



乌兰布和沙漠天然梭梭林科学考察 综合报告



甘肃省治沙研究所
阿拉善 SEE 生态协会

目 录

前言.....	1
第一章 乌兰布和沙漠自然概况与形成演化.....	4
第一节 自然与社会经济概况.....	4
一、地域分布.....	4
二、地形地貌.....	5
三、气候与水文.....	7
四、土壤.....	9
五、社会经济状况.....	14
第二节 沙漠的形成与演化.....	16
一、沙漠区域地质基础.....	16
二、沙漠的形成与演变.....	17
第二章 乌兰布和沙漠植被.....	21
第一节 植物区系特征.....	21
一、植物种类组成.....	22
二、区系地理成分分析.....	25
第二节 植被类型与分布.....	31
一、植被的传统分类.....	31
二、植被的数量分类.....	40
第三节 植被结构与数量特征.....	47
一、研究方法.....	47
二、植被结构特征.....	53
三、典型植被数量特征.....	59
第四节 植被分布及其环境解释.....	64
一、植被分布及其数量特征.....	64
二、植被分布的环境解释.....	70
小 结.....	76
第三章 乌兰布和沙漠天然梭梭林.....	80
第一节 梭梭研究进展.....	80
一、梭梭研究现状.....	83
二、梭梭林专题科学考察.....	89
第二节 梭梭林在荒漠地区的生态作用.....	91
一、梭梭林的防风作用.....	92
二、梭梭林的固沙阻沙作用.....	94
三、梭梭林的调节、改善小气候作用.....	96
四、梭梭林的改良土壤作用.....	98

五、梭梭林的维持区域生物多样性作用	99
第三节 天然梭梭群落特征	103
一、调查路线及样地概况	103
二、群落分布与生境	106
三、群落结构特征	110
四、群落数量特征	119
五、群落物种多样性	120
第四节 梭梭种群特征	123
一、梭梭种群空间格局	124
二、种群数量特征	130
三、种群年龄结构	134
四、生命表与生存分析	137
五、种群的Leslie矩阵	150
小 结	157
第四章 乌兰布和沙漠天然梭梭林现状与保护对策	165
第一节 天然梭梭林现状	165
一、不同区域天然梭梭林群落数量特征	165
二、不同区域天然梭梭林更新特征	166
三、不同立地条件梭梭林生长状况	167
四、天然梭梭林围栏封育状况	169
五、天然梭梭林病虫鼠害发生情况	171
第二节 天然梭梭林的影响因素	172
一、干旱气候对梭梭林的影响	172
二、鼠虫病害对梭梭林的影响	177
三、人类活动对梭梭林的影响	179
四、地下水	183
第三节 天然梭梭林的保护措施与对策	183
一、因地制宜，多种措施综合保护	184
二、合理区划，建立以天然植被保护为主的自然保护区	187
三、加强沙漠边缘治理，构建沙漠边缘人工梭梭林区	188
四、加强科普能力建设，加大宣传教育工作，营造保护环境氛围	189
五、加大科技支撑工作，做好生态保护工作	189
小 结	191
第五章 乌兰布和沙漠其他典型植物种群及其群落特征	193
第一节 白刺	193
一、研究进展	193
二、分布与生境	196
三、种群特征	197
四、群落特征	200
五、生存现状分析	203
第二节 沙冬青	204
一、生物生态学特征及应用保护价值	204

二、分布与生境.....	208
三、种群特征.....	209
四、群落特征.....	215
五、生存现状分析.....	223
第三节 盐爪爪.....	226
一、生物生态学特征.....	226
二、分布与生境.....	227
三、种群特征.....	228
四、群落特征.....	230
五、环境梯度带的变化特征.....	236
六、生存现状分析.....	239
第四节 沙蒿与油蒿.....	240
一、生物生态学特征.....	240
二、分布与生境.....	245
三、种群数量特征.....	246
四、群落特征.....	249
五、生存现状分析.....	256
第五节 草本植物.....	257
一、草本植物的生态意义.....	257
二、组成与结构.....	258
三、群落特征.....	261
四、生存现状分析.....	265
小 结.....	266
附录 1.....	271
附录 2.....	280
附录 3.....	289

前言

乌兰布和沙漠位于内蒙古自治区西部，东临黄河，南至贺兰山北麓，西北以狼山为界，总面积约 1 万 km²，为中国八大沙漠之一。该沙漠主体分布在内蒙古阿拉善盟的阿拉善左旗，少部分位于巴彦淖尔盟的磴口县、杭锦后旗和乌拉特后旗。

乌兰布和沙漠区是中国风沙危害严重的地区之一，也是我国西北地区沙尘暴的策源地。在 50 多年的时间里，沙漠西部的吉兰泰盐场，由于全球的气候变化及长期以来的人类在盐湖周围无节制的樵柴和过度放牧等造成荒漠生态平衡被破坏，风沙的侵害严重地威胁着湖区盐业生产及盐湖的寿命，大量流沙侵入，加速了盐湖消失过程。乌兰布和沙漠的东部已完全跨过黄河，进入乌海市区纵深 10 多公里，乌达区有近三分之一的土地被流沙吞没。沙漠化的扩张，直接威胁着包兰铁路、110 国道以及宁夏、河套两大平原产粮基地的生态与社会安全，形势十分严峻。

乌兰布和沙漠的梭梭林是中国西部重要的生态防护屏障之一，它的存在直接影响着中国西部乃至国家的生态安全。梭梭林是干旱荒漠生态系统的重要组成部分，对维护荒漠生态系统的稳定起着主导作用，其分布及变化对于我国西部地区环境变化具有重要的指示作用。梭梭林的存在，增加了下垫面的粗糙度，可起到降低风速和减轻风沙危害的作用。天然梭梭林生态屏障呈带、片、块结合分布，不仅成为这一地区防风固沙、维护生态平衡的绿色生命线，也是重要的牧场。多年来，由于过度放牧、砍柴、大量采挖肉苁蓉、鼠害及无节制地抽取地下水而导致梭梭林面积显著的减少，已被国家列为濒危类三级保护植物，列入《中国植物红皮书》。

从上世纪 50 年代末，开始乌兰布和沙漠面上考察；1978 年至 1985 年中国科学院内蒙古宁夏科学考察队进行了单线路考察，在出版的《内蒙古植被》中将梭梭荒漠分成壤土梭梭荒漠、沙质梭梭荒漠、沙砾质梭梭荒漠和砾石戈壁梭梭荒漠四类。但是，因受限于社会、经济、技术条件，至今还未能进行过真正意义上的乌兰布和沙漠天然梭梭林考察。

为深入了解乌兰布和沙漠区梭梭林的生态现状，分析梭梭林退化的原因，为梭梭林的生态恢复提供针对性建议，阿拉善 SEE 生态协会特别设立“乌兰布和沙漠天然梭梭林考察”等项目，旨在全面系统地了解乌兰布和沙漠地区的生态现状，特别需要对乌兰布和沙漠地区梭梭林的空间分布范围、格局、发育状况及未来发展趋势有一个详细、深入的认识和解剖，

为生态治理与保护工程决策提供科学的依据。

甘肃省治沙研究所在五十年科学研究过程中，梭梭林的研究是独具特色，包括从 1959 年开始的种源引进、种子育苗、人工固沙林建植、抚育管理、防风固沙效益观测、植物生理生态特性测定、大面积人工林示范样板建立。到上世纪 70 年代中期出现的人工梭梭林衰败死亡原因、荒漠绿洲过渡带植被水分平衡、退化梭梭林恢复技术等专题研究，专项组队开展了巴丹吉林沙漠梭梭林和额济纳旗梭梭林等考察研究，将梭梭林防风固沙技术推广应用到中国整个西北地区，并进一步传播到发展中国家。研究所沉积了大量的资料，撰写了一批优秀论文和著作，多次获得国家级、省级科学技术奖励，培养了一大批学术水平高、吃苦耐劳、乐于奉献的研究团队，创造了巨大的生态、经济和社会效益。

在阿拉善 SEE 生态协会“乌兰布和沙漠天然梭梭林考察项目”的支持下，甘肃省治沙研究所、甘肃省荒漠化防治重点实验室组成科学考察队对乌兰布和沙漠梭梭林进行了深入全面的综合考察。在考察前期做了大量细致的调研准备工作。参加本项目考察队成员是一个经验丰富的团队，科考人员学科构成涉及生态学、地理学、生命科学、环境科学、3S 技术应用等，项目组成员曾在各类国家级、省部级科研基金和项目资金的资助下，完成了“库姆塔格沙漠综合科学考察”、“黄河首曲高寒草原沙化科学考察”等区域的科学考察活动，取得了一系列丰硕成果，得到同行专家和当地政府的好评。相关科研成果已经发表在国内外重要学术期刊上，相关研究报告提供给各级有关部门和单位，相应的生态恢复对策措施建议等也被有关政府和单位采纳并实施。队员们野外考察经验丰富，知识储备雄厚，技术力量完整，专业素质过硬，团队协作默契。考察中，昼夜兼程、风餐露宿、沙漠遇险、车辆抛锚，许多事情都是事先没有也无法估计到的。不过，在当地各单位和部门的热情帮助下，通过科考队员的共同努力，克服了种种困难，圆满完成了本次野外科学考察任务。野外考察前后，通过与阿拉善 SEE 生态协会、政府官员、科研人员和当地农牧民等的访谈交流，特别是通过研究团队自己多次深入实地的调查，在充分掌握第一手数据资料并对其进行分析和研究的基础上，参考借鉴其他学者以往的研究成果，获得和形成一些观点和认识。调查和研究工作前后历时整一年，野外和室内工作量大，可以说耗费了研究团队人员许多心血。

在系统总结分析的基础上编写了《乌兰布和沙漠天然梭梭林科学考察》报告，报告共分五章；第一章“乌兰布和沙漠自然概况与形成演化”由丁峰、魏怀东撰写，主要介绍乌兰布和沙漠的地理位置、行政区划，以及沙漠范围、面积等情况，并对沙漠区域自然地貌、气候、水文、土壤及其区域分异进行分析介绍。通过区域地质基础的介绍，对沙漠形成时间、演化进程及现代变化等进行了探讨。第二章“乌兰布和沙漠植被”由张德魁、靳虎甲、马全

林、魏怀东、张锦春、刘有军撰写，对沙漠植被分布、种类组成及地理成分及群落数量特征等现状特征进行详细分析，并对区域植被分布特征形成的原因进行探讨分析。第三章“乌兰布和沙漠天然梭梭林”由马全林、袁宏波、孙利鹏撰写，从天然梭梭荒漠生态系统的角度出发，从梭梭荒漠生态系统——群落——种群三个层次，综合分析了天然梭梭林生态作用、群落分布、数量及多样性，种群分布格局、年龄结构及生存、更新等特征。第四章“乌兰布和沙漠天然梭梭林现状与保护对策”，由魏怀东、郑庆钟、孙涛撰写，以野外调查为基础，分析了乌兰布和沙漠天然梭梭的生存现状；针对乌兰布和沙漠天然梭梭林退化的特征，分析了气候变化、地下水、放牧与樵采、鼠害、病虫害等不利因子对区域天然梭梭林退化的影响，并提出了相应的保护对策。第五章“乌兰布和沙漠其他典型植物种群及群落特征”由马全林、张德魁、刘有军、孙涛、靳虎甲撰写，对乌兰布和沙漠范围的白刺、沙冬青、盐爪爪、油蒿、沙蒿以及草本植物等典型植被的分布与生境、群落及种群数量特征进行了分析研究，初步探讨了这些植被类型的生存现状和生态作用。

《乌兰布和沙漠天然梭梭林科学考察》报告的编写，始终得到阿拉善 SEE 生态协会的大力支持和热情帮助，内蒙古梭梭肉苁蓉研究所陈安平副研究员参加了野外科学考察工作，阿拉善盟林业局、盟林业治沙科学研究所、盟草原站、盟环保局、中国林业科学研究院磴口沙漠林业实验中心、兰州大学遥感与地理信息研究所刘勇所长给予了热情的帮助；甘肃省治沙研究所所长刘世增研究员，吴春荣研究员、安富博副研究员、赵翠莲高级工程师、张晓琴高级工程师、张国中工程师、李学敏化验师及其他同仁，为项目的完成和报告的编写付出了辛劳和奉献。借此机会，谨向他们致以衷心的感谢！《乌兰布和沙漠天然梭梭林科学考察》是参与团队实地考察和研究的总结，同时还引用和参考了其他学者的成果与见解，力求内容丰富，笃实有据，以期为关注乌兰布和沙漠天然梭梭林的各界人士提供参考与借鉴。

报告中疏漏之处，敬请批评指正！

第一章 乌兰布和沙漠自然概况与形成演化

第一节 自然与社会经济概况

一、地域分布

我国是世界上沙漠分布最多的国家之一，现存在八大沙漠，四大沙地，其主要分布在我国北方各省（区），西起新疆维吾尔自治区，东到东北平原西部，呈一条弧带状绵亘于西北、华北和东北的土地上。其中沙漠分布面积最大的是新疆维吾尔自治区，其次是内蒙古自治区。乌兰布和沙漠位于黄河中游内蒙古自治区境内。

乌兰布和在蒙语中是“红色公牛”的意思，从我国沙漠分布图上看，乌兰布和沙漠的形状恰似一头在黄河边畅饮的公牛。乌兰布和沙漠地处温带干旱区，位于荒漠与草原过渡地带。从传统的分界法来说，沙漠地理位置为北纬 39°40′~41°00′，东经 106°00′~107°20′，具体到地域上是北部延伸到狼山脚下，东依黄河与鄂尔多斯隔河相望，东北接河套平原，南止贺兰山北麓，总面积为 0.99 万 km²（丁国栋，2002；王涛，2003）（如图 1-1）。



图 1-1 乌兰布和沙漠范围及位置（刘明光，1998；王涛，2003）

乌兰布和沙漠行政区划上归属内蒙古阿拉善盟和巴彦淖尔盟，沙漠主体位于阿拉善盟阿拉善左旗的吉兰泰镇、乌斯太镇、宗别立镇、敖伦布拉格镇、巴音木仁苏木，少部分位于巴彦淖尔盟磴口县、杭锦后旗。

从最近的调查结果表明，乌兰布和沙漠的范围比传统认定的要有所扩展。沙漠化区域

向东已经跨过黄河，在黄河东岸的乌海市海勃湾区、蒙西经济开发区形成大片的沙化土地；向南沿着贺兰山北麓山前平原不断推进，在原来的乌（乌海）吉（吉兰泰）铁路分界线以南区域分布有大面积的沙化土地，是阿拉善近几十年来主要的飞播区；向西则扩展到哈图胡都格至呼和温都尔（罕乌拉）一线；而向北到巴盟杭锦后旗狼山山前，特别是在杭锦后旗呼和温都尔镇，位于狼山南麓的山前冲洪积扇缘，分布有大量的流动沙丘和沙化土地。

二、地形地貌

乌兰布和沙漠的地形四周高中间低，整个沙漠自东南向西北逐渐降低（图 1-2）。沙漠区域地形海拔最高 1474m，位于巴彦乌兰山，地形海拔最低 1030m，为吉兰泰盐湖，相对落差为 400 多米（丁国栋，2002；王涛，2003）。乌兰布和沙漠整个地形呈一盆地形态，内部地势较平坦。沙漠北部以半固定沙丘和固定沙丘为主，相对高差不大，南部出现流动沙丘，特别是本井附近出现高大密集流动沙丘群，沙丘相对高度高达百米以上，为相对高程最大区域。

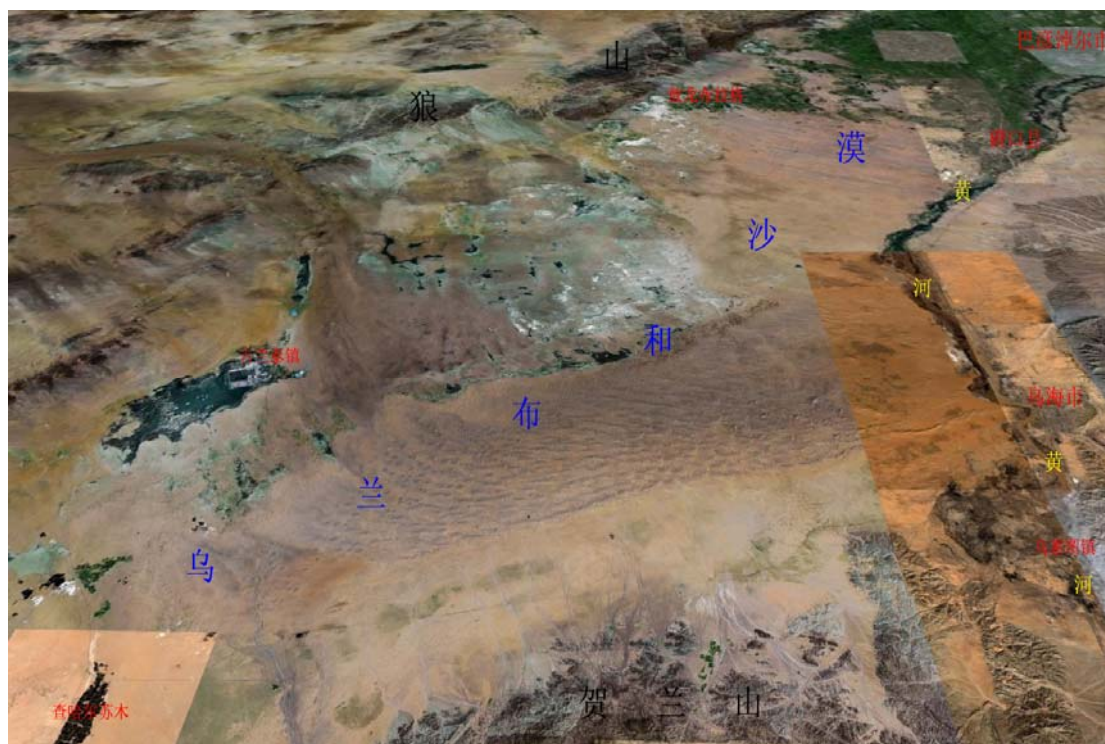


图 1-2 乌兰布和沙漠地形（资料来源 Google earth）

乌兰布和沙漠区域主要地貌单元有干旱剥蚀山地丘陵、山麓剥蚀堆积台地、剥蚀残积丘陵、河湖堆积盆地、黄河谷地冲积平原。在这些地貌单元基础上堆积巨厚的河湖相沉积



a 剥蚀山地



b 山前洪积扇



c 天然梭梭林地



d 白刺沙堆



e 河岸农田地



f 湖盆沼泽地



g 流动沙丘



h 半固定沙丘

乌兰布和沙漠地区典型地貌

物，在局部盛行风力作用下，形成现在的风沙地貌形态，包括新月形沙丘和沙丘链、垄状沙丘、格状沙丘、灌丛沙堆、风蚀洼地、平坦地和内陆小海子等（马世威等，1998）。乌兰布

和沙漠内部流动沙丘约占总面积的 36.9%，半固定沙丘占 33.3%，固定沙丘占 29.8%。沙丘的分布具有明显的区域性，以磴口——敖伦布拉格——吉兰泰一线为分界，东南部主要以流动沙丘为主，沙丘形态主要是复合型穹状沙丘、新月形沙丘链、梁窝状沙丘和沙垄，高一般为 5~20m，个别沙丘密集地区有上百米的高大沙山，边缘地区也有低于 10m 的，沙漠裸露，包兰铁路穿越其间；西部为古湖积平原，至今残留有湖泊的遗迹，著名的吉兰泰盐湖即位于其中，地面景观以固定及半固定的白刺灌丛沙堆和生长梭梭的沙垄为主，偶有不连续的流动沙丘，风蚀和盐渍化强烈；在磴口、沙拉进一线以北，即沙漠东北部是古代黄河冲积平原，因河床自西向东摆动，沙漠中广泛分布东南——西北走向的古河床遗迹，形成了大面积的低洼地、低湿地或积水湖泊。地面组成物质表层以粘土或亚粘土为主，下层为中细沙层。水文地质勘探证实，中更新世黄河上游河谷已经发育为成熟的河流时，这一区域的下层中细沙组成湖泊（古黄河）水下三角洲，当晚更新世中后期喇嘛湾被下游古黄河切穿，后套段黄河开始发育，上层的粘土、亚粘土正是后期黄河的沉积物。丘间广泛分布粘土质平地，为这一地区的农业开发提供了良好的条件，历史上曾是著名的汉代垦区。该区地表零散分布有高 1~3m 的沙垄和高 1m 左右的白刺沙滩，丘间多分布有粘土质平地，是乌兰布和沙漠中条件最优越的地区，许多地方已成为种植业的垦区。黄河右岸拦洪坝内现在开辟了大量的耕地，成为内蒙古主要油葵生产基地。固定半固定沙丘呈堆状，多分布在沙漠西部。总体而言，沙漠南部沙丘密集，北部沙丘稀疏，风沙覆盖在湖积平原、黄河冲积平原及基岩剥蚀残丘上，沙源主要来自黄河、湖相淤积物的吹蚀堆积。

三、气候与水文

乌兰布和沙漠地处我国西部荒漠地带东缘，气候干旱是其基本特征。由于沙漠内部没有相关气候记录，气候统计情况只能从周边气象观测站进行模拟推算。根据磴口（乌兰布和沙漠东部）的气象记录，其年平均降水量 148.6mm，年平均蒸发量高达 2395.6mm，平均风速 3.1m/s，绝对最大风速 18m/s，全年 8 级以上大风日数平均 19d，起沙风日数平均 27 天，风沙危害严重；年平均气温 7.4℃，一月平均气温-11.0℃，七月平均气温 23.8℃，地面土壤温度极值可达 70℃以上，最低气温为-20.3℃， $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温在 3400℃以上，生长期 139d。

吉兰泰（乌兰布和沙漠西部）气象记录，年平均降水量为 116mm，年平均蒸发量为 3006.0mm，年平均相对湿度为 41%，干燥度达 5.8。年平均气温 8.6℃，一月平均气温-11.3℃，七月平均气温 25.3℃。极端最高温度为 40.9℃，极端最低温度为-31.2℃， $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温为

3577.9℃，无霜期为 127d。年平均风速为 3.6m/s，沙尘暴日数为 18.9d。

综合沙漠东西两处气象观测，再结合南北部主要气象站点的观测资料（表 1-1），可以得出如下结论：乌兰布和沙漠地处温带半干旱到干旱气候的过渡地带，气候特点是日照充足、干旱少雨、夏热冬寒、日温差大、蒸发强烈、风力强势、无霜期短。年均降水量 90~215mm，年均蒸发量 2155~2995mm，降水量是从东到西逐步递减，蒸发量是从东到西逐步递增。年平均气温 7.2~9.5℃，地面土壤温度极值可达 70℃以上，最低气温为-20.3℃；沙区温度变化是自东向西逐渐增加明显，自北向南增加不明显。年平均日照时数 2800~3400h，≥10℃积温在 3400℃以上，生长期 139d。年平均风速 3.1-3.4m/s，年大风日数 20~40d，由东向西逐步增多，最大年平均风速一般小于 20m/s，极端最大风速 28m/s，大风日数主要出现在春季，与该区域季风季节基本一致，风向多为西北风或西风，其次是东南风。扬沙或沙尘天气 48d，沙尘暴日数基本与大风日数成正相关。

表 1-1 乌兰布和沙漠周边地区部分点的气象观测数据

观测点	年降水量 (mm)	相对湿度 (%)	全年日照时数 (h)	年平均风速 (m/s)	年平均气温 (℃)
临河	141.2	52.0	3215.5	2.8	6.8
磴口	147.4	47.3	3029.5	2.9	7.9
吉兰泰	116.1	40.0	3293.3	3.3	8.6
杭锦后旗	134.8	50.6	3202.0	2.4	7.1
阿拉善左旗	212.6	41.2	3098.8	2.9	8.1
巴彦诺尔公	99.2	38.3	3143.2	3.7	7.3

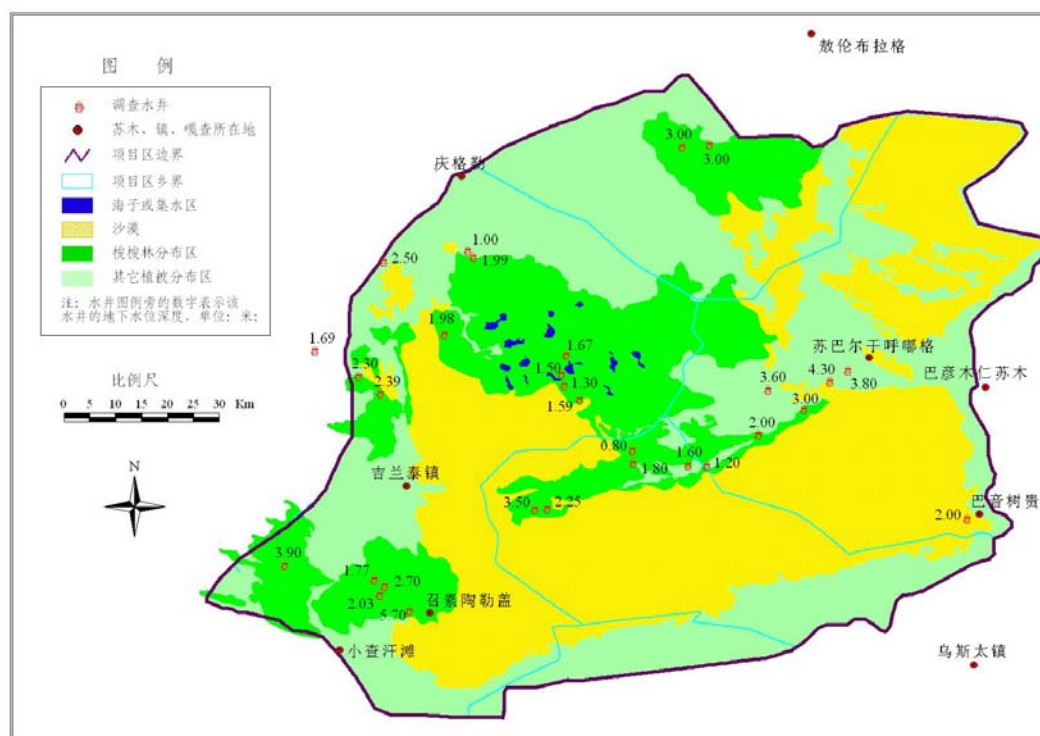
乌兰布和沙漠水资源极为丰富，黄河是乌兰布和沙漠地区最大的地表水资源。黄河贯穿沙漠东和东南边缘，自乌斯太开发区二子店附近进入阿拉善左旗边境，沿沙漠东缘北流，流经乌斯太、巴彦木仁苏木，巴彦淖尔盟磴口县东南的沙漠边缘，许多地段黄河平均水面海拔比沙漠海拔高，最高处落差达 30m，大部分地段可引黄河水自流灌溉，沙漠东北部有俗称“二黄河”的总干渠，同时干渠、支渠纵横交错，水资源十分充沛。由于引黄灌溉条件便利，著名的黄河三盛公水利枢纽工程就建在沙区境内的磴口县，规划中的海勃湾、大柳树等黄河枢纽工程如建成，将对黄河沿岸的沙地治理发挥很大的作用，丰富的地上渠网弥补了乌兰布和沙漠地区降雨少、蒸发大、干旱缺水的不利因素。

受北部贺兰山和东部黄河侧向补给，乌兰布和沙漠地下水也相当丰富。沙漠地区潜水埋深一般为 1.5~3m，个别地区因地形或超采漏斗而超过 10m，表 1-2 为此次调查获得的部分水井水位情况。乌兰布和沙漠地下水含水层岩性为中粗砂和细砂，这部分潜水一般矿化度较高，可达到 1~2g/L，在低洼地带形成地表湖泊。乌兰布沙漠区域现有湖盆 1000 多处，基

本分布在沙漠西部且多为碱湖，不能饮用，以盐湖开采为主，著名的吉兰泰盐湖总面积120km²，有盐面积60km²；沙漠东部沿黄地带地下水埋深2m至数十米不等，黄河汛期受黄河补给，枯水期又反过来补给黄河，这部分浅层水资源水质良好，宜于灌溉。沙漠中北部在沉积构造带控制下，同时有数层至十多层量多、质高的浅层承压、半承压水，含水层厚可达100多m，总储量达到57亿m³，在打穿承压层后可形成自流井，沙漠内部许多牧民家里就存在这样的深层自流井，用于灌溉农业和供给人畜日常用水。



乌兰布和沙漠内部深层承压水自流井



乌兰布和沙漠天然梭梭林调查水井点及地下水位图

四、土壤

乌兰布和沙漠地带性土壤为灰漠土，沙漠主体为风沙土，沙漠边缘及周边分布有灰漠土、灰棕漠土、棕钙土，石质土(钙质石质土) 和粗骨土(钙质粗骨土)，周边及中间镶嵌分布有漠

境盐土(干旱漠境盐土)^{①,②}。

1. 风沙土

风沙土是乌兰布和沙漠土壤的主体,其形成条件有二:一是丰富的沙源,二是强劲的风动力。乌兰布和沙漠沙物质来源主要为第三纪、第四纪的冲积、洪积、湖积等沉积物,局部也有不合理人类活动造成土地沙化,在干旱多风气候条件下,风化、吹扬、堆积提供了丰富的沙源。该地区属于典型的干旱大陆性气候,干旱少雨,气候变化异常,风大而频繁,为风沙土的形成提供了充足的动力。

风沙土自然植被稀疏,以灌木和半灌木的沙生植物为主,主要有沙蒿、白刺、沙冬青、梭梭等,覆盖度很低,在流动沙丘上几乎无植被生长。

(1) 流动风沙土

流动风沙土主要分布在沙漠腹地,是风沙土成土过程的最初阶段,由于风的搬运和堆积作用强烈,常形成新月型沙丘或沙丘链,并且随风移动。植物定居困难,土壤剖面发育极其微弱,腐殖质染色层尚未形成,土壤微生物活动及少量一年生植物根系使土壤进行着微弱的初期成土过程,剖面基本无分异,仅能依据含水量的大小可分为干沙层和湿沙层,干沙层一般 20~40cm,土壤通体保持母质性状,有机质基本没有,营养元素含量很低,氮、磷、钾含量均低于 1%。

(2) 半固定风沙土

半固定风沙土广泛分布在沙漠腹地,是介于流动风沙土和固定风沙土之间的过渡类型,风蚀和风积同时在局部地域均有发生。植物覆盖度很低,但较流动沙地高,一般在 10%左右沙丘呈半固定状态,沙面变紧,植丛下土壤表层有较明显的腐殖质染色,土壤剖面有微弱分异,剖面发生层次为 A(C)-C 型,但 A(C)层不明显。表层<0.001mm 粘粒有明显增加,土壤养分含量也有增高趋势。土壤 0~20cm 土层养分含量:有机质 0.22%,全 N 0.016%,速效磷、速效钾分别为 1.2mg/kg⁻¹和 137.2 mg/kg⁻¹。

(3) 固定风沙土

固定风沙土主要分布在沙漠边缘或植被生长较好地段,是风沙土中土壤性状最好的一个类型,随半固定风沙土的进一步固定发展,地带性植被逐渐渗入增多,植被覆盖度达到 15~40%,使沙丘外貌愈加平缓而逐步得到固定。地面结皮增厚,沙面愈加紧密,土壤腐殖质染色较为明显,有机质积累和物理性粘粒有明显增加,理化性状发生明显变化。土壤剖面

① 阿拉善土壤, 1991.

② 阿拉善左旗土壤, 1998; 内蒙古土壤普查办公室, 1994.

已有发育,表层有 1~3mm 结皮层, A-C 层分异明显, 残酸钙在 A 层有中度反应, 通体为沙, 通透性好。土壤 0~20cm 土层养分含量: 有机质 0.21%, 全 N 0.013%, 速效磷、速效钾分别为 1.2 mg/kg^{-1} 和 146.2 mg/kg^{-1} 。

2. 灰漠土(钙质灰漠土)

乌兰布和沙漠周边灰漠土为钙质灰漠土, 分布在阿拉善左旗的巴彦诺尔公、吉兰泰、罕乌拉、敖伦布拉格、乌素图、巴彦木仁、洪格日鄂楞等苏木。其分布地形多为波状高平原、低山丘陵以及山前洪积平原。土壤水蚀、风蚀较严重, 风积沙覆盖的类型占很大比重, 土壤发育受到一定的限制, 所以剖面分化不明显, 土壤粗骨性较强。成土母质多为砂岩、砂砾岩风化物, 其次为结晶岩残坡积物、冲洪积物。自然植被为旱生或超旱生灌木半灌木, 主要植物有梭梭、沙冬青、红砂、珍珠, 也伴生一些短命类植物, 覆盖度小于 25%。

钙质灰漠土亚类剖面发生层次有荒漠结皮层(A_{sb})、淡腐殖质层(A)、钙积层(B_k)、紧实层(B_j)、母质层(C)组成。剖面基本构型为 A_{sb} - A - B_k - B_j - C 型。

荒漠结皮层(A_{sb}), 浅灰色, 平均厚度 4cm, 干燥疏松, 多孔隙, 有机质含量 0.41%, 碳酸钙含量 0.72%; 淡腐殖质层(A), 灰棕色, 平均厚度 25cm, 干燥, 较紧实, 粒状结构, 有机质含量 0.48%, 碳酸钙含量 7.51%; 钙积层(B_k), 棕色, 往往与紧实层并存, 剖面分异不明显, 平均厚度 37cm, 块状结构, 碳酸钙呈斑状或斑点状淀积, 碳酸钙含量 12.53%, 有机质含量 0.46%; 紧实层(B_j), 棕色, 平均厚度 34cm, 干硬极紧, 碳酸钙含量 8.20%, 有机质含量 0.47%; 母质层(C), 杂色, 平均厚度 54cm。

3. 灰棕漠土

灰棕漠土是我国西北荒漠地区重要的土壤类型, 广泛分布于西北地区的漠境地带, 是阿拉善高原的主体土壤。在乌兰布和沙漠及其周边有小面积分布在阿拉善左旗北部的敖伦布拉格及东部的宗别立、乌斯太一带。其大部分位于内蒙古褶皱带, 在外力作用下形成山间或丘间小型洼地、低山丘陵、高台地、平原及剥蚀残山等地貌类型, 经化学、物理风化后就地残积, 或经风力、水力、重力作用形成坡积、洪积、冲积、湖积、风积物及黄土状物或红土母质等。由于风化作用强烈和干旱的特点, 母质在水力和风力吹扬作用下, 细土粒流失或吹失, 形成比较明显的粗骨性强、物理风化作用剧烈的荒漠特征。因此剖面通体多以砾石和物理性砂粒为主, 细土物质很少, 同时由于极端干旱的气候条件, 其剖面还有弱腐殖质积累、表层或亚表层碳酸钙积累明显的特点。

灰棕漠土地带性植物为旱生及超旱生的深根、肉质、具刺的灌木和小半灌木, 一般植被盖度 1%左右, 局部可达 3~5%, 甚至还有大部分为裸露戈壁, 植物多呈单个丛状分布, 主

要代表植物种有梭梭、琵琶柴、霸王、假木贼和木本猪毛菜等，几乎没有短命植物和类短命植物。

土壤剖面由荒漠结皮层、棕色紧实层或石膏、盐分聚积层和母质层组成。土体构型基本为 A_{sb} - B_j -C 型或 A_{sb} - $B_y(B_z)$ -C 型，其中 A_{sb} 为荒漠结皮层，多为 1~3cm，灰白色，呈多孔状，在该层下有鳞片状亚表层，一般 3~4cm； B_j 为棕色紧实层，一般 10~15cm，具有明显的石膏和盐分结晶体，多为粉状或纤维状；C 为母质层，砾石含量高，粗骨性强，地表具黑褐色砾幕。根据成土因素作用的主次，乌兰布和沙漠周边的灰棕漠土亚类有两个，即典型灰棕漠土和石膏灰棕漠土。

4. 棕钙土（淡棕钙土亚类）

乌兰布和沙漠周边棕钙土亚类为淡棕钙土亚类，分布在阿拉善左旗东南部，贺兰山西侧山前洪积扇上。具有草原土壤的基本成土过程及形态特征，地表砾质化、沙化，无砾质化、沙化的淡棕钙土有 0.3~0.5cm 的假结皮，并发生 0.05~0.1mm 的垂直裂缝。剖面是有腐殖质层(A)、钙积层(B_k)和母质层组成。其植被类型旱生、超旱生的小半灌木为主，常与小针茅、沙生针茅、藏锦鸡儿、红砂等构成群落，盖度 15~20%。

腐殖质层浅棕或浅黄棕色，少数有褐棕色，粒状或块状结构，多为含砾砂壤土，稍紧，强石灰反应，向下过渡明显。平均厚度 27cm，侵蚀剖面腐殖质层较薄，为 10cm 左右，风积物母质发育的剖面腐殖质层厚度较大，大于 30mm。有机质含量低，平均 0.64%，腐殖质组成中富里酸含量高于胡敏酸，胡富比小于 1。土壤较瘠薄，除钾较丰富外，氮、磷较为缺乏，微量元素有效含量硼、钼、锌、锰均在临界值以下，只有铜、铁含量较高。

钙积层钙积量较高，淀积部位较高，一般为 15~40cm。灰棕色或棕灰色，砂壤土、粘壤土至壤粘土，块状结构，紧实，碳酸钙多呈斑状淀积，少有粉末层状，强石灰反应，向下过渡明显。砂岩、砂砾岩母质淡棕钙土碳酸钙淀积部位 15~20cm，风积物母质淡棕钙土碳酸钙淀积部位可深至 40cm 左右。淀积层厚度偏薄，碳酸钙平均含量 10.58%。

淡棕钙土碳酸钙淋溶较弱，全剖面碳酸钙含量均较高。表土即有强石灰反应，碳酸钙含量 1~6%，底土含量高达 17~58%，PH 普遍较高，呈弱碱性至碱性反应，PH 一般在 7.2~8.9，从上到下呈缓慢增加趋势，土壤代换量较低。底部盐化普遍发生，底部残积盐分通过泌盐植物在土体富集，常形成中位盐化和表层盐化。易溶盐中重碳酸根较多，吸收性盐基中钠离子含量较高，所以季节性脱盐时有碱化趋势。

5. 漠境盐土(干旱盐土亚类)

乌兰布和沙漠漠境盐土亚类为干旱盐土亚类，分布在吉兰泰、锡林高勒、豪斯布尔都、

敖伦布拉格苏木等高原封闭洼地以及湖盆边缘地带，母质为淤积物，地下水在 7~8 m 之间，尤其以吉兰泰盐池周围最为典型。其自然植被以盐爪爪为主，零星有红砂分布，在低洼地的边缘有白刺、沙蒿等分布，覆盖度 3~8%。

干旱盐土的成土条件是：不受地下水影响，而且地下水位较深，在 7~8 m 之间，在极其干旱的条件下形成的土壤。盐分组成以氯化物和硫酸盐为主。在地质历史时期，曾受地下水补给形成表聚性盐土，之后，地壳上升，或因干旱影响地下水补给减少，地下水位强烈下降，在 150mm 以下降水条件下，土壤盐分受到淋洗，而在心土层或底土层大量聚集。

干旱土层的发生层次由盐结皮层(Az)、但腐殖质层(亚表土层盐结合层 A)、心土层(淀积层 B)、母质层(C)组成，剖面结构为 Az—A—B—C 型。盐结皮层为盐斑，厚度 0.5~10cm，有机质含量 1%以下，含盐量 1~2%；亚表层平均厚度 15cm 左右，有机质含量 0.3~0.6%，含盐量 5%左右；心土层平均厚度 30cm 左右，有机质含量 0.3~0.5%；含盐量 1%左右。除速效钾较丰富外，其余均较缺乏，微量元素中硼高于临界值，钼、铜接近于临界值，锰锌铁低于临界值。乌兰布和沙漠干旱盐土按照盐分组成分为硫酸盐氯化物干旱盐土和氯化物硫酸盐干旱盐土两个土属。

6. 石质土(钙质石质土)

乌兰布和沙漠石质土镶嵌分布在北部的敖伦布拉格镇附近的石质剥蚀、侵蚀残丘上，属于钙质石质土属于钙质石质土亚类，是发育在基岩风化物上的幼年土壤，土层薄且多含砾石，其下层为基岩，没有明显的发生层次，属于初育土。气候干旱，风大，降水量少，蒸发量大，植物生长差，生物量低，土层薄，且具有石灰反应，碳酸钙淀积形态多为假菌丝或粉末状，基岩表面往往形成石灰斑或石灰结壳。

石质土植被稀疏，仅生长一些耐瘠薄的灌木半灌木和少量的草本植物。木本植物有蒙古扁桃、酸枣、红砂、珍珠，草本植物有隐子草、针茅等。

土壤剖面由腐殖质层(A)和基岩层(R)组成，土体构型为 A—R 型。腐殖质层厚不足 10cm，砂壤土并夹有大量砾石，屑粒状结构，地表常有裸露的基岩。

7. 粗骨土(钙质粗骨土)

乌兰布和沙漠粗骨土分布在沙漠东部的贺兰山中上部，属于钙质粗骨土亚类，成土母质为岩石风化的残积、坡积物，地上植被稀疏，有本氏针茅、达乌里胡枝子等。表土层质地粗，砾石含量高，基本上保持了母岩特性，表层下即为岩石风化碎屑，剖面有腐殖质层(A)和基岩风化层(C)组成，剖面构型属 A—C 型。表土层 15cm 左右，向下直接过渡到母质层。表层颜色浊红棕棕色或亮红棕色。质地以砂质壤土或壤质砂土居多，粒状或散粒状结构，石灰

淀积呈粉末状或斑状，石灰反应强；母质层厚度 40cm 左右，多为基岩风化物碎屑层。

五、社会经济状况

在行政区划上乌兰布和沙漠中部及南部属内蒙古的阿拉善左旗，北部属内蒙古巴彦淖尔盟。其间分布有耕地、牧场、还有不少固定的居民点，人口密度约为 1.2 人/km²。其主要特征是：在磴口——敖伦布拉格——吉兰泰一线的东南，即沙漠的东南部，丘间缺乏土质平地，人口、耕地稀少，但在北部沙漠内部具有丰富的土地资源，灰棕荒漠土型的土质平地广泛分布，有些地区虽有白刺灌丛沙堆，但低矮而零散，进行土地平整后仍可开发利用。初步估计在乌兰布和沙漠这种荒地面积有 20 余万 hm²，加上这里濒临黄河，地形平坦，并由黄河岸向西缓缓倾斜，可引黄河水自流灌溉，条件较为优越。乌兰布和沙漠在磴口县境内部分，特别是在黄灌区，经济相对发达，物产丰富。而在阿拉善左旗境内人口稀少，环境恶劣，其经济也欠发达，部分地区应以生态环境建设的全局考虑，实行退牧来缓解对环境的压力，使生态恢复走上良性循环。乌兰布和沙漠虽然位于荒漠地带的边缘，但具有较丰富的荒地资源，而且濒临黄河，有自流灌溉的条件，目前正在开发利用，建立了不少农场，沙漠边缘也营造了大型防护林带，以防止风沙对后套平原的侵袭，但在开发利用过程中必须注意防止流沙再起和次生盐渍化，尤其是在沿黄河地段要进一步加强生态建设，遏止沙漠对黄河的大量输沙。

乌兰布和沙漠地区的主要农作物为小麦、玉米、向日葵、胡麻、黑籽瓜等，而农业开发地主要集中在吉兰泰镇公路、铁路沿线和巴彦木仁苏木黄河沿岸。巴彦木仁的主要农耕地实际上多在黄河西岸与沙漠过渡地带，由于沿途黄河水位坡降小，水势平缓，黄河泥沙沉积导致河床抬高，河道多次发生侧摆，导致沿岸大量农田被浸淹。近二、三十年来，乌兰布和沙漠东扩抵近黄河，巴彦木仁苏木黄河沿岸农田呈现减少的趋势，为了防止黄河浸淹两岸农田，当地修建了高 2~3m 的防洪堤，堤坝内的农田地出现了一定的盐渍化，更适应土壤条件的盐地农作物向日葵种植在近二三十年呈增加趋势，小麦玉米则主要在地形较高土壤质地较好的农耕地上，且呈下降趋势。另外，在沙漠腹地的好来包、哈夏图等地也曾经进行过打井灌溉的农业开垦，最近几年随着退耕还牧和人口搬迁计划的实施，这些地方基本上已经是人走地荒，原有的耕地大多已撂荒，土地失去水源灌溉，有逐渐演化成沙地的态势，遗弃的房屋建筑多有一种荒凉的感觉。

乌兰布和沙漠地区的工业活动主要集中在吉兰泰镇和 110 国道黄河沿岸经济开发区，以盐湖开采、加工为中心。开采始于清乾隆元年（公元 1736 年），至今已有 263 年历史的吉兰

泰盐湖，目前总面积有 120km²，有盐面积 60 km²。吉兰泰盐池也是我国第一座大型机械化湖盐生产基地，集团已经成为上市企业（兰太实业），不仅为食盐生产的主要基地，也是我国第一个为核能用钠盐生产基地。随着盐业规模的扩大，最近几年，采盐活动已经从吉兰泰盐湖向东扩展到沙漠核心区一系列较大的盐池中。由于采盐、洗盐工序中大量耗水，而盐湖自身的地表水不敷使用，因此开采盐湖及其周围的深层地下水成为工厂化作业中的一项必要内容，大型盐湖周围常常建有成批量的专门地下水抽取泵井。虽然大多泵井都是抽取深层地下水，但如此大规模的开采，会造成源头渗漏补给赶不上消耗，生成地下水漏斗，导致某些区域地下水位下降，很可能对盐湖周边地区荒漠植被的生存造成威胁。一个明显的例子就是位于吉兰泰镇北 6km 的一片沙枣林，是上世纪五六十年代初栽植，当时地表有自流水，之后该地区地下水位在 70 年代下降到 2~3m，沙枣林生长旺盛，90 年代中后期水位下降到 12m 左右，沙枣林开始衰败死亡，至现在地下水位已下降到 18m，沙枣林大面积死亡，成为典型的因地下水超采，地表原有植被退化的实例。



因地下水位下降而枯死的沙枣林

乌兰布和沙漠地区主要是蒙古族牧民活动区，最主要的人类活动当属林牧业。其林业发展主要由林业部门负责，梭梭荒漠林、白刺荒漠林、沙冬青荒漠林，还有一些灌木半灌木荒漠林，都是由林业部门来培育、管护与病虫害防治。近年来林业部门在沙漠南部贺兰山北麓沙化地多次开展飞播造林工程，梭梭、花棒、毛条为其主要造林树种，显著增加了荒漠林的分布面积和地表植被覆盖度。而荒漠草场及牲畜牧场管理由畜牧部门负责，畜牧部门在发

展畜牧业的同时也发展荒漠林的人工栽培与保护。乌兰布和沙漠地区饲养家畜主要是阿拉善双峰驼和白绒山羊，以阿拉善双峰驼为主。双峰驼一身兼有毛、肉、役、乳等多种用途，成为区域内广大牧民不可或缺的生产和生活资料。目前，梭梭林已成为乌兰布和沙漠地区的主要保护物种，荒漠草场也进行分区划片。尽管有许多牧民在自家的草场进行了部分围栏封育，但限于荒漠草场的生产力特点，牧民饲养牲畜的主要方式是四季天然放牧，牲畜出牧一般无明显界限，牧户往往是以居民点、水井为中心，在各自划定的草场区域内向四周放射状出牧。有资料表明，在上世纪七、八十年代，是乌兰布和沙漠牲畜和人类活动最为强盛时期，当时双峰驼数量达到过 25 万峰，周边农民和牧民用驼队进入沙漠腹地梭梭生存分布区运送樵采的梭梭柴，牲畜的过度啃食和人为樵采导致大面积的梭梭林破坏严重，无法得到更新复壮，梭梭林面积锐减。经过政府部门禁止樵采和降低牲畜放牧量，有计划的移民和教育宣传，目前乌兰布和沙漠区域主要放牧牲畜双峰驼数量已减少到 10 万峰以下，当地牧民对荒漠草场和荒漠林的保护意识大大增强。

第二节 沙漠的形成与演化

一、沙漠区域地质基础

乌兰布和沙漠地处狼山——巴音乌拉山构造隆升带和贺兰山——鄂尔多斯（桌子山）构造隆升带之间，属于吉兰泰——河套凹陷带。主要构造带走向呈东北——西南走向，局部存在西北——东南方向的断裂带。狼山——巴音乌拉山构造隆升带和贺兰山——鄂尔多斯（桌子山）构造隆升带包括前震旦系变质片麻岩、新生代以前的侵入花岗岩、侏罗纪和白垩纪陆相红色砾岩、砂岩夹片岩等组成，为吉兰泰——河套凹陷带沉积地层提供物质准备。本研究区基本上是由新生代沉积地层组成，主要包括渐新统和上新统红色陆相沉积泥质砂岩、沙质泥岩、砂岩、砂砾岩及砾岩等，以及后期湖积、洪积和风积松散堆积物。吉兰泰——河套凹陷带出露地表的组成物质、基本上是更新世以来形成的冲洪积沙砾石层、湖相沉积粉沙层、粘土层，以及化学沉积层，沉积厚度达到 2000~3000m。全新统地层广泛分布于沙漠、戈壁山前洪积扇、山前剥蚀倾斜平原、山间洼地、黄河两岸、现代山间沟谷低地、现代淡、咸水湖、盐碱滩，为风积层、洪积层、冲积层、湖积和化学沉积、沼泽沉积层。

乌兰布和沙漠在地质构造上属包头——吉兰泰断陷盆地的西南部。在燕山运动和喜马拉雅运动时期曾两度强烈下陷，造成这个断陷盆地的轮廓。当时西南部有巨大的湖盆存在，于

早更新世和中更新世连续沉积了厚层洪积、冲积湖积物，中更新世末期，盆地沿山麓发生断裂，并有大面积缓慢上升，此时三道坎峡谷也被切开，盆地内湖水迅速外泄，从而形成上更新世和现代的黄河水系以及洪积、冲积、湖积平原。第四纪沉积物总厚度 1000m 以上，这些沉积物提供了丰富的沙源，为沙漠的形成奠定了物质基础，成为乌兰布和沙漠土壤母质的主要来源。

在沙漠的东南部，即在磴口——敖伦布拉格——吉兰泰一线的东南，景观类型以流动沙丘为主；该线以西即沙漠的西部为一古湖积平原，现今仍保留着湖泊的遗迹，现开采的吉兰泰盐湖为我国著名的盐湖之一，景观类型为固定及半固定的白刺灌丛沙堆和具有梭梭生长的沙垄，风蚀和盐渍化强烈；在磴口、沙拉井一线以北区域是古代黄河冲积平原，河床自西向东逐步摆动，沙漠中广泛分布的东南——西北走向的古河床遗迹，这些遗迹表现为现代沙漠中呈曲带状断续分布的低洼地、低湿地和湖泊。地面组成物质表层以粘土或亚粘土为主，下层为中细沙层。这一套地层被命名为后套组，时代包括第四系中更新统和晚更新统上、下层。曾在这里进行水文地质勘探的内蒙古水文地质队经勘探证实，中更新世黄河上游河谷已经发育为成熟的河流时，这一区域的下层中细沙组成湖泊（古黄河）水下三角洲，当晚更新世中后期喇嘛湾被下游古黄河切穿，后套段黄河开始发育，上层的粘土、亚粘土正是后期黄河的沉积物。

二、沙漠的形成与演变

目前乌兰布和沙漠的景观格局也只是区域地质地貌发育历史中的一个阶段的表现。吉兰泰盆地自第四纪以来长期处于相对沉降的发展变化过程当中，沉积形成了巨厚的第四系松散堆积物。盆地西侧和南侧构造隆升带主要处于抬升状态，长期遭受剥蚀，产生两个截然不同的堆积和剥蚀地貌单元。

根据兰州大学部分学者的研究，乌兰布和沙漠形成不超过 1 万年。具体过程大概是早更新世以来，吉兰泰盆地北东向和近东西向的断裂带开始活动，形成断陷盆地，长期处于连续沉降阶段，并接受来自贺兰山和巴彦乌拉山地区分化、剥蚀出来的盐矿物质的堆积。整个区域维持一个稳定的大型淡水湖泊，其面积不少于数千平方公里，并与河套古湖沟通，两者之间以沙嘴为界（春喜等，2009）。湖泊的存在使盆地内在整个更新世沉积了厚度大于 400 米的松散湖积物。而在盆地南部边缘，即贺兰山前，则堆积了巨厚的松散冲洪积物，形成了洪积倾斜平原。晚更新世末次冰期以来，气候干旱化加剧，盆地相对沉降停止，湖盆封闭，由

于蒸发超过降水与径流补给，湖泊盐分含量增加，开始形成盐湖，同时局部形成盐沼。研究表明，乌兰布和沙漠地区最早的风沙堆积形成于距今 9120 年前。后来由于风成沙的堆积作用，掩盖了湖盆的绝大部分，在湖积平原上又形成了平盖沙、蜂窝状和垆状沙丘等风积地貌。盆地西侧、巴音乌拉山山前地带，第四纪以来一直处于上升阶段，形成剥蚀地貌，只有局部为第四系松散堆积物所覆盖。山区由于长期经历干燥剥蚀作用而平行后退，形成较为平缓的残山、残丘、低山。山脊连续性较差，坡度较缓，沟谷一般比较开阔。个别沟谷由于后期切割作用呈现谷底窄，边坡陡的形态。

吉兰泰盆地的巨型古湖最终结束于距今 7000 多年以前的中全新世（春喜等，2007；任世芳，2003）。中全新世气候暖湿，促进湖泊及其边缘地区沉积物风化作用强烈，因此被暴露的湖盆底部在高温条件下氧化作用强烈，富含二价铁的粘土矿物析出，形成“红胶泥”沉积。随着流域上游来水量的大幅度减少，蒸发量显著超过了降水量，水量平衡关系发生了逆转，巨型古湖退缩成为一个个分散的小型湖泊、坑塘。我国历史记录中描述的屠申泽即出现在本研究区的西北部。全新世中期，屠申泽及周边地区湖泊相互沟通，范围几乎占据了整个乌兰布和沙漠的北部。于此同时，沙漠化过程在干燥的湖盆表面开始发展，逐渐连片，屠申泽逐渐萎缩、分化、直至消亡。同时，从湖泊到沙漠之间的转换也反映区域来水量消长波动的过程，中间曾经历了三次转换和逆转。屠申泽的存在也是全新世中期乌兰布和沙漠北部湖泊所达到的最大范围。

沙漠在特定的地质历史条件形成，必定要经历一个相当长的发展过程，其发展历程的一部分可从人类历史记录做相关的探讨，中科院寒旱所王涛研究员编著的《中国沙漠与沙漠化》一书是这样描述的：乌兰布和沙漠东北部黄河平原地区属于黄河内蒙古后套灌区的一部分。早在秦汉时期就有灌溉开发，秦蒙恬收复匈奴后，修筑了狼山下的边墙（秦长城），将这里置于秦的统治之下，西汉王朝击败匈奴之后，于公元前 127 年（汉武帝元朔二年）设朔方郡，共置 10 个县。朔方郡最西部的麻浑、临戎、三封三个县就分布在今日的乌兰布和沙漠的北部，经过内地移民大规模土地开发，这里已变为“朔方无复兵马之踪六十余年”，“人民炽盛，牛马布野”的富庶农垦区。至西汉末年 300 多年间，这里一直为我国西北地区主要军事屯垦中心之一，并不存在严重的流沙问题。公元 23 年后，匈奴南侵，农业民族被迫迁出这个垦区，田野荒芜，灌区废弃，风蚀加剧。已被耕犁破坏的古黄河冲积平原的粘土表层，在失去作物覆盖的情况下，遭受强烈的风蚀，以致下覆沙层暴露地表，经风力吹扬遂形成流沙。

公元 981 年（北宋太平兴国六年），王延德出使高昌（今吐鲁番）途径本地时，已是“沙深三尺，马不能骑，行皆乘橐驼”、“不育五谷，沙中生草曰登相，收之以食”。“登相”学名

沙蓬（别名沙米），乃流动沙丘上的先锋植物。“收之以食”说明沙米广泛分布，生长茂盛，结实量大。根据沙地植被演替规律，沙米是流动沙丘上首先生长的物种，从而推知公元 10 世纪末，这一带地方恰是流沙初起阶段。到了 1697 年（清康熙三十六年）春，高士奇随清帝征讨葛尔丹，从今宁夏黄河岸北行，直抵今磴口。所记沿途情况，黄河两岸尚有蒲草、柽柳、锦鸡儿等固定沙丘上生长的灌丛，并未见流沙。清末，山西、河北一带“走西口”开发后套的大军开始深入沙漠，沙丘间平地皆被开垦，黄河边也有相当一部分辟为农耕地，沙丘开始活化。1925 年修筑银川——磴口镇——三盛公——包头公路时，流沙距黄河也还很远。但到 1937 年后，磴口以南流沙已在很多地方直迫河岸，公路被阻隔。

20 世纪 60 年代在乌兰布和沙漠腹地建立了生产建设兵团，现改为农场。这些农场在土地开发的同时，也注意保护环境，并曾发挥三盛公水利枢纽的作用，在黄河洪水时，引洪灌溉沙漠，有效地遏止了沙漠的扩展和进入黄河的流沙。但是 80 年代后期，特别是进入 21 世纪后，黄河上游几乎没有下泄洪水，引洪次数越来越少，区域沙漠植被退化较明显，沙漠扩展速度明显增速。目前的沙化治理的情况是在沙漠西部大力调整牧业经济，禁绝土地开垦，并通过封育、人工种植梭梭、沙冬青等，恢复天然植被，阻止土地沙化。总体上，乌兰布和沙漠的生态环境相比较其他沙漠地区维持得较好，只是东南侧已经活化的流沙侵入黄河的问题应引起特别关注。



沙漠东缘沙舌直接探入黄河

从整个沙漠的发展演化来看，沙漠开始形成时间大约在全新世早期，距今 9 千年左右，从出现风成沙堆积到整个沙漠形成，期间又反复两千多年，直到距今约 7 千年左右吉兰泰古湖盆结束，沙漠才开始大面积扩展。乌兰布和沙漠在人类早期其危害性并不显著，但是到公

元前后, 沙漠开始出现大规模流动, 随着历史的发展, 沙漠对人类的危害愈加明显, 进入19世纪后到现在是乌兰布和沙漠区域内流沙面积最大时期。

参考文献

- [1] 春喜,陈发虎,范育新等. 2007.乌兰布和沙漠的形成与环境变化. 中国沙漠,27(6): 927~931.
- [2] 春喜,陈发虎,范育新等. 2009. 乌兰布和沙漠腹地古湖存在的沙嘴证据及环境意义. 地理学报,64(3): 339~348.
- [3] 丁国栋主编. 2002.沙漠学概论. 北京:中国林业出版社.
- [4] 刘明光主编. 1998.中国自然地理图集. 北京:中国地图出版社.
- [5] 马世威等主编.1998.沙漠学.呼和浩特:内蒙古人民出版社.
- [6] 王涛主编. 2003. 中国沙漠与沙漠化. 河北:河北科学技术出版社.
- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1998. 中国植物志. 北京:科学出版社.
- [8] 任世芳. 2003. 历史时期乌兰布和沙漠环境变迁的再探讨. 太原师范学院学报(自然科学版),2(3): 87~91

第二章 乌兰布和沙漠植被

我国沙区常见的植物种约有800种，包括山麓、戈壁、山前平原、盐土等各种生境的植物种可达1800种（朱俊凤，1999）。沙地植被是我国荒漠植被类型的主要组成部分，大多数为超旱生，强旱生的灌木、半灌木，部分由超旱生的小乔木和盐生薄肉质、微型叶和无叶的小半灌木组成，这些植被的形成是长期自然选择的结果，在荒漠形成过程中，绝大多数喜湿润、耐高温、干热的热带、亚热带古植物被淘汰。在自然选择的过程中一些产生变异后的植物种和少数适于本地条件的抗旱、耐旱的植物种能得到较好的发育，如豆科、菊科、禾本科、藜藜科、藜科、柽柳科、蓼科等，它们多数具有特殊的旱生、超旱生结构和生理生态特征，是优良的固沙、抗旱、耐盐碱、抗风蚀、沙埋特性的固沙植物资源。

内蒙古作为我国北部植被分布的主要区域，植物种类较丰富，主要包括草原植被类型和荒漠植被类型两大类，其中荒漠植被主要分布于伊克昭盟西部、巴彦淖尔盟西部和阿拉善盟，主要由小半灌木盐柴类和矮灌木类组成，共有种子植物1 000多种。植物种类虽不丰富，但地方特有种的优势十分明显。

乌兰布和沙漠位于内蒙古自治区中西部，地处我国西北地区荒漠、半荒漠的前沿地带，植被类型处于由草原化荒漠向荒漠化草原的过渡区，隶属亚非荒漠植物区亚洲中部区阿拉善省东阿拉善洲（乌拉，2007）。荒漠植被具有明显的草原化特征，如鄂尔多斯分布的冷蒿、毛头刺、沙生针茅等在沙漠中已有分布。在荒漠植被分区中，乌兰布和沙漠的东缘就是亚洲中部荒漠区域草原区的分界线，而且是极为重要的植物地理学分界线。

本章就乌兰布和沙漠植物区系特征、植被类型与分布、植物群落结构特征等方面进行分析研究，为进一步开展乌兰布和沙漠植物资源保护及区域生态环境建设提供基础资料。

第一节 植物区系特征

植物区系是某一特定地区内生长的植物种类的总称。它们是植物界在一定自然环境中长期发展演化的结果。在植物区系分析中，通常将某地区全部植物种类按科、属、种进行数量统计，然后按地理分布、起源地、迁移路线、历史成分和生态成分划分成若干类群，分别称为植物区系的地理成分、发生成分、迁移成分、历史成分、生态成分等，以便全面了解一个地区植物区系的种类组成、分布区类型以及发生、发展等重要特征。

在对乌兰布和沙漠植物多次考察的基础上,借鉴了前人研究的部分结果,对乌兰布和沙漠现代植物区系组成及地理成分进行分析,并试图探讨该区域植物区系的发生及历史成分等问题。

一、植物种类组成

根据所采植物标本及调查数据初步统计,乌兰布和沙漠共有种子植物 51 科 161 属 318 种,其中裸子植物 1 科 1 属 1 种,单子叶植物 8 科 32 属 58 种,双子叶植物 42 科 138 属 259 种。

(一) 植物科的组成

根据植物区系类别的传统划分方法,对区域中组成植物区系的51科进行分类,其中含51种以上的大型科只有1科,只占总科数的2.0%;含21~50种的较大科和含11~20种的中型科分别有3科,均占总科数的5.9%;含2~10种的寡型科有23科,占总科数的45.1%;单型科有21科,为总科数的41.2%(表2-1)。

表 2-1 乌兰布和沙漠植物区系科属特征统计

类 别	科数	占总科数 (%)	属数	占总属数 (%)	种数	占总种数 (%)
大型科 (51 种以上)	1	2.0	29	18.0	55	17.3
较大科 (21-50)	3	5.9	51	31.7	112	35.2
中型科 (11-20)	3	5.9	13	8.1	39	12.3
寡种科 (2-10)	23	45.1	47	29.2	91	28.6
单种科 (1 种)	21	41.2	21	13.0	21	6.6
总 计	51	100.0	161	100.0	318	100.0

乌兰布和沙漠种子植物区系的优势科,按物种数多少顺序排列分别为:菊科(55种)、藜科(42种)、豆科(37种)、禾本科(33种)、蒺藜科(16种)、十字花科(12种)、怪柳科(11种)。优势科中大科数量少,但属种所占比例较大,分别占属种总数的49.7%和52.5%。寡型科数量较大,包含的属种比例也相对较高,分别达到总属种数的29.2%和28.6%。这表明沙漠植物区系的种类趋向于集中在少数大科及寡种科中,区系的优势现象明显。中型科数量小,属种所占比例也相对较小,属种比例为8.2%和12.3%。单型科数量虽大,但其所含属种数的比重很少,属种比例只有13.0%和6.6%。

总体来看,单型科由于物种数目相对较少,对区系结构组成影响不大;寡型科虽不作为区系植被的优势科,但因其种的比例较大且多为该区域的广泛分布种,对该区域植物区系的结构有着不小的影响;10种以上的大中型科在区系属种的比例中均有明显的增加,往往作

为区域植物的优势种存在，对区域植被结构乃至区域环境都有重要作用。

（二）植物属的组成

乌兰布和沙漠种子植物共 161 属，其中单种属 101 属，占总属数 62.7%；含 2~3 种的寡种属共 38 属，为总属数的 23.6 %；含 4~6 种的多种属共有 17 属，占总属数的 10.6 %；7 种以上的优势属共计 5 属，只占总属数的 3.1%（表 2-2）。

表 2-2 乌兰布和沙漠种子植物主要属大小排序及分布区类型表

类别	属数	占总属数 (%)	种数	占总种数 (%)
优势属 (7 种以上)	5	3.1	44	13.8
多种属 (4-6)	17	10.6	83	26.1
寡种属 (2-3)	38	23.6	90	28.3
单种属 (1 种)	101	62.7	101	31.8
总计	161	100.0	318	100.0

属统计中含 7 种以上的优势属分别为：蒿属（12 种）、黄耆属（10 种）、怪柳属（8 种）、猪毛菜属（7 种）、霸王属（7 种），优势属物种总数 44 种，占总物种数的 13.8%；4~6 种的多种属有：碱蓬属（6 种）、藜属（6 种）、凤毛菊（6 种）、锦鸡儿属（6 种）、棘豆属（6 种）、独行菜属（5 种）、鹅绒藤属（5 种）、虫实属（5 种）、委陵菜属（5 种）、针茅属（5 种）、木蓼属（4 种）、铁线莲属（4 种）、盐爪爪属（4 种）、鸦葱属（4 种）、白刺属（4 种）、旋花属（4 种）、香蒲属（4 种），多种属物种数达到 83 种，占总物种数的 26.1%。寡种属和单种属数量较多，物种组成相对较大，分别占总物种数的 28.3 %和 31.8%。

统计分析表明：单种属和寡种属是区域植物区系的主体，属种比例分别占总属种数的 86.3 %和 59.9 %，说明植物区系整体物种多样性不丰富；优势属和多种属的属种数量不大，分别为总数的 13.7 %和 40.1 %。但从种属比例来看，优势属的数量小，但所包含的物种数量较为丰富，平均每属达 6 个物种，说明优势属在种的层次上丰富度较高，有一定的优势，在荒漠植物区系属的组成中起着重要作用。

（三）重点保护物种

乌兰布和沙漠天然植物物种可达上百种，这些植物中大多数被列为内蒙古自治区重点保护的草原野生植物，有些植物面临着灭绝的危险，为国家或内蒙古自治区重点保护的植物，此外，还有区系分布的特有物种和我国分布的特有种，从区系组成与分布角度考虑，这些植物也需要进行保护。基于此，我们在对乌兰布和沙漠植物资源调查的基础上，编制了乌兰布和沙漠保护植物名录，收录了国家、自治区保护植物，区域特有物种、经济优势物种、偶见物种及衰退物种，总计收录植物 28 科 56 属 71 种。按保护类型分述如下：

1. 重点保护植物

(1) 国家级保护植物

乌兰布和沙漠分布有国家珍惜濒危保护植物 11 个种，其中 1 级保护植物 1 种，2 级保护植物 5 种，3 级保护植物 5 种。保护植物科属组成、区域生境分布及保护级别如表 2-3。

表 2-3 乌兰布和沙漠区分布的国家重点保护植物

科名	属名	种名	区域生境与分布	保护级别
菊科	革苞菊属	革苞菊	沙漠东北部石质丘陵顶部或砂砾质地分布	1
蔷薇科	绵刺属	绵刺	沙漠西部、北部戈壁、山前冲积扇分布	2
	李属	蒙古扁桃	沙漠南部、北部山麓、谷地及干河床沙地分布	3
藜科	四合木属	四合木	沙漠东北部黄河阶地及低山坡分布	2
半日花科	半日花属	半日花	沙漠北部石质山麓和剥蚀残丘分布	2
石竹科	裸果木属	裸果木	沙漠北部山前洪积扇、石质戈壁分布	2
禾本科	冰草属	沙芦草	沙漠及边缘荒漠地带分布	2
藜科	梭梭属	梭梭	沙地沙丘、山前平原广泛分布	3
豆科	沙冬青属	沙冬青	沙漠及边缘带沙地、石质山地分布	3
杨柳科	杨属	胡杨	沙漠中部荒漠地带零星分布	3
列当科	肉苁蓉属	肉苁蓉	沙漠区沙地、沙丘分布	3

(2) 区级保护植物

乌兰布和沙漠植物被列为内蒙古自治区保护植物有 11 科 15 属 15 种，包括国家保护植物 11 种，区域保护植物 4 种。15 个保护物种中有 1 级保护植物 6 种，分别为绵刺、四合木、半日花、梭梭、沙冬青、胡杨；2 级保护植物 9 种，分别为蒙古扁桃、裸果木、革苞菊、戈壁短舌菊、百花蒿、甘草、肉苁蓉、脓疮草、沙芦草。

(3) 自治区重点保护草原植物

乌兰布和沙漠植物被列为内蒙古自治区重点保护草原植物有 21 科 34 属 35 种，这些植物大部分分布于沙漠边缘地带，荒漠化草原特征显著，主要有豆科植物 7 种，藜科植物 3 种，菊科植物 3 种，重点保护的草原植物如表 2-4。

表 2-4 乌兰布和沙漠重点保护草原植物

中文名	拉丁学名	中文名	拉丁学名
黄花补血草	<i>Limonium aureum</i> (Linn.) Hill	膜果麻黄	<i>Ephedra przewalskii</i> Stapf.
二色补血草	<i>Limonium bicolor</i> (Bunge) Kuntze	蒙古莢	<i>Caryopteris mongolica</i> Bunge
沙葱	<i>Allium mongolicum</i> Regel	灌木铁线莲	<i>Clematis fruticosa</i> Turcz.
半日花	<i>Helianthemum songaricum</i> Schrenk	绵刺	<i>Potaninia mongolica</i> Maxim.
长叶红砂	<i>Reaumuria trigyna</i> Maxim.	蒙古扁桃	<i>Amygdalus mongolica</i> (Maxim.) Ricker
百花蒿	<i>Stilpnolepis centiflora</i> (Maxim.) Krasch.	黑果枸杞	<i>Lycium ruthenicum</i> Murr.
甘草	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch.	裸果木	<i>Gymnocarpus przewalskii</i> Maxim.
骆驼刺	<i>Alhagi sparsifolia</i> Shap.	阿拉善沙芥	<i>Pugionium calcaratum</i> Kom.
荒漠锦鸡儿	<i>Caragana roborovskiyi</i> Kom.	锁阳	<i>Cynomorium songaricum</i> Rupr.
蒙古雀儿豆	<i>Chesneya mongolica</i> Maxim.	细叶远志	<i>Polygala tenuifolia</i> Willd.
红花岩黄耆	<i>Hedysarum multijugum</i> Maxim.	短叶假木贼	<i>Anabasis brevifolia</i> C. A. Mey.
苦豆子	<i>Sophora alopecuroides</i> Linn.	沙木蓼	<i>Atraphaxis bracteata</i> A. Los.
四合木	<i>Tetraena mongolica</i> Maxim.	沙拐枣	<i>Calligonum mongolicum</i> Turcz.
白刺	<i>Nitraria tangutorum</i> Bobr.	肉苁蓉	<i>Cistanche deserticola</i> Ma
戈壁短舌菊	<i>Brachanthemum gobicum</i> Krsch.	老鹳头	<i>Cynanchum komarovii</i> Al. Iljinski
罗布麻	<i>Apocynum venetum</i> Linn.	蒙新苓菊	<i>Jurinea mongolica</i> Maxim.
梭梭	<i>Haloxylon ammodendron</i> (C. A. Mey.) Bunge	沙冬青	<i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim.ex Kom.) Cheng f.
霸王	<i>Zagophyllum xanthoxylon</i> (Bunge) Maxim.		

2. 需保护的其它植物

(1) 区域特有植物

特有物种作为国家或区域独有的植物资源，在区域分布上具有独特性，需进一步加以保护。阿拉善特有植物在乌兰布和沙漠分布较多，统计有13科27属31种，特有物种如表2-5。

表 2-5 阿拉善区域特有植物

中文名	拉丁学名	中文名	拉丁学名
长叶红砂	<i>Reaumuria trigyna</i> Maxim.	阿拉善碱蓬	<i>Suaeda przewalskii</i> Bunge
脓疮草	<i>Panzeria alaschanica</i> Kupr.	阿拉善沙拐枣	<i>Calligonum alaschanicum</i> A. Los.
荒漠黄耆	<i>Astragalus alaschanensis</i> H. C. Fu	沙苻蓉	<i>Cistanche sinensis</i> G. Beck
矮脚锦鸡儿	<i>Caragana brachypoda</i> Pojark.	棉毛亚葱	<i>Scorzonera capito</i> Maxim.
狼山棘豆	<i>Oxytropis langshanica</i> H. C. Fu	绵刺	<i>Potaninia mongolica</i> Maxim.
多枝棘豆	<i>Oxytropis ramosissima</i> Kom.	蒙古扁桃	<i>Amygdalus mongolica</i> (Maxim.) Ricker
四合木	<i>Tetraena mongolica</i> Maxim.	阿拉善沙芥	<i>Pugionium calcaratum</i> Kom.
粗茎霸王	<i>Zagophyllum loczyi</i> Kanitz.	厚叶花旗杆	<i>Dontostemon crassifolius</i> Maxim.
百花蒿	<i>Stiprolepis centiflora</i> (Maxim.) Krasch.	白毛花旗杆	<i>Dontostemon senilis</i> Maxim.
革苞菊	<i>Tugarinovia mongolica</i> Iljin	阿拉善独行菜	<i>Lepidium alaschanicum</i> S. L. Yang
米蒿	<i>Artemisia dalai-lamae</i> Krasch.	刺旋花	<i>Convolvulus tragacanthoides</i> Turcz.
油蒿	<i>Artemisia ordosica</i> Krasch.	灰毛软紫草	<i>Arnebia fimbriata</i> Maxim.
珍珠猪毛菜	<i>Salsola passerina</i> Bunge	沙生鹤虱	<i>Lappula deserticola</i> C. J. Wang
薄翅猪毛菜	<i>Salsola pellucida</i> Litv.	宽翅地肤	<i>Kochia macroptera</i> Iljin.
沙冬青	<i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f.	阿拉善单刺蓬	<i>Cornulaca alaschanica</i> Tsien et G. L. Chu
灰叶铁线莲	<i>Clematis canescens</i> (Turcz.) W. T. Wang et M. C. Chang		

(2) 区域偶见植物

区域偶见植物在沙漠分布范围狭小，需进行保护，从而丰富区域植物资源。乌兰布和沙漠偶见植物以豆科植物较多，有白花黄耆、塔落岩黄耆、兴安胡枝子、白花草木犀、小花棘豆，此外，有鼠李科的酸枣、旋花科的鹰爪柴、列当科的列当。

(3) 经济植物或衰退植物

乌兰布和沙漠具有经济价值的植物较多，长期开采利用会造成物种衰退，甚至绝灭，更需加以保护，实现资源的永续利用。如药用价值较高的肉苻蓉、锁阳、甘草、黄耆等，食用植物如沙葱等，由于无限量采挖，经济资源明显减少，急需列入保护植物名录，引起社会的普遍关注。区域优势物种如梭梭、沙枣、柠条锦鸡儿等，对区域荒漠化防治中发挥着主要的防护功能，但长期受自然环境的限制，已逐渐衰退，更需保护。

二、区系地理成分分析

(一) 植物科的地理成分分析

以中国种子植物区系、科属词典等资料为依据（李锡文，1996；潘晓玲，2001；陈鹏，2001），把乌兰布和沙漠种子植物区系 51 个科划分为 7 个分布区类型（表 2-3）。科分布类

型划分如下：

1. 世界分布

菊科、藜科、豆科、禾本科、十字花科、莎草科、蓼科、蔷薇科、毛茛科、唇形科、百合科、眼子菜科、车前科、石竹科、列当科、小二仙科、泽泻科、远志科、玄参科、杉叶藻科、马齿苋科、锦葵科、金鱼藻科、大戟科。

2. 泛热带分布

萝藦科、苋科。

3. 热带至温带分布

蒺藜科、紫草科、香蒲科、旋花科、茄科、白花丹科、鸢尾科、芸香科、荨麻科、锁阳科、鼠李科、茜草科、麻黄科、夹竹桃科。

3. 热带亚热带分布

牻牛儿苗科、榆科、马鞭草科。

4. 亚热带至温带分布

柽柳科、杨柳科。

5. 温带分布

伞形科、罂粟科、胡颓子科、报春花科、半日花科。

6. 温带至寒带分布

小麦冬科。

以上各种成分的类型及所占比例如表 2-6。

表 2-6 乌兰布和沙漠种子植物科的分布区类型

分布类型	世界分布	泛热带分布	热带至温带	热带至亚热带	亚热带至温带	温带分布	温带至寒带
数量/个	24	2	14	3	2	5	1
比例 (%)	47.06	3.92	27.45	5.88	3.92	9.80	1.96

科的成分分析表明，在科级水平上以世界成分为主，其次是热带至温带成分，温带成分所占比例近 10%，而热带、寒带类型的比例更小，在 5%左右。反映了植被区系分布与气候带相适应的特征，严酷的干旱环境使得许多具有庞大种系、广泛适应性的世界分布种在本区占有相当大的比例，且多作为区系中的优势科；除世界分布科外，热带至温带分布型也占有较多的比例，并在区域中具有一定的优势，如蒺藜科中白刺属和红砂属植物在许多局部区域中都作为群落的建群种存在。

(二) 植物属的地理成分分析

乌兰布和沙漠种子植物共 160 属，根据吴征镒先生对中国种子植物属的分布区类型（吴征镒，2003），将本区植物可归入 14 个分布类型区（表 2-7）。

表 2-7 乌兰布和沙漠种子植物属的分布区类型

范围	分布区类型	属数	占本区总属数 (%)
世界分布	1 世界分布	28	17.39
	2 泛热带分布	11	6.83
	3 热带美洲和热带亚洲间断分布	1	0.62
热带成分	4 旧世界热带分布	1	0.62
	5 热带亚洲至热带大洋洲分布	-	-
	6 热带亚洲至热带非洲分布	1	0.62
	7 热带亚洲（热带东南亚至印度—马来，及热带南和西南太平洋诸岛）分布	2	1.24
温带成分	8 北温带分布	34	21.11
	9 东亚和北美间断分布	4	2.48
	10 旧世界北温带分布	23	14.29
	11 温带亚洲分布	10	6.21
古地中海成分	12 地中海区、西亚至中亚分布	27	16.77
	13 中亚分布	14	8.70
东亚	14 东亚（东喜马拉雅—日本）分布	2	1.24
中国特有	15 中国特有分布	3	1.86
合计		161	100.00

属分布类型划分如下：

1. 世界分布

世界分布总计 28 属，分别为黄耆属、猪毛菜属、碱蓬属、藜属、独行菜属、铁线莲属、旋花属、香蒲属、补血草属、车前属、蕹草属、眼子菜属、狐尾藻属、莎草属、水麦冬属、金鱼藻属、牛漆姑属、千里光属、水莎草属、苋属、早熟禾属、大戟属、大蒜芥属、苍耳属、远志属、灯心草属、荨麻属、老鹳草属。

2. 热带成分

热带成分包括泛热带分布、热带美洲和热带亚洲间断分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、热带亚洲至热带非洲分布、热带亚洲分布 6 大类型共 16 属，其中泛热带分布 11 属，为狗尾草属、画眉草属、芦苇属、马齿苋属、木槿属、砂引草属、枣属、曼陀罗属、虎尾草属、蒺藜属、三芒草属，热带美洲和热带亚洲间断分布 1 属，为冠芒草属，旧世界热带分布属有 1 属，为天门冬属，热带亚洲至热带非洲 1 属，为杠柳属，热带亚洲分布 2 属，分别为麻黄属和苦苣菜属。热带成分 16 属只占总属数的 9.94%，类型数量及比例较小，不是本区的典型分布型。

3. 温带成分

温带成分包括北温带分布、东亚和北美间断分布、旧世界北温带分布、温带亚洲分布 4

大类型共 71 属，其中北温带分布 34 属，主要有蒿属、委陵菜属、虫实属、棘豆属、针茅属、蒲公英属、地肤属、柳属、岩黄耆属、赖草属、滨藜属、葱属、拂子茅属、碱茅属、蓼属、苔草属、水葫芦苗属、鸢尾属、榆属、列当属、棒头草属、泽泻属、李属、唐松草属、鹤虱属、胡颓子属、茜草属、海乳草属、碱菀属、杉叶藻属、驼绒藜属、杨属、枸杞属、蓟属，东亚和北美间断分布 4 属，分别为胡枝子属、黄花属、罗布麻属、槐属，旧世界北温带分布 23 属，主要有怪柳属、凤毛菊属、鹅绒藤属、鸦葱属、冰草属、飞廉属、蓝刺头属、木蓼、山莴苣属、乳苣属、草木犀属、苦苣菜属、软紫草属、大黄属、芨芨草属、水柏枝属、雾冰藜属、旋覆花属、燥原芥属、隐子草属、角茴香属、天仙子属、拟芸香属，温带亚洲分布 10 属，有锦鸡儿属、花旗竿属、亚菊属、狗娃花属、裂叶荆芥属、蛴蓟属、紫筒草属、大油芒属、米口袋属、细柄茅属。温带成分占总属数的 44.10%，在本区占绝对优势，表明温带成分是该区系组成中的优势成分，也是区域植被温带性质的集中体现。

4. 地中海成分

地中海成分包括地中海、西亚至中亚分布和中亚分布是古地中海成分的两类型。在乌兰布和沙漠区域这两个类型共有 41 属，占本区总属数的 25.47%，其中地中海、西亚至中亚分布型有 27 属：白刺属、盐爪爪属、骆驼蓬属、牻牛儿苗属、红砂属、沙拐枣属、阿魏属、甘草属、半日花属、单刺蓬属、花花柴属、假木贼属、苓菊属、裸果木属、骆驼刺属、马苦豆属、雀儿豆属、肉苁蓉属、梭梭属、锁阳属、盐豆木属、盐生草属、野胡麻属、扎股草属、蛛丝蓬属、河西菊属、茴香属。地中海、西亚至中亚分布型是中也有本区的许多表征属，如藜科的盐爪爪属、梭梭属，蒺藜科的白刺属、骆驼刺属，菊科的花花柴属，怪柳科的红砂属等都是荒漠植物区的代表属种，并且其中某些属也是区域植被群落的主要组成者甚至是建群属种。另外，石竹科的裸果木，为古地中海第三纪残遗成分，还有沙拐枣、盐爪爪、梭梭等属都包含有古地中海子遗种，表明本区系与古地中海成分的密切联系。中亚分布型 14 属，较大的霸王属、沙芥属、脓疮草属、小甘菊属、女蒿属、合头草属、沙蓬属、顶羽菊属、革苞菊属、沙鞭属、沙冬青属、栉叶蒿属、短舌菊属、紫菀木属。中亚分布型在区域中作为植被重要组成类型。

5. 东亚成分

东亚分布 2 属，分别为菹属、扁穗草属。

6. 中国特有成分

中国特有成分 3 属，分别为四合木属、百花蒿属、绵刺属。

依据植物属的地理成分统计分析，总结乌兰布和沙漠植物区系基本特征如下：

乌兰布和沙漠植物区系以温带类型分布为主，本区温带分布属共 71 属，占总属数的 44.10%，植物区系组成中温带成分属占优势，因而表现出明显的温带性质，进而说明荒漠所处的自然地理位置，气候特点与植物区系的组成成分密切相关。在各种分布类型中，北温带分布类型最多，为 34 属，占总属数的 21.11%，在本区占主导地位，其次为旧世界北温带分布型，有 23 属，占总属数的 14.29%，东亚和北美间断分布及稳定亚洲分布类型不大，共计 14 属，只有总属数的 8.70%。

古地中海成分是本区的重要组成成分，其中地中海、西亚至中亚分布型在本区多达有 27 属，典型的属有沙拐枣属、梭梭属、裸果木属、盐爪爪属、甘草属、骆驼刺属、霸王属、花花柴属、盐生草属、假木贼属等。分布类型多为旱中生、旱生性的草本或木本，显示出该类型旱化、盐化和残遗的特殊性质以及产生于 Tethys 海沿岸的历史渊源。本类型植物包含了本区植物的绝大多数建群种，实际上，这些成分在该区系中起着十分重要的作用。

世界分布型和热带分布型在乌兰布和沙漠植物区系中占有一定的比例。植物区系中世界分布型有 28 属，如世界广布的一些大科如藜科的猪毛菜属、碱蓬属、藜属，豆科的黄耆属，毛茛科的铁线莲属等在本区均有分布，反映了生态适应幅度较大的世界分布属种才能在该区恶劣的生境中生存。热带成分主要以泛热带分布为主，占总属数的 6.83%，该荒漠远离热带和亚热带，只有那些生态幅度广或因历史原因而在这一温带地区子遗下来的泛热带分布属。

中亚分布及中国特有种分布在乌兰布和植被区系中也有一定的反映。植物区系中莠属、扁穗草属为中亚分布类型，四合木属、百花蒿属、绵刺属为中国特有分布。植物区系组成中起主导作用的科与中亚荒漠的优势科相同，为藜科、菊科、蒺藜科、蓼科、怪柳科等，且大多数物种为荒漠植被的建群种、优势种或伴生种，说明中亚成分在植物区系中起着一定的作用。

(三) 乌兰布和沙漠植物区系与相邻植物区系的比较

乌兰布和沙漠植物区系分布以温带类型为主，植物区系组成中温带成分属占优势，表现出明显的温带性质。古地中海成分也是区系的重要组成成分，世界分布型和热带分布型在乌兰布和沙漠植物区系中占有一定的比例。中亚分布及中国特有种在区系中也有一定的反映。植物区系多样性丰富，与同类沙漠区域植物区系组成存在着较大的差异（表 2-8），主要体现在植被类型、物种数量、优势科属组成及区系特征等方面的变化。可见，沙漠环境条件的优劣很大程度上决定了区域植被类型与分布。

表 2-8 不同沙区植物区系主要科属组成成分比较

科名	乌兰布和沙漠		古尔班通古特沙漠		毛乌素沙地		科尔沁沙地	
	属数	种数	属数	种数	属数	种数	属数	种数
菊科	29	55	15	20	39	97	54	226
禾本科	20	33	12	13	57	91	59	188
藜科	16	42	24	53	15	35	11	57
豆科	15	37	8	18	17	57	23	95
蒺藜科	5	16	4	8				
十字花科	5	12	16	22	14	19	18	39
莎草科	5	9	2	2	10	31	12	72
蓼科	4	9	3	11			14	45
紫草科	4	5	5	8			10	18
柽柳科	3	11	2	8				
总计	51 科 161 属 318 种		30 科 123 属 208 种		98 科 348 属 973 种		103 科 414 属 850 种	

西部的古尔班通古特沙漠具有典型温带内陆荒漠性质。植物生长所需水分供应显著不足，只有那些能忍受极端干旱的植物才能获得生存。旱生性这里是绝大多数植物最显著的基本特征（张立运, 2002）。经统计，古尔班通古特沙漠植物只有 30 科 123 属 208 种，其中旱生植物藜科有 24 属 53 种，分别占该沙漠植物区系组成总属、种数的 19.5%和 25.5%，在植物种类多样性组成中具有明显的优势地位。

乌兰布和沙漠处于干旱、半干旱过渡区，干旱程度有所缓和，调查物种数量相对较多，统计有 51 科 161 属 318 种植物，主要科有菊科、禾本科、藜科、豆科，属种比例占区系组成总属种比例的 43.5%和 52.5%，其中旱生植物表征科藜科虽占有一定的比例，属种比例分别为 9.9%和 13.2%，但一些草原型的植物如菊科属种比例可达 17.0%以上，区系组成中草原化荒漠优势非常的明显。

毛乌素沙地处于干旱、半干旱区向半湿润区的过渡地带，与我国其它沙漠相比，降水量偏多，地下水资源丰富（李志熙, 2005）。由于地面广泛覆沙，绝大部分地面分布的是沙生植被、草甸植被、盐生植被和沼泽植被等隐域性植被。隐域性植被成了毛乌素沙地的主体，其中沙生植被构成毛乌素沙地植被的主体。统计植物 98 科 348 属 973 种，主要有菊科、禾本科、豆科、蔷薇科、藜科，占植物总数的 33.09%。旱生植物藜科的比例明显降低，以草原类型的禾本科、菊科植物占主导地位。

东部科尔沁沙地是中国北方农牧交错带沙漠化强烈发展的地区，也是中国温带典型退化草原（马龙, 2007）。该沙地位于毛乌素沙地东部，气候环境相对较好。经统计，该区有植物 103 科 414 属 850 种，科属组成以菊科、禾本科为主，属种比例占区系组成属种比例分别为 27.3%和 48.7%，草原类型植被占主导地位。

不同沙漠植物区系组成也存在一定的差异。古尔班通古特沙漠植物区系地理成分中,有内亚(亚洲中部)成分、中亚成分、地中海成分、东北非—内亚成分和欧亚成分,表现出植物区系地理成分的多样性。而一些古老种,特有现象微弱,但在我国境内仅分布于该沙漠的种类不多,植物区系成分处于中亚向亚洲中部荒漠的过渡。乌兰布和沙漠植物区系多样性丰富,区系组成以温带类型分布为主,古地中海成分为重要组成成分,世界分布型和热带分布型也占有一定的比例。植物区系属于泛北极植物区域亚洲荒漠植物区,由于干旱的气候条件,区系成分以半干旱和干旱地区的种类占主导地位,且泛北极种少,主要是戈壁种及地中海成分(刘芳, 2000)。科尔沁沙地植物区系有东亚成分、世界分布种、达乌里—蒙古成分、华北与东北成分、泛北极区系成分等5种成分,数量为751种,占总量的88.35%。

第二节 植被类型与分布

一、植被的传统分类

植被是陆地生态系统的重要组成成分,不仅具有为人类提供食物、工业原料和药品等可以直接商品化的生态服务功能,而且还具有调节气候、净化空气、固定 CO_2 、释放 O_2 、涵养水源、保持水土、维持与更新土壤肥力、保护与提高生物多样性的生态服务功能(林爱文等, 2005),在干旱荒漠区植被的作用显得尤为突出。生物多样性是生态学研究热点,研究的目的主要是了解和理解生态系统中生物种类、生产力及其相互之间以及二者与环境之间的复杂关系。植被群落的种类、组成、结构及其与水分条件等因子的关系一直都是生态学研究的的前沿领域,具有重要的学术意义和研究价值。

植被分类是以植物群落本身的特征作为分类依据,对某一区域的植被进行分类的方法,是植物学家研究植被的最基本、最重要的方法,更是植被生态学研究中的重点和难点。常用的植被分类是以《中国植被》(吴征镒, 1980)中的分类系统为基础,这个系统把我国的植被分为三个“级”,即植被型(高级单位)、群系(中级单位)和群丛(基本单位),植物群丛做为最小基本单位,研究植物群落的种类组成、结构特征以及群落与自然环境的关系,从而对植物群丛进行归类划分,并建立一系列分类单位达到区分植被类型和建立植被分类系统的目的。

乌兰布和沙漠属于由荒漠化草原向草原化荒漠的过渡地带,气候条件、植被、土壤特征既具有荒漠区的一般特征,又具有草原区的一些特征。乌兰布和沙漠植物种类较为贫乏,初步调查统计,有318种,分属于161个属51个科。乌兰布和沙漠植物地理成分古老而种类贫乏,以蒙古种、戈壁-蒙古种、戈壁种以及古地中海区系的荒漠成分占主导地位,世界种与泛北

极区系成分十分贫乏（乌拉，2007）。优势科有藜科、怪柳科、蒺藜科、蓼科、菊科、禾本科等。乌兰布和沙漠地带性土壤为棕钙土和灰漠土，且具有不同程度的草原和荒漠的过渡性特征；与气候和土壤条件相适应，地带性植被为荒漠和草原两种植被类型以复合形式存在。棕钙土的草原成土过程明显，灰漠土则以荒漠成土过程更显著。但仍有草原土壤形成过程的特点，使植被形成复杂多样的类型。该沙漠全境非地带性土壤以风沙土为主，湖盆、洼地则为不同程度的盐化土，是沙生、盐生植物生长的天然场所。沙丘间较广阔的低平地为粘壤质土壤，颜色灰白，当地称白疆土，是该沙漠沙丘间的主要土壤类型，质地粘重、坚实，表层具有裂纹，通常仅生长有少数的沙冬青等（徐恒刚，2004）。

恶劣生态环境条件的影响下，形成乌兰布和沙漠的特有植被。复杂的植物生态型在不同的地段上形成多样的荒漠植被类型，荒漠植被隶属亚非荒漠植物区，亚洲中部区，阿拉善省，东阿拉善洲。阿拉善荒漠省的东界就在乌兰布和沙漠的东缘，也就是亚洲中部荒漠区与草原区的分界线，而且是极为重要的植物地理学分界线。根据建群种生态和生物学特性的相似性，以《中国植被》中的植被分类系统为标准，参考《中国植被及其地理格局-中华人民共和国植被图集1:100万说明书》（张新时，2007）、《内蒙古植被》（中国科学院内蒙古宁夏综合考察队，1985）、《内蒙古西部沙区荒漠灌丛植被及沙区生态建设》（徐恒刚，2004）、《内蒙古植物志（1~8卷）》（马毓泉，1985）等，将乌兰布和沙漠的植被类型主要划分为：灌丛植被、荒漠植被、草甸植被和沼泽植被四个类型，荒漠植被是其主要的植被类型。四种类型的植被分别描述如下：

1. 灌丛植被—Scrub

灌丛是自然界中一种广泛分布的陆地生态系统类型，由于具有种类繁多、分布广泛、生命力强、萌生力强、生产力高、适生范围宽等特点，不仅在群落的演替过程中扮演着极其重要的角色，而且在区域生态环境保护和替代能源方面也起着非常重要的作用

（Connolly-McCarthy BJ和Grigal DF，1985）。我国是世界上灌丛分布面积最广泛的国家之一，灌丛分布面积近 $2 \times 10^8 \text{hm}^2$ （侯学煜，1982），占中国陆地总面积的五分之一之多，是全国现存森林面积的近2倍，因此，灌丛植被在我国的植被分布中占有重要的位置。乌兰布和沙漠灌丛植被的划分，参考近些年有关内蒙古植被方面的研究资料和文献报道，依据1:400万中国植被图（侯学煜，1982）的三级分类标准，结合本次实地调查资料，划分出以下灌丛植被：

（1）柠条灌丛（*Caragana korshinskii* scrub）

柠条灌丛是阿拉善荒漠地区常见的灌木荒漠群落类型之一，柠条属于亚洲中部荒漠的阿拉善地方种，主要分布在半固定沙丘、丘间平沙地，或覆盖在各种基质上的薄层沙地以及沙岩风化物上。基质的固定程度较其它沙质荒漠为高，组成也比较粗糙，沙地表面多出现碎石和石砾。草本植物种类极其贫乏，常见的有茵陈蒿、沙蒿、猪毛菜、虫实、披针叶黄华等。柠条为典型草原、荒漠草原地带旱生具刺灌木，极耐干旱贫瘠，是水土保持和固沙造林的重

要灌木种类。

该群丛主要分布于沙金套海、哈腾套海两苏木的山前洪积扇上，呈带状分布，植被盖度30%左右。柠条群丛在半固定沙丘上伴生植物较少，有零星的荒漠灌木（沙冬青、霸王柴、沙拐枣等）和草本植物（猪毛菜、虫实、小画眉草、冠芒东、三芒草等），植被盖度一般为20%~40%。在丘间平沙地上伴生植物以多年生草本居多，如针茅、无芒隐子草等，植被盖度一般为20%~40%。在覆沙地和硬梁沙地上，伴生植物较丰富，能同时见到荒漠灌木（沙冬青、霸王、沙拐枣等）和半灌木（驼绒藜、猫头刺、籽蒿等）层片、一年生植物（猪毛菜、虫实、小画眉草等）层片，有时还见到多年生丛生禾草（针茅、隐子草）层片和杂类草（甘草、砂兰刺头等）层片。植被盖度一般为15%~50%。

伴生植物种主要有：沙冬青、霸王柴、沙拐枣、驼绒藜、猫头刺、籽蒿、猪毛菜、虫实、小画眉草、针茅、砂兰刺头、甘草、沙芥等。

（2）蒙古扁桃灌丛 (*Amygdalus mongolica scrub*)

蒙古扁桃灌丛主要分布在乌兰布和沙漠南部及东南部与贺兰山的交接及贺兰山浅山区。蒙古扁桃灌丛的主要分布生境地常见于荒漠、半荒漠地带的石质低山、丘陵坡麓、沟谷、干河床、山间盆地，有时也生长在沙漠边缘的固定沙地中。蒙古扁桃一般不形成以它为主的荒漠群落，是作为伴生植物出现的。分布区生境严酷，植被稀疏，灌丛的覆盖度较低，能形成灌木与草本或低矮小灌木、小半灌木的两层结构。

（3）怪柳灌丛 (*Tamarix chinensis scrub*)

怪柳灌丛主要分布在乌兰布和沙漠的盐渍土上，本次调查中样方地的地理位置为40°49'57"N, 106°36'06"E，群丛呈零星分布，外貌很不整齐，郁闭度为0.2~0.5，怪柳植株一般高度为1m左右，高的可达2m以上，并有较丰富的草本层植物伴生。

伴生植物种主要有：盐爪爪、红砂、白刺、黑果枸杞、碱蓬、芦苇、猪毛菜、灰绿碱蓬等。



柠条灌丛



怪柳灌丛

2. 荒漠植被—Desert

荒漠植被是地球上旱生性最强的一组植物群落类型的总称，主要分布于干旱气候区内，具有明显的地带性特征。我国的荒漠植被主要分布在内蒙古自治区西部、甘肃省和宁夏回族

自治区西北部、青海省西部及新疆维吾尔自治区除阿尔泰山区与昆仑山内部山地以外的全部区域。这些地区年平均降水量一般不到 200 毫米,在阿拉善西部和北疆东部只有 60~80 毫米,在河西走廊西北部、柴达木盆地西部和南疆东部降水已不足 50 毫米。我国荒漠植物种类相当贫乏,在如此广阔的面积上,全部高等植物仅有 3900 余种,只占全国种数的 14%。其中大部分还只分布在山地上,平地上仅占 1/5 左右,常见的又不过 200 余种而已。

我国荒漠中常见的植物有梭梭、白梭梭、猪毛菜、假木贼、沙蒿、霸王、泡泡刺、锦鸡儿、骆驼刺、甘草、沙冬青、怪柳、琵琶柴、麻黄、胡杨、沙枣等。参照《内蒙古植被》(中国科学院内蒙古宁夏综合考察队, 1985)《内蒙古西部沙区荒漠灌丛植被及沙区生态建设》(徐恒刚, 2004)和《中华人民共和国植被图》(侯学煜, 1982)等, 乌兰布和沙漠分布的荒漠植被类型有:

(4) 梭梭荒漠 (*Haloxyylon ammodendron* desert)

梭梭是一种超早生的小乔木,在良好的条件下,可形成所谓的荒漠林。它是温带荒漠中生物产量最高的植被类型,与白刺各形成单独群落或混交群落。白刺群系是狭幅型的荒漠植被,而梭梭群系则是广布于沙漠、泥漠、盐漠和砾漠中。由梭梭构成的荒漠群系是乌兰布和沙漠中分布较广的荒漠植被类型,主要分布于山前洪积扇前缘,地势较为平坦的松沙质漠钙土上,植被盖度约30%~50%,天然的梭梭荒漠林在这儿所剩无几,能见到的主要是梭梭次生林。在半固定沙丘与丘间地的沙质土上与白刺混交组成荒漠丛林,在沙壤质土上发育最好,可形成高大郁闭的丛林,梭梭的耐盐和耐干旱贫瘠的能力也很强,常可形成盐生植被和戈壁荒漠植被。

(5) 霸王荒漠 (*Sarcozygium xanthoxylon* desert)

霸王是古老荒漠残遗植物。霸王荒漠植被多见于砾质或沙砾质洪积冲积扇形和剥蚀残丘,生境条件十分严酷,极其干旱,土壤为灰棕荒漠土和棕色荒漠土。霸王荒漠的生活环境与沙冬青荒漠极为相似,但在亚洲中部干旱区的分布要比沙冬青更为广泛,霸王荒漠植被的分布多呈零星片状分布,一般面积不大。在沙砾质戈壁,霸王荒漠一般沿干河床或流水线或浅洼地分布,伴生种有红砂、绵刺、驼绒藜、刺叶柄棘豆、沙生针茅、无芒隐子草、砂蓝刺头、五星蒿、猪毛菜、沙米等。

(6) 泡泡刺荒漠 (*Nitraria sphaerocarpa* desert)

泡泡刺荒漠是典型的荒漠群系,较广泛分布于乌兰布和沙漠之中,为沙漠地区较常见的地带性植被类型之一。泡泡刺生长极为稀疏,基部常有积沙堆。具稀疏的枝叶和特化的泡囊状果实,耐强风和极旱。群落盖度很低,一般盖度不足5%。群落结构简单,除常见的单优群系外,还常与沙拐枣、红砂、梭梭等形成不同群落。种类组成贫乏,伴生植物有合头草、猪毛菜等。

(7) 白刺荒漠 (*Nitraria pss.* desert)

唐古特白刺荒漠 (*Nitraria tagutorum* desert) 是乌兰布和沙漠内盐化荒漠的主要群落类

型之一，常在湖盆外围呈环形分布，并与湖盆低部的盐生草甸、盐爪爪群丛以及其它盐生植物群丛等同排列成同心圆式的生态分布格局。它也可出现在低山残丘间宽谷低地、坡麓地带、洪积扇缘和干河谷及其阶地上。

齿叶白刺荒漠 (*Nitraria roborowskii* desert) 的特征与唐古特白刺荒漠十分相似，它的分布区范围小一些，主要分布在典型荒漠区。分布区在灰棕荒漠土带，半固定沙地、沙土，枝条半直立能形成低平的白刺沙堆。其典型生境也是湖盆盐湿低地和盐化沙地，由于耐盐性更强，所以成为盐湿荒漠的代表群系。

西伯利亚白刺荒漠 (*Nitraria sibirica* desert) 属耐盐喜潜水灌木荒漠，分布于荒漠区、荒漠草原地带，棕钙土带，湿润的滨湖盐渍土、潮土、低湿平原，潜水1~4米的沙漠地区流动、半流动沙丘地带。西伯利亚白刺的灌丛下，通常形成灌丛沙包，沙包高50~70cm，直径200~400cm，其上植丛高约30~40cm，在地下水位1~3m的盐渍土上，群落盖度可达40%~50%，伴生植物有黑果枸杞、盐爪爪、无叶假木贼、芨芨草与芦苇等，在地上水位3~4m以下的龟裂性盐土上，则生长衰弱，植株稀疏，群落盖度为20%~30%，沙包间低地有具叶盐爪爪等盐柴类半灌木。



梭梭荒漠



白刺荒漠

(8) 沙冬青荒漠 (*Ammopiptanthus mongolicus* desert)

沙冬青属是亚洲中部特有的常绿灌木，沙冬青荒漠是我国阿拉善荒漠特有的类型，由沙冬青所组成的常绿灌木群落往往与石质、沙砾质、沙质（覆沙）荒漠土壤以及石质残丘内部的干谷、盆地有着密切联系，常常在低山带或山前、山间谷地形成条带状或团块状群落。沙冬青荒漠基本上是一个草原化荒漠类型，在乌兰布和沙漠的半固定沙地和沙漠内的低山残丘上，常沿沙漠外缘与砾质荒漠之间形成带状沙冬青群落。分沙冬青砾漠和沙冬青沙漠两类。伴生植物常有霸王、红砂、驼绒藜、绵刺、蒙古扁桃、沙生针茅、猪毛菜、细叶鸢尾、蒙古葱等。

(9) 绵刺荒漠 (*Potaninia mongolica* desert)

绵刺是一种古老残遗植物，属于蔷薇科一个古老的单种属，为阿拉善荒漠区的特有种，具有很独特的形态结构特点，它的分布区较狭小。绵刺荒漠的主要生境类型是薄层覆沙的沙

砾质戈壁，而且多生于冲刷沟、径流线和洪积扇上，并与其它荒漠群落形成有规律的交替分布。土壤为灰荒漠土及灰棕荒漠土。绵刺对盐碱化土壤具有相当适应能力，在湖盆的边缘，盐爪爪群落的外围也能形成绵刺群落。根系粗壮发达，对干旱气候具有特殊的适应性，在极度干旱季节，生长微弱，甚至处于“假死”状态，但当获得一定水分时，又能恢复正常生长，并可开花结实。

(10) 柠条、蒙古沙拐枣、霸王、矮禾草荒漠 (*Caragana korshinskii*, *Calligonum mongolicum*, *Sarcozygium xanthoxylon*, dwarf needlegrass desert)

本类型属西鄂尔多斯-东阿拉善草原化荒漠的沙积灌木荒漠类型。常见于半固定沙丘、丘间沙地，或覆盖在各种基质上的薄层沙地以及砂岩风化物上。群落的层次结构比较稀疏，伴生植物主要有沙冬青、驼绒藜、油蒿、沙生针茅、无芒隐子草、久苓菊、砂蓝刺头、甘草、变异黄芪、小画眉草、三芒草、猪毛菜、虫实、阿拉善沙芥等。

(11) 红砂荒漠 (*Reaumuria songarica* desert)

红砂荒漠是荒漠植被中分布广、面积大的一类地带性植被类型，红砂植被主要生境是在山前洪积扇、石质山地、剥蚀残丘、戈壁滩、湖积平原、沙地和黄土丘坡，土壤以棕色荒漠土、灰棕荒漠土、棕钙土和灰钙土为主，质地粗、多数含石膏，并常有沙化现象。红砂荒漠有红砂沙漠、红砂砾漠和红砂壤漠三种类型。

(12) 驼绒藜荒漠 (*Ceratoides latens* desert)

驼绒藜是强旱生半灌木，并有一定的耐寒性，属于中温带荒漠的建群种。驼绒藜荒漠在乌兰布和沙漠中的分布较少，一般只有零星小片分布，贺兰山西麓、狼山北麓与巴音乌拉山等山麓的沙质、沙砾质山前平原上以及山间谷地中有小面积的出现。群落中草原植物的种类和数量很少，不能形成层片，但荒漠灌木与半灌木的种类较多，作用明显，伴生植物种类有霸王、沙冬青、绵刺、红砂、刺叶柄棘豆等。

(13) 沙蒿荒漠 (*Artemisia desertorum* desert)

沙蒿为超旱生沙生植物，是流动沙地上的先锋植物。叶具有较厚的角质层，以抑制蒸腾失水，有发达的栅栏组织，有利于增大叶绿体对光照和二氧化碳的吸收面，提高光合作用的活性。在水分关系上，沙蒿可使水势和蒸腾强度降低，而提高水分饱和亏和束缚水同自由水的比值，从而节约水分提高利用水分效率。乌兰布和沙漠中沙蒿荒漠植被主要分布在流动和半流动沙地上，通常有沙蒿单优势种群或与沙竹共同形成群落，伴生种较少。

(14) 油蒿荒漠 (*Artemisia ordosica* desert)

油蒿是一种多分枝的半灌木植物，它的分布跨越了典型草原、荒漠化草原和半荒漠三个自然地带，在同一自然地带内，它又可以生长在不同类型的沙土生境上，从半固定沙丘到固定沙丘，从草甸性沙地到覆沙梁坡地都能生长，土壤为原始栗钙土和原始灰钙土、或栗钙土型和灰钙土型沙土。油蒿群落总盖度30%~40%，生长茂盛，种类组成较丰富，以油蒿占绝对优势，相对盖度达80%以上。伴生植物有沙拐枣、沙蒿、盐生草、小画眉草、沙米、五星

蒿、沙生针茅等。



沙冬青荒漠



沙蒿荒漠

(15) 盐爪爪荒漠 (*Kalidium foliatum* desert)

盐生半灌木，生态幅度较广。生于乌兰布和沙漠区盐湖外围和盐碱地上，散生或群集，可为盐湿荒漠群落的优势种。有封闭低洼地形荒漠盐土上形成的里海盐爪爪荒漠、山前洪积冲积平原干燥剥蚀低山山间盆地和局部低洼地段的尖叶盐爪爪荒漠、山前冲积平原河流两岸低地山间盆地浅凹地段的细枝盐爪爪荒漠等。



油蒿荒漠



盐爪爪荒漠

(16) 沙地先锋植物群聚 (Pioneer plant community on sandylands)

一年生沙生植物群聚：藜科沙蓬属中的沙米是亚洲大陆干旱-半干旱地区各种类型的流动、半流动沙地上的广布种，雾冰藜属中的五星蒿在半裸露、半固定型的沙质撂荒地上分布极广，可形成背景化季相。虫实属的虫实有多种，且在分布上表现出明显的分布范围区域特征。它们是一年生先锋固沙植物，共同的特点是结实量很大，借风力传播面广，遇雨即能快速发芽生长，局部可形成绿色背景。结构单纯，多为单优势种“纯”群，或仅有少量其它沙生成分渗入。

根茎型禾草群聚：乌兰布和沙漠中典型的代表植物是沙竹，除森林草原地带外，沙竹在干旱-半干旱草原地带，草原化荒漠地带的各种类型的流动性裸露沙丘以及次生沙质撂荒地上分布都很普遍。

根蘖型杂类草沙生植物群聚：乌兰布和沙漠中典型的代表植物是苦豆子，依靠垂直根茎

藁生不定根和不定芽，占领空间的能力较强，一旦定居，即能繁衍滋生形成群聚，具有很强的竞争能力，覆盖很大的沙地面积。

3. 草甸植被—Meadow

草甸是一种生长在中等湿润条件下具有中生特性的草本植被。草甸是一个相当广泛的概念，根据分布地形部位可分为河漫滩草甸和大陆草甸，大陆草甸又可分为旱地草甸、低地草甸、山地草甸、亚高山草甸和高山草甸。按植物群落性质可分为典型草甸、高寒草甸、沼泽化草甸和盐生草甸等。草甸一般不构成独立的地带，属隐域性植被或跨带植被，但高山草甸和亚高山草甸可组成植被垂直带。

根据建群种组成及其分布的特点，乌兰布和沙漠内分布的草甸应属于盐生草甸类。盐生草甸植被是由耐盐性的中生多年生草类所组成的群落。由于内陆盐渍化地区处于干旱、半干旱地带，地面蒸发十分强烈，致使低湿地上不同程度的土壤盐渍化现象较为普遍，为盐生草甸的发生创造了大量的生境。因此，盐生草甸的群系类型虽不甚多，但群落分布却十分广泛。分布于乌兰布和沙漠内的盐生草甸植被主要有芦苇盐生草甸、芨芨草盐生草甸和马蔺盐生草甸。

(17) 芦苇盐生草甸 (*Phragmites australis* holophytic meadow)

芦苇是一种生活力非常强的多年生根茎禾草，生态适应幅度相当广。芦苇草甸广泛分布于我国的新疆、青海柴达木、甘肃河西、宁夏、内蒙古和华北、东北地区，所在地土壤比较潮湿，地下水位浅，主要为盐化草甸土，或为草甸盐土、典型盐土，有时也分布于某些水分条件较好的固定半固定沙丘上。

芦苇盐生草甸也是乌兰布和沙漠中分布比较普遍的草甸群落，分布地地势低洼，地下水位较高或有季节性短时浅薄积水。群落中种类组成简单，是一种隐域性植被类型，芦苇的群落作用显著而稳定，伴生植物主要有香蒲、芨芨草等。

(18) 芨芨草盐生草甸 (*Achnatherum splendens* holophytic meadow)

芨芨草属古地中海区系成分，它所组成的盐化草甸是欧亚大陆温带干旱区及半干旱区特有的草甸群系，形成芨芨草草甸的主要生境地为河漫滩、干河谷、扇缘低地、湖盆洼地、丘间洼地以及其它闭合洼地等，不进入半湿润及湿润地区。在我国境内，它广泛分布于西北荒漠区及内蒙古草原区，并且是总分布面积最大的隐域性植被。其分布的最东界以东经120°为限，最冬点在海拉市以东的谢尔塔拉及赤峰以东的老哈河沿岸。本次考察地主要分布在河套平原及黄河沿岸地区。由于芨芨草的生态幅度较宽，所适应的生境类型比较多样，群落的层片结构也相当复杂，所以芨芨草盐生草甸的群落类型较为丰富。在《内蒙古植被》中将其划分为15个群丛，本次考察再没有细分。



芨芨草盐生草甸



马蔺盐生草甸

(19) 马蔺盐生草甸 (*Iris lactea* var. *chinensis* holophytic meadow)

马蔺草甸常散见于我国北方各省区,在宁夏腾格里沙漠和甘肃祁连山区及青海东部地区有较大面积分布,西藏也有,马蔺盐生草甸在乌兰布和沙漠中也有较多分布,主要生境有河滩地、丘间盆地、沙丘间滩地及湖泊外围等,土壤为盐化草甸土,质地多为壤土,表土湿润,地下水位较高。马蔺草群高度一般在20~50cm之间,覆盖度在30%~90%不等,马蔺为多年生草本,具粗短根茎,常与多种亚建群种组成不同的植物群落。

4. 沼泽植被—Swamp

沼泽植被是不沉没于水中的湿生植物群落。在分布上没有地带性,类型很多,主要有草本沼泽和泥炭藓沼泽。乌兰布和沙漠中分布的主要是草本沼泽植被,草本沼泽植被是由湿生草本植物在地表积水,土壤过湿并常有泥炭积累的生境中所组成的各种植物群落,它也是一种隐域性的植被。由于多水的生境中,生态条件比较均一,不像一般土壤生境的变幅显著,所以植物区系和植被组成中,广布种较多。在草本沼泽中,单子叶植物常占优势,常见的成分有苔草属(*Carex*)、芦苇(*Phragmites communis* Trin.)、蔗草属(*Scirpus*)、香蒲属(*Typha*)、泽泻属(*Alisma*)、水芹属(*Oenanthe*)、蓼属(*Polygonum*)等,由于本次考察的区域中,沼泽植被分布面积小且零散,群落类型也不复杂,因此,在这里只对考察中出现的香蒲沼泽和芦苇沼泽做简要阐述。

(20) 香蒲沼泽 (*Typha* spp. swamp)

香蒲沼泽占据的生境主要是湖泊的边缘、河滩泛滥地、牛轭湖、沙丘间积水滩地等,一般为常年或生长季持续积水,土壤为腐殖质沼泽土,PH值一般在6.5~8.0之间。群落的植物种类少,常见的伴生植物有芦苇、水葱、荆三稜、灯心草、眼子菜等。群落外貌整齐,绿葱葱,植株高大茂密,结构为单一草本层,草层的高度1.0~1.5m,香蒲为单优势种。

(21) 芦苇沼泽 (*Phragmites communis* swamp)

芦苇沼泽是世界性广泛分布的沼泽类型,在内蒙古草原区及荒漠区的许多河流沿岸及湖滨低地有面积大小不同的分布,乌兰布和沙漠的湖积及黄河沿岸低地积水区也有分布。芦苇沼泽的典型生境是常年或生长季积水的河滩与湖滨泛滥低地,积水深度约20~80cm,土壤多

是在冲积物上发育的腐殖质沼泽土，也有些是弱盐化沼泽土，一般呈中性或弱碱性。芦苇沼泽的群落类型分化不多，最常见的是单优势种芦苇沼泽群落，组成群落的伴生植物因分布地的不同而有所不同，主要有水葱、狭叶香蒲、小香蒲、线叶眼子菜、沼委陵菜、水蓼等。



香蒲沼泽



芦苇沼泽

二、植被的数量分类

传统的植物群落分类大多是建立在定性描述的基础上的，对同一植被实体的研究，不同的学者因其对植被研究的出发点不同，观察的角度不同，采用的分类方法及分类系统不同，得出的结论有很大差异，因而在植被群落分类中易引起混乱。随着科学研究的精细化和精确化时代的到来，传统的群落分类方法亦不能满足植被分类的要求，因而进入植被群落的定量分析阶段。运用数学方法和计算机手段对各种类型的植物群落进行定量分类的研究，是从五十年代开始的，六十年代得到迅速的发展。因为它是对数据进行客观的比较和分析，减少主观任意性的干扰，从而弥补了传统分类的不足（卓正大等，1987）。自1953年Goodall将数量分类方法引入植被分类研究以来，植被群落数量分类蓬勃发展，并产生了一系列的数学模型和计算公式，归纳起来包括两类处理大量数据的多元分析方法：分类和排序（潘代远等，1995；何立新等，1995）。如等级聚类分类、等级划分分类、聚类分析、主成分分析、相互平均技术、典范分析、主坐标分析、位置向量排序、无趋势对应分析、多维统计分析和高斯排序等，这些技术在国外的研究中已有广泛应用（王伯荪等，1988；沈渭寿等，1997；上官铁梁等，2001；党承林等，1982）。Hill等（Hill等，1979）引入指示种分析法，并在应用中不断完善形成双向指示种分析法（Two-Way Indicator Species Analysis, TWINSpan）。TWINSpan同时实现了样方和物种的分类，结果更符合植被分布的自然规律，同时有国际通用的程序，因而成为当今最常用的多元分析方法。近年来，关于这方面国外的植被研究多趋向于植被的数量分类及不同植被类型分布规律研究，在TWINSpan的基础上，又涌现出

了一些新的分类方法，如典范指示种分析法、排序轴分析法等，但TWINSpan法在一定时期内仍将占主导地位（郑慧莹，1986；张金屯，2004；彭少麟等，1989；张桂莲等，2002；吴东丽等，2005）。本节内容主要对乌兰布和沙漠植被做数量分类和植被类型与分布的研究。

以每个植物种的重要值为数量指标，对乌兰布和沙漠的 65 个样地进行 TWINSpan 等级分类，TWINSpan 树状分类如图 2-1 所示。

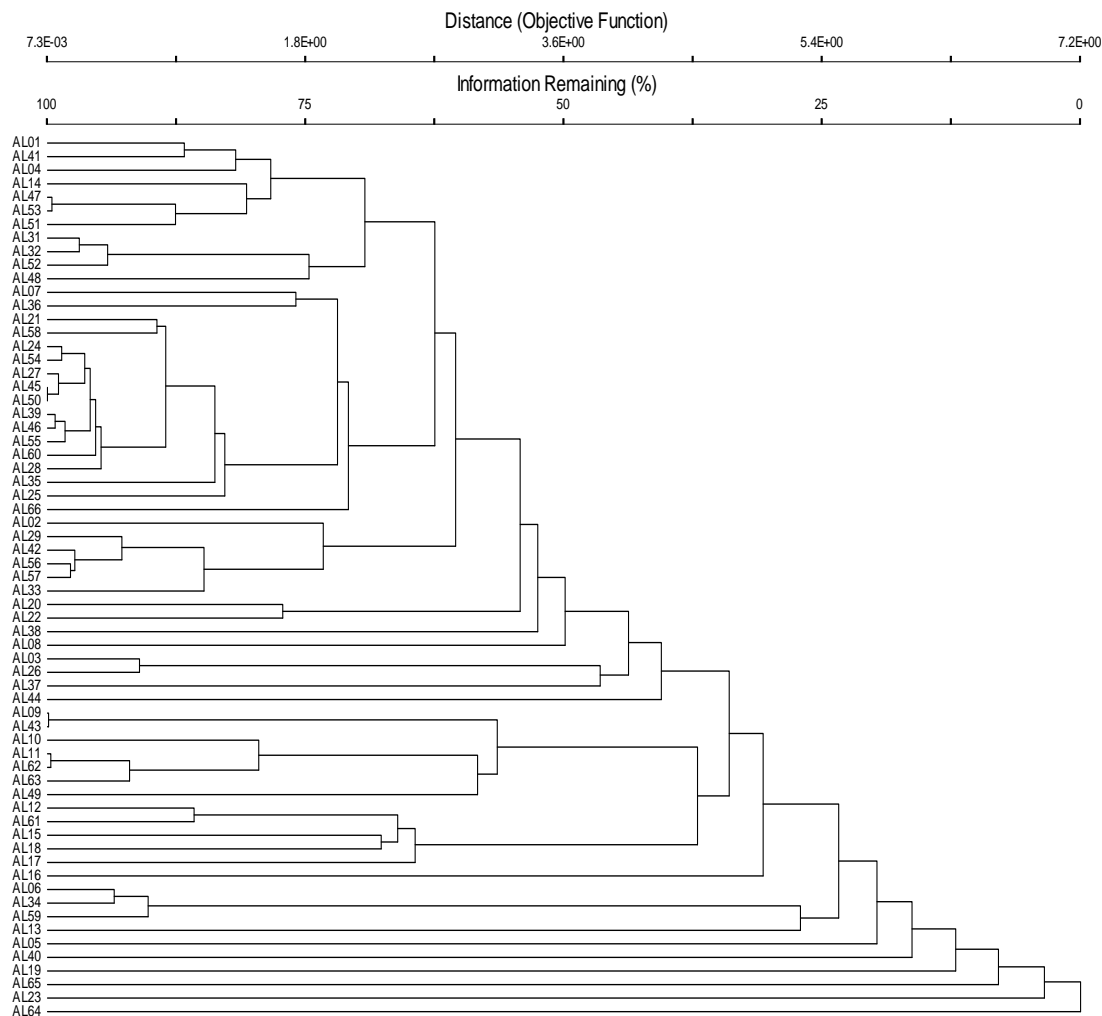


图 2-1 乌兰布和沙漠植物群落的系统聚类树状图

TWINSpan 将 65 个样地分为 29 组，依据《中国植被》的分类系统并结合野外调查结果和群落的特征，对 TWINSpan 数量分类的结果进行适当的调整后，将乌兰布和沙漠植被划分为 30 个群丛。群丛 (Association) 是植被分类的基本单位，划分群丛的标准是，种类成分相同，结构和群落生态相同层片配置相同，季相变化和群落外貌相同，处于相同的演替阶段，具有相似的演替趋势（刘玉成，1985）。它们分别是：

(1) 苦豆子群丛 (Ass. *Sophora alopecuroides*)

本群丛含样地 AL64，优势种为苦豆子，群丛总盖度为 13% 左右，苦豆子单种群的盖度约为 12%，占群丛总盖度的 92%，群丛中主要伴生种有沙米、小画眉草、蒺藜等，样地位

于乌兰布和沙漠的北端双庙镇的西北面。

(2) 芨芨草群丛 (Ass. *Achnatherum splendens*)

本群丛含样地 AL23, 优势种为芨芨草, 群丛总盖度为 26%左右, 优势种芨芨草单种群盖度的盖度约为 17%, 占群丛总盖度的 65%, 群丛中主要伴生种有囊果碱蓬、苦豆子、海乳草、芦苇、冰草、达乌里风毛菊等, 样地位于乌兰布和沙漠的内部查干布拉格附近。芨芨草群丛为隐域性植被, 属草甸植被类型, 在乌兰布和沙漠境内黄河干流沿岸形成的较宽的河滩与冲积平原内最多见, 特别在境内的河套平原及湖盆洼地多有分布。

(3) 红砂+怪柳群丛 (Ass. *Reaumuria songarica* + *Tamarix chinensis*)

本群丛含样地 AL65, 优势种为红砂和怪柳, 群丛总盖度不到 1%, 属于荒漠植被类型, 群丛的结构简单, 植被稀疏, 群丛的种类成分单纯, 伴生种少, 主要有盐爪爪、白刺、素枸杞、芦苇等, 样地位于乌兰布和沙漠的北端双庙镇的西面。

(4) 沙冬青+白刺群丛 (Ass. *Ammopiptanthus mongolicus* + *Nitraria tangutorum*)

本群丛含样地 AL19, 优势种为沙冬青和白刺, 群丛总盖度为 50%左右, 优势种沙冬青和白刺的盖度约为 38%, 占群丛总盖度的 76%, 群丛中主要伴生种有针茅、变异黄芪、小画眉草、隐子草、沙葱、地锦等, 样地位于乌兰布和沙漠的东部苏巴尔干呼嘟格的南面。

(5) 霸王+白刺群丛 (Ass. *Sarcozygium xanthoxylon* + *Nitraria tangutorum*)

本群丛含样地 AL40, 优势种为霸王和白刺, 群丛总盖度为 38%左右, 优势种霸王和白刺的盖度约为 36.5%, 占群丛总盖度的 96%, 典型荒漠植被类型, 生境为半固定沙地、积沙洼地和沙砾质戈壁, 有时沿干河床呈条带状分布, 本群丛类型中草本植物的作用微弱, 伴生种少, 主要有苦苣菜、骆驼蓬、砂蓝刺头、隐子草等, 样地位于乌兰布和沙漠的西部吉兰泰和哈夏图之间, 天然梭梭林的周围。

(6) 柠条群丛 (Ass. *Caragana korshinskii*)

本群丛含样地 AL05, 优势种为柠条, 群丛总盖度为 24%左右, 优势种柠条种群的盖度约为 22%, 占群丛总盖度的 92%, 柠条为典型草原、荒漠草原地带旱生具刺灌木, 极耐干旱和贫瘠, 是乌兰布和沙漠中水土保持和固沙造林的重要灌木种类。群丛中主要伴生种有骆驼蓬、虫实、小画眉草、蒺藜、白刺、沙冬青等, 样地位于乌兰布和沙漠的西北部罕乌拉的西南面。

(7) 沙葱群丛 (Ass. *Allium mongolicum*)

本群丛含样地 AL13, 优势种为沙葱, 群丛总盖度为 <1%, 优势种沙葱的密度约为 4.2 株(丛)/m², 高度平均在 11cm 左右, 沙葱一般为沙漠草甸植物的伴生植物, 常生于海拔较高的砂壤戈壁中, 但在本样地中以优势种形成沙葱群丛, 占地面积较大, 群丛中主要伴生种有狗尾草、三芒草、蒺藜、骆驼蓬、沙米等, 样地位于乌兰布和沙漠的南缘。

(8) 三芒草+灌木-草本群丛 (Ass. *Aristida adscensionis* + shrub-grass)

本群丛含样地 AL06、AL34 和 AL59, 优势种为草本植物三芒草, 次优势种为梭梭或鹰

爪柴或其它草本植物（如蒺藜等），三芒草+灌木群丛的总盖度为 35%左右，优势种三芒草的盖度约为 20%，占群丛总盖度的 57%，三芒草+其它草本植物群丛的总盖度一般在 4%左右，三芒草的盖度是 3%，占总盖度的 75%，该群丛中主要伴生种有盐生草、蒺藜、虎尾草、地锦、骆驼蓬、五星蒿、狗尾草、变异黄芪、沙葱、虫实、隐子草等，样地位于乌兰布和沙漠的西北部。

(9) 沙生冰草+芦苇群丛 (*Ass. Agropyron desertorum + Phragmites australis*)

本群丛含样地 AL16，群丛中一般就有沙生冰草和芦苇这两种草本植物，群丛总盖度为 1.5%左右，沙生冰草和芦苇的平均密度分别为 16 株（丛）/m²和 1.7 株（丛）/m²，高度平均分别是 19cm 和 13cm 左右，样地位于乌兰布和沙漠的东南部巴音树贵的北面。



沙葱群丛



芦苇群丛

(10) 油蒿群丛 (*Ass. Artemisia ordosica*)

本群丛含样地 AL12、AL15、AL17、AL18 和 AL61，属于沙地半灌木蒿类植被，沙生先锋植物群聚之后发生的半郁闭的植物群丛的聚合，沙地植被中最有代表性的主体组成部分，优势种油蒿是亚洲中部干旱-半干旱气候条件下在沙土基质环境中植物界生存斗争的优胜者，也是一个相当稳定的建群种，它可与多种不同生活型的植物组合形成多种组合群丛，如 AL12 的组合：沙米+油蒿+霸王，AL15 的组合：油蒿+小画眉草+沙竹，AL17 的组合：油蒿+沙生冰草，AL18 的组合：沙竹+油蒿+沙冬青，AL61 的组合：油蒿+沙米+沙竹，群丛的伴生植物种很多，主要有白刺、沙蒿、虫实、五星蒿、地锦、驴驴蒿、三芒草、飞廉、沙拐枣、沙生针茅、沙地旋覆花、曼陀螺、盐生草、甘草、蒺藜、骆驼蓬、变异黄芪、隐子草、沙葱等，样地在乌兰布和沙漠的南部、东南部、东部和东北部均有。

(11) 沙蒿+沙竹群丛 (*Ass. Artemisia desertorum+ Psammochloa villosa*)

本群丛含样地 AL49，群丛中一般只有沙蒿和沙竹这两种植物，群丛总盖度为 20%左右，沙蒿盖度是 15%左右，沙竹盖度是 5%左右，植株的密度稀疏，大约每 3~4 m²两种植物各有 1 株分布，群丛在乌兰布和沙漠中的分布零散，呈集聚分布，样地位于乌兰布和沙漠主体区域的西南哈图陶与包日毛道之间。

(12) 沙蒿+沙米群丛 (*Ass. Artemisia desertorum+ Agriophyllum squarrosum*)

本群丛含样地 AL10、AL11、AL62 和 AL63，优势种为沙蒿，次优势种为沙米，群丛总盖度一般为 30%左右，优势种沙蒿的盖度约为 16%，占群丛总盖度的 53%，次优势种沙米的盖度约为 2%，占群丛总盖度的 6%~7%，群丛中主要伴生种有芦苇、小画眉草、沙竹、沙拐枣、花棒等，样地位于乌兰布和沙漠的沙漠主体外缘。

(13) 沙竹+沙米群丛 (Ass. *Psammochloa villosa* + *Agriophyllum squarrosum*)

本群丛含样地 AL09 和 AL43，群丛中一般只有沙竹和沙米这两种植物，群丛总盖度一般为 9%左右，样地位于乌兰布和沙漠的西南部吉兰泰和哈夏图的南面。



沙蒿+沙竹群丛



沙竹+沙米群丛

(14) 芦苇+白刺群丛 (Ass. *Phragmites australis* + *Nitraria tangutorum*)

本群丛含样地 AL44，优势种为芦苇和白刺，群丛总盖度为 15%左右，优势种芦苇和白刺的盖度约为 13.5%，占群丛总盖度的 90%，群丛中主要伴生种有盐爪爪、达乌里风毛菊、马蔺、披针叶黄花等，样地位于乌兰布和沙漠的中部哈夏图附近。

(15) 马蔺群丛 (Ass. *Iris lactea* var. *chinensis*)

本群丛含样地 AL37，优势种为马蔺，群丛总盖度为 27%左右，优势种马蔺的盖度约为 21%，占群丛总盖度的 78%，属于草甸植被类型，主要生境有河滩地、丘间盆地、沙丘间滩地及湖泊外围等，土壤多为盐化草甸土，质地多为壤土，表土湿润。群丛中主要伴生种有盐爪爪、碱蓬、白刺等，样地位于乌兰布和沙漠内部查干布拉格的北面。

(16) 盐爪爪群丛 (Ass. *Kalidium foliatum*)

本群丛含样地 AL03 和 AL26，优势种为盐爪爪，群丛总盖度一般为 64%左右，优势种盐爪爪的盖度约为 42%，占群丛总盖度的 65%，群丛中主要伴生种有红砂、五星蒿、小画眉草、白刺、芦苇等，样地位于乌兰布和沙漠西南部边缘和沙漠腹地内。

(17) 梭梭+白刺+盐爪爪群丛 (Ass. *Haloxylon ammodendron* + *Nitraria tangutorum* + *Kalidium foliatum*)

本群丛含样地 AL08，优势种为梭梭，次优势种为白刺和盐爪爪，群丛总盖度不到 1%，属于稀疏荒漠植被，群丛中主要伴生种有红砂、盐生草、芦苇等，样地位于乌兰布和沙漠西部吉兰泰的北面。

(18) 小画眉草+灌木群丛 (Ass. *Eragrostis minor* + scrub)

本群丛含样地 AL20、AL22 和 AL25, 优势种为草本植物小画眉草, 次优势植物为灌木, 如 AL20 样地中次优势种为白刺, AL22 样地中次优势种为沙冬青和梭梭, AL25 样地中次优势种却是梭梭和盐爪爪, 这类群丛的总盖度一般 $<0.5\%$, 小画眉草为一年生植物, 各年度随降雨量的变化而有所变化, 丰水年份小画眉草为优势种, 干旱年份灌木植物为优势种, 该类型的群丛中一般伴生植物种类较多, 主要伴生种有五星蒿、旱蒿、地锦、沙米、盐生草、虎尾草、沙生针茅、冠芒草、隐子草、碱蓬、沙葱、变异黄芪等, 样地位于乌兰布和沙漠内部查干布拉格和巴彦木仁苏木之间。

(19) 梭梭+白刺群丛 (Ass. *Haloxylon ammodendron* + *Nitraria tangutorum*)

本群丛含样地 AL02、AL24、AL27、AL28、AL29、AL33、AL35、AL38、AL39、AL42、AL45、AL46、AL50、AL54、AL55、AL56、AL57 和 AL60, 优势种为梭梭, 次优势种为白刺, 群丛总盖度一般为 30%~50%左右, 本群丛类型在乌兰布和沙漠中的分布普遍, 也是本次调查的重点, 因而调查的样地多, 群丛中优势种梭梭的盖度由于不同样地所处的生境条件有差异而有变化, 次优势种白刺的盖度也有变化, 不同样地中的伴生植物也因生境的变化而有差异, 主要伴生种有五星蒿、小画眉草、地锦、骆驼蓬、虫实、蒺藜、阿拉善单刺蓬、沙米、红砂、三芒草、盐生草、盐爪爪、狗尾草等, 样地位于乌兰布和沙漠内部梭梭分布各区域。

(20) 白刺+虫实+五星蒿群丛 (Ass. *Nitraria tangutorum* + *Corispermum mongolicum* + *Bassia dasyphylla*)

本群丛含样地 AL66, 优势种为白刺, 次优势种为虫实和五星蒿, 群丛总盖度为 33%左右, 优势种白刺的盖度约为 13%, 占群丛总盖度的 39%, 虫实和五星蒿的盖度在 2%左右, 占总盖度的 6%, 群丛中主要伴生种有小画眉草、碱蓬、骆驼蓬、梭梭、沙冬青、沙拐枣、红砂、砂蓝刺头、变异黄芪、霸王、蒺藜、鸦葱等, 样地位于乌兰布和沙漠东北部敖伦布拉格与双庙镇的中部。

(21) 沙冬青+小画眉草群丛 (Ass. *Ammopiptanthus mongolicus* + *Eragrostis minor*)

本群丛含样地 AL21 和 AL58, 优势种为沙冬青, 次优势种为小画眉草, 群丛总盖度为 27%左右, 优势种沙冬青的盖度约为 14%, 占群丛总盖度的 52%, 次优势种小画眉草盖度 $<1\%$, 群丛中主要伴生种有梭梭、白刺、霸王、黄蒿、三芒草、沙葱、沙生针茅、变异黄芪、虎尾草、沙米、地锦、狗尾草、五星蒿、虫实、红砂、荒漠锦鸡儿、裸果木、猫头刺、绵刺、泡泡刺、珍珠、隐子草等, 样地位于乌兰布和沙漠中部和北部。

(22) 虫实 + 沙冬青 + 梭梭群丛 (Ass. *Corispermum mongolicum* + *Ammopiptanthus mongolicus* + *Haloxylon ammodendron*)

本群丛含样地 AL36, 优势种为草本植物虫实, 次优势种为灌木沙冬青和梭梭, 群丛总盖度为 26.6%左右, 优势种虫实的盖度约为 9%, 占群丛总盖度的 34%, 次优势种沙冬青和

梭梭的盖度为 13%，占群丛总盖度的 49%，群丛中主要伴生种有沙拐枣、霸王、泡泡刺、白刺、五星蒿、沙米、地锦、蒺藜、小画眉草等，样地位于乌兰布和沙漠中心腹地。

(23) 虫实+白刺+梭梭群丛 (Ass. *Corispermum mongolicum* + *Nitraria tangutorum* + *Haloxylon ammodendron*)

本群丛含样地 AL07，优势种为草本植物虫实，次优势种为灌木白刺和梭梭，群丛总盖度为 72%左右，优势种虫实的盖度约为 8.5%，占群丛总盖度的 12%，次优势种沙冬青和梭梭的盖度为 62%，占群丛总盖度的 86%，群丛中主要伴生种有小画眉草、蒺藜、三芒草、沙米、盐生草等，样地位于乌兰布和沙漠西部外缘。

(24) 白刺+沙竹+沙米群丛 (Ass. *Nitraria tangutorum* + *Psammochloa villosa* + *Agriophyllum squarrosum*)

本群丛含样地 AL48，优势种为白刺，次优势种为草本沙竹和沙米，群丛总盖度为 28.8%左右，优势种白刺的盖度约为 16.4%，占群丛总盖度的 57%，次优势种沙竹和沙米的盖度在 9.7%左右，占群丛总盖度的 33.7%，群丛中主要伴生种有梭梭、虫实、五星蒿等，样地位于乌兰布和沙漠腹地内包日毛道的西南面。

(25) 虫实+梭梭+白刺群丛 (Ass. *Corispermum mongolicum* + *Haloxylon ammodendron* + *Nitraria tangutorum*)

本群丛含样地 AL31、AL32 和 AL52，优势种为虫实，次优势种为梭梭和白刺，群丛总盖度为 17%左右，优势种虫实的盖度约为 2.5%，占群丛总盖度的 14.7%，次优势种梭梭和白刺的盖度在 12.5%左右，占群丛总盖度的 73%，群丛中主要伴生种有蒺藜、五星蒿、沙米、骆驼蓬、泡泡刺、沙冬青、猪毛菜、红砂、沙拐枣、虫实、五星蒿、小画眉草等，样地位于乌兰布和沙漠腹地内部。

(26) 白刺+沙米+虫实群丛 (Ass. *Agriophyllum squarrosum* + *Corispermum mongolicum* + *Halogeton glomeratus*)

本群丛含样地 AL51，优势种为白刺，次优势种为沙米和虫实，群丛总盖度约为 23%，优势种白刺的盖度为 22.8%，占群丛总盖度的 99%以上，其它植物的盖度和不到总盖度的 1%，群丛中的伴生种少，样地位于乌兰布和沙漠西部吉兰泰北面。

(27) 沙米+梭梭+五星蒿群丛 (Ass. *Agriophyllum squarrosum* + *Haloxylon ammodendron* + *Bassia dasyphylla*)

本群丛含样地 AL53 和 AL47，优势种为沙米，次优势种为梭梭和五星蒿，群丛总盖度为 19%左右，优势种沙米的盖度约为 12%，占群丛总盖度的 63%，次优势种梭梭和五星蒿的盖度在 5.6%左右，占群丛总盖度的 29.5%，群丛中主要伴生种有蒺藜、虫实、变异黄芪等，样地位于乌兰布和沙漠西北部。

(28) 沙米+沙冬青+沙葱群丛 (Ass. *Agriophyllum squarrosum* + *Ammopiathanthus mongolicus*)

+ *Allium mongolicum*)

本群丛含样地 AL14, 优势种为沙米, 次优势种为沙冬青和沙葱, 群丛总盖度为 32% 左右, 优势种沙米的盖度约为 12%, 占群丛总盖度的 37.5%, 次优势种沙冬青和沙葱的盖度在 17% 左右, 占群丛总盖度的 53%, 群丛中主要伴生种有沙竹等, 样地位于乌兰布和沙漠南部边缘。

(29) 沙米+骆驼蓬+灌木群丛 (*Ass. Agriophyllum squarrosum + Peganum harmala + shrub*)

本群丛含样地 AL01 和 AL41, 优势种为沙米, 次优势种为骆驼蓬和灌木(白刺或梭梭), 群丛总盖度为 16.6% 左右, 优势种沙米的盖度约为 4%, 占群丛总盖度的 24%, 次优势种骆驼蓬和灌木的盖度在 8.6% 左右, 占群丛总盖度的 52%, 群丛中主要伴生种有沙拐枣、虫实、五星蒿、蒺藜、盐生草、阿拉善单刺蓬、小画眉草等, 样地位于乌兰布和沙漠西南部。

(30) 沙米+白刺+沙冬青群丛

(*Ass. Agriophyllum squarrosum + Nitraria tangutorum + Ammopiptanthus mongolicus*)

本群丛含样地 AL04, 优势种为沙米, 次优势种为白刺和沙冬青, 群丛总盖度为 24% 左右, 优势种沙米的盖度约为 6%, 占群丛总盖度的 25%, 次优势种白刺和沙冬青的盖度在 11% 左右, 占群丛总盖度的 46%, 群丛中主要伴生种有驼绒藜、猪毛菜、霸王、绵刺、沙拐枣、沙米、骆驼蓬、虫实、小画眉草、沙生针茅、沙葱、蒺藜、狗尾草、五星蒿等, 样地位于乌兰布和沙漠西北部边缘。

第三节 植被结构与数量特征

一、研究方法

(一) 调查方法

样地选择: 在野外进行植物群落学研究时, 为了获得准确的定性和定量数据, 进而对整个群落特征做出分析、判断, 必须在对群落的发生、演替、分布以及人类活动对植物群落的影响等基本情况有所了解的前提下选择和设置调查样地进行取样调查。取样调查时首先得选定一定面积的地段即样地, 再在样地内取样样方, 对群落特征进行观测。所谓样地是指能够反映植物群落基本特征的一定地段。样地的选择标准是: 各类成分的分布要均匀一致; 群落结构要完整, 层次要分明; 生境条件要一致 (尤其是地形和土壤), 最能反映该群落生境特点的地段; 样地要设在群落中心的典型部分, 避免选在两个类型的过渡地带; 样地要有显著的实物标记, 以便明确观察范围。在符合上述五个选择标准的基础上确定样地, 并对样地基本情况描述记录为后来的野外调查结果和数据处理以及研究论文和工作报告的撰写提供不可缺少的基础资料。

样方设置：调查时以同一群落类型（或立地类型）为单位。根据待调查群落所处的具体地带、所属的植被类型来确定样方面积和样方数。样方设置有机械和随机两种方法，前者在群落（或立地类型）内等距地机械布置样方；后者在若干随机点上向四周扔出一系列带标志的标竿或铁片等作为新样方的中心点。

本次调查根据植被类型的丰富程度和植株间距大小的差异，在乌兰布和沙漠地区采用20m×20m的灌木群落作为调查最小面积，每样地灌木调查样方做三个重复，每个灌木样方对应3~5个1m×1m的草本样方。

1. 种群调查

本次调查中，种群调查主要针对梭梭进行，每个样地对应一个种群调查样方。采用改进的巢式样方法，对每株梭梭进行坐标测量，确定每株梭梭的空间位置，同时测量每株的地径、高度、冠幅等个体生物学特征，并记录其受啃食程度、新梢生长量等生长状态。

2. 群落调查

每样地设置3个群落样方，调查样方内灌木、草本植物的种类、株数、高度、盖度等生物学特征。灌木样方大小统一设置为20m×20m，草本统计时采用随机取样方法在大样方内另设5个1m×1m的小样方，每个样地15个小样方进行统计。

数量特征包括多度(Abundance, 即植物种个体相对数的目测值)、密度(Density, 单位面积植物个体实测数)、盖度(Coverage, 野外目测植物投影盖度)、高度(High, 野外测植物自然高度)、频度(Frequency, 种群个体在群落中水平分布, 即在一定样方中出现的百分率)(徐庆等, 2001; 李秋艳等, 2004; 赵哈林等, 2004)。具体调查指标如下:

基径: 用来表示树木的规格, 其测量基准点为树木地面根颈部位的树干直径。

冠幅: 用椭圆面积的计算公式 $C=\pi xy/4$ (其中 C 是椭圆面积, x 和 y 分别为十字交叉法所测得的冠幅大小轴)计算冠幅(王孝安, 1997)。

株高: 通过植株株冠中心点的自然垂直高度。

密度: 单位面积上植株个体的数量。

多度: 样方内被调查植株数目占同一生活型的全部植物个体数目的百分比, 在数值上与相对密度相等。

盖度: 样方内所有被调查植株地上部分的垂直投影面积之和所占的百分比。

3. 生境调查

植被群落是植被适应各种环境因子综合作用的结果。不同的植被类型、数量及其个体的差异与其生境条件密切相关。因此, 在植物群落学研究中, 对调查样地的自然环境和植被型进行描述是必要的。它不仅使人们对所研究的植物群落的发生、演替、分布以及人类活动对植物群落的影响等基本情况有所了解的提前下选择和设置调查样地进行取样调查为后来的野外调查结果和数据处理以及研究论文和工作报告的撰写提供不可缺少的基础资料。

在本次调查中, 首先对样地背景信息进行描述和记录, 对样区所处的地形地貌特征、分

布部位、土壤类型、地表水、地下水位及周围人类的活动影响方式和程度等生境条件和影响群落生存发展的情况进行详细的记录和描述。

(二) 计算方法

1. 重要值

群落特征主要是各植物种的重要值来描述,目前应用较多的是 Curtis 等修改的重要值指数,是相对密度、相对频度 (relative frequency) 和相对盖度 (relative prominence) 三项指数的综合,具体的计算公式如下:

$$\text{重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 3$$

$$\text{相对密度}\% = \frac{\text{某种群的密度}}{\text{所有种群的密度之和}} \times 100$$

$$\text{相对盖度}\% = \frac{\text{某种群的盖度}}{\text{所有种群的盖度之和}} \times 100$$

$$\text{相对频度}\% = \frac{\text{某种群的频度}}{\text{所有种群的频度之和}} \times 100$$

通过以上公式对乌兰布和沙漠不同群落物种的重要值进行计算。

2. 种群年龄结构

年龄结构是反映种群动态的一个重要指标 (谢宗强等, 1999), 为了避免破坏珍稀濒危植物, 目前多采用单株的大小结构(乔木树种多采用径级)代替年龄结构 (闫桂琴等, 2001; 谢宗强等, 1995)。种群结构能反映种群动态, 而种群动态是种群生态学的核心。种群的大小结构不仅反应了种群不同个体的组配情况, 也反应了种群数量动态及其发展趋势, 并在很大程度上反应了种群和环境间的相互关系及它们在群落中的作用和地位。种群统计的核心是建立反映种群全部生活史的各年龄组的出生率、死亡率的多信息生命表等 (Harcombe, 1987)。

根据种群的年龄金字塔的形状, 可以将种群分为 3 个基本类型:

增长型种群 (expanding population): 锥体呈典型金字塔, 基部宽, 顶部狭。表示种群有大量幼体, 而老年个体较小, 种群出生率大于死亡率, 是迅速增长的种群。

稳定型种群 (stable population): 锥体形状和老、中、幼比例介于增长型和下降型种群之间。出生率与死亡率大致相平衡, 种群稳定。

下降型种群 (decline population): 锥体基部比较狭、而顶部比较宽。种群中幼体比例减少而老体比例增大种群死亡率大于出生率。

种群大小和年龄结构是种群内不同大小或年龄个体数量的分布状况, 不仅反映种群不同大小和年龄个体的组配情况, 也反映了种群数量动态及其发展趋势, 并在很大程度上反映种群与环境间的相互关系及其在群落中的作用和地位, 结合种群的生态需求、各龄级的死亡率和产生后代的能力, 能更好地对种群的未来做出估计。

对种群年龄结构分析的核心是如何依据大小级进行分级,因为不同的植物有着不同的生长特征和规律,所以针对不同的植被类型应有不同的大小级分类方法来分析其种群的年龄结构特征,而对乌兰布和沙漠中不同典型植被的年龄结构的具体的分级依据在后文各对应章节中也有详细描述。

3. 种群空间分布格局

(1) 样方法

种群分布格局采用以下指标来进行测定: 平均拥挤度 m^* 、丛生指数(I)、聚块性指标 (m^*/m)、Cassie 指标(C_A)、扩散系数 C、负二项分布中的 K 指标。

①平均拥挤度 m^*

平均拥挤度表示生物个体在一个样方中的平均“邻居数”,它反映了样方内生物个体的挤程度。

$$M^* = \frac{\sum_{j=1}^{\theta} x_j(x_{j-1})}{\sum_{j=1}^{\theta} x_j} = \bar{x} + S^2/\bar{x} - 1$$

式中 x_j 为第 j 个样方的个体数, θ 为样方总数, \bar{x} 为平均密度, S^2 为样本方差。

②I 指标

$$I = S^2/\bar{x} - 1$$

当 $I < 0$ 时为均匀分布, 当 $I = 0$ 时为随机分布, 当 $I > 0$ 时为聚集分布。

③ m^*/m 指标

在 m^* 指标的基础上, Lloyd 提出了 m^*/m 指标, 即平均拥挤度与其平均值之比值, 即:

$$m^*/m = \frac{m^*}{\bar{x}}$$

当 $m^*/m < 1$ 时为均匀分布; 当 $m^*/m = 1$, 时为随机分布; 当 $m^*/m > 1$ 时为聚集分布。

④ C_A 指标

$$C_A = (S^2/\bar{x} - 1) / \bar{x}$$

Kuno 最早提出并认为, 当 $C_A < 0$ 时为均匀分布, 当 $C_A = 0$ 时为随机分布, 当 $C_A > 0$ 时为聚集分布。

⑤扩散系数 C

该指标 $C = S^2/\bar{x}$ 用于检验种群是否偏离随机型。当 $C < 1$ 时为均匀分布, 当 $C = 1$ 时为随机分布, $C > 1$ 时为聚集分布。

⑥负二项分布中的 K 指标

在负二项分布中, $K = \bar{x}^2 / (S^2 - \bar{x})$ 。当 $K < 0$ 时为均匀分布, 当 $K \rightarrow +\infty$ 时 (一般

为 8 以上) 为随机分布, $0 < K < 8$ 为聚集分布, K 值愈小, 聚集度越大。

(2) 点格局法

Ripley $K(d)$ 函数分析, 数据是空间点的坐标, 设 n 是样方内植物个体数, A 是样方面积, 则 $K(d)$ 函数定义为:

$$K(d) = A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\delta_{ij}(d)}{n^2} \quad (i \neq j, d_{ij} \leq d)$$

这里 d 为距离尺度, d_{ij} 为两点 i 和 j (植株) 间的距离。

$$\delta_{ij}(d) = \begin{cases} 1 & \text{当 } d_{ij} \leq d \\ 0 & \text{当 } d_{ij} > d \end{cases}$$

用 Monte-Carlo 拟合检验计算上下包迹线 (envelopes), 即置信区间。假定种群是随机分布, 则用随机模型拟合一组点的坐标值, 对每一 d 值, 计算 $K(d)$; 同样用随机模型再拟合新一组点坐标值, 分别计算不同尺度 d 的 $K(d)$ 。这一过程重复进行直到达到事先确定的次数, $K(d)$ 的最大值和最小值分别为上下包迹线的坐标值。拟合次数对 95% 的置信水平应为 20 次, 99% 的置信水平就为 100 次。

用 $L(d)$ 代替 $K(d)$, 更易解释:

$$L(d) = \sqrt{\frac{K(d)}{\pi}} - d$$

绘制 $L(d)$ 与 d 的关系图, 用 d 作为横坐标, 上下包迹线作为纵坐标, 置信区间一目了然。就可以分析不同尺度 d 的格局变化。在 Poisson 分布假设下, $L(d)$ 的期望值等于 0, 若 $L(d) < 0$, 则可以认为种群为均匀分布, $L(d) = 0$, 为随机分布, 若 $L(d) > 0$, 则种群呈集群分布。(张金屯, 2004)

4. 群落多样性

多样性的测度方法: 多样性的测度又可分成四类, 即物种丰富度指数、物种相对多度模型、物种丰富度与相对多度综合形成的指数即物种多样性指数、生态多样性指数物种均匀度指数。对于群落多样性而言, 目前已有大量的群落多样性测度的指数和模型提出。要想选择一个最好的方法常常是很困难的。当然根据研究目的的不同可以选择更具针对性的测度方法此外在许多情况下物种多度分布模型比单一多样性指数提供更多的有关群落多样性的信息是多样性测度中不容忽视的方面。目前提出的大量的生态多样性指数可分为三类: α 多样性指数、 β 多样性指数 (Whittaker, R. H., 1977)。 α 多样性指数用以测度群落内的物种多样性, β 多样性指数用以测度群落的物种多样性沿着环境梯度变化的速率或群落差异。

本研究综合大多数学者的分析结果 (金翠霞、吴亚, 1982; 彭少麟、王伯荪, 1983; 李典漠, 1987; 马克平, 1994; 马克平、刘玉明, 1994, 1995; 钱迎倩, 1998a, b), 选用物种丰富度指数 (S)、Shannon-Wiener 指数 (H')、Simpson 指数 (D)、均匀度指数 (J)、

Gleason指数、优势度指数 (λ)、Hill多样性指数 N_1 和 N_2 等指数作为判断群落 α 多样性特征的指标。相应的计算公式如下:

丰富度 (S): $S =$ 样地中的物种数 ;

Shannon-Wiener 指数 (H'): $H' = -\sum P_i \log P_i$;

Simpson指数 (D): $D = 1 - \sum P_i^2$;

均匀度指数 (J): $J = H' / H'_{\max}$;

Pielou优势度指数 λ : $\lambda = \sum_{i=1}^s N_i(N_i - 1) / [N(N - 1)]$;

Gleason指数: $I = S / \ln A$;

Hill多样性指数 N_1 : $N_1 = \ell^H$;

Hill多样性指数 N_2 : $N_2 = 1 / \lambda$

式中, S , 为物种数目; P_i , 为所有物种个体中, 第 i 个物种的出现概率, A , 为样方面积。

一般将随群落内环境异质性变化, 或随群落间环境变化, 而导致的物种丰富度和均匀程度变化的指标, 称为 β 多样性。相似性系数, 是测度群落或生境 β 多样性的最简便方法。应用最广的是 Jaccard 指数、Sorenson 指数和 Cody 指数 (周志宇等, 2003; 王钦, 2005)。

Jaccard指数: $C_J = j / (a + b - j)$

Sorenson指数: $C_S = 2j / (a + b)$

Cody指数: $C_c = (a + b - 2j) / 2$

式中 C_J 为 Jaccard 指数, C_S 为 Sorenson 指数, C_c 为 Cody 指数, j 为两个样地共有的物种数, a 和 b 分别为样地 A 和样地 B 的物种数。

5. 群落相似性

群落相似性 (Similarity of community) 是指群落间或样地间植物种类组成的相似程度, 也是群落内环境异质性变化或群落间环境变化而导致的物种丰富度和均匀程度变化的指标。群落之间的相似性分析是群落分析的一个重要基础, 常用群落相似性系数表示 (于顺利等, 2000)。目前, 群落相似性系数有很多计算方法, 其中 Jaccard (1901) 相似性系数是目前最为基础和常用相似性系数之一, 其计算公式为:

$$C_j = c / (a + b + c)$$

其中, a 、两个样方共有种数; b 、存在第一个样方之中但不存在于第二个样方中的种数; c 、存在于第二个样方中但不存在于第一个样方中的种数。

相似性系数低于 0.25 为极不相似, 0.25~0.5 为中等不相似, 0.5~0.75 为中等相似, 大于 0.75 为极相似 (杨维康等, 2002; 钱迎倩和马克平, 1994)。

二、植被结构特征

在环境相对均一的地段内,有规律地共同生活在一起的各种植物种类的组合就形成了植物群落(李俊清,2006)。群落是各种生物及其所在环境长时间相互作用的产物,同时在空间和时间上不断发生着变化。群落的结构是指群落内各种生物在空间和时间上的配置状况,群落除具有一定的种类组成外,还具有一系列结构特点,包括形态结构、生态结构(孙儒泳等,1993)。群落结构的主要特征表现在种类组成、外貌和生活型的组成、垂直结构、水平结构以及外貌和结构的季节与昼夜的变化。结构是群落显而易见的一个重要特征,每个群落类型都具有其相对固定的结构,结构反映了群落对环境的适应、动态和机能,进而有助于群落的分类。群落的类型不同,必然导致其结构也会有所不同(李博,2000)。而植被的数量特征就是将盖度、密度、多样性等变化特征的数量化表达。在植物群落及种群生态学研究,往往涉及到大量植被观测数据,单凭直观的观察难以看出其内部规律性,所以经过统计学方法经过综合分析找出植物种、植物群落植被与环境之间的内在联系,以更准确的揭示生态规律。

(一) 植被生活型组成

生活型(life form)是指与一定生境相联系的,主要依外貌特征区分的生物类型,是以某种方法把生物的生活方式划分成一定的类型,或者说按生活方式分出的生物类型。这里有对种、种群、个体作出的全体类型,也有对某一方面分出来的类型。从生态系统的营养动态理论方面来看,营养的生产者、消费者和分解者,都可以看成是不同的生活型。

生活型是生物对于特定生境长期适应而在外貌上反映出来的类型,所以生活型是生物的一种生态分类单位,凡是在外貌上具有相同(似)适应特征的归为同一类生活型。在相同的生活条件下,不同亲缘关系的生物可以通过趋同适应产生相同的生活型。例如,在高寒山区和极区生长的许多垫状植物分属不同的科,在热带干旱地区生长的许多肉质植物也分属不同的科。然而在不同的生活条件下,有些亲缘关系很近的植物却有着不同的生活型,如豆科植物就有乔木、灌木、藤本、草本等许多种生活型。因而生活型的区分与系统分类并无平行关系。

生物在不同发育阶段可以表现为不同的生活型,许多木本植物的苗期和成年期、就是例子。同种植物在不同生境中也可表现为不同的生活型,许多木本种类如桧柏、云杉等,在森林里是高干乔木树型,而在其分布区的北缘或高海拔分布区边缘则呈灌木型或呈匍匐、垫状型。因而,描述一个物种的生活型时,是以其在分布区中心的成年个体的外部形态为代表。

植物生活型研究得最早也最多,也产生了许多分类方法与系统,其中丹麦植物学家 Raunkiaer 于 1905 年提出的高等植物生活型分类系统影响最大,应用最广泛。我

国植物生态学与地植物学家也对我国植被的形成、分类做了科学的分析和系统的研究，目前我国植物学家也常采用《中国植被》的生活型分类系统对植被类型进行了划分，鉴于此，兼顾中外，采用这两类分类系统对乌兰布和沙漠的植生活型进行了分类。

1. Raunkiaer 生活型分类系统。

丹麦植物学家 Raunkiaer 从温度、水分等基本生态因子出发，以植物体渡过生活不利时期（冬寒或干旱）的适应方式作为分类基础，即以更新芽（休眠芽）距离土表的位置高低及芽的保护特征为依据，把高等有花植物分为 5 大生活型类群（王伯荪，1987）。

(1) 高位芽植物 (phanerophytes)

高位芽植物芽或顶端嫩枝位于离地面较高处的枝条上包括乔木、灌木和一些生长在热带潮湿气候条件下的树状藤本及高大草本植物。这类植物的芽位于离地面较高处的枝条上。可根据体型高矮、常绿或落叶、芽有无芽鳞保护等特征再细分为 15 个亚类。

(2) 地上芽植物 (chamaephytes)

包括小灌木、某些多年生草本、垫状植物、矮茎肉质植物等。这类植物的芽一般不高出土表 20~30cm，在冬季积雪地区常受雪层保护。可再分为 4 个亚类。

(3) 地面芽植物 (hemicryptophytes):

如草质多年生植物。这类植物在不利季节地上部分死亡，芽在土表，受土壤和枯枝落叶的保护。可再分为 3 个亚类。

(4) 地下芽植物 (geophytes):

这种植物的更新芽埋在土表以下，有根茎、块茎、鳞茎等类型，也包括芽在水中的水生和沼生植物。可再分为 7 个亚类。

(5) 一年生植物 (therophytes):

以种子形式度过不良季节。

对乌兰布和沙漠植物的生活型分类，然后根据生活型系，计算出乌兰布和沙漠植物的生活型谱（见表2-9）

表 2-9 乌兰布和沙漠植物生活型谱 (Raunkiaer 分类系统)

生活型	高位芽植物 (Ph)	地上芽植物 (Ch)	地面芽植物 (H)	地下芽植物 (G)	一年生植物 (Th)
种数 (株)	60	31	143	16	68
百分数 (%)	18.87	9.75	44.97	5.03	21.38

生活型是植物群落对综合生境长期适应的结果，具有一定的稳定性，因而可以通过不同植物群落生活型谱的比较，得出不同群落环境之间的相互关系，可以洞察控制群落的重要气候特征（王伯荪等，1997）。相同的生活型能够反映出植物对环境具有相同或相似的要求或适应能力。比较多个植物群落的生活型谱的方法可以发现控制和影

响群落的主要气候因素，以及植物群落与环境之间的关系，还可以了解群落组成种的外貌特征随着地理位置或生境的改变而发生的变化（刘守江等，2003）。

由表2-9可知，乌兰布和沙漠中的植物以地面芽植物占绝对优势，而一年生植物所占的比重也较大，其次是高位芽植物，地上芽和地下芽植物相对比较缺乏。

学者们研究发现，凡地面芽占优势的，反映该地区具有较长的严寒季节；一年生植物占优势的，气候比较干旱；高位芽占优势的，就反映群落所在地区的气候在植物生长季节中温热多湿；地下芽占优势的，环境比较冷湿（李文友等，2007）。所以乌兰布和沙漠植物的生活型谱也与乌兰布和沙漠干旱、严寒的气候特征相吻合。在乌兰布和和上位芽植物也占到18.87%，而实际上其中以小高位芽植物占大多数。沙漠中占到5.03%的地下芽植物分为两部分，一部分是以沙漠中寄生于梭梭根部的肉苁蓉和寄生于白刺根部的锁阳为代表的寄生植物，而另一部分则是在沙漠中零星的海子边生长的香蒲属的植物和狐尾藻属的一些沉水植物。而从另一方面来看，实际上是乌兰布和沙漠的这种气候特征促使形成与之相适应的植物生活型特征。毕竟植物的适应性是长期自然选择的结果，同时，植物又在不断变化的环境中获得新的适应性。生活在相同环境条件下的不同植物种，在长期环境条件的作用下，往往表现出对环境条件相同的适应方式和途径，表示出相似的形态结构，形成了在生活型上的相似性，在各种生态环境条件中，出现各种各样具有不同生态生活型的不同种类的组合，相互配合充分利用有利的生态环境，从而使各个生物种的个体得到发展。沙漠中复杂多变的微环境条件，为植物的生长提供了多种多样的生态环境，并分布着各式各样的生活型植被。

2. 《中国植被》生活型分类系统

《中国植被》一书中即按植物体态划分出下列类群

(1) 木本植物

①乔木：具有明显主干，又分出针叶乔木，阔叶乔木，并进一步分出常绿的，落叶的，簇生叶的，叶退化的。

②灌木：无明显主干，也可按上述原则进一步划分。

③竹类。

④藤本植物。

⑤附生木本植物。

⑥寄生木本植物。

(2) 半木本植物

⑦半灌木与小半灌木。

(3) 草本植物

⑧多年生草本植物：又可分出蕨类，芭蕉型，丛生草，根茎草，杂类草，莲座植物，垫状植物，肉质植物，类短命植物等。

⑨一年生植物：又分冬性的，春性的与短命植物。

- ⑩寄生草本植物。
- ⑪腐生草本植物。
- ⑫水生草本植物：又分挺水的，浮叶的，漂浮的，沉水的。
- (4)叶状体植物
- ⑬苔藓及地衣。
- ⑭藻菌。

根据以上的分类系统，划分为乔木、灌木、藤本、半灌木与小灌木、多年生草本、一年生植物、水生植物以及寄生草本等。按照植物生长的外貌特征，根据我们的实地调查资料统计分析，得出乌兰布和沙漠植物的生活型谱(见表 2-10)

表 2-10 乌兰布和沙漠植物生活型谱（《中国植被》分类系统）

生活型	乔木	灌木	藤本	半灌木与小灌木	多年生草本	一年生植物	水生植物	寄生草本
种数	9	49	5	33	138	68	11	5
百分数 (%)	2.83	15.41	1.57	10.38	43.40	21.38	3.46	1.57

由表可以看到乌兰布和沙漠中的草本植物占有很大的比例，其中又以多年生的草本居多（43.40%）。在多年生草本里面基本上都是较为耐旱、耐寒的以菊科、豆科、禾本科为主的沙生类草本。一年生植物在一个生长季节内就可完成生活周期的，即当年开花、结实后枯死，这部分植物占 21.38%。还有一部份植物诸如猪毛蒿 (*Artemisia scoparia*)、纤秆蒿 (*Artemisia demissa*) 等这些植物有时候会在两个生长季节内完成其生命周期(发芽、生长、开花、结果、死亡)，表现为二年生植物的特性，但是根据气候状况的不同时候也会在一年就完成其生活史，在进行统计的时候还是按照多年生草本来对待；乌兰布和沙漠里面的水生植物有小二仙科、泽泻科和香蒲科等。

在沙漠腹地除了以海子为生境和沙漠东缘靠近黄河西岸生长的多年生沉水、湿生或沼生草本外，其余基本都是沙漠中的旱生一年生草本。另外乌兰布和沙漠中的灌木占到所有植物总数的 15.41%，而半灌木、小灌木也占到 10.38%，这两类植物在乌兰布和沙漠植物群落中优势比较明显，往往是一个群落的建群种，值得一提的是，其中只有沙冬青 (*Ammopiptanthus mongolicus*) 是乌兰布和沙漠中唯一的常绿灌木；沙漠中高大乔木比较稀少，即使能看见比较高的树木也基本上是在沙漠中居住的牧民家在自流井附近人工栽植的榆树、杨树等乔木，所以天然的梭梭属 (*Haloxylon*) 和柽柳属 (*Tamarix*) 为代表的一些植物，其植株相对高大，占据着植物群落的上层空间；藤本植物只有五种，分别是草质藤本类的戟叶鹅绒藤 (*Cynanchum sibiricum*)、羊角子草 (*Cynanchum cathayense*)、茜草 (*Rubia cordifolia*) 和木质藤本类的黄花铁线莲 (*Clematis intricata*)、芹叶铁线莲 (*Clematis Aethusifolia*)。

(二) 叶的性质

叶是植物进行光合作用的器官，叶的性质不仅是植物转化光能的效率指针之一，同时也是各植物体所构成的群落的重要外貌特征之一，与群落的生产率有关（于顺利等，2003）。所以作为植被基本特征之一的叶性质的分析，逐渐被更多的人所重视。叶的性质可包括叶级（叶的面积）、叶型（单叶或复叶）、叶质（质地）和叶缘（全缘或非全缘）（Walker et al, 1999），但是在进行叶级统计时需要对每一种植物计算具体的叶面积，需要耗费大量的时间。为了不影响整个科考进度，从而能使科考的主要任务能顺利完成，所以在进行植被叶性质统计的时候没有计算叶级，而对叶形、叶质和叶缘进行了辨别和统计。

从表 2-11 的统计可以得出，乌兰布和沙漠中植物总体上是以单叶为主的，而且从各生活型来看灌木、草本和藤本植物单叶所占的比重均 $\geq 50\%$ ，只有乔木类树种复叶占 55.56%；从叶质的统计来看，乌兰布和沙漠中植物是以纸质叶居多，所占的比例达到 57.32%，革质叶只有 27.39%，而占到 14.65%的灌木类的盐爪爪属和霸王属的部分植物和草本类的碱蓬属、补血草属的部分植物具有肉质的叶；总体看乌兰布和沙漠中植物以全缘的为主，占总数的 67.83%，其中乔木、灌木、草本类植物全缘的叶超过或接近 70%。

表 2-11 乌兰布和沙漠植物叶特性

类型	叶型		叶质			叶缘	
	S	C	PI	CI	FI	E	U
乔木	4/44.44	5/55.56	7/77.78	2/22.22	0/0.00	7/77.78	2/22.22
灌木	29/59.18	20/40.82	21/42.86	19/38.78	9/18.37	39/79.59	10/20.41
半灌木	19/57.58	14/42.42	17/51.52	8/24.24	8/24.24	19/57.58	14/42.42
草本	146/66.970	72/33.03	132/60.55	55/25.23	29/13.30	147/67.43	71/32.57
藤本	3/60.00	2/40.00	3/60.00	2/40.00	0/0.00	1/20.00	4/80.00
总计	201/64.01	113/35.99	180/57.32	86/27.39	46/14.65	213/67.83	101/32.17

备注：S：单叶（simple leaf）；C：复叶（compound leaf），PI：纸质叶（papery leaf）；CI：革质叶（coriaceous leaf）；肉质叶（fleshy leaf）；E：全缘（entire）；U：非全缘（unentire）。“/”左边的数字为物种数目，右边的数字为所占比例（%）

总之乌兰布和沙漠中生长的植物是以沙生植物占优势的，所以就决定整体上其叶的特性表现为尽量减少蒸发所带来的水分消耗或储存大量的水分，还有尽可能的降低高温和强光对自身造成的伤害。例如，红砂茎枝上的小叶退化成圆柱形；戈壁天门冬的叶近圆柱状；梭梭和怪柳的叶子成了鳞片状；盐爪爪和霸王的叶子长成肉质状；柠条的叶子两面都长满了银白色的绒毛，这些形态的叶子，对于适应沙漠严酷的环境十分有利。鳞片状叶子可以减少蒸腾耗水；肉质状的叶子可以贮存大量的水分；那些白色的绒毛可以保护叶子免受高温强光的威胁。还有些植物则会长出不同类型的叶子，如鸦葱有茎生叶和基生叶的差别，而胡杨的叶子更为奇特，为了缩小叶子面积以减少蒸腾胡杨在一棵树上就有40多种叶型，甚至同一枝条上就长了5种不同形状叶子。

（三）垂直结构

植物群落的垂直结构，主要是指群落的分层现象。陆地植物的分层与光的利用有关。森林群落的林冠层吸收了大部分光辐射。随着光照强度减弱依次发展为林冠层、下木层、灌木层、草本层和地被层等层次。一般而言，温带夏绿阔叶林的地上成层最为明显，热带森林的成层结构最为复杂，而沙漠地区的植物群落成层结构简单。

群落的成层性包括地上成层与地下成层，而植物群落中层的划分也主要取决于植物的生活型，因为生活型决定了该种处于地面以上不同的高度和地面以下不同的深度。也就是说陆生群落的成层结构是不同高度的植物或不同生活型的植物在空间上垂直排列的结果，地下成层性是由不同植物的根系在土壤中达到的深度不同而形成的。最大的根系生物量集中在表层，土层越深，根量越少。

成层结构是自然选择的结果，它显著提高了植物利用环境资源的能力。从表2-11对乌兰布和沙漠植被生活型谱统计可以看到，乌兰布和沙漠中具备了乔木层、灌木层、草本层这三个基本的垂直层次结构，不同生长型的植物占据群落不同高度的地上空间和不同深度的土壤层次，从而导致植物的地上和地下成层现象。地上部分的分层，主要决定于环境因素的光照、温度和湿度等条件，而决定地下分层的主要因素是土壤的物理和化学性质，特别是水分和养分。由此看来，成层现象是植物与环境条件相互作用的一种特殊形式。群落所处立地的环境条件越丰富，群落层次越多，层次结构也越复杂。乔木层直接接受阳光，是进行初级生产的主要地方，其发育状况直接影响下面的层次，然而受水分条件的制约，乌兰布和沙漠没有发达的乔木层次，而且上层结构也主要是由灌木层和小灌木层组成的，所以在创造群落环境中这两个层次将发挥重要作用。灌木层及小灌木层以下也都由不同种类的植物组成，对生态条件有特殊的要求，具有各自的小生境特点。由于这些草本层植物数量多，所以所构成的层次在创造群落环境中也起了比较重要的作用。群落除了自养、独立支撑的植物所形成的层次外，还有一些植物，如藤本植物，寄生植物，它们并不独立形成层次，而是分别依附于各层次中直立的植物体上或者生存于某些植物地下根系上，称为层间植物。以上就是乌兰布和沙漠由生长型和生活型决定的一些基本的垂直结构。

（四）水平结构

群落的水平结构是指群落的配置状况或水平格局，也称为群落的二维结构。由于在后面的章节中将会对各个典型植物种群的水平空间格局有详细的描述，这里只介绍群落的镶嵌性。

镶嵌性层片在二维空间中的不均匀配置，使群落在外形上表现为斑块相间，称之为镶嵌性，具有这种特征的植物群落叫做镶嵌群落。每一个斑块就是一个小群落，它们彼此组合，形成了群落镶嵌性。

在乌兰布和沙漠，由生境的差异形成的群落斑块相间的类型比较多，最为代表性的就是白刺形成的灌丛，它可以固定流沙、改良土壤，因而使其内部具有较好的水分和养分条件，形成一个局部优越的小环境。白刺会形成固定和半固定的白刺沙堆，可拦蓄和固持大量的流

沙，并且随着白刺生长年龄的增大它所形成的沙堆体积一般也会越大，这样一来形成的斑块化的镶嵌水平格局会更加的明显，比如在沙冬青与白刺共建的群落中，沙冬青生长与丘间地之间，而白刺灌丛“镶嵌”入其中，还有梭梭与白刺组成的群里一般也会形成这种水平结构。



白刺灌丛“镶嵌”入沙冬青群落

总而言之，自然界中群落的镶嵌性是绝对的，而均匀性是相对的。在沙漠中每一个不同的群落类型中都会有各自不同的水平结构，这种镶嵌的格局有时候很明显，有时候则差异不大，这主要还是受到立地环境的影响，群落内部环境因子的不均匀性(例如，小地形和微地形的变化、土壤湿度和盐渍化程度的差异以及人与动物的影响)，是群落镶嵌性的主要原因。

三、典型植被数量特征

在乌兰布和按照海拔高度梯度依次出现荒漠化草原植被、荒漠植被和盐化草甸及沼泽植被类型。在山前洪积扇地带，气候寒冷，以荒漠化草原植被分布为主。在山前地势较高的地方以针茅属等耐寒的群落为主。山前的洪积扇前缘及洪积扇平原上出现梭梭、柠条以及沙冬青群落。

平原低地则以早生的锦鸡儿属、猪毛菜属等群落为主。海拔较低的沙漠边缘地带则形成了沙冬青、梭梭等优势种群。在黄河河岸以及湖盆区等海拔低但地下水位高的地区则零星分布有胡杨、芨芨草及怪柳属的一些植物。沙漠腹地，气候条件十分严酷，分布典型的荒漠植被，固定沙丘上主要有白刺、油蒿，在半固定沙丘及一些流动沙丘上以沙竹以及沙米、虫实等一年生植物为主的种群，而在那些风沙活动十分剧烈的流动沙丘上基本无植被分布。

荒漠化草原植被类型是草原中最早生的类型。建群种由早生丛生小禾草组成，常混生大量早生小半灌木，并在群落中形成稳定的优势层片。分布于沙漠周边上的一些浅山地区以及山前的倾斜平原，尤其以沙漠南部与贺兰山北麓以及沙漠北部与狼山相接的地区较为明显。其上限与山地草原交错分布，下限则与荒漠植被相接壤，使这一类型的植被具备草原化

的性质。灌木主要有霸王、沙冬青、沙拐枣以及锦鸡儿属的一些植被，小、半灌木主要有木本猪毛菜、鹰爪柴、猫头刺等。草本层则主要有针茅、三芒草等组成。



沙漠中的芦苇群落

荒漠植被的上限与山地荒漠化草原相互重叠，而下限则与荒漠草甸相接，具有十分典型的荒漠特征。由超早生的灌木和半灌木或者早生的多年生草本占优势的稀疏植被。这些地区气候干旱，昼夜温差大，风沙多，土层质地粗糙，缺乏有机质，强度盐渍化，降水稀少，而年蒸发量大于降水量数倍至几十倍，植被稀疏。乌兰布和沙漠里荒漠植被以藜科、蒺藜科、怪柳科、麻黄科、菊科、豆科为主。植物以各种不同的生理—生态方式适应严酷的生态条件；它们大多数具发达的根系，以便从土层深处吸收水分。群落上层的植被以梭梭、白刺、红砂、沙蒿、油蒿等灌木、半灌木植物为主。而在下层则主要有沙米、虫实、碱蓬、盐生草、画眉草等一年生植被为主。

盐生植被类型分布的海拔较低，土壤水分条件相对较好，但是盐渍化较为严重，土壤的高盐含量使其立地类型上只能生长耐盐性较好的植被。在乌兰布和沙漠这一类型的植被主要有盐爪爪群落、怪柳群落形成，而伴生的植物有黑果枸杞、白刺、芦苇等。与盐生植被一样，沼泽植被分布在沙漠中海拔较低的湖积及黄河沿岸低地积水区，主要是香蒲群落和芦苇群落。

根据我们的科学考察发现，在乌兰布和沙漠分布范围较广，比较有代表性的植物群落有梭梭群落、沙冬青群落、白刺群落、油蒿群落、沙蒿群落、盐爪爪群落以及由芨芨草群落、苦豆子群落、芦苇群落、马蔺群落、沙葱群落、沙生冰草群落、沙竹群落等多年生草本群落。下面就对这些群落数量特征进行对比研究、分析。

表 2-12 乌兰布和沙漠不同植物群落数量特征

群落类型	密度 (株/hm ²)	盖度 (%)	物种丰富度	Simpson 指数	Shannon—Wiener 指数	均匀度
白刺	71637±19146abc	35.46±3.97abc	10±1 a	0.76±0.02ab	2.47±0.19 a	0.78±0.03b
梭梭	75228±17732ab	30.25±5.47abc	8±1 ab	0.77±0.02ab	2.43±0.10a	0.82±0.02 b
沙冬青	74339±26283abc	26.78±3.83	12±2 a	0.81±0.03a	2.84±0.21 a	0.83±0.02 b
盐爪爪	2295±1623bc	43.83±1.81abc	4±0 b	0.47±0.05d	1.26±0.10b	0.63±0.05 c
油蒿	12511±5595bc	50.12±10.28 a	10±1 a	0.76±0.02ab	2.46±0.11 a	0.77±0.03 b
沙蒿	1237±553c	25.68±3.16 bc	4±1 b	0.67±0.05bc	1.66±0.20 b	0.94±0.02 a
多年生草本	86043±30421a	18.44±5.15 c	5±1 b	0.57±0.06cd	1.54±0.25 b	0.79±0.03b

注：表中±后面表示为标准差，不同小写字表示在 5%水平上差异显著

1. 不同典型群落之间的盖度变化

从各个典型群落的盖度比较来看，在乌兰布和沙漠，油蒿群落的盖度是最大的，其群落的盖度可以达到 50%左右，其次是盖度大约是 43%的盐爪爪群落和盖度为 35%左右的白刺群落，梭梭群落的盖度大约为 30%，沙冬青和沙蒿的盖度大约为 26%和 25%，而多年生草本群落的盖度最小，约为 18%。用 Duncan 新复极差法检验结果表明，油蒿群落、盐爪爪群落的盖度显著的大于多年生草本群落，且油蒿群落与沙蒿群落之间盖度的差异也达到显著水平，而其他各群落之间盖度的差异不显著。

2. 不同典型群落之间的密度变化

在乌兰布和沙漠，多年生草本群落的密度是最大的，可以达到 8.66×10^4 株/hm²，其次是梭梭群落、白刺群落以及沙冬青群落，这三个群落植物的密度均在 6×10^4 株/hm² 以上，而油蒿群落的密度比较小，密度最小的植物群落是盐爪爪群落和沙蒿群落，其密度分别只有 0.25×10^4 株/hm² 和 0.2×10^4 株/hm²。由于草本植物植株最小，所以必然导致单位空间面积上数量最大，而且经过 Duncan 新复极差法检验，多年生草本植物的群落的密度显著的大于油蒿群落、盐爪爪群落以及沙蒿群落，并且梭梭群落的密度也显著大于沙蒿群落，而其余各群落之间密度差异不显著。

3. 不同典型群落之间的多样性变化

从物种丰富度角度来看，在乌兰布和沙漠沙冬青群落的物种丰富度是最高的，其平均值达到 12，其次是白刺群落和沙蒿群落，它们的物种丰富度达到 10，梭梭群落的物种丰富度居中，而多年生草本群落、盐爪爪群落以及沙蒿群落的物种丰富度较低其值均小于等于 5。总体看沙冬青、白刺以及油蒿这三种典型群落的物种丰富度均显著大于多年生草本、盐爪爪、沙蒿这三种群落，而这些群落类型与梭梭群落的物种丰富度差异不显著。

从 Simpson 指数来分析，沙冬青群落的 Simpson 多样性指数是最大的，梭梭、油蒿、白刺这三类群落的次之，沙蒿群落、多年生草本群落的 Simpson 指数较小，而盐爪爪群落的 Simpson 指数是最小的。总体看沙冬青、梭梭、油蒿以及白刺群落与多年生草本以及盐爪爪群落之间差异显著，另外沙冬青群落与沙蒿群落之间以及沙蒿群落与盐爪爪群落之间的

Simpson 指数差异达到显著水平，而其余各群落之间差异不显著。

Shannon-Wiener 指数与物种丰富度分析的结果比较相似，但是也有细微的变化。总体看，不同典型植物群落的 Shannon-Wiener 指数其大小顺序为沙冬青>白刺>油蒿>梭梭>沙蒿>多年生草本>盐爪爪。经过 Duncan 新复极差法检验，沙冬青、白刺、油蒿、梭梭这四类典型的植物群落其 Shannon-Wiener 指数显著的大于沙蒿、多年生草本以及盐爪爪群落，而这些群落之间的差异性不大，未达到显著水平。

均匀度则与前面的分析结果有较大的不同，在乌兰布和沙漠，植物群落均匀度最大的是沙蒿群落，而沙冬青、梭梭、多年生草本、白刺以及油蒿群落的均匀度相对较小，盐爪爪群落的均匀度最小。经过 Duncan 新复极差法检验，沙蒿群落的均匀度显著的高于其他各群落，而盐爪爪群落也显著的小于其他类型的典型群落，其余的各类群落之间的差异性不大。

（三）不同典型植物种群数量特征比较

群落是由各个种群组成的，以分析的典型群落为基础对其中的建群种的种群数量特征也做比较，分析乌兰布和沙漠中不同典型植被种群的高度、平均冠幅这两个表征不同植被生物生态学特征的因子；种群的密度以及盖度特征则反映了种群生长的状况，相对盖度、相对密度、相对频度以及重要值的特征则反映的是不同种群在各自的群落中所处的地位，所以这些数量特征可以分析乌兰布和沙漠各个典型植被的个体生长差异到种群生长差异再到群落中地位差异，从而对它们有一个系统的认识。

1. 各典型植被种群高度、冠幅特征

高度与平均冠幅反映了各典型植物种群中个体生长的差异，这一特征主要是由植物本身的生物生态学特征所决定的，但是立地环境也会对植物的生长造成一定的影响。

从数值上来看，梭梭的平均株高最高，达到了 130cm 左右，其次是沙冬青和白刺，沙蒿、多年生草本的平均高度较小而盐爪爪和油蒿的平均高度还不到 50cm，是最小的。梭梭在乌兰布和沙漠中株高占有较大的优势，在整个沙漠植被的垂直结构中也是占据的是最上层的空间。另外，在多年生草本类的植物中，虽然沙葱、苦豆子等植物的平均高度很小，但是芨芨草以及沙竹却表现出很好的高生长能力，从而也使得整个多年生草本类植物的平均株高并不是最小的。

从平均冠幅来看，因为白刺具有很好的水平空间扩展能力，其平均冠幅甚至超过了 300cm，且显著的大于其他类型的植物。沙冬青和梭梭的平均冠幅也均超过了 150cm，但是相比较而言，梭梭因为受到了沙漠中骆驼的严重啃食而使得其平均冠幅数值偏小。盐爪爪、沙蒿以及油蒿的平均冠幅在 63cm~69cm 之间，而多年生草本植物马蔺虽然其平均冠幅也较大但是由于沙葱以及沙竹的冠幅很小，所以使得多年生草本的平均冠幅是最小的，只有 40cm 左右。

表 2-13 乌兰布和沙漠典型植物种群数量特征比较表

植物	高度 (cm)	平均冠幅 (cm)	密度 (株hm ²)	相对密度 (%)	盖度 (%)	相对盖度 (%)	相对频度 (%)	重要值
白刺	64.6±9.0b	308.6±44.8a	233±53 b	10.52±7.13b	15.72±3.40b	40.51±5.82 d	19.60±2.27 c	0.22±0.03 de
梭梭	130.4±14.5a	163.4±14.7bc	718±139 b	0.31±0.14b	12.77±3.41 b	42.29±4.90 d	19.32±1.33 c	0.21±0.02e
沙冬青	82.5±4.8ab	177.0±31.7b	554±210 b	0.21±0.10b	12.10±1.95b	45.50±5.32 cd	15.36±3.56 c	0.21±0.02 e
盐爪爪	47.0±16.7b	68.8±26.8bc	29296±21129 b	73.71±8.64a	41.86±3.38a	95.35±3.77 a	40.21±2.70 a	0.70±0.05a
油蒿	42.7±4.9b	63.5±9.7bc	11765±4102 b	8.51±2.21b	33.25±7.50a	68.06±4.60 bc	25.35±3.72 bc	0.34±0.02 cd
沙蒿	57.2±4.4b	68.9±9.7bc	3736±857b	19.52±7.64b	15.88±2.37b	64.03±8.30bcd	38.02±3.89 a	0.41±0.05c
多年生草本	57.1±15.4b	40.8±8.1c	767910±364261 a	57.85±9.19a	13.16±3.38b	77.30±4.84 ab	36.68±6.27 ab	0.57±0.06b

注：表中±后面表示为标准差，不同小写字表示在 5%水平上差异显著

2. 各典型植被种群密度、盖度特征

密度和盖度特征反映了不同的植物种群对于立地空间的占有及利用情况。

首先从密度特征来看，理论上讲，那些植株个体普遍较小的植物类型必然使得单位面积上分布有很多的个体数量，即有很高的种群密度，所以密度也基本上是与个体的平均冠幅成反比的，实际情况也是这样，在乌兰布和不同典型植物种群的密度大小顺序为多年生草本>盐爪爪>油蒿>沙蒿>梭梭>沙冬青>白刺，植株个体越大、冠幅越大的植物种其种群的密度是越小的。

种群的盖度就综合了植株的冠幅大小以及种群密度等因素，在乌兰布和沙漠，盐爪爪种群的盖度达到了 40%左右，是盖度最大的一类种群，油蒿种群的盖度也超过了 30%，而其他典型植物种群的盖度基本在 12%~16%之间，显著的低于盐爪爪及油蒿种群的盖度。

3. 各典型植物种群相对密度、盖度、频度以及重要值特征

种群的相对密度、相对盖度、相对频度以及重要值是其组成的群落而言的，这些数值从不同的角度反映了一个种群在某一类特定的群落里面的所处的“地位”，是一个相对的概念，如果脱离其群落就失去了意义。随着环境的改变某一种群在不同的群落里面所处的地位也会随着发生不同的变化，在此只是对这些典型的植物种群在乌兰布和沙漠中群落中一种相对地位的平均状态表述，并对这些种群在各自群落中的地位做一个比较。

首先从密度来分析，盐爪爪和多年生草本类的植物种群在所在的群落中具有很高的相对密度，且显著的高于其他类型的植物种群。相比较而言，梭梭和沙冬青这两类植物种群的相对密度很低，这也与所在群落中有大量的草本植物出现，使得其相对的数量较少有关。其次从相对盖度来分析，盐爪爪种群在其群落中也有高达 95%以上的相对盖度，我们在吉兰泰南侧以及查干布拉格东北侧调查的两个盐爪爪群落发现，盐爪爪种群本身具有很高的盖度，另外多年生草本、油蒿、沙蒿种群的相对盖度大约在 65%~77%之间，而沙冬青、梭梭以及白刺的相对盖度都小于 50%。从相对频度方面来分析比较，依然是盐爪爪种群在群落里面占有很高的频度，沙蒿、多年生草本以及油蒿的相对频度也都超过了 25%，而白刺、梭梭、沙冬青的相对盖度均低于 20%。

综合以上各个因素,重要值从各角度全面的考虑了各典型植被类型的种群在群落中的优势度大小。从数值分析来看,依然是各个指标均最高的盐爪爪种群其重要值平均值达到 0.70 左右,经过 Duncan 新复极差法检验也表明盐爪爪种群在其群落中的重要程度显著的高于其他类型种群在其相对应的群落中的地位。多年生草本的重要值平均值在所在群落中也超过了 0.5,沙蒿以及油蒿的重要值大概介于 0.3~0.4 之间,而植株个体株高和冠幅相对较大的白刺、沙冬青以及梭梭因为在数量明显的少于其相对应群落中的草本植物,从而使得重要值也偏低,基本上在 0.20~0.23 之间,其种群的数量特征并没有在其组成的群落里面表现出很明显的优势地位。

第四节 植被分布及其环境解释

一、植被分布及其数量特征

乌兰布和沙漠南北最长 170 km,东西最宽 110 km,总面积约 1 万 km²,南部多流沙,中部多垄岗形沙丘,北部多固定和半固定沙丘,不同的水平立地类型和生境必然会形成不同的植被分布格局。乌兰布和沙漠地带性植被为草原化荒漠植被,沙漠中段和南段的风沙土上主要植被为零星分布的沙米、沙蒿、花棒、沙拐枣等;北部和南部边缘的灰棕漠土上植被有白刺沙堆、梭梭及霸王、沙冬青和沙竹等类型;沙漠西部及西南部的半固定、固定风沙土上分布有梭梭、红砂、白刺等生长较好的天然植被;沙漠东部黄河沿岸土质平地上断续分布着芨芨草等草甸植被;沙漠中镶嵌分布的盐土、棕钙土和石质土、粗骨土上分布有盐爪爪、芦苇、芨芨草等草甸植被。

从沙漠的分布上看,沙漠西部则毗邻黄河,沿着黄河边缘分布着人工乔木林、天然灌木和蓼科、豆科、禾本科草地。以磴口及以西一线为界属于黄河冲积区,地势平坦,沙丘低矮,植被的覆盖度较高,这一地区的植被为荒漠与干旱草原的过渡带类型,大小沙丘与丘间平地(或洼地)相间分布,植被类型以白刺、梭梭等旱生灌木以及一些多年生和一年生草本为主。

向西进入沙漠中部则以一些典型的荒漠植物为主,该区域气候干旱且土壤主要以风沙土为主。由于沙漠地形起伏较大,致使其小气候、小生境的变化差异也很大,必然导致了植被空间分布有很大的差异性,但总体来梭梭、沙冬青等典型群落分布在流动沙丘的边缘地段以及一些沙漠中间的低山残丘上,油蒿、沙蒿、白刺等半灌木、灌木主要生长在半固定。固定沙丘上,在流动沙丘上则生长有多年生草本沙竹以及沙米、虫实等一些一年生草本类植物。

另外,在乌兰布和沙漠也零星分布着大大小小的海子,这些特殊的生境周围则形成了特殊的植被类型,如水麦冬、穿叶眼子菜、穗状狐尾藻等水生植物。

(一) 沙漠经向植被数量特征变化

沙漠从东到西的立地环境变化造就了不同的植被类型分布,而不同的植被类型其数量特征也会有所不同,下面就对盖度及多样性的一些变化特征进行描述。

1. 经向植被盖度变化特征

植被盖度是描述生态系统的重要参数之一,它指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比,是衡量地表植被数量和植物群落覆盖茂密程度的一个重要指标。根据我们的考察线路上各个植物群落的盖度变化,探讨随着地理位置从东到西的运行过程沙漠中植物盖度的一个动态变化。

根据我们的三条横向穿越沙漠的考察路线(第一条由沙漠西部的吉兰泰到沙漠东部乌斯太,第二条由沙漠东部的巴彦木仁到沙漠西部的吉兰泰,第三条由沙漠西部的敖伦布拉格到沙漠东部的磴口),以此为基础,对典型样地内植被盖度做以统计,以了解沙漠中植被盖度的动态变化。

根据有关学者对于旱、半干旱等荒漠地区植被盖度的分类标准(莫蓁蓁等, 2008; 卢中正, 2001),结合乌兰布和沙漠地貌及植被状况,将乌兰布和沙漠的植被盖度也分为5级:

(1) **极低覆盖度:** 植被覆盖度小于 10%, 强度沙漠化土地, 流动沙丘地区以及裸地。

(2) **低覆盖度:** 植被覆盖度 10~30%, 中度沙漠化土地, 部分半固定沙地, 土壤贫瘠的土地, 疏林地, 植被结构简单, 层片结构单一, 属差等植被。

(3) **中覆盖度:** 植被盖度 30~50%, 轻度沙漠化土地、低郁闭林地, 属中等植被。

(4) **中高覆盖度:** 植被盖度 50~70%, 植被结构较为复杂, 灌木层和草本层均生长较好, 属良等植被。

(5) **高覆盖度:** 植被盖度 70%以上, 密林地, 小生境中水热条件好, 土壤理化性质优良, 具有发达的草本层, 属优等植被。

为了便于比较,所有植被盖度的动态变化过程都选择地理位置从东到西的变化过程。

以南线的考察路线为基础,沙漠南部的植被盖度动态变化选择从乌斯太北部到本井一带再到吉兰泰的南部。乌斯太北部植被达到中高覆盖度,这一分布有密度较大的半灌木油蒿群落,加上数量相对较多且盖度大的多年生草本沙竹还有一些一年生植被,使得这一地区植被

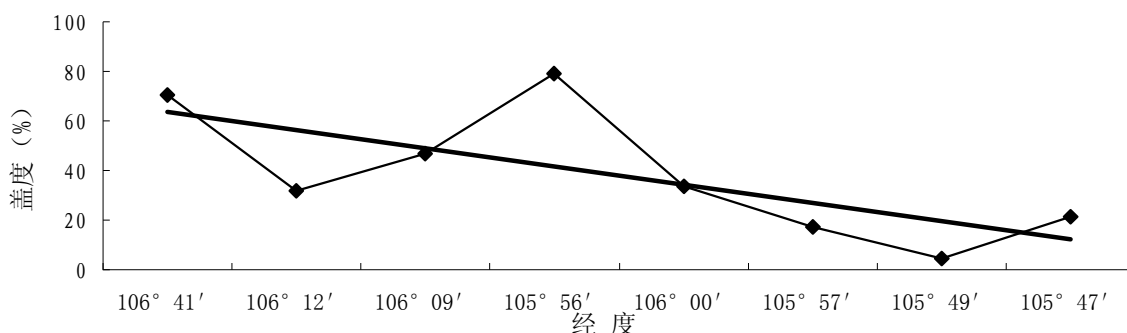


图 2-2 沙漠南部 (39°22'~39°41') 植被盖度的经向变化

盖度高。往西植被盖度逐渐的降低，逐渐过渡到中覆盖的水平，特别是在沙漠南部，地理位置在39°02'E, 106°09'N附近有大面积的沙葱，当地人称之为“沙葱滩”，伴生有骆驼蓬及狗尾草、蒺藜等草本植物，使得这一地区的植被盖度接近50%。本井一带有人工干预下的人工油蒿林，盖度接近80%，而与之对应，在同一地区天然的沙蒿群落盖度就只有17.16%，属于低覆盖度类型，所以人工干预下能有效的恢复该区的植被生长，使其盖度显著的增加。本井再往西的流动沙丘地带植被盖度基本上都小于10%，属于极低覆盖度类型区域，而在吉兰泰南部的白刺+梭梭群落盖度有所增加，可达到20%左右。



乌兰布和沙漠南部的“沙葱滩”

横穿沙漠中部的路线是从巴彦木仁到查干布拉格和哈夏图一带，然后到达吉兰泰。在这条路线上植被盖度的波动变化较大，这也与沙漠中部小生境变化剧烈、立地条件差异很大有关系。在东部的巴彦木仁一带，由于水分条件相对较好，灌木或半灌木以及草本层植物均有分布，植被盖度达到中等覆盖度水平。再往西走，虽然灌木层植被变化不大，但是由于下层一年生草本的数量大幅度下降从而使得植被盖度有所降低，植被的盖度只能达到低覆盖度水平，灌木之间形成大量的裸地。进入到沙漠中部的查干布拉格一带实际上灌木层盖度是有所下降的，但是由于下层草本层植物数量庞大，使得群落的盖度有所上升，这也与当年的降水情况有很大的关联，如果遇到降水少的年份，这一地区的植被盖度会大幅下降，而相比之下在沙漠腹地的哈夏图由于有生长良好的梭梭和白刺，所以植被盖度的年季变化不会很大。生长哈夏图西南方向上在流动沙丘边缘生长的梭梭群落由于密度较低，植被盖度为12.05%，群落盖度只达到低覆盖度水平。当到达吉兰泰的一带时，随着立地条件逐渐过渡为流动沙丘，由半灌木沙蒿及多年生的沙竹组成的群落盖度有所上升，大约在20%左右。

考察路线的北线是从蹬口到敖伦布拉格，然后一直延伸到罕乌拉。总体看，蹬口一带植被总体盖度变化不大，以油蒿和沙蒿为主要建群种的群落盖度大约维持在30%，植被覆盖度较低。至敖伦布拉格一带时植被盖度有所提高，这里生长较好的白刺以及密度较大的沙冬青使得群落的盖度达到中度覆盖水平，部分地方甚至达到了中高程度。在敖伦布拉格东侧一带

的梭梭林盖度很低，是极低盖度类型的植被群落。在沙漠西北边缘一带的植被盖度又有所提高，这也是局部的立地条件改善，使得灌木和草本植物都有所增加的结果。

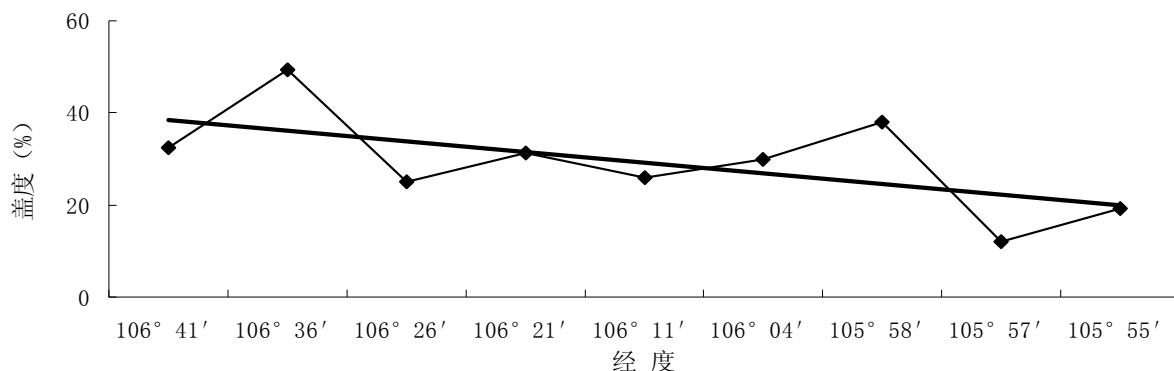


图 2-3 沙漠中部 (39°42'~39°56') 植被盖度的经向变化

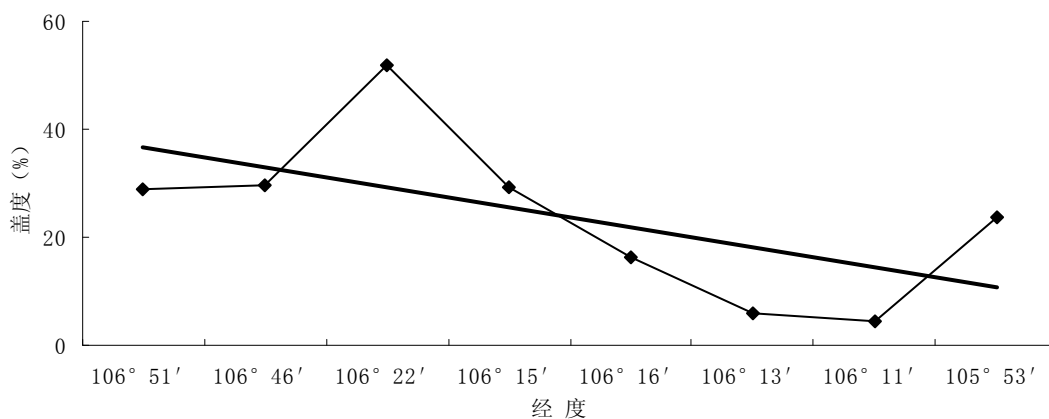


图 2-4 沙漠北部 (40° 15' ~40° 22') 植被盖度的经向变化

从总体看，我们考察的三条路线上植被的盖度基本上是从东到西植被盖度大体上是逐渐降低的。植物发育与土壤温、湿度具有明显的对应关系。植被对大气的响应是直接的，而且在沙漠地区，植被对各种气候因素中的降水因子反应是最直接和敏感的（李英年，2006），因为降水是限制这一地区植被生长的第一要素，所以在乌兰布和沙漠，植被盖度总体上呈东高西低的趋势也是对降水量最直接的响应。而在局部地区，由于小生境下环境条件的改善，如地下水位较高，局部地区土壤肥力较好等使得植被盖度明显高于邻近的区域。另外，人类的活动对于植被的破坏抑或改善也可以使得局部地区的植被盖度情况打破降水因素的束缚作用，使得这种变化趋势不是预期的那样呈现直线型的递减趋势，而出现了波动。此外，人类对于土地的利用方式十分显著的影响着地表植被的分布状况，相对于其他地区而言，由于沙漠地区地广人稀，人类活动也必然相对的比较贫乏，而且在乌兰布和大型的厂矿企业也基本上只是出现与沙漠的周边，如西南边缘的吉兰泰发达的制盐工业以及东南缘乌斯太一带新兴的工业区，所以并没有从本质上改变植被盖度的总体变化响应降水变化的总体趋势。

另外，对于乌兰布和沙漠的植被盖度的动态变化选择了以我们考察路线为基础的两条横向的变化过程，实际上我们的考察也涉及了许多纵向的路线，但是总体看，在纬向上由于立地

环境的变异非常大，如北部是固定半固定沙地，南部为流沙地区，所以地形地貌的因素可能掩盖了气候因素对于植被分布及其类型的影响，因此对于植被在南北纵向上盖度的变化并没有继续做深度的探讨，而只对立地环境变化相对幅度较小的植被盖度在东西方向上的经向变化做了研究。

2. 经向群落多样性变化

在南线的考察线路上，表征植物群落的多样性的 Simpson 多样性指数及 Shannon—Wiener 指数在乌斯太较高，这里的油蒿群落伴生有大量的草本植物，物种数量比较多，而至沙漠南部的流动沙丘边缘分布的沙冬青群落由于植物丰富度减少，其各多样性指数也明显降低，而沙漠南部的沙葱群落内有狗尾草、蒺藜、三芒草等草本植物的出现使得物种丰富度有所提高，植物多样性指数也随之上升。在本井一带的油蒿群落过渡为沙蒿群落时，物种丰富度有所降低，但是 Simpson、Shannon—Wiener 指数的差异较小。而吉兰泰南部的流动沙丘上生长的沙竹群落物种丰富度及各多样性指数都急剧下降，但是在吉兰泰附近的时由于立地条件的改善使得梭梭、白刺及大量的草本植物的生长，使得物种丰富度较高，从而使得各多样性指数也显著的升高。总之，在这条考察线路上，各个植物群落之间均匀度变化幅度较小，没有明显的上升或下降趋势，而且均匀度一直维持在较低的水平上。

沙漠中部的巴彦木仁一带，地理位置从东往西的过程中，由油蒿群落逐渐过渡为沙冬青群落，物种丰富度变化不大，但是 Shannon—Wiener 指数增加较为明显，而再往西过渡为沙冬青与白刺共建的群落时由于有大量的其他灌木、半灌木及草本植物的出现使得物种丰富度及 Shannon—Wiener 指数均显著的增加。往西至查干布拉格再到哈夏图一直到吉兰泰一线的物种丰富度、Shannon—Wiener 持续降低。总体看乌兰布和沙漠中部，植物群落从东到西的变化过程中其 Simpson 指数和均匀度指数变化较小，而在二日胡北侧，地理坐标为 39°56'31"N, 106°26'55"E 一带植物群落的丰富度达到 21，而 Shannon—Wiener 指数也达到 3.4157，出现一个峰值，这一区域由于局部水分条件较好，并且土壤中的养分含量相对较高，所以该区域物种数量较多，出现了诸如针茅、荒漠锦鸡儿、猫头刺等荒漠化草原植被类型，从而使得物种丰富度明显升高，且各多样性指数也出现了峰值。

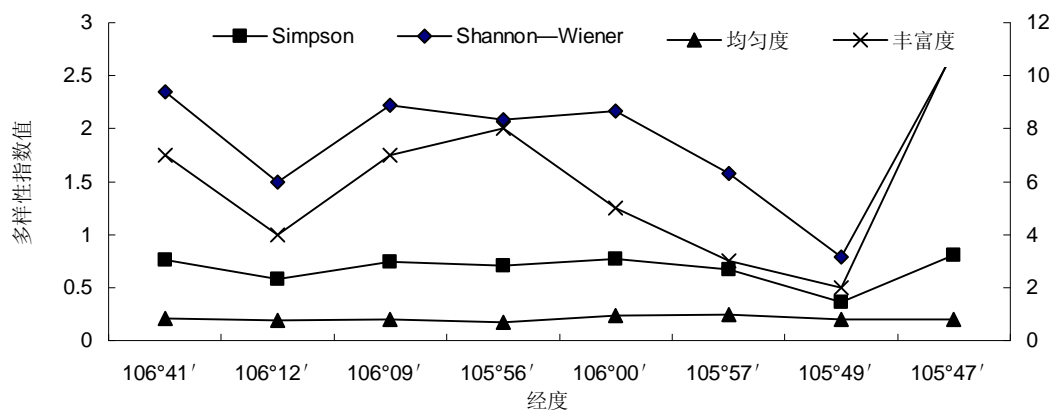


图 2-5 沙漠南部 (39° 22' ~39° 41') 植物群落多样性的

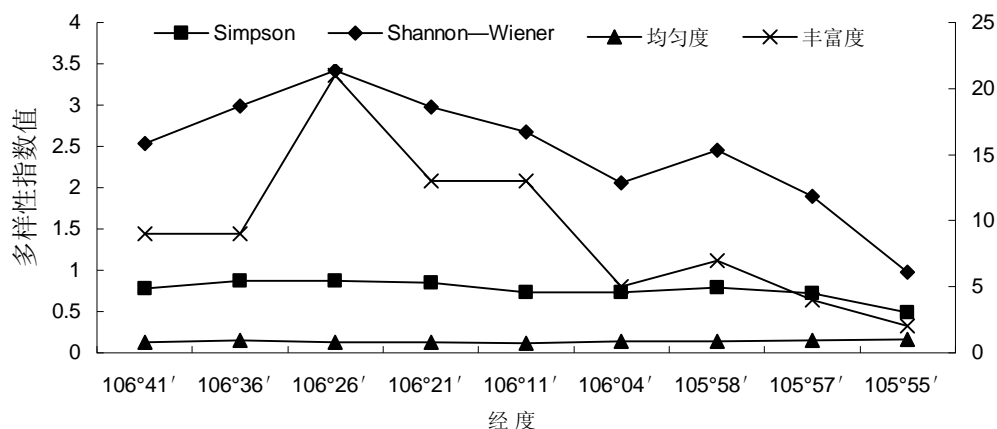


图 2-6 沙漠中部 (39° 42' ~39° 56') 植物群落多样性的经向变化

在蹬口至敖伦布拉格再到罕乌拉这条线路上，植物群落的物种丰富度和 Shannon—Wiener 指数变化的波动较大。在蹬口北侧的油蒿群落 Shannon—Wiener 指数较高，但是往西逐渐被沙蒿群落所演替，物种丰富度和多样性指数均有所降低。而蹬口至敖伦布拉格的过程中植物群落又逐渐过渡为白刺群落、沙冬青群落，且由于草本植物的大量出现，使得物种丰富度和多样性指数均显著的上升，尤其在敖伦布拉格西南侧的沙冬青、梭梭混交林其物种丰富度和 Shannon—Wiener 指数达到了峰值，再往西沙冬青群落逐渐被演替为梭梭群落，且由于草本植物的种类减少甚至缺失，所以物种丰富度及多样性指数均有所降低，而至罕乌拉一带的沙漠边缘，植被类型逐渐过渡为荒漠化草原，植物物种数量又明显增多，使得物种丰富度的多样性指数也有很大的提高。总体看，Simpson 指数和均匀度指数与以上两条线路上的变化特征一致，即这两个指标变化趋势不明显，波动幅度很小，且整个变化过程中，所有的群落的 Simpson 指数和均匀度指数都较低。

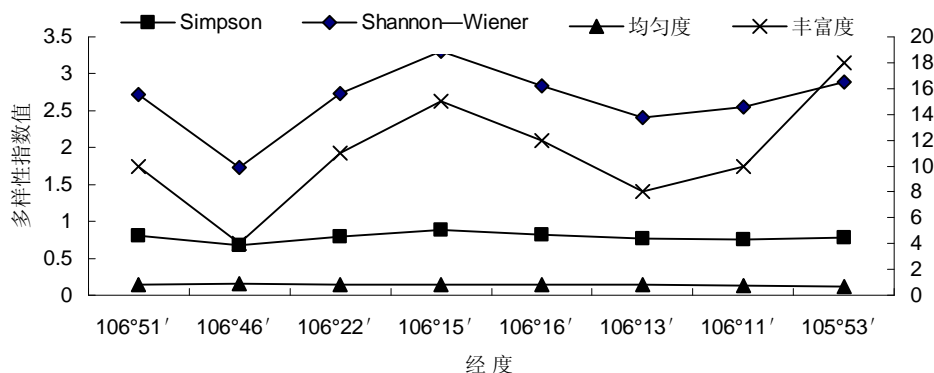


图 2-7 沙漠北部 (40° 15' ~40° 22') 植物群落多样性的经向变化

从上面的三条路线上植物群落的物种多样性的动态变化也可以看到，这三条科考路线上的多样性呈不同的变化特征，这也主要是由沙漠地区环境条件的空间变异较大所导致的。由于三条路线上局部水热条件差异很大，必然导致植物的多样性变化特征也会存在很大的差

异。在乌兰布和用 Shannon—Wiener 指数对于反映不同群落的多样性变化是一个比较敏感的指标，而 Simpson 指数和均匀度指数的变化幅度很小，但总体来看，它们都受到物种丰富度影响，尤其是 Shannon—Wiener 指数与物种丰富度的变化趋势是基本一致的。

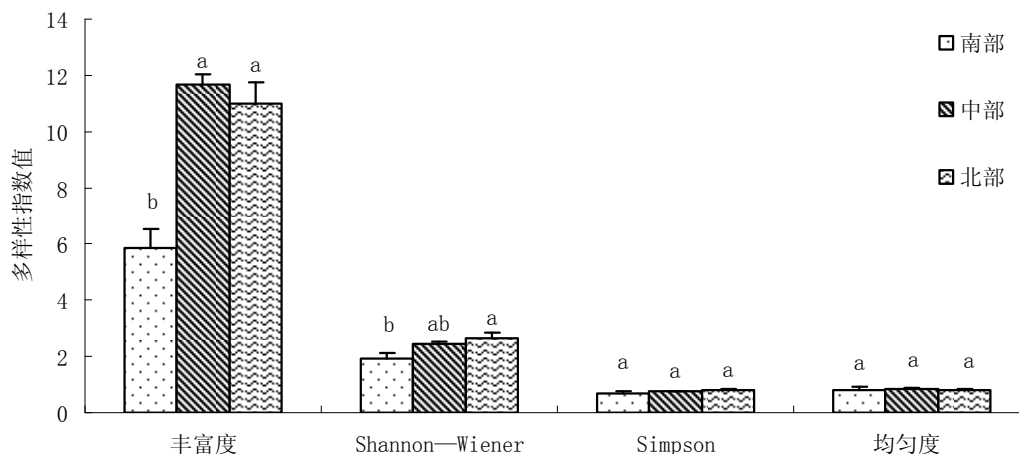


图 2-8 乌兰布和沙漠南部、中部、北部各多样性指数比较 (p<0.05)

从纵向来对比三条线路各多样性指数的大小，实际上反映了从南到北，随着纬度的梯度变化，其各个多样性指标的大小特征。如图 2-8 所示，可以看到沙漠北部和沙漠中部的平均物种丰富度相差不大，而它们与沙漠南部植物群落的物种丰富度差异达到显著水平。在三条线路上 Shannon—Wiener 指数与 Simpson 指数都表现为沙漠北部 > 中部 > 南部，Shannon—Wiener 指数表现为沙漠北部显著的大于南部，但是它们两者与沙漠中部的差异性不显著。而三条线路之间的 Simpson 指数差异不显著。沙漠中部的植物群落的均匀度最高，南部其次，北部最小，但三者之间的差异性不显著。

乌兰布和植物物种多样性分布主要受水热条件所控制，但是立地土壤环境因子的改变也会产生重要的影响，并且使得这种变化变的复杂、多变。总之影响一个区域的物种多样性的变化是多方面的，需要综合考虑，但总体看，那些局部水热条件相对较好，立地土壤水肥条件相对较好的区域物种多样性自然会高一点。另外通过调查和数据分析也可以发现，实际上，在沙漠地区无论是从东到西的横向变化还是从南到北的纵向变化其灌木层的数量变化是很小的，但是草本层物种数量差异很大，那些草本植物种类多的地区物种丰富度和多样性指数都比较高，而那些草本植物相对匮乏的地区必然导致物种丰富度和多样性很低。

二、植被分布的环境解释

植被的地理分布是种间和种内以及物种与生境的长期相互作用和相互适应的结果。其中，气候是决定植被分布和特征的最重要影响因素，在景观或大尺度上决定植被分布，全球地带性的植被分布都与气候密切相关。而土壤在小尺度或斑块上决定物种分布及其格局，土

壤环境与植被群落存在相互联系、相互制约的关系，不但表明了土壤环境在植物群落演替过程中的作用，也揭示了植物群落对土壤性质的恢复和改造作用，这种彼此影响、相互促进的作用是土壤-植被系统演变的动力（肖洪浪等，2003；Antoine & Niklaus，2000）。自20世纪80年代中期以来，植被与环境的数量关系，即环境解释成为生态研究的热点之一。环境解释既给出了植物群落类型及其梯度的物理原因，又赋予了它们数量指标，不仅可以建立群落及其梯度的空间分布模型，并可为植被的经营管理和开发利用提供数据（李博，1990；He et al，2007）。

（一）植被分布与地理位置及气候因子的关系

表 2-14 地理位置及气候因子与物种排序轴的相关关系、特征值和解释方差

环境因子	SP AX1	SP AX2	SP AX3	SP AX4
经度 Lon	0.200	0.399**	-0.265*	0.222
纬度 Lat	-0.222	0.043	0.086	0.155
海拔 Ele	0.611**	-0.078	0.015	0.164
降水量 Pre	0.647**	0.101	-0.140	0.086
蒸发量 Eva	-0.034	-0.155	-0.064	-0.314*
平均温度 Tem	-0.206	-0.134	0.017	-0.294*
相对湿度 RH	-0.130	0.188	-0.013	0.236
风速 Win	-0.263	-0.125	-0.031	-0.300*
日照时数 SH	-0.340*	-0.390**	0.412**	-0.203
特征值	0.345	0.217	0.193	0.171
物种与环境相关系数	0.76	0.64	0.73	0.79
累积解释方差	32.6	54.0	72.5	84.0

注：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ 。

以乌兰布和沙漠植被组成物种重要值和地理位置与气候因子为数据源，构成群落种类组成与环境因子数据矩阵，应用 Canoco 软件的典范对应分析方法（CCA）对乌兰布和沙漠不同样地固沙植被样方、物种和环境因子进行了排序分析，得到乌兰布和沙漠样方、物种与地理位置、气候因子环境因子的 CCA 二维排序图。表 2-14 所示，降水量、海拔与第 1 排序轴成极显著正相关关系（ $p < 0.01$ ），日照时数与说明第 1 排序轴呈显著负相关关系（ $p < 0.05$ ），说明第 1 排序轴主要反映了降水、海拔以及日照的变化情况，即沿着第 1 轴从左至右降水量逐渐增大，海拔逐渐升高，日照时数逐渐减少。第 2 排序轴与经度呈显著正相关关系，与日照时数呈显著负相关关系，说明第 2 轴主要反映了经度与日照时数的变化，即沿着第 2 轴从下至上经度逐渐增大，日照时数逐渐减少。而纬度、蒸发量、平均温度、相对湿度与风速与第 1 轴、第 2 轴的相关性弱，在二维空间内对植物分布的影响较小。另外，第 1 轴特征值为

0.345，解释方差达到 32.6%，物种与环境的相关系数达到 0.76；第 2 轴特征值为 0.217，解释方差 21.4%，物种与环境的相关系数达到 0.64，说明在乌兰布和沙漠范围内地理位置、气候因子变化对物种分布有明显影响。

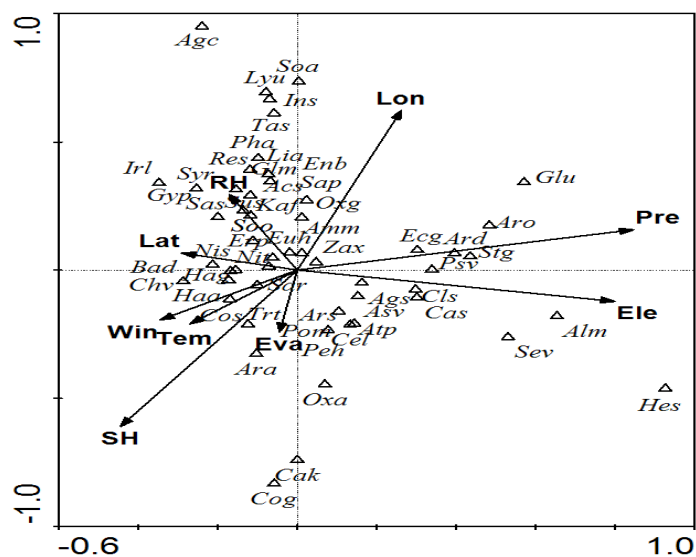


图 2-9 物种分布与地理位置及气候因子的 CCA 排序图

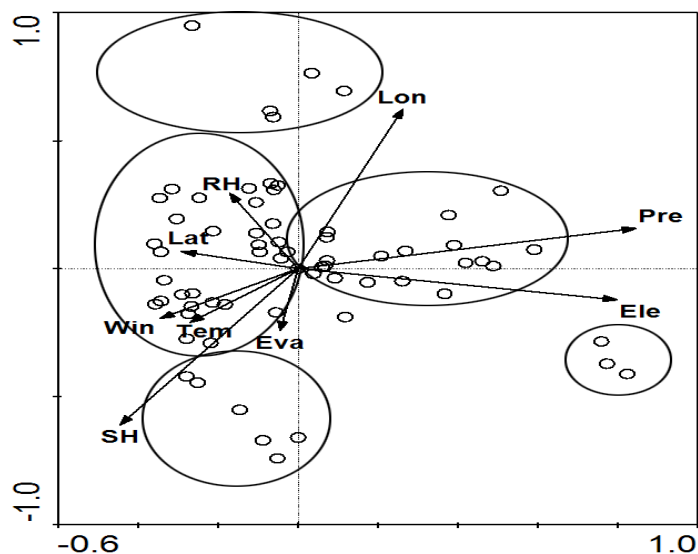


图 2-10 不同植被群落与地理位置及气候因子的 CCA 排序图

Acs 芨芨草、Ags 沙米、Ags 沙生冰草、Alm 沙葱、Amm 沙冬青、Ara 三芒草、Ard 沙蒿、Aro 油蒿、Ars 黄蒿、Asv 变异黄蒿、Atp 锐枝木蓼、Bad 五星蒿、Cak 柠条、Cas 沙拐枣、Chv 虎尾草、Cls 隐子草、Cog 鹰爪柴、Cos 虫实、Enb 冠芒草、Erp 小画眉草、Euh 地锦、Glm 海乳草、Gyp 裸果木、Haa 梭梭、Hag 盐生草、Hes 花棒、Ins 沙地旋覆花、Irl 马蔺、Kaf 盐爪爪、Lia 黄花矶松、Nis 泡泡刺、Nit 白刺、Oxa 猫头刺、Peh 骆驼蓬、Pha 芦苇、Pom 绵刺、Psv 沙竹、Res 红砂、Sap 珍珠、Sar 猪毛菜、Sas 风毛菊、Sev 狗尾草、Soa 苦豆子、Soo 苦苣菜、Stg 沙生针茅、Sus 碱蓬、Syr 合头草、Tas 怪柳、Trt 蒺藜、Zax 霸王

图 2-9 所示，油蒿、沙蒿、沙生针茅位于第 1 排序轴的右上端，其生境具有较高的降水量；花棒、沙葱、无芒隐子草、沙米与沙拐枣位于第 1 排序轴的右下端，其中花棒是人工树

种, 仅出现在海拔较高的贺兰山前沙地。鹰爪柴、柠条、猫头刺、骆驼蓬、三芒草位于第 2 排序轴的最下方, 其生境具有较高的日照时间, 而且蒸发量较大。沙冬青、珍珠、霸王等与经度关系密切, 集中分布于沙漠东部。冰草、苦豆子、马蔺、怪柳和芦苇等位于第二排序轴的左上方, 与地理位置和气候因子的关系均不密切, 属于小生境生长的植物。而沙漠优势种梭梭与风速、日照时数、温度和纬度的关系较密切, 其生境降水量较低, 风沙危害严重, 多分布于沙漠的偏北、偏西地区; 优势种白刺与纬度、相对湿度关系较密切, 其多分布于空气湿度较高的沙漠偏北区域。因此, CCA 排序图比较直观的显示出物种分布与地理位置以及气候因子的相互关系, 初步揭示了乌兰布和沙地植被分布形成的地理与气候原因。

根据地理位置及气候因子与植被样地 CCA 排序图, 乌兰布和沙漠调查植被样地可以分为五类, 第一类属于经度较大区域样地, 有沙生冰草、沙蒿、油蒿和苦豆子群落, 第二类属于海拔较高区域样地, 有沙蒿、沙葱与花棒群落; 第三类属于日照时间较长, 蒸发量较大区域样地, 有鹰爪柴、柠条、梭梭和白刺群落; 第四类属于降水较大, 海拔较高区域样地, 有沙冬青、油蒿、沙蒿、白刺、梭梭群落; 第五类包括的植被样地最多, 有白刺、梭梭、芨芨草、沙蒿、沙冬青、马蔺、盐爪爪等主要植被类型, 分布区域的降水偏少, 海拔偏低, 但是相对湿度或气温、风速偏高(图 2-10)。显然优势种沙蒿、梭梭、白刺等植物, 特别是沙蒿的分布范围比较广。由此说明, 乌兰布和沙漠植被样方与地理位置及气候因子的 CCA 排序图直观的体现了不同植被样地空间分布, 也基本反映出与地理位置、气候因子间的关系。

(二) 植被分布与土壤因子的关系

以乌兰布和沙漠植被组成物种重要值和土壤因子为数据源, 构成群落种类组成与土壤环境因子数据矩阵, 应用 Canoco 软件的典范对应分析方法(CCA)对乌兰布和沙漠不同样地固沙植被样方、物种和土壤环境因子进行了排序分析, 得到乌兰布和沙漠样方、物种与土壤环境因子的 CCA 二维排序图。表 2-15 所示, 土壤水分、粘粒含量、有机质、全氮、速效磷、盐分与第 1 排序轴成极显著正相关关系($p < 0.01$), 沙粒含量与第 1 排序轴成极显著负相关关系($p < 0.01$), 说明第 1 轴反映了土壤水分、粒度与养分的变化情况, 即沿着第 1 轴从左至右土壤沙粒成分逐渐减少, 土壤水分与粘粒成分逐渐增加, 土壤有机质、全氮、速效磷逐渐增大。而土壤环境因子与第 2 排序轴均未达到显著相关关系, 单个环境因子在第二维空间对物种的分布影响小。第 1 轴特征值为 0.589, 解释方差达到 40.5%, 物种与环境的相关系数达到 0.93; 第 2 轴特征值为 0.317, 解释方差 16.9%, 物种与环境的相关系数达到 0.80, 说明乌兰布和沙漠范围内土壤环境因子变化对物种分布的影响较大。

表 2-15 土壤环境因子与物种排序轴的相关关系、特征值 and 解释方差

土壤环境因子	SP AX1	SP AX2	SP AX3	SP AX4
土壤水分 SW (%)	0.868**	-0.002	-0.059	0.114
沙粒含量 Sand (%)	-0.722**	-0.071	-0.194	-0.168
粘粒含量 Clay (%)	0.677**	-0.114	0.360*	0.119
容重 BK (g/cm ³)	-0.001	0.103	-0.166	-0.136
有机质 OM (%)	0.582**	0.149	0.003	-0.144
全氮 TN (%)	0.739**	-0.185	-0.070	-0.023
速效磷 AP (mg/100g 土)	0.597**	0.278	0.164	-0.328*
速效钾 AK (ppm)	-0.213	-0.174	-0.390*	0.258
盐分 ST (%)	0.801**	-0.017	0.170	0.203
PH	0.003	-0.009	-0.031	-0.373*
特征值	0.589	0.317	0.245	0.216
物种与环境相关系数	0.93	0.80	0.73	0.76
累积解释方差	40.50	56.90	69.60	80.80

注: * p<0.05, ** p<0.01.

图 2-11A 所示, 在乌兰布和沙漠, 芦苇、碱蓬位于第 1 排序轴的右上端, 其土壤生境具有较高的有机质和速效磷; 盐爪爪、怪柳、马蔺和红砂位于第 1 排序轴的右下端, 其土壤生境具有较高的全氮、粘粒含量、水分以及盐分含量; 梭梭、沙冬青、白刺、沙蒿、油蒿、霸王、柠条等植物集中位于第 1 排序轴的偏左, 其土壤生境具有较高的沙粒含量以及中等养分、盐分与水分条件。显然, CCA 排序图较直观显示出物种分布与土壤因子的相互关系, 反映了不同土壤因子对物种分布的影响程度。

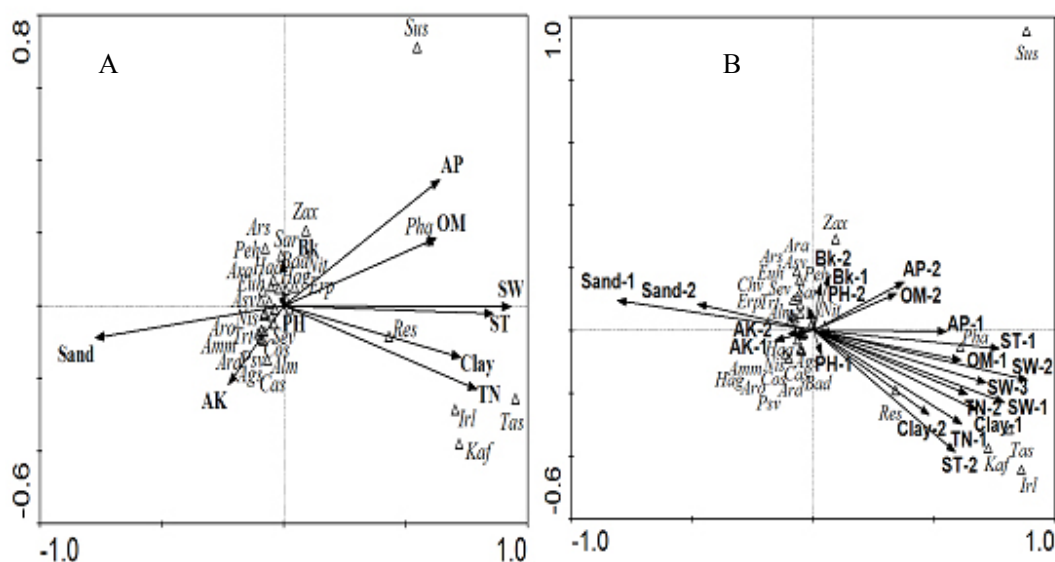


图 2-11 物种分布与土壤因子的 CCA 排序图
A 土壤因子平均值; B 不同层次土壤因子值

图 2-11 B 所示, 不同层次土壤环境因子与物种排序轴的对应关系不同, 对物种分布的影响程度存在差异。其中, 土壤表层 0-5cm 的土壤水分、沙粒含量、粘粒含量、有机质、

全氮、盐分、速效磷对物种分布具有显著影响，而土壤容重、速效钾和 pH 无明显影响；5-100cm 层的土壤水分、沙粒含量、粘粒含量、全氮、盐分对物种分布具有显著影响，而土壤容重、有机质、速效磷、速效钾和 pH 无明显影响。不同层次相比，除土壤水分外，表层土壤对乌兰布和沙漠物种分布具有更明显的影响作用，研究表层土壤特性显得尤为重要。

根据土壤环境因子与植被样地 CCA 排序图，乌兰布和沙漠植被样地可以分为 3 大类，第一类属于土壤水分、土壤盐分、全氮、粘粒含量很高生境样地，有盐爪爪、怪柳和芨芨草群落；第二类属于土壤有机质、速效磷很高生境样地，为芦苇群落；第三类属于土壤水分、养分、盐分中等偏少，而沙粒含量中等偏多生境样地，有梭梭、沙冬青、白刺、油蒿和沙蒿等群落，占到乌兰布和沙漠植被样地的绝大部分，属于沙地植被群落（图 2-12）。由此说明，乌兰布和沙漠植被样方与土壤生境因子的 CCA 排序图基本表现了植被样地的地理分布及其类型，但是由于样地土壤生境差异太大，难以有效区分沙地植被部分。

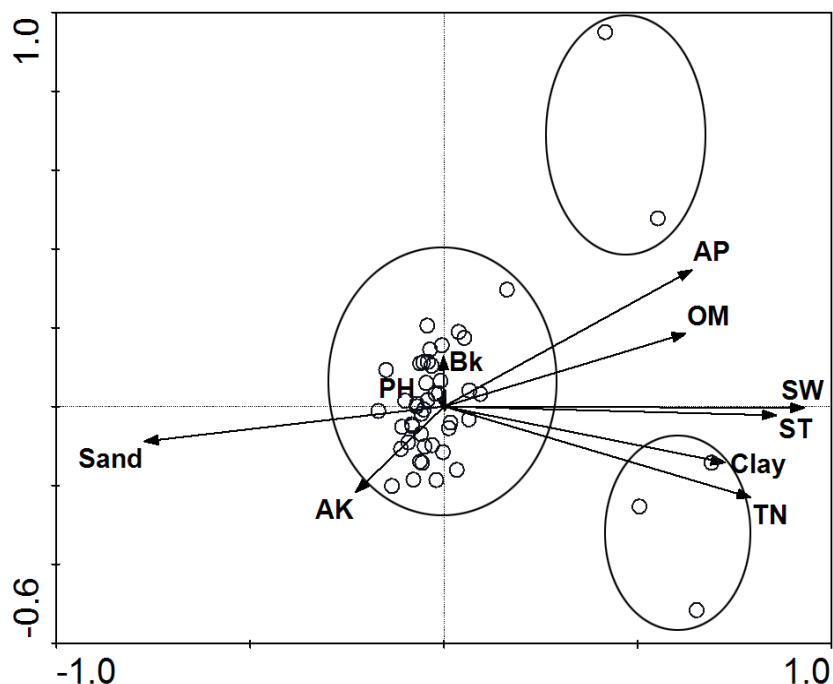


图 2-12 不同沙地植被群落与土壤因子因子的 CCA 排序图

因此，乌兰布和沙漠植被的地理分布及其空间格局是气候、地理位置和土壤等多种因素综合作用的结果，主要影响因素包括降水量、日照时数（气候因素），海拔、经度（地理位置因素）和土壤水分、沙粒含量、粘粒含量、有机质、全氮、盐分和速效磷（土壤因素）。优势种盐爪爪、马蔺、怪柳和芦苇受气候与地理位置的影响小，主要受土壤因子的影响，其群落类型属于小生境上的隐域性植物群落；优势种梭梭、沙冬青、白刺、沙蒿等植物生境具有较高沙粒含量以及中等偏少的降水量、养分、盐分与水分条件；优势种沙蒿、油蒿生境具

有较高的降水量和沙粒含量以及中等偏少的养分、盐分与水分条件。另外，0-5cm 表层土壤环境因子对乌兰布和沙漠物种分布的影响明显大于 5-200cm 层，因此研究表层土壤显得尤为重要。

小 结

(1) 乌兰布和沙漠共有种子植物 51 科 161 属 306 种 12 变种。植物组成以 20 种以上科的物种数量较多，作为区域植物的优势种存在，对区域植被结构乃至区域环境都有重要作用；单种属和寡种属的物种数量较大，说明植物区系整体物种多样性并不丰富，而优势属在种的层次上丰富度较高，有一定的优势，在荒漠植物区系属的组成中起着重要作用。

(2) 乌兰布和沙漠重点保护的植物有 28 科 56 属 71 种，占总物种数的 22%。其中国家级保护植物 11 种，区级保护植物 15 种，列为自治区重点保护的草原植物达 35 种。此外还有区域特有物种、偶见物种及一些经济植物和面临衰退的物种需要做进一步的保护，这对丰富区域植物资源，维护区域生态环境具有重要的意义。

(3) 乌兰布和沙漠植物地理区系有 7 个科分布类型和 14 个属分布类型。科分布以世界成分占优势，反映了植被区系分布与气候带相适应的特征；热带至温带分布型也占有相当数量的成分，并在区域中具有一定的优势。属分布以温带成分占优势，表现出明显的温带性质；古地中海成分多为早中生、早生性的草本或木本，并在区系中起着十分重要的作用。乌兰布和沙漠植物区系属于泛北极植物区域亚洲荒漠植物区，干旱程度有所缓和，藜科植物和草原型植物菊科植物都占有一定的优势，区系组成中草原化荒漠优势非常明显。

(4) 乌兰布和沙漠中的植物以地面芽植物占绝对优势，其次是一年生植物和高位芽植物，而地上芽和地下芽植物相对比较缺乏。多年生草本植物所占所有植物种的 43.75%，且基本上都是较为耐旱、耐寒的以菊科、豆科、禾本科为主的沙生类草本植物；灌木占 15.31% 及半灌木、小灌木也占到 10.31%，这两类植物乌兰布和沙漠植物群落中优势比较明显，往往是一个群落的建群种；一年生植物占 21.25%。

(5) 乌兰布和沙漠中的植物叶型是单叶的占到 64%，而从叶质的统计来看，以纸质叶居多，所占的比例达到 57.32%，革质叶只有 27.39%，而占到 14.65% 的灌木类的盐爪爪属和霸王属的部分植物和草本类的碱蓬属、补血草属的部分植物具有肉质的叶；总体看乌兰布和沙漠中植物以全缘的为主，占总数的 67.83%，其中乔木、灌木、草本类植物全缘的叶超过或接近 70%。

(6) 按照传统植被分类方法乌兰布和沙漠的植被可分为灌丛植被、荒漠植被、草甸植被和沼泽植被 4 种类型，21 个群落（群丛），荒漠植被是乌兰布和沙漠内最主要的植被类型，代表性群落有梭梭荒漠、红砂荒漠、沙蒿荒漠等。对调查植物的重要值做 TWINSpan 数量分类，可将乌兰布和沙漠植被划分为 30 个群丛。

(7) 乌兰布和沙漠中的植被也具备了乔木层、灌木层、草本层这三个基本的垂直层次结

构,但是乔木层不发达,上层结构也主要是由灌木层和小灌木层组成的。由地形的差异形成的群落斑块相间的水平结构类型很多,最为代表性的就是白刺形成的灌丛,它形成的灌丛“镶嵌”入其他类型的群落里面,形成了独特的水平空间结构。

(8) 乌兰布和沙漠经向上植被的盖度和多样性有着不同的变化趋势。以三条横向考察的路线为基础,植被的盖度是从东到西是呈降低的趋势的,但是因局部水热条件的变化以及地形的改变使得这种从东到西的变化出现反复,但总体上受到水分条件制约,沙漠地区盖度总体呈东高西低的趋势是不变的。而物种多样性各指标的沙漠经向变化比较复杂,没有统一的变化趋势。灌木层的数量变化是很小的,但是草本层物种数量差异很大,那些草本植物种类多的地区物种丰富度和多样性指数都比较高,而那些草本植物相对匮乏的地区必然导致物种丰富度和多样性很低。

(9) 对各种典型植物群落类型的数量特征进行了比较,从盖度特征表现出,油蒿>盐爪爪>白刺>梭梭>沙冬青>沙蒿>多年生草本类;密度特征表现为,多年生草本>梭梭>白刺>沙冬青>油蒿>盐爪爪>沙蒿;用不同的多样性指数分析物种多样性的结果略有差异。另外对典型植物的种群数量特征也做比较,梭梭种群的平均株高是最高的,它占据了乌兰布和沙漠植被垂直结构的最上层空间,而白刺和沙冬青种群具有很好的平空间扩展能力,而受到骆驼啃食等影响,梭梭的平均冠幅受到了一定的影响,其平均值偏小,经过对比也发现种群的密度基本上是与个体的平均冠幅成反比的,所以在乌兰布和,种群的密度就表现为多年生草本>盐爪爪>油蒿>沙蒿>梭梭>沙冬青>白刺;另外,从每个优势种的盖度数值分析来看,盐爪爪种群和油蒿种群的盖度值较大,而其他各类种群在所处的群落中盖度较小。

(10) 乌兰布和沙漠植被的地理分布及其空间格局是气候、地理位置和土壤等多种因素综合作用的结果。其中梭梭、沙冬青、白刺、沙蒿等植物生境具有较高沙粒含量以及中等偏少的降水量、养分、盐分与水分条件,盐爪爪、马蔺、怪柳和芦苇受气候与地理位置的影响小,主要受土壤因子的影响,沙蒿、油蒿分布生境表现出较高的降水量和沙粒含量。

参考文献:

- [1] Antoine G, Niklaus EZ. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling*, 135:147~186.
- [2] Connolly~McCarthy BJ, Grigal DF. 1985. Biomass of shrub-dominated wetlands in Minnesota. *Forest Science*, 31:1011~1017.
- [3] Harcombe P A. 1987. Tree life tables. *Biosci*, 37:557~56.
- [4] He MZ, Zhang JG, Li XR, Qian YL. 2007. Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China. *Journal of Arid Environments*, 69:473~489.
- [5] Hill M.O. 1979. TWINSpan FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attributes. *Ecology and Systematic*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- [6] Walker B, King A, Langridge J. 1999. Plant attitude diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems*, 2:95~110.

- [7] Whittaker R H.1977.Evolution of species diversity in land communities .Journal of Biogeography.(10):1~67.
- [8] 陈鹏,潘晓玲. 2001. 河西走廊地区植物的区系研究. 植物研究, 21(1): 24~30.
- [9] 党承林,姜汉侨. 1982.云南西畴县草果山常绿阔叶林的数量分类研究.生态学报, 2(2):111~132.
- [10] 何立新,李立军,许鹏.1995.新疆呼图壁种牛场天然草地类型数量分析研究.植物生态学报,19(2):175~182.
- [11] 侯学煜.1982.中华人民共和国植被图.北京:中国地图出版社.
- [12] 金翠霞,吴亚. 1982. 群落多样性的测定及其应用的探讨. 昆虫学报,(1):28~33.
- [13] 李博. 2000. 生态学. 北京:高等教育出版社.
- [14] 李博. 鄂尔多斯高原自然资源与环境研究. 北京: 环境出版社,1990,119~125.
- [15] 李典漠. 1987. 生态的多样性度量. 生态学杂志,6 (4):49~52.
- [16] 李俊清. 2006. 森林生态学. 北京:高等教育出版社.
- [17] 李秋艳,何志斌,赵文智,等. 2004.不同生境条件下泡泡刺种群的空间格局及动态分析.中国沙漠, 24(7):484~488.
- [18] 李文友,赵凤霞,韩学勇. 2007. 生活型研究概述. 林业科技情报,39(3):20~21,24.
- [19] 李锡文. 1996. 中国种子植物区系统计分析. 云南植物研究,18(4):363~384.
- [20] 李英年, 张法伟, 刘安花等. 2006. 矮嵩草草甸土壤湿度对植被盖度变化的响应. 中国农业气象,27(4):265~268.
- [21] 李志熙,廖允成,白岗栓.2005.毛乌素沙地植被特征与建设.水土保持通报,25(5):66~74.
- [22] 林爱文,胡将军,章玲,等.2005.资源环境与可持续发展.武汉:武汉大学出版社.
- [23] 刘芳. 2000. 乌兰布和沙区的植物资源. 内蒙古师大学报, 29(3):215~220.
- [24] 刘守江,苏智先,张璩霞,等. 2003. 陆地植物群落生活型研究进展. 四川师范学院学报(自然科学版),24(2):155~159.
- [25] 刘玉成.1985.四川省缙云山常绿阔叶林的数量分类.植物生态学报,(4):315~325.
- [26] 卢中正,张光超,高会军,等. 2001.毛乌素沙地东缘植被盖度变化研究. 地球信息科学, (4):42~44.
- [27] 马克平,刘玉明. 1994. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(下). 生物多样性,2(4):231~239.
- [28] 马克平. 1994. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(上). 生物多样性,2(3):162~168.
- [29] 马龙,刘廷玺.2007.科尔沁沙地植物生态型与地下水位及土壤水分的关系研究. 中国沙漠,27(3):391~396.
- [30] 马毓泉主编.1985.内蒙古植物志 1~8 卷.呼和浩特:内蒙古人民出版社.
- [31] 莫蓁蓁,贺丽敏,李振山. 2008. 干旱区沙质草地植被覆盖变化模拟应用. 中国沙漠,28(3):423~429.
- [32] 潘代远,孔令韶,金启宏.1995.新疆呼图壁盐化草甸群落的 DCA、CCA 及 DCCA 分析.植物生态学报, 19(2):115~127.
- [33] 潘晓玲,党荣理,伍光和. 2001. 西北干旱荒漠区植物区系地理与资源利用. 北京:科学出版社, 18~160.
- [34] 彭少麟,王伯荪. 1983. 鼎湖山森林群落 I 物种多样化. 生态科学,(1):11~17.
- [35] 彭少麟,周厚诚,陈天杏,等.1989.广东森林群落的组成结构数量特征.植物生态学与地植物学报,13(1):10~17.
- [36] 钱迎倩,马克平主编. 1994. 生物多样性的原理和方法. 北京:中国科学技术出版社,141~165.
- [37] 钱迎倩. 1998a. 生物多样性的几个问题. 植物学通报,15(5):1~15.
- [38] 钱迎倩. 1998b. 生物多样性的几个问题(续). 植物学通报,15(6):1~18.
- [39] 上官铁梁,贾志力,张金屯,等.2001.汾河太原段河漫滩草地植被的数量分类与排序.草业学

- 报,10(4):31~39.
- [40] 沈渭寿.1997.雅鲁藏布江中部流域沙地植被的分类和排序.中国沙漠,17(3):269~273.
- [41] 孙儒泳,李博,诸葛阳等. 1993. 普通生态学. 北京:高等教育出版社.
- [42] 王伯荪,余世孝,彭少麟等. 1997. 植物群落学实验手册. 广州:广东高等教育出版社.
- [43] 王伯荪,余世孝,张宏达,等.1988.香港岛森林群落的聚类与排序.植物生态学与地植物学报,12(1):1~11.
- [44] 王伯荪. 1987. 植物群落学. 北京:高等教育出版社.
- [45] 王钦. 2005.川西北高原放牧草地植物群落数量特征及退化分类评价指标体系研究(D).
- [46] 王孝安.1997.安西荒漠植被的多元分析.植物学报,39(5):461~466.
- [47] 乌拉. 2007. 乌兰布和沙漠植被及其保护. 陕西林业科技, 23(4):133~137.
- [48] 吴东丽,上官铁梁,张金屯,等.2005.滹沱河流域湿地植被的数量分类和排序.西北植物学报,25(4):648~654.
- [49] 吴征溢,路安民,汤彦承等. 2003. 中国被子植物科属总论.北京:中国科学出版社,54~1133.
- [50] 吴征镒主编.1980.中国植被.北京:科学出版社.
- [51] 肖洪浪,李新荣,段争虎,等. 流沙固定过程中土壤-植被系统演变. 中国沙漠, 2003, 23(6): 605~611.
- [52] 谢宗强,陈伟烈,江明喜,等.1995.八面山银杉林种群的初步研究.植物学报,37(1):58~65.
- [53] 谢宗强,陈伟烈,路鹏,等.1999.濒危植物银杉的种群统计与年龄结构.生态学报,19(4):523~528.
- [54] 徐恒刚主编.2004.内蒙古西部沙区荒漠灌丛植被及沙区生态建设.北京:中国农业科学技术出版社.
- [55] 徐庆,刘世荣,藏润国等.2001.中国特有植物沙冬青种群的生殖生态特征—种群生殖值及生殖分配研究.林业科学.37(2):36~41.
- [56] 闫桂琴,赵桂仿,胡正海等.2001.秦岭太白红杉种群结构与动态的研究.应用生态学报,12(6):824~828.
- [57] 杨维康,张道远,尹林克,张立运. 2002. 新疆怪柳属植物(*Tamarix* L.)的分布与群落相似性聚类分析.干旱区研究, 19(3):6~11.
- [58] 于顺利,马克平,陈灵芝. 2003. 蒙古栎群落叶型的分析. 应用生态学报,14(1):151~153.
- [59] 张桂莲,张金屯,程林美.2002.山西南部山地白羊草群落数量分类和排序.草业学报,12(3):63~69.
- [60] 张金屯.2004.数量生态学.北京:科学出版社.
- [61] 张立运,陈昌笃.2002.论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点.生态学报, 22(11):1923~1932.
- [62] 张新时主编.2007.中国植被及其地理格局~中华人民共和国植被图集 1:100 万说明书.北京:地质出版社.
- [63] 赵哈林,周瑞莲,张铜会等.2004.利尔沁沙地植被的统计学特征与土地沙漠化.中国沙漠,24(3):274~278.
- [64] 郑慧莹.1986.松嫩平原南部植物群落的分类和排序.植物生态学与地植物学学报,10(3):171~179.
- [65] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队编.1985.内蒙古植被.北京:科学出版社.
- [66] 周志宇,陈善科,付华,等. 2003.阿拉善荒漠草地恢复演替过程中物种多样性与生产力的变化.草业学报, 12(1):34~40.
- [67] 朱俊凤,朱震达著.1999.中国沙漠化防治.北京:中国林业出版社,301~308.
- [68] 卓正大,张宏建.1987.六盘山森林植被的数量分类.植物生态学与地植物学学报,11(4):252~263.

第三章 乌兰布和沙漠天然梭梭林

第一节 梭梭研究进展

梭梭属 (*Haloxylon*), 英文名为 *Saxaul*, 属于藜科植物, 文献检索到该属植物包括梭梭 *Haloxylon ammodendron*、关节梭梭 *Haloxylon articulatum*、怪柳梭梭 *Haloxylon tamariscifolium*、扫帚梭梭 *Haloxylon scoparium*、多花梭梭 *Haloxylon multiflorum*、白梭梭 *Haloxylon persicum*、下弯梭梭 *Haloxylon recurvum*、角梭梭 *Haloxylon salicornicum*、施米特梭梭 *Haloxylon schimittianum*、施氏梭梭 *Haloxylon schweinfurthii*、黑梭梭 *Haloxylon aphyllum*、吉伏特梭梭 *Haloxylon griffithii* 等 12 种。由于在分类上的争议较大, 如黑梭梭 (*Haloxylon aphyllum*) 是否是梭梭 (*Haloxylon ammodendron*) 的变种, 怪柳梭梭 (*Haloxylon tamariscifolium*) 和扫帚梭梭 (*Haloxylon scoparium*) 是否属于关节梭梭 (*Haloxylon articulatum*) 等等, 因而各国具体种类统计有一定差异 (Edwin D. McKee, 1993; Slemnev, N. N, et al., 1997; Slemnev, N. N. et al., 1997; B.JI, 1960; Mukhiddin Makhmudovich, 2001; Pankov V, et al., 1999)。

在我国, 刘斌心等学者不认可黑梭梭, 认为我国沙漠地区只有梭梭和白梭梭 2 个种 (胡式之, 1963)。但是, 当前国内有众多学者持不同意见, 并申请立项从中亚、西亚引进黑梭梭材料及其栽培技术。梭梭属中以白梭梭、梭梭和盐角梭梭的分布范围较广, 面积较大, 但是在过度放牧、砍伐薪柴以及森林大火的影响下, 国外梭梭属植物也遭到严重破坏。在土库曼斯坦, 梭梭林面积在过去的 10 年减少了一半, 仅保存 600 万 hm^2 , 其中白梭梭 365.5 万 hm^2 , 1999 年出版的植物红皮书已将黑、白梭梭列为稀有植物; 在梭梭属植物分布最大的哈萨克斯坦 (黑梭梭、白梭梭和梭梭, 1500 万 hm^2) 以及伊朗 (黑梭梭、白梭梭和梭梭)、沙特 (盐角梭梭) 等国家也存在相似的问题。但是, 近年来各国加强了对天然梭梭林的保护, 并将梭梭属植物用作防沙固沙造林树种, 已在西亚、中亚、东亚地区、南亚西部以及北非等地区和国家推广应用 (Kalenov, 1986; Koocheki A, 1995; Engel T, 1996; Shaltout K H, 1996; 萨姆苏特吉诺夫, 1974)。(下文中不作说明, 出现的梭梭均指 *Haloxylon ammodendron*)。

梭梭, 常用拉丁名为 *Haloxylon ammodendron*, 还有 *Anabasis ammodendron*,

Arthrophytum ammodendron, *A. ammodendron*, *Haloxylon aphyllum*; 中文名还有梭梭柴、梭梭树、琐琐、锁锁、盐木等。其植株高度、冠幅变易很大, 高度一般在 1~5 m 不等, 最高可达 10m, 冠幅面积 0.8~18m²。通常具有明显的主干, 其主干扭曲粗糙, 基径可达 70cm, 呈小乔木或丛生灌木状, 但并非真正意义上的乔木。主干多分枝, 当年生嫩枝绿色而光滑, 多汁, 具关节。叶退化为鳞片, 仅用绿色嫩枝进行正常的光合作用和同化作用。4 月下旬至 5 月初开放小花, 花期 10~15d 左右, 子房暂不发育, 处于休眠状态, 以度过漫长的夏季干旱, 直至 8~9 月, 天气变得凉爽, 子房开始发育, 逐步形成果实, 10 月底或 11 月初果实成熟; 种子胎生, 寿命一般只有几个月时间, 最长不超过 2 年, 因而自然繁殖的成功率很低; 垂直根系一般深为 5m, 水平根系一般伸展达 10m (刘嫫心, 1985)。

梭梭的嫩枝粗蛋白质含量较高, 约为 11%~17%, 粗纤维含量较低, 约为 17%~19%, 是荒漠地区的重要草地资源, 在我国有 652.6 万 hm², 占全国原始草地和温性荒漠草地面积的 1.66%和 14.48%。梭梭木材坚硬, 火力强, 热值达到 4524kJ/kg (民勤), 是绝好的能源植物, 而且是我国荒漠中生物物质蓄积量最高的植被类型之一, 一般林地生物量为 2~4t/hm², 故有“沙漠活煤”之称。梭梭根部寄生的肉苁蓉, 是珍贵的药用植物, 在抗衰老、延年益寿方剂中, 用途仅次于人参, 故有“沙漠人参”之美称 (胡式之等, 1963; 高尚武等, 1990; 赵小军等, 2003)。因此, 种植梭梭不仅可以防沙治沙, 改善生态环境, 而且还可以获得很高的经济效益。

梭梭抗旱、抗寒, 喜瘠薄、喜干燥, 对风蚀沙埋的生态适应性强, 是一种优良的防风固沙种质材料。梭梭林不仅在维持西部生态环境中发挥着巨大作用, 同时也是当地重要的草地资源 (刘嫫心, 1985; 胡式之等, 1963)。在过去的几十年来, 由于过度放牧、大量砍伐, 使得分布在我国沙漠、戈壁边缘地带的梭梭林遭到严重破坏, 如新疆准噶尔盆地的原始梭梭林面积(包括白梭梭林)由上世纪 50 年代的 750 万 hm²减少到 80 年代的 237 万 hm²; 新疆奇台县境内的梭梭林分布范围, 向北退缩了 10-20km, 种群密度已由 20 世纪 50 年代 1050 株/hm²减少到 80 年代的 405 株/hm²; 新疆木垒县北部戈壁和沙漠中梭梭林的面积, 从 20 世纪 50 年代初期的 11.5 万 hm²减少到 80 年代初期的 5.5 万 hm², 覆盖度也由原来的 15%降到 7.5%; 内蒙古阿拉善盟由 113 万 hm²减少到 53.3 万 hm², 盖度降低了 30%, 草本植物种减少一半; 内蒙古吉兰泰, 仅仅 20 多年时间就使原始梭梭林面积由 7 万 hm²减少到 2 万 hm², 这样悲惨的梭梭林破坏案例在国内外举不胜举。大范围的面上破坏, 导致原始梭梭林面积急剧减少, 并处于渐危状态。1984 年, 梭梭被列为国家首批三级重点保护植物, 急需对原始林加强封育保护, 并开展原始林恢复、重建相关技术研究。目前, 我国虽

然已经在内蒙古巴彦淖尔盟乌拉特后旗建立了内蒙古努登梭梭林自然保护区(省级),在新疆乌苏县建立了干家湖梭梭林自然保护区(省级),在青海建立了柴达木梭梭自然保护区(省级),在内蒙古兰泰、甘肃肃北和阿克塞建立了封育保护区,但仍需要在面上全面加强保护和研究。

在国外,天然梭梭林分布于土耳其斯坦地区(里海以东地区),包括伊朗、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、俄罗斯、蒙古等中亚国家,除哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、蒙古三国外,其他国家的天然梭梭呈零星分布,分布面积不大,发挥生态保护的作用有限(Engel T, 199; Shaltout K H, 1996)。在我国,天然梭梭林的分布范围西起东经 76°10'的新疆塔里木盆地西端,东至东经 107°30'的内蒙古乌拉特中旗西北部巴音杭盖苏木的图古日格;南自北纬 36°的青海柴达木盆地东部,北到北纬 46°50'的新疆准噶尔盆地北部乌伦古湖。重点分布在准噶尔盆地、塔里木盆地,以及库姆塔格、巴丹吉林、腾格里、乌兰布和四大沙漠中的湖盆低地和砾石戈壁西部。按行政区划,分布于我国内蒙的西部、新疆、甘肃的西部和青海的北部,重点分布在新疆的准噶尔盆地和塔里木盆地,内蒙的阿拉善盟和巴彦淖尔盟以及甘肃的河西走廊西端。天然梭梭的原始分布生境多为地下水位较高或有季节性径流的低地、干河床、湖盆边缘、山前平原或砾石沙地。

在甘肃,梭梭林全部分布在河西地区,包括天然梭梭林和人工梭梭林两类。天然梭梭林在河西西北部各县均有分布,其中以永昌、金塔、敦煌和阿克塞境内较为集中,常成片状、带状分布(刘晓云, 1996)。按照生长的土壤环境,甘肃天然梭梭林的类型包括沙漠梭梭林、戈壁梭梭林、盐漠梭梭林和泥漠(粘土)梭梭林,其中以戈壁梭梭林的比重最大,沙漠梭梭林的比重最小。目前,在河西地区约保存梭梭林 9.79 万 hm^2 ,仅占到全国此类面积的 1.5%,而在新疆、内蒙古、青海分别占到 56%、39.8%、2.7%。其中戈壁梭梭林有 8.38 万 hm^2 ,占到梭梭林总面积的 85.6%,集中分布于疏勒河流域的无人区即库姆塔格沙漠的周边和肃北马鬃山的山前冲积、湖积地带。根据文献记载,如我国元代至正二十六年(公元 1341 年)陶宗仪所著《辍耕录》中曾记叙道:“回纥野马川有木曰锁锁,烧之其火经年不灭,且不作灰”,《民勤县志》(清乾隆 14 年即 1750 年与清道光 5 年即 1825 年)有“炭曰梭梭,燃时清香”、“梭梭可烧炭”、“苻蓉伏于地中,梭梭柴根所发”,《高台县志》有“琐琐柴生北山沙中,坚重可烧炭,耐久”等,以及残存梭梭原始林和流传地名(在河西各县有不少梭梭门、梭梭井、梭梭滩和梭梭大队等地名),可推知在河西沙区过去曾有大面积梭梭原始林分布(甘肃省民勤治沙综合试验站, 1974)。甘肃人工梭梭林的发展最早开始于民勤,之后在周边的武威、张掖、金昌等区域大面积推广,极大地促进了甘肃省人工梭梭林的发展

和防沙治沙，也使得甘肃成为我国梭梭造林时间最早、规模最大和最成功的省份。尽管各地人工梭梭林的保护措施到位，但由环境恶化引起梭梭林退化的现象已经成为普遍问题。人工梭梭林的退化，已导致风沙活动加强，给当地居民生活、生产带来了不良影响，急需尽早采取措施进行恢复重建。目前为止，各地已经采取了封育保护、间伐、剩余水灌溉等措施，但规模有限。

一、梭梭研究现状

（一）国内研究

1. 梭梭群落分布与其生长特征

陈昌笃（1983年）对古尔班通古特沙漠的沙地植物群落及其分布特征的研究表明，梭梭的生态适应性远远超过白梭梭，它不仅分布在沙地，而且也出现在粘土、砾质和盐土荒漠。梭梭生长凌乱，林相不齐，群落常不郁闭，总盖度为15%~55%，以25%~35%的居多，更新情况比白梭梭良好，在梭梭周围经常可见到它的大量幼苗。刘晓云（1996年）通过对梭梭荒漠群落的种类组成、垂直结构、水平结构、季相及梭梭当年生绿色同化枝和草本层的地上植物量进行研究，结果认为梭梭群落具有由中亚荒漠向亚洲中部荒漠过渡的特点，具有干旱植物区系的明显特征，与整个新疆植被荒漠植物区系的特征相一致。杨文斌等人（1994年）对不同立地条件下梭梭林生长状况进行了研究，结果表明，立地条件对梭梭林的生长状况影响很大，梭梭在覆沙厚度大于2m的沙丘迎风坡生长较好，5~6年生地上部分生物量干重达770.7 kg/hm²，分别比丘间低地和沙丘顶部高约80%和70%；固定沙丘中下部生长的要比黄土梁貌生长的更好些。含水量持续在20%~30%的粘土上梭梭林生长不良，而在沙层厚度大于2m的风成沙丘上，当0.4~2m沙层在2.0%~3.5%之间时，生长较好，含水率小于1.0%时，梭梭林严重衰亡（陈昌笃，1983；杨文斌等，1994；张立运，1987；王炜等，2001；马海波等，2001；贾志清等，2004）

2. 梭梭生理特性

陈昌笃（1983年）研究认为梭梭蒸腾作用（日蒸腾总量130mm）小于白梭梭，水势（平均水势41.6 bar）大于白梭梭，它的实际耗水量也低于白梭梭。总体而言，梭梭的抗旱性大于白梭梭，抗旱、节水以及高的吸水能力使它能够广泛分布于沙漠地区和其它类型干旱区。杨文斌（1994年）研究认为在覆沙厚度大于2m的迎风坡，梭梭林蒸腾速率日平均值为354.5ug/g·s，丘间低地和沙丘顶部梭梭林的日平均蒸腾速率分别比沙丘迎风坡低约32%和

52%。李洪山（1995年）研究认为，通过低温预处理 48 h 后或盐预处理 24 h 后均能提高梭梭幼苗的抗旱性；而且干旱预处理也能提高其抗冷性，这种预处理都能减少植株水分的丧失和降低呼吸速率以及减少合成代谢，从而提高对其它胁迫的抵抗能力。同年，他对生长在沙地和龟裂地上的梭梭进行研究发现，龟裂地上生长的梭梭，其蒸腾强度和气孔密度降低而束缚水和水势等增高，导致了同化作用的降低，造成外部形态矮小。苏培玺（2003年）研究认为梭梭的净光合速率(Pn)日变化均呈单峰型，其日平均光合速率、日平均蒸腾速率总体低于沙拐枣；日平均水分利用效率(WUE)高于沙拐枣。从全年比较，梭梭的净光合速率、蒸腾速率及气孔导度均小于沙拐枣，但水分利用效率却高于沙拐枣（李洪山等，1994；蒋进，1991；江原始等，2001；Wang, B. X et al, 1989；Li, X. M et al, 1993；苏培玺等，2003）。在南亚西部、西亚以及中亚地区西部，以前 3 种梭梭属植物分布为主，开展的研究涉及上述三种梭梭的地理分布与生态条件、生理生态学特征、群落结构与动态变化等（Slemnev, 1997；Pyankov, 2000；Slemnev, 1994；Georgievskii, 1977；Tursunov Z, 1989；JIE SONG, 2005）。3. 梭梭育苗试验

甘肃省民勤治沙综合试验站最早开展梭梭引种繁育工作，并率先解决了梭梭的育苗技术难题，一般每亩播种量 3~3.5kg，每亩产苗 10 万株以上，苗木当年生长高度可达 30~50cm；每年休眠后起苗假植，来年春季造林。刘光宗（1982年）研究认为，在影响梭梭种子萌动诸多有关水分生理的因素中，种子含水量的大小是影响梭梭发芽率高低的最主要因素 可作为鉴定其种子质量的一个主要指标。王焯（1989年）采用相关分析法对新疆梭梭属不同种源种子品质进行了研究，发现梭梭自然干藏保存半年后，发芽率可达 90%，而 1a 后发芽率降低到 30%以下，而低温密封干藏 1a 后，发芽率为 50~90%。刘玉光（2002年）研究得出同王焯相似的结论，并从育苗地选择、整地，播种期，种子处理，播种方式和播种量，苗期管理以及苗木出圃等方面进行详细研究和描述。常金宝（1995年）研究了梭梭容器育苗，提出对苗高、成活率、成本等多目标综合作用的最佳组合水平为：高压聚乙烯吹塑容器，高 16cm，直径 9cm，粘土含量 5%，播深 1cm，播盘 15 粒/袋，每日灌水 2 次，播后 1 月和 2 月分别追施混合肥 1 次。3 个月内苗高可达 20cm 以上，茎基木质化（刘光宗，1982；王焯，1989；买买提·依提，1988；Zhenying Huang, 2003；Tobe K, 2000；常金保，1995；刘玉光，2002）。

4. 梭梭造林技术

民勤治沙站在上世纪 60 年代研究认为，梭梭春秋两季造林均可，多在早春 3 月上旬至 4 月上旬土壤解冻后土壤水分状况良好时及时造林，一年生苗造林成活率高于二年生苗。造

林前，应铺设麦草或粘土沙障，应将苗木栽植在沙埂后 1/3 位置可提高成活率。在沙丘上造林常采用穴植，踏实后浇水，待下渗后覆干沙保墒。黄丕振（1985 年）开展集水造林技术研究，发现集水能使梭梭造林成活率、保存率明显提高，生长速度加快。认为面积 22m^2 的集水坑所截获的径流量，对于种植一株梭梭来说是完全能满足需要，问题在于如何保持并充分利用这些径流水。刘东波（1990 年）对飞播梭梭林调查研究发现，精河沙区梭梭飞播 11 年后，播区内由最初无梭梭或飞播时只作为伴生种出现，达到飞播后梭梭平均覆盖度 7.15%；加上飞播区其它自然植被的恢复，在飞播区植被总覆盖度增加到 25%，保存梭梭幼树 691.85 株/ hm^2 ，平均高度、地径分别为 0.92m 和 2.45cm，保存成活梭梭幼苗 867 株/ hm^2 。播区各地类中以砾质戈壁沙荒地梭梭更新恢复效果最好，梭梭盖度达 12.45%，保存面积的比率达 62.5%，幼树密度达 1175.55 株/ hm^2 （黄丕振，1985；刘钰华等，1987；刘东波，1995）。在西亚的伊朗以及中亚的哈萨克斯坦、土库曼斯坦和吉尔吉斯斯坦，除对梭梭、化学组成、生理生态特性、演替变化进行初步研究外，重点进行了开展固沙造林及其相关技术研究。另外，北非的利比亚等国将梭梭引种到非洲开展固沙造林，用育苗、移栽的方法建立人工梭梭草场，并进行了一些相关研究（Oxlovsky N, 1999；Fedotova.Z. A, 1993）。

5. 梭梭林生态功能

黄丕振（1987 年）对人工梭梭林 5 年的效益观测表明，梭梭林有明显降低风速的作用，造林第 2 年可降低风速 15%，而到第 5 年降低风速可达到 70~80%，与空旷地相比，梭梭林中相对湿度从 5%提高到 44%，林内水面日平均蒸发量从 13.9 mm 减至 7.3 mm，有良好的改善小气候作用。祁晓君（1995 年）对吉兰泰天然梭梭林的小气候研究发现，梭梭林内辐射强度减弱，2m 高处为旷野的 91.1%，而近地表处仅为旷野同层的 57.4%；林内地温变幅较旷野小，降温天气林内地温全天高于旷野；林内相对湿度白天比旷野高 3%，而夜晚则低于旷野；林内水面蒸发量远小于旷野，仅为 61.0%；梭梭林削弱风速的作用明显，1.5 米处为旷野的 46.3%，0.1m 高处为旷野的 31.1%。刘晋（1996 年）对梭梭灌草带(40~120m 宽)研究表明，营造梭梭灌草防风带可使地表粗糙度增加 1.9~120 倍，对近地层气流阻力增加 1.2~6.6 倍，降低风速 12~60%，阻截风沙流含量 70~95%，降低气温 $0.3\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ，提高相对湿度 3.5~14.5%，减少水面蒸发量 8.1~16.7%（黄丕振，1987；祁晓君等，1995；刘晋，1996）。

6. 梭梭林地水分平衡

李银芳（1996 年）对梭梭秋灌固沙林和径流集水固沙林的水分状况进行研究发现，林

地的土壤含水量和蒸散量与冬季降水量相关，林木生长状况与土壤水分状况相关，人工林的土壤水分状况和林木生长状况虽不如荒漠林，但水分供需平衡，属生长一般类型。利用径流集水方法营造梭梭固沙林是可行的，其径流量可占林地水分平衡收入项的 89%。1998 年对不同密度梭梭人工林的生长量、林分结构及土壤湿度进行了系统研究，提出梭梭人工林的初植密度和成林密度为 $2.5\text{m}\times 3.0\text{m}$ (1333 株/ hm^2)较为合适，在这一密度下，梭梭林地的土壤高含水量层的深度范围和时间过程构成的面积大，土壤蒸散量小，水分供需平衡，能适时进入成林阶段的郁闭状态，而且在不灌溉的情况下，仅靠降水不会出现固沙林衰亡的恶果。李爱德（1993 年）研究认为民勤人工梭梭林水分收支严重不平衡，并将梭梭林水分变化分为三个阶段，栽植后 8 年为第一阶段，是土壤水分下降最快的阶段；从 8 年到 15 年是第二阶段，是土壤储水消耗殆尽，是梭梭衰败最快的阶段；15 年以后为第三阶段，衰败林分密度维持在 525-600 株/ hm^2 ，完全依靠降水生存。

7. 梭梭林衰退原因

刘家琼（1982 年）、王继和（1982 年）、Kebin Z（1989）对民勤人工林衰退原因进行研究，得出相似结论。研究结论可以归纳为三点：①土壤干旱是民勤人工梭梭林衰败的主要原因；②梭梭林密度过大是衰败的加速因素；③土壤盐分、病虫害对梭梭生长有一定影响，但不是致害或致命因子。土壤干旱原因包括缺乏春季补水少；降水量少，蒸发量大；土壤结皮阻止了水分的下渗以及超量采地下水引起的地下水位下降等。张希林（1999 年）对阿拉善的梭梭林荒漠退化原因研究，认为持续的连年干旱，过度放牧，牧民长期无休止地乱砍用作生活燃料以及大沙鼠(*Rhombomys opimus*)的危害是引起该区域天然梭梭林退化的原因（刘家琼，1982；丁声怀等，1985；Kebin，1989；董占元等，1997；杨文斌，1991.）。

8. 梭梭林更新复壮技术

宁虎森(1991 年) 研究发现不同生态类型梭梭更新方法不同，甘家湖梭梭林的四个生态类型中，以土漠梭梭生态类型的沙壤质灰漠土亚型和沙质梭梭生态类型的缓起伏沙地亚型更新最好。人工封禁是促进梭梭恢复的有效途径，甘家湖强度樵采的 8.96 万 hm^2 梭梭林，封禁 16 年后，覆盖度占到 71.4%，其中覆盖度达到 30%以上占到 10%以上有林地面积的 30%。在土漠、砾漠、沙漠等地类上，利用冬季积雪，人工雪面撒播是梭梭人工造林的又一主要手段，成熟林、过熟林隔带皆伐后的落种更新和桩萌更新也是一种新的技术措施。胡文康（1983 年）研究认为梭梭的更新受许多因素的制约，而在诸多生境因素中，影响最大的是沙的活动性和沙层水分状况这两个因子。并提出封沙育林；适当辅以人工措施，加

速更新；掌握气候动态，适时补种等措施。邹受益（1995年）研究发现放牧过重的梭梭林生长不良，平均株高仅 1.07m，平均冠幅面积仅 2.05m²，平均覆盖度约 11%，封育 4 年后，均株高达 2.02m，平均冠幅面积 7.6m²，覆盖度可达 20%，差异极显著，但封育 1 年后的植株与对照差异不显著。放牧过度的梭梭林结实母树少，约占成年植株数的 40.17%，封育 1 年后结实母树数迅速增至占成年植株数的 86.73%，差异极显著。封育对梭梭林更新和增加幼树作用不显著。梁远强（1990年）对甘家湖受损梭梭林进行封育研究，也得出同邹受益相类似的结论（宁虎森，1991；胡文康，1983；邹受益，1995；梁远强等，1990；杨美霞等，1995；赵连珍，1981；刘钰华等，1985；马海波等，2000；黄培祐，1995；张立运，1988；陈玉林，1986）。

9. 梭梭病虫害

臧守业（1986年）对甘家湖梭梭自然保护区的荒漠植物病虫种类进行了调查研究，在梭梭的各个部位上共采集到 47 种害虫，现在鉴定到属种的只有 31 种，包括蛀干害虫、嫩枝害虫两类，并就各种害虫的防治提出技术措施。牛春花（2002年）研究了危害梭梭林的主要害鼠种类，并研究了鼠害同林龄、林分状况、天敌以及环境因子的关系，提出了加强围栏封育、招引天敌、人工机械防鼠、科学筛选药剂和加强鼠情监测预报等对策。上世纪六七十年代，民勤治沙站科技人员对其药物防治研究取得成功，极大保护了民勤人工梭梭林。黄建文（2004）利用两期遥感图像对梭梭林鼠害防治效果进行了监测，发现由遥感图像可直接确定鼠害防治区的位置，查看鼠害防治情况及时掌握害鼠对梭梭林危害的现状。用遥感图像的光谱和纹理特征，以及用植被指数和统计分类的方法，可得出防治后的效果。这也为鼠害防治效果的大面积跟踪调查、监测害鼠种群对梭梭林危害和进一步防治的规划提供依据（臧守业，1986；牛春花等，2002；黄建文等，2004）。

10. 梭梭林的经营利用

杨建强（2002年）开展了梭梭嫁接肉苁蓉研究，研究认为肉苁蓉适宜的接种时间为 4~9 月，地点选择干沙层较薄含水量较高的沙地、平缓沙地或丘间沙地为宜。寄主一般选择多年野生或人工栽植三年以上生长比较旺盛的梭梭。一株接种 2~3 处，最佳接种深度为 80~100cm。接种后要加强对管理，在接种后第三年开始采挖，全年可分二次，春季 4~5 月，秋季 8~9 月。张依（2002年）实地调查后认为，甘肃省境内 2001 年肉苁蓉产量为 670kg，另有沙苁蓉 3000kg；有 6.7 万 hm² 以上人工梭梭林有待开发利用（杨建强，2002；张依等，2002；胡文康，1985；孟有达，1994；王玉梅；黄培祐，2003）。

11. 其他研究

陈鹏(2001年)研究认为梭梭幼苗的甜菜碱含量和甜菜碱醛脱氢酶(BADH)活性随外界 NaCl 浓度的增加和干旱胁迫时间的延长而增加,干旱和 NaCl 促进旱生植物梭梭体内甜菜碱积累与 BADH 活性有关。郭新红(2001年)以 Hoagland 溶液培养的梭梭幼苗(H)为对照群体,甘露醇处理的梭梭幼苗(M)为目标群体,进行抑制差减杂交,用经过 HcDNA 差减的 McDNA 构建了约 400 个独立克隆的差减文库。盛岩(2004年)对梭梭的遗传多样性和遗传结构进行检测发现,5 个 RAPD 引物和 8 个 ISSR 引物分别扩增出 61 和 195 条带,多态性位点比率分别为 83.6%和 89.7%, Shannon 信息指数分别为 0.333 和 0.367, RAPD 和 ISSR 分析均表明梭梭种群的遗传多样性水平较高。李钢铁(1995年)对吉兰泰梭梭生物量研究发现,现存梭梭林生物量占全林地的 95%以上,达 6.42t/hm²,梭梭地上生物量约占总生物量的 53%,中等直径枝条占地上生物量的 84%;地下生物量占总生物量的 47%,主根(粗根)占总根量的 73%,细根占 7%且密集分布于 0-100cm 的表层。盛晋华(2004年)对吉兰泰梭梭林的根系研究发现,梭梭垂直根系发达,具有迂回生长的特点;侧根少,水平根系主要分布在 50~100 cm 土层;不同树龄梭梭根系生物量占总生物量的比重变动为 35%~40% (郭新红等,2001;陈鹏等,2001;Sheng Yan, 2004;李建贵,2003;任步远,1990;李钢铁等,1995;苏金梅等,1997;盛晋华等,2004)。

(二) 今后研究方向

1. 梭梭新品种的培育

梭梭作为一种典型抗旱沙生植物,忽视了其优良新品种的培育。长期以来一直采用种子繁育,使众多优良基因没有遗传。今后应用现代生物技术,选择、筛选抗旱、耐盐、喜湿植物基因,培育梭梭基因植株,是开展品种培育的新方向。另外要充分利用梭梭的自然突变种,保留、复制优良基因,并通过组培扩大梭梭种群。

2. 梭梭群落稳定性研究

在土壤-植被-大气循环系统 (SPAC) 中,研究降水、土壤水分、土壤质地、地下水位以及风蚀沙埋等生态因子对梭梭林群落稳定性的影响及其机制,并建立各生态因子与梭梭林群落之间的耦合模型。同时在不同类型区,研究梭梭与其它荒漠植被的优化配置模式,从而形成稳定的梭梭群落和多功能的荒漠化生物治理模式。

3. 退化梭梭生态系统的恢复重建技术

梭梭林的退化已经成为我国干旱地区普遍存在的严重生态问题,在进行封育保护、人工造林、引种驯化保护的同时,应用恢复生态学的原理和方法,研究不同区域退化梭梭林

恢复重建的理论与具体实用技术，促进人工梭梭林的可持续经营，实现荒漠地区生态保护与建设的目标。

4. 梭梭嫁接苁蓉与经营管理技术

梭梭是药用植物肉苁蓉的主要寄主，在野生肉苁蓉资源开采殆尽的情况下，人工种植肉苁蓉已经成为肉苁蓉开发与保护的必然趋势。目前，肉苁蓉嫁接已普遍应用，嫁接技术已取得明显突破。但是，嫁接成功率低，嫁接肉苁蓉对梭梭生长的负面影响大，未形成嫁接、丰产栽培与持续经营管理的技术标准。

二、梭梭林专题科学考察

梭梭林是荒漠地区最主要的植被类型之一，可作为天然防护林、自然旅游景观、放牧场和薪炭基地，因此对它们进行研究，不仅具有了解天然梭梭的意义，而且具有相当大的生产实践价值。

早在 1879 年，Boissier 在“东方植被 4”中就有对梭梭生理特征的描述；Komapob B 在 1920 年和 1928 年的著作中都谈到梭梭在我国的地理分布；吴其浚 1848 年在“植物名实图”和巴拉戈推舍斯基 1949 年“亚洲的灌木荒漠”中都有记载。1963 年，胡式之对“中国西北地区的梭梭荒漠”作了科学研究，从植物学角度阐述中国西北地区的梭梭荒漠的特点及其径级利用问题。此后，出现了大量的梭梭专题科学研究。

1976~1980 年由甘肃省民勤治沙综合试验站、甘肃省治沙研究所组织，对人工梭梭林衰败死亡原因进行了调查研究。自 1959 年开始，甘肃民勤地区引种梭梭，进行大面积固沙造林，获得了良好的固沙效果。但到 1970 年以后，人工栽植的梭梭林普遍衰退，并发生大面积死亡。黄子琛、王继和等通过民勤等地人工梭梭林多类型实地调查观测，又对原产地新疆乌苏县甘家湖原始林梭梭林调查研究认为：土壤干旱栽植密度过大是导致梭梭衰亡的主要原因。沙丘土壤含水量的减少，由栽植前的沙丘含水率 2.5%以上，下降到不足 1%；地下水位的急剧下降，民勤的上游场面来水锐减了 80%以上，本地打井提水剧增，地下水位从 50 年代末的 1.5~2m，下降到 70 年中期的 7m 以下；梭梭原产地的降水 148mm/a，原始分布区密度为 750~900 株/hm²，而民勤的降水是 113mm/a，人工栽植是 3300~4950 株/hm²，民勤人工梭梭林的密度显然过大，密集的植株耗尽了土体内仅有的沙丘水分，梭梭衰败死亡不可避免。土壤盐渍化对梭梭生长有一定影响，但并非致害因子，病虫害对梭梭生长也有一定影响。

1999 年内蒙古自治区林业厅等部门组织区内外专家学者对乌拉特梭梭林进行了科学考察。由宋朝枢、贾昆峰等主编出版的《乌拉特梭梭林自然保护科学考察集》一书较为系统地介绍了乌拉特天然梭梭林自然保护区的自然环境、动植物资源、珍稀濒危保护动植物，科学管理经验和自然保护区评价与经济价值评估。并侧重对该区植物区系，植被概况，珍稀濒危保护植物生物学特性，梭梭林生物学特性、生态学特性及林学特性作了调查研究。建议成立乌拉特梭梭林国家级自然保护区，已上报国家得到了批准执行。

2003 年青海省林业厅等单位组织的多学科科学考察组对青海柴达木梭梭林进行多学科综合考察。张胜邦、董旭等编著出版了“青海柴达木梭梭林自然保护区科学考察集”一书，从自然地理、沙漠及沙漠化形成和演化过程；沙漠及沙漠化现状和评价；植物资源；梭梭资源；动物资源、旅游资源；环境影响评价；社区及社区经济；自然保护区管理；自然保护区评价。尤其重点介绍了梭梭资源、梭梭林分布、梭梭特性、梭梭林类型、梭梭林演替、梭梭林生物量、梭梭培育、梭梭林自然分布与保护功能区区划。建议成立青海柴达木梭梭林国家级自然保护区，上报国家得到批准，已经获得批准开始了建设。

2004~2007 年甘肃省治沙研究所牵头，联合兰州大学、中国林科院等科研单位进行库姆塔格沙漠综合科学考察，对以梭梭为建群种的植被进行了专题考察研究，考察发现在库姆塔格南部沙漠与阿尔金山山前洪积、淤积交汇地带，以梭梭为建群种的植被由西向东不间断分布长达 280 余 km，宽度由数十公里至几公里不等。梭梭生长基本正常，有轻微的因气候变化引起的衰退。梭梭荒漠林在无人区是国家一级保护动物—野骆驼的冬天和春天的草场。由王继和主编的专著《库姆塔格沙漠综合科学考察》从区域概况、地貌、沙漠形成与演化、风沙地貌、水系变迁、沙漠植物、动物和风沙危害及其防治等方面作了深入研究。张绵春，王继和等人发表“库姆塔格沙漠东南边缘原始植被调查研究”、“库姆塔格沙漠梭梭群落特征研究”等论文，是第一次对库姆塔格沙漠植被、植物的定性、定量调查研究，尤其是梭梭的专题研究填补该区研究的空白。

2005 年中国林业科学研究院郭泉水、王春玲等根据《中国植被图集》，应用地理信息系统（GIS）ARC/INFO（NT 版）和数字化仪，提取梭梭荒漠植被信息，绘制梭梭荒漠植被地理分布专题图。并以此为基础，对梭梭荒漠植被的群落类型、分布格局及其斑块特征进行分析，同时，结合近年来对梭梭荒漠植被结构的调查结果，对我国梭梭荒漠植被状况进行评价。结果表明：我国现存梭梭荒漠植被总面积约 11.4 万 km²，其中，以新疆分布的面积最大，约占全国梭梭荒漠植被总面积的 73.1%，其次是内蒙古，约占全国的 14.1%，青海省和甘肃省的分布面积较小，分别占全国的 7.9%和 4.9%；不同梭梭荒漠群落类型的面

积不尽相同，其中，梭梭柴砾漠的面积约占全国梭梭荒漠植被总面积的 37.3%，梭梭柴沙漠约占全国的 21.3%，白梭梭荒漠约占全国的 23%，其他梭梭荒漠群落类型的总面积约占全国的 19.4%。我国梭梭荒漠植被分布区在 107.6°~77.3°E，47.4°~36.1°N；垂直分布 87~3174m；在梭梭荒漠植被分布区的东界和南界，主要分布的梭梭荒漠群落类型是梭梭柴砾漠，在西界和北界，主要分布的是梭梭柴沙漠。组成我国梭梭荒漠植被的斑块共 180 个，主要特征是：小斑块多，大斑块少，斑块之间的面积相差悬殊，多数斑块之间距离较远。虽然我国梭梭荒漠植被分布面积大，但群落盖度小于 30%的面积约占现存梭梭荒漠植被总面积的 70%。这是定量研究的最新成果。2005 年中国林业科学研究院郭泉水，郭志华等，以荒漠区现存梭梭地理气候适应的经度、纬度、海拔高度、年平均温度、最冷月平均最低温度、最热月平均最高温度、年均降水量、干旱月份、极端最低温度、干燥度为指标，定义地理气候适应参数区间，生成以梭梭属植物为优势的潜在荒漠植被分布图，将现存和潜在的分布图叠加并对照比较，揭示以梭梭属植物为优势的潜在荒漠植被分布特征，预测适宜以梭梭属植物为优势的荒漠植被发展的地理空间。结果表明：以梭梭柴为优势的潜在荒漠植被面积全国为 92766515hm²，是现存面积的 10.8 倍。其中新疆维吾尔自治区的潜在分布面积最大为 52244394hm²，内蒙古自治区潜在分布面积次之为 25072749hm²，甘肃省的潜在分布面积为 9886378hm²，青海省的潜在分布面积为 5562994hm²。以白梭梭为优势的潜在荒漠植被分布的行政区域仅限于新疆维吾尔自治区；以梭梭柴为优势和以白梭梭为优势的潜在荒漠植被分布与现存的以梭梭柴为优势和以白梭梭为优势的荒漠植被分布的行政区域一致，分布的地貌也基本相同，但两者之间在地理分布边界和面积上存在较大差异。以梭梭属植物为优势的潜在荒漠植被的预测结果可为梭梭荒漠植被的恢复和重建以及引种区划提供科学依据。

2007 年北京师范大学在阿拉善 SEE 协会生态基金的资助下，进行了“阿拉善盟梭梭林生态调查”。在一年的时间内，调查路线基本覆盖了阿拉善地区梭梭林的主要分布区，并通过手持 GPS 记录了沿线梭梭林的位置和生长状况等。采用卫星遥感影像与地面调查数据相结合的方式对图像进行分类处理，获取了阿拉善盟梭梭林的空间分布信息。研究表明，干旱是阿拉善梭梭林退化的最主要原因，沙尘暴的发生与梭梭林的退化有一定关系；提出天然梭梭林实行围栏封育，人工梭梭林的恢复种植和适度发展梭梭与肉苁蓉产业的建议。

第二节 梭梭林在荒漠地区的生态作用

梭梭是荒漠地区的重要饲用植物，嫩茎内富含营养与适量盐分，是骆驼喜食的优良饲

草。同时，梭梭材质坚重而脆，燃烧值高，是一种有着“沙漠活煤”之称的优良薪炭材料，因此又被称为“梭梭柴”，又是药用植物肉苁蓉（*Cistanche deserticola*）的寄生植物，具有重要的经济价值，因而遭到大规模的开发利用（刘嫒心，1985；李克云和杨永奇，2002）。长期的土地开垦、过度放牧、过度砍伐和肉苁蓉的大量采收导致天然梭梭种群面积锐减，一度处在渐危状态，并于1984年被列为国家首批三级保护植物（贾志清和卢琦，2005）。另外，梭梭也是优良的固沙植物，有“沙漠植物之王”和“荒漠森林”的美称，是亚洲腹地荒漠区中分布最为广泛的植被类型，在保障西部荒漠生态环境稳定与区域可持续发展中发挥着重要作用（郭泉水等，2005；贾志清等，2005）。本节对梭梭的饲用与经济价值不作论述，仅对梭梭林在荒漠地区的生态作用进行综述。

一、梭梭林的防风作用

（一）梭梭林的防风作用

梭梭植株高大，枝叶较为密集，能显著提高下垫面的粗糙度。在新疆甘家湖，覆盖度50%以上天然梭梭密林粗糙度达到2.65cm，较空旷地提高了217.2倍（徐德炎和韩燕梁，1996）。在新疆北部的莫索湾，覆盖度从对照的3%增加到人工梭梭林的40%时，下垫面粗糙度增加了100多倍（贾志清等，2005）。下垫面粗糙度也随梭梭林带的增加而增大，在240m宽的梭梭林带内，其由对照点的0.063cm增加到240m处的7.59 cm，增加1.9~120倍（贾志清等，2008）。

伴随下垫面粗糙度的提高，梭梭林内的风速明显降低。在新疆甘家湖，覆盖度50%以上的天然梭梭密林地近地层风速较空旷对照地降低82.6~87.5%，覆盖度10%的天然梭梭疏林地近地层风速也较空旷对照地降低34.1~56.9%（徐德炎和韩燕梁，1996）。在内蒙古吉兰泰，梭梭林内1.5米高处风速仅为旷野的46.3%，0.1m高处仅为旷野的31.1%（祁晓君等，1995）。

人工梭梭林降低风速作用随林龄增大而增大。造林密度为2400株/hm²的人工梭梭林，造林第二年风速降低13~15%，第三年降低50~60%，第四年降低60~70%，第五年降低70~80%（黄丕振，1987）。同时，人工梭梭林降低风速的作用随林带宽度的增加而增大，240m林带对近地层气流的阻力增加1.2~6.6倍。近地层风速与林带宽度间呈明显的直线负相关，梭梭林带越宽，降低近地层风速的作用愈显著。另外，林带降低风速的作用随测定气流层高度的增加而减弱。随着植株年龄和覆盖度的增加，梭梭林对风速的影响将进一步加强（贾志清等，2008）。当林带宽度一定时，影响梭梭林风速的主要因子是林分密度或林带透风系数，林分密度越大，对风速的降低幅度越大。林带宽度200 m、密度为276.8株/hm²的人工梭梭林，当外界风速

达到8.0~10.0 m/s 时,林带内0~400 cm 高度范围内风速降幅41.44 ~72. 22 % (马瑞等, 2009)。

(二) 梭梭林退化与恢复措施对其防风作用的影响

梭梭林的退化, 不仅表现为景观的变化, 也表现出防风功能的衰减。首先, 梭梭林退化后, 其下垫面粗糙度减小。严重衰退梭梭林 (梭梭林龄 30 年, 种群保存密度仅为 270 株/hm², 盖度仅有 5%, 群落总盖度也仅达到 13%) 粗糙度仅为 0.058cm, 但仍是流动沙丘的 24 倍。

机械沙障是工程治沙中最常用、最有效的措施之一, 也是植物治沙的重要补充 (陈广庭, 2004)。在严重衰退梭梭林中布设机械沙障后, 下垫面粗糙度显著增大。布设塑料沙障、麦草沙障和粘土沙障后, 地面粗糙度由 0.058 cm 增加到 4.05cm, 4.90cm 和 1.42cm, 分别增大了 70、84 和 24 倍, 而较对照流沙增大 1687、2040 和 590 倍 (表 3-1) (马全林等, 2005)。三种机械沙障相比, 布设前 3 年塑料沙障与麦草沙障提高下垫面粗糙度较大, 粘土沙障较小。

表 3-1 退化梭梭林中布设机械沙障后林地下垫面粗糙度变化

类 型	退化梭梭林区				流沙区			
	塑料沙障	麦草沙障	粘土沙障	退化梭梭林	塑料沙障	麦草沙障	粘土沙障	流动沙丘
粗糙度(cm)	4.05cm	4.90	1.42	0.058	1.502	1.517	0.561	0.0024
较 CK 的倍数	70	84	24	1	626	632	234	1

下垫面粗糙度是影响风速的关键因素, 由于退化梭梭林地粗糙度降低, 因此其防风作用减弱。严重衰退梭梭林 10cm 与 20cm 高度风速较 2m 高度风速降低 36.5%、32.9%; 能够有效防护的风速不超过 8m/s。

退化梭梭林内设置沙障显著增大了下垫面粗糙度, 因此也大大增大了对近地面层风沙流的阻力, 显著提高了退化梭梭林防风作用。在退化梭梭林中布设机械沙障后, 林内风速特别是近地面层的风速值明显降低。在 2m 高度风速在 6m/s 风速下, 退化梭梭林+塑料沙障

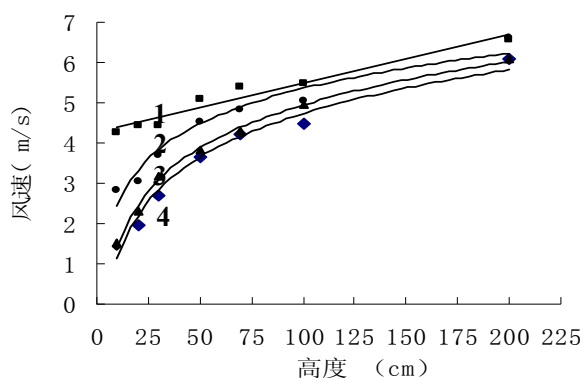


图 3-1 退化梭梭林+机械沙障内风速变化
1 对照区 2 退化梭梭林+粘土沙障区 3 退化梭梭林+塑料沙障区 4 退化梭梭林+麦草沙障区

区近地面层 10cm、20 cm、30 cm 的风速为 1.55m/s、2.30 m/s、3.14 m/s，仅占到对照梭梭林的 39%、56%和 77.1%；退化梭梭林+麦草沙障区为 1.55m/s、2.10 m/s、2.78 m/s，仅占到 39%、51%和 68.2%；退化梭梭林+粘土沙障区为 2.52m/s、2.74 m/s、3.37 m/s，占到 63.6%、66.6%和 68.7%；风速达到 8 m/s 时，对照梭梭林内的风速已经达到或超过当地的起沙风速；而布设机械沙障后，在风速达到 10m/s 时，还没有达到起沙风速（图 3-1，表 3-2）。若按照 6~10m/s 平均风速下 10cm 高度层降低比例推算，退化梭梭林+塑料沙障有效防护风速达到 21m/s，退化梭梭林+麦草沙障达到 22m/s，退化梭梭林+粘土沙障达到 12m/s，较退化梭梭林分别提高 163%、175%和 50%。

表 3-2 不同风速下退化梭梭林+机械沙障内近地面层的风速

风速及其所占 对照的百分率	退化梭梭林 +塑料沙障			退化梭梭林 +麦草沙障			退化梭梭林 +粘土沙障			退化梭梭林		
	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
6 (m/s)	1.55	2.30	3.14	1.55	2.10	2.78	2.52	2.74	3.37	3.97	4.11	4.07
百分率 (%)	39.0	56.0	77.1	39.0	51.0	68.2	63.6	66.6	82.7	100	100	100
7 (m/s)	1.64	2.63	3.57	1.58	2.17	2.93	2.88	3.13	3.85	4.47	4.66	4.69
百分率 (%)	36.6	56.5	76.0	35.3	46.6	62.6	64.3	67.2	82.1	100	100	100
8 (m/s)	2.03	2.97	4.00	1.91	2.61	3.58	3.46	3.78	4.40	4.95	5.24	5.31
百分率 (%)	41.0	56.7	75.3	38.7	49.8	67.4	69.8	72.1	82.9	100	100	100
9 (m/s)	2.08	3.17	4.42	2.00	2.97	3.94	3.54	4.21	4.75	5.54	5.96	6.04
百分率 (%)	37.6	53.1	73.1	36.1	49.9	65.3	63.9	70.6	78.6	100	100	100
10 (m/s)	2.17	3.50	5.17	2.13	3.42	4.67	4.44	4.44	5.22	6.44	6.89	6.72
百分率 (%)	33.6	50.8	76.9	33.0	49.6	69.4	69.0	64.5	77.7	100	100	100
平均风速(m/s)	1.89	2.91	4.06	1.83	2.65	3.58	3.37	3.66	4.32	5.08	5.37	5.37
百分率 (%)	37.3	54.3	75.6	36.1	49.4	66.7	66.4	68.1	80.5	100	100	100
占 2m 高度风 速的百分率(%)	23.6	36.4	50.8	22.9	33.1	44.8	42.1	45.8	54.0	63.5	67.1	67.1

由于材料的不同，三种机械沙障在布设后的几年内，防护作用均有一定的变化，其中塑料沙障变化很小，麦草沙障变化最大，一般 5 年后作用会消失，粘土沙障在布设后 2~3 年有变化，之后趋于稳定。

二、梭梭林的固沙阻沙作用

（一）梭梭林的固沙阻沙作用

风沙流是一种近地层的沙粒搬运现象，而且风沙流输沙量与风速的三次方成正比（陈广庭，

2004)。梭梭对风速的降低必然会有效地阻止地面风蚀和风沙流的移动, 导致气流含沙量减少。285m 宽片林背风林缘的风沙流含沙量较迎风林缘减少 95% (徐德炎和韩燕梁, 1996)。5a 人工梭梭林可阻截风沙流含量 70~95% (黄丕振, 1987)。随着梭梭植株年龄和覆盖度的增加, 下垫面的粗糙度随之增加, 再加上植物本身的阻沙作用, 更有效地阻截了外来流沙的前移 (贾志清等, 2008)。30 m 宽梭梭林可阻截风沙流含量的 70% 左右, 60 m 宽梭梭林可阻截流沙量达到 85% 左右, 120 m 宽梭梭林可阻截风沙流含量 95% 左右, 因此要将流沙有效地阻截在绿洲外围, 梭梭林带的宽度应不少于 120 m (贾志清等, 2008)。

(二) 梭梭林退化与恢复措施对其固阻沙作用的影响

梭梭林退化后, 其固沙阻沙能力减弱。在对照区 2m 高度处的平均风速为 6.28 m/s 时, 严重衰退梭梭林 (梭梭林龄 30 年, 种群保存密度仅为 270 株/hm², 盖度仅有 5%, 群落总盖度也仅达到 13%) 中 0~20cm 层次的输沙量达到 64.187g/cm·h, 其中 0~2cm 层次达到 31.71 g/cm·h, 约占 0~20cm 层次的 50%; 2~4cm 层次达到 12.76 g/cm·h, 约占 0~20cm 层次的 20% (马全林, 2005)。

表 3-3 退化梭梭林+机械沙障内不同层次的输沙率

类型	指标	近地面层 0~20cm										
		0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	0~20
塑料	输沙率	0.28	0.21	0.37	0.18	0.09	0.08	0.20	0.10	0.17	0.09	1.75
沙障区	百分率	19.21	14.33	25.00	11.89	5.79	5.18	13.41	6.71	11.28	6.40	100
麦草	输沙率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.07
沙障区	百分率	0.00	0.00	0.23	3.97	1.40	21.96	32.24	13.79	12.15	14.25	100
粘土	输沙率	2.57	1.79	1.52	1.35	1.15	0.96	0.95	0.80	0.67	0.65	12.40
沙障区	百分率	20.71	14.40	12.26	10.89	9.28	7.73	7.65	6.47	5.39	5.21	100
退化	输沙率	31.71	12.76	7.18	4.71	2.90	1.79	1.26	0.89	0.56	0.44	64.19
梭梭林	百分率	49.41	19.88	11.18	7.34	4.51	2.79	1.96	1.38	0.87	0.69	100

备注: 对照 2m 高度风速为 6.28m/s, 输沙率 g/cm·h, 百分率%。

退化梭梭林中设置机械沙障后, 0~20cm 各层的输沙量均有大幅度下降。在对照区 2m 高度处的平均风速为 6.28m/s 时, 退化梭梭林+塑料沙障 0~20cm 的总输沙率仅为 1.752g/cm·h, 占到对照退化梭梭林的 2.73%; 退化梭梭林+麦草沙障为 0.0741 g/cm·h, 仅占到 0.11%; 退化梭梭林+粘土沙障为 12.397g/cm·h, 占到 19.3%。显然, 在退化梭梭林中设置机械沙障是提高退化梭梭林固沙阻沙作用的有效措施 (马全林, 2005)。

从 0-20cm 各层的输沙量分布来看, 对照退化梭梭林主要分布在 0~4cm 层, 占到总输沙量的 70%, 而且从 0cm 到 20cm 各层的输沙量逐渐减少, 在 10~20cm 层的输沙量仅占到总输沙量

的7.7%；退化梭梭林+麦草沙障(第一年)在0~4cm没有输沙,主要分布在10~14cm层(占54%)；退化梭梭林+塑料沙障在0~6cm的输沙量较多(58.54%)，总体各层的差异较小；退化梭梭林+粘土沙障在0~20cm各层的输沙量逐渐减少，同对照退化梭梭林有相似变化规律(表3-3)(马全林, 2005)。

三、梭梭林的调节、改善小气候作用

(一) 梭梭林调节光照作用

梭梭林对近地层光照的调节作用是明显的，太阳光一部分被梭梭吸收、反射，另一部分透过林冠到达林内；每天不同时间里，梭梭林内各层的光照强度不同(祁晓君等, 1995；徐德炎和韩燕梁, 1996)。在内蒙古吉兰泰，梭梭林林内近地表层光照强度仅为空旷地同高度的57.4%，而2m高处，由于枝条密集层较低，遮阴少，辐射强度较大，平均为旷野同高度的91.1%。晴天与阴天辐射的变化情况不同，阴天总辐射强度仅由散射辐射组成，所以，晴天辐射变化较大，林内与旷野相差大。阴天辐射变化较小，林内外相差小。如10时，晴天林内比旷野近地层低71%，阴天低46%(祁晓君等, 1995)。

另外，对甘家湖梭梭林的研究发现，在梭梭密林地1m高处光照强度为19155.5 Lux 时，较空旷地相应时段的44778.6 Lux 减弱了57.2%，疏林地也较之减弱25.7%。至于，近地层光照强度的垂直分布情况，空旷地1~4m之间因受浮尘的影响，上下差异仅60%，而梭梭林内则因受林木枝叶遮盖，吸收及反射作用，使密林1m高处光照强度较林冠层以上减弱56.2%，疏林地相应高度之间也减弱了21.7%(徐德炎和韩燕梁, 1996)。

(二) 梭梭林调节空气温度作用

由于不同林地下垫面对太阳辐射强度的再分配作用不同，从而影响到下垫面对热量的吸收、反射与散失状况。梭梭林除将一部分太阳辐射能通过生理生化作用转化成为有机能及蒸腾耗热外，还通过植被枝叶反射散失及地面辐射散失等，改变了荒漠空旷地对太阳辐射吸收与辐射散失的简单过程，达到了调节林内气温的良好效果(徐德炎和韩燕梁, 1996)。梭梭林与空旷对照区相比较，6~8月的平均气温、平均最高气温和7月平均气温分别降低2.2℃、1.4℃和1.6℃；在冬季，1月平均气温、平均最低气温较之提高1.1℃和1.6℃；气温年较差缩小2.1℃(徐德炎和韩燕梁, 1996)。生长季温度变化的特征为：在生长初期的6月，梭梭林内温度平均比林外低0.9℃，且表现出垂直层次上的差异，150cm层低0.4℃，50cm层低1.2℃；

9月梭梭株型达到最大，垂直层次差异减小（刘志俊和崔望诚，1990）。

梭梭林内的温度状况与林带宽度和植物盖度密切相关。对于60 m宽度人工梭梭林带，由于植物盖度小以及受到荒漠气候的强烈影响，带内的温度与空旷地的差异不大；到240 m时，在所观测的气温在0~200cm范围内降低了0.9~2℃。第二，梭梭林内昼夜气温的降低情况有所差异。白天由于空气不稳定，荒漠和绿洲的空气对流加强，带内气温降低小于日平均值；而在夜间对流减少，使气温降低大于日平均值。第三，梭梭林内由于白天得到辐射少，晚上失热少，所以地表白天温度上升小，晚上降温少，也必然导致林内各层地温较差要小于旷野（贾志清等，2008）。第四，梭梭林内不同林层（地表层、下层（50~100cm）、上层（200~300cm））的气温的变化不同。气温日较差从地表到上层减小，即气温变幅减小，除地表层林内小于旷野外，下层及上层则林内高于旷野（祁晓君等，1995）。

（三）梭梭林提高空气湿度作用

在梭梭林内，由于梭梭等植物的蒸腾作用，加之风速降低和湍流交换的削弱，从而使空气湿度有所增加，林内空气相对湿度和绝对湿度都比空旷地高（黄丕振，1987；祁晓君等，1995；贾志清等，2008）。5月，梭梭林内各层平均相对湿度较旷野高3~8%（祁晓君等，1995）；6~8月，梭梭林使内空气绝对湿度和相对湿度分别增加5.3 Pa和14%（徐德炎和韩燕梁，1996）。不同带宽梭梭林的增湿效应不同，在120 m宽度的人工梭梭林前空气湿度提高的不多，相对湿度最多提高2.5%左右，绝对湿度最多提高70~90 Pa。至180 m以后，湿度的提高比较明显，如240 m处，相对湿度最多可提高11.2~14.5%，绝对湿度可达230~340 Pa。梭梭灌草带内湿度的这种分布状况，充分说明保持梭梭灌草带一定的盖度和宽度，对改善梭梭灌草带内空气湿度状况具有重要意义（贾志清等，2008）。另外，梭梭林内不同层次的相对湿度沿垂直分布向上递减，但各层变化近似，白天林内高于旷野，夜间则相反（祁晓君等，1995；刘志俊和崔望诚，1990）。第三，梭梭林内相对湿度的高低与气温有关，日出前后气温最低时，相对湿度最高，14点左右气温最高时，相对湿度最低（刘志俊和崔望诚，1990；祁晓君等，1995）。

（四）梭梭林减少蒸发作用

水面蒸发不同于自然条件下的总蒸发量，但是可以反映蒸发势，即潜在蒸发能力。与空旷地相比，6~8月梭梭林内水面蒸发量（ $\Phi 20\text{cm}$ 蒸发器）减少424.8mm（减少28.5%）（徐德炎和韩燕梁，1996）。5月份梭梭林内日平均水面蒸发量为8.4mm，日最大蒸发量13.0mm，日最低蒸发量0.4mm（阴雨天），林内蒸发量仅为旷野的61.0%，而且差异显

著（祁晓君等，1995）。刘志俊和崔望诚研究发现，两年生梭梭林内蒸发量梭梭小于林外，为林外的 68.7%（刘志俊和崔望诚，1990），与祁晓君等的研究结果相近。对于不同宽度的人工梭梭林，水面蒸发量随梭梭灌草带宽度的增加而相应减少，如在 30m 处减少 8.1%，60m 处减少 12.2%，120m 处减少 13.7%，180m 处减少 14.9%，240m 处减少 16.7%。梭梭灌草带内蒸发有规律的递减，充分说明小气候得到了改善（贾志清等，2008）。蒸发量与气温相关密切，相关系数 0.8，同时与风速、饱和差、气压等因素相关（祁晓君等，1995；贾志清等，2008）。当温度相近而其它因素不同时，蒸发量不同；其它因素相同时，蒸发量与温度成正比（祁晓君等，1995）。梭梭林内蒸发量的减少，有利于降低无效水分散失，供应梭梭等植物的生长。

四、梭梭林的改良土壤作用

（一）梭梭林改良风沙土作用

天然梭梭林分布区的主要土壤类型以灰漠土、灰棕色荒漠土及风沙土为主，其中风沙土包括半固定风沙土、固定风沙土、沙砾质风沙土、盐渍化风沙土等，是荒漠区最易风蚀的土壤类型（徐德炎和韩燕梁，1996）。调查研究表明，梭梭林改变了风沙土的理化性质，加速了表层风沙土的固定和成土过程。并随着成林时间的延长，表层细粒物质不断积累，粉沙及物理性粘粒含量增加，粗、中沙含量减少，有机质含量增加，风沙土条件得到改善（徐德炎和韩燕梁，1996）。

人工梭梭林既可防止风沙危害，也可改变土壤机械组成，提高土壤肥力。首先，梭梭林营造后，土壤的容重降低，各龄林林地容重一般介于 1.53~1.59 克/cm³ 之间，较流动沙丘容重减少 3.5~14.0%。其次，土壤含盐量、pH 升高，5~30 林龄梭梭林地土壤 0~30cm 土层内全盐量较流动沙丘增高 16.0~84.0%，30~60cm 增高 23.0~86.0%（刘光祖和王大为，1989）。另外，土壤有机质、全氮和全磷提高，民勤完全固定人工梭梭林的平均土壤有机质含量达到 0.40%，是流动沙丘的 2.5 倍；平均全氮达到 0.04%，是流动沙丘的 1.6 倍。

（二）梭梭林的“肥岛”效应

“肥岛”（fertile islands）是指干旱、半干旱区灌木或乔木冠幅下限制性土壤资源的显著聚集现象，是荒漠生态系统中的一种普遍现象，其形成和发展是一个资源逐渐自生的动态过程（Garner 和 Steinberger, 1989；张瑾，2008；刘耘华等，2009）。梭梭植株结构及其叶子

的表面特点为大气降尘在叶及枝干表面积累提供了有利条件,大气降尘或植物叶子分泌物中含有许多营养物质,这些物质由树冠截留的降雨形成的树干径流运至灌木根颈周围的土壤中,从而在灌木根颈周围形成“肥岛”,表现为土壤性状由梭梭灌丛向外逐步递减(刘发民等,1999;李君等,2007)。冠幅、株高及基径的大小对梭梭根部“肥岛”中土壤养分要素的富集具有重要影响,因此不同类型梭梭的“肥岛”效应明显不同。大梭梭、小梭梭根部土壤养分指标含量与冠幅边缘和株间空地差异显著,冠幅边缘和株间空地差异不显著,含量呈现出梭梭根部>冠幅边缘>株间空地的规律,而枯死梭梭的这种效应较弱;梭梭根部表层土壤盐分、pH值并无降低,均为梭梭根部>冠幅边缘>株间空地(张瑾,2008)。梭梭不同空间位置的“肥岛”效应也明显不同,梭梭“肥岛”有效作用范围在冠幅之内,且主要表现在土壤表层,其土壤性状与“岛”外土壤的差异随土壤深度增加而减弱;生物性限制土壤养分(有机质、全氮、速效氮)由“岛”内向外梯度递减,而非生物性限制土壤要素(土壤质地、全磷、pH)可能高于、也可能低于“岛”外土壤,或者两者无显著差异;不同土壤要素,其“肥岛”也具有不同的空间范围(刘发民等,1999;李君等,2007)。

通常,“肥岛”土壤在树冠的保护作用下而风蚀较弱,甚至由于树冠对风尘的捕获而导致一些细颗粒物沉积,且这些细颗粒物主要源自土壤养分最丰富的表层,亦有利于增加“岛”中土壤养分,从而导致梭梭“肥岛”表土细粒组分多、粗粒组分少(Wezel et al, 2000),相反几近裸露的灌丛间地表土在风的作用下损失细颗粒物。反映土壤颗粒特征的分形维数,在梭梭冠幅内大于冠幅外,表明梭梭冠幅内土壤质地比冠幅外细(刘耘华等,2009)。

五、梭梭林的维持区域生物多样性作用

(一) 梭梭林为荒漠植物提供了适宜的繁衍生境

在我国西部,梭梭林是组成荒漠植被型的重要群系之一,作为极端恶劣环境下生长的高大灌丛,易形成风沙活动较弱、温湿度相对稳定的小环境,从而为荒漠区其他植物提供繁衍生境。研究表明,我国西部梭梭林为近200种的荒漠植物提供了适宜的繁衍生境,其中在新疆甘家湖梭梭自然保护区,梭梭林物种组成达到43科137属228种(贾志清和卢琦,2005);在内蒙阿拉善,梭梭林组成植物达到19科65属119种(马海波等,2000)。这些荒漠植物多属于旱生、超旱生、盐生的灌木和半灌木及沙生草本植物,以亚洲中部荒漠区系的戈壁种最多,有泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、膜果麻黄(*Ephedra przewalskii*)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylum*)、合头藜(*Sympegma regelii*)、蒙古沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)、白刺(*Nitraria*

tanggutorum)、大白刺 (*Nitraria roborowskii*)、短叶假木贼 (*Anabasis brevifolia*)、细枝盐爪爪 (*Katidium gracile*)、白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*) 以及阿拉善特有种绵刺 (*Potaninia mongolica*)、珍珠柴 (*Salsola passerina*)、阿拉善单刺蓬 (*Cornulaca alaschanica*) 等；亚洲中部特有一年生草本戈壁种有蒙古虫实 (*Corispermum mongolicum*)、蒙古猪毛菜 (*Salsola ikonnikovii*)、阿拉善碱蓬 (*Suaeda przewalskii*)、盐生草 (*Halogeton glomeratus*) 等；亚洲中部荒漠蒙古种成分草本植物有蒙古韭 (*Allium mongolicum*)、无芒隐子草 (*Cleistogenes mutira*)、戈壁针茅 (*Stipa gobica*) 以及草本沙生先锋植物沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*) 和沙鞭 (*Psammochloa villosa*) 等；吐兰—戈壁种有红砂 (*Reaumuria soongorica*)、木本猪毛菜 (*Salsola arbuscula*) 等；古地中海种有裸果木 (*Gymnocarpos przewalskii*)、骆驼蓬 (*Peganum harmala*)、怪柳 (*Tamarix ramosissima*) 等以及梭梭属寄生植物肉苁蓉 (*Cistanche deserticola*) 和白刺属寄生植物锁阳 (*Cynomorium songaricum*) 等，其中不乏国家级重点保护植物，如绵刺 (*Potaninia mongolica*, 国家二级)、裸果木 (国家二级)、沙冬青 (*Ammopiptanthus mongolicus*, 国家三级)、肉苁蓉 (国家三级)、蒙古扁桃 (*Amygdalus mongolica*, 国家三级) 和胡杨 (*Populus euphratica*, 国家三级) 等 (马海波等, 2000; 宋朝枢和贾昆峰, 2000)。因此, 通过对梭梭林的保护, 也保护了梭梭林生境及荒漠区的大量植物种质资源。

(二) 梭梭是名贵药用植物肉苁蓉的寄主

梭梭是名贵药用植物——肉苁蓉 (*Cistanche deserticola*) 的寄主。肉苁蓉又名大芸, 是列当科多年生草本寄生植物, 寄生在梭梭的根端, 外表皮为鳞片状, 肉质茎, 多为圆形; 营养期全部隐藏于沙层深处, 完全依靠寄主的水分与养分生长, 而到生殖期伸出地表, 开花结实 (罗廷彬等, 2002; 贾志清和卢琦, 2005)。肉苁蓉有“沙漠人参”之美称, 被《神农本草经》列为上品, 具有滋补、保健、强壮等作用, 可制作苁蓉酒、苁蓉烟、苁蓉饮料等, 是当地农牧民发展沙产业的首选物种, 经济价值相当可观 (罗廷彬等, 2002; 成喜雨等, 2005)。肉苁蓉的开发利用调动了广大农牧民治沙造林的积极性, 而且为沙产业的发展开辟了一条新路, 推动沙漠化防治与梭梭资源的保护。但是, 由于对梭梭林资源的破坏与肉苁蓉资源无节制的开发利用, 导致野生肉苁蓉野生资源日益枯竭, 其已被我国列为国家二级保护植物, 并被收入《国际野生植物保护名录》, 同时被列入濒危动植物种国际贸易公约 (CITES) 附录二, 对其进出口贸易进行申报管制 (包金英, 2002; 徐荣, 2009)。因此, 保护梭梭荒漠林, 就是保护肉苁蓉种质资源。反之, 肉苁蓉产业的良性发展, 也能促进梭梭资源的保护与发展。上

世纪80年代,肉苁蓉人工种植技术的研究成功,对肉苁蓉产业化发展奠定了技术基础,目前我国肉苁蓉产品的年销售额已突破10亿元大关,从而带动了人工梭梭林的建设与管理,促进了天然梭梭林资源的保护(罗廷彬等,2002)。

(三) 梭梭林是荒漠区鼠类及其他动物资源的庇护所

“荒漠植被之王”的天然梭梭林是骆驼、鼠类等动物的重要食物。其中,鼠类是梭梭荒漠林生态系统的重要组成部分,是食物链中的重要一环。在东阿拉善地区,梭梭林鼠的种类有20种,其中优势种大沙鼠占鼠种类的90.1%;三趾跳鼠占3.3%,子午沙鼠占1.4%,其他鼠种占5.2%(表3-4)(黄彬和聂金婵,2006)。但是,由于人为干扰,特别是对天敌的扑杀,使得绝大部分梭梭分布区鼠类种群泛滥,对梭梭造成严重危害,不得不进行人工灭鼠。调查研究发现,鼠类对于阿拉善梭梭林的危害不仅发生面积大,而且危害程度严重(黄建文等,2004;黄彬和聂金婵,2006),全盟发生鼠害的梭梭林占总梭梭林面积的20%左右,其中严重发生面积占全盟梭梭林面积的13%左右(郝俊等,2002);发生鼠害的梭梭林区域,梭梭平均受害株率75%左右,平均受害枯死率达16%(牛春花等,2002)。然而,从另一个角度也反映出梭梭是维持这些鼠类生存的基础,为鼠类提供了生活庇护所。鼠类动物的繁衍必然会使其食物链上级的天敌物种活动频繁,并以梭梭林作为其生活场所,如鹰、隼、刺猬、狐狸、虎鼬等,从而不仅使老鼠与天敌间保持相对的生态平衡,也有利于维持荒漠区的动物多样性(表3-5)。

此外,梭梭林也是动物蒙古野驴(*Equus hemionus* Pallas)、盘羊(*Ovis ammon* Linnaeus)、马鹿(*Cervus elaphus* Linnaeus)、鹅喉羚(*Gazella subgutturosa* Guldenstaedt)、野骆驼(*Camelus bactrianus* Linnaeus)、草兔(*Lepus capensis* Linnaeus)以及鸟类黑鹳(*Ciconia nigra* Linnaeus)、毛腿沙鸡(*Syrhaptes paradoxus* Pallas)、喜鹊(*Pica pica* Linnaeus)、蒙古百灵(*Melanocorypha mongolica* Pallas)等的息栖地,其中不乏国家级重点保护种类,如国家一级保护动物蒙古野驴、北山羊(*Capra sibirica* Pallas)、野骆驼、金雕和黑鹳等,国家二级保护种类鹅喉羚、盘羊、马鹿、荒漠猫、猞猁、苍鹰和红隼等,因此梭梭荒漠林对维持脆弱的荒漠生态系统及其动物生物多样性具有重大的意义(宋朝枢和贾昆峰,2000;张胜邦和董旭,2004;贾志清和卢琦,2005;阿不力米提和徐培志,2007)。但是,由于梭梭林面积的减少与人为猎杀,梭梭林分布区的动物种类及其资源数量也呈现不同程度的下降,部分已经极为稀少或在一些梭梭林区绝迹(宋朝枢和,贾昆峰,2000;张胜邦和董旭),急需加强保护,以维持梭梭荒漠生态系统的生态平衡与稳定。

表 3-4 东阿拉善天然梭梭林内鼠的种类（黄彬和聂金婵，2006）

序号	害鼠种类	学名
1	大沙鼠	<i>Rhombomys opimus</i> Lichtenstein
2	子午沙鼠	<i>Meriones meridianus</i> Pallas
3	长爪沙鼠	<i>Meriones meridianus</i> Pallas
4	短耳沙鼠	<i>Brachiones przewalskii</i> Buchner
5	怪柳沙鼠	<i>Meriones tamariscinus</i> Pallas
6	灰仓鼠	<i>Cricetulus migratorius</i> Pallas
7	长尾仓鼠	<i>Cricetulus longicaudatus</i> Milne
8	黑线仓鼠	<i>Cricetulus barabensis</i> Pallas
9	小毛足鼠	<i>Phodopus roborovskii</i> Satunin
10	黑线毛足鼠	<i>Phodopus sungorus</i> Pallas
11	三趾跳鼠	<i>Dipus sagitta</i> Pallas
12	五趾跳鼠	<i>Allactaga sibirica</i> Forster
13	巨泡五趾跳鼠	<i>Allactaga bullata</i> G.Allen
14	五趾心颅跳鼠	<i>Cardiocranius paradoxus</i> Satunin
15	三趾心颅跳鼠	<i>Salpingotus kozlovi</i> Vinogradov
16	羽尾跳鼠	<i>Stylodipus telum</i> Lichtenstein
17	肥尾心颅跳鼠	<i>Stylodipus crassicauda</i> Vinogradov
18	长耳跳鼠	<i>Euchereutes naso</i> Selater
19	褐家鼠	<i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout
20	小家鼠	<i>Mus musculus</i> Linnaeus

梭梭林在荒漠地区的重要作用已受到社会各界的普遍认可，也保证了梭梭林能够得到重点保护与建设。早在20世纪80年代，梭梭林的保护被列入了“三北”防护林体系建设工程，并加强梭梭林的就地保护，先后在不同生态区域成立了自然保护区，如新疆甘家湖梭梭林自然保护区、青海柴达木梭梭林自然保护区、乌拉特后旗梭梭林与野驴自然保护区以及多个地方梭梭林自然保护区等。而在21世纪初，梭梭林又被列入国家天然林保护工程，有力促进了梭梭林的保护与发展，从而也保证了梭梭林在干旱荒漠地区发挥持续稳定的生态作用。

表 3-5 东阿拉善天然梭梭林鼠类主要天敌种类表（黄彬和聂金婵，2006）

序号	种类	学名
1	黑鸢	<i>Milvus migrans</i> Boddaert
2	苍鹰	<i>Accipiter gentilis</i> Linnaeus
3	大鵟	<i>Buteo hemilasius</i> Temminck et Schlegel
4	金雕	<i>Squilla chrysaeyo</i> Linnaeus
5	秃鹫	<i>Aegypius monachus</i> Linnaeus
6	红脚隼	<i>Falco uespertinus</i> Linnaeus
7	红隼	<i>Falco tinnunculus</i> Linnaeus
8	大耳猬	<i>Hemiechinus auritus</i> Gmelin
9	赤狐	<i>Vulpes vulpes</i> Linnaeus
10	沙狐	<i>Vulpes corsac</i> Linnaeus
11	艾鼬	<i>Mustela eversmanni</i> Lesson
12	荒漠猫	<i>Felis bieti milner-edwards</i>
13	草原斑猫	<i>Felis silvestris</i> schreber
14	猞猁	<i>Felis lynx</i> Linnaeus

第三节 天然梭梭群落特征

梭梭组成的群落在上世纪早期曾被前苏联的学者们称为梭梭林、梭梭丛或乔木丛（胡式之，1963），现在仍沿用“梭梭林”的称法。但是，梭梭并非真正意义上的乔木，其成丛性生长并不明显，它组成群落时并不形成“森林环境”，因此，称之为“林”或“丛”似欠妥当。因此，本节应用群落生态学的原理与方法对乌兰布和沙漠的天然梭梭植被进行分析研究。

植物群落是在一定地段上群聚在一起的植物的有规律组合，例如森林、灌丛、草原、荒漠和栽培植物群体等都是有一定尺度上的植物群落。植物群落作为种群与生态系统间的生物集合体，具有不同于个体或种群的系列特征，使其有别于种群和生态系统。植物群落具有一定的空间分布范围、一定外貌特征、一定的种类组成、一定的群落结构、特定的群落生境及群落的边界等特征。通过对植物群落这些特征的分析，可以掌握群落的基本属性及发展现状等，为群落的维持及保护提供基本的资料。天然梭梭群落是在严酷的自然条件下经过长期自然选择而保留下来的、具有顽强生命力的植被类型，是特殊荒漠生态系统的重要组成部分。梭梭是乌兰布沙漠植被的主要优势种和建群种，是该区域坚强绿色卫士，对防风固沙、保护区域乃至全国的生态安全具有重要作用。乌兰布和沙漠天然梭梭群落是荒漠植被中有机物积累量最高的植被类型之一，被誉为“阿拉善荒漠植被之王”。

一、调查路线及样地概况

（一）调查路线及范围

本项目天然梭梭群落野外科学考察两次为期27天，以乌兰布和沙漠天然梭梭群落分布区为核心，采用系统调查和典型地段相结合，预先设置三横多纵线路进行了考察（图3-2），路线涉及乌兰布和沙漠范围所有天然梭梭群落分布区及类型。三横线路包括：第一条由沙漠西部的本井到沙漠东部乌斯太，这条路线主要调查吉兰泰南部、北部的天然梭梭群落，以及南部可能出现的梭梭分布区域；第二条由沙漠东部的巴彦木仁到沙漠西部的吉兰泰，这条路线主要调查沙漠中部天然梭梭分布的核心区域，主要包括查干布拉格（哈夏图）、呼和温都尔及罕乌拉几个区域的天然梭梭群落；第三条主要围绕沙漠东北部的敖伦布拉格、杭锦后旗、磴口三个区域的天然梭梭群落分布及可能分布区域。多条纵线，主要是指在三条主要路线调查的同时，向主线两侧的延伸调查，主要是针对典型区域和典型类型设置的调查路线。

野外考察总行程2000多公里，主要针对项目研究区所有天然梭梭分布范围，并涉及到项

目区所有天然梭梭类型。在此基础上，为更系统的分析区域天然梭梭群落分布状况、生存现状及完整性，调查中将考察区域延伸到研究区之外（主要涉及了巴彦淖尔盟的磴口、杭锦后旗），从而使考察范围涵盖整个乌兰布和沙漠范围的天然梭梭群落。

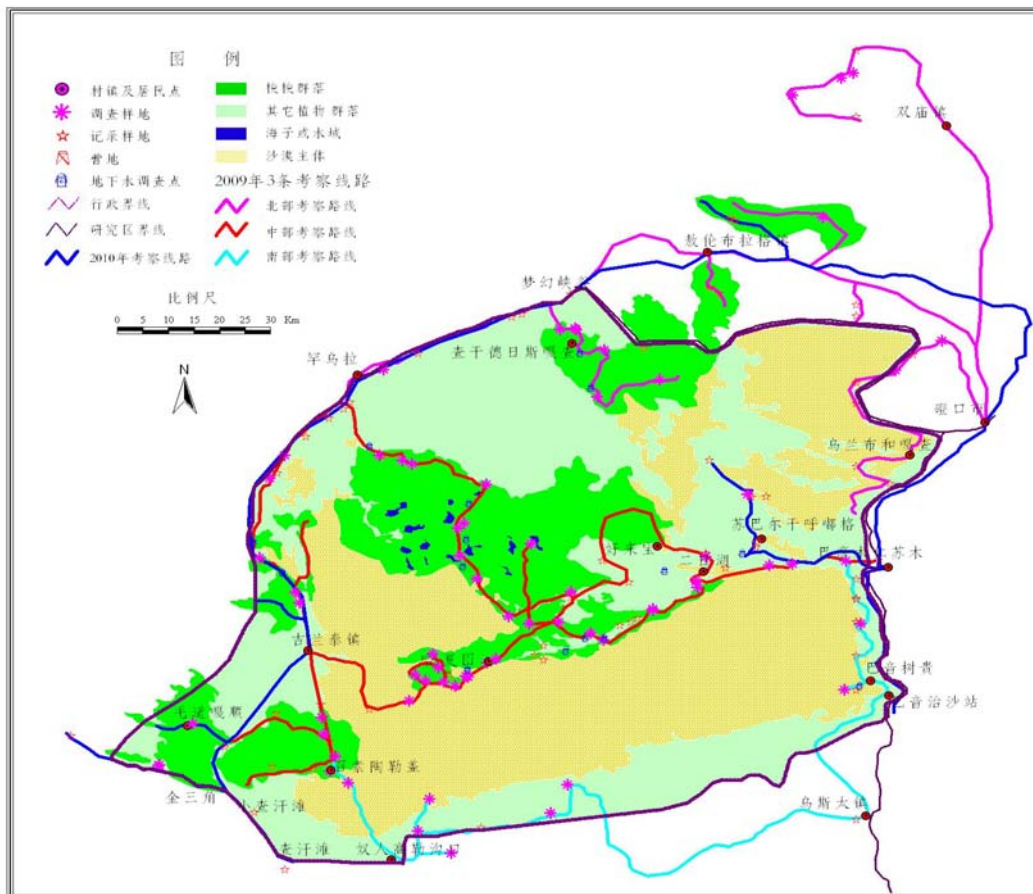


图 3-2 乌兰布和沙漠天然梭梭群落科学考察路线及调查样地图

（二）调查样地概况

本项目调查梭梭群落样地36个，调查400m²大小的样方110个，调查草本样方215个，种群样地21个；采集了大量的植物标本。调查样地涉及到了乌兰布和沙漠天然梭梭群落的各个典型区域及各种立地类型，通过调查过程中的观察和初步分析得到该区域天然梭梭群落的空间分布、基本群落特征及生存现状。样地调查信息如表3-6所示：

表 3-6 乌兰布和沙漠天然梭梭群落样地信息表

调查地点	样地编号	海拔 (m)	经度 (°)	纬度 (°)	群落		梭梭		重要值	物种组成
					盖度 (%)	密度 (株/hm ²)	盖度 (%)	密度 (株/hm ²)		
吉兰泰区	AL01	1087	105.79	39.53	32.11	999.00	6.12	281.25	0.42	梭梭、沙拐枣、白刺共优群落
	AL02	1067	105.80	39.56	63.23	247.95	46.48	2300.00	0.81	梭梭群落, 白刺伴生
	AL07	1104	105.67	39.94	41.26	481.50	8.56	543.75	0.58	梭梭、白刺共优群落
	AL08	1014	105.73	39.87	14.37	5.55	10.20	731.25	0.65	梭梭、盐爪爪群落, 白刺、红砂伴生
	AL50	1044	105.77	39.63	29.67	496.20	6.45	775.00	0.53	梭梭、白刺共优群落
	AL68	1076	105.49	39.54	33.93	1850.00	26.00	537.50	0.42	梭梭群落, 白刺、盐爪爪、红砂伴生
哈夏图-罕乌拉区	AL20	1060	106.43	39.89	34.35	1087.65	1.06	100.00	0.24	白刺、梭梭、红砂群落, 泡泡刺、沙拐枣、沙冬青伴生
	AL22	1039	106.19	39.82	43.00	383.70	2.87	391.67	0.13	白刺、沙冬青、霸王、梭梭群落, 裸果木、合头草伴生
	AL24	1102	106.27	39.78	41.30	370.65	5.95	945.83	0.52	梭梭、白刺群落, 霸王伴生
	AL25	1067	106.36	39.84	10.29	370.05	8.42	831.25	0.30	白刺、梭梭、盐爪爪群落, 红砂、珍珠猪毛菜伴生
	AL27	1063	106.44	39.88	22.48	807.60	3.49	387.50	0.44	梭梭、白刺群落, 盐爪爪、红砂伴生
	AL28	1024	106.21	39.87	22.41	130.05	6.51	550.00	0.23	沙冬青、梭梭、白刺、木本猪毛菜群落, 沙拐枣、红砂、霸王伴生
	AL29	1026	106.10	39.83	15.91	1130.70	8.23	375.00	0.52	梭梭、白刺群落, 沙冬青伴生
	AL31	1018	106.05	39.90	34.33	102.75	8.39	2087.50	0.53	梭梭、白刺群落, 沙拐枣伴生
	AL32	1018	106.02	39.94	39.80	344.25	7.49	268.75	0.42	梭梭、白刺、泡泡刺群落, 沙冬青、沙拐枣、木本猪毛菜、红砂伴生
	AL33	1024	106.01	40.00	16.06	497.40	3.74	412.50	0.70	梭梭、红砂、白刺群落
	AL34	1016	106.02	40.01	27.04	106.05	3.03	237.50	0.51	梭梭、白刺共优群落
	AL35	1017	106.06	40.08	29.88	692.10	2.88	125.00	0.20	沙冬青、泡泡刺、梭梭、白刺群落, 木本猪毛菜伴生
	AL36	1018	106.14	39.97	78.51	27.00	0.78	50.00	0.18	沙冬青、梭梭、沙拐枣、霸王群落, 白刺、泡泡刺伴生
	AL38	1054	106.08	39.74	13.11	227.10	19.22	537.50	0.26	白刺、梭梭群落
	AL39	1062	106.07	39.74	45.98	29.40	5.43	356.25	0.47	白刺、梭梭共优群落
	AL41	1067	105.96	39.70	33.85	306.15	27.71	637.50	0.64	梭梭、白刺群落
	AL42	1061	105.99	39.70	35.81	205.05	9.17	462.50	0.71	梭梭、白刺群落
	AL45	1049	105.98	39.73	19.48	162.90	22.30	1950.00	0.55	梭梭、白刺共优群落
	AL46	1076	106.03	39.71	52.00	1375.65	5.07	275.00	0.72	梭梭、白刺群落
	AL47	1065	106.03	39.71	13.48	92.55	8.19	475.00	0.88	梭梭单优群落
AL48	1072	106.03	39.71	38.42	29.70	2.16	175.00	0.64	梭梭、白刺群落	
AL52	1026	105.93	40.12	13.29	84.15	6.72	612.50	0.71	梭梭、白刺群落	
AL53	1038	105.92	40.13	25.35	66.45	9.55	387.50	0.85	梭梭单优群落	
AL54	1051	105.88	40.14	15.54	24.30	3.86	175.00	0.54	梭梭、白刺共优群落	
敖伦布拉格区	AL55	1032	106.22	40.38	11.55	197.10	4.94	350.00	0.48	梭梭、白刺群落, 盐爪爪伴生
	AL56	1036	106.22	40.38	13.01	28.80	10.29	512.50	0.60	梭梭、盐爪爪群落, 白刺伴生
	AL57	1038	106.19	40.38	15.25	48.30	12.37	581.25	0.68	梭梭、白刺群落
	AL58	1027	106.26	40.25	31.67	31.20	8.55	437.50	0.33	梭梭、沙冬青、白刺群落, 霸王伴生
	AL60	1031	106.37	40.28	51.70	144.30	5.38	212.50	0.32	白刺、梭梭, 沙冬青伴生群落
	AL66	1035	106.65	40.60	29.33	62.70	1.14	25.00	0.10	白刺、沙冬青、梭梭、沙拐枣群落, 霸王、红砂、鸦葱伴生

二、群落分布与生境

(一) 群落分布

乌兰布和沙漠天然梭梭 (*Haloxylon ammodendron*) 主要分布在阿拉善左旗境内, 巴彦淖尔盟西南部有稀疏分布, 分布区域东起阿左旗的巴彦木仁苏木以西, 西至吉兰泰镇的西南缘, 南至吉兰泰本井车站北部, 北到巴彦淖尔盟西南部至磴口县西北部分区域, 沙漠东南部和沙漠腹地流动沙丘少有分布。从分布生境来看, 主要分布于平缓沙地、固定和半固定沙丘, 盐碱滩地边缘, 沙化地也有分布。分布区海拔高度范围在 800m~1400m 之间。从整体分布来看, 乌兰布和沙漠区域天然梭梭群落主要分布在流动沙丘的边缘地段, 呈东北-西南走向分布于沙漠的东北部、中部及西南部, 东西长约 90km, 南北宽约 110km 的范围。在景观尺度上呈片状分布, 局部小尺度上呈条带状分布, 并形成几个不同的核心分布区。

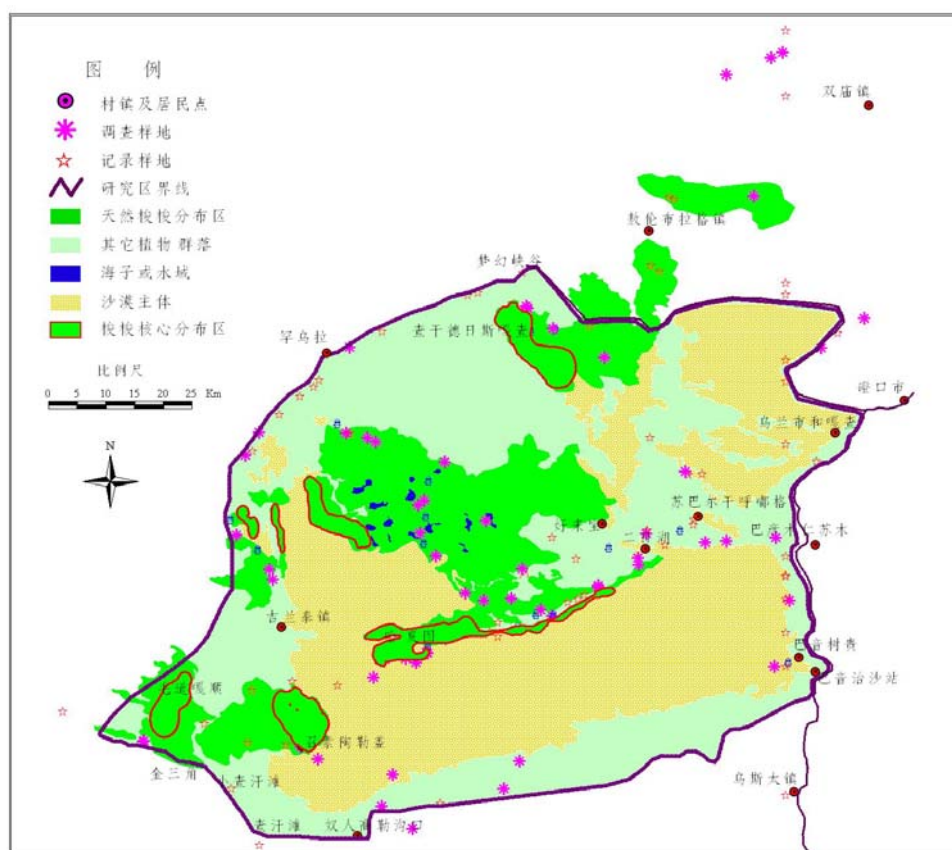


图 3-3 乌兰布和沙漠天然梭梭核心分布区

根据梭梭生存状态及分布特征, 我们将乌兰布和沙漠天然梭梭群落划分为吉兰泰、哈夏图-罕乌拉及敖伦布拉格三个较为典型的分布区域 (图3-3)。其中以哈夏图-罕乌拉区域分布面积最大, 且覆盖度最大、生长年代最长。从三个大的区域来看, 各自具有不同的分布特征。

在各区域内部又形成不同的分布特点。

吉兰泰区域：该区域主要指沙漠西部吉兰泰镇周边，包括吉兰泰镇南、北两大块，其中南部在吉兰泰南18km至40km，东西约35km范围，主要分布在吉兰泰一队和二队区域，呈连片状分布，分布生境以固定、半固定沙丘及平沙地为主；北部3km至30km，东西10km范围，主要分布在吉兰泰七队及北部区域，主要沿公路及东部流动沙丘边缘呈条带状分布，生境以沙漠边缘流动或半固定沙地为主。

由于该区域的梭梭被吉兰泰镇分割成南北两大块，而南部又被巴吉公路分割成东西两块，因此，从景观尺度来看，吉兰泰区域的梭梭群落由三个小斑块组成。同时，从梭梭群落的数量特征来看，三个区域又各具有核心分布区。北部以吉兰泰七队北部区域为核心区，核心区呈南北条带状分布。南部则分别以东部召素陶勒盖和西部的毛道嘎顺为核心分布区，其中东部在召素陶勒盖北部沿铁路两边呈带状分布，并向两边逐渐扩展，密度、盖度也逐渐减小，并向西扩展至巴吉公路的东侧边缘；东扩展到流动沙丘边缘，密度变化比较小，且整体密度大于铁路西侧。西部则在毛道嘎顺附近形成核心区，逐渐向四周扩展，呈连片分布状态，整体密度相对较大。

哈夏图 - 罕乌拉区域：该区域主要分布在呼和温都尔（罕乌拉）以南、哈夏图及其以北约55km范围，哈夏图以东、好来包及以西约50km范围。该区域是乌兰布和沙漠天然梭梭分布面积最大的一块。区域梭梭生境比较复杂，平缓沙地、固定和半固定沙丘，盐碱滩地边缘，流动沙丘及丘间地均有分布。其中，以哈夏图为中心分布的天然梭梭群落是生长年代最长的区域。

这一区域是沙漠范围梭梭分布面积最大、类型较为复杂的区域，它的核心分布区也较为明显，主要以区域西南部的哈夏图至东部好来宝南部沙漠边缘一线为核心分布区，这一线为整个沙漠范围内梭梭生长较好的区域，在哈夏图周边还存在着原始的梭梭群落，所以在本区域分布的梭梭年龄普遍较大，原始状态保存较完整。

敖伦布拉格区域：该区域分布在乌兰布和沙漠东北部，主要分布在敖伦布拉镇周边及巴彦淖尔市西南侧杭锦后旗的部分区域，东西约30km、南北约25km范围。该区域梭梭分布呈不连续片段状分布格局，主要分布在半固定、固定沙丘及平沙地。

这一区域的核心分布区在区域西南部查干德日斯嘎查以西呈西北向南方呈条带状分布，生长状态较好，但密度相对吉兰泰区和哈夏图-罕乌拉区密度要小，生长较差。从这一核心开始向东部及东北部过渡，密度、盖度逐渐减小。

（二）群落生境类型

梭梭在我国分布区广，所处生境差异极大。《中国植被》（中国植被编辑委员会，1980）将我国的梭梭群落类型大致分为三个类群：1) 分布在河相或古湖相沉积壤质或沙壤质土上的梭梭荒漠群落，生长发育较好，梭梭盖度30%~50%，生物量较高，土壤有不同程度的盐渍化；2) 分布在沙漠中固定或半固定沙丘、丘间沙地与沙漠湖盆边缘沙地上的梭梭荒漠群落，发育也较好，梭梭盖度10%~30%；3) 分布在砾石戈壁上的稀疏梭梭荒漠群落，群落盖度在10%以下。根据1:1000000 中国植被图集，中国的梭梭荒漠分为梭梭沙漠、梭梭砾漠、梭梭壤漠、梭梭盐漠等四种主要类型（中国科学院中国植被图编辑委员会，2001）。诸多学者也以此为依据划分梭梭群落分布类型，本研究也采用此划分方法。根据本次梭梭群落背景及土壤调查记录，研究确定乌兰布和沙漠区域梭梭主要有三种类型，即沙漠梭梭、盐漠梭梭、砾漠梭梭。

1. 梭梭沙漠群落

梭梭沙漠群落主要是指生长在沙质生境中的梭梭群落，多生长在半固定固定沙丘，湖盆边缘的半固定沙地，部分流动沙丘边缘也有分布。该类型是乌兰布和沙漠天然梭梭主要分布类型，分布面积最广，且多呈现连片分布状态。



流动沙丘及半固定沙地上的梭梭群落

该类型群落中，灌木、半灌木种类较丰富，但以梭梭与白刺、沙冬青、沙拐枣等少数几个伴生种组成的群落为主，其中以梭梭与白刺构成的群落比例最大。其它如泡泡刺、红砂作为伴生的群落只在部分地段零星出现。群落中一年生植物发育良好，常见的有沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*)、虫实 (*Corispermum hyssopifolium*)、画眉草、五星蒿等。另外，该群落类型中梭梭的寄生植物肉苁蓉和白刺的寄生植物锁阳在部分地段较多。

由于该类型梭梭群落立地条件差异较大，涉及流动、半固定、固定沙丘和平缓沙地等，所以群落特征差异较大。群落中梭梭高度0.5~3.0m，高度差别较大，而半固定沙丘梭梭高度相对比流动沙丘和固定沙地高；盖度范围0.5%~45%，盖度差异也较大；梭梭密度120~3700株/hm²，平均株密度为708株/hm²左右，密度相对较大。该类型中群落更新状况较好，但由于干旱及其它原因严重，部分地段梭梭死亡严重。

2. 梭梭盐漠群落

梭梭盐漠群落主要指分布在具有一定盐渍化环境的梭梭群落，一般分布在有盐化现象明显的湖盆低地及盐碱化程度较小的丘间地地段。该类型在乌兰布和沙漠中分布面积较小，总体呈斑块状镶嵌分布格局。



盐碱滩地上的梭梭+盐爪爪群落

群落共建物种主要为盐爪爪，其它伴生种主要有芨芨草、红砂、碱蓬等。群落中梭梭高度范围0.7~2.5m，高度变化较大；群落总盖度5~30%，而梭梭分盖度范围4%~15%，梭梭植株相对较小；梭梭密度300~1100株/hm²，平均株密度为688株/hm²左右。群落生长状况较好，新梢生长量范围15~30cm，但幼苗数量较少，更新状况较差。

3. 梭梭砾漠

该类型指生长在砾质基质上的梭梭群落，主要分布在由洪积物形成的砾石戈壁、山前冲

洪扇或砾石山坡以及戈壁中的干河床上，其基质一般为砾石、粗沙或碎石，局部地段覆盖细沙，山坡顶部可见裸露岩石。



覆沙砾质山坡梭梭群落

乌兰布和沙漠梭梭砾漠只见到一处分布，位于吉兰泰西北部巴特尔布鲁格区域，巴彦乌拉山东端的山坡上。群落面积很小，植被较稀疏，群落外貌不整齐，梭梭的株丛高低和大小不一。伴生种只有红砂、蒙古沙拐枣、霸王、木本猪毛菜、珍珠猪毛菜、绵刺、蒙古扁桃、鹰爪柴、沙冬青、羽毛三芒草、骆驼蓬、盐生草、五星蒿等。梭梭盖度22.59%；平均株密度为508.25株/hm²。新梢生长量范围11~38cm，幼苗数量少，更新较差。

三、群落结构特征

（一）群落物种组成

1. 种类组成

乌兰布和沙漠天然梭梭群落的组成植物共有11科37属41种，主要集中在藜科（Chenopodiaceae）11属12种，禾本科（Gramineae）9属、10种，菊科（Compositae）5属、6种，蒺藜科（Zygophyllaceae）4属5种；其次是豆科（Leguminosae）2属、2种，蓼科（Polygonaceae）、怪柳科（Tamaricaceae）、石竹科（Caryophyllaceae）、白花丹科（Plumbaginaceae）、百合科（Liliaceae）、大戟科（Euphorbiaceae）6科各含1属、1种（表3-7）。

表 3-7 乌兰布和沙漠梭梭群落物种统计表

科名	属名	种名	生活型
藜科 Chenopodiaceae	梭梭属 <i>Haloxylon</i>	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	G
	合头草属 <i>Sympegma</i>	合头草 <i>Sympegma regelii</i>	G
	猪毛菜属 <i>Salsola</i>	珍珠猪毛菜 <i>Salsola passerine</i>	G
		木本猪毛菜 <i>Salsola arbuscula</i>	G
	盐爪爪属 <i>Kalidium</i>	盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>	G
	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	Y
	盐生草属 <i>Halogeton</i>	盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>	Y
	沙蓬属 <i>Agriophyllum</i>	沙蓬(沙蓬) <i>Agriophyllum squarrosum</i>	Y
	虫实属 <i>Corispermum</i>	虫实 <i>Corispermum hyssopifolium</i>	Y
	雾冰藜属 <i>Bassia</i>	雾冰藜(五星蒿) <i>Bassia dasyphylla</i>	Y
单刺蓬属 <i>Cornulaca</i>	阿拉善单刺蓬 <i>Cornulaca alaschanica</i>	Y	
藜属 <i>Chenopodium</i>	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	Y	
禾本科 Gramineae	针茅属 <i>Stipa</i>	针茅 <i>Stipa capillata</i>	D
		沙生针茅 <i>Stipa glareosa</i>	D
	隐子草属 <i>Cleistogenes</i>	无芒隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	D
	冠芒草属 <i>Enneapogon</i>	冠芒草 <i>Enneapogon brachystachyus</i>	D
	沙鞭属 <i>Psammodiopsis</i>	沙鞭(沙竹) <i>Psammodiopsis villosa</i>	D
	芦苇属 <i>Phragmites</i>	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	D
	画眉草属 <i>Eragrostis</i>	画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	Y
	虎尾草属 <i>Chloris</i>	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	Y
	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	Y
三芒草属 <i>Aristida</i>	三芒草 <i>Aristida adscensionis</i>	Y	
菊科 Compositae	鸦葱属 <i>Scorzonera</i>	鸦葱 <i>Scorzonera austriaca</i>	D
	蒿属 <i>Artemisia</i>	早蒿(内蒙古旱蒿) <i>Artemisia xerophytica</i>	D
		黄蒿 <i>Artemisia annua</i>	Y
	苓菊属 <i>Jurinea</i>	蒙疆苓菊 <i>Jurinea mongolica</i>	D
	苦苣菜属 <i>Sonchus</i>	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	Y
蓝刺头属 <i>Echinops</i>	砂蓝刺头 <i>Echinops gmelini</i>	Y	
蒺藜科 Zygophyllaceae	白刺属 <i>Nitraria</i>	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	G
		泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	G
	霸王属 <i>Zygophyllum</i>	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylum</i>	G
	骆驼蓬属 <i>Peganum</i>	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>	D
	蒺藜属 <i>Tribulus</i>	蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i>	Y
豆科 Leguminosae	沙冬青属 <i>Ammopiptanthus</i>	沙冬青 <i>Ammopiptanthus mongolicus</i>	G
	黄芪(耆)属 <i>Convolvulus</i>	变异黄芪(耆) <i>Astragalus variabilis</i>	D
蓼科 Polygonaceae	沙拐枣属 <i>Calligonum</i>	沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	G
怪柳科 Tamaricaceae	红砂属 <i>Reaumuria</i>	红砂 <i>Reaumuria songarica</i>	G
石竹科 Caryophyllaceae	裸果木属 <i>Gymnocarpus</i>	裸果木 <i>Gymnocarpus przewalskii</i>	G
白花丹科 Plumbaginaceae	补血草属 <i>Limonium</i>	黄花补血草 <i>Limonium aureum</i>	D
百合科 Liliaceae	葱属 <i>Allium</i>	沙葱 <i>Allium mongolicum</i>	D
大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	地锦 <i>Euphorbia humifusa</i>	Y

注: G: 灌木; D: 多年生草本; Y: 一年生草本

从科的分类级别来看, 乌兰布和沙漠天然梭梭群落单种科比例较大, 占总数的54.55%, 寡种科比例为18.18%, 较小科比例为27.27%, 无15种以上的科(表3-8)。

单种属和寡种属代表植物属进化的两个相反的方向, 既一个方向是新属的建立, 种类尚未分化; 相反的方向则是古老属演化的终极, 只有少数残遗种(王荷生和张镜铨, 1994)。

从属的分类级别来看，乌兰布和沙漠天然梭梭群落共有种子植物37属，其中单种属33个，单种属占本区属数的89.19%，寡种属则只有4属，占10.81%，无含5种以上的属，说明天然梭梭群落植物属主要以单种属和寡种属为主。

表 3-8 乌兰布和沙漠天然梭梭群落植物科属大小统计

项目	科属分级	科数	占总数 (%)	属数	占总数 (%)	种数	占总数%
科	中型科(15种以上)	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	较小科(6~15种)	3	27.27	25	67.57	28	68.29
	寡种科 2~5种	2	18.18	6	16.22	7	17.07
	单种科(1种)	6	54.55	6	16.21	6	14.64
	合计	11	100	37	100	41	100
属	较小属 6~15种	-	-	0	0.00	0	0.00
	寡种属 2~5种	-	-	4	10.81	8	19.51
	单种属(1种)	-	-	33	89.19	33	80.49
	合计	-	-	37	100	41	100

(二) 群落生活型特征

植物的生活型是反映群落外貌的重要参数，是植物长期适应外界综合环境的形态特征（蒋有绪，1998；于顺利等，2000），群落中植物的生活型通常是群落外貌的决定因子。植物在适应环境的过程中，表现出特定的生活型外貌。植物在特定环境条件下形成的生活型外貌特征及其生活史对策就是对植物所生存环境状况的直接反映。植物生活型变化格局，在一定程度上也反映了植物适应环境的对策取向。研究群落生活型变化格局，对揭示群落性质将提供有价值的证据。

表 3-9 乌兰布和沙漠天然梭梭群落植物生活型谱

分类系统		类别					
	类型	高位芽 Ph	地上芽 Ch	地面芽 H	地下芽 G	一年生 Th	总计
Raunkiaer 系统	物种数	10	2	12	0	17	41
	百分比 %	24.39	4.88	29.27	0.00	41.46	100.00
《中国植被》系统	类型	木本		草本植物			总计
		灌木		多年生		一年生	
	物种数	13		12		16	41
	百分比 %	31.71		29.27		39.02	100.00

在C. Raunkiaer系统中，乌兰布和沙漠天然梭梭群落中一年生植物在数量上占优势，占总种数的41.46%，地面芽、高位芽植物居次，分别占总种数的29.27%、24.39%，地上芽植物占4.88%（表3-9）。从乌兰布和沙漠天然梭梭群落中的生活型分类得很好的反映了区域的环境特征，一年生植物占数量优势反映了区域具有比较典型的干旱气候特征，较大数量的地面芽则反映出区域较长的严寒季节，同时一定数量的高位芽植物存在说明区域在植物生长季节中又具有有湿热多湿的特点。这些均与乌兰布和沙漠地处干旱区、海拔较低、与黄河相邻等特点相吻合。

从《中国植被》系统看，乌兰布和沙漠天然梭梭群落主要有木本和草本两大类，木本中灌木13种；草本中多年生草本12种，一年生草本16种。这与C. Raunkiaer系统的分析一致，虽然草本植物在数量上有优势，但由于主要以一年生为主并且对群落的构建影响有限，群落建群种依然是木本植物，其中，梭梭在群落中的优势明显，其它灌木对群落的形成和发展也具有一定的影响。

（三）组成物种性质及群落类型分析

物种在群落中的他位，由生物学、生态学及环境等因素决定。在植物群落中的物种，其所处的地位不是相同的。通常有优势种、伴生种、偶见种等，根据构成群落优势种数量可分为单优或多优群落，根据组成群落物种数量可分为单优群落、寡种群落或多种群落。乌兰布和沙漠梭梭群落类型可划分为梭梭为优势种群落和梭梭为伴生种群落（表3-10）。

表 3-10 乌兰布和沙漠天然梭梭群落类型及组成

群落类型	群落组成
单优群落	梭梭单优势群落
梭梭优势	梭梭为建群种，白刺伴生群落
	梭梭、白刺共优群落
	梭梭+白刺为建群种，沙冬青、盐爪爪、沙拐枣、红砂伴生
	梭梭+盐爪爪为建群种，白刺、红砂伴生
多种群落	梭梭为建群种之一，与沙冬青、沙拐枣、白刺、泡泡刺、红砂等多种组合的共建群落
	梭梭为建群种之一，与沙冬青、沙拐枣、白刺、泡泡刺、红砂等多种组合的共建群落
梭梭伴生	白刺或沙冬青为建群种，梭梭为主要伴生种之一，盐爪爪、沙拐枣、泡泡刺、红砂等伴生

1. 梭梭为优势种群落

在以梭梭为优势种的群落中，又可分为梭梭单种群落，梭梭、白刺寡种群落，梭梭、沙冬青、盐爪爪、沙拐枣等组成的多种群落。

（1）梭梭单优群落



梭梭占绝对优势的群落

主要分布在哈夏图-罕乌拉区域，南部北部均有分布，但分布不广泛，只是在局部地段有分布。密度相对较小，平均为431.25株/hm²，盖度也相对较小平均为8.87%。

(2) 寡种群落

该类型的群落在乌兰布和沙漠三个梭梭主要分布区中分布比例较大，尤其在西部的吉兰泰区域和中部的哈夏图-罕乌拉区域。主要组成物种为梭梭和白刺，其中梭梭作为主要的建群种，而白刺与梭梭形成共优群落或作为伴生种存在。由于这一群落类型分布范围较大，且受环境影响较大，因此群落盖度相对变化较大，但密度相对变化较小。

梭梭为建群种型：该类型中梭梭优势很大，群落中梭梭的重要值一般在0.60以上。群落伴生种只有白刺，群落密度、盖度及梭梭单种的密度、盖度差异都比较大。

梭梭、白刺共优型：该类型中梭梭的平均重要值0.57，优势程度略大于白刺，与白刺共同构成群落，群落的数量指标差异不大。

表 3-11 乌兰布和沙漠天然梭梭不同组成结构群落数量特征

群落划分	数量指标	群落数量		梭梭数量		重要值	
		盖度 (%)	密度 (株/hm ²)	盖度 (%)	密度 (株/hm ²)		
单优势群落	Max	25.35	92.55	9.55	4750	1.00	
	Average	19.42	79.50	8.87	431.25	1.00	
	Min	13.48	66.45	8.19	387.50	1.00	
寡种群落	梭梭优势、白刺伴生	Max	63.23	1375.65	46.48	2300.00	0.81
		Average	33.49	349.29	14.18	682.03	0.70
		Min	13.29	29.70	2.16	175.00	0.64
	梭梭、白刺共优	Max	45.98	496.20	22.30	1950.00	0.58
		Average	34.60	221.19	13.73	905.36	0.57
		Min	15.54	24.30	3.03	175.00	0.47
多种群落	梭梭、白刺+其它	Max	41.30	1130.70	8.39	2087.50	0.53
		Average	25.11	521.76	6.20	829.17	0.50
		Min	11.55	102.75	3.49	350.00	0.44
	梭梭、盐爪爪+其它	Max	14.37	28.80	10.29	731.25	0.65
		Average	13.69	17.18	10.25	621.88	0.63
		Min	13.01	5.55	10.20	512.50	0.60
	梭梭+其它多物种	Max	39.80	999.00	8.55	437.50	0.60
		Average	29.91	467.96	6.48	350.00	0.47
		Min	16.06	31.20	3.74	268.75	0.33
伴生群落	主要伴生	Max	78.51	1087.65	19.22	831.25	0.32
		Average	35.06	331.03	6.90	380.21	0.26
		Min	10.29	27.00	0.78	50.00	0.18
	次要伴生	Max	43.00	692.10	2.88	391.67	0.20
		Average	34.07	379.50	2.30	180.56	0.14
		Min	29.33	62.70	1.14	25.00	0.10

(3) 多种群落

该类群落在沙漠范围分布最为广泛，群落组成结构较为复杂，主要是梭梭与白刺、盐爪爪、沙冬青等形成共建群落，伴生红砂、沙拐枣、泡泡刺、猪毛菜等。这一类型群落盖度、

密度相对变化均较大，在梭梭+盐爪爪群落中，梭梭优势较明显。

梭梭+白刺共建型：梭梭、白刺为这一类型群落的建群种，其中梭梭的优势与梭梭、白刺共优群落的相当，梭梭的平均重要值0.50，略低于梭梭、白刺共优种群。伴生种较单一，主要为盐爪爪、沙冬青、沙拐枣、霸王、红砂中的一种或两种。群落盖度差异不大，但密度差异较大。



梭梭、白刺共建群落

梭梭+盐爪爪共建型：梭梭、盐爪爪为这一类型的建群种，由于该类型群落一般生长在含盐量较高的地段，因此群落中其它物种比例较小，梭梭的重要值相对较高，一般在0.60~0.65之间。主要有红砂、白刺一种或两种作为伴生种。除群落密度差异较大外，群落及梭梭单种的密度、盖度差异都不大。



梭梭、盐爪爪共建群落

梭梭与多物种共建型：该类型组成稍复杂，共建种在3种以上，梭梭的重要值在0.30以上，梭梭的平均重要值为0.47。虽然一般情况下，群落中梭梭的优势相对较小，但个别群落

中梭梭的优势较大，可达0.60。群落伴生种较多，群落盖度差异不大，但密度差异较大。



梭梭、白刺、沙冬青等多物种形成的共建群落

2. 梭梭作为伴生种的群落

该类型群落主要分布在沙漠中部和东部区域，主要在梭梭核心分布区的边缘区域，以白刺或沙冬青为建群种，梭梭为次优种与盐爪爪、泡泡刺、红砂等作为主要的伴生种共同组成群落。群落盖度、密度发匀较小，梭梭在该类群落中的重要值一般在0.3以下，但在各伴生种中其重要值相对较高，所以也具有一定的优势和重要性。



梭梭作为伴生种的白刺、沙冬青群落

(四) 群落垂直结构

群落的垂直结构主要指群落分层现象（孙儒泳等，1992）。成层性是植物群落结构的基

本特征之一，也是野外调查植被时首先观察到的特征（周纪纶等，1992；李博，1995）。成层现象是群落中各种群之间以及种群与环境之间相互竞争和相互选择的结果（中国植被编辑委员会，1980）。植物群落中的多层现象取决于组成植物的个体大小和形状，是植物群落的基本特点之一，也是群落结构的重要部分（林鹏，1986）。一个植物群落垂直结构配置上，究竟分为几个层次，这是由环境条件和群落的性质决定的。乌兰布和沙漠天然梭梭群落成层现象明显，但层次较为单一，主要可分为二个层次。群落上层主要以梭梭及其他各类伴生灌木为主，下层主要由一年生和多年生草本组成，上层又可分为两个次要层次，即梭梭层和伴生灌木层。

1.各层次物种组成

（1）灌木层

乌兰布和沙漠天然梭梭群落共有13种灌木，其中梭梭作为大灌木，在许多地段的群落中形成明显的、独立于其它灌木的层次，因此在灌木层中又可以分出两个次要层次，即梭梭单种层和其它伴生灌木层。

梭梭层：根据我们调查发现，乌兰布和沙漠区域的天然梭梭群落中，绝大多数地段的梭梭形态特征明显不同于伴生其间的其它物种，个体的平均高度、冠幅均明显大于群落中的其它物种，占据了群落的上层，无论从外貌还是数量特征上均明显处于优势地位。只有极少数群落的上层是以沙冬青与梭梭共同构建。

伴生灌木层：伴生灌木层组成较复杂，但主要的可分三大类即分别以白刺、沙冬青、盐爪爪为主要伴生种的类型。

①伴生白刺：这一类型在沙漠中广泛分布，是各类梭梭群落中分布面积最大的，其中白刺多以沙包形式存在，且多以连片形式分布；也是组成物种最多、结构最为复杂的一类，其中又可分为梭梭+白刺+沙冬青、梭梭+白刺+盐爪爪、梭梭+白刺+红砂、梭梭+白刺+沙拐枣、梭梭+白刺+霸王等类型。

②伴生沙冬青：该群落类型分布不广，主要分布在梭梭群落与沙冬青群落的交错过渡区域，其中又可分为：梭梭+沙冬青+白刺、梭梭+沙冬青+泡泡刺。

③伴生盐爪爪：主要以片状镶嵌分布在沙漠部分低洼地，又可分为：梭梭+盐爪爪、梭梭+盐爪爪+白刺类型。

（2）草本层

以一年生草本和几类数量较少的多年生草本为主，从物种组成来看，主要是由画眉草、沙蓬、虫实、五星蒿、碱蓬、三芒草、地锦这几个种交错组成的优势群落，其中主要是以画

眉草、沙蓬、虫实、五星蒿等为优势种形成的草本群落，同时还有碱蓬、三芒草、地锦等组成的少量群落类型。

整体来看，乌兰布和沙漠天然梭梭群落的层次较为明显，两个层次也较完整，只有在少数地段中主要由梭梭和下层草本组成的群落，而没有中层灌木，该类型的群落数量比例相对较小，分布范围也较小。

表3-12 乌兰布和沙漠天然梭梭群落垂直层次数量特征

分层	物种数	个体数	盖度(%)	密度(万株/hm ²)	重要值	重要值/物种数
灌木层	梭梭单种层	1.00	37.94	8.65	0.06	0.14
	伴生灌木层	2.34	70.89	10.02	0.02	0.09
草本层	6.97	2013.18	11.36	19.27	0.64	0.09
总值	10.31	2121.01	30.03	19.35	1.00	-

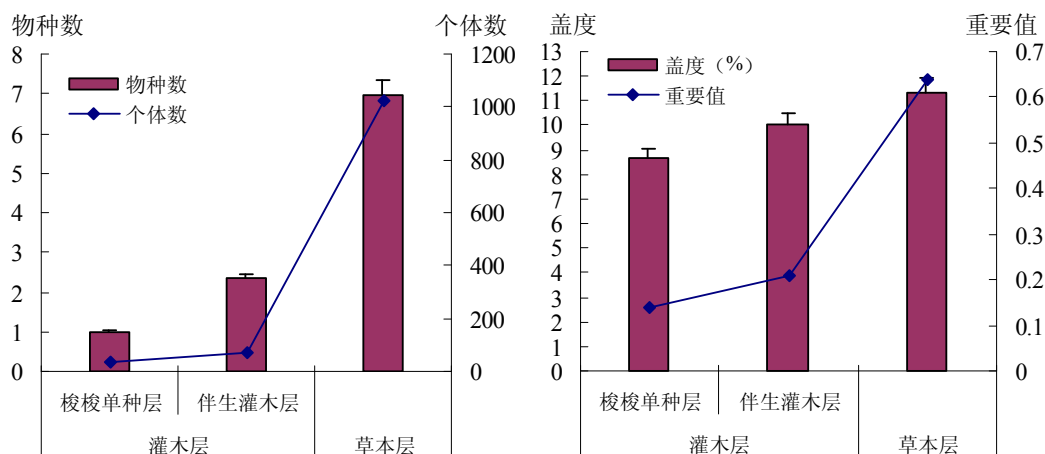


图3-4 梭梭群落垂直层次数量特征比较

2. 各层次的数量特征

从各单项数量值及变化来看（表3-12、图3-4），三个层次个数总数平均为1132.01株，其中，草本数量占有绝对优势，为总数量的90%。草本层植物个体数约分别是伴生灌木层和梭梭层个数的14倍和27倍，物种数则分别是3倍和7倍，个体数的差异比物种数的差异大。两个层次的盖度差异不大，依次为草本层>伴生灌木层>梭梭单种层，且各层次的盖度均较小，分别为11.36%、10.02%、8.65%。从重要值来看，三层次总体差异明显，而梭梭和伴生灌木的差异不大。

从垂直结构总体来看，灌木、草本两层植物种数、个数及盖度、密度等都存在较大差异。上层与下层差异较大，植物种数、个体数、盖度及重要值均表现出草本层大于灌木层的特点。而在灌木层中，梭梭单种层除密度外，个体数、盖度、密度均小于伴生种灌木层。但这并不

表明梭梭的重要性小，主要是受种数的影响。如果消除种数的影响，用重要值与物种数比值来看，梭梭和重要性就明显表现出来，而伴生灌木层和草本层的重要值相当。

四、群落数量特征

(一) 密度

根据统计分析(表3-13)，区域天然梭梭群落平均密度为19.35万株/hm²，最大值为78.38万株/hm²，最小密度为0.37万株/hm²，密度差异很大；梭梭单种密度最大为0.23万株/hm²，最小仅为0.003万株/hm²，平均密度为19.35万株/hm²。

表 3-13 乌兰布和沙漠天然梭梭群落盖度、密度

项目	盖度 (%)		密度 (万株/hm ²)	
	梭梭	群落	梭梭	群落
平均值	8.65	30.02	0.056	19.35
最大值	46.48	78.51	0.230	75.38
最小值	0.78	10.29	0.003	0.37

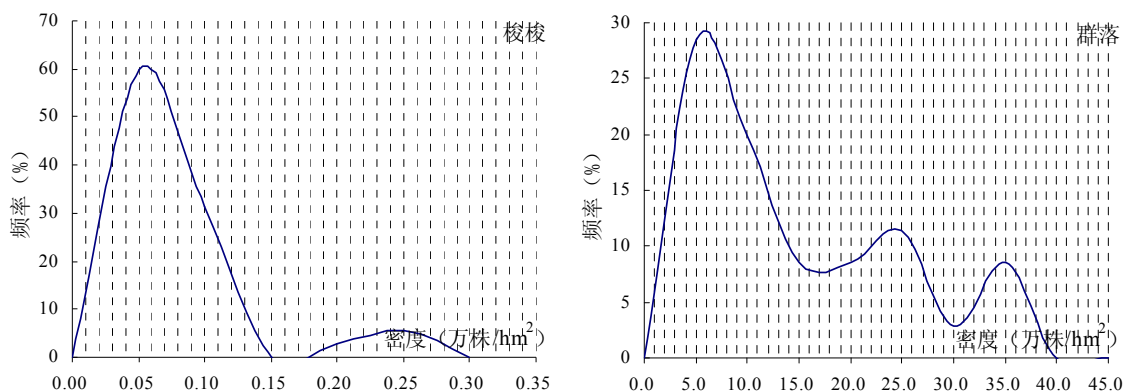


图 3-5 群落及梭梭单种密度频率分布

根据密度频率分布来看(图3-5)，群落密度分布曲线呈现多峰状态，密度峰值出现在5~10、20~25及35万株/hm²，但主峰明显，在5~10之间出现最大峰值。从密度分布来看，0~5万株/hm²的比例接近30%，0~10.0万株/hm²的密度比例接近50%。梭梭单种的主要密度范围在0~0.15株/m²，占到91%，其中0~0.05万株/hm²的占到60%，另外有9%在0.2~0.3万株/hm²的范围。整体来看，乌兰布和沙漠天然梭梭群落密度相对较大，群落密度偏大主要受草本的影响。而梭梭单种密度超过0.05株/m²的梭梭群落比例达到40%，并且有9%的大密度梭梭群落。这些现象主要是由于乌兰布和沙漠海拔较低，天然降水量较高，地下水位较高，天然梭梭生存环境相对较好，局部区域梭梭更新状况良好，幼苗较多等原因。

(二) 盖度

研究区域天然梭梭群落的平均盖度为30.02%，最大值为78.51%，最小盖度为10.29%，盖度差异较大；梭梭单种盖度最大为46.48%，最小0.78%，平均盖度仅为8.65%（表3-8）。

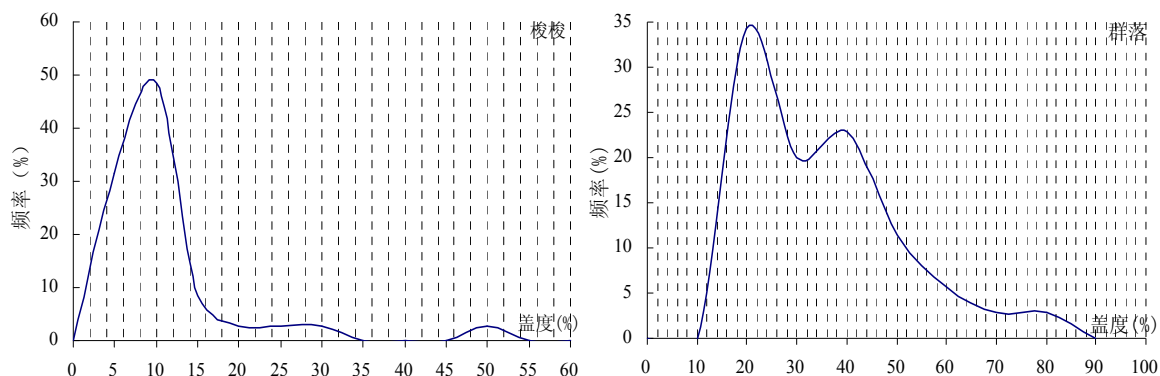


图 3-6 群落及梭梭单种盖度频率分布

根据盖度频率分布图来看（图3-6），分布曲线呈现双峰特征，分别在20%和40%出现两个峰值，群落盖度主要分布范围在10%~50%之间。梭梭单种的盖度曲线呈现单峰特征，在10%出现峰值，盖度范围在0~15%的比例达到89%，20~30%之间占到8%。相对来讲，乌兰布和沙漠天然梭梭群落的盖度范围较大，均盖度较小，但也有一定比例的大盖度梭梭群落存在。这主要是由于，一方面，区域许多地段适宜梭梭生存，梭梭生长良好；另一方面，在本区域存在一些生存年限较长的梭梭林，其植株高大，从而对梭梭群落的盖度影响较大。

五、群落物种多样性

生物群落是在一定地理区域内生活在同一环境下的不同种群的集合体，其内部存在着极为复杂的相互联系。由于功能整合原理，即系统的加合性或突生性，使得该集合体或生态单元具有与组成它的种群不同的静态和动态特征。群落多样性就是指生物群落在组成结构功能和动态方面表现出的丰富多彩的差异。在一定的景观或区域内，我们首先感知的是景观的异质性，而景观的异质性格局是由生物群落的多样性决定的。

从物种组成方面研究群落的组织水平或多样化（即物种多样性）的工作已有较长的历史，方法也比较成熟。自1943年Williams 提出物种多样性概念（Fisher等，1943）以来，发表了大量的论文和专著讨论有关物种多样性的概念原理及测度方法以及形成原因或主要影响因素等问题（Magurra, 1988）。不论怎样定义多样性，它都是把物种和均匀度结合起来的一个单一的统计量（Pielou, 1975）。此处的均匀度可以用不同物种的个体数目的分布生物量

的分布或盖度的分布来测度其中物种的生物量是一个比较合理的指标 (Pielou, 1975)。但个体数目应用的较多, 主要是资料的限制。

(一) 区域整体群落多样性

群落的物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量, 利用 α 多样性指数能综合反映群落物种多样性、种间个体分布的均匀性程度以及物种水平上群落结构、组成多样性、异质性程度。本次研究在野外调查基础上, 选择物种丰富度指数、Shannon-Wiener指数、优势度指数、均匀度指数, 对乌兰布和沙漠3个主要分布区做比较分析。

表 3-14 乌兰布和沙漠天然梭梭不同分布区多样性比较

分布区域	平均个体数	多样性指数			
		物种丰富度 S	Shannon H'	Simpson D	均匀度 J_{sw}
吉兰泰	1209	9	1.45	0.47	0.46
哈夏图-罕乌拉	1229	9	1.70	0.56	0.58
敖伦布拉格	372	11	2.09	0.64	0.61
整体区域	1068	9	1.73	0.56	0.56

从表3-14测度结果看, 由于乌兰布和沙漠天然梭梭群落的组成、结构及物种多样性差异性不大。敖伦布拉格区域梭梭群落中的平均个体数明显小于哈夏图-罕乌拉区域和吉兰泰区域, 这主要是因为敖伦布拉格的天然梭梭生长状况较另外两个区域差, 区域内梭梭分布密度较小。丰富度指数变化不大, 说明研究区物种的分布较均匀, 各试验点的环境异质性不大, 其中, 吉兰泰区域和哈夏图-罕乌拉区域具有相同的物种丰富度, 而敖伦布拉格区域的物种丰富度略高。Shannon-Wiener指数 (H')、优势度指数 (D)、均匀度指数 (J_{sw}) 的变化则基本一致, 均呈现敖伦布拉格区域>哈夏图-罕乌拉区域>吉兰泰区域的趋势, 这是因为, 虽然哈夏图-罕乌拉区域的面积范围更大, 但同时其生境也比较复杂, 局部区域梭梭群落物种数量较少影响了区域整体的多样性, 使得哈夏图-罕乌拉区域的多样性比敖伦布拉格小; 吉兰泰区域梭梭分布面积较小, 分布相对较集中, 生境差异不大, 致使多样性较小。从区域整体的与各区域分析比较来看, 区域内天然梭梭群落整体多样性较小; 同时, 哈夏图-罕乌拉区域的多样性指数与区域整体的相近, 能基本代表区域整体情况。

再通过相关分析可看出 (表3-15), 各多样性指数间均呈正相关。物种丰富度 (S) 与均匀度 (J_{sw}) 相关性较低, 而与Shannon-Wiener (H') 和优势度 (D) 2个多样性指数间相关性较高。Shannon-Wiener指数 (H') 和优势度指数 (D) 之间又表现出了很高的相关性, 说明其在描述群落多样性方面具有一致性。均匀度与丰富度和多样性指数均呈正比, 并且与

Shannon-Wiener指数 (H') 和优势度指数 (D) 均表现了很高的相关性。这些关系说明, 一方面, 均匀度与丰富度在衡量该区域群落多样性上具有很好的表现, 同时, 在物种数量保持一定范围的前提下, 均匀度对群落多样性的指示作用较大; 另一方面, 也说明调查范围中天然梭梭群落分布的整体环境差异性较小。

表 3-15 乌兰布和沙漠天然梭梭 α 多样性指数间的相关分析

相关系数	物种丰富度 S	Shannon H'	优势度 D	均匀度 J _{sw}
物种丰富度 S	1.00	-	-	-
Shannon H'	0.92	1.00	-	-
优势度 D	0.85	0.99*	1.00	-
均匀度 J _{sw}	0.65	0.90	0.96*	1.00

* p<0.05

(二) 典型地段群落变化

1. 群落扩展演替过程

(1) 扩展演替过程中的数量特征

在沙漠与梭梭群落分布边缘过渡区域, 天然梭梭群落表现出由分布于低地的成熟群落向沙丘上部扩展演替的现象。通过设置系列调查样地, 按距离从成熟群落到更新扩展部分将这一演替过程划分为3个阶段, 对数量及多样性特征化进行分析。结果显示 (表3-16、图3-7), 演替初期的成熟群落中, 植物总个体数和梭梭的个体数均较高, 而随着演替发展, 无论梭梭还是总的植物个体数、盖度、密度等数量呈现明显的减少趋势; 从梭梭幼苗更新扩展的角度来看, 第II阶段的幼苗比率明显大于第I、III阶段, 而第I、III阶段的幼苗比率相当

表 3-16 乌兰布和沙漠天然梭梭群落演替中的数量特征

演替梯度	植物个体数	梭梭个体数	盖度(%)		密度 (hm ²)		幼苗比率
			梭梭	群落	梭梭	群落	
I	595	75	22.30	35.81	1950.00	108633.33	0.16
II	169	22	8.19	19.48	475.00	61725.00	0.36
III	56	7	2.16	13.48	175.00	19808.33	0.14

这些现象可能是因为: 一方面, 这一个演替序列是一个正向演替过程, 物种对较差的环境的适应有一个过程, 只有适应能力更强的个体才能在较为严酷的新环境中生存。另一方面, 也与环境随着演替的进行的改善有更大的关系; 在调查中发现, 在第I、II两个发展阶段的样地中, 沙质土壤表面已经有结皮形成, 在第I阶段样地中, 有50%的地表形成结皮, 在第II阶段, 地表初步形成结皮, 但结皮程度不明显; 在第III阶段中, 地表均为流动性沙面; 因

此,在大环境背景不变的情况下,随着群落微环境的改善,植物的个体数量可能会逐渐增加,梭梭群落将向流动沙丘区扩展。

(2) 演替过程中的多样性变化

从演替过程中的多样性变化来看(图3-8),各指标均呈第II阶段小于第I、III阶段的现象,其中Shannon-Wiener指数(H')最为明显,而第I、III阶段的差异相对较小。从各指标来看,第III阶段的Shannon-Wiener指数(H')、优势度指数(D)和均匀度(J_{sw})均明显大于第I、II阶段,而且保持在一个相对较高的水平。

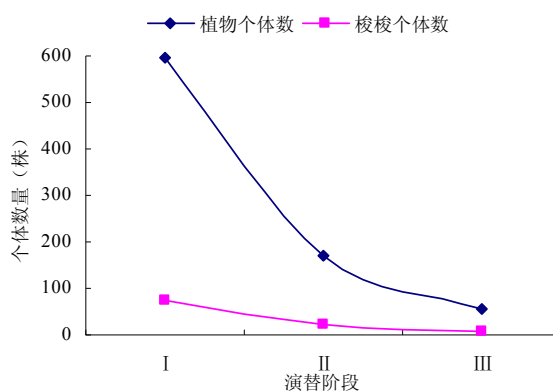


图 3-7 群落演替中植物个体变化

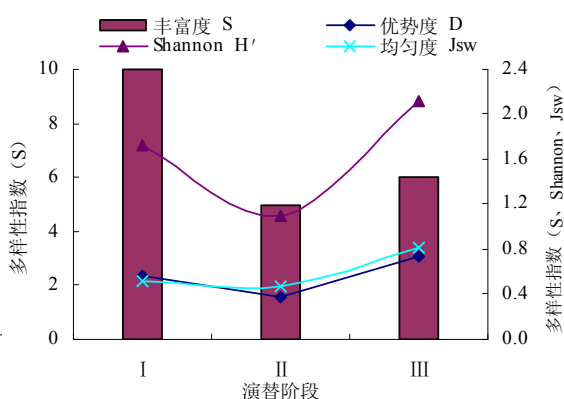


图 3-8 群落演替中的 α 多样性

从三个阶段的物种组成来看,第I阶段灌木、草本群落结构较为完整,有梭梭、白刺等灌木物种,也有多年生草本、一年生草本,种类较丰富;而第II阶段比第I阶段的物种数量减少了50%,草本主要以一年生草本为主,灌木只有梭梭;第III阶段种类又有所增加,灌木有梭梭、白刺,草本有多年生草本沙竹、一年生的沙蓬、虫实等,其中草本中,沙竹的数量较多,主要是因为,沙竹为这类地段的典型植物类型。

第四节 梭梭种群特征

种群是指同一时期内占有一定空间的同种个体的集合,它不仅是联结群落和个体的纽带,而且是生物群落、生态系统的基本组成成分。种群的边界可以是任意的,小到一个池塘,大到一个区域。乌兰布和沙漠天然梭梭是该生态区域沙地植被优势种和建群种,对当地环境状态持续和改变产生着重要作用。为了掌握乌兰布和沙漠梭梭种群生存现状,为区域梭梭的保育提供基础资料,调查研究了梭梭种群特征。

一、梭梭种群空间格局

植物个体都要占据一定的空间进行生长和繁殖，并与环境进行物质、能量交换，因此不同植物种就占据不同的生存空间，不同植物种在不同空间都有各自独特分布规律性，这种规律就是种群空间格局。种群空间格局是植物群落空间结构的基本组成要素，是植物种群生物学特性对环境条件长期适应和选择的结果，是种群基本数量特征之一（张文辉等，2005；宋于洋等，2009）。戴小华等（2003）认为种群的格局分布是指在特定时间内，群落中某一种群个体在空间的分布状况；李博等（2000）认为组成种群的个体在其生活空间中的位置状态或布局，称为种群空间格局(spatial pattern)或内分布型（internal distribution pattern）。因此，种群空间格局就是在特定时间内，群落中某一种群个体在其生存空间的位置状态或布局。种群的空间格局不仅因种而异，即使同一种在不同的生境条件下也有差异。空间分布格局的研究对于确定种群特征、种群间相互关系以及种群与环境之间的关系具有非常重要的作用。

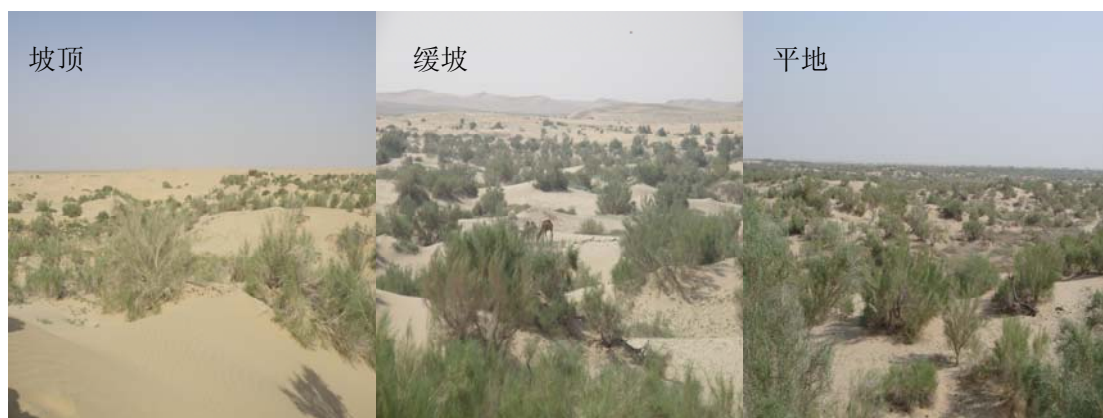
种群空间格局是种群生态学理论基础研究的重点。不同种群格局反映种群利用环境资源的状况，揭示种群生物学内涵，在生态学中一直是研究热点之一（Dale, 1999; Condit, 2000; Zhang JT, 2004）。分析种群的空间格局有助于认识该格局形成的生态学过程（如种子扩散、种内和种间竞争、干扰、环境异质性等），了解种群的生物学特性及其与环境因子之间的相互关系，对天然梭梭林保护和恢复，对人工梭梭林的繁育具有重要价值。

种群的空间格局有三种类型，即随机分布（random distribution），均匀分布（regular distribution）和集群分布（aggregated distribution）。种群格局的形成及原因，一方面决定于种自身的特性，另一方面则与群落环境密切相关。群落环境包括生物因子和非生物因子。生物因子比如竞争。一般的讲，在群落优势种形成的斑块中，其他种就难以形成自己的斑块。这是因为优势种具有较强的竞争力。非生物因子包括土壤因子、气候因子、地形因子等（张金屯等，1995，1998b，2000；马克明等，1999）。

（一）不同地形梭梭种群的空间格局

梭梭生长速度的快慢，在一定程度上能够反映出它对所处外界环境的适应能力（宋于洋等，2009）。根据所处部位不同，将乌兰布和沙漠梭梭分布地形划分为坡顶、缓坡和平地三类。如图 3-9 所示，乌兰布和沙漠不同地形天然梭梭种群空间格局有明显差异。坡顶与缓坡的分布格局比较复杂，分布格局随尺度变化分布格局也发生变化；其中，坡顶在 7m 以下尺度呈现较明显的均匀分布，而在 7m 以上尺度呈现为聚集分布，缓坡在 0.5~2m 和 5m 以上

尺度呈现聚集分布，在 0~0.5m、2-5m 呈现均匀分布，而平地上则主要呈现聚集分布格局。整体来看，从坡顶到平地，表现出聚集程度逐渐加强的趋势，聚集程度也是明显变大，平地聚集程度最强，缓坡居中，坡顶最弱。



不同地形的梭梭种群

如表 3-17 中所示，样方方法空间格局分析结果与点格局分析结果相一致。这一现象可能主要是由于坡顶土壤养分、水分都较差，梭梭个体间关系以竞争为主，从而导致个体占据空间；而平地上养分、水分限制较小，同时，平地环境有利梭梭种子萌发，而幼苗的萌发与母株的关系密切，因此其分布格局呈现出明显的聚集分布；而缓坡则处于两者的过渡阶段，因此其分布格局两种情况都有且格局强度也较弱。

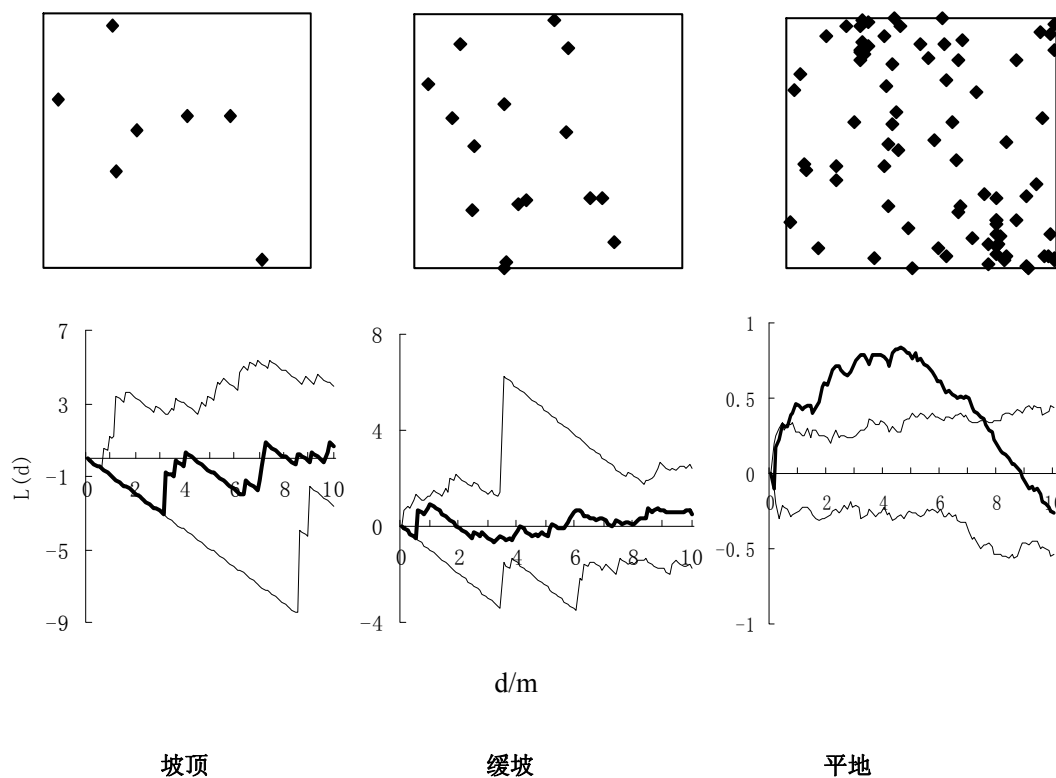


图 3-9 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群点位图及空间格局

表 3-17 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群的空间格局

地形	聚集度指标 I	聚块性指标 m^*/m	负二项参数 K	Cassie Ca	扩散系数 C	空间格局
坡顶	-0.061	0.134	-1.155	-0.866	0.939	U
缓坡	0.101	1.631	1.584	0.631	1.101	CL
平地	0.589	1.727	1.376	0.727	1.589	CL

CL-聚集分布 (clump);U-均匀分布 (uniform);R-随机分布 (random)

(二) 不同土壤水分生境梭梭种群的空间格局

分析测试表明, 乌兰布和沙漠天然梭梭林生长的土壤含水率大约在 0.91%~7.62%之间 (1m 土层平均含水率), 平均含水率为 2.84%左右。结合前期研究成果 (马全林, 2007; 盛晋华, 2004; 格日乐, 2006; 王玉梅, 2003), 本研究将乌兰布和沙漠天然梭梭林平均含水率划分为 1.35%、4.68%和 7.62 %三个水平来分析水分对天然梭梭种群格局的影响。图 3-10 所示, 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境天然梭梭种群空间格局有明显差异。土壤含水率为 1.35%时, 0~6.5m 尺度为均匀分布, 在 6.5m~10m 尺度为聚集分布。土壤含水率为 4.68%时, 0.1m 以上尺度均为聚集分布, 且聚集程度较强, 0.1m 以下为均匀分布。土壤含水率为 7.62%时, 9m 内全部尺度上为均匀分布, 9~10m 为聚集分布。整体来看, 在土壤水分较低 (1.35%) 或较高 (7.62%) 两种情况下, 分布格局均呈现出以均匀分布为主的特点, 而在土壤水分适中 (4.68%), 梭梭分布呈现明显聚集分布, 且聚集强度较强。

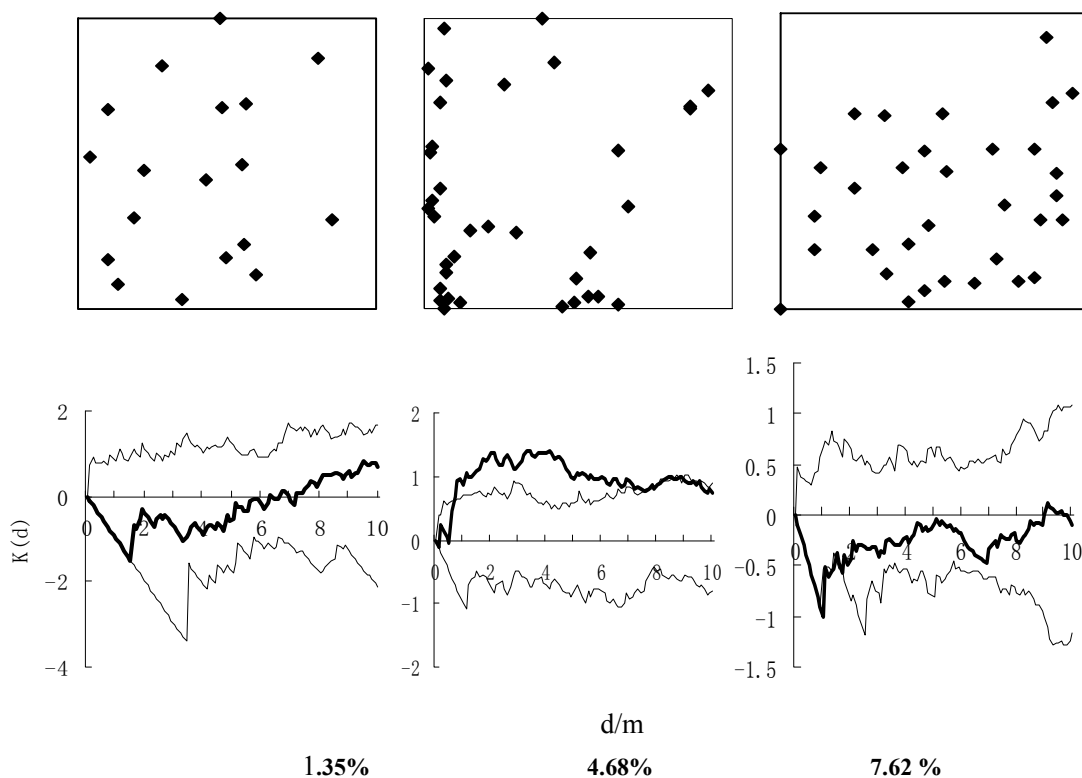


图 3-10 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境梭梭种群的点位图及空间格局表

表 3-18 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境梭梭种群的聚集指标与空间格局类型

土壤水分	聚集度指标 I	聚块性指标 m^*/m	负二项参数 K	CassieCa	扩散系数 C	空间格局
1.35%	-0.172	0.046	-1.048	-0.954	0.828	U
4.68%	0.132	1.488	2.048	0.488	1.132	CL
7.62%	-0.224	-0.065	-0.939	-1.065	0.776	U

CL-聚集分布 (clump); U-均匀分布 (uniform); R-随机分布 (random)

如表 3-18 所示，样方分析与点格局分析结果一致。土壤含水率在 4.68%时土壤含水率适合梭梭生长发育，因此梭梭种群形成以母株为扩散中心的聚集分布；土壤含水率为 1.35%和 7.62% 的条件下，梭梭都受到一定胁迫，为了竞争较适宜的生存环境，个体间呈现出均匀分布的规律。

(三) 不同土壤盐分生境梭梭种群的空间格局

盐分也是影响梭梭生长和分布格局的因素。土壤盐分过高会抑制梭梭种群的生长，而过低梭梭种群也会生长不良。



不同土壤盐分含量梭梭种群对比图

分析测试表明，乌兰布和沙漠天然梭梭林土壤盐分在 0.07%~0.91%之间（1m 土层平均全盐量），平均全盐量是 0.24%左右。结合前期研究成果（贾志清，2005；王玉梅，2003），本研究将乌兰布和沙漠土壤全盐量划分为 0.09%，0.27%和 0.91%三个水平，分析盐分对天然梭梭种群空间格局影响。如图 3-11 所示，乌兰布和沙漠不同土壤全盐量天然梭梭种群空间格局不同。土壤全盐量在 0.09%时，3~10m 尺度上都是聚集分布，3m 附近出现 1 个随机分布点，其余尺度上主要为均匀分布。土壤全盐量在 0.23%时，在 0.5m 左右，4~10m 内任何尺度上是聚集分布，1m、4m 和 7m 附近出现 4 个随机分布点，其余尺度上为均匀分布。土壤全盐量在 0.91%时，大概在 0.5~1.5m 内所有尺度上梭梭种群属于聚集分布，1m 处出现两个随机分布点，其余尺度上都是均匀分布空间格局。由此可见土壤全盐量在 0.23%时出现聚集分布尺度上最小，土壤全盐量在 0.91%时居中，土壤全盐量在 0.09%时最大。再从聚集尺度大小来看，土壤全盐量在 0.23%最大，土壤全盐量在 0.09%时居中，土壤全盐量在 0.91%

时范围最小。

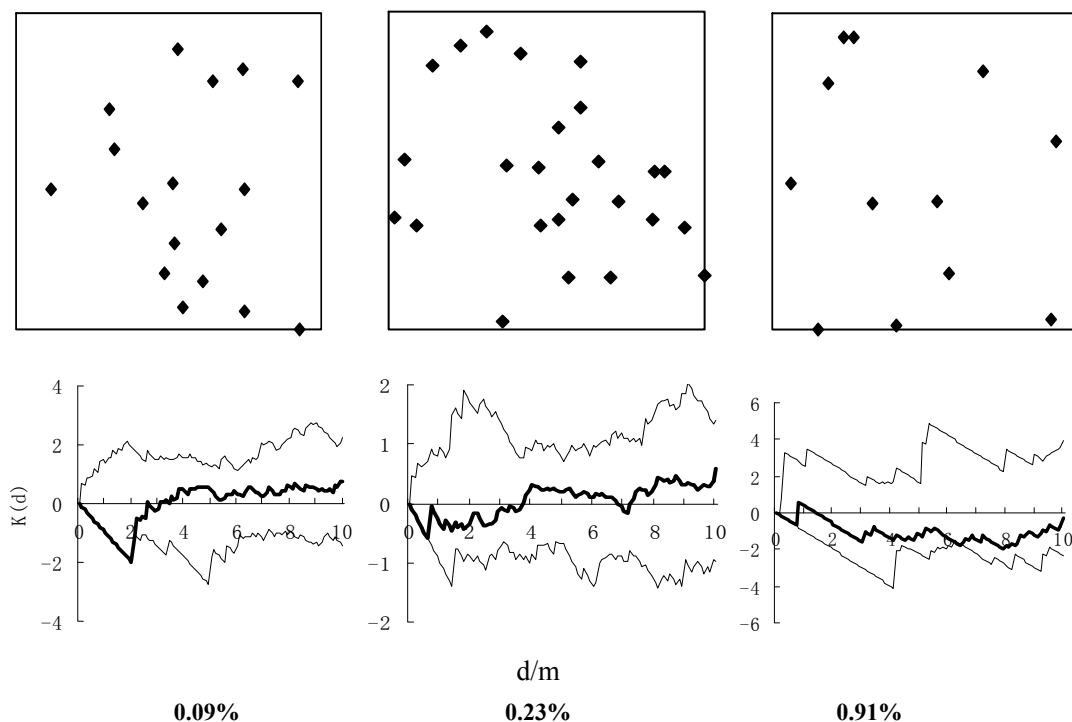


图 3-11 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境梭梭种群的点位图及空间格局

从表 3-19 中看到，土壤全盐量在 0.09%和 0.23%时是聚集分布，在此盐分条件下，梭梭幼苗，成年梭梭都能正常生长，幼苗没有受到盐分的威胁，数量较多，再加上种子依靠风力传播，故形成了以母株梭梭为中心的聚集分布格局；土壤全盐量在 0.91%时都是均匀分布，在这种生境下，梭梭受得了一定的胁迫，因此种群内部竞争更激烈，最后导致大体呈均匀分布的规律；随机分布，仍然很少，因为不管梭梭种群内部，还是梭梭群落间都存在这相互作用。乌兰布和沙漠天然梭梭林生长的土壤盐分条件，大体在 0.07%~0.91%之间（1m 土层平均全盐量），平均全盐量是 0.24%左右。土壤全盐量在 0.23%比 0.09%的梭梭分布密集，更适合天然梭梭林的生长，土壤全盐量在 0.91%时，梭梭分布稀疏。

表 3-19 乌兰布和沙漠梭梭种群聚集指标与空间格局类型

全盐量/%	聚集度指标 I	聚块性指标 m*/m	负二项参数 K	Cassie Ca	扩散系数 C	空间格局
0.09%	0.033	1.196	5.109	0.196	1.033	CL
0.23%	0.020	1.079	12.628	0.079	1.020	CL
0.91%	-0.111	0.074	-1.080	-0.926	0.889	U

CL-聚集分布 (clump); U-均匀分布 (uniform); R-随机分布 (random)

（四）不同管护区梭梭种群的空间格局

围栏封育是植被保护有效的措施（李西荣等，2000），近年来乌兰布和沙漠天然梭梭林施行了大面积的封育保护，取得了良好的效果。图 3-12 所示，封育区与放牧区天然梭梭种

群空间格局差异明显。封育区在 2~10m 内所有尺度上梭梭种群属于聚集分布，2m 以下尺度表现为均匀分布。放牧区在 6.5m 以下尺度为均匀分布，在 6.5~10m 主要表现为聚集分布。封育区只在较小尺度上出现聚集分布，而在大尺度上表现为聚集分布，且聚集强度较高，放牧区则主要表现为均匀分布格局。

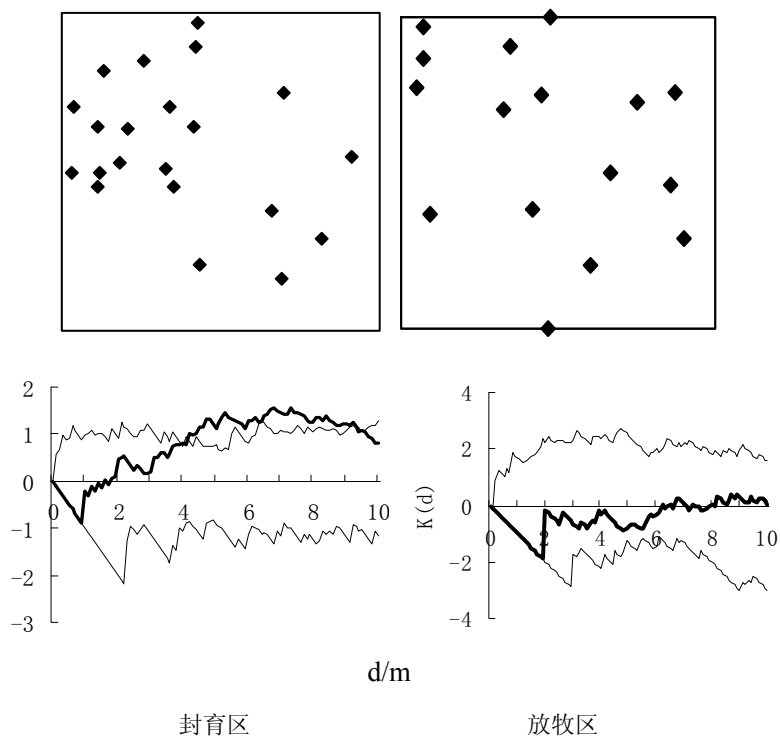


图 3-12 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群的点位图及空间格局

表 3-20 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群的聚集指标与空间格局类型

管护区	聚集度指标 I	聚块性指标 m^*/m	负二项参数 K	Cassie Ca	扩散系数 C	空间格局
封育区	0.018	1.085	11.800	0.085	1.018	CL
放牧区	-1.000	-3.000	-0.250	-4.000	0.000	U

CL-聚集分布 (clump); U-均匀分布 (uniform); R-随机分布 (random)

如表 3-20 中样方分析结果与点格局分析结果一致。封育区呈现聚集分布，主要是由于无放牧干扰情况下，梭梭种子会比较丰富，更新状况较好，而更新苗的分布与母株的关系密切，因此种群呈现聚集分布格局。放牧区由于干扰作用，梭梭种子或幼苗均被采食，因此，放牧区格局的形成主要是成年个体形成，成年个体在资源利用上的竞争，使其形成以均匀分布为主的空间分布，但是在较大尺度上这种影响可能变弱，就会表现一定程度的聚集分布。

乌兰布和沙漠天然梭梭种群在 10m 以内的尺度上主要表现为聚集分布特征；在不受水分、盐分、外界干扰等因素影响下，聚集程度明显，但在受到各种因素的影响下，多呈均匀分布。种群分布格局的分析有助于梭梭种群健康、稳定状况的评价，也对梭梭人工种植或恢复提供一定帮助。

二、种群数量特征

为描述乌兰布和沙漠天然梭梭种群生长现状，选取梭梭种群密度、冠幅、盖度、高度和地径等数量特征指标进行分析。

种群密度 (density) 是指单位面积或空间内的个体总数，是种群的基本数量特征，反映了种群在群落中的作用大小 (祝延成等, 1988; 宋永昌, 2001)。盖度指地上部分垂直投影面积占样地面积的百分比，即总冠幅与样方面积的百分比，冠幅用椭圆面积计算，其公式为 $C=\pi xy/4$ (其中 C 是椭圆面积， x 和 y 分别为梭梭灌丛的长短轴) (王孝安, 1997)。

高度是指地上部分在垂直方向上的大小。植物高度又分为：自然高度，测量时不对植物体进行任何改变时所测得的高度值；绝对高度，测量时人为将植物向上拉直后所测得的高度值 (常杰等, 2001)。我们测量梭梭自然高度。

地径是指树(苗)木距地面一定距离处直径，目前国内没有统一的标准。我们利用精度为 0.01mm 游标卡尺，对样方里每丛梭梭最大分枝的地表地径进行测量。

(一) 不同生态区域梭梭种群的数量特征

乌兰布和沙漠梭梭种群总体数量特征与库姆塔格、民勤梭梭对比分析如表 3-21:

表 3-21 乌兰布和沙漠、库姆塔格沙漠和民勤梭梭种群生长状况对比表

地名	密度 (株/hm ²)	盖度 (%)	高度 (m)	地径 (mm)
乌兰布和梭梭	704±153a	12.06±2.17a	1.13±0.11a	37.80±3.38ab
库姆塔格梭梭	165±24a	3.24±0.55ab	1.27±0.14a	60.77±12.84a
民勤梭梭	393±78a	2.01±0.41b	0.76±0.06a	21.75±0.31b

注：表中“±”后面数字为标准误，5%的显著水平

梭梭密度在三个区域没有显著差异，乌兰布和沙漠最大是 704 株/hm²，库姆塔格最小为 165 株/hm²；乌兰布和沙漠梭梭盖度 12.06%与民勤 2.01%有显著差异，而它们与库姆塔格没有显著差异；梭梭高度在三个区域没有显著差异，乌兰布和沙漠平均高度 1.13m 居中，民勤最小为 0.76m；地径库姆塔格沙漠 60.77mm 与民勤 21.75mm 有显著差异，它们与乌兰布和沙漠梭梭地径 37.80mm 没有显著差异。

与库姆塔格沙漠和民勤相比，乌兰布和沙漠降水量大，自然环境特别是水文条件优越，因此其天然梭梭林的生长密度、盖度大。但是，乌兰布和沙漠梭梭林业受到过度放牧、采挖肉苁蓉、和鼠害以及人类生产活动等的严重影响，急需采取保护措施。

(二) 不同地形梭梭种群的数量特征

表 3-22 所示, 乌兰布和沙漠坡顶与缓坡密度不显著, 但它们都与平地密度 2208 株/hm² 形成显著差异; 冠幅和高度在 3 种地形没有显著差异, 冠幅在 2 m² 左右, 高度是 1m 上下; 盖度坡顶 5.14%和缓坡 9.43%没有显著差异, 但是它们与平地盖度 24.26%有显著差异; 地径坡顶 39.27mm 和缓坡 39.54mm 没有形成显著差异, 它们都与平地地径 15.83mm 存在显著差异。

由上可知, 平地梭梭比较密集, 幼苗较多, 平地梭梭种群长势最好; 坡顶风蚀沙埋严重, 梭梭生长更新相对困难; 缓坡生长介于平地与坡顶之间。

表 3-22 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群的生长状况

地形	密度/株 (hm ²)	冠幅 (m ²)	盖度(%)	高度(m)	地径(mm)
坡顶	275±38b	2.02±0.58a	5.14±1.10b	1.12±0.23a	39.27±5.79a
缓坡	522±38b	1.90±0.34a	9.43±1.31b	1.12±0.15a	39.54±5.77a
平地	2208±813a	1.09±0.01a	24.26±9.21a	0.82±0.05a	15.83±0.42b

注: 表中“±”后面数字为标准误, 5%的显著水平

(二) 不同类型沙丘梭梭种群的数量特征

以沙丘植被覆盖度为主要指标 (董学军等, 1999), 可将乌兰布和沙漠沙丘划分为固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘 (表 3-23)。如表 3-24 所示, 乌兰布和沙漠半固定沙丘和流动沙丘密度不显著, 但是它们均与固定沙丘差异显著, 固定沙丘密度占绝对优势, 达到了 1595 株/hm²; 固定沙丘冠幅 2.95m²和流动沙丘 0.90m²呈显著差异, 它们均与半固定沙丘冠幅 2.10 m²不显著; 三种沙丘盖度之间差异显著, 最大为固定沙丘 30.28%, 最小为流动沙丘 2.81%; 植株高度明显不同, 固定沙丘 1.42m 与流动沙丘 0.73m 差异显著, 但它们均与半固定沙丘 1.17m 没有显著差异; 地径三者没有显著差异。

表 3-23 乌兰布和沙漠地貌类型 (魏怀东, 2009)

沙丘类型	植被覆盖度 (%)
固定沙丘	≥30
半固定沙丘	15~29
流动沙丘	<15

注: 植被覆盖度是指总盖度

由此可见, 固定沙丘梭梭较密集, 密度、冠幅、盖度、高度和地径都最大, 显然梭梭存活状况相比半固定沙丘和流动沙丘都要好, 梭梭生态系统相对平衡; 半固定沙丘次之, 梭梭生长逐步强大; 流动沙丘为梭梭种群的扩展区, 生长条件恶劣, 该区域梭梭种群各项生长指标较小。



不同类型沙丘梭梭种群

表 3-24 乌兰布和沙漠不同类型沙丘梭梭种群的生长状况

地貌类型	密度 (株/hm ²)	冠幅 (m ²)	盖度 (%)	高度 (m)	地径 (mm)
固定沙丘	1595±585a	2.95±0.90a	30.28±3.50a	1.42±0.26a	39.48±9.88a
半固定沙丘	532±64b	2.10±0.35ab	8.86±0.75b	1.17±0.14ab	39.40±4.52a
流动沙丘	295±57b	0.90±0.18b	2.81±0.76c	0.73±0.11b	31.62±4.41a

注：表中“±”后面数字为标准误，5%的显著水平

(四) 不同土壤水分生境梭梭种群的数量特征

表 3-25 所示，乌兰布和沙漠梭梭种群密度在三种土壤水分生境下的差异不显著，但是均具有较大密度；冠幅和高度一样， $W_a \leq 1.35\%$ 和 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 差异不显著（ W_a 代表土壤含水率），它们均与 $W_a \geq 7.09\%$ 差异显著；盖度在三种土壤水分生境下差异显著， $W_a \geq 7.09\%$ 时 28.79%最大，最小是 5.04%； $W_a \geq 7.09\%$ 与 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 土壤水分生境地径差异显著，但是它们与 $W_a \leq 1.35\%$ 差异不显著。

很显然，乌兰布和沙漠梭梭种群在 $W_a \geq 7.09\%$ 环境下长势较好，盖度、高度和地径都较大，充足的水分是保障梭梭生长发育的关键条件，如果没有超出梭梭生长所需要的水分，它们就会长势良好；当 $W_a \leq 1.35\%$ 时候，水分生境条件差，但是梭梭生长的数量指标较高，这可能与梭梭种群的过度消耗土壤水分有关，如果水分条件继续恶化，梭梭种群必然出现退化。 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 时，尽管梭梭各项数量特征值最低，但是水分条件满足梭梭生长，这种条件下比较适合梭梭生长繁殖，有较好的发展空间；

表 3-25 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境梭梭种群的生长状况

土壤含水率	密度 (株/hm ²)	冠幅 (m ²)	盖度 (%)	高度 (m)	地径 (mm)
$W_a \leq 1.35\%$	850±393a	1.98±0.31b	13.26±2.98b	1.05±0.13b	38.03±9.63ab
$1.35\% < W_a \leq 7.09\%$	528±107a	1.03±0.10b	5.04±0.84c	0.78±0.06b	29.99±3.27b
$W_a \geq 7.09\%$	813±163a	3.82±1.39a	28.79±5.12a	1.72±0.26a	55.62±6.53a

注：表中“±”后面数字为标准误，5%的显著水平

(五) 不同土壤盐分生境对梭梭种群的数量特征

盐分是影响梭梭种群数量特征的又一主要因子, 将土壤盐分生境划分为三个水平 $Sa < 0.18\%$ 、 $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 和 $Sa \geq 0.44\%$ (Sa 代表土壤全盐量)。表 3-26 所示, 乌兰布和沙漠梭梭种群密度在三种盐分生境下差异不显著, 都在 500 株/ hm^2 左右; 冠幅、盖度和高度一样, $Sa < 0.18\%$ 和 $Sa \geq 0.44\%$ 差异不显著, 它们与 $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 差异显著; $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 生境地径最大为 $57.76mm$, 与 $Sa \geq 0.44\%$ 生境的 $36.26mm$ 差异显著, 而它们与 $Sa < 0.18\%$ 生境差异不显著。

表 3-26 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境梭梭种群的生长状况

土壤全盐量	密度 (株/ hm^2)	冠幅 (m^2)	盖度 (%)	高度 (m)	地径 (mm)
$Sa < 0.18\%$	$482 \pm 76a$	$1.78 \pm 0.41b$	$6.81 \pm 0.90b$	$1.05 \pm 0.16b$	$39.93 \pm 4.01ab$
$0.18\% \leq Sa < 0.44\%$	$681 \pm 105a$	$3.88 \pm 0.69a$	$25.56 \pm 4.38a$	$1.87 \pm 0.14a$	$57.76 \pm 3.67a$
$Sa \geq 0.44\%$	$508 \pm 196a$	$1.86 \pm 0.67b$	$7.82 \pm 1.74b$	$1.10 \pm 0.18b$	$36.26 \pm 12.84b$

注: 表中“±”后面数字为标准误, 5%的显著水平

由此可见, 乌兰布和沙漠梭梭在 $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 条件下长势最好, 各项数量特征值都最高, 说明该盐分生境较适合梭梭种群生长发育与繁殖更新; 全盐量过低 $Sa < 0.18\%$ 或者过高 $Sa \geq 0.44\%$ 都会抑制天然梭梭的生长。

(六) 不同管护区梭梭种群的数量特征

根据管护方式及其实施程度, 乌兰布和沙漠梭梭林区可以划分为原始区、封育区、未封育区。如表 3-27 所示, 乌兰布和沙漠三种不同管护区梭梭种群密度差异不显著, 封育区最大为 784 株/ hm^2 , 原始区最小为 469 株/ hm^2 ; 冠幅和高度一样, 三种区域存在显著差异, 都是原始区最大, 未封育区最小; 盖度与地径一样, 封育区和放牧区差异不显著, 但是与原始区差异显著。

从生长状况来看, 原始区属于原始生态系统, 生长状况最佳, 但是密度不是最大, 可见天然梭梭的自疏能力很强, 种间竞争也很激烈。很显然, 围栏封育对梭梭恢复起到了很好效果, 大面积实施封育保护对乌兰布和沙漠天然梭梭林的恢复有重要意义。

表 3-27 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群的生长状况

管护区	密度/ (株/ hm^2)	冠幅 (m^2)	盖度 (%)	高度 (m)	地径 (mm)
原始区	$469 \pm 121a$	$4.63 \pm 0.57a$	$21.34 \pm 6.51a$	$2.14 \pm 0.13a$	$61.34 \pm 2.36a$
封育区	$784 \pm 297a$	$2.02 \pm 0.24b$	$13.03 \pm 3.23ab$	$1.13 \pm 0.06b$	$38.25 \pm 4.40b$
放牧区	$711 \pm 193a$	$0.88 \pm 0.09c$	$6.77 \pm 2.13b$	$0.69 \pm 0.03c$	$26.78 \pm 3.34b$

注: 表中“±”后面数字为标准误, 5%的显著水平

总之，乌兰布和沙漠天然梭梭种群数量特征在不同生境下明显不同，原始区与封育保护区、 $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 土壤盐分生境、 $Wa \geq 7.09\%$ 土壤水分生境、固定沙丘和缓坡条件是梭梭种群生长较好的区域。

三、种群年龄结构

种群的年龄特征是种群数量特征中的一个重要指标。总体来讲，种群个体年龄划分方法可分3类：①以年轮确定种群个体的年龄；②以种群个体发育阶段确定种群年龄世代；③以胸径和树高确定种群个体的年龄。第一种方法比较客观反映个体年龄（乔木、大型灌木），但过于费时、费力，还会造成对珍稀濒危植物破坏；第二种方法尽管克服了方法①中的不足，但常采用目测和定性描述，显得比较粗糙；第三种方法克服了方法①、②中不足之处，但确定个体树龄精度要依赖数学模型的精度，技术难度较大（吴承祯，2002）。

三种方法相比较来说，方法③在精度和可操作性方面适合本研究，所以结合本研究的对象梭梭的生物生态学特征，考虑指标的统一性和可比性，采用地径对梭梭种群的年龄特征进行分析。对梭梭地径数据，按照2cm级差进行分级，即0~2cm为第一径级，2cm~4cm为第二径级，以此类推。从而把梭梭径级从小到大的顺序看作是时间顺序，第一径级对应I龄级，第二径级对应II龄级，如此一一对应，统计各龄级梭梭株数，以便龄级划分(王继和,2008; 宋于洋,2009)。并以梭梭存活量百分数为横坐标，龄级为纵坐标作梭梭种群年龄结构图，即年龄金字塔。年龄金字塔是用从上到下一系列不同宽度的横柱作成的图。纵轴表示不同径级组，横柱表示各个基径组所占种群全部个体数的百分比。

（一）梭梭种群年龄结构

如图3-13所示，乌兰布和沙漠梭梭总体年龄结构属于增长型种群，锥体呈典型金字塔，基部宽，顶部狭，说明乌兰布和梭梭种群幼苗比例较大。近年来降雨比较适中而稳定，再加上围栏封育，禁牧或少牧的人为措施，天然梭梭林处于大面积恢复阶段，因此说目前乌兰布和沙漠天然梭梭是增长型种群，梭梭种群的恢复离不开国家政策实施和相关组织个人的不懈努力是分不开的。

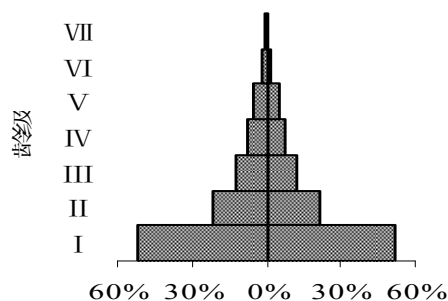


图3-13 乌兰布和沙漠梭梭种群的年龄金字塔

(二) 不同地形梭梭种群的年龄结构

如图 3-14 所示，乌兰布和沙漠不同地形坡顶、缓坡和平地的梭梭种群年龄结构都是增长型。但是也有区别，坡顶梭梭种群较稳定，天然梭梭喜欢生长在有一定覆沙的环境，这样的生境比较适合它们的生长发育，因此表现出相对稳定的年龄结构。缓坡出现相对较多的幼龄梭梭，平地幼龄梭梭快要占到 90% 的水平。

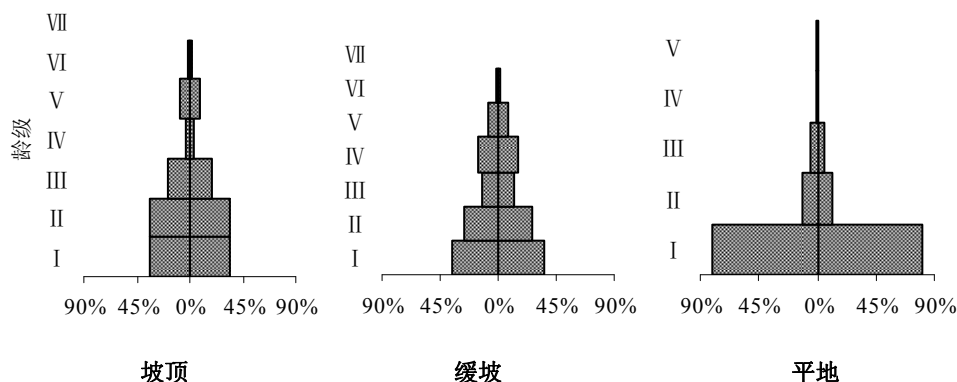


图 3-14 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群的年龄金字塔

(三) 不同类型沙丘梭梭种群的年龄结构

如图 3-15 所示，乌兰布和沙漠固定沙丘和半固定沙丘梭梭种群都属于增长型，幼龄梭梭数量较大，随龄级的增大，梭梭数量则逐渐减少。这和近年乌兰布和沙漠天然梭梭林围栏封育，减少人畜干扰，气候适宜有重要关系；流动沙丘梭梭种群是稳定型，成年梭梭较多，幼龄梭梭适中，老年梭梭也逐龄减少，梭梭数量变化缓慢。可见流动沙丘梭梭生长较好，天然梭梭喜欢生长在有一定覆沙的环境，水分条件好，通风透气，梭梭疾病较少，这样的生境比较适合它们的生长发育，因此表现出相对稳定的年龄结构。

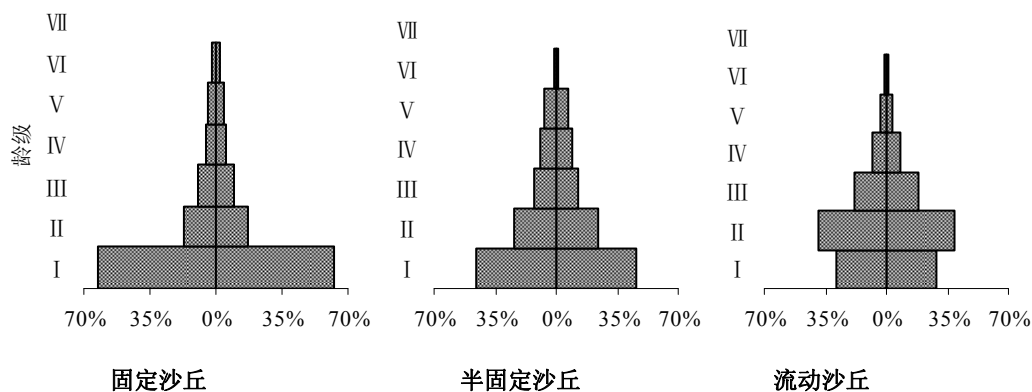


图 3-15 乌兰布和沙漠不同类型沙丘梭梭种群的年龄金字塔

(四) 不同土壤水分生境梭梭种群的年龄结构

如图 3-16 所示, 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境 $W_a \leq 1.35\%$ 和 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 梭梭种群年龄结构属于增长型, 前者幼苗梭梭更新苗多一些, 快达到 80% 水平, 该水分条件由于水分不足, 成年梭梭会繁殖大量种子, 结果出现大量幼苗。而 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 条件下幼苗只有 50% 左右, 成龄梭梭相对较多, 说明 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 生境下梭梭种群相对稳定一些。 $W_a \geq 7.09\%$ 生境梭梭种群属于稳定型, 成年梭梭比重较大, 在这种生境中, 梭梭能获得充足的土壤水分而健康生长封育, 繁殖更新, 平衡稳定, 水分是梭梭生长分布的主导因素, 有丰富的水资源, 他们长势就良好, 而且种群稳定。

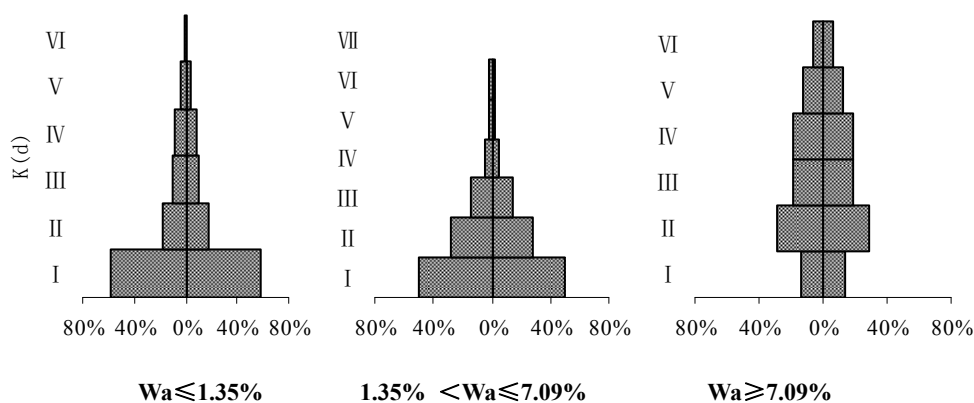


图 3-16 乌兰布和沙漠不同土壤水分梭梭种群的年龄金字塔

(五) 不同土壤盐分生境梭梭种群的年龄结构

如图 3-17 所示, 乌兰布和沙漠 $S_a < 0.18\%$ 和 $S_a \geq 0.44\%$ 生境的梭梭种群年龄结构都属于增长型, $S_a < 0.18\%$ 时, 幼龄梭梭是 40% 左右, 该盐分梭梭幼苗相对少些, 原因是低全盐量, 会影响梭梭种子的发育成熟, 导致梭梭种子数量很少, 幼苗自然就较少; 而 $S_a \geq 0.44\%$ 时, 幼龄梭梭则达到 60% 上下, 梭梭可以产生大量种子, 故 $S_a \geq 0.44\%$ 的生境, 梭梭更新苗较多, 处于增长较快的种群。 $0.18\% \leq S_a < 0.44\%$ 生境的梭梭种群年龄结构较稳定, 说明这种盐分的立地条件更适合天然梭梭的稳定生长发展。

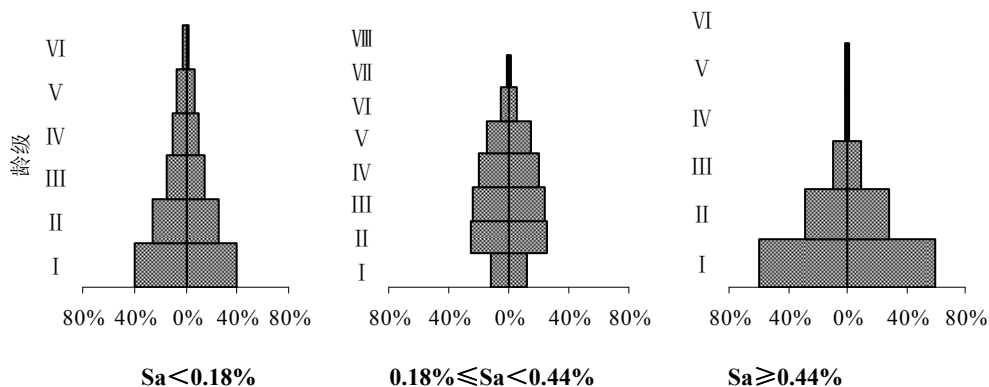


图 3-17 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境梭梭种群的基年龄金字塔

(六) 不同管护区梭梭种群的年龄结构

如图 3-18 所示，乌兰布和沙漠放牧区区和封育区都呈现出增长型梭梭种群，均有相对较多的更新苗，但封育区梭梭种群相对稳定一些，梭梭幼苗死亡率要低一些。原始区属于稳定期，这里成年梭梭比重较大，年龄组成稳定，对恶劣环境有较强的适应性。

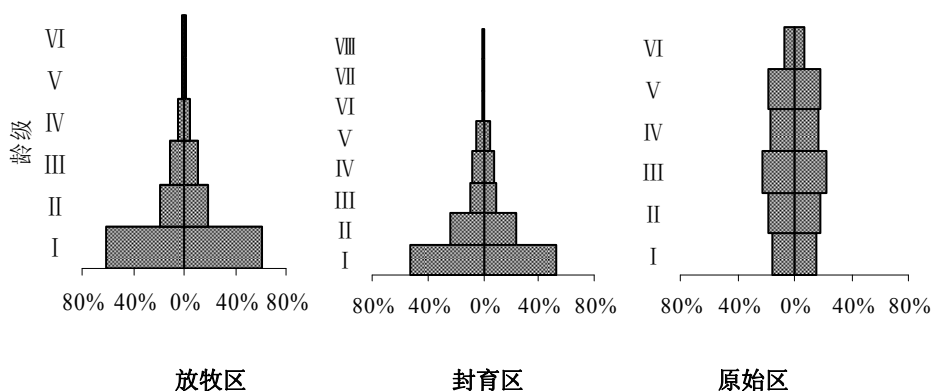


图 3-18 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群的年龄金字塔

乌兰布和沙漠天然梭梭种群年龄结构大多数生境属于增长型，梭梭更新苗丰富，近年来降雨比较丰富，再加上围栏封育政策，禁牧或少牧的人为措施，天然梭梭林处于大面积恢复阶段，因此目前乌兰布和沙漠天然梭梭主要是增长型种群。也有稳定型梭梭种群，如原始区、 $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 生境和 $Wa \geq 7.09\%$ 条件等生存环境，这些梭梭种群处于相对适宜的生存环境。

四、生命表与生存分析

静态生命表是根据同一时间样地中梭梭种群径级数据编制而成，它反映了该种群年龄动态历程中一个特定时间段内的特点，而不是全部生活史的追踪，以及调查当中存在系统抽样误差，在生命表中会出现死亡率为负的情况（毕晓丽等，2002；洪伟王等，2004）。对此，Wretten 等（1980）认为生命表分析中产生一些负值，这与数据假设技术不符，但仍提供有用的生态记录，即表明种群并非静止不动，而是在发展或衰落之中。

生命表中径级划分以 2cm 为区间，是基于不同年龄级每年等量增长的假设。由于测定每一种群个体年龄比较困难，故采用空间代时间的方法，即将植物依地径大小分级，每级间隔 2cm，如此一一对应，统计各龄级株数，编制静态生命表，进而分析其动态变化。

静态生命表一般包含如下内容：

a_x ：存活数 在龄级 x 内现有个体数；

l_x : 标准化存活数 在 x 龄级标准化存活个体数(一般转化为 1000);

d_x : 死亡量 从 x 到 x+1 龄级间隔期内标准化死亡数;

q_x : 死亡率 从 x 到 x+1 龄级间隔期间死亡率;

L_x : 区间寿命 从 x 到 x+1 龄级间隔期间还存活的个体数;

T_x : 总寿命 从 x 龄级到超过 x 龄级的个体总数;

e_x : 期望寿命 进入 x 龄级个体的生命期望寿命;

K_x : 消失率(损失度)。(祝宁等,1994)

生命表中各项是相互关联的, 可以通过实测值 a_x 求得, 其关系为:

$$l_x = a_x / a_0 \times 1000$$

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

$$q_x = d_x / l_x \times 100\%$$

$$L_x = (l_x + l_{x+1}) / 2$$

$$T_x = \sum_X^{\infty} L_x$$

$$e = T_x / l_x$$

$$K_x = \ln l_x - \ln l_{x+1}$$

存活曲线是借助于存活个体数量来描述特定年龄死亡率,它是通过把特定年龄组的个体数量相对作图而得到的。其绘制方法有两种,一是以存活量的对数值 $\ln x$ 为纵坐标,以年龄为横坐标作图;另一种方法是用存活量对年龄作图,但年龄用平均寿命期望的百分离差来表示。我们以存活量 z 为纵坐标,以年龄为横坐标绘制存活曲线。Deevey(1947) (NOBLE J C, 1979) 把存活曲线分成 3 型:

I 型是凸曲线,属于该型的种群绝大多数都是能活到该物种年龄,早期死亡率较低,但当活到一定生理年龄时,短期内几乎全部死亡。

II 型是直线,也称对角线型,属于该型的种群各年龄的死亡率基本相同。

III 型是凹曲线,早期死亡率高,一旦活到某一年龄,死亡就较低。

死亡概率曲线的绘制以死亡率为纵坐标,以径级相对的龄级为横坐标,作死亡概率曲线图,反映种群死亡率的动态变化。

为了更好地分析梭梭种群的结构形式,阐明其生存规律,引入生存分析中的4个函数项目(李建贵等,2001;马丹伟,1999):

累计生存函数 S_x : 又称累计生存概率,表示梭梭生存时间长于时间 i 的概率;

累计死亡率函数 F_x : 与生存函数属和为1的互补关系;

死亡密度函数 f_x : 表示的死亡速率的大小;

危险率函数 λ_x : 指生存到时间 i 的梭梭在时间 i 的瞬时死亡速率。

计算公式如下:

$$S_x = P_1 P_2 P_3 \dots P_x \quad (P_x \text{ 为存活率})$$

$$F_x = 1 - S_x$$

$$f_x = (S_{x-1} - S_x) / h_x \quad (h_x \text{ 是第 } x \text{ 个间隔期的龄级长度,即龄级宽度 } \Delta x)$$

$$\lambda_x = f_x / S_x$$

生存率函数、累计死亡率函数、死亡密度函数和危险率函数很好地说明种群的动态变化。生存分析函数同存活曲线相比,它是任意时间(龄级)的函数,其描述实际情况较存活曲线更直观、具体(毕晓丽等,2001)。此外,根据种群特定时间的生存数据,可对生存函数进行估计和检验,这充分表明生存函数在种群生命表分析中具有很高的实际应用价值(严淑君等,2002)。

为揭示乌兰布和沙漠天然梭梭种群存活现状,我们编制了不同生境梭梭种群的静态生命表,并绘制累积死亡率曲线和危险率曲线,进行梭梭种群生存分析。

(一) 梭梭种群生命表与存活分析

图3-19a、b显示,乌兰布和沙漠天然梭梭种群存活曲线属于Deevey-III型凹曲线。梭梭种群死亡概率从I龄级到IV龄级,单调递减,从IV龄级到VII龄级,单调递增,说明梭梭种群幼苗期和衰亡期死亡概率较高,而成年梭梭期相对稳定,死亡率低一些。

图3-19c是累计死亡率曲线,在V龄级期累计死亡率达到96.3%,存活在该龄级的数量不足4%,说明梭梭在V龄级以后存活数量很少。图3-19d是死亡密度曲线I龄级到IV龄级曲线单调下降,死亡速率也单调减小,当V龄级时候出现一个小峰值,表示梭梭在此龄级发生死亡高峰,但是最大死亡高峰还是出现在第I龄级。

表 3-28 乌兰布和沙漠梭梭种群静态生命表

龄级	存活数	标准化 l_x	自然对数 $\ln l_x$	死亡量 d_x	死亡率 q_x	区间寿命 L_x	总寿命 T_x	期望寿命 e_x	消失率 K_x
I	349	1000	6.908	585	0.585	708	1417	1.417	0.878
II	145	415	6.029	189	0.455	321	709	1.707	0.607
III	79	226	5.422	86	0.380	183	388	1.715	0.478
IV	49	140	4.945	46	0.327	117	205	1.459	0.395
V	33	95	4.549	57	0.606	66	87	0.924	0.932
VI	13	37	3.618	34	0.923	20	21	0.577	2.565
VII	1	3	1.053	3	1.000	1	1	0.704	-

表 3-29 乌兰布和沙漠梭梭种群生存函数估算值表

龄级	累计生存率 S_i	累计死亡率 F_i	死亡密度 f_i	危险率 λ_i
I	0.415	0.585	0.585	1.407
II	0.226	0.774	0.189	0.835
III	0.140	0.860	0.086	0.612
IV	0.095	0.905	0.046	0.485
V	0.037	0.963	0.057	1.538
VI	0.003	0.997	0.034	12.000
VII	0.000	1.000	0.003	-

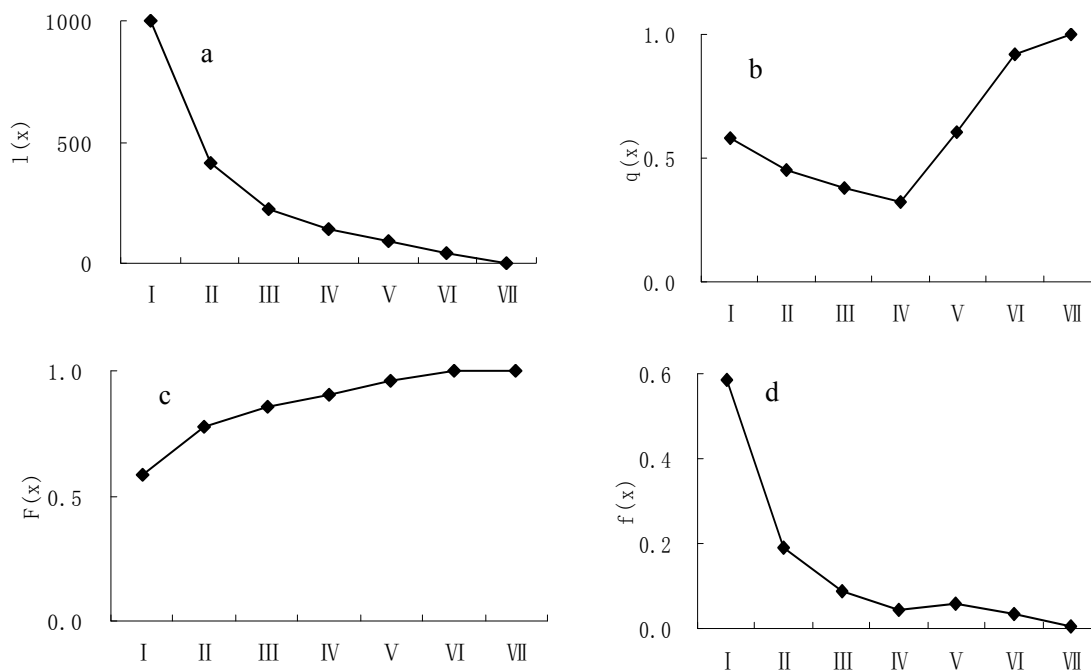


图 3-19 乌兰布和沙漠梭梭种群数量动态变化曲线

a: 标准存活曲线 b: 死亡率曲线 c: 累计死亡率曲线 d: 死亡密度曲线

分析原因，乌兰布和沙漠近年来降雨较丰富，樵采减少，禁牧和少牧政策的实施，再加上有关组织和个人对天然梭梭加强保护的不懈努力，大面积天然梭梭林开始恢复生长，密度逐步增大，尤其是梭梭更新苗较丰富，故梭梭幼苗为了争水、肥和光照等条件，种内竞争

很激烈，因此在幼龄阶段梭梭个体数目急剧减少，死亡概率较大，当生长到中龄级阶段，梭梭数量变得稳定了，死亡概率和危险率都降低；到了V龄级的梭梭衰落期，又出现了较高的死亡概率和危险率。

(三) 不同地形梭梭种群生命表及存活分析

图 3-20a、b 显示，乌兰布和沙漠坡顶和缓坡天然梭梭种群存活曲线都属于 Deevey-I 型凸曲线；平地梭梭种群存活曲线属于 Deevey-III 型凹曲线。坡顶 I 龄级到 III 龄级和 IV 龄级到 VI 龄级，缓坡 I 龄级到 II 龄级和 III 龄级到 VI 龄级死亡概率分别出现两次单调递增过程；平地则是 I 龄级和 V 龄级较大，中间龄级梭梭死亡率降低。图 3-20c 所示，坡顶和缓坡在 V 龄级累计死亡率分别是 96.6% 和 95.1%，而平地则在 III 龄级时累计死亡率就达到 98.6%，可见进入衰老期三种地形各不相同，平地梭梭最早进入衰落期，坡顶居中，缓坡要晚一些。如图 3-20d，坡顶死亡密度曲线在 II 龄级和 V 龄级出现两次峰值，说明对应有两次死亡高峰，两次高死亡速率；缓坡在 II 龄级和 IV 龄级出现两次峰值，即有两次死亡高峰，死亡速率较大；平地第 I 龄级死亡速率最高，随着年龄逐渐降低。分析第 I 龄级，发现死亡速率平地 > 缓坡 > 坡顶。

表 3-30 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群静态生命表

地形	龄级	存活数	标准化 l_x	自然对数 $\ln l_x$	死亡量 d_x	死亡率 q_x	区间寿命 L_x	总寿命 T_x	期望寿命 e_x	消失率 K_x
坡顶	I	29	1000	6.908	0	0.000	1000	2397	2.397	0.000
	II	29	1000	6.908	483	0.483	759	1397	1.397	0.659
	III	15	517	6.249	414	0.800	310	638	1.233	1.609
	IV	3	103	4.639	-138	-1.333	172	328	3.167	-0.847
	V	7	241	5.486	207	0.857	138	155	0.643	1.946
	VI	1	34	3.540	34	1.000	17	17	0.500	-
缓坡	I	61	1000	6.908	279	0.279	861	2270	2.270	0.327
	II	44	721	6.581	377	0.523	533	1410	1.955	0.740
	III	21	344	5.841	-98	-0.286	393	877	2.548	-0.251
	IV	27	443	6.093	230	0.519	328	484	1.093	0.731
	V	13	213	5.362	164	0.769	131	156	0.731	1.466
	VI	3	49	3.895	49	1.000	25	25	0.500	-
平地	I	213	1000	6.908	859	0.859	570	725	0.725	1.960
	II	30	141	4.948	75	0.533	103	155	1.100	0.762
	III	14	66	4.186	52	0.786	40	52	0.786	1.540
	IV	3	14	2.645	9	0.667	9	12	0.833	1.099
	V	1	5	1.546	5	1.000	2	2	0.500	-

表 3-31 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群生存函数估算值

地形	龄级	累计生存率 S_i	累计死亡率 F_i	死亡密度 f_i	危险率 λ_i
坡顶	I	1.000	0.000	0.000	0.000
	II	0.517	0.483	0.483	0.933
	III	0.103	0.897	0.414	4.000
	IV	0.241	0.759	-0.138	-0.571
	V	0.034	0.966	0.207	6.000
	VI	0.000	1.000	0.034	-
缓坡	I	0.721	0.279	0.279	0.386
	II	0.344	0.656	0.377	1.095
	III	0.443	0.557	-0.098	-0.222
	IV	0.213	0.787	0.230	1.077
	V	0.049	0.951	0.164	3.333
	VI	0.000	1.000	0.049	-
平地	I	0.141	0.859	0.859	6.100
	II	0.066	0.934	0.075	1.143
	III	0.014	0.986	0.052	3.667
	IV	0.005	0.995	0.009	2.000
	V	0.000	1.000	0.005	-

乌兰布和沙漠不同地形土壤水分、风蚀环境条件各异，环境条件平地最好，因此平地梭梭个体数量最丰富，主要是更新苗最多。但是，由于群落内种内、种间竞争激烈，平地梭梭早期死亡率较高，到了成年梭梭，数量就会稳定，死亡率降低，到了衰老期死亡率又迅速增大。坡顶和缓坡不同，梭梭密度小一些，前期梭梭死亡概率不高，随着年龄的增大，缓坡先增到 II 龄级，III 龄级死亡率突然降到最低，又从 III 龄级一直增到 VI 龄级；而坡顶环境条件最差，梭梭种群死亡率一直增到 III 龄级才迅速降低，IV 龄级又增到最大死亡概率 VI 龄级。

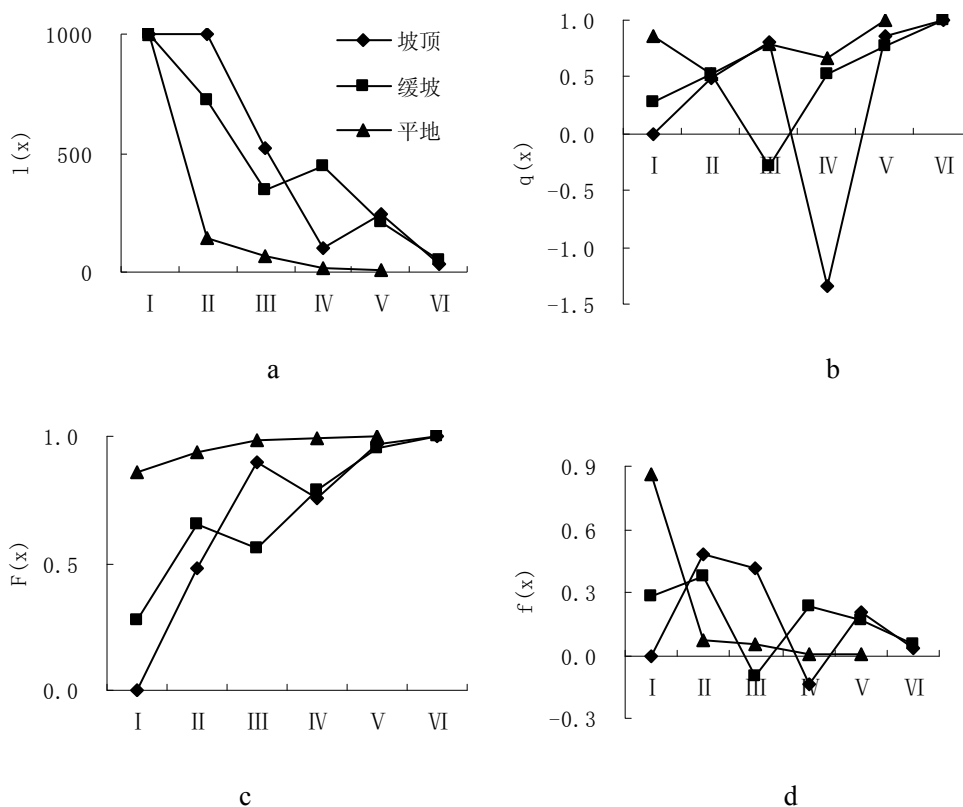


图 3-20 不同地形梭梭种群数量动态变化曲线

a: 标准存活曲线 b: 死亡率曲线 c: 累计死亡率曲线 d: 死亡密度曲线

(三) 不同类型沙丘梭梭种群生命表及存活分析

图 3-21a、b 显示, 乌兰布和沙漠固定沙丘和半固定沙丘天然梭梭种群存活曲线都属于 Deevy-III型凹曲线。固定沙丘和半固定沙丘 I 龄级和 VII 龄级死亡概率都较高, 表现为前期死亡概率较高, 中期缓慢, 衰亡期最高的规律性。流动沙丘属于 Deevy- I 型凸型曲线, 属于该型的种群绝大多数都是能活到该物种年龄, 从 I 龄级到 VI 龄级梭梭死亡概率几乎单调递增, 死亡概率前期较低, 逐渐升高, 活到 VI 龄级梭梭种群几乎全部死亡。分析固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘梭梭种群第 I 龄级死亡概率发现: 固定沙丘 > 半固定沙丘 > 流动沙丘, 说明固定沙丘幼苗期死亡率最高, 流动沙丘最低。

如图 3-21c 所示, 固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘在 V 龄级累计死亡率分别是 97.0%、96.3%和 94.1%, 由此可见, 固定沙丘最早进入衰落期, 半固定沙丘居中, 流动沙丘进入衰亡期最晚。图 3-21d 显示, 固定沙丘死亡速率随着年龄单调递减, 第 I 龄级是死亡高峰, 半固定沙丘随着年龄的增长梭梭死亡速率也是递减规律, 当 V 龄级时出现死亡高峰, 死亡速率也增高, 但是 I 龄级仍是死亡速率最高的时期, 流动沙丘死亡高峰出现在第 II 龄级, 以后死亡速率随着年龄不断降低。

表 3-32 乌兰布和沙漠不同类型沙丘梭梭种群静态生命表

沙丘类型	龄级	存活数	标准化 l_x	自然对数 $\ln l_x$	死亡量 d_x	死亡率 q_x	区间寿命 L_x	总寿命 T_x	期望寿命 e_x	消失率 K_x
固定沙丘	I	197	1000	6.908	736	0.736	632	1089	1.089	1.332
	II	52	264	5.576	117	0.442	206	457	1.731	0.584
	III	29	147	4.992	66	0.448	114	251	1.707	0.595
	IV	16	81	4.397	20	0.250	71	137	1.688	0.288
	V	12	61	4.109	30	0.500	46	66	1.083	0.693
	VI	6	30	3.416	25	0.833	18	20	0.667	1.792
	VII	1	5	1.625	5	1.000	3	3	0.500	-
半固定沙丘	I	135	1000	6.908	481	0.481	759	1700	1.700	0.657
	II	70	519	6.251	230	0.443	404	941	1.814	0.585
	III	39	289	5.666	81	0.282	248	537	1.859	0.331
	IV	28	207	5.335	67	0.321	174	289	1.393	0.388
	V	19	141	4.947	104	0.737	89	115	0.816	1.335
	VI	5	37	3.612	30	0.800	22	26	0.700	1.609
	VII	1	7	2.002	7	1.000	4	4	0.500	-
流动沙丘	I	17	739	6.605	-261	-0.353	870	2196	2.971	-0.302
	II	23	1000	6.908	522	0.522	739	1326	1.326	0.738
	III	11	478	6.170	261	0.545	348	587	1.227	0.788
	IV	5	217	5.382	130	0.600	152	239	1.100	0.916
	V	2	87	4.465	43	0.500	65	87	1.000	0.693
	VI	1	43	3.772	43	1.000	22	22	0.500	-

乌兰布和沙漠固定沙丘梭梭种群幼苗前期死亡概率最高, 流动沙丘最低, 但是梭梭在流动沙丘的寿命最长, 固定沙丘最短, 原因是流动沙丘植被覆盖率相对较低, 种间、种内竞争弱, 土壤水分条件好; 而固定沙丘群落种间、种内竞争激烈, 同时地表结皮改变降水时空

分配，不利于降水下渗。同时固定沙丘梭梭种子库较丰富，梭梭成熟早，种子产量较高，落在地面，又不易被风蚀沙埋，因此有较多的梭梭幼苗，最后就会表现出这样的生存现状。

表 3-33 乌兰布和沙漠不同类型沙丘梭梭种群生存函数估算值

沙丘类型	龄级	累计生存率 S_i	累计死亡率 F_i	死亡密度 f_i	危险率 λ_i
固定沙丘	I	0.264	0.736	0.736	2.788
	II	0.147	0.853	0.117	0.793
	III	0.081	0.919	0.066	0.813
	IV	0.061	0.939	0.020	0.333
	V	0.030	0.970	0.030	1.000
	VI	0.005	0.995	0.025	5.000
	VII	0.000	1.000	0.005	-
半固定沙丘	I	0.519	0.481	0.481	0.929
	II	0.289	0.711	0.230	0.795
	III	0.207	0.793	0.081	0.393
	IV	0.141	0.859	0.067	0.474
	V	0.037	0.963	0.104	2.800
	VI	0.007	0.993	0.030	4.000
	VII	0.000	1.000	0.007	-
流动沙丘	I	1.353	-0.353	-0.353	-0.261
	II	0.647	0.353	0.706	1.091
	III	0.294	0.706	0.353	1.200
	IV	0.118	0.882	0.176	1.500
	V	0.059	0.941	0.059	1.000
	VI	0.000	1.000	0.059	-

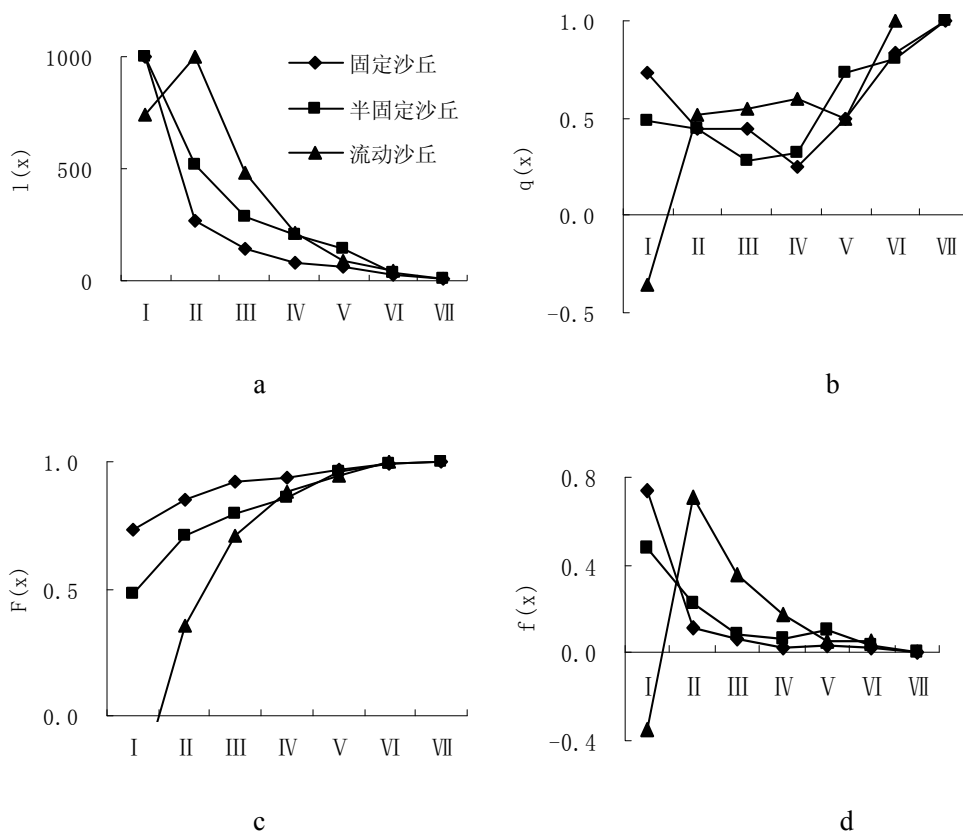


图 3-21 不同地貌梭梭种群数量动态变化曲线

a: 标准存活曲线 b: 死亡概率曲线 c: 累计死亡率曲线 d: 死亡密度曲线

(四) 不同土壤水分生境梭梭种群生命表及存活分析

图 3-22a、b 中看出, $W_a \leq 1.35\%$ 时梭梭种群存活曲线都属于 Deevey-III 型凹曲线, I 龄级和 VII 龄级死亡概率最高; $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 时 II 龄级到 II 龄级接近 Deevey-II 型直线, III 龄级到 VI 梭梭种群存活曲线属于 Deevey-III 型凹曲线; 当 $W_a \geq 7.09\%$ 时属于 Deevey-I 型凸曲线, 从 I 龄级到 VI 龄级梭梭死亡率开始较低, 逐渐增到最大。

表 3-34 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境梭梭种群静态生命表

含水率	龄	存活数	标准化	自然对数	死亡量	死亡率	区间寿命	总寿命	期望寿命	消失率
$W_a \leq 1.35\%$	I	79	1000	6.908	696	0.696	652	1222	1.222	1.191
	II	24	304	5.716	139	0.458	234	570	1.875	0.613
	III	13	165	5.103	25	0.154	152	335	2.038	0.167
	IV	11	139	4.936	63	0.455	108	184	1.318	0.606
	V	6	76	4.330	51	0.667	51	76	1.000	1.099
	VI	2	25	3.231	13	0.500	19	25	1.000	0.693
	VII	1	13	2.538	13	1.000	6	6	0.500	-
$1.35\% < W_a \leq 7.09\%$	I	83	1000	6.908	446	0.446	777	1524	1.524	0.590
	II	46	554	6.318	265	0.478	422	747	1.348	0.651
	III	24	289	5.667	193	0.667	193	325	1.125	1.099
	IV	8	96	4.568	48	0.500	72	133	1.375	0.693
	V	4	48	3.875	12	0.250	42	60	1.250	0.288
	VI	3	36	3.588	36	1.000	18	18	0.500	-
$W_a \geq 7.09\%$	I	9	500	6.215	-500	-1.000	750	3250	6.500	-0.693
	II	18	1000	6.908	333	0.333	833	2500	2.500	0.405
	III	12	667	6.502	0	0.000	667	1667	2.500	0.000
	IV	12	667	6.502	222	0.333	556	1000	1.500	0.405
	V	8	444	6.097	222	0.500	333	444	1.000	0.693
	VI	4	222	5.404	222	1.000	111	111	0.500	-

表 3-35 不同土壤含水率梭梭种群生存函数估算值

含水率	龄级	累计生存率 S_i	累计死亡率 F_i	死亡密度 f_i	危险率 λ_i
$W_a \leq 1.35\%$	I	0.304	0.696	0.696	2.292
	II	0.165	0.835	0.139	0.846
	III	0.139	0.861	0.025	0.182
	IV	0.076	0.924	0.063	0.833
	V	0.025	0.975	0.051	2.000
	VI	0.013	0.987	0.013	1.000
	VII	0.000	1.000	0.013	-
$1.35\% < W_a \leq 7.09\%$	I	0.554	0.446	0.446	0.804
	II	0.289	0.711	0.265	0.917
	III	0.096	0.904	0.193	2.000
	IV	0.048	0.952	0.048	1.000
	V	0.036	0.964	0.012	0.333
	VI	0.000	1.000	0.036	-
$W_a \geq 7.09\%$	I	2.000	-1.000	-1.000	-0.500
	II	1.333	-0.333	0.667	0.500
	III	1.333	-0.333	0.000	0.000
	IV	0.889	0.111	0.444	0.500
	V	0.444	0.556	0.444	1.000
	VI	0.000	1.000	0.444	-

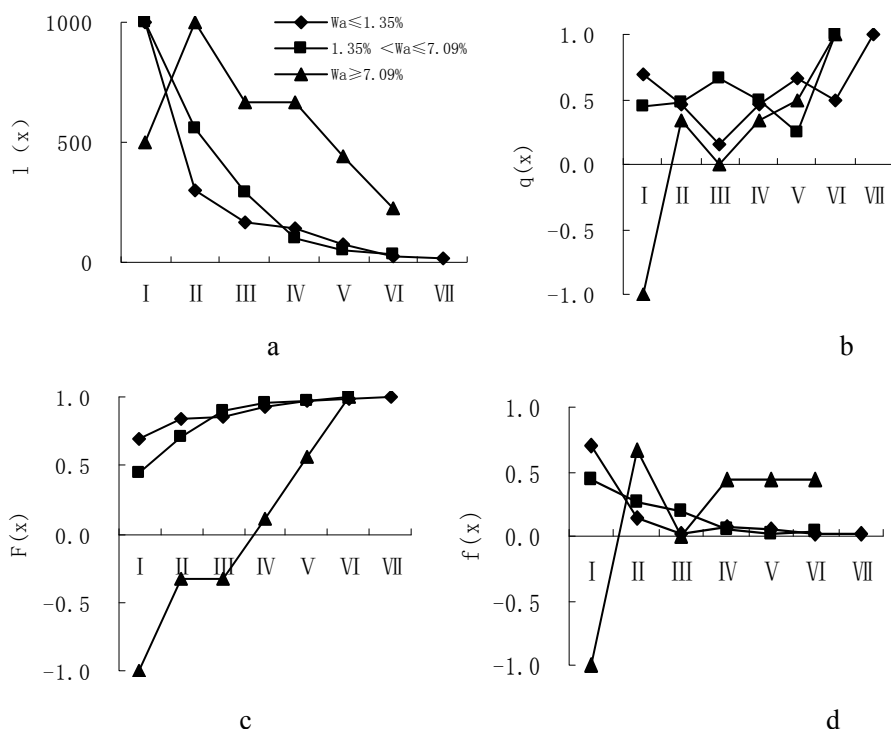


图 3-22 不同土壤含水率梭梭种群数量动态变化曲线

(a: 标准存活曲线 b: 死亡概率曲线 c: 累计死亡率曲线 d: 死亡密度曲线)

由图 3-22c 中看到, $W_a \leq 1.35\%$ 在 V 龄级的累计死亡率达到 97.5%, $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 时在 IV 龄级累计死亡率是 95.2%, $W_a \geq 7.09\%$ 在 V 龄级的累积死亡率是 55.6%, 梭梭在对应龄级进入衰落期。图 3-22d 看到, $W_a \leq 1.35\%$ 和 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$, 第 I 龄级都它们的最高死亡速率时期, 整个生活周期当中, 死亡速率一直在下降, $W_a \geq 7.09\%$ 时死亡高峰出现在第 II 龄级, 死亡速率也最高, 以后死亡速率变化幅度很小。

由上可知, 当 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 时, 梭梭种群生长良好, 当沙地植被覆盖度增大时候, 土壤水分条件会下降, 如果下降超过梭梭生长发育所需的零界土壤含水率, 梭梭种群会发生明显衰退现象。

(五) 不同土壤盐分生境梭梭种群生命表及存活分析

图 3-23 a、b 显示, 乌兰布和沙漠土壤全盐量 $S_a < 0.18\%$ 存活曲线属于 Deevey-III 型凹曲线, 第 I、II 龄级和 VII 龄级死亡概率都较高; $0.18\% \leq S_a < 0.44\%$ 时属于 Deevey-I 型凸曲线, 从第 I 龄级到 VII 龄级死亡概率单调递增, 梭梭生存到 VII 龄级几乎全部死亡; $S_a \geq 0.44\%$ 存活曲线接近 Deevey-II 型直线, 各年龄阶段死亡概率变化较小。比较第 I 龄级梭梭种群死亡概率, 发现 $0.18\% \leq S_a < 0.44\%$ 最低, $S_a < 0.18\%$ 居中, $S_a \geq 0.44\%$ 最高。

表 3-36 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境梭梭种群静态生命表

土壤全盐量	龄级	存活数 a_x	标准化 l_x	自然对数 $\ln l_x$	死亡量 d_x	死亡率 q_x	区间寿命 L_x	总寿命 T_x	期望寿命 e_x	消失率 K_x
Sa<0.18%	I	84	1000	6.908	345	0.345	827	2012	2.012	0.423
	II	55	655	6.484	298	0.455	506	1185	1.809	0.606
	III	30	357	5.878	107	0.300	304	679	1.900	0.357
	IV	21	250	5.521	83	0.333	208	375	1.500	0.405
	V	14	167	5.116	95	0.571	119	167	1.000	0.847
	VI	6	71	4.269	60	0.833	42	48	0.667	1.792
	VII	1	12	2.477	12	1.000	6	6	0.500	-
0.18%≤Sa<0.44%	I	13	481	6.177	-519	-1.077	741	3722	7.731	-0.731
	II	27	1000	6.908	74	0.074	963	2981	2.981	0.077
	III	25	926	6.831	148	0.160	852	2019	2.180	0.174
	IV	21	778	6.656	222	0.286	667	1167	1.500	0.336
	V	15	556	6.320	370	0.667	370	500	0.900	1.099
	VI	5	185	5.221	148	0.800	111	130	0.700	1.609
	VII	1	37	3.612	37	1.000	19	19	0.500	-
Sa≥0.44%	I	39	1000	6.908	513	0.513	744	1167	1.167	0.719
	II	19	487	6.189	333	0.684	321	423	0.868	1.153
	III	6	154	5.036	128	0.833	90	103	0.667	1.792
	IV	1	26	3.244	26	1.000	13	13	0.500	-

表 3-37 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境梭梭种群生存函数估算值

土壤全盐量	龄级	累计生存率 S_i	累计死亡率 F_i	死亡密度 f_i	危险率 λ_i
Sa<0.18%	I	0.655	0.345	0.345	0.527
	II	0.357	0.643	0.298	0.833
	III	0.250	0.750	0.107	0.429
	IV	0.167	0.833	0.083	0.500
	V	0.071	0.929	0.095	1.333
	VI	0.012	0.988	0.060	5.000
	VII	0.000	1.000	0.012	-
0.18%≤Sa<0.44%	I	2.077	-1.077	-1.077	-0.519
	II	1.923	-0.923	0.154	0.080
	III	1.615	-0.615	0.308	0.190
	IV	1.154	-0.154	0.462	0.400
	V	0.385	0.615	0.769	2.000
	VI	0.077	0.923	0.308	4.000
	VII	0.000	1.000	0.077	-
Sa≥0.44%	I	0.487	0.513	0.513	1.053
	II	0.154	0.846	0.333	2.167
	III	0.026	0.974	0.128	5.000
	IV	0.000	1.000	0.026	-

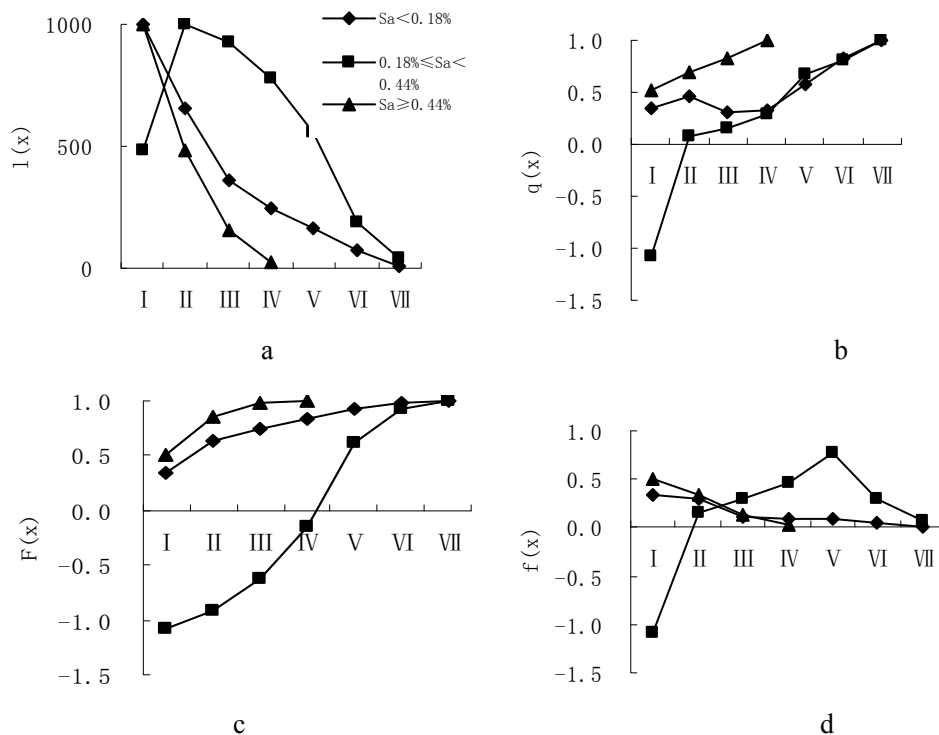


图 3-23 不同土壤全盐量梭梭种群数量动态变化曲线

a: 标准存活曲线 b: 死亡概率曲线 c: 累计死亡率曲线 d: 死亡密度曲线

图 3-23c 为累计死亡曲线图, $Sa < 0.18\%$ 和 $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 时在 VI 龄级的累计死亡率分别是 98.8% 和 92.3%, $Sa \geq 0.44\%$ 时在 III 龄级达到 97.4%, 可知 $Sa \geq 0.44\%$ 生境时梭梭较早进入衰败期, $Sa < 0.18\%$ 居中期, $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 时最晚。图 3-23d 显示, $Sa < 0.18\%$ 和 $Sa \geq 0.44\%$ 生境, 梭梭死亡速率逐渐降低, 第 I 龄级都是它们死亡高峰, $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 条件下则先升高到 V 龄级再出现下降到 VII 龄级, V 龄级的死亡高峰较明显。

对比分析, 梭梭种群在 $0.18\% \leq Sa < 0.44\%$ 生境长势最好, 该盐分条件是天然梭梭生长较适宜的立地条件, 土壤全盐量既不过少, 也不会胁迫梭梭的正常生长发育, 繁殖更新。

(六) 不同管护区梭梭种群生命表及存活分析

在图 3-24a、b 显示, 乌兰布和沙漠放牧区和封育区属于 Deevey-III 型凹曲线, 放牧区在 I 龄级和 VI 龄级梭梭死亡概率较高, 封育区在 I、II 龄级和 VII 龄级较高。原始区梭梭存活曲线属于 Deevey-I 凸曲线, 梭梭死亡率曲线随着年龄单调递增, VII 龄级最大。

图 3-24b 为累计死亡曲线, 放牧区在 IV 龄级累积死亡率 96.8%, 封育区在 V 龄级达到 98.3%, 原始区在 VI 龄级 90.9%, 可见放牧区梭梭种群衰亡最早, 原始区最晚, 梭梭长势良好。图 3-24c 中发现, 放牧区和封育区死亡速率逐渐递减, 死亡高峰都出现在第 I 龄级, 而原始区在 III 龄级和 V 龄级出现两次死亡高峰, 说明梭梭可能在这两个龄级期遇到了少雨、大火等自然灾害。

表 3-38 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群静态生命表

管护区	龄级	存活数 a_x	标准化 l_x	自然对数 $\ln l_x$	死亡量 d_x	死亡率 q_x	区间寿命 L_x	总寿命 T_x	期望寿命 e_x	消失率 K_x
放牧区	I	158	1000	6.908	690	0.690	655	1120	1.120	1.171
	II	49	310	5.737	127	0.408	247	465	1.500	0.525
	III	29	184	5.212	114	0.621	127	218	1.190	0.969
	IV	11	70	4.243	38	0.545	51	92	1.318	0.788
	V	5	32	3.455	6	0.200	28	41	1.300	0.223
	VI	4	25	3.231	25	1.000	13	13	0.500	-
封育区	I	180	1000	6.908	544	0.544	728	1389	1.389	0.786
	II	82	456	6.122	272	0.598	319	661	1.451	0.910
	III	33	183	5.211	39	0.212	164	342	1.864	0.238
	IV	26	144	4.973	61	0.423	114	178	1.231	0.550
	V	15	83	4.423	67	0.800	50	64	0.767	1.609
	VI	3	17	2.813	11	0.667	11	14	0.833	1.099
	VII	1	6	1.715	6	1.000	3	3	0.500	-
原始区	I	11	647	6.472	-176	-0.273	735	3971	6.136	-0.241
	II	14	824	6.714	-176	-0.214	912	3235	3.929	-0.194
	III	17	1000	6.908	294	0.294	853	2324	2.324	0.348
	IV	12	706	6.559	-59	-0.083	735	1471	2.083	-0.080
	V	13	765	6.639	471	0.615	529	735	0.962	0.956
	VI	5	294	5.684	235	0.800	176	206	0.700	1.609
	VII	1	59	4.075	59	1.000	29	29	0.500	-

表 3-39 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群生存函数估算值

管护区	龄级	累计生存率 S_i	累计死亡率 F_i	死亡密度 f_i	危险率 λ_i
放牧区	I	0.310	0.690	0.690	2.224
	II	0.184	0.816	0.127	0.690
	III	0.070	0.930	0.114	1.636
	IV	0.032	0.968	0.038	1.200
	V	0.025	0.975	0.006	0.250
	VI	0.000	1.000	0.025	-
封育区	I	0.456	0.544	0.544	1.195
	II	0.183	0.817	0.272	1.485
	III	0.144	0.856	0.039	0.269
	IV	0.083	0.917	0.061	0.733
	V	0.017	0.983	0.067	4.000
	VI	0.006	0.994	0.011	2.000
	VII	0.000	1.000	0.006	-
原始区	I	1.273	-0.273	-0.273	-0.214
	II	1.545	-0.545	-0.273	-0.176
	III	1.091	-0.091	0.455	0.417
	IV	1.182	-0.182	-0.091	-0.077
	V	0.455	0.545	0.727	1.600
	VI	0.091	0.909	0.364	4.000
	VII	0.000	1.000	0.091	-

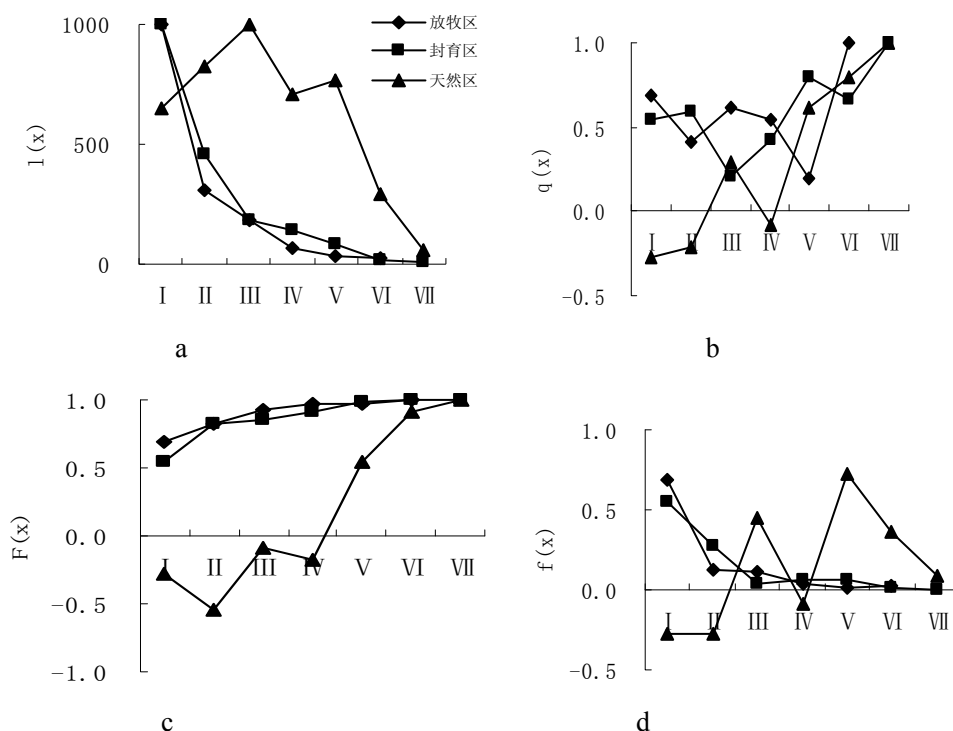


图 3-24 不同区域梭梭种群数量动态变化曲线

a: 标准存活曲线 b: 死亡率曲线 c: 累计死亡率曲线 d: 死亡密度曲线

总之，乌兰布和沙漠不同生境的天然梭梭存活分析发现，梭梭总体呈现恢复增长类型，有较为丰富的更新苗和幼株。

五、种群的Leslie矩阵

Leslie 矩阵模型是计算种群在各个年龄组中的个体随时间变化的有效简单方法，是研究种群发展的一种决定链模型，模型表达形式简单，参数生态学意义确切，应用精度高，能够反映种群生长和动态特点，具有重要的生态学意义，通过 Leslie 矩阵模型分析可以定量地预测种群数量动态变化（藏润国等，1994；郑元润等，1997;韩照祥等，2004）。Leslie 矩阵模型是将生命表中研究出来的种群年龄结构、各年龄极的存活率及其生育率作为矩阵元素，并可计算出任何时刻的种群年龄的理论数量及总数量。Leslie 矩阵的构建过程大致如下：开始从生命表中查得在 t 时期内种群的年龄结构：N₁ 为年龄组 1 的个体数，N₂ 为年龄组 2 的个体数；N_k 为最大年龄组的个体数。在 t 时间的各龄组的个体数可用下列向量表示：

$$\vec{N}_t = \begin{bmatrix} N_0 \\ N_1 \\ \vdots \\ N_k \end{bmatrix}$$

这是 $k+1$ 维的向量，称为年龄分布向量。然后计算出：

$$S_x = L_{x+1}/L_x \approx (l_{x+1} + l_{x+2})/(l_x + l_{x+1})$$

其中 S_x 为从年龄组 x 到 $x+1$ 的存活概率； L_x 为生命表中的从年龄组 x 到 $x+1$ 期间的平均存活数； l_x 为生命表中年龄为 x 时的存活率。我们可以计算出某一年龄的平均产生的并且存活下一龄组的后代数，即有 $f_x = M_x S_x$ ，其中 M_x 为生殖力表中 x 年龄时的个体平均产子数，这样我们可以得到射影矩阵 M ，即：

$$M = \begin{bmatrix} f_0 & f_1 & f_2 & \cdots & f_{k-1} & f_k \\ s_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & s_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & s_{k-1} & 0 \end{bmatrix}$$

其中第一行为年龄特征生殖力 f_x ，是每一年龄组的植株平均生产的并能存活到下一年龄时间 $(x+1)$ 幼苗数； M 矩阵中的 k 阶矩阵的对角元素为年龄特征存活率 s_x ，为年龄组 x 到年龄组 $x+1$ 的存活概率。通过查处种群在时间 t 的各龄组的数量比例后，则按照 Leslie 矩阵可得出任何时刻 $(t+x)$ 该种群各年龄组的数量，用下列公式表示：

$$\begin{aligned} \vec{N}_{t+1} &= M\vec{N}_t \\ \vec{N}_{t+2} &= M\vec{N}_{t+1} = M^2\vec{N}_t \\ &\vdots \\ \vec{N}_{t+x} &= \cdots = M^x\vec{N}_t \end{aligned}$$

将数据代入以上公式中，就可以定量地预测出未来任意时间梭梭种群的数量变化动态规律。

(一) 梭梭种群数量动态预测

从表 3-40 和 3-41 看出，乌兰布和沙漠梭梭种群数量在生长前 5 年内呈现上升趋势，即梭梭种群不断壮大，尤其是更新苗较多。第 I 龄级梭梭种群除了第二年有所减少，其他年份数量一直增加；而第 II 龄级第三年数量减少，第 III 龄级则是第四年数量减少，第 IV 则是第五年数量减少。VI 和 VII 龄级各年份数量相等。由此可见，乌兰布和沙漠大部分天然梭梭种群属于扩展性种群，可能与近年封育管护关系密切。

表 3-40 乌兰布和沙漠梭梭种群 Leslie 模型

0	2.73	1.49	0.92	0.62	0.24	0
0.415						
	0.545					
	0	0.620				
			0.673			
				0.394		
					0.077	0

表 3-41 乌兰布和沙漠梭梭种群 5 年内年龄结构及其数量动态变化

龄级	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅
I	349	677	646	994	1051	1469
II	145	145	281	268	413	437
III	79	79	79	153	146	225
IV	49	49	49	49	95	91
V	33	33	33	33	33	64
VI	13	13	13	13	13	13
VII	1	1	1	1	1	1
总计	669	997	1102	1512	1753	2300

(二) 不同地形梭梭种群数量动态预测

表 3-42 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群的 Leslie 模型

坡	0	1.33	0.83	0.44	0.39	0.00
	0.828					
顶		0.625				
			0.533			
				0.875		
					0.143	0
缓	0	1.26	0.86	0.51	0.37	0.00
	0.721					
坡		0.682				
			0.600			
				0.722		
					0.231	0
平	0	12.86	6.00	1.29	0.86	0.00
	0.141					
地		0.467				
			0.214			
				0.667		
					0.500	0

表 3-43 乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群 5 年内年龄结构及其数量动态变化

地形	龄级	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅
坡	I	29	178	146	279	286	419
	II	24	24	147	121	231	236
	III	15	15	15	92	76	144
	IV	8	8	8	8	49	40
	V	7	7	7	7	7	43
	VI	1	1	1	1	1	1
	总计	84	233	324	508	649	884
缓	I	61	222	191	306	322	419
	II	44	44	160	137	220	232
	III	30	30	30	109	94	150
	IV	18	18	18	18	66	56
	V	13	13	13	13	13	47
	VI	3	3	3	3	3	3
	总计	169	330	415	586	717	908
平	I	213	602	571	1245	1318	2515
	II	30	30	85	80	175	186
	III	14	14	14	40	38	82
	IV	3	3	3	3	8	8
	V	2	2	2	2	2	6
	VI	1	1	1	1	1	1
	总计	263	652	676	1371	1542	2797

从表 3-42 和 3-43 可知，乌兰布和沙漠不同地形梭梭种群数量在 5 年内都呈现不断上升趋势，梭梭种群越来越庞大，更新苗较丰富。其中，缓坡梭梭种群数量相对稳定，5 年内数量变化最小，平地生境变化最大，可见平地梭梭发展最有潜力。

(三) 不同类型沙丘梭梭种群数量动态预测

3-44 乌兰布和沙漠不同类型沙丘梭梭种群的 Leslie 模型

固定沙丘	0	9.04	5.04	2.78	2.09	1.04	0
	0.264	0.558	0.552	0.750	0.500	0.167	0
半固定沙丘	0	3.04	1.70	1.22	0.83	0.22	0
	0.519	0.557	0.718	0.679	0.263	0.200	0
流动沙丘	0	0.53	0.24	0.11	0.07	0.04	0
	0.923	0.458	0.455	0.600	0.667	0.500	0

从表 3-44 和 3-45 可知，乌兰布和沙漠固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘梭梭在 5 年内的种群数量都呈现不断上升趋势，梭梭种群逐渐壮大，数量丰富。其中，流动沙丘梭梭种群数量 5 年内数量变化最小，固定沙丘生境变化最大，说明固定沙丘更有利于梭梭种群的生长繁殖。

表 3-45 乌兰布和沙漠不同类型沙丘梭梭种群 5 年内年龄结构及其数量动态变化

沙丘类型	龄级	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅
固定沙丘	I	197	787	756	2143	2489	5900
	II	52	52	208	200	566	657
	III	29	29	29	116	111	315
	IV	16	16	16	16	64	61
	V	12	12	12	12	12	48
	VI	6	6	6	6	6	6
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	313	903	1028	2493	3249	6989
半固定沙丘	I	135	425	394	829	904	1640
	II	70	70	220	204	430	469
	III	39	39	39	123	114	239
	IV	28	28	28	28	88	82
	V	19	19	19	19	19	60
	VI	5	5	5	5	5	5
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	297	587	707	1209	1561	2496
流动沙丘	I	26	111	80	99	75	74
	II	24	24	103	74	92	69
	III	11	11	11	47	34	42
	IV	5	5	5	5	21	15
	V	3	3	3	3	3	13
	VI	2	2	2	2	2	2
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	72	157	205	232	228	217

(四) 不同土壤水分生境梭梭种群的数量动态预测

表 3-46 和 3-47 看出, 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境 $W_a \leq 1.35\%$ 、 $1.35\% < W_a \leq 7.09\%$ 和 $W_a \geq 7.09\%$ 梭梭种群数量在 5 年内都呈现上升趋势, 梭梭种群呈现恢复趋势。其中, $W_a \geq 7.09\%$ 生境变化最小, $W_a \leq 1.35\%$ 生境变化最大。目前乌兰布和沙漠 $W_a \leq 1.35\%$ 生境的梭梭生长发育比较正常, 可能与乌兰布和沙漠充分的地下水供应有关。但是, 在持续干旱下的强烈蒸发会导致土壤供应不足, 梭梭生存会受到胁迫。

表 3-46 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境梭梭种群的 Leslie 模型

	0	5.57	3.02	2.55	1.39	0.46	0
	0.304						
$W_a \leq 1.35\%$		0.542	0.846	0.545	0.333		
						0.500	0
	0	2.71	1.41	0.47	0.24	0.18	0
	0.554						
$1.35\% < W_a \leq 7.09\%$		0.522	0.333	0.500	0.750		
						0.333	0
	0	0.27	0.24	0.22	0.18	0.08	0
	0.929						
$W_a \geq 7.09\%$		0.923	0.818	0.500	0.444		
						0.269	0

表 3-47 乌兰布和沙漠不同土壤水分生境梭梭种群 5 年内年龄结构及其数量动态变化

土壤水分	龄级	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
$W_a \leq 1.35\%$	I	79	305	274	635	677	1343
	II	24	24	93	83	193	206
	III	13	13	13	50	45	104
	IV	11	11	11	11	43	38
	V	6	6	6	6	6	23
	VI	2	2	2	2	2	2
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	136	362	400	788	966	1717
$1.35\% < W_a \leq 7.09\%$	I	83	259	228	468	476	822
	II	46	46	143	126	259	264
	III	24	24	24	75	66	135
	IV	8	8	8	8	25	22
	V	4	4	4	4	4	12
	VI	3	3	3	3	3	3
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	169	345	411	685	834	1260
$W_a \geq 7.09\%$	I	14	106	74	73	67	66
	II	13	13	98	69	68	62
	III	12	12	12	91	63	63
	IV	11	10	10	10	74	52
	V	9	6	5	5	5	37
	VI	4	4	2	2	2	2
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	64	151	203	250	281	283

(五) 不同土壤盐分生境梭梭种群的数量动态预测

表 3-48 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境梭梭种群的 Leslie 模型

Sa<0.18%	0	1.75	0.95	0.67	0.44	0.19	0
	0.655						
	0	0.545					
			0.700				
				0.667			
					0.429		
						0.167	0
0.18%≤Sa<0.44%	0	0.29	0.24	0.21	0.19	0.06	0
	0.821						
		0.826					
			0.842				
				0.938			
					0.333		
						0.200	0
Sa≥0.44%	0	1.36	0.43	0.07	0.07	0.07	0
	0.487						
		0.316					
			0.167				
				1.000			
					1.000		
						1.000	0

表 3-49 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境梭梭种群 5 年内年龄结构及其数量动态变化

土壤全盐量	龄级	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅
Sa<0.18%	I	84	241	210	367	367	552
	II	55	55	158	137	240	240
	III	30	30	30	86	75	131
	IV	21	21	21	21	60	52
	V	14	14	14	14	14	40
	VI	6	6	6	6	6	6
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	211	368	440	632	763	1023
0.18%≤Sa<0.44%	I	28	113	82	80	68	64
	II	23	23	93	67	65	56
	III	19	19	19	77	56	54
	IV	16	16	16	16	65	47
	V	15	15	15	15	15	61
	VI	5	5	5	5	5	5
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	107	192	231	260	275	287
Sa≥0.44%	I	39	124	93	126	93	104
	II	19	19	60	45	61	45
	III	6	6	6	19	14	19
	IV	1	1	1	1	3	2
	V	1	1	1	1	1	3
	VI	1	1	1	1	1	1
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计	68	153	163	194	175	176

表 3-48 和 3-49 看出， 乌兰布和沙漠不同土壤盐分生境 Sa<0.18%、0.18%≤Sa<0.44% 和 Sa≥0.44%梭梭种群的数量在 5 年内都有增长趋势，梭梭种群呈现恢复趋势。其中， Sa

<0.18%时变化最大， $Sa \geq 0.44\%$ 变化最小，由此可见 $Sa < 0.18\%$ 生境梭梭生长现状良好，梭梭种群生长发育所吸收的盐分得到较好满足，但是当土壤全盐量下降或上升到梭梭生长所需的零界点，梭梭生存又会受到威胁。

(六) 不同管护区梭梭种群的数量动态预测

从表 3-50 和 3-51 看出，在 5 年内放牧区、封育区和原始区等不同管护区梭梭种群数量都有增长趋势，梭梭种群数量不断丰富，植被规模也在逐渐壮大。其中，封育区变化最大，原始区变化最小，可见封育区梭梭生境较好，更新苗较为丰富，有较强的恢复能力。原始区是自然选择的结果，梭梭种群数量和年龄结构都很稳定，故 5 年内数量变化不大。

表 3-50 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群的 Leslie 模型

	0	8.00	4.73	1.80	0.82	0.65	0
放牧区	0.310						
		0.592					
			0.379				
				0.455			
				0.800			
					0.250		0
封育区	0	5.67	2.28	1.80	1.04	0.21	0
	0.456						
		0.402					
			0.788				
				0.577			
					0.200		
原始区	0	0.25	0.21	0.21	0.21	0.11	0
	0.875						
		0.857					
			1.000				
				1.000			
					0.500		
						0.167	0

表 3-51 乌兰布和沙漠不同管护区梭梭种群 5 年内年龄结构及其数量动态变化

管护区域	龄级	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
放牧区	I	158	651	620	1820	2153	5155
	II	49	49	202	192	564	668
	III	29	29	29	119	114	334
	IV	11	11	11	11	45	43
	V	5	5	5	5	5	21
	VI	4	4	4	4	4	4
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计		257	750	872	2152	2886
封育区	I	180	699	668	1985	2104	5620
	II	82	82	318	304	904	958
	III	33	33	33	128	122	364
	IV	26	26	26	26	101	96
	V	15	15	15	15	15	58
	VI	3	3	3	3	3	3
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计		340	859	1064	2462	3250
原始区	I	16	107	76	73	63	63
	II	14	14	94	66	64	55
	III	12	12	12	80	57	55
	IV	12	12	12	12	80	57
	V	12	12	12	12	12	80
	VI	6	6	6	6	6	6
	VII	1	1	1	1	1	1
	总计		73	164	212	250	283

综上所述，乌兰布和沙漠天然梭梭种群数量在各种生境中都有上升趋势，但是也有差别。

原始梭梭区、 $Sa \geq 0.44\%$ 生境、 $Wa \geq 7.09\%$ 条件和流动沙丘上等都是变化相对较小的立地环境。

小 结

(1) 梭梭林分布范围广，面积大，具有防风固沙、改良土壤、改善小气候和维持生物多样性等生态作用，在维持、建设西部生态环境中发挥着巨大作用。首先，由于梭梭植株高大，根系发达，也具有较强的防风固沙作用。以梭梭为建群种的荒漠林通过增加地表粗糙度，从而达到显著降低风速的作用，从而有效控制了风蚀，防止沙漠的无限扩张。其次，梭梭林改变了荒漠下垫面的物理性状，对太阳辐射能、空气动能及水分循环都产生良好的调节作用，产生夏季降温增湿和冬季增温效应。第三，梭梭灌丛具有明显的“肥岛效应”，水分、养分在根部富集，提高了风沙土有机质，改善了风沙土结构。第四，梭梭林为荒漠区众多植物、动物提供了适宜繁衍的生境与庇护场所，还是名贵中药植物-肉苁蓉的寄主，是荒漠区生物多样性最重要的组成部分。

(2) 乌兰布和沙漠天然梭梭群落主要分布在阿拉善左旗范围，少量分布于巴彦淖尔盟西南部；具体范围东起巴彦木仁苏木西部，西至吉兰泰镇；南至吉兰泰本井车站北部，北到巴彦淖尔盟西南部至磴口县西北部区域，形成吉兰泰、哈夏图-罕乌拉及敖伦布拉格三个典型区域和毛道嘎顺、召素陶勒盖、吉兰泰七队、巴音敖包、查干德日斯嘎查西部、呼和温都尔西部等 6 个不同的核心分布区。

(3) 乌兰布和沙漠天然梭梭群落的植物共有 11 科 37 属 41 种，主要集中在藜科 11 属、12 种，禾本科 9 属、10 种，菊科 5 属、6 种，蒺藜科 4 属、5 种。从科的分类级别来看，群落单种科比例较大，占总数的 54.55%，寡种科比例为 18.18%，较小科比例为 27.27%。乌兰布和沙漠梭梭群落可分为单种群落、寡种群落或多种群落。乌兰布和沙漠天然梭梭群落的层次较为明显，上、下两个层次也较完整。群落上层主要以梭梭及其他各类伴生灌木为主，下层主要由一年生和多年生草本组成。。

(4) 乌兰布和沙漠天然梭梭群落整体密度、盖度相对较大，群落密度偏大主要受草本的影响。而梭梭单种密度超过 0.05 万株/hm²的梭梭群落比例达到 40%，并且有 9%的大密度梭梭群落。天然梭梭群落整体多样性较小，三个区多样性顺序为敖伦布拉格区域>哈夏图-罕乌拉区域>吉兰泰区域。

(5) 乌兰布和沙漠天然梭梭在不同生境下的种群数量差异明显，原始区与封育保护区、中度的土壤盐分和较高的土壤水分环境以及固定沙丘和缓坡环境是梭梭种群数量较大的区域。同时，种群数量在各种生境中都有上升趋势，但是也有差别，原始梭梭区、土壤盐分、

水分较高地段和流动沙丘上数量增长相对较小。乌兰布和沙漠天然梭梭种群在10m以内的尺度上主要表现为聚集分布特征；在水分、盐分、放牧等外界干扰的影响下又呈现均匀分布。

(6) 乌兰布和沙漠天然梭梭以增长型和稳定型种群为主，梭梭种群恢复增长状态较明显，原始区、中度土壤盐分和水分较高的环境，梭梭种群生长稳定。由于区域围栏封育政策，禁牧或轮牧等人为措施，天然梭梭种群大多地段呈现恢复特征。

参考文献

- [1] Aber J D&Jordan W III. 1985.Restoration ecology: an environmental middle ground. *BioScience*,36(7):399.
- [2] Analysing spatial point patterns in R Adrian Baddeley CSIRO and University of Western Australia 2008 Version 3 102~118.
- [3] Bobrovskaya, N. I. 1998. On the efficiency of water utilization by desert plants of Mongolia. *Botanicheskii Zhurnal St Petersburg*,83(9): 83~89.
- [4] Bradshaw A D,Chadwich M J. 1980.The restoration of land. Oxford: Blackweel Scientific Publications,1~220.
- [5] Bradshaw A D.1983.The restoration of ecosystems.*Journal of Applied Ecology* ,20:1~17.
- [6] Cairns J J. 1977.Recovery and restoration of damaged ecosystems.Charlottesville:Virginia UniPress.
- [7] Cairns J J. 1980.The Recovery process in damaged ecosystems.Ann Arbor Science Publishers Inc.
- [8] Cairns J J. 1992.Restoration of aquatic ecosystems. Washington, D C: National Academy Press,32~38.
- [9] Condit R,Ash ton P S,Baker P,et al.2000.Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species.*science*, 288:1414~1418.
- [10] Dailv G C. 1995.Restorine value to the worlds deeraded lands. *Science*, 269:350~354.
- [11] Dale MRT.1999.Spatial Pattern Analysis in Plant ecology.Cambridge University Press,New York,147~167.
- [12] Edwin D. McKee.1993.赵兴梁译.世界沙海的研究.银川:宁夏人民出版社,440~441.
- [13] Engel T,Frey W. 1996.Fuel resources for copper smelting in antiquity is selected woodlands in the Edom highlands to the Wadi Arabah/ Joran. *Flore Jena*,191(1):29~39.
- [14] Fedotova, Z. A. 1993. New species of gall-midges of the genus *Halodiplosis* (Diptera, Cecidomyiidae) from Kazakhstan[N]
- [15] Garner W, Steinberger Y. 1989. A proposed mechanism for the formation of "Fertile Islands" in the desert ecosystem. *Journal of Arid environments*, 16:257~262.
- [16] Gaynor V. 1990.Prairie restoration on a corporate site. *Restoration and Reclamation Review*, 1(1):35~40.
- [17] Georgievskii, A.B. 1977. Khodzhamkulyev, A.The fruiting of the *Haloxylon ammodendron* communities in the Repetek reservation. *Botanicheskii zhurnal Bot Zh Aug*, 62 (8):1169~1176.
- [18] Higgs E S.1997.What is good ecological restoration? *Conservation Biology*,11(2):338~348.
- [19] Hobbs R J&Norton D A.1996.Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*,4(2):93~110.
- [20] Hobbs R J.1996.Towards a conceptual framework of restoration ecology. *Restoration ecology*,4(2):93~110.
- [21] Ishankuliyev, M. Effect of *Haloxylon* on sandy desert soils. *Soviet soil science*. 1975, 5.p.519~530.
- [22] Jordan W R, Gilpin J D, Aber J D, et al.1987.Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press.
- [23] Kalenov, G. S. 1986. Ecological features of *Haloxylon ammodendron* in the areas of tectonic deformations in Turan province (Uzbek SSR and Kazakh SSR, USSR). *Ekologiya*(1): 7~12.
- [24] Kaplin V G. 1995.Horizontal structure and dynamics of white saxaul(*Haloxylon persicum*) stands in the eastern Yara Kum. *Problems of Desert Ikvelopmen*, (6) :31~44.

- [25] Kebin, Z. 1989. The growth of man-made forests of *Haloxylon ammodendron* and their soil water contents in the Minqin desert region Gansu Province, China. *Journal Of Arid Environments*, 17(1): 109~116.
- [26] Koocheki A, Choukr A R. 1995. The use of halophytes for forage production and combating desertification in Iran. *Halophytes and biosaline agriculture*, (3): 263~274.
- [27] Lalymenko N K, Lalymenko L A. 1996. Growing saxaul seedlings in sheltered ground. *Problems of Desert Ikvelopmen*, (1): 70~77.
- [28] Li, X. M., N. Toshiki, et al. 1993. Comparative studies on relation of photosynthesis to water status of two species of *Haloxylon* under controlled environments. *Acta Botanica Sinica*, 35(10): 758~765.
- [29] Lomov, S. P., M. Y. Medvedev, et al. 1985. Ecological differences in the formation of 3 biogeocenoses of the Reserve Tigrovaya Balka (Tadzhik SSR, USSR). *Ekologiya*, (2): 30~37.
- [30] Mansfield B & Towns D .1997. Lessons of the Islands: Restoration in New Zealand. *Restoration and Managemnet Notes*, 16(2): 150~154.
- [31] Ministry of Jihad-e- Sazandegi. Forest and Range Organization. Some data of forests in Iran. The Islamic Republic of Iran. 1997.
- [32] Miroshnichenko, Y. M. 1990. Changes in the role of dominants during successions. *Ekologiya*, (2): 23~31.
- [33] Miroshnichenko, Y. M. and y. V. A. Dem. 1997. Cenotic role of arid tree dominants of Central Asia. *Ekologiya Moscow*, (2): 139~142.
- [34] Miroshnichenko, Y. M. 1992. Chemical composition of plants in the African-Asian desert area during successions. *Ekologiya Moscow*, (5): 25~31. V.L. Komarov Bot.
- [35] Miyawaki A. 1993. Restoration of native forests from Japan to Malaysia. In: Leith H & Lohmann M (eds) *Restoration of Tropical Forest Ecosystems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 5~24.
- [36] Moor, P. D. and Chapman, S. B. 1986. *Methods in Plant Ecology* (2nd edn.). London: Blackwell Scientific Publications, 377~437.
- [37] Mukhiddin Makhmudovich .Country Pasture/Forage Resource Profiles . Uzbekistan. 2001.
- [38] NOBLE J C. 1979. The population biology of plants with clonal growth (1): The morphology and structure demography of *Carex arenaria*. *Journal of Ecology*, 67(1): 983~1008.
- [39] Oxlovsky N, Birbaum E. 1999. Geographical distribution and ecological conditions of *Haloxylon* species growing. *Prob of Desert Dev*, (5): 16~29.
- [40] Pankov V, Jr Black CC, Artyusheva E G. 1999. Features of photosynthesis in *Haloxylon* species of Chenopodiaceae that are dominate plants in Central Asian deserts. *Plant and Cell physiology*, 40(2): 125~134.
- [41] Pyankov V I, Black Jr. C C, Artyusheva E G, Voznesenskaya E V, Ku M S B, Edwards G E. 1999. Features of photosynthesis in *Haloxylon* species of Chenopodiaceae that are dominant plants in central Asian deserts. *Plant Cell Physiol*, 40: 125~134.
- [42] Pyankov, V. I., P. D. Gunin, et al. 2000. C4 plants in the vegetation of Mongolia: Their natural occurrence and geographical distribution in relation to climate. *Oecologia Berlin*, 123(1): 15~31.
- [43] Shaltout K H, Mady MA. 1996. Analysis of raudhas vegetation in central Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*, 34(4): 441~454.
- [44] Sheng Yan, Zheng Wei-Hong, Pei Ke-Quan, Ma Ke-Ping. 2004. Population Genetic Structure of a Dominant Desert Tree, *Haloxylon ammodendron* (Chenopodiaceae), in the Southeast Gurbantunggut Desert Detected by RAPD and ISSR Markers. *Acta Botanica Sinica*, 6: 675~681.
- [45] Slemnev, N. N., P. D. Gunin, et al. 1997. *Haloxyloneta* in Mongolia. Report 2. High productivity of pure *Haloxylon ammdendron* (C.A. Mey) Bunge stands on sandy soils. *Rastitel' nye Resursy*, 33(3): 124~139.
- [46] Slemnev, N. N., P. D. Gunin, et al. 1994. On the problem of natural restitution of dominant plants in the ecosystems of the desert zone of Mongolia. *Rastitel' nye Resursy*, 30(4): 1~15.

- [47] Slemnev, N. N., P. D. Gunin, et al. 1997. Restoration of plants-dominants in ecosystems of the desert zone of Mongolia: Taking root and viability of young growth. *Rastitel'nye Resursy*, 33(4): 117~138.
- [48] Slemnev, N. N., T. I. Kazantseva, et al. 1997. Haloxyloneta in Mongolia. Report 1. Rare herbaceous Haloxyloneta, their structure and the peculiarities of development. *Rastitel'nye Resursy*, 33(3): 124~139.
- [49] Slemnev, N.N., Gunin, P.D. & Kazantseva, T.I. 1999. Haloxyloneta in Mongolia. Report 2. High productivity of pure Haloxylon ammodendron (C. A. Mey.) Bunge stands on sandy soils. *Rastitel' Nye Resursy* 35, 116 - 130.
- [50] Sveshnikova_VM, O vodnom rezhime Haloxylon ammodendron (C.A. Mey.) v Severnoi Gobi in arakumakh. 1978.
- [51] Tashninova, L. N. 1991. Salt tolerance of shrub plantings in the saline soils of Kalmykia (Russian SFSR, USSR). *Pochvovedenie*, (1): 86~93.
- [52] Tobe K, Li X M, Omasa K. 2000. Effects of sodium chloride on seed germination and growth of two Chinese desert shrubs, Haloxylon ammodendron and *H. persicum* (Chenopodiaceae). *Aust J Bot*, 48: 455~460.
- [53] Tursunov Z, Matyunina T E, Kiseleva G K, Abdullaena A T. 1989. Seed reproduction of the main forest-forming species of the central Asian deserts. *Probl Desert Dev*, 2: 53~57.
- [54] Wang, B. X., J. C. Huang, et al. 1989. The correlation of proline accumulation and drought resistance in various plants under water stress condition. *Acta Phytophysiological Sinica*, 15(1): 46-51.
- [55] Wezel A, Rajot JL, Herbrig C. 2000. Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. *Journal of Arid environments*, 44: 383~398.
- [56] Wretten S. 1980. *Field and Laboratory Exercises in Ecology*. London: Edward Amad Publishers Limited.
- [57] Yarashov A. 1996. Influence of moisture supply on tree stands in the Kara Kum desert. *Problems of Desert Development*, (1): 65~69.
- [58] Zhenying Huang, Xinshi Zhang, Guanghua Zheng and Yitzchak Gutterman. 2003. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of Haloxylon ammodendron. *Journal of Arid Environments*, 55(3): 453~464.
- [59] 阿不力米提, 徐培志. 2007. 对甘家湖梭梭林国家级自然保护区资源保护和管理的思考. *新疆林业*, (3): 41~42.
- [60] 包金英, 董占元, 樊文颖, 韩太. 2001. 内蒙古肉苁蓉开发研究现状及其对策. *内蒙古林业科技*, (4): 41~42.
- [61] 毕晓丽, 洪伟, 吴承祯, 等. 2002. 黄山松种群统计分析. *林业科学*, 38(1): 61~67.
- [62] 毕晓丽, 洪伟, 吴承祯. 2001. Life table analysis of *Castanopsis carlesii* population in Wuyishan. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), 9(3): 243~247.
- [63] 常杰, 葛滢. 2001. *生态学*. 杭州: 浙江大学出版社, 169~170.
- [64] 常金保, 方天纵. 1995. 梭梭林人工更新技术优化研究. *内蒙古林学院学报*, 17(2): 128~140.
- [65] 陈昌笃. 1983. 古尔班通古特沙漠的沙地植物群落、区系及其分布的基本特征. *植物生态学与地植物学丛刊*, 7(2): 89~98.
- [66] 陈广庭. 2004. *沙害防治技术*. 北京: 化学工业出版社, 96~98.
- [67] 陈鹏, 潘晓玲. 2001. 干旱和 NaCl 胁迫下梭梭幼苗中甜菜碱含量和甜菜碱醛脱氢酶活性的变化. *植物生理学通讯*, (06): 520~522.
- [68] 陈玉林. 1986. 阿拉善荒漠胡杨残林和梭梭残林围栏封育更新复壮效果调查. *阿拉善科技*, (1): 1~8.
- [69] 成喜雨, 郭斌, 倪文, 等. 2005. 肉苁蓉研究进展. *天然产物研究与开发*, 17(2): 235~241.
- [70] 程积民, 万惠娥, 杜锋. 2001. 黄土高原半干旱区退化灌草植被的恢复与重建. *林业科学*, 37(4): 50~57.
- [71] 戴小华, 余世孝, 等. 2003. GIS 支持下的种群分布格局分析. *中山大学学报(自然科学版)*, 42(1): 75~78.
- [72] 丁声怀, 王继和. 1985. 民勤地区梭梭固沙林衰亡原因的初步研究. *甘肃林业科技*, (3): 56~59.
- [73] 董学军, 陈仲新, 阿拉腾宝, 等. 1999. 毛乌素沙地沙地柏的水分生态初步研究. *植物生态学报*, 23(4): 311~319.

- [74] 董占元,姚云峰,韩永伟等. 1997. 吉兰泰地区梭梭林退化死亡原因的生态生理学研究. 干旱区资源与环境, 11:66~74.
- [75] 甘肃省民勤治沙综合试验站. 甘肃沙漠与治理. 兰州: 甘肃人民出版社, 1974, 44~64, 80~83.
- [76] 高尚武, 马文元. 1990. 中国主要能源材料. 北京: 中国林业出版社, 262~369.
- [77] 格日乐, 张力, 刘军, 等. 2006. 库布齐沙漠人工梭梭林地土壤水分动态规律的研究. 干旱区资源与环境, 20(6):173~177.
- [78] 郭泉水, 王春玲, 郭志华. 2005. 我国现存梭梭荒漠植被地理分布及其斑块特征. 林业科学, 41(5):2~7.
- [79] 郭泉水. 2009. 梭梭与肉苁蓉生态学研究. 科学出版社, 39~49.
- [80] 郭新红, 姜孝成, 潘晓玲, 戴玉池等. 2001. 用抑制差减杂交法分离和克隆梭梭幼苗受渗透胁迫诱导相关基因的 cDNA 片段. 植物生理学报, 27(5):401~406.
- [81] 韩照祥, 张文辉, 李军乔, 等. 2004. 陕西不同地区栓皮栎种群年龄结构动态模型的研究. 西北植物学报, 24(2):254~258.
- [82] 郝俊, 牛春花, 赵成平, 等. 2002. 阿拉善盟梭梭林鼠害防治试验初报. 内蒙古林业科技, (3): 32~34.
- [83] 洪伟王, 新功吴, 等. 2004. 濒危植物南方红豆杉种群生命表及谱分析. 应用生态学报, 6(15). 19(2):145~150.
- [84] 胡式之. 1963. 中国西北地区的梭梭荒漠. 植物生态学与地植物学丛刊, 1~2.
- [85] 胡文康. 1983. 梭梭的原始更新. 新疆林业, (4):19~21.
- [86] 胡文康. 1985. 准噶尔盆地南部梭梭荒漠的生产力评价和合理开发途径. 干旱区研究, 2(2): 40~45.
- [87] 黄彬, 聂金婵. 2006. 东阿拉善自然保护区天然梭梭林鼠害防治技术. 内蒙古林业调查设计, 29(3):40~44.
- [88] 黄建文, 鞠洪波, 特木钦, 宋钢等. 2004. 阿拉善左旗原始梭梭林鼠害防治的遥感监测. 林业科学, 40(03):107~110.
- [89] 黄培祐. 2002. 干旱区免灌植被及其恢复. 北京: 科学出版社, 99~150.
- [90] 黄培祐. 1995. 莫索湾绿洲的建设与梭梭荒漠的动态研究. 干旱区资源与环境, 9(4): 173~179.
- [91] 黄培祐. 2003. 中药肉苁蓉资源现状及其可持续利用问题. 乌鲁木齐: 新疆大学生命科学与技术发展学院.
- [92] 黄丕振, 刘志俊, 崔望诚. 1985. 梭梭集水造林初步研究. 新疆农业科学 (6): 23~25
- [93] 黄丕振. 1987. 人工梭梭林的生态效益和经济收益. 干旱区研究, 4(4):16~20.
- [94] 黄丕振. 1987. 人工梭梭林的生态效益和经济收益. 干旱区研究, 4(4):16~20.
- [95] 贾志清, 吉小敏, 宁虎森, 等. 2008. 人工梭梭林的生态功能评价. 水土保持通报, 28(4):66~69.
- [96] 贾志清, 卢琦, 郭宝贵. 2004. 沙生植物—梭梭研究进展. 林业科学研究, 17(1): 125~132.
- [97] 贾志清, 卢琦. 2005. 梭梭. 北京: 中国环境科学出版社, 1~8, 61~118.
- [98] 贾志清, 卢琦. 2005. 梭梭. 北京: 中国环境科学出版社, 9~16.
- [99] 江原始, 张立新, 毕玉蓉. 2001. 水分胁迫对梭梭叶片气体交换特征的影响. 兰州大学学报, 36(06):57~62.
- [100] 蒋进. 1991. 极旱环境中两种梭梭蒸腾的生理生态学特点. 干旱区研究, 9(4):14~17.
- [101] 蒋有绪. 1998. 中国森林群落分类及其群落学特征. 北京: 科学出版社、中国林业出版社.
- [102] 康乐. 1990. 生态系统的恢复与重建. 马世骏. 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 300~308.
- [103] 李爱德, 赵明, 王耀林等. 1999. 民勤地区不同林龄梭梭林地水分平衡研究. 王继和. 甘肃治沙理论与实践. 兰州. 兰州大学出版社, 78~83.
- [104] 李博, 杨持, 林鹏, 等. 2000. 生态学. 北京: 高等教育出版社.
- [105] 李博. 1995. 现代生态学讲座. 北京: 科学技术出版社.
- [106] 李钢铁, 张密柱, 张补在, 邹受益. 1995. 梭梭林生物量研究. 内蒙古林学院学报, 17(2): 35~43.
- [107] 李洪山, 张晓岚. 1994. 不同胁迫预处理对梭梭幼苗抗旱性和抗冷性的影响. 干旱区研究, 11(2):23~27.
- [108] 李建贵, 宁虎森, 刘斌. 2003. 梭梭种群性状结构与空间分布格局的初步研究. 新疆农业大学学报, 26(3): 51~54.
- [109] 李建贵, 潘存德, 彭世揆. 2001. demography and survival analysis of picea schrenkiana. beijing forestuniv(北京林业大学学报), 23(1):84~86.

- [110] 李君,赵成义,朱宏,等. 2007. 柽柳(*Tamarix* spp.)和梭梭(*Haloxylon ammodendron*)的“肥岛”效应. 生态学报, 27(12):5138~5147.
- [111] 李克云,杨永奇. 2002. 阿拉善盟梭梭苻蓉开发利用成为地区重点产业化建设工程. 中国沙漠, 22(5):510~512.
- [112] 李西荣,石永强,李莹. 2000. 乌后旗:抓梭梭封育促生态建设. 内蒙古林业.
- [113] 李银芳,杨戈. 1995. 箭杆杨和梭梭柴水量平衡的研究. 干旱区研究, 12(1):32~35.
- [114] 李银芳,杨戈. 1996. 梭梭固沙林水分平衡研究(白梭梭人工积雪固沙林的水分状况). 干旱区研究, 13(2):51~56.
- [115] 李银芳,杨戈. 1996. 梭梭固沙林水分平衡研究(梭梭柴径流集水固沙林的水分状况). 干旱区研究, 13(2):57~62.
- [116] 李银芳,杨戈. 1996. 梭梭固沙林水分平衡研究(梭梭柴秋灌固沙林的水分状况). 干旱区研究, 13(2):44~49.
- [117] 李银芳,杨戈. 1998. 梭梭人工林密度研究. 中国沙漠, 18(1):22~26.
- [118] 里昂节夫. 1960. 卡拉库姆沙漠的梭梭林[M.北京:科学出版,3~67.
- [119] 梁远强,任步远,王永红,宁虎森. 1990. 新疆梭梭林更新技术研究. 新疆农业科学 (5): 218~220.
- [120] 林鹏. 1986. 植物群落学. 上海:上海科学技术出版社.
- [121] 刘东波. 1995. 精河县梭梭飞播造林的成效初探. 当代生态农业, (z1):101~113.
- [122] 刘发民, 金燕, 张小军. 1999. 梭梭林“肥岛”效应的初步研究. 干旱区资源与环境, 13(3): 86~88.
- [123] 刘光宗. 1982. 梭梭种子萌发与水分的关系. 新疆林业科技, (1):40~42.
- [124] 刘光祖,王大为. 1989. 人工梭梭林地土壤理化性质的测定. 甘肃林业科技, (4):25~28.
- [125] 刘家琼. 1982. 民勤梭梭死亡原因的研究. 中国沙漠, 2(2):44~46.
- [126] 刘晋. 1996. 人工梭梭灌草防风阻沙带的生态效益. 新疆林业科技, (1):8~12.
- [127] 刘晓云,刘速. 1996. 梭梭荒漠生态系统. 中国沙漠, 16(3):287~291.
- [128] 刘娥心. 1985. 中国沙漠植物志(第一卷). 北京:科学出版社, 342~343.
- [129] 刘玉光,韩二牛,刘永利. 2002. 梭梭育苗技术. 内蒙古林业, (10):26.
- [130] 刘钰华,刘光宗. 1985. 北疆荒漠梭梭林恢复和发展途径的探讨. 新疆林业科技, (2):7~15.
- [131] 刘钰华,张纯,刘晋. 1987. 梭梭的径流造林技术. 新疆林业, (5):23.
- [132] 刘耘华,杨玉玲,盛建东,等. 2009. 胡杨、梭梭“肥岛”土壤颗粒分形特征. 新疆农业大学学报, 32(4): 9~12.
- [133] 刘志俊,崔望诚. 1990. 新疆梭梭人工林小气候的分析研究. 内蒙古林业科技, (3):6~11.
- [134] 柳劲松,王丽华,等. 2003. 环境生态学基础. 北京:化学工业出版社.
- [135] 罗廷彬,陈亚宁,任威. 2002. 肉苻蓉研究进展. 干旱区研究, 19(4):56~58.
- [136] 马丹伟. 1999. the static life table of *pinus tabulaeformis* population in jiuzhaigou valley nature reserve. southwest national coll(西南民族学院学报), 25(1):59~61.
- [137] 马海波,包根晓,马微东,等. 2000. 内蒙古梭梭荒漠草地资源及其保护利用. 草业科学, 17(4):1~5.
- [138] 马海波,马微东,张金宝等. 2001. 我国梭梭草地资源分布与利用现状. 内蒙古草业, (2): 29~31.
- [139] 马全林,王继和,刘虎俊,等. 2005. 机械沙障在退化人工梭梭林恢复中的应用. 干旱区研究, 22(4):526~531.
- [140] 马全林,王继和,朱淑娟. 2007. 降水、土壤水分和结皮对人工梭梭(*Haloxylon ammodendron*)林的影响. 生态学报, (12): 5057~5067.
- [141] 马瑞,王继和,刘虎俊,等. 2009. 不同密度梭梭林对风速的影响. 水土保持学报, 23(2):249~252.
- [142] 买买提·依提. 1988. 优良固沙植物引种育苗试验. 干旱区研究, 5(增刊):25~27.
- [143] 孟有达. 1994. 中国草地资源数据. 北京:农业科技出版社, 3~303.
- [144] 宁虎森. 1991. 梭梭林更新技术. 新疆林业, (1):21.
- [145] 牛春花,胡晨阳,郝俊,等. 2002. 内蒙古阿拉善左旗天然梭梭林鼠害调查. 内蒙古林业科技, (4): 23~24.
- [146] 牛春花,胡晨阳,郝俊,牛立忠等. 2002. 内蒙阿左旗原始梭梭林鼠害防治. 林业科技开发, 16(06):48~49.
- [147] 彭少麟. 1996. 恢复生态学与植被重建. 生态科学, 15(2):36~31.

- [148] 彭少麟. 2000. 恢复生态学研究进展及在中国热带亚热带的实践. 四川师范学院学报(自然科学版), 21(3): 221~227.
- [149] 祁晓君, 张登山, 邹受益. 1995. 梭梭林小气候初步研究. 内蒙古林学院学报(自然科学版), 17(2): 44~51.
- [150] 钱鞠, 马金珠, 张惠昌, 等. 1999. 腾格里沙漠西南缘固定沙丘水分动态. 兰州大学学报(自然科学版), 35(1): 218~224.
- [151] 任步远. 1990. 梭梭地上生物量估测模式的选取. 新疆林业科技, 1: 31~33.
- [152] 任海, 彭少麟. 2002. 恢复生态学导论. 北京: 科学出版社.
- [153] 萨姆苏特吉诺夫. 1974. 黑梭梭牧场防护林带. 农业科学通报(前苏联), (9), 117~123.
- [154] 盛晋, 乔永祥, 刘宏义, 等. 2004. 梭梭根系的研究. 草地学报, 12(2): 92~94.
- [155] 盛晋华, 乔永祥, 刘宏义, 翟志席, 郭玉海. 2004. 梭梭根系的研究. 草地学报, 12(02): 91~94.
- [156] 舒俊民, 刘晓春. 1998. 恢复生态学的理论基础、关键技术与应用前景. 中国环境科学, 18(6): 540~543.
- [157] 宋朝枢, 贾昆峰. 2000. 乌拉特梭梭林自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 26~47, 98~134.
- [158] 宋永昌. 2001. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社.
- [159] 宋于洋. 2009. 古尔班通古特沙漠梭梭种群数量动态及适应对策. 杨凌: 西北农林科技大学出版社.
- [160] 苏金梅, 李钢铁, 秦富仓, 孙枫等. 1997. 梭梭人工林地上生物量预测研究. 内蒙古林业科技, (03): 9~11.
- [161] 苏培玺, 赵爱芬, 张立新, 杜明武, 陈怀顺. 2003. 荒漠植物梭梭和沙拐枣光合作用、蒸腾作用及水分利用效率特征. 西北植物学报, 23(1): 11~17.
- [162] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳等. 1992. 普通生态学. 北京: 高等教育出版社.
- [163] 王荷生, 张懿铨. 1994. 中国种子植物特有属的生物多样性的特征. 云南植物研究, 16(3): 209~220.
- [164] 王继和. 2008. 库姆塔格沙漠综合科学考察. 兰州: 甘肃科学技术出版社.
- [165] 王炜, 梁存柱. 2001. 梭梭年轮测定方法及生长动态的研究. 干旱区资源与环境, 15(2): 67~74.
- [166] 王孝安. 1997. 安西荒漠植被的多元分析. 植物学报, 39(5): 461~466.
- [167] 王焯, 尹林克. 1989. 梭梭属不同种源种子品质初评. 干旱区研究, (1): 45~49.
- [168] 王玉梅. 2003. 甘肃省的梭梭荒漠林. 我国西部荒漠化生态环境及其治理论文集, 111~113.
- [169] 魏怀东, 周兰萍, 陈芳, 等. 2009. 甘肃省沙质荒漠化监测. 兰州: 甘肃科学技术出版社.
- [170] 吴承祯, 洪伟, 谢金涛, 等. 2002. 珍惜濒危植物长苞铁杉种群生命表分析. 应用生态学报, 11(3): 333~336.
- [171] 吴祥云. 2000. 荒漠化防治中的恢复生态学研究热点. 沈阳农业大学学报, 31(3): 290~294.
- [172] 向成华, 刘洪英, 何成元. 2003. 恢复生态学的研究动态. 四川林业科技, 24(2): 17~21.
- [173] 徐德炎, 韩燕梁. 1996. 梭梭林在荒漠生态系统中的生态效益分析. 新疆环境保护, 18(2): 29~33.
- [174] 徐荣. 2009. 沙漠人参-肉苁蓉. 生命世界, (10): 26~29.
- [175] 严淑君, 洪伟, 吴承祯, 等. 2002. Life process and spectral analysis of *Castanopsis fargesii* population. Chin J Appl Environ Biol (应用于生物学报), 8(4): 351~355.
- [176] 杨建强. 2002. 人工种植梭梭、肉苁蓉技术. 现代农业, (12): 14~15.
- [177] 杨美霞, 邹受益, 赵学勇. 1995. 吉兰泰地区梭梭原始更新研究. 内蒙古林学院学报, 17(2): 74~86.
- [178] 杨文斌, 任建民. 1994. 不同立地梭梭林生长状况、蒸腾速率及其影响因素初探. 内蒙古林业科技, (2): 1~3.
- [179] 杨文斌. 1991. 风成沙丘上梭梭林衰亡的水分特性研究. 干旱区研究, 8(1): 30~35.
- [180] 于顺利, 陈灵芝, 马克平. 2000. 东北地区蒙古栎群落生活型谱比较. 林业科学, 36(3): 118~121.
- [181] 余作岳, 彭少麟. 1997. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究. 广州: 广东科技出版社.
- [182] 臧润国, 李庆超, 赵云萍, 等. 1994. 过伐林群落的种对关联分析. 吉林林学院学报, 10(4): 229~233.
- [183] 臧守业. 1986. 甘家湖荒漠梭梭林的害虫. (06): 22~25.
- [184] 张光富, 郭传友. 2000. 恢复生态学研究历史. 安徽师范大学学报(自然科学版), 23(4): 395~398.
- [185] 张国盛, 王林和, 董智, 等. 1999. 毛乌素沙区风沙土机械组成及含水率的季节性变化.
- [186] 张金屯. 1998. 植物种群空间分布的点格局分析. 植物生态学报, 22(4): 334~349.
- [187] 张金屯. 2004. 数量生态学. 北京: 科学出版社.

- [188] 张瑾. 2008. 北疆典型荒漠植被梭梭“肥岛”特征研究. 乌鲁木齐: 新疆农业大学硕士学位论文.
- [189] 张立运. 1987. 新疆莫索湾沙区白梭梭当年枝条生长特点及产量的初步研究. 干旱区研究, 4(4):30~35.
- [190] 张立运. 1988. 莫索湾地区的梭梭群落的基本特征和原始更新. 干旱区地理, (10):37~42.
- [191] 张依, 李明, 吴玲. 2002. 甘肃的梭梭、怪柳与肉苁蓉资源. 甘肃林业, (6):33.
- [192] 张胜邦, 董旭. 2004. 青海柴达木梭梭林自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 127~130.
- [193] 张文辉, 王廷平, 康永祥, 等. 2005. 太白山太白红杉种群空间分布格局研究. 应用生态报, 16(2):207~212.
- [194] 章家恩, 徐琪. 1999. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨. 应用生态学报(100):109~113.
- [195] 赵连珍. 1981. 新疆梭梭荒漠的概况以及恢复和发展途径的意见. 新疆林业科技, (1):22~26.
- [196] 赵平, 彭少麟, 张焯炜. 1999. 恢复生态学最新研究进展和国外动态. 资源生态环境网络研究动态, 10(2):1~5.
- [197] 赵小军, 刘宇. 2003. 梭梭的生态价值与经济价值. 内蒙古林业, (3):39~45.
- [198] 赵晓英, 陈怀顺, 孙成权. 2001. 恢复生态学——生态恢复的原理与方法. 北京: 中国环境出版社, 6~85.
- [199] 赵晓英, 孙成权. 1998. 恢复生态学及其发展. 地球科学进展, 13(5):474~480.
- [200] 郑元润, 张新时, 徐文泽. 1997. 沙地云杉种群增长预测模型研究. 植物生态学报, 21(5):480~484.
- [201] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 2001. 1:1000000 中国植被图集. 北京: 科学出版社.
- [202] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志, 第 25 卷, 第二分册: 被子植物门. 北京: 科学出版社. 1979, 139~141.
- [203] 中国植被编辑委员会. 1980. 中国植被. 北京: 科学出版社.
- [204] 周纪纶, 郑师章, 扬持编著. 1992. 植物种群生态学. 北京: 高等教育出版社.
- [205] 周永斌, 殷有, 罗东明. 2001. 论干旱半干旱地区植被恢复的限制因素及调控措施. 辽宁林业科技, (03):20~22.
- [206] 祝宁, 臧润国. 1994. Population ecology of *Acanthopanax senlicosus* II. Population statistics. AC in J Appl Ecol(应用生态学报), 5(3):237~240.
- [207] 祝延成, 钟章成, 等. 1988. 植物生态学. 北京: 高等教育出版社, 136~146.
- [208] 邹受益, 常金保, 杨美霞. 1995. 梭梭林修复工程研究. 内蒙古林学院学报, 17(2):9~16.

第四章 乌兰布和沙漠天然梭梭林现状与保护对策

第一节 天然梭梭林现状

根据天然梭梭林的实际地带分布与我们实地调查,同时应用兰州大学对乌兰布和沙漠梭梭林的遥感监测结果,将乌兰布和沙漠天然梭梭林分为3个主要的分布区域:吉兰泰区域、哈夏图-罕乌拉区域和敖伦布拉格区域。由于哈夏图-罕乌拉区域南北纵横距离长,地质地貌情况差别大,地理条件复杂,梭梭林分布面积大,因此根据分布图 and 实际调查情况,将哈夏图-罕乌拉区域分为哈夏图东南-二日湖区域、罕乌拉南部-好来包两个区域,这样将整个乌兰布和沙漠梭梭林分为4个主要的分布区。

一、不同区域天然梭梭林群落数量特征

通过对实地调查数据整理、统计、分析得到这4个分布区域天然梭梭群落平均密度、平均盖度及梭梭种群更新生长情况,见表4-1。从各区域群落密度上来看,整个乌兰布和沙漠梭梭群落密度并不高,在400~2300株/hm²之间,密度最高值出现在吉兰泰区域,为2300株/hm²。从区域整体水平来看,平均密度最高区域为吉兰泰地区,密度达到了861.46株/hm²,其次为哈夏图区域,平均密度达到600株/hm²以上,罕乌拉区域密度在500~600株/hm²之间,敖伦布拉格区域的植株密度最小仅为353株/hm²。研究区域梭梭群落的植被总盖度范围在20~40%之间。植被盖度最大值出现在吉兰泰区域,达到了60%以上,且该区域平均总盖度也最大为35.76%,其次哈夏图区域的总盖度为33.51%,其余两个区域平均盖度均较低,在25%上下波动,其中罕乌拉区域平均总盖度最低为25.16%。四个区域植被盖度差异较大,最大盖度出现在哈夏图区域为78.51%,其盖度差异也最大;最小盖度出现在敖伦布拉格区域,其盖度差异居其次;罕乌拉区域盖度差异最小为12.96%,在四个区域内处于最低值。梭梭盖度变化和林分密度在四大分布区域上变化趋势相同,大小均为吉兰泰>哈夏图>罕乌拉>敖伦布拉格。

表 4-1 乌兰布和沙漠不同分布区梭梭群落密度、盖度

区 域	梭梭种群			梭梭群落		
	最大密度 (株/hm ²)	最小密度 (株/hm ²)	平均密度 (株 /hm ²)	最大盖度 (%)	最小盖度 (%)	平均总盖度 (%)
吉兰泰	2300.00	281.25	861.46	63.23	14.37	35.76
哈夏图-二日湖	945.83	50.00	631.75	78.51	10.29	33.51
罕乌拉-好来包	2087.50	125.00	538.28	28.46	15.50	25.16
敖伦布拉格	581.25	212.50	353.13	51.71	4.38	25.42

二、不同区域天然梭梭林更新特征

梭梭枯枝率可以反映出梭梭生长的健康状态和梭梭生长发育的状况, 乌兰布和沙漠梭梭林均不同程度的存在梭梭枝条枯萎的状态, 其平均枯枝率为25.78%, 吉兰泰区域最低为19%, 敖伦布拉格区域则高达31.53%, 各区域平均枯枝率排序为吉兰泰<罕乌拉<哈夏图<敖伦布拉格 (如图4-1)。

在调查过程中, 我们发现在各个区域梭梭林内均有枯死梭梭植株, 有些地带林内较为密集, 而有些地带枯死株零星散落于林间。从野外调查情况看, 死亡株大部分都已倒伏, 仅残存有少量地上部分, 且木质大部分已经腐朽, 因此可以确定这些枯死株的死亡时间已经很久, 并不是近期发生的, 且大部分死亡株株体高大, 所以应该是正常的植株衰老死亡。从图4-1中可以看出平均死亡率最高的区域是哈夏图-二日湖区域, 达到了22.92%, 其次是罕乌拉-好来包区域13.99%, 再次为敖伦布拉格区域10.92%, 最低为吉兰泰区域7.63%。部分苗木枯死, 还存在一个天然梭梭林林分自然稀疏的过程, 它普遍存在于自然和人工植物群落中。种群生长到一定阶段, 种内竞争日趋激烈, 从而导致植物的密度依存死亡。梭梭林内乔木、灌木、草本植物对不同层次土壤水分利用的分异比较明显, 草本植物和灌木分别主要利用0~20cm和0~100cm的土壤水分, 梭梭主要利用60~120cm的土壤水分。在梭梭林成长过程中, 沙丘水分递减, 梭梭因水分亏缺而发生自然稀疏化 (常兆丰, 2008), 一些生长不良、植株枯枝较多或是有病害的梭梭就会自然死亡, 这是一个自然正常的生态过程。

野外实地判断一年生、二年生或是三年生的梭梭实生苗较为困难, 因此我们将各样地内地径≤3mm的梭梭小苗统计出来, 均算为林内更新幼苗, 计算所占林分比例。四个区域幼苗更新比例变化趋势与死亡率的变化趋势一致。整个区域的平均更新苗比例为6.27%, 最大更新苗比例为哈夏图区域的11.58%, 最小为敖伦布拉格区域的2.33%, 虽然在局部区域林内未见更新小苗, 但是从以上数据表明乌兰布和沙漠梭梭林总体上具有自我更新能力。

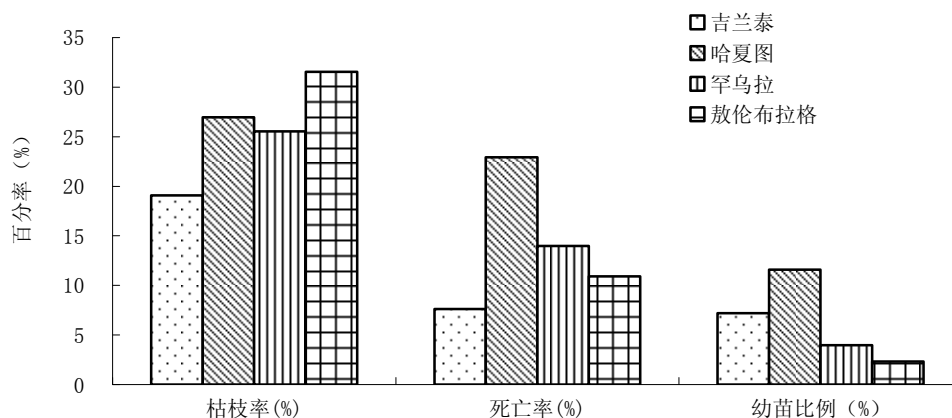


图 4-1 乌兰布和沙漠不同区域梭梭林更新状况比较

三、不同立地条件梭梭林生长状况

吉兰泰南部地带的植被总盖度达到了35%以上,此区域属于半固定沙丘地带,土质疏松,水分条件较好,林分密度大,死亡率仅为1.63%,而地径 $\leq 3\text{mm}$ 的实生苗所占比例较高,达到了14.6%,更新状况良好,因此该地带为吉兰泰南部区域梭梭林分布核心地带。该核心区外沿地带,梭梭盖度降低到为6.12%,林分密度稀疏,死亡率为11.76%,其原因可能为边缘地带受人为破坏和牲畜啃食较为严重,在林中无更新苗出现,表明此地带梭梭林处于衰退状态中。吉兰泰北部区域梭梭分布相比南部区域并没有那么集中,植被总盖度均在14~40%之间,梭梭分盖度所占比例较小,均在15%以下,占总盖度的18%左右,此地带均为平缓沙地,梭梭林枯枝率较高,达到20%以上,林间有更新小苗出现,局部地带小苗的密度较高。从林分整体生长状况来看,南部区域梭梭长势要好于北部区域(表4-2)。

哈夏图东南-二日湖区域梭梭林分布面积大,较为集中,是乌兰布和沙漠腹地梭梭分布的核心地带。该区域梭梭分布的土壤质地、立地条件差别较大:既有平缓沙地,又有流动沙丘,既在固定沙丘间有分布,也在古湖盆地沉积地带分布,因此,该区域梭梭林分布范围广,立地条件较为复杂。二日湖西南地带梭梭盖度为8.42%,群落密度在 $800\text{株}/\text{hm}^2$ 左右,向西南方向往沙漠腹地逐渐推进,密度逐渐增加,达到 $900\text{株}/\text{hm}^2$,但是梭梭种群盖度较小,仅为5.95%,该区域梭梭死亡率达到25%,但是实生苗更新比例为区域最高,达到了50%。在这一地带梭梭林分布的外沿区域梭梭稀疏,梭梭盖度占群落总盖度的比例低,仅为3%左右,植株死亡率高达50%以上,是整个乌兰布和沙漠梭梭林内死亡率最高的一个区域,在该样地内并未见更新小苗。哈夏图区域以东、南地带梭梭林植被盖度均在10%左右,梭梭更新苗比例较高,达到了38%,梭梭林整体生长态势良好。在该区域有些地段梭梭林内均分布着死亡植株,但是调查发现林内更新小苗数量也较多,所以此区域梭梭林生长稳定,种群更新

状况良好。

表 4-2 乌兰布和沙漠不同区域典型梭梭样地植被生长、更新情况及土壤立地条件

区域	样地	总盖度 (%)	梭梭				更新苗比例 (%)	土壤质地、立地条件
			盖度 (%)	密度 (hm ²)	枯枝率 (%)	死亡率 (%)		
吉兰泰	AL01	32.11	6.12	281.25	0.00	11.76	0.00	半固定沙丘地带，以沙土为主，沙粒松软，水分湿润
	AL02	63.23	46.48	2300.00	8.33	1.63	14.69	半固定沙丘地带，以沙土为主，沙粒松软，土层较湿
	AL07	41.26	8.56	543.75	27.78	5.88	0.00	平沙地
	AL08	14.37	10.20	731.25	21.09	11.26	14.07	平缓沙地，40cm 以下土壤紧实度高，含有少量粘土
哈夏图-二日湖	AL20	34.35	1.06	100.00	37.05	24.26	4.54	平缓沙地，土壤潮湿，20cm 以下土壤紧实
	AL22	43.00	2.87	391.67	24.67	33.76	0.00	平沙地
	AL24	41.30	5.95	945.83	26.40	25.28	50.00	高大沙丘地带，土层疏松
	AL25	10.29	8.42	831.25	35.33	27.59	0.00	地表流动沙丘，底部为湖相沉积物，0-10cm 呈黄棕色，紧实，20cm 以下土质疏松，
	AL27	22.48	3.49	387.50	32.50	24.76	6.92	固定沙丘地
	AL28	22.41	6.51	550.00	25.71	52.86	0.00	高大流动沙丘的中下部，土壤松软
	AL29	15.91	8.23	375.00	24.23	32.29	0.00	平沙地
	AL36	78.51	0.78	50.00	5.00	12.50	14.99	平沙地
	AL39	33.85	5.43	356.25	27.61	3.66	7.07	半固定流沙地带
	AL41	35.81	27.71	637.50	6.63	20.71	14.81	流动沙丘地带
罕乌拉-好来包	AL42	45.98	9.17	462.50	27.02	10.26	11.78	固定沙丘地带，10cm 以下土壤疏松
	AL46	52.00	5.07	275.00	43.50	5.23	38.00	固定沙丘，表层有结皮
	AL31	34.33	8.39	2087.50	17.27	11.46	0.00	平沙地，土壤疏松
	AL33	16.06	3.74	412.50	24.13	21.43	12.63	平沙地，表层疏松，10cm 以下稍紧，
	AL34	29.88	3.03	237.50	62.26	27.27	3.53	平沙地，表层疏松，30cm 以下稍紧，
	AL35	27.04	2.88	125.00	16.89	0.00	7.06	平沙地，表层土壤疏松
	AL52	13.29	6.72	612.50	29.68	12.75	0.00	古河床冲积地带，沙质土壤，土壤紧实，
	AL53	25.35	9.55	387.50	22.78	25.00	4.62	固定沙丘地
敖伦布拉格	AL54	15.54	3.86	175.00	5.82	0.00	0.00	平缓沙地
	AL55	11.55	4.94	350.00	42.90	10.83	0.00	平缓地带，表层有较小的砾石，土质紧实，10cm 以下含有粘土，
	AL56	13.01	10.29	512.50	26.67	12.00	0.00	平缓地带，表层有较小的砾石，土质紧实，
	AL57	15.25	12.37	581.25	28.09	7.15	0.00	覆沙地，0-30cm 土层疏松，30cm 以下含有粘土，紧实
	AL58	31.67	8.55	437.50	31.91	9.63	4.61	古河床边，丘间低地处，
	AL60	51.70	5.38	212.50	28.09	15.00	7.06	固定沙丘地带，表层 0-20cm 较紧实，20cm 以下土质疏松，呈黄棕色

罕乌拉-好来包区域梭梭林整体分布较为稀疏，林分密度小，梭梭盖度所占比例平均为 8.3%。此区域梭梭林分布的生境条件较为单一，差异并不大，基本上分布在平缓沙地上，土壤疏松，水分条件较好。此区域内梭梭林分布的核心地带在罕乌拉东南、好来包以西北区域，梭梭密度在 2000 株/hm² 左右，但是在外延地带梭梭林密度降低到 200~400 株/hm² 之间，

梭梭分盖度较低,有些地带梭梭死亡率高达27.27%,但是整个此地带林内均有梭梭更新小苗,种群更新良好。在此核心区的外沿偏北即罕乌拉以南地带(梭梭林分布也较为集中,主要在河床冲击地带,地势平坦,沙层较厚,梭梭枯枝率达20%左右,植株死亡率12.58%,更新苗比例较小,在此中心地带更新苗比例仅为4.62%,且在外侧区域,并未发现有更新小苗存在,虽然梭梭林稀疏,盖度仅为3.85%,但是林内没有枯死梭梭,所以此区域分布的梭梭林目前较为稳定。

敖伦布拉格梭梭林分布区域主要在乌兰布和沙漠北缘即敖伦布拉格镇和查干德日斯之间的较为广阔的区域,此区域梭梭林分布较为稀疏,群落密度最大值出现在此分布区域的北缘,查干德日斯西北侧。此地带植被最高密度为580株/hm²,植被总盖度为15.25%,梭梭盖度占12.37%,林内梭梭长势较差,平均枯枝率达到了32.55%,植被死亡率为12%左右,且整个地带没有更新苗,表明此区域植被处于衰退状态。敖伦布拉格镇西南区域植被盖度逐渐增大,梭梭分盖度相比北部边缘地带有所升高,梭梭死亡率与北部区域相当,但是林间均有更新苗,更新苗比例为5.84%,表明此区域梭梭林生长稳定,种群处于恢复增长阶段。

从上述调查的梭梭林生境状况和立地条件来看,在半固定沙丘和固定沙丘上分布的梭梭生长较为良好,平缓沙地、古河床冲积沙地、古湖盆湖相沉积覆沙地带梭梭生长较好,而在盐碱滩地边缘沙化地、或是在粗砾质沙地或石质、砾石戈壁梭梭生长较差。梭梭更新小苗主要分布在土质疏松的平缓沙地、半固定沙丘和固定沙丘的低洼地带,这些地带水分条件较好,有机质含量较高,形成了“肥岛”,而梭梭的种子在这些“肥岛”内不易被风吹走,逐渐的定居下来,形成了更新苗;在土壤较为紧实的覆沙地或是土壤表层以下30cm深含有较多粘土的覆沙地,或砾质戈壁上没有更新小苗或是小苗数量很少,这是因为土壤紧实梭梭幼苗根系不能深入土层,而砾质土壤土层较浅,水分含量少,因此幼苗少。

四、天然梭梭林围栏封育状况

吉兰泰区域大部分地方实行了围栏封育,梭梭林得到了有效地保护,也使得该地区的梭梭林可以很好的生长,只是在局部地带梭梭林内放养有少量骆驼,对梭梭的生长和发育影响较小。

哈夏图-二日湖区域梭梭分布面积较大,一些地带梭梭林实行了围栏封育,生长状况良好,但是有些地带并未进行有效地封育措施,放牧现象较为严重,骆驼数量多,导致梭梭被啃食严重。哈夏图东、南部分地带梭梭林虽然设置了一些围栏,但是有些地段围栏断开、或

是倒伏，并未起到有效的防护效能，况且在林内放牧较为严重，有骆驼还有羊只，因此梭梭枝条啃食严重，达到了50%以上，当年生新枝条基本被啃食光，只留有老枝，成为小老头树，矮化现象明显。

表 4-3 不同区域梭梭林围封状况及病、虫、鼠害等情况

区域	样地	封育、放牧状况	啃食程度 (%)	鼠洞 (个 /100m ²)	虫害 (%)	病害 (%)
吉兰泰	AL01	封育	2.10	1.92	0	0
	AL02	封育	0	2	0	38.84
	AL07	封育	8	0	2.00	11.23
	AL08	封育	10.5	1.92	2.23	18.50
哈夏图	AL20	未封育	11.25	0	0	0
	AL22	未封育	57.99	0.33	0	0
	AL24	未封育	15.26	1.67	0	0
	AL25	未封育	39.66	0.33	0	0
	AL27	封育	10.76	4.50	0	2.78
	AL28	未封育	50.37	2	0	0
	AL29	未封育	20.14	2	5	38.33
	AL36	未封育	18.45	4.50	0	0
	AL39	未封育	26.78	7.00	37.04	37.71
	AL41	重度放牧区	57.76	0	0	21.74
	AL42	封育	14.34	0	4.35	39.13
	AL46	未封育	17.45	4.25	0	0.95
罕乌拉	AL31	未封育，骆驼啃食	36.17	2.00	0	30.00
	AL33	封育	18.24	2.75	8.94	27.14
	AL34	未封育	66.21	4.63	29.17	0
	AL35	未封育，骆驼啃食	68.33	5.00	0	0
	AL52	未封育，骆驼啃食	53.89	2.19	0	0
	AL53	封育防鼠区	83.08	4.75	0	0
	AL54	未封育，骆驼啃食严重	68.70	0	8.3	0
敖伦布拉格	AL55	未封育，骆驼啃食严重	86.78	3.50	0	0
	AL56	未封育，骆驼啃食严重	58.33	1.88	0	8.00
	AL57	封育	16.90	1.08	0	0
	AL58	未封育	34.29	4.75	11	0
	AL60	未封育	79.23	2.88	0	0

罕乌拉-好来包区域局部地带围栏封育，林木长势较好，林分密度较大，其余部分地带均没有有效地围栏封育，骆驼、羊对梭梭林啃食严重。敖伦布拉格区域梭梭林分布的整体状况与罕乌拉地区相似，骆驼啃食严重，枝条啃食率平均为55.11%。各区域梭梭林封育状况见表4-3。

从围栏封育措施来看，对梭梭林采取保护措施可以有效地减少骆驼、羊对梭梭的啃食和践踏，梭梭林的生长势、密度、更新状况等均优于未封育的梭梭林；而未封育的梭梭林没有得到有效地保护，受到骆驼、羊等家畜的肆意啃食，以及人为的樵采、砍伐等破坏，梭梭林生长状况较差，死亡率较高，更新比较困难。吉兰泰区域大部分地区进行了围栏封育，梭梭林生长良好，而其余区域虽然局部地区实行了围栏封育，但是总体上面积较少，封育区零散，因此在一定程度上影响了梭梭的生长，梭梭生长相对差一些。围栏封育对植被恢复，减少外

界干扰起到了重要的作用，但是在保护植被的同时，将一片地域分割为小块土地，影响了野生动物的迁徙、捕食与生存，如林内沙鼠的天敌，狐狸等动物因围栏而被“拒之栏外”，无法捕食到沙鼠。因此在封育的同时我们还应该考虑如何更有效的将本来的动植物之间的联系保留下来，使之保持自然界的平衡。

五、天然梭梭林病虫害发生情况

在吉兰泰南部区域，林分密度较大的地带，梭梭林病害率高达38.84%，主要以白粉病为主，表现为一些梭梭当年生新枝条上附着了一层白色霉状物质，在林分密度较小的地带或是核心分布区外沿地带梭梭生长正常。吉兰泰北部区域小部分林带内有病害发生，发病率为18.5%，林间鼠洞平均为1.92个/100m²，枝条有啃食现象，但是并不严重。

在哈夏图南部梭梭林分布核心区局部地带，梭梭病害较为严重，平均病害达到了24.88%，以白粉病为主，并伴随有虫害发生，虫害较为严重的地带主要分布在包日毛道附近，主要表现为有虫卵产生，并有大量的枝条相互粘连在一起，对梭梭的生长产生了一定的影响，并且鼠洞数量也较多，达到了7个/100m²，因此该地带梭梭林生长较差。

罕乌拉-好来包区域局部地带鼠害较为严重，林间鼠洞分布较多，平均鼠洞分布数量为3.55个/100m²，骆驼、羊的啃食加上沙鼠对梭梭枝条的采食，导致此区域梭梭枝条啃食率达到了65%以上，长势衰弱，枝条稀疏，林分盖度低，在罕乌拉-好来包中部区域，调查发现有害虫发生。

敖伦布拉格区域梭梭林间均有鼠洞，鼠洞数量平均为2.82个/100m²，林间无虫害发生，但在查干德日斯北侧梭梭林边缘地带，调查发现林间有轻微病害发生，并不严重。各区域梭梭林样地病虫害情况见表4-3。

通过上述分析，从各区域的整体情况来看，吉来泰区域的梭梭群落覆盖度较高、密度较大，幼苗比例高，死亡率较小；哈夏图区域、罕乌拉区域由于分布面积较大，生境较为复杂，梭梭群落无论从覆盖度还是从密度和更新情况来讲差别都较大，但是从整体上来看，西部和南部梭梭群落生长相对较稳定，东部及东北部生长较差，一些区域梭梭林处于衰退状态中，因此哈夏图区域梭梭林生长状况优于罕乌拉区域；敖伦布拉格区域梭梭生长状态相对较差，区域西部及南部生长稍好于东部及北部。

由此表明，整个乌兰布和沙漠区域梭梭林分布从经向上来看，梭梭林由西向东盖度变化呈现增加然后逐渐减小的趋势；相应的，沙漠西缘梭梭林生长状况较好，逐渐的向东推移，

梭梭林生长稀疏，在沙漠东侧梭梭林生长状态较西侧差；四个主要分布区域生长状态由好到差的经向顺序依次为：吉来泰区域>哈夏图区域>罕乌拉区域>敖伦布拉格区域。从纬向上看，沙漠南缘和沙漠腹地梭梭林较为密集，生长状态好，随着向北移动，梭梭林生长势逐渐变差，死亡率逐渐增加，群落密度逐渐减小，沙漠北侧梭梭林整体生长状态相比沙漠南缘和中部差。整个沙漠区域天然梭梭群落生长状态由好到差的纬向顺序分别为：沙漠南部>沙漠中部>沙漠北部。

第二节 天然梭梭林的影响因素

一、干旱气候对梭梭林的影响

乌兰布和沙漠属于干旱荒漠区，潜在蒸发量远远超过降水量，可利用的水分稀少是植物生长的限制因素。虽然梭梭适应干旱气候条件，需水量少，但是它对土壤水分还是有最低限度的需要，否则其生长则受到限制。据黄子琛等对生长在风沙土上梭梭研究表明，根系层土壤含水率低于 0.82%时梭梭死亡，而土壤水分介于 0.82~1.30%之间梭梭处于退化状态，土壤水分高于 1.30%，梭梭才能正常生长。由于乌兰布和沙漠的降水量年际波动较大，变化剧烈，特别是持续连年的干旱导致上层土壤含水率极低，从而使局部浅根系梭梭生长受到抑制，严重时甚至衰败、死亡。尽管乌兰布和区天然降水很少，但降水在地面的重分配，也为荒漠和绿洲的发育提供了部分水资源保障，例如湖盆洼地、干河床及河滩地等生境内为梭梭及其它植物提供了水分较好的生存生境(朱宗元等，2000)，另外部分地下水较高的生境也为根系较深的梭梭提供了较好的生存生境。

(一) 气温

根据乌兰布和沙漠周边的巴彦诺尔公、吉兰泰和阿拉善左旗三气象站 1954~2008 年的年平均温度 (°C) 资料可知(图 4-2、4-3、4-4)：吉兰泰因为地处沙漠西南边缘，气温高于距离沙漠较远的阿拉善左旗(巴彦浩特)和巴彦诺尔公，而三个站点的气温变化趋势一致，在 1954~2008 年的时间段里，气温呈明显的增加趋势。三个气象站 1954 年的平均气温分别为 6.8°C，8.3°C，6.7°C，而到了 2008 年，三个气象站的气温大约为 7.5°C，9.1°C，8.4°C；三年滑动平均气温 1956 年为 6.8°C，8.2°C，6.8°C，而到了 2008 年，三年滑动平均气温 1956 年为 8.0°C，9.8°C，9.1°C；五年滑动平均气温 1958 年为 6.9°C，8.4°C，7.0°C，而到了 2008 年，五年滑动平均气温为 7.9°C，9.7°C，9.1°C，50 余年的时间里，气温升高了 1°C 左右。

特别是乌兰布和沙漠西南缘的吉兰泰温度升高速度明显高于其它两个站点。

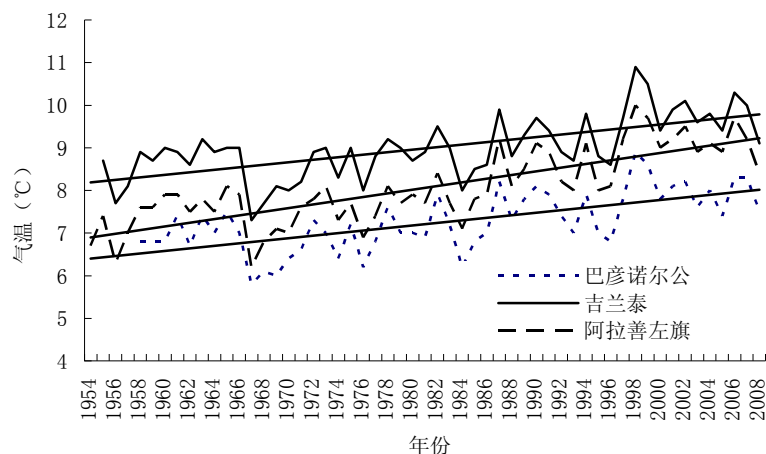


图 4-2 阿拉善平均气温(年际)

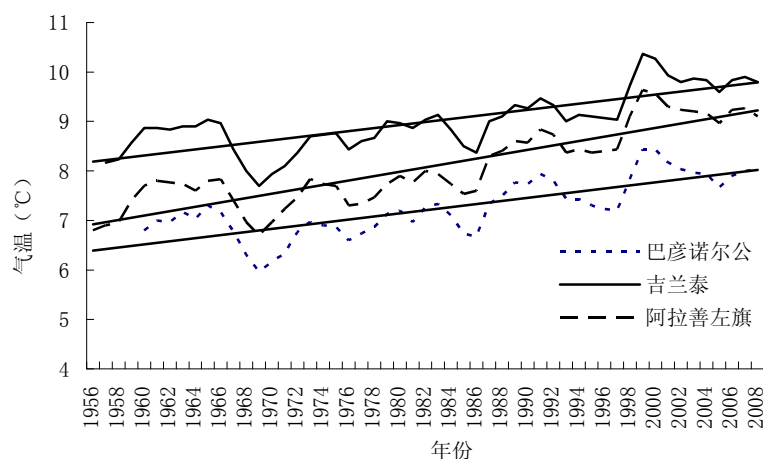


图 4-3 阿拉善平均气温(3年滑动)

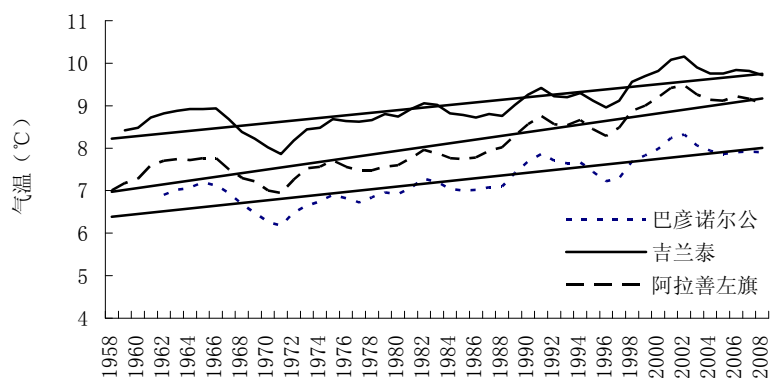


图 4-4 阿拉善平均气温(5年滑动)

据研究表明(赵明等, 2003): 在气温、大气湿度、辐射等环境因子中, 梭梭蒸腾量与气温之间关系最为密切, 相关系数达到极显著水平, 为 0.8610, 气温对梭梭蒸腾的贡献率达到 51.8%以上, 梭梭蒸腾量的与气温的关系呈直线相关, 其回归方程为: $Y = -33.52 + 4.149X$

($F=73.599$)。乌兰布和的温度增幅相当惊人，从而导致地表物质的潜在蒸发能力增强。尤其是冬春季节气温升高，导致土壤水分散失加快，土壤干燥疏松，进而影响梭梭春季的萌动发芽。同时由于气温升高梭梭的蒸腾量也大幅升高，进而导致梭梭的耗水量大幅提高，需要根系吸收更多的水分。

(二) 蒸发

乌兰布和沙漠地区的蒸发量很高，根据沙漠周边三个气象站吉兰泰、阿拉善左旗(巴彦浩特)、乌拉特后旗的观测资料，阿拉善左旗的蒸发量在 2200mm 以上，而沙漠西南缘的吉兰泰蒸发量则在 2700mm 以上，东北缘的乌拉特后旗在 3000mm 以上，是降水量的 25 倍左右。强烈的蒸发必然导致植被较大的需水量（图 4-5、4-6、4-7）。

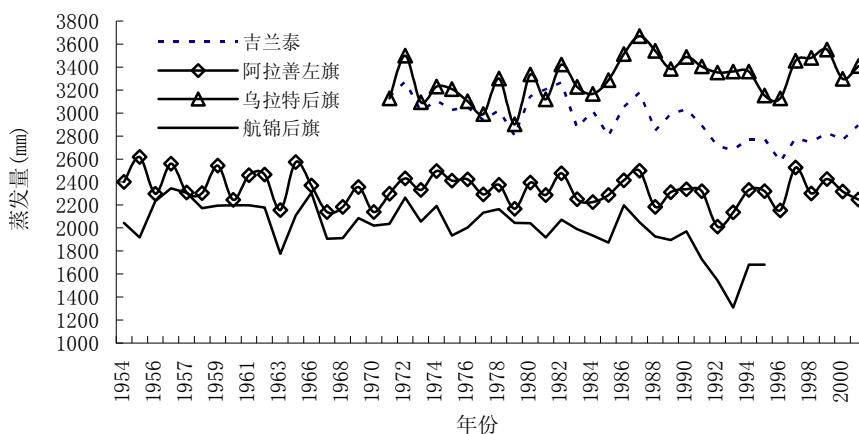


图 4-5 乌兰布和年蒸发量

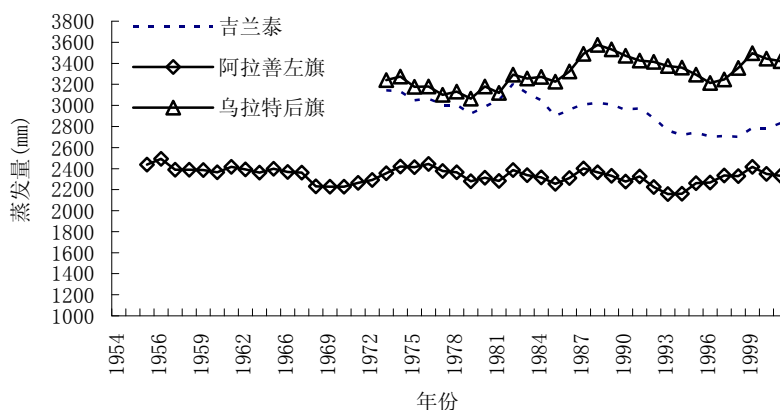


图 4-6 乌兰布和年蒸发量(三年滑动)

在沙漠区由于气温高，相对湿度小常常会引起大气干旱，使得植物蒸腾量超过了根系吸收的水量，破坏了植物体内的水分平衡，植物发生萎蔫现象。如果大气干旱时间较长，而水分又没有及时跟上，植物则会陷于永久萎蔫状态，最终死亡。对于梭梭当年生小苗来说，如

果当年雨水充沛, 则会使根系深扎入土中; 如果遇到降雨量少, 在如此高蒸发量的环境下, 沙丘表层迅速失水, 如果连续长期干旱, 沙层表层水分被成株梭梭根系吸收造成沙层旱化, 导致梭梭小苗根系吸收不到有效水分, 最终枯死。在这种自然状态下, 导致梭梭林的自然更新能力下降, 梭梭种群处于退化状态中。

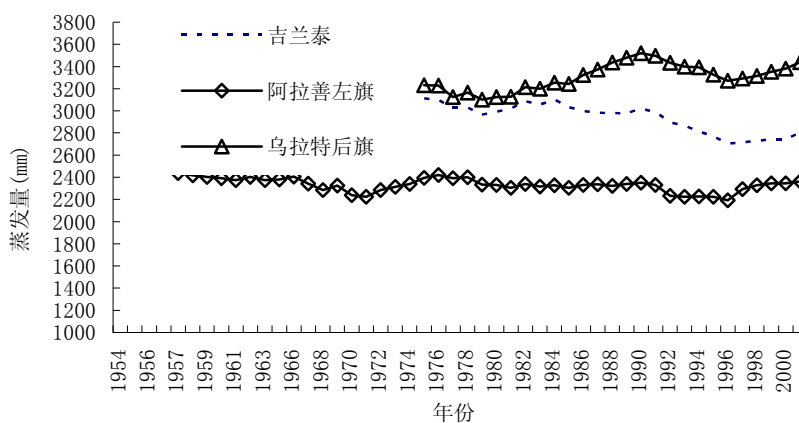


图 4-7 乌兰布和年蒸发量(五年滑动)

(三) 降水

乌兰布和沙漠地区的降水量较低, 根据沙漠周边三个气象站吉兰泰、阿拉善左旗(巴彦浩特)、巴彦诺尔公的观测资料, 巴彦诺尔公和沙漠西南缘的吉兰泰的降水量在 120mm 左右, 阿拉善左旗的降水量则在 220mm 左右。总体看来, 近 40 年来, 年降水量的变化不大, 但年际波动剧烈。干旱年份和相对丰水年份交替明显, 上世纪 60 年代末期、70 年代中期、80 年代中期和 21 世纪初期属于干旱年份, 出现了持续的干旱(图 4-8、4-9、4-10)。在干旱年份里, 阿拉善左旗和吉兰泰的年降水量只有 70~80 mm。加之持续上升的气温和很高的蒸发导致了上层土壤水分含量极低。而由于具有活性的梭梭根系多分布在 30~80cm 的上层土壤, 生长水分的缺乏, 造成梭梭的生长不良、更新困难。沙丘表层水分被梭梭的侧向根系吸收, 导致表层水分减少, 梭梭幼苗由于没有较深的根系利用不到沙丘深层水分枯萎而死; 或是在沙漠高温环境下, 梭梭小苗由于不能吸收到充足的水分导致蒸腾作用下降影响了体内生理代谢(宋于洋, 2009), 被沙丘表层高温灼伤, 不能够进行自我修复而死。因此, 长时间的干旱, 就有可能造成梭梭种群自我修复能力的降低, 导致梭梭林大面积的衰败。

剧烈的降水波动和持续干旱是影响乌兰布和沙区梭梭生长的一个主要因素, 梭梭较浅的活性根系分布特征(30~80cm)和强烈的蒸发是影响梭梭生长的客观条件。由于乌兰布和沙区降雨存在明显的干湿交替现象, 这也是导致了该地区梭梭水平分布的侧根发达, 主根退化。在干旱周期, 土壤上层水分含量极低, 梭梭不能在 20~80cm 土层吸收水分, 因此梭梭主要依靠埋藏较深的主根来吸收水分和养分, 供给植株生长。此时那些植株主根尚能执行吸

收功能的梭梭则存活了下来，而主根不能执行吸收功能的梭梭植株则衰败。当由干旱周期进入降水较多的相对丰水周期以后，土壤上层水分含量较高，梭梭在 20~80cm 土层能够吸收到充足水分，因此梭梭主要发育生长发达的侧根，由于主根属于多年生长的老根，表皮较厚，吸收功能减弱而逐步生长退缩，渐渐失去吸收功能而不再生长发育而最终腐烂，促使梭梭植株发育发达的侧根，吸收 20~80cm 土层的水分。当再一次进入干旱周期后，由于梭梭植株主根已失去吸收水分和养分的功能，梭梭已不能利用到较深土层的水分和养分，而由于上层土壤水分极低，侧根虽然发达，但已无可利用的浅层水分吸收，进而导致了生长受限并逐步衰败。

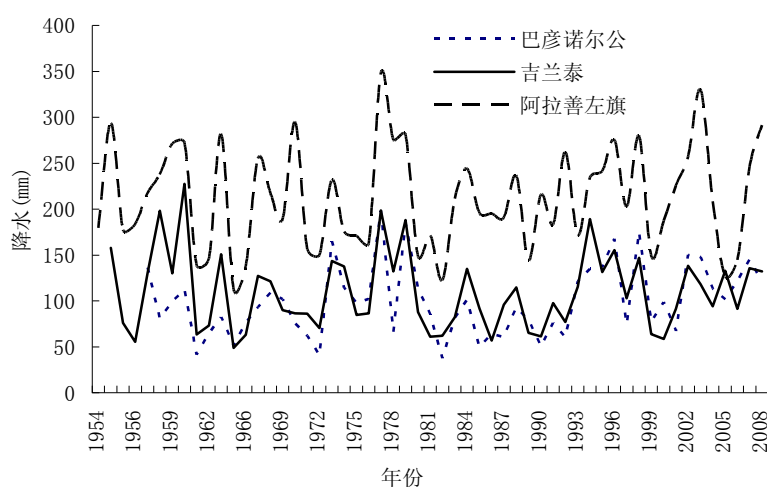


图 4-8 阿拉善降水量(每年)

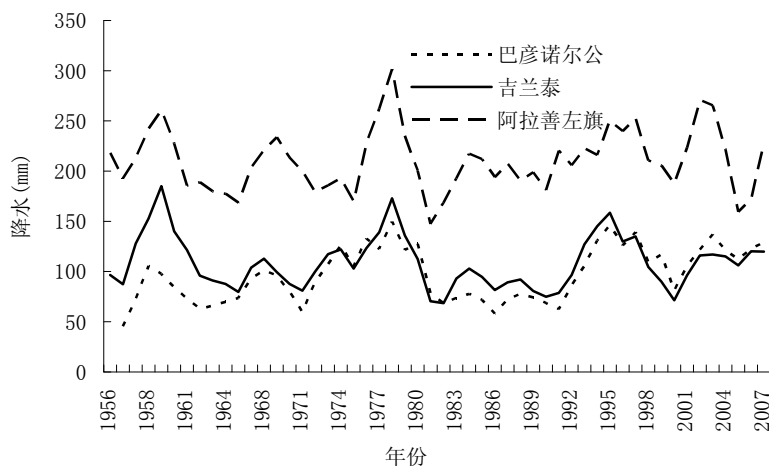


图 4-9 阿拉善降水量(3年滑动)

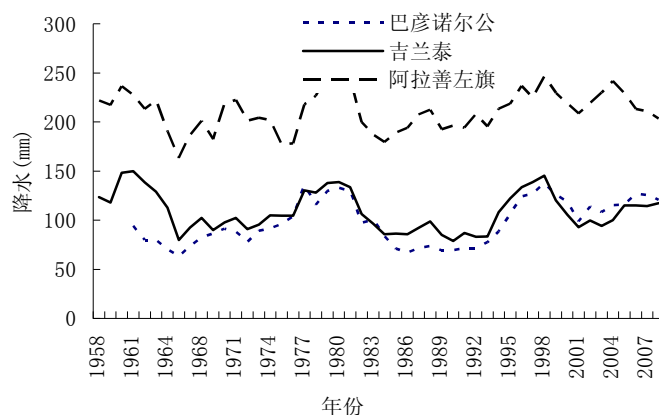


图 4-10 阿拉善降水量(5年滑动)

频繁剧烈的干湿交替、气温显著上升、强烈的蒸发、持续的干旱，尤其是气温升高与降水稀少的干旱周期相互叠加，加剧了梭梭的干旱胁迫，进而导致了大面积主根不发达的天然梭梭水分吸收严重受限，生长受到抑制而衰败。

二、鼠虫病害对梭梭林的影响

鼠、虫、病害对乌兰布和沙漠梭梭林的影响巨大，尤其是鼠害对梭梭林造成了严重的危害。

(一) 鼠害

天然梭梭林常见的森林害鼠种类主要有大沙鼠 (*Rhombomys opimus*)、三趾跳鼠(*Dipus sagitta*)、五趾跳鼠 (*Allactaga sibirica*)、子午沙鼠 (*Merione meridianus*)、长耳跳鼠 (*Euchereutes naso*)。其中，优势种为大沙鼠，占害鼠种群的 90%以上 (牛春花等，2002)。鼠害的发生时间一般在夜间 (方天纵等，1995)。

鼠害对梭梭林的危害，主要有以下几种情况：

1.大沙鼠喜欢在梭梭基部隆起的沙土丘上打洞穴居，破坏梭梭的根系，啃食梭梭的根皮。根系局部被啃食时，梭梭还能维持生长，但长势减弱。严重时，梭梭的主侧根全被啃食，根部呈秃桩状，输导功能完全丧失造成整株枯死 (牛春花等，2002)。

2.在生长季节，沙鼠攀爬上树冠，将梭梭顶端的嫩枝咬断，下树取食，导致梭梭生长不良、矮化 (刘晋，2006)。而且，当梭梭营养枝受到机械损伤时，邻近受伤部位萌发的新枝基本上不能形成花芽，也就不能结果，影响了梭梭的自然更新 (盛晋华等，2002)。

3.沙鼠啃食梭梭的树皮，部分啃皮造成梭梭的长势衰竭。严重时，环状啃皮可造成梭梭输导功能丧失，整株枯死 (郝俊等，2002)。而沙鼠在啃食时，能将枝干咬成深槽，在大风

经过时，容易造成梭梭风折，导致死亡 (牛春花等，2002)。

4.沙鼠取食梭梭的种子，危害梭梭的幼苗，造成梭梭更新困难 (陶格日勒，2002)。沙鼠啃食梭梭的种子、幼苗的根系以及枝条，大大降低了梭梭种子的出苗率和梭梭幼苗的成活率，严重影响了梭梭林的天然更新。

鼠害对于阿拉善梭梭林的危害不仅发生面积大，而且危害程度严重 (黄建文等，2004)。据调查，全阿拉善盟发生鼠害的梭梭林占总梭梭林面积的 20%左右，其中严重发生面积为 $7.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占全盟梭梭林面积的 13%左右 (郝俊等，2002)。发生鼠害的梭梭林区域，梭梭平均受害株率 75%左右，平均受害枯死率达 16% (牛春花等，2002)。

鼠害对于梭梭林的危害程度也相当严重。据调查，但凡有大沙鼠穴居的林地，梭梭长势衰竭，自然更新困难，趋于退化 (张希林，1999)。鼠害严重时，可造成梭梭林成片死亡。特别是在干旱年份，许多植被枯死、退化，害鼠为了生存加剧了对梭梭林的毁灭性危害。据调查显示，害鼠为了度过漫长的冬天，在一个洞群的贮藏室内贮藏食物量高达 1158 kg，其中梭梭占到了 1079 kg (牛春花等，2002)。也就是说，为了贮藏超过 1 t 的梭梭食物，假设 1 株成年梭梭能够提供害鼠 10 kg 的食物，也就表明有近 100 株的梭梭被害鼠严重损伤、甚至死亡。在梭梭林的恢复造林中，鼠害的威胁也很大，直接影响到造林的成败 (方天纵等，1995)。

(二) 虫害

虫害对于梭梭林的影响主要表现在影响梭梭林的自然更新上。梭梭幼苗容易遭受虫害的影响，特别是在出苗后的一个月 (杨美霞等，1995)。在流动沙丘上，短鞘步甲 (*Opatrum subaratum*)、琵琶甲 (*Blaps davicae*) 的虫口密度很大，常常啃食梭梭的子叶和幼苗根系，降低幼苗的成活率 (方天纵等，1995)。虫害会随着时间的延长而加重，5 月中旬之后，虫害活动增强，梭梭幼苗的虫害率可能接近 70%。贾志清等 (2005)对新疆甘家湖梭梭自然保护区梭梭林的虫害调查得出，梭梭林害虫种类计有 47 种，其中重要的包括黄古毒蛾 (*Orgyia dubia*)，瘿蚊类 (Cecidomyiidae)、大木虱 (*Callardia* sp.)、木蠹蛾 (*Holcocero* sp.)、土栖吉丁虫 (*Julodis uariolaris*)等。

(三) 病害

白粉病 (*Lereillula saxaouli*) 是梭梭林的重要病害，危害同化枝，以毡状的菌丝层紧密地覆盖着同化枝，直接影响光合作用，使梭梭的生理机能降低，生长受到抑制，结实量减少，

发病严重的幼苗往往造成死亡 (张希林, 1999)。

(四) 鼠虫病害与自然调节

总体来看,鼠虫病害是自然生态系统的一部分,自然调节对于鼠虫病害具有控制作用。鹰、蛇、狐狸、虎鼬等都是老梭梭林内沙鼠鼠的天敌,共同组成了自然生态系统的生物链条,因此可以通过保护沙鼠的天敌,进而有效地控制沙鼠的数量。大沙鼠与梭梭林的关系,也存在一个反馈效应。沙鼠越多,则需要更多的食物,造成梭梭林的损伤越严重。而梭梭因为损伤严重则生长减缓,生长状况较差,可提供给沙鼠的食物就少了。因此,沙鼠就只能通过迁移或减少种群数量,来反馈食物的减少。随着沙鼠种群数量的减少,梭梭又开始生长起来。在没有人类活动的情况下,沙鼠和梭梭林之间存在着这样的关系,而且能够保持平衡,也就是说,鼠害本身就是自然生态系统的一部分,是存在的。但是,因为长期剧烈的人类活动,导致梭梭林非自然地大面积减少,在局部地段,鼠害造成了梭梭林毁灭性的破坏,而且在梭梭幼苗的生长初期,鼠害的危害更严重,因此亟需治理鼠害。虫害和病害的大面积流行,一般出现在梭梭林生态适应性很弱,生长状况很差的情况下。而在阿拉善地区,如果水分足够,梭梭的生长较好,抵抗虫害和病害的能力就较强,损害较小。总的来说,鼠虫病害对于梭梭林的危害可称之为“雪上加霜”,即平常情况下的危害较轻,在梭梭林破坏越严重的时候,鼠虫病害的危害越严重。所以,根本的方法就是保证梭梭林正常的生长繁育,通过梭梭林自身的健康状态来抵抗鼠虫病害的影响。

三、人类活动对梭梭林的影响

(一) 樵采

以梭梭为代表的沙漠灌木林,是阿拉善防风固沙的重要屏障。但是,早年间由于缺煤少电,周围居民烧柴主要靠砍伐梭梭林等沙漠灌木。梭梭木质坚硬,含水量少,耐燃烧,火力强,胜过木炭,被当地群众称作“梭梭柴”。在磴口沙区采样测定梭梭柴的热值为 4461 kJ/kg。在上世纪 80 年代以前,梭梭一直是当地农牧民生活薪炭用材的主要来源。

因为国防需要,自 1960 年代初以来,该区域开始大量驻军,另外由于三年困难时期周边大量灾民涌入,使得当地的人口数量显著增加(图 4-11, 4-12),阿拉善左旗人口 2008 年为 14.30 万人,是 1949 年 2.57 万人的 5.56 倍,其增长幅度远大于全国平均水平。人口显著增加的年份是 1959 年、1960 年、1966 年、1969 年、1972 年和 1975 年,这几年人口增加都在

每年 4000 人以上，1959 年、1960 年和 1969 年甚至超过了 10000 人。1960~1980 年这段时间正是大量樵采致使乌兰布和沙区天然梭梭大面积减少的时段，人口的不断增加致使薪炭用材数量亦不断增长，除了当地农牧民外，从 1958 年到改革开放之前的“大集体时代”，大量的外来人口迁入阿拉善地区，为满足基本的生活需求，梭梭林和榆树林被大量砍伐用来盖房、垒圈、砌井、打家具、烧柴等，同时在当时的政策指导下，大量的林木被运送到苏木和旗里，供更大范围的人群消费。梭梭林的大范围消失就开始于这个时期人口的激增、无节制的樵采，特别是剃光头式的樵采，使荒漠植被破坏严重，成片梭梭林被砍伐后就再也难以得到恢复。

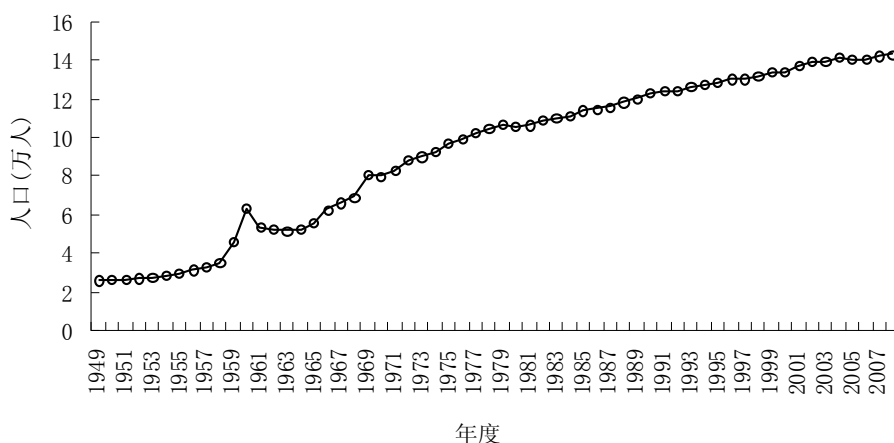


图 4-11 阿拉善左旗人口变化

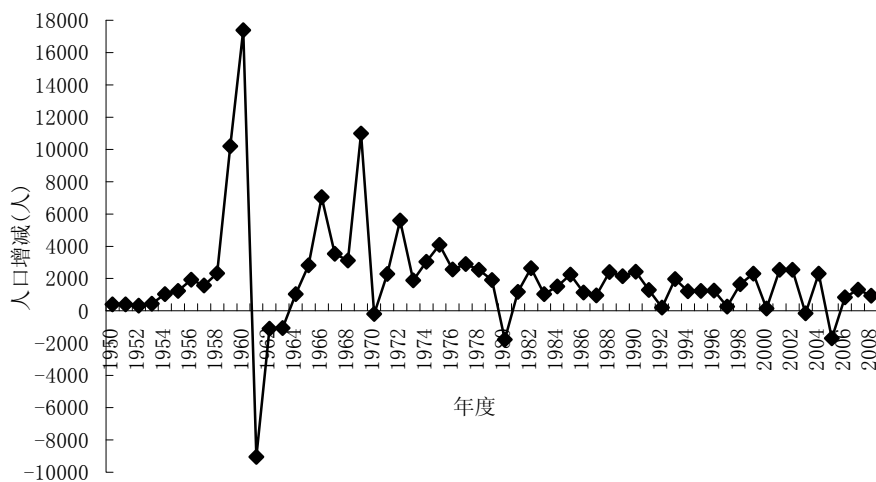


图 4-12 阿拉善人口年际增减

(二) 放牧

畜牧业的经营状况对乌兰布和沙区的生态与环境具有很大影响，其中羊和骆驼是当地最主要的畜牧品种，他们的发展状况亦能直接或间接影响到梭梭林的生存。根据每年六月末的阿拉善左旗牲畜总数统计（图 4-13），1949 年全旗牲畜数量为 21.88 万头，而到了 1980 年

左旗全面采取封育时全旗牲畜数量达到了 143.86 万头，增长了近 6 倍，且以小牲畜数量增加为主，其中山羊数量从 7.31 万只增加到了 64.81 万只；但大牲畜也从 4.83 万头（只）增加到了 18.80 万头（只），其中骆驼从 2.93 万峰增加到了 12.86 万峰。这段时间牲畜数量的急剧增加，给乌兰布和沙区荒漠草地带来了巨大的压力，尤其是采食梭梭的骆驼和山羊数量的增加给天然梭梭造成了巨大的破坏。1980 年以后，阿拉善盟全面采取了封育措施，大牲畜和骆驼的数量才逐步减少，但小牲畜和山羊的数量在波动中仍然逐步增加，牲畜总量的变化趋势仍然为年际波动中略有增长。

骆驼的年平均日采食量为 12.50kg/峰·d，春季为 10.97 kg/峰·d，夏季为 11.57 kg/峰·d，秋季为 17.52 kg/峰·d，冬季为 9.94 kg/峰·d(岳东贵等，1999)，年采食量总计 4562.5kg(皆为干物质)。因骆驼除了采食梭梭外，还采食霸王、驼绒藜 (*Ceratoides latens*)、白刺、针茅、沙葱 (*Allium mongolicum*)、沙鞭 (*Psammochloa villosa*)、沙米 (*Agriophyllum squarrosum*)、猪毛菜 (*Salsola collina*) 等草本或灌木，假如骆驼采食梭梭的量占其采食总量的 1/4，则 1 峰骆驼 1 年采食梭梭的量为 1140.6 kg。因此，在骆驼数量最多的 1982 年，提供骆驼采食的梭梭林共需 3561km²，虽然当时梭梭林的总面积约为 6000 km²，但盖度可以满足骆驼采食需求的成片梭梭林却较少，因此，当时骆驼处于过度超载状态，这也是此后骆驼数量下降的主要原因之一。

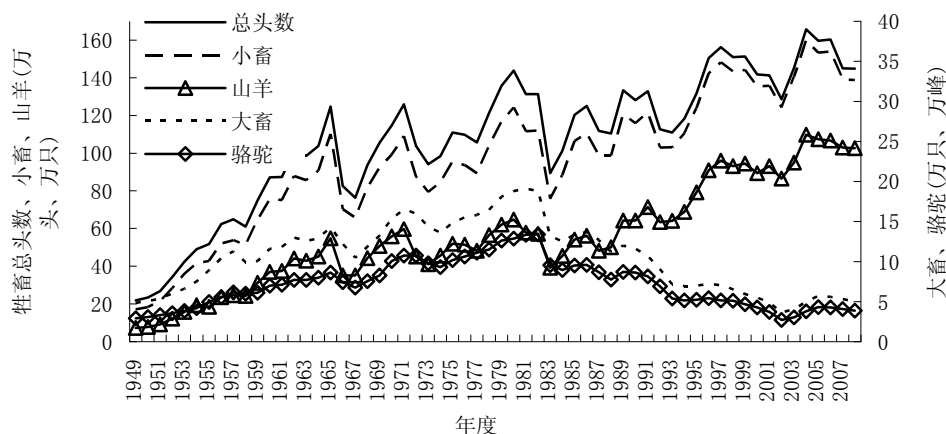


图 4-13 阿拉善牲畜数量变化(六月末)

虽然骆驼采食梭梭有其不利的影响，但在另外一方面，骆驼就像是修剪工，它的采食客观上起了修枝剪叶的作用。据内蒙古阿拉善盟骆驼科学研究所观察，被骆驼适度合理采食的梭梭，其生长势头好于未被采食的群落。如果得不到骆驼采食，第一年，梭梭也许长得很好；到第二年，枝条过度生长后，就会“锈”在一起，只有上部的少量枝条能继续生长；再过一两年，得不到修剪的梭梭就会死去。另外骆驼对一些植物的生长和传播也很有好处，如骆驼

采食牧草种子随后又以粪便形式一同排出，一方面使种子传播范围更广，另一方面经消化道的作用使种子结构发生改变，更易于发芽，利于草场的恢复。同时，因为骆驼的活动，鼠洞被践踏，也阻碍了鼠害的发生。骆驼在行走中很容易踩塌鼠窝，只要鼠窝遭到破坏，老鼠就要搬家重新做窝，这样就延缓了老鼠繁殖后代的频率，起到了生态平衡的作用。并且，骆驼是软蹄动物，蹄面积大而压强小，对草场践踏程度小，踩过的小草依然能正常生长。可见骆驼是与荒漠草原和谐共存的生态系统组成部分，因此，只要保持合理的数量，骆驼对于荒漠生态系统的恢复将能起到积极的作用。

（三）种植和采挖苁蓉

肉苁蓉寄生于梭梭根部，是名贵中药材，素有“沙漠人参”之美誉。建国初期，由于人们对肉苁蓉的药用价值认识不深，肉苁蓉的开发利用仅限于供给国营医药部门的采挖和少量民间的利用，所以因采药而对梭梭林的人为干扰程度较轻，当时肉苁蓉的年产量基本保持在 80×10^4 kg 左右，这一时期普通农牧民根本没有意识到苁蓉的经济价值 (樊文颖, 2001)。而且，在挖完药后，能够回填沙土，对梭梭生长的损害较小。如果是偷挖药材，往往严重破坏根系，危害较大。20 世纪 60 年代中后期，随着知识青年上山下乡和建设兵团的出现，以及梭梭荒漠地区人口的增加，牲畜头数逐年增多，梭梭林受到了无休止的乱砍滥伐和过度放牧等人为非理性利用，使梭梭群落的脆弱生态平衡遭到了严重破坏，肉苁蓉的年总产量也降到了 80 年代初期的 30×10^4 kg。该时期同时也是我国转入经济建设的时期，随着改革开放和社会转型期的到来，人们的经济意识也不断加强，对肉苁蓉野生植物资源的需求量逐年提高，肉苁蓉野生种受到了掠夺式的乱采滥挖，使本来就严重退化的梭梭植被进一步遭受破坏，进入到生态逆向演替的恶性循环之中。

很长一段时间里，采挖肉苁蓉是阿拉善地区农牧民重要的收入来源之一。每年 4 月初到 5 月初，牧民就采挖苁蓉出售，有的一个月可以挖 500 kg 多，收入 1 万多元。近年来，由于大量的滥采乱挖，不但造成荒漠植被的严重破坏，也使野生肉苁蓉资源濒临枯竭。据内蒙阿拉善地区农业部门调查，目前阿拉善荒漠地区野生肉苁蓉的存量只有过去的 1%。阿盟现有天然梭梭林年产肉苁蓉仅有 15×10^4 kg，不及上世纪 50 年代的 1/5。据测算，梭梭林年产苁蓉水平约为 0.39 kg/hm^2 ，如果野蛮采挖，要获得 1kg 苁蓉，则可能对 2.56 hm^2 的梭梭林造成影响。近 50 年来，因采集肉苁蓉大约造成了 12×10^6 株的梭梭死亡，相当于完全毁坏了梭梭林面积 240 km^2 ，如果按一半的采集量，则基本破坏了约 480 km^2 的梭梭林，大约占了近 50 年来梭梭林面积缩减总量的 6%。

在大量掠夺式开采下，天然肉苁蓉资源的衰竭。但是市场需求不断增长，肉苁蓉的价格不断抬升，与十几年前相比，价格抬升了 400%~500%，从而推动了肉苁蓉的人工种植。目前，肉苁蓉人工种植技术难关已经突破，并实现了第一年种植，第二、三年有收获，肉苁蓉已在乌兰布和沙漠梭梭林区域普遍开展，部分牧民开始以种植肉苁蓉为主要产业，种植经营肉苁蓉。肉苁蓉种植追求的高产出，过度利用梭梭吸收的有限水分与养分，对于干旱环境条件下生长的梭梭造成严重影响。嫁接多穴或多年的梭梭不堪承受肉苁蓉对水分养分的需求，出现生长不良甚至衰败死亡。在封育保护政策有效实施下，苁蓉的嫁接可能成为未来影响梭梭最主要的因素之一。

四、地下水

在乌兰布和沙区，由于干旱少雨，地表水资源缺乏，地下水是常年主要供水水源。因此，地上稀疏的荒漠植被和地下水之间，经过长期的演变，形成了一个稳定的生态平衡系统(乌日娜等，2004)。如果过度开采地下水，必然影响地上植被的生长，甚至造成大面积的植被因长时间的生理干旱而死亡。在阿拉善左旗腰坝井灌区，因为灌区超采，地下水中心水位下降了约 6 m(乌日娜等，2004)。在吉兰泰盆地，地下水补给主要是依靠贺兰山和巴音乌拉山以及其它地下潜流的方式补给，地下水资源有限。然后，从上世纪 60 年代起，随着人口的增加和工业的发展，地下水过量开采，地下水位明显降低，从 50 年代末的 40~50cm 下降到本世纪初的 8.4 m。地下水位下降，已经严重影响了该地区的生态与环境，致使大量沙枣枯死，而上百万亩的梭梭林也岌岌可危，即使不因樵采消失，也会因地下水位严重下降而消失。根据实地调查，吉兰泰局部区域已经出现了因干旱导致的梭梭衰败现象。

第三节 天然梭梭林的保护措施与对策

由于乌兰布和沙漠严酷的自然环境，生态条件十分脆弱，加之长期以来的滥伐、过牧、超采地下水等不合理的经济活动，目前面临着湖泊干涸、湿地消失、局部地下水位下降、荒漠生态系统退化等生态环境问题，其中天然梭梭林的退化及其萎缩是其生态环境恶化的重要表现形式之一，严重威胁着东阿拉善的生态安全，引起了社会各界的广泛关注。其中地处沙漠腹地的科泊尔地区是乌兰布和沙漠梭梭林的主要分布区之一，是阿拉善干旱荒漠生态系统的重要组成部分，在保护东阿拉善生态安全中具有极其重要的战略地位，对维护荒漠生态系统的稳定起着主导作用，但也出现不同程度的衰退现象(龚家栋，2005)。基于梭梭林在东

阿拉善地区生态系统中的重要作用，以及考虑到其不容乐观的生存现状，加强梭梭林的保护已到了刻不容缓的地步。

一、因地制宜，多种措施综合保护

保护和合理利用自然资源，要以保护生态环境为第一要务，在不损害生态环境的前提下，科学地制定开发利用办法，特别是本区的天然梭梭林资源保护，要成为各级政府和相关部门首要任务，开发利用要科学论证、慎之又慎。

对天然梭梭林的保护和管理要采取积极、科学和有效的措施，对不同生长状态和不同生长环境下的天然梭梭林要区分对待，采用有针对性的保护和管理措施。

（一）围栏封育

围栏封育是荒漠区退化天然植被恢复最经济、最有效的措施之一，对天然梭梭林实施封育后，可以消除放牧、樵采等人为因素的干扰与破坏，其生存环境也将得到最大限度的改善，使得其群落中一些消退的植物种能够重新侵入，并逐渐占据优势地位，促进群落进展演替。随着封育时间的增长，群落物种丰富度也会不断增加，结构逐渐趋于合理，生物多样性和均匀度也会不断增大，其生态系统向着逐渐稳定的方向发展。通过对民勤荒漠草地进行封育试验研究，结果表明，封育可明显提高植被盖度。如封育区盐爪爪群落的盖度、株高、灌幅、生物量，比未封育区分别提高 55.03%、160.19%、473.36%、45.29%。

在阿拉善荒漠地区以天然梭梭林为主的林草围封面积达到 73 万 hm^2 ，退化草场的恢复取得明显成效。天然梭梭林封育 3 年后，枝条长度增加 2~3.6 倍，平均株高增长 120mm，冠幅年均增大 3.1，覆盖度由封育前的 9.13% 增加到 21.61%，生物量提高 4.7~8.9 倍，平均新生幼树 1050 株以上。实践证明，采用围封措施保护天然乔灌木残次林和荒漠草场，是生态环境建设的一种有效途径（龚家栋，2005）。

通过本次梭梭林综合科学考察，我们也发现封育对梭梭的恢复和生长具有明显的作用。吉兰泰地区大部分梭梭林进行了围栏封育，梭梭单株株体高大，枝条密集，梭梭林密度较高，植株更新状况良好，表现出了稳定的状态。其它三个主要的梭梭林分布区域由于没有很好的进行围栏封育，所以梭梭林生长势、密度等相比于吉兰泰区域相对较差。在哈夏图东南部一些区域进行了梭梭林围栏封育，因此该地带的梭梭林生长较好；罕乌拉和敖伦布拉格区域大部分地区没有进行很好的围栏封育，且一些地带放牧严重，所以梭梭林衰退现象明显。根据梭梭生长状况和生境特点以及实地调查结果，应重点针对以下区域采取围栏封育和管护措

施:

二日湖以南、好来包附近区域一些地带没有进行围栏封育,放牧现象严重,由于啃食和践踏导致梭梭林死亡率较高,针对实际情况进行围栏封育,并有计划的减少骆驼数量,逐渐的让梭梭林恢复;哈夏图东南部区域,梭梭分布较为密集,因为立地环境差别大所以梭梭分布状态差异较大。此区域是沙漠腹地梭梭林分布的核心分布区,周边牧民较多,因此对梭梭林的管护情况各不相同。局部区域虽然设置了围栏但是没有起到很好的效果,有些地带没有设置围栏,骆驼和羊数量较多,对梭梭林啃食和践踏现象较为明显,因此对此区域要进行针对性的管理措施,对已有围栏的牧场加强管理,让封育起到实效,对没有封育的区域进行封育,并减少畜群数量,逐渐的恢复梭梭林生长状态。

罕乌拉和敖伦布拉格区域一些地带虽进行了围栏封育,但是大部分区域均放养骆驼,有些地带过牧严重,没有起到封育的实际效果,梭梭大部分被骆驼啃食,枯枝率较高,因此这是造成这两个区域局部地区梭梭林衰退的重要原因,因此对罕乌拉区域以南地带、好来包北部区域进行有效地围栏封育,对敖伦布拉格和查干德日新之间的梭梭林区域采取管护措施,减少骆驼数量,修复围栏,使林内达到合理的牧压梯度,将有效的保护梭梭林,对梭梭恢复起到重要的作用。

(二) 调整畜群结构,实行草畜平衡制度,积极推行家庭畜群草库伦生态工程

通过调查发现,当前除吉兰泰北部区域有轻度放牧外,在哈夏图-二日湖一线东北区域与罕乌拉-好来包西南区域交界地带,放牧较为严重;罕乌拉中部、罕乌拉临近区域以及敖伦布拉格南部靠近查干德日斯嘎查地带放牧严重,因此要尽快的采取禁牧措施,积极调整畜种和畜群结构,以此保护荒漠草地、梭梭林生态平衡。这些区域是重要的放牧区,也是生态环境及其脆弱地带,如果完全禁牧这样不符合当地牧民的实际利益情况,也损害了牧民的积极性,因此在逐渐减少畜群的同时不断改变落后的畜牧业生产模式,积极推行舍饲圈养方式,增加良种畜比例,提高适龄母畜比重,通过舍饲育肥,增大出栏率,加速畜群周转,优化草地与畜群生产模式,采取科学的放养模式和合理适度的牲畜数量,减轻天然草地压力,局部地带根据实际情况实施退耕还草和退牧还草措施,逐步改变依靠天然草地放牧的生产方式,建立高产优质的人工饲草饲料基地,实行草田轮作,满足家畜在舍饲圈养中的营养需求,由“数量型畜牧业”向“效益型畜牧业”转变。

“水、草、林、料、机”五配套家庭畜群草库伦,是内蒙古草原建设中,多年来采取的一项行之有效、深受牧民欢迎的草原建设项目。五配套家庭畜群草库伦,是荒漠地区牧民群众

摆脱靠天养畜，千家万户脱贫致富达小康，建设以牧户和畜群为单元的荒漠区绿洲生态点的主要途径。它对减轻天然草地压力，提高草地载畜量，发展高产、优质、高效畜牧业，保护小区生态环境，改善和提高牧民生活水平有重大作用。可以在水源条件较好，建设集中连片、高效的饲草料基地，在地下水较高，土层较好的地区，以畜群为单位，建设以水为主的五配套家庭畜群小草库伦，家庭配套草库伦工程建成后，将实现畜群户均一处草库伦，可以把人畜主要活动点全部建成生态点，这样户均将每年自产饲料 6000kg，饲草 15000kg，冬春补喂饲草基本自给，初步摆脱靠天养畜的局面，扩大了饲草料来源，缓解了畜草矛盾，减少对天然草场、梭梭林的牧食压力，对梭梭林的自然恢复起到了重要的作用（陈善科，2000）。

（三）落实草场《双权一制》，实行以草定畜

确保草地资源永续利用，促进生态、经济、社会的协调发展，必须落实草场所有权和使用权及承包责任制。在草场有偿承包使用的基础上，实行以草定畜，做到增草增畜，划分季节放牧场，有计划轮牧、休牧、禁牧，控制放牧强度，保证草地有休养生息、恢复植被的机会。当前乌兰布和荒漠草地已经实行了综合保护及利用措施，但是切实的推行“承包到户，有偿使用”制度，将草场所有权、使用权明确到各户，还需要进一步的做工作。开展季节畜牧业，实行划区轮牧，进行科学的饲养管理，就可避免形成夏饱、秋肥、冬瘦、春乏（春死）等低效益的恶性循环，还可以让荒漠草场保持良性的生态平衡。

（四）禁采、禁伐，大力推行新能源替代工程

要加强天然梭梭林的管护，严令禁止滥砍乱伐。目前，大多数农牧民对天然梭梭林及白刺的利用基本上停留在薪柴利用的最原始的层次上，并未充分利用天然梭梭林附加的经济价值，因此未把已承包的梭梭林作为可持续发展的有效资源看待。另外，燃烧灶具的落后也更加剧了对于薪柴数量的需求。导致一些区域盗砍梭梭林事件时有发生，对生态环境造成了一定的破坏。林业监管部门一定要负起责任，加大监督检查力度和惩治力度。同时要做好新能源和节能灶的推广工作，大力推广风力发电与太阳能板互补照明，使用太阳灶、节柴灶及建沼气池等清洁能源，替代或减少了农牧民对天然梭梭林作柴薪的消耗，减少对梭梭等天然薪柴的使用和依赖，达到有效保护天然植被的目的。

（五）病、虫、鼠害防治

实地调查表明，乌兰布和沙漠梭梭林区域局部地带有病虫鼠害的影响，但是由于实际地理分布状况以及环境条件不同，各类危害不尽相同。

吉兰泰区域以南与哈土陶勒盖之间的梭梭林局部地带由于围栏封育情况良好,梭梭林长势旺盛,植被密度较大,但是在林间有白粉病发生,有些地带发病率达到了 35%以上,一些实生小苗也被浸染得病,同时伴随有虫害的发生,已经严重影响天然梭梭的正常生长和开花、结实,如果任其发展下去,必然导致天然植被的自然更新能力减弱。其原因可能是群落密度过大,树木生长旺盛,冠幅大,造成林间生长过于密集,气流不畅,引起了局部地带发生病害。因此对于此区域当前应该首要的以防病除虫为主。

哈夏图区域南部地带局部区域梭梭林间均有病害发生,在包日毛道附近梭梭林除病害外、鼠害也很严重,沙鼠对梭梭啃食较为厉害,对局部区域进行调查,沙鼠对梭梭的啃食率达到了 40%以上,因此对此地带对梭梭林的保护首先以防鼠为主。

罕乌拉、敖伦布拉格区域大部分地带梭梭林均有沙鼠分布,在罕乌拉南部区域,敖伦布拉格、查干德日斯以南鼠害严重地带应采取综合的防鼠、防病措施让梭梭林得以恢复。

二、合理区划,建立以天然植被保护为主的自然保护区

乌兰布和沙漠主体分布在东阿拉善境内,沙漠东北部的基底是古黄河冲积湖积平原,现有几条东南—西北走向的古河床遗迹,成为连续分布的洼地和湖泊,沙丘地下水位较高,白刺沙堆较为普遍,梭梭在湖盆边缘的固定沙丘、半固定沙丘上形成典型的荒漠群落(朱宗元, 2000)。从沙漠的地形地貌上来看,既有山前平地,又有黄河冲积平原,古河床遗迹,既有砾质戈壁,又有沙丘连绵,因此形成了多样而具有特色的景观生态,主要有砾质荒漠、盐湿湖盆与干湖盆、河岸洼地、沙漠等。从植被类型上来说整个沙漠境内分布有以梭梭、绵刺、沙冬青和蒙古扁桃等为代表的珍稀植物种群,构成典型荒漠地区特有的植物资源。本区野生植物分布的种类虽不丰富,但其特有现象却十分突出,植被的建群种和优势种约有一半是特有种,富有单属科、单种属和寡属科、寡种属,在荒漠区域中具有稀有性和珍贵性,是自然历史遗留在特定环境中的珍贵遗产。该地区是我国荒漠化敏感区域,对人类干预活动十分敏感,建立自然保护区是生物多样性有效保护途径。目前建立有东阿拉善自然保护区、磴口地质公园和巴丹吉林沙漠地质公园等。据有关林业资料显示,历史上阿拉善地区从吉兰泰到额济纳曾形成长约 400km 的连续梭梭带,但是,由于人类长期活动致使梭梭带呈间断分布。据 2001 年二类调查沙生植物仅有 283.77 万 hm^2 ,沙生植物的退化已对其它种群的存在构成了严重威胁。如其长势逐年下降,防风固沙功能将日渐减退。因此,阿拉善天然植被在维护区域生态平衡方面起着巨大作用(陈杰, 2007)。

科泊尔地区的天然梭梭林地处乌兰布和沙漠腹地，东缘至阿拉善左旗巴音木仁苏木黄河以西，南缘至宗别立镇，西缘至吉兰泰镇，北缘至敖伦布拉格镇，林区范围东西长约 60km，南北宽约 50km，总面积达 13.3 万 hm^2 ，最粗的梭梭主干直径达 20~30cm，为世界现存最大的天然梭梭林。天然梭梭林位于黄河迎风面，起到了阻挡乌兰布和沙漠对黄河侵袭的作用，同时林间沙生植物繁多，有冬青、芨芨、沙葱、肉苁蓉等二三十种，野生动物有野猪、獾、黄羊等十几种，成为了东阿拉善沙生植物的富集区和野生动物、鸟类的庇护所。阿拉善脆弱的生态环境需要靠现有植被来维持，种质资源的多样性维护着物种的多样性，物种的多样性维持着植被的稳定和发展，并使生态系统保持着多样性，产生多种生态功效，因此，需要在现有保护区基础上，进行综合规划，把天然梭梭林纳入重点保护对象，建立以保护天然植被为主要目的的大型梭梭林—沙漠生态系统自然保护区，这是保护阿拉善脆弱生态环境最有效的途径。通过建立梭梭林保护区可以最大限度地保护好梭梭、绵刺、沙冬青、蒙古扁桃、霸王等旱生或是超旱生的珍稀植物种，避免遭到人为因素的破坏，逐步恢复保护区生物资源，还可通过科学研究，采用人工更新的措施，满足保护区珍稀植物恢复和扩展的需要，形成研究中国荒漠生态系统的重要基地和梭梭林野外试验研究基地，以此保护荒漠生态系统的平衡和谐，达到人与自然的和谐共生。

三、加强沙漠边缘治理，构建沙漠边缘人工梭梭林区

梭梭林具有良好的防风固沙效益，是无法替代的生态活沙障，对阻止流沙向前推移，固定沙区防止扩展具有很好的生态效果。在乌兰布和沙漠局部区域因地制宜的进行人工梭梭林的栽植既是对天然梭梭林的有益补充，又可起到遏制沙化面积进一步扩大的作用。主要从以下两个方向进行人工梭梭林的建设：

（一）东缘及黄河沿岸：范围南起乌素图至北部盟界，北至北部盟界；东起黄河西岸，西至沙漠边缘及好来包以东区域。

主要采取的措施为：

1.沿黄河河道建立以工程和生物结合的防治沙漠扩张措施。首先，在流沙入侵黄河严重的河段，设立以各种机械沙障为主的工程措施，减缓目前（短期）流沙入侵黄河；然后，在工程措施的保护下，栽植人工梭梭林为主的沙地植被，实现对入侵流沙区的完全控制。

2.在河道外围一定宽度范围内，建设 1~3km 宽度以梭梭为主的人工固沙植被带，防止沙漠扩张。在人工固沙植被带保护下，进行油蒿、多年生草本植物的人工促进，以建立稳定

的沙地自然植被系统，实现对入侵黄河流沙的完全控制。

(二) 沙漠南部山麓区：主要北起沙漠南部，南至贺兰山山前的山麓及沙漠边缘区；东起乌斯太西至本井一线沙漠边缘区域。

采取的措施为：

1. 对现有沙地植被封育保护，严禁放牧活动与生产活动；
2. 在沙漠边缘地带建设 1~3km 宽以梭梭为主的人工固沙植被带，并进行油蒿、沙蒿、多年生草本植物以及本地种的人工恢复促进措施，建立稳定的沙地自然植被系统，防止沙漠继续向南、东方向扩展。

四、加强科普能力建设，加大宣传教育工作，营造保护环境氛围

环境保护要以人为本，环境科普工作也要以人为本。要让牧民群众了解环保，支持环保和实践环保，最好的方式是引导他们关注日常生活中的环境问题。如饮水安全、食品污染、樵采滥发等，这些问题最直观，群众受益最直接，故接受起来最容易；同时采取娱乐、活动等形式，形成一种良性的互动，使环保理念和宣传政策被群众接受和采纳。例如采取报告会、讲座、咨询、小型展览、村委会宣传栏、播放农村环境保护科普知识录像、发放宣传资料等，同时利用社会力量参与宣传，编排有关环保科普的文艺节目，用牧民群众喜爱的艺术形式，进行现场表演，等多样宣传方法。通过上述的方法，将对保护与建设梭梭植被，改善农村生态环境，改变牧民的生活方式以及保护区域环境方面起到积极的促进作用。

五、加大科技支撑工作，做好生态保护工作

(一) 构建“政府—社会团体—农户”三位一体的组织形式，发挥合力做好环境保护工作。

积极发挥林业、畜牧等政府职能部门和社会团体的作用，大力开展生态环境保护新技术、新成果的推广应用工作，改变传统资源浪费型的生产模式和生活方式。SEE 生态协会通过与相关科研机构 and 大学等部门进行阿拉善荒漠生态的保护，同时实行能源替代项目研究，进而达到保护生态的目的。与此同时，协会根据社区组织需求成立了社区管理委员会。社区管理委员会在民主选举、民主议事的原则基础上通过了当地“梭梭林社区保护条例”，为社区居民

自我管理梭梭林提供了村规民约基础，林业、畜牧等政府管理部门要充分发挥这些社会团体和群众组织的作用，做好天然梭梭林的保护和管理。

对长期生活在梭梭集中分布区的农牧民要采取科学、合理、适度推进的措施，进行新技术推广和环保理念的培训。2005年阿拉善SEE生态协会实施了“梭梭林保护与能源替代项目”，通过太阳能、风能、节柴灶的推广使用，使农牧民减少对天然梭梭林的砍伐，实行能源替代，进而达到保护生态的目的，起到了良好的社会、生态效益，也是社会团体和民间组织在区域生态环保行动上的一次成功典范。

（二）大力提升生态环境监测能力，开展科技攻关

按照宏观遥感与地面定位监测相结合、区片监测与样带梯度监测相结合的原则，建立监测网络体系。如建立沙尘暴动态、绿洲生态农牧业及生态移民监测点，对生态系统环境容量、功能、结构和效益等进行实时监测；退牧还林草则主要监测退牧后荒漠草原生态系统土壤、动植、物种群等恢复机制、动态变化、分布格局等。

积极开展退化梭梭林恢复研究工作。退化生态系统的恢复作为当前研究的热点问题之一，其本质问题是恢复生态系统的必要功能并使之具有自我维持能力。调查结果表明，人工梭梭林基本分布在绿洲边缘的流动沙丘，伴随地下水位的下降和林地土壤含水率的降低，出现不同程度的衰败，难以发挥防风固沙、保护绿洲农田的生态功能。根据地化循环和水平衡原理，生态恢复的难点之一是其恢复目标的确定，按照恢复生态学的理论和方法，恢复目标应该是很早以前未被人为破坏的天然植被景观；若按照近期植被作为恢复目标，在有限的降水下（50~150mm）维持的植被根本无法实现防风固沙，而要恢复退化植被的正常生长同时实现防风固沙功能，就必须采取人工措施。如何科学有效的进行人工梭梭林的培育，如何同天然梭梭林相互结合推动林区面积稳步增加，并形成有效地防风固沙体系需要切实的科技攻关来解决。

（三）开展科技推广与技术培训

在科技培训基地建设的基础上，对广大农牧民进行技术市场培训和示范。示范内容集中在舍饲养殖技术、设施农业技术、荒漠植被围栏封育和恢复更新技术、荒漠生态产业技术、旱生优质牧草试验示范等方面。在科技推广过程中，定期开展以政府为主导的“生态理念培训，就业技能训练培训”等多层次的教育活动，提高当地群众的环保意识，使之自觉参与到生态环保的行动中来，同时鼓励有技能的人们向外移民，减轻生态压力。逐渐的推进生态移民策略，加强城镇化建设，形成较为集中居住的区域，以减轻环境压力。

同时完善林补偿及林权改革等相关政策，禁垦、禁牧、禁伐，减少人为活动对生态环境的干扰与破坏，在建立梭梭林核心保护区的层面上，以点带面，促进以梭梭林为主的天然植被及环境恢复。

小 结

(1) 乌兰布和沙漠梭梭林盖度随经度由沙漠西缘向东部呈逐渐减小的趋势，梭梭林的生长状态、密度等相应的发生了变化，西部较好，逐渐的向东推移，梭梭林生长逐渐稀疏，梭梭林主要分布区域生长状态有好到差的经向顺序依次为：吉兰泰区域>哈夏图区域>罕乌拉区域>敖伦布拉格区域。从纬向上看，沙漠南缘和沙漠腹地梭梭林较为密集，生长状态好，逐渐向北延伸，梭梭林生长势逐渐降低，死亡率逐渐增加，梭梭林密度逐渐减小，其生长状态由好到差的纬向顺序分别为：沙漠南部>沙漠中部>沙漠北部。从整体上来看，西部和南部地区大部分地段围栏封育，梭梭群落生长相对稳定，林分更新状况良好；东部及东北部、北部生长状况较差，局部区域内过度放牧，没有得到有效地保护，梭梭林死亡率较高，处于衰退状态中，但是有些围栏封育的局部地区林内有实生更新小苗，表明处于恢复状态中。

(2) 乌兰布和沙漠天然梭梭生长的影响因素主要有樵采、放牧和干旱气候。1960~1980年代外地人口的大量迁入导致了该地区人口压力和放牧压力急剧增加，从解放初的人口数量和牲畜数量数倍增加导致了巨大的人类生活需求，梭梭作为很好的薪炭材料和重要饲用植物，在这段时间遭到了毁灭性的破坏。同时，由于乌兰布和沙漠天然梭梭的活性根系为30~80cm的水平分布侧根系，决定了其主要吸收1m左右土层内的水分和养分，而乌兰布和沙区气候近几十年来明显的干旱化，持续上升的气温和潜在蒸发量与年际波动剧烈降水量叠加，造成梭梭生长严重受限，局部地区天然梭梭林逐步衰败。另外，人为挖药、病虫害、地下水水位下降也是局部区域梭梭林退化的重要原因。

(3) 对天然梭梭林的保护和管理要采取积极、科学和有效的措施，对不同生长状态和不同环境下的天然梭梭林要采取有针对性的保护和管理措施，分片分区治理；积极发挥林业、畜牧等政府职能部门和社会团体的作用，大力开展生态环境保护新技术、新成果的推广应用工作，改变传统资源浪费型的生产模式和生活方式。在乌兰布和沙漠局部区域，因地制宜进行人工梭梭林建设，重点对现有梭梭林进行封育保护，对退化梭梭林外缘地带进行人工补植，在濒临黄河与贺兰山前沙漠边缘建立人工梭梭林带，既是对天然梭梭林的有益补充，又可促进天然梭梭林恢复，扩大梭梭林的面积，起到遏制沙化面积进一步扩大的作用。

参考文献:

- [1] 常兆丰. 2008. 民勤沙区人工梭梭林自然稀疏过程研究, 西北植物学报, 28(1): 0147~0154.
- [2] 陈杰. 2007. 论阿拉善荒漠林木种质资源保护, 内蒙古林业调查设计, 30(6):60~62.
- [3] 陈善科, 保平, 张学英, 等. 2000. 阿拉善荒漠草地生态危机及其治理对策, 草原与草坪, 25(3):9~11.
- [4] 樊文颖. 2001. 肉苁蓉开发利用研究的进展与问题. 内蒙古林业调查设计, 24(4): 46~47.
- [5] 范布和, 王晓东. 2005. 阿拉善盟生态环境建设探讨. 内蒙古林业, (10): 4~6.
- [6] 方天纵, 王芳, 李宗禹, 邹受益. 1995. 地膜覆盖对梭梭出苗影响作用浅析. 内蒙古林学院学报 (自然科学版), 17(2): 122~127.
- [7] 龚家栋. 2005. 阿拉善地区生态环境综合治理意见. 中国沙漠, 25(1):98~105.
- [8] 黄建文, 鞠洪波, 特木钦, 等. 2004. 阿拉善左旗天然梭梭林鼠害防治的遥感监测. 林业科学, 40(3):107~110.
- [9] 黄子琛, 沈渭寿. 2000. 干旱区植物的水分关系与耐旱性. 北京: 中国环境出版社.
- [10] 黄子琛等, 1983. 民勤地区梭梭固沙林衰亡原因的初步研究. 林业科学, 19(1): 81~87.
- [11] 贾志清, 卢琦. 2005. 梭梭. 北京: 中国环境科学出版社.
- [12] 牛春花, 胡晨阳, 郝俊, 等. 2002. 内蒙古阿拉善左旗天然梭梭林鼠害调查. 内蒙古林业科技, (4): 23~24.
- [13] 盛晋华等, 2004. 梭梭根系研究. 草地学报, 12(2): 91~94.
- [14] 宋于洋. 2009. 古尔班通古特沙漠梭梭种群数量动态及适应对策. 西安: 西北农林科技大学出版社, 160~188.
- [15] 吴雨俊, 张向柱, 等. 2005. 阿拉善草地退化原因及可持续发展对策. 草业科学, 22(9):20~22.
- [16] 杨美霞, 邹受益, 赵学勇. 1995. 吉兰泰地区梭梭林天然更新研究. 内蒙古林学院学报 (自然科学版), 17(2): 74~86.
- [17] 张希林. 1999. 浅析阿拉善荒漠梭梭林的退化原因和保护利用. 内蒙古林业科技, (2): 1~3.
- [18] 赵明, 李爱德, 王耀林, 张德魁. 2003. 沙生植物的蒸腾耗水与气象因素的关系研究. 干旱区资源与环境, 17(6): 131~137.
- [19] 朱宗元, 梁存柱, 等. 2000. 阿拉善荒漠区的景观生态分区. 干旱区资源与环境, 14(4):38~43.

第五章 乌兰布和沙漠其他典型植物种群及其群落特征

第一节 白刺

白刺为蒺藜科(Zygophyllaceae)白刺属(*Nitraria* L.)灌木,属于白垩纪、第三纪子遗的特有植物,是干旱、半干旱荒漠地区常见的建群种和优良的固沙植物之一,具有耐干旱、盐碱、沙埋、抗风蚀、生长快和易繁殖等特点,茎秆根系化明显,其枝条沙埋后能在湿沙中生出新的不定根,积沙成丘,形成固定和半固定的灌丛沙堆。

一、研究进展

国外对白刺属的科学研究最早始于1753年,白刺属由瑞典植物学家林奈以采自前苏联里海沿岸的盐生白刺为模式建立。我国虽然在一些典籍上有关于白刺的记载,但是对白刺属植物的系统性研究起步比较晚,最早开始于二十世纪五六十年代刘慎谔先生的研究。经过多年来的发展,目前国内外对白刺研究已经扩展到了很多领域,除了传统的分类学研究外,还发展了生理学、遗传学、生物化学、解剖学、开发与利用保护等方面,这些研究无疑为后续的研究积累了大量宝贵资源(刘慎谔,1955)。

(一) 分类研究

一直以来对白刺属的分类研究存在很多不同的意见,一些国内外学者建议把白刺属植物单独列出,成为一个白刺科(Engler, 1931; Hutchinson, 1968; Dahlgren, 1983; 马毓泉等, 1990; Sheahan and Chase, 1960; 吴丽芝等, 1998; 段金廛等, 1999; 努尔巴衣·阿布都沙力克等, 2003; 潘晓玲等, 1999; 潘晓云等, 2003)。然而,目前大家仍然把白刺属(*Nitraria* L.)植物作为蒺藜科(Zygophyllaceae)的一个古老小属,属于早生或超早生灌木或小灌木,为第三纪子遗植物(席以珍等, 1987)。全世界白刺属植物有12种,广泛分布于亚洲、欧洲、非洲和澳大利亚的荒漠地区。在我国,白刺属植物种类的认定存在较大争议,其中中国植物志认定有6种1变种,中国沙漠植物志认定有4种,其他文献认定有5种或8种,主要分布于

西北各省，西起塔里木盆地西沿，东至东北三省的西部，南达青海共和盆地的河卡，北至准格尔盆地的北缘；这些分布的区域之间有大距离的间断，并不是连续的（吴丽芝等，1998；努尔巴衣·阿布都沙力克等，2003）。

研究认为白刺与本科中的其它属之间的关系很疏远（Engler, 1931; Dahlgren, 1983; Hutchinson, 1968）。白刺的分布范围相对要更广泛一些，同科植物四合木仅分布于鄂尔多斯高原西北部，库布齐沙漠以南，桌子山的山麓地带，而霸王与骆驼蓬则主要分布于高原西部和西北的硬质山梁上，分布的范围也很有限（李师翁等，1994；中国科学院中国植物志编辑委员会，1998；徐庆等，2000；杨持等，2006；任瑶等，2003）。此外与这几个属的植物相比，只有白刺属的植物会形成比较大沙堆形态，虽然个别的四合木也会形成小的沙堆，但通常的情况下是少见的，这是因为四合木的生长更喜欢硬质的缓坡地和梁地，对沙埋的适应性较差。由此可见白刺在系统的进化过程中形成了很多独特的地方，而这些独特之处是其长期适应环境发展而来的，对其生存发展以及发挥生态功能都是十分重要的。

（二）生物学研究

白刺属植物是落叶灌木，一般寿命可达30年以上；属于多浆旱生植物，具有洗盐和泌盐的双重功能，这使其具有比较强的耐盐碱能力（任瑶等，2003）。白刺属果实属于浆果状核果，含一个种子，具薄的外果皮、肉质多浆的中果皮和骨质的内果皮（内蒙古植物志编委会，1989）。枝条通常具刺，新枝茎一般为灰白色，老枝则会在茎上形成干裂的纹。灰白色表皮能够抵抗强烈的阳光直射，干裂的茎则能够形成一个隔离层防止沙表面较高温度的损伤，同时还能降低水份的消耗，干裂的老枝沙埋后还会形成不定根；白刺的叶肉质，条形、匙形或倒卵形，全缘或顶端具浅齿状裂；电镜下观察，表皮上分泌有许多盐粒，被单细胞的表皮毛（刘果厚等，2001）。

白刺属植物为轴根系植物，主根粗壮，入土较浅；侧根发达，根幅约为冠幅的5.2倍（孙祥等，1992）。白刺侧根纵横交错，深入地下，地下部分的生物量是地上部分的5~8倍。其发达根系，可以吸收地下更深、更大范围内的水分，满足其对水分的需求，保持其生命力（祁迎林等，2003）。部分形成沙堆的白刺，在沙堆内的根形成一层根套，对根系保水、抗旱和抵御高温有良好的作用；靠近沙堆上部的根会形成大量不定根，在土壤中形成密集交错的小通道，有助于雨水渗入，增强土壤吸收和保持水分的能力（王宁，2000）。这些生物学特征使白刺具有耐干旱、耐高温、耐严寒、耐盐碱、耐贫瘠、抗风沙等特性。

（三）生态学研究

1. 改良土壤

白刺具有改良土壤的作用。盐碱地和沙漠的土壤条件比较差，很难被其他植物种利用，但是白刺却能够有效地利用这样的土地。白刺在顽强的生长的过程中，不断改良土壤条件，为其他物种的进入提供了可能。白刺的这种生态作用,依靠的是其较强的耐盐碱能力。相关研究表明一些种类的白刺能够吸收和积累一定数量的盐分，并利用它们作为渗透调节物质，以适应盐碱土的低水势，阻止盐分在土壤表层继续积累，从而降低土壤含盐量（赵可夫，1997）。由于白刺枝叶茂密，能积累大量枯枝落叶和腐殖质，从而增加了土壤有机质含量，土壤有机物质的增长必然会导致土壤微生物数量和土壤氮素的增加。土壤微生物增加以后，由于土壤微生物的活动，以及植物根系呼吸作用放出的二氧化碳溶于水后形成碳酸，对土壤难溶物质的溶解起到了促进作用，促进P、K、Ca盐等的溶解，从而全面改善土壤肥力，产生良性循环（赵可夫等，2002）。因此基于对白刺这种较强的适应性特征的考虑，一些地区常常选用它作为盐碱地改良的先锋造林树种。

2. 固定流沙

白刺在一些地区，尤其是绿洲与沙漠的过渡地区会形成固定和半固定的白刺沙堆，可拦蓄和固持大量的流沙。一般白刺沙堆的高度在1~3m，最高可达5m以上，白刺沙堆小则几吨，几十吨，大则上千吨，有的单个独立，有的连绵起伏如山峦（赵可夫等，2002）。这主要是因为白刺有耐沙埋的特点，对多风环境具有良好的适应能力，所以有白刺沙埋“越埋越旺”的说法。白刺的根系不但庞大，分枝多，有发达的纤维组织，允许其近地面匍匐丛生，形成低矮的灌丛株形，而且萌生能力也很强，被沙土埋覆后能迅速产生大量不定根，形成新的植株，进而扩展枝叶，使灌丛不断扩大。所以白刺能够耐受一定程度的风力侵蚀，在严重风蚀和人为破坏的情况下，大量根系外露，仍不致死亡，可见白刺抗风蚀的能力是相当强的。除了以上的研究外，一些学者还对一些种类白刺形成的沙堆形态和结构特征进行了研，如以色列的科学家对埃及红海沿岸的凹叶白刺沙堆的形态及其结构进行了研究，提出了白刺沙堆沿土壤盐分梯度呈马鞍形分布，且沙堆的密度与沙堆大小间为负相关关系（赵可夫等，2002）。

3. 保护与开发利用

由于过去对白刺重要作用的认识不够，所以在对土地开发利用过程中人为造成的白刺破坏不断出现。为此，一些学者从保护的角度来进行了研究，这包括自然恢复的方法，如采取封育措施，还有人工栽植培育、促进自然恢复的方法等。相关研究表明在荒漠化地区虽然造林的难度较大，但采取自然恢复白刺的效果还是比较显著的，封育后一段时间不但白刺的生物量显著增加，而且也增加了其他物种的种类和生物量（赵可夫等，2002）。目前对于人工栽植白

刺已经成为一种比较实用的技术，不但有育苗的方法，而且还进一步发展了对种苗新性状选育的工作。对白刺开发利用方面的研究，其根本目的也是为了以开发来促进对白刺资源的保护。相关实验表明唐古特白刺果实具有调节免疫、抗疲劳和耐寒冷作用，另外蛋白质含量也很丰富，达10.62%，各种氨基酸种类齐全，其中人体必需氨基酸高达7.47%，占氨基酸总量的70.3%，维生素C、含糖量都较高，可以用来加工食品，如野果饮料、原汁果浆等。另外白刺种子含油12.7%以上，主要为不饱和脂肪酸，占脂肪酸总量的79.43%，其中亚油酸含量最高，占脂肪酸总量的64.28%，这些种类的脂肪酸具有降低人体血液中胆固醇的作用（孙祥，1998；努尔巴衣·阿布都沙力克和潘晓玲，2003）。

二、分布与生境

白刺属植物在我国分布范围十分广泛，主要分布在降水稀少的干旱荒漠和半荒漠区。唐古特白刺、大白刺、西伯利亚白刺、泡泡刺在乌兰布和沙漠地区都有分布，并且常常形成各自的白刺群落，其中主要以唐古特白刺为主。本次调查的白刺群落以白刺属植物组成的白刺群落为研究对象，没有进行具体种的划分。

白刺在乌兰布和沙漠中的生境有很大差异，主要的类型有风积沙的粘土地，湖盆边缘的盐碱化的湿地、盐碱滩地，黄河两岸的盐渍化沙地，狼山山前石质残丘、剥蚀石质准平原以及固定沙地和半固定沙地。

表 5-1 白刺灌丛沙堆在不同区域的分布状况

沙堆数(个/400m ²)	分布地点(样地号)	密度个(/hm ²)
>13	吉兰泰的北部(AL07)、哈夏图的东北(AL27)	637.5、450
8-13	二日湖(AL20)、包日毛道及其东北和西面(AL24)、包日毛道(AL38、AL39)、包日毛道西面(AL40)、查干德日斯嘎查(AL57)	258.3、200、287.5、325、325、250
5-8	巴彦木仁苏木西(AL19)、查干布拉格附近(AL22、AL28、AL29、AL31)、敖伦布拉格(AL60)	150、150、237.5、137.5、150、150
<5	吉兰泰南部(AL01、AL02、AL03)、罕乌拉靠近沙漠西北边缘(AL04)等	50、66.67、16.67、41.7

调查发现，白刺在沙漠的大部分区域都有分布，在调查的65个样地中，46个样地（面积为1200m²）有白刺分布，占总样地数的70.76%；其中，每个样方中大于13个白刺沙堆的主要分布区在靠近乌兰布和沙漠西缘的吉兰泰的北部以及哈夏图的东北，而每个样地白刺沙堆数在8~13个之间的分布区在二日湖，包日毛道及其东北和西面、查干德日斯嘎查；单位样方白刺沙堆数在5~8个之间的样地分布在巴彦木仁西侧、查干布拉格附近、敖伦布拉格。其余样地所含沙堆数量较少，零星地分布在沙漠的其他部位（表5-1）。除了白刺沙堆以外，

在沙漠内部有很多白刺更新苗存在，主要分布在巴彦木仁苏木、哈夏图及其西南部(表5-2)。

表 5-2 白刺更新苗在不同区域的分布状况

更新苗数量 (株/400m ²)	分布地点 (样地号)	密度 (株 / hm ²)
>5	哈夏图西南 (AL40)	412.5
2-5	巴彦木仁苏木 (AL17)、哈夏图 (AL44)	82.5、125
<2	吉兰泰附近靠近沙漠西边缘 (AL01和AL07)、好来包西南 (AL36)、查干布拉格附近 (AL37)、	42.5、37.5、12.5、37.5、

三、种群特征

(一) 种群存在形式

乌兰布和沙漠白刺种群以更新苗和白刺沙堆的形式存在，其中白刺沙堆所占白刺沙堆和更新苗总数的比例为 86.04%，更新苗占 13.96%。可见，乌兰布和沙漠白刺种群主要以白刺沙堆的形式存在。白刺一般在平地上生出幼苗以后，随着年龄的增大会逐渐聚集各方面吹来的沙土或其它物质形成一个沙堆。其被沙土埋住的茎部会形成不定根，起到吸收和运输养分的作用。白刺沙堆近似于圆锥体，但是并不是一个规则的形态，这个形状近似于自然形成的沙丘（图 5-1）。

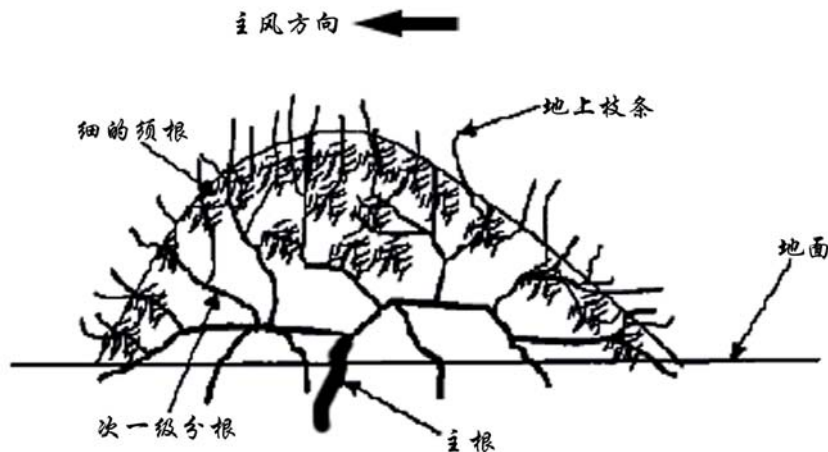


图 5-1 白刺沙堆的结构示意图 (梁继业,2007)

白刺沙堆在主风方向的迎风面坡度较缓，背风坡较陡，坡上的部分与自然沙丘不同，它不会形成坡度很陡的落沙坡，而是形成一个相对平缓的圆顶，这种情况主要是白刺的根系和地上部分枝条固持沙土的结果。在乌兰布和沙漠，由于微生境存在较大的差异，使得各个白刺沙堆处于不同的发育过程之中，包括雏形阶段、发展阶段、稳定阶段、活化初期和解体阶段白刺沙堆。在这几种不同的沙堆类型中，发展阶段的沙堆的形态基本接近图 5-1，只是结皮较少，雏形阶段的沙堆积沙量较少，沙堆较低，迎风坡和背风坡坡度没有明显的差别，

沙堆平缓；开始活化阶段的沙堆形态基本上和图 5-1 类似，只是结皮较厚，沙堆较高，植被开始死亡，两侧开始出现塌陷；解体阶段的沙堆，植被大部分死亡，沙堆两侧塌陷较为严重，甚至结皮变成沙土，只剩下隐约的沙堆轮廓。乌兰布和沙漠处于雏形和解体阶段的白刺沙堆数量较少，大部分处于发展和稳定阶段，只有很少一部分沙堆处于开始活化阶段。所以，在乌兰布和沙漠，沙堆的形态基本上类似于图 5-1，仅仅在结皮的厚度、覆盖度、沙堆上的灌丛覆盖度以及枯枝率的高低，沙堆的高度、直径大小，以及迎风坡和背风坡的角度上有些差异。

(二) 种群数量特征

实地调查表明，乌兰布和沙漠白刺种群的平均密度为100.81个/hm²，白刺植株平均高度为30.03cm；其中种群最大密度为475个/hm²最小密度为8.33个/hm²，白刺在沙堆上的覆盖度40%左右，枯枝率40%。

乌兰布和沙漠白刺沙堆分布较多，密度较大，是白刺种群的主要分布形式，在沙漠全境都有分布。白刺沙堆平均密度为 106.24 个/hm²，最大密度为 475 个/hm²，分布在好来包的东南；最小密度 6.33 个/hm²，分布在沙漠西部边缘，靠近罕乌拉。从图 5-2 可以看出，在乌兰布和沙漠内白刺沙堆的高度(不包括白刺灌丛高度)一般在 1.8m 以下，平均高度为 0.47m，平均直径 2.81m，其中高度在 0.2~0.6m 范围内的比较多，直径在 1.0~3.0m 范围内的比较多。白刺沙堆高度和直径不仅直接反映它的大小，也能反映出白刺的年龄和生长状况。一般情况下，沙堆体积越大，白刺的生物量越大，年龄相对也越大，小的沙堆则属于年龄较小或处于年龄较大的衰退类型。

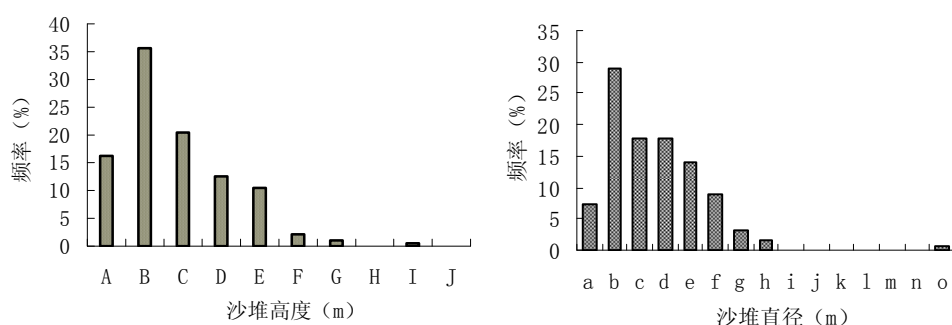


图 5-2 白刺沙堆高度与直径频率分布图(大写字母表示沙堆高度，小写字母表示沙堆直径)

备注：A(0-0.2m)、B(0.2-0.4m)、C(0.4-0.6m)、D(0.6-0.8m)、E(0.8-1.0m)、F(1.0-1.2m)、G(1.2-1.4m)、H(1.4-1.6m)、I(1.6-1.8m)、J(1.8-2.0m)；a(0-1.0m)、b(1.0-2.0m)、c(2.0-3.0m)、d(3.0-4.0m)、e(4.0-5.0m)、f(5.0-6.0m)、g(6.0-7.0m)、h(7.0-8.0m)、i(8.0-9.0m)、j(9.0-10.0m)、k(10.0-11.0m)、l(11.0-12.0m)、m(12.0-13.0m)、n(13.0-14.0m)、o(14.0-15.0m)

更新苗是现有白刺沙堆的一个来源的补充。如图 5-3 所示，乌兰布和沙漠更新苗在沙漠

的分布与沙堆相比较少，主要分布在哈夏图的西南、巴彦不仁苏木、吉兰泰西北靠近沙漠边缘。白刺更新苗平均密度为 107.14 株/ hm²，最大密度为 412.5 株/ hm²，分布在哈夏图西南；最小密度为 12.5 株/ hm²，分布在好来包西南。更新苗平均高度 0.23m，高度以 0.2~0.3m 为主，最高可达 0.51m；更新苗平均直径 0.54m，直径以 0~2.4m 为主，最大可达 2.15m。

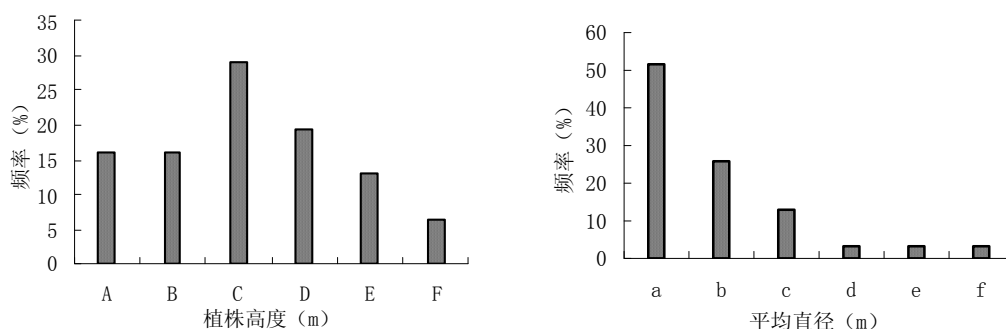


图 5-3 白刺更新苗大小频率分布图(大写字母表示白刺单株高度，小写字母表示白刺直径)

A(0-0.1m)、B(0.1-0.2m)、C(0.2-0.3m)、D(0.3-0.4m)、E(0.4-0.5m)、F(0.5-0.6m);
a(0-0.4m)、b(0.4-0.8m)、c(0.8-1.2m)、d(1.2-1.6m)、e(1.6-2.0m)、f(2.0-2.4m)

(三) 种群的年龄结构

对于白刺种群的年龄结构采用冠幅、株高或地径替代的方法难以判断，因此采用沙堆体积大小代替年龄的方法，来判断白刺种群的相对年龄，根据沙堆体积计算公式： $V=1/12 \pi D^2 h$ (h 为沙丘的高度， $D=(a+b)/2$ 为沙堆的直径) 和图 5-4 可以得出在乌兰布和沙漠白刺沙堆的丘高或者冠幅越大，沙堆的体积就越大，年龄也就越大，所以采用丘高来表示沙堆的相对年龄大小比较合理。

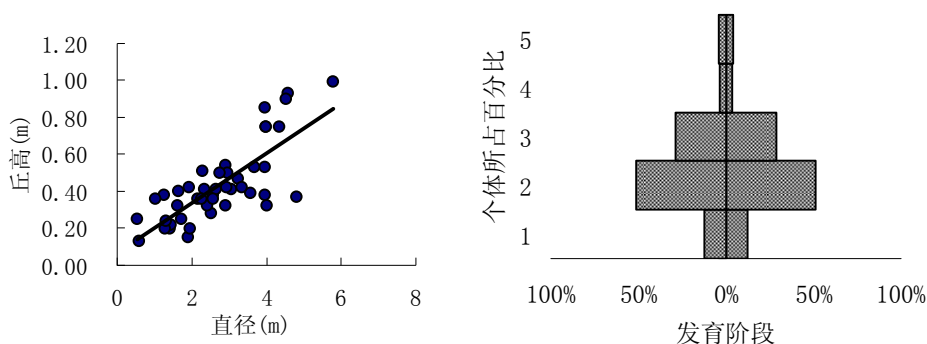


图 5-4 白刺沙堆直径与丘高之间的关系 图 5-5 白刺种群年龄结构 (1.雏形阶段 2.发展阶段 3.稳定阶段 4.开始活化阶段 5.解体阶段)

根据沙堆丘高的不同，将乌兰布和沙漠的白刺种群划分为 5 个不同的阶段，I 雏形阶段，丘高 0~20cm，占沙堆总数的 12.80%；II 发展阶段，丘高 20~40cm，占沙堆总数的 51.22%；

III 稳定阶段，丘高 40~60cm，占沙堆总数的 28.53%；IV 开始活化阶段，丘高 60~80cm，占沙堆总数的 3.40%，V 开始解体阶段，丘高大于 80cm，占沙堆总数的 4.05%（图 5-5）。显然，乌兰布和沙漠的白刺沙堆处于发展到稳定的阶段。

四、群落特征

（一）群落的组成和结构

1. 群落的物种组成

调查表明，在乌兰布和沙漠白刺群落内共有荒漠植物48种，隶属于36属，11科；大部分物种属于藜科、菊科、豆科、禾本科和蒺藜科，这5个科所含物种占群落总物种的77.08%。其中藜科含物种数量最多，达到11种；其次为菊科，9种；而大部分科为单种科或寡种科（表 5-3）。

表 5-3 乌兰布和沙漠白刺群落主要物种组成

科名		属名		种名	
中文名	拉丁名	中文名	拉丁名	中文名	拉丁名
百合科	Liliaceae	葱属	<i>Allium</i>	沙葱	<i>Allium mogolium</i>
怪柳科	Tamaricaceae	红砂属	<i>Reaumuria</i>	红砂	<i>Reaumuria soongorica</i>
大戟科	Euphorbiaceae	大戟属	<i>Euphorbia</i>	地锦	<i>Euphorbia humifusa</i>
豆科	Leguminosae	锦鸡儿属	<i>Caragana</i>	荒漠锦鸡儿	<i>Caragana roborovskyi</i>
豆科	Leguminosae	棘豆属	<i>Oxytropis</i>	小花棘豆	<i>Oxytropis glabra</i>
豆科	Leguminosae	槐属	<i>Sophora</i>	苦豆子	<i>Sophora alopecuroides</i>
豆科	Leguminosae	棘豆属	<i>Oxytropis</i>	猫头刺	<i>Oxytropis aciphylla</i>
豆科	Leguminosae	锦鸡儿属	<i>Caragana</i>	柠条锦鸡儿	<i>Caragana korshinskii</i>
豆科	Leguminosae	沙冬青属	<i>Ammopiptanthus</i>	沙冬青	<i>Ammopiptanthus mongolicus</i>
禾本科	Gramineae	狗尾草属	<i>Cynosurus</i>	狗尾草	<i>Setaria viridis</i>
禾本科	Gramineae	画眉草属	<i>Eragrostis</i>	画眉草	<i>Eragrostis pilosa</i>
禾本科	Gramineae	芨芨草属	<i>Achnatherum</i>	芨芨草	<i>Achnatherum splendens</i>
禾本科	Gramineae	三芒草属	<i>Aristida</i>	三芒草	<i>Aristida adscensionis</i>
禾本科	Gramineae	沙鞭属	<i>Psammodloa</i>	沙竹	<i>Psammodloa villosa r</i>
禾本科	Gramineae	芨芨草属	<i>Achnatherum</i>	醉马草	<i>Achnatherum inebrians</i>
蒺藜科	Zygophyllum	霸王属	<i>Zygophyllum</i>	霸王	<i>Zagophyllum loczyi</i>
蒺藜科	Zygophyllum	白刺属	<i>Nitraria</i>	唐古特白刺	<i>Nitraria tangutorum</i>
蒺藜科	Zygophyllum	蒺藜属	<i>Tribulus</i>	蒺藜	<i>Tribulus terrestris</i>
蒺藜科	Zygophyllum	骆驼蓬属	<i>Peganum</i>	骆驼蓬	<i>Peganum harmala</i>
蒺藜科	Zygophyllum	白刺属	<i>Nitraria</i>	泡泡刺	<i>Nitraria sphaerocarpa</i>
菊科	Compositae	飞蓬属	<i>Erigeron</i>	飞蓬	<i>Erigeron canadensis</i>
菊科	Compositae	风毛菊属	<i>Saussurea japonica</i>	风毛菊	<i>Saussurea japonica</i>
菊科	Compositae	蒿属	<i>Artemisia</i>	黄蒿	<i>Artemisia scoparia</i>
菊科	Compositae	风毛菊属	<i>Saussurea japonica</i>	蒙新苓菊	<i>Jurinea mongolica</i>
菊科	Compositae	蓝刺头属	<i>Echinops</i>	蓝刺头	<i>Echinops sphaerocephalus</i>
菊科	Compositae	蒿属	<i>Artemisia</i>	沙蒿	<i>Artemisia desteriorum</i>
菊科	Compositae	蒿属	<i>Artemisia</i>	五星蒿	<i>Echinopsilon divaricatu</i>
菊科	Compositae	鸦葱属	<i>Scorzonera</i>	蒙古鸦葱	<i>Scorzonera mongolica</i>
菊科	Compositae	蒿属	<i>Artemisia</i>	油蒿	<i>Artemisia ordosica</i>
兰雪科	Plumbaginaceae	补血草属	<i>Limonium</i>	黄花矶松	<i>Limonium aureum</i>

藜科	Chenopodiaceae	虫实属	<i>Corispermum</i>	蒙古虫实	<i>Corispermum mongolicum</i>
藜科	Chenopodiaceae	合头草属	<i>Sympegma</i>	合头草	<i>Sympegma regelii</i>
藜科	Chenopodiaceae	碱蓬属	<i>Suaeda</i>	碱蓬	<i>Suaeda glauca</i>
藜科	Chenopodiaceae	猪毛菜属	<i>Salsola</i>	木本猪毛菜	<i>Salsola arbuscula</i>
藜科	Chenopodiaceae	猪毛菜属	<i>Salsola</i>	刺沙蓬	<i>Salsola ruthenica</i>
藜科	Chenopodiaceae	沙蓬属	<i>Agriophyllum</i>	沙米	<i>Agriophyllum squarrosum</i>
藜科	Chenopodiaceae	梭梭属	<i>Haloxylon</i>	梭梭	<i>Haloxylon ammodendron</i>
藜科	Chenopodiaceae	驼绒藜属	<i>Ceratoides</i>	驼绒藜	<i>Ceratoides latens</i>
藜科	Chenopodiaceae	盐爪爪属	<i>Kalidium</i>	盐爪爪	<i>Kalidium foliatum</i>
藜科	Chenopodiaceae	猪毛菜属	<i>Salsola</i>	珍珠	<i>Salsola passerina</i>
藜科	Chenopodiaceae	猪毛菜属	<i>Salsola</i>	猪毛菜	<i>Salsola collina</i>
蓼科	Polygonaceae	沙拐枣属	<i>Calligonum</i>	沙拐枣	<i>Calligonum mongolicum</i>
蔷薇科	Rosaceae	绵刺属	<i>Potaninia</i>	绵刺	<i>Potaninia mongolica</i>
茄科	Solanaceae	枸杞属	<i>Lycium</i>	苏枸杞	<i>Lycium ruthenicum</i>
石竹科	Caryophyllaceae	裸果木属	<i>Gymnocarpus</i>	裸果木	<i>Gymnocarpus przewalskii</i>
旋花科	Convolvulaceae	旋花属	<i>Convolvulus</i>	鹰爪柴	<i>Convolvulus gortschakovii</i>
鸢尾科	Iridaceae	鸢尾属	<i>Iris</i>	马蔺	<i>Iris ensata</i>

2. 群落的结构

白刺群落结构主要表现为地上部分在空间上的分层现象，分别是灌木层、半灌木层、多年生草本植物层和一年生草本层，具体的代表性植物见表5-4。

表 5-4 乌兰布和沙漠白刺群落的结构

群落层片	代表性植物种	科名	属名
灌木层	梭梭、红砂、霸王、沙冬青、沙拐枣、泡泡刺	蒺藜科、柽柳科、蒺藜科、豆科、 蓼科、蒺藜科、	梭梭属、红砂属、霸王属、沙冬青属、 沙拐枣属、白刺属
半灌木层	盐爪爪、油蒿、沙蒿、早蒿	藜科、菊科、菊科、菊科	盐爪爪属、蒿属、蒿属、蒿属
多年生草本层	黄花矶松、芦苇、凤毛菊、沙葱、变异黄芪、无芒隐子草、沙地旋覆花、披针叶黄花	蓝雪科、禾本科、菊科、百合科、豆科、禾本科、菊科、豆科	补血草属、芦苇属、凤毛菊属、葱属、黄芪属、隐子草属、 旋覆花属、野决明属
一年生草本层	沙米、五星蒿、猪毛菜、虫实、蒺藜、画眉草、碱蓬、地锦、盐生草、虎尾草、黄蒿、苦苣菜、三芒草、狗尾草、灰绿藜	藜科、藜科、藜科、藜科、蒺藜科、禾本科、藜科、藜科、禾本科、菊科、菊科、禾本科、禾本科、藜科	沙蓬属、雾冰藜属、猪毛菜属、虫实属、蒺藜属、画眉草属、碱蓬属、盐生草属、虎尾草属、蒿属、苦苣菜属、三芒草属、狗尾草属、藜属

(二) 群落类型

1. 白刺群落

该群落类型主要分布在盐碱滩地和小沙丘上，伴生种有梭梭、碱蓬、骆驼蓬、五星蒿、沙米、虫实、画眉草和苦苣菜，具有典型的小灌木+多年生草本+一年生草本的层片结构。该群落白刺的生长较好，存在更新苗、发育沙堆、稳定沙堆和个别活化沙堆，是研究白刺沙堆发育的较好样地；此类型的白刺群落是所有白刺群落类型



白刺群落

中白刺平均密度最大的一类，密度为 625 个沙堆/ hm^2 ；在哈夏图东南一带分布的白刺群

落更新苗较多，密度为 412.5 株/ hm^2 。总体来说，这种类型的白刺群落生长较为良好，只是在哈夏图附近的部分地区分布的白刺群落出现了较严重的虫害，虫害率高达 82.5%；此类型白刺沙堆的平均大小为 355.6cm×380.0cm，丘高 61.4cm，灌丛高 26.8cm，灌丛新梢平均长度 13.8cm，灌丛枯枝率 35.8%，沙堆灌丛覆盖率 64.2%；植被总盖度 35.0%。

2. 白刺+梭梭群落

该群落类型主要分布在乌兰布和沙漠西部边缘的吉兰泰的北部、巴彦木仁苏木的西南，多出现在具有一定盐分的半固定沙地和沙坡面上，伴生种有红砂、盐爪爪、霸王、沙米、虫实、画眉草、灰绿藜和三芒草，具有典型的灌木+半灌木+一年生草本的层片结构。在该白刺群落类型中梭梭的生长较好，并存在更新苗，是研究梭梭更新演替的较好样地。此类型的白刺



白刺+梭梭群落

群落中白刺的平均灌丛密度较大，密度为425~475个沙堆/ hm^2 ，白刺生长较为良好，沙堆处于发育到稳定阶段的过渡时期，只有个别沙堆出现部分活化；沙堆的平均大小 255.9cm×255.0cm，丘高37.1cm，灌丛高33.1cm，灌丛新梢平均长度9.33cm，灌丛枯枝率 32.33%，沙堆灌丛覆盖率50~65%；植被盖度32.88%。

3. 白刺+沙冬青群落

该群落类型主要分布在乌兰布和沙漠东部的巴彦木仁西侧和好来包等地，主要出现在固定沙地和丘间低地上，伴生种有霸王、梭梭、合头草、变异黄芪、无芒隐子草、画眉草，具有典型的灌木+多年生草本+一年生草本的层片结构。在该群落类型中白刺处于发育阶段，白刺沙堆密度为 150 个沙堆/ hm^2 ，沙堆的平均大小



白刺+沙冬青群落

353.9cm×352.5cm，丘高 47.6cm，灌丛高 29.2cm，灌丛枯枝率 45%，沙堆灌丛覆盖率 40~45%；植被盖度 18.7%。

4. 白刺+梭梭+红砂群落

该群群落类型主要分布在乌兰布和沙漠东部的巴彦木仁西侧，多生长于半固定沙地和山前砂砾质和砾质洪积扇上，伴生种有沙冬青、泡泡刺、沙拐枣、画眉草、黄花补血草、沙米和虫实，具有典型的灌木+多年生草本+一年生草本的层片结构。该群落类型中白刺处于雏形和发育阶段，



白刺+梭梭+红砂群落

白刺沙堆密度为 165 个沙堆/hm²，沙堆的平均大小 199.0cm×184.0cm，丘高 37.0cm，灌

丛高 35.6cm，灌丛枯枝率 50%，沙堆灌丛覆盖率 48.75%；植被盖度 18.7%。

五、生存现状分析

乌兰布和沙漠白刺沙堆主要分布在沙漠的边缘，沙漠内部分布较少；处于雏形、发育、稳定、开始活化和解体5个阶段（表5-5），而且大部分处于发育和稳定阶段，小部分处于更新苗阶段，长势均较好；然而也少部分沙堆灌丛枯死，而且这种现象随着沙堆的增大而增强，新梢的程度则是随着沙堆的增大由小到大然后减小，沙堆植被覆盖度也是如此，在查干布拉格和哈夏图的东北较为严重，枯死率达到50%和43.8%；同时虫害和啃食也在个别区域发生，主要发生在包日毛道，虫害率达到78.3%。

表 5-5 白刺沙堆不同发育阶段划分标准

发育阶段	形态	土壤	植被
雏形阶段	形态不规则	迎风坡和背风坡均为流沙，表面无结皮，沙堆以下为粘土丘间地	灌丛多以单株形式生长，无结实，迎风坡无植被，背风坡为单株植被，长势较好
发育阶段	形态接近锥体	迎风坡为流沙，背风坡有少量结皮，沙堆以下为粘土丘间地	灌丛多株生长，结实率较高，迎风坡无植被，背风坡植被长势较好，有结实
稳定阶段	形态接近半椭球体	迎风坡和背风坡均有结皮，沙堆以下为粘土丘间地	灌丛多株生长，长势较好，但存在自疏现象，结实率低，迎风坡植被盖度略小于背风坡
开始活化阶段	形态接近半椭球体，一侧开始风蚀，单位塌陷。	结皮开始破坏，沙堆以下为粘土丘间地	灌丛多株生长，自疏现象开始严重，枯枝增多，灌丛主要分布在沙堆与丘间地交界处，结实率高，灌丛两侧由于自疏作用，植被盖度相近
解体阶段	形态开始不规则，两侧风蚀崩塌，形态参数相关性较差	沙堆两侧结皮开始破坏，沙堆以下为粘土丘间地	灌丛多株生长，自疏现象严重，枯枝较多，结实率低，植被盖度严重下降

调查和分析发现，白刺灌丛受胁迫原因如下：

(1) 只是部分稳定阶段的白刺灌丛有自疏现象，枯枝率较高；主要原因是由于结皮的

形成导致水分供应不足和灌丛密度过大导致营养供应不足所致。

(2) 活化沙堆两侧白刺灌丛死亡，这是白刺群落演替的结果，是白刺沙堆从生长到消亡的过程中的一个阶段，梭梭、沙冬青等物种演替进入而且种群数量较大。

(3) 枯死严重的查干布拉格和哈夏图东北，白刺生长于丘间平地，该地区梭梭虫害啃食较为严重，所以这种死亡可能与虫害和啃食影响有关。

(4) 虫害发生较为严重白刺主要分布在包日毛道，这里土壤为盐碱地，病害发生可能与高温干旱有关。

第二节 沙冬青

沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)又名蒙古沙冬青、蒙古黄花木，是古老的第三纪残遗种，是阿拉善荒漠区所特有的建群植物。乌兰布和沙漠的沙冬青主要分布于荒漠与干草原的过渡地带，这些地区年降雨低于200mm，部分地区甚至是低于100mm的地区，气候属于中温带典型的大陆性气候。沙冬青也是内蒙古荒漠、半荒漠地带唯一的常绿灌木。

一、生物生态学特征及应用保护价值

(一) 生物学特征

沙冬青为常绿灌木，高约1.5~2.0 m，叶革质，常为掌状三出复叶，少有单叶，小叶卵形或宽椭圆形，密被银白色柔毛。总状花序，顶生，具花8~10朵，蝶形花冠，花瓣黄色，雄蕊10，分离，子房披针形。荚果扁平，矩圆形，含种子2~5粒，种子球状肾形，侧扁，直径约7mm。沙冬青萌动较早，4月中旬即进入花期，5月中旬终花，7月下旬果实开始成熟。近年来随着学者们对组织器官的深入研究，使得沙冬青更具研究价值的生物学特性被陆续发现(蒋志荣等，1997)。如沙冬青具有很低的水势和蒸腾强度而束缚水含量很高，说明沙冬青细胞原生质具有抗旱特性。叶片具有厚的角质层，浓密的表皮层，气孔下陷，叶肉全部为栅栏组织，具抗旱结构。沙冬青为轴根系植物，主根粗壮，侧根发达，具根瘤。其根系主体部分集中分布在0~30 cm土层内，分别占根量、体积、根长、根表面积的82%、79.3%、72%、76%。沙冬青根系分布与所处地貌类型、土壤水分和紧实度、含盐量、pH值均有一定的关系。一般土层较疏松的地区沙冬青根系入土较浅，侧根发达。有研究表明，沙冬青的立地土壤以含盐量800~1100 mg/kg、pH值8.4~9.2之间时，其根系发育最佳(郭生祥等，2005)。

沙冬青为超旱生植物，其旱生结构如：叶背腹皆具浓密的表皮毛，角质层很厚，气孔深

陷, 栅栏组织发达等特征非常明显, 关于表皮毛对失水的影响, 学者们的研究各有不同的结果, 但白色或灰白色的表皮毛可以反射阳光的强烈照射, 起着保护叶内免受过热的隔热作用则为大家所公认。因此沙冬青对严酷生境的适应性, 主要是由于明显的旱生结构所致(刘家琼, 1982), 它很低的蒸腾、很强的持水力和抗热性也与该结构密切相关。极明显的旱生结构, 使沙冬青既能战胜夏季的干旱和炎热, 又能适应冬季的严寒, 因为严寒甚至比干旱更能强烈地引起旱生结构的产生, 而明显的旱生结构又使沙冬青更能适应寒冷, 这两者是相辅相成的。



沙冬青单株

(二) 生理生态学特征

沙冬青在恶劣的荒漠环境中形成了独特的形态特征, 而形态的表现也是内在响应机制的体现。

首先沙冬青除了具有上述抗旱的形态特征外, 其实还具有很强的抗旱生理机制。沙冬青是以尽可能多地吸收水分和减少水分蒸腾的方式来调节体内水分平衡以适应干旱的环境。沙冬青根部射线中含有大量多糖类粘液物, 能吸附大量水分, 使根在吸收和运输水分的同时, 还能通过贮存一些水分以进一步提高水分利用率。同时在干旱条件下, 沙冬青体内可溶性糖的含量也会增加, 这对于其处于生长季末的夜晚, 忍耐低温和持续干旱胁迫具有重要意义。沙冬青中脯氨酸含量较高, 尤其是在生长季末(安黎哲等, 1999), 而脯氨酸亲水性较强, 是植物忍耐干旱而产生的适应性物质。从有关水分胁迫时植物体保护酶活性的变化研究中发现, 沙冬青体内过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性在水分胁迫条件下较高, 而且与中生植物相比, 其POD和CAT活性也远远高于中生植物(刘家琼和周湘红, 1993), 这说明沙冬青在干旱逆境下使细胞免于伤害的能力与抗性会加强。

其次, 沙冬青是亚洲中部荒漠特有的常绿灌木, 在荒漠寒冷的冬季存活并能保持常绿,

是其强抗寒性能的有力体现。叶绿体是植物呈现绿色的首要细胞器，沙冬青叶肉细胞中的叶绿体数量在冬季显著增多；高能量的提供也是沙冬青能生存并保持常绿状态的前提条件，植物在长期的抗寒锻炼中积累大量糖类物质，增加和组织中的非结冰水含量细胞中的保水能力，进而提高了躲避冰冻脱水的能力，沙冬青在冬季通过淀粉粒的水解，丰富细胞中的可溶性糖含量以降低渗透势从而降低冰点，增强其抵御寒冷的能力。沙冬青中的线粒体在出芽和分裂的叶绿体附近较多，这可能也是沙冬青对寒冷的特殊适应机制，在需高能的细胞器附近聚集大量线粒体以提供足够能量和减少能量损失，从而提高抗寒能力。在冬季，沙冬青的液泡、细胞质和叶肉细胞中有一种十分特殊的电子密度很高的内含物，该内含物为脂化物，栅栏组织中含量非常丰富，可能与抗寒性有关，细胞质中的内含物无泡状结构，多分布于有一定解体现象并含有较多嗜饿的小球叶绿体附近，很少存在于发育良好的叶绿体附近和液泡中，其结构和分布与一般的蛋白质和脂质体不同，但该物质只在冬季沙冬青的细胞质中大量出现，不出现在其它季节，所以其很可能与沙冬青适应冬季低温环境，提高抗冻能力有关。

此外，沙冬青也具有很好的耐盐性，沙冬青生境中强烈的蒸发作用使地下水上升，地下水中所含的盐分残留在土壤中，造成了土壤的盐渍化。沙冬青在土壤含盐量达 0.38% 的环境中能正常生长。通过对沙冬青种子萌发期抗盐性的研究分析发现，当盐分浓度升高到 1.2% 时，种子仍没有受到明显抑制能够正常萌发（王焯等，1991），可见沙冬青具有很强的耐盐碱性。

（三）沙冬青应用价值

沙冬青是我国西北荒漠地区唯一的旱生常绿阔叶灌木，观赏价值较高。金黄色的蝶形花在早春开放，素有“大漠迎春花”之美称；在结果期，荚果由淡绿色逐渐变成金黄色，进入冬季仍然郁郁葱葱。沙冬青便于修剪，比其它常青的灌木和针叶树可以节省大量人力物力，因此它是荒漠地区不可多得的景观树种。

沙冬青中含有复杂的药用成分，其枝叶入药，具有祛风湿、舒筋活血、散瘀、止痛的作用，外用可治冻伤、慢性风湿性关节炎等，其叶和嫩枝中含有生物碱、黄花木素、拟黄花木素，占总干重的 2%（尤纳托夫，1959）。人们已经先后从沙冬青叶片中分离得到 23 种生物碱及多种类黄酮类物质，并对其功能做了分析，发现沙冬青的生物碱能抑制动物肝内亚硝基化合物形成，在氨基乙酰色氨酸光氧化过程中有抗自由基作用。有些生物碱和黄酮类物质具有祛风湿、活血散瘀、医治高血压病等很高的药用价值；双稠哌啶类生物碱对松材线虫、多种植物真菌病害、鳞翅目害虫有生物活性（赵博光，1998），因此也可用作杀虫剂；沙冬青

全株还含有可提取的药用冬青油,尤其是种子含有丰富的亚油酸,据分析其脂肪酸组成中亚油酸含量可高达 87.6%,而且多年生沙冬青单株产果量为 1000~3000 枚,产籽量为 75~700g 之间,其含量远远高于花生油、向日葵油、大豆油、油菜油等的含量。现在人类需要亚油酸这种多聚不饱和脂肪酸来平衡饮食,促进身体健康。另外,沙冬青耐瘠薄、抗寒抗旱、抗风蚀,同时根系发达、固土、分蘖能力均强,能形成浓密群落,繁茂的枝叶可拦截雨水,减少地表径流,防止水土流失,而且其阻沙性能较高(蒋志荣,1994)。沙冬青大冠幅、枝叶多的特点是其优良固沙性的重要原因。对沙冬青阻沙性进行调查,一般单株成年沙冬青高约 1.5m、冠幅 2m 左右,其阻固的沙堆高度可达 52cm,长约 5m,宽 4m 以上。

综上所述,沙冬青无论是在园林景观、食用、药用以及水土保持方面都有很高的价值,所以沙冬青综合利用价值较高,其它开发领域还有待于人们进一步深入研究发现。

(四) 沙冬青保护价值

沙冬青是沙质及沙砾质荒漠的建群植物,在亚洲中部的旱生植物区系中它是古老的第三纪残遗种。该植物在研究我国西北荒漠地带的发生和发展、古地理和古气候的变化,以及古代植物区系的变迁和豆科植物的系统发育方面,有着重要的科学价值,在维持干旱区生态平衡及水土保持方面也具有重要的资源价值。

从科学研究领域来看,沙冬青是分布于亚洲中部荒漠地带的特有种,是古地中海南退后遗留在干旱荒漠地带的第三纪孑遗植物,经历了漫长而巨大的气候和地质历史变迁过程。它的存在不仅说明了亚非荒漠区是一个整体,还为这个地区植物起源的古老性和热带亲缘提供了有力证据,而且沙冬青不仅是鉴定古地质年代发生重大变化的活化石,还可为古气候变化和古地理环境变迁的研究提供重要的理论依据。因而在研究干旱荒漠地带的发生、发展和古气候及古地理的变化,以至古地中海植物区系的变迁和豆科植物的系统发育方面,有着重要的科学研究价值。沙冬青是阿拉善—鄂尔多斯生物多样性中心戈壁荒漠(亚洲大陆中部荒漠)特有属,该中心处在生态环境严酷的荒漠和半荒漠地带,而且区系起源古老,多是古地中海干旱植物的后裔,研究沙冬青将是对这个区系生物多样性研究的一个十分重要的方面(潘伯荣,1991)。沙冬青是西鄂尔多斯-东阿拉善唯一的常绿阔叶灌木,在干旱、多风沙、光照多、蒸腾强烈的荒漠地区能以常绿阔叶形式生存的植物自然有其独特的适应方式,体内含有的多种类型的生物化学成分作为生物遗传资源可以作为基因工程研究中的特殊材料。

从资源利用角度看,作为沙生植物的一种,沙冬青具有庞大的根系,有适应严酷生境的生理生态学特征,可在极端干旱的荒山和石质戈壁上生存。它具有抗旱能力强、对水分亏

缺、极端高温、严寒高温、严寒霜冻、风蚀沙埋有特殊忍耐力的特性，是目前人类利用和改造荒漠的先锋和优良灌木。沙冬青不仅能防风固沙，而且其根瘤的固氮作用可改良土壤，提高土壤肥力。近年来，随着全球气温的不断升高及人为的作用，我国北方沙区部分早期营造的防风固沙林树种出现衰退和死亡，农田防护林带尚缺乏常绿灌木的搭配，防护效果显著降低；在我国西北水土流失区也还没有固土、常绿、多用的理想阔叶树种。而沙冬青无疑是解决以上问题的优良树种。在荒漠区大量栽植沙冬青灌木林，不仅能产生巨大的生态效益，而且还能带来更大的经济效益。其次，沙冬青是干旱荒漠地区重要的蜜源植物。再有沙冬青种子是特种工业油的提取原料及茎、枝、叶内含多种特殊的生物碱和黄酮类物质，含有丰富的内含物，因而在生物工业研究和开发利用中具有重要的价值。

应此，沙冬青在其分布区内具有不可比拟的生态价值，另外它还具有很高的经济效益和科研价值，所以沙冬青应该是乌兰布和沙漠重点保护的一种植物。

二、分布与生境

通过我们的调查发现沙冬青在乌兰布和沙漠的西北边缘（罕乌拉的正北）、乌兰布和沙漠的北部（敖伦布拉格西侧和南侧）、乌兰布和沙漠的东部（巴彦木仁苏木的西侧）、乌兰布和沙漠南部部分地区（本井东面）分布较为集中，形成带状或者团块状群落，其中又以敖伦布拉格苏木西南方向的盘古农场西侧周围的沙冬青群落面积最大，密度最高（达到 890.0 株/hm²）。在乌兰布和沙漠中部（呼和温都尔南边，查干布拉格东侧、南侧，哈夏图东北，好来包南）分布的点多，但是很少出现面积较为集中的区域，一般分布于低山残丘上。总体来看，在乌兰布和沙漠，沙冬青在沙漠的东、南、西北、北四周一些边缘地带均有分布，而在沙漠中部部分地区也有沙冬青的零星分布区，但是沙冬青很少进入乌兰布和沙漠的腹地深处，它不能忍受过分严酷的干旱环境条件，所出现的地方，都是当地环境中水、热条件相对比较良好的区域。

在乌兰布和沙漠，沙冬青分布地区的沙地多数处于固定、半固定状态，土壤以沙砾质棕漠土、灰钙土、灰棕荒漠土为主，地表常有薄层覆沙，沙冬青多生于沙质(覆沙)、沙砾质荒漠地带，在山前、山间谷地形成条带状或团块状群落。此外，我们对乌兰布和沙漠沙冬青群落各个分布的区域上的土壤进行了采样和分析，结果表明沙冬青分布的区域立地土壤的电导率在 188.50μs/cm~460.00μs/cm，速效磷介于 1.5 mg/kg~5.4 mg/kg，有机质为 0.17%~0.33%，全盐量为 0.09%~0.14%，而 pH 为 8.12~8.52。

三、种群特征

(一) 种群数量特征

种群数量分析是群落特征的研究基础,因种群数量随空间和时间而不断变化,种群数量所表征的年龄级、生殖力、生长量、死亡率等,不但具有时间的阶段性和序列性特征,而且具有空间的异质性特征。

这次科学考察调查沙冬青群落样地 25 个,基本涵盖了乌兰布和沙漠沙冬青各种群落类型;另外设置沙冬青种群格局调查样方 5 个,位于乌兰布和沙漠的西北、北、东、南和中部,代表了在乌兰布和沙漠分布的不同生境和地域。

1. 沙冬青种群的密度变化

由图 5-6 可知,在乌兰布和沙漠不同地区沙冬青密度大小不同,经方差分析,不同地区的种群密度差异不大($F=1.839$, $P=0.1529$),但是 Duncan 检验表明北部沙冬青种群密度最高(890.0 株/hm²),且显著高于西北边缘地区种群密度(129.7 株/hm²),前者是后者的 6.89 倍。对西北边缘和北部沙冬青种群的立地土壤养分的分析来看,在沙漠北部有沙冬青分布的地区其土壤养分状况明显好于西北边缘地区,如土壤的速效磷、速效钾、有机质含量前者比后者分别提高了 25.63%、19.77%和 97.30%。

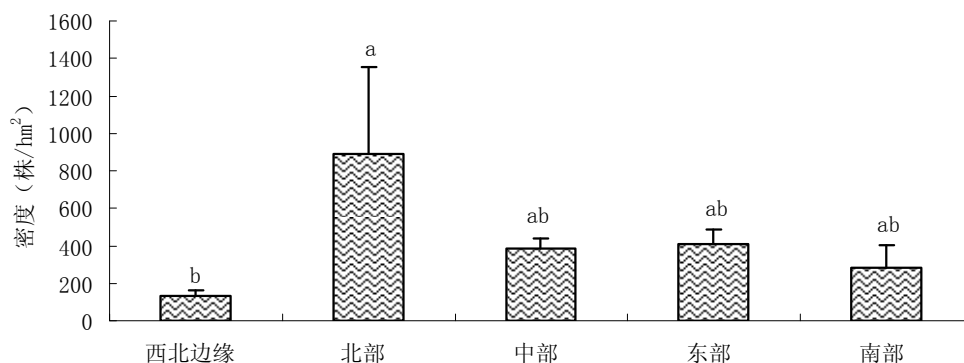


图 5-6 乌兰布和沙漠沙冬青种群密度变化特征

2. 沙冬青种群的盖度变化

图 5-7 表明,不同地域间沙冬青种群的盖度具有一定变化,但是差异不显著($F=2.635$, $P=0.0616$),而 Duncan 检验表明沙冬青种群盖度最大的北部(17.60%)远大于西北边缘沙冬青种群的盖度(4.33%),这与种群内部密度有直接关系,盖度北部地区沙冬青数量最多,密度最大必然会使其盖度大,而西北边缘地区沙冬青密度最小,盖度也是最小的,但也说明其种

群扩展的空间较大。

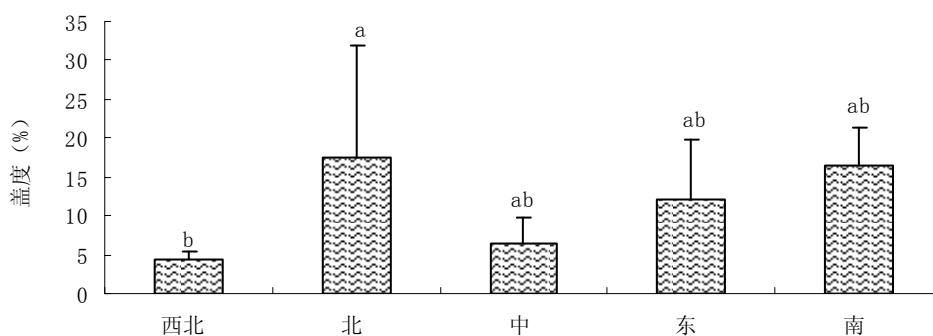


图 5-7 乌兰布和沙漠沙冬青种群冠幅变化特征

3. 沙冬青种群的高度与冠幅变化

高度与冠幅是表征沙冬青个体大小的两个主要指标。由图 5-9 可知，南部种群中沙冬青的平均高度最大(93.50cm)，东部(90.63cm)、北部(83.4cm)和西北边缘(71.04cm)种群次之，中部种群(63.29cm)最小，各种群间沙冬青的高度差异不显著($F=2.029$, $P=0.125$)。同样，南部种群中沙冬青的平均冠幅最大(117210.21cm^2)，西北边缘(64091.67cm^2)、东部(49267.57cm^2)、北部(29639.80cm^2)种群次之，而中部地区沙冬青种群冠幅明显小于其它几个地区(13832.78cm^2)(图 5-8)，各地区间总体差异显著($F=5.637$, $P=0.0029$)。由此可见二者具有相同的变化趋势，即沙漠南部沙冬青个体较大，西北边缘、北部、东部沙冬青个体小于南部，而沙漠中部生长的沙冬青最小。

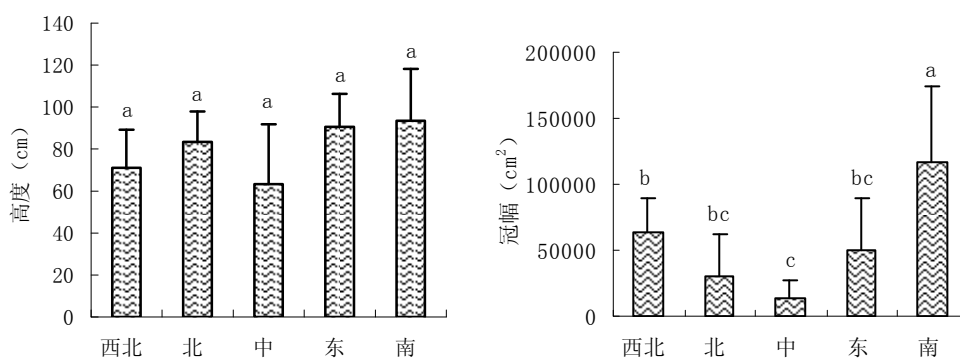


图 5-8 乌兰布和沙漠沙冬青种群高度与冠幅变化特征

4. 沙冬青种群的基径变化

基径与沙冬青个体年龄及其年生长量有极大的相关性。沙漠不同地区沙冬青基径的测量、计算与方差分析结果表明，不同地区间的基径差异显著($F=6.25$, $P=0.0002$)。其中西北边缘最大(33.01mm)，南部(27.73 mm)、东部(24.82 mm)、中部(20.13 mm)次之，而北部最小(16.17mm)。沙冬青的基径变化实际上也反映了不同种群中沙冬青个体平均年龄和年生长量。

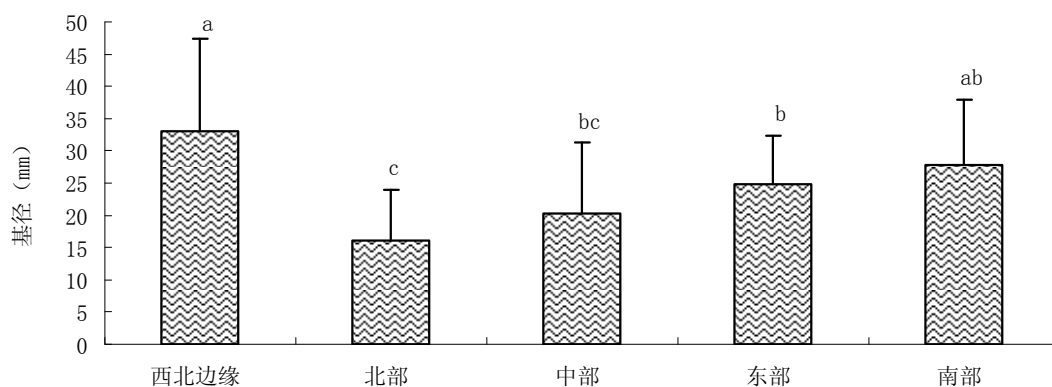
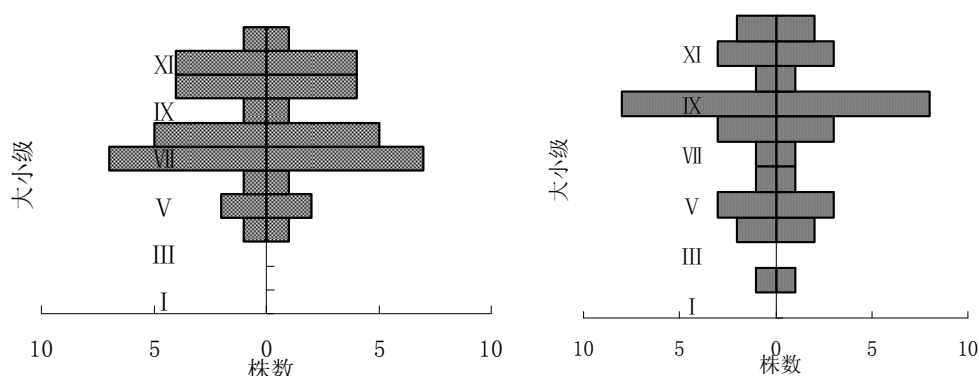


图 5-9 乌兰布和沙漠沙冬青种群基径变化特征

(二) 种群年龄结构

1. 不同地区种群大小结构

沙冬青属于灌木，基部分枝多，无明显主干，年轮不易辨别，应用生长锥或径级研究种群动态的难度较大(尉秋实等, 2005)。结合侯平等(1994)、尉秋实等(2005)以及何恒斌等(2006)研究成果(侯平等, 1994; 何恒斌等, 2006)和沙冬青种群在乌兰布和沙漠自然条件下的生长特性，应用天然沙冬青种群的个体株高(H)和冠幅(W)分析种群动态，其中以 10cm 为一个株高级，以 30cm 为一个冠幅级把沙冬青种群划分为 I~XII 共 12 个大小级，以此来分析不同地区沙冬青种群年龄结构特征。界定年龄结构时借鉴何恒斌等(2006)的研究，同时根据野外实际调查的沙冬青生长情况来确定划分依据，即幼苗($H \leq 20\text{cm}$, $W \leq 30\text{cm}$)和幼树($20\text{cm} < H \leq 40\text{cm}$, $30\text{cm} < W \leq 60\text{cm}$)，中龄($60\text{cm} < H \leq 90\text{cm}$, $60\text{cm} < W \leq 210\text{cm}$)，老龄植株($H > 90\text{cm}$, $W > 210\text{cm}$)。

图 5-10 沙漠西北边缘沙冬青种群个体高度、冠幅级数量(株/400m²)分布图

西北边缘种群：种群结构不完整，种群中没有株高小于 20cm、冠幅直接小于 30cm 的幼苗，而幼树数量只有 3.85%。中龄级和老龄级所占比例较大，株高介于 60cm~80cm 的中龄级沙冬青是该种群中比较稳定的一个大小级，而老龄级呈下降型的锥形，但是经过种群的

发展，中龄级将逐渐过渡为老龄级，使老龄级个体增加。所以从总体看，由于中龄级所占的比重较大，且中龄级呈现增长形，所以该地区沙冬青目前比较稳定。

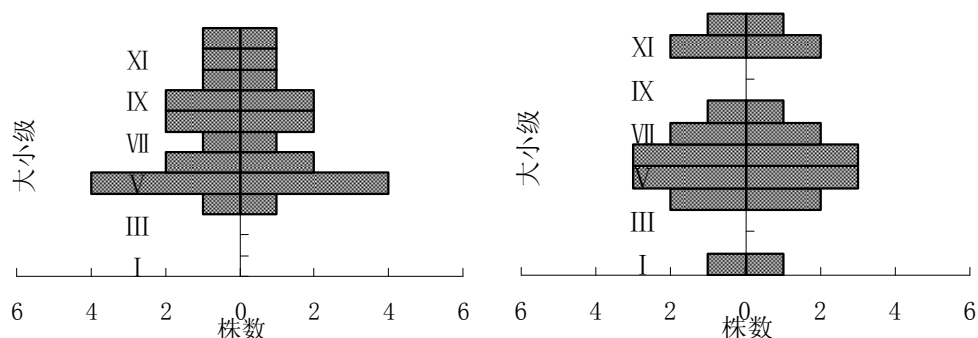


图 5-11 沙漠北部沙冬青种群个体高度、冠幅级数量 (株/400m²) 分布图

北部种群：该地区种群幼龄级和幼树级个体也比较少，只占到 6.67%，但是该地区中龄级个体数目大于 70%，且株高介于 40cm~90cm 冠幅直径 90cm~210cm 的中龄级个体数目特征呈现增长型种群的特性，这样就保证了该地区沙冬青能比较长久的保持其稳定的优势地位，并充分利用当地的资源实现种群的最大化。

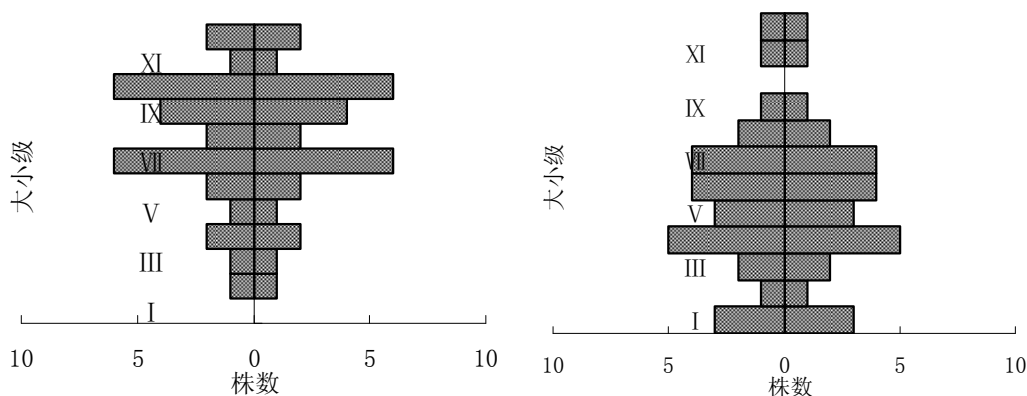


图 5-12 沙漠中部沙冬青种群个体高度、冠幅级数量 (株/400m²) 分布图

中部种群：该地区分布的沙冬青种群年龄结构完整，只是各年龄级个体数目存在差异。幼龄级个体占到 10%左右，而幼树级个体又有所减少，可能是由于该区较为恶劣的自然环境使得部分幼苗的死亡所致。中龄级个体较多，老龄个体少，总体看种群比较稳定，但是株高介于 40cm~80cm、冠幅直径介于 60cm~210cm 的中龄级却呈减小型锥体，表明中龄级沙冬青在该区生长过程中也有较高的死亡率，这可能还是与沙漠中部较为严酷的环境有关。

东部种群：该地区的沙冬青种群幼龄级和幼树级的个体极少，虽然依然是以中龄级的个体所占到 45%的比例最大，但是和老龄级大约 35%相比较其优势已经很小，且株高介于 50cm~90cm 冠幅直径介于 90cm~210 的中龄级呈下降趋势，所以该地区沙冬青中龄级个体也很难长久保证其优势状态，将逐步进入“老龄化”。

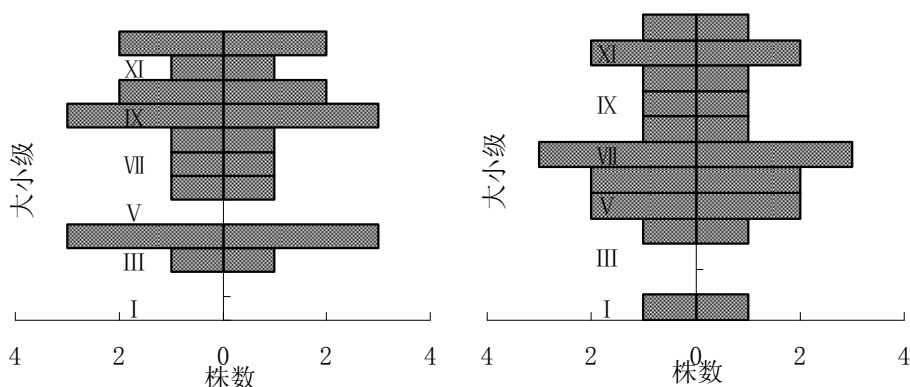


图 5-13 沙漠东部沙冬青种群个体高度、冠幅级数量 (株/400m²) 分布图

南部种群：该地区的沙冬青种群年龄结构也不完整，且表现为幼龄级和老龄级都有部分缺失的状况，这样必然导致中龄级个体将占有主导地位，统计计算也表明中龄级比例高达 75%左右，且以株高大约为 55cm 且冠幅直径大约为 100cm 的中龄级个体居多，种群目前也处于较为稳定的状态。

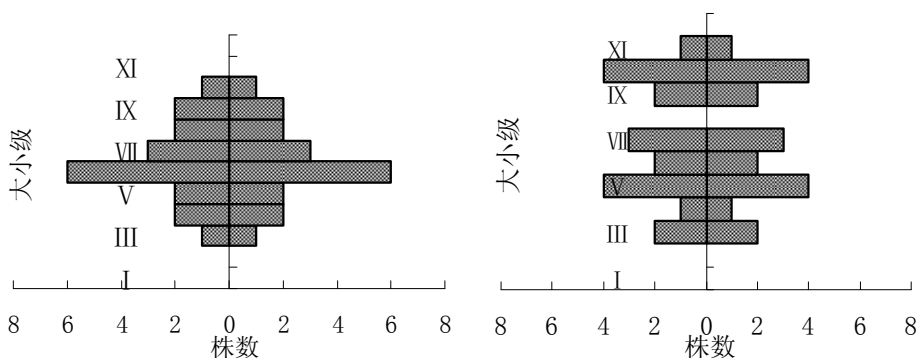


图 5-14 沙漠南部沙冬青种群个体高度、冠幅级数量 (株/400m²) 分布图

总体来看，沙冬青种群在乌兰布和沙漠是以中龄级占优势的一个较为稳定的种群，但是各个地区均表现为幼苗和幼树比较缺乏有些地区甚至缺失的现象，这样一来沙冬青种群就出现了严重的断代现象，这与沙冬青种子不易萌发的特性有关。

2. 冠幅面积与株高的关系

用株高和冠幅的大小级结构代替了年龄结构对种群结构进行分析，而株高与冠幅面积之间也存在某种相关性，但是各个地区间沙冬青种群冠幅面积与株高的相关关系存在差异。西北边缘沙冬青冠幅与株高呈幂函数相关，回归方程为 $y = 6.9002x^{2.5494}$ ($r=0.447^*$, $p=0.033$); 北部地区沙冬青冠幅与株高为幂函数相关，回归方程为 $y = 4.5588x^{3.558}$ ($r=0.440$, $p=0.203$); 中部地区沙冬青冠幅与株高幂函数相关，回归方程为 $y = 2.9379x^{2.5412}$ ($r=0.700^{**}$, $p=0.001$); 沙漠东部沙冬青种群的冠幅与株高也表现为幂函数相关，回归方程为 $y = 5.1086x^{1.5333}$ ($r=0.349$, $p=0.221$); 沙漠南部的沙冬青种群冠幅与株高表现为指数相关，回归方程为 $y =$

$1.9858e^{0.0577x}$ ($r=0.191$, $p=0.435$)。

从以上分析结果也可以看出在乌兰布和沙漠西北、北部、中部、东部所分布的沙冬青其冠幅与株高表现为相同的相关关系，只是具体的回归方程和其相关程度不同而已，而沙漠南部的沙冬青冠幅与株高相关性最弱而且呈现出于上述地区相异的方程类型，究其原因可能是多方面的，但是调查发现该地区沙冬青种群虫害十分严重，所以严重的虫害势必影响了其正常的生长，从而破坏了冠幅与株高常规的相关性有一定的关系。

表 5-6 不同区域沙冬青种群冠幅与株高的相关关系

不同区域	回归方程	相关系数	P 值
西北边缘	$y = 6.9002x^{2.5494}$	$r=0.447^*$	$p=0.033$
北部	$y = 4.5588x^{3.558}$	$r=0.440$	$p=0.203$
中部	$y = 2.9379x^{2.5412}$	$r=0.700^{**}$	$p=0.001$
东部	$y = 5.1086x^{1.5333}$	$r=0.349$	$p=0.221$
南部	$y = 1.9858e^{0.0577x}$	$r=0.191$	$p=0.435$

(三) 种群空间分布格局

沙冬青种群分布格局采用以下指标来进行测定：平均拥挤度 m^* 、丛生指数(I)、聚块性指标(m^*/m)、Cassie 指标(C_A)、扩散系数 C、负二项分布中的 K 指标。

表 5-7 的判定了沙漠各个地区沙冬青种群空间分布的类型，从平均拥挤度 m^* 、丛生指数(I)、聚块性指标(m^*/m)、Cassie 指标(C_A)、扩散系数 C 这几个指标的判定结果比较一致，即乌兰布和沙漠西北边缘、北部的沙冬青种群为集群分布类型，而沙漠其他地区均为均匀分布。负二项分布中的 K 指标量化了西北边缘和北部沙冬青聚群分布的强度，从结果看北部聚集度大于西北边缘。

表 5-7 各样地油蒿种群聚集指标与空间分布格局类型

样地位置	拥挤度 m^*	I 指标	m^*/m 指标	C_a	扩散系数 C	K 指标	空间分布格局
西北边缘	0.31	0.04	1.17	0.17	1.04	6.07	CL
北部	0.21	0.11	2.11	1.11	1.11	0.90	CL
中部	0.16	-0.10	0.63	-0.37	0.90	-2.68	U
东部	0.14	-0.01	0.96	-0.05	0.99	-22.28	U
南部	0.20	-0.01	0.95	-0.05	0.99	-21.83	U

CL-聚集分布 (clump);U-均匀分布 (uniform);R-随机分布 (random)

平均拥挤度是表示每个个体在同一单位中的其它个体的平均数，表 5-7 中沙冬青在沙漠西北边缘平均拥挤度 m^* 值最大为 0.31，其次是北部和南部地区的平均拥挤度 m^* 值分别为 0.21 和 0.20 而在中部和东部的沙冬青种群的平均拥挤度较小分别为 0.16 和 0.14。平均拥挤度表征了每

个沙冬青个体的“邻居数”，而这些相邻的个体都是争夺自身生存资源具有潜在种内竞争的对象，但是 m^* 值的大小依赖于也现有的总个体数。聚块性指数考虑了空间格局本身的性质，并不涉及现有的总个体和密度特征，其值越大，集聚性越强（王伯荪等，1995）。在北部的聚块性指数最大，因此，沙冬青在乌兰布和沙漠北部的集聚性最强，这与上面 K 值的判定结果一致。

自然环境条件的空间异质性确实约束着物种的分布，而且影响植被的动态发展。沙冬青种群的空间格局分布是由其自身的生长特性（如种子雨扩散）和其立地条件共同决定的。沙冬青种群要在乌兰布和沙漠严酷的环境中延续下来，除了体内具有特殊的抗逆机制以外（蒋志荣，2000；冯金朝等，2001；费云标等，1994），还必须能进行种族繁衍（刘果厚，1998）。沙冬青是第三纪的古热带气候条件下孕育发展起来的喜温嗜湿类植物，其旱生特征是后来逐步适应干旱荒漠气候的结果，自然条件下只能进行有性繁殖，其种子在 30°C 左右才能萌发。同时，沙冬青种子光滑、颗粒大（千粒重 50 g 左右），种皮坚硬，吸胀速度缓慢，浸水 10 d 的种子吸胀率为 60% 。沙冬青的这种繁殖特性和种子特点对其种群的分布至关重要。固定和半固定沙地对于沙冬青种子的传播和保藏具有积极的作用，而且沙面下的固定湿沙层能有效促进种子的萌发（类似于人工沙藏催芽处理）。特殊年份，当土壤温度和水分在一定时段达到有效耦合时，沙冬青种子会大量萌发成苗，从而使种群延续和扩大，密度增加，在密度效应的影响下，种群保持均匀分布状态；而砾质沙地和冲积坡地等地面环境对于沙冬青种子的保藏和土壤水分的保持均不利。因此，当土壤温度和水分达到有效耦合时，只有母株附近脱落的新鲜种子才能萌发成苗，导致沙冬青成集群分布（尉秋实等，2005）。

四、群落特征

（一）群落类型

根据调查发现乌兰布和沙漠的沙冬青群落主要是由灌木层组成的，灌木层发育较好，主要有下列群落类型：

1. 沙冬青群落

沙冬青单优种群落，在敖伦布拉格苏木西侧分布。沙冬青的盖度达到 35% 。群落中也有少量的泡泡刺和霸王。



沙冬青群落

伴生草本植物：沙葱、地锦、蒺藜、三芒草、盐生草、虎尾草、五星蒿、骆驼蓬等。

2. 沙冬青+梭梭群落

该群落类型的群落主要分布在敖伦布拉格的西南侧，其中沙冬青的盖度达到16%左右，群落中灌木植物还有霸王和白刺。

伴生草本植物：黄蒿、三芒草、沙葱、画眉草、针茅、变异黄芪、虎尾草、沙米、地锦、五星蒿、虫实等。



沙冬青+梭梭群落

3. 沙冬青+白刺群落

该群落类型主要分布在巴彦木仁苏木西侧和好来包的南侧。沙冬青的盖度有6%~11%，整个群落盖度可达20%~25%，其他主要灌木或半灌木有梭梭、红砂、荒漠锦鸡儿、裸果木、猫头刺、木本猪毛菜、霸王等。

伴生草本植物：沙米、虫实、五星蒿、地锦、三芒草、针茅、隐子草、虎尾草等。



沙冬青+白刺群落

4. 沙冬青+白刺+梭梭群落

该群落类型主要出现在沙漠中部的查干布拉格以东的地区。群落中沙冬青的盖度在5%左右，而群落的盖度在15%左右。另外，群落中的还伴生有猪毛菜。

伴生草本植物：虫实、五星蒿、画眉草、盐生草、骆驼蓬等。



沙冬青+白刺+梭梭群落

5. 沙冬青+白刺+多年生草本群落

这是由灌木层的沙冬青、白刺和草本层的一些多年生草本为建群种的群落，虽然沙冬青和白刺占主要优势，但是由于多年生草本针茅在该群落中密度较大，盖度较高，在该群落中也发挥了重要的作用。该群落类型主要分布在巴彦木仁苏木西侧，沙冬青的盖度可达

21%左右，群落总盖度接近 50%。

伴生草本植物：隐子草、画眉草、沙葱、地锦等。

总体来看，乌兰布和沙漠沙冬青群落最主要的伴生物种为白刺及梭梭，灌木层的生态优势度大，而草本层发育较差、生态优势度较小，且主要是一些一年生植物，多年生草本数量相对较少。



沙冬青+白刺+多年生草本群落

（二）群落物种组成

1. 物种组成

乌兰布和沙漠组成沙冬青群落的植物共有 34 种，隶属 11 科 30 属，含有种类数最多的科是藜科（7 种），其次禾本科是（6 种）、豆科（4 种）、蒺藜科（4 种）、菊科（3 种），蓼科、柽柳科、石竹科、蔷薇科、大戟科、百合科均为 1 种。各科所拥有的物种数统计表明乌兰布和沙漠沙冬青分布的地域其地带性植被是以藜科、禾本科、豆科、蒺藜科和菊科为主的。

如表 5-8 所示含有种类最多的属是猪毛菜属（3 种），其次是蒿属、白刺属（2 种）、而沙冬青属、棘豆属、锦鸡儿属、黄耆属、霸王属、骆驼蓬属、蒺藜属、梭梭属、沙蓬属、虫实属、雾冰藜属、盐生草属、碱蓬属、沙拐枣属、红砂属、裸果木属、绵刺属、鸦葱属、飞廉属、画眉草属、狗尾草属、沙竹属、三芒草属、针茅属、隐子草属、葱属、大戟属均为 1 种。

刘家琼等学者在 1991 年对沙坡头地区北部的腾格里沙漠沙葱湾—通湖山一带大片分布的沙冬青群落进行了调查，出现在沙冬青群落中的植物共有 30 种（刘家琼，等），与我们调查的结果相比在数量上比较接近，但是物种确有很大的差异。另外张强等人在对沙冬青群落调查发现出现在沙冬青群落中的植物有 21 科 54 属 79 种，而在《内蒙古植被》中更是记载沙冬青群落中有植物 23 科（中国科学院内蒙古宁夏综合考察队，1978.），这些都远远超出了我们调查中只有 11 科的结果。实际上受到时间和空间的限制，沙冬青群落中出现的物种必然会有很大的差别，但是所有的调查以及我们的调查中菊科、豆科、蓼科等这些西北干旱荒漠区的表征科数量都比较多，表明了沙冬青群落的荒漠特征，另外禾本科中针茅等一些草

原成分则显示出沙冬青群落草原化荒漠的特征，这一点在不同的调查地点却都是相似的。

表 5-8 乌兰布和沙漠沙冬青群落出现的植物统计表

科名	属名	种名	生活型
豆科 Leguminosae	沙冬青属 <i>Ammopiptanthus</i>	沙冬青 <i>Ammopiptanthus mongolicus</i>	灌木
	棘豆属 <i>Oxytropis</i>	猫头刺 <i>Oxytropis aciphylla</i>	半灌木
	锦鸡儿属 <i>Caragana</i>	荒漠锦鸡儿 <i>Caragana roborovskyi</i>	灌木
	黄耆属 <i>Astragalus</i>	斜茎黄芪 <i>Astragalus adsurgens</i>	多年生草本
蒺藜科 Zygophyllaceae	白刺属 <i>Nitraria</i>	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	灌木
		泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	灌木
	霸王属 <i>Zygophyllum</i>	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylum</i>	灌木
	骆驼蓬属 <i>Peganum</i>	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>	多年生草本
	蒺藜属 <i>Tribulus</i>	蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i>	一年生草本
藜科 Chenopodiaceae	梭梭属 <i>Haloxyton</i>	梭梭 <i>Haloxyton ammodendron</i>	灌木
		珍珠猪毛菜 <i>Salsola passerine</i>	半灌木
	猪毛菜属 <i>Salsola</i>	木本猪毛菜 <i>Salsola arbuscula</i>	灌木
		猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	一年生草本
	沙蓬属 <i>Agriophyllum</i>	沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	一年生草本
	虫实属 <i>Corispermum</i>	虫实 <i>Corispermum hyssopifolium</i>	一年生草本
	雾冰藜属 <i>Bassia</i>	五星蒿 <i>Bassia dasyphylla</i>	一年生草本
蓼科 Polygonaceae	盐生草属 <i>Halogeton</i>	盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>	一年生草本
	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	一年生草本
怪柳科 Tamaricaceae	沙拐枣属 <i>Calligonum</i>	沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	灌木
石竹科 Caryophyllaceae	红砂属 <i>Reaumuria</i>	红砂 <i>Reaumuria soong</i>	灌木
蔷薇科 Rosaceae	裸果木属 <i>Gymnocarpos</i>	裸果木 <i>Gymnocarpos przewalskii</i>	半灌木
菊科 Compositae	绵刺属 <i>Potaninia</i>	绵刺 <i>Potaninia mongolica</i>	灌木
	鸦葱属 <i>Scorzonera</i>	鸦葱 <i>Scorzonera austriaca</i>	多年生草本
	飞廉属 <i>Carduus</i>	飞廉 <i>Carduus nutans</i>	二年生草本
	蒿属 <i>Artemisia</i>	早蒿 <i>Artemisia xerophytica</i>	半灌木
		猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	二年生草本
禾本科 Gramineae	画眉草属 <i>Eragrostis</i>	画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	一年生草本
	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	一年生草本
	沙鞭属 <i>Psammochloa</i>	沙鞭 <i>Psammochloa villosa</i>	多年生草本
	三芒草属 <i>Aristida</i>	三芒草 <i>Aristida adscensionis</i>	一年生草本
	针茅属 <i>Stipa</i>	针茅 <i>Stipa capillata</i>	多年生草本
	隐子草属 <i>Cleistogenes</i>	隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	多年生草本
百合科 Liliaceae	葱属 <i>Allium</i>	沙葱 <i>Allium mongolicum</i>	多年生草本
大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	地锦 <i>Euphorbia humifusa</i>	一年生草本

2. 生活型

表 5-9 统计了沙冬青群落中高等植物的生活型谱。从表可以看出，群落中没有乔木和藤本植物，所以组成群落的片层比较简单，只有灌木层和草本层，其中又以草本植物居多占到 58.83%，灌木占调查植物总数额的 41.17%。具体来看，草本植物中又以一年生的为主，占调查植物总数的 32.35%，多年生草本占 20.59%，二年生草本只有群落植物总数的 5.88%。灌木层植物中，灌木和半灌木占调查植物总数的 29.43%和 11.74%。

表 5-9 乌兰布和沙漠沙冬青群落生活型谱

生长型	灌 木			草 本		
种 数	13			21		
百分数 (%)	41.17			58.83		
生长型	灌木	半灌木	一年生草本	二年生草本	多年生草本	
种 数	10	4	12	2	7	
百分数 (%)	29.43	11.74	32.35	5.88	20.59	

(三) 群落数量特征

1. 群落物种优势度的比较

优势度是指某种植物在群落中地位与作用的优势程度,一般应用重要值(importance value)表示一个物种的优势度。在野外调查的基础上,计算有沙冬青出现的所有样地上物种重要值,按照沙冬青在各个群落中所占的重要值相对的大小,可以大致分为三种类型(表 5-10): ① 沙冬青为第一优势种群落,群落的环境主要由沙冬青所决定,沙冬青在群落结构、竞争、恢复和演替方面起着重要作用。这其中又可以分为沙冬青单优种的群落和沙冬青与其它物种共建的群落。② 沙冬青为次优种的群落,沙冬青的重要值在群落中排第二位,但是沙冬青依然在群落中发挥了极其重要的作用,与群落中的第一优势种一起决定了群落基本功能和特征。③ 沙冬青虽然出现,但是数量很少,盖度也很低,对群落的各功能影响微乎其微,只是作为群落的一个伴生种出现。鉴于沙冬青为次优种和伴生种的群落实际上已经归于其他类型的群落,下面所指的沙冬青群落均为沙冬青为第一优势种的群落。

从沙冬青的重要值大小来看,在乌兰布和沙漠北部的敖伦布拉格一带沙冬青占有很大的优势,另外南缘的本井东一些地区沙冬青优势也较明显,沙漠腹地只有相对水热条件较好的一小块地区,沙冬青才形成单优种的群落,例如在呼和温都尔东,由于局部水分和立地条件适应了沙冬青的生长,所以使其形成了一个沙冬青单优势种的群落。所以总体来看,沙冬青群落中沙冬青的优势程度在沙漠周围高于沙漠腹地的,且立地水热条件相对好的地区沙冬青的优势度程度相应的也会偏大。因此,一种类型的植物越是与其立地环境因子相适应,那么这个物种就越有可能在这一地区的植被群落中形成较大的优势度,应此沙冬青在乌兰布和沙漠中优势度的一个变化也可以看做是与其立地环境因子适应程度的一个潜在的响应。但是优势度是一个相对的概念,除了沙冬青种群自身生长外,还与其他共建种或者伴生种的生长状况有关,是由综合因素共同决定的。

另外,在对沙冬青群落的重要值进行统计的时候,为了消除一年生草本这样一个在年季变化中极不稳定的群体它对于群落的影响,则没有把一年生草本的重要值计入群落中,所以重点考虑的是对群落结构和特征起决定性作用的灌木和多年生草本。

表 5-10 沙冬青群落盖度和物种优势度

群落类型	样地	地点	群落类型	群落盖度 (%)	群落密度/株 (hm ²)	优势种及重要值
沙冬青为优势种的群落	AL58	敖伦布拉格西	沙冬青+梭梭	29.15±1.50	0.97×10 ⁵	沙冬青 (0.41)、梭梭 (0.19)、白刺 (0.11)
	AL59	敖伦布拉格西	沙冬青	16.17±8.08	3.93×10 ⁵	沙冬青 (0.75)、霸王 (0.12)
	AL21	巴彦木仁西	沙冬青+白刺	24.68±6.68	6.52×10 ⁵	沙冬青 (0.33)、白刺 (0.28)
	AL28	好来包南	沙冬青+白刺	20.33±3.54	26.90×10 ⁵	沙冬青 (0.32)、白刺 (0.25)、梭梭 (0.19)
	AL35	查干布拉格东	沙冬青+白刺+梭梭	15.76±1.60	3.52×10 ⁵	沙冬青 (0.24)、白刺 (0.17)、梭梭 (0.17)、泡泡刺 (0.12)
	AL36	呼和温都尔东	沙冬青	26.60±1.32	27.67×10 ⁵	沙冬青 (0.48)、梭梭 (0.19)、霸王 (0.11)
	AL19	巴彦木仁西	沙冬青+白刺+多年生草本	49.35±6.15	0.74×10 ⁵	沙冬青 (0.24)、白刺 (0.20)、针茅 (0.19)
沙冬青为次优势种的群落	AL14	本井东	沙冬青	31.06±2.40	3.81×10 ⁵	沙冬青 (0.68)、沙葱 (0.19)、沙竹 (0.12)
	AL22	查干布拉格	旱蒿+沙冬青+白刺	25.96±5.45	3.39×10 ⁵	旱蒿 (0.22)、沙冬青 (0.20)、白刺 (0.18)
	AL04	罕乌拉北	白刺+沙冬青+多年生草本	23.00±3.78	0.23×10 ⁵	白刺 (0.23)、沙冬青 (0.21)、骆驼蓬 (0.16)
	AL18	巴彦木仁西	油蒿+沙冬青+多年生草本	40.11±6.44	0.78×10 ⁵	沙竹 (0.41)、油蒿 (0.29)、沙冬青 (0.14)
沙冬青为伴生种的群落	AL60	敖伦布拉格南	白刺	51.70±7.86	0.51×10 ⁵	白刺 (0.54)、梭梭 (0.25)、沙冬青 (0.21)
	AL32	呼和温都尔南	梭梭+红砂	15.91±7.95	0.14×10 ⁵	梭梭 (0.42)、红砂 (0.26)、泡泡刺 (0.12)
	AL20	巴彦木仁西	白刺+梭梭	50.16±6.04	2.42×10 ⁵	白刺 (0.32)、梭梭 (0.18)、红砂 (0.10)

注：表中±后面表示为标准误

2. 群落盖度和密度特征

由表 5-10 可以看出，在乌兰布和沙漠，沙冬青出现的群落其盖度还是存在着较大的差异，沙冬青为优势种的群落中，其盖度为 15.76%~49.35%。另外根据盖度频率分布图来看(图 5-16)，沙冬青群落盖度分布曲线呈现双峰，盖度分别在 15%和 30%出现两个峰值，群落盖度主要分布范围在 10%~35%之间。沙冬青单种的盖度曲线呈现单峰特征，在 10%出现峰值，而且其频度达到 50%。盖度较大的沙冬青群落都是多年生草本与其共建的群落，实际上是多年生草本的大量出现使得群落的盖度比较大，如在巴彦木仁西，沙冬青、白刺与多年生草本针茅共建的群落，在本井东沙冬青单优群落，由于多年生草本沙竹的出现，使得群落的覆盖度有所提高。那些覆盖度相对而言比较低的沙冬青群落，例如在查干布拉格东的沙冬青单优群落，还有在敖伦布拉格西的沙冬青单优群落，因为群落中只有零星的白刺和梭梭与梭梭一起成为共建种，或者只有沙冬青为单优群落，这些群落片层结构比较简单，灌木层优势很大，缺乏草本层对于灌木层植被之间大量裸地的有效“填充”，所以其群落的覆盖度是比较低的。

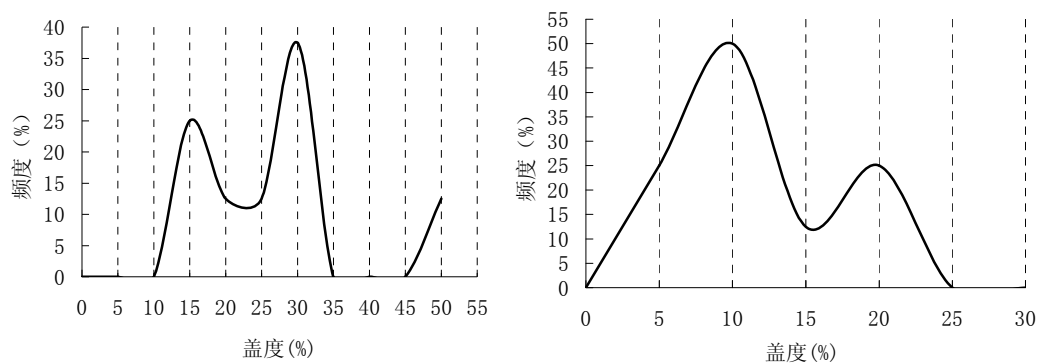


图 5-15 沙冬青群落及沙冬青单种盖度频率分布

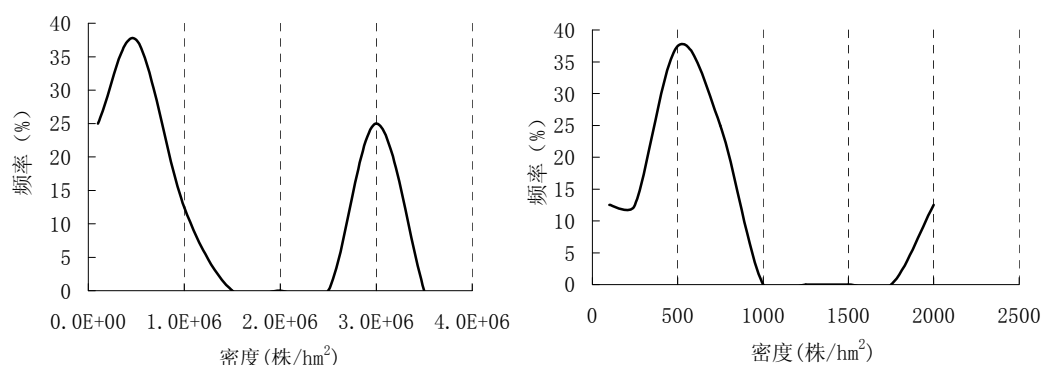


图 5-16 沙冬青群落及梭梭单种密度频率分布

沙冬青群落的密度在 $0.74 \times 10^5 \sim 27.67 \times 10^5$ 株/hm² 之间, 平均密度为 9.26×10^5 株/hm²。从频率分布图来看(图 5-17), 沙冬青群落的密度分布曲线有两个峰值, 第一个峰值出现在 5.0×10^5 株/hm² 左右, 第二个峰值则位于 3.0×10^6 株/hm², 且前者的比例达到 37.5%, 后者也达到了 25%。而沙冬青单种的密度频率分布图呈单峰的状态, 密度在 500 株/hm² 左右出现峰值, 且频率达到了 37.50%。密度最大的沙冬青群落是呼和温都尔东的沙冬青单优群落, 该地区生长有密度很高的的虫实及五星蒿。巴彦木仁西的沙冬青+白刺+多年生草本群落是密度最低的, 但是该群落却是盖度最大的沙冬青群落, 盖度大是由于沙冬青和白刺对丘间地及沙丘上空间的高效利用, 但是正是由于沙冬青和白刺以及针茅对资源的占据和消耗使得一年生草本数量稀少, 从而使得整个群落出现盖度而密度小的现象。总体看, 沙冬青群落的密度主要受到一年生草本植物的影响很大, 立地条件适合一年生植物生长的那些沙冬青群落, 比如半固定沙地, 以及固定沙地其密度普遍较大, 而那些沙漠边缘一年生植被生长稀疏的地区其沙冬青群落密度较小。

3. 群落多样性

群落物种多样性作为生物多样性的重要组成部分, 不仅是反映生态系统内物种组成、

结构多样性和复杂化程度的客观指标,同时还是生态系统内生物群落对生物和非生物环境综合作用的外在反映(张玲等, 2007)。研究沙冬青群落物种多样性,可阐明群落的动态演替特征,探索沙冬青群落在乌兰布和沙漠多样性变化的内在规律。

群落的多样性指数可直接反应出群落的结构特征。沙冬青群落的物种丰富度在各地间的变化在4~21之间,400 m²标准样地的平均物种12种,以巴彦木仁苏木西的沙冬青+白刺群落的物种数最多(21种),而以沙漠南部在本井东的沙冬青单优种群落物种数量最少(4种),总体上看,沙冬青群落结构简单,物种组成稀少,这也符合沙漠群落的一般特性。

Simpson多样性指数、Shannon—Wiener指数其结果基本是一致的,但也存在略微的差别,主要是由于不同的公式对取样技术和取样面积大小的敏感度不同所造成的。乌兰布和沙漠北部的敖伦布拉格一带出现的沙冬青群落其Simpson多样性指数指数是最大的(0.8808),而沙漠东部的巴彦木仁苏木西的沙冬青+白刺群落的Shannon—Wiener指数最大(3.4171)。除了最大值出现的地区及群落类型有差异外,其他样地的各个多样性指数大小顺序是一致的,而且各指标最小值也都出现在本井东沙冬青群落。沙冬青群落的均匀度则反应了群落中物种分布的均匀程度,例如沙漠东部的沙冬青+白刺+多年生草本群落,以及沙漠中部的沙冬青+白刺+梭梭群落,虽然物种数不是所有沙冬青群落里面最多的,但是由于各物种之间的数量差异相对较小,所以必然导致群落中各物种占有空间资源的均匀程度较高。而沙漠东部的沙冬青+白刺群落虽然其物种数是最多的,但是由于存在有数量相当庞大的一年生草本,导致物种之间数量分配上存在极大的不均匀,从而使得均匀度相对较低。

表 5-11 沙冬青群落的生物多样性

样地	典型群落	地点	地理位置	丰富度	Simpson	Shannon—Wiener	均匀度
AL14	沙冬青	本井东	39°30'02"N 106°12'25"E	4	0.58	1.48	0.74
AL19	沙冬青+白刺+多年生草本	巴彦木仁西	39°55'40"N 106°36'09"E	9	0.87	3.01	0.95
AL21	沙冬青+白刺	巴彦木仁西	39°56'31"N 106°26'55"E	21	0.87	3.42	0.78
AL28	沙冬青+白刺	好来包南	39°52'27"N 106°12'42"E	12	0.83	2.99	0.83
AL35	沙冬青+白刺+梭梭	查干布拉格东	40°04'52"N 106°03'50"E	10	0.86	2.94	0.88
AL36	沙冬青	呼和温都尔东	39°58'01"N 106°08'30"E	12	0.79	2.84	0.79
AL58	沙冬青+梭梭	敖伦布拉格西	40°15'06"N 106°15'34"E	15	0.88	3.33	0.85
AL59	沙冬青	敖伦布拉格西	40°20'26"N 106°16'16"E	12	0.81	2.84	0.79

4. 群落相似性

群落相似性是群落内环境异质性变化或群落间环境变化而导致的物种丰富度和均匀程度变化的指标,用 Jaccard 群落相似性指数计算不同地区沙冬青的群落相似性,其计算公式

为: $C_j=c/(a+b+c)$ 其中, a 、两个样方共有种数; b 、存在第一个样方之中但不存在于第二个样方中的种数; c 、存在于第二个样方中但不存在于第一个样方中的种数。

从表 5-12 也可以看出, 在乌兰布和沙漠, 不同地区沙冬青群落之间相似系数最高的两个沙冬青群落是位于好来包南和呼和温都尔东, 但相似系数也只有 0.5333, 另外还有敖伦布拉格西和巴彦木仁以及好来包南的沙冬青群落之间相似性系数也达到了 0.5, 除此之外其他地区之间沙冬青群落的相似性系数均 <0.5 , 相似度较低, 尤其是本井东和其他地区之间的相似都均 ≤ 0.2 。

总体看, 在乌兰布和沙漠不同地区的沙冬青群落之间相似度的平均值只有 0.3030, 且相似系数没有超过 0.6 的群落, 大多的群落之间相似系数小于 0.4, 且最低的只有 0.0909。实际上是沙漠地区本来环境的空间变异性较大, 沙冬青本身生长的立地环境个因子存在着很大的差别, 那些相对距离较远的群里之间必然导致小生境差异较大, 进而使得适合生长的植物种类、数量存在较大的差别, 这也是导致这种群落相似度很低的直接原因。

表 5-12 不同沙冬青群落相似系数矩阵

样地	AL14	AL19	AL35	AL36	AL59	AL28	AL58	AL21
AL14	1.00							
AL19	0.20	1.00						
AL35	0.09	0.20	1.00					
AL36	0.17	0.25	0.43	1.00				
AL59	0.15	0.31	0.24	0.28	1.00			
AL28	0.15	0.24	0.40	0.53	0.20	1.00		
AL58	0.20	0.50	0.33	0.44	0.42	0.50	1.00	
AL21	0.09	0.43	0.30	0.33	0.27	0.32	0.50	1.00

五、生存现状分析

乌兰布和沙漠沙冬青群落中沙冬青的平均盖度为 10.80%, 平均株高为 77.20cm, 平均冠幅为 188 cm \times 167 cm, 沙冬青平均密度为 423 株/hm²。在敖伦布拉格苏木的西南方向的盘古农场西侧(40°20'26"N, 106°16'16"E)出现的沙冬青单优群落中沙冬青平均株高为 68.00cm, 平均冠幅为 95cm \times 93cm, 在该 400m²样地中共有沙冬青 99 株, 沙冬青死株 5 株, 这也是经过调查发现的对在乌兰布和沙漠沙冬青密度最大的区域 (2475 株/hm²), 盖度也达到了 35%, 而在其他沙冬青与梭梭, 白刺或者多年生草本共建的群落中沙冬青的盖度只有 0.5%~28%不等, 密度也较小。

表 5-13 乌兰布和沙漠沙冬青种群生长统计

样方位置	新梢 (cm)	分枝数 (个)	枯枝程度 (%)	虫害程度 (%)
乌兰布和沙漠西北	23.84	10.63	19.47	0
乌兰布和沙漠南	11.24	12.05	11.60	75.79
乌兰布和沙漠东	4.64	6.00	44.67	0
乌兰布和沙漠中	11.70	13.42	18.85	0
乌兰布和沙漠北	1.09	8.6	20.50	0

对生长在乌兰布和沙漠不同区域的沙冬青种群样方中的表征沙冬青个体生长的新梢长度、分枝数、枯枝程度和受虫害程度的数据也做了一个初步的统计，然后结合前面对沙冬青种群数量特征的分析，初步探讨了生长在乌兰布和沙漠沙冬青的现状，分析结果如下：

(1) **乌兰布和沙漠西北部：**在罕乌拉正北方向，乌兰布和沙漠西北边缘生长的沙冬青基径较大，沙冬青生长良好，当年生长的枝条也比较长，平均每株的分枝数达到 10.63 个，平均每株的枯枝程度为 19.47%，属于正常生长演替的过程，所以该区域沙冬青生长正常，种群较为稳定。



沙漠南部受到虫害的沙冬青

(2) **乌兰布和沙漠南部：**在本井东部，沙冬青出现比较严重的虫害，此样地沙冬青共有 21 株，除两株死亡之外，其它全部有虫害发生，且平均每株的虫害程度达到 75.79%，但该地区沙冬青的枯枝率仅为 11.60%，虫害并没有使该区域沙冬青产生大面积枯死的现象，虽然虫害在一定程度上制约了沙冬青的生长，但基本上该区域沙冬青处于稳定状态。

(3) **乌兰布和沙漠东部：**在巴彦木仁西部，调查发现该样方沙冬青虽然没有遭受明显的虫害，但是该区域沙冬青生长状况较差，中龄级和老龄级偏多而幼龄级偏少，平均每株的当年生新梢长度只有 4.64cm，而枯枝率却达到了 44.67%。

(4) **乌兰布和沙漠中部：**在乌兰布和沙漠中部生长的沙冬青呈现零星分布状，没有集中分布的大片区域。在调查的样方内，沙冬青的分枝数多，生长良好，枯枝率基本上为正常

的生长演替, 该区域沙冬青也基本上呈现稳定的趋势。

(5) **乌兰布和沙漠北部:** 是乌兰布和沙漠沙冬青生长较好的一块区域, 在调查的种群样方内, 沙冬青的基径较小, 当年生枝条数较小, 说明该区域的沙冬青幼龄级个体多, 该区域沙冬青没有受病虫害的影响, 枯枝率为 20.50%, 基本处于正常演替阶段, 生长正常, 比较稳定。

总体来看, 本次科考所调查的沙冬青分布的区域除个别地段生长状况较差外, 其他大部分区域分布的沙冬青生长基本正常, 目前处于比较稳定的状态。但是在调查中也发现了南部部分地区的沙冬青发生了比较严重的虫害, 虽然不至于使其大面积死亡, 但也影响了它的正常生长, 这一点已经在前面对种群冠幅面积和株高相关性的分析中有所体现。在调查中还发现有些地区沙冬青的更新苗数量偏少, 老龄株偏多的现象, 种群有更新比较困难。

许多研究表明沙冬青无论从自身的形态特征还是生理表现, 都能适应荒漠地区的环境条件(郭生祥, 2005)。本次科考调查也表明乌兰布和现存的沙冬青生长正常, 种群比较稳定, 但是部分区域还是出现的种群衰退的迹象。结合有关资料和本次科考实地调查的结果, 初步分析的主要原因可以归结为以下几个方面:

沙冬青作为一个第三纪的孑遗植物, 因为鄂尔多斯高原和阿拉善高原在第四纪时没有直接受到冰川侵袭而成为沙冬青存活提供了条件, 经历了地址历史变迁和气候环境变迁而生存至今, 成为阿拉善荒漠地区唯一的常绿阔叶灌木, 其旱生特性也是后来逐渐演化获得的。沙冬青主要靠种子进行繁殖, 而种子萌发需要较高的土壤含水量, 因此在水分匮乏的分布区内沙冬青种子萌发率很低。另据相关研究表明, 即使满足了沙冬青种子萌发的水分条件, 沙冬青种子萌发所需的温度条件也比较苛刻, 温度过高和过低都使其发芽率比较低, 并且沙冬青的种子光滑, 没有大多数荒漠植物特有的附属物, 不易受风力作用的传播, 所以很难扩大种群的范围, 因此种种原因使得沙冬青的天然更新能力差(刘果厚, 1998)。

干旱是荒漠地区的典型气候特征, 也是主要的自然灾害。过度的干旱对沙冬青的生存产生严重的威胁, 导致开花率、结实率、结子率、种子萌发率、幼苗成活率均低, 活株的死亡率增加。

虫害对于沙冬青的危害是不容忽视的。严重的虫害使得沙冬青营养生长期叶片受伤甚至脱落, 营养体的发育不良(另外, 放牧也会对沙冬青生长产生一定的影响, 沙冬青分布区内常见到有羊群, 尤其在早春 4、5 月沙冬青盛花期, 羊群对沙冬青的取食压力更大。羊喜欢吃沙冬青的荚果, 也取食沙冬青花, 折枝、啃皮, 对其生长造成了危害。沙冬青种子被虫蛀食率较高, 可以达到 30%。

人为干扰和破坏也对沙冬青的生长造成了胁迫。主要表现为资源的开发利用，不仅直接破坏了沙冬青植株个体，减少了种群数量，而且也破坏了生境。部分沙冬青分布区周围矿产资源丰富，而开采矿产必然破坏沙冬青的生境。

第三节 盐爪爪

盐爪爪(*Kalidium spp.*), 属于一种盐生半灌木, 茎直立, 生态幅度较广, 分枝较多。在乌兰布和沙漠中主要分布有盐爪爪、黄毛头、尖叶盐爪爪, 有些地段单一物种分布, 有些则盐爪爪和黄毛头混生, 并呈现出小面积、小范围、斑块状分布。以盐爪爪为主的群落主要分布在盐渍化程度较高的湖盆地段或是滩地, 以及盐碱化的丘间低地处, 这类地带地下水位较高, 水分条件较好, 盐分含量高。

一、生物生态学特征

(一) 生物学特征

盐爪爪, 小灌木或半灌木, 一般高度 20~40cm, 如果生境条件良好可长到 60~80cm; 有主茎, 呈直立状生长, 也斜升或平卧; 枝无关节, 多分枝, 老枝灰褐色, 幼枝带黄白色。叶互生, 圆柱形或不发育, 肉质, 基部略延, 半抱茎。穗状花序顶生, 紧密; 花两性, 通常 3 朵花生于一鳞状苞片内, 雄蕊 2 个; 胞果包于花被内。种子与胞果同形, 花果期为 7~9 月。盐爪爪多生长在膨松盐土或是盐渍化的低沙地上, 或是盐渍化的丘间低地处, 这些地带往往在地表形成盐结皮。在盐化沙地、盐湖岸边、河谷沙地等盐分较重的土壤条件下, 形成盐爪爪荒漠群落(中国科学院兰州沙漠研究所编辑, 1985)。

(二) 饲用价值

表 5-14 盐爪爪营养成分(时永杰和王朝凌, 2003)

发育期	占风干物质(%)									
	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	钙	磷	赖氨酸	缬氨酸
果后营养	4.82	14.33	3.28	20.07	25.24	32.26	0.39	0.24	0.56	0.55

盐爪爪可以作为饲料供家畜食用。盐爪爪在秋、冬季节, 地上部分残存量较高, 这对于干旱地区以及沙区畜群冬季放牧与补饲均有一定意义。秋冬季节骆驼喜食, 马、羊稍食, 霜降后, 食量较多; 在新鲜状态下, 骆驼少量食用, 而其他牲畜不食。种子可磨成粉, 人可食用,

也可饲喂牲畜。盐爪爪化学成分中，以灰分含量高，粗纤维较低，见表 5-14。

（三）生态价值

盐爪爪具有改良盐碱地的生态功能。盐爪爪属于盐生植物，能够在盐渍土壤上正常生长并完成其生活史的天然植物，它的最大特点是具有较强的抗盐能力。它之所以能够适应盐渍环境，是因为具有较强的渗透调节能力和细胞区域化盐离子的能力。盐爪爪不断从外界吸收大量盐离子，薄壁细胞大量增加，其叶或茎不断地肉质化，吸收和贮存大量水分，使吸收和运输到植物体内的盐离子被稀释到不会产生伤害的浓度（苗莉云，2007）。因此，利用盐爪爪的抗盐特性可以改良盐渍土壤，将大片盐碱地利用起来，发挥其生态作用。在盐碱地上大量种植盐爪爪等盐生植物后，土壤蒸发即被植物蒸腾所取代，从而抑制盐分向上聚积，以防止返盐；盐生植物的吸盐和泌盐作用可使盐渍土脱盐；由于植物地下根的生长发育促使土壤疏松，可起到提高土壤渗透性能和加强淋盐的作用；此外还可积累无机元素，提高土壤肥力，产生良性循环，数年之后，盐碱地即可变成良田（祁淑艳，储诚山，2005）。

盐爪爪具有防风固沙作用。盐爪爪在干旱、半干旱地带的湖边盆地边缘、盐渍地带或是丘间低地处常稀疏或成片生长，这些地带风沙天气频繁，沙害较为严重，由于盐爪爪分枝较多，在基部常常积成小沙堆，可以起到阻沙、固沙的功能，当盐爪爪群落面积分布较大、盖度较高时，可以增加地表粗糙度，遏制流沙快速推进，有效地减少风沙危害（时永杰，王朝凌，2003）。

二、分布与生境

在乌兰布和沙漠，盐爪爪分布较为广泛。从沙漠的边缘地带到沙漠腹地，从干涸湖盆的盐渍化滩地到高大沙丘的丘间低地，均有盐爪爪分布。边缘地带主要分布在乌兰布和沙漠的南缘，主要集中在吉兰泰镇以南、靠近哈土陶以北地带，此地带为盐碱滩地，盐爪爪以大面积片状分布为主。沙漠腹地盐爪爪主要分布在二日湖西南地带，这一地带为干涸的古湖盆淤积区，四周分布有高大的沙丘，盐爪爪聚集分布在湖盆地带，并向四周逐渐的生长扩散。这两个地带，土壤质地松软，盐分含量、有机质含量、土壤水分含量均较高，地表有盐结皮，为典型的盐渍土壤，盐爪爪生长旺盛，形成以盐爪爪为优势种的群落分布特征。在好一勒哈夏以东地带，地势平缓，盐渍化程度较高，形成以马蔺为优势种，盐爪爪为次优势种的盐生植被群落，全盐量达到 0.16；在其余地带，盐爪爪主要以伴生种出现在梭梭林内、芦苇地或是红砂群落中，分布稀疏，土壤质地以沙土为主，地势平缓或在丘间低地处。包日毛道以西

的地带所含盐分和水分含量最高，分别达到 0.49%和 15.%以上，其原因与降雨有关。连续两日的降雨使得该区域地表水分充足，有些地段甚至形成了径流，因此导致盐分和水分含量增大。各样地盐爪爪分布生境见 表 5-15。

表 5-15 乌兰布和沙漠盐爪爪分布状况

调查地点	样地	经纬度	群落类型	植被	环境状况
以优势种出现	吉兰泰以南 AL03	39.5992N 105.778E	盐爪爪+一年生草本群落	盐爪爪为优势种，物种稀少，仅有少量芦苇、画眉草	湖盆地带，地势平坦，盐渍化程度高，表层土质松软，有盐结皮，呈褐色，水分含量较高
	二日湖西南 AL26	39.8408N 106.357E	盐爪爪+红砂群落	混生红砂，白刺等	低洼地带，盐碱化程度较高，有些地带带有盐碱浸出
以次优势种出现	好一勒哈夏东南 AL37	39.8123N 106.139E	马蔺+盐爪爪群落	伴生有芦苇、碱蓬等盐生植物	古河床边缘或是低洼地带，盐渍化程度较高，地表有结皮，土质较硬，呈灰褐色
	狼山南侧平缓滩地 AL65	40.8325N 106.602E	红砂+柽柳+盐爪爪	红砂为优势种，柽柳、盐爪爪为次优势种，伴生有少量苏枸杞	平滩沙地，表土层紧实，深层土壤含有粘土，水分含量高
以伴生种出现	包日毛道以西 AL44	39.7537N 105.969E	芦苇+披针叶黄华+盐爪爪群落	芦苇为优势种，盐爪爪伴生，并有少量白刺	在丘间或是缓坡，地表覆沙，以沙土为主，土质松软，水分含量较高
	AL08	39.8729N 105.728E			
	AL25	39.8383N 106.357E			
	丘间低地或是平缓沙地 AL27	39.8819N 106.435E	梭梭+白刺+草本植物群落	梭梭、白刺为优势种，半灌木有红砂、盐爪爪，数量较稀少，草本植物有画眉草、沙米、五星蒿等	在丘间低地或是沙丘平缓坡地，以沙土为主，表层土较干，黄棕色，松软，土层深处有粘土层，紧实度较高
	AL55	40.3828N 106.220E			
	AL56	40.3794N 106.222E			

表 5-16 乌兰布和沙漠盐爪爪样地土壤理化性质

样地	K ⁺ +Na ⁺ (%)	Cl ⁻ (%)	SO ⁴⁻ (%)	全盐量 (%)	pH 值	速效磷 (ppm)	速效钾 (ppm)	有机质 (%)	含水率 (%)
AL03	0.50	0.61	0.79	2.19	8.18	10.98	243.67	1.14	
AL08	0.11	0.06	0.16	0.44	8.18	3.51	158.67	0.23	4.68
AL25	0.03	0.01	0.03	0.14	8.28	3.17	179.33	0.28	1.96
AL26	0.34	0.42	0.12	0.98	8.32	4.33	226.50	0.67	10.36
AL37	0.60	0.79	0.13	1.64	8.75	4.19	172.50	0.46	
AL44	0.46	0.60	0.28	1.44	8.44	10.70	194.67	0.70	
AL56	0.07	0.08	0.04	0.27	8.36	6.70	165.33	0.37	2.90
AL65	1.39	2.93	0.08	4.88	7.99	7.45	146.50	0.00	15.98

三、种群特征

(一) 种群数量特征

乌兰布和沙漠各样地盐爪爪种群的生长状况均不相同，见表 5-17。沙漠南缘吉兰泰地带盐爪爪高度在所有样地内最高，平均达到 63.78cm；平均冠幅也最大，为

102.00cm×89.33cm, 其次为盐碱度较高的平缓沙地、二日湖西南地带、狼山南侧、好一勒哈夏等地内盐爪爪, 高度均在 20~40cm 之间, 平均冠幅均在 30~40cm 之间, 其余地带盐爪爪高度在 20cm 以下, 均冠幅在 10~20cm 之间, 沙漠腹地内盐爪爪高度最低仅为 2.07cm, 均冠幅也最小在 2~3cm 之间。二日湖西南地带盐爪爪平均密度最高达到每公顷 5 万株以上, 因此相对频度也最高 (0.43); 其次为吉兰泰地带, 密度在每公顷 0.8 万以上, 相对频度为 0.38; 好一勒哈夏、包日毛道、狼山南侧均在 1000~3500 之间; 在沙漠腹地丘间低地或是一些平缓地带, 平均密度均在 150 株/hm² 以下。

表 5-17 盐爪爪种群数量特征

样地	密度 (株/hm ²)	平均高度 (cm)	平均冠幅 (cm)		分盖度	频度	相对频度
			长轴 (cm)	短轴 (cm)			
AL03	8166.67	63.78	102.00	89.33	38.48	1	0.38
AL08	25.01	14.50	25.00	20.50	0.01	1	0.24
AL25	5555.56	2.07	3.00	1.77	0.07	0.11	0.02
AL26	50425.20	30.31	47.00	37.00	45.24	1	0.43
AL27	50.00	20.17	49.17	40.08	0.20	0.5	0.06
AL37	2338.65	21.50	40.57	30.57	5.48	1	0.25
AL44	3333.35	21.00	40.57	30.57	0.01	0.33	0.09
AL55	100.00	8.75	11.00	9.00	0.01	1	0.16
AL56	150.00	38.21	48.36	38.36	0.93	1	0.21
AL65	1087.50	24.70	47.27	40.17	1.56	1	0.20

二日湖西南地带盐爪爪分盖度最高为 45.24%, 占总盖度比例也最高达到了 99%, 其次为吉兰泰南缘地带, 分盖度 38.48%, 占总盖度比例也在 90%以上; 沙漠腹地盐碱度较高的地带内盐爪爪占总盖度的比例达到 15%, 好一勒哈夏、狼山南侧分盖度在 1~10%之间, 其余地带盐爪爪分盖度均在 1%以下, 见表 5-18。

表 5-18 乌兰布和沙漠盐爪爪分盖度占总盖度百分数

样地 (个)	3	8	25	26	27	37	44	55	56	65
总盖度 (%)	39.82	22.86	31.19	45.64	61.88	26.98	15.34	12.15	5.97	27.53
分盖度 (%)	38.48	0.01	0.07	45.24	0.20	5.48	0.01	0.01	0.93	1.56
占总盖度 (%)	96.63	0.05	0.22	99.12	0.32	20.31	0.04	0.06	15.65	5.68

(二) 种群综合活力指数

针对同一种群在不同生境中生态作用大小的比较, 刘华民、朴顺姬等人 (刘华民, 朴顺姬, 等, 2005; 朴顺姬, 王振杰, 等, 2006) 在研究褐沙蒿种群生态功能的过程中提出了种群综合活力指数这一指标, 即高度、冠幅、生物量、枝条数相对值综合在一起, 称为植物种群综合活力指数, 能够很好的表征某一种群在生境中的生长状态。反映植物种群在不同生境

中生长状况的综合活力指数模型中的各生物学指标只要是能够充分反映植物种群生长状况的指标即可，具体指标可依据实际情况而定，因此在本文中采用高度、冠幅、重要值三项综合在一起，计算公式为： $CVI = [(RH+RC+RV) / 3]$

式中：RH(相对高度=单株株高 / 最大株高；RC(相对冠幅) $=[\pi(D1+D2) / 4]^2$ ，D1、D2分别为长轴长和短轴长；RV=重要值。以此来表示盐爪爪种群在不同的生境中的生长状态和差异。

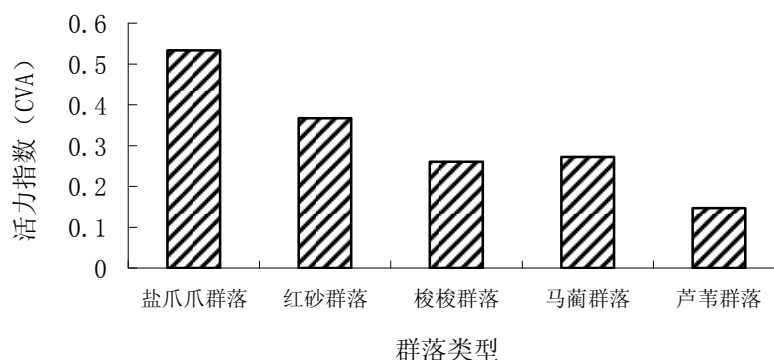


图 5-17 盐爪爪种群综合活力指数

由图 5-17 可知，不同样地内盐爪爪的综合活力指数各不相同，但是整体呈波动状态。吉兰泰以南地带最高，活力指数为 0.6，其次为二日湖西南地带，活力指数为 0.45，这两个地带均为盐爪爪优势群落；其余地带盐爪爪种群活力指数均较低，在包日毛道地带盐爪爪最低仅为 0.14，此地带为芦苇群落，芦苇密度大，长势好，占据了较高的生态位，盐爪爪分布较少，生态位相对较低，生长状况较差，因此生活力最低，其余样地内的盐爪爪活力指数均在 0.2~0.4 之间波动。

四、群落特征

(一) 群落物种组成

以盐爪爪为主的植物群落，物种构成较为单一，群落丰富度较低。盐爪爪在群落中主要以两种形式出现，一种是以盐爪爪为优势植物构成的群落，另一种则以伴生种或是偶见种出现在其它群落内。乌兰布和沙漠组成盐爪爪群落的植物共有 20 种，分属 10 科 17 属(表 5-19)。

表 5-19 乌兰布和沙漠盐爪爪群落植物统计表

科名	属名	种名
蒺藜科 Zygophyllaceae	白刺属 <i>Nitraria</i>	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>
	霸王属 <i>Zygophyllum</i>	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylum</i>
豆科 Leguminosae	黄华属 <i>Thermopsis</i>	披针叶黄华 <i>Thermopsis lanceolata</i>
	梭梭属 <i>Haloxylon</i>	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>
藜科 Chenopodiaceae	猪毛菜属 <i>Salsola</i>	珍珠猪毛菜 <i>Salsola passerine</i>
		木本猪毛菜 <i>Salsola arbuscula</i>
		猪毛菜 <i>Salsola collina</i>
	雾冰藜属 <i>Bassia</i>	五星蒿 <i>Bassia dasyphylla</i>
	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>
	盐爪爪属 <i>Kalidium</i>	盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>
		细枝盐爪爪 <i>Kalidium gracile</i>
怪柳科 Tamaricaceae	怪柳属 <i>Tamarix</i>	怪柳 <i>Tamarix chinensis</i>
	红砂属 <i>Reaumuria</i>	红砂 <i>Reaumuria soong</i>
白花丹科 Plumbaginaceae	补血草属 <i>Limonium</i>	黄花补血草 <i>Limonium aureum</i>
鸢尾科 Iridaceae	鸢尾属 <i>Iris</i>	马蔺 <i>Iris lactea</i>
菊科 Compositae	凤毛菊属 <i>Saussurea</i>	盐地风毛菊 <i>Saussurea salsa</i>
茄科 Solanaceae	枸杞属 <i>Lycium</i>	黑果枸杞 <i>Lycium ruthenicum</i>
禾本科 Gramineae Grass	芦苇属 <i>Phragmites</i>	芦苇 <i>Phragmites communis</i>
	画眉草属 <i>Eragrostis</i>	画眉草 <i>Eragrostis. Pilosa</i>
苋科 Amaranthaceae	合头草属 <i>Sympegma</i>	合头草 <i>Sympegma regelii</i>

(二) 群落类型

1. 以盐爪爪为主的单优群落

该群落类型主要分布在乌兰布和沙漠边缘地带部分丘间低地处,土壤质地以盐碱土为主,地表形成一层盐结皮。在吉兰泰南部区域,或是好来包西南地段均有分布。该群落结构简单,分布面积较大,以盐爪爪为优势种,一般只有一个层片,很少出现其它植物层片,个别地方可见白刺生长,偶见怪柳,禾本科植物主要以画眉草、芦苇为



盐爪爪单优群落

主,但是盖度较小,一般在 2%以下。此类群落,盐爪爪长势很好,总盖度在 60%~85%之间,每公顷有 8000~60000 株,高度 30cm~70cm,平均冠幅在 40cm~140cm 之间;在盐爪爪群落分布的边缘地带,盖度降低为 35%左右,白刺沙包逐渐增多,土壤盐结皮消失,变为覆沙地。整个盐爪爪群落结构稳定,生长良好。

2. 盐爪爪为次优势种的群落

红砂—盐爪爪群落。该群落类型主要分布在乌兰布和沙漠内一些干涸的湖盆内或是湖盆边缘，土壤以盐碱土为主。盐爪爪占次优势种地位，其盖度 15%~30%，平均冠幅为 30cm~60cm 之间，有些地方由于风蚀的缘故，盐爪爪形成小沙包状，根基部被沙埋，地表露出冠丛，更新苗较多，高度均在 10cm~30cm 之间。红砂的平均冠幅在 45cm~80cm 之间，在低洼积水地带边缘，红砂的长势不太好，画眉草和五星蒿为偶见种。在湖盆与流动沙丘交界处，盐爪爪分布稀疏，在沙丘坡面上仍零星分布。

马蔺—盐爪爪群落。该群落类型主要分布在乌兰布和沙漠古河床边缘或是盐碱滩地。主要以马蔺为主，盐爪爪为次优势种，群落总盖度较大，伴生种为碱蓬等盐生植物。土壤质地较硬，地表有盐结皮。

3. 盐爪爪为伴生种或偶见种的群落

梭梭—白刺—盐爪爪群落。这类群落主要以梭梭为建群种，盐爪爪以伴生种出现。土壤质地以沙平地为主，基本没有土壤结皮，只有在较小的丘间低地处有结皮，没有明显的盐渍化状况。盐爪爪以这样的形式在乌兰布和沙漠中分布的较多，如吉兰泰北部，敖伦布拉格东部，哈夏图以南等地的梭梭林内均有零星分布。梭梭和白刺混生，并占主要地位，盐爪爪单株分布，没有明显



梭梭-白刺-盐爪爪混生群落

的规律，在群落中成为伴生种，密度很小，平均冠幅 10cm×30cm，其分盖度在 2%以下，有些地带为偶见种。在这种群落中，盐爪爪有时跟霸王、合头草、碱蓬等混生。

芦苇—白刺—披针叶黄花—盐爪爪群落。这类群落主要分布在哈夏图周边的芦苇滩地。土壤以盐碱土为主，地表松软，并有明显的盐结皮形成，有些地带表层土壤较硬，粘土较多，形成了较为平整的平滩地。群落没有明显分层现象，主要以芦苇为主，密度大，每平方米 2~4 株，盖度在 60%以上；白刺以单株为主，没有沙包，长势不佳，平均株高 25cm 以下；盐爪爪则混生于芦苇密度较小的斑块间或是裸露的滩地上，密度小，生长低矮，高度在 5~15cm，冠幅较小在 4~20cm 之间，分盖度在 1%以下。有些较为低洼地带，水分和盐分含量较高则会出现马蔺、碱蓬等植物，形成马蔺—碱蓬—盐爪爪群落等。

(三) 群落数量特征

1. 数量特征

在盐爪爪群落内，盐爪爪为优势种，重要值为 0.7；在红砂和马蔺群落内，盐爪爪为次优势种，重要值分别为 0.18、0.24；在梭梭群落、芦苇群落内盐爪爪均为伴生种，重要值很小，在 0.1 以下，在有些地带的梭梭林内甚至为偶见种，相比其它群落内盐爪爪生长的较为矮小（表 5-20）。

表 5-20 不同群落植被数量特征

群落类型	主要物种	平均高度 (cm)	平均冠幅		重要值
			长 (cm)	宽 (cm)	
盐爪爪群落	盐爪爪	47.04	74.50	63.17	0.70
	芦苇	17.67	24.89	24.67	0.24
	五星蒿	7.67	5.67	4.00	0.15
红砂群落	红砂	34.70	71.30	54.20	0.31
	怪柳(包)	107.23	263.53	254.40	0.31
	盐爪爪	24.70	47.27	40.17	0.18
	白刺包	38.38	279.75	271.13	0.12
梭梭群落	梭梭	94.02	149.20	126.51	0.21
	沙米	3.07	7.08	4.30	0.16
	画眉草	1.86	2.91	1.87	0.27
	地锦	0.44	2.30	1.61	0.11
	虫实	1.55	3.15	2.36	0.23
	五星蒿	1.69	1.96	1.48	0.39
	白刺	31.93	195.57	179.07	0.13
马蔺群落	盐爪爪	16.74	27.30	21.94	0.06
	马蔺	39.45	66.09	51.55	0.56
	盐爪爪	21.00	40.57	30.57	0.24
芦苇群落	碱蓬	4.86	17.14	10.00	0.12
	芦苇	69.06	41.18	30.41	0.49
	白刺	34.08	107.69	72.85	0.20
	披针叶黄华	25.50	24.00	19.00	0.18
	盐爪爪	6.00	16.00	14.00	0.03

注：表中仅列出物种重要值大于 0.01 的植物。

2. 盖度变化

群落内主要物种构成不同，将盐爪爪和其他主要物种分盖度均列出来，各物种的分盖度见图 5-18。盐爪爪群落内物种稀少，为 4~5 种，盖度最高为 41%；红砂群落内，怪柳按照沙包计算，所以占总盖度较大，红砂次之，盐爪爪盖度为 2%；马蔺群落内，马蔺占 20%，其次为盐爪爪占 6%左右；梭梭和芦苇群落内盐爪爪所占的盖度很小，均在 0.1%左右。

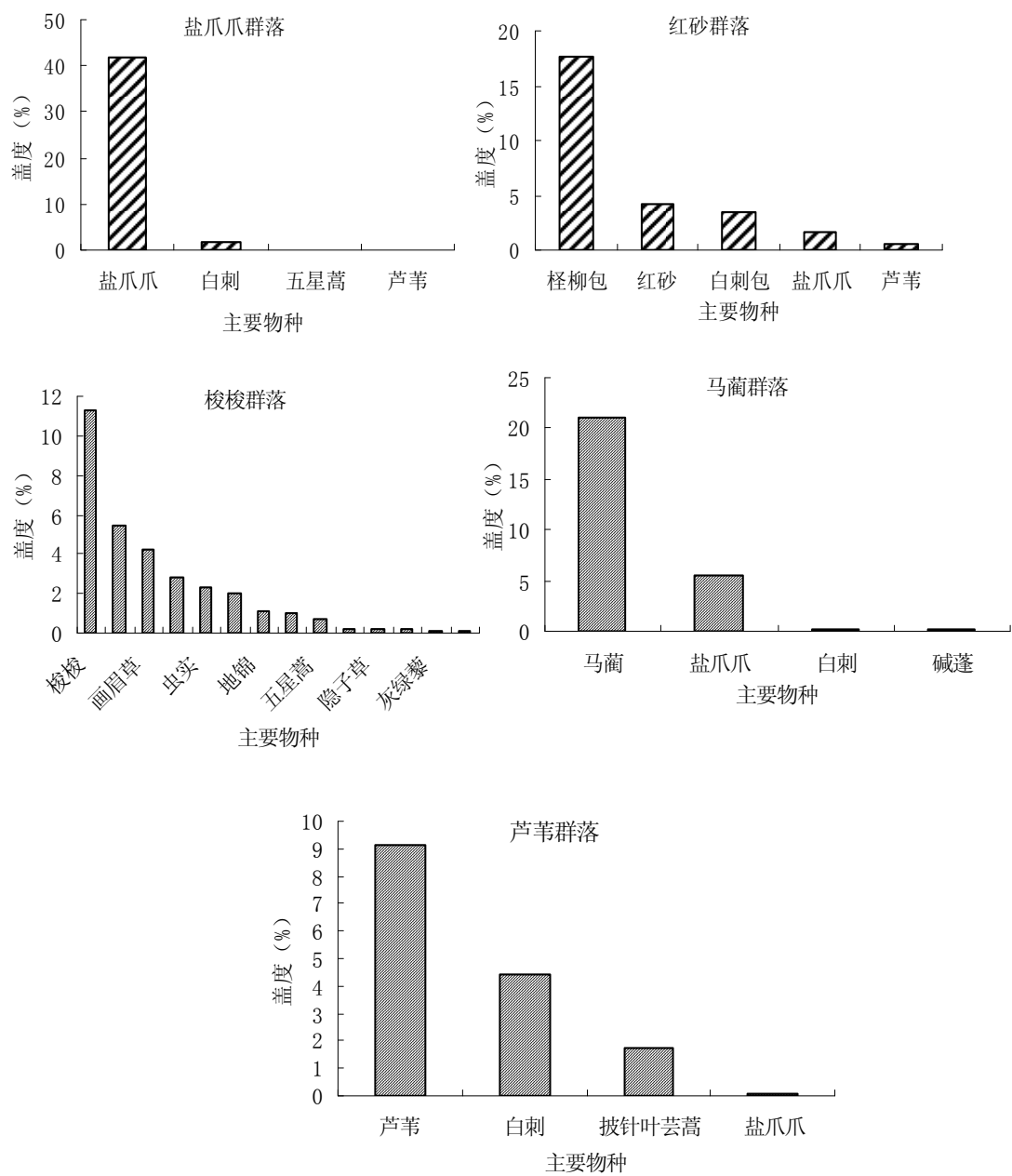


图 5-18 乌兰布和沙漠盐爪爪群落内主要物种盖度变化

3. 密度变化

在盐爪爪单优群落内分布最为密集, 达到每公顷近 30000 株; 其余群落内每公顷密度均在 2500 株以下, 马蔺、梭梭、红砂群落内盐爪爪分布较为稀疏分别为 2300 株/hm²、1400 株/hm²、1100 株/hm²; 芦苇群落内零星分布, 密度为 150 株/hm² (图 5-19)。密度大小排序为盐爪爪群落>马蔺群落>梭梭群落>红砂群落>芦苇群落。

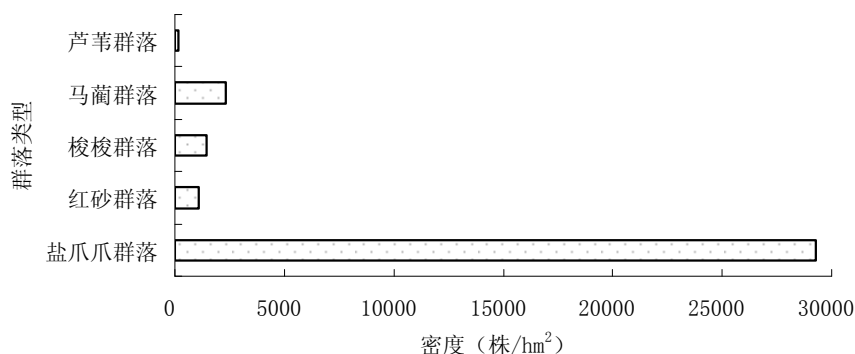


图 5-19 乌兰布和沙漠盐爪爪群落内的盐爪爪种群密度大小

(四) 物种多样性及其与土壤理化性质的关系

1. 不同群落物种多样性变化

乌兰布和沙漠盐爪爪群落物种较少、结构简单。在以盐爪爪为优势种的单优群落里，平均物种数为 4.5 个，Shannon 指数在所有含有盐爪爪的群落内最低，为 0.72，而优势度最高达到 0.58；梭梭群落的平均丰富度指数达到 11，因此 Shannon 指数最高为 1.08，优势度指数介于其它群落之间；红砂、马蔺、芦苇群落的 Shannon 指数在 0.91~1.0 之间波动，物种数较少在 4~6 之间，而均匀度指数较高在 0.5~0.8 之间（见表 5-21），由此表明，梭梭群落具有更高的稳定性，群落结构较为复杂，而盐爪爪群落结构简单，稳定性较差，这与盐爪爪的生态学特性和生境密切相关。盐爪爪属盐生半灌木，适应在盐碱滩地生长，因此优势度高。

表 5-21 乌兰布和沙漠盐爪爪不同群落的物种多样性指数

群落类型	Shannon 指数 H	丰富度指数 S	均匀度指数 E	优势度指数 D
盐爪爪群落	0.72	4.5	0.47	0.58
红砂群落	0.94	6	0.53	0.51
梭梭群落	1.08	11	0.47	0.45
马蔺群落	0.98	4	0.71	0.42
芦苇群落	0.91	6	0.51	0.48

2. 物种多样性与土壤化学性质的相关关系

表 5-22 中给出了物种多样性与土壤性质 12 个分析变量彼此间的相关系数。其中在正相关性状中，以有机质与物种优势度间的相关系数最大 (0.427)，其次是速效磷与优势度 (0.417)，而 Cl^- 与均匀度之间的相关系数最小 (0.001)；在负相关性状中，以 $K^+ + Na^+$ 离子含量与物种丰富度指数相关性最高 (-0.517)，其次是有机质与物种多样性相关性较高 (-0.506)，速效磷与物种多样性之间 (-0.495)、全盐量与丰富度指数间的相关程度 (-0.482) 分别位居其次，而 Ca^{2+} 与多样性指数 H 之间的相关程度最低为 -0.03，由此可知土壤有机质

含量、速效磷、全盐量以及 K^+Na^+ 离子含量均对盐爪爪群落的分布和植被生长具有较大的影响。

表 5-22 群落多样性与土壤化学性质的相关关系

指标	Ca ²⁺ (‰)	Mg ²⁺ (‰)	K ⁺ +Na ⁺ (‰)	CO ₃ ²⁻ (‰)	HCO ₃ ⁻ (‰)	Cl ⁻ (‰)	SO ₄ ²⁻ (‰)	全盐量 ‰	pH 值	速磷 (ppm)	速钾 (ppm)	有机质 (‰)
H	-0.030	-0.141	-0.272	-0.253	-0.294	-0.203	-0.051	-0.224	-0.380	-0.495	-0.213	-0.506
S	-0.244	-0.295	-0.517	-0.469	-0.215	-0.371	-0.375	-0.482	-0.252	-0.366	-0.266	-0.460
E	0.084	-0.018	0.038	0.173	-0.109	0.001	0.185	0.053	-0.127	-0.429	-0.024	-0.323
D	0.046	0.122	0.241	0.112	0.300	0.209	-0.060	0.197	0.262	0.417	0.064	0.427

五、环境梯度带的变化特征

乌兰布和沙漠中有很多干涸的湖盆，这些湖盆地带地势平坦，沉积了大量的有机物质和盐分。土质松软，表层呈现黑褐色，有盐结皮，土层 50cm 以下呈棕黄色，土壤含水量较高；有些地带地表有白色的盐碱浸出，这些地方盐爪爪生长极为茂密，其它物种稀少，呈现单优种群。在湖盆的四周，均有高大的沙丘分布。从湖盆中心到边缘地带再到沙丘，盐爪爪分布由密集到稀疏，然后逐渐的稀少最后在沙丘顶部不再分布，而其他物种逐渐的增多，在沙丘中部开始出现梭梭，因此盐爪爪形成了很明显的环境梯度分布。

(一) 环境梯度带的数量特征变化

从湖盆到沙丘，植被群落从结构到物种数量均呈现明显的变化。从表 5-23 中可知湖盆中心地带物种数少，仅为 4 种，盐爪爪为优势种，重要值为 0.75，盖度达到了 45% 以上，没有分层现象；从湖盆中心逐渐到湖盆与沙丘交界地带物种数逐渐的增加，种数达到 13，梭梭生长良好，禾本科植物密度较大，生长茂盛，画眉草的重要值达到了 0.27，盐爪爪重要值降低，为 0.12，冠幅明显减小，高度降低，群落分层现象明显，一年生草本在最底层，盐爪爪等一些灌木为第二层，梭梭占最高层；在沙丘中上部，因为立地条件发生了很大的变化，土质以沙土为主，沙生环境显现，白刺出现，并且形成了沙包，一些沙生植物沙葱、沙米出现，盐爪爪消失，沙丘流动性增强。

表 5-23 乌兰布和沙漠盐爪爪群落在环境梯度带的变化特征

	物种	高度 (cm)	冠幅		盖度 (%)	重要值
			长轴 (cm)	短轴 (cm)		
湖盆中心 (Y1)	盐爪爪	30.31	47.00	37.45	45.24	0.75
	红砂	20.00	30.00	18.00	0.06	0.05
	五星蒿	7.67	5.67	4.00	0.34	0.15
	画眉草	3.00	2.00	1.00	0.00	0.05
湖盆边缘与沙丘过渡地带(Y2)	梭梭	99.00	143.75	114.38	4.27	0.10
	盐爪爪	12.07	13.00	7.80	0.12	0.12
	五星蒿	1.20	1.52	1.22	0.73	0.07
	盐生草	1.56	2.13	1.38	0.17	0.02
	红砂	6.50	10.00	8.75	0.73	0.01
	画眉草	1.86	2.91	1.87	6.78	0.27
	地锦	0.44	2.30	1.61	2.60	0.11
	虫实	1.55	3.15	2.36	6.66	0.23
	骆驼蓬	10.92	15.58	12.14	4.18	0.07
	虎尾草	2.80	13.00	7.00	0.37	0.01
	隐子草	3.00	10.00	8.00	0.35	0.01
	变异黄芪	1.93	5.40	3.71	0.35	0.02
	冠芒草	2.37	3.78	3.01	3.93	0.07
	沙丘中上部(Y3)	梭梭	60.64	73.25	76.13	4.96
霸王		35.00	40.00	30.00	0.02	0.02
白刺)		29.07	416.67	370.00	25.05	0.25
沙米		1.58	3.29	1.74	0.51	0.07
虫实		1.40	2.08	1.53	1.50	0.18
画眉草		1.81	4.44	3.32	6.23	0.25
五星蒿		0.76	0.79	0.59	0.01	0.04
变异黄芪		3.80	7.10	5.00	0.28	0.01
地锦		0.51	3.91	2.72	0.86	0.06
黄蒿		4.21	12.10	7.77	0.65	0.02
沙葱		4.75	20.50	14.50	0.36	0.01
隐子草		13.00	20.00	19.00	0.30	0.01

(二) 不同环境梯度带的物种多样性变化

物种数量、群落结构的变化使得群落物种多样性也随环境梯度的变化发生了变化, 见图 5-20。物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数变化趋势相似, 先上升, 然后逐渐下降, 优势度指数变化相反, 表明与多样性呈负相关。

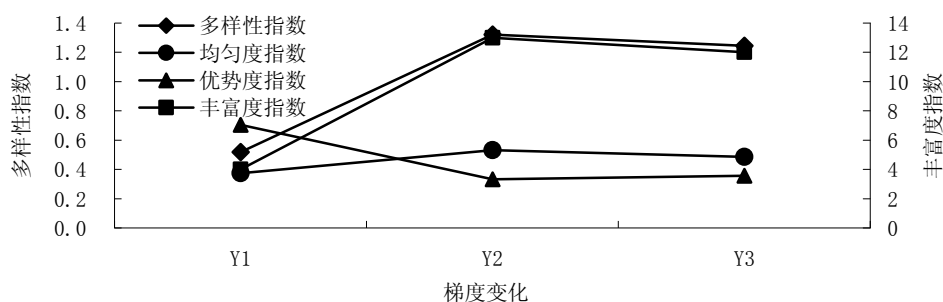


图 5-20 乌兰布和沙漠盐爪爪群落在不同环境梯度的物种多样性变化

(三) 不同环境梯度带物种多样性与土壤理化性质的相关性

从表 5-24 中看出盐爪爪群落梯度分布与土壤理化性质关系密切。多样性指数、丰富度指数和均匀度指数与土壤含水量、有机质、全盐量及 K^+Na 离子含量均呈负相关关系, 且相关关系呈极显著, 而优势度指数分别呈正相关关系。表明在盐爪爪为优势种的群落内, 土

壤含水率较高、土层肥力好、土壤盐分含量较高呈盐碱土，而这正适合盐爪爪生长条件，因此其余物种较少，多样性和丰富度均较低；沿着湖盆中心向外界推移，立地条件也逐渐的发生了变化，土质由较为疏松的盐碱土变成了较为紧实的沙质土壤，盐渍化程度也逐渐的降低，植物群落在垂直和水平方向上都逐渐呈现出比较复杂的结构特征，过渡到轻盐生植物群落，因此群落结果特征也发生了变化，物种多样性逐渐增加，如梭梭群落内的层次性较明显。

表 5-24 乌兰布和沙漠盐爪爪群落多样性与土壤环境因子相关性

	K ⁺ +Na ⁺ (‰)	全盐量 (‰)	pH 值	速磷 (ppm)	速钾 (ppm)	有机质 (%)	含水率 (%)
H	-0.699**	-0.691**	-0.220	-0.148	-0.250	-0.653**	-0.801**
R	-0.702**	-0.694**	-0.249	-0.114	-0.247	-0.674**	-0.789**
E	-0.672**	-0.664**	-0.183	-0.176	-0.246	-0.610**	-0.785**
S	0.701**	0.693**	0.224	0.144	0.250	0.657**	0.801**

注：*表示 P<0.05，**表示 P<0.01

(四) 土壤理化性质的空间变化及其与盐爪爪的关系

土壤含水量、有机质、全盐量和土壤 K⁺+Na⁺离子含量对盐爪爪群落的分布具有非常密切的关系，在不同土层深度各性状变化均有所不同，见图 5-21。湖盆中心地带 (Y1) 内土壤含水量变化波动大，在表层 0~40cm 之间急剧增加，之后随着土层深度加深含水量逐渐降低，在 90cm 附近降到 5%，但是仍高于边缘地带 (Y2) 和沙丘地带 (Y3)。这与土壤质地有关，表层土松软，呈团粒结构，因此水分含量高，60cm 以下土质较硬，为湖底淤积的胶泥土质，因此水分下渗困难所以含量逐渐降低，而湖盆边缘、沙丘地带土质均为沙质土壤，水分含量逐渐增加。湖盆中心地带有机质含量变化与水分含量相似，先增大后减小，而在湖盆边缘以及外延地带土层 60cm 以下有机质含量逐渐增加，这可能与植被根系分布深度有关系。土壤全盐量在湖盆内变化剧烈：在土层 15cm 之间降低，然后在 30~40cm 之间急剧升高后缓慢下降，这种变化可能与盐爪爪群落根系分布有关，盐爪爪属盐生植物，根系吸收了大量的盐离子运输到了枝叶等部位，使表层 30cm 以上的土壤盐分含量降低的缘故，而 K⁺+Na⁺离子在各梯度内变化状况也与全盐量的变化相似。

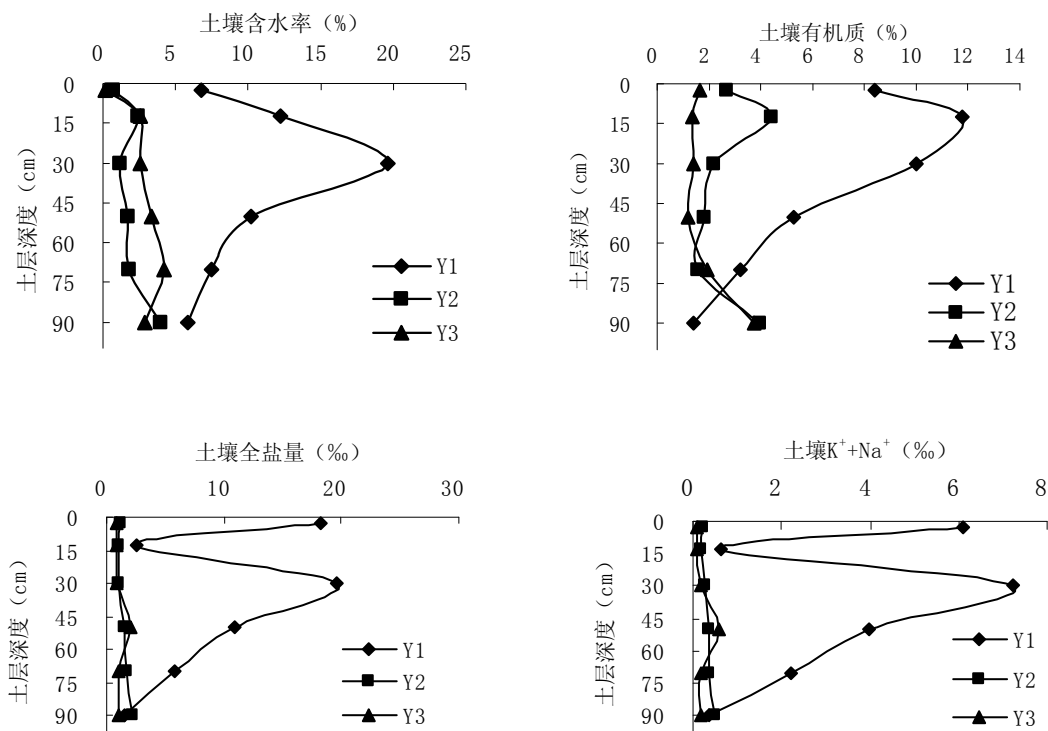


图 5-21 乌兰布和沙漠盐爪爪群落土壤理化性状空间变化

六、生存现状分析

乌兰布和沙漠盐爪爪群落分布面积大，分布也较为广泛，整体生长正常、稳定，并可以自我更新来扩大种群的范围，没有病虫害的威胁，生长健康、稳定。一方面是由于多年来一直执行围栏封育禁牧的生态保护政策，骆驼、羊只的数量下降减少了对荒漠盐爪爪群落的践踏、扰动，使盐爪爪群落在自然力的作用下进一步恢复；另一方面，由于牧民大量的外迁，人为因素对盐爪爪群落造成的破坏和干扰减少，使得群落自然更新、演替。

盐爪爪是一种盐生半灌木，水分条件和盐分含量均决定了盐爪爪的分布范围和格局。在乌兰布和沙漠，盐爪爪群落的生长和分布主要受到立地土壤因素的决定。乌兰布和沙漠湖盆区域由于土壤盐分含量高，水分条件充足所以盐爪爪得以大面积、呈片状分布；而在其他地带，盐爪爪则散生于其他群落之中。

连续的干旱和土壤水分的缺乏是盐爪爪生存的直接威胁。盐爪爪是耐旱、耐盐碱植物，但是过度连续的干旱对盐爪爪的生长和群落的发育是不利的，尤其对更新苗的生长发育威胁最大。土壤水分含量与大气降雨和地下水位密切相关，在乌兰布和沙漠地域自然降水稀少，灌木生存基本靠地下水的补给。地下水位下降，表层土壤含水量降低将影响盐爪爪的生长，导致衰退。

在湖盆边缘地带，在风力的作用下流动沙丘向前推移，慢慢地侵占盐爪爪的生境地带，逐渐地改变土壤结构和地貌类型，使得盐爪爪群落逐渐地发生变化，这是在自然力的综合作用下盐爪爪群落受到胁迫、自然更新的一种演替变化。

第四节 沙蒿与油蒿

沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*) 与油蒿 (*Artemisia ordosica*) 同属菊科蒿属的半灌木植物，它们的亲缘关系相近，形态特征较为相似，而且根系粗大、深长，植株抗旱，茎干与枝条抗风沙埋压、耐风蚀，是固沙植被的主要建群种和优势种，广泛分布于内蒙、陕西、宁夏和甘肃等省份的沙漠地区，形成干旱地区最重要的固沙植被 (刘嫫心, 1987; 杨洪晓等, 2004)。油蒿、沙蒿不仅是干旱沙区最常见的优良固沙植物，也是牧畜冬春的补贴饲料，并具有一定的药用、食用价值，是沙区待开发的野生经济植物 (刘嫫心, 1987)。其中，沙蒿，也称白沙蒿、籽蒿，圆头蒿，其种子有消热、去湿、疏胆、利尿等防病功效，可供入药，增加收入；种子含脂肪量 21.5%，还可榨油食用；在食品加工中，群众利用其种子强大的粘性，常粉碎后以水量加入到面粉中，加大面粉强度，便于烹调；在粉条粉丝制作中，加入少量种子细粉，可提高粉条、粉丝柔韧性。油蒿也称黑沙蒿、鄂尔多斯蒿、蒙语称西巴嘎，种子含油率较高，约占干重的 27.4%；也可入药，其根可止血；茎叶和花蕾有清热、祛风湿，拔脓之功能；种子利尿。

一、生物生态学特征

(一) 构件特征

1. 植株结构

沙蒿与油蒿属于半灌木植物，地上部分平均株高与冠幅均不到 1m；而且株高、冠幅大小差异显著，且均以沙蒿大于油蒿；一级分枝数差异显著，油蒿一级分枝数是沙蒿的 14.5 (表 5-25)。而且油蒿从地面处开始分枝，而沙蒿从主干上逐级分枝。因此，认为油蒿植株结构属于紧密型，沙蒿结构属于疏散型。

根系发达是固沙植物的基本特性之一，但是不同植物发达根系的实现形式不同。沙蒿与油蒿的主根均不深，其中流动沙丘沙蒿的平均主根深度多不超过 50cm，仅为油蒿根深的 1/3，且与油蒿的根系深度差异显著，因此油蒿更有利于吸收更深层次的水分与营养物质。沙蒿与

油蒿根幅、侧根数差异不显著，根幅大，侧根数多，均具有发达的水平根系，但是沙蒿根冠比(地下生物量/地上生物量)是油蒿的 1.7 倍，因此沙蒿较油蒿具有相对发达的根系系统(表 5-25)。

表 5-25 沙蒿、油蒿的植株结构

植物	地上部分			地下部分			根冠比
	高度 (cm)	冠幅 (cm)	一级分枝数 (个)	根深 (cm)	根幅 (cm)	侧根数 (>1mm)	
沙蒿	52.2±4.4a	70.9±10.8a	16.4±7.3b	41.0±2.9b	177.0±22.2a	32.2±5.5a	0.81
油蒿	42.7±4.9b	63.5±9.6b	237.6±93.5a	122.6±13.6a	113.6±13.9a	34.9±3.1a	0.48

2. 枝条分枝角度

枝系构件中枝条的分枝角度是衡量植物空间分布能力的一个重要指标，它向空间扩展的能力影响着枝叶对光照、温度、CO₂ 的利用以及不同构件生物量的空间分布。油蒿与沙蒿的一、二、三级分枝均为中等分枝角度类型(分枝角度介于 50°~70° 之间)，而梢部枝条的分枝则为弱分枝角度类型(分枝角度介于 35°~50° 之间)，没有强分枝角度类型(分枝角度介于 70°~85° 之间)的枝条，油蒿与沙蒿大部分枝条分枝角度较大，枝条的生长能较充分地向资源空间扩展，以利于其对空间资源的充分利用(表 5-26)。

表 5-26 油蒿与沙蒿不同分级枝条的分枝角度

植物	一级枝角度 (°)	二级枝角度 (°)	三级枝角度 (°)	梢部枝角度 (°)
沙蒿	47.5±18.0	48.9±16.3	51.4±9.7	20.8±9.2
油蒿	63.1±20.1	63.6±12.7	58.0±22.8	38.9±21.6

3. 枝条长度

枝条的长度也是衡量枝系向空间伸展能力的一个主要指标。一般而言，伸展能力强的树种，对空间资源的利用范围相对较大，反之，伸展能力弱的树种对资源的利用范围相对就较窄。油蒿与沙蒿在长期的进化过程中所处的环境基本相似，但就枝条伸展的能力而言存在一定的差异，说明油蒿与沙蒿对于生长环境的适应对策上存在一定的差异。油蒿与沙蒿枝条的伸展从三级枝到一级枝呈现减弱的趋势，即三级枝到一级枝的长度是逐渐变短的，说明对于油蒿与沙蒿而言，它们向空间扩展的能力存在一定的局限性，即随着每一级枝条向外的伸展，其伸展能力呈现下降趋势，这是由每一级枝条的承载力决定的(表 5-27)。结果显示，油蒿各级枝条长度均大于沙蒿的对应枝级的枝条长度，反应出油蒿比沙蒿的年生长量要大，生长活力也要强一些。

表 5-27 油蒿与沙蒿不同分级枝条的长度

植物	一级枝长 (cm)	二级枝长 (cm)	三级枝长 (cm)
沙蒿	18.9±6.3	36.4±13.3	50.9±18.7
油蒿	22.3±14.1	41.1±15.7	61.0±13.5

表 5-27 中显示沙蒿的植株高度要比油蒿高，而枝条长度要比油蒿短，原因是沙蒿的分枝多从地表 10cm 以上开始，各层枝条之间的间距大于油蒿，枝间距多为 8~15cm，枝条的分枝角度小于油蒿，决定了它的冠幅小而植株高。

4. 枝径比和分枝率

枝条的枝径比和分枝率是植物枝系构件研究的两个重要指标，用它们可以表示枝条的分枝能力和各枝级间的数量配置状况（吕志伟和边才苗，2007）。油蒿与沙蒿的枝径比和逐步分枝率均呈增加的趋势（表 5-28），油蒿的各级枝径比高于沙蒿的，而油蒿的逐步分枝率却比沙蒿的低，这是由于油蒿与沙蒿是两种半灌木植物，它们一般具有 3~4 级分枝，进行光合作用的叶片主要着生在新枝（3 级和 4 级枝）上，2 级枝上着生极少数的叶片，因而逐步分枝率，特别是逐步分枝率 SBR3:4 更能较好地反映两种固沙植物的生存活力。油蒿的逐步分枝率要比沙蒿的高，油蒿的各级分枝数也比沙蒿的明显要多，表现出油蒿要比沙蒿更强的生存优势，这在生存条件特别严酷的风沙区尤为重要。

表 5-28 油蒿与沙蒿和枝径比和分枝率

植物名	枝径比RBD			逐步分枝率SBR		
	RBD2:1	RBD3:2	RBD4:3	SBR1:2	SBR2:3	SBR3:4
沙蒿	0.26	0.41	0.48	0.11	0.21	0.32
油蒿	0.38	0.43	0.56	0.08	0.13	0.21

5. 生物量空间分配

植物个体和构件生物量特性是植物与环境因素共同作用的结果，是植物对环境条件的适应能力和生长发育规律的反映（李雪华等，2009）。油蒿总生物量达到 $346.8 \pm 143.5g$ ，是沙蒿的1.6倍。其中，油蒿地上生物量与地下生物量分别达到是沙蒿的2.1倍和1.3倍；当年枝和叶的总鲜重是沙蒿的2.78倍，果实鲜重达到6.26倍，老枝鲜重则达到8.78倍，说明油蒿能够进行光合作用的构件数与累积生物量远多于沙蒿。

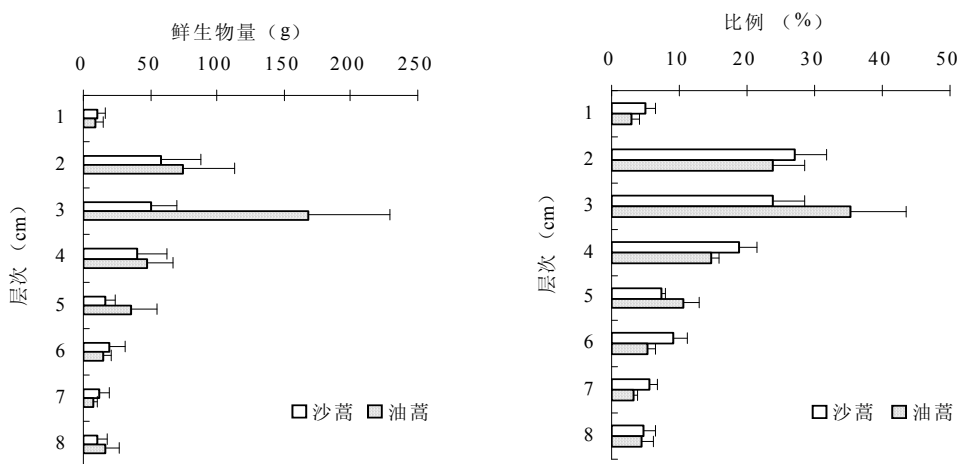


图 5-22 沙蒿与油蒿生物量的空间分配

图5-23所示,沙蒿与油蒿生物量的空间分布有所相似,其生物量均主要分布于地上部分,地下生物量均分布于浅层土壤,且随深度增加逐渐减少;但也有明显不同,沙蒿以地上部分20~40cm生物量最高,占到总生物量和地上生物量的26.9%和59.3%;而油蒿以0~20cm生物量最高,占到总生物量和地上生物量的35.3%和66.7%,因此油蒿植株结构更稳定,更容易防风固沙。

(二) 防风阻沙作用

1. 防风作用

在对照 50cm 高度风速为 5m/s 时,典型沙蒿植株(高度 58cm,冠幅 78cm×90cm)后 20cm 与 50cm 高度风速均出现明显降低,但降低程度与风速变化曲线明显不同。其中,20cm 高度风速在株后 3H 处较对照降低了 46.7%,之后降低比例快速减少,到 6H 处只降低了 17%;而 50cm 高度风速在株后 1H 处较对照降低了 66.5%,之后降低比例缓慢减少,到 6H 处仍降低了 45% (图 5-23A)。显然,沙蒿对风速具有明显的降低作用,而且 50cm 高度层对风速的影响明显强于 20cm 高度层,一方面株后 6H 范围 50cm 高度层平均风速只占到 20cm 高度层的 74.0%,另一方面株后 50cm 高度层风速最低点更靠近植株。

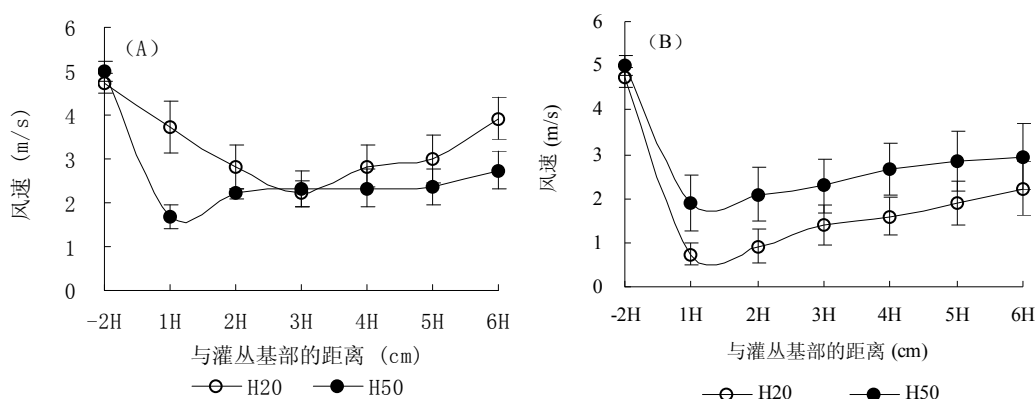


图 5-23 沙蒿、油蒿植株后的风速变化

A—沙蒿 B—油蒿

在对照 50cm 高度风速为 5m/s 时,典型油蒿植株(高度 65cm,冠幅 97cm×106cm)后 20cm 与 50cm 高度风速均出现明显降低,风速变化曲线相似,但是降低程度明显不同。其中,20cm 高度风速在株后 1H 处较对照降低了 84.3%,之后降低比例持续减少,到 6H 处仍降低了 52.9%;而 50cm 高度风速在株后 1H 处较对照降低了 62.1%,之后降低比例缓慢减少,到 6H 处仍降低了 41.2% (图 5-23B)。显然,油蒿对风速具有明显的降低作用,而且 20cm 高度层对风速的影响明显强于 50cm 高度层,株后 6H 范围 20cm 高度层平均风速只占到 50cm 高度层的 59.5%。

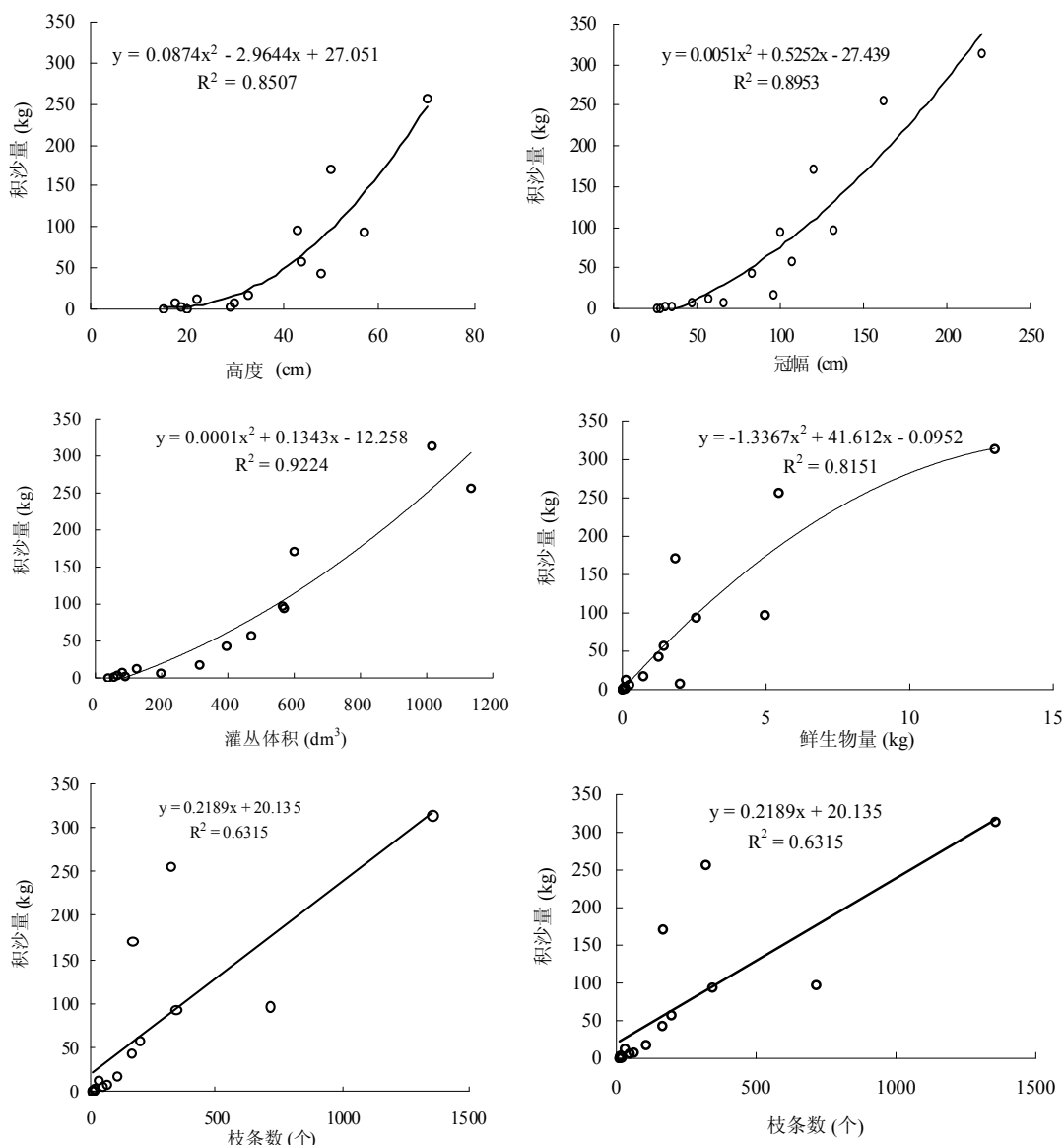


图 5-24 油蒿积沙量与植株结构的关

在对照相同风速下，株后 6H 范围 20cm 高度层平均风速，油蒿降低比例是沙蒿的 2 倍；而 50cm 高层平均风速，油蒿降低比例与沙蒿相近。因此，尽管沙蒿与油蒿均能显著降低风速，但是油蒿降低风速效应明显强于沙蒿。

2. 阻沙作用

野外实地调查发现，沙蒿植株周围一般没有积沙，部分沙蒿则有风蚀，根系外漏地表，所以沙蒿为非积沙型植物；而油蒿植株下一般均有积沙沙堆，为积沙型植物。

油蒿积沙沙堆的平均高度达到 $11.9 \pm 2.5cm$ ，积沙量达到 $72.1 \pm 25.7kg$ ，积沙量体积达到 $45.2 \pm 16.1dm^3$ 。沙堆大小与油蒿的年龄大小关系密切，表现为随油蒿年龄的增大积沙量逐渐增加，7~8 年以后一般达到稳定，最终伴随油蒿植株的死亡解体或被禾草类植物侵占。油蒿

沙堆积沙量与其灌丛高度、平均冠幅、灌丛截面积、灌丛体积、枝条数以及鲜生物量之间均存在极显著正相关关系，其中与平均高度、冠幅、灌丛截面积、灌丛体积和鲜生物量成二次曲线关系，与枝条数成直线关系，认为油蒿灌丛形态结构是决定其积沙量的关键因素（图 5-25）。当然，油蒿沙堆形成及其大小也受立地类型、风况等因素的影响，在沙砾质地和白刺群落演变的油蒿群落，油蒿一般无积沙沙堆，而从流动沙丘演变形成的油蒿群落一般形成沙堆。

同时，油蒿灌丛最下层枝条被沙埋后形成大量不定根，4 年生油蒿个体不定根长度为 15~20cm，密度达 1.2 根/cm，进一步提高了油蒿的固沙效益。

二、分布与生境

半灌木沙蒿多生长于流动、半流动沙地上，是沙丘流动的指示植物，也是沙地植被演替的先锋植物之一。沙蒿在乌兰布和沙漠全境均有分布，但在沙漠南部地区多于北部地区，西部地区多于东部地区。由于受流动沙丘严重风蚀沙埋的影响，沙蒿群落多分布在流动沙丘的下部，特别是风蚀沙埋相对较轻的丘间低地上，面积一般不大，呈现小斑块状分布。

半灌木油蒿多生长于固定、半固定沙地上，是沙丘固定的指示植物。与沙蒿相比，油蒿对降水量有较高的要求，分布区降水量一般高于 140mm。油蒿群落是乌兰布和沙地植被顶级植被之一，大面积分布于乌兰布和沙漠南部（本井）、北部（太阳庙）以及东部（巴彦树贵与巴彦树仁西），在乌兰布和沙漠防风固沙中发挥着重要作用。由于受流动沙丘严重风蚀沙埋的影响，油蒿群落多分布在平缓沙丘，呈现斑块状分布，但是斑块面积远远大于沙蒿。

沙蒿分布区土壤多为风沙土，0~100cm 土壤平均容重超过 1.68 g/cm^3 ，土壤沙粒成分占到 95%以上，粉粒、粘粒成分所占比例很低，孔隙大；土壤水分在不同样地间差异明显，其中自然植被样地超过 2%，人工促进植被样地不到 1.5%；土壤养分含量低，土壤有机质仅为 0.145%，全氮仅为 0.02%，速效磷 $0.263 \text{ mg}/100\text{g}$ ，速效钾 217.6 ppm ；土壤溶液环境为偏碱性，全盐量达到 0.085%，电导率达到 182.9%，pH 达到 8.17（表 5-29）。油蒿分布区土壤为风沙土，不同样地土壤生境差异较大。在沙漠固定沙丘与覆沙丘间地，土壤容重小，0~100cm 平均土壤容重低于 1.6 g/cm^3 ；表层土壤粘粒与粉粒成分较多；土壤含水率较高，在 2%以上；养分含量较高，有机质达到 0.33%，全氮也达到 0.02%，速效磷达到 $0.22 \text{ mg}/100\text{g}$ ，速效钾 317.3 ppm ；土壤溶液环境的碱性更强，全盐量达到 0.11%，电导率达到 228.7%，pH 达到 8.22（表 5-29）。显然，油蒿与沙蒿的土壤生境具有明显差异，油蒿分布区风蚀沙埋较

弱，表层土壤容重较低，粘粒、粉粒含量较高，土壤养分较高，土壤溶液碱性环境相对较强。

三、种群数量特征

乌兰布和沙漠不同区域沙蒿种群株高、冠幅、密度、相对密度、盖度、相对盖度、相对频度以及重要值的大小明显不同（表 5-30）。其中，沙蒿平均株高达到 52.2cm，平均冠幅达到 73.4cm×64.5cm，平均密度达到 3736.5 株/hm²；而且平均密度越大，其平均株高与冠幅越小，调查沙蒿种群平均密度以沙漠南缘本井以南区域最大，本井以北区域最小，与之相对应，平均株高与冠幅以沙漠南缘本井以北区域最大，本井以南区域相对最小。显然，沙蒿种群密度越大，对资源的竞争就越大，个体生长就越小。沙蒿种群平均相对密度达到 19.5%，均没有超过 50%，本井南部、巴彦高勒与太阳庙区域均没有达到 10%。沙蒿种群的盖度低，平均盖度仅达到 15.9%，调查区域均没有超过 25%；但是相对盖度很大，平均相对盖度达到 64.0%，生物累积量大。沙蒿种群的平均相对频度为 35.7%，均没有超过 50%；平均重要值达到 39.7，除人工干预群落外，均在 33 以上。

乌兰布和沙漠不同区域油蒿种群株高、冠幅、密度、相对密度、盖度、相对盖度、相对频度以及重要值大小也明显不同（表 5-31）。其中，沙蒿平均株高达到 42.7cm，平均冠幅达到 66.7cm×60.3cm，平均密度达到 13578 株/hm²；而且平均密度越大，其平均株高与冠幅越小，本井油蒿种群平均密度达到 27333 株/hm²，是巴彦高勒的 5.6 倍。沙蒿种群平均相对密度达到 14.3%，均没有超过 30%，沙漠东部的巴彦高勒仅为 2.5%。沙蒿种群的盖度及其相对盖度高，平均盖度及其相对盖度分别达到 36.3%、67.9%，调查区域平均盖度均超过 20%，

表 5-29 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿种群分布生境特征

群落	样地	地点	地理位置	土壤水分 (cm)	容重 (g/cm ³)	沙粒 (%)	粉粒 (%)	粘粒 (%)	有机质 (%)	全氮 (%)	速效磷 (mg/100g)	速效钾 (ppm)	全盐量 (%)	电导率 (μs)	pH
沙蒿	AL10	本井南	39°22'10" 106°00'09"	1.26	1.69	0.32	1.53	98.15	0.118	0.025	0.256	268.5	0.108	190.0	8.15
	AL49	哈夏图-吉兰泰	39°39'46" 105°55'40"	2.05	1.68	0	0	100.00	0.172	0.014	0.270	166.7	0.062	175.7	8.18
油蒿	AL15	巴彦树贵	39°41'04" 106°41'40"	7.91	1.49	5.64	25.91	68.45	0.470	0.030	0.248	335.2	0.125	260.8	8.29
	AL18	巴彦木仁西	39°55'40" 106°36'09"	2.56	1.57	1.95	4.09	93.96	0.198	0.014	0.195	299.3	0.094	196.5	8.15

表 5-30 乌兰布和沙漠沙蒿种群的数量特征

样地	地点	地理位置	高度 (cm)	冠幅 (cm ²)	密度 (株/hm ²)	相对密度 (%)	盖度 (%)	相对盖度 (%)	频度 (%)	相对频度 (%)	重要值
AL10	本井南	39°22'10" 106°00'09"	50.6±7.0	38.6±6.7×34.8±6.4	6084.0±2923.5	25.5	11.5±2.7	34.5	100	27.3	29.1
AL11	本井北	39°28'27" 105°57'52"	72.2±8.1	89.7±12.2×88.7±13.4	909.0±84.0	6.6	11.4±2.7	66.7	100	40.5	37.9
AL49	哈夏图-吉兰泰	39°39'46" 105°55'40"	58.6±4.2	95.8±9.8×78.1±7.8	3100.5±652.5	46.9	14.8±1.3	76.9	100	50.0	57.9
AL62	巴彦高勒	40°18'04" 106°46'57"	58.6±7.6	60.8±6.7×57.5±6.9	4587.0±363.0	9.2	24.3±1.9	81.8	100	28.6	39.9
AL63	太阳庙	40°52'33" 106°42'33"	46.2±4.2	82.2±16.1×63.2±12.4	4000.5±499.5	9.2	17.4±2.1	60.3	100	32.2	33.9

表 5-31 乌兰布和沙漠油蒿种群的数量特征

样地	地点	地理位置	高度 (cm)	冠幅 (cm ²)	密度 (株/hm ²)	相对密度 (%)	盖度 (%)	相对盖度 (%)	频度 (%)	相对频度 (%)	重要值
AL12	本井	39°24'47" 105°56'36"	38.3±5.3	44.0±5.2×43.9±7.2	27333.0±2923.5	25.0	53.1±3.9	67.2	100	25.0	39.1
AL15	巴彦树贵	39°41'04" 106°41'40"	52.7±4.1	90.5±8.9×85.6±8.1	10066.5±1989.0	13	49.9±4.9	70.1	100	39.5	39.6
AL17	巴彦木仁	39°56'00" 106°41'46"	26.2±4.1	53.0±11.1×43.7±8.7	17124.0±3526.5	20.1	24.1±4.8	74.6	100	23.8	37.9
AL18	巴彦木仁西	39°55'40" 106°36'09"	44.56±2.5	56.2±4.1×46.3±3.4	8445.0±379.5	10.9	20.4±0.5	50.9	100	14.6	25.5
AL61	巴彦高勒	40°21'33" 106°51'53"	51.6±5.4	89.8±15.1×81.8±13.7	4924.5±2062.5	2.5	34.2±18.8	76.8	100	15.4	31.6

表 5-32 沙蒿与油蒿种群数量特征比较表

植物	高度 (cm)	平均冠幅 (cm)	密度 (株/hm ²)	相对密度 (%)	盖度 (%)	相对盖度 (%)	相对频度 (%)	重要值
沙蒿	52.2±4.4a	70.9±10.8a	3736.5±858.0b	19.5±7.6a	15.9±2.4b	64.0±8.3b	35.7±4.2a	39.7±4.9a
油蒿	42.7±4.9b	63.5±9.7b	13578.0±3970.5a	14.3±3.9a	36.3±6.6a	67.9±4.6a	23.7±4.5b	34.7±2.7a

相对盖度均超过 50%。沙蒿种群的平均相对频度较低，仅为 23.7%，均没有超过 40%；平均重要值达到 34.7，均在 25%以上，但没有超过 40%。

而且，乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿种群数量特征指标大小也明显不同（表 5-32）。其中，沙蒿平均高度、平均冠幅显著大于油蒿；平均密度、盖度显著低于油蒿；平均相对密度、相对频度与重要值大于油蒿，但与油蒿间无显著差异；平均相对盖度低于油蒿，但与油蒿间无显著差异。沙蒿与油蒿种群间数量特征的差异，主要是沙蒿与油蒿的生物学特征决定的，但也受分布生境、群落物种组成及其数量的影响。

四、群落特征

（一）群落类型

1. 沙蒿群落

该群落类型是乌兰布和沙漠流动沙丘的代表群落之一，呈斑块状分布，多见于平缓流动沙地。半灌木沙蒿是灌木层片的优势种，也是群落的建群种。群落总盖度波动性很大，最小不到1%，最大可超过30%。草本层片结构简单，植物种类少，覆盖度低。

伴生植物种主要有：沙米、沙竹、虫实。



沙蒿群落

2. 油蒿群落

该群落类型分布于乌兰布和沙漠南部、东部及北部，多见于半固定、固定沙丘。半灌木油蒿是灌木层片，也是群落的优势种，而且覆盖度大，多超过25%。群落覆盖度也比较大，多超过35%，沙丘处于半固定、固定状态。草本层片结构较复杂，植物种类相对较多。

伴生植物种主要有：冰草、三芒草、沙葱、骆驼蓬、沙竹、虫实、五星蒿、画眉草、针茅、甘草、沙米等。



油蒿群落

3. 沙蒿+油蒿群落

该群落类型分布于乌兰布和沙漠东部、南部及北部，在半流动沙地呈斑块状分布，为流动沙丘沙蒿群落向油蒿群落演替的过渡类型。半灌木沙蒿或油蒿为灌木层片优势种，半灌木沙蒿为优势种的群落沙丘流动性较大，半灌木油蒿为优势种的群落沙丘流动性较弱。群落的覆盖度较高，总覆盖度一般超过30%。草本植物层片结构相对简单，组成植物种类不多，且盖度低。



沙蒿+油蒿群落

伴生植物种主要有：沙米、虫实、沙竹、画眉草和五星蒿。

4. 沙蒿+沙竹群落

该群落类型是乌兰布和沙漠流动沙丘的代表群落之一，在流动沙丘呈小斑块状分布，广布于乌兰布和沙漠流动沙丘低地。半灌木沙蒿为灌木层片优势种，多年生草本植物沙竹为草本植物层面优势种。群落盖度波动性很大，总覆盖度一般不超过20%。草本植物层片结构简单，组成植物种类少，盖度低。



沙蒿+沙竹群落

伴生植物种主要有：沙米、虫实。

5. 沙蒿+花棒+沙拐枣群落

该群落类型从分布区乌兰布和沙漠南缘，属于人工飞播干预的植被类型。在多年封育演替后，飞播区形成相对稳定的半自然群落，平均覆盖度超过30%；沙丘固定，部分区域形成薄层沙结皮。优势种沙拐枣、沙蒿和花棒覆盖度达到了10%，共同构成该群从灌木层片。而草本层片结构简单，植物种类少，覆盖度均未达到1%。



沙蒿+花棒+沙拐枣群落

伴生植物种有：沙米、沙竹和虫实。

6. 油蒿+白刺群落

该群落类型分布于乌兰布和沙漠南部与东部边缘地区，多生长在固定、半固定平缓沙地。半灌木油蒿与白刺为灌木层片优势种，在群落中的覆盖度较大。群落盖度较大，总覆盖度一般超过 40%。草本植物层片结构相对简单，组成植物种类少，盖度低。



油蒿+白刺群落

伴生植物种主要有：沙米、画眉草、蒺藜、三芒草等。

(二) 群落的物种组成

1. 物种组成

表 5-33 乌兰布和沙漠沙蒿群落物种组成统计表

科名	属名	种名	生活型
蓼科 Polygonaceae	沙拐枣属 <i>Calligonum</i>	沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	灌木
藜科 Chenopodiaceae	沙蓬属 <i>Agriophyllum</i>	沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	一年生草本
	雾冰藜属 <i>Bassia</i>	五星蒿 <i>Bassia dasyphylla</i>	一年生草本
	虫实属 <i>Corispermum</i>	蒙古虫实 <i>Corispermum hyssopifolium</i>	一年生草本
	梭梭属 <i>Haloxylon</i>	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	灌木
十字花科 Cruciferae	沙芥属 <i>Pugionium</i>	沙芥 <i>Pugionium cornutum</i>	一年生草本
豆科 Leguminosae	槐属 <i>Sophora</i>	苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	多年生草本
	岩黄芩属 <i>Hedysarum</i>	花棒 <i>Hedysarum scoparium</i>	灌木
蒺藜科 Zygophyllaceae	白刺属 <i>Nitraria</i>	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	灌木
	骆驼蓬属 <i>Peganum</i>	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>	多年生草本
	蒺藜属 <i>Tribulus</i>	蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i>	一年生草本
大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	地锦 <i>Euphorbia humifusa</i>	一年生草本
菊科 Compositae	蒿属 <i>Artemisia</i>	沙蒿 <i>Artemisia sphaerocephala</i>	半灌木
		油蒿 <i>Artemisia ordosica</i>	半灌木
	蓝刺头属 <i>Echinops</i>	砂蓝刺头 <i>Echinops gmelini</i>	一年生草本
百合科 Liliaceae	葱属 <i>Allium</i>	沙葱 <i>Allium mongolicum</i>	多年生草本
禾本科 Gramineae	沙竹属 <i>Psammochloa</i>	沙竹 <i>Psammochloa villosa</i>	多年生草本
	画眉草属 <i>Eragrostis</i>	画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	一年生草本
	芦苇属 <i>Phragmites</i>	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	多年生草本
	三芒草属 <i>Aristida</i>	三芒草 <i>Aristida adscensionis</i>	一年生草本
	虎尾草属 <i>Chloris</i>	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	一年生草本
	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	一年生草本

乌兰布和沙漠沙蒿群落的组成植物共有 22 种，隶属 9 科 21 属，其中含有种类数最多的

科是禾本科（6种），其次藜科是（4种）、蒺藜科（3种）、豆科（2种）、菊科（2种），蓼科、十字花科、大戟科和百合科仅为1种；含种数最多的属是蒿属（2种），其他属仅为1种（表5-33）。显然，乌兰布和沙漠沙蒿群落的物种组成简单，且多是内干旱、耐瘠薄、耐风蚀沙埋的典型沙生植物或沙地先锋植物。

表 5-34 乌兰布和沙漠油蒿群落物种组成统计表

科名	属名	种名	生活型
蓼科 Polygonaceae	沙拐枣属 <i>Calligonum</i>	沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	灌木
	沙蓬属 <i>Agriophyllum</i>	沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	一年生草本
	虫实属 <i>Corispermum</i>	虫实 <i>Corispermum hyssopifolium</i>	一年生草本
藜科 Chenopodiaceae	雾冰藜属 <i>Bassia</i>	五星蒿 <i>Bassia dasyphylla</i>	一年生草本
	盐生草属 <i>Halogeton</i>	盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>	一年生草本
	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	一年生草本
	梭梭属 <i>Haloxylon</i>	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	灌木
	槐属 <i>Sophora</i>	苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	多年生草本
豆科 Leguminosae	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	达乌里胡枝子 <i>Lespedeza davurica</i>	多年生草本
	黄芪属 <i>Convolvulus</i>	白花黄芪 <i>Astragalus galactites</i>	多年生草本
	沙冬青属 <i>Ammopiptanthus</i>	沙冬青 <i>Ammopiptanthus mongolicus</i>	灌木
	蒺藜属 <i>Tribulus</i>	蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i>	一年生草本
蒺藜科 Zygophyllaceae	骆驼蓬属 <i>Peganum</i>	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>	多年生草本
	鸦葱属 <i>Scorzonera</i>	蒙古鸦葱 <i>Scorzonera mongolica</i>	多年生草本
	白刺属 <i>Nitraria</i>	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	灌木
	霸王属 <i>Zygophyllum</i>	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylum</i>	灌木
	大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	地锦 <i>Euphorbia humifusa</i>
茄科 Solanaceae	曼陀罗 <i>Datura</i>	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	一年生草本
列当科 Orobanchaceae	列当属 <i>Orobanche</i>	列当 <i>Orobanche coalescens</i>	寄生草本
	蓝刺头属 <i>Echinops</i>	砂蓝刺头 <i>Echinops gmelini</i>	一年生草本
	飞廉属 <i>Carduus</i>	飞廉 <i>Carduus nutans</i>	二年或多年生草本
菊科 Compositae	蒿属 <i>Artemisia</i>	驴驴蒿 <i>Artemisia dalai-lamae</i>	小半灌木
		沙蒿 <i>Artemisia sphaerocephala</i>	半灌木
		油蒿 <i>Artemisia ordosica</i>	半灌木
	花花柴属 <i>Karelinia</i>	花花柴 <i>Karelinia caspia</i>	多年生草本
	旋覆花属 <i>Inula</i>	蓼子朴 <i>Inula salsoloides</i>	多年生草本
	百合科 Liliaceae	葱属 <i>Allium</i>	沙葱 <i>Allium mongolicum</i>
禾本科 Gramineae	画眉草属 <i>Eragrostis</i>	画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	一年生草本
	虎尾草属 <i>Chloris</i>	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	一年生草本
	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	一年生草本
	三芒草属 <i>Aristida</i>	三芒草 <i>Aristida adscensionis</i>	一年生草本
	针茅属 <i>Stipa</i>	针茅 <i>Stipa capillata</i>	多年生草本
	冰草属 <i>Agropyron</i>	沙生冰草 <i>Agropyron desertorum</i>	多年生草本
	隐子草属 <i>Cleistogenes</i>	隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	多年生草本
	冠芒草属 <i>Enneapogon</i>	冠芒草 <i>Enneapogon brachystachyus</i>	多年生草本
	沙竹属 <i>Psammodloa</i>	沙竹 <i>Psammodloa villosa</i>	多年生草本
	芦苇属 <i>Phragmites</i>	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	多年生草本

乌兰布和沙漠油蒿群落的组成植物共有 37 种，隶属 10 科 35 属，其中含有种类数最多

的科是禾本科（10种），其次菊科（7种）、藜科（6种）、藜科是（5种）、豆科（4种），蓼科、大戟科、茄科、列当科和百合科仅为1种；含种数最多的属是蒿属（3种），其他属仅为1种（表5-34）。根据北京大学地理系等于20世纪60年代初的调查，毛乌素沙漠油蒿固定沙地中共有植物90种左右，认为毛乌素沙漠石油蒿分布的中心区域（北京大学地理系，1983）；王妍调查发现，共调查高等植物72种，分属于23科、57属，其中菊科植物最多，计14属17种，占调查物种总数的23.6%；禾本科植物次之，计10属15种，占优势的科依次为菊科、禾本科、豆科和琴科，而且这种优势比例与整个毛乌素沙漠植物一致（王妍，2006）。显然，乌兰布和沙漠沙蒿群落的物种组成相对简单，但与沙蒿群落相比，组成植物明显不同，物种数大量增加。而且，油蒿群落组成植物多是内干旱、耐瘠薄、耐风蚀沙埋的典型沙生植物，但也出现荒漠化草原的植物，如针茅、冰草等。

2. 生活型谱

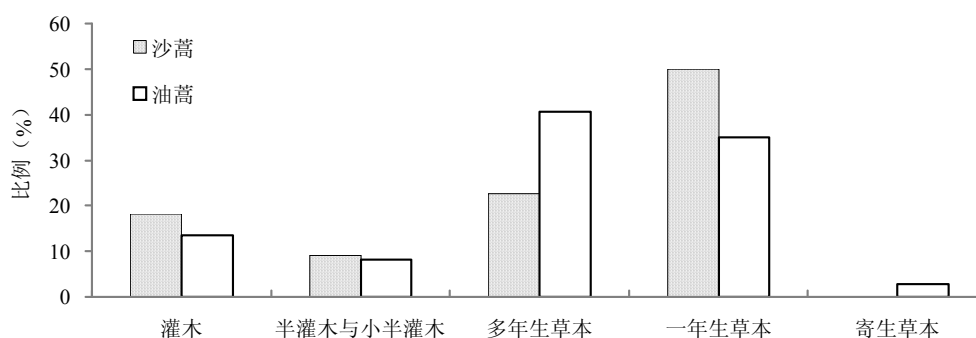


图 5-25 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落物种生活型谱

根据《中国植被》的生活型分类系统（1980）（吴冬秀等，2007），乌兰布和沙漠沙蒿群落物种组成包括灌木、半灌木与小半灌木、多年生草本和一年生草本植物，未见乔木、藤本、附生植物、寄生植物和水生植物等，其中一年生草本植物占到绝对优势，所占比例高达50%，灌木、半灌木与小半灌木、多年生草本仅分别占到18.2%、9.1%和22.7%（图5-25）。油蒿群落物种组成包括灌木、半灌木与小半灌木、多年生草本、一年生草本植物和寄生草本植物，比沙蒿群落多出寄生草本植物列当，但是未见乔木、藤本、附生植物和水生植物等，其中多年生草本占到40.5%，一年生草本植物占到35.1%。显然，乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落物种组成均以草本植物为主，草本植物所占比例均超过70%，因此乌兰布和沙漠沙蒿、油蒿群落外貌与结构易受降水的影响。

(三) 群落数量特征

1. 群落数量特征

表 5-35 典型沙蒿与油蒿群落的数量特征

群落样地	个体数 (株/m ²)	盖度 (%)	优势种及重要值	
沙蒿 群落	AL10	3	33.3±4.6	沙蒿 0.29, 沙米 0.25, 花棒 0.22, 沙拐枣 0.20
	AL11	1	17.3±2.5	沙蒿 0.38, 沙米 0.32, 沙竹 0.30
	AL49	1	19.3±1.9	沙蒿 0.58, 沙竹 0.42
	AL62	5	29.7±2.1	沙蒿 0.40, 沙米 0.35
	AL63	4	33.8±13.4	沙蒿 0.34, 芦苇 0.26
油蒿 群落	AL12	10	79.6±6.1	油蒿 0.39, 沙米 0.27
	AL15	8	70.4±8.1	油蒿 0.40, 沙竹 0.18
	AL17	9	32.3±4.1	油蒿 0.38, 沙冰草 0.26
	AL18	8	40.1±6.4	油蒿 0.25, 沙竹 0.38
	AL61	17	44.6±14.1	油蒿 0.32, 沙米 0.27

乌兰布和沙漠, 1m²沙蒿群落中的植物个体数为 1~5 株, 平均达到 2.8 株; 植被总盖度为 14.8~47.2%, 平均盖度达到 26.7% (表 5-35)。沙蒿自然群落优势种除沙蒿外多为多年生草本沙竹与芦苇, 有些群落一年生沙米也占到很大优势, 其他伴生植物画眉草、虫实、蒺藜等重要值很低。而人工干预群落, 沙蒿重要值较自然群落低, 人工建植植物花棒、沙拐枣仍在群落中占有重要地位。乌兰布和沙漠, 1m²油蒿群落中的植物个体数为 8~17 株, 平均达到 10.4 株; 植被总盖度为 28.2~85.7%, 平均盖度达到 53.4% (表 5-35)。

油蒿群落优势种除半灌木油蒿外, 均为草本植物, 包括一年生草本植物沙米和多年生草本沙竹、沙冰草。显然, 乌兰布和沙漠油蒿群落个体数、植被总盖度均, 远高于沙蒿群落, 较沙蒿群落具有更高的生物产量, 更强的控制土壤风蚀能力。

2. 物种多样性

群落物种多样性: 是生态系统结构和功能的决定因素, 也是评价群落稳定性的重要指标, 它不仅反映群落组织化水平, 而且可以通过结构与功能的关系间接反映群落功能的特征 (马克平, 1995)。在理论上存在着许多物种多样性指数, 但多不实用或很少被使用。最广泛应用的多样性指数为 Simpson 指数、Shannon 指数和 Pielou 均匀度指数, 这 3 个指数的优点在于它们同时考虑了种数和各个种的相对多度 (Magurran, 1988; 周小勇等, 2005)。乌兰布和沙漠沙蒿群落物种数组成简单, 仅为 2~5 种; 而油蒿群落物种数组成相对复杂, 达到 9~14 种。沙蒿群落的 Simpson 指数介于 0.49~0.77, 低于油蒿群落的 0.73~0.79; Shannon 指数介于 0.98~2.14, 低于油蒿群落的 2.24~2.65; 均匀度指数介于 0.87~0.99, 高于油蒿的 0.74~0.87 (表 5-36)。

表 5-36 典型沙蒿与油蒿群落的物种多样性

群落样地	物种数	Simpson 指数	Shannon 指数	均匀度指数	
沙蒿群落	AL10	5	0.77	2.14	0.92
	AL11	3	0.67	1.57	0.99
	AL49	2	0.49	0.98	0.98
	AL62	4	0.68	1.75	0.87
	AL63	4	0.72	1.86	0.93
油蒿群落	AL12	12	0.73	2.24	0.75
	AL15	9	0.76	2.24	0.87
	AL17	12	0.78	2.50	0.79
	AL18	14	0.78	2.65	0.74
	AL61	9	0.79	2.61	0.82

显然, 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落均具有较高的物种多样性, 但是油蒿群落的多样性更高, 群落更加稳定。这与沙蒿、油蒿的生物生态学特征以及生境密切相关, 沙蒿生长的流动沙丘风蚀沙埋严重, 仅适宜典型沙生植物生长, 而且土壤水分、养分环境均一, 因此沙蒿群落物种组成少, 分布比较均匀; 而油蒿生长的固定半固定沙丘, 沙面稳定, 土壤异质性强, 不同异质性斑块适宜更多植物生长。

3、群落相似性

群落相似性 (Similarity of community) 是指群落间或样地间植物种类组成的相似程度, 是群落分析的一个重要基础, 常用群落相似性系数表示 (于顺利等, 2000)。目前, 群落相似性系数有很多计算方法, 其中 Jaccard (1901) 相似性系数是目前最为基础和常用相似性系数之一, 相似性系数低于 0.25 为极不相似, 0.25~0.5 为中等不相似, 0.5~0.75 为中等相似, 大于 0.75 为极相似 (杨维康等, 2002; 钱迎倩和马克平, 1994)。在乌兰布和沙漠, 沙漠南缘的本井与东北缘的巴彦高勒沙蒿群落间的相似性系数 0.75, 相似性强; 其他区域沙蒿群落的相似性系数均未超过 0.75, 说明不同区域沙蒿群落间相似性低, 部分区域群落间甚至不相似。不同区域油蒿群落间的相似性系数均低于 0.5, 群落间的相似性为中等不相似或极不相似。不同区域沙蒿与油蒿群落间的相似性系数均低于 0.5, 其中巴彦高勒与不同区域沙蒿群落间的相似性系数多介于 0.25~0.5, 群落间为中等不相似; 而其他区域沙蒿与油蒿群落间相似性系数均低于 0.25, 群落间极不相似 (表 5-37)。

乌兰布和沙漠不同区域沙蒿群落间的相似性远高于油蒿群落, 而且不同区域沙蒿与油蒿群落的相似性低。就其原因分析认为, 由于沙蒿群落为流动沙丘上典型群落, 立地类型单一, 物种组成简单; 而油蒿群落为沙蒿群落的演替替代群落, 一般固定沙丘分布, 物种组成多, 因此典型的沙蒿群落与油蒿群落间的共有物种数少, 相似性低。而且, 沙蒿与油蒿群落

演替时间间隔越短，相似性一般越高，表现为沙蒿与油蒿在群落共存，如巴彦高勒的油蒿群落与沙蒿群落间相似性高就是这个原因。

表 5-37 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的相似性系数

群落样地	沙蒿					油蒿				
	AL10	AL11	AL49	AL62	AL63	AL12	AL15	AL17	AL18	AL61
沙蒿	AL10	1								
	AL11	0.60	1							
	AL49	0.40	0.67	1						
	AL62	0.50	0.75	0.50	1					
	AL63	0.29	0.40	0.20	0.33	1				
油蒿	AL12	0.08	0.10	0.00	0.20	0.20	1			
	AL15	0.10	0.13	0.14	0.25	0.11	0.27	1		
	AL17	0.08	0.09	0.10	0.18	0.18	0.21	0.25	1	
	AL18	0.13	0.07	0.08	0.14	0.07	0.33	0.38	0.24	1
	AL61	0.27	0.33	0.22	0.44	0.30	0.31	0.25	0.29	0.40
										1

五、生存现状分析

沙蒿在乌兰布和沙漠分布广泛，其中流动、半流动沙地上的沙蒿生长正常，更新苗多；半固定沙地上沙蒿生长量少，密度低，生长处于衰败状态。油蒿在乌兰布和沙漠主要分布于降水量较大的沙漠南部与东部地区，人为干扰少，自然更新正常，但是固定沙地地表结皮较厚区域，油蒿枯死植株与枝条比例较高。分析沙蒿与油蒿的生存现状，主要有如下几个方面的原因：

第一，土壤生境决定沙蒿、油蒿的分布与生长。沙蒿为沙地先锋植物，对风蚀沙埋具有很强的适应能力，因此能在流沙区大面积分布，但风蚀沙埋的能力也有一定的限度，一般分布在风蚀沙埋较弱的丘间低地、沙丘边缘以及平缓沙地。随沙丘固定过程，土壤结皮形成，表层土壤发育，深层土壤水分减少，沙蒿生长衰退，并逐渐退出群落。油蒿是沙蒿演替的替代植物，不适宜流动沙丘环境，伴随沙丘固定，种群数量增加。

第二，降水与气候干旱影响分布与更新生长。沙蒿对降水要求不严，在我国西北、华北、东北荒漠半荒漠地区均有分布，但是油蒿仅分布于降水 140mm 以上地区，是干草原、荒漠草原至草原化荒漠地带的优势种。近年来，西部发生严重干旱，生长季节没有足够降雨，对沙蒿、油蒿生长与更新产生严重影响，大部分油蒿群落存在大量枯枝。

第三，沙蒿与油蒿的寿命较短。沙蒿寿命大约 6 年，在 3 年生活力最强，5 年后枯枝残存，生活力减弱，逐渐衰老。油蒿寿命一般为 10 年左右，如果生长环境条件好，可生长到

15 年；3 年生的油蒿就能开花结实，4~7 年生的油蒿进入繁殖旺盛期，8 年生以后开始逐渐衰弱退化（黄兆华和刘嫖心，1991）。因此，大部分沙蒿、油蒿群落出现许多枯死植株，实际上属于正常的自然更新。

第四，饲用价值低，放牧利用影响不大。由于沙蒿与油蒿均含有挥发性物质，气味浓并有苦味，适口性不佳，牧场上饲草充足情况下，牲畜很少采食或不食，只有骆驼一年四季可以采食；冬季适口性有所提高，骆驼和羊均喜食。近年来，乌兰布和沙漠实行禁牧政策，仅保留少量骆驼，在有梭梭、沙竹等充足牧草的情况下，沙蒿与油蒿很少放牧利用，从而得到有效保护。

第五节 草本植物

植物茎内木质化细胞很少或较少，质地脆弱，含水较多，遇干旱季节全株倒伏，茎秆死亡后倒伏或不久即倒伏，具有这种草质茎的植物称为草本植物（周希澄，1989）。草本植物按其生活史的长短，可分一年生草本植物、二年生草本植物和多年生草本植物。一年内完成生活史的称一年生草本植物，如小画眉草、狗尾草、虎尾草等；二年内完成生活史的称二年生草本植物，如沙芥、尖头风毛菊等；二年以上完成生活史的称多年生草本植物，如冰草、针茅、隐子草等。草本植物的植株一般都比较矮小。

荒漠或沙漠环境是干旱气候环境的指示剂，在这种极端干旱、贫瘠、强风沙流的环境条件下生长发育的荒漠植物，它们不仅具有较强的抗逆能力，而且在其脆弱生态系统稳定性的维持和受损生态系统的恢复重建中起着重要的作用。在乌兰布和沙漠中，不论是在草原化荒漠区，还是在荒漠化草原区，不同的各类植被带内均分布着较为丰富的草本植物，这些草本植物不仅能防治风沙，还能改善土壤结构和提高土壤肥力，而且作为防沙治沙和改良土壤的先锋植物，具有在乔木、灌木无法适应的气候条件下生存的能力，它们根系发达，生命力强，在脆弱的荒漠生态系统中能产生明显的生态效益，同时可增加社会效益和经济效益（韩瑞宏等，2002）。草本植物在维持荒漠生态系统功能方面起着重要的作用，荒漠生态系统的能量流动、物质流动和生产力等，都与草本植物的种类、数量和分布格局密切相关，相当一部分草本植物是荒漠区动物的重要食物来源，是荒漠生态系统食物链中的一个重要环节。在乌兰布和沙漠中，草本植物分布要比木本植物的分布丰富的多，这些草本植物的组成和特点，极大地丰富了乌兰布和沙漠的生物多样性。

一、草本植物的生态意义

草本植物可防治水土流失、改良土壤盐碱化、治理荒漠化、改良土壤、增强土壤肥力等，

能有效地改善生态环境，李新荣（1999）对鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木群落生物多样性研究中指出，灌木类群多样性取决于群落的空间配置，特别是群落的草本层组成。乌兰布和沙漠正处于荒漠化草原与荒漠化荒漠地带，因此，对乌兰布和沙漠中草本植物的研究及对它们的有效保护和利用具有重要的生态学意义。

草本植物可有效用于防治水土流失、边坡绿化、治理荒漠化等，是由于草本植物引种方法简便，费用低廉，就草本植物本身而言，具有早期生长快，对于防止初期的土壤侵蚀效果较好，从荒漠生态系统恢复来讲，有利于初期表土层的形成，在沙漠中，流沙区的先锋植物往往是从草本植物开始的，随着草本植物的定居和生长，才有半灌木或灌木植物的逐渐加入和定居，荒漠生态系统的演替进程是由草本到半灌木、灌木再到草本的演替，系统的顶级群落仍然为草本植物，因此，草本植物在沙漠中的生长和发育具有极其重要的生态学意义。

草本植物可有效用于荒漠化防治领域，生长于沙漠中草本植物更具有重要的生态学意义。沙漠中生长的草本植物比其它植物更具优势，它们分布要比其它植物广泛，对水分、土壤、气候等生境条件的要求不高，对沙漠环境的适应性强，在气候干旱、风大沙多、土壤贫脊的沙漠条件下，其它植物生长较困难，而草本植物却较易生长，这也是乌兰布和沙漠中为什么草本植物分布的种类和数量要比其它植物丰富的多的原因。赵博光（1998）认为培育和综合利用荒漠有毒灌草是防治荒漠化的一种新思路，他在研究中指出，荒漠区有毒灌草有很强的适应性，具发达的根系，是良好的固沙植物，而它的毒性成分又可开发出具有较高经济价值的农药、医药及日化产品，即可有效地防沙治沙，又可带来一定的经济效益。

草本植物还可有效应用于流域的水土流失治理。目前，在“退耕还林，退耕还草”的国家政策号召和思想指导下，有许多草本植物已被应用于江河流域水土流失区的治理当中。如长江流域、黄河流域以及许多内陆河流域的水土流失治理。草本植物对降水有良好的拦截能力，它的致密根系集中分布在 0~30cm 的表土层，它们盘根错节、纵横网织形成“根节皮”，将受冲刷的表土层土壤分割固定，并具有最佳的截流蓄水和抗水流下切的性能，而其根系的生长可以疏松土壤，使土壤具有良好的渗透性，可很好地防治水土流失（韩瑞宏等，2002）。有许多草本植物具有适应性强、易成活、生长迅速等特点，在防治水土流失方面具有较大的潜力。

二、组成与结构

植物生活型（life form）是植物长期生存在一定的环境下所形成的一种形态学上的适应类型，既然是一种适应类型，应该具备同化环境中的有利条件和避免或减轻环境中的不利条件两方面的特点，而植物体上对外界环境的变化最为敏感的是它的最幼嫩部分——芽和嫩枝。芽是生长点之所在，在严酷的环境下芽与环境的矛盾，体现了植物与环境之间最尖锐的矛盾。如果植物不能避免或减轻严酷环境对芽的为害，就不能适应，也就不能生存。因此根据芽离地面的高低和保护性结构的有无等特点进行生活型分类，具有深刻的意义（李扬汉，

1978)。对草本植物来说,绝大多数由于地上部分经过一个生长期后枯死,下一个生长期又从地下芽或种子新发出,因此按 Raunkiaer 生活型的分类方法是无法来划分草本植物的生活型组成的。

草本植物在乌兰布和沙漠中的分布要比木本植物丰富的多,是组成乌兰布和沙漠植被的最基本部分(刘芳,2000)。乌兰布和沙漠地处荒漠化草原向草原化荒漠的过渡地带,兼有草原化荒漠和荒漠化草原的气候特征,植物分布草本类要比其它类丰富是很正常的。草本的高度一般在 50cm 以下,是组成群落的植物中物种最多的一类。

草本植物依据其生活型组成主要可分为 4 大类:

1. 一年生植物

一年生植物是荒漠区植物群落的重要组成部分,也是荒漠植被演替系列中的主要成分。由于其很好地适应了荒漠地区的生物和非生物环境因素,形成一整套完善的生存对策来应对荒漠地区环境的不确定性,其能根据环境水分条件如降雨,来调节自己的生育周期和生长势,即使在降雨量只有几毫米到十几毫米的极端干旱不利条件下,也能开花、结实而迅速完成生活史,虽然植株生长矮小,但结实较多。一年生植物组成各类荒漠生态系统的恒有层片,与其它灌木植物在生长期上形成时间上的互补,可弥补灌木类植物在初春季节生态防护功能降低的不足,对荒漠生态系统土地生产力恢复和防止荒漠化具有重要作用。依照生长季节的不同,一年生植物又可分为夏型一年生植物(生命周期在春、夏、秋之间)和冬型一年生植物(又称越冬生植物,通常在晚秋发芽,冬季时紧贴地面生长,以积雪为庇护,在早春雪融时迅速开花结果)两类。

2. 二年生植物

该类型中包括二年生植物和越年生植物。该类植物在第一年生长季(秋季)仅长营养器官,到第二年生长季(春季)开花、结实后枯死。二年生植物在农作物中由于受农业栽培措施的控制,作物种类较多,这类栽培植物种随人们对它的栽培习惯和其生长的地理纬度的变化而有所变化,如小麦如果春播(春小麦)则为一年生,如果秋播(冬小麦)则为二年生。而在乌兰布和沙漠中二年生植物分布种类很少,但这些植物在乌兰布和沙漠中占据着比较重要的地位和作用,且有一部分是沙漠中重要的资源植物。

二年生植物是指在两年期内完成其生命周期的部分显花植物。通常首年会完成发芽、长出根、茎及叶的生长阶段,并在寒冷季节进入休眠状态。这段时期的茎非常短、叶紧贴地面,呈矮丛型。在寒冬及春化现象后于翌年进入生长生殖阶段,这段时期植物的茎部会快速地变得长而细,出现抽薹现象。开花、结果并散播种子均在一年内完成,直至死亡。现时已知是二年生植物的数目远少于多年生植物及一年生植物。

在极端的气候环境下,二年生植物可能会于很短时间(例如仅有三到四个月)完成其生命周期。这种情况常见于在它们未有经历一年时间的生长阶段后,直接因寒冷天气及春化现象而被催生出开花结果。这种现象使不少人误以为这些二年生品种不过是一种一年生的植

物。除了春化作用外，也有人透过加入植物激素，如赤霉素等以达致开花结果，不过在商业应用上并不常见。某些多年生植物在恶劣环境下，生命周期变短，也有被误以为二年生的植物。不过二年生植物一生中只会开一次花结一次果，而多年生植物则会每年开花结果。

3. 多年生植物

多年生植物是指寿命超过两年的植物。由于木本植物皆为多年生，本词通常仅指多年生的草本植物，又称多年生草本（植物）、多年草等。

多年生植物依气候不同而有多种型态。在气候温和的地区，植物终年生长不落叶，称为常绿植物；在季节变化明显的地区，植物在温暖的季节生长开花，到了冬天时，木本植物的树叶会枯黄掉落，称为落叶植物，草本植物则是仅保留地下茎或根部分进入休眠状态，称为宿根草。此外有些地区的气候变化是以干、湿季来划分，当地的植物又会有不同的生命周期。

4. 草质藤本植物

藤本植物又称为攀缘植物，是一类不能自由直立，通过主茎缠绕或攀缘器官攀缘他物升高的植物的总称。藤本植物在世界范围内种类繁多，分布广泛。藤本植物通常要求较高的湿度环境，这主要是由于藤本植物具有细小的茎干，但又必须要支撑和供应较其它植物所占比例大的多的光合空间，因此藤本植物蒸腾失水相对较大，湿润地区有利于其水分平衡的保持，在湿润地区藤本植物数量较多。在乌兰布和沙漠中也有少量的藤本植物分布，是由于这些藤本植物一方面分布于乌兰布和沙漠的低洼湿地地带，另一方面是由于有些藤本植物自身形成了一些适应沙漠环境的特殊生理特性，增强了自身的耐旱能力而能在沙漠中生存，但总体这类植物在乌兰布和沙漠中分布极少。

表 5-38 乌兰布和沙漠草本植物生活型及种类统计表

生活型	科数	占总科数的比例 (%)	属数	占总属数的比例 (%)	种数	占总种数的比例 (%)	备注
一年生	16	40.0	41	34.2	70	30.3	
二年生	7	17.5	7	5.8	7	3.0	含越年生的种类
多年生	33	82.5	80	66.7	149	64.5	
草质藤本	3	7.5	3	2.5	5	2.2	
合计	40	100	120	100	231	100	

乌兰布和沙漠中共有草本植物（包括草质藤本植物种）231种，隶属于40科120属，其中多年生草本植物种分布最多，有149种，占到总草本植物种数的64.5%，分属于33科80属，分别占总科数和总属数的82.5%和66.7%，其次是一年生草本植物，有16科41属70种，分别占总科数、总属数和总种数的40%、34.2%和30.3%，二年生植物只有7科7属7种，占总科数、总属数和总种数的17.5%、5.8%和3.0%，草质藤本植物最少，仅有3科3属5种，仅占到总科数、总属数和总种数的7.5%、2.5%和2.2%。

三、群落特征

依据各草本植物在群落中的重要值,计算出草本植物的生态优势度指数和群落的均匀度指数,分析草本植物的群落数量特征(沈泽昊等,2001;马斌等,2008;贺金生等,1997)。

(一) 草本植物在群落中的重要值

依据草本植物的重要值,将乌兰布和沙漠调查的草本植物群落划分为7个群落类型,分别是沙竹+沙米群落、沙葱+狗尾草群落、沙生冰草群落、芨芨草群落、马蔺群落、芦苇群落和苦豆子群落,表5-39是调查各样地草本植物群落的重要值表。

(二) 物种(α)多样性分析

在不同类型的植物群落,群落和物种多样性的测度方法是不同的,依据晋瑜等(2005)人的研究认为,对于荒漠植物群落,以重要值为测度指标的群落物种多样性、丰富度、优势

表 5-39 乌兰布和沙漠典型草本植物群落及主要植物的重要值

样地号	群落	物种名称	重要值
AL09	沙竹+沙米	沙竹 <i>Psammochloa villosa</i>	0.7615
		沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	0.2385
AL13	沙葱+狗尾草	沙葱 <i>Allium mongolicum</i>	0.3741
		狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.3130
		三芒草 <i>Aristida adscensionis</i>	0.1365
		其它植物	0.1764
AL16	沙生冰草+芦苇	沙生冰草 <i>Agropyron desertorum</i>	0.8208
		芦苇 <i>Phragmites australis</i>	0.1792
AL23	芨芨草	芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>	0.3189
		囊果碱蓬 <i>Suaeda physopora</i>	0.2477
		苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	0.1801
		其它植物	0.2533
AL37	马蔺	马蔺 <i>Iris lactea</i> Pall.	0.5383
		盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>	0.2557
		碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	0.1157
		白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.0904
AL43	沙竹+沙米	沙竹 <i>Psammochloa villosa</i>	0.6305
		沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	0.3695
AL44	芦苇	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	0.4913
		白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.2005
		披针叶黄华 <i>Thermopsis lanceolata</i>	0.1765
		其它植物	0.1317
AL64	苦豆子	苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	0.6465
		沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	0.2368
		画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	0.0593
		蒺藜 <i>Tribulus terrester</i>	0.0574

表 5-40 是乌兰布和沙漠植被区主要草本植物群落类型的各多样性指数测定值。表中显示,生态优势度、物种多样性及均匀度在不同的群落间存在较大的差异。

表 5-40 乌兰布和沙漠主要草本植物群落物种多样性指数值

多样性指数		样 地 号							
		AL09	AL13	AL16	AL23	AL37	AL43	AL44	AL64
丰富度指数	R_0	2	7	2	10	4	2	6	4
	I	0.8686	4.3493	0.9618	9.1024	5.7708	2.8854	5.4614	5.7708
优势度指数	D	0.5362	0.2111	0.7115	0.2083	0.3385	0.5655	0.3634	0.4769
	λ	0.6331	0.2580	0.7029	0.1975	0.3704	0.5294	0.3124	0.4755
多样性指数	H	0.5493	1.5396	0.4702	1.8470	1.1489	0.6587	1.3808	0.9548
	N_1	1.7321	4.6628	1.6003	6.3408	3.1548	1.9323	3.9781	2.5982
	N_2	1.5795	3.8752	1.4228	5.0634	2.6997	1.8891	3.2007	2.1028
	D_1	0.4638	0.7889	0.2885	0.7917	0.6615	0.4345	0.6366	0.5231
	D_2	0.3669	0.7420	0.2971	0.8025	0.6296	0.4706	0.6876	0.5245
均匀度指数	E_1	0.7925	0.7912	0.6783	0.8021	0.8288	0.9503	0.7706	0.6888
	E_2	0.7321	0.6105	0.6003	0.5934	0.7183	0.9323	0.5956	0.5327
	E_3	0.2319	0.1127	0.1442	0.0792	0.1654	0.2172	0.1061	0.1308
	E_4	0.7916	0.7850	0.7043	0.7608	0.7888	0.9537	0.7390	0.6901
	E_5	0.9119	0.8311	0.8891	0.7986	0.8558	0.9777	0.8046	0.8093

图 5-26 是乌兰布和沙漠主要草本植物群落物种多样性变化图。从图中可以看出，丰富度指数 R_0 、Gleason 指数、Shannon-Weiner 指数、Hill 多样性指数 N_1 和 Hill 多样性指数 N_2 各指数呈现出基本一致的趋势。其中，芨芨草群落的多样性最高，芨芨草群落在乌兰布和沙漠中主要分布于低洼滩地和丘间低地上，地势低洼，地下水位较高，土壤主要为盐渍化程度较强的盐化、碱化土，土壤和水分条件较好的生境中，物种组成相对丰富，因而多样性指数和均匀度指数均比其它样地的高。其次是沙葱+狗尾草群落和芦苇群落，沙葱在乌兰布和沙漠中有一片较大面积的分布地块，面积大约有几十平方公里，调查时正处于沙葱的开花期，沙葱及其伴生植物生长良好，形成一片以沙葱为优势种的草本群落；而芦苇是一种水生或湿生植物种，在乌兰布和沙漠中主要分布于常年季节性积水的滩湿地，是一种隐域性植被类型，它的盖度在 70%~80%左右，生长旺盛，因此这两类植被群落的多样性指数和均匀度指数也显示出较高的指数值。群落的多样性指数和均匀度指数值最低的是沙生冰草群落，群落只有沙生冰草和芦苇两种植物组成，群落的组成成分简单，且该类型的植被主要分布在乌兰布和沙漠的流动或半流动沙地上，土壤条件差且植物的生长状况也差，群落中的植物种类少，每种植物的数量分布也少，整个群落的多样性指数和均匀度指数值小。

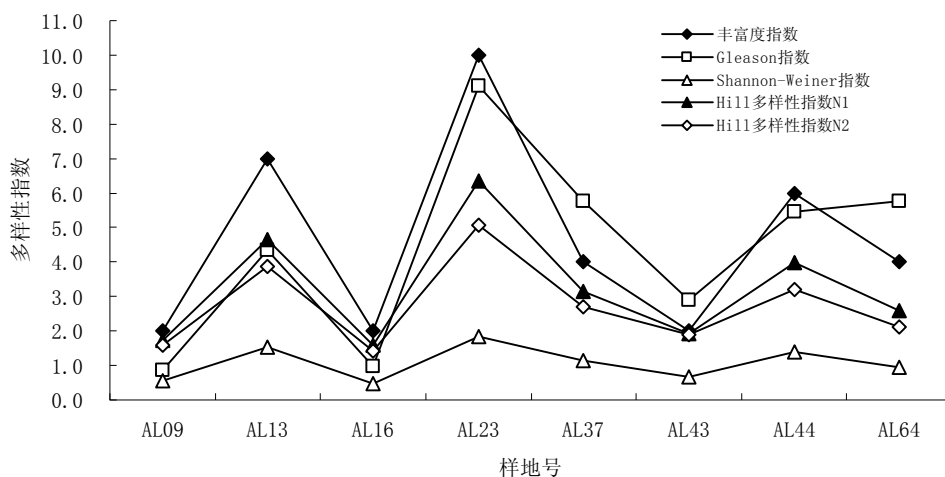


图 5-26 乌兰布和沙漠不同草本植物群落的物种多样性

乌兰布和沙漠的地带性植被为荒漠化草原和草原化荒漠的过渡植被类型。不同类型的植物群落在结构和功能上都存在很大的差异,这种差异主要受制于不同物种的生态生物学特性。也就是说,具有不同功能作用的不同物种及其个体相对多度的差异是形成不同群落的基础。因此,对于群落组织化程度的测度指标即物种多样性的研究具有十分重要的意义。

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和,它包括地球上所有动物、植物、微生物和它们所拥有的基因,以及它们与生存环境形成的复杂生态系统。生物多样性是地球上生命有机体经过近 40 亿年发展进化的结果,它是生物之间以及与其生存环境之间复杂的相互关系的体现,是生物资源丰富多彩的标志,是对自然界生态平衡基本规律的一个表征。怎样合理利用自然资源并科学地保护生物多样性是迫切需要解决的问题,生物多样性保护是目前国际社会关注的三大热点研究之一。

生物多样性是内容十分丰富的概念,包括多个层次或水平,中国多数专家认为主要有遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性等三个层次,也有学者认为应该增加景观多样性层次。植物多样性是生物多样性研究的基础及主要内容之一,植物多样性研究是生物多样性研究的一个分支。在植物群落学研究中,物种多样性是指一个群落中的物种数目和物种个体数目分配的均匀程度。它不仅反映了群落组成中物种的丰富程度、变化程度和均匀度,也反映了不同自然地理条件与群落的相互关系,以及群落的稳定性和动态,是群落组织结构的重要特征(宋永昌, 2001; 周国英等, 2003; 曾祥福等, 1998)。近年来的研究表明,植物群落物种多样性以及由此构成的植被类型的多样性是地区性生物多样性的支持系统(任海等, 2001);物种多样性对生态系统的稳定性、生产力、营养动态、对入侵敏感性等功能都起重要作用一种植物的灭绝将会引起 10~30 种相关生物(动物、真菌等)的消失(余树全, 2003)因此,植物物种多样性的研究一直是物种多样性研究、群落生态学研究 and 生态系统生态学研究的重要内容,是认识群落的组织水平、揭示生态系统复杂性的基础。本文所涉及物种多样性即为群落组织水平上的物种多样性。

(三) β 多样性测度

β 多样性表示不同群落间物种组成的差异。不同群落或环境梯度上的共有种越少， β 多样性越大。 β 多样性的生态学意义可以指示生境被物种分割的程度，可用来比较不同地段上生境的多样性，和 α 多样性一起构成了总体多样性或一定地段的生物异质性， β 多样性的测度具有重要的生态学意义。

表 5-41、表 5-42 和表 5-43 是乌兰布和沙漠草本植物群落的 β 多样性的 Jaccard 指数、Sorensen 指数和 Cody 指数值。表中各样地所呈现的相似性规律是一致的，表中各群落间的多样性指数多为 0，只有少部分群落间的多样性指数不为 0， β 多样性指数主要反映的是随环境梯度变化不同群落间的物种的变化情况，不同群落间 β 多样性指数值多为 0，说明所调查的各样地中物种的种类变化大，各样地中重复出现的物种少，从而反映出在乌兰布和沙漠中草本植物群落间重复的物种少，生境的差异性大。其中，样地 AL09 和 AL43 两个样地均位于天然梭梭林与沙漠主体的交汇过渡带，AL09 在吉兰泰南面(乌兰布和沙漠的西南面)，AL43 在哈夏图南面(乌兰布和沙漠的内部)，两样方的生境条件基本一致，群落组成也基本一致，只有沙竹和沙米两种植物组成，两样地的 Cody 指数值为 0。

表 5-41 乌兰布和沙漠草本植物群落各样地的 Jaccard 指数值

样地	AL09	AL13	AL16	AL23	AL37	AL43	AL44	AL64
AL09	1.0000							
AL13	0.1250	1.0000						
AL16	0.0000	0.0000	1.0000					
AL23	0.0000	0.0000	0.2000	1.0000				
AL37	0.0000	0.0000	0.0000	0.0769	1.0000			
AL43	1.0000	0.1250	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000		
AL44	0.0000	0.0000	0.1429	0.1429	0.2500	0.0000	1.0000	
AL64	0.2000	0.2222	0.0000	0.0769	0.0000	0.2000	0.0000	1.0000

表 5-42 乌兰布和沙漠草本植物群落各样地的 Sorensen 指数值

样地	AL09	AL13	AL16	AL23	AL37	AL43	AL44	AL64
AL09	1.0000							
AL13	0.2222	1.0000						
AL16	0.0000	0.0000	1.0000					
AL23	0.0000	0.0000	0.3333	1.0000				
AL37	0.0000	0.0000	0.0000	0.1429	1.0000			
AL43	1.0000	0.2222	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000		
AL44	0.0000	0.0000	0.2500	0.2500	0.4000	0.0000	1.0000	
AL64	0.3333	0.3636	0.0000	0.1429	0.0000	0.3333	0.0000	1.0000

表 5-43 乌兰布和沙漠草本植物群落多样地的 Cody 指数值

样地	AL09	AL13	AL16	AL23	AL37	AL43	AL44	AL64
AL09	0.0000							
AL13	3.5000	0.0000						
AL16	0.0000	0.0000	0.0000					
AL23	0.0000	0.0000	4.0000	0.0000				
AL37	0.0000	0.0000	0.0000	6.0000	0.0000			
AL43	0.0000	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
AL44	0.0000	0.0000	3.0000	6.0000	3.0000	0.0000	0.0000	
AL64	2.0000	3.5000	0.0000	6.0000	0.0000	2.0000	0.0000	0.0000

四、生存现状分析

在荒漠植被中，草本植物与灌木植物共同决定着群落中种群个体的分布格局。乌兰布和沙漠的植物区系属于泛北极植物区域亚洲荒漠植物区，由于干旱的气候条件，区系成分以半干旱和干旱地区的种类占主导地位，且泛北极种少，主要是戈壁种及地中海成分。

乌兰布和沙漠中植物的种类主要是灌木植物和草本植物，而草本植物的种类占绝对优势，从流动沙地、半固定沙地到固定沙地，草本植物的种类和数量有着增加的趋势，这种情况与国内其它沙漠中植物的分布规律上是一致的，即流动沙地上草本植物的种类和数量少，到半固定沙地上草本植物的种类和数量有所增加，而到固定沙地上草本植物的种类和数量会显著增加，生物多样性也趋于复杂。

乌兰布和沙漠的东南部以流动沙丘为主，在流动沙地的下部或丘间低地零星生长着沙蒿、沙竹、沙米等，在流动沙地顶部生长的植物种类和数量均少，全为草本植物；在固定、半固定沙地多以梭梭、沙冬青、白刺等灌木和草本植物混生，在水分条件较好的低地，主要是芨芨草、芦苇、马蔺等盐化草甸植物，主要分布在沙漠的西南部古湖积区；沙漠的东北部区域是古代黄河冲积平原，有较多的低洼地、低湿地或积水湖泊，除一些典型的盐化草甸植被外，还在积水区有香蒲、穿叶眼子菜等典型的水生植物；沙漠的东北部区域是典型的农垦区，在垦区随着种植业的逐步发展，除农作物外，农田外围的农田杂草也是垦区及周围的重要草本植物生长区。

草本植物在乌兰布和沙漠中的生长基本处于良好，除一年生植物沙米、五星蒿、虫实等的生长受上一年度和当年度的降水影响外，其它草本植物特别是低洼低湿地的草甸草本植物不受降水的限制和影响，各类草本植物生长良好。

小 结

(1) 白刺在乌兰布和沙漠广泛分布,集中分布在吉兰泰的北部以及哈夏图的东北,其次是二日湖,包日毛道及查干德日斯嘎查。乌兰布和沙漠白刺沙堆和更新苗的形式存在,所占比例分别为 86.04%和 13.96%,白刺种群的平均密度为 100.81 个/hm²,株平均高度为 30.03cm;其中,密度最大为 475 个/hm²,最小为 8.33 个/hm²。更新苗平均密度为 107.14 株/hm²,平均株高 17.61cm,平均冠幅 0.17m×0.16m,最大密度为 412.5 株/hm²,最小密度为 12.5 株/hm²。白刺群落组成植物共有 48 种,隶属于 11 科 36 属,其中藜科最多(11 种),其次为菊科(9 种),大部分科为单种科或寡种科;群落类型有白刺群落、白刺+梭梭群落、白刺+沙冬青群落和白刺+梭梭+红砂群落。总体而言,乌兰布和沙漠白刺沙堆处于发展到稳定的阶段,小部分处于更新苗阶段,长势均较好,局部虫害严重。

(2) 沙冬青是乌兰布和沙漠中唯一的常绿灌木,在乌兰布和分布很广,其中在西北边缘(罕乌拉的正北)、乌兰布和沙漠的北部(敖伦布拉格西侧和南侧)、乌兰布和沙漠的东部(巴彦木仁苏木的西侧)、乌兰布和沙漠南部部分地区(本井东面)分布较为集中。沙冬青群落组成植物共有 34 种,隶属 11 科 30 属,且群落中没有乔木和藤本植物;群落类型有沙冬青单优群落、沙冬青+梭梭群落、沙冬青+白刺群落、沙冬青+白刺+梭梭群落、沙冬青+白刺+多年生草本群落。总体而言,大部分区域分布的沙冬青生长基本正常,目前处于比较稳定的状态,南部部分地区的沙冬青发生了比较严重的虫害,总体沙冬青种群更新苗数量偏少,老龄株偏多。

(3) 在乌兰布和沙漠,盐爪爪分布较为广泛,盐爪爪群落组成植物有 20 种,隶属于 10 科 17 属。其中盐爪爪单优群落分布在乌兰布和沙漠西南缘吉兰泰以南、哈土陶以北,以大面积片状分布为主;盐爪爪以次优势种出现的群落,主要有红砂—盐爪爪群落和马蔺—盐爪爪群落,在乌兰布和沙漠内一些干涸的湖盆内或是湖盆边缘、盐碱滩地等,呈现出小面积、小范围、斑块状分布;盐爪爪以伴生种或偶见种出现的群落,散生在梭梭林内,或与白刺、芦苇混生。从湖盆中心地带到边缘沙丘,盐爪爪呈明显的梯度分布,群落从结构到物种数量上亦发生明显的变化。物种多样性在湖盆中心最低,在湖盆边缘地带最高,而在沙丘上物种多样性居中;盐爪爪群落呈梯度分布与立地条件、土壤质地及理化性质关系密切。总体而言,乌兰布和沙漠盐爪爪生长正常、稳定,并可以自己更新来扩大种群的范围,没有病虫鼠害的威胁,生长健康、稳定。

(4) 沙蒿在乌兰布和沙漠全境均有分布,南部地区多于北部地区,西部地区多于东部

地区。沙蒿群落多分布在流动沙丘的下部，特别是风蚀沙埋相对较轻的丘间低地上，面积一般不大，呈现小斑块状分布。油蒿群落大面积分布于乌兰布和沙漠南部（本井）、北部（太阳庙）以及东部（巴彦树贵与巴彦树仁西），多分布在平缓沙丘，呈现斑块状分布，但是斑块面积远远大于沙蒿。乌兰布和沙漠沙蒿群落的组成植物共有 22 种，隶属 9 科 21 属，油蒿群落的组成植物共有 37 种，隶属 10 科 35 属；油蒿、群落类型有沙蒿群落、油蒿群落、沙蒿+油蒿群落、沙蒿+沙竹群落、沙蒿+花棒+沙拐枣群落、油蒿+白刺群落。沙蒿与油蒿群落物种组成均以草本植物为主，群落外貌与结构易受降水的影响；沙蒿与油蒿群落均具有较高的物种多样性，但是油蒿群落的多样性更高，群落更加稳定。不同区域沙蒿群落间的相似性远高于油蒿群落，而且不同区域沙蒿与油蒿群落的相似性低。总体而言，流动、半流动沙地上的沙蒿生长正常，更新苗多，半固定沙地上沙蒿生长量少，密度低，生长处于衰败状态。油蒿在乌兰布和沙漠主要分布于降水量较大的沙漠南部与东部地区，人为干扰少，自然更新正常，但是固定沙地地表结皮较厚区域，油蒿枯死植株与枝条比例较高。

(5) 在乌兰布和沙漠植被中，草本植物分布的种类和数量要比其它植物丰富，共有 40 科 120 属 231 种，其中多年生草本 149 种，一年生草本 70 种，二年生草本 7 种，草质藤本 5 种，这些草本植物在沙漠中的生长和发育具有极其重要的生态学意义。乌兰布和沙漠草本植物属泛北极植物区域亚洲荒漠植物区，主要是戈壁种及地中海成分，在沙漠中的分布从流动沙地、半固定沙地到固定沙地，草本植物分布的种类和数量呈增加的趋势，且它们的生长基本良好。

参考文献:

- [1] Anatomical and rbcL DNA sequence data Bot J Linn Soc ,122(4):279~300.
- [2] Dahlgren R. 1983. General aspects of angiosperm evolution and macrosystematics. *Nordic Journal of Botany*, 3 (1):119~149.
- [3] Engler A. 1931. *Zygophyllaceae natürlichen pflanzenfamilien Zanfl*,192:144~184.
- [4] Hutchinson J.1968. *the Genera of Flowering Plants*. London:The Crown Agents fur Over sea Government and Administrations,2:611~621.
- [5] Magurran A E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- [6] Shaltout K H, Sheded M G. *et al.*2003. Phytosociology and size structure of *Nitraria retusa* along the Egyptian Red Sea coast, *Journal of Arid Environments*,53:331~345.
- [7] Sheahan MC Chase M W.1960. A phylogenetic analysis of *Zygophyllaceae* R.Br. based on morphological.
- [8] 安黎哲,徐世建,冯虎元等.1999.沙冬青和柠条渗透调节物质的动态研究. *中国沙漠*,19(增刊):250 ~254.
- [9] 北京大学地理系,中国科学院自然资源综合考察委员会. 1983. 毛乌素沙漠自然条件极其改良利用. 北京: 科学出版社, 85~86.
- [10] 段金殿,周荣汉,赵守训等. 1999.唐古特白刺叶黄酮类及酚酸类成分的分离鉴定. *植物资源与环境*,8 (1):6~9.
- [11] 冯金朝,周宜君,周海燕等.2001.沙冬青对土壤水分变化的生理响应. *中国沙漠*,21,223~226.
- [12] 郭生祥,刘志银,郝昕.2005.沙冬青的研究进展. *甘肃林业科技*,30(4):5~8,12.

- [13] 韩瑞宏,毛凯,高桂娟,等.2002.草本植物在防治水土流失和改良土壤中的应用.四川草原,(2):22~25.
- [14] 何恒斌,张惠娟,贾桂霞.2006.磴口县沙冬青种群结构和空间分布格局的研究.林业科学,42(10):13~18.
- [15] 贺金生,陈伟烈.1997.陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征.生态学报,17(1):91~99.
- [16] 侯平,尹林克,严成.1994.沙冬青生物量的研究.干旱区研究,11(1):16~22.
- [17] 黄兆华,刘媿心.1991.我国沙区重要蒿属植物的特性及应用.干旱区资源与环境,5(1):12~21.
- [18] 贾宝全,蔡体久,高志海,等.2002.白刺沙堆生物量的预测模型.干旱区资源与环境,16(1):96~99.
- [19] 蒋志荣.1994.沙区常绿灌木沙冬青的防风固沙改土效能研究.甘肃农业大学学报,29(3):83~86.
- [20] 蒋志荣.2000.沙冬青抗旱机理的探讨.中国沙漠,20(1):72~74.
- [21] 蒋志荣,安力,王立.1997.不同激素对沙冬青组织培养生芽的影响.中国沙漠,17(2):209~211.
- [22] 晋瑜,潘存德,王梅,等.2005.荒漠植物群落物种多样性及其测度指标比较.干旱区地理,(1):113~119.
- [23] 孔丽娟,沈吉庆.2003.腾格里沙漠东南边缘植物群落物种多样性分析.宁夏农学院学报,24(4):25~28.
- [24] 李师翁,屠骊珠.1994.白刺属的胚胎学特征及其系统学意义.植物研究,14(3):255~262.
- [25] 李新荣,张新时.1999.鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性的研究.应用生态学报,(6):665~669.
- [26] 李雪华,李晓兰,蒋德明,等.2009.科尔沁沙地70种草本植物个体和构件生物量比较研究.干旱区研究,26(2):200~205.
- [27] 李扬汉主编.1978.植物学.上海:上海科学技术出版社.
- [28] 梁存柱,朱宗元,王炜,等.2004.贺兰山植物群落类型多样性及其空间分异.植物生态学报,28(3):361~368.
- [29] 梁继业.2007.沙漠-河岸过渡带白刺沙堆个体特征及其空间分布格局,中国林业科学研究院,博士学位论文.
- [30] 刘芳.2000.乌兰布和沙区的植物资源.内蒙古师范大学学报自然科学(汉文)版,29(3):215~220.
- [31] 刘果厚.1998.阿拉善荒漠特有植物沙冬青濒危原因的研究.植物研究,18,341~345.
- [32] 刘果厚,高润宇,赵培英.2001.珍稀濒危植物沙冬青、四合木、绵刺和半日花等四种旱生灌木在环境胁迫下的生存对策分析.内蒙古农业大学学报(自然科学版),22(3):66~69.
- [33] 刘华民,朴顺姬,等.2005.不同演替阶段褐沙蒿种群特征研究.生态学报,24(5):497~502.
- [34] 刘家琼,邱明新,杨堃,等.1995.沙冬青植物群落研究.中国沙漠,15(2):109~119.
- [35] 刘家琼,周湘红.1993.几种固沙植物过氧化物酶、过氧化氢酶活性及其同工酶的初步分析//中国科学院(1991~1992)沙坡头沙漠试验研究站年报.兰州:甘肃科技出版社.
- [36] 刘家琼.1982.我国荒漠特有的常绿植物—沙冬青的生态生理及解剖学特征.植物学报,24(6):570~573.
- [37] 刘慎谔.1955.东北木本植物图志.北京:科学出版社,359~360.
- [38] 刘媿心.1987.中国沙漠植物志(第三卷).北京:科学出版社.
- [39] 吕志伟,边才苗.2007.天台山云锦杜鹃幼树的构型分析.浙江林学院学报,24(6):696~701.
- [40] 马斌,周志宇,张莉丽,等.2008.阿拉善左旗植物物种多样性空间分布特征.生态学报,28(12):6099~6106.
- [41] 马克平,黄建辉,于顺利,等.1995.北京东灵山地区植物群落多样性的研究. II 丰富度、均匀度和物种多样性指数.生态学报,15(3):268~277.
- [42] 马克平.1994.生物多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法.生物多样性,2(2):162~168.
- [43] 马克平.1995.生物群落多样性的测度方法 II. β 多样性的测度方法.生物多样性,3(1):38~43.
- [44] 马毓泉,张寿洲.1990.四合木系统地位的研究.植物分类学报,28(2):89~95.
- [45] 苗莉云.2007.盐生植物对盐渍化土壤适应的研究进展.安徽农学通报,13(007):52~53.
- [46] 内蒙古植物志编委会.1989.内蒙古植物志.第二版,第三卷,呼和浩特:内蒙古人民出版社.
- [47] 努尔巴衣·阿布都沙力克,潘晓玲.2003.我国西部白刺属及其近缘属的花粉形态与分类.干旱区研究,20(1):16~19.
- [48] 努尔巴衣·阿布都沙力克,潘晓玲.2003.白刺属植物的化学成分分析及系统学意义.新疆大学学报(自然科学)

- 学版),2003, 20(1):51~54.
- [49] 潘伯荣,伊林克,安尼瓦尔.1991.我国干旱荒漠区珍惜濒危植物资源的综合评价及合理利用.干旱区研究,(3):29~39.
- [50] 潘晓玲,沈观冕,陈鹏.1999.白刺属植物的分类学及系统学研究.云南植物研究,21(3):287~295.
- [51] 潘晓云,魏小平,尉秋实等.2003.多倍化白刺属的系统分类、进化特征及应用前景.植物学通报, 20(5):632~638.
- [52] 朴顺姬,王振杰,等.2006.科尔沁沙地差巴嘎蒿种群生态位适宜度分析.植物生态学报.30(4):593-600.
- [53] 祁淑艳,储诚山.2005.盐生植物对盐渍环境的适应性及其生态意义.天津农业科学,11(2):42-45.
- [54] 祁迎林,马玉彬,费迎霞.2003.柴达木盆地唐古特白刺栽培技术研究初报.青海草业,12(4):15~16.
- [55] 钱迎倩,马克平.1994.生物多样性的原理和方法.北京:中国科学技术出版社,141~165.
- [56] 任海,刘世忠,彭少麟,等.2001.植物群落波动的类型与机理(综述).热带亚热带植物学报,(2):167~173.
- [57] 任瑶,陶玲.2003.甘肃省白刺属植物的数量分类研究.西北植物学通报,23(4):572~576.
- [58] 沈泽昊,方精云,刘增力,等.2001.贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析.植物生态学报,25:721.
- [59] 时永杰,王朝凌.2003(专辑).盐爪爪.中兽医医药杂志,142~143.
- [60] 孙祥,于卓.2001.白刺根系的研究.中国沙漠,(12)4:50~54.
- [61] 孙祥.1998.籽蒿与白刺的特性及其利用的研究.内蒙古林学院学报(自然科学版),20(3):43~49.
- [62] 王伯荪,李鸣光,彭少麟.1995.种群生态学.广东:广东高等教育出版社.
- [63] 王焯,尹林克.1991.两种沙冬青耐盐性测定.干旱区研究,8(2):20~22.
- [64] 王宁.2000.白刺资源及开发前景.陕西林业科技,(1):17~18.
- [65] 王妍.2006.油蒿沙地植被和土壤的基本特征与荒漠化评价研究.北京:中国林业科学研究院.
- [66] 尉秋实,王继和,李昌龙等.2005.不同生境条件下沙冬青种群分布格局与特征的初步研究.植物生态学报,29(4):591~598.
- [67] 吴冬秀,韦文珊,张淑敏.2007.陆地生态系统生物观测规范.北京:中国环境科学出版社,46~75.
- [68] 吴丽芝,刘果厚,马秀珍.1998.蒺藜科四种旱生植物叶结构的比较解剖及其系统学意义.内蒙古林学院学报(自然科学版),4:21~25.
- [69] 席以珍,孙孟蓉.1987.白刺属的花粉形态及其在地层种的分布.植物学集刊,2:235~243.
- [70] 徐庆,臧润国,刘世荣等.2000.中国特有植物四合木种群结构及动态研究.林业科学研究,13(5):485~492.
- [71] 杨持,智颖飙,征荣.2006.四合木种群的生态适应性.生态学报,26(1):91~96.
- [72] 杨洪晓,张金屯,吴波,等.2004.油蒿(*Artemisia ordosica*)对半干旱区沙地生境的适应及其生态作用.北京师范大学学报(自然科学版),40(5):684~690.
- [73] 杨维康,张道远,尹林克,等.2002.新疆怪柳属植物(*Tamarix* L.)的分布与群落相似性聚类分析.干旱区研究,19(3):6~11.
- [74] 尤纳托夫.1959.蒙古人民共和国植被的基本特点.李继侗译.北京:北京科学出版社.
- [75] 于顺利,陈灵芝,张承军.2000.不同地点蒙古栎群落相似性的研究.植物学通报,17(6):554~55.
- [76] 余树全,姜春前,李翠环,等.2003.人为经营干扰对人工雷竹林下植被多样性的影响.林业科学研究,16(2):196~202.
- [77] 曾祥福,黄闰泉.1998.三峡库区农林复合生态系统植物物种多样性指数.湖北林业科技,(2):1~4.
- [78] 张金屯.1995.植被数量生态学方法.北京:中国科学技术出版社.
- [79] 张玲,袁晓颖,张东来.2007.大、小兴安岭植物区及交错带物种多样性比较研究.植物研究,27(3):356~360
- [80] 赵博光.1998.荒漠有毒灌草资源的培育及综合利用—防治荒漠化的新思路.南京农业大学学报,22(2):102~106.
- [81] 赵可夫.1997.盐生植物.植物学通报,14(4):1~12.
- [82] 赵可夫,范海,江行玉等.2002.盐生植物在盐渍土壤改良中的作用.应用与环境生物学报,8(1):31~35.
- [83] 中国科学院兰州沙漠研究所编辑.1985.中国沙漠植物志.北京:科学出版社,379~383.

- [84] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队.1978.内蒙古植被.北京:科学出版社.
- [85] 中国科学院中国植物志编辑委员会,1998.中国植物志第四十三卷第一分册.北京:科学出版社.
- [86] 周国英,陈桂琛,赵以莲,等.2003.青海湖地区芨芨草群落特征及其物种多样性研究.西北植物学报,23(11):1956~1962.
- [87] 周希澄.1989.常用生物科技词典.郑州:河南科学技术出版社.
- [88] 周小勇,黄忠良,欧阳学军,等. 2005. 鼎湖山季风常绿阔叶林原锥栗—厚壳桂—荷木群落演替. 生态学报, 25(1):37~44.

附录 1

乌兰布和沙漠植物名录

(51 科 161 属 306 种 12 变种)

科名	属名	中文种名	中文俗名	拉丁学名
麻黄科	麻黄属	膜果麻黄		<i>Ephedra przewalskii</i> Stapf.
杨柳科	杨属	胡杨	异叶杨、胡桐	<i>Populus euphratica</i> Oliv.
	柳属	旱柳	河柳、羊角柳、白皮柳	<i>Salix matsudana</i> Koidz.
		北沙柳	西北沙柳、沙柳	<i>Salix psammophila</i> C. Wang et Ch. Y. Yang
		线叶柳	毛柳、绵柳	<i>Salix wilhelmsiana</i> M. B. Fl.
榆科	榆属	旱榆	灰榆、粉榆	<i>Ulmus glaucescens</i> Franch.
		榆树	家榆、榆钱	<i>Ulmus pumila</i> Linn.
荨麻科	荨麻属	麻叶荨麻		<i>Urtica cannabina</i> Linn.
蓼科	木蓼属	沙木蓼	蒿蓄柴、莽麦柴、红柴	<i>Atraphaxis bracteata</i> A. Los.
		狭叶沙木蓼		<i>Atraphaxis bracteata</i> A. Los. var. <i>angustifolia</i> A. Los.
		木蓼		<i>Atraphaxis frutescens</i> (Linn.) Ewersm.
		锐枝木蓼	坚刺木蓼, 刺针枝蓼	<i>Atraphaxis pungens</i> (M. B.) Jaub. et Spach.
	沙拐枣属	阿拉善沙拐枣		<i>Calligonum alaschanicum</i> A. Los.
		沙拐枣	蒙古沙拐枣	<i>Calligonum mongolicum</i> Turcz.
	蓼属	篇蓄	扁竹、竹叶草	<i>Polygonum aviculare</i> Linn.
		西伯利亚蓼	剪刀股	<i>Polygonum sibiricum</i> Laxm.
	大黄属	矮大黄	沙大黄, 戈壁大黄	<i>Rheum nanum</i> Siev. ex Pall.
马齿苋科	马齿苋属	马齿苋	马食菜、胖胖菜	<i>Portulaca oleracea</i> Linn.
石竹科	裸果木属	裸果木	瘦果石竹	<i>Gymnocarpus przewalskii</i> Maxim.
	拟漆姑属	拟漆姑	牛漆姑草	<i>Spergularia salina</i> J. et C.
藜科	沙蓬属	沙蓬	沙米、蒺藜梗	<i>Agriophyllum squarrosum</i> (Linn.) Moq.
	假木贼属	短叶假木贼	鸡爪柴	<i>Anabasis brevifolia</i> C. A. Mey.
	滨藜属	中亚滨藜	中亚粉藜	<i>Atriplex centralasiatica</i> Iljin.
		西伯利亚滨藜	刺果粉藜	<i>Atriplex sibirica</i> Linn.
	雾冰藜属	雾冰藜	五星蒿、星状刺果藜	<i>Bassia dasyphylla</i> (Fisch. et Mey.) O. Kuntze
	驼绒藜属	驼绒藜	犹若藜	<i>Ceratoides latens</i> (J. F. Gmel.) Revel et Holmgren
	藜属	尖头叶藜	绿珠藜	<i>Chenopodium acuminatum</i> Wild.
		藜	灰藜、灰条、白藜	<i>Chenopodium album</i> Linn.

		灰绿藜	水灰菜	<i>Chenopodium glaucum</i> Linn.
		小白藜		<i>Chenopodium iljinii</i> Golosk.
		红叶藜		<i>Chenopodium rubrum</i> Linn.
		小藜		<i>Chenopodium serotinum</i> Linn.
	虫实属	兴安虫实		<i>Corispermum chinganicum</i> Iljin
		长穗虫实		<i>Corispermum elongatum</i> Bunge
		中亚虫实		<i>Corispermum heptapotamicum</i> Iljin
		蒙古虫实	虫实	<i>Corispermum mongolicum</i> Iljin
		蝶果虫实	绵蓬	<i>Corispermum patelliforme</i> Iljin
	单刺蓬属	阿拉善单刺蓬		<i>Cornulaca alaschanica</i> Tsien et G. L. Chu
	蛛丝蓬属	蛛丝蓬	蛛丝盐生草、白茎盐生草	<i>Halogeton arachnoideus</i> Moq.
	盐生草属	盐生草		<i>Halogeton glomeratus</i> (Bieb.) C. A. Mey.
	梭梭属	梭梭	梭梭柴 盐木	<i>Haloxylon ammodendron</i> (C. A. Mey.) Bunge
	盐爪爪属	尖叶盐爪爪	灰碱柴	<i>Kalidium cuspidatum</i> (Ung.-Sternb.) Grub.
		黄毛头		<i>Kalidium cuspidatum</i> (Ung.-Sternb.) Grub. var. <i>sinicum</i> A. J. Li
		盐爪爪	碱柴、灰碱柴	<i>Kalidium foliatum</i> (Pall.) Moq.
		细枝盐爪爪	绿碱柴	<i>Kalidium gracile</i> Fenzl
	地肤属	宽翅地肤		<i>Kochia macroptera</i> Iljin.
		黑翅地肤		<i>Kochia melanoptera</i> Bunge
		地肤	扫帚菜	<i>Kochia scoparia</i> (Linn.) Schrad.
	猪毛菜属	木本猪毛菜	白木猪毛菜、灌木猪毛菜	<i>Salsola arbuscula</i> Pall.
		猪毛菜	沙蓬	<i>Salsola collina</i> Pall.
		蒙古猪毛菜	展苞猪毛菜	<i>Salsola ikonnikovii</i> Iljin
		松叶猪毛菜	黑材	<i>Salsola laricifolia</i> Turcz. ex Litv.
		珍珠猪毛菜	珍珠	<i>Salsola passerina</i> Bunge
		薄翅猪毛菜	戈壁沙蓬、戈壁猪毛菜	<i>Salsola pellucida</i> Litv.
		刺沙蓬	刺蓬、苏联猪毛菜	<i>Salsola ruthenica</i> Iljin
	碱蓬属	角果碱蓬		<i>Suaeda corniculata</i> (C. A. Mey) Bunge
		碱蓬	灰绿碱蓬、猪尾巴草	<i>Suaeda glauca</i> (Bunge) Bunge
		囊果碱蓬		<i>Suaeda physopora</i> Pall.
		平卧碱蓬		<i>Suaeda prostrata</i> Pall.
阿拉善碱蓬		水珠、茄叶碱蓬	<i>Suaeda przewalskii</i> Bunge	
盐地碱蓬		盐蒿子、翅碱蓬	<i>Suaeda salsa</i> (Linn.) Pall.	
合头草属	合头草	黑柴	<i>Sympegma regelii</i> Bunge	
苋科	苋属	反枝苋	野千穗谷、野苋菜	<i>Amaranthus retroflexus</i> Linn.
毛茛科	铁线莲属	芹叶铁线莲		<i>Clematis aethusifolia</i> Turcz.
		灌木铁线莲		<i>Clematis fruticosa</i> Turcz.

		黄花铁线莲	缠绕铁线莲、透骨草	<i>Clematis intricata</i> Bunge	
		灰叶铁线莲		<i>Clematis canescens</i> (Turcz.) W. T. Wang et M. C. Chang	
	水葫芦苗属	水葫芦苗	园叶碱毛茛	<i>Halerpestes cymbalaria</i> (Pursh.) Greene.	
		长叶碱毛茛	黄戴戴、金戴戴	<i>Halerpestes ruthenica</i> (Jacq.) Ovcz.	
	唐松草属	腺毛唐松草	细唐松草	<i>Thalictrum foetidum</i> Linn.	
金鱼藻科	金鱼藻属	金鱼藻	松藻	<i>Ceratophyllum demersum</i> Linn.	
罂粟科	角茴香属	角茴香		<i>Hypecoum erectum</i> Linn.	
十字花科	花旗竿属	厚叶花旗竿		<i>Dontostemon crassifolius</i> (Bunge) Maxim.	
		白毛花旗竿		<i>Dontostemon senilis</i> Maxim.	
	独行菜属	阿拉善独行菜			<i>Lepidium alashanicum</i> S. L. Yang
		独行菜	腺独行菜、辣辣根		<i>Lepidium apetalum</i> Willd.
		心叶独行菜	北方独行菜		<i>Lepidium cordatum</i> Willd.
		宽叶独行菜	大辣辣		<i>Lepidium latifolium</i> Linn.
		钝叶独行菜			<i>Lepidium obtusum</i> Basin.
	燥原芥属	燥原芥			<i>Ptilotrichum canescens</i> (DC.) C. A. Mey.
	沙芥属	阿拉善沙芥	距果沙芥		<i>Pugionium calcaratum</i> Kom.
		斧翅沙芥	绵羊沙芥		<i>Pugionium dolabratum</i> Maxim.
		宽翅沙芥			<i>Pugionium dolabratum</i> Maxim. var. <i>tatippterum</i> S.L. Yang
	大蒜芥属	垂果大蒜芥	弯果蒜芥		<i>Sisymbrium beteromallum</i> C. A. Mey.
	蔷薇科	李属	蒙古扁桃	山樱桃、土豆子	<i>Amygdalus mongolica</i> (Maxim.) Ricker
绵刺属		绵刺	蒙古包大宁、三瓣蔷薇	<i>Potaninia mongolica</i> Maxim.	
委陵菜属		鹅绒委陵菜	蕨麻委陵菜		<i>Potentilla anserina</i> Linn.
		二裂委陵菜	叉叶委陵菜		<i>Potentilla bifurca</i> Linn.
		矮生二裂委陵菜			<i>Potentilla bifurca</i> Linn. var. <i>humilior</i> Rupr. et Osten-Sacken
		长叶二裂委陵菜	高二裂委陵菜		<i>Potentilla bifurca</i> Linn. var. <i>major</i> Ldb.
	腺毛委陵菜	粘委陵菜		<i>Potentilla longifolia</i> Willd. ex Schlecht.	
豆科	骆驼刺属	骆驼刺		<i>Alhagi sparsifolia</i> Shap.	
	沙冬青属	沙冬青	冬青、蒙古黄花木	<i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f.	
	黄耆属	荒漠黄耆	宁夏黄耆		<i>Astragalus alaschanensis</i> H. C. Fu
		灰叶黄耆			<i>Astragalus discolor</i> Bunge ex Maxim.
		乳白黄耆	白花黄耆		<i>Astragalus galactites</i> Pall.
		新巴黄耆	拟糙叶黄耆、卵果黄耆		<i>Astragalus hsinbaticus</i> P. Y. Fu et Y. A. Chen
		莲花黄耆	历安山黄耆		<i>Astragalus leansanicus</i> Uibr.
		短龙骨黄耆			<i>Astragalus parvicarinatus</i> S. B. Ho.
		狭荚黄耆			<i>Astragalus stenoceras</i> var. <i>stenoceras</i> S. B. Ho.
变异黄耆	直立醉马草		<i>Astragalus variabilis</i> Bunge ex Maxim.		

		斜茎黄耆	直立黄耆	<i>Astragalus adsurgens</i> Pall.
		草珠黄耆	毛细柄黄耆	<i>Astragalus capillipes</i> Fisch. ex Bunge
	锦鸡儿属	矮脚锦鸡儿		<i>Caragana brachypoda</i> Pojark.
		中间锦鸡儿		<i>Caragana intermedia</i> Kuang et H. C. Fu
		柠条锦鸡儿	柠条、白柠条、毛条	<i>Caragana korshinskii</i> Kom.
		荒漠锦鸡儿	猫耳刺、洛氏锦鸡儿	<i>Caragana roborovskyi</i> Kom.
		狭叶锦鸡儿	红柠条、羊柠角、柠角	<i>Caragana stenophylla</i> Pojark.
		藏锦鸡儿	康青锦鸡儿、垫状锦鸡儿	<i>Caragana spinifera</i> Kom.
	雀儿豆属	蒙古雀儿豆	蒙古切思豆	<i>Chesneya mongolica</i> Maxim.
	甘草属	甘草	甜草、乌拉尔甘草	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch.
	米口袋属	狭叶米口袋	地丁	<i>Gueldenstaedtia stenophylla</i> Bunge
	盐豆木属	铃铛刺	盐豆木	<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss
	岩黄耆属	塔落岩黄耆	羊柴	<i>Hedysarum fruticosum</i> var. <i>laeve</i> (Maxim.) H. C. Fu
		红花岩黄耆	豆花牛蒡筋	<i>Hedysarum multijugum</i> Maxim.
		细枝岩黄耆	花棒、花秧子、花以稍	<i>Hedysarum scoparum</i> Fisch. et Mey.
	胡枝子属	兴安胡枝子	牛枝子、达乌里胡枝子	<i>Lespedeza davurica</i> (Laxm.) Schindl.
	草木犀属	白花草木犀	白香草木犀	<i>Melilotus alba</i> Medic. ex Desr.
		草木犀	黄花草木犀	<i>Melilotus officinalis</i> (Linn.) Pall.
	棘豆属	猫头刺	刺叶柄棘豆、鬼见愁	<i>Oxytropis aciphylla</i> Ledeb.
		小花棘豆	绊肠草、马绊肠、苦马豆	<i>Oxytropis glabra</i> (Lam.) DC.
小叶小花棘豆			<i>Oxytropis glabra</i> (Lam.) DC. var. <i>tannis</i> Palib.	
狼山棘豆			<i>Oxytropis langshanica</i> H. C. Fu	
多枝棘豆			<i>Oxytropis ramosissima</i> Kom.	
鳞萼棘豆			<i>Oxytropis squamulosa</i> DC.	
槐属	苦豆子	苦甘草、苦豆根	<i>Sophora alopecuroides</i> Linn.	
苦马豆属	苦马豆	泡泡豆、羊尿泡、红花豆	<i>Sphaerophysa salsula</i> (Pall.) Taub.	
黄华属	披针叶野决明	披针叶黄华、黄花苦豆子	<i>Thermopsis lanceolata</i> R. Br.	
牻牛儿苗科	牻牛儿苗属	牻牛儿苗	太阳花	<i>Erodium stephanianum</i> Willd.
		西藏牻牛儿苗	短喙牻牛儿苗	<i>Erodium tibetanum</i> Edgew.
	老鹳草属	鼠掌老鹳草	鼠掌草、风露草	<i>Geranium sibiricum</i> Linn.
蒺藜科	白刺属	大白刺	齿叶白刺	<i>Nitraria roborowskii</i> Kom.
		小果白刺	西伯利亚白刺	<i>Nitraria sibirica</i> Pall.
		泡泡刺	球果白刺、膜果白刺	<i>Nitraria sphaerocarpa</i> Maxim.
		白刺	酸胖、唐古特白刺	<i>Nitraria tangutorum</i> Bobr.
	骆驼蓬属	骆驼蓬		<i>Peganum harmala</i> Linn.
		多裂骆驼蓬	葡根骆驼蓬	<i>Peganum multisectum</i> (Maxim.) Bobr.

		骆驼蒿		<i>Peganum nigellastrum</i> Bunge
	四合木属	四合木	四翅、油柴	<i>Tetraena mongolica</i> Maxim.
	蒺藜属	蒺藜	白蒺藜、刺蒺藜	<i>Tribulus terrester</i> Linn.
	霸王属	粗茎霸王		<i>Zagophyllum loczyi</i> Kanitz.
		蟹胡霸王	蟹胡草、草霸王	<i>Zagophyllum mucronatum</i> Maxim.
		大花霸王	包氏霸王	<i>Zagophyllum potaninii</i> Maxim.
		翼果霸王		<i>Zagophyllum pterocarpum</i> Bunge
		石生霸王	若氏霸王	<i>Zagophyllum rosovii</i> Bunge
		宽叶石生霸王		<i>Zagophyllum rosovii</i> Bunge var. <i>latifolium</i> (Schrenk) M. Pop.
		霸王	木霸王	<i>Zagophyllum xanthoxylon</i> (Bunge) Maxim.
大戟科	大戟属	地锦	铺地锦、卧蛋草、奶汁草	<i>Euphorbia humifusa</i> Willd.
芸香科	拟芸香属	北拟芸香	假芸香、草芸香	<i>Haplophyllum dauricum</i> (Linn.) G. Don.
远志科	远志属	远志	细叶远志、小草	<i>Polygala tenuifolia</i> Willd.
鼠李科	枣属	酸枣	棘	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill. var. <i>spinosa</i> (Bunge) Hu ex H. F. Chow
锦葵科	木槿属	野西瓜苗	小秋葵、山西瓜秧	<i>Hibiscus trionum</i> Linn.
胡颓子科	胡颓子属	沙枣	桂香柳、金铃花、七里香	<i>Elaeagnus angustifolia</i> Linn.
半日花科	半日花属	半日花		<i>Helianthemum songaricum</i> Schrenk.
柽柳科	水柏枝属	宽叶水柏枝	沙红柳、喇嘛杆	<i>Myricaria platyphylla</i> Maxim.
	红砂属	红砂	琵琶柴、枇杷柴	<i>Reaumuria songarica</i> (Pall.) Maxim.
		黄花红砂	黄花枇杷柴、长叶红砂	<i>Reaumuria trigyna</i> Maxim.
	柽柳属	密花柽柳		<i>Tamarix arceuthoides</i> Bunge
		甘蒙柽柳		<i>Tamarix austromongolica</i> Nakai
		长穗柽柳		<i>Tamarix elongata</i> Ledeb.
		甘肃柽柳	混花柽柳	<i>Tamarix gansuensis</i> H. Z. Zhang
		刚毛柽柳	毛红柳	<i>Tamarix hispida</i> Willd.
		短穗柽柳		<i>Tamarix laxa</i> Willd.
		细穗柽柳		<i>Tamarix leptostachys</i> Bunge
多枝柽柳	红柳	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.		
小二仙科	狐尾藻属	穗状狐尾藻		<i>Myriophyllum spicatum</i> Linn.
		狐尾藻	轮叶狐尾藻	<i>Myriophyllum verticillatum</i> Linn.
杉叶藻科	杉叶藻属	杉叶藻		<i>Hippuris vulgaris</i> Linn.
锁阳科	锁阳属	锁阳	地毛球、铁棒锤、绣铁棒	<i>Cynomorium songaricum</i> Rupr.
伞形科	阿魏属	硬阿魏	沙茴香	<i>Ferula bungeana</i> Kitagawa
	茴香属	茴香	小茴香	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
报春花科	海乳草属	海乳草	麻雀舌头	<i>Glaux maritima</i> Linn.
白花丹	补血草属	黄花补血草	黄花矾松、金色补血草	<i>Limonium aureum</i> (Linn.) Hill

科		二色补血草	苍蝇架	<i>Limonium bicolor</i> (Bunge) Kuntze
		细枝补血草	纤细匙叶草	<i>Limonium tenellum</i> (Turcz.) Kuntze
夹竹桃科	罗布麻属	罗布麻	茶叶花、野麻、红麻	<i>Apocynum venetum</i> Linn.
萝藦科	鹅绒藤属	羊角子草		<i>Cynanchum cathayense</i> Tsiang et Zhang
		鹅绒藤	祖子花	<i>Cynanchum chinense</i> R. Br.
		老瓜头	瓢柴、老鸱头、牛心朴	<i>Cynanchum komarovii</i> Al. Iljinski
		戟叶鹅绒藤	沙牛皮消、羊奶角	<i>Cynanchum sibiricum</i> Willd.
		地梢瓜	地梢花、沙奶草、地瓜瓢	<i>Cynanchum thesioides</i> (Freyn) K. Schum.
	杠柳属	杠柳	北五加皮、羊奶子	<i>Periploca sepium</i> Bunge
茜草科	茜草属	茜草	红丝线、粘粘草	<i>Rubia cordifolia</i> Linn.
旋花科	旋花属	银灰旋花	小旋花、阿氏旋花	<i>Convolvulus ammannii</i> Desr.
		田旋花	箭叶旋花	<i>Convolvulus arvensis</i> Linn.
		鹰爪柴		<i>Convolvulus gortschakovii</i> Schrenk
		刺旋花	鹰爪	<i>Convolvulus tragacanthoides</i> Turcz.
紫草科	软紫草属	灰毛软紫草	灰毛假紫草	<i>Arnebia fimbriata</i> Maxim.
		软紫草	假紫草	<i>Arnebia euchroma</i> (Royle) Johnston.
	鹤虱属	沙生鹤虱	荒漠鹤虱	<i>Lappula deserticola</i> C. J. Wang
	砂引草属	砂引草	紫丹草、光头花、白头蒿	<i>Messerschmidia sibirica</i> Linn.
	紫筒草属	紫筒草	紫根根	<i>Stenosolenium saxatile</i> (Pall) Turcz.
马鞭草科	菀属	蒙古菀	山狼毒 白蒿	<i>Caryopteris mongholica</i> Bunge
唇形科	脓疮草属	脓疮草	白龙串彩、白龙昌菜	<i>Panzeria alaschanica</i> Kupr.
	裂叶荆芥属	小裂叶荆芥		<i>Schizonepeta annua</i> (Pall.) Schischk.
茄科	曼陀罗属	曼陀罗	疯茄儿、山茄子、凤茄花	<i>Datura stramonium</i> Linn.
	天仙子属	天仙子	山烟、牙痛草	<i>Hyoscyamus niger</i> Linn.
	枸杞属	黑果枸杞	苏枸杞	<i>Lycium ruthenicum</i> Murr.
玄参科	野胡麻属	野胡麻	牛汗水、紫花秧、多德草	<i>Dodartia orientalis</i> Linn.
列当科	肉苁蓉属	肉苁蓉	苁蓉、大芸	<i>Cistanche deserticola</i> Ma
		沙苁蓉		<i>Cistanche sinensis</i> G. Beck
		盐生肉苁蓉		<i>Cistanche salsa</i> (C. A. Mey) G. Beck
	列当属	列当	独根草、兔子拐棍	<i>Orobanche coerulescens</i> Steph.
车前科	车前属	车前	车轮辘菜、野甜菜	<i>Plantago asiatica</i> Linn.
		平车前	车轮菜、车串串	<i>Plantago depressa</i> Willd.
		条叶车前	细叶车前	<i>Plantago lessingii</i> Fisch. et Mey.
菊科	顶羽菊属	顶羽菊	苦蒿、灰叫驴	<i>Acroptilon repens</i> (Linn.) DC.
	亚菊属	耆状亚菊	耆状艾菊	<i>Ajania achilloides</i> (Turcz.) Poljak. ex Grubov.

	灌木亚菊	灌木艾菊	<i>Ajania fruticulosa</i> (Ledeb.) Poljak.
蒿属	黄花蒿	臭黄蒿	<i>Artemisia annua</i> Linn.
	沙蒿	荒漠蒿、漠蒿	<i>Artemisia desertorum</i> Spreng.
	白沙蒿	糜蒿、白里蒿	<i>Artemisia blephareolepis</i> Bunge
	米蒿	驴驴蒿	<i>Artemisia dalai-lamae</i> Krasch.
	纤杆蒿		<i>Artemisia demissa</i> krasch.
	冷蒿	小白蒿	<i>Artemisia frigida</i> Willd.
	蒙古蒿		<i>Artemisia mongolica</i> (Fisch. ex Bess) Nakai
	黑沙蒿	油蒿、鄂尔多斯蒿	<i>Artemisia ordosica</i> Krasch.
	西北蒿		<i>Artemisia pontica</i> Linn.
	猪毛蒿	茵陈蒿	<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. ex Kit.
	圆头蒿	籽蒿、白沙蒿、黄蒿	<i>Artemisia sphaerocephala</i> Krasch.
	早蒿	内蒙古旱蒿、小砂蒿	<i>Artemisia xerophytica</i> Krasch.
紫菀木属	中亚紫菀木	拉白	<i>Asterothamnus centrali-asiaticus</i> Novopokr.
短舌菊属	戈壁短舌菊		<i>Brachanthemum gobicum</i> Krsch.
小甘菊属	小甘菊	金纽扣	<i>Cancrinia discoidea</i> (Ledeb.) Poljak.
	毛果小甘菊		<i>Cancrinia lasiocarpa</i> C.Winkl.
菊属	刺儿菜		<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) MB.
飞廉属	飞廉	丝毛飞廉	<i>Cardus crispus</i> Linn.
蓝刺头属	砂蓝刺头	刺头、火绒草	<i>Echinops gmelini</i> Turcz.
	火焰草		<i>Echinops przewalskii</i> Ijlin
	薄叶蓝刺头		<i>Echinops tricholepis</i> Schrenk
狗娃花属	阿尔泰狗娃花	阿尔泰紫菀	<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.
河西菊属	河西菊	鹿角草、驴奶蒿、拐拐棍	<i>Hexinia polydichotoma</i> (Ostenf.) H. L.Yang
女蒿属	女蒿		<i>Hippolytia trifida</i> (Turcz.) Poljak.
旋覆花属	蓼子朴	沙地旋覆花、黄喇嘛	<i>Inula salsoloides</i> (Turcz.) Ostenf.
苦苣菜属	山苦菜		<i>Ixeris chinensis</i> (Thunb.) Nakai.
苓菊属	蒙新苓菊	地棉花、鸡毛狗	<i>Jurinea mongolica</i> Maxim.
花花柴属	花花柴	胖姑娘	<i>Karelinia caspia</i> (Pall.) Less.
山莴苣属	山莴苣	北山莴苣、山苦菜	<i>Lagedium sibiricum</i> (Linn.) Sojak.
乳苣属	乳苣	蒙山莴苣、苦菜	<i>Mulgedium tataricum</i> (Linn.) DC.
栉叶蒿属	栉叶蒿	蓖叶蒿	<i>Neopallasia pectinata</i> (Pall.) Poljak.
蝟菊属	火煤草	鳍菊	<i>Olgaea leucophylla</i> (Turcz.) Iljin
风毛菊属	草地风毛菊	羊耳朵、驴耳朵风毛菊	<i>Saussurea amara</i> (Linn.) DC.
	达乌里风毛菊	毛苞风毛菊	<i>Saussurea davurica</i> Adams.
	裂叶风毛菊		<i>Saussurea laciniata</i> Ledeb.
	尖头风毛菊	劣风毛菊	<i>Saussurea malitiosa</i> Maxim.
	羽裂风毛菊		<i>Saussurea pinnatidentata</i> Lipsch.

		盐地风毛菊		<i>Saussurea salsa</i> (Pall.) Spreng.
	鸦葱属	棉毛鸦葱	头序鸦葱	<i>Scorzonera capito</i> Maxim.
		拐轴鸦葱	分枝鸦葱、叉枝鸦葱	<i>Scorzonera divaricata</i> Turcz.
		蒙古鸦葱	羊角菜	<i>Scorzonera mongolica</i> Maxim.
		帚状鸦葱	假叉枝鸦葱	<i>Scorzonera pseudodivaricata</i> Lipsch.
	千里光属	北千里光	疑千里光	<i>Senecio dubitabilis</i> C. Jeffrey et Y. L. Chen
	苦苣菜属	苣荬菜	取麻菜、甜苣、苦菜	<i>Soonchus arvensis</i> Linn.
		苦苣菜	苦菜、滇苦菜	<i>Soonchus oleraceus</i> Linn.
	百花蒿属	百花蒿	臭蒿	<i>Stilpnolepis centiflora</i> (Maxim.) Krasch.
	蒲公英属	双角蒲公英		<i>Taraxacum bicorne</i> Dahlst.
		亚洲蒲公英	白花蒲公英、戟叶蒲公英	<i>Taraxacum asiaticum</i> Dahlst.
		蒲公英	姑姑英、婆婆丁	<i>Taraxacum mongolicum</i> Hand.-Mazz.
	碱菀属	碱菀	金盏菜、铁杆蒿、灯笼花	<i>Tripolium vulgare</i> Ness
	革苞菊属	革苞菊	蒙古革苞菊	<i>Tugarinovia mongolica</i> Iljin
	苍耳属	苍耳	老苍子	<i>Xanthium sibircum</i> Patr. ex Widder
泽泻科	泽泻属	草泽泻		<i>Alisma gramineum</i> Lejeune
水麦冬科	水麦冬属	海韭菜		<i>Triglochin maritimum</i> Linn.
		水麦冬		<i>Triglochin palustre</i> Linn.
眼子菜科	眼子菜属	菴齿眼子菜	龙须眼子菜	<i>Potamogeton pectinatus</i> Linn.
		穿叶眼子菜	抱茎眼子菜	<i>Potamogeton perfoliatus</i> Linn.
		小眼子菜	线叶眼子菜、丝藻	<i>Potamogeton pusillus</i> Linn.
百合科	葱属	蒙古韭	沙葱	<i>Allium mongolicum</i> Regel
		碱韭	紫花韭、多根葱	<i>Allium polyrhizum</i> Turcz. ex Regel
	天门冬属	戈壁天门冬		<i>Asparagus gobicus</i> Ivan. ex Grubov
鸢尾科	鸢尾属	细叶鸢尾	老牛拽、细叶马蔺	<i>Iris tenuifolia</i> Pall.
		马蔺	马莲	<i>Iris lactea</i> Pall. var. <i>chiensis</i> (Fisch.) Koidz.
禾本科	芦苇属	芦苇	库米什、胡芦斯	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steudel
	芨芨草属	芨芨草	积机草	<i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski
	冰草属	冰草	毛油油、野麦子	<i>Agropyron cristatum</i> (Linn.) Gaertn.
		沙生冰草		<i>Agropyron desertorum</i> (Fisch.) Schult.
		沙芦苇	沙芦苇、蒙古冰草	<i>Agropyron mongolicum</i> Keng
	三芒草属	三芒草		<i>Aristida adscensionis</i> Linn.
	拂子茅属	拂子茅		<i>Calamagrostis epigeios</i> (Linn.) Roth
		假苇拂子茅		<i>Calamagrostis pseudophragmites</i> (Hall. f.) Koel.
	虎尾草属	虎尾草	刷头草	<i>Chloris virgata</i> Swartz
	隐子草属	无芒隐子草		<i>Cleistogenes songorica</i> (Roshev.) Ohwi
隐花草属	隐花草	扎屁股草	<i>Crypsis aculeata</i> (Linn.) Ait.	

	冠芒草属	冠芒草	黑穗	<i>Enneapogon brachystachyus</i> (Jaub. et Spach.) Stapf.
	画眉草属	大画眉草		<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Link. ex Vignolo-Lutati
		画眉草	星星草、蚊子草	<i>Eragrostis pilosa</i> (Linn.) Beauv.
		小画眉草		<i>Eragrostis poaeoides</i> Beauv.
	灯心草属	小灯心草		<i>Juncus bufonius</i> Linn.
	赖草属	赖草	厚穗冰草	<i>Leymus secalinus</i> (Geotgi) Tzvel.
		多枝赖草		<i>Leymus multicaulis</i> (Kar. et Kir.) Tzvel.
	早熟禾属	硬质早熟禾		<i>Poa sphondylodes</i> Trin.
		少叶早熟禾		<i>Poa paucifolia</i> Keng.
	棒头草属	长芒棒头草		<i>Polypogon monspeliensis</i> (Linn.) Desf.
	沙鞭属	沙鞭	沙竹	<i>Psammochloa villosa</i> (Trin.) Bor
	细柄茅属	中亚细柄茅		<i>Ptilagrostis pelliottii</i> (Danguy) Grub.
	碱茅属	碱茅	乌龙	<i>Puccinellia distans</i> (Linn.) Parl.
		微药碱茅		<i>Puccinellia micrandra</i> (Keng) Keng et S. L. Chen
	狗尾草属	狗尾草	谷莠子	<i>Setaria viridis</i> (Linn.) Beauv.
		紫穗狗尾草		<i>Setaria viridis</i> (Linn.) Beauv. var. <i>purpurascens</i> Maxim.
	大油芒属	大油芒		<i>Spodiopogon sibiricus</i> Trin.
	针茅属	短花针茅	酥油草	<i>Stipa breviflora</i> Griseb.
		长芒草		<i>Stipa bungeana</i> Trin.
		沙生针茅	小针茅	<i>Stipa glareosa</i> P. Smirn
		戈壁针茅		<i>Stipa tianschanica</i> var. <i>gobica</i> (Roshev.) P. C. Kuo et Y. H. Sun
		蒙古针茅		<i>Stipa mongolorum</i> Tzvel.
香蒲科	香蒲属	长苞香蒲		<i>Typha angustata</i> Bory et Chaubard
		水烛	狭叶香蒲、蒲草	<i>Typha angustifolia</i> Linn.
		宽叶香蒲		<i>Typha latifolia</i> Linn.
		小香蒲		<i>Typha minima</i> Funk.
莎草科	扁穗草属	华扁穗草		<i>Blysmus sinocompressus</i> Tang et Wang
	藁草属	寸草	卵穗藁草	<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey.
		砾藁草	中亚藁草	<i>Carex stenophylloides</i> V. Krecz.
	莎草属	异型莎草	球穗莎草	<i>Cyperus difformis</i> Linn.
		褐穗莎草	密穗莎草	<i>Cyperus fuscus</i> Linn.
	水莎草属	花穗水莎草		<i>Juncellus pannonicus</i> (Jacq.) C. B. Clarke
	蔗草属	球穗蔗草		<i>Scirpus strobilinus</i> Roxb.
水葱			<i>Scirpus validus</i> Vahl	
蔗草		三棱蔗草	<i>Scirpus triqueter</i> Linn.	

附录 2

乌兰布和沙漠保护植物名录

本保护植物名录在乌兰布和沙漠植物名录的基础上,参考《内蒙古植物志》、内蒙古环境保护局《内蒙古珍稀濒危植物名录》、2009年内蒙古农牧业厅《内蒙古重点保护草原野生植物名录》、1984年国家环保局《中国珍稀濒危保护植物名录》、1999年国家林业局与农业部《国家重点保护野生植物名录(第一批)》、1991年《中国植物红皮书(第一册)》,再结合区域及物种分布特征整编而成,共计收录高等植物 28 科 56 属 71 种。沙漠保护植物名录包括了以下一些物种:植株极少、野生种群极小、分布范围窄且处于濒临绝灭的物种,主要以国家级保护植物、自治区重点保护植物为主;具有重要经济、科学或文化价值的濒危种或稀有种,以区域特有种及区域分布稀少或偶见物种为主;有重要经济价值但因过度开发利用导致野外资源急剧下降、生存受到威胁或严重威胁的物种,以药用、食用、饲用价值较高的物种及受到环境威胁的衰退物种为主。

Ephedraceae 麻黄科

Ephedra 麻黄属

Ephedra przewalskii Stapt. 膜果麻黄

灌木。沙漠西、北部(吉兰泰、乌拉特)见分布。生于固定、半固定沙丘、戈壁、山前平原、干河岸。固沙、药用植物。自治区重点保护草原野生植物。

Salicaceae 杨柳科

Populus Linn. 杨属

Populus euphratica Oliv. 胡杨(异叶杨、胡桐)

乔木。沙漠及边缘区均有分布。生于荒漠、半荒漠河流沿岸、河谷、龟裂土、盐碱土、湖泊周围和绿洲。防风固沙、用材树种,药用、饲用植物。国家三级保护植物。自治区一级保护植物。

Polygonaceae 蓼科

Atraphaxis Linn. 木蓼属

Atraphaxis bracteata A. Los. 沙木蓼

灌木。沙漠区有分布。生于流动沙丘的低地,沙埋后出现在背风坡和丘顶。固沙、饲料

植物。自治区重点保护草原野生植物。

Calligonum Linn. 沙拐枣属

Calligonum alaschanicum A. Los. 阿拉善沙拐枣

灌木。沙漠及边缘均有分布。生于荒漠带流动\半流动沙丘和覆沙戈壁。固沙、薪材植物。自治区重点保护草原野生植物。阿拉善特有植物。

Calligonum mongolicum Turcz. 沙拐枣 (蒙古沙拐枣)

灌木。沙漠及边缘均有分布。生于粘土、砾质或沙地。固沙、薪材植物。自治区重点保护草原野生植物。

Caryophyllaceae 石竹科

Gymnocarpus Forsk. 裸果木属

Gymnocarpus przewalskii Maxim. 裸果木 (瘦果石竹)

半灌木。沙漠北部、东北部 (敖伦布拉格、杭锦旗、乌拉特后旗) 有分布。生长于石质山坡、山前洪积扇、石质戈壁, 山前盆地、山沟、渠岸砾质地上。固沙、饲草植物。国家二级濒危植物。自治区二级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。

Chenopodiaceae 藜科

Anabasis Linn. 假木贼属

Anabasis brevifolia C. A. Mey. 短叶假木贼 (鸡爪柴)

小半灌木。沙漠北部、东北部 (敖伦布拉格、杭锦旗) 有分布。生于山前平原、戈壁、盐碱荒漠。饲用植物。自治区重点保护草原野生植物。

Cornulaca Del. 单刺蓬属

Cornulaca alaschanica Tsien et G. L. Chu 阿拉善单刺蓬

一年生草本。沙漠分布广。生于流动沙丘边缘及丘间低地。固沙、饲草植物。阿拉善特有植物。

Haloxylon Bunge 梭梭属

Haloxylon ammodendron (C. A. Mey.) Bunge 梭梭(梭梭柴)

灌木或小乔木。沙漠区分布最广, 集中于吉兰泰满旗罕、哈夏图、查干布拉格、好来宝、罕乌拉吉敖伦布拉格。生于河边沙地沙丘、山前平原、砾石沙地。防风固沙、薪材、饲用。国家三级保护植物。自治区一级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。

Kochia Both 地肤属

Kochia macroptera Iljin. 宽翅地肤

一年生草本。沙漠区有分布。生于荒漠草原和荒漠区盐碱化土地上。饲用植物。阿拉善特有植物。

Salsola Linn. 猪毛菜属

Salsola passerina Bunge 珍珠猪毛菜 (珍珠、雀猪毛菜)

半灌木。沙漠东部、东北部 (巴彦木仁苏木、杭锦旗、乌拉特后旗) 有分布。生于山坡、山前平原、砾质滩地。固沙、油料、饲草植物。阿拉善特有植物。

Salsola pellucida Litv. 薄翅猪毛菜 (戈壁沙蓬、戈壁猪毛菜)

一年生草本。沙漠有分布。生于荒漠区沙地、戈壁、河滩。饲用、固沙植物。阿拉善特有植物。

Suaeda Forsk. ex Scop. 碱蓬属

Suaeda przewalskii Bunge 阿拉善碱蓬（水珠、茄叶碱蓬）

一年生草本。沙漠及边缘区分布较广。生于盐碱湖盆、盐湿洼地、丘间低地。固沙、饲用、油料植物。阿拉善荒漠特有种。

Ranunculaceae 毛茛科

Clematis Linn. 铁线莲属

Clematis fruticosa Turcz. 灌木铁线莲

直立灌木。沙漠边缘均有分布。生于干山坡、沟谷、干河床。固沙、饲草、观赏植物。自治区重点保护草原野生植物。

Clematis canescens (Turcz.) W. T. Wang et M. C. Chang 灰叶铁线莲

直立小灌木。沙漠东北缘（乌拉特后旗、磴口）有分布。生于干山坡、戈壁滩、丘间低地、固定沙丘、覆沙石质山坡。固沙、饲草、观赏植物。阿拉善特有植物。

Cruciferae 十字花科

Dontostemon Andrz. ex C. A. Mey. 花旗竿属

Dontostemon crassifolius (Bunge) Maxim. 厚叶花旗竿

多年生草本。沙漠北部、东北部（敖伦布拉格、杭锦旗、乌拉特后旗）有分布。生于荒漠和半荒漠地带沙地、石质山坡和干山坡。固沙、饲草植物。蒙古植物区系特有种。

Dontostemon senilis Maxim. 白毛花旗竿

多年生草本。沙漠北部、东北部（敖伦布拉格、杭锦旗、乌拉特后旗）有分布。生于荒漠和半荒漠地带干河床、石质山坡。饲草植物。阿拉善特有植物。

Lepidium Linn. 独行菜属

Lepidium alashanicum H. L. Yang 阿拉善独行菜

一年或二年生草本。沙漠及边缘均有分布。生于荒漠地区低山或干旱丘陵山坡。饲草植物。阿拉善特有植物。

Pugionium Gaertn. 沙芥属

Pugionium calcaratum Kom. 阿拉善沙芥（距果沙芥）

二年生草本。沙漠分布广。生于半荒漠和荒漠地带沙地，见于落沙坡脚、丘顶、平坦沙地、田间和渠旁。固沙、药用、饲草植物。自治区重点保护草原野生植物。

Rosaceae 蔷薇科

Amygdalus Linn. 李属

Amygdalus mongolica (Maxim.) Ricker 蒙古扁桃（山樱桃、土豆子）

灌木。沙漠南北缘山前均有分布。生于荒漠草原及荒漠地带的石质低山及山麓、谷地及干河床沙地上。固沙、饲料、药用植物。国家三级珍稀植物。自治区二级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。阿拉善特有植物。

Potaninia Maxim. 绵刺属

Potaninia mongolica Maxim. 绵刺（三瓣蔷薇）

小灌木。沙漠西部、北部、东北部（吉兰泰、敖伦布拉格、杭锦旗、磴口）有分布。生于戈壁和覆沙碎石质平原，山前冲积扇也有分布。饲用、固沙植物。国家二级保护植物。自治区一级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。阿拉善特有植物。

Fabaceae 豆科

Alhagi Gagneb. 骆驼刺属

Alhagi sparsifolia Shap. 骆驼刺

半灌木。沙漠及边缘有分布。生于盐碱化沙地、田间。固沙、药用、饲料植物。自治区重点保护草原野生植物。

Ammopiptanthus Cheng f. 沙冬青属

Ammopiptanthus mongolicus (Maxim.ex Kom.) Cheng f. 沙冬青 (冬青、蒙古黄花木)

常绿灌木。沙漠区广布很广，常形成优势种群。生于荒漠、半荒漠带沙地、石质山地。固沙、药用植物。国家三级保护植物。自治区一级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。阿拉善特有植物。

Astragalus Linn. 黄耆属

Astragalus dengkouensis H. C. Fu 荒漠黄耆 (宁夏黄耆)

多年生草本。沙漠及边缘有分布。生于平坦沙地、半固定沙地。饲草、固沙、绿肥植物。阿拉善特有植物。

Astragalus galactites Pall. 乳白黄耆 (白花黄耆)

多年生草本。沙漠东北缘 (乌拉特后旗) 偶见分布。生于砾质、砂砾质荒漠。饲草、绿肥植物。

Caragana Fabr. 锦鸡儿属

Caragana brachypoda Pojark. 短脚锦鸡儿

矮灌木。沙漠西部、北部、东北缘 (吉兰泰、敖伦布拉格、乌拉特后旗) 有分布。生于覆沙坡地、砂砾质荒漠。固沙、饲料植物。阿拉善特有植物。

Caragana korshinskii Kom. 柠条锦鸡儿 (柠条、白柠条、毛条)

大灌木。沙漠及边缘分布较广，沙漠西部、北部 (吉兰泰、敖伦布拉格) 为优势种群。部分区域种群开始衰退。生于半固定、固定沙地。水保、固沙、饲料、蜜源、药用植物。

Caragana roborovskyi Kom. 荒漠锦鸡儿 (猫耳刺)

矮小灌木。沙漠西部、北部 (吉兰泰、敖伦布拉格) 有分布。生于平沙地、砾质沙地、山沟、干山坡、黄土丘陵。水保、固沙、饲料植物。我国特有种。自治区重点保护草原野生植物。

Chesneya 雀儿豆属

Chesneya mongolica Maxim. 蒙古雀儿豆 (蒙古切思豆)

多年生草本。沙漠边缘有分布。生于砾质粘土、戈壁滩。固沙、饲用植物。自治区重点保护草原野生植物。

Glycyrrhiza Linn. 甘草属

Glycyrrhiza uralensis Fisch. 甘草 (乌拉尔甘草)

多年生草本。沙漠及边缘有分布。生于沙地、半固定沙丘、盐渍化草地或荒漠河岸林。固沙、药用、香料、饲用植物。自治区二级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。

Hedysarum Linn. 岩黄耆属

Hedysarum fruticosum var. *laeve* (Maxim.) H. C. Fu 塔落岩黄耆 (羊柴)

半灌木。沙漠东北部 (磴口) 偶见分布。生于半固定沙地、沙丘和流动沙丘。固沙、饲草、燃料植物。

Hedysarum multijugum Maxim. 红花岩黄耆（豆花牛膝筋）

半灌木。沙漠偶有分布。生于荒漠地区的砾石质洪积扇、河滩，草原地区的砾石质山坡，干燥山坡和砾石河滩。饲料、水保固沙、蜜源、药用植物。阿拉善特有植物。

Lespedeza Michx. 胡枝子属

Lespedeza davurica (Laxm.) Schindl. 兴安胡枝子（牛枝子、达乌里胡枝子）

小灌木。沙漠偶见分布。生于固定沙地、河岸、滩地、山坡、灌丛。固沙、药用、饲料植物。

Melilotus Adans. 草木犀属

Melilotus alba Medic. ex Desr. 白花草木犀（白香草木犀）

二年生草本。沙漠区偶见分布。生于田边、路旁荒地、沙质壤土和微盐渍化沙地。饲料、水保、绿肥、蜜源、药用植物。

Oxytropis 棘豆属

Oxytropis glabra (Lam.) DC. var. *tannis* Palib. 小叶小花棘豆

多年生草本。沙漠偶见分布。生于低湿草甸、盐化沙地。饲草植物。

Oxytropis langshanica H. C. Fu 狼山棘豆

多年生草本。沙漠东北缘（乌拉特后旗）有分布。生于荒漠区沙质地。固沙、饲料植物。阿拉善特有植物。

Oxytropis ramosissima Kom. 多枝棘豆

多年生草本。沙漠东北部（杭锦旗、磴口）常见分布。生于流动沙丘、半固定沙丘及丘间低地。固沙、饲料植物。阿拉善特有植物。

Sophora Linn. 槐属

Sophora alopecuroides Linn. 苦豆子（苦甘草、苦豆根）

多年生草本。沙漠广布较广。生于荒漠、半荒漠带沙地、荒地。固沙、药用、绿肥植物。自治区重点保护草原野生植物。

Zygophyllaceae 蒺藜科

Nitraria Linn. 白刺属

Nitraria tangutorum Bobr. 唐古特泡泡刺（白刺、酸胖）

灌木。沙漠分布广。生于荒漠带的湖盆边缘、河流阶地，风积沙丘上。固沙、饲料、药用、食用植物。自治区重点保护草原野生植物。

Tetraena Maxim. 四合木属

Tetraena mongolica Maxim. 四合木（四翅、油柴）

小灌木。沙漠东北部（杭锦旗、磴口）有分布。生于黄河阶地及低山山坡。固沙、饲用、燃料植物。国家二级保护植物。自治区一级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。阿拉善特有植物。

Zygophyllum Linn. 霸王属

Zygophyllum loczyi Kanitz. 粗茎霸王

多年生草本。沙漠及边缘分布广。生于低山、洪积平原、砾质戈壁、盐化沙地。固沙、饲草植物。阿拉善特有植物。

Zygophyllum xanthoxylon (Bunge) Maxim. 霸王

灌木。沙漠分布广。生于半荒漠和荒漠带的沙砾质河流阶地、低山山坡、碎石低丘和山前平原。固沙、饲用、薪柴植物。自治区重点保护草原野生植物。

Polygalaceae 远志科

Polygala Linn. 远志属

Polygala tenuifolia Willd. 远志（细叶远志、线儿菜、神砂草、红籽细草）

多年生草本。沙漠有分布。生于半固定沙丘、固定沙丘、平坦草沙地、石质—碎石山坡、砾石地、硬山梁、山沟草地、灌丛中及杂木林下。药用植物。自治区重点保护草原野生植物。

Rhamnaceae 鼠李科

Ziziphus Mill. 枣属

Ziziphus jujuba Mill. var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chow 酸枣

灌木或小乔木。沙漠北部（敖伦布拉格）零星分布，分布区域较小。生于固定沙地、向阳干山坡、平原丘陵和砾石荒地。药用、食用、蜜源植物。

Elaeagnaceae 胡秃子科

Elaeagnus Linn. 胡秃子属

Elaeagnus angustifolia Linn. 沙枣（桂香柳、银柳）

落叶乔木。沙漠西部、北部及东部（吉兰泰、敖伦布拉格、巴彦木仁）呈片状分布，并出现严重的衰退。生于荒漠区河流沿岸、丘间低地。固沙、饲料、蜜源、药用、用材植物。

Cistaceae 半日花科

Helianthemum Mill. 半日花属

Helianthemum songaricum Schrenk. 半日花

小灌木或半灌木。沙漠北部、东北部（敖伦格勒格、杭锦旗）有分布。生于荒漠区石砾质山麓和剥蚀残丘的干燥阳坡。固沙、染料植物。国家二级重点保护植物，亚洲中部荒漠的特有种。自治区一级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。

Tamaricaceae 柽柳科

Reaumuria Linn. 红砂属 (琵琶柴属)

Reaumuria trigyna Maxim. 黄花红砂（黄花枇杷柴、长叶红砂）

小灌木。沙漠及边缘有分布。生于石质低山、山前洪积或冲击平原。水保固沙、饲料植物。自治区重点保护草原野生植物。阿拉善特有植物。

Cynomoriaceae 锁阳科

Cynomorium Linn. 锁阳属

Cynomorium songaricum Rupr. 锁阳（地毛球、铁棒锤、绣铁棒）

多年生寄生草本。沙漠均有分布。生于半荒漠、荒漠地带有白刺属植物生长的沙丘或沙地上。寄生在白刺属植物根上。药用、饲料植物。自治区重点保护草原野生植物。

Plumbaginaceae 白花丹科

Limonium Mill. 补血草属

Limonium aureum (Linn.) Hill 黄花补血草 (黄花矾松、金色补血草、金匙叶草)

多年生草本。沙漠区分布较广。生于固定半固定沙丘、盐碱滩地、湖盆、戈壁、黄土坡地和石质山坡下部。药用、观赏植物。自治区重点保护草原野生植物。

Limonium bicolor (Bunge) Kuntze 二色补血草 (苍蝇架)

多年生草本。沙漠区有分布。生于平坦沙地、固定沙丘、沙砾质地和轻盐化草甸、沙质草原。药用、观赏植物。自治区重点保护草原野生植物。

Apocynaceae 夹竹桃科

Apocynum Linn. 罗布麻属

Apocynum venetum Linn. 罗布麻 (野麻, 红麻, 茶叶花, 小花罗布麻)

直立多年生草本。沙漠边缘有分布。生于丘间沙地、河漫滩、湖边、渠边、河岸、盐渍化沙地。药用、观赏、纤维、蜜源植物。自治区重点保护草原野生植物。

Asclepiadaceae 萝藦科

Cynanchum Linn. 鹅绒藤属

Cynanchum komarovii Al. Iljinski 老鸱头 (瓢柴、老瓜头、牛心朴)

多年生草本。沙漠分布较广。生于半荒漠的半固定沙丘、沙质地、干河床、山前平地。绿肥、油用、蜜源植物。自治区重点保护草原野生植物。

Convolvulaceae 旋花科

Convolvulus Kuntze. 旋花属

Convolvulus gortschakovii Schrenk. 鹰爪柴 (鹰爪、铁锚刺、郭氏木旋花)

半灌木或亚灌木。沙漠西部、北部 (吉兰泰、敖伦布拉格) 偶有分布。生于沙地、石质-砾质低山坡、沙漠。饲料、观赏植物。

Convolvulus tragacanthoides Turcz. 刺旋花

小半灌木或亚灌木。沙漠西部、北部 (吉兰泰、敖伦布拉格) 均有分布。生于半荒漠、荒漠带石质低山坡、山前平原、戈壁。饲草、观赏、蜜源、固沙植物。阿拉善特有植物。

Boraginaceae 紫草科

Arnebia Forsk. 假紫草属

Arnebia fimbriata Maxim. 灰毛软紫草 (灰毛假紫草)

多年生草本。沙漠区有分布。生于沙地、砾石坡地、干河谷、低山。固沙植物。阿拉善特有植物。

Lappula V. Wolf 鹤虱属

Lappula deserticola C. J. Wang 沙生鹤虱 (荒漠鹤虱)

一年生草本。沙漠区偶有分布。生于沙砾质戈壁或沙地。油料植物。阿拉善特有植物。

Verbenaceae 马鞭草科

Caryopteris Bunge 莠属

Caryopteris mongholica Bunge 蒙古莠 (山狼毒 白蒿)

小灌木。沙漠西部、北部 (吉兰泰、敖伦布拉格) 有分布。生于草原、荒漠草原带石质

山坡、沙地、干河床。固沙、观赏、油料、药用植物。自治区重点保护草原野生植物。

Labiatae 唇形科

Panzeria Moench. 脓疮草属

Panzeria alaschanica Kupr. 脓疮草（白龙串彩、白龙昌菜）

多年生草本。沙漠区有分布。生于半荒漠、荒漠地带沙地、沙砾质地和丘陵。固沙、药用植物。自治区二级保护植物。阿拉善特有植物。

Solanaceae 茄科

Lycium Linn. 枸杞属

Lycium ruthenicum Murr. 黑果枸杞（苏枸杞）

灌木。沙漠北部、东北部（敖伦布拉格、杭锦旗）有分布。生于盐碱地、盐化沙地、河湖沿岸、干河床。固沙、药用、染料植物。自治区重点保护草原野生植物。

Orobanchiaceae 列当科

Cistanche Hoffmg. et Link. 肉苁蓉属

Cistanche deserticola Ma 肉苁蓉（苁蓉 大芸）

多年生寄生草本。沙漠区有分布。生于荒漠带流沙、山前平原或半固定沙地，寄生于梭梭根。药用植物。国家三级保护植物。自治区二级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。

Cistanche sinensis G. Beck 沙苁蓉（沙肉苁蓉）

多年生寄生草本。沙漠区有分布。生于荒漠带流沙、山前平原或半固定沙地，寄生于白刺、红砂、珍珠等根上。药用植物。阿拉善特有植物。

Orobanche Linn. 列当属

Orobanche coerulescens Steph. 列当（独根草、兔子拐棍）

多年生寄生草本。沙漠区偶有分布。生于固定半固定沙丘、向阳低山坡。药用植物。

Compositae 菊科

Artemisia Linn. 蒿属

Artemisia dalai-lamae Krasch. 米蒿（驴驴蒿）

一年生草本。沙漠分布很广。生于荒漠地带砾质地、山地。饲用植物。阿拉善特有植物。

Artemisia ordosica Krasch. 黑沙蒿（油蒿、鄂尔多斯蒿）

半灌木。沙漠分布很广。生于草原和半荒漠带的半固定沙地。固沙植物。固沙、药用植物。阿拉善特有植物。

Brachanthemum DC. 短舌菊属

Brachanthemum gobicum Krsch. 戈壁短舌菊

灌木。沙漠区有分布。生于荒漠及草原化荒漠地带的沙砾质戈壁。固沙、饲草植物。自治区二级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。

Jurinea Cass. 苓菊属

Jurinea monogolica Maxim. 蒙疆苓菊（蒙疆芫苓菊、地棉花、鸡尾狗）

多年生草本。沙漠区有分布。生于固定沙丘、沙地、覆沙干山坡及砾质山坡。固沙、药

用植物。自治区重点保护草原野生植物。

Scorzonera Linn. 鸦葱属

Scorzonera capito Maxim. 棉毛亚葱（头序亚葱）

多年生草本。沙漠西部、东北部（吉兰泰、乌拉特）有分布。生于荒漠及荒漠草原带的砾石质山坡、沙质地、山前平原。固沙植物。阿拉善特有植物。

Stilpnolepis Krasch. 百花蒿属

Stilpnolepis centiflora (Maxim.) Krasch. 百花蒿（臭蒿）

一年生草本。沙漠区分布较广。生于流动沙丘背风处及平坦处。自治区二级保护植物。自治区重点保护草原野生植物。阿拉善特有植物。

Tugarinovia Iljin. 革苞菊属

Tugarinovia mongolica Iljin. 革苞菊（蒙古革苞菊）

多年生草本。沙漠东北部（杭锦旗）有分布。生于石质丘陵顶部或砂砾质坡地。国家一级保护植物。自治区二级保护植物。阿拉善特有植物。

Liliaceae 百合科

Allium Linn. 葱属

Allium mongolicum Regel 沙葱（蒙古韭）

多年生草本。沙漠分布较广，南部（宗别立）连片分布。生于荒漠和半荒漠地带固定沙地、低山山坡、干河床。固沙、食用、饲草植物。自治区重点保护草原野生植物。

Graminae 禾本科

Agropyron. 冰草属

Agropyron mongolicum Keng 沙芦草（沙芦苇、蒙古冰草）

多年生草本。沙漠区有分布。生于干旱草原、沙地、石砾质地。固沙、饲草、药用植物。国家二级保护植物。

附录 3

乌兰布和沙漠景观 (1)



新月型沙丘链

乌兰布和沙漠景观（2）



高大流动沙丘



黄沙飞过黄河形成沙丘

乌兰布和沙漠景观（3）



狼山阻挡沙漠北扩



沙漠中的人工海子

乌兰布和沙漠野外考察掠影（1）



科考队员与牧民向导



车陷沙漠

乌兰布和沙漠野外考察掠影（2）



土壤剖面取样



植被调查

乌兰布和沙漠野外考察掠影（3）



走访牧民



地下水位与放牧情况调查

乌兰布和沙漠野外考察掠影（4）



野外宿营地



享用简单的午餐

乌兰布和沙漠典型植物 (1)



梭梭(*Haloxylon ammodendron*)



沙葱(*Allium mongolicum*)



酸枣(*Ziziphus jujuba*)

乌兰布和沙漠典型植物（2）



芦苇(*Phragmites australis*)



鹰爪柴 *Convolvulus gortschakovii*



胡杨(*Populus euphratica*)



盐爪爪(*Kalidium foliatum*)



沙芥(*Pugionium calcaratum*)



甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)

乌兰布和沙漠典型植物（3）



国家三级保护植物

蒙古扁桃(*Amygdalus mongolica*)

乌兰布和沙漠典型植物（3）



阿拉善特有植物

长叶红砂（ *Reaumuria trigyna* ）

乌兰布和沙漠典型植物（4）



国家一级保护植物

革苞菊(*Tugarinovia mongolica*)

乌兰布和沙漠典型植物（5）



国家二级保护植物

绵刺(*Potaninia mongolica*)

乌兰布和沙漠典型植物（6）



国家二级保护植物

半日花（ *Helianthemum songaricum* ）

乌兰布和沙漠典型植物（7）



国家二级保护植物
裸果木 (*Amygdalus mongolica*)

乌兰布和沙漠典型植物（8）



国家二级保护植物

四合木 (*Tetraena mongolica*)

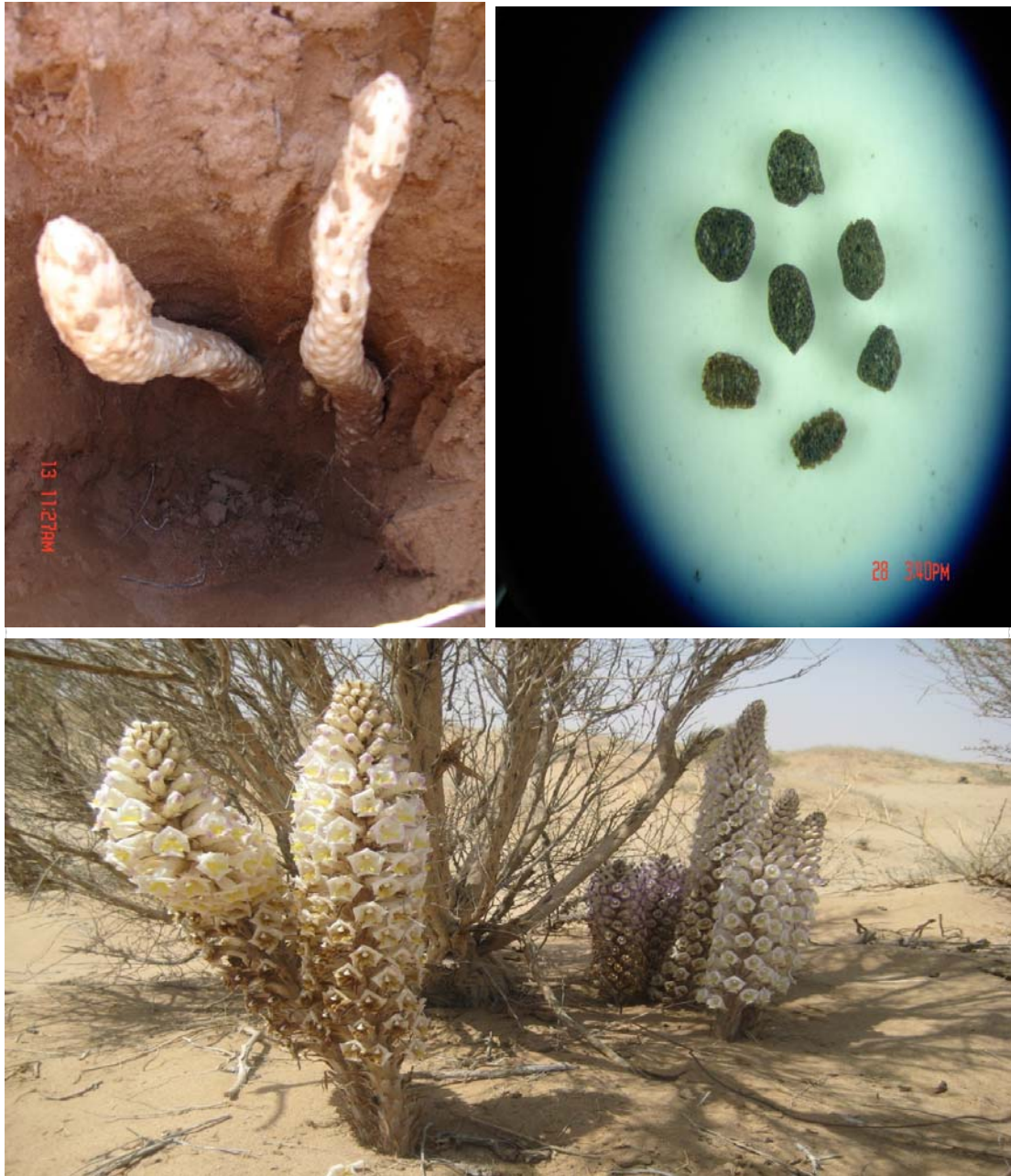
乌兰布和沙漠典型植物（9）



国家三级保护植物

沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)

乌兰布和沙漠典型植物（10）



国家三级保护药用植物
肉苁蓉（*Cistanche deserticola*）

乌兰布和沙漠典型植物（11）



药用植物锁阳（*Cynomorium songaricum*）