

木兰科植物形态学耐涝性评价体系的建立及应用研究^{*}

Establishment and Application of Evaluation System of Morphological Waterlogging Tolerance of Magnoliaceae

王晶 王亚玲^{*} 武艳芳

WANG Jing, WANG Ya-ling^{*}, WU Yan-fang

摘要: 木兰科植物兼具观赏、药用、材用、生态和科研价值,文化内涵深远,适应范围广,几乎涵盖整个中国,可作为建设低碳生态园林城市的重要植物材料,但相对较差的抗逆性成为制约其园林应用推广的最大瓶颈。为发掘耐涝性种质资源,研究人员根据淹水胁迫过程中木兰科植物的表型变化,选定叶色变化、植株萎蔫情况、茎基部变化和成活率变化4个指标,将其定量分级,制定等级得分标准及评价方案,然后以各指标得分的总和耐涝性进行综合评价,建立了木兰科植物耐涝性评价体系。研究已对31木兰科种类的2~3年生播种苗进行了耐涝性鉴定,初步筛选出3个耐涝性强的木兰科优异种质。

关键词: 木兰科植物;形态指标;评价体系;耐涝性鉴定

中图分类号: S688

文献标志码: A

文章编号: 1671-2641(2022)05-0082-04

收稿日期: 2021-12-01

修回日期: 2022-05-03

Abstract: Magnoliaceae plants have both ornamental, medicinal, timber, ecological and scientific value. They have profound cultural connotations and a wide range of adaptations covering almost the entire China. They can be used as important plant materials for the construction of low-carbon ecological garden cities, but their relatively poor resistance to stress has become an important bottleneck restricting its garden application and promotion. This study is to explore waterlogging tolerance germplasm resources. According to the phenotypic changes of Magnoliaceae plants during the process of flooding stress, four indicators including leaf color change, plant wilting condition, stem base change and survival rate change were selected, and they were quantitatively classified. Formulate the grade score standard and evaluation plan, and then comprehensively evaluate the waterlogging tolerance based on the sum of the scores of each index, and establish the waterlogging tolerance evaluation system of Magnoliaceae plants. In this study, 2-3 year-old seedlings of 31 magnolia species have been identified for waterlogging tolerance, and 3 excellent magnolia germplasms with strong waterlogging tolerance have been initially screened.

Key words: Magnoliaceae; Morphological index; Evaluation system; Identification of waterlogging tolerance

木兰科Magnoliaceae植物自然树姿优美,花朵硕大、艳丽芳香,病虫害极少,能吸附多种有害气体,是建设低碳生态园林城市的最佳植物之一^[1]。近年来,全球气候恶化,各地洪涝灾害频繁发生,我国约有2/3国土面积存在不同程度的涝害,随着现代生态园林构建的深入人心,新优耐涝植物缺口不断在加大。目前市面上流通的常规木兰科种类均喜排水良好的砂质土壤,忌湿涝,土壤积水后,这些种类的观赏品质大打折扣,这是木兰科植物进一步推广应用的瓶颈。为减轻涝害,人们通常采用人工排涝、降渍等措施,费时费工,收效甚微,最根本的方法是筛选和培育观赏性佳、耐涝性好的木兰科种类投入园林应用,为高质量生态园林景观的

塑造增色添彩。

木兰科植物的抗逆性研究主要集中在抗旱^[2]和耐寒^[3~4]方面,耐盐性^[5]、抗酸雨能力^[6]、抗大气污染能力^[7]等方面也有相关报导,由于木兰科植物根系的特性,耐涝性相关研究极少,仅有鹅掌楸*Liriodendron chinense*^[8]、红花玉兰*Magnolia wufengensis*^[9]等,这两个种类耐涝性较差,水淹超过15 d,即便停止胁迫,植株仍完全死亡。前几年,研究人员在野外考察时发现自然生境中某些景宁玉兰*Magnolia sinostellata*主根完全浸泡在静水池塘边,生长健康,能正常开花,在江西武夷山、河南新县也观察到黄山玉兰*Yulania cylindrica*、罗田玉兰*Yulania pilocarpa*等部分个体生长在沟谷溪

边。这些珍贵的自然特征将是木兰科植物进入现代生态园林城市建设的重要契机,急需被深入地系统研究和探索。为深入挖掘和开发利用木兰科植物资源,拓展其园林应用范围,研究人员拟系统开展耐涝木兰育种研究,培育观赏性和耐涝性极佳的木兰科新品种。木兰科种质耐涝性鉴定是开展耐涝育种的基础,本文采用淹水胁迫下植株的外观形态指标,建立一个操作简单却能客观反映种质耐涝性的评价方法,提高耐涝种质筛选效率,加快耐涝木兰科育种进程;同时对部分木兰科植物进行耐涝性鉴定,筛选耐涝种质资源,为培育耐涝品种提供坚实基础,这些资源亦可同步投入木兰科植物生产扩繁中作为重要砧木种类。

^{*}基金项目: 2021陕西省创新能力支撑计划项目——木兰科资源保护和种质创新团队(编号2021TD-33)

1 试验与方法

1.1 试验材料

试验材料均取自棕榈生态城镇发展股份有限公司德清研发基地（表1），为公司多年来从国内外收集引种和培育的部分木兰科种质资源，共计31个种类，包括木兰属28种类，含笑属3种类，经过3年以上的适应性栽培，均生长良好。

1.2 试验方法

2016—2018年，每年根据现有材料选取生长健壮，长势一致的二年生木兰科实生苗作为试验材料，单株重复，样本数为20。淹水胁迫参考沈会权^[10]等采用盆栽淹水法。植株定植于20 cm×20 cm硬质塑料盆，基质为草炭：园土：椰糠：珍珠岩=3：2：4：1。设2个处理：1）淹水处理：将定植材料放入简易淹水池中，注水至实生苗根茎部上2~3 cm，试验过程中定时补水，保持淹水深度不变，试验时间持续60 d。2）对照（CK）：定植材料正常浇水，使其土壤含水量维持在田间最大持水量的50%~60%，直至试验结束。试验在温室大棚中进行，空气相对湿度为70%，昼温26~32℃、夜温18~20℃。观察记录植株地上部分的形态特征，包括叶色变化、植株萎蔫情况、茎基部变化和成活率变化等。表型变化如叶色变化、植株萎蔫情况、茎基部变化从淹水之日开始每7 d在同一时间直接观察，并通过数码相机拍照记录；成活率统计从淹水之日开始每7 d在同一时间统计植株死亡数目并记录，存活率=总株数-死亡株数/总株数×100%。

2 结果与分析

2.1 盆栽淹水处理后木兰科植物的表型变化

大部分种类在淹水7~13 d后出现叶片黄化和萎蔫情况，具体表现为植株叶片从下部往上、叶表面从中央叶脉往边缘开始失绿变黄。随着时间推移，部分植株上半部叶片出

表1 木兰科供试材料

序号	植物学名	科属	苗龄（实生苗）	来源
1	多瓣紫玉兰 <i>Yulania polytepala</i>	玉兰属	二年生实生苗	国内引种
2	星花玉兰 <i>Yulania stellata</i>	玉兰属	二年生实生苗	国外引种
3	景宁木兰 <i>Yulania sinostellata</i>	玉兰属	二年生分蘖苗	国内引种
4	莱纳德玉兰 <i>Yulania loebneri</i> 'Leonard Messel'	玉兰属	二年生实生苗	国外引种
5	皮鲁埃特玉兰 <i>Yulania loebneri</i> ' (Mag's) Pirouette'	玉兰属	二年生实生苗	国外引种
6	黄山木兰 <i>Yulania cylindrica</i>	玉兰属	二年生实生苗	国内引种
7	'绿星' 玉兰 <i>Yulania</i> 'Lü Xing'	玉兰属	二年生实生苗	本公司专利品种
8	'红笑星' 玉兰 <i>Yulania</i> 'Hongxiaoxing'	玉兰属	二年生实生苗	本公司专利品种
9	'红吉星' 玉兰 <i>Yulania</i> 'Hongjixing'	玉兰属	二年生实生苗	本公司专利品种
10	自由精神含笑 <i>Michelia</i> 'Free spirit'	含笑属	二年生实生苗	国外引种
11	玫瑰星花玉兰 <i>Yulania stellata</i> 'Rose'	玉兰属	二年生实生苗	国外引种
12	'红元宝' 玉兰 <i>Yulania</i> 'Hongyuanbao'	玉兰属	二年生实生苗	国内引进
13	睡莲星花玉兰 <i>Yulania stellata</i> 'Water Lily'	玉兰属	二年生实生苗	国外引种
14	简·普纳特玉兰 <i>Yulania</i> 'Jane Platt'	玉兰属	二年生实生苗	国外引种
15	早花广玉兰 <i>Magnolia grandiflora</i> 'Praecox'	木兰属	二年生实生苗	国外引种
16	梅瑞尔玉兰 <i>Yulania loebneri</i> 'Merrill'	玉兰属	二年生实生苗	国外引种
17	172#（优选单株） <i>Yulania stellata</i>	玉兰属	二年生实生苗	基地选育
18	170#（优选单株） <i>Yulania stellata</i>	玉兰属	二年生实生苗	基地选育
19	2010-15（优选单株） <i>Yulania cylindrica</i>	玉兰属	二年生实生苗	黄山木兰野生材料
20	'小可人' 玉兰 <i>Yulania</i> 'Xiaokeren'	玉兰属	三年生实生苗	本公司专利品种
21	'红霞' 玉兰 <i>Yulania</i> 'Hongxia'	玉兰属	二年生实生苗	国内引种
22	'红寿星' 玉兰 <i>Yulania</i> 'Hongshouxing'	玉兰属	二年生实生苗	国内引种
23	新含笑 <i>Michelia</i> 'Xinhanxiao'	含笑属	二年生实生苗	国内引种
24	灵感含笑 <i>Michelia</i> 'Inspiration'	含笑属	二年生实生苗	国外引种
25	景宁木兰 星花玉兰 <i>Magnolia sinostellata</i> <i>Yulania stellata</i>	玉兰属	二年生实生苗	基地培育
26	多瓣紫玉兰 皮鲁埃特玉兰 <i>Yulania polytepala</i> <i>Yulania loebneri</i> ' (Mag's) Pirouette'	玉兰属	二年生实生苗	基地培育
27	多瓣紫玉兰 菊花玉兰 <i>Yulania polytepala</i> <i>Yulania stellata</i> 'Chrysanthemum Flora'	玉兰属	二年生实生苗	基地培育
28	新含笑 广东含笑 <i>Michelia</i> 'Xinhanxiao' <i>Michelia guangdongensis</i>	含笑属	二年生实生苗	基地培育
29	多瓣紫玉兰 美丽紫玉兰 <i>Yulania polytepala</i> <i>Yulania concinna</i>	玉兰属	二年生实生苗	基地培育
30	'红元宝' 玉兰 多瓣紫玉兰 <i>Yulania</i> 'Hongyuanbao' <i>Yulania polytepala</i>	玉兰属	二年生实生苗	基地培育
31	'红元宝' 玉兰×火力楠 <i>Yulania</i> 'Hongyuanbao' <i>Michelia macclurei</i>	玉兰属	二年生实生苗	基地培育

现不同程度下垂，失绿叶片开始褐化、干枯、脱落。淹水20 d左右，淹水处茎基部变褐，皮孔膨胀，部分植株皮孔数量逐渐增多，有的连成一道道白线，淹水50 d左右极少植株茎基部皮孔伸出白色短粗不定根。大部分种类在淹水15~20 d后出现死亡，25~35 d为死亡高峰期。淹水试验结束后，对成活植株洗根后发现旧根系发黑，且多在靠近水面5~10 cm处，

新根短粗白，无主根。经2个月正常管理后，淹水植株根系恢复极好，但仍无明显主根，新根多且密。

2.2 木兰科植物耐涝性分级评分评价体系的建立

根据木兰科植物在淹水过程中的表型变化，同时参照尹冬梅^[11]等对菊花、宋钊^[12]等对辣椒受涝害后的症状观察描述，选择叶色变化、植株萎蔫情况、茎基部变化和成活率变

化4个指标对耐涝性进行评价。各指标定级范围及等级得分标准详见表2~5。然后根据表2~5确定的各指标等级定级范围和得分,在不进行加权处理条件下计算4项指标的总得分后,最终筛选方案和4级制的耐涝等级及命名见表6。木兰科植物受淹水胁迫后的受害等级分别为高度耐涝、耐涝、中度耐涝、不耐涝和极不耐涝5级,具体描述见表7。

2.3 木兰科植物的耐涝性鉴定

2.3.1 淹水时间的确定

多次试验发现,淹水处理早期所有植物外观形态变化差异较不明显,但随着淹水时间的延长,不同种类间的表型差异逐渐变大。如多瓣紫玉兰、景宁木兰和星花玉兰淹水40 d后在外观形态上均没有明显变化,淹水60 d左右茎基部均出现不同量的不定根;莱纳德玉兰、皮鲁埃特玉兰淹水30 d左右植株下部叶片出现黄叶现象,淹水50 d左右出现死亡植株等;‘红笑星’玉兰、新含笑等淹水10 d左右出现萎蔫,15 d左右出现死亡植株。淹水植株长出不定根后,不再出现死亡情况,因此研究人员认为木兰科植物耐涝性鉴定时间以60 d为佳。

2.3.2 31个木兰种质的鉴定结果

为验证木兰科植物耐涝评价标准,2019—2020年陆续进行淹水胁迫试验,观察不同种类的外观形态变化,对上述4个指标进行评分,评价结果见表8。由表8可以看出,不同种类对水淹胁迫的抗性差别较大,31份种质资源中,有16份属于不耐涝级别,耐涝级别以上的种质只有7份。得分排名前三的是多瓣紫玉兰、星花玉兰和景宁木兰,均属于高度耐涝种类。含笑种类自由精神含笑、灵感含笑等得分为零,半常绿种类‘红笑星’玉兰、‘红吉星’玉兰和‘红寿星’玉兰得分小于2,均耐涝性极差;莱纳德玉兰、玫瑰星花玉兰、皮鲁埃特玉兰和172#野外单株得分较高,耐涝性较强。另外,4个自培杂交材料中亲本双方或一方为高度耐涝材料,但F1代耐涝性等级均不如亲

本,需进一步研究认证。

3 讨论

新优植物是塑造高质量园林景观的根本,传统抗性树种种类单一、观赏效果一般,已远远无法满足现代生态园林绿化的需求,因此发掘和培育新优抗性植物材料已刻不容缓。一直以来,耐涝树种的筛选是一个世界性的难题。目前,国内外对植物耐涝性的研究主要集中在草本植物、造林树种或农作物、果树上,木本园林观赏植物比较少,只有切花月季^[13]、牡丹^[14]、湖北海棠^[15]等有少量报导。

木兰科植物种类繁多,观赏价值极高,园林应用极为广泛,但当前园林绿化应用中的木兰科植物多数对逆境极为敏感,水淹胁迫7~13 d植株便会出现不同程度的萎蔫、叶片变黄和干枯脱落等情况,15 d后出现死亡,不少园林从业人员表示耐涝性木兰种类的筛选与培育意义重大。本研究从相对科学的角度出发,同时综合考虑实际生产中的可操作性,经过长期、多次反复试验实践验证,选定与耐涝性相关最为显著的指标即淹水胁迫下木兰植株的外观形态指标如叶色变化、植株萎蔫情况、茎基部变化和成活率变化,将其定量分级,制定等级得分标准及评价方案,然后以各指标得分的总和耐涝性进行综合评价,建立评价体系。并通过盆栽淹水鉴定法对31个木兰种质的2年生实生苗进行了耐涝性鉴定,筛选出了3个耐涝性强的优异种质,证明了该评价体系可以获得比较可靠的结果。

本研究对木兰科植物的耐涝性进行系统研究,建立了木兰科植物耐涝性评价体系,为耐涝木兰的快速简捷筛选提供了方法和理论依据,同时为滨水或湿涝特殊环境景观绿化增加了素材,提高了物种和景观多样性,对木兰科园林植物抗性育种、推广应用和保护性开发利用有促进作用。当然,实际生产和园林应用中,植物对水涝的生理响应是错综复杂的,受到多种

表2 叶色变化指标定级范围及评分标准

实测值定级范围	叶色变化	得分
I	全株绿叶	7
II	灰绿、近水处边缘失绿	5
III	黄枯叶片占全株1/3以下	3
IV	黄枯叶片占全株1/3~1/2	1
V	整株叶黄枯	0

表3 植株萎蔫情况指标定级范围及评分标准

实测值定级范围	植株萎蔫情况 /%	得分
I	0	7
II	20以下	5
III	20~40	3
IV	41~60	1
V	60以上	0

表4 茎基部变化指标定级范围及评分标准

实测值定级范围	茎基部变化	得分
I	茎基部增粗,皮孔增多、增大,产生不定根	7
II	茎基部增粗,皮孔增多、增大	5
III	茎基部增粗、褐化	3
IV	茎基部发黑、腐烂	1
V	死苗	0

表5 成活率变化指标定级范围及评分标准

实测值定级范围	成活率变化 /%	得分
I	100	7
II	80以上	5
III	61~80	3
IV	40~60	1
V	40以下	0

表6 评价方案及级别命名

实测值定级范围	分值	命名
I	26~28	高度耐涝
II	21~25	耐涝
III	13~20	中等耐涝
IV	6~12	不耐涝
V	0~5	极不耐涝

表7 木兰科植物涝害等级与具体描述

涝害等级	受害特征
I	大部分植株全株绿叶，没有萎蔫植株，植株茎基部增粗，皮孔增多、增大，产生不定根，成活率为100%
II	植株叶片呈灰绿色，近水处边缘失绿，萎蔫植株数量占比低于20%，植株茎基部增粗，皮孔增多、增大，但并未产生不定根，成活植株数占比80%以上
III	植株黄枯叶片占全株的1/3以下，萎蔫植株数量占比20%~40%，植株茎基部增粗，褐化或皮孔增多、增大，成活植株数占比61%~80%
IV	植株黄枯叶片占全株的1/3~1/2，萎蔫植株数量占比41%~60%，植株茎基部增粗、褐化或发黑、腐烂，成活植株数占比为41%~60%
V	植株黄枯叶片占全株的1/2以上或整株数量枯黄，萎蔫植株占比大于60%，植株茎基部发黑、腐烂、死亡，成活植株数占比低于40%

表8 试验材料耐涝性评价及等级

序号	中文名	评定指标				得分	评价等级
		叶色变化	萎蔫情况	茎基部变化	成活率变化		
1	多瓣紫玉兰	7	7	7	7	28	I
2	星花玉兰	5	7	7	7	26	I
3	景宁木兰	7	7	5	7	26	I
4	莱纳德玉兰	5	7	5	5	22	II
5	皮鲁埃特玉兰	5	5	5	5	20	II
6	黄山木兰	1	1	3	0	5	IV
7	‘绿星’ 玉兰	1	0	1	0	2	IV
8	‘红笑星’ 玉兰	0	1	0	0	1	IV
9	‘红吉星’ 玉兰	0	1	1	0	2	IV
10	自由精神含笑	0	0	0	0	0	IV
11	玫瑰星花玉兰	5	7	5	7	24	II
12	‘红元宝’ 玉兰	0	1	0	0	1	IV
13	睡莲玉兰	5	5	3	3	16	III
14	简·普纳特玉兰	3	3	3	3	12	III
15	早花广玉兰	5	5	3	5	18	III
16	梅瑞尔玉兰	3	5	5	3	16	III
17	172#（优选单株）	5	5	5	5	20	II
18	170#（优选单株）	5	5	5	3	18	III
19	2010-15	1	1	3	0	5	IV
20	‘小可人’ 玉兰	0	1	0	0	1	IV
21	‘红霞’ 玉兰	0	1	0	0	1	IV
22	‘红寿星’ 玉兰	0	1	0	0	1	IV
23	新含笑	0	0	0	0	0	IV
24	灵感含笑	0	0	0	0	0	IV
25	景宁木兰 星花玉兰	5	5	5	3	18	III
26	多瓣紫玉兰 皮鲁埃特玉兰	5	5	3	3	16	III
27	多瓣紫玉兰 菊花玉兰	3	5	3	3	14	III
28	新含笑 广东含笑	0	0	0	0	0	IV
29	多瓣紫玉兰 美丽紫玉兰	3	3	5	3	14	III
30	红元宝 多瓣紫玉兰	0	1	0	1	2	IV
31	红元宝×火力楠	0	1	0	0	0	IV

因素影响，因此综合评价一种植物的耐涝性强弱，仅仅从形态指标上分析研究是远远不够的，还应结合解剖结构、生理生化和分子生物学等多个方面测定相关指标，同时结合田间观察，才能得到相对可靠的理论和实际依据，这也是下一步重点工作。

参考文献：

[1]刘玉壶，吴容芬.中国植物志，第三十卷，第一分册[M].北京：科学出版社，1996：126-141.

[2]李晓储，何开跃，黄利斌，等.木兰科6个树种抗旱性及其抗氧化指标的测定[J].江苏林业科技，2006，33（5）：1-4.

[3]李瑞雪.抗寒常绿木兰科植物的筛选及抗寒机理研究[D].长沙：中南林业科技大学，2018.

[4]裴文，李鹏，裴海潮，等.低温条件下9种木兰科植物抗寒性研究[J].河南农业科学，2014，43（4）：101-105.

[5]岑百花，李远发，刘卫伟，等.盐胁迫对乐东拟单性木兰幼苗生长和生理特性的影响[J].广西农业科学，2009，40（5）：486-489.

[6]侯麟.酸雨胁迫对白兰花生理特性的影响[D].雅安：四川农业大学，2010.

[7]王玲.12种常用乔木对大气污染物的吸收净化效益及抗性生理研究[D].重庆：西南大学，2015.

[8]张晓平.不同种源鹅掌楸和杂种鹅掌楸对淹水胁迫的响应[D].南京：南京林业大学，2004.

[9]方文.水涝胁迫对红花玉兰幼苗生长和生理特性的影响[D].北京：北京林业大学，2018.

[10]沈会权，陈和，陈健，等.中澳大麦抗渍性资源的鉴定与筛选初报[J].大麦科学，2003（1）：32-33.

[11]尹冬梅.菊花近缘种属植物涝性评价及耐涝机理研究[D].南京：南京农业大学，2011：20-22.

[12]宋钊，张白鸽，李颖，等.辣椒形态学耐涝评价体系的建立与应用[J].热带作物学报，2017，38（10）：1815-1822.

[13]LIN Y Q, CHEN G M, XU H Q, et al. The Waterlogging Tolerance of Cut Rose by Field Observation and Variety Selection in Sanya [J]. Agricultural Science & Technology, 2013, 14（11）：1532-1535.

[14]王萍，王荣，刘庆华，等.几个牡丹品种耐涝性的比较[J].华中农业大学学报，2008，27（2）：309-312.

[15]刘雪，彭冶，范俊俊，等.淹水胁迫对湖北海棠生长和生理特性的影响[J].经济林研究，2018，36（1）：35-42.

作者简介：

王晶/1985年生/女/湖南岳阳人/硕士研究生/棕榈生态城镇发展股份有限公司（郑州450000）/工程师/研究方向为木兰科植物育种与应用推广

（*通信作者）王亚玲/1971年生/女/陕西西安人/博士研究生/陕西省西安植物园（西安710061）/研究员/研究方向为园林植物育种与应用推广/E-mail: 1036494107@qq.com

武艳芳/1983年生/女/河南洛阳人/硕士研究生/棕榈生态城镇发展股份有限公司（郑州450000）/高级工程师/研究方向为园林植物育种与应用推广