



STUDY ON DESERT ECOLOGY IN MINQIN

民勤荒漠生态研究

常兆丰 赵 明 著



甘肃科学技术出版社

民勤荒漠生态研究

MINQIN HUANGMO SHENGTAI YANJIU

常兆丰 赵 明 著

甘肃科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

民勤荒漠生态研究/常兆丰, 赵明著. —兰州: 甘肃科学技术出版社, 2006. 5
ISBN 7-5424-1070-9

I. 民... II. 常...②赵... III. 荒漠—生态系统—研究—民勤县 IV. P942. 424. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 042508 号

责任编辑 张 荣 (0931-8773201)

封面设计 左文绚 (0931-8773275)

出版发行 甘肃科学技术出版社 (兰州市南滨河东路 520 号 0931-8773237)

印 刷 西北师范大学印刷厂 (安宁东路 967 号)

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13

字 数 300 千

版 次 2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

印 数 1~1000

定 价 30.00 元

序

西北干旱荒漠区是我国三大自然区之一。随着青藏高原在第三纪末、第四纪初的整体快速隆升,干旱区得以维持和加强,其间也存在着干湿波动的变化。干旱区的自然环境是由宏观的地理地带性规律所决定的。人类在长期发展的历程中,不断寻求适应干旱区自然特点的生存空间,并探索其发展模式。在历史时期,干旱荒漠区人类的繁衍、经济的发展、文化的形成、社会的进步和区际的交流都取得过巨大的成就,积累了丰富的经验,但也有过不少失败的教训。

按照联合国拟订的定义,荒漠化指主要由于人类不合理的活动与气候变化等因素所导致的干旱、半干旱和具明显旱季的半湿润地区的土地退化,包括土地沙漠化、草场退化、雨养农田和灌溉农田的退化、土壤肥力下降等导致土地生产潜力的降低和丧失。土地沙漠化是土地退化的主要类型之一。土地退化整治和荒漠化防治已经成为全球瞩目的环境问题。

中国科学院治沙队于1959年对我国各大沙漠进行综合考察,同时还分别在内蒙古及西北五省区建立了6个综合试验站,着手开展沙地利用、流沙固定及有关定位观测试验,民勤治沙综合试验站就属其中之一。40多年来,该站克服了各种困难,坚持开展观测试验研究,成为我国荒漠生态研究领域年代长而工作持续不断、资料积累丰富且保存最完整的一个定位试验站。

长期在民勤治沙综合试验站从事试验观测研究的常兆丰高级工程师、赵明研究员,系统地总结了该站已经取得的研究成果,撰写完成了《民勤荒漠生态研究》。这一专著首先阐述了自汉代以来民勤生态退化的历程,分析了民勤绿洲荒漠化的动态变化及其成因。基于民勤站时间跨度长的大量观测资料和试验数据,作者以较大篇幅对民勤地区近代气候特征、沙尘暴分布特征、地下水、沙丘水分动态和荒漠植被生态等方面进行了全面的论述,分析过程中运用了许多现代数学方法,是对40多年来民勤荒漠生态定位研究工作的系统总结。作者在学术研究和探索的基础上,对荒漠绿洲防护林生态效益的评价、生态恢复与重建的途径等进行了深入探讨和综合分析。针对荒漠生态环境的恢复与建设,对民勤绿洲的可持续发展提出了积极建议和保护对策,可作为政府有关部门科学决策的依据。书中根据作者多年工作的经验和体会,提出了有关荒漠生态定位研究的观测内容、方法和思路,并对荒漠化监测指标体系进行了探讨,有重要的参考价值。

我曾经于1960年起在民勤治沙综合试验站从事试验研究和考察工作数年,

近年也曾再次前往民勤绿洲,回到定位站访问,深有感触。该定位站的中青年科技工作者在艰苦条件下持续进行观测试验,积累了十分可贵的第一手资料数据,发表了一批高质量的研究成果。《民勤荒漠生态研究》一书,作为我国荒漠生态定位研究系统的学术专著即将出版。我有幸粗读了这一专著的书稿,学习到有关荒漠生态的许多新知,获益匪浅。我相信这部专著的出版将对广大读者,尤其是从事干旱区研究的科研、教学和管理工作者有所裨益,并将推动我国荒漠生态定位研究的深入发展。它有助于人们认识 and 了解干旱区自然环境和荒漠生态的特点,有助于人们更好地保护和合理利用干旱区自然环境与自然资源。我们在谋求干旱区社会与经济发展的同时,必须尊重自然规律,协调好人与自然的关系,为促进区域可持续发展和人民生活水平的提高,为人类家园的美好未来而共同努力。

中国科学院院士



2006年3月13日

前 言

1959年4月3日,我国著名气象学家、时任中科院副院长的竺可桢先生在民勤县城宣布成立民勤治沙综合试验站,至今,这个曾在星罗棋布的沙丘间建立起来的我国最早的治沙综合试验站,已经走过了46年的风雨历程。

40多年来,民勤治沙综合试验站及1980年3月在此基础上成立的甘肃省治沙研究所,在荒漠生态、荒漠气候、地下水动态、风沙流结构特征、荒漠植被、植物生理生态、沙区防护林、沙生植物等方面进行了广泛深入的研究。民勤治沙综合试验站是我国建立最早的沙漠科学研究机构之一,是中科院最早建立的6个治沙综合试验站中工作最连续、保存资料最完整的一个研究站。

荒漠生态研究是46年来我所研究和资料积淀最为深厚的方面。应当说,民勤荒漠生态研究代表了目前我国荒漠生态研究的发展水平。在这46年中,倾注了至少三代人的心血。为了系统总结已经取得的研究成果,为其他相关研究提供参考;也为了给决策部门提供依据,进一步推进我国荒漠生态环境建设,走持续发展之路;还为了激励后人,为我国的荒漠生态科学贡献智慧和力量,我们撰写了这本书。

书中部分内容是在其他人员研究成果的基础上修改完成的,其作者及引用章节(按篇目出现顺序和原文作者排名顺序)如下:

严平、俄有浩、杨自辉、韩福贵、仲生年:“1.5沙井子地区近40年来的生态变化”;

魏怀东、徐先英、丁峰、高志海:“1.6民勤绿洲1998~2003年土地荒漠化动态监测”;

黄子琛、刘家琼、鲁作民、丁胜怀、王继和:“5.7沙区梭梭衰退、死亡原因”;

丁胜怀、赵殿全:“5.8沙区沙枣人工林衰退、死亡原因”;

赵明、郭志中、王耀琳、李爱德、张德魁:“5.9植物的蒸腾耗水量”;

李爱德、赵明、王耀琳、张德魁:“5.10梭梭林地水分平衡研究”;

陈生春:“6.3农田林网防护效益”;

张景春、赵明、王键、唐进年:“6.5沙井子绿洲边缘防护林体系景观结构”。

书中还援引了20世纪50年代末期以及后来曾在民勤治沙综合试验站工作过的前辈的研究成果。韩福贵、仲生年两位工程师做了大量观测、调查工作,张孝仁副研究员、方峨天高级工程师、纪永福高级工程师审阅了书稿,并提出了宝贵的修改建议,中科院郑度院士为本书作了序并提出宝贵的修改意见。在此,对以上作者和其他章节援引文献作者以及为本书的撰写提供过帮助的同志,一并表示感谢。

因本书主要是利用业余时间完成的,时间仓促,错误之处一定不少,敬请各位读者批评指正。

作 者

2006年2月24日

目 录

引 论	(1)
1. 民勤荒漠生态变迁	(9)
1.1 生态退化的 3 个阶段	(9)
1.2 生态环境退化的自然因素	(12)
1.3 生态环境退化的人为因素	(15)
1.4 自然因素和人为因素的位移	(16)
1.5 沙井子地区近 40 年来的生态环境变化	(17)
1.6 民勤绿洲荒漠化动态	(20)
1.7 结果讨论	(26)
参考文献	(27)
2. 主要气候因子及其特征	(30)
2.1 日照时数	(30)
2.2 气温、气压与地温	(31)
2.3 风速与风向	(34)
2.4 降水与蒸发	(37)
2.5 主要气象因子之间的相关性	(40)
2.6 主要天气现象的前期特征	(42)
2.7 生态气候变化趋势的多变量综合分析	(45)
2.8 气候图解	(47)
2.9 结果讨论	(47)
参考文献	(48)
3. 沙尘暴的分布特征及前期特征	(50)
3.1 沙尘暴的观测指标与分级标准	(50)
3.2 沙尘暴的分布特征	(51)
3.3 沙尘暴前期气象要素的基本特征	(52)
3.4 两次强沙尘暴前期特征分析	(55)
3.5 沙尘暴的降尘量	(58)
3.6 沙丘的风蚀与积沙	(59)
3.7 沙尘暴研究结论	(62)
参考文献	(63)

4. 地下水资源与沙丘水分动态	(65)
4.1 民勤县境内水资源概述	(65)
4.2 地下水位动态	(67)
4.3 地下水水质动态	(68)
4.4 地下水水质离子的典型相关关系	(70)
4.5 沙丘水分动态	(71)
4.6 降水在沙丘中的运动特征	(72)
参考文献	(77)
5. 荒漠植被生态	(79)
5.1 植被演替阶段	(79)
5.2 民勤境内的自然植被类型	(82)
5.3 植物分布与地貌、土壤和降水的关系	(85)
5.4 主要植物群落的生态位	(91)
5.5 主要植物种的物候特征	(99)
5.6 退化荒漠植被健康序列的数值分析	(105)
5.7 梭梭衰退死亡原因	(113)
5.8 沙枣人工林衰退死亡原因	(117)
5.9 植物的蒸腾耗水量	(121)
5.10 梭梭林地水分平衡	(127)
参考文献	(131)
6. 防护林生态效益	(137)
6.1 防护林内小气候	(137)
6.2 农田边缘防风固沙林带	(139)
6.3 农田林网的防护功能	(140)
6.4 西沙窝固沙样板防护林体系的防护效益	(142)
6.5 沙井子绿洲边缘防护林体系景观结构	(145)
参考文献	(149)
7. 生态恢复与重建	(151)
7.1 沙障的合理间距	(151)
7.2 植被盖度与沙面的稳定性	(154)
7.3 不同稳定性沙丘的生境条件	(157)
7.4 植被盖度与沙尘暴的关系	(162)
7.5 建造沙漠人工植被的生态学取向	(165)
7.6 绿洲边缘植被的恢复与重建	(169)
参考文献	(172)
8. 荒漠生态环境保护对策	(175)
8.1 生态环境退化的主要表现形式	(175)
8.2 生态环境保护和建设中存在的主要问题	(176)

8.3 关键点	(179)
8.4 科学方法	(180)
8.5 对策思路	(181)
8.6 自然资源保护	(183)
8.7 认识沙产业	(185)
参考文献.....	(187)
9. 荒漠生态研究方法 with 荒漠化监测指标体系.....	(188)
9.1 国内外荒漠生态研究现状概述	(188)
9.2 我国荒漠生态定位研究的基本思路	(190)
9.3 荒漠化监测指标初探	(191)
9.4 未来展望	(196)
参考文献.....	(197)

引 论

民勤县位于甘肃省河西走廊东北侧的石羊河流域下游,地处腾格里沙漠的西缘,地理位置为 $102^{\circ}03' \sim 104^{\circ}03' \text{E}$, $38^{\circ}05' \sim 39^{\circ}06' \text{N}$,土地总面积为 16016km^2 ,境内海拔多为 $1300 \sim 1350 \text{m}$,最低为 1000m (石羊河最下游民勤北部白亭海)。

民勤县的生态环境演变过程大致可分为三个历史景观,即汉代以前的自然生态景观,西汉至民国年间的退化生态景观,建国以来的人工生态景观。民勤县在汉代以前虽有人类活动,但人类活动对自然的影响甚微,生态环境属于自然生态景观。从汉代以后人类活动加剧,开始出现沙漠化,生态环境逐步退化。唐朝时期,河水流量减少,下游地区出现连片沙漠。到明清时期,河水短缺已完全形成,生态环境明显退化。至民国年间,沙逼人退,遍地废墟,满目疮痍。新中国成立以来,国家和省上都投入了大量资金,在沙区建立了一批植被保护区、管护站,在绿洲农田边缘进行防沙治沙,在沙漠边缘建造了大片灌木固沙林和在石羊河中下游建造了防护林带及农田林网,使石羊河流域局部地段的生态环境有所改善。然而,由于种种原因,从整个流域看,石羊河流域的生态环境还在持续恶化,尤其是下游民勤境内正在加剧恶化。

民勤县三面被沙漠、戈壁包围,目前只有南面沿石羊河一条绿色通道与武威绿洲相连。县境内从地形地貌上一般划分为4个区,即西沙窝:面积约 8000km^2 ,海拔约 1350m ,属于腾格里沙漠西部边缘,为该县牧区;东沙窝:面积约 5500km^2 ,海拔约 1350m ,仍属于腾格里沙漠的西缘,为该县第二牧区;中部绿洲:面积约 2400km^2 ,海拔约 1350m ,沿石羊河两岸分布,为该县农业区;北部白亭海,面积约 9km^2 ,海拔约 1000m ,亦称湖区。现存的民勤绿洲已经完全是一个人工绿洲。

民勤县属于我国最典型的干旱荒漠化地区。据民勤县统计部门提供的资料:到2004年底,境内沙漠、戈壁、盐碱滩地和低山残丘占土地总面积的 94.2% 。其中:沙漠面积 8813.3km^2 ,占总面积的 55.03% ;戈壁 800.0km^2 ,占总面积的 5.00% ;荒草地 5466.67km^2 ,占总面积的 34.13% 。在荒草地和沙漠、戈壁中,有天然草场 7733.3km^2 ,占总面积的 48.29% ;有林地 800.0km^2 ,占总面积的 5.00% 。境内有盐碱地 2866.7km^2 ,占总面积的 17.90% ;全县耕地面积 613.3km^2 ,占总面积的 3.83% 。2004年底,全县总人口 30.72 万人,其中农业人口 25.0 万,平均人口密度 $19.18 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$ 。

目前,当地生态环境退化的主要表现:

一是地下水位急剧下降。民勤县多年平均降水量为 115.9mm (民勤治沙综合试验站)。20世纪50年代,当地还大量使用土井(坑井),目前,绿洲内部及绿洲边缘地下水位已下降至

20m左右,不少地方已超过了20m,如民勤西沙窝,1961年地下水位为2.24m,到2004年已下降到19.96m。民勤中渠乡新西四社、三雷乡下雷五社、苏武山林场和红沙梁建设二社,1981年地下水位分别是4.39m、5.92m、3.32m和9.75m,到2002年分别下降为11.32m,20.97m,12.07m和19.18m。由于水源缺乏,下游湖区自20世纪50年代以来已有 $2 \times 10^4 \text{hm}^2$ 耕地弃耕,弃耕后的土地又一次沙化、活化,农田正在向上游水源回缩。

二是植被大面积衰败死亡,荒漠草场退化。20世纪60~70年代,民勤境内营造了大面积人工固沙林,目前已有 5800hm^2 沙枣林枯梢、秃顶;有 300hm^2 沙枣林完全枯死;有 44600hm^2 梭梭林,其中60%生长不良或衰退;有 73300hm^2 天然白刺,其中,覆盖度 $<30\%$ 的占67.7%,盖度 $<10\%$ 的占17.5%;20世纪80年代初境内有 372.6hm^2 胡杨林,目前已消失殆尽。境内荒漠草场大面积沙化、衰退。

三是大风、沙尘暴等灾害性天气频繁。据民勤治沙综合试验站观测资料,自20世纪70年代以来,当地平均每年出现 $\geq 17 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的大风28.2d,沙尘暴25.8d,扬沙天气37.8d,浮尘天气30.2d。1993年5月5日发生在河西走廊、新疆、宁夏、内蒙古西部的特强沙尘暴,在民勤沙区持续2.5h,据彭鸿嘉、汪杰、赵明等人调查,在民勤沙漠边缘风速达10级,能见度降低为零,沙尘暴过后半个月,到处一片尘埃。后据新闻媒体报道,在这场强沙尘暴中,死亡85人,受伤264人,房屋倒塌数千间,死亡和丢失牲畜12万头(只),造成直接经济损失达5.4亿元。

2002年,温家宝总理批示:“决不能让民勤变成第二个罗布泊”,2005年4月,中央批准投资43亿元人民币,用以治理石羊河流域的生态退化。

二

甘肃省治沙研究所的前身——民勤治沙综合试验站,始建于1959年4月,位于民勤西沙窝,地理位置为 $102^{\circ}59'E, 38^{\circ}34'N$ 。

1958年10月28日,经中共中央批准,由中央农村工作部、国务院第七办公室及国务院科学规划委员会主持在呼和浩特召开了“内蒙古及西北五省(区)治沙规划会议”,会议提出了“全党动手,全民动员;全面规划,综合治理;除害与兴利相结合,改造与利用相结合;因地制宜,因害设防;生物措施与工程措施相结合,大量造林种草和巩固现有植被相结合”的治沙方针及“由近及远,先易后难”的治理步骤,会议决定由中国科学院组织领导全国的治沙科学技术工作,并成立了中科院治沙队。中科院治沙队成立后,总结山西省王家沟在小流域治理方面的成功经验,决定在西北及内蒙古建立6个治沙综合试验站,这6个治沙综合试验站是:磴口(内蒙古)治沙综合试验站,民勤(甘肃)治沙综合试验站,榆林(陕西)治沙综合试验站,灵武(宁夏)治沙综合试验站,托克逊(新疆)治沙综合试验站,格尔木(青海)治沙综合试验站,同时还组建了20个治沙研究中心站和32个沙漠考察队。1959年4月3日,中科院治沙队在民勤召开会议,时任中科院副院长的竺可桢宣布成立民勤治沙综合试验站。

1961年,贯彻中央提出的“调整、巩固、充实、提高”的方针,民勤治沙综合试验站下放到地方,曾先后归张掖专署、武威专署、甘肃省林业局、民勤县和甘肃省农科院管辖。1978年8月,民勤治沙综合试验站再次归甘肃省林业局管辖,1980年3月4日在民勤治沙综合试验站的基础上成立了甘肃省治沙研究所,至此,民勤治沙综合试验站隶属于甘肃省治沙研究所。

上述 6 个治沙综合试验站是我国成立最早的沙漠科学研究机构。然而,由于种种原因,后来有的撤销,有的中断研究工作,民勤治沙综合试验站是其中研究时间最长、研究内容最为广泛、资料保存最为完整的沙漠科学研究机构。民勤治沙综合试验站自建立以来,在风沙物理、沙区植被、植物生理生态、沙旱生植物引种驯化与迁地保存、造林治沙、工程治沙、荒漠生态等方面进行了长期广泛深入的观测试验研究,我国治沙科技成果中有多项成果是出自这个站并走向世界。曾进行过 4 次大规模沙漠综合考察;1959~1962 年首创了沙丘梭梭造林技术;1959~1964 年发明了黏土沙障固沙技术,丰富和完善了柴草沙障固沙技术。20 世纪 70 年代初,首次提出以封育保护为主建造沙漠植被和以灌木为主营造固沙林的指导思想;1974~1981 年完成了我国干旱荒漠区第一个造林固沙样板,即民勤西沙窝固沙样板;1970~1974 年,进行了沙荒地杨树引种选育和繁殖技术研究,引进杨树种及品种 251 个,对其中的 42 个良种进行了沙荒地栽培试验研究。1974 年创建了“具有我国北方干旱荒漠特色”的亚洲第一座沙漠植物园——民勤沙生植物园;1978 年,设置沙障与营造灌木林相结合的治沙技术成果曾荣获全国科学大会奖。

甘肃省治沙研究所成立以来,先后执行国家“七五”、“八五”、“九五”、“十五”攻关项目、省重点项目、省自然科学基金项目、省事业费项目、国际援助项目和国际合作项目 100 多项,取得了科研成果 170 多项。其中,由联合国开发计划署援助的“甘肃沙漠综合治理与持续农业”项目,首次将持续农业系统的思想引入沙漠治理,运用农业系统方法,根据甘肃沙区自然条件和技术现状,开展节水技术研究,农、林、牧产业结构和农业种植结构调整,该项目获得了甘肃省科技进步一等奖。目前,省治沙研究所正在实施国家攻关项目、国家“948”项目、省重点项目和省自然科学基金项目等 33 项,积累了 45 年荒漠生态定位观测资料。另外,该所还利用人才优势,连续 10 年受中国政府委托为发展中国家举办了 12 期治沙技术国际推广培训班。

自 1981 年 5 月原西德瓦茨堡大学著名植物生态学家郎格教授访问民勤治沙综合试验站起,研究所先后接待了日本、美国、新西兰、以色列以及联合国粮农组织等国家和组织的专家、高级官员 420 多人次,就全球及各国的沙漠治理与沙区开发利用、水资源高效利用、生物多样性保护等多方面进行了广泛的交流。1981 年以来,已先后执行多个国际合作与援助项目:1988~1994 年执行完成了联合国科技基金援助项目“以色列滴灌技术在民勤沙区的应用”;1996~1998 年参与完成了中韩合作项目“黄沙抑制工程”;1993~1998 年执行完成了联合国开发计划署无偿援助项目“甘肃沙漠综合治理与持续农业”;1999~2002 年参与完成了中荷(荷兰)合作项目“大口径闪烁仪(LAS)在荒漠化监测中的应用”;2001 年参与了亚行无偿援助的“甘肃省优化荒漠化防治方案”项目;2002 年开始实施中澳合作项目“治沙技术示范工程”。2003 年 11 月,甘肃省治沙研究所被甘肃省科技厅批准为甘肃省重点研究所;2004 年 8 月,省科技厅批准在甘肃省治沙研究所建立省级荒漠化重点实验室;2005 年 12 月,国家科技部批准在民勤治沙综合试验站建立“甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站”。

三

1960 年,民勤治沙综合试验站在站区建立地面气象观测场,1961 年 1 月 1 日开始观测记录气象资料,这是我国建立最早的沙漠气象观测场。自民勤治沙综合试验站成立以来,先后曾

进行过沙漠植被调查、沙区小气候、风沙流、沙丘移动规律、沙区地下水和沙丘水分等生态观测研究工作,1974年开始荒漠植物物候观测。1991~1995年完成了由省科委资助的“人工固沙林生态定位观测研究”课题,1996~2001开展自列课题“民勤荒漠生态定位研究”。从2002年开始,在过去观测研究的基础上,拓展了研究内容,开展民勤荒漠生态定位研究,同时承担中国林科院“全国沙化土地监测”民勤监测点的监测任务。

各阶段的荒漠生态研究的主要内容:

1960~1964年

这个时期是民勤治沙综合试验站建立初期,也是民勤荒漠生态研究的初始阶段,主要观测研究内容有:

- (1)地面气象观测;
- (2)风沙流结构观测研究;
- (3)沙丘移动规律观测研究;
- (4)沙区地下水动态观测;
- (5)巴丹吉林沙漠东南缘以及民勤沙区植被调查;
- (6)民勤沙区小气候研究;
- (7)民勤沙区土壤水分调查研究;
- (8)沙地凝结水的特征及其促进试验研究。

1965~1973年

这一阶段的主要观测研究内容:

- (1)地面气象观测;
- (2)沙丘水分动态观测研究;
- (3)防护林内小气候观测研究;
- (4)沙区地下水动态观测与水质分析;
- (5)民勤治沙综合试验站站区地下水水质监测。

1974~1990年

这一阶段的主要观测研究内容:

- (1)地面气象观测;
- (2)民勤沙区地下水动态与水质观测研究;
- (3)沙丘水分观测研究;
- (4)主要沙旱生植物物候观测研究;
- (5)民勤沙区梭梭死亡原因调查;
- (6)风沙流结构的研究;
- (7)民勤自然历研究;
- (8)民勤沙区主要乔灌木树种蒸腾强度的测定及其耗水研究。

1991~1995年

这一阶段的主要观测研究内容:

- (1)地面气象观测;
- (2)地下水动态观测;

- (3)沙丘水分观测研究;
- (4)沙丘移动规律观测研究;
- (5)主要沙旱生植物蒸腾耗水量的观测研究;
- (6)主要沙旱生植物物候观测研究;
- (7)民勤沙区主要灾害性天气观测分析;
- (8)民勤沙井子地区四十年来荒漠植被变迁过程研究;

1996~2001 年

这一阶段的主要观测研究内容:

- (1)地面气象观测;
- (2)地下水动态观测;
- (3)沙漠植被观测研究;
- (4)沙丘移动规律观测研究;
- (5)沙面稳定性观测研究;
- (6)沙面不同地被物对日照反射率影响的观测研究;
- (7)降水在沙丘中的运动特征研究;
- (8)沙尘暴的观测研究。

目前的观测研究内容主要有:

- (1)地面气象观测:包括气温、气压、风速、风向、地温等 11 个观测指标;
- (2)地下水动态观测:包括地下水位动态和水质动态;
- (3)沙尘暴观测:包括开始时间、结束时间、能见度、最大风速、风向、降尘量等 6 个指标;
- (4)植物物候观测:包括 108 种乔、灌、草本植物的主要物候期;
- (5)沙面(沙丘)风蚀积沙量观测:测定风蚀(积沙)深度;
- (6)沙化草场监测:包括植物种类、高度、密度、覆盖度,土壤水分、养分、颗粒组成等指标;
- (7)封育监测:包括植物种类、高度、密度、覆盖度,土壤水分、养分、颗粒组成等指标;
- (8)人工固沙林监测:包括植物种类、高度、密度、覆盖度,土壤水分、养分、颗粒组成等指标;
- (9)飞播造林地监测:包括植物种类、高度、密度、覆盖度,土壤水分、养分、颗粒组成等指标;
- (10)沙化耕地监测:包括植物种类、高度、密度、覆盖度,土壤水分、养分、颗粒组成等指标;
- (11)气候梯度观测:从流沙区、绿洲外缘固沙灌木林内到绿洲区,分为 3 级梯度。

四

特殊的地形构造了石羊河的内陆河特征,水蚀是内陆河流域潜在沙漠化的开始,中、下游及尾间终端湖沉积大量泥沙是内陆河潜在沙漠化的物质基础。在内陆干旱地区的大背景上,一旦水资源供给减少,湖盆、河道干涸,泥沙出露,形成沙漠和沙漠化则是必然结果。水资源的减少是石羊河流域生态环境退化和沙漠化的主导因子。水资源的绝对减少是由自然因素引起的,在沙漠化初期起了决定作用;水资源的相对减少是由人为因素造成的,在汉代以来的沙漠

化过程中起着越来越重要的作用。农业开发是引起水资源相对减少的主要原因,逐水开发是人类社会发展的历史,因而,内陆河流域的沙漠化既是自然环境变迁的必然趋势,也是人类社会经济活动的必然结果。在干旱背景上的内陆河流域,沙漠化则是必然趋势。

以往关于以洪水河为界,以西为巴丹吉林沙漠,以东为腾格里沙漠的划分很可能有误:其一,从地势上看,石羊河下游民勤沙区居于以腾格里沙漠为中心的盆地西缘,民勤西北侧虽为巴丹吉林沙漠,但有龙首山和雅布赖山相隔,龙首山和雅布赖山交界处海拔约 1500m,较民勤西沙窝(洪水河以西)高出约 125m,且两山分界口很小,巴丹吉林沙漠只有经过龙首山和雅布赖山口进入民勤境内的风积沙。其二,民勤县和腾格里沙漠的南部及西南为祁连山系及其龙首山山脉,北部为雅布赖山,东侧为贺兰山,四周唯有南部祁连山海拔最高,腾格里沙漠的形成与石羊河有着不可分割的联系。冯绳武研究认为,民勤盆地在原始社会晚期水域面积达 4000km²,当时的莱伏山、狼刨泉山可能为湖中半岛。在西汉以后的数百年间,石羊河携带泥沙,下游三角洲冲击扇不断向北延伸,渐与早期作为潯野泽北岸的莱伏山麓相连,至此,潯野泽分为西海(休屠湖,现在的民勤西沙窝)和东海(狭义的潯野泽,现在的东北部湖区)两个湖。由于河流携带大量泥沙,西海湖床抬升较快,石羊河主流不再流入西海,至汉末,在湖床露出的地方出现了最早的斑块状沙漠化。

目前,民勤的荒漠气候特征是:光热丰富,风大沙多,降水稀少,蒸发强烈,气候干燥。当地日照时数的多年平均值为 2731.5 h,年平均气温 7.7℃,夏季炎热,冬季寒冷,有记载以来的极端最高气温为 41.0℃(1997 年 7 月 22 日),极端最低气温为 -30.8℃(1991 年 12 月 27 日),自 20 世纪 60 年代以来,冬、春季气温有逐渐升高趋势。多年平均气压 864.2hPa,极端最高气压为 890.1hPa(1980 年 1 月 1 日),极端最低气压 840.1hPa(1986 年 8 月 22 日)。多年平均冻土深度为 53cm。1961~2004 年平均无霜期 173d,最长 202d,最短 126d。1961~2004 年平均风速为 2.4m·s⁻¹,主风向及主害风向均为 NW。1961~2004 年平均降水量为 115.9mm,降水主要分布在 6、7、8、9 月份,1973 年降水量达到 1961 年以来的最大值,为 185.8mm。平均蒸发量 2452.7mm,蒸发量最大的是 5、6、7 月份。1961~2004 年平均空气相对湿度为 49%,平均干燥度为 5.94,1962 年达到最大值(18.7,当年降水量仅为 42.2mm)。

大风的前期特征是:气温逐渐抬升,压温比(气压/气温)出现低谷,风速多变且以 E、NE 为主。降水的前期特征是:降雪前气温下降,降雨前气温抬升,气压先降后抬,空气湿度和水汽压降雨前抬升,降雪前先抬后降,风速偏大,风向多变。高温的前期特征是:平均气压下降,风速减小。

当地气候环境在 20 世纪 80 年代中期以前向良性方向发展,80 年代后期以来,生态环境持续恶化,其原因主要与 80 年代以来大面积开荒和超采地下水有关。20 世纪 80 年代以来,地下水位急剧下降,人工固沙林开始大面积衰退、死亡。

当地沙尘暴的分布特征是:4 月份发生最多,9 月份发生最少,12~2 月份的沙尘暴持续时间最短。在一天当中,14~15 时是沙尘暴发生的第一个高峰期,其次是 11~12 时,再次是 18~19 时。以持续时间分,<1h、1~2h 之间和 ≥2h 的沙尘暴约各占 1/3,持续时间最长的为 400min,最长的只有 7min。以能见度分,能见度 <500m 的和 ≥500m 的约各占一半,能见度小则持续时间长,能见度大的持续时间一般较短。沙尘暴的最大风速多在 20m·s⁻¹ 以上,最大为 25.2m·s⁻¹,最小的为 11.5m·s⁻¹。沙尘暴的主风向(最大风速的风向)以 NW、WNW

为主。

民勤的水资源主要包括降水资源、地表水资源和地下水资源三部分。年平均降水资源量 $18.7067 \times 10^8 \text{ m}^3$, 按 $\geq 10 \text{ mm}$ 的降水量计算得的降水资源量为 $3.8742 \times 10^8 \text{ m}^3$, 按 $\geq 5 \text{ mm}$ 的降水量计算得的降水资源量为 $6.1751 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2000 年以来, 石羊河注入民勤境内的水资源量平均约为 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, 年提取地下水约 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$, 20 世纪 90 年代以来, 地下水位平均每年以 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$ 的速度下降。20 世纪 50 年代地下水位 $1 \sim 3 \text{ m}$, 目前已下降至 $10 \sim 20 \text{ m}$, 民勤治沙综合试验站站区地下水位已从 1961 年的 2.24 m 下降为 2004 年的 19.96 m 。民勤西沙窝 $0 \sim 30 \text{ cm}$ 沙层含水率在 $0.95\% \sim 1.56\%$ 之间。降水在沙丘上的下渗特征是: 表层 $0 \sim 25 \text{ cm}$ 沙层的田间持水量越大, 越不利用降水下渗; 表层粉粒和黏粒含量越高, 其田间持水量就越大; 降水的最大含水层厚度及其含水率与降水量的相关性并不显著; 降水强度在 $29.8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以内时, 固定沙丘上的最大含水层厚为 $10 \sim 15 \text{ cm}$, 降水的下渗速率只有 $10 \sim 15 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$; 在半固定沙丘上, $28.2 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以内的降水强度的最大含水层厚为 $30 \sim 35 \text{ cm}$, 降水的下渗速率只有 $15.0 \sim 17.5 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$; 在流动沙丘上, $21.7 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以内的降水强度的最大含水层厚为 $130 \sim 135 \text{ cm}$, 降水的下渗速率可达 $32.5 \sim 33.8 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$; 在固定沙丘和流动沙丘上, $8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以内的降水强度至降水后的第 3d 已蒸发殆尽, 而在半固定沙丘上至降水后的第 9d 略有存余; $14.9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $28.2 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的降水强度至降水后 9d 时, $0 \sim 135 \text{ cm}$ 深度内与降水前相比水分存余分别为 1.21% 和 1.63% ; 与固定和半固定沙丘相比, 流动沙丘表面 $7 \sim 8 \text{ mm}$ 以内的水分最易在短期内蒸发损耗。

民勤境内的植被先后经历了历史时期的沼泽植被、退化的盐化草甸植被和近代的荒漠植被 3 个阶段。现阶段的自然植被类型主要有荒漠植被型中的灌木荒漠植被亚型, 半灌木、小灌木荒漠植被亚型, 草甸植被型中的盐生草甸植被亚型以及落叶阔叶灌丛植被型中的湿带落叶阔叶灌丛亚型, 共 22 个群系。不同植物群落分布的地貌条件和土壤条件有较大差异。当地荒漠植被覆盖度随年际降水量变化明显, 植被在随年际降水量变化的波动中进一步退化。每个群落内生态位宽度较大的只有 $1 \sim 2$ 个植物种, 其他植物的生态位宽度均很小, 生态位宽度悬殊表明群落内优势种的优势度相对突出。当地的地下水位深 20 m 左右, 植物则无法利用, 降水资源则是植物种竞争的关键资源。同一种植物在不同群落中的生态位宽度各不相同, 亦即不同群落内部物种间形成的竞争关系各不相同。

物候观测研究结果表明, 从中生植物到旱生植物再到沙生植物, 同一物候期的多年变幅增大; 从旱生植物到沙生植物的物候期的多年变幅大于从中生植物到旱生植物的多年变幅; 不同植物的物候期差异主要表现为从花蕾花序期开始到果实脱落末期的各个物候期, 从中生植物到旱生植物再到沙生植物, 这些物候期表现出逐渐延迟的趋势; 当地冬季漫长, 夏季持续日数较长, 秋季最短, 春季和秋季物候频数分布较多, 植物活动日数相对较短; 运用聚类分析方法研究包括中生植物、旱生植物和沙生植物的物候特征, 能更好地从不同植物类型来揭示植物物候特征。当地植物从第 13 候(3 月 2~6 日)开始为芽膨大期, 到第 63 候(11 月 7~11 日)为有物候期发生的最后一候, 经历 50 个候。

民勤沙区退化荒漠植被的健康度分析结果表明, 基于模糊判别方法的健康度分析方法, 完全可以运用于退化植被健康度的排序。评判指标的选择是决定评判结果是否准确可靠的关键, 退化荒漠植被的健康序列分析指标应包括基本状态指标、退化指标、植物多样性指标和自

然更新能力指标等。将退化荒漠植被的判别指标分为优势种(或灌木)指标和伴生(或草本)植物两类指标,更适合植被群落的自然属性,且可以通过一级判别,分别优势种植物和伴生植物研究其健康状况,能更准确地揭示植被群落的影响因素。分析结果表明,同一植物群落在半固定沙丘和流动沙丘上的健康状况优于固定沙丘;个体相对较高的梭梭、怪柳在流动沙丘上表现较好;优势种的优势度较强,群落健康度受优势种健康状况影响明显。健康序列的灵敏度分析既可以用来检验分析结果的可靠性,同时还可以进一步揭示各类指标所代表的对象在植被群落中所处的作用和地位。

目前,我国有关荒漠区生态环境治理的具体措施有许多,尤其是治沙技术措施,如在民勤沙区主要有3类:一是植物措施,主要是造林治沙。二是机械沙障措施,即以柴草沙障或黏土沙障压沙。三是间接的措施,如农业节水措施,牧业方面的轮牧、限牧措施等等。目前,当地生态环境退化的主要表现形式:一是地下水位急剧下降,二是荒漠植被大面积衰退、死亡,荒漠草场迅速退化,三是沙尘暴越来越频繁,四是群众生活进一步贫困化。生态环境保护和建设中存在的主要问题:一是农业生产大量提取地下水,治沙进一步生态环境退两步,二是缺乏一个切实可行的治理目标作指导,三是以大面积造林改善荒漠生态环境的做法在一定程度上加速了生态环境恶化的进程,四是治沙措施没有进行优化,功能未能充分发挥,五是惯性原因。当地生态环境治理应该分别多层面进行:第一层面的工作是最大限度减轻人口压力和经济发展对水、土资源的压力,尤其是对水资源的压力;第二层面的工作是推广农业节水技术,以节约用水为根本措施,最大限度提高水资源的利用率和利用效益;第三层面的工作是外流域调水;第四个层面的工作是建立农户自发性经济联合体,发展沙区经济;第五层面的工作是在风沙防治方面以保护天然植被为主。