

青藏高原柴达木盆地东部地区的土壤侵蚀现状调查

曹雪^{1,3}, 焦菊英^{1,2,3}, 李建军²,

祁泓锟², 王湘², 白雷超², 孙晓晨², 陈同德², 马晓武²

(1.中国科学院 水利部 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室,

陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3.中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: [目的] 开展柴达木盆地的土壤侵蚀现状调查研究, 旨在为柴达木盆地土壤侵蚀防治和青藏高原环境治理提供科学依据。[方法] 考察组分别于 2019, 2020, 2021 年 7 月 3 次赴柴达木盆地, 沿德令哈市、格尔木市、都兰县一带, 对选取的 77 个样地内不同土地利用类型植被、土壤、侵蚀特征和水土保持措施进行了调查和分析。[结果] 柴达木盆地以风蚀为主, 在作物生长季, 耕地没有明显的风蚀现象, 说明作物的水土保持效果显著。不同利用类型土地的平均土壤风蚀速率大小顺序为: 沙地 > 耕地 > 撂荒地 > 灌草地; 土壤侵蚀沟多出现于山前洪积扇和山坡上的灌草地, 洪积扇上的沟蚀较为严重; 植物沙堆分布广泛, 种类多样, 沙堆体积与植物冠幅相关性较强, 植物拦沙作用明显。同时, 该区还存在部分耕地因灌溉系统管理不善而造成土壤侵蚀和地下水位上升; 种植枸杞的沙田管理不到位, 水土保持措施不完善, 水土保持投入不足等问题。[结论] 柴达木盆地土壤侵蚀类型复杂多样, 需要在加强水土保持工作的同时, 完善灌溉系统的维护, 加强土壤盐渍化治理和沙田保育, 切实保障柴达木盆地的土地资源可持续性。

关键词: 柴达木盆地; 土地利用; 土壤侵蚀; 生态保护; 土壤次生盐渍化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)05-0001-08

中图分类号: S157

文献参数: 曹雪, 焦菊英, 李建军, 等. 青藏高原柴达木盆地东部地区的土壤侵蚀现状调查[J]. 水土保持通报, 2021, 41(5): 1-8. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.05.001; Cao Xue, Jiao Juying, Li Jianjun, et al. Investigation on current status of soil erosion in Eastern Qaidam Basin of Qinghai-Tibet Plateau [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(5): 1-8.

Investigation on Current Status of Soil Erosion in Eastern Qaidam Basin of Qinghai-Tibet Plateau

Cao Xue^{1,3}, Jiao Juying^{1,2,3}, Li Jianjun², Qi Hongkun²,

Wang Xiaing², Bai Leichao², Sun Xiaochen², Chen Tongde², Ma Xiaowu²

(1.State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2.Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F

University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: [Objective] The current status of soil erosion in the Eastern Qaidam Basin was investigated in order to provide a scientific basis for the prevention and control of soil erosion in this region, and for effective environmental management of Qinghai-Tibet Plateau. [Methods] The investigations were conducted in July 2019, 2020, 2021 in the Eastern Qaidam Basin, along Delingha, Golmud City, and Dulan County. 77 investigation plots were selected to investigate vegetation, soil, characteristics of soil erosion, and soil and water conservation

收稿日期: 2021-07-22

修回日期: 2021-09-02

资助项目: 科技部第二次青藏高原综合考察研究(2019QZKK0603); 中国科学院战略性先导科技专项“泛第三极环境变化与绿色丝绸之路建设”(XDA20040202)

第一作者: 曹雪(1991—), 女(汉族), 陕西省铜川市人, 博士研究生, 研究方向为土壤侵蚀。Email: a1534733003@126.com。

通讯作者: 焦菊英(1965—), 女(汉族), 陕西省宝鸡市人, 研究员, 博士生导师, 主要从事流域侵蚀产沙、土壤侵蚀与植被关系及水土保持效益评价研究。Email: jyjiao@ms.iswc.ac.cn。

measures. [Results] Qaidam Basin was dominated by wind erosion. During the crop growing season, there was no obvious wind erosion phenomenon on cultivated land, indicating that the soil and water conservation of crops was remarkable. The average soil wind erosion rates of different land use types followed the order of sandy land > cultivated land > abandoned land > shrub land. Gully erosion was mostly found on the grassland of piedmont alluvial fans and hillsides. Gully erosion on alluvial fans was more serious than on hillsides. Nebkhas were widely distributed and exhibited a diverse mix of species. Nebkhas volume had a strong correlation with plant canopy, and their sand blocking effect was obvious. The main existing problems were soil erosion and rising groundwater level caused by over irrigation of cultivated land, inadequate management of sandy land for planting wolfberry, imperfect soil and water conservation measures, and insufficient investment in soil and water conservation. [Conclusion] The types of soil erosion in Qaidam Basin are complex and diverse. It is recommended that soil and water conservation practices be strengthened, irrigation system maintenance be improved, and soil salinization management and sandfield conservation be strengthened. Thus will effectively ensure the sustainability of land resources in Qaidam Basin.

Keywords: Qaidam Basin; land use; soil erosion; ecological protection; secondary soil salinization

青藏高原是中国重要的生态安全屏障和战略资源储备基地,也是全球气候变化最为敏感的地带之一^[1]。受全球气候变化和人类活动的影响,青藏高原极端高温和降水事件频繁发生^[2],会加剧区域土壤侵蚀^[3]。地处青藏高原北部的柴达木盆地是整个青藏高原气候变化最为敏感和显著的地区^[4]。调查分析柴达木盆地的土壤侵蚀规律和治理状况,有利于研究气候变化和人类活动对土壤侵蚀的影响程度,寻找针对该区具体情况的土壤侵蚀防治对策,对推动青藏高原可持续发展,促进全球生态环境保护具有重要意义。

柴达木盆地是中国 4 大盆地之一,拥有中国第 5 大沙漠——柴达木沙漠,生态环境极为脆弱,同时也是中国大型能源生产基地、盐化工开发与大型工矿业开发加工基地。随着工业发展步伐不断加快,柴达木盆地农业建设得以相应发展,对环境造成的压力也越来越大^[5]。长期以来,土壤侵蚀对该区的工矿、交通、农牧业带来的危害,严重制约当地的经济社会的发展^[6]。因此,研究柴达木盆地的土壤侵蚀特征,对保护土地资源和促进经济发展具有重要的科学价值和实践意义。目前,对于柴达木盆地土壤侵蚀现状的研究多集中于遥感解译数据,有针对性的实地调查数据很少。为此,课题组分别于 2019、2020 年和 2021 年 7 月 3 次赴青海省的德令哈市、格尔木市、都兰县等地区开展土壤侵蚀实地调查,并结合土壤风蚀速率的估算结果,寻找防治该区土壤侵蚀的有效防治措施,为促进区域水土保持与生态文明建设提供理论依据。

1 调查区概况

根据青海省第三次遥感普查结果,柴达木盆地水土流失总面积为 165 500 km²,占总土地面积的 64.18%,水土流失类型主要以风蚀为主,并伴有轻微

的水蚀,在高山地带局部为冻融侵蚀。其中风力侵蚀 103 200 km²,占水土流失总面积的 62.36%;冻融侵蚀 37 300 km²,占总面积的 22.56%;水力侵蚀 25 000 km²,占总面积的 15.08%^[7]。

研究区位于柴达木盆地东部,地理位置为 95°02′—99°00′E,36°24′—37°80′N,海拔 2 694 ~ 4 357 m,研究区属于典型的高原大陆性气候,寒冷干旱,降水稀少且多集中在夏季^[8]。柴达木盆地年降水量自东南部的 200 mm 递减到西北部的 15 mm,年总辐射量 7 000~8 000 MJ/m²,年均温度 -1.4~5.1 ℃,年蒸发量 2 000~3 000 mm^[9]。该区全年主导风向为西风、西北风,年平均风速 3.4 m/s,最大风速 23 m/s,全区各地风沙的日数为 2.9~29 d,格尔木最多^[10]。植被稀少,以荒漠灌木、小灌木半灌木为主要植被类型^[11]。

2 调查内容与方法

2.1 调查区域

柴达木盆地东部地区人口密集,耕地、林地、建设用地在分布上具有很大的 consistency。因此,本研究沿德令哈市的柯鲁柯镇、怀头他拉镇、尕斯库勒镇,格尔木市的东南部地区、郭勒木德镇、大格勒乡,都兰县的宗加镇、香日德镇、察汗乌苏镇共 3 个县市 9 个样带,选取了耕地、撂荒地、灌草地、沙地、防风林等多种土地利用方式,共 77 个样地(如图 1 所示)进行考察。

2.2 调查内容与方法

2.2.1 植被和土壤调查 本研究采用样方法进行调査。草地和耕地样方大小为 2 m×2 m,灌木样方为 5 m×5 m,沙地样方根据沙堆大小的不同分为 10 m×10 m 和 20 m×20 m 两种规格。调查指标有植物种类、盖度、株(丛)数、株高等,共调查了 77 个样

地。同时在 77 个样地针对不同土地类型及选取的沙堆进行取样。利用土钻采集 0—20 cm 土壤样品,并

记录采样点的地理坐标、海拔等基本信息,将土壤样品阴干以备后续的理化性质测定。

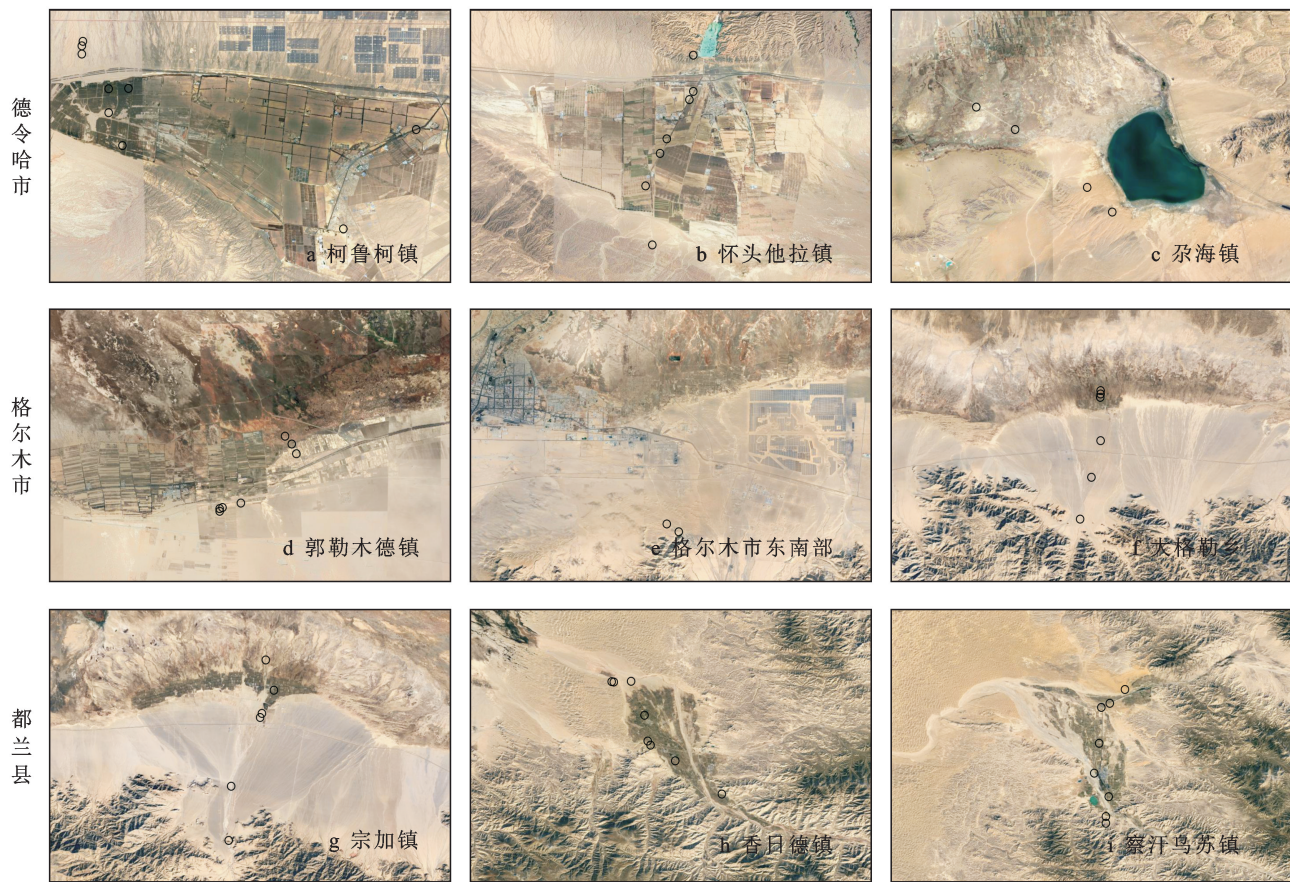


图 1 柴达木盆地全部调查采样点分布

2.2.2 土壤侵蚀调查 水力侵蚀调查过程主要对侵蚀沟类型、发育部位及土地利用方式进行调查。风力侵蚀调查工作主要包括填写《全国水利普查风蚀野外调查表》(以下简称《风蚀调查表》)和测量植物沙堆。《风蚀调查表》包括基本情况、地表粗糙度、地表覆被状况 3 部分。植物沙堆测量主要对其长、宽、高、走向 4 项指标进行测量。根据沙堆实际尺寸,圆形沙堆宽、高测量 1 组,长条形大沙堆的宽、高测量 3~6 组,共 25 个样地。同时,还对耕地防护林带、耕地田垄的高度和宽度进行了测量。此外,在对侵蚀沟和沙堆的调查中还采用无人机对研究区进行了航拍。无人机具体型号为 DJI 大疆精灵 Phantom 4 Pro V2.0 智能航拍无人机,航拍影像分辨率为 10 cm。对于侵蚀沟的拍摄,考虑到不同地形地貌等因素的影响,航拍高度控制在 200 m 以内。对于沙堆的拍摄,考虑到后期提取精度问题,航拍高度控制在 60 m 以内。

2.2.3 土壤风蚀速率计算 本文采用第一次全国水利普查风蚀模型计算方法,分为耕地、草(灌)地和沙地 3 种风力侵蚀模型^[12],其中林地归入灌草地进行

计算。基于调查填写的《风蚀调查表》,使用张学君等利用可变渗透量水文模型(variable infiltration capacity,简称 VIC)模拟的青藏高原地区土壤湿度(ftp://hydro.igsnrr.ac.cn/pub/VIC_outputs/soil_moisture_layer1)^[13],以及德令哈站、格尔木站、诺木洪站和都兰站等风蚀区主要气象站获得的长期风向风速观测数据,最终通过计算得到土壤风蚀速率。

同时,沿调查路线对当地的防风固沙措施类型与特征进行初步判定,并记录其地理坐标、海拔高度、损毁情况等基本信息。

3 不同利用类型土地的土壤侵蚀特征

柴达木盆地属土壤侵蚀区划的三北戈壁沙漠及沙地风沙区,主要侵蚀类型为风力侵蚀,在全区均有分布。冻融侵蚀主要分布在盆地的东北部和南部边缘高山地带。水力侵蚀主要分布在盆地的东部,集中在德令哈市、乌兰县、天峻县等地^[6]。区域内侵蚀特征差异大,且随着全球气候变化,柴达木盆地气候趋向暖湿化发展,增温显著,降雨量持续增加^[14],

显著加剧了水土流失,使沙漠化面积不断扩大。

调查发现,在植物生长季,耕地没有明显的风蚀现象,水土保持效果显著。其主要原因在于耕地具有土地平坦、作物长势较好,覆盖度高等优势。耕地植被的平均高度可达 98 cm,相比于其他土地利用类型较高(灌草地平均高 48 cm,沙地平均高 42 cm);另外,耕地的植被覆盖度(10%~95%,平均盖度 54%)远高于其他土地利用类型(撂荒地 25%,灌草地 25%,沙地 17%,林地 25%)。见图 2)。撂荒地的风蚀的防控作用主要与撂荒时间有很大的关系。初始

撂荒时,地表裸露,植被稀疏,抵抗风蚀能力较弱。随着撂荒年限的增加,植被不断生长,并逐渐向草地发展,抵抗风蚀的能力也逐渐增强;灌草地的植物种类多样,多为多年生植物,且全年植被覆盖度变化不大,多有砾石覆盖,抵抗风蚀能力较强。林地多为防风固沙的杨树林。杨树幼林地多采用了滴灌和覆膜技术,以保障杨树幼苗的生长,其固沙能力有限。而成熟的杨树林结构良好,林下有灌木、禾草等植被,加之枯落物盖度达 90%,固沙能力强。沙地风沙活动最为强烈。

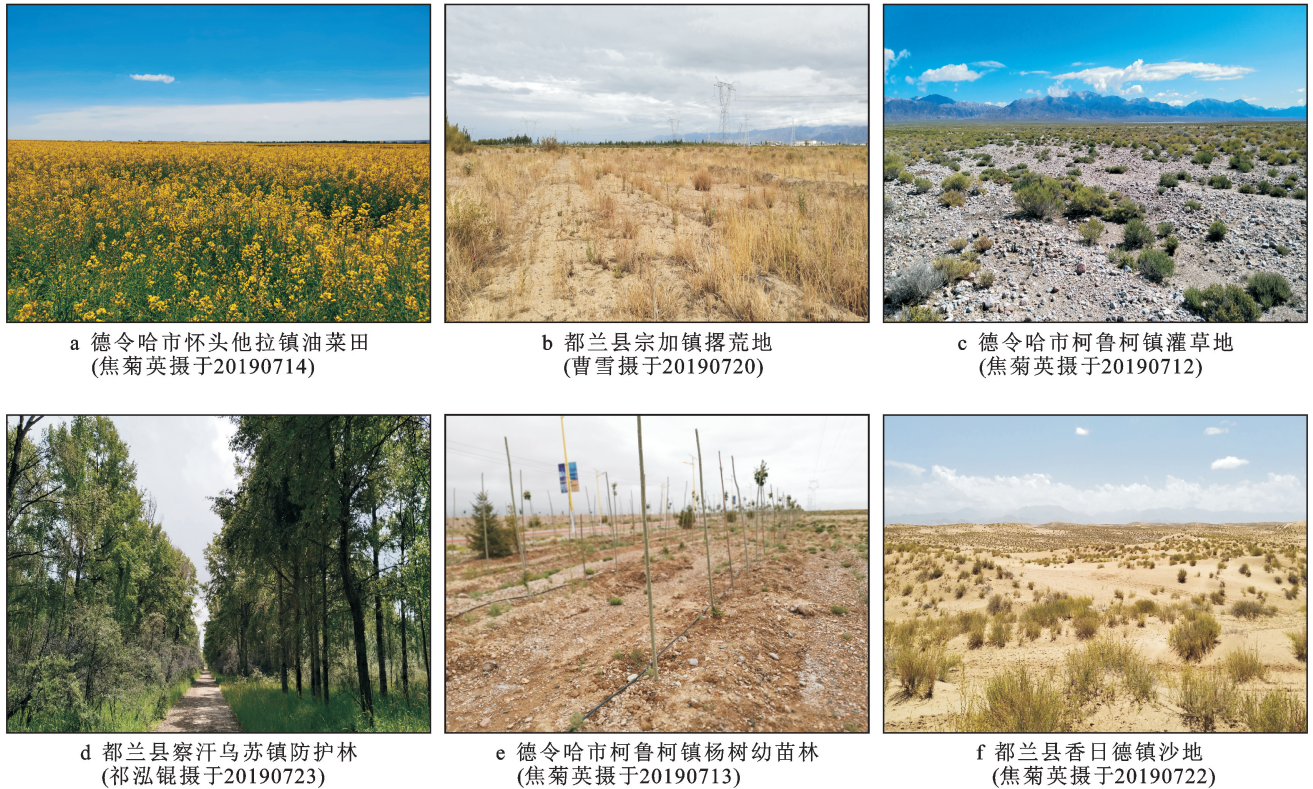


图 2 柴达木盆地不同土地利用类型的植被特征

利用第一次全国水利普查风蚀模型计算得到土壤风蚀速率(见表 1)。计算结果表明柴达木盆地不同土地利用类型的土壤风蚀速率呈现:沙地[118.67 t/(hm²·a)]>耕地[62.78 t/(hm²·a)]>撂荒地[36.03 t/(hm²·a)]>灌草地[1.36 t/(hm²·a)]。耕地土壤侵蚀速率较高主要是因为模型在计算时考虑到耕地作物在秋季收割后地表无植被覆盖,外加冬春季风蚀侵蚀强烈,使得耕地的土壤侵蚀速率较高,建议耕地作物收获后免耕留茬到次年播种时,以防止冬春季的风力侵蚀。

对不同土地利用类型的土壤水力侵蚀特征进行调查后发现,侵蚀沟多出现于山前洪积扇和山坡上的灌草地(图 3)。比较洪积扇的侵蚀沟与山坡上的侵

蚀沟后发现,洪积扇的侵蚀沟宽深比高于山坡上的侵蚀沟。这是由于洪积扇区域的集水面积比山坡上的更大,来水量更大,而山坡的坡度比洪积扇大,水流向下切蚀的能量更大,而向两侧侵蚀的能量更小。

表 1 柴达木盆地东部不同利用类型土地的年平均土壤侵蚀速率

地 区	平均土壤侵蚀速率/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹)			
	耕 地	撂荒地	灌草地	沙 地
德令哈市	34.17	31.2	0.02	83.51
格尔木市	46.22	39.80	1.04	175.77
都兰县	84.51	39.49	2.36	112.82
平均值	62.78	36.03	1.36	118.67



a 德令哈市怀头他拉镇山坡上的侵蚀沟(焦菊英摄于20190714)



b 德令哈市柯鲁柯镇洪积扇上的侵蚀沟(陈同德摄于20210720)

图 3 柴达木盆地不同利用类型土地的侵蚀沟特征

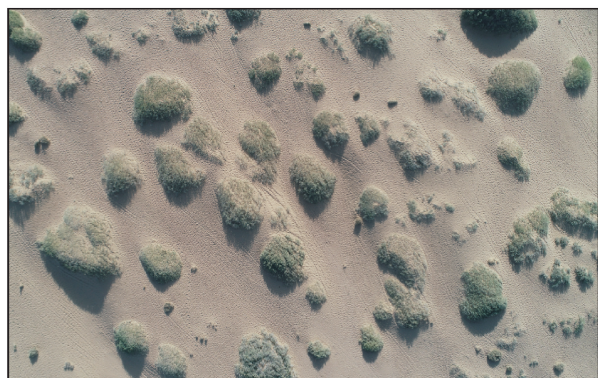
4 植物沙堆的拦沙作用

柴达木盆地风力侵蚀强烈,植被稀疏,当有植被出现的时候,沙物质会在植物基部堆积形成植物沙堆。植物沙堆对于防风固沙和保持生态环境的稳定具有十分重要的作用^[15]。其中以德令哈市和都兰县的植物沙堆体积多较小,但种类多(见图 4),主要有唐古特白刺(*Nitraria tangutorum*)、盐爪爪(*Kalidi-*

um foliatum)、驼绒藜(*Krascheninnikovia ceratoides*)、合头草(*Sympegma regelii*)、红砂(*Reaumuria soongarica*)、猪毛菜(*Salsola collina*)等。格尔木市、都兰县宗加镇一带的植物沙堆形态较大(见图 5)。沙堆的植物主要有膜果麻黄(*Ephedra przewalskii*)、柴达木沙拐枣(*Calligonum zaidamense*)、驼绒藜(*Krascheninnikovia ceratoides*)、梭梭(*Haloxyylon ammodendron*)等。



a 德令哈市尕斯库勒湖附近的沙堆群(李建军摄于20210714)



b 德令哈市尕斯库勒湖附近的白刺沙堆(李建军摄于20210715)

图 4 柴达木盆地植物沙堆无人机影像

不同枝系构型的植物形成的沙堆形态存在差异,膜果麻黄、沙拐枣和驼绒藜周围普遍发育成顺风向延伸的风影沙堆,而合头草和驼绒藜沙堆多为半椭球型沙堆(图 5)。风影沙堆的平均长宽比(2.29 m)是半椭球型沙堆(1.17 m)的两倍,且差异显著($p < 0.05$)。除驼绒藜外,其他 4 种植物沙堆的长度、宽度和高度之间的相关系数在 0.608~0.94 之间($p < 0.05$),说明灌丛沙堆演化过程中,沙堆的长度,宽度和高度三者之间协同变化(表 2)。同时沙堆的形态特征与其植物的冠形也存在明显的关系。除了沙堆和植物的高度以外,膜果麻黄、沙拐枣、合头草和沙蒿沙堆的其他

指标与植物的长度、宽度密切相关($r > 0.612$, $p < 0.05$)。通过对 5 种典型灌丛沙堆(膜果麻黄、柴达木沙拐枣、驼绒藜、合头草和沙蒿沙堆)阻沙能力(以沙堆体积来表示)对比发现,膜果麻黄沙堆的体积与其他 4 种沙堆体积差异显著($p < 0.05$)。从沙堆体积平均值来看,呈现:膜果麻黄>柴达木沙拐枣>合头草>驼绒藜>沙蒿(表 2),可为今后防沙治沙工程的植被选择提供理论依据。综上所述,柴达木盆地的植物沙堆分布广泛,种类多,建议加强植物与沙堆的相互作用的研究,以期于干旱半干旱荒漠区植被资源保护及沙化土地治理提供参考。



a 都兰县宗加镇膜果麻黄沙堆(祁泓锟摄于20190720)



b 格尔木市柴达木沙拐枣沙堆(曹雪摄于20190718)



c 格尔木市东南边驼绒藜沙堆(曹雪摄于20190718)



d 都兰县宗加镇合头草沙堆(曹雪摄于20190720)

图 5 柴达木盆地不同植物沙堆特征

表 2 柴达木盆地 5 种植物沙堆的形态参数指标(平均值±标准差)

沙堆形态参数	沙堆植物类型				
	膜果麻黄	柴达木沙拐枣	驼绒藜	合头草	沙蒿
长/m	1.79±0.88 ^a	1.72±0.89 ^a	0.68±0.32 ^b	0.57±0.32 ^b	0.45±0.26 ^b
宽/m	1.03±0.83 ^a	0.76±0.33 ^{ab}	0.43±0.20 ^b	0.45±0.22 ^b	0.42±0.21 ^b
高/m	0.25±0.22 ^a	0.14±0.06 ^b	0.06±0.03 ^b	0.12±0.05 ^b	0.07±0.04 ^b
面积/m ²	1.278±1.670 ^a	0.439±0.311 ^b	0.190±0.136 ^b	0.250±0.239 ^b	0.185±0.205 ^b
体积/m ³	0.323±0.550 ^a	0.040±0.035 ^b	0.008±0.006 ^b	0.026±0.033 ^b	0.012±0.023 ^b

注:表中数据右上角不同字母表示差异显著($p<0.05$)。

5 存在的问题与建议

5.1 耕地灌溉系统管理不善会造成土壤侵蚀

在柴达木盆地的德令哈市,黑石水库东干渠贯穿南北,支渠、毛渠向四周延伸,形成灌溉网,对当地农业发展起着强有力的支撑作用^[16]。但是,在调查过程

中发现,由于德令哈市的耕地长期以来采用大水漫灌,跑冒滴漏水的现象较为严重,导致在支渠附近出现了多处地面塌陷。在德令哈市柯鲁柯镇,修建的渡槽渠灌体系虽然解决了耕地的灌溉问题,但由于耕地灌溉系统不够完善造成了一定程度的土壤侵蚀,形成了明显的侵蚀沟(图 6)。



a 格尔木市大格勒乡灌溉渠跑漏水导致的侵蚀沟(焦菊英摄于20190719)



b 德令哈市柯鲁柯镇耕地旁的侵蚀沟(李建军摄于20190712)

图 6 柴达木盆地耕地灌溉系统管理不善导致的侵蚀现象

柯鲁柯镇侵蚀沟平均深度约为 1.79 m,平均宽度约为 0.93 m,最大深度为 1.92 m,最大宽度为 3.10 m,并伴随侧壁掏蚀、崩塌等现象,长此以往损坏面积会逐渐扩大,并向四周扩散,危害当地农业的发展。建议对耕地渠灌系统定期检修,减少水的跑漏和发生灌溉侵蚀。应在该区发展节水农业,尽量避免大水漫灌。

5.2 地下水位升高导致土壤次生盐渍化

德令哈市尕斯库勒镇和格尔木市等地区均出现大面积撂荒地,伴随着严重的土壤盐碱化问题(图 7)。撂荒地主要是因为地下水位上升而引起的。德令哈市

尕斯库勒地区内地下水位上升与近几年来该区降雨量、巴音河流域的变化、人类活动等有着密切的关系。长期以来大水漫灌及退耕还林后农灌设施跑漏是引起地下水位上升的重要原因,并伴随着土壤盐渍化现象^[16]。同时格尔木市地下水位的升降主要受格尔木河渗漏情况的影响,取决于径流量、水库、洪水等因素的影响。有研究发现,40 a 来格尔木市的地下水位总体上处于上升趋势,造成大面积土壤次生盐渍化,对绿洲农业生态环境产生了极大威胁^[17]。建议调整灌溉模式,结合排水,并加强土壤盐渍化治理,保障该区珍贵耕地资源的可持续发展。



图 7 柴达木盆地地下水位上升导致的耕地撂荒

5.3 枸杞沙田管理不到位

截止 2020 年,柴达木盆地种植枸杞面积已经超过 $3.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ^[18],实现了将沙地治理和农业发展完美结合起来提高生态和生产双效益的目标。调查过程中发现在格尔木市郭勒木德镇南部,大面积的沙化土地已被新农地产下属的绿沙种植科技公司种植了黑枸杞和红枸杞(图 8a),其总面积可达 233 hm^2 。但同时也发现有大量的枸杞田处在弃荒状态

(图 8b—8c),可能因为当地的降雨不能满足枸杞生长对水分的需求,也不能保障灌溉补给^[19]。目前,柴达木盆地枸杞产业存在配套设施较差,经营管理水平较低,产业加工链短和品牌培养滞后等问题,严重影响其后期销售,并降低了农户对枸杞种植的热情^[20]。建议加强枸杞种植规划、沙田保育和产业链建设,将防沙治沙与产业开发相结合,并与当地农牧民脱贫致富相结合。



图 8 柴达木盆地管理不到位的枸杞田

5.4 水土保持措施维护不到位

国家在柴达木盆地已实施了各种生态修复工程和

防风治沙工程。截止 2019 年底,柴达木盆地省级水土流失重点治理区〔德令哈市、都兰县,格尔木市(唐古拉

山镇除外)已建成水保乔木林、灌木林、枸杞林封育等水土保持工程。与 2018 年相比,该区水土流失治理面积减少了 79.39 km²^[21]。同时,该区也实施了防沙治沙工程。在大格勒乡到诺木洪县城的道路两旁,长达 23 km 的沙地正在开发,已经新植了杨树幼苗,以利于后期道路内侧沙地的开垦。但该区需要加强防护林建设。由于新植杨树幼苗的防风固沙能力较弱,需要将灌溉、排水和施肥措施有机结合,并加强防护。同时在

调查中发现,察汗乌苏镇的防沙治沙意识强,北边大片的沙垄地目前已经被大规模的编织袋方格状沙障保护着。该措施就地取材,以沙治沙,配合种植杨树和柠条,形成防沙体系,可有效达到防沙目的。但是,该镇大部分沙袋已破损,防风固沙效益减弱(图 9)。建议在防沙治沙关键地区,定期重新铺设沙袋沙障,以保障区内沙地表蚀积面的稳定,促进植被恢复,并要积极开发使用期限更长久的无污染防沙新材料新技术。



a 都兰县察汗乌苏镇(曹雪摄于20190723)



b 德令哈市杂海镇(王湘摄于20200731)

图 9 柴达木盆地防风固沙工程——沙袋沙障

5.5 水土保持资金投入不足,应加强水土保持监测与研究

柴达木盆地水土保持监督工作自 2004 年开始启动,起步较晚。同时,由于该区水土流失面积大,范围广,治理经费短缺,水土流失仍然非常严重。由于该区水土保持基础工作相对滞后,水土保持措施少,土壤侵蚀观测和调查数据匮乏,难以准确把握土壤侵蚀现状。建议进一步加强该区土壤侵蚀基础数据库建设和理论研究,在系统分析评价区域水土流失状况、划分水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀等类型区的基础上,制定水土保持目标和确定措施布局,最大限度地提高水土流失防治水平和综合效益。并要加强技术支撑,利用无人机、实地监测等多种方式对生态脆弱区、生产建设项目区等重点区域实现精准监测,建立并完善柴达木盆地水土流失监测和水土保持数据库,为有关该区的科学研究提供数据支撑,为中国西部水土资源安全和经济社会的可持续发展提供安全保障。

[参 考 文 献]

- [1] 姚檀栋,陈发虎,崔鹏,等.从青藏高原到第三极和泛第三极[J].中国科学院院刊,2017,32(9):924-931.
- [2] 崔鹏,陈容,向灵芝,等.气候变暖背景下青藏高原山地灾害及其风险分析[J].气候变化研究进展,2014,10(2):103-109.
- [3] 陈同德,焦菊英,王颖霖,等.青藏高原土壤侵蚀研究进

展[J].土壤学报,2020,57(3):547-564.

- [4] 王发科,苟日多杰,祁贵明,等.柴达木盆地气候变化对荒漠化的影响[J].干旱气象,2007,25(3):28-33.
- [5] 牛乐乐,张必成,贾天忠,等.青海省海西州土地利用变化强度分析与稳定性研究[J].水土保持学报,2021,35(2):152-159.
- [6] 于杰.柴达木盆地水土流失的地理环境及防治对策[J].中国水土保持,2011(9):48-50.
- [7] 张福良,李青基,李积文,等.柴达木盆地水土流失现状及防治对策[J].中国水利,2012(18):43-44.
- [8] 牛慧慧,陈辉,付阳,等.柴达木盆地东部荒漠植物生态位特征[J].生态学报,2019,39(8):2862-2871.
- [9] 徐浩杰,杨太保.柴达木盆地植被生长时空变化特征及其对气候要素的响应[J].自然资源学报,2014,29(3):398-409.
- [10] 强明瑞,肖舜,张家武,等.柴达木盆地北部风速对尘暴事件降尘的影响[J].中国沙漠,2007,27(2):290-295.
- [11] 马俊飞,吕昌河,王茜.基于 MODIS NDVI 时序数列的柴达木盆地土地覆盖分类研究[J].干旱区地理,2008,31(3):442-448.
- [12] 李智广,邹学勇,程宏.中国风力侵蚀抽样调查方法[J].中国水土保持科学,2013,11(4):17-21.
- [13] Zhang Xuejun, Tang Qihong, Pan Ming, et al. A long-term land surface hydrologic fluxes and states dataset for China [J]. Journal of Hydrometeorology, 2014,15(5):2067-2084.

(下转第 29 页)

水肥利用的影响[J].东北林业大学学报,2015,43(11):37-41.

[7] 秦杏宇,吕馥龄,彭晶晶,等.滴灌与沟灌栽培杨树人工林土壤水分动态与生产力[J].应用生态学报,2020,31(5):1535-1542.

[8] Pregitzer K S, DeForest J L, Burton A J, et al. Fine root architecture of nine North American trees [J]. Ecological Monographs, 2002,72(2):293-309.

[9] 张小全,吴可红.森林细根生产和周转研究[J].林业科学,2001,37(3):126-138.

[10] Tateno R, Hishi T, Takeda H. Above-and below-ground biomass and net primary production in a cool-temperate deciduous forest in relation to topographical changes in soil nitrogen [J]. Forest Ecology and Management, 2004,193(3):297-306.

[11] 钱文丽,卢元,王韶仲,等.混交对红松人工林细根生物量和空间分布的影响[J].东北林业大学学报,2016,44(2):1-5.

[12] 李凌浩,林鹏,邢雪荣.武夷山甜槠林细根生物量和生长量研究[J].应用生态学报,1998,9:337-340.

[13] 尤健健,张文辉,邓磊,等.间伐对黄龙山油松中龄林细根空间分布和形态特征的影响[J].生态学报,2017,37(9):3065-3073.

[14] Gwenzi W, Veneklaas E J, Holmes K W, et al. Spatial analysis of fine root distribution on a recently constructed ecosystem in a water-limited environment [J]. Plant and Soil, 2011,348(1/2):471-489.

[15] 谢玲芝,李俊楠,王韶仲,等.林分密度对水曲柳人工林吸收根生物量和根长密度的影响[J].东北林业大学学报,2014,42(9):1-5.

[16] 傅建平,兰再平,孙尚伟,等.滴灌条件下杨树人工林土壤的水分运移[J].林业科学,2013,49(6):25-29.

[17] 赵忠,李鹏,王乃江.渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征的研究[J].应用生态学报,2000(1):37-39.

[18] Block R M A, Rees K C J, Knight J D. A review of fine root dynamics in populus plantations [J]. Agroforestry Systems, 2006,67(1): 73-84.

[19] 耿东梅,单立山,李毅.土壤水分胁迫对红砂幼苗细根形态和功能特征的影响[J].水土保持通报,2014,34(6):36-42.

[20] 陈光水,杨玉盛,何宗明,等.树木位置和胸径对人工林细根水平分布的影响[J].生态学报,2005,25(5):1007-1011.

[21] 闫小莉,戴腾飞,贾黎明,等.欧美 108 杨细根形态及垂直分布对水氮耦合措施的响应[J].植物生态学报,2015,39(8):825-837.

[22] 朱美秋,马长明,翟明普,等.河北石质山区花椒细根分布特征[J].林业科学,2009,45(2):131-135.

[23] Burke M K, Raynal D J, Mrrchell M J. Soil nitrogen availability influences seasonal carbon allocation patterns in sugar maple(*Acer saccharum*) [J]. Canndian Journal of Forest Research, 1991,22(4):447-456.

[24] Domisch T, Finér L, Lehto T. Growth, carbohydrate and nutrient allocation of Scots pine seedlings after exposure to simulated low soil temperature in spring [J]. Plant and Soil, 2002,246(1):75-86.

[25] King J S, Albaugh T J, Allen H L, et al. Below-ground carbon input to soil is controlled by nutrient availability and fine root dynamics in loblolly pine [J]. New Phytologist,2002,154(2):389-398.

[26] 程云环,韩有志,王庆成,等.落叶松人工林细根动态与土壤资源有效性关系研究[J].植物生态学报,2005,29(3):403-410.

(上接第 8 页)

[14] 李红梅.柴达木盆地气候变化对植被的影响分析[J].草原学报,2018,27(3):13-23.

[15] Ahmed M, Al-Dousari N, Al-Dousari A. The role of dominant perennial native plant species in controlling the mobile sand encroachment and fallen dust problem in Kuwait [J]. Arabian Journal of Geosciences, 2016,9(2):1-4.

[16] 赵振,陈惠娟,冯林传.青海德令哈主要环境地质问题及其防治对策[J].中国地质灾害与防治学报,2014,25(2):83-89.

[17] 汪生斌,祁泽学,苏世杰,等.基于数值模拟的格尔木地区地下水位致灾性抬升机理研究[J].干旱区研究,2020,37(5):1132-1139.

[18] 杨文君,田丽慧,张登山,等.绿色有机标准追求下柴达木盆地枸杞种植效益分析[J].干旱区资源与环境,2021,35(9):151-157.

[19] 雷玉红,蔡玉琴,梁志勇,等.格尔木地区气象条件对枸杞生育期出现早晚影响分析[J].青海农林科技,2019(3):22-26.

[20] 李冰.青海枸杞产业现状分析与趋势研究[J].林业经济,2013,35(4):60-64.

[21] 青海省水利厅.青海省水土保持公报[R].2019.