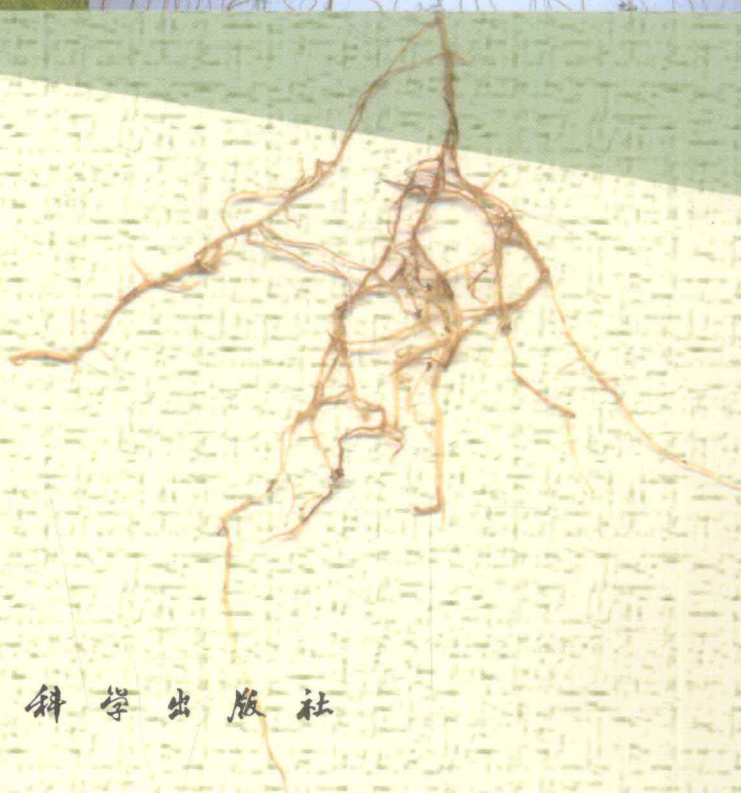
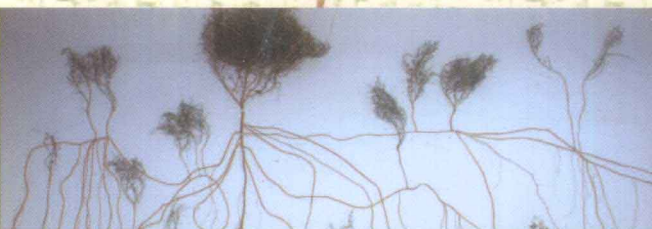


# 骆驼刺根系生态学

曾凡江 刘 波 主编



科学出版社

# 骆驼刺根系生态学

曾凡江 刘 波 主编

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书以多年生深根植物疏叶骆驼刺为研究对象,采用生态学、植物学、土壤学相结合的实验研究方法,通过模拟控制实验与自然环境实验相结合、人工挖掘和机械挖掘相结合,在大量剖面挖掘、地上地下生长指标测定、样品采集分析的基础上,对骆驼刺从种子萌发到开花结果的整个生活中形态可塑性、盐分的适应特征、化学计量学、根系的拓扑结构、垂直根系生长的水分阈值、生物量的分配策略、异速模型、植被修复的最佳灌溉量、生物固氮和氮素分配、水分来源、分株规律等方面进行了系统的定位研究。研究成果将为干旱区深根植物对水分的适应途径和响应策略提供理论依据,同时将为荒漠生态系统的植被修复提供技术方法。

本书可供根系生态学、植物生态学、植物生理生态学等领域的科研人员和其他相关专业本科生、研究生以及关注深根植物、植被修复的各级生产和管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

骆驼刺根系生态学/曾凡江,刘波主编. -北京:科学出版社,2012  
ISBN 978-7-03-033177-9

I. 骆… II. ①曾… ②刘… III. 豆科-根系-植物生态学  
IV. Q949.751.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 275589 号

责任编辑:韩学哲 孙 青/责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012 年 2 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 2 月第一次印刷 印张: 13 1/4 插页: 2

字数: 253 000

定价: 65.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

本书由中国科学院知识创新重要方向性项目 (KZCX2-EW-316)、国家自然科学基金面上项目 (30870471, 31070477)、国家重点基础研究发展计划 (“973” 计划项目 2009CB421302)、国家科技支撑计划项目 (2009BAC54B01) 共同资助。

## 前 言

在塔克拉玛干沙漠南缘沙漠—绿洲过渡带上分布着大面积的骆驼刺植被。它们不仅具有适应性强、耐干旱、耐盐碱的特点，而且是绿洲防护体系的重要组成部分，是改善生态与环境、保护农牧业生产的重要生态屏障，在维护绿洲生态安全方面发挥着重要作用。同时骆驼刺植被又是一种重要的植物资源，在畜牧业生产中占有一定的地位，具有人工措施不可替代的作用。例如，骆驼刺富含蛋白质，是一种优良的饲料，作为饲用植物具有较好的品质，它的叶、花、果实、刺和细枝条都富含营养物质。在自然条件下，骆驼刺几乎没有天然更新能力，在不定期的洪水或偶尔的大雨过后，会出现极少量的幼苗，且很快枯死。骆驼刺主要靠地茎进行营养繁殖，但是长期以来，由于人为不合理的砍伐利用和牲畜危害，绿洲近外围的骆驼刺植被遭到严重破坏。因此，在保护骆驼刺根系不受破坏的前提下，探明骆驼刺根系的生长分布对不同水分生境的适应特征，是加快骆驼刺植被修复、确保绿洲生态安全的重要条件。

由于实验手段和研究方法的限制，根系生态学研究成为目前生态学过程研究中的瓶颈，也是生态系统功能研究中最不确定的因素。因此，探索并建立能普遍应用（特别是能适用于生长在干旱区的荒漠植物）的根系研究方法就显得至关重要。骆驼刺的根系生长与自然条件下的潜水平深梯度之间存在怎样的关系？基于潜水平深梯度和土壤水分分布特征的骆驼刺生物量形成特点及根冠比特征是什么？针对这些问题，在大量实验（包括人工控制实验和野外挖掘实验）的基础上，本研究对深根植物骆驼刺的根系生态学过程进行了详细探讨。

本研究依托中国科学院新疆生态与地理研究所策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站，由中国科学院知识创新重要方向性项目（KZCX2-EW-316）、国家自然科学基金面上项目（30870471，31070477）、国家重点基础研究发展计划（“973”计划项目 2009CB421302）、国家科技支撑计划项目（2009BAC54B01）共同资助完成。

在以上项目的资助下，本研究充分考虑干旱区不同生境条件下深根植物根系的适应策略，采用生态学、植物学、土壤学相结合的实验研究方法，以生长在塔克拉玛干沙漠南缘的多年生草本植物——骆驼刺为研究对象，以骆驼刺幼苗根系生态学特性为研究内容，紧紧围绕骆驼刺种子萌发和出苗特征、幼苗的可塑性、幼苗对盐分的适应、幼苗根系生长对不同灌溉量的响应、幼苗根系生长分布对不同田间持水量的响应、幼苗生物固氮和氮素分配等方面进行了系统的研究，

通过模拟控制实验与自然环境实验相结合、人工挖掘和机械挖掘相结合,在大量剖面挖掘、地上地下生长指标测定、样品采集分析的基础上,对骆驼刺根系在不同水分条件下的适应途径和响应策略进行了系统的定位研究。研究成果将为干旱区深根植物吸水机制和用水策略研究提供理论依据,同时将为荒漠生态系统的植被修复提供技术方法。

全书共 10 章。编写分工如下:第一章,曾凡江、刘波、刘镇;第二章,曾凡江、刘镇、张利刚、高欢欢;第三章,曾凡江、安桂香、张利刚;第四章,曾凡江、雷加强、曾杰;第五章,曾凡江、郭海峰、刘波;第六章,曾凡江、张晓蕾、贺俊霞;第七章,曾凡江、刘波、张晓蕾;第八章,曾凡江、雷加强、刘波、张利刚;第九章,曾凡江、刘镇、张利刚;第十章,刘波、曾凡江、雷加强。

本项研究得到了中国科学院新疆生态与地理研究所的穆桂金研究员、张立运研究员、李向义博士的热情帮助和指导,本书的出版得到了中国科学院新疆生态与地理研究所科研处刘文江处长和王烨老师的关心和支持。研究生宋聪、罗维成、彭守兰参与了本书的校对和修改工作,贺俊霞博士对本书的图表进行了绘制。澳大利亚墨尔本大学 Stefan K Arndt 博士,北京大学生态学系郭大立教授,中国科学院沈阳应用生态研究所姜凤岐研究员、曾德慧研究员、汪思龙研究员,中国科学院寒区旱区工程与技术研究所赵文智研究员对实验研究工作提出了宝贵的意见和建议。还有许多单位和同仁为本书的出版给予了大力支持和帮助,在此一并表示感谢!

由于作者水平有限,在写作中难免会出现疏漏和不足,敬请批评指正!

曾凡江 刘 波

2011 年 8 月

# 目 录

## 前言

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 第一章 概论 .....                                  | 1  |
| 第一节 骆驼刺的分布 .....                              | 1  |
| 一、骆驼刺 ( <i>Alhagi Gagnebin</i> ) 在中国的分布 ..... | 1  |
| 二、骆驼刺在世界的分布 .....                             | 2  |
| 第二节 疏叶骆驼刺的形态特征 .....                          | 2  |
| 一、形态特征 .....                                  | 2  |
| 二、骆驼刺名称由来 .....                               | 3  |
| 第三节 疏叶骆驼刺保护与开发的意义 .....                       | 3  |
| 第二章 疏叶骆驼刺种子萌发和出苗特征 .....                      | 5  |
| 第一节 温度和光照对疏叶骆驼刺种子萌发的影响 .....                  | 5  |
| 一、种子处理 .....                                  | 5  |
| 二、不同温度和光照条件下疏叶骆驼刺种子萌发率 .....                  | 5  |
| 三、不同温度和光照条件下疏叶骆驼刺种子胚根伸展长度 .....               | 6  |
| 四、不同温度和光照条件下疏叶骆驼刺种子胚轴伸展长度 .....               | 7  |
| 第二节 不同供水量和种子处理对疏叶骆驼刺种子出苗的影响 .....             | 8  |
| 一、材料与方法 .....                                 | 8  |
| 二、结果与分析 .....                                 | 10 |
| 三、讨论 .....                                    | 13 |
| 第三节 小结 .....                                  | 15 |
| 第三章 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗的可塑性 .....                  | 16 |
| 第一节 研究意义与研究进展 .....                           | 17 |
| 一、研究意义 .....                                  | 17 |
| 二、植物适应性研究进展与现状 .....                          | 18 |
| 三、主要研究内容 .....                                | 21 |
| 第二节 研究材料与研究方法 .....                           | 22 |
| 一、实验材料及生长基质 .....                             | 22 |
| 二、实验方法与处理 .....                               | 22 |
| 三、取样与参数测定 .....                               | 23 |

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 四、数据计算与处理 .....                                         | 24 |
| 第三节 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗表型可塑性 .....                           | 25 |
| 一、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗基本形态特征 .....                            | 26 |
| 二、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗生长特性 .....                              | 27 |
| 三、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗叶片性状及叶片养分特征 .....                       | 28 |
| 第四节 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗生物量分配和养分特征 .....                      | 31 |
| 一、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗生物量响应特征 .....                           | 32 |
| 二、不同水分处理下和不同处理阶段疏叶骆驼刺幼苗不同器官 C、N 积累特征 .....              | 36 |
| 第五节 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗生理适应特征 .....                          | 38 |
| 一、不同水分条件下疏叶骆驼刺幼苗水分利用特征 .....                            | 39 |
| 二、不同水分条件对疏叶骆驼刺幼苗叶片气体交换参数的影响 .....                       | 40 |
| 三、不同水分处理下疏叶骆驼刺一年生幼苗生理特征 .....                           | 40 |
| 四、不同水分处理下疏叶骆驼刺形态和生理的可塑性分析 .....                         | 41 |
| 第六节 小结 .....                                            | 42 |
| 一、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗形态适应策略 .....                            | 43 |
| 二、不同水分处理下疏叶骆驼刺生物量分配策略 .....                             | 43 |
| 三、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗 C、N 变化 .....                           | 43 |
| 四、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗的生理适应 .....                             | 44 |
| 第四章 不同盐分环境对疏叶骆驼刺生长的影响 .....                             | 45 |
| 第一节 研究背景 .....                                          | 46 |
| 第二节 研究方法 .....                                          | 47 |
| 一、人工控制实验的实验材料与处理 .....                                  | 47 |
| 二、天然荒漠区疏叶骆驼刺叶片溶质和盐适应模式 .....                            | 48 |
| 三、数据分析处理 .....                                          | 49 |
| 第三节 NaCl 对疏叶骆驼刺幼苗生长、生理和离子分布特性的影响 .....                  | 50 |
| 一、NaCl 对疏叶骆驼刺幼苗生长的影响 .....                              | 50 |
| 二、NaCl 对疏叶骆驼刺幼苗水势的影响 .....                              | 50 |
| 三、NaCl 对疏叶骆驼刺幼苗光合特性的影响 .....                            | 53 |
| 四、Na <sup>+</sup> 和 Cl <sup>-</sup> 在疏叶骆驼刺幼苗体内的分布 ..... | 54 |
| 第四节 天然荒漠区疏叶骆驼刺叶片溶质和盐适应模式 .....                          | 55 |
| 一、疏叶骆驼刺叶片对含盐地下水的适应 .....                                | 55 |
| 二、疏叶骆驼刺叶片对盐分的形态适应机制 .....                               | 56 |
| 三、疏叶骆驼刺叶片代谢机制对盐分的适应 .....                               | 58 |
| 第五节 小结 .....                                            | 58 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>第五章 不同灌溉量对疏叶骆驼刺幼苗根系生长的影响</b>   | 60 |
| <b>第一节 研究意义与研究进展</b>              | 61 |
| 一、研究意义                            | 61 |
| 二、研究进展                            | 61 |
| 三、研究内容                            | 69 |
| <b>第二节 研究区域概况与研究方法</b>            | 70 |
| 一、研究区域概况                          | 70 |
| 二、试验用地选择                          | 71 |
| 三、试验小区设计                          | 71 |
| 四、试验用苗培育                          | 73 |
| 五、水分处理设计                          | 74 |
| 六、试验调查取样                          | 74 |
| 七、试验数据处理                          | 75 |
| <b>第三节 疏叶骆驼刺幼苗的构型</b>             | 77 |
| 一、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗垂直根生长特征           | 77 |
| 二、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根系形态特征            | 80 |
| 三、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根系分布特征            | 82 |
| 四、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根、冠生物量分配          | 84 |
| <b>第四节 疏叶骆驼刺幼苗根系生长模型</b>          | 85 |
| 一、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根系垂直分布模型          | 85 |
| 二、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根、冠异速生长模型         | 86 |
| 三、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根、冠 Logistic 生长模型 | 87 |
| <b>第五节 不同灌溉条件下疏叶骆驼刺生长特征</b>       | 89 |
| 一、不同水分条件下疏叶骆驼刺根系分布特征              | 89 |
| 二、扎根深度和土壤含水量                      | 90 |
| 三、根系生物量和吸收根表面积的垂直分布               | 91 |
| 四、根冠比、比叶面积、根叶表面积比                 | 92 |
| <b>第六节 不同灌溉条件下疏叶骆驼刺根系构型特征</b>     | 93 |
| 一、拓扑指数和分形维数                       | 93 |
| 二、管道模型                            | 93 |
| <b>第七节 小结</b>                     | 94 |
| 一、垂直根生长方面                         | 94 |
| 二、根系形态方面                          | 94 |
| 三、根系分布方面                          | 94 |

|                                             |            |
|---------------------------------------------|------------|
| 四、根冠比方面 .....                               | 95         |
| 五、根/冠生长动态方面 .....                           | 95         |
| 六、根系拓扑结构方面 .....                            | 95         |
| <b>第六章 不同田间持水量对疏叶骆驼刺幼苗根系生长分布特征的影响 .....</b> | <b>96</b>  |
| 第一节 研究意义与研究进展 .....                         | 97         |
| 一、研究意义 .....                                | 97         |
| 二、研究进展 .....                                | 98         |
| 三、研究内容 .....                                | 102        |
| 第二节 研究方法 .....                              | 103        |
| 一、试验场地选择 .....                              | 103        |
| 二、试验小区设置 .....                              | 103        |
| 三、试验用苗培育 .....                              | 103        |
| 四、水分处理设计 .....                              | 103        |
| 五、试验调查取样 .....                              | 104        |
| 六、试验数据处理 .....                              | 105        |
| 第三节 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根系生长特征 .....              | 106        |
| 一、疏叶骆驼刺幼苗根系总生物量的变化 .....                    | 106        |
| 二、疏叶骆驼刺幼苗细根生物量的变化 .....                     | 107        |
| 三、疏叶骆驼刺幼苗根系生物量月平均增长速率的变化 .....              | 109        |
| 第四节 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根系空间分布特征 .....            | 110        |
| 一、疏叶骆驼刺幼苗根系的水平分布特征 .....                    | 110        |
| 二、疏叶骆驼刺幼苗根系的垂直分布特征 .....                    | 111        |
| 第五节 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根系垂直分布模型 .....            | 117        |
| 第六节 不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根冠比的变化特征 .....            | 118        |
| 第七节 小结 .....                                | 120        |
| 一、在根系生物量积累的研究方面 .....                       | 120        |
| 二、在根系生物量增长速率的研究方面 .....                     | 120        |
| 三、在扎根深度的研究方面 .....                          | 120        |
| 四、在根系水平分布的研究方面 .....                        | 120        |
| 五、在根系生物量垂直分布的研究方面 .....                     | 120        |
| 六、在比根长和根长密度垂直分布的研究方面 .....                  | 121        |
| 七、在根冠比的研究方面 .....                           | 121        |
| <b>第七章 不同水分条件对疏叶骆驼刺幼苗生物固氮和氮素分配的影响 .....</b> | <b>122</b> |
| 第一节 研究意义与研究进展 .....                         | 122        |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 一、研究意义 .....                            | 122 |
| 二、研究进展 .....                            | 123 |
| 三、氮素利用效率的研究进展 .....                     | 127 |
| 四、氮素分配和转移的研究进展 .....                    | 130 |
| 第二节 研究内容和方法 .....                       | 131 |
| 一、研究内容 .....                            | 131 |
| 二、研究方法 .....                            | 132 |
| 第三节 不同水分处理对疏叶骆驼刺生物固氮的影响 .....           | 137 |
| 一、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗生物固氮比例的影响 .....         | 137 |
| 二、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗生物固氮氮素质量的影响 .....       | 139 |
| 三、不同潜水深对疏叶骆驼刺幼苗生物固氮的影响 .....            | 140 |
| 第四节 不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗氮素分配的影响 .....         | 141 |
| 一、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗根、茎、叶氮素分配的影响 .....      | 142 |
| 二、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗各层根系氮素分配的影响 .....       | 143 |
| 三、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗总氮素分配的影响 .....          | 145 |
| 第五节 疏叶骆驼刺幼苗氮素浓度对不同灌溉的响应 .....           | 146 |
| 一、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗根、茎、叶氮素浓度对不同灌溉的响应 ..... | 146 |
| 二、不同水分处理下疏叶骆驼刺幼苗各层根系氮素浓度对不同灌溉的响应 .....  | 147 |
| 第六节 不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗氮素利用效率的影响 .....       | 149 |
| 一、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗根、茎、叶氮素利用效率的影响 .....    | 149 |
| 二、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗各层根系氮素利用效率的影响 .....     | 150 |
| 三、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗总氮素利用效率的影响 .....        | 150 |
| 第七节 不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗氮素转移的影响 .....         | 152 |
| 第八节 小结 .....                            | 153 |
| 一、疏叶骆驼刺幼苗生物固氮对不同水分条件的响应特征 .....         | 153 |
| 二、疏叶骆驼刺幼苗氮素分配对不同水分条件的响应特征 .....         | 154 |
| 三、疏叶骆驼刺幼苗氮素利用效率对不同水分条件的响应特征 .....       | 154 |
| 四、疏叶骆驼刺幼苗氮素转移对不同水分条件的响应特征 .....         | 154 |
| 第八章 不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗光合速率和渗透调节物质的影响 .....  | 155 |
| 第一节 研究意义与研究进展 .....                     | 155 |
| 一、研究意义 .....                            | 155 |
| 二、研究进展 .....                            | 155 |
| 第二节 研究方法 .....                          | 156 |
| 一、试验材料及处理 .....                         | 156 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 二、测定方法 .....                                 | 156 |
| 三、数据分析 .....                                 | 157 |
| 第三节 不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗光合特性的影响 .....              | 157 |
| 一、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗叶绿素含量的影响 .....               | 157 |
| 二、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗净光合速率日变化的影响 .....            | 158 |
| 三、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗胞间 $\text{CO}_2$ 浓度的影响 ..... | 158 |
| 四、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗光响应模型参数的影响 .....             | 159 |
| 五、不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗气孔导度和蒸腾速率的影响 .....           | 160 |
| 第四节 不同水分处理对疏叶骆驼刺幼苗渗透调节物质的影响 .....            | 161 |
| 第五节 小结 .....                                 | 162 |
| 第九章 自然环境条件下疏叶骆驼刺的生长特征 .....                  | 163 |
| 第一节 研究意义与研究进展 .....                          | 163 |
| 一、研究意义 .....                                 | 163 |
| 二、研究进展 .....                                 | 164 |
| 第二节 研究区域概况与研究方法 .....                        | 165 |
| 一、研究区域概况 .....                               | 165 |
| 二、研究方法 .....                                 | 166 |
| 第三节 自然环境不同潜水埋深条件下疏叶骆驼刺根系生长、分布特征 .....        | 168 |
| 一、不同潜水埋深条件下疏叶骆驼刺生长特征 .....                   | 168 |
| 二、不同潜水埋深对疏叶骆驼刺分蘖层根系生物量分配的影响 .....            | 168 |
| 三、不同潜水埋深条件下疏叶骆驼刺分蘖层根系的分布特征 .....             | 170 |
| 四、不同潜水埋深条件下疏叶骆驼刺分蘖层根系的分形特征 .....             | 170 |
| 第四节 自然环境不同潜水埋深条件下疏叶骆驼刺分蘖特征 .....             | 171 |
| 一、克隆株间距和相邻株间距 .....                          | 171 |
| 二、分蘖深度 .....                                 | 171 |
| 三、分蘖层水平根生长角度 .....                           | 172 |
| 四、不同潜水埋深土壤含水量差异 .....                        | 173 |
| 第五节 小结 .....                                 | 174 |
| 第十章 需要进一步研究的问题 .....                         | 175 |
| 参考文献 .....                                   | 179 |
| 图版                                           |     |

# 第一章 概 论

## 第一节 骆驼刺的分布

### 一、骆驼刺 (*Alhagi Gagnebin*) 在中国的分布

骆驼刺是生长于荒漠、半荒漠区的多年生豆科木质化草本植物。主要分布在沙漠和戈壁深处，吸取地下水分和营养，是一种自然生长的耐旱植物。骆驼刺主要分布于我国内陆干旱地区的宁夏、新疆、青海、甘肃以及内蒙古，其中新疆全境都有分布，尤其以南疆居多，生长于海拔 150~1500 m 的沙荒地、盐渍化低湿地和覆沙戈壁（图 1.1）。有关骆驼刺生物生态学特性的研究历来受到广泛关注。骆驼刺共有两种，分别是骆驼刺 (*Alhagi pseudalhagi* Desv.) 和疏叶骆驼刺 (*Alhagi sparsifolia* Shap.)，我国分布的主要是疏叶骆驼刺。

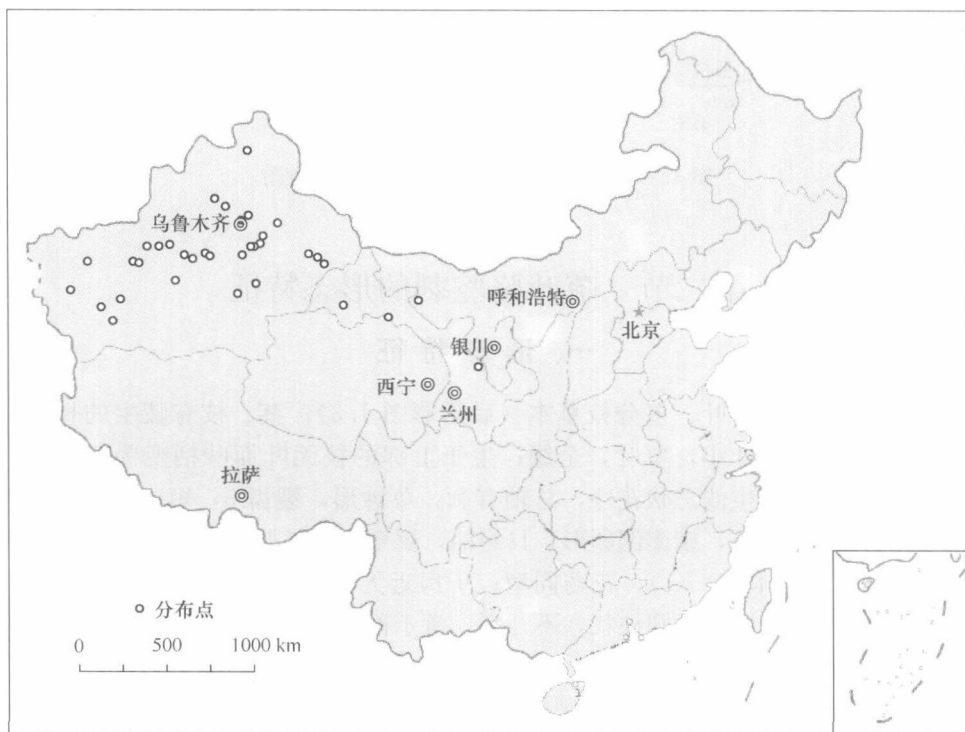


图 1.1 骆驼刺在中国的分布示意图

## 二、骆驼刺在世界的分布

世界上共有两种骆驼刺，主要分布在欧亚（中国、俄罗斯、以色列、蒙古国、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、巴基斯坦和埃及）及北非荒漠区和美国、德国等（金启宏，1995）（图 1.2）。

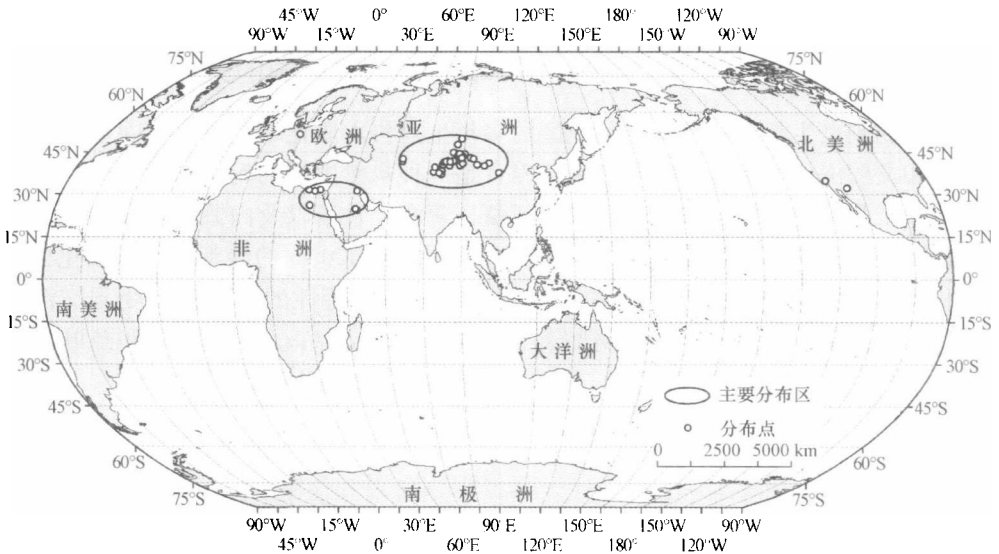


图 1.2 骆驼刺在世界范围内的分布示意图

## 第二节 疏叶骆驼刺的形态特征

### 一、形态特征

疏叶骆驼刺，落叶、多分枝草本（后附彩图 1.3）；茎、枝有腋生的长针刺（后附彩图 1.4）；叶小，单叶，全缘；生于上部的枝无叶而叶柄变为刺；托叶小；花数朵排成腋生的总状花序，总轴有刺；萼钟形，裂齿 5，短，近相等；花冠红色，各瓣近等长，旗瓣倒卵形，具短柄，翼瓣镰状长圆形，龙骨瓣内弯，钝头；雄蕊 10，二体（9+1），花药同型；子房近无柄，有胚珠多颗，花柱丝状，内弯；荚果线形，厚或近圆柱状，不开裂，常于种子间缢缩而内面具隔膜，但荚节不断离；种子肾形，无种阜。

疏叶骆驼刺属于豆科、骆驼刺属多年生草本植物。主要枝上多刺，叶长圆形，花粉红色，6 月开花，8 月最盛，每朵花可开放 20 余天，结荚果（后附彩图 1.5），总状花序，根系一般长达 20 m。从沙漠和戈壁深处吸取地下水份和营养，是一种自然生长的耐旱植物，新疆各地均有分布。疏叶骆驼刺有花内和花外两种

蜜腺，花外蜜腺泌汁凝成糖粒，称为刺糖，群产量可达 30~40 kg。疏叶骆驼刺是骆驼的牧草，所以又称骆驼草，是一种矮矮的地表植物。

## 二、骆驼刺名称由来

这种植物茎上长着刺状的很坚硬的小绿叶，故称为骆驼刺，但它毕竟是草本植物，是戈壁滩和沙漠中骆驼唯一能吃的赖以生存的草，故又名骆驼草（后附彩图 1.3）。骆驼草往往长成半球状，大的一簇簇，直径有一两米，一般的一丛丛，直径有半米左右。为了适应干旱的环境，疏叶骆驼刺尽量使地面部分长得矮小，这种植物的根系十分发达，根系是地表上茎叶半球的几十倍；同时，将庞大的根系深深扎入地下（根系直达地下水），吸收水分；而矮小的地面部分又有效地减少了水分蒸腾，所以它能在这种极端干旱的环境里生长。

## 第三节 疏叶骆驼刺保护与开发的意义

疏叶骆驼刺是一种耐干旱、耐盐碱、抗逆性强的植物。在塔里木盆地南缘的绿洲—沙漠过渡带上有大面积的天然疏叶骆驼刺植被分布。它具有适应性强、分布广、面积大的特点，在防止土地遭受风沙侵蚀方面具有非常重要的作用。同时疏叶骆驼刺可以直接利用大气中的氮元素，它是生态系统氮素循环体中的一个关键环节。另外，疏叶骆驼刺富含蛋白质，是一种优良的饲料，在畜牧业生产中占有一定的地位。首先，疏叶骆驼刺作为饲用植物具有较好的品质。疏叶骆驼刺的叶、花、果实、刺和细枝条都富含营养物质。虽然它的粗蛋白质、粗脂肪含量相对较低，但它的无氮浸出物含量较高，且富含赖氨酸。其次，疏叶骆驼刺的产草量高。

早在 1933 年，Ball 和 Robbins（1933）就对生长在俄罗斯的几种疏叶骆驼刺进行了描述。这些描述主要集中在刺和叶的形态上。之后，Kearney 和 Peebles（1951）以及 Munz 和 Keck（1959）也对疏叶骆驼刺进行了早期的形态学研究。当时，Graham（1941）已经注意到应该尽可能地保护并利用疏叶骆驼刺。Agzhigitova 等（1995）的研究结果证明疏叶骆驼刺的生长状况与地下水位的高低具有一定的联系。张立运等（1995）认为夏季灌溉对疏叶骆驼刺的形态学特征、群落生态结构和天然更新有一定的影响。Shaltout 等（1996）在疏叶骆驼刺的系统分类方面做了研究，他们认为人类活动是影响疏叶骆驼刺多样性和丰富度的主要原因。Zakeri 和 Banihashemi（1996）的对比试验表明，疏叶骆驼刺有相对较强的生态适应性。另外，有关疏叶骆驼刺再生能力和抗逆性的研究也较多。步怀宇和贾敬芬（2000）的研究表明，疏叶骆驼刺苗茎切段有很强的离体培养再生能力。谷文英等（1997）对疏叶骆驼刺下胚轴组织培养再生植株的过程进行研究，基本建立了疏叶骆驼刺组织培养的程序和方法，为进一步研究、改良疏叶骆驼刺

打下了基础。李瑞年（1994）对疏叶骆驼刺属植物的再生性能与防护效益的试验研究进一步证明，合理适时地利用疏叶骆驼刺对于促进疏叶骆驼刺的生长及提高其防护效益具有一定的作用。Zaletaev 等（1996）对土壤类型与疏叶骆驼刺植被的分布进行的研究显示，疏叶骆驼刺具有一定的耐盐性。

金启宏（1995）指出，以疏叶骆驼刺种群性质和草甸植物种类组成特征作为群落演替状态指示物的指示作用，对当地的水源及土地利用具有一定的应用价值。颜铭（1989）认为疏叶骆驼刺是一种淡水指示植物，且通过深根系和地下水相连接，所以在极干燥的土壤上仍能生长良好。疏叶骆驼刺在新疆的分布面积达  $1.73 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占新疆草地总面积的 3.03%。尤其在塔里木盆地，疏叶骆驼刺既是防风固沙的重要自然植被，又是草食家畜不可缺少的、也无法替代的饲草种之一。然而，由于人口的增加和不合理地利用，疏叶骆驼刺植被却遭到严重破坏。因此，如何加强现有疏叶骆驼刺植被的保护和管理、加速受损疏叶骆驼刺植被的恢复和重建，如何有效保护和合理开发疏叶骆驼刺这一优势植物资源，既发挥其作为优良豆科牧草的饲用价值作用，又不减弱乃至破坏其重要的生态防护效益，是我们当前面临的重要课题。

## 第二章 疏叶骆驼刺种子萌发和出苗特征

### 第一节 温度和光照对疏叶骆驼刺种子萌发的影响

影响种子萌发的外部环境因子包括水分、温度、光照、土壤因素等方面。温度对种子有重要的生理作用。温度可以打破种子休眠，改变种子休眠形式，影响无休眠种子的萌发速度 (Roberts, 1988)。众多的研究表明，在一定的温度范围内，随温度的升高，种子萌发进程加快，但过高的温度会影响种子萌发 (Khan et al., 2001; Qu et al., 2008; Jamila et al., 2009; Rejili et al., 2009; Maraghni et al., 2010)。种子萌发时，包括胚乳或子叶内有机养料的分解，以及由有机和无机物质同化为生命的原生质，都是在各种酶的催化作用下进行的。而酶的作用需要有一定的温度才能进行，所以温度也就成了种子萌发的必要条件之一。温度对种子的萌发具有最低、最适及最高三基点。在干旱半干旱荒漠地区，光照虽然不是制约种子萌发的主要因素，但受光照调节萌发的植物非常普遍，大致可以归结为 3 种类型：①种子在黑暗和光照条件下都能很好地萌发 (黄振英等, 2001)；②种子萌发需要严格的光照 (Kaiser and Qadir, 1971; Huang and Gutterman, 2000; Meiado et al., 2010)；③种子萌发率随着光的减少而增加 (Baskin and Baskin, 1998; Tobe and Omasa, 2000; 宋兆伟等, 2010)。

#### 一、种子处理

选择大小一致成熟饱满的疏叶骆驼刺种子备用。将疏叶骆驼刺种子置于 98% 的浓硫酸中浸泡 15 min，然后用大量清水冲洗，实验前先将处理后的种子用清水浸泡 12 h，再用蒸馏水反复冲洗后挑选浸泡程度相同的种子。最后将种子置于培养皿中，保证供应其水分充足，在光照培养箱中萌发。种子在不同光照和温度下的萌发：分别置于 15℃、20℃、25℃、30℃、35℃ 5 个恒温条件下，持续黑暗、光照/黑暗 (12 h/12 h) 光照条件下进行萌发。

#### 二、不同温度和光照条件下疏叶骆驼刺种子萌发率

图 2.1 显示随着温度的升高疏叶骆驼刺种子的萌发率先是逐渐增高随后降低。光暗交替条件下，当温度达到 30℃ 时萌发率最高，为 97.33%，而黑暗环境中当温度达到 25℃ 时萌发率最高，为 97.33%。这是因为种子萌发与酶活性有关，在一定温度范围内，温度越高酶活性越强，萌发率也越高，但当超过了最适温度时，温度升高则会抑制酶活性，使萌发率下降。除 30℃ 左右外，当温度保