

苏联荒漠流沙的固定

土库曼共和国科学院院士

A. Γ. 巴巴耶夫 主编

胡孟春 译



海洋出版社

引 言

近年来,国际社会与许多国家的学者,越来越重视广阔的荒漠区的研究、开发和合理利用。原因是1968~1973年非洲萨赫勒地区不寻常的干旱,加剧的荒漠化过程,给非洲许多发展中国家造成了巨大的民族灾难。在具有干旱自然一气候环境的其他大陆,也发生荒漠化。正是由于这些原因,召开了几届有关防治荒漠化及防止荒漠界限继续扩张的区域性及国际会议。1977年联合国在内罗毕(肯尼亚)举行的国际会议上,讨论了这一复杂问题的不同观点,就制定实施有关世界荒漠开发利用的全球性及区域性规划,通过了《行动计划》。

科学技术的迅速发展加速了荒漠开发的规模和速度。然而,在科学一技术革命的时代,荒漠的合理开发依然是一项重大而艰巨的任务。一方面,需要高投入,采用特殊的方法及技术手段。另一方面,它涉及自然保护、生态环境的改善、人类对复杂的自然平衡影响的不可想象的后果的预测等问题。而且必须注意,荒漠生态系统很不稳定、易遭破坏,沙漠尤其是这样。沙漠生物群落,在人类活动作用下破坏迅速而恢复比较缓慢,是一个很不稳定的生态系统。因此,在工农业强烈开发的条件下,这一区域需要特别严格遵守土地合理利用的规律,并采取综合的自然保护措施。

荒漠化形成过程中,松散沙质沉积的风蚀及流沙的形成,是严重而危险的现象之一。风蚀过程的发生、发展,主要在那些不合理放牧、樵采的区域,鼠类活动、不合理使用轮式履带式运输工具、不合理的耕作方式,在很大程度上加剧了风蚀源的出现。许多国家沙丘压埋灌溉土地、居民点、道路、水利设施及其他工程设施,给当地居民造成巨大损失。为防止这些危害,采取了各种措施。然而大多数是临时性措施,不能永久性防止风蚀过程。

苏联荒漠面积占总面积 10%，主要分布于哈萨克、土库曼、乌孜别克共和国，而且这些区域 50% 是沙漠。

十月革命前，由于土地私有制，流动沙丘给当地居民带来严重危害。因此，远在 20 年代消灭了私有制之后，防止风蚀及流沙防治成为重点研究的问题。现在已研究清楚了风沙流的基本规律，不同风成沙丘运动特征。确定了地形切割深度与年代的关系。查清楚了沙源区、搬运区、堆积区间的关系，以及流沙搬运、吹蚀与地形形成的关系。在开发强度大的区域，编绘了风成沙类型图，对其水文、农业化学、风蚀环境作了透彻分析。

现在苏联已经在沙地开发区域，研究并广泛采用了生物土壤改良综合措施：在绿洲外围建立了防护林带，恢复被各种生产活动所破坏的植被，利用机械沙障及固沙植物固定并绿化流沙。近年来，采用物理—化学方法固定流动沙丘，利用沥青、涅罗森、原油、聚合物及其他粘合剂，在沙丘表面形成保护壳。给城镇及居民点大量供应天然气，极大减少了荒漠植物用作燃料，促进了绿洲、大的工农业设施周围植被自然恢复及流沙的固定。

近十年来，苏联在荒漠区所进行的生物土壤改良及水利建设，使一些大的沙地用于农业开发，这些沙地以前被遗弃，对国民经济造成很大危害。由于利用泵站、管道引淡水到中亚荒漠的中部，那里的流沙也成为农业开发的对象。

在干旱的卡拉库姆沙漠中，长 1 000 多 km 以 B. И. 列宁名字命名的卡拉库姆运河，是沙地（包括流沙）农、牧业综合开发的罕见先例。苏联科学家关于风成沙地的农业开发实验研究工作，不仅找到流沙固定的有效方法，而且将流沙变为高产的农业用地。

尽管我国及具有干旱自然环境的许多国家，已取得一定成就，流沙固定与开发仍是一个严重而棘手的问题。为解决这一问题，全世界治沙工作者必须联合起来。

作为实施联合国防治荒漠化大会通过的《行动计划》的第一个实际举措，根据联合国环境署与苏联部长会议国家科学技术委员会签

署的协议,1978年我国在土库曼共和国沙漠研究所建立了培训基地,并成功地举办了国际讲习班。来自亚洲、非洲、拉丁美洲发展中国家的代表,研究苏联流沙固定、流沙绿化及农业开发的经验。

这本书,在获得劳动红旗勋章土库曼共和国科学院沙漠研究所科学家野外及室内研究的基础上,对苏联荒漠自然地理特征及分区特征作了简要叙述。列举了我国多年的研究成果及流沙的分类与固定。论述了沙地风蚀的理论基础,阐述了苏联风成沙的固定、绿化、农业开发等方面实验研究与实际工作,以及在沙漠带主要的国民经济设施配置区域,流沙与风蚀的防治。

土库曼共和国科学院
荣获劳动红旗勋章
沙漠研究所

A. Γ. 巴巴耶夫

苏联荒漠流沙的固定

阿什哈巴德 1982

亲爱的胡

土库曼“艾雷姆”(知识)出版社不反对(另一意:无异议译者注)
1982 年出版的 A·巴巴耶夫的书《苏联荒漠流沙的固定》翻译成中文。

致

土库曼科学院

“艾雷姆”出版社

社长 N. I. 费茹拉耶娃

1997 年 11 月 7 日

亲爱的胡

我 A·Г·巴巴耶夫同意翻译并在中国的出版社发行“苏联荒漠流
沙的固定”,它是苏联土库曼“艾雷姆”出版社 1982 年 8 月出版,总计
232 页。

土库曼科学院

沙漠研究所

所长 教授

A·巴巴耶夫

1997 年 11 月 7 日

目 次

引 言(А. Г. Бабаев)	(III)
第一章 苏联荒漠自然地理特征(А. Г. Бабаев, Н. С. Орловский)	(1)
第一节 荒漠形成发展及地理分布	(1)
第二节 气候	(5)
第三节 水资源	(11)
第四节 土壤	(12)
第五节 植被	(15)
第六节 自然地理区	(18)
第二章 流沙的形成(А. Г. Бабаев, С. Б. Байрамов, М. П. Петров)	(27)
第一节 影响沙子流动的因素	(27)
第二节 风沙流	(31)
第三节 风沙地貌形态的形成	(33)
第四节 沙丘的移动	(36)
第三章 沙地风蚀的物理学原理(А. П. Иванов)	(38)
第一节 沙粒在气流中起跳和输移	(38)
第二节 沙粒在气流中起动的初速度	(39)
第三节 沙粒碰撞时的弹性表现	(41)
第四节 沙粒在气流中的旋转	(43)
第五节 气流使沙粒起飞输移的动量原理	(47)
第六节 风沙流输沙量与风速的关系	(56)
第四章 流沙的分类(А. Г. Бабаев, С. Б. Байрамов)	(60)
第五章 流沙的生物土壤改良(А. О. Овезлиев, И. П.	

Свинцов)	(71)
第一节 流沙地生物土壤改良的原则	(71)
第二节 流沙生物土壤改良规划的编制	(72)
第三节 流沙生物土壤改良条件分类	(72)
第四节 固沙植物的生态特征	(75)
第五节 固沙植物种子的采集与保存	(84)
第六节 固沙林种的繁育	(91)
第七节 固沙苗圃的建立及苗木抚育	(94)
第八节 黑梭梭白梭梭营养袋育苗	(98)
第九节 流沙生物土壤改良的农业技术	(99)
第十节 人工林的管护及其利用	(101)
第十一节 机械防护及其在流沙生物土壤改良中的作用	(102)
第六章 粘合物固沙(А. Г. Бабаев, Б. Н. Нурыев, И. П. Свинцов, В. П. Черезниченко)	(104)
第一节 粘合物的特性	(104)
第二节 防护壳的类型及其稳定性	(110)
第三节 粘合物喷洒技术	(114)
第四节 防护壳对植物生境的影响	(116)
第五节 防护壳对植物成活率、生长、发育的影响	(117)
第七章 沙地农业开发(А. Г. Бабаев, А. О. Овезлиев)	(119)
第一节 概况	(119)
第二节 绿洲沙地防护林营建及果树栽培	(121)
第三节 绿洲沙地的瓜果生产	(123)
第四节 绿洲沙地的牧草种植	(125)
第八章 不同国民经济部门的防沙(А. О. Овезлиев, М. П. Петров, И. П. Свинцов, З. Л. Рябихин, В. П. Чередниченко)	(140)
第一节 居民点防沙	(140)
第二节 铁路防沙	(141)

第三节	公路防沙	(142)
第四节	水利设施防沙	(145)
第五节	灌溉土地防沙	(147)
第六节	工业区防沙	(148)
第七节	管道吹蚀的防护	(153)
第八节	输电线铁塔基座吹蚀的防护	(156)
结 论	((А. Г. Бабаев)	(161)
参考文献		(162)

第一章 苏联荒漠自然地理特征

第一节 荒漠形成发展及地理分布

世界荒漠的分布,由强烈的辐射及日照、稀少的降水、纬度、大气环流、陆地地形结构等因素所决定。苏联荒漠主要分布于中亚和南哈萨克斯坦。其范围西起里海岸,东、东南以准葛尔阿拉套山、天山、帕米尔-阿赖山的山前为界。荒漠带的北界大致沿 48°N 延伸,与亮栗钙土南界和 180 mm 年平均降雨量线吻合。南以科彼特山和帕勒帕迈赛斯山前为界(图 1-1)。在这一东西长 2 500 km、南北宽 1 500 km 的广阔区域,分布着卡拉库姆沙漠、克孜勒库姆沙漠、威海卡拉库姆沙漠、木尤恩库姆沙漠、萨雷-伊斯科特劳沙漠、孙杜克利沙漠及其他面积较少的沙漠。在西北的乌斯提尤尔特,除过大面积的沙质荒漠外,还有砾石荒漠及石膏荒漠。在北部分布有别特帕克达拉石漠、山前窄带状分布的黄土状荒漠及局部盐漠。

荒漠分布于低地及平原上,其高度变化,由里海沿岸 28 m、卡拉吉耶盆地—129 m,到蚀余高地可达 300~400 m。平坦的区域以图兰平原为主,向东与苏丹乌伊兹达格(485 m)、巴坎套(758 m)、塔德套(888 m)、库尔朱克套(784 m)等山及蚀余高地相交错,甚至延伸到属于天山山系的卡拉套(2 176 m)、努拉套(2 169 m)山。

南部图兰平原与科彼特山、帕勒帕迈赛斯山直接相连。北与西北方向,图兰平原与切割强烈平均高度为 230 m 的克拉斯诺沃次克高原相接。东北方向与图尔盖及北哈萨克斯坦丘岗起伏的平原相接。

尽管荒漠的形成有规律性,气候条件有共同性,但是由于区域自然

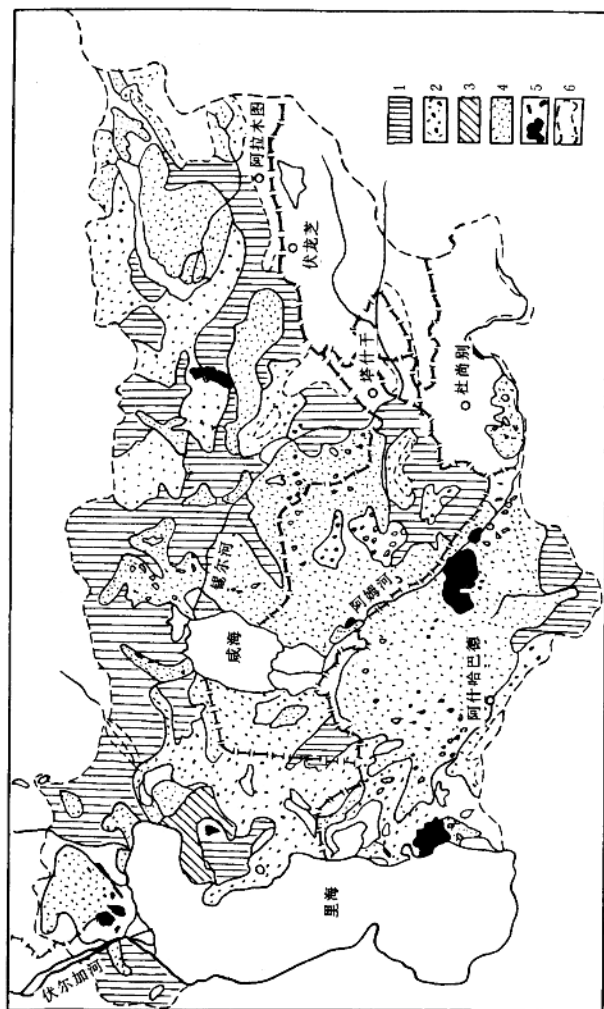


图 1-1 苏联荒漠图

1. 粘土; 2. 盐碱地; 3. 沙漠; 4. 流沙; 5. 荒漠界限; 6. 荒漠界限

特点,首先是地质、地貌结构以及土壤-植被特点所决定,荒漠景观具有很大差异性。

苏联荒漠带的北部,以古生代混杂结晶岩为主,是最古老的区域。古老的山体遭受强烈的破坏、夷平,形成起伏平缓的石漠。荒漠带的西部、中部及南部年轻得多,以第三纪、第四纪沉积为主,是石灰岩、泥灰岩、砂岩、泥岩交替沉积。

许多地质文献中都强调图兰低地形成的复杂性,特别是古老时期。深钻井资料表明,苏联荒漠中沉积岩综合体形成于晚侏罗纪。沉积岩相变化表明,地壳活跃的构造运动不仅发生于早古生代,而且也发生于中生代,新构造运动导致侵蚀区、搬运区、堆积区的位移。沉积特征及沉积环境的研究,可以恢复所研究区域的古地理。

上新世及第四纪的陆相沉积几乎在苏联所有荒漠中都有分布。

晚上新世、早中第四纪沉积的形成与古河系的作用有关。

大部分荒漠的第四纪沉积,是在大陆荒漠环境堆积的。由于山地冰川融化,在径流量增大时,形成了大的游荡式河流。古河流的活动性,在山前及平原现代地形上表现明显。

侵蚀过程在山前地带特别活跃,山前地带以松散的沙、黄土状亚粘土、类黄土为主,容易遭受侵蚀和风蚀。古河系退缩后,冲积平原开始遭受侵蚀及风力切割。因此,在苏联以古老的或现代的冲积沉积以及海积沉积为基础的沙质荒漠分布最为广泛。这主要是大的冲积平原及三角洲平原,在新第三纪-第四纪期间河流发生摆动及海进。正是由于这些古河系与海进,形成了深厚的沙质沉积。后来这些松散的沙质沉积经受了风力作用,形成了不同的风沙地貌。荒漠环境中,原始地面的切割强度,取决于风力对平原原始地面作用的强度及时间。

沙漠中风力对地表层作用的强度,主要取决于风况及基质特征。因此,荒漠现代地形是在长期干燥的大陆性气候环境下形成的。在以沙质为主的第四纪沉积的剥蚀、搬运、堆积过程中,最初冲积过程起主要作用。平原地形的根本改造是风力作用的结果。一些荒漠风力改造的是新第三纪沉积,另一些荒漠风力改的是第四纪沉积,还有一些荒漠

是风力改造海进沉积,还有另外一些荒漠是风力改造三角洲沉积。这一点为矿物成分、风成沙颜色及下伏沙层相似性所证实。

不论是在较早的地质历史时期还是现代,风是沙漠地形成的主要因素,风引起沙子的侵蚀、搬运、堆积。沙漠中长期作用的风力过程,切割着原始的疏松沙层,形成现代风成地形。广阔的沙漠中这些风成地形形态对风力作用具有相对的稳定性。但是相对稳定的现代风成地形形态,决不能表明风力过程的停止,证据是大面积流沙的存在,流沙区现代地形形成过程强烈地进行着。这些流沙区,松散的沙物质由于风能和基质的物理特性,经常在变化。当标准风速仪高度风速达到4 m/s以上时,沙物质或以风沙流(近地表)、或以流动风成地形(沙丘、沙丘链)的形式搬运着。搬运的方向及强度取决于具体荒漠的风况。

植被覆盖的风成地形的风蚀过程,则是另一种情形,而且相当缓慢,因此形成了完全不移动的印象。植被覆盖的地形表面,在自然环境下(除过人为因素的影响),遭受不同程度的风蚀,但是由于植被的存在,具有较高稳定性。起伏度小的沙质沉积地表,遭受风蚀比较弱。例如,在平缓的波状沙地,一般没有风成物质的侵蚀、搬运、堆积痕迹。在起伏度大的沙质地表,风蚀的强度因地形要素而异。沙垄间低地沙中含有较多的尘粒,埋藏较浅的较密实的原始沉积层或地下水层,形成风蚀的局部基准。在沙垄的顶部及坡脚上部,具有风蚀斑、面状堆积及小沙丘。在沙垄的顶部风蚀过程加强,是因为这一部位沙子特别干燥,风力作用强度更大。

这样,苏联沙漠风沙地貌的主要形态是相互平行延伸的沙垄。它们延伸特别长,基部不大。沙垄长几百米到几公里,宽由10~20 m到1 000 m,有时候更宽,高由5~6 m到60 m。不同沙漠中沙垄的形态参数不完全一致。有时候,长而高的沙垄被与其垂直的短而低的沙垄联结,地形具有蜂窝状特征。

沙垄被植物所固定,因此不移动。沙垄的上部带有沙丘。苏联沙漠中丘岗沙地占有重要地位,丘岗高度2 m到20~25 m,被草-灌植被覆盖。丘岗沙地与波状平原,通常被草类植物所固定。在丘岗沙地中,

由于植物作用,大量细粒土被阻滞,为沙漠土壤改良创造了有利条件。个别地段在灌木作用下形成灌丛沙堆。荒漠中流动沙丘(图 1-2)是独特的风成地形形态。经常会看到类似海浪的大型沙丘链。它们流动时将对经济设施有一定危险性。流沙对不同的设施带来了许多麻烦。考古学家在深厚的沙层下,发现了有大量文物的完整的居民点。革命前,流沙危害很大。那时不仅不防治风沙,而且由于掠夺式土地利用,为新的风沙堆积创造条件。现在深入研究了流沙形成发展的原理,确定固定流沙减少危害的方法,流沙不再为害,大面积流沙变成林地、农地。



图 1-2 沙丘的一般形态

第二节 气 候

苏联荒漠气候象世界其他荒漠一样,具有夏季地表及空气温度高、大气降水稀少、干旱期长的特点。然而纬度地带性及大气环流特征,使北部与南部冬夏季气候有很大的差别。

冬半年,北部区位于西北利亚反气旋范围内,以干燥、长冬、严寒为特征,大部分年的积雪持续覆盖。南部区冬季温暖,雪被不稳定,气温经常在 0°C 上下变化。

中亚荒漠的南部区上空,一年期间气团交替。冬季以温性气团为主,夏季以热性大陆性气团为主。而中亚荒漠的北部区上空,在同一时期内气团没有明显的季节变化。因此南部区从10月开始,随着气旋活动加强,大气降水增加,3~4月份降水最多,然后急剧减少,6月份降水量几乎为零。北部区降水量年内分配比较均匀,仅在晚秋、晚春有两个不大的峰值。

中亚及南哈萨克斯坦年降水量分布分析表明,在 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 间夏季降水量的减少有一个突变,突变以南为降水稀少区。南荒漠亚带与北荒漠亚带的界线,通常是沿这一突变带延伸:从卡腊-博加兹-哥耳湾的北部,经过阿姆河三角洲,沿布肯套山的南缘,到卡拉套山。这条降水量的突变带向东沿卡拉套山及塔拉斯山、阿拉套山延伸。从表1-1可以看出,年平均温度向南逐渐升高,北部荒漠亚带从 5°C 升至

表 1-1 中亚及哈萨克斯坦荒漠主要气候指标

气象站	温 度(℃)			平均 绝对 最低 气温 (℃)	绝对 最高 气温 (℃)	>0℃ 的天 数(d)	>10℃ 生长 期(d)	≥10℃ 积温 (℃)	降水(mm)		
	年平 均	1月	7月						全 年	夏 季	冬 季
北荒漠亚带											
捷列-库杜克	4.8	-15.4	24.5	-35	43	151	157	1973	171	102	69
阿克-图姆苏克	8.9	-7.9	25.2	-26	42	107	173	3466	129	77	52
萨 姆	8.9	-9.1	27.0	-28	46	126	179	3773	136	82	54
昆格勒	9.9	-6.7	25.3	-26	44	106	186	3751	95	46	49
库尼亚乌尔根奇	10.9	-6.0	26.6	-24	45	102	193	4 042	76	31	45
南荒漠亚带											
叶基得热	13.2	-3.9	29.7	-22	46	81	205	4697	100	40	60
达尔瓦扎	14.8	-2.0	31.2	-19	46	56	217	3123	97	39	58
阿克-莫拉	15.8	-1.0	32.2	-20	47	44	224	5393	91	34	57
切什敏	15.7	-0.2	31.5	-20	49	29	225	5 292	97	28	59
巴伊拉姆-阿里	16.0	1.5	30.2	-16	48	0	234	5 268	135	40	95
谢拉赫斯	16.6	3.0	30.2	-15	48	0	242	5 402	178	51	127
塔赫塔-巴拉尔	16.5	2.7	31.2	-17	48	0	236	5 370	241	53	128

11℃,而南荒漠亚带从 13℃升至 16℃。温度年度变化最低值 1 月份,最高值 7 月份。

北部荒漠亚带冬季严寒程度及寒冻危险性,从北向南迅速降低。亚带北部很寒冷,具有个别特别严寒的天气,亚带中部中等寒冷,具有个别很严寒的天气,在亚带的南部不太寒冷,具有少数中等严寒天气。北部 1 月气温-15℃,南部 1 月气温仅-6℃。1 月-6℃等温线以北,是冬季植物不能生长的区域,具有温带气候特征。北部荒漠亚带几乎每年 1 月气温都可降至低于-24℃、-35℃。

整个南部荒漠亚带气候冬季很温暖,亚带北部有少数中等寒冷的天气,亚带南部有少数微弱寒冷的天气。卡拉库姆东南、土库曼斯坦的西南,1 月平均气温不低于零度,只有个别最冷的冬季气温低于零下 26~35℃。

北部荒漠亚带持续严寒天数,从北界 160 d 到南界 80 d 间变化。南部荒漠亚带,没有平均气温低于零度的明显时期。

尽管北部荒漠亚带比较严寒,但只有在东部及东北部有稳定的雪被。这一亚带的其余地区,出现稳定雪被的天数不足冬季 50%,向南荒漠亚带方向出现的概率,逐渐减少到 25%。

冬季雪被不稳定是南荒漠亚带的特征。通常冬季出现几次短时期的雪被。而在个别特别寒冷年,出现稳定的雪被,这种天气对牲畜是有害的。雪被出现的总天数,北部荒漠亚带 120~130 d,南部荒漠亚带 20~30 d。

南荒漠亚带不太冷的或温暖的冬季,植物生长期一般可以持续 10~20 d 以上。在南卡拉库姆和克孜勒库姆,这样的冬季约占 50%以上。由于这样,荒漠中一些夏季死亡冬季重新生长的短命植物和类短命植物,冬季多次开花。

北荒漠亚带夏季短而热,平均气温 24~27℃,而南部荒漠亚带夏季长(90~120 d)而特别热。

南荒漠亚带有一个热窝,其特征是温度高、湿度低、空气含尘量高。7 月平均气温 29~32℃,个别年可达 46~50℃,夏天沙丘表面温度达

60~70℃,最高可达80℃。

这两个荒漠亚带,生长期及热量保证程度差别很大。平均气温高于10℃的生长期,北部荒漠亚带160~200 d,南部荒漠亚带200~242 d。生长期积温南荒漠亚带4 000~5 500℃,北荒漠亚带2 000~4 000℃。

不论北荒漠亚带或南荒漠亚带,年降水量都不大,在80~200 mm间变动。而降水的季节分配却有本质的不同。北荒漠亚带夏季降水量大于或等于冬季降水量,而南荒漠亚带以冬季降水为主,因此可根据湿润程度划分两个季节:5月中旬至10月中旬为干季,其余时间为湿季。

南荒漠亚带夏季4个月降水总量很少(图1-3),变化幅度:卡拉库姆东南1 mm;与北荒漠亚带交界处10 mm。夏季这样小的降水量没有实用价值。北荒漠亚带尽管夏季降水量不大(15~60 mm),但对于蒿属植物生长足够了,而且降水夏季各月分配几乎是均匀的。

年降水量除过分配不均外,另一特征是降水变率大。例如土库曼斯坦,个别年大气降水总量变化幅度24~564 mm。有时月降水量超过多年月平均降水量的几倍。

中亚整个平原区气候特征是全年几乎无降水。全年无降水的天数占70%~80%,小或中等降水天数占20%~30%,降水多的天数占1%~10%。南部荒漠亚带,小、中降水天数分别占春季总天数的30%、50%。降水多的天数占7%~25%。南荒漠亚带降水多的天数的(12小时降水9 mm)2~6 d。尽管降水量非常小,但是能在短时间形成灾害性冲蚀,引起泥石流、洪水、水蚀,损坏棉田。

夏季由于高温、降水少、无地表水、空气干燥。南荒漠亚带6~9月相对湿度降至22%~25%,个别地方达3%~5%。在这些天空气湿度差值特别大。例如:于奇阿吉1944年7月8日13时达108.7 mbar。

特别干旱的气候使土壤水分及水面的蒸发强度增大。南荒漠亚带水面年蒸发量1 400~2 300 mm,是大气降水量的15~20倍。土壤中主要靠秋-冬-春季降水储存的水分,春季随着气温升高,蒸发-蒸腾量增大,引起土壤干旱。根据气候条件,土壤干旱到来的准确时间如图