

# 说明书

---

## 一种高寒草甸不同退化梯度植物根系形态结构的测定方法

### 5 技术领域

本发明属于生态学技术领域，具体地说，涉及一种高寒草甸不同退化梯度植物根系形态结构的测定方法。

### 背景技术

10 根系是土壤和植物的动态界面，植物根系是固定和支撑植物体的重要器官，是土壤资源的直接利用者和产量的重要贡献者。根系在土壤中纵横穿行，有利于形成团粒结构，改善土壤的物理性质，根系死亡后留下的孔隙能增加土壤的透气性和渗透性，根系分泌的某些化学物质能促进有益微生物的活动，同时还有利于某些营养元素的吸收，改善土壤化学性质和生物学性质。根系构型能够反映根系对其所在生境的生态适应能力，适应能力越强，植物的地上部分越具有竞争力，越能在恶劣的生境下生存，从而影响该植物所处的群落环境并在更大尺度上反映植被的演替状况。因此，对植物根系的研究，为合理利用和改良草地、控制退化、保持水土、培育牧草提供了理论依据。

20 但是根系以不同的构型分布于地下，一直制约着根系参数的精确测量和科研工作的进程，但经过学者多年的不断探索，在根系构型研究的方法上已经获得了很大程度的进步。传统的根系研究方法有挖掘法、土块法、钉板法、管栽法、网袋法等，这些方法往往需要进行破坏性取样，使根系与土壤分离开来。随着现代科学技术的应用，出现了同位素示踪  
25 法、地下根室及微根室等非破坏性研究方法。这些方法不需要破坏性取样，避免了谨慎、耗时、费力的取样程序，但往往只能获得一些有限的原位观测数据，难以获得完整、准确的根系形态数据。

### 发明内容

有鉴于此，本发明针对上述的问题，提供了一种高寒草甸不同退化梯度植物根系形态结构的测定方法，该方法利用传统挖掘方法、根系扫描技术结合现代计算机分析软件，能够获得更完整、准确的根系形态参数，成本低、效果好，对于进行大量根系扫描的使用者来说操作方便，提高了根系图片分析结果的精确性，给植物根系形态结构分析带来了便利条件。

为了解决上述技术问题，本发明公开了一种高寒草甸不同退化梯度植物根系形态结构的测定方法，包括以下步骤：

步骤 1、获取植物根系；

步骤 2、扫描根系图片；

10 步骤 3、获取根系形态参数。

可选地，所述步骤 1 中的获取植物根系具体为：

步骤 1.1、选择植株：选择生长良好，基部植物生长稀疏的植株；

步骤 1.2、清理植株周围地表植被：将筛选出的植株周围 30 公分的地表植被进行清理；

15 步骤 1.3、挖根：以选好的植株为中心，根据选取植物的根系生长深度及侧根幅度选择合适的土方大小，保证挖出植株根系的完整性；

步骤 1.4、整理土方：用小铲子和毛刷小心的将土方外周距所取植株根系较远的土进行分离，剩下的地下部分用锡箔纸包裹装入自封袋，连同地上部分一起放入冰盒，防止根系失水而收缩变形，备用；

20 步骤 1.5、浸泡：将取回的带土的根系浸泡在水中，保持根系湿润，使其易于和土壤分离；

步骤 1.6、根系获取：用清水缓慢冲洗挖出的根系，用镊子、毛刷工具辅助将土壤和其它植物的根与所取植物的根分离并清洗干净，随后获得完整的植物根系。

25 可选地，所述步骤 1.3 中的土方大小为 30cm\*30cm\*30cm。

可选地，所述步骤 2 中的扫描根系图片具体为：

步骤 2.1、去除扫描仪上盖任何遮挡物，露出玻璃面板，将透明塑料根盘放置在面板中央；

步骤 2.2、在根盘中加入纯净水，防止产生小气泡，将植物根系放入根盘中，用玻璃棒或塑料镊子将根系充分散开，使根系在水中完全伸展；

步骤 2.3、盖上扫描仪上盖板，用黑布遮盖整个扫描仪，直接进行根系扫描。

5        可选地，所述步骤 2.3 中的扫描参数设置为 8 位灰度，图片输出为 JPG 或 TIFF 格式。

可选地，所述步骤 3 中的获取根系形态参数具体为：

步骤 3.1、图像采集：打开 WinRHIZO 2009 根系分析软件，打开根系图片所在文件夹，开始加载图像；

10       步骤 3.2、分析区域创建：加载图像后，WinRHIZO 处于分析区域模式，用于创建或修改分析区；

步骤 3.3、排除杂质：开始分析之前选择 Regions—Exclusion—Define 设置默认参数，排除杂质；

15       步骤 3.4、然后在命令区选择圆形选区工具，选择矩形或自由形式选择器，框选整个根系部分，开始分析；

步骤 3.5、样品识别：建立分析区域后，显示样品识窗口，选择保存信息并点击分析或取消去停止它，如果点击取消，在进行下一步之前需要加载另一个图像或激活重新开始分析，输入的信息将保存为测量数据；

20       步骤 3.6、分析：样品标记窗口点击完成之后，WinRHIZO 开始分析和显示进度条，估计剩余的分析时间，如果需要停止分析，长按键盘 S 键；

步骤 3.7、最后点击 open one 添加测量数据到一个文件夹中，如果点击 create one 则创建新文件夹，保存数据；

步骤 3.8、保存的数据文件格式为 TXT 文件，最后用 Excel 打开 TXT 文本文件，导出根系数据。

25       可选地，所述步骤 3 中的所获根系形态参数包括：总根长、总投影面积、总根表面积、平均根系直径、总根体积、根尖数。

与现有技术相比，本发明可以获得包括以下技术效果：

1) 本发明实现了高寒草甸特定植物完整根系的采集；对不同植物确定

不同的半径大小和深度，减少对根系的破坏程度，最大限度保持了根系的完整性。

2) 本发明提高了根系扫描图片分析结果的准确度，给根系分析者带来了便利性；对不同种类植物根系的深度和分布幅度，对根系形态特征有比较清晰的认识。

3) 本发明不同退化梯度的植物根系形态参数出现差异性，说明了根系对环境的生态适应性，这对生态学的应用研究具有实际意义。

当然，实施本发明的任一产品并不一定需要同时达到以上所述的所有技术效果。

10

### 附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本发明的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

15 图 1 是本发明挖取工具尺寸示意图；

图 2 是本发明挖取土方大小示意图；

图 3 是本发明早熟禾植物根系扫描图片；其中，a 代表未退化样地根系扫描图片，b 代表轻度退化样地根系扫描图片，c 代表中度退化样地根系扫描图片，d 代表重度退化样地根系扫描图片；

20 图 4 是本发明不同退化梯度下早熟禾总根长变化趋势图；

图 5 是本发明不同退化梯度下早熟禾总表面积变化趋势图；

图 6 是本发明不同退化梯度下早熟禾总根体积变化趋势图；

图 7 是本发明不同退化梯度下早熟禾平均根系直径变化趋势图；

图 8 是本发明不同退化梯度下早熟禾根尖数变化趋势图；

25 图 9 是本发明不同退化梯度下早熟禾分叉数变化趋势图。

### 具体实施方式

以下将配合实施例来详细说明本发明的实施方式，藉此对本发明如何应

用技术手段来解决技术问题并达成技术功效的实现过程能充分理解并据以实施。

### 实施例 1

一种高寒草甸不同退化梯度植物根系形态结构的测定方法，包括以下步骤：

步骤 1、获取植物根系：

步骤 1.1、选择植株：选择生长良好，基部植物生长稀疏的植株；

步骤 1.2、清理植株周围地表植被：将筛选出的植株周围 30 公分左右的地表植被进行清理；

10 步骤 1.3、挖根：以选好的植株为中心，根据选取植物的根系生长深度及侧根幅度选择合适的土方大小，保证挖出植株根系的完整性，一般土方大小为 30cm\*30cm\*30cm；

步骤 1.4、整理土方：用小铲子和毛刷小心的将土方外周距所取植株根系较远的土进行分离，剩下的地下部分用锡箔纸包裹装入自封袋，连同地上  
15 部分一起放入冰盒，防止根系失水而收缩变形，带回实验室；

步骤 1.5、浸泡：将取回的带土的根系浸泡在水中，保持根系湿润，使其易于和土壤分离。

步骤 1.6、根系获取：用清水缓慢冲洗挖出的根系，用镊子、毛刷等工具辅助将土壤和其它植物的根与所取植物的根分离并清洗干净，随后获得完  
20 整的植物根系。

步骤 2、扫描根系图片：

步骤 2.1、首先去除扫描仪上盖任何遮挡物，露出玻璃面板，将透明塑料根盘放置在面板中央；

步骤 2.2、然后在根盘中加入适量纯净水（防止产生小气泡），将植物  
25 根系放入根盘中，用玻璃棒或塑料镊子将根系充分散开，使根系在水中完全伸展；

步骤 2.3、最后，盖上扫描仪上盖板，用黑布遮盖整个扫描仪，扫描参数设置为 8 位灰度，直接进行根系扫描，图片输出为 JPG 或 TIFF 格式。

步骤 3、获取根系形态参数：

步骤 3.1、图像采集：打开 WinRHIZO 2009 根系分析软件，打开根系图片所在文件夹，开始加载图像；

步骤 3.2、分析区域创建：加载图像后，WinRHIZO 处于分析区域模式，用于创建或修改分析区；

5 步骤 3.3、排除杂质：开始分析之前选择 Regions—Exclusion—Define 设置默认参数，排除杂质；

步骤 3.4、然后在命令区选择圆形选区工具，选择矩形或自由形式（套索）选择器，框选整个根系部分，开始分析；

10 步骤 3.5、样品识别：建立分析区域后，显示样品识别窗口，选择保存信息并点击分析或取消去停止它（如果点击取消，在进行下一步之前需要加载另一个图像或激活重新开始分析），输入的信息将保存为测量数据；

步骤 3.6、分析：样品标记窗口点击完成之后，WinRHIZO 开始分析和显示进度条，估计剩余的分析时间。如果需要停止分析，长按键盘 S 键即可；

15 步骤 3.7、最后点击 open one 添加测量数据到一个文件夹中，如果点击 create one 则创建新文件夹，保存数据；

步骤 3.8、保存的数据文件格式为 TXT 文件，最后用 Excel 打开 TXT 文本文件，导出根系数据。

所获根系形态参数包括：总根长、总投影面积、总根表面积、平均根系直径、总根体积、根尖数。

20 步骤 4、根系形态参数分析：以早熟禾为例，分析该植物在不同退化梯度中根系形态结构的变化趋势，具体参数包括总根长、总表面积、总根体积、平均根系直径、根尖数、分叉数（表 1）。

表 1 供试植物根系参数平均值（Mean±SE）

退化等级	总根长（cm）	总 表 面 积 （cm <sup>2</sup> ）	总根体积 （cm <sup>3</sup> ）	平均根系直径 （mm）	根尖数	分叉数
未退化	343.64±23.34a	41.81±3.67a	0.25±0.03b	0.33±0.03b	1607±257a	2314±296a
轻度退化	263.84±21.39b	32.52±3.11ab	0.32±0.03ab	0.39±0.01b	1277±215ab	1685±253ab

中度退化	230.44±16.19bc	36.03±3.55ab	0.40±0.04ab	0.43±0.02ab	915±156b	1356±204b
重度退化	185.63±18.46c	28.39±3.34b	0.29±0.05a	0.47±0.02a	811±167b	1040±132b

注：退化等级划分标准，依据草地利用情况和退化程度，参考青藏高原草地评价等级标准以及 GB 19377-2003《天然草地退化、沙化、盐渍化的分级标准》，以各样地的植物物种组成、植被盖度、地上生物量、表层土壤厚度等作为划分高寒草甸退化程度的主要参考标准，选择未退化、轻度退化、中度退化、重度退化四个梯度。

从表 1 以及图 4-图 9 可知，从不同退化程度状态看，随着退化程度的加深，植物根系的总根长、根尖数和分叉数都呈现逐渐降低的趋势，且变化较为明显；根系的平均直径呈现逐渐增加的趋势，且重度变化较为明显。

根尖是根系生理活性最活跃的部分，对根系吸收水分、养分等起着重要的作用，根尖细胞与根的代谢能力有关，根的代谢能力越强，根尖细胞的活跃度越高。随着退化程度的加深，根尖数逐渐降低，说明其受到了土壤退化的影响。

根分叉数包括了所有侧根，分叉数越多根系在土壤空间中的分布范围就越大，越有利于根系吸收代谢及固土蓄水能力的发挥。随着植物根系的根尖数、分叉数的降低，随之影响根系的总根长、总表面积。植物根系吸收水分和养分的能力取决于根长，总根长越长，说明根的拓展能力越强，根系利用土壤中的水分、养分的空间越大。

从根系总表面积的变化趋势看，随着退化程度的加深，根系表面积先降低再增加，然后又降低。根系表面积直接反映了根与土壤的结合面积，结合面积越大则越利于根系对无机营养物质的吸收，表面积增大说明根系扩大了对土体中养分的利用范围，决定了根系对环境的生态适应性。

总根长、根总表面积是体现根系吸收效率及能力的重要指标。根系作为植物与土壤的介面，在从土壤中吸收水分、养分的同时，通过根分泌的方式向根周围释放出各种化合物，产生根际效应，进而调控或影响植株的生长发育，这在应用研究中是具有实际意义的。

上述说明示出并描述了发明的若干优选实施例，但如前所述，应当理解发明并非局限于本文所披露的形式，不应看作是对其他实施例的排除，而可

用于各种其他组合、修改和环境，并能够在本文所述发明构想范围内，通过上述教导或相关领域的技术或知识进行改动。而本领域人员所进行的改动和变化不脱离发明的精神和范围，则都应在发明所附权利要求的保护范围内。