum dilatatum*)、卫矛(*Euonymus alatus*)等7种树木根系的应力-应变关系进行实验研究后得出,抛物线模型能比较理想地模拟上述不同树种根系的应力-应变关系。

同一种植物在相同根径下,其应力-应变曲线也不完全相同,这与根系结构组成的差异有关(李绍才等,2006;朱海丽等,2008)。

刘国彬等(1996)的研究还发现,豆科沙打旺(*Astragalus adsurgens*)和禾本科无芒雀麦(*Bromus inermis*)的应力-应变为对数函数关系,应变递增速度快,不符合胡克定律,其余牧草的本构方程遵从胡克定律。

根系的极限延伸率随着根径的不同而变化(李绍才等,2006)。

羊蹄甲(*Bauhinia*)与黄荆(*Vitex negundo*)根系的极限延伸率表现为随根径增大而降低,可以理解为木质素的含量增加引起;而铁仔(*Myrsine*)根系的极限伸长率与根径的关系表现出单峰形曲线,即随根径增加,初期极限延伸率呈增加趋势,达到最大值后又逐渐降低,这种变化需对根系进行形态解剖分析后才能作出合理的解释。

同样,朱海丽等(2008)发现,四翅滨藜(*Atriplex canescens*)等四种灌木根系的极限延伸率随根径增大而降低。

草本根系的极限延伸率和纤维素含量都与根系直径间存在负相关关系(赵丽兵和张宝贵,2007)。

有文献记录的最大灌木极限延伸率最大约为16%。

草本根系极限延伸率一般较高,紫苜蓿根在直径0.1mm时,极限延伸率可高达19.1%;马唐根在直径0.3mm时,极限延伸率可高达37.5%(赵丽兵和张宝贵,2007)。

小麦根系的极限延伸率约为28%(Eason et al., 1995),但向日葵(*Helianthus annuus*)籽苗根系的极限延伸率仅7%(Ennos, 1989),番茄(*Solanum lycopersicum*)根的极限延伸率10%(Gartner, 1994)。

猪殃殃(*Galium aparine*)是一种半直立一年生草本植物,下部茎具有很高的延伸性,断裂时极限延伸率高达24%(Goodman, 2005)。

可见,大多陆生植物根系都具有较高的极限延伸率。

1.1.4 影响根系抗拉特性的主要因素 根系抗拉特性与树种和立地因子(如当地的环境、季节、土壤环境等)有关(Gray and Sotir, 1996),不同树种的抗拉特性有明显区别。

Genet等(2005)、Tosi(2007)、DeBaets等(2008)等对地中海区域不同乔灌木根系的抗拉强度研究表明,不同树种根系抗拉强度之间存在较大差异。

根系的抗拉阻力受种植模式的影响,如自然欧洲赤松(*Pinus sylvestris*)林的根系比人工欧洲赤松(*Pinus sylvestris* L.)林根系的抗拉力更大。

土壤环境也会影响抗拉强度,生长在松软土壤中的玉米根系比生长在紧密土壤中的玉米根系的抗拉力要大(Goodman and Ennos, 1999)。

季节变化也会影响根系抗拉强度,由于水分含量的减少,冬季根系的抗拉强度比夏季的大(Turmanina, 1965)。

室内模拟不同含水量土壤中根系拉力研究表明,粗根(1.9~2.4mm)的极限拉力随土壤含水量的增加而增加;中根(0.9~1.2mm)极限拉力的变化则因树种而异(耿威等,2008)。

Makarova等(1998)比较了1994年12月21日和1995年2月7日两次采集的山毛榉(*Fagus sylvatica*)的抗拉

## &lt;&lt;林木根系基本力学性质&gt;&gt;

应力发现，第二次采集的根系抗拉应力比第一次采集的根系的抗拉应力要大。

Cofie等（2000）测试了与Makarova等（1998）在同一采集地点采集的根系发现，根系抗拉强度比Makarova等（1998）获得的数据相对要高，推测可能原因是季节变化对根系力学特性产生了影响。

不同的拉伸速率对根系抗拉强度也有影响，Cofie和Koolen（2001）发现拉伸速率从10mm/min增加到400mm/min时，根系拉伸应力值增加了8%~20%。

根系的表面积大小也对根系抗拉阻力有较大影响。

在根径相同的情况下，须根发达的根系比主直根系抗拉强度大。

须根增加根系的表面积，增加了根系与土壤的接触面积，也就增加了根系与土壤的摩擦阻力；并且当须根较少的主直根系根端头受到线性拉力时，整个根系受到的是线性拉应力，由于须根在土壤中的不规则网状分布，当须根性根系根端头受到线性拉力时，网状须根却与土壤发生了竖向的摩擦力和横向的挤压剪切力，增大了根系与土壤间的作用力（朱清科等，2002）。

根系的鲜活度对其力学特性有显著影响。

Ziemer和Swanston（1977）的研究结果表明，森林砍伐后，细根2年后其固土能力丧失了32%，4年之后大多数小直径根完全腐烂，10年后最大直径的根的固土能力显著丧失。

Burroughs和Thomas（1977）的研究结果显示，在森林砍伐后的头3年内，根系的数量显著减少，同时单根的抗拉强度迅速衰退。

林木砍伐48个月时，根径1cm根的抗拉强度只有活根抗拉强度的26%。

杨维西等（1990）对采伐后2年、4年的单根进行了抗拉研究得出，刺槐（*Robinia pseudoacacia*）采伐后，其单根抗拉力明显减小，抗拉力衰减率随着伐后时间的推延而增大，并在伐后前两年很快衰退，后两年衰退进度稍微减缓。

1.2 根系主要化学成分与抗拉力学特性间的关系 木材细胞壁主要由纤维素、半纤维素和木质素三种成分构成。

纤维素以分子链聚集成束和排列有序的微纤维丝状态存在于细胞壁中，起着骨架物质作用，相当于钢筋水泥构件中的钢筋。

半纤维素以无定形状态渗透在骨架物质之中，起着基体黏结作用，故称其为基体物质，相当于钢筋水泥构件中捆绑钢筋的细铁丝。

木质素是在细胞分化最后阶段的木质化过程中形成的，它渗透在细胞壁的骨架物质和基体物质之中，可使细胞壁坚硬，所以称其为结壳物质或硬固物质，相当于钢筋水泥构件中的水泥。

因此，细胞壁的主要成分与根系力学属性密切相关，目前已成为揭示根系力学特性新的切入点，但研究成果较少。

1.2.1 根系纤维素含量与抗拉特性 目前，从根系成分的角度来解释根系抗拉特性的不同，主要集中于纤维素含量和结构的差异。

R.L.Hathaway早在1975年就研究了杨树（*Populus*）和柳树（*Salix*）根系的抗拉强度，及与其相关的解剖结构和化学组成，Sjostrom在1993年进一步研究了植物根系力学性质与纤维素性质的关系，但此后直接把根系力学特性和纤维素联系起来的研究进展并不乐观，直到近几年，此方面的研究才开始受到关注（Genetetal., 2005；赵丽兵和张宝贵，2007；Halesetal., 2009）。

综纤维素（holo-cellulose），也称全纤维素，是植物纤维原料中的碳水化合物的全部，即纤维素与半纤维的综合。

大多研究发现，无论是草本植物还是木本植物，根系的抗拉强度和直径之间存在幂函数递减关系。

但这种现象不仅反映了断裂力学中的尺度效应，还与综纤维素或纤维素含量有关。

杨树和柳树根系的纤维壁强度（fibrewallstrength）与纤维素含量正相关（ $r = 0.87^*$ ），弹性模量与纤维素含量显著正相关（ $r = 0.87^*$ ），与木质素/纤维素比值负相关（ $r = -0.80^*$ ）（HathawayandPenny, 1975）。

Genet等（2005）研究发现，海岸松（*Pinus pinaster* Ait.）和欧洲栗（*Castanea sativa* Mill.）0~4mm去皮根系中综纤维素含量与抗拉强度均随着根系直径的减少而增加，美国红橡（*Quercus rubra*）和北美鹅掌楸（*Liriodendron tulipifera*）0~2mm带皮根系中综纤维素含量随直径的变化表现出相同的规律

（Halesetal., 2009），并且不同直径间综纤维素含量变异性较大，其中美国红橡和北美鹅掌楸最细根

## &lt;&lt;林木根系基本力学性质&gt;&gt;

( $D < 0.5\text{mm}$ ) 和最粗根 ( $D > 2\text{mm}$ ) 的综纤维素含量相对差异高达40%。

草本植物紫苜蓿根系 ( $D = 0 \sim 7\text{mm}$ ) 和马唐 ( $D < 1\text{mm}$ ) 根系纤维素含量随直径变化与木本植物根系中综纤维素的研究结果相似, 但两种草本植物根的纤维素含量相差不大, 抗拉强度差异却较大, 表明植物根的抗拉强度不仅与纤维素含量有关, 还取决于根的纤维排列紧密、疏松程度以及根的其他物质组成 (赵丽兵和张宝贵, 2007)。

1.2.2 根系木质素含量与抗拉特性 木质素也能影响强度特性, 尤其在水分含量高的根系中 (Hathaway and Penny, 1975)。

Scippa等 (2006) 研究发现, 长在斜坡和平地上的鹰爪豆 (*Spartium junceum*) 根系的生物力学性质可能由于机械组织或成分的变化而加强。

对于8个月龄的幼苗, 光学显微镜切片显示, 二者的机械组织并没有任何不同, 但斜坡上植物根系木质素的浓度比较高。

而且8个月龄时, 斜坡上鹰爪豆根系和平地上的木质素浓度差异明显, 这时破坏负荷也是比较高的。

这些发现与以前的报道一致, 为了增加稳定性确保植物锚固, 根系通过增加木质素含量

(Stokes and Mattheck, 1996) 或者通过改变细胞壁 (Showalter et al., 1992; Telewski, 1995; Shirsat et al., 1996; Zipse et al., 1998; Jamet et al., 2000) 对外界荷载做出回应。

1.2.3 根系半纤维素含量与抗拉特性 对于植物抗拉力学性质影响的研究, 大多从造纸角度来分析不同半纤维素含量对纸浆力学性能的影响 (Mukherjee et al., 1993; Duchesne et al., 2001), 从根系固土的角度, 对半纤维素含量的研究尚未见报道。

1.3 根显微结构的研究现状 根是植物体长期适应陆地生活的过程中发展起来的器官, 外形一般呈圆柱形, 在土壤中生长越向下越细, 并向四周分枝, 形成复杂的根系。

1.3.1 根的显微结构 根的类型可以分为主根、侧根和纤维根, 根的显微结构可以分为根尖结构、初生结构、次生结构和根的异常结构。

1. 根尖结构 不论主根或侧根, 其最先端到生有根毛的部分称根尖。

根尖具有吸收和保护作用。

根据根尖细胞生长和分化的程度不同, 根尖可划分为根冠、分生区、伸长区和成熟区 (图1-1)。

2. 根的初生结构 根尖分生区的细胞经分裂、生长和分化形成的组织, 称为初生组织。

由初生组织构成的结构, 称为初生结构。

根的初生结构由表皮、皮层和中柱三部分组成 (图1-2)。

3. 根的次生结构 大多数植物的主根和较大的侧根, 在完成了初生生长之后, 由于侧生分生组织 (维管形成层和木栓形成层) 的发生与活动, 根不断地增粗, 这种生长过程称为次生生长。

由它们产生的次生维管组织和周皮共同组成的结构, 叫次生结构 (图1-3)。

## <<林木根系基本力学性质>>

### 编辑推荐

《林木根系基本力学性质》可作为科研院所林学、水土保持等相关专业研究生的参考教材，也可作为从事林业、水土保持、生态、环境等方面研究的专业技术人员、科研人员和相关专业本科生的参考书。



<<林木根系基本力学性质>>

版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:<http://www.tushu007.com>