

种质资源评价表型选择及评价模型研究进展

翁学垚^{1*}, 吴志杰², 梅慧芳^{1#}

¹宁波市自然资源和规划局宁波市林业发展中心, 宁波 浙江

²泰顺县自然资源和规划局泰顺县生态林场, 温州 浙江

收稿日期: 2025年3月12日; 录用日期: 2025年4月12日; 发布日期: 2025年4月23日

摘要

种质资源对于种业发展和战略资源保障具有重要的意义。数量繁多的种质资源对于管理利用工作提出了新的挑战, 因而种质资源精准评价方法的探索具有重要意义。本文从评价指标筛选、评价模型构建等角度对最新研究进展进行了综述, 以便于研究人员开展种质资源评价工作。

关键词

种质资源, 表型选择, 评价模型

Research Progress on Phenotypic Selection and Evaluation Model for Germplasm Resources Evaluation

Xueyao Weng^{1*}, Zhijie Wu², Huifang Mei^{1#}

¹Ningbo Forestry Development Center, Ningbo Natural Resources and Planning Bureau, Ningbo Zhejiang

²Taishun Country Ecological Forest Farm, Taishun Natural Resources and Planning Bureau, Wenzhou Zhejiang

Received: Mar. 12th, 2025; accepted: Apr. 12th, 2025; published: Apr. 23rd, 2025

Abstract

Germplasm resources hold significant importance for the development of the seed industry and the safeguarding of strategic resources. However, the vast quantity of germplasm resources presents new challenges for management and utilization. Therefore, exploring precise evaluation methods

*第一作者。

#通讯作者。

for germplasm resources is of great importance. This article reviews recent research progress from the perspectives of evaluation index screening and evaluation model construction aiming to facilitate researchers in conducting germplasm resource evaluation work.

Keywords

Germplasm, Phenotypic Selection, Evaluation Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

种质资源是国家基础性资源和战略资源的重要组成部分，是物种多样性和遗传多样性构成的基础，对于国家生态安全和社会可持续发展有着重要意义[1][2]。国家林业和草原局在指导全国林草种质资源普查工作时指出生态安全种苗为先，国土绿化良种为本。林草种苗是林草生态系统可持续发展的物质基础，也是实现“山水林田湖草沙”系统治理的核心保障。

2019年8月国家启动首次林草种质资源普查，目标是收集保存各类林草种质资源15万份，林草种质资源DNA样本20万份，使我国珍稀濒危、重要乡土乔灌木树种、竹类、藤本植物、野生花卉及具有重要利用价值和潜在利用价值的草本植物种质资源得到安全保存，规划并构建“一主六分”的国家林草种质资源设施保存体系，包括雄安主库及山东、新疆等6个区域性分库，为我国林草事业发展和生态保护修复提供基础保障，同时必然有巨量的资源亟待完成利用价值和方式的评价。

种质资源评价是在广泛收集资源的基础上，根据育种目标或利用性状通过科学的评价方法体系快速高效筛选出可利用的资源，在我国特有资源如榛子(*Corylus heterophylla*) [3]、等开展了资源的收集及评价工作，栽培利用的石榴(*Punica granatum*) [4]、核桃(*Juglans regia*) [5]、油茶(*Camellia oleifera*) [6]等也有深入的研究。本文对不同物种种质资源评价指标的选择、具体性状评价策略以及科学评价的模型方法进行了综述，为林草种质资源评价的相关研究提供参考。

2. 种质资源评价依据指标

2.1. 表型数据

表型是直观反映保存种质特点的指标特征[7]，通常包括园艺性状(如果实形态)、产量性状(如生物量)、抗逆性(如耐旱性)等。以重要的饲草树种刺槐(*Robinia pseudoacacia*)为例，郭琪通过对1095个刺槐个体的13个叶片性状包括小叶圆度、小叶面积等进行测定分析，结合SSR分子标记遗传多样性分析，确定了由338个样本构成的饲用种质核心库，核心种质入选率为30.9%，大大提高了利用效率降低了种质保存成本[8]；新疆地区有丰富的果树野生资源，王妍欣等[9]对87份新疆忍冬(*Lonicera tatarica* L.)资源进行种质资源评价，主要利用了枝条、叶片、花、果实的16个表型性状，结果表明新疆忍冬不同居群都有相近的表型和地理分布差异，其中乌图布拉克居群较独特，忍冬资源总体多样性较丰富；覃俏梅等[10]选取桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)15个表型指标对36个居群开展了天然居群表型多样性研究，主要指标包括胎座宽度、叶长、叶面积和叶周长等，结果表明惠州、汕尾居种群质资源具有大果种类的挖掘潜力，而昌江、五指山、温州居群可溶性固形物含量高。

2.2. 功效成分

番茄红素是西瓜(*Citrullus lanatus*)重要的特异功效成分,刘秀云[11]等依据番茄红素含量对 21 份西瓜进行了评价,小果型西瓜种质 W1-11 和大果型西瓜种质 All-Sweet Scarlet 可作为优质高产西瓜新品种选育的亲本;徐斌等对沙棘(*Hippophae rhamnoides*)种质进行了品质相关的指标评价,包括可溶性固形物、抗坏血酸、还原性糖、蛋白质等指标,将 11 份沙棘根据指标表现分为 3 类,确定了适宜鲜食及加工的种质[12]。

2.3. 遗传多样性水平

种质资源是重要遗传资源的保存基本单位,除直接观测的表现性状外,不同种质资源所携带的遗传多样性同样是育种者所重视的宝贵资源,在兼顾优异性状的同时,最大程度的保留遗传多样性水平对于病虫害抗性及生态安全等具有重要的意义。郭栋梁[13]以 SSR 标记对 85 份龙眼(*Dimocarpus longan*)种质资源的遗传多样性分析建立了指纹图谱,将 85 份龙眼资源被分为 8 个类群,且遗传多样性指数表明龙眼种质资源遗传多样性低,资源内部相似度高。何文[14]等应用 ISSR 分子标记技术对 21 份葛根(*Pueraria montana*)种质资源利用 10 对引物进行了电子身份证的制作,便于葛根种质资源的管理和利用;陈敏敏[15]利用简化基因组测序技术(RAD-seq)对浙江地区的 67 份三叶青(*Tetrastigma hemsleyanum*)种质材料进行了遗传多样性评价,解析了群体遗传结构。以上研究表明遗传多样性对于种质资源的评价效率的提升具有重要作用,不同类型的分子标记技术均可用于此类工作。

2.4. 抗性

植物对于非生物胁迫的耐受性决定了分布范围、种质可用性等,特别是在相对严苛环境下种植的经济作物,如盐碱地、高海拔区域、干旱区等,研究者对于这类资源也进行了针对性评价。作为北方重要的生态树种,低温是限制楸树大范围利用的主要因素,魏兰波[16]对 18 个楸树(*Catalpa bungei*)品系在越冬期开展了耐寒性评价,主要利用生理指标等进行分析评价,最终 18 份种质资源分为 3 类,其中 5 个具有较强的耐寒性;贵州地区的喀斯特地貌造成干旱的时有发生,罗静[17]茶树(*Camellia sinensis*)资源的耐旱性开展了评价,利用主成分分析方法 5 份茶树品系进行抗旱性综合评价,结果表明两个野生型茶树资源的抗旱能力要强于另外三个栽培型茶树资源。

为便于开展种质资源评价工作,按照目标类型进行了分类对比,见表 1。

Table 1. Comparison of the effects of phenotypic on germplasm resources evaluation

表 1. 种质资源评价表型的效果比较

表型类型	应用种质	代表指标	适用范围	优点	不足
植物学表型	梨[18]、红毛丹[19]	花型、叶形、果形、株高等生长指标	观赏植物、用材树种等	指标测定简单	需同质环境比较
功效成分	西瓜[11]、沙棘[12]	黄酮、番茄红素等	利用植物次生代谢产物的种质	指标单一,评价简单	指标测定难度大
遗传多样性	龙眼[13]、葛根[14]	ISSR、SSR 标记数据、SNP 位点等	有良好遗传基础或标记丰富的种质	方法成熟,主观干扰少	部分种质遗传基础弱,无可用标记
抗性	美洲黑杨[20]	SOD、电导率等生理指标	绝大多数种质	对于有效种质选出率高	为间接指标指示

种质资源评价主要根据资源的利用价值和方式决定,因而不同类型的种质资源评价指标的原则存在着较大差异,通过准确的评价可以提升种质资源利用效率,并为精准育种的亲本选择等提供助力。

3. 种质资源评价方法

在种质资源的评价过程中, 在获得丰富的表现型数据的基础上, 如何全面地利用基础数据对种质完成评价面临着模型方法选择等问题, 表型数据一般为多个指标综合分析, 因而合适的分析方法是评价结果的客观精准的保证。

3.1. 主成分分析法

主成分分析法实质上基于数据的变换, 变换后使得数据有最大的方差, 即通过对坐标轴的旋转和坐标原点的平移主轴与各点之间的方差最小, 去掉高方差的正交轴, 得到降维数据集。通过将高维数据降维, 提取主要特征, 提升数据分析和后续评价指标测定效率, 主要步骤包括数据标准化、协方差矩阵计算、确定特征向量和特征值、沿主成分轴重新绘制数据。王因花等[21]在元宝枫(*Acer truncatum* Bunge)种质资源的评价过程中, 在对 22 份元宝枫种质的含油率及 19 种脂肪酸组分测定后, 利用主成分分析的方法, 提取到 3 个主成分(累计贡献大于 85%), 证明元宝枫种实的脂肪含量及组分相关指标变异丰富, 具备筛选特定选育目标的基础。

3.2. 隶属函数法

该方法基于模糊集合理论创建的模型, 用于描述元素属于某个集合的程度, 将一个元素属于一个集合的“是或非”转变为一定的概率表示, 即隶属函数定义了一个特定元素属于一个模糊集合的隶属度, 这个值通常在 0 到 1 之间。田星[20]利用该模型对美洲黑杨(*Populus deltoides* Marshall)无性系抗寒、抗旱性进行了评价, 通过对不同处理下的黑杨无性系的电导率、超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性等指标测定后, 利用隶属函数法完成了抗性强弱的排序, 可对不同种质间的差异通过数值进行量化。

除以上两种常用的方法, 其他分析方法也有应用, 如灰色关联度分析法[22]和动态逼近理想解排序法(DTOPSIS) [23]等, 研究者在充分考虑分析种质的数据特点和评价目标的基础上进行了针对性的模型

目前主要的评价方法主要针对同一类型的表型数据, 除主成分分析可在 SPSS 等常用多元统计分析软件下直接调用外, 其余方法且需研究者熟悉 R 软件、Matlab 等数学分析软件, 因而具有一定的门槛。

4. 小结

种质资源的管理过程中对于收集的资源进行精准评价是资源利用的基础, 确定利用目标相关的性状指标确定合适的种质资源, 对于我国种质资源保存体系的完善具有重要的意义, 有限的保存条件下可以尽量多地保存意义重大, 可以使得蕴含遗传重要基因的资源得到更好保存。现有评价体系对表型 - 基因型 - 环境互动机制的整合仍显不足, 未来需结合多组学技术构建动态评价模型。

随着人们对于不同种质资源收集数量的增加, 同时应用方式也有新的变化, 如在盐碱地条件下开展水稻的种植则需要进行耐盐碱种质的筛选; 高温干旱等极端天气的频发要求种质具有耐旱的能力增强, 因而高效率地开展种质资源的评价具有重要的意义。

参考文献

- [1] 马婧, 杨惠敏. 我国园林植物种质资源的保存、创制和研究[J]. 陇东学院学报, 2024, 35(2): 98-106.
- [2] 陶宏彬, 杨鸿飞, 徐登华, 等. 华北林木种质资源综合研究支撑乡村振兴初探[J]. 河北林业科技, 2024(4): 52-57.
- [3] 曲晖, 郑泽洋, 解明, 等. 榛子国家林木种质资源库建设发展建议[J]. 辽宁林业科技, 2023(1): 57-59.
- [4] 罗华, 侯乐峰, 赵亚伟, 等. 枣庄市石榴国家林木种质资源库创新利用进展[J]. 山西果树, 2017(6): 10-13.
- [5] 李亚兰. 新疆栽培核桃种质资源多样性及表型性状的基因组关联分析[D]: [博士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆农业

- 大学, 2019.
- [6] 张子杰. 三江地区油茶种质资源研究及优良种质选择[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2018.
- [7] Weckwerth, W., Ghatak, A., Bellaire, A., Chaturvedi, P. and Varshney, R.K. (2020) PANOMICS Meets Germplasm. *Plant Biotechnology Journal*, **18**, 1507-1525. <https://doi.org/10.1111/pbi.13372>
- [8] 郭琪. 刺槐种质资源的遗传多样性评价及核心种质构建[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [9] 王妍欣, 陆彪, 管岳, 等. 伊犁野果林新疆忍冬表型多样性分析[J]. 北方园艺, 2024(17): 8-16.
- [10] 覃俏梅, 彭莉霞, 丁鑫, 等. 基于叶片和果实性状的桃金娘天然居群表型多样性分析[J]. 林业与环境科学, 2024, 40(6): 1-9.
- [11] 刘秀云, 曹碧婷, 岳钉伊, 等. 西瓜种质资源番茄红素含量鉴定与评价[J]. 中国瓜菜, 2025, 38(2): 25-31.
- [12] 徐斌, 王征, 宋占腾, 等. 11 份野生沙棘种质资源果实品质分析与综合评价[J]. 新疆农业科学, 2024, 61(12): 3020-3031.
- [13] 郭栋梁, 黄石连, 王静, 等. 基于 SSR 分子标记的龙眼种质资源遗传多样性分析及其指纹图谱构建[J]. 中国农学通报, 2022, 38(36): 67-73.
- [14] 何文, 蔡兆琴, 陈会鲜, 等. 葛根种质资源遗传多样性分析及分子身份证构建[J]. 西南农业学报, 2023, 36(11): 2358-2366.
- [15] 陈敏敏. 三叶青种质资源评价及基于 RAD-seq 测序的遗传多样性分析[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江理工大学, 2023.
- [16] 魏兰波. 不同楸树品系抗寒性评价研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2021.
- [17] 罗静. 贵州野生型茶树种质资源的遗传多样性和抗旱性分析[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2021.
- [18] 张莹, 曹玉芬, 霍宏亮, 等. 基于枝条和叶片表型性状的梨种质资源多样性[J]. 中国农业科学, 2018, 51(17): 3353-3369.
- [19] 赵亚, 郭利军, 胡福初, 等. 海南不同地区红毛丹种质资源的果实表型性状差异分析[J]. 分子植物育种, 2018, 16(22): 7487-7494.
- [20] 田星. 基于隶属函数法的美洲黑杨无性系抗寒、抗旱性评价[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2018.
- [21] 王因花, 孔雨光, 燕丽萍, 等. 山东省 22 份元宝枫种质资源含油率及脂肪酸组分分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2023, 43(2): 180-187.
- [22] 贾小平, 袁玺垒, 陆平, 等. 中国 71 个谷子种质资源的灰色关联度分析及综合评价[J]. 种子, 2017, 36(9): 63-66.
- [23] 王艳芳, 李戈, 唐玲, 等. 基于灰色关联度分析和 DTOPSIS 法的肾茶种质资源综合评价[J]. 中国农学通报, 2017, 33(10): 92-99.