

高寒干旱区盐碱地对土地利用格局的空间互动机制 ——以柴达木盐碱地区为例

缪骁 陈奕熙

青海民族大学

DOI:10.32629/ems.v8i6.20594

[摘要] 本研究以青海省海西蒙古族藏族自治州柴达木盐碱地为研究对象,基于 2025 年柴达木盆地土壤 pH 以及研究地区森林、冰雪、草地、灌木、裸地、农田、湿地、水体七大主要土地利用类型数据,借助 ArcGIS 可视化分析,探究盐碱地与土地利用空间格局互动机制。本研究结果显示:研究区盐碱地与裸地、湿地、水体空间整体上关联性较强,与森林、农田、冰雪呈空间整体上疏离态势;研究区植被覆盖高的区域盐碱化程度较低,覆盖度低的区域盐碱化程度较高;并科学性提出柴达木盐碱地治理方案以及研究区内不同行政区域未来土地利用、发展相关建议。

[关键词] 柴达木盐碱地; 盐碱地改良; 土地利用格局空间分异; 城镇规划

1、研究区域概况

青海省作为青藏高原生态安全屏障的核心区域,盐碱地分布广泛且具有高寒干旱区独特性,但受气候、地质等自然因素及人为活动影响,耕地质量先天存在不足,后备资源稀缺。柴达木盐碱地区地处青藏高原东北部、青海省西北部,隶属于海西蒙古族藏族自治州,是我国海拔最高的内陆封闭盆地,总面积约 26.5 万 km²。盆地被昆仑山、祁连山、阿尔金山环绕,地势西北高、东南低,平均海拔 2600-3000m,属典型高寒干旱区,也是我国西北内陆盐碱地集中分布的核心区域之一。由于隶属格尔木市的唐古拉山地区为飞地,且为了保证研究区地块的完整性,本文的研究区不包括与海西州主体不相连的唐古拉山镇^[1]。

研究区是典型的高原大陆性气候^[2],气候极端干旱,降水稀少、蒸发强烈,年均降水量仅 120mm 左右,且区域分布不均,年均蒸发量超 2400mm,蒸发量远大于降水量;昼夜温差大、日照时间长、风力强劲,特殊的气候条件加之封闭盆地地形、含盐地质母质,共同推动土壤盐碱化广泛发育,区域盐碱化程度高、分布范围广,柴达木盆地是我国典型的内陆干旱盐渍化盆地,土壤盐分高,植物生长条件恶劣,进行土壤改良对于合理开发利用盐碱地具有重要意义^[3]。

根据土地利用类型划分标准,将本研究区土地利用类型划分为农田、森林、灌木、草地、水体、冰雪、裸地、湿地 8 种,土地利用结构差异显著,草地与裸地占绝对主导地位,分布最为广泛。

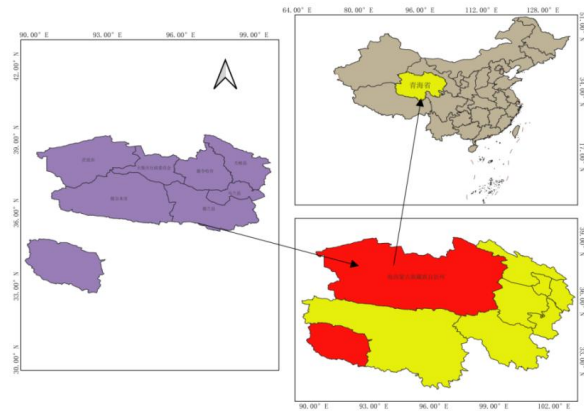


图 1 研究区地理位置示意图

2、数据来源

本研究的主要数据来源如下:① 30 米分辨率土地利用栅格数据来自于武汉大学杨杰、黄昕教授团队开发,中国首个基于 Landsat 影像构建的 30 米分辨率年度土地覆盖数据集,覆盖 1985-2025 年共 37 年连续观测,将土地利用的栅格数据通过 ArcGIS 划分为农田、森林、灌木、草地、水体、冰雪、裸地、湿地 8 种土地利用类型②研究区概况栅格数据源于天

地图·国家地理信息公共服务平台 (<https://www.tianditu.gov.cn/>)。

3、综合柴达木盐碱地地区土壤pH空间分布探究土地利用土地利用格局的空间互动机制

3.1 柴达木盐碱地地区土壤 pH 分布情况

通过中国科学院东北地理与农业生态研究所梁正伟等人科研成果盐碱地划分轻度、中度、重度（包括极重度）三个危害级别类型如表 1 所示，借鉴该划分方式将柴达木盐碱地划分为五个类型（如表 2 所示）：酸性（ $pH \leq 6.500$ ）、中性（ $6.500 < pH < 7.500$ ）、轻度盐碱地（ $7.500 < pH < 8.500$ ）、中度盐碱地（ $8.500 < pH < 9.500$ ）、重度盐碱地（ $pH \geq 9.500$ ）

表 1 柴达木盆地盐碱地分类依据

盐碱化程度	pH 值
重度	> 10.5 (极重)
	9.5-10.5
中度	8.5-9.5
轻度	7.5-8.5 碱性土而非盐碱土

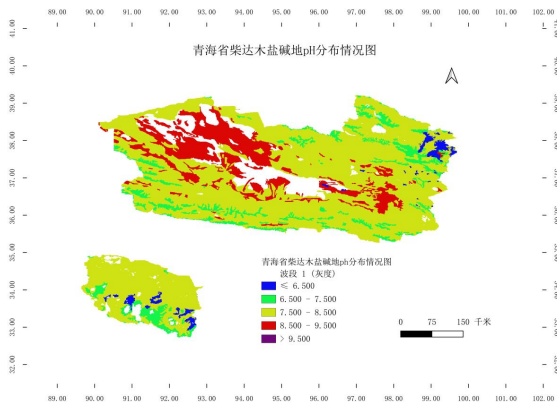


图 2 青海省柴达木盐碱地 pH 分布情况图

表 2 柴达木盐碱地分类

盐碱化程度	pH 值
重度盐碱地	≥ 9.500
中度盐碱地	8.500—9.500
轻度盐碱地	7.500—8.500
中性	6.500—7.500
酸性	≤ 6.500

通过图 3 可以看出：天峻县以中性土壤（ $6.500 < pH < 7.500$ ）和轻度盐碱地（ $7.500 < pH < 8.500$ ）为主，是盆地内盐碱程度最低的地区；都兰县以轻度盐碱地（ $7.500 < pH < 8.500$ ）为主要盐碱类型，仅部分盐湖周边有小片中度盐碱地，没有重度盐碱地分布；乌兰县盐碱地呈明显梯度分布态势，

茶卡盐湖周边以中度盐碱地（ $8.500 < pH < 9.500$ ）为主要盐碱地类型，局部地区存在重度盐碱地（ $pH \geq 9.500$ ）；乌兰县北部山地及绿洲边缘以轻度盐碱地为主，中性土壤只零散分布于河流沿线地区，是盆地中东部中重度盐碱地集中分布区之一；德令哈市以轻度盐碱地（ $7.500 < pH < 8.500$ ）为主体，呈现出“圈层分布”形式：市区及巴音河绿洲带为轻度盐碱地地区；西部、南部荒漠及托素湖周边以轻度和中度盐碱地为主，局部存在中度盐碱地，无大面积重度盐碱化区域；格尔木市盐碱地类型空间差异显著，以轻度盐碱地（ $7.500 < pH < 8.500$ ）和中度盐碱地（ $8.500 < pH < 9.500$ ）为主：市区及格尔木河绿洲带周边为轻度盐碱地；察尔汗盐湖周边及盆地腹地以中度盐碱地为主要类型，局部地区存在重度盐碱地，是盆地中南部地区中度盐碱地的核心分布的地域；茫崖市是盆地盐碱化程度最高的区域之一，以中度盐碱地（ $8.500 < pH < 9.500$ ）为主，局部存在重度盐碱地（ $pH \geq 9.500$ ）。境内茫崖盐湖、昆特依干盐湖周边以中度及重度盐碱地为主，戈壁荒漠带以轻度及中度盐碱地为主，中性及酸性土壤几乎没有；大柴旦行政委员会以轻度及中度盐碱地（ $7.500 < pH < 9.500$ ）为主，呈湖泊周边盐碱化程度高、外部盐碱化程度低的分布格局；大柴旦湖、小柴旦湖周边以中度盐碱地为主，局部盐滩带存在重度盐碱地；周边山地及戈壁地带以轻度盐碱地为主，中度盐碱地占比高于盆地平均水平。

整体来看，柴达木盆地盐碱地类型呈现“西北-腹地高、东南边缘低”的空间格局。

3.2 柴达木盐碱地地区土地利用格局分布状况

结合表 3 柴达木盐碱地地区土地利用相关统计数据可以看出柴达木盐碱地地区裸地和草地占主导地位，其面积分别为 169142.1444 km^2 、 121669.5762 km^2 ；其次水体、冰雪、农田、湿地面积较多分别为 5754.9924 km^2 、 3178.7046 km^2 、 3178.7046 km^2 、 289.2582 km^2 ；森林和灌木分布最少分别为 15.3576 km^2 、 9.0586 km^2 。通过 GIS 分析可以得到柴达木盐碱地地区八大主要土地利用类型空间分布格局（图 3-图 22）呈现出：天峻县以草地、裸地、冰雪为主，农田、森林、灌木、

水体、湿地分布极少;都兰县以裸地、草地为主,农田、水体、湿地次之,森林、灌木、冰雪零星分布;乌兰县以草地、裸地为主,农田、灌木、水体为次要类型,森林、冰雪、湿地占比小;德令哈市以裸地、草地为主,水体、冰雪、农田分布较突出,森林、灌木、湿地稀缺;格尔木市以草地、裸地为主,水体、冰雪、湿地、农田次之,森林、灌木分布极少;茫崖市以裸地占绝对主导,仅有少量草地、水体,农田、森林、灌木、湿地、冰雪几乎无规模化分布;大柴旦行政委员会以裸地为主,草地、水体、冰雪、灌木为次要类型,农田、森林、湿地分布稀少。

表 3 2025 年青海省柴达木盐碱地地区各类土地利用面积

土地利用类型	面积/km ²
农田	1103.5197
森林	15.3576
灌木	9.0486
草地	121669.5762
水体	5754.9924
冰雪	3178.7046
裸地	169142.1444
湿地	289.2582

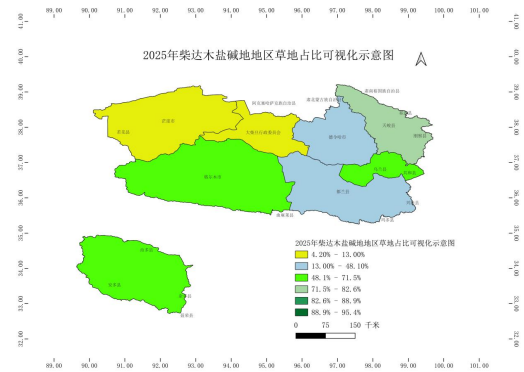


图 5 2025 年柴达木盐碱地地区草地占比可视化示意图

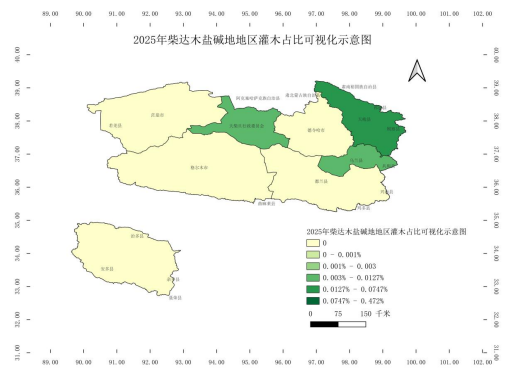


图 6 2025 年柴达木盐碱地地区灌木占比可视化示意图

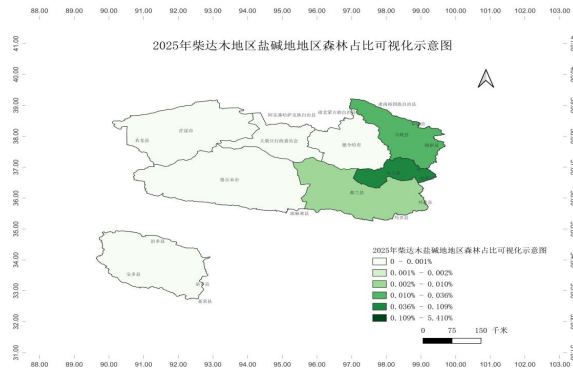


图 3 2025 年柴达木盐碱地地区森林占比可视化示意图

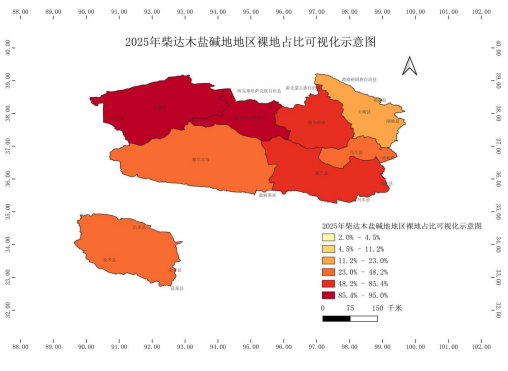


图 7 2025 年柴达木盐碱地地区裸地占比可视化示意图

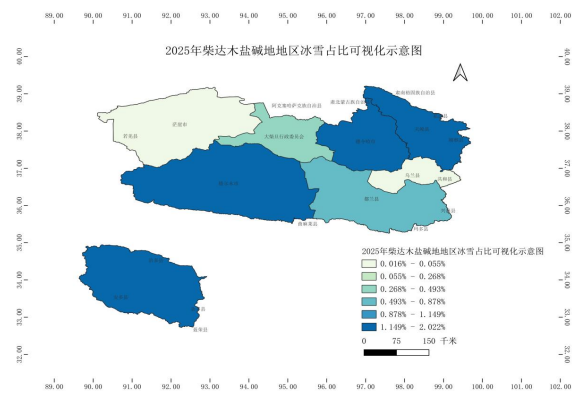


图 4 2025 年柴达木盐碱地地区冰雪占比可视化示意图

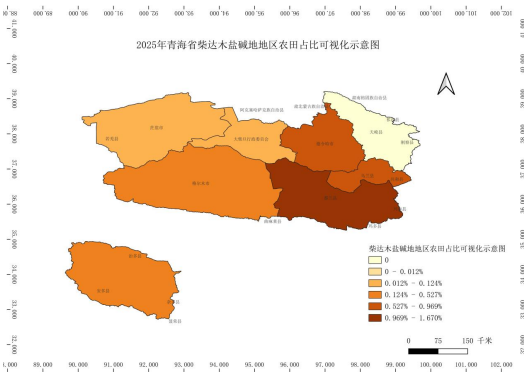


图 8 2025 年柴达木盐碱地地区农田占比可视化示意图

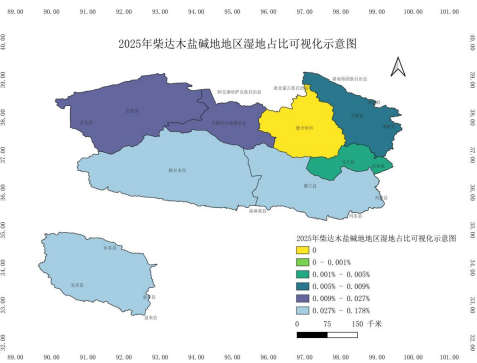


图 9 2025 年柴达木盐碱地地区湿地占比可视化示意图

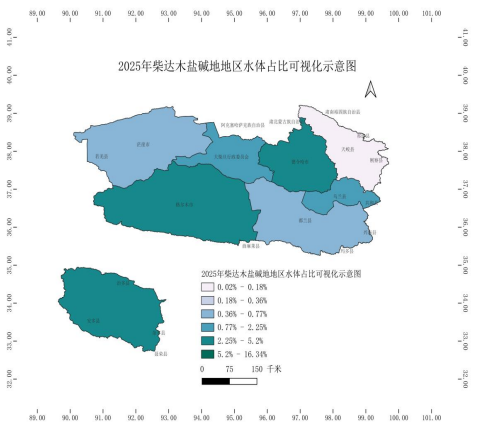


图 10 2025 年柴达木盐碱地地区水体占比可视化示意图

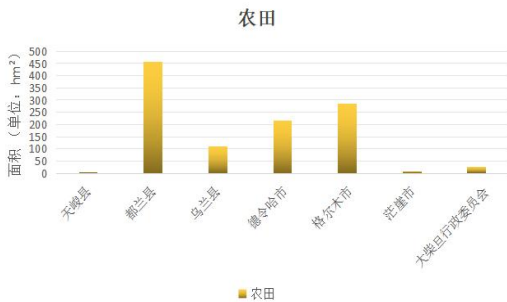


图 11 2025 年柴达木盐碱地各行政地区农田面积

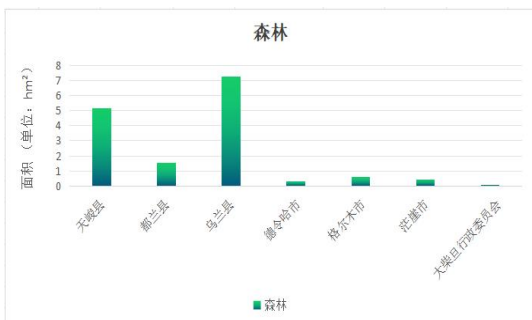


图 12 2025 年柴达木盐碱地各行政地区森林面积

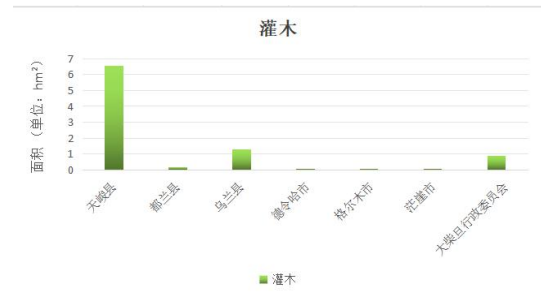


图 13 2025 年柴达木盐碱地各行政地区灌木面积

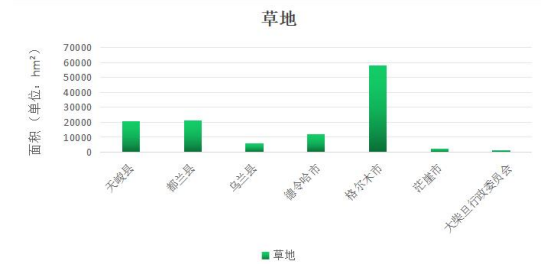


图 14 2025 年柴达木盐碱地各行政地区草地面积

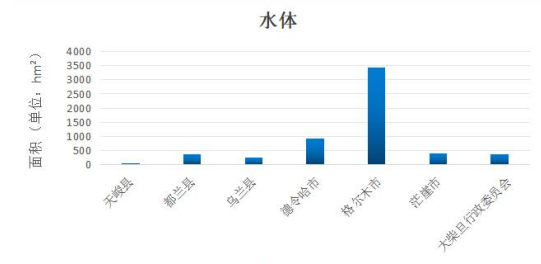


图 15 2025 年柴达木盐碱地各行政地区水体面积

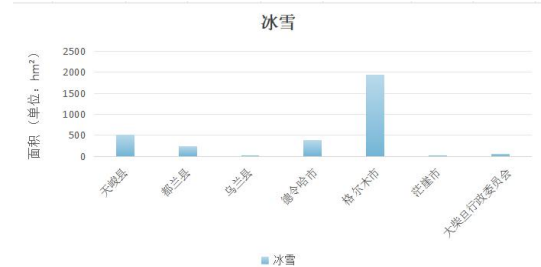


图 16 2025 年柴达木盐碱地各行政地区冰雪面积

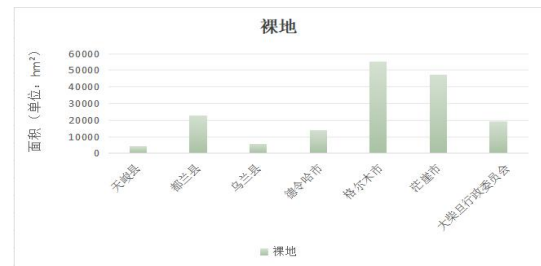


图 17 2025 年柴达木盐碱地各行政地区裸地面积

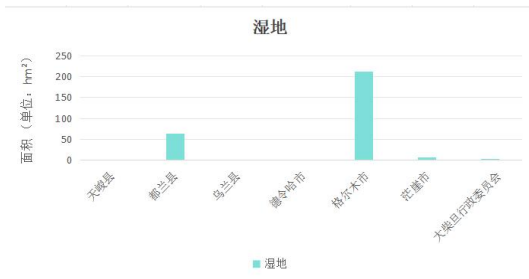


图 18 2025 年柴达木盐碱地各行政地区湿地面积

3.3 构建柴达木盐碱地地区土壤 pH 空间分布与土地利用格局的互动机制

通过图 2-图 18 分析可以发现柴达木盆地土壤盐碱化程度对研究区 8 大土地利用类型有显著的限制作用: 重度盐碱地限制作用极强, 只能支撑裸地大面积分布, 仅零散存活部分耐盐作物, 盐湖、咸水水体零散分布, 没有农田存在、森林发育, 湿地与冰雪占比极低; 中性偏碱土壤盐碱程度较为适中, 水热条件较好, 成为天然草地的主要分布区, 也较适合农田开垦、湿地与灌木生长, 森林、冰雪可少量留存。草地、灌木、农田、湿地、水体可通过抑制地表蒸散、增强盐分淋溶等方式, 降低土壤 pH、缓解土壤碱化, 其中高覆被植被与湿地水体调控作用更为显著; 裸地无植被覆盖, 会加速盐分表聚, 进一步加剧土壤盐碱化, 形成盐碱化与裸地分布的正相关关系; 冰雪融水可通过下渗淋盐, 改善下游土壤盐碱状况, 间接调控土地利用格局; 而森林因对土壤酸碱度要求严苛, 仅能在盐碱化程度较轻的区域零星分布, 难以适应盐碱化土壤环境。

4、结论与治理建议

4.1 柴达木盐碱地地区土壤 pH 空间分布于土地利用空间格局互动机制阐述

基于上述研究可以发现, 在柴达木盐碱地地区土壤 pH 值与土地利用的空间分布存在一种相互之间的互动机制。不同程度的盐碱化土地会对土地利用类型的空间分布起到限制性作用, 在重度盐碱地区难以维持正常地表覆盖物的生命, 土地利用类型以大面积裸地为主; 在中低程度盐碱化的土地上可以允许耐盐碱作物以及少部分生命生存, 土地利用类型

逐渐丰富; 在偏中性土地上, 各项植被覆盖程度最为丰富。同时不同的地表覆盖物也会反作用于土壤的盐碱化, 在植被覆盖程度高的区域, 水土保持较好, 盐碱化程度较低; 若裸地面积过多则在高原干旱地区高蒸散量以及风力的作用下, 盐分不断积累, 盐碱化程度高。

4.2 柴达木盐碱地地区盐碱地改良方案

现如今针对盐碱地的改良方案总共有水利改良、农业改良、化学改良、生物改良以及综合改良。其中水利改良的基本规律是“盐随水来, 盐随水去”^[4], 水利改良是改善土地盐碱化程度的重要措施之一。主要的水利改良盐碱地的措施有: 暗管排盐、膜下滴灌、灌水洗盐等方式。2024 年, 德令哈市高标准农田(盐碱耕地综合治理试点)建设项目, 采用工程排盐等方式, 在德令哈市蓄集乡和柯鲁柯镇实施盐碱地综合治理试点 86.76hm²^[5]。农业改良包含了合理灌溉、深松深耕、秸秆还田、增施有机肥等形式。这些措施能有效解决盐碱土有机质含量低、质地黏重、土壤板结等问题, 调节土壤墒情, 逐步提升土壤肥力, 增强土地生产能力。化学改良是指通过向土壤中添加化学改良剂, 改善土壤理化性质, 提高洗盐排盐效率^[6]。常见的化学改良剂有石膏、腐殖盐、脱硫物, 以及酸性磷肥等。其中磷石膏作为一种无机改良剂, 其改良盐碱效果显著, 主要原理是通过用钙离子替换土壤胶体吸附的钠离子, 加强钠离子的迁移, 利于水分渗入, 促进盐分的淋湿, 从而达到改良土壤结构的效果^[7]。生物改良措施包括了种植耐盐绿肥、植盐生植物和苜蓿饲草及施加土壤有益微生物等方式。生物改良措施普遍适用于盐碱度较低的区域, 种植的耐盐碱植物可以作为护林带如盐角草、牧草、胡杨等, 这些护林带可以有效减少土壤盐分积累, 防风固沙, 减少水分蒸发, 减轻土地荒漠化, 改善当地生态环境。综合改良是指综合利用化学、生物等改良措施对盐碱地加以改良以降低土壤盐碱化程度。

4.3 柴达木盐碱地地区土地分区利用及发展建议

4.3.1 天峻县

天峻县在未来土地利用格局变更中应该依托全域中性偏

碱土壤与大面积草地基底, 严格保护天然高寒草地, 严控草地开垦, 适度发展生态放牧用地, 保留冰雪、裸地原生生态格局, 禁止无序开发。在此基础上立足于高寒草地资源, 发展生态畜牧业, 优化放牧强度, 推动草畜平衡, 同时依托高海拔冰雪资源发展小众生态旅游, 严守生态保护红线。

4.3.2 都兰县

都兰县在未来土地利用格局变更中应该以优化裸地、草地、农田空间布局, 适度扩大优质农田规模, 依托河谷区域拓展湿地生态用地, 合理规划农田、草地轮作空间为主, 严控盐碱化区域盲目开垦。在此基础上打造盆地东部特色农业种植区, 种植耐盐碱粮油、经济作物, 发展农牧结合产业, 依托湿地、农田景观发展生态观光农业, 实现生态治理与农业增效协同。

4.3.3 乌兰县

乌兰县在未来土地利用格局变更中应该以稳定草地、裸地基础格局, 合理布局灌木生态用地, 严控农田开发规模, 优化灌木、草地、农田镶嵌式布局, 保护局部零星森林用地为主要任务。同时发展饲草种植、特色畜牧产业, 打造灌木育苗、盐碱地生态修复种苗基地, 推动农牧产品深加工, 兼顾生态修复与特色农业发展。

4.3.4 德令哈市

德令哈市土地利用类型以裸地、生态草地为主导, 在未来土地利用类型变更中应当依托湖泊水体优化湿地生态用地布局, 严控强盐碱区农田开发, 合理布局少量生态灌溉农田, 保护冰雪生态空间。在此基础上发展湖泊生态旅游、节水型生态畜牧, 打造盐碱地生态治理示范基地。

4.3.5 格尔木市

格尔木市土地利用类型变更中应当以保护高覆盖草地、河谷湿地与水体资源, 优化绿洲农田布局, 合理利用裸地资源为主要任务。同时建设盆地南部绿洲高效农业区, 种植耐盐碱优质作物、牧草, 发展生态畜牧、盐湖特色产业, 实现产业多元化发展。

4.3.6 茫崖市

茫崖市未来土地利用方向应该以裸地生态保护为核心, 保留少量荒漠草地、零星水体原生状态, 全面禁止农田、森林等开发, 严控人类活动对原生荒漠生态的破坏。同时要立足荒漠、盐湖资源, 发展特色工业旅游, 严格管控工矿开发对土壤盐碱化的影响, 坚守荒漠生态安全屏障, 禁止农牧业规模化开发。

4.3.7 大柴旦行政委员会

大柴旦地区土地利用类型以裸地为主体, 在未来要以合理保护零星草地、水体、冰雪用地, 适度布局耐盐灌木生态用地, 严禁农田大规模开垦, 优化生态用地空间布局为主要任务。并且发展荒漠生态畜牧、耐盐苗木培育产业, 依托盐湖、戈壁资源发展特色生态旅游, 推动盐碱地生态修复与文旅产业融合, 实现生态保护与绿色发展。

[参考文献]

[1]赵晨. 海西蒙古族藏族自治州沙漠化时空演变及其风险评价[D].2016

Zhao C. Temporal and Spatial Evolution and Risk Assessment of Desertification in Haixi Mongolian and Tibetan Autonomous Prefecture[D]. 2016 ,

[2]陈伟, 耿涌, 黄斌斌, 等. 西部欠发达地区生态经济系统能值分析——以青海省海西蒙古族藏族自治州为例[J]. 生态学报, 2019, 39(21): 7904-7913.

[3]牛浴林, 全宗永, 陈鹏伟, 等. 土壤改良剂对柴达木盐碱地燕麦生产性能的影响[J]. 草地学报, 2026, 34(4): 1483-1491.

[4]张俊伟. 盐碱地的改良利用及发展方向[J]. 农业科技与信息, 2011(4): 63-64.

[5]霍建强. 青海省盐碱地综合整治改造利用情况工作思考[J]. 青海农技推广, 2025, (4): 73-75.

[6]于功霞, 李迎, 刘宏元, 等. 我国盐碱地改良与利用技术研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2025(7): 96-103.

[7]王玉江, 吴涛, 吴杰. 磷石膏改良盐碱地的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008(17): 7413-7414.