

榆林沙地防护林退化原因分析

高天健 (西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 通过查阅文献和野外调查相结合的方法, 分析了榆林风沙区飞播灌木林的现状及其退化原因。结果表明: 榆林沙区防护林的退化原因与立地条件、气候条件、经营管理有关。通过分析不同立地类型同种植物的生长势, 同种立地类型不同植物的生长量以及防护林退化和演替方向, 发现杨柴 (*Hedysarum mongolicum* Turcz) 和蒙古虫实 (*Corispermum mongolicum*) 更适宜生长在迎风坡, 沙蒿和狗娃花更适合生长在丘间地和坡底。丘间地灌木生长适宜性从高到低依次为沙打旺、沙蒿、柠条, 缓坡依次为柠条、沙蒿、沙打旺, 平沙地依次为沙打旺、柠条、沙蒿。

关键词 榆林沙区; 防护林; 退化; 立地类型

中图分类号 S727.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)08-0124-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.08.028



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis on the Causes of Degradation of Protective Forest in Yulin Sandy Land

GAO Tian-jian (Forestry College, Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract Based on literature review and field investigation, this study analyzed the current situation and causes of degradation of aerial seeded shrubbery in Yulin sandy area. The results showed that the causes of degradation of protective forests were related to site conditions, climatic conditions, and management. Based on the study of the growth potential of the same plant in different site types, the growth amount of different plants in the same site type, and exotic species, it was found that *Hedysarum mongolicum* Turcz and *Corispermum mongolicum* were more suitable for growing on the windward slope, *Artemisia mongolicum*, and *Gowardeshoe* were more suitable for growing on the inter hilly land and the bottom of the slope. The shrub growth suitability in the hilly land is in the order of *Astragalus adsurgens*, *Artemisia mongolica*, and *Caragana microphylla* from high to low, while in the gentle slope, it is in the order of *Caragana microphylla*, *Artemisia mongolica*, and *Astragalus adsurgens*, while in the flat sandy land, it is in the order of *Astragalus adsurgens*, *Caragana microphylla*, and *Artemisia microphylla*.

Key words Yulin sand area; Shelter forest; Degradation; Site type

当前, 森林退化是全球面临的主要环境问题之一, 沙地防护林生态系统则更脆弱, 退化问题及产生的社会影响则更为严重, 准确分析退化原因是进行森林生态系统恢复与重建的重要前提, 理清退化机理已成为生态学研究热点问题。据联合国粮食及农业组织(FAO)的数据显示, 1990—2020年, 全球森林面积持续缩小, 净损失达 1.78 亿 hm^2 , 人类未来会面临严重的森林资源缺乏危机。由森林面积减少引发的森林生态系统失衡, 生物多样性被破坏、林分结构单一化极大地降低了生态系统生产力和气候调节能力, 同时森林的涵养水分、防风固沙、碳和氮循环与贮藏各类营养元素的作用降低, 导致土地沙漠化、水土流失等生态问题已成为急需解决的难题。我国防护林体系同样面临着严重退化现象, 且表现形式多样复杂, 已引起社会的普遍关注^[1-2]。目前, 退化林分修复工作已列入国家防护林建设专题研究内容^[3]。

关于防护林退化问题的研究, 在我国部分地区取得了突破性进展, 但相对于防护林退化现状而言仍远远不够^[4-6]。森林退化主要表现在森林面积减少, 结构失衡, 林木质量降低, 各种功能下降^[7]。FAO 将森林退化定义为逆向影响林分的结构或土地的功能, 从而降低森林提供林料产品和服务能力的森林转变过程。朱教君等^[7]研究认为, 林木衰退是森林衰退的一种形式, 是林木生理机能下降、发育滞缓、生产力降

低以及伴随着林木生长发育过程中的地力衰退。魏金杰^[8]研究认为, 森林退化应以各类森林经营类型作为基础。同时, 在造林过程中不能违背适地适树的基本原则, 主要提高造林树种的适应性, 以充分发挥土地和林木的生产潜力^[9]。如果造林地选择不当, 造林树种难以适应其立地条件, 林木生长不良, 易表现出衰退症状。林分结构配置不合理也是防护林退化的原因之一, 林分结构直接影响生态因子和生态位, 决定森林生态系统功能的发挥^[5, 10]。合理的林分结构是防护林效益最优发挥的重要基础, 相反, 不合理的林分结构会导致树木生长不良、生物多样性降低、病虫害大面积暴发等现象。例如, 大面积营造单一树种防护林, 会出现生产力低、生态功能降低及病虫害抵抗力较弱等问题^[11-12]。

评价防护林的退化是恢复防护林生态系统的基本前提, 对改善防护林生态系统的生产力、生物多样性、结构和功能有着重要意义^[13]。评价防护林退化指标体系, 应遵循整体性、动态性、定性和定量相结合、层次性和实用性原则^[14]。在调查植物的基础性指标时, 要全面考虑防护林退化方向, 客观反映出防护林退化的转变特征, 指标体系的构建和调查要具有逻辑性和层次性, 同时遵循使用简便、易调查和可行性高的特征。姜帆等^[15]从评价指标的筛选设计到森林系统的各项特征等进行了研究, 通过划分基础指标和功能性指标评价森林退化。史凯航^[16]在三北防护林退化指标分析研究中将退化指标划分为基础性指标及功能性指标, 其基础性指标主要考察可操作和量化的龄组、郁闭度 2 个因子。其功能性指标主要考察防护林, 以保障生态安全、发挥生态防护功能^[17]。四川省林业调查规划院将防护林退化程度分为重

基金项目 陕西省林业科学院创新团队项目“退化防护林更新技术研究”(SXLK2020-0307); 陕西省林业科学院科技创新计划“揭榜挂帅”专项“白于山区困难立地生态修复技术研究与示范”(SXLK2021-0104); 榆林市科技计划项目“毛乌素沙地二次沙化阻控关键技术研究”(YT-2022-9)。

作者简介 高天健(2002—), 男, 陕西榆林人, 从事林学研究。

收稿日期 2022-05-21; 修回日期 2023-01-14

度、中度和轻度^[18]。目前,关于榆林沙区防护林,尤其是防风固沙林退化原因的研究仍远远不够,更缺乏对其机理及衡量指标的研究。笔者在调查榆林沙区退化防护林现状的基础上,结合文献资料分析了防护林退化原因,提出了相关建议,旨在为榆林沙区防风固沙林更新复壮提供理论依据。

1 研究内容和方法

1.1 研究区概况 榆林风沙区位于毛乌素沙地东南边缘,处于陕西省榆林市和内蒙古自治区鄂尔多斯市之间,地理坐标 107°20'~111°30'E,37°27'30"~39°22'30"N。东西长 420 km,南北宽 120 km,占毛乌素沙地总面积的 38.3%,榆林市总面积的 42.0%。榆林风沙区属于温带半干旱大陆性季风气候。沙区年均温 6.0~8.5℃,最低气温-32.7℃,年降水量 255~440 mm,集中在 7—9 月。榆林沙区有无定河、秃尾河、芦河、红柳河等河流,流域面积 2.7 万 km²,地下水可开采量达 5 亿 m³,200 余个内陆湖泊。

1.2 研究方法

1.2.1 外业调查。标准地的选择应有效反映榆林风沙区立地和退化的典型性与时序特点。每个标准地采用 5 m×5 m 设置样方 5 个,分别设置在四角和标准地的中间位置。在研究区选取具有代表性的防护林,并用测绳、皮尺、钢卷尺、游标卡尺调查每种植物的种类、株高、冠幅、活枝数、枯枝数。植被盖度采用盖度框法进行测定。用测绳或皮尺在群落中设置 20 m×20 m 样地,每间隔 5 m 拉直线等距设置 16 个样方,调查每个样方内乔木、灌木;在每个 5 m×5 m 样方的 4 个顶点设置 4 个草本样方,面积 1 m×1 m。样方内乔木记载每株树(胸径 4 cm 以上)坐标、树高、胸径、冠幅、第一活枝高、繁殖方式(丛生或单株、丛生者株数)、生长状况等,并记录数据。记载每种植物的名称、株数、平均高度、生长状况、分布状况等。

1.2.2 数据分析。采用 Excel 2016 对试验数据进行计算处理,并进行图表绘制。

2 退化防护林的现状评价

2.1 不同立地类型灌木防护林的生长状况 调查不同立地类型的灌木生长情况,分别对天然林 10 龄杨柴、沙蒿和花棒的株高、冠幅等指标的平均值和不同立地类型的植被盖度进行排序,了解灌木林的生长现状。从图 1、2 可以看出,不同立地类型植物的生长状况有所不同,其中杨柴的株高从迎风坡—平沙地—丘间地依次递增;从冠幅来看,丘间地生长的杨柴冠幅最大,迎风坡最小。丘间地沙蒿株高最高,冠幅也最大;沙蒿株高和冠幅在迎风坡均为最小。花棒在迎风坡上的株高最大,冠幅最小,平沙地和丘间地的冠幅差异不大。

2.2 灌木防护林地植物种类变化 该研究调查植物总共 20 种,包括杨柴、花棒、沙蒿、沙竹、蒙古虫实、狗娃花、狗尾草等。通过不同立地类型灌木的生长状况、灌木林的种类变化和灌木林生物量以及植被盖度现状分析可知,不同立地类型中灌木植被以杨柴、柠条、花棒、沙蒿、沙竹等为主。

调查样地内植物的外来种及演替情况,每种主要灌木林设置 18 个 5 m×5 m 的样方,调查了解样方内造林树种,对比

造林树种和现有的灌木种类变化(表 1)。

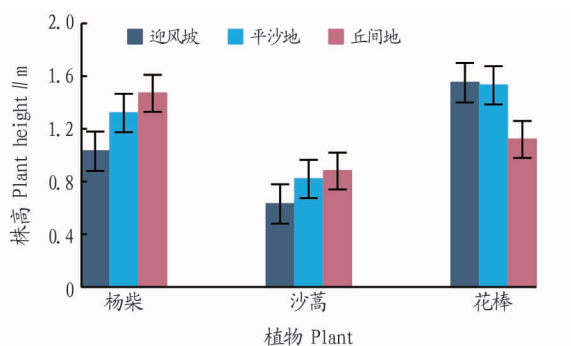


图 1 不同立地类型灌木株高比较

Fig.1 Comparison of plant heights of shrubs in different site types

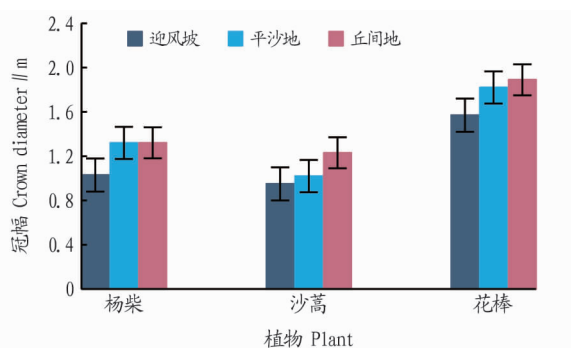


图 2 不同立地类型灌木冠幅比较

Fig.2 Comparison of shrub crown diameters of shrubs in different site types

表 1 防护林地植物种类变化

Table 1 Change of plant species in protective forest land

序号 No.	造林树种 Afforestation tree species	自然入侵种 Natural invasive species
1	杨柴	沙蒿、沙竹、蒙古虫实
2	柠条	沙蒿、沙竹、蒙古虫实、狗娃花、狗尾草、芨芨草、刺藜、杨柴
3	沙蒿	杨柴、沙柳、沙竹、沙打旺、狗娃花、狗尾草、芨芨草、猪毛蒿、蝇子草
4	花棒	沙竹、沙蒿、黄鹌菜、芨芨草、蒙古虫实

通过杨柴林、柠条林、沙蒿林和花棒林中林木种类的变化,可以看出造林初期到 2020 年,从生物多样性的角度来看,生物多样性较高的群落比生物多样性较低的群落更稳定。植物多样性的量度(如丰富度和均匀度)都升高,区域内群落稳定性增强,但灌木林中草本植物的增多同样值得注意,如狗尾草、芨芨草等。而在调查区域中,流动半流动沙丘、沙地在人为干预下(人工植被恢复),群落物种数量可能会经历多—少—多的过程,种类主要组成可能会由一年生草本—多年生草本—多年生草本+灌木等转换,当草本植物发展为优势种群时,标志着区域内防护林开始了逆向演替,同样也是退化的开始。

2.3 灌木生物量和植被盖度现状 通过盖度、生物量的对比,确定不同灌木在同种立地类型中的生长情况,调查 25 m² 样方中沙蒿、柠条、沙打旺,即对比迎风坡、缓坡、平沙地及丘

间地不同植物生物量的平均值,得出不同植物在同一立地类型下的生物量,结果见表2。由表2可知,柠条在缓坡的生物量最大,其次为迎风坡;沙蒿在缓坡的生物量最大,其次为丘间地;沙打旺在平沙地生物量最大,在缓坡最小。同时可看出,柠条更适宜在迎风坡和缓坡生长,沙蒿适宜在丘间地和缓坡生长,沙打旺适宜在迎风坡和平沙地生长。3种灌木林地生物量反映出迎风坡柠条和沙打旺的生物量相当,丘间地3种灌木生物量从大到小依次为沙打旺、沙蒿、柠条,但差异不大,缓坡从大到小依次为柠条、沙蒿、沙打旺,差异较大,平沙地从大到小依次为沙打旺、柠条、沙蒿,差异较大。结果表明,每种植物均有各自最适宜生长的立地类型,在该条件下,其生物量和盖度均达到最佳状态。

表2 不同立地类型下灌木林的生物量

Table 2 Biomass of shrubbery under different site types

立地类型 Site type	生物量 Biomass // kg/m ²		
	柠条 <i>Caragana intermedia</i>	沙蒿 <i>Artemisia desertorum</i>	沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i>
迎风坡 Windward slope	0.78	0.39	0.79
丘间地 Hillock land	0.53	0.59	0.65
缓坡 Gentle slope	0.92	0.69	0.45
平沙地 Flat sandy land	0.56	0.23	0.82

表3 不同立地类型下灌木植物多度及生长势

Table 3 Abundance and growth trend of shrub plants under different site types

立地类型 Site type	杨柴 <i>Hedysarum mongolicum</i>		柠条 <i>Caragana intermedia</i>		花棒 <i>Hedysarum scoparium</i>	
	长势 Growth trend	多度 Multiplicity // %	长势 Growth trend	多度 Multiplicity // %	长势 Growth trend	多度 Multiplicity // %
迎风坡上部 Upper part of windward slope	中等	53	良好	62	良好	56
迎风坡中下部 Middle and lower part of windward slope	中等	52	—	—	差	46
丘间地 Hillock land	差	46	—	—	良好	55
立地类型 Site type	沙蒿 <i>Artemisia desertorum</i>		蒙古虫实 <i>Corispermum mongolicum</i>		狗娃花 <i>Aster hispidus</i>	
	长势 Growth trend	多度 Multiplicity // %	长势 Growth trend	多度 Multiplicity // %	长势 Growth trend	多度 Multiplicity // %
迎风坡上部 Upper part of windward slope	差	45	中等	48	—	—
迎风坡中下部 Middle and lower part of windward slope	中等	65	良好	51	中等	48
丘间地 Hillock land	中等	52	差	45	中等	48

3.2 气候条件 防护林作为比较脆弱的生态系统,对于外界环境的依赖性较大,地貌、气候和土壤同样影响着植被的生长,通过收集资料,从榆林风沙区的地貌、气候和土壤3个方面分析防护林的退化原因。榆林风沙区低效飞播灌木林生长的地貌类型大多为固定、半固定沙丘、黄土丘陵和河谷阶地等,从气候来看,年日照天数为114~121 d,辐射能在全国属于高值区,降水量低,70%的降水集中在7—9月,大风、干旱以及霜寒等自然灾害多发。除此之外,沙地上的风沙土和沙黄土,滩地上的盐碱土,沙黄土中含粗沙、细沙和粉沙占比30%~50%,土壤含沙多,保水性差,养分含量低。植被生长环境条件差,气候干旱,土壤贫瘠同样是导致防护林退化的原因之一。

3 防护林退化原因分析

森林的退化指林木产品和生态服务功能的逆向改变。立地条件的不同,林木的选择不同,外界因素包括气候、土壤、水文的配置差异,均影响着防护林的退化进度。退化的本质是植被逆向演替,演替的趋势、速度和方向与多种因素有关。通过对榆林风沙区飞播灌木林的调查,分析了导致防护林退化的原因。

3.1 立地条件 防护林生态系统在森林生态系统中属于较脆弱的一类,因此,在防护林生态系统中,遵循适地适树原则尤其重要。树种的选择,不仅要与立地条件相结合,还要考虑其生境。调查飞播灌木林必须考虑成林林分结构、林分的优势树种及伴生树种,树种选择将直接或间接关系到造林的成功与否。不同立地类型中灌木植物的多度及生长势见表3。由表3可知,根据对榆林飞播区迎风坡上部、中下部和丘间地低效灌木林调查,杨柴和蒙古虫实在迎风坡上部和迎风坡中下部生长势更好,多度更高,在丘间地生长势较差。而花棒和沙蒿分别在迎风坡上部和丘间地、迎风坡中下部和丘间地的生长势和多度更高。说明杨柴和蒙古虫实更适宜在风蚀程度较高的迎风坡生长,而沙蒿和狗娃花更适合于丘间地和迎风坡中部及坡底等土壤表层含水量更高的立地条件下生长。同时也反映出一些植物不适宜的立地条件,如迎风坡上部的沙蒿,迎风坡中下部的花棒,丘间地的杨柴和蒙古虫实。

3.3 经营管理 防护林经营管理在于维持林木的正常生长状态,保护其良好的生长趋势,使林分尽快发挥应有的防护效益。造林后疏于管理,缺乏及时的抚育工作,易发生病虫害,株高、冠幅等基础性指标也易受到负面影响,最后导致林分衰退过程加快,退化严重。在三北防护林地区,缺乏对防护林的经营管理,加之三北地区普遍干旱,降水量少,造成防护林大量退化,林木受损现象严重。风沙区造林还需科学合理地规划树种配置,并针对防护林进行有效的人工管理,以维持其防护效益及加强其生态价值、经济价值和社会价值。调查发现,多数地区抚育方式为带状平茬,少数地区为块状平茬^[19]。

飞播造林具有集中性、工效高、成本低、人工造林难度大

的区域实施等优点,由于其面积大,播种效率高,因此对飞播后的人工管理要求较低。在调查样地中发现,植被形成了以杨柴、沙蒿为优势种,且比较单一的生态系统,尚未形成稳定的生物多样性及生物服务价值^[20]。

由于环境因素,榆林风沙区防护林从规划造林到现阶段,一直存在树种单一、生态环境脆弱等问题。由于风沙区多风少水,加之植物多为块状分布,仍存在不少病虫害现象,该类低效飞播灌木丛生长过程中,由于涉及面积广、地形复杂、人工管护难度大等原因,易发生害虫蔓延现象。在飞播林的造林初始期不仅要进行经营管理,还需要及时保护,植物的生长过程中采取相应措施防止人为干扰,如利用工程围栏、生物围栏等措施对林分进行保护。要注意防止人为干扰,因为持续的人为干扰会造成栖息地丧失和破碎化,由此产生的隔离效应、面积效应和边缘效应,将导致群落分布、结构、种类、群落演替方向等发生改变,进而降低物种多样性^[21]。

4 结论

通过标准地野外调查观测和数据分析,研究了榆林风沙区低效飞播灌木林生长状况和退化原因,得出如下结论:

(1) 对同种立地类型不同灌木冠幅和株高等生长状况调查分析表明,杨柴适宜在迎风坡等较干旱的地方生长,沙蒿和花棒更适宜在丘间地和平沙地生长。

(2) 对防护林生物多样性调查表明,植物的多样性增加,群落更趋近稳定,同时草本植物有发展为优势种的趋势,表明灌木林呈逐渐退化趋势。

(3) 对灌木生物量和生长势调查表明,杨柴和蒙古虫实在丘间地水分条件较好的区域保存率低,生长势差,花棒在迎风坡等风蚀程度较高的区域保存率低,生长势差,表明立地类型是造成防护林退化的原因之一。

(4) 通过对比分析榆林风沙区灌木防护林生长状况,结果表明,缺乏合理管护、病虫害危害和干旱的气候条件、人为

频繁干扰是导致防护林退化的主要因素。

参考文献

- [1] 柏方敏,戴成栋,陈朝祖,等.国内外防护林研究综述[J].湖南林业科技,2010,37(5):8-14.
- [2] 李世东.中国防护林体系建设的现状与趋势[J].生态经济,1992(6):34-37.
- [3] 侯波,徐东.浅谈加强三北防护林退化林分的修复[J].防护林科技,2017(10):91-93.
- [4] 覃庆峰,陈晨,曾宪正,等.长江流域防护林体系工程建设30年回顾与展望[J].中国水土保持科学,2018,16(5):145-152.
- [5] 宋立宁,朱教君,闫巧玲.防护林衰退研究进展[J].生态学杂志,2009,28(9):1684-1690.
- [6] 杨军,杨振华.千阳县防护林退化林分的现状、成因及修复措施[J].现代园艺,2018(22):158.
- [7] 朱教君,姜凤岐,松崎健,等.日本的防护林[J].生态学杂志,2002,21(4):76-80,64.
- [8] 魏金杰.辽宁省退化防护林的现状、原因及修复措施[J].防护林科技,2019(3):73-74.
- [9] 宋莎莎.威海市环翠区沿海防护林现状及退化防护林改造策略[J].绿色科技,2018(19):161-162.
- [10] 饶良懿,朱金兆.防护林空间配置研究进展[J].中国水土保持科学,2005(2):102-106.
- [11] 高城雄.陕北榆林长城沿线风沙区防风固沙林结构与效益研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [12] 刘小珂,陈颖.河南平原农田防护林体系建设现状及对策[J].安徽农业科学,2018,46(33):87-88,96.
- [13] 马姜明,刘世荣,史作民,等.退化森林生态系统恢复评价研究综述[J].生态学报,2010,30(12):3297-3303.
- [14] 徐欢,李美丽,梁海斌,等.退化森林生态系统评价指标体系研究进展[J].生态学报,2018,38(24):9034-9042.
- [15] 姜帆,董希斌.山地退化森林生态系统恢复评价方法的研究[J].森林工程,2007,23(4):5-7,15.
- [16] 史凯航.“三北”防护林退化及指标分析[J].辽宁林业科技,2015(5):57-59.
- [17] 周泽生,王晗生,李立,等.灌木林的生长和生产力[J].水土保持研究,1998,5(1):103-108.
- [18] 谢云,王洪荣.四川省人工防护林退化研究[J].四川林业科技,2017,38(3):32-35,74.
- [19] 杨伟,孙婧瑜,王建梅,等.毛乌素沙地榆林沙区退化飞播灌木林平茬复壮效果分析[J].防护林科技,2019,22(2):1-2.
- [20] 郝文芳,梁宗锁,陈存根,等.黄土丘陵区弃耕地群落演替过程中的物种多样性研究[J].草业科学,2005,22(9):1-8.
- [21] 屈秋耘.榆林风沙防护林主要害虫发生特点及防治对策[J].西北大学学报(自然科学版),1993,23(3):236-240.

(上接第123页)

型都有很大不同,这与环境有关,通过生长型、生活型、水分生态类型等方面的分析,能够更深入地认识植物的适应性与环境的关系,也有助于认识群落类型,甚至是更小的分类单位。在尼勒克喀什河国家湿地公园,植物组成以中生、地面芽植物为主,也有大量的旱生植物,反映出湿地公园生境类型的多样化特征,未来应加强湿地生境管理,提高湿地属性,增强湿地功能。

参考文献

- [1] RAUNKIAER C. The life forms of plants and statistical plant geography [M]. New York: Oxford University Press, 1932: 2-104.
- [2] 中国植被编辑委员会. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1995: 149-156.
- [3] 李家湘, 熊高明, 徐文婷, 等. 中国亚热带灌丛植物生活型组成及其与水分因子的相关性 [J]. 植物生态学报, 2017, 41(1): 147-156.
- [4] 郭泉水, 江洪, 王兵, 等. 中国主要森林群落植物生活型谱的数量分类及空间分布格局的研究 [J]. 生态学报, 1999, 19(4): 573-577.
- [5] 高贤明, 陈灵芝. 植物生活型分类系统的修订及中国暖温带森林植物生活型谱分析 [J]. 植物学报, 1998, 40(6): 553-559.
- [6] 韩大勇, 李建东, 杨允菲. 东北草原植物生活型多样性研究 [C] // 国际生物多样性计划中国委员会, 中科院生物多样性委员会. 第八届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. [出版地不详]: [出版者不详], 2008: 307-312.
- [7] 李建东. 东北草原草本植物基本生活型的探讨 [J]. 东北师大学报(自然科学版), 1979(2): 143-155.
- [8] 李建东, 杨允菲. 松嫩平原贝加尔针茅草甸草原植物组成的结构分析 [J]. 草地学报, 2003, 11(1): 15-22.
- [9] 李建东, 杨允菲. 松嫩平原榆树疏林植物组成的结构型 [J]. 草地学报, 2003, 11(4): 277-282, 300.
- [10] 李建东, 杨允菲. 松嫩平原盐生群落植物的组合结构 [J]. 草业学报, 2004, 13(1): 32-38.
- [11] 李建东, 杨允菲. 松嫩平原羊草草甸植物的生态及分布区型结构分析 [J]. 草业学报, 2002, 11(4): 10-20.
- [12] 中国科学院动物研究所, 中国科学院植物研究所, 中国科学院微生物研究所, 等. 中国生物物种名录(2021版) [EB/OL]. [2021-05-21]. <http://www.sp2000.org.cn/>.
- [13] 《新疆植物志》编写委员会. 新疆植物志 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 新疆科学技术出版社, 2019.
- [14] 米吉提, 胡达拜尔地, 徐建国. 新疆高等植物检索表 [M]. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社, 2000.