

配方土对珍稀濒危树种浙江楠绿化容器苗生长的影响

楚秀丽^{1,2}, 严巍^{1,2*}, 张杰^{1,2}

¹上海植物园, 上海

²上海城市植物资源开发应用工程技术研究中心, 上海

收稿日期: 2026年7月3日; 录用日期: 2026年9月2日; 发布日期: 2026年9月16日

摘要

目的: 为优选适合上海地区浙江楠(*Phoebe chekiangensis*)绿化容器苗培育的配方土配方, 探究不同配比土壤对苗木生长及生理特性的影响。方法: 以3年生浙江楠容器苗为材料, 设置珍珠岩配方(50%进口泥炭 + 20%原土 + 30%珍珠岩)、青石粒配方(50%进口泥炭 + 20%原土 + 30%青石粒)、生物炭配方(50%进口泥炭 + 20%原土 + 30%生物炭)及珍珠岩配方(50%进口泥炭 + 20%原土 + 30%珍珠岩) + 栽植次年施TMF土壤调节剂4种处理, 随机区组设计, 连续两年跟踪测定苗高、地径及叶片SPAD值。结果: 青石粒配方土在栽植当年显著促进了浙江楠的苗高生长和SPAD值提升, 移栽初期生长恢复效果最佳; 栽植次年, 珍珠岩配方土表现出更优的苗高生长效应, 且珍珠岩配方土施入TMF土壤调节剂进一步促进了新梢生长。结论: 浙江楠绿化容器苗培育宜选用透气性好的青石粒基质以促进根系恢复和生长启动, 绿化移栽应用可添加珍珠岩及TMF土壤调节剂, 以优化移栽后的生长稳定恢复和后期生长表现。本研究结果预为浙江楠在上海地区的绿化容器苗培育和绿化中推广应用提供关键技术指导。

关键词

浙江楠, 绿化容器苗, 配方土, 苗高, 地径, SPAD

Effect of Formulated Soil on the Growth of Container Landscaping Seedlings of *Phoebe chekiangensis*, a Rare and Endangered Tree Species

Xiuli Chu^{1,2}, Wei Yan^{1,2*}, Jie Zhang^{1,2}

¹Shanghai Botanical Garden, Shanghai

*通讯作者。

文章引用: 楚秀丽, 严巍, 张杰. 配方土对珍稀濒危树种浙江楠绿化容器苗生长的影响[J]. 植物学研究, 2026, 15(5): 345-352. DOI: 10.12677/br.2026.155039

²Shanghai Engineering Research Center of Sustainable Plant Innovation, Shanghai

Received: July 3, 2026; accepted: September 2, 2026; published: September 16, 2026

Abstract

Objective: To optimize the formulated soil for container landscaping seedlings of *Phoebe chekiangensis* suitable for Shanghai area, and to investigate the effects of different soil formulations on seedling growth and physiological characteristics. **Method:** Three-year-old container seedlings of *P. chekiangensis* were used as materials. Four treatments were set up in a randomized block design: perlite formulation (50% imported peat + 20% native soil + 30% perlite), crushed stone formulation (50% imported peat + 20% native soil + 30% crushed stone), biochar formulation (50% imported peat + 20% native soil + 30% biochar), and perlite formulation + application of TMF soil conditioner in the second year after planting. Seedling height, ground diameter and leaf SPAD value were measured continuously for two years. **Result:** The crushed stone formulation significantly promoted seedling height growth and SPAD value increase in the first year after planting, showing the best effect on growth recovery during the initial transplanting stage. While, in the second year, the perlite formulation exhibited better performance on height growth, and the addition of TMF soil conditioner to the perlite formulation further promoted new shoot growth. **Conclusion:** For the cultivation of container landscaping seedlings of *P. chekiangensis*, a well-aerated crushed stone substrate is recommended to promote root recovery and growth initiation. For transplanting in landscaping applications, the addition of perlite and TMF soil conditioner can optimize post-transplant growth stabilization and long-term performance. These results provide key technical guidance for large-scale container seedling production and landscaping application of *P. chekiangensis* in Shanghai.

Keywords

Phoebe chekiangensis, Container Landscaping Seedling, Formulated Soil, Seedling Height, Ground Diameter, SPAD Value

Copyright © 2026 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. 引言

浙江楠(*Phoebe chekiangensis*)是我国重要的楠木资源[1][2], 由我国著名植物学家向其柏先生于 1974 年以采于杭州云栖的植物标本为模式建立的新种[3], 我国特有植物, 自然分布于浙江西北部及东北部、福建北部、江西东部海拔 1000 米以下山地阔叶林中。天然野生资源稀少, 再加上人为砍伐, 现存自然资源几近枯竭, 被列为国家二级重点保护野生植物[2][4]。该树种树干通直, 材质坚硬细腻, 木材可作建筑、家具、精密模具和雕刻等用材, 其树体壮丽、四季常青, 是优良的园林绿化树种, 在园林中可作庭荫树、行道树或风景树, 孤植、丛植或配置于大型建筑物前后均可形成优美的景观效果[5][6]。

上海地处长江三角洲冲积平原, 自然分布的楠木类树种只有润楠属的红楠(*Machilus thunbergii*) [7]。为丰富本土植物资源, 上海植物园积极开展楠木类树种引种培育关键技术研究[2], 立足“四化”, 研创

楠木类树种绿化容器苗培育，助推珍贵树种在上海地区园林绿化中的推广应用。容器苗较裸根苗具有明显的栽植优势——栽植成活率高、缓苗期短、栽植不受季节限制、绿化施工方便、景观见效快[8][9]，而且容器苗在运输和移栽过程中对根系损伤小、缓苗快，后期养护管理成本可降低 50%~70%，因此，大规模绿化容器苗更是城市绿化用苗的首选[10]。

在绿化容器苗培育中，基质是影响苗木生长和苗木质量的关键因子，直接关系到根系的发育状况和地上部分的生长表现。不同基质在孔隙度、持水性、养分含量等方面存在显著差异，进而影响苗木的生理代谢和生长势。适宜的基质配比可显著提升容器苗的苗高、地径和生物量积累[8][11][12]。目前，针对浙江楠容器苗的基质选配已有少量报道，但多聚焦于苗期培育阶段[8][11]~[15]，针对大规格容器苗(3 年生以上)的栽培配方土配比优化研究仍较为薄弱，本研究以 3 年生浙江楠大规格容器苗为对象，围绕栽培配方土选配问题，开展不同配方土配比析因试验设计，分析各配方比对浙江楠绿化容器苗生长的影响，为浙江楠等楠木类树种在上海地区推广应用提供栽培技术支撑。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

试验在上海植物园开展。上海属北亚热带海洋性季风气候，四季分明、雨量充沛、季风显著。无霜期约 230 d，平均年降水量为 1156.7 mm，降水集中在 6~8 月份。冬季受大陆冷高压影响，多吹偏北风，夏季受副热带高压影响，盛行东南风或偏南风。年平均气温约 18.6℃，最冷月(1 月)平均气温约 6.9℃，极端最低气温可达-6℃，最热月(7 月)平均气温约 30.5℃，极端最高气温可达 35℃。

2.2. 试验材料

以长势一致的 3 年生浙江楠容器苗(苗高在 80~100 cm；地径在 8~10 mm)为供试材料。所用基质原料包括：进口泥炭、珍珠岩(粒径 3~5 mm)、青石粒(粒径 3~5 cm)、生物炭(粒径 3~5 mm)及 TMF 土壤调节剂。栽培容器底面直径 38 cm、高 38 cm 控根容器。

2.3. 试验设计

对比试验设置 4 种配方土处理，详见表 1。随机区组设计，每处理 8 株作为 1 个小区，设 3 次重复，共计 96 株(8 株 × 4 处理 × 3 重复)。

Table 1. The substrate composition and volume ratio of different soil formulations

表 1. 不同配方土的基质组成和体积配比

配方土处理	基质组成	配比体积比
珍珠岩配方	进口泥炭：原土：珍珠岩	5:2:3
青石粒配方	进口泥炭：原土：青石粒	5:2:3
生物炭配方	进口泥炭：原土：生物炭	5:2:3
珍珠岩配方 + TMF (次年 4 月施入)	进口泥炭：原土：珍珠岩，次年施入 TMF	5:2:3

各处理苗木于 2023 年 4 月中旬完成栽植(图 1)。栽植前将各处理基质按配比充分混匀，装入控根容器中，苗木定植后浇透定根水。



Figure 1. Planting *P. chekiangensis* seedlings with different soil mixtures
图 1. 不同配方土下栽植浙江楠苗木

2.4. 测定指标与方法

生长指标测定：2023 年 6 月(栽植后一个月且基质下沉稳定)对各处理苗木的苗高和地径进行初生长量调查；并分别于栽植当年 12 月和次年 12 月生长休眠期，测定各处理苗高、地径和冠幅。苗高以栽植面至顶芽的高度为准，地径在距离栽植面 2 cm 处用数显游标卡尺测量。叶片 SPAD 值测定：于 2023 年 8 月(生长旺盛期)选取各处理植株中部功能叶，使用 SPAD-502Plus 叶绿素仪测定叶片 SPAD 值(叶绿素相对含量)，每株测定 3~5 片叶，取平均值。

2.5. 数据处理与分析

采用 Excel 2021 对原始数据进行整理,运用 SPSS 27.0 统计软件对各处理的苗高、地径、冠幅及 SPAD 值进行单因素方差分析(One-way ANOVA)，采用 Duncan 新复极差法进行多重比较($P < 0.05$)。

3. 结果与分析

3.1. 栽植当年不同配方对浙江楠生长及 SPAD 值的影响

栽植当年(2023 年)，不同配方处理下浙江楠的苗高、地径及 SPAD 值表现出显著差异($P < 0.05$) (图 2)，具体如下：

苗高：栽植当年，两次测量苗高从大到小的处理均依次为青石粒配方、珍珠岩配方和生物炭配方，其中青石粒配方处理苗高均最高，分别为 117.30 cm 和 134.86 cm，显著高于其他两种处理($P < 0.05$)，两次测量生物炭配方处理苗高均最小，分别为 101.67 cm 和 122.96 cm，均低于青石粒处理苗高 10 cm 以上。

地径：栽植当年 6 月份，各处理间地径差异显著，仍表现为青石粒配方处理最大，为 11.88 mm，而此时，其他两种配方处理间地径差异不显著，至 12 月测量，三种配方处理间地径大小差异基本消失($P > 0.05$)，表明基质处理对栽植当年的地径生长影响相对较小。

SPAD 值：不同配方处理苗木叶片的 SPAD 值差异显著，仍以青石粒配方处理最高，为 42.40，显著高于其他两种配方处理($P < 0.05$)，与苗高排序基本一致，表明青石粒基质在促进地上部分生长的同时也提高了叶片的叶绿素含量，有利于光合作用的进行和同化产物的积累。

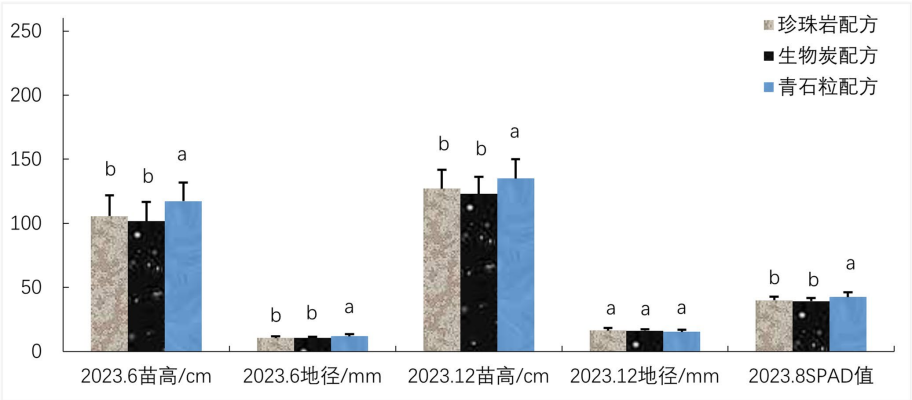


Figure 2. Comparative analysis of first-year growth and SPAD of *P. chekiangensis* seedlings planted with different soil mixtures

图 2. 不同配方栽植当年浙江楠生长及 SPAD 比较分析

3.2. 栽植次年不同配方对浙江楠生长的影响

栽植次年(2024 年 12 月), 苗木经两年生长恢复、环境稳定后, 不同配方处理间的生长差异较处理当年发生了一定变化(图 3), 具体如下:

苗高和新梢生长量: 栽植次年 12 月, 各配方处理苗高从大到小依次为珍珠岩配方、珍珠岩配方 + TMF、生物炭配方和青石粒配方, 此时, 珍珠岩配方表现出较大优势。珍珠岩配方处理苗高为 197.33 cm, 珍珠岩配方 + TMF 土壤调节剂处理(192.15 cm)次之, 亦表现出较高的苗高效应, 均高于生物炭配方处理(188.25 cm), 显著高于青石粒配方处理(179.54 cm); 而从新梢生长效应上看, 珍珠岩配方 + TMF 土壤调节剂处理效果最优, 为 46.15 cm, 高于珍珠岩配方处理的 39.00 cm, 显著高于生物炭配方(36.56 cm)和青石粒配方(28.69 cm)处理($P < 0.05$), 但珍珠岩配方处理和生物炭配方处理间已无显著差异。

地径和 SPAD: 各配方处理间地径和 SPAD 差异未达显著水平($P > 0.05$), 处理次年, 生长稳定后, 配方处理间稳定生长指标间差异逐渐减小(图 3)。

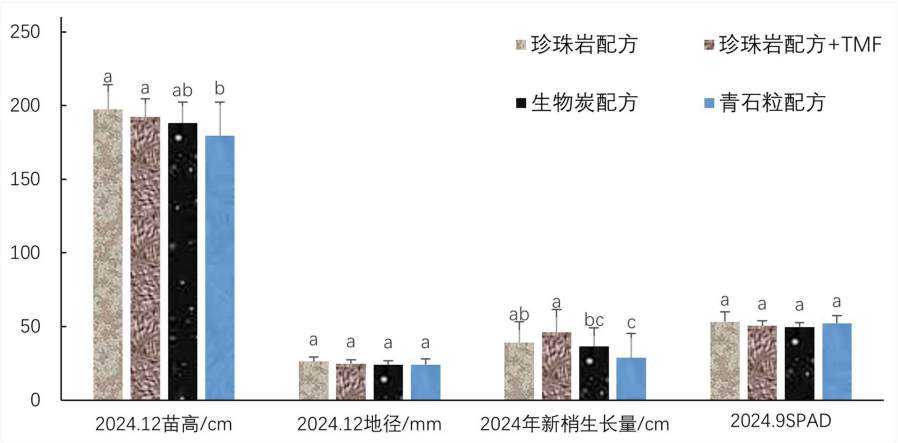


Figure 3. Comparative analysis of second-year growth and SPAD of *P. chekiangensis* seedlings planted with different soil mixtures

图 3. 不同配方栽植次年浙江楠生长及 SPAD 比较分析

综合连续两年观测结果, 不同配方处理对浙江楠绿化容器苗生长的影响表现出一定的阶段性和可塑

性：绿化容器苗培育以青石粒配方的促进效应最为显著，而栽植稳定后珍珠岩基质尤其是配合施用 TMF 土壤调节剂处理展现出更优的生长促进效果。

4. 结论与讨论

4.1. 调配配方土对浙江楠绿化容器苗生长的影响

对 3 年生浙江楠容器苗采用配方土栽植后长势较好。前期研究多为浙江楠 1 年生和 2 年生容器苗，王艺等[16]研究的浙江楠 1 年生容器苗苗高、地径分别为 25.4 cm、4.73 mm，李军等[11]在不同基质下培育浙江楠 2 年生容器苗苗高长至 88.91 cm、地径约 11 mm，李峰卿等[8]采用配比施肥下 2 年生浙江楠容器苗最高苗高和地径分别为 97.28 cm、12.36 mm。本研究珍珠岩配方栽植 4 年生容器苗苗高为 197.33 cm，珍珠岩配方 + TMF 土壤调节剂处理(192.15 cm)次之，地径在 24.19 mm 至 26.17 mm，均体现较好的生长表现，苗高和地径均高于夏海涛等[17]的研究中浙江楠容器苗(苗高最值约 170 cm、地径最值约 14.00 mm)。

4.2. 栽植后不同阶段影响浙江楠绿化容器苗生长的关键因子

栽植当年，相比其他两种配方，土壤具有明显透气性特征的青石粒配方土，可能更利于浙江楠移栽初期的生长恢复，能够较好地促进浙江楠生长和叶绿素的合成。移栽初期，苗木根系在移栽过程中受到一定程度的损伤，根系活力下降，对基质通气性等要求较高[18][19]。青石粒(粒径 3~5 cm)的加入显著增加了土壤的大孔隙度和气体交换能力，有利于根系的伤口愈合和新根萌发。通气良好的土壤环境能够促进根系的呼吸作用，加速根系的修复和生长，进而为地上部分的快速恢复提供充足的养分和水分供应[20][21]。因此，青石粒基质在栽植当年的苗高生长效应和叶片 SPAD 值提升最为显著。

栽植次年，从高生长指标，珍珠岩配方表现出较好的生长效应，且珍珠岩配方结合施入 TMF 土壤调节剂明显促进了新梢生长，生物炭配方在新梢生长量上亦表现出向好趋势。栽植后处理第二年，苗木根系已基本恢复并建立较为完善的吸收系统，对土壤通气性的依赖程度相对降低，而对养分供给能力的要求相应提高。珍珠岩(粒径 3~5 mm)基质具有适宜的孔隙结构和良好的保水保肥能力，能够在保证通气性的同时提供相对均衡的水肥环境[22]-[24]。本研究中珍珠岩基质在栽植次年的苗高表现优于青石粒基质，再次验证了这一论断。

4.3. TMF 土壤调节剂对浙江楠生长的促进作用

TMF 土壤调节剂与珍珠岩配方的配合使用在栽植次年表现出最佳的新梢生长效应。与珍珠岩配方配合使用，能够促进珍珠岩持续改善根区微环境[24]，促进了苗木的后期生长。TMF 土壤调节剂作为一种含有多种有益微生物和生物活性物质的土壤改良产品，能够改善根区微生态环境，促进根际有益菌群的定殖，提高根系对养分的吸收利用效率[25][26]。此外，土壤调节剂的施入还能调节根区 pH 和离子平衡，减轻移栽逆境对苗木造成的生理胁迫[27][28]。本研究中珍珠岩配方结合施用 TMF 处理苗木在栽植次年的新梢生长量显著高于珍珠岩配方等其他处理苗木，表明了 TMF 土壤调节剂对浙江楠后期生长的正向调控作用。

4.4. 配方土选择对浙江楠绿化容器苗培育的实践意义

青石粒配方在栽植当年显著促进了浙江楠的苗高生长和 SPAD 值提升，而珍珠岩配方以及 TMF 土壤调节剂在栽植次年表现出更好的生长效应。这一阶段性差异反映了浙江楠绿化容器苗在不同生长阶段对土壤物理性质的差异化需求。本研究结果为浙江楠绿化容器苗培育栽植的土壤选配和改良提供了科学依据。在浙江楠绿化容器苗的培育和绿化应用实践中，建议采用分阶段土壤管理策略：移栽初期优先选

用含青石粒等粗骨材料的土壤配方, 以确保良好的透气性, 促进根系恢复和生长启动; 生长稳定后可适时增添珍珠岩, 并适量施用土壤调节剂(如 TMF), 以优化养分供给和根区微生态环境, 促进苗木持续健康生长。分阶段土壤管理模式既兼顾了移栽初期的成活率需求, 又保障了苗木后期的生长潜力和质量, 对于浙江楠在上海地区的规模化容器苗培育和园林绿化推广应用具有重要的实践指导价值。

基金项目

上海市社会发展科技攻关项目(23DZ1204600)“面向国家植物园功能扩展的珍稀濒危和乡土植物保育关键技术研究”(23DZ1204601); 上海市绿化和市容管理局 2022 年科学技术项目(G220304)。

参考文献

- [1] 贾贤, 黄秋生, 刘光华, 等. 我国楠木资源的研究现状[J]. 中国园艺文摘, 2014(10): 55-59.
- [2] 楚秀丽, 付艳茹, 魏宇昆, 等. 上海地区迁地保育楠木类树种现状及应用展望[J]. 园林, 2024, 41(z1): 57-66.
- [3] 向其柏. 桢楠属一新种——浙江楠[J]. 植物分类学报, 1974, 12(3): 295.
- [4] 丁鑫, 肖建华, 黄建峰, 等. 珍贵木材树种楠木的野生资源调查[J]. 植物分类与资源学报, 2015, 37(5): 629-639.
- [5] 林夏珍. 浙江省润楠属植物系统学研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2003.
- [6] 楚秀丽, 严巍, 张杰. 珍稀濒危楠木类树种资源保育现状及应用前景[J]. 中国野生植物资源, 2023, 42(S1): 101-107.
- [7] 上海科学院. 上海植物志(上卷) [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1993.
- [8] 李峰卿, 王秀花, 楚秀丽, 等. 缓释肥 N/P 养分配比及加载量对 3 种珍贵树种大规格容器苗生长的影响[J]. 林业科学研究, 2017, 30(5): 743-750.
- [9] 武静. 大规格乔木容器苗培育管理技术[J]. 现代园艺, 2019(15): 87-88.
- [10] 张瑞. 大规格容器苗培育关键技术调查与研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [11] 李军, 王秀花, 楚秀丽, 等. 轻基质对比对 3 种珍贵树种 2 年生容器苗生长及氮和磷吸收的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(6): 1044-1050.
- [12] 黄石德, 林捷, 汤行昊. 不同基质配方对浙江楠和闽楠容器苗生长的影响[J]. 绿色科技, 2024, 26(11): 125-129.
- [13] 王秀花, 张东北, 吴小林, 等. 容器规格和养分加载对珍贵树种容器苗生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(3): 118-124.
- [14] Chu, X., Wang, X., Zhang, D., Wu, X. and Zhou, Z. (2019) Responses of *Taxus chinensis* and *Phoebe chekiangensis* Seedlings to Controlled-Release Fertilizer in Various Formulations and Application Rates. *iForest—Biogeosciences and Forestry*, **12**, 254-261. <https://doi.org/10.3832/ifor2714-012>
- [15] Chu, X., Wang, X., Zhang, D., Wu, X. and Zhou, Z. (2019) Effects of Fertilization and Container-Type on Nutrient Uptake and Utilization by Four Subtropical Tree Seedlings. *Journal of Forestry Research*, **31**, 1201-1213. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01070-0>
- [16] 王艺, 王秀花, 吴小林, 等. 缓释肥加载对浙江楠和闽楠容器苗生长和养分库构建的影响[J]. 林业科学, 2013, 49(12): 57-63.
- [17] 夏海涛, 王金旺, 陈秋夏, 等. 不同基质配方对闽楠、浙江楠容器苗生长的影响[J]. 林业科技通讯, 2020(10): 3-7.
- [18] 梅晨. 福州市古树名木保护性移植技术的比较与方案制定[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2015.
- [19] 刘向国. 透气管和施肥沟对移植古树根系活力的影响[J]. 植物医生, 2020, 33(6): 29-33.
- [20] 杨瑞卿, 王本耀, 彭红玲, 等. 不同栽植基质对上海市 4 种行道树表型生长和根系发育的影响[J]. 林业科学研究, 2017, 30(4): 659-666.
- [21] 杨瑞卿. 不同配方土对上海市 4 种行道树叶片净光合速率和蒸腾速率的影响及矢量关系分析[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(1): 52-59.
- [22] 徐坚, 刘辉, 陆宗杉, 等. 番茄珍珠岩基质栽培营养液配方的筛选[J]. 浙江农业学报, 2001(4): 51-54.
- [23] 张建华, 邓扑. 不同栽培基质对红掌组培苗移栽成活及生长发育的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2009, 28(6): 624-626.

-
- [24] Ma, D., Yi, B., Teng, W., Ali, I., Shao, J., Lin, Y., *et al.* (2024) Growth, Physiological and N, P, K Accumulation Responses of *Erythropalum scandens* Bl. Seedlings under Different Substrates. *BMC Plant Biology*, **24**, Article No. 972. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05678-1>
- [25] 陈建明, 葛顺峰, 沙建川, 等. 微生物有机肥促进苹果花脸病植株氮素吸收和果实增产[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(5): 1296-1302.
- [26] 于会丽, 徐变变, 徐国益, 等. 生物有机肥对苹果幼苗生长、生理特性以及土壤微生物功能多样性的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(1): 32-38.
- [27] 艾尔买克·才卡斯木, 钟海霞, 张雯, 等. EM 菌对 NaCl 胁迫下核桃幼苗生长、光合特性及抗氧化系统的影响[J]. 新疆农业科学, 2018, 55(10): 1803-1809.
- [28] 周通. 草莓枯萎病生防菌的筛选及其生物有机肥研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2018.