

## 古红果榆抢救复壮技术体系探索

戴韦<sup>1</sup> 丁佳钰<sup>1</sup> 许晓岗<sup>1\*</sup> 童丽丽<sup>2</sup> 程瑶<sup>1</sup> 田露<sup>1</sup> 郑浩志<sup>1</sup> 徐梦寒<sup>1</sup>

1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心/生物与环境学院, 江苏南京, 210037; 2. 金陵科技学院园艺园林学院, 江苏南京, 210038

\*通讯作者: 许晓岗, [1208657126@qq.com](mailto:1208657126@qq.com)

**摘要** 本文以栖霞山古红果榆 (*Ulmus szechuanica*) 修复工程为载体, 通过勘测与诊断、工程修复、后期养护多种技术手段, 探索出一套华东地区修复古红果榆及其同类古树的技术体系。其结果如下: (1) 通过工程技术、植物保护等手段可以遏制古果榆生长颓势的加重, 从表观上使其得到明显改善。(2) 通过收集该古红果榆繁殖材料, 包括其种子及营养体可以繁育该古树的继代苗以传承其种质资源。(3) 使用 Maxent 技术显示了红果榆在华东地区主要适生区为江苏南部、安徽南部、浙江北部, 并且揭示了红果榆可能的分布区域。为在同类地区同类树种的修复提供了理论指引。(4) 编制了适用华东地区的《古红果榆抢救复壮技术规范》, 为华东地区古红果榆提供保护与复壮措施提供技术支持。

**关键词** 古树; 红果榆; 古树修复; Maxent; 栖霞山

### Study on resuscitating technique system of ancient *Ulmus szechuanica*

Dai Wei<sup>1</sup> Din Jiayu<sup>1</sup> Xu Xiaogang<sup>1\*</sup> Tong Lili<sup>2</sup> Cheng Yao<sup>1</sup> Tian Lu<sup>1</sup> Zheng Haozhi<sup>1</sup> Xu Menghan<sup>1</sup>

1. Co-innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China / College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037; 2. School of Horticulture & Landscape Architecture, Jinling Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 210038

\*Corresponding author: Xu Xiaogang, [1208657126@qq.com](mailto:1208657126@qq.com)

**Abstract** This article uses the restoration project of *Ulmus szechuanica* in Qixia Mountain as a foundation, and explores various technical means, such as survey and diagnosis, engineering restoration, and post-maintenance, to establish a technical system for restoring *U. szechuanica* and similar ancient trees in East China. The following results were obtained: (1) Engineering technology and plant protection measures can effectively restrain the declining growth of *U. szechuanica* and significantly improve its overall appearance. (2) By collecting breeding materials of this ancient tree, including seeds and nutrient materials, it is possible to produce offspring and preserve its genetic resources. (3) Maxent technology has demonstrated that the main suitable areas for *U. szechuanica* in East China are southern Jiangsu, southern Anhui, and northern Zhejiang, and it has also revealed its possible current survival areas, providing theoretical guidance for restoring similar tree species in these areas. (4) A "Technical Specification for the Rescue and Recovery of Ancient *Ulmus szechuanica* in East China" has been compiled to offer technical support for the protection and recovery measures of ancient red-fruited elm in this region.

**Keywords** Ancient trees; *Ulmus szechuanica*; Restoration of ancient trees; Maxent; Qixia Mountain

红果榆 (*Ulmus szechuanica* Fang) 又名明陵榆、四川榆, 为榆科 (Ulmaceae) 榆属 (*Ulmus*) 落叶乔木。红果榆树体高大通直, 枝叶平展细腻, 树枝舒展隽秀、秋季叶色丰富, 花果也具有很高的观赏价值, 为中国榆科特有树种, 红果榆被列入国家林草局“2017年中国主要栽培珍贵树种参考名录”, 分布于安徽、江苏、江西、四川、浙江<sup>[1-3]</sup>。作为“绿色文物”, 南京栖霞山的古红果榆被列入南京市现存古树名木名录<sup>[4-5]</sup>, 古红果榆具有极其重要的生态、科研、人文、地理、旅游价值, 对其的保护工作具有重要的意义。

古红果榆在南京地区现仅存 2 株 (分布于江苏南京东郊的明孝陵和长江岸边的栖霞山), 其中较大的 1 株仅存在南京栖霞山<sup>[6-7]</sup>。栖霞山古红果榆树龄为 118 年 (编号 770), 位于栖霞寺般若台遗址附

近。近年来，古红果榆出现长势不良的现象（枯梢、脱皮、蛀孔洞等），亟待抢救与复壮。

## 1 材料与方法

### 1.1 红果榆分布预测技术

#### 1.1.1 红果榆分布数据获取

MaxEnt 模型模拟需要物种分布数据和环境数据，分布数据即为植物存在点的经纬度信息。红果榆分布数据来自 3 个方面：（1）课题组前期的资源调查，主要针对南京市区内红果榆位置，记录 GPS 经纬度数据；（2）红果榆培育的相关文献，对获得的红果榆分布点进行手动筛选，排除空间关联性较大可能造成的过拟合影响；（3）标本数据库检索，因红果榆为中国特有树种，数据来源于中国数字植物标本馆（<https://www.cvh.ac.cn>），中国国家标本资源平台（[www.nsii.org.cn](http://www.nsii.org.cn)），采集年份从 1937 至今。对于已经包涵了准确经纬度的信息，直接使用，对公布分布地点的信息，借助经纬度拾取功能确定其经纬度坐标，地图因国防加密，误差在 500-1000m 之间，对于植物分布而言可以忽略不计；去除重复出现与地理坐标不详的信息，最后得到可信数据 41 份。参照 MaxEnt 软件操作手册，将数据输入 Excel，保存格式为 \*.CSV，内容包括物种拉丁名、物种存在的经度和纬度。得到的红果榆分布数据导入软件 Arcgis 10.8，使用 SDMtoolbox 工具包处理数据，再次去除相关性过高的地理坐标<sup>[8-9]</sup>，坐标系统统一为 WGS-1984，中国地图基于自然资源技术审查中心标准地图下载服务，下载的审图号为 GS (2019) 1822 号。

#### 1.1.2 环境因子获取

参与检验 19 个的环境因子均来 WorldClim（<http://www.worldclim.org>），使用的环境因子如表 1 所示，空间分辨率为 2.5 arc-min(约 4.5 km<sup>2</sup>)。利用空间分析工具功能将关于中国的环境因子数据从全球数据中分割出来，利用 Raster Tool 中的 Raster to ASCII (folder)，将 TIF 文件批量转为 ASC 格式<sup>[10]</sup>。

表 1 本实验使用的环境因子

Tab. 1 Environment factors applied in this work

名称 Name	描述 Description
BIO1	年均温 Annual Mean Temperature
BIO2	平均日差 Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))
BIO3	等温性 Isothermality (BIO2/BIO7) (×100)
BIO4	温度季节性 Temperature Seasonality (standard deviation ×100)
BIO5	最暖月份的最高气温 Max Temperature of Warmest Month
BIO6	最冷月份的最低气温 Min Temperature of Coldest Month
BIO7	年温差 Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)
BIO8	最潮湿季度的均温 Mean Temperature of Wettest Quarter
BIO9	最干燥季度的均温 Mean Temperature of Driest Quarter
BIO10	最暖季度的均温 Mean Temperature of Warmest Quarter
BIO11	最冷季度的均温 Mean Temperature of Coldest Quarter
BIO12	年降水量 Annual Precipitation
BIO13	最潮湿月份降水量 Precipitation of Wettest Month
BIO14	最干旱月份降水量 Precipitation of Driest Month
BIO15	季节性降水的变异系数 Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
BIO16	最潮湿季度的降水量 Precipitation of Wettest Quarter
BIO17	最干旱季度的降水量 Precipitation of Driest Quarter
BIO18	最温暖季度的降水量 Precipitation of Warmest Quarter

1.1.3 MaxEnt 模型的操作与结果评价

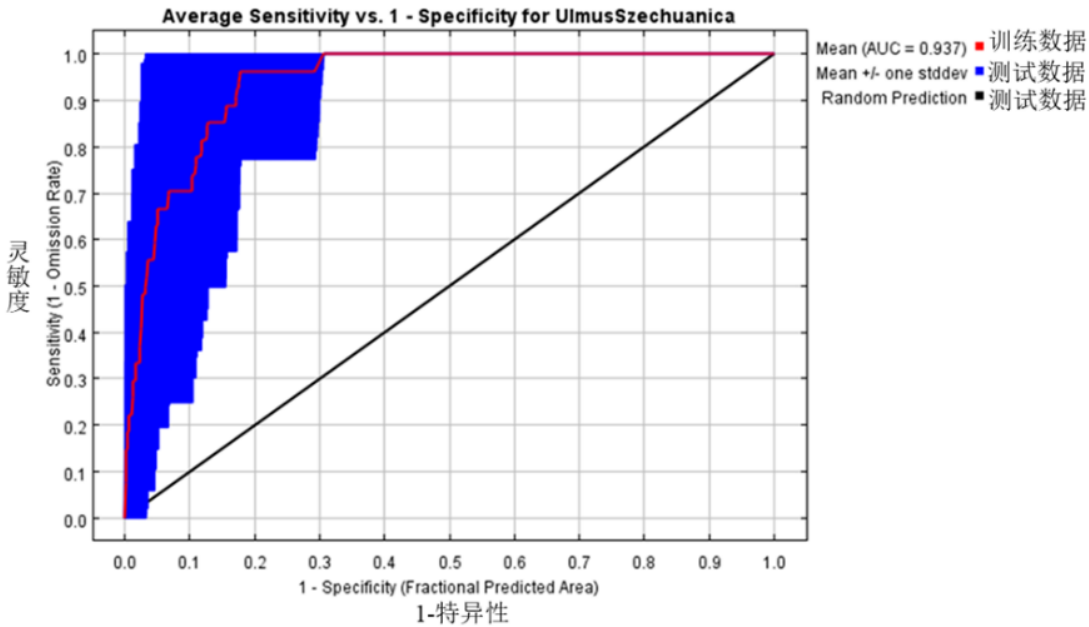


图 1 红果榆

生境评价 ROC 曲线验证

Fig. 1 ROC curve verification of *U.szechuanica*

利用基于最大熵理论的 MaxEnt 软件分析适生区（该软件可在 MaxEnt 主页下载）<sup>[11]</sup>。将 1.1.1 与 1.1.2 中得到的数据导入 MaxEnt，随机取用 90%的数据作为训练集，10%的数据作为检验集，重复 100 次。受试者工作特征曲线（Receiver Operating Characteristic Curve, ROC）下面积值，即模型预测结果的曲线下面积（area under curve, AUC），用来检验模型可行性。AUC 的取值范围为[0, 1]，其中 AUC 值越接近 1，环境变量和分布模型间相关性越大,结果精度越高。本实验中 AUC 值达到 0.937，标准差为 0.072，因此研究结果有较高的可信度<sup>[12-13]</sup>。具体见图 1。

1.1.4 红果榆适生等级分区

分析和制图软件采用 ArcMap 10.8。MaxEnt 模型输出结果为 ASCII 格式，使用 Arc Toolbox 中的格式转换工具，将该数据转为 Raster 格式，使其能在 ArcMap 中可视化表示。Max Ent 软件模拟输出的结果值在[0,1]内，值越接近 1 表示物种越可能存在。0-0.08 表示不适生，0.08-0.26 为低适生区，0.26-0.47 为中适生区，0.47-0.71 为较高适生区，0.71-1 为高适生区。

1.2 勘测与诊断

古红果榆位于南京市栖霞山风景区（32.155688°N, 118.955567°E），分别于 2022 年 12 月与 2023 年 2 月对栖霞山古红果榆（编号 770）继续勘测与诊断。树高与冠幅由测距仪测得，树胸径由胸径尺测得，直接观测枯枝、虫蛀等古树衰败的表征现象。古红果榆受损根系范围长度、宽度、坡度均由测距仪测得，观测并统计树冠垂直投影下的小乔木及构筑物。

1.3 工程技术措施

1.3.1 改道法

对于影响古树根系生长范围的道路，将其整体拆除，避开古树，重新架设新的道路。此方法为所有方法中对古树修复最彻底，工程结束后，可以避免大部分人为因素对古树的破坏。然而，此方法缺点也很多，一是价格高昂，拆路及土壤修复、新路建设两项工程极耗人力物力，红果榆位于半山腰，若启动

工程, 运输建材的耗费将比在平地建设时更大; 二是实施时, 难免存在异议, 社会阻力大, 红果榆距栖霞寺仅百米左右, 贸然改道, 可能难以服众, 受到社会、宗教多层面的阻碍。

### 1.3.2 拆除架空法

在不改变原本道路布局的基础上, 改变道路结构。将原先不透气的沥青道路改为透气性良好的栅格化道路。建立钢结构支栅格, 维持透气性的新型“人树共用道”。其优点为相比改道法, 价格合理; 栅格网络道路能够较好地达到红果榆的根系透气需求, 也能实时监测红果榆周边土壤状况。缺点为工程造价高, 期间会影响栖霞山游览“大动脉”的正常功能, 栖霞山为国家 4A 级旅游景区, 人流量大, 改建道路将影响游客的与工作人员交通。

### 1.3.3 钻孔透气法

基于以上两种方法的缺点, 折中的方法为: 既不改变道路布局也不拆除部分道路, 仅在原有道路上钻孔透气, 在孔洞上加封不锈钢地漏。其优点是, 价格低廉; 工期短, 可仅在无游客的夜晚进行, 不影响栖霞山作为旅游景区的日常运作; 打孔作业完成后可作为红果榆根系观测点, 监测其土壤状况。缺点为工程结束后, 道路强度会降低, 日常通勤车辆可以承载但若遇施工大型载重车辆可能会改变其结构; 通气效果有待观测; 也可能将少量污水灌入根系。

## 1.4 古红果榆养护管理

及时修剪古红果榆的干枝、死枝, 利于通风透光和减少病虫。修剪时注意锯口平滑, 并涂防腐剂, 尽可能不损伤枝条, 如有风折枝条, 应对伤口进行消毒保护, 避免或减少树液流失, 促进古木更新复壮。此外古红果榆树体有严重损伤、腐朽, 树体不坚固, 枯枝容易坠落, 修剪古木枯枝、病枝有利于保持树体平衡并消除安全隐患<sup>[14-16]</sup>。

通过局部换土去除被污染的土壤、填充基质、施肥(薄肥、土壤添加剂)改良土壤的盐碱性, 树干注射防治病虫害, 无人机叶面施肥使古树快速养分吸收, 并根据修复状况定期进行修剪、灌水、排水、松土、树体支撑加固、修补树洞、树体喷水等措施, 安装避雷器以及防止其他机械损伤, 促进古红果榆的恢复进程<sup>[16-17]</sup>。

## 1.5 种质资源保存

以栖霞山古红果榆的种子繁育的 2 株实生苗为母本, 分别采用营养或有性繁殖方法进行繁育。一方面, 确保该古树的遗传信息得以延续, 以备未来不测。另一方面, 大规模繁育其后代使其承载的文化在栖霞山风景名胜区及周边得以发扬光大。

## 2 结果与分析

### 2.1 红果榆分布

#### 2.1.1 红果榆分布现状及历史原因

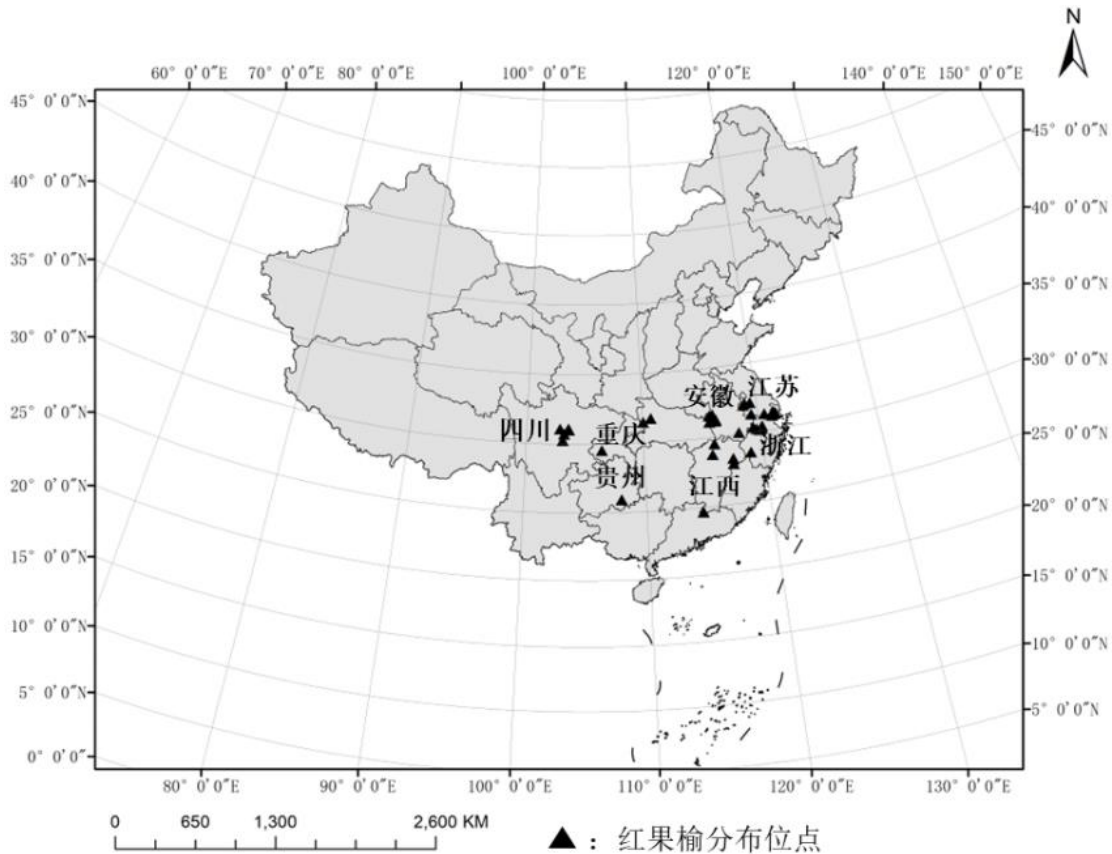


图 2 红果榆在我国的被记录的分布（1930s-2020s）

Fig. 2 The distribution records of *U. szechuanica* in China (1930s-2020s)

以 1.2 红果榆分布推测方法制出图 2 红果榆在中国的分布示意。由图 2 可知红果榆在我国分布于四川、重庆、贵州、江西、浙江、安徽、江苏等地。进一步细分，华东地区的天然红果榆分布于江苏南部、安徽南部、浙江北部平原低丘及溪边之阔叶树林中，偏好酸性土<sup>[18]</sup>。从植物区系的角度而言，被记录的红果榆全部分布在我国的亚热带地区中部的长江冲击平原和四川盆地。亚热带中部地区夏季受东南与西北季风作用，春季与夏季多雨。东部的长江冲击平原受寒潮影响，四季分明；西部的四川盆地受西来的大陆性干热团影响，冬春干暖<sup>[19-22]</sup>。

根据恩格勒系统以花被有无，结合或分离来划分，红果榆属于双子叶植物纲中原始花被亚纲；而根据目前公认被子植物系统发育研究组（Angiosperm Phylogeny Group, APG）理论，红果榆属于木兰纲金缕梅亚纲；两个理论都认可了红果榆的相对原始性。

相对原始的红果榆我国南部的亚热带区域被保存与发展，原因主要有两点：一是在第三纪晚期，季风气候发展并稳定下来，东南和西南季风气候为此地区带来了充足的雨水，保护住了湿热环境下的古代植物；二是当第四纪的冰期来临时，来自北方的冷空气到达这样低的纬度时，所产生的影响已经很难破坏第三纪喜温暖的植物。第四纪未被冰期破坏是本地区古老植物保存至今的关键<sup>[23-24]</sup>。

2.1.2 以 Maxent 推测红果榆适生区

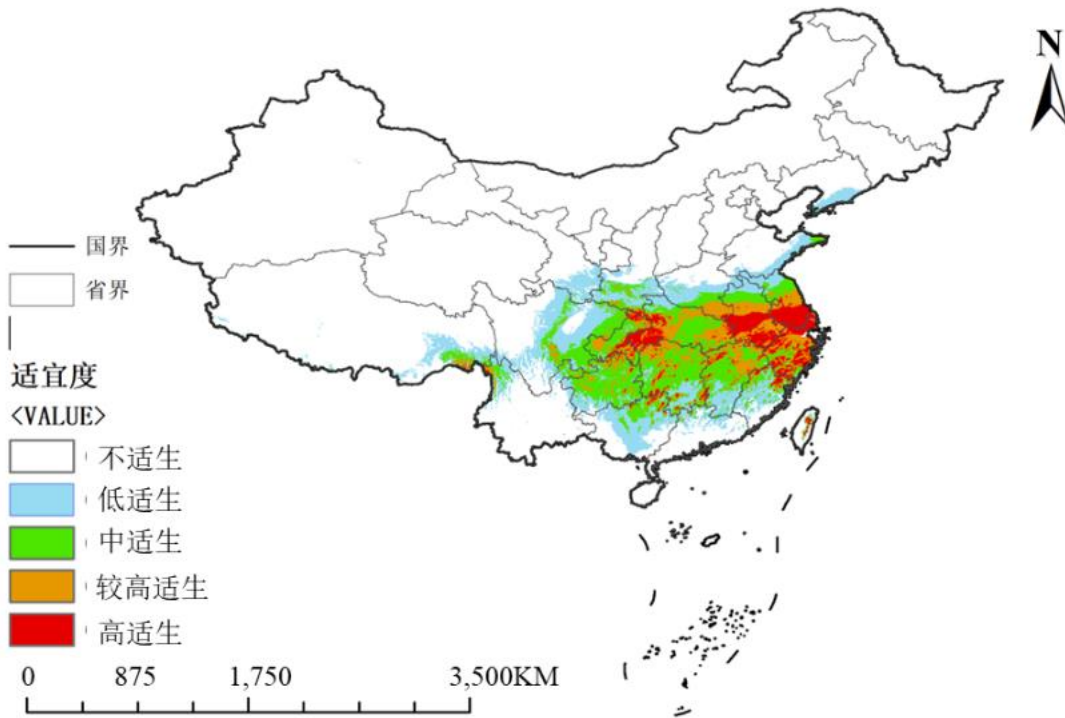


图 3 红果榆在中国的适生等级分布示意图

Fig. 3 Suitability grade map of *U. szechuanica* in China

在 1.2 红果榆分布推测方法制出图 2 红果榆在我国的被记录的分布（1930s-2020s）与图 3 红果榆在中国的适生等级分布示意图。根据两图可知红果榆在我国分布于四川、重庆、贵州、江西、浙江、安徽、江苏、湖南、湖北等地。目前红果榆在我国的分布还远没有达到其最大潜在分布范围，仍然可以通过人工引种的方式，在多地种植这种优秀的园林观赏树种。同时我们发现两个标本数据库中均无在湖南分布的标本数据，进一步检索 GBIF | Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/zh/>)，仍然未发现湖北与湖南采集的信息报道。然而，结合适生区分布推测，植物的分布一般不会有以人为行政分区为边界的地理隔离，故可以认为，湖南、湖北有暂时未被发现的野生红果榆。考察红果榆名称即可发现，红果榆最早的模式标本采集于成都，由其拉丁名“szechuanica”意义可知，其为“来自四川的”，后经郑万钧先生发现命名为“明陵榆”，即位于南京；后面的标本采集也集中于四川周围与江苏南部周围。随着业内对生物多样性的调查研究的密度加大，相信湖南、湖北的分布纪录也会见于报道。

华东地区的天然红果榆分布于江苏南部、安徽南部、浙江北部平原低丘及溪边之阔叶树林中。观察图 3 可知，南京并不为红果榆的最适生境。实际考察南京的气候条件也可发现，南京是长江流域著名的所谓三大“火炉”之一，属北亚热带湿润气候带和季风环流的海洋性气候区，季风显著冬冷夏热，四季分明，日照充足，降水充沛，昼夜温差小。对于红果榆最适生长的江苏南部、安徽南部、浙江北部平原，纬度偏北，夏季更热，昼夜温差更小<sup>[25-26]</sup>。对于红果榆而言，这样的气候在夏季过于高温，尤其若红果榆栖息地受到人工摊铺沥青、水泥路时，极易损伤红果榆的根系，从而导致整植株窒息而死亡。栖霞寺红果榆在这样不利的条件下仍然顽强生存百余年之久，可见其优良的遗传基因<sup>[27]</sup>。

使用 19 个环境因子预测红果榆适生区时，各环境因子贡献值不同，具体见表 2 环境变量在影响红果榆潜在分布中的贡献率（无贡献率或贡献率低于 2% 的环境因子未计入）。可见最干旱月份降水量和最冷季度的均温对红果榆的分布起了重要的影响。在偏北部的南京养护时，须注意冬季的保暖，及时灌溉。

表 2 环境变量在 Maxent 模型的贡献率

Tab. 2 Contribution rate of environmental factors in Maxent modeling

名称 Name	含义 Description	贡献率(%) Contribution
------------	-------------------	------------------------

		rate
BIO14	最干旱月份降水量 Precipitation of Driest Month	58.3
BIO11	最冷季度的均温 Mean Temperature of Coldest Quarter	15.6
BIO12	年降水量 Annual Precipitation	7.4
BIO3	等温性 Isothermality (BIO2/BIO7) (×100)	4.0
BIO1	年均温 Annual Mean Temperature	3.6

使用 Maxent 预测红果榆适生区的不足是, 研究采用的经纬度数据是拾取经纬度坐标所得, 可能无法完全反应现实中红果榆的实际分布情况, 对于坡度、坡向等重要环境因素无法获知, 也限制了一部分对物种分布有重要影响的环境因子的使用。同时, 对适生阈值的划分难免带有主观色彩<sup>[28]</sup>。

## 2.2 古红果榆诊断结果

截至 2022 年夏观测数据, 该古红果榆高 28.3 (±0.5) 米, 冠幅 9.6×6.5 米, 胸径 66.0 厘米, 地径 85.3 厘米。栖霞区古红果榆正常叶片占总叶片的 60%左右, 部分枝条枯死, 树干有空洞, 判断为衰弱株。由于榆属植物树皮含淀粉含量很高<sup>[29]</sup>, 很易引虫, 引虫种类也很多, 须格外注意记录。



图 4 栖霞山古红果榆渐危现状

Fig. 4 The current circumstances of *U. szechuanic*

观测到此古红果榆出现以下问题: 其一, 树木生长力较弱, 叶片表现为: 生长正常的叶片量占叶片总量 50%, 显现部分末梢枯萎; 树条部分表现为: 新梢少, 枯枝稍多, 生长势较弱。其二, 树干有局部坏死、腐朽, 蛀干腐洞明显, 虫害发生于树干部, 主要驻茎干害虫, 以小蠹虫与天牛为主<sup>[30-31]</sup>, 见图 4 中 B2, 为已用药物处理过的虫洞。由于前期工作中未留害虫样本, 无法确定侵染红果榆昆虫的具体种。其三, 根系被人造路面压迫, 树木沿树冠滴水线(投影)范围约 60%的部分被新修的沥青和石板路面覆盖, 人造沥青路面严重影响古树根部呼吸, 在余下的 40%的土地中, 有人造景观石压迫路面, 有小乔木鸡爪槭 (*Acer palmatum*) 3 株, 经考察, 不存在过于靠近古红果榆, 影响古红果榆生长的情况。图 4A1 示古红果榆古树名木编号及地理位置, B1 示古红果榆顶端枯枝, B2 示古红果榆树身蛀虫洞, C1、C2 示古红果榆周围压迫根系的沥青路面及人工景观石。

科学合理地评估古树名木的健康状况是复壮和养护工作的前提, 古树名木的保护工作需要合理、规范的标准。国内外学者对古树名木的保护从多个方向出发, 有形态学、解剖学等外部测定法, 有针刺仪测定法等内部测定法, 也有年轮与直径数学模型法等多种方法<sup>[32-35]</sup>。出于易行性与统一性考虑, 目前国内对古树名木的评估主要参考古树名木普查技术规范 (LYT 2738-2016) <sup>[36]</sup>。

在诊断红果榆时，也应从叶片、枝条、树干三个方面考察。

2.3 工程措施

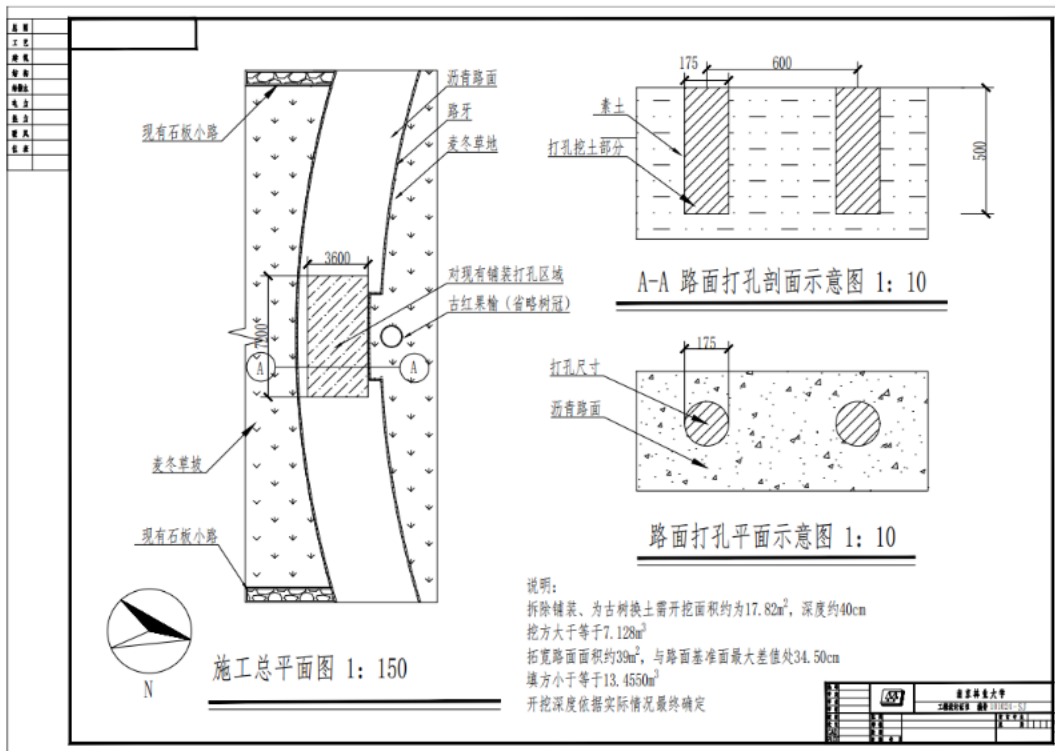


图 5-1 工程技术措施优选方案

Fig. 5-1 The optimized technique solution for the project

经多次实地勘测后发现，该红果榆生境在降水、温度等方面并未受到威胁，其主要致衰因子为栖息地土壤受到修路多重覆盖并碾压造成根系透气严重受阻。因而采取紧急的工程技术措施，努力使其根系透气性增加。经前期多次方案比较与优化，最终采取如下方案。见图 5-1。

栖霞山古红果榆在众多游人的践踏、车辆碾压等外力作用下，土壤颗粒压缩，土壤密实度高，使土壤板结、阻力增大、通气性差、氧气含量不足，有机质少和养分匮乏，导致土壤肥力因子之间失衡、甚至产生拮抗，致土壤养分水平降低，古红果榆的生长受到抑制，人为建设路面构筑物也不同程度地改变了其生长范围内地下土壤的性质，最终影响其根系的生长。增加地表覆盖物（有机物碎片），改善土壤物理性质、减少土壤水分蒸发、抑制杂草。设立围栏和架空平台，避免栖霞寺游人多，踩踏严重，导致土壤密实，从而影响植物根系吸收水肥的效力。

选择时考虑多重原因：①应选用最为经济可行的方案；②应选择较少人力的方案；③应选择大众支持的方案。综合对比后采用钻孔透气法，图 5-2 示工程前后对比。孔径大小为直径 175mm，深度以能打到沥青路下的天然土壤为合适。为维持路面强度，在孔洞内加入金属钢管。为了维持路面的正常功能，也为避免积水给古红果榆带来进一步的伤害，采用不锈钢地漏封口钢管。





图 5-2 工程技术实施现场效果前后对比

Fig. 5-2 Comparison before and after construction

## 2.4 繁育技术

经课题组多次实验证明，对于古红果榆的繁育，种子及扦插繁殖是可行且有效的<sup>[37-41]</sup>。

## 2.5 养护管理技术

### 2.5.1 养护措施

树衰老后抗病虫能力差，而枯枝落叶养虫，若不及时防治病虫害危害，又会使古树生长更加衰弱，从而形成恶性循环，加速古树的衰老死亡，因此及时修剪古红果榆的干枝、死枝，利于通风透光和减少病虫害。修剪时注意锯口平滑，并涂防腐剂，尽可能不损伤枝条，如有风折枝条，应对伤口进行消毒保护，避免或减少树液流失，促进古木更新复壮。此外古红果榆树体有严重损伤、腐朽，树体不坚固，枯枝容易坠落，修剪古木枯枝、死枝有利于保持树体平衡并消除安全隐患。

在城市化进程中容易产生大量的建筑垃圾，破坏土壤酸碱度，通过局部换土去除被污染的土壤、填充基质、施肥（薄肥、土壤添加剂）改良土壤至微酸性，树干注射防治病虫害，并根据修复状况定期进行修剪、灌水、排水、松土、树体支撑加固、修补树洞，促进古红果榆的恢复进程。无人机叶面施肥使古树快速吸收养分，修复期叶面施肥养分吸收更快，可以较快克服作物养分缺乏症状，在根系养分吸收受到了外在环境不利影响或根系吸收能力下降时及时补充养分，用量较小而养分利用率高，且基本上不存在土壤对养分固定作用以及在因土壤反硝化、淋失等作用导致的养分数量损失和有效性降低。

### 2.5.2 红果榆养护后现状



图 6 修复后的红果榆树冠

Fig. 6 Restored crown of *U. szechuanica*

通过工程技术与养护管理，目前红果榆表观状态已有明显改善，最为明显的是，树冠复绿，见图 6，对比图 4，枯枝已修，生长正常的叶片量占叶片总量多数。然，工程实施完结束不久，后续效果有待进一步考察。

### 2.5.3 红果榆养护管理注意要点

结合上述对红果榆分布探索，考虑前人对红果榆的研究与我们对栖霞山古红果榆的复壮，我们认为华东地区红果榆在养护中应重点考虑如下几点：

(1) 位于江苏南部、安徽南部、浙江北部、江西北部年均温度约 15-18℃ 的北纬 28 度左右的区域为华东地区红果榆最适区；在此基础上，若种植红果榆位于南京这样在最适生区偏北的地区，则需注意冬季养护保暖，夏季高温，昼夜相对最适区温差小，建议采用叶片灌溉的方式，在供水的同时，避免过热的天气伤害古红果榆；若种植位置偏南，则需注意暴雨时应避免积水，在偏南区域须格外注意蛀虫防治。

(2) 榆属树种为喜阳树种，也属于上层林木种，种植时应充分考虑光照进行合理配置，在栽培苗木时可种树荫下，移植后应植于上方无遮挡，有充足光照的地方；否则会红果榆叶片可能会出现复绿现象，影响叶色欣赏价值，严重甚至影响其生长。

(3) 红果榆根系发达，有强大的主根和侧根，耐旱力强，不耐水湿，天然生于较陡的山坡，种植时种植在通水良好的山坡，种植在平地时一次灌溉不可过多，避免积水，可多采用叶片灌溉。

(4) 红果榆耐贫瘠，对土壤肥力要求不高，但须注意保持土壤松软透气；天然红果榆偏好石灰岩发育形成的土壤，即偏好微酸性土壤。但在华东地区由于盛行酸雨，故无须特异做此方面养护。

(5) 避免人为干扰。通过本次探索发现，该古红果榆致危的主要原因是根系遭多层覆盖并严重碾压，导致呼吸困难。其次为每年秋季高密度的人流踩踏和焚香烟熏对其损伤。

## 3 讨论与结论

### 3.1 工程技术实施要求多方考虑

针对古红果榆进行修复时，应先做前期调查，寻找病因。结合文献资料与实际考察来看，许多古树的保存依靠生态绿地，“人与树抢地”是导致古树消亡的关键原因，城市化建设中道路对古树生存空间的挤占问题尤为明显<sup>[42-43]</sup>。以工程方式解决时，必须考虑可行性，可操作性，在经济、人力、技术、环境之间找到平衡点。

### 3.2 栖霞山古红果榆须人工辅助繁殖

南京属北亚热带湿润气候带和季风环流的海洋性气候区，南京栖霞山古红果榆位于红果榆分布的低

适生区。对此树而言,生长条件恶劣,它的自然更新困难,人工辅助古树继代繁育尤为必要。

人工繁育可采取种子繁殖与扦插繁殖。红果榆果期在四月,四月上旬果实已大多成熟,在四月下旬果实已散落根边,可以采集使用。成熟时果实呈浅褐色略带红色,一般借用高枝剪采集,若采集量不大,也可以直接在地面收集。无需贮藏,采集后避免暴晒。繁育成功后可将长势优良植株移入苗圃地内。

### 3.3 古树生存须长期养护管理

古红果榆修复后,成效明显,具体表现为生长正常的叶片量占叶片总量多数。

虽然修复成效明显,但要维持良好生长状态必须长期养护管理。

管理要求:①冬季养护保暖;夏季高温时,采用叶片灌溉的方式降温。②须格外注意蛀虫防治。③在栽培苗木时可种树荫下,移植后应植于上方无遮挡,有充足光照的地方。④种植在平地时一次灌溉不可过多,灌溉或暴雨时应避免积水。⑤保持土壤松软透气,维持土壤微酸性。⑥避免人为干扰。

## 参考文献

- [1] Fang W-P. *Ulmus szechuanica*, Commem[J]. 1947, 22.
- [2] Fu L-G, Xin Y-Q, ALAN W. Ulmaceae. In: Wu Z-Y, Raven PH, Hong D-Y, editors. Flora of China, (Ulmaceae). Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanic Garden Press; 2003. vol.5, p. 112.
- [3] Yan S-F, Liu Y-C, Feng S-X, et al. The complete chloroplast genome sequence of *Ulmus szechuanica* (Ulmaceae) and its phylogenetic analysis[J]. Mitochondrial DNA PART B-Resources, 2020, 5(3): 2186–2187.
- [4] 国家林业和草原局. 中国主要栽培珍贵树种参考名录(2017年版)[R/OL]. [2017-11-09].  
<https://www.forestry.gov.cn/main/3954/content-1045203.html>
- [5] 南京市绿化园林局. 南京市古树名木汇总表[R/OL]. [2022-5-17].  
[http://ylj.nanjing.gov.cn/njslhylj/202205/t20220517\\_3419859.html](http://ylj.nanjing.gov.cn/njslhylj/202205/t20220517_3419859.html)
- [6] Zhang Q Y, Huang J, Jia L B, et al. Miocene *Ulmus* fossil fruits from Southwest China and their evolutionary and biogeographic implications[J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 2018, 259: 198-206.
- [7] 周忠胜,张文豹,曾雷,等.稀有树种红果榆种实发芽特性与苗期种源筛选初报[J].特产研究, 2021, 43(01): 29-32.
- [8] Brown J L. SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic, and species distribution model analyses[J]. Methods in Ecology and Evolution. 2014, 5(7): 694-700.
- [9] Brown J L, Bennett J R, French C M. SDMtoolbox 2.0: the next generation Python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. The open access journal for life and environment[J]. 2017, PeerJ 5: e4095.
- [10] Brown J L, Bennett J R, French C M. SDMtoolbox 2.0: the next generation Python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. The open access journal for life and environment[J]. 2017, PeerJ 5: e4095.
- [11] Phillips S J, Anderson R P, Dudik M. Opening the black box: an open-source release of Maxent[J]. Ecography, 2017, 40(7): 887-893.
- [12] 王茹琳,李庆,封传红,等.基于MaxEnt的西藏飞蝗在中国的适生区预测[J].生态学报, 2017, 37(24): 8556-8566.
- [13] 王运生,谢丙炎,万方浩,等.ROC曲线分析在评价入侵物种分布模型中的应用[J].生物多样性, 2007(04): 365-372.
- [14] 薛秋华,徐炜.古树名木的养护与管理初探[J].福建林业科技, 2005(04): 170-174.
- [15] 吴玉华,杜宇峰,蒙志辉,等.大树古树移植与养护促活综合管理措施[J].安徽农业科学, 2010, 38(17): 9354-9357.
- [16] 祝尊凌.园林树木栽培学[M].南京:东南大学出版社, 2010.
- [17] 孙国强,汤珧华.上海地区古树名木养护复壮的探讨[J].湖北林业科技, 2001(04): 44-46.
- [18] 万承永,卢高杨,邹旭,等.红果榆在城乡绿化中的推广应用研究[J].园林, 2020, 338(06): 51-56.

- [19] 赵慧芳. 华东地区相对湿度的气候学特征及其影响因素分析[D]. 福建农林大学, 2022.
- [20] 钮学新, 董加斌, 杜惠良. 华东地区台风降水及影响降水因素的气候分析[J]. 应用气象学报, 2005(03): 402-407.
- [21] 史军, 丁一汇, 崔林丽. 华东地区夏季高温期的气候特征及其变化规律[J]. 地理学报, 2008(03): 237-246.
- [22] 史军, 丁一汇, 崔林丽. 华东极端高温气候特征及成因分析[J]. 大气科学, 2009, 33(02): 347-358.
- [23] 李文漪. 中国第四纪植被与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [24] 陈冬梅, 康宏樟, 刘春江. 中国大陆第四纪冰期潜在植物避难所研究进展[J]. 植物研究, 2011, 31(05): 623-632.
- [25] 唐国利, 丁一汇. 近 44 年南京温度变化的特征及其可能原因的分析[J]. 大气科学, 2006(01): 56-68.
- [26] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究[J]. 考古学报, 1972(01): 15-38.
- [27] 金雅琴, 崔梦凡, 黄琳曦, 等. 榆属植物资源培育及其在城市园林建设中的应用[J]. 金陵科技学院学报, 2018, 34(02): 79-83.
- [28] 史军, 丁一汇, 崔林丽. 华东地区夏季高温期的气候特征及其变化规律[J]. 地理学报, 2008(03): 237-246.
- [29] 张培, 吴晶, 余本渊, 等. 我国榆树害虫发生及研究现状[J]. 江苏林业科技, 2014, 41(01): 46-49.
- [30] 张斌. 榆树小蠹虫的发生原因及防治对策[J]. 现代园艺, 2010, 182(09): 39-40.
- [31] 沙环环. 银川市常见园林蛀干类害虫的发生特点与防治措施[J]. 吉林林业科技, 2020, 49(04): 39-41.
- [32] 江燕, 黎星辉, 浦滇, 等. 基于茎材解剖结构的茶树树龄测定方法[J]. 茶叶科学, 2020, 40(04): 492-500.
- [33] Hu X, Zheng Y, Liang H, Zhao Y. Design and Test of a Microdestructive Tree-Ring Measurement System. Sensors (Basel)[J]. Sensors Based NDE and NDT. 2020, 20(11): 3253.
- [34] Adolt R, Habrova H, Madera P. Crown age estimation of a monocotyledonous tree species *Dracaena cinnabari* using logistic regression[J]. Trees. 2012, 26: 1287-1298.
- [35] 袁传武, 章建斌, 张家来, 等. 湖北省古树年龄鉴定方法[J]. 湖北林业科技, 2012, 173(01): 23-26.
- [36] 国家林业和草原局政府网. LYT 2738-2016 古树名木普查技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [37] 王小菁. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- [38] 刘本大, 尹汝谷, 刘书元, 等. 白榆嫩枝扦插技术[J]. 林业科技通讯, 1994(10): 21-22.
- [39] 徐笑玥, 佟兆庆, 闫文涛, 等. 中华金叶榆嫩枝扦插繁殖技术[J]. 东北林业大学学报, 2016, 44(05): 1-4.
- [40] 李晓欣, 常金宝, 柴楠, 等. 不同处理对 4 种榆属植物嫩枝扦插生根的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(05): 65-69.
- [41] [美]哈特曼. 植物繁殖原理技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [42] 黄应锋, 孙冰, 廖绍波, 等. 深圳市古树资源特征与分布格局[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(02): 104-111.
- [43] 严崇惠. 古树名木衰败原因和复壮技术探讨[J]. 福建林业科技, 2006, 01: 213-215.