

· 应用技术 ·

基于双力育种技术筛选铁皮石斛新株系

吴明开¹, 罗 鸣¹, 吴沿胜², 吴沿友², 陶明清³, 苏 跃⁴

(1.贵州省农作物品种资源研究所, 贵阳 550006;

2.中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081;

3.江苏中天智感生命数据有限公司, 江苏 镇江 212013;

4.贵州农业职业学院喀斯特适生作物种质资源保护与检测应用工程技术研究中心, 贵阳 551400)

摘要:双力育种技术是利用叶片的电学行为,获取作物的胞内水代谢、物质代谢和能量代谢等植物生理动力学参数,表征作物生命力和生产力(双力)。以“双力”为评价指标在线快速评价作物的生长机能、发育机能、代谢能力和抗逆机能等,对常规育种中的表型和株系、杂交育种的后代以及分子育种的基因型实现在线快速筛选和评价。利用双力育种技术,对16份仿野生附树栽培铁皮石斛资源的叶片胞内水代谢、营养转运能力以及代谢活力进行综合评价,依据得分高低从中筛选出5份适应喀斯特林地附生干燥树皮的铁皮石斛优异株系。继续对得分最高的3份铁皮石斛资源进行筛选和评价,最终获得两次排名均为第一的适宜仿野生干旱逆境铁皮石斛品系LH1,表明双力育种技术能使优良株系筛选效率得到极大的提升。

关键词: 铁皮石斛; 双力育种; 电生理参数; 抗逆机能; 优良株系筛选

DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2024.09.131

中图分类号: S567.23⁺9 文献标志码: A 文章编号: 1001-4705(2024)09-0131-04

Screening of New *Dendrobium officinale* Strains Based on Dual-capability Breeding Technology

WU Mingkai¹, LUO Ming¹, WU Yansheng², WU Yanyou², TAO Mingqing³, SU Yue⁴

(1.Guizhou Institute of Crop Germplasm Resources, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China;

2.State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China;

3.Jiangsu Zhongtian Intelligent Sense Life Data Co., Ltd., Zhenjiang Jiangsu 212013, China;

4.Engineering Technology Research Center for Protection and Detection of Germplasm Resources of Karst-Adaptable Crops, Guizhou Vocational College of Agriculture, Guiyang 551400, China)

Abstract: Dual-capability breeding technology uses the electrical behavior of leaves to obtain plant physiological and dynamic parameters such as intracellular water metabolism, material metabolism and energy metabolism of crops to characterize crop vitality and productivity (Dual-capability). The growth function, development function, metabolic ability and stress resistance of crops were rapidly evaluated online with 'Dual-capability' as the evaluation index, and the phenotype and strain in conven-

收稿日期: 2024-05-30

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合服企[2023]007); 贵州省科技计划项目(黔科合成果[2022]一般071); 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2023]一般363); 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2023]一般026); 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2020]4Y067号); 贵州省中药材现代产业技术体系(GZCYTX2023-0202)。

作者简介: 吴明开(1970—), 男(汉族), 安徽枞阳人; 博士, 研究员, 主要从事药用植物资源保护与利用(E-mail: bywmk1999@163.com)。

通讯作者: 苏 跃(1973—), 男(汉族), 安徽淮南人; 博士, 教授, 主要从事农业资源研究与应用(E-mail: suyue09136@163.com)。

tional breeding, the offspring of cross breeding and the genotype of molecular breeding were quickly screened and evaluated online. The intracellular water metabolism, nutrient transport capacity and metabolic activity of 16 *Dendrobium officinale* resources were evaluated by dual-capability breeding technique, and 5 excellent *Dendrobium officinale* lines adapted to the epiphytic dry bark of karst forest were selected according to their scores. The three *Dendrobium officinale* resources with the highest scores were screened and evaluated, and finally LH1, which ranked first for both times, was suitable for simulating wild drought stress, indicating that dual-capability breeding technology could greatly improve the screening efficiency of excellent strains.

Key words: *Dendrobium officinale*; dual-capability breeding; electrophysiological parameters; stress resistance; screening of superior strains

铁皮石斛 (*Dendrobium officinale* Kimura & Migo) 新鲜或干燥茎是我国传统常用珍稀中药材, 市场需求量巨大。在野生资源日趋枯竭的情况下已经成功完成了野生变家种。贵州铁皮石斛主栽模式为附树栽培, 铁皮石斛由阴湿的适宜环境转换到干燥、低营养乔木树皮生长条件, 由于喀斯特山地灌溉成本太高, 铁皮石斛附树栽培经常受到干旱胁迫, 生长发育受限, 产量低, 投入与产出严重倒挂^[1], 成为影响铁皮石斛种植收益的瓶颈问题。从种源混杂的铁皮石斛种植基地, 选育出适应贵州喀斯特林地干燥、低营养树皮生境的铁皮石斛抗逆新品种是解决瓶颈问题的根本途径。传统育种一般都包括原始材料的收集与鉴定, 发现或创造变异, 选择纯化, 品系比较, 区域性试验和生产试验等多个阶段。而每个阶段评价与选择的依据主要是产量、抗性性状的表现。这种基于表型的育种评判方法虽然为育种技术的提升和选择出更多的优良品种做出了巨大的贡献, 但难免存在主观性和经验性以及育种周期长的明显缺陷。

现代种业已进入“常规育种+现代生物技术育种+信息化育种”的4.0时代。目前关键是要充分利用数字化能力, 将我国的种质资源优势进一步转化为育种创新优势。鉴于此, 课题组开发了一种基于植物基础生命动力学参数的双力育种技术, 现已在作物品种特征的快速比较、杂种优势的快速定量以及适宜仿野生干旱逆境铁皮石斛品系的快速筛选上得到应用^[2-4]。

1 “双力”育种技术原理

“双力”是指植物生命力和生产力。在植物学意义上的育种, 是选育优良植物, 再把优良植物改造成优良作物。优良植物是指那些具有顽强生命力的植物。此处将生命力定义为植物天然具有的基础生理机能和生物学机制。优良的作物指那些具有能生产出人类所期

望的产量与品质的作物。此处生产力则为作物所具有的能生产出人类所期望的产量与品质的生物机制和生理功能。为了能够定量研究育种过程的植物生命活动过程及其调控机制, 开发了双力育种技术, 基于双力育种技术原理, 又开发了即测即显的双力育种仪。

叶片是植物最重要的生命器官, 叶片里的生命活动是最基础的植物生命活动。测量叶片的生命活动数据, 基本上能够表征植物的生命活动状态和规律。双力育种技术通过测量叶片里的电学行为参数, 运用吴沿友等^[5-8]开发的植物生命动力学测定技术方法, 计算植物的胞内水代谢、物质代谢和能量代谢等植物生理动力学参数。通过测量表征植物基础生理机能与生物学机制的生命力动力学参数, 从而定量研究植物的生长繁殖能力。通过测量表征作物高产稳产高品质的生物机制与生理功能的生产力动力学参数, 从而研究作物的生产能力。在此基础上, 可构建作物(表型、株系、品系、品种)的生长机能、发育机能、代谢能力和抗逆机能等基础生命力和基础生产力评价体系。对常规育种中的表型和株系、杂交育种的后代以及分子育种的基因型实现在线快速筛选和评价。

本研究报道了利用双力育种技术, 通过对不同来源铁皮石斛对于旱低营养的适应特征的特征, 筛选适生喀斯特逆境铁皮石斛新品系的案例。

2 材料与方法

2.1 供试植物与设备

贵州安龙县坡脚“石斛谷”仿野生附树栽培铁皮石斛16份不同资源成熟种子经无菌播种、组培快繁、大棚驯化20个月以上种苗1000余丛, 移植于贵州省农业科学院中药材温控大棚。植物叶片电容、电阻和阻抗采用LCR测试仪(型号:6300, 中国台湾固纬(GWinstek)电子实业股份有限公司生产), 测试电压和频率分别为1.5 V和3.0 kHz, 该测试电压和频率是

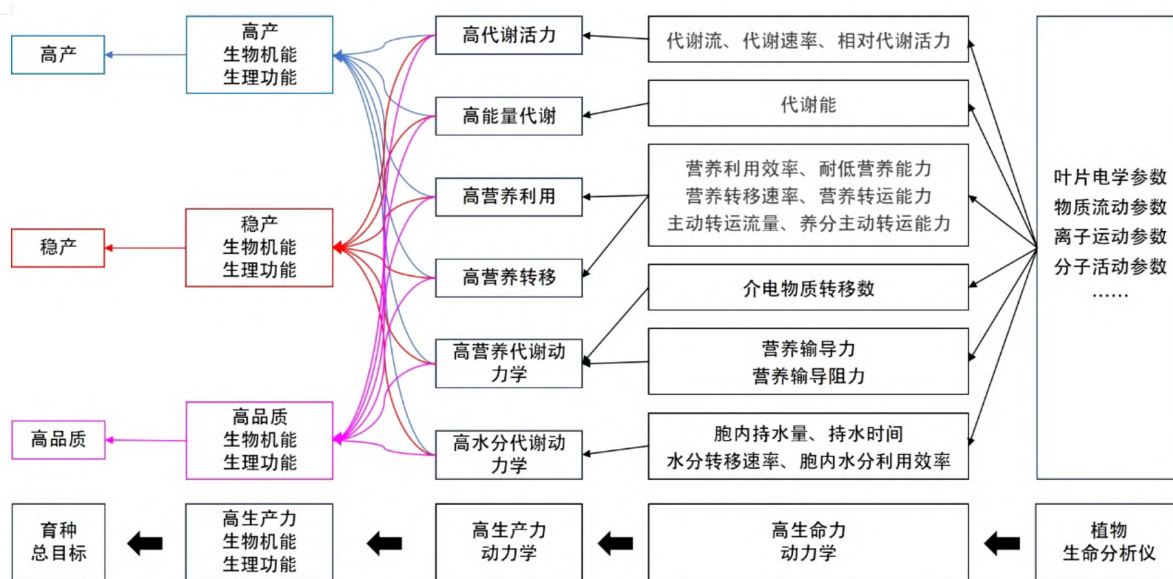


图 1 双力育种技术原理

Fig.1 Schematic diagram of dual-capability breeding technology

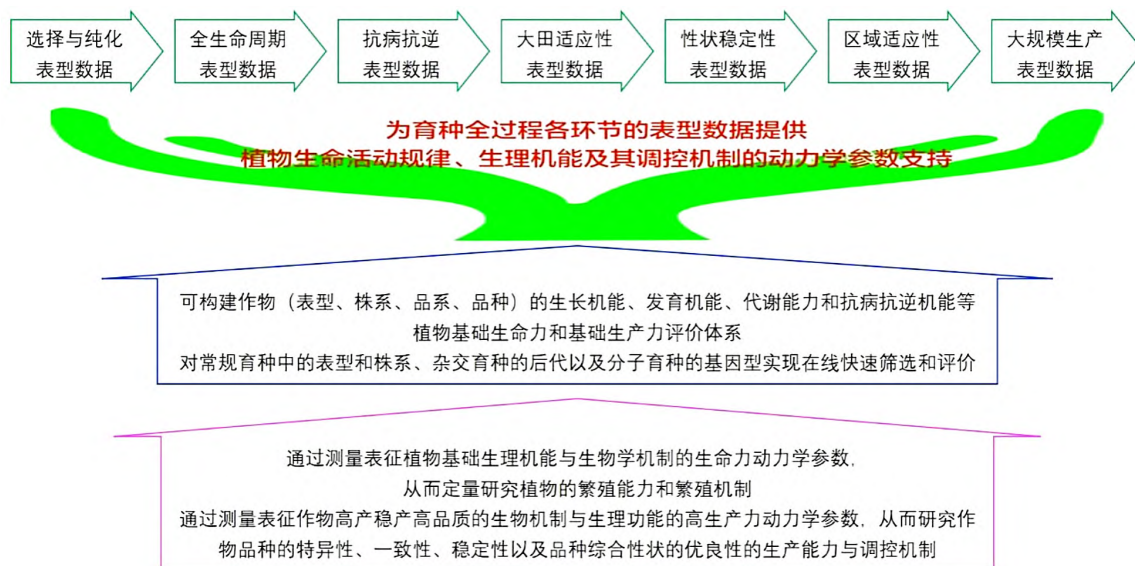


图 2 双力育种技术对现行育种体系的托举作用

Fig.2 The supporting role of dual-capability breeding technology on the current breeding system

前期研究所得到的最优测试电压和频率^[6-8]。

2.2 铁皮石斛叶片电生理参数测定

对 16 份铁皮石斛资源驯化苗每个主茎的第三、第四、第五、第六叶位取充分展开的叶片，立即将新鲜叶片浸泡 30 min，然后去除叶片表面的水分，随后测定不同夹持力下叶片的电容、电阻和阻抗等电学参数。

3 结果与分析

基于生物力学创立植物叶片的生理阻抗、生理容抗和生理电容与夹持力间的理论变化模型方程，基

于这些方程获得植物的固有电生理信息，基于固有电生理信息构建定量测定由铁皮石斛优良单株繁育的组培驯化苗叶片胞内水代谢生物物理指标(胞内水持水量、胞内水持水时间、胞内水转移速率和水分利用效率)，表征铁皮石斛不同株系对干旱环境的适应特征。综合评分 11 个资源得分低于 8.5，其中得分低于 6 的有 1 个、得分 6~7 的有 3 个、得分 7~8 的有 6 个，资源 GH-14 得分 8.111 5。得分大于 8.5 的资源有 5 个，分别为 GH-16(得分 9.465 2)、GH-13 得分(9.223 8)、

表1 铁皮石斛16份不同资源叶片电生理参数

Table 1 Leaf electrophysiological parameters of 16 different resources of *Dendrobium officinale*

资源编号	固有持水量	持水时间	营养转运能力	代谢活力	综合评分
GH-1	43.241 8	52.950 1	13.773 8	0.575 1	5.560 8
GH-2	64.353 7	52.958 5	19.733 6	0.824 0	7.225 6
GH-3	59.217 4	45.555 8	12.110 5	1.289 2	7.457 6
GH-4	43.628 5	52.858 7	11.135 6	0.759 1	6.408 4
GH-5	66.488 4	52.938 6	14.148 1	0.996 2	7.659 4
GH-6	83.565 7	52.178 1	10.120 6	1.611 9	9.027 7
GH-7	87.886 6	52.245 1	13.237 9	1.536 8	9.037 6
GH-8	53.058 4	53.054 0	15.589 9	0.745 2	6.686 6
GH-9	104.631 0	53.075 0	31.995 8	1.082 2	8.749 7
GH-10	60.612 6	50.806 3	10.560 4	1.254 9	7.629 8
GH-11	67.029 7	52.792 7	16.856 2	0.982 4	7.576 9
GH-12	49.981 1	53.191 2	18.252 5	0.628 5	6.336 3
GH-13	103.697 2	50.857 7	21.271 2	1.508 4	9.223 8
GH-14	80.521 0	52.817 4	19.275 7	1.083 7	8.111 5
GH-15	77.264 9	52.977 9	38.393 6	0.736 0	7.318 2
GH-16	114.875 2	52.327 8	28.186 9	1.475 7	9.465 2

GH-7(得分 9.037 6)、GH-6(得分 9.027 7)、GH-9(得分 8.749 7)。由此综合评价筛选出适应喀斯特林地附生干燥树皮的铁皮石斛优异株系为:GH-16、GH-13、GH-7、GH-6 和 GH-9。

GH-16、GH-13、GH-7 来源于中高强度干旱气候下(贵州省安龙县坡脚乡者贵村)野生喀斯特林地附树栽培 5 年的铁皮石斛资源。采用双力育种技术对此 3 份资源继续开展抗逆品种选育,分别标记 LH1、GH1、GH2。用营养利用效率、耐低营养能力、单位面积养分转运流量、营养主动运输能力、营养被动运输能力等参数表征不同铁皮石斛品系胞内水利用状况、营养转运状况和代谢能力。通过确定铁皮石斛的电生理信息、生长信息和叶绿素信息的相关性,获得了适宜仿野生干旱逆境的铁皮石斛品系 LH1^[4]。

4 结 论

从对适宜仿野生干旱逆境铁皮石斛品系 LH1 的筛选过程可以看出,基于对作物生命力和生产力的在线快速评价的双力育种技术,通过定量测定作物生命动力学参数,可以快速评价作物(表型、株系、品系、品种)的生长机能、发育机能、代谢能力和抗逆机能等,大大提升了育种效率,现有的育种技术体系。

参考文献:

[1]焦连魁,曾燕,张继聪,等.石斛属优质道地药材生产技术概

述[J].中国现代中药,2021,23(4):734-740.

[2]韦净,苏跃,王婧,等.电生理快速定量菜心杂种优势[J].种子,2024,43(3):55-60.

[3]王婧,苏跃,韦净,等.三种十字花科作物不同品种间固有电生理特征的比较[J].种子,2024,43(5):48-55.

[4]Luo M, Liu X, Wu R J, et al. Screening of new *Dendrobium officinale* strains adapted to karst forest environmental stress based on electrophysiological detection method[J]. Agronomy, 2024, 14(7):1530.

[5]吴沿友,黎明鸿,吴明津,等.一种植物叶片电生理参数和植物叶片保水能力及输导能力的测定方法及装置[P].中国专利:CN109655496B, 2019.01.17.

[6]Xing D K, Zhang Q, Wu Y Y, et al. Use of transpiration water and leaf intracellular retained water in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants subjected to different water supply strategies[J]. Scientia Horticulturae, 2024, 337:113520.

[7]Zhang C, Wu Y Y, Su Y, et al. A plant's electrical parameters indicate its physiological state: A study of intracellular water metabolism[J]. Plants, 2020, 9(10):1256.

[8]Xing D K, Mao R L, Li Z Y, et al. Leaf intracellular water transport rate based on physiological impedance: A possible role of leaf internal retained water in photosynthesis and growth of tomatoes[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 845628.

第131页：吴明开 等

基于双力育种技术筛选铁皮石斛新株系

双力育种技术是利用叶片的电学行为，获取作物的胞内水代谢、物质代谢和能量代谢等植物生理动力学参数，表征作物生命力和生产力(双力)。以“双力”为评价指标在线快速评价作物的生长机能、发育机能、代谢能力和抗逆机能等，对常规育种中的表型和株系、杂交育种的后代以及分子育种的基因型实现在线快速筛选和评价。利用双力育种技术，对16份仿野生附树栽培铁皮石斛资源的叶片胞内水代谢、营养转运能力以及代谢活力进行综合评价，依据得分高低从中筛选出5份适应喀斯特林地附生干燥树皮的铁皮石斛优异株系。继续对得分最高的3份铁皮石斛资源进行筛选和评价，最终获得两次排名均为第一的适宜仿野生干旱逆境铁皮石斛品系 LH1，表明双力育种技术能使优良株系筛选效率得到极大的提升。



“双力”评价指标测定