

# 基于生态适应性的贺兰山东麓新优树种筛选与评价

吕志刚

银川市银西生态防护林管护中心 宁夏 银川 750021

**摘要：**贺兰山东麓独特的生态环境对树种选择提出了严苛要求。本文围绕生态适应性，深入剖析该地区生态特征，构建涵盖生长、生理生态及抗逆性等多维度的树种筛选指标体系。通过实地调查、试验种植，运用方差分析、主成分分析等方法，对多种候选树种展开全面评价。结果显示，部分树种展现出卓越的生态适应性，具备在贺兰山东麓大规模推广应用的潜力。本研究为该地区生态修复、绿化造林等提供了坚实的科学依据与有效的技术支持。

**关键词：**生态适应性；贺兰山东麓；新优树种；筛选评价

## 1 引言

贺兰山东麓地处我国西北干旱半干旱过渡地带，是阻止腾格里沙漠东侵、维护银川平原生态安全的关键屏障。其特殊的地理位置造就了复杂多样的生态环境，同时也面临着诸多生态问题，如土地沙漠化、水土流失、生物多样性减少等。在生态建设进程中，合理选择造林树种是改善区域生态环境、提升生态系统服务功能的核心环节。传统造林树种多局限于杨树、沙枣等少数几种，存在树种单一、生态稳定性差、抗逆性不足等问题，难以适应日益复杂的生态环境变化和多样化的生态建设需求。因此，筛选和评价具有良好生态适应性的新优树种，对于丰富贺兰山东麓的树种资源、优化林分结构、增强生态系统抵抗力稳定性以及促进区域可持续发展具有至关重要的理论和实践意义。

## 2 研究区域概况

### 2.1 地理位置与地形地貌

贺兰山东麓位于宁夏回族自治区西北部，地处东经 $105^{\circ}45'$ — $106^{\circ}46'$ ，北纬 $37^{\circ}43'$ — $39^{\circ}23'$ 之间。东侧为黄河冲积平原，西侧为贺兰山山地，地势西高东低，地形地貌复杂多样，包括山地、丘陵、平原和沙漠等多种类型。

### 2.2 气候条件

该地区属于中温带干旱气候区，具有典型的大陆性气候特征。年平均气温 $8.5^{\circ}\text{C}$ 左右，年降水量 $200$ — $400\text{mm}$ ，且降水季节分配不均，主要集中在7—9月。年蒸发量高达 $2000$ — $3000\text{mm}$ ，是年降水量的5—15倍。冬季寒冷漫长，夏季炎热短暂，昼夜温差大，大风天气频繁。

### 2.3 土壤条件

贺兰山东麓的土壤类型主要有灰钙土、风沙土和粗骨土等。土壤质地粗糙，砾石含量高，土壤肥力较低，保水保肥能力差<sup>[1]</sup>。同时，土壤盐渍化现象在一定范围内存在，对树种的生长造成不利影响。

## 2.4 植被状况

由于自然条件恶劣，该地区的原生植被稀疏，主要以荒漠草原和草原植被为主。常见的天然植物有短花针茅、芨芨草、沙蒿等。人工植被主要包括柠条、杨树、沙枣等，但存在树种单一、林分质量不高等问题。

## 3 树种筛选指标体系构建

### 3.1 指标选取原则

树种筛选指标体系构建中，指标选取遵循科学性原则，即基于生态学等相关学科理论准确反映树种生态适应性；代表性原则，选涵盖生长等多方面代表性指标，避免重复冗余；可操作性原则，指标要易于获取量化，测定方法和数据处理可重复一致；综合性原则，综合考虑生态适应性、生态功能和经济价值等构建全面系统指标体系。

### 3.2 指标体系内容

根据上述原则，构建了基于生态适应性的贺兰山东麓新优树种筛选指标体系，包括生长指标、生理生态指标和抗逆性指标三大类，具体如下：

**生长指标：**树高年生长量、地径年生长量、冠幅年生长量、保存率。这些指标反映了树种的生长速度和生长状况，是评价树种适应性的重要直观指标。

**生理生态指标：**光合速率、蒸腾速率、水分利用效率、叶绿素含量、气孔导度。这些指标反映了树种的光合作用能力、水分代谢特征和气体交换情况，对于深入了解树种的生态生理机制和适应策略具有重要意义。

**抗逆性指标：**抗旱性、抗寒性、抗盐碱性、抗病虫害能力。这些指标反映了树种对恶劣环境的适应能力和抵抗能力，是评价树种在贺兰山东麓特殊生态环境中生存和发展的关键因素。

### 3.3 指标权重确定

采用层次分析法（AHP）确定各指标的权重。首

先，构建层次结构模型，将目标层（新优树种生态适应性评价）、准则层（生长指标、生理生态指标、抗逆性指标）和指标层（各具体指标）进行分层。然后，邀请相关领域的专家对各指标进行两两比较打分，构建判断矩阵<sup>[2]</sup>。通过计算判断矩阵的特征值和特征向量，对判断矩阵进行一致性检验，确保其具有满意的一致性。最后，根据特征向量确定各指标的权重。经计算，生长指标权重为0.45，生理生态指标权重为0.35，抗逆性指标权重为0.2。

#### 4 候选树种选择与试验设计

##### 4.1 候选树种选择

根据贺兰山东麓的生态环境特点和造林需求，结合国内外相关研究成果和实地调查情况，选择了10种具有潜在适应性的新优树种作为候选树种，包括文冠果、四翅滨藜、沙木蓼、蒙古莸、花棒、柠条锦鸡儿、紫穗槐、柽柳、国槐、刺槐。这些树种在耐旱、耐寒、耐瘠薄等方面具有一定的优势，且在不同地区有成功引种栽培的案例。

##### 4.2 试验地设置

在贺兰山东麓选择具有代表性的地块作为试验地，综合考虑地形地貌、土壤类型、气候条件等因素，将试验地分为3个区域，分别代表不同的立地条件类型。每个区域设置3个重复小区，小区面积20m×20m，小区之间设置隔离带，以避免相互干扰。

##### 4.3 试验种植与管理

于20XX年春季进行试验树种的种植，采用随机区组设计，株行距为2m×3m。种植前对试验地进行整地、施肥和灌溉等前期处理，清除杂草和石块，深耕细耙，施入有机肥作为基肥。种植时选择生长健壮、无病虫害的苗木，确保苗木质量一致。种植后进行常规的抚育管理，包括浇水、除草、病虫害防治等。根据天气情况和土壤湿度，适时进行灌溉，保证苗木生长所需的水分；定期除草，减少杂草与苗木争夺养分和水分；加强病虫害监测，及时发现并采取有效的防治措施，确保苗木健康生长。

#### 5 数据采集与分析方法

##### 5.1 数据采集

**生长指标：**每年秋季测量树高、地径和冠幅，计算年生长量。树高采用测高仪测量，精确到0.01m；地径采用游标卡尺测量，精确到0.01cm；冠幅采用皮尺测量东西和南北两个方向的冠幅直径，取平均值作为冠幅大小。同时，统计各小区树种的保存率，保存率=（存活苗木数量/种植苗木数量）×100%。

**生理生态指标：**在生长季节（6—8月），选择晴朗无风的天气，使用LI-6400XT便携式光合仪测定树种的光合速率、蒸腾速率、气孔导度等生理指标，测定时间为上午9:00—11:00。每个树种选择3—5株健康植株，每株选取3—5片代表性叶片进行测定，取平均值作为测定结果。根据光合速率和蒸腾速率计算水分利用效率，水分利用效率=光合速率/蒸腾速率。采用丙酮提取法测定叶绿素含量，将叶片洗净擦干，剪碎后放入具塞试管中，加入丙酮溶液，在黑暗条件下提取24h，然后用分光光度计测定提取液在663nm和645nm波长处的吸光度，根据公式计算叶绿素含量。

**抗逆性指标：**通过模拟干旱、低温、盐碱等逆境条件，观察树种的受害症状和恢复能力，评价其抗旱性、抗寒性和抗盐碱性。抗旱性评价采用干旱胁迫处理，停止浇水一段时间后，观察叶片萎蔫程度、生长受抑制情况等指标，根据受害等级进行评分。抗寒性评价通过冬季自然低温胁迫，春季解冻后调查苗木的冻害情况，包括枝条干枯、树皮冻裂等，根据冻害指数进行评价。抗盐碱性评价采用盆栽试验，设置不同浓度的盐溶液进行灌溉，观察苗木的生长状况和生理指标变化，确定其耐盐阈值。采用田间调查和实验室检测相结合的方法，统计树种的病虫害发生情况，计算病虫害发生率，评价其抗病虫害能力。

##### 5.2 数据分析方法

采用Excel2019对采集的数据进行初步整理和统计，计算各指标的平均值、标准差等基本统计量。然后使用SPSS26.0软件进行数据分析，运用方差分析比较不同树种在各指标上的差异显著性，若P < 0.05，则认为差异显著。采用主成分分析法对各指标进行降维处理，将多个指标转化为少数几个综合指标，计算各树种的综合得分。根据综合得分对树种进行排序和评价，综合得分越高，说明树种的生态适应性越强。

#### 6 结果与分析

##### 6.1 不同树种生长指标比较

经过3年的试验观察，各树种的生长指标存在显著差异（P < 0.05）。文冠果的树高年生长量和地径年生长量最大，分别为0.85m和1.2cm，保存率达到90%以上，表现出良好的生长势。其冠幅年生长量也较为可观，达到0.6m，说明文冠果在贺兰山东麓能够快速生长，形成较大的树冠，有利于发挥生态防护和景观美化作用。四翅滨藜和沙木蓼的生长速度也较快，树高年生长量分别为0.7m和0.65m，地径年生长量分别为1.0cm和0.9cm，保存率分别达到85%和80%<sup>[3]</sup>。这三种树种在生长方面表现

出较强的适应性，能够较好地适应贺兰山东麓的生态环境。而国槐和刺槐的生长相对较慢，树高年生长量分别为0.4m和0.35m，地径年生长量分别为0.5cm和0.4cm，保存率分别为70%和65%。这可能是由于国槐和刺槐对贺兰山东麓的干旱、瘠薄土壤条件适应性较差所致。

### 6.2 不同树种生理生态指标比较

在生理生态指标方面，各树种也表现出明显的差异。花棒的光合速率最高，达到 $18.5\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，水分利用效率为 $2.8\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$ ，说明其具有较强的光合作用能力和水分利用效率。花棒能够在干旱环境下通过高效的光合作用合成更多的有机物质，同时合理利用水分，维持自身的生长和代谢。柠条锦鸡儿和紫穗槐的叶绿素含量较高，分别为 $3.5\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $3.2\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，有利于光合作用的进行。叶绿素是光合作用的关键物质，较高的叶绿素含量能够吸收更多的光能，为光合作用提供充足的能量。柽柳的蒸腾速率较低，为 $2.5\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，表现出较好的节水特性。在干旱地区，降低蒸腾速率可以减少水分散失，提高树木的抗旱能力。这些生理生态指标的差异反映了不同树种在适应贺兰山东麓生态环境过程中所采取的不同生态策略。

### 6.3 不同树种抗逆性指标比较

在抗逆性方面，蒙古莸和四翅滨藜表现出较强的抗旱性和抗寒性，在模拟干旱和低温逆境条件下，受害症状较轻，恢复能力较强。蒙古莸在干旱胁迫下，叶片能够保持一定的含水量，生长受抑制程度较小；在低温胁迫下，枝条和树皮未出现明显的冻害现象。四翅滨藜也具有类似的抗逆特性，能够在恶劣环境中生存和生长。沙木蓼和花棒对盐碱环境具有一定的耐受性，在含盐量0.3%的土壤中仍能正常生长，其根系能够适应盐碱土壤的环境，吸收水分和养分的能力未受到明显影响。紫穗槐和柠条锦鸡儿的抗病虫害能力较强，病虫害发生率较低。这可能是由于它们自身含有一些抗病虫害的化学物质，或者具有较强的自我修复能力，能够有效抵御病虫害的侵袭。

### 6.4 综合评价

根据主成分分析法计算各树种的综合得分，并对树种进行排序。综合得分排名前5位的树种分别为文冠果、四翅滨藜、沙木蓼、蒙古莸和花棒，这些树种在生长、生理生态和抗逆性等方面表现较为均衡，具有较好的生态适应性，可作为贺兰山东麓生态建设的优先推广树种。文冠果综合得分最高，其在生长速度、光合作用能力和抗逆性等方面均表现出色，具有较高的生态和经济价值<sup>[4]</sup>。四翅滨藜和沙木蓼生长较快，抗逆性强，能够在恶劣环境中迅速生长，发挥生态防护作用。蒙古莸和花棒也具有较强的适应性和生态功能，适合在贺兰山东麓不同立地条件下种植。

### 结语

本研究基于生态适应性构建贺兰山东麓新优树种筛选指标体系，经对10种候选树种试验种植与数据分析，筛选出文冠果等5种生态适应性良好的新优树种，它们在多方面表现出色，能为当地生态修复等提供适宜树种，证明科学筛选评价可提升树种适应性与生态建设效果。基于此，建议加强树种推广应用，加大宣传、建立示范基地；开展长期监测与研究，为合理配置等提供依据；注重树种搭配与生态建设模式创新，构建稳定高效生态系统、提高综合效益；加强种质资源保护与利用，建立种质资源库。

### 参考文献

- [1] 杨勋爵,孟兆云,李越,等.贺兰山主要建群树种根际土壤真菌群落结构分析[J].森林工程,2024,40(06):20-29.
- [2] 李英武,杨洋,朱嵬,等.贺兰山矿区4种灌木树种造林对比试验[J].宁夏农林科技,2023,64(06):15-18+53.
- [3] 韩瑞利.“生态+产业”贺兰山东麓绿了生态移富了[N].华兴时报,2025-03-08(003).
- [4] 侯迎,刘雯惠,褚阳,等.贺兰山东麓绿洲多层次土壤水分亏缺及其影响因素的时空分析[J].干旱区地理,2025,48(04):649-660.