



珍稀濒危植物 复壮与保育技术

党晓宏 高 永 蒙仲举 虞 毅 主编

非
外
借



科学出版社

珍稀濒危植物复壮与保育技术

党晓宏 高 永 蒙仲举 虞 毅 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以珍稀濒危植物保育为主题,介绍了珍稀濒危植物沙冬青群落衰退特征,采用热成像技术结合生物学常规观测方法,研发出沙冬青衰退非损伤诊断技术,对其生长状态进行了评价分级。通过课题组多年的研究,总结出了沙冬青、霸王平茬复壮和扦插育苗技术、四合木平茬技术,发布了沙冬青平茬技术规程,揭示了平茬对沙冬青和霸王生长、生理特性、抗逆性及土壤环境的影响,分析了西鄂尔多斯地区主要珍稀濒危植物灌丛固碳能力及其应对全球气候变暖的固碳潜力。本书是课题组成员多年来所取得的相关研究结果的系统总结,对于提高珍稀濒危植物的保护和拯救水平,为我国北方干旱地区生物多样性的保护和植物资源的开发利用提供了实践指导与理论依据,同时也为同类地区其他珍稀濒危物种的保护提供一定的参考,对实现《中国生物多样性保护战略与行动计划(2010~2030年)》具有参考意义。

本书可供从事荒漠化防治、水土保持、林业、生物多样性保护等方面研究的科技工作者,以及从事相关领域工作的人员参考,也可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

珍稀濒危植物复壮与保育技术 / 党晓宏等主编. —北京: 科学出版社, 2019.1

ISBN 978-7-03-059838-7

I. ①珍… II. ①党… III. ①珍稀植物—濒危植物—植物保护—研究—中国 IV. ①Q948.52

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第276067号

责任编辑: 张会格 刘 晶 / 责任校对: 严 娜

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 刘新新

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>

北京虎彩文化传播有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年1月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2019年1月第一次印刷 印张: 17

字数: 343 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《珍稀濒危植物复壮与保育技术》编撰委员会

主 编：党晓宏 高 永 蒙仲举 虞 毅

副主编：袁立敏 王 珊 刘 阳 吴 昊 朝吉格乐

编 委(以姓氏笔画为序)：

王 珊 王祯仪 王瑞东 吕新丰 刘 阳

刘 博 刘 静 李晓燕 李锦荣 吴 昊

张 超 张瀚文 袁立敏 党晓宏 高 永

高君亮 唐国栋 黄海广 董 雪 韩彦隆

蒙仲举 虞 毅 潘 霞

前 言

近年来,由于气候条件恶化和人为活动干扰,我国土地荒漠化情况不容乐观,荒漠化问题已逐步成为制约我国经济发展的重要问题之一。由荒漠化引起的土地退化、植被群落衰退等生态环境问题也不断显现,从而导致整个生态系统生态环境恶化,物种生存条件受到威胁。珍稀濒危植物沙冬青、霸王和四合木自然生境恶劣,加之其繁殖方式单一,分布面积和种群数量日趋减少,生存现状岌岌可危。鉴于此,本课题组基于热成像技术对沙冬青生长衰退等级进行了非损伤性诊断,依托沙冬青、霸王和四合木的平茬复壮、扦插繁育技术对沙冬青群落稳定性进行调控,从人工复壮和保护繁育两个方面对珍稀濒危植物进行保护,增加其植被盖度,增强群落稳定性,提高其防风固沙效益。该研究的实施,使当地及周边农牧民意识到保护珍稀濒危植物和改善生态环境的重要性,增强了当地农牧民保护生态环境的意识,有利于自然资源保护的可持续发展。因此,开展珍稀濒危植物衰退诊断、探索其保育技术及推广红外热成像技术在拯救濒危植物方面的应用,对持续发挥其应有的生态效益,保障干旱和半干旱地区生态安全具有重大意义。

本书以珍稀濒危植物复壮与保育为主题,全书共分为7章。第1章主要从珍稀濒危植物保护的重要性与珍稀濒危植物保护现状两个方面进行了系统性介绍;第2章对沙冬青群落衰退特征进行了阐述,通过采用热成像红外技术对沙冬青进行非损伤诊断,提出了沙冬青的衰退等级划分标准;第3章以野外实验研究为基础,从留茬高度、茬口涂抹油漆等方式总结了沙冬青平茬技术,同时研究了优选平茬方式下沙冬青的生长与生理特性、抗旱性、种群结构和土壤环境的影响方面进行了分析;第4章从霸王的留茬高度、平茬枝条基径、茬口是否涂抹油漆等处理方式筛选出霸王平茬优化技术,同时研究了平茬对霸王生长特性、生理生化特性、土壤“肥岛”的影响及人工灌溉对霸王复壮的影响;第5章从不同留茬高度下四合木的生长指标、生理指标、水分利用效率等指标筛选出四合木平茬最佳方式,同时研究了平茬四合木对人工模拟小强度降雨的响应;第6章从土壤基质、外源激素、插条参数、沙藏处理等方面,介绍了上述因素对霸王扦插成活率及生长特性的影响;第7章研究了西鄂尔多斯地区5种主要珍稀濒危植物生物量分配格局并建立预测模型,从灌丛各器官含碳率、生态系统碳储量、光合固碳能力、土壤碳排放等方面分析了荒漠灌丛生态系统的“碳汇”与“碳源”问题。

在本书写作过程中,编写人员进行了大量的资料整理和分析工作,对于本书

的顺利完成至关重要。参加撰写的有内蒙古农业大学、国际竹藤中心、内蒙古财经大学、内蒙古水利科学研究院、内蒙古林业科学研究院、水利部牧区水利科学研究所、内蒙古森林资源资产评估管理中心、包头市达茂联合旗气象局等单位的17人。各章节分工如下：前言，党晓宏；第1章，党晓宏、蒙仲举；第2章，党晓宏、高永、吴昊；第3章，党晓宏、董雪、高君亮、刘阳；第4章，党晓宏、高永、韩彦隆、张瀚文、王珊；第5章，党晓宏、虞毅、袁立敏、刘静、黄海广、刘博、吕新丰、李锦荣、李晓燕、张超；第6章，党晓宏、潘霞、唐国栋、王祯仪、王瑞东；第7章，党晓宏、高永、刘阳、吴昊。本书由党晓宏统稿，由高永担任主审。

本书由下列课题共同资助：国家林业局林业公益行业科研专项“珍稀濒危植物沙冬青衰退诊断及保育技术研究(201304305)”，国家林业局引进国际先进林业科学技术项目“人工调控荒漠灌丛生态空间构型技术引进(2015-4-22)”，内蒙古农业大学高层次人才引进科研启动项目(NDYB2016-08)。

平茬复壮是珍稀濒危植物保育技术的一项突破，可促进植株的新一轮生长，同时平茬的灌木地上部分可有效解决我国干旱、半干旱地区动物饲料短缺问题。此外，平茬复壮可以避免由于灌丛衰退引发病虫害发生，可增强植被的防风固沙作用。扦插育苗是无性繁殖的一种，可较好地保存母体的优良基因，较难生根的珍稀濒危植物扦插繁育对保护珍稀濒危植物的种质资源、扩大种群具有重要意义。著者殷切希望本书的出版，能够引起相关人士对该领域的更多关注和支持，并希望对从事植物多样性保护乃至荒漠化防治方面的学者及工作人员有所裨益。

本书在撰写过程中参考和引用了国内外有关书籍和文献，特此感谢。本书的出版承蒙科学出版社的大力支持，编辑人员为此付出了辛勤的劳动，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中若存在不足之处，敬请读者批评指正。

著 者

2018年4月25日

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 珍稀濒危植物保育重要性	1
1.2 珍稀濒危植物研究现状	2
1.2.1 四合木繁育、更新、复壮研究现状	3
1.2.2 霸王繁育、更新、复壮研究现状	6
1.2.3 沙冬青繁育、更新、复壮研究现状	7
2 沙冬青群落退化特征及其非损伤诊断技术	10
2.1 研究区概况	10
2.2 沙冬青退化阶段划分	16
2.2.1 沙冬青退化阶段划分依据	16
2.2.2 植被调查与指标测定	17
2.2.3 沙冬青群落物种组成	18
2.2.4 沙冬青群落生活型组成	20
2.2.5 沙冬青群落盖度变化	21
2.2.6 沙冬青群落地上生物量变化	21
2.2.7 沙冬青群落物种多样性指数	22
2.2.8 沙冬青群落相似性	23
2.2.9 沙冬青群落土壤特性	23
2.3 沙冬青衰退等级非损伤诊断技术	36
2.3.1 沙冬青衰退等级的划分	37
2.3.2 植被表面温度的获取	38
2.3.3 生理生态指标的测定	38
2.3.4 不同衰退等级沙冬青生理生态特征	39
2.3.5 沙冬青蒸腾扩散系数与光合参数回归模型	46
小结	47
3 沙冬青平茬复壮技术	48
3.1 留茬高度对沙冬青生长特性的影响	49
3.1.1 样地设置与平茬	49
3.1.2 生长特性指标测定	49
3.1.3 不同留茬高度沙冬青高度生长对比	50

3.1.4	不同留茬高度沙冬青新枝数量对比	50
3.1.5	不同留茬高度沙冬青生长量对比	51
3.1.6	同一灌丛不同留茬高度对生长的影响	52
3.2	平茬枝条粗度对沙冬青生长特性的影响	54
3.2.1	平茬沙冬青次年生枝条生长状况	54
3.2.2	不同平茬粗度对萌蘖枝条长度的影响	54
3.2.3	不同平茬粗度对萌蘖枝条基径的影响	55
3.3	茬口涂抹油漆处理对沙冬青生长特性的影响	56
3.4	平茬对沙冬青生长与生理特性的影响	58
3.4.1	平茬对沙冬青光合特性及水势的影响	58
3.4.2	平茬对沙冬青生理生化特性的影响	58
3.4.3	平茬对萌发的作用	60
3.4.4	平茬对生长特性的影响	61
3.5	平茬对沙冬青抗旱性的影响	70
3.5.1	平茬对沙冬青叶片丙二醛(MDA)含量的影响	70
3.5.2	平茬对沙冬青叶片脯氨酸(Pro)含量的影响	71
3.5.3	平茬对沙冬青叶片抗氧化酶(POD、SOD、CAT)活性的影响	71
3.5.4	平茬对沙冬青可溶性糖(SS)含量的影响	72
3.5.5	平茬对沙冬青叶绿素(Chl)含量的影响	73
3.5.6	平茬处理下沙冬青各指标间相关性分析	73
3.5.7	沙冬青抗旱能力评价	74
3.6	平茬对沙冬青种群结构及土壤环境的影响	75
3.6.1	土样采集与测定	75
3.6.2	平茬沙冬青年龄等级密度变化动态	76
3.6.3	平茬萌蘖丛构件的密度制约	77
3.6.4	沙冬青平茬后土壤水分的变化	78
3.6.5	土壤颗粒组成与土壤分形维数间的关系	78
3.6.6	平茬后土壤分形维数的变化	79
3.6.7	土壤分形维数与水分的相关性	80
小结		81
4	霸王平茬复壮技术	83
4.1	霸王平茬复壮方式筛选	84
4.1.1	地块选择	84
4.1.2	平茬前后测量林木生长状况	84
4.1.3	平茬方案	85
4.1.4	注意事项与平茬后管护抚育	85

4.1.5 留茬高度对霸王生长特性的影响	86
4.1.6 平茬霸王母株基部径粗对生长特性的影响	89
4.1.7 涂抹油漆与未涂抹油漆处理的霸王平茬生长状况	92
4.2 平茬对霸王生长及生理特性的影响	93
4.2.1 平茬对霸王生长特性的影响	93
4.2.2 平茬对霸王生理特性的影响	96
4.2.3 平茬对霸王生化特性的影响分析	99
4.2.4 基于“三温模型”的平茬条件下霸王蒸腾特性	103
4.2.5 霸王平茬对土壤“肥岛”作用的影响分析	107
4.3 人工灌溉对霸王复壮的影响	118
4.3.1 霸王人工灌水试验设计	118
4.3.2 灌水量对植株生长的影响	118
4.3.3 灌水量对霸王生理特性的影响	120
小结	122
5 四合木平茬复壮技术	125
5.1 样地选择与平茬方法	125
5.1.1 样地选择	125
5.1.2 平茬处理	125
5.1.3 人工模拟降雨设计	125
5.2 试验设计与方法	126
5.2.1 生长指标的测定	126
5.2.2 生理生化指标的测定	126
5.3 留茬高度对四合木生长及生理特性影响	127
5.3.1 留茬高度对四合木生长特性的影响分析	127
5.3.2 留茬高度对四合木生理特性的影响分析	132
5.3.3 不同留茬高度四合木对人工模拟小强度降雨的响应	138
5.3.4 不同留茬高度四合木蒸腾扩散系数特征的影响	145
小结	146
6 霸王硬枝扦插繁殖技术	148
6.1 霸王扦插育苗土壤基质的筛选	148
6.1.1 土壤基质的配比	148
6.1.2 插穗制作与处理	148
6.1.3 扦插方法与插后管理	148
6.1.4 土壤基质对插穗生根状况的影响	149
6.1.5 土壤基质对插穗地上部分生长状况的影响	150
6.2 外源激素对霸王扦插的作用	150

6.2.1	激素配置	150
6.2.2	外源激素试验	151
6.2.3	IAA 对霸王硬枝扦插生长的影响	151
6.2.4	NAA 对霸王硬枝扦插的影响	155
6.2.5	ABT1 对霸王硬枝扦插的影响	160
6.2.6	ABT2 对霸王硬枝扦插的影响	165
6.2.7	ABT6 对霸王扦插的影响	170
6.2.8	不同激素对霸王扦插的影响	174
6.2.9	扦插生根状况随时间的变化	175
6.3	插穗及扦插深度的筛选	176
6.3.1	插穗及扦插深度选择	176
6.3.2	取穗部位选择	179
6.3.3	扦插深度选择	180
6.4	沙藏处理对霸王扦插的作用	181
6.4.1	沙藏池准备	181
6.4.2	沙藏试验设计	181
6.4.3	沙藏对霸王扦插生根的影响	182
6.4.4	沙藏对霸王扦插地上部分生长状况的影响	182
	小结	183
7	珍稀濒危植物固碳能力	184
7.1	荒漠灌丛生物量分配格局及预测模型	185
7.1.1	样地的设置	186
7.1.2	荒漠灌丛群落调查及样品采集	186
7.1.3	荒漠灌丛生物量模型的构建	187
7.1.4	荒漠灌丛个体生物量分配特征	188
7.1.5	荒漠灌丛地下生物量特征	190
7.1.6	荒漠灌丛生物量根冠比	193
7.1.7	荒漠灌丛生物量模型建立	194
7.2	荒漠灌丛含碳率研究	200
7.2.1	样品的采集与测定	201
7.2.2	荒漠灌丛不同季节各器官含碳率	202
7.2.3	荒漠灌丛地上部分与地下部分含碳率	203
7.2.4	各器官含碳率总体特征及差异性分析	205
7.2.5	荒漠灌丛综合含碳率	206
7.3	荒漠灌丛生态系统碳储量	206
7.3.1	荒漠灌丛生态系统碳储量计算方法	206

7.3.2 荒漠灌丛植被层生物量密度	208
7.3.3 荒漠灌丛植被层碳密度	208
7.3.4 荒漠灌丛群落植被层年固碳量	210
7.4 荒漠灌丛地枯落物固碳量	214
7.4.1 荒漠灌丛地枯落物生物量	214
7.4.2 荒漠灌丛地枯落物含碳率	215
7.4.3 荒漠灌丛地枯落物固碳量	216
7.5 西鄂尔多斯地区荒漠灌丛土壤碳储量	216
7.5.1 荒漠灌丛地土壤有机碳含率	216
7.5.2 荒漠灌丛地不同土层土壤容重	217
7.5.3 荒漠灌丛地土壤碳密度	218
7.6 荒漠灌丛生态系统碳储量	219
7.7 荒漠灌丛光合固碳能力	220
7.7.1 试验材料、设计与方法	221
7.7.2 荒漠灌丛叶片净光合速率动态及影响因子	223
7.7.3 荒漠灌丛叶面积与单株固碳能力	227
7.7.4 荒漠灌丛光响应拟合参数分析	231
7.8 荒漠灌丛地土壤碳排放及影响因子	233
7.8.1 试验设计与方法	233
7.8.2 灌丛地土壤碳排放速率及环境因子日动态	234
7.8.3 荒漠灌丛地土壤碳排放季节特征	236
7.8.4 土壤碳排放速率与主要环境因子的关系	237
7.8.5 Q_{10} 值分析	245
7.8.6 气候情景模拟条件下灌丛地土壤碳排放分析	245
7.9 西鄂尔多斯地区荒漠灌丛生态系统碳收支	246
7.9.1 荒漠生态系统碳收支估算方法	246
7.9.2 荒漠灌丛生态系统碳收支平衡	247
小结	248
主要参考文献	250
附录 A 沙冬青平荏技术规范	254
附录 B 有害生物防治常见药剂及其防治对象	257
附图	258

1 绪 论

1.1 珍稀濒危植物保育重要性

珍稀濒危物种保护是一个全球性问题,生境恶劣的干旱、半干旱地区珍稀濒危物种具有更重要的保护价值。我国北方干旱地区植被稀少,植物群落作为生态系统最重要且基础的生产者角色,以及构成自然栖地最根本要素,有着比动物族群更为重要的生态地位,特别是以珍稀濒危植物为建群种,甚至是唯一植物种的群落。

西鄂尔多斯国家级自然保护区地理位置特殊,西邻黄河,隔河遥望乌兰布和沙漠,东靠鄂尔多斯高原,地处暖温带大陆性季风气候区,具有高原寒暑剧变特点,昼夜温差大,气候干燥,日照时间长,太阳辐射强,风沙大,生态环境极其脆弱,边缘效应十分明显。

保护区与能源基地——乌海市、棋盘井镇、蒙西镇相邻,城市、工矿企业在一定区域已形成了包围圈。换言之,城市、工矿企业是破坏了这里的珍稀植物群落而兴建起来的,目前还在逐渐向外扩张,威胁着保护区及周边地区的珍稀动植物资源。自然的影响及人为的破坏,使许多珍贵的资源正在加速丧失,而一些珍稀物种的自身更新能力很差,对这一地区的植物资源起到了直接的破坏作用。例如,沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)为第三纪古老荒漠区系的孑遗种,其数量稀少,且生境狭小,是我国干旱区最重要的珍稀濒危植物之一,濒临灭绝,在《中国珍稀濒危保护植物名录》中被列为国家三级珍稀濒危保护植物。沙冬青在我国集中分布区不多,主要在西鄂尔多斯国家级自然保护区内,是这里的建群种和优势种,在荒漠生态系统中意义重大,对当地生态景观的维持和水土保持有着不容忽视的作用。另外,由于长期在严酷、恶劣的自然生境中繁衍进化,沙冬青保存有耐(适)干旱、耐(适)贫瘠等特殊的抗逆基因,是人类开展遗传工程研究的宝贵基因库,在林木及作物改良、药物提取开发等方面具有不可估量的潜在价值。同时,其对研究亚洲中部荒漠,特别是研究我国荒漠植物区系的起源,以及与地中海植物区系的联系也具有重要的科学研究价值。

四合木(*Tetraena mongolica*),又名“油柴”,由于其易燃,过去曾一度为这一地区居民生活用柴,并且大量用于土炼焦。开矿、修路对四合木的破坏是最直接的,矿井抽出的废水和洗煤水所到之处四合木全部死亡,取而代之的是成片的盐爪爪(*kalidium foliatum*)。保护区的西部,由于四合木赖以生存的环境逐渐变为沙

丘, 其群系已开始被白刺灌丛所取代。

霸王(*Zygophyllum xanthoxylum*)是蒺藜科(*Zygophyllaceae*)霸王属(*Zygophyllum* L.)的沙生灌木, 又名霸王柴, 为荒漠地区特有植物种。霸王在新疆的分布最多, 内蒙古次之。霸王属于荒漠古老的残遗植物, 常分布在干旱荒漠地区。霸王具有较高的营养价值, 可作为家畜饲料, 具有在干旱荒漠区推广种植的价值。由于霸王根系的特性, 使其具有很好的抗寒、抗旱、耐贫瘠、适应性强等特性, 对我国西北荒漠地区的环境改善有着重要的作用。现存的霸王群落大多处于生长衰退期, 且受破坏的程度较高, 生物量较低, 但仍发挥着固沙防风的作用。

绵刺(*Potania mongolica*), 喜生于沙质荒漠, 无沙或厚沙的土壤均会使群落退化。在保护区的西侧, 当覆沙厚度超过 30 cm 时, 绵刺群落常被短脚锦鸡儿群落所替代; 当形成大沙丘后, 则被白刺群落替代。由于近代沙漠化的不断加剧, 现在保护区内绵刺群落的面积极小, 并且还在继续减少。

本地区大片的沙冬青群落已被一个个白刺堆隔开, 且白刺群落仍有逐渐扩大的趋势。近年来, 危害沙冬青、四合木等珍稀濒危植物的沙冬青木虱、红缘天牛、木蠹蛾等虫害正在逐渐扩大危害面积, 导致沙冬青、四合木大面积衰退。

由于自然界的干旱、沙化、病虫害, 以及人为的污染与破坏, 保护区内许多珍稀濒危植物物种正在加速丧失, 使得保护区本身的抗干扰能力降低, 而保护区内的植被一旦遭到破坏, 相对稳定的生态系统将会随之受损消失, 造成严重的水土流失、风蚀沙化, 这将对保护区周边及内蒙古高原的生态安全造成严重的威胁。如不及时采取有效措施, 保护区内千百年来历经沧桑巨变仍保存完好的古老孑遗珍稀植物将面临灭绝的可能。为此, 开展珍稀濒危植物种质资源保护, 探索快速繁育、更新复壮的方法已成为当务之急, 对挽救这些珍稀濒危植物具有重要的意义。

1.2 珍稀濒危植物研究现状

物种的消亡已成为世界各国关注的重大问题, 濒危植物的保护也成为世界性的战略问题。20 世纪 70 年代初期, 国际上逐渐开始对珍稀濒危植物的保护进行各种研究。1984 年国务院环境保护委员会颁布了第一批《中国珍稀濒危保护植物名录》, 人们才开始意识到保护濒危植物的迫切性和必要性。1996 年 9 月 30 日, 我国第一部专门保护野生植物的行政法规《中华人民共和国野生植物保护条例》颁布; 1999 年 8 月 4 日, 《国家重点保护野生植物名录(第一批)》由国务院正式批准, 这是我国野生植物保护工作的一个里程碑。该名录由国家林业局和农业部共同组织制定, 共列植物 13 类、419 种, 可见国家对濒危植物的保护是相当重视的。

国内外学者对各珍稀濒危植物的保护性研究主要进行了组织培养、育种等多

方面的探讨,不同的植物适应不同的保护措施,前人对珍稀濒危植物研究所得经验,为本次研究的顺利进行提供了技术指导。对本保护区内一些珍稀濒危植物未涉及的方面,作者开展了新的研究,以利于其生长繁育。

1.2.1 四合木繁育、更新、复壮研究现状

四合木,蒙名“诺朔嘎纳”,蒺藜科(Zygophyllaceae)四合木属(*Tetraena* Maxim.)强旱生肉质叶小灌木,是中国特有的孑遗单种属植物。双数羽状复叶,对生或簇生于短枝上,小叶2枚,肉质,倒披针型,长3~8 mm,顶端圆钝,具突尖,基部楔形,全缘,黄绿色,两面密被不规则的丁字毛,无柄;托叶膜质。花1~2朵着生于短枝上;萼片4,卵形或椭圆形,长约3 mm,宽约2.5 mm,被不规则的丁字毛,宿存;花瓣4,白色具爪,瓣片椭圆形或近圆形,长约2 mm,宽约1.5 mm,爪长约1.5 mm;雄蕊8,排成2轮,外轮4个较短,内轮4个较长,花丝近基部有白色薄膜状附属物,具花盘;子房上位,4深裂,被毛,4室,花柱单一,丝状,着生子房近基部。果常下垂,具4个不开裂的分果瓣,分果瓣长6~8 mm,宽3~4 mm;种子镰状披针形,表面密被褐色颗粒。四合木高可达90 cm,根系发达,根冠比小于0.5;生长季长时间无降水时叶会大量脱落,秋季降水后未脱落的叶片会重新返青恢复生长;花期集中在6~7月,果期7~10月。四合木虽为直根系植物,主根粗壮,但侧根亦很发达,数量较多。种子萌发后,地下生长速度为地上生长速度的10~14倍。根皮较厚,可保证在土壤干旱时不失水,同时可防止土壤表层沙粒高温灼伤根部。

目前,已有众多的学者对四合木的繁育更新、虫害防治开展了研究,取得了大量的研究成果,概括起来主要有播种育苗、扦插育苗等方面,但是对于四合木的平茬复壮研究目前少见报道。

1.2.1.1 播种育苗

关于四合木种子萌发及育苗试验,国内已经有很多学者开展了大量的研究,取得了相当可观的研究成果。吴树彪和屠骊珠(1990)报道,四合木种子成熟时,胚发育完全,由胚根、胚轴、胚芽及两片子叶组成,胚乳随胚的发育而逐渐解体,因此,成熟种子无胚乳,只在种皮周缘有宿存细胞对种子起保护作用。四合木种子无休眠期,无须任何特殊处理即可萌发,且萌发速度快,6~8天即可完成,总萌发率可达50%~70%,但其发芽率和发芽势均随储藏时间的增长而明显降低,种子品质亦逐渐变差;种子萌发需要适宜的温度,但对光照不敏感,其中20~30℃利于种子发芽,25℃为最适温度。吴素琴等(1994)的测定结果表明:四合木种子细小,平均千粒重1.11 g;种子吸水速度快,吸水量大,平均饱和吸水率达98.5%,接近种子本身的质量;四合木种子在25℃恒温条件下的发芽率、发芽指数、活力

指数、高活力指数最高, 高温对种子活力有降低作用。刘生龙等(1995)和季蒙等(1996)进行四合木育苗试验时也发现, 四合木种子质地松软, 较易吸水膨胀, 吸水 12 h 后膨胀即能播种发芽。

张颖娟等(1997)对四合木有性繁殖能力进行了观测, 发现四合木开花结实植株仅占 11% 左右, 结实率 22.8%, 说明四合木种群有性繁殖能力在衰退。刘颖茹和杨持(2001)研究发现, 四合木自身分泌物对其种子萌发及幼苗存活的影响主要表现在导致其根部腐烂; 四合木种子活力较高, 且不随时间的推移和地点的转换而发生改变, 其种子不需要后熟和春化作用当年即可发芽, 这可能使土壤中四合木种子库贫乏, 进而导致物种处于濒危状态。王迎春等(2000)的研究表明, 四合木的繁育系统包括有性生殖和无性生殖两种形式, 在有性生殖过程中又具有自交和异交相结合的交配系统, 且异交比例(50%)高于自交比例(15%), 并有花多果少的生殖特点。王峰和杨持(2003)通过在四合木保护区进行的补种对比试验说明四合木种子在适当的水分条件和资源空间下, 从萌发到成苗没有内因的阻碍, 可能是某些生态因子的不协调或生存环境中的干扰阻碍四合木幼苗的定居, 也可能只有在老龄个体死亡后有空余的资源空间时, 幼苗才能补充更新, 导致种群中更新苗较少的现状。

徐庆等(2000)对四合木种群的生殖值和生殖分配进行了分析, 发现其生殖值受环境因子的选择压力及种群存活率控制, 在生境条件较差的群落中, 种群生殖值较高, 且生殖分配与生殖阶段有关; 四合木种群初次结实年龄为 4 年, 果实的空间分布为树冠上部>中部>下部, 平均单株果实的数量及重量分布随年龄变化呈单峰型曲线, 而结籽率、花果转移率与年龄的关系呈双峰型曲线。张云飞等(2003)探讨了四合木种群的大小结构与繁殖特性的关系, 表明四合木的冠幅与其果实量和种子量呈正相关关系, 但这种关系在种群间存在差异。综上所述, 四合木种子活力较高, 可为其物种保存及人工育苗繁育提供种质基础。另外, 在对四合木进行就地保护时人为制造空斑、补充水分, 为其种子萌发、成苗创造资源空间将有助于四合木的更新。

1.2.1.2 扦插育苗

目前, 关于四合木扦插技术的报道相对较少。贾玉华等(2006)首次对四合木扦插繁殖技术进行了研究, 结果表明: 在生长季对四合木带叶枝条进行扦插, 插穗能够生根; 以同一浓度不同种类的生长激素处理插穗, 生根质量依次为 $ABT1 > NAA > GGR6 > ABT2 > \text{清水}$, 而且 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 作为 $ABT1$ 最佳浓度可应用于育苗实践; 留叶量为 3/4 时, 插穗的各项生根指标都较高, 生根质量指数也最大; 插穗长度对生根能力影响不大; 插穗带有侧枝时, 其生根质量较不带侧枝高; 8 月更适合四合木的扦插繁殖。周志刚等(2009)以四合木硬枝和嫩枝为材料, 研究了插穗长度与龄级、留叶量、着生部位、着生方位、下切口形状和外源激素处理等对扦插生根的影响及生根特性, 结果表明: 生长健壮的 2~3 年生、长 10~15 cm 的插穗

生根效果好。插穗多保留叶片对生根有利,枝条上部制成的插穗生根率高,将插穗基部剪成光滑斜切面生根效果好,采穗方向对插穗的生根影响不大。硬枝速蘸 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 IAA 激素进行扦插的生根率最高可达 96.7%;嫩枝速蘸 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NAA 激素进行扦插的生根率最高可达 83.3%。四合木扦插以愈伤组织生根为主,少数插穗兼有愈伤组织生根和皮部生根。硬枝扦插在插后第 18 天、嫩枝扦插在插后第 15 天达到最大生根率。

1.2.1.3 组织培养

目前,国内只有何丽君与慈忠玲进行了四合木组织培养的研究。何丽君和慈忠玲(2001)通过离体培养试验,对不同激素进行配比,找到了有利于四合木愈伤组织生长的最佳培养基为 MS+2, 4-D $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +6-BA $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,体细胞胚胎发生最佳培养基为 MS+2, 4-D $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +6-BA $0.125 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。在这一条件下培养有利于四合木愈伤组织生长、发育并产生试管苗。何丽君和慈忠玲(2001)将四合木外植体诱导产生的愈伤组织进行细胞悬浮培养,在 MS 培养基附加 2, 4-D $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、6-BA $0.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、水解酪蛋白 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的液体培养基中培养,经 $120 \sim 150 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 摇床振荡分散建立细胞悬浮系,直到体细胞胚胎产生后转至无激素的固体培养基中产生再生植株,表明在四合木悬浮培养条件下可以得到胚状体,并形成试管苗。

1.2.1.4 四合木虫害防治

王建伟等(2009)发现在四合木长势好的环境中,害虫危害轻。红缘天牛和槐绿虎天牛的幼虫倾向于危害直径为 $0.5 \sim 1.6 \text{ cm}$ 的四合木枝条,且集中分布在地上 7 cm 以下的枝条内。李升和刘强(2009)的研究结果表明:红缘天牛和槐绿虎天牛对四合木的危害率有所差异,整体看来,槐绿虎天牛危害率要远大于红缘天牛。这可能与槐绿虎天牛成虫活动更加隐蔽、适应能力强,既可以危害健康株,又可以在被害株上多次多代重复寄生有关。红缘天牛则偏好危害病弱株,被槐绿虎天牛危害后的植株为红缘天牛提供了更好的寄生条件。赵伟和刘强(2010)对中国特有植物四合木植株上昆虫群落进行调查和多样性特征分析,共采得四合木上昆虫标本 1935 号,隶属于 8 目 42 个科 136 种,包括同翅目、膜翅目、半翅目、鞘翅目、双翅目、缨翅目、直翅目和脉翅目的种类。同翅目昆虫在数量上占有绝对的优势,达 67.96%;膜翅目昆虫丰富度最高,有 59 种,优势类群是叶蝉,常见类群包括小蜂、粒脉蜡蝉、天牛、蚂蚁、皮蝽、蚜虫和盲蝽等。调查所得昆虫群落中植食性昆虫有 59 种共 1610 只,丰富度和个体数量在群落中占有绝对的优势。其中尤以吸食类昆虫最多,寄生性天敌昆虫在群落中多样性最大,多为膜翅目种类。针对这一现状,作者采用灌层喷雾法结合病枝解剖的方法用于荒漠灌木

昆虫群落及多样性研究,效果较理想。

1.2.2 霸王繁育、更新、复壮研究现状

霸王(*Zygophyllum xanthoxylum*), 蒙名“胡迪日”, 蒺藜科(*Zygophyllaceae*)霸王属(*Zygophyllum*)超旱生灌木, 为落叶灌木, 高70~150 cm; 枝舒展, 皮淡灰色, 小枝先端刺状; 叶在老枝上簇生、嫩枝上对生, 肉质, 椭圆状条形或长匙形, 顶端圆, 基部渐狭; 花瓣4, 黄白色, 倒卵形或近圆形, 顶端圆; 蒴果通常具3宽翅, 偶见有4翅或5翅, 宽椭圆形或近圆形, 不开裂, 长1.8~3.5 cm, 宽1.7~3.2 cm, 通常具3室。在干旱荒漠区, 霸王存在营养繁殖和种子繁殖两种方式。

目前关于霸王的繁育更新主要集中在播种育苗方面, 扦插育苗研究与组织培养及病虫害防治研究比较少, 关于霸王的平茬复壮研究未见报道。

1.2.2.1 播种育苗

霸王种子的千粒重为15 g左右, 在湿润年份可产生大量实生苗。霸王种子的果翅(果皮衍生)成熟时与种子不易分离。曾彦军等(2004)在实验室研究了霸王种子萌发对于旱胁迫和播深的响应, 结果表明: 模拟干旱条件下, 霸王种子从-0.6 MPa开始显著降低; 种子萌发的最低渗透势阈值为-1.5 MPa。轻度干旱可促进初生根生长, 重度干旱胁迫抑制初生根生长。霸王种子达到最大出苗率的播深为0~2 cm。在适宜条件下, 霸王种子萌发的最低需水量为90%, 初始萌发时间为48 h, 种子发芽势高达87%, 萌发整齐。郑淑霞(2004)在霸王容器播种育苗试验中发现, 霸王为子叶出土型, 出苗高峰期为播后12~18天; 霸王在苗期生长高峰时, 每天最高生长速度达1.06 cm。此外, 霸王容器播种育苗应把握的关键环节为苗期水分管理和病虫害防治。

季蒙等(1996)通过引种培育发现, 霸王种子发芽容易而且迅速, 浸种24 h后播种, 3~4天即可发芽, 干播种子出苗时间为10~16天, 如果土温较高, 发芽更快。曾彦军等在自然条件下进行了土壤温度、水分、播深及覆沙地境对霸王种子萌发与幼苗生长的效应研究, 认为自然条件下霸王发芽率最高的播深处理在覆沙小区为2 cm、未覆沙小区为1 cm, 可见覆沙有利于霸王种子萌发和幼苗的生长。杨文智通过对霸王种子培育, 成功地取得了容器苗并详细地阐述了育苗当中的注意事项, 以及新生苗木的病虫害防治办法。杨鑫光等(2006)研究了霸王苗期水分胁迫对霸王叶水势和生物量的影响, 以及干旱胁迫对幼苗期霸王的生理响应。

李毅等(2008)认为霸王种子在25℃恒温和15~25℃变温条件下萌发状况好, 种子活力高; 光照强弱对种子萌发没有明显差异; 霸王种子萌发时的需水量为种子重的8~9倍; 霸王种子发芽用纸床较好。柴发盛和雷云丹(2008)采用不同的基质进行了霸王播种育苗研究, 结果表明霸王容器育苗较理想的基质为60%泥炭