Hans Journal of Agricultural Sciences 农业科学, 2021, 11(7), 603-610
Published Online July 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/hjas
https://doi.org/10.12677/hjas.2021.117083

37种热带型荷花耐寒能力评价与分级初探

付乃峰

上海辰山植物园，上海
Email: funaifengtea@163.com

收稿日期：2021年6月3日；录用日期：2021年7月1日；发布日期：2021年7月8日

摘　要

以37种热带型荷花为研究对象，通过测定叶片冻害指数和相对电导率来对所选品种进行耐寒能力评价与分级。结果表明，“越南食用藕”、“宁波3号”、“宁波27号”等5种热带型荷花耐寒能力最强，耐寒等级为I级；“澳大利亚莲”、“越南莲-2”、“印度莲”等15种热带型荷花耐寒能力次之，耐寒等级为II级；“越南莲-1”、“宁波19号”、“宁波24号”等8种热带型荷花耐寒等级为III级；“越南莲-4”、“泰国莲-1”、“泰国莲-10”等4种热带型荷花耐寒能力最差，耐寒等级为IV级。

关键词

热带型荷花，耐寒能力，相对电导率，形态指标

Preliminary Study on Evaluation and Classification of Cold Tolerance of 37 Tropical Lotus Species

Naifeng Fu

Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai
Email: funaifengtea@163.com

Received: Jun. 3rd, 2021; accepted: Jul. 1st, 2021; published: Jul. 8th, 2021

Abstract

Thirty-seven tropical lotus varieties were selected as the research objects. The cold tolerance of the selected varieties was evaluated and classified by measuring the leaf freezing injury index and relative electrical conductivity. The results showed that “Vietnamese edible lotus root”, “Ningbo

文章引用: 付乃峰. 37 种热带型荷花耐寒能力评价与分级初探[J]. 农业科学, 2021, 11(7): 603-610.
DOI: 10.12677/hjas.2021.117083

No.3", "Ningbo No.27" and other five tropical lotus varieties had the strongest cold resistance, and the cold resistance grade was I. The cold tolerance of 15 tropical lotus species, such as "Australian lotus", "Vietnamese lotus-2" and "Indian lotus", was the next, and the cold tolerance grade was II. The cold resistance grade of 8 tropical lotus species, such as "Viet Nam Lotus-1", "Ningbo No.19" and "Ningbo No.24", is III grade. Four tropical varieties of lotus, including "Vietnam-4", "Thai-1" and "Thai-10", had the worst cold tolerance, and the cold tolerance grade was IV.

Keywords

Tropical Lotus, Cold Resistance, Relative Conductivity, Morphological Indicators

Copyright © 2021 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

莲，又名荷花，莲科(Nelumbonaceae)莲属(*Nelumbo*)多年生水生草本植物，目前全世界通过自然变异直接筛选、人工杂交、离子注入和太空辐射等高科技育种手段培育出的品种接近 2500 个。是水景园林中挺水植物的重要材料，被广泛应用于园林水景中。荷花不仅是中国的传统名花，印度和越南的国花，也是世界上著名的观赏、食用和药用植物，具有十分重要的经济和文化价值。

世界上莲属植物仅两种：一种是分布于亚洲和澳洲北部的亚洲莲(*Nelumbo nucifera* Gaertn.)，另一种是分布于北美和中美洲的美洲黄莲(*Nelumbo lutea* Pers.) [1] [2]。亚洲莲多数植株高大，叶椭圆形，绿色，栽培品种中除单瓣花型外，还有半重瓣、重瓣、重台、千瓣等花型，花色由红色到粉红色或白色变化多端；美洲黄莲原产于北美，迄今在美国和加拿大仍处于半野生或自然化状态，其花、叶、地下茎都跟亚洲莲很相似，但个体植株矮小，花淡黄色，品种较少，花的香味不及亚洲莲浓郁[2] [3]。

国内外关于莲的研究，主要集中在莲形态特征观察、莲组织培养和育种栽培、以及莲生态、经济和文化价值等方面[4] [5] [6] [7]。随后关于莲生理生化、花粉观察和花药发育等方面研究也有所发展[8] [9]。随着科学的发展，学者对荷花系统分类及抗寒生理的研究逐步增多[10]-[19]。

根据莲的生物学习性，可将其分为温带型荷花和热带型荷花两大类[20] [21]，相较于温带型荷花，热带型荷花的叶期和花期更长、丰花性更优、具有独特的观赏价值。热带型荷花在东南亚各国和我国海南地区可以四季开花，在上海地区，由于不同月份气温差异较大，对热带型荷花生长及观赏效果影响明显，不利于其推广与应用。目前系统的针对低温环境对热带型荷花生长习性影响的研究不多，冬季即使在温室条件下，仍有热带型荷花种藕冻伤、死亡的情况发生，加之冬季水温、气温控制的成本较高，使热带型荷花在本地区的应用受到了较大的限制，降低了热带型荷花的应用价值。

本文以 37 种热带型荷花为研究对象，通过调查耐寒相关的形态指标和测定相对电导率对所选品种进行耐寒能力评价与分级。为华东地区引进热带型荷花并进行完美展示提供技术支持。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

本文以来自澳大利亚、泰国、越南、印度等国家的 37 种热带型荷花为研究材料，材料目录如下表 1 所示。

Table 1. Catalog of 37 tropical lotus species
表 1. 37 种热带型荷花目录

序号	品种名	学名
1	“澳大利亚莲”	*Nelumbo* “Australian”
2	“亚洲莲”	*Nelumbo* nucifera
3	“泰国莲-11”	*Nelumbo* “No.11 Tai”
4	“越南莲-1”	*Nelumbo* “No.1 Vietnamese”
5	“越南莲-2”	*Nelumbo* “No.2 Vietnamese”
6	“越南莲-3”	*Nelumbo* “No.3 Vietnamese”
7	“泰国莲-1”	*Nelumbo* “No.1 Tai”
8	“泰国莲-5”	*Nelumbo* “No.5 Tai”
9	“越南食用藕”	*Nelumbo* “Vietnamese Edible root”
10	“泰国莲-16”	*Nelumbo* “No.16 Thai”
11	“越南莲-4”	*Nelumbo* “No.4 Vietnamese “
12	“泰国莲-4”	*Nelumbo* “No.4 Thai”
13	“泰国莲-9”	*Nelumbo* “No.9 Thai”
14	“泰国莲-2”	*Nelumbo* “No.2 Thai”
15	“泰国莲-3”	*Nelumbo* “No.3 Thai”
16	“泰国莲-8”	*Nelumbo* “No.8 Thai”
17	“宁波 1 号”	*Nelumbo* “No.1 Ning Bo”
18	“宁波 3 号”	*Nelumbo* “No.3 Ning Bo”
19	“宁波 4 号”	*Nelumbo* “No.4 Ning Bo”
20	“宁波 5 号”	*Nelumbo* “No.5 Ning Bo”
21	“宁波 7 号”	*Nelumbo* “No.7 Ning Bo”
22	“宁波 11 号”	*Nelumbo* “No.11 Ning Bo”
23	“宁波 17 号”	*Nelumbo* “No.17 Ning Bo”
24	“宁波 18 号”	*Nelumbo* “No.18 Ning Bo”
25	“宁波 19 号”	*Nelumbo* “No.19 Ning Bo”
26	“宁波 24 号”	*Nelumbo* “No.24 Ning Bo”
27	“宁波 25 号”	*Nelumbo* “No.25 Ning Bo”
28	“宁波 26 号”	*Nelumbo* “No.26 Ning Bo”
29	“宁波 27 号”	*Nelumbo* “No.27 Ning Bo”
30	“宁波 30 号”	*Nelumbo* “No.30 Ning Bo”
31	“宁波 31 号”	*Nelumbo* “No.31 Ning Bo”
32	“泰 41 号”	*Nelumbo* “No.41 Tai”
33	“巨人”	*Nelumbo* “Ju Ren”
34	“印度莲”	*Nelumbo* “India”
35	“泰国莲-6”	*Nelumbo* “No.6 Thai”
36	“泰国莲-7”	*Nelumbo* “No.7 Thai”
37	“泰国莲-10”	*Nelumbo* “No.10 Thai”

2.2. 试验地点

试验设在上海辰山植物园国际荷花资源圃和东苗圃，荷花栽培采用常规水肥管理。

2.3. 指标测定

2.3.1. 叶片冻害观测

2020 年 1 月，对露天放置的热带型荷花受寒害情况进行观察，以株为单位对热带型荷花受冻情况进行分级和症状记录。其中冻害程度按冻害症状的轻重按以下四级进行鉴定，并计算冻害指数和抗寒性强弱。具体标准如下表 2。

Table 2. Classification of freezing injury of tropical lotus
表 2. 热带型荷花冻害分级

级别	冻害惜况
1	叶片冻害轻微甚至无冻害，叶片受冻害面积小于 1/3
2	叶片受冻一般，冻害面积占种总叶面积的 1/3~2/3 之间
3	叶片受冻较严重，冻害面积占总叶面积的 2/3 以上

冻害指数在冬季露地测量，采用叶片冻害指数进行评价，叶片冻害指数 $h = \Sigma$ (叶片冻害级数 × 冻害级值)/(调查总叶片数 × 最高级值) × 100，若叶片全部死亡，则定义其叶片冻害指数为 100%。

2.3.2. 叶片低温电导率测定

2020 年 10 月进行，每个品种采集成熟、完整、无病虫害的叶片，放入已贴好标签的自封袋中，带回实验室后用自来水清洗叶片，然后用蒸馏水冲洗 3 次，用滤纸将水分吸干。

根据以往观测，热带型荷花叶片在气温低于 5℃时，表面即有受伤表现，气温低于 0℃时，大部分开始死亡，因此以调温冰箱为低温控制设备，温度设置为 5℃，处理 4 h。每个梯度处理完毕后，先对处理后的材料外观观测，之后迅速测定其相对电导率。每个处理测试 3 个样品，取平均值。

2.3.3. 相对电导率测定方法

测定时，沿叶柄避开主脉向叶尖处打孔，孔径 0.6 cm，取 20 片叶圆片放入试管中加入 10 mL 去离子水，封口后在水平摇床上震荡 1 h 后在沸水中加热 20 min，冷却到室温，蒸馏水设为空白对照，电导率仪分别测定加热前电导值 C_1，及加热后电导值 C_2，及对照电导率 C_0，3 次重复。并按以下公式计算相对电导率：

$$\text{相对电导率} = (C1 - C0)/(C2 - C0) \times 100\%$$

式中：C0 为蒸馏水电导率；C1 为煮前电导率；C2 为煮后电导率。

2.4. 数据分析

使用 Excel 2007 软件对采集的数据进行处理和图表制作。用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 37 种热带型荷花叶片冻害结果

2020 年早春，37 个供试品种均遭受了冻害，观测结果见表 3。经低温危害后，各品种症状差异较大，其中“泰国莲-1”、“泰国莲-10”、“越南莲-4”和“宁波 5 号”莲叶片冻害指数最高，至 1 月份叶片全部死亡；“越南食用藕”、“宁波 3 号”、“宁波 27 号”、“宁波 30 号”和“宁波 31 号”莲表现出了较强的抗寒能力。

Table 3. Frozen injury index of 37 tropical lotus leaves
表 3. 37 种热带型荷花叶片冻害指数

序号	品种名	学名	叶片数量	各级叶片数量				冻害指数 (*h*)
				0 级	一级	二级	三级	
1	“澳大利亚莲”	*Nelumbo* “Australian”	12	0	4	5	3	72.92
2	“亚洲莲”	*Nelumbo* nucifera	9	0	3	4	2	72.22
3	“泰国莲-11”	*Nelumbo* “No.11 Tai”	8	0	3	3	2	71.88
4	“越南莲-1”	*Nelumbo* “No.1 Vietnamese”	6	0	1	3	2	79.17
5	“越南莲-2”	*Nelumbo* “No.2 Vietnamese”	10	0	3	5	2	72.50
6	“越南莲-3”	*Nelumbo* “No.3 Vietnamese”	7	0	2	4	1	71.43
7	“泰国莲-1”	*Nelumbo* “No.1 Tai”	0	0	0	0	0	100.00
8	“泰国莲-5”	*Nelumbo* “No.5 Tai”	3	0	0	2	1	83.33
9	“越南食用藕”	*Nelumbo* “Vietnamese Edible root”	11	2	5	4	0	54.55
10	“泰国莲-16”	*Nelumbo* “No.16 Thai”	6	0	1	2	3	83.33
11	“越南莲-4”	*Nelumbo* “No.4 Vietnamese “	0	0	0	0	0	100.00
12	“泰国莲-4”	*Nelumbo* “No.4 Thai”	5	0	1	2	2	80.00
13	“泰国莲-9”	*Nelumbo* “No.9 Thai”	10	0	5	4	1	65.00
14	“泰国莲-2”	*Nelumbo* “No.2 Thai”	9	0	3	5	1	69.44
15	“泰国莲-3”	*Nelumbo* “No.3 Thai”	7	0	2	4	1	71.43
16	“泰国莲-8”	*Nelumbo* “No.8 Thai”	7	0	2	3	2	75.00
17	“宁波 1 号”	*Nelumbo* “No.1 Ning Bo”	6	0	2	3	1	70.83
18	“宁波 3 号”	*Nelumbo* “No.3 Ning Bo”	8	1	5	2	0	53.13
19	“宁波 4 号”	*Nelumbo* “No.4 Ning Bo”	8	0	3	4	1	68.75
20	“宁波 5 号”	*Nelumbo* “No.5 Ning Bo”	0	0	0	0	0	100.00
21	“宁波 7 号”	*Nelumbo* “No.7 Ning Bo”	9	0	2	5	2	75.00
22	“宁波 11 号”	*Nelumbo* “No.11 Ning Bo”	8	0	0	6	2	81.25
23	“宁波 17 号”	*Nelumbo* “No.17 Ning Bo”	10	0	1	7	2	77.50
24	“宁波 18 号”	*Nelumbo* “No.18 Ning Bo”	9	0	2	6	1	72.22
25	“宁波 19 号”	*Nelumbo* “No.19 Ning Bo”	8	0	2	2	4	81.25
26	“宁波 24 号”	*Nelumbo* “No.24 Ning Bo”	12	0	2	7	3	77.08
27	“宁波 25 号”	*Nelumbo* “No.25 Ning Bo”	9	0	3	4	2	72.22
28	“宁波 26 号”	*Nelumbo* “No.26 Ning Bo”	11	0	2	7	2	75.00
29	“宁波 27 号”	*Nelumbo* “No.27 Ning Bo”	11	0	7	3	1	61.36
30	“宁波 30 号”	*Nelumbo* “No.30 Ning Bo”	10	0	6	3	1	62.50
31	“宁波 31 号”	*Nelumbo* “No.31 Ning Bo”	11	0	6	4	1	63.64
32	“泰 41 号”	*Nelumbo* “No.41 Tai”	6	0	2	3	1	70.83
33	“巨人”	*Nelumbo* “Ju Ren”	9	0	0	4	5	88.89
34	“印度莲”	*Nelumbo* “India”	7	0	2	4	1	71.43
35	“泰国莲-6”	*Nelumbo* “No.6 Thai”	9	0	0	3	6	91.67
36	“泰国莲-7”	*Nelumbo* “No.7 Thai”	10	0	2	6	2	75.00
37	“泰国莲-10”	*Nelumbo* “No.10 Thai”	0	0	0	0	0	100.00

3.2. 37 种热带型荷花叶片耐寒评价

由表 3 可知，37 种热带型荷花叶片冻害指数平均值 M 为 75.99%，标准差 S 为 11.46%，由此将冻害指数低于 64.53%(M-S)的品种列为 I 级品种，将冻害指数 64.53(M-S)~75.99%(M)的品种列为 II 级品种，将冻害指数 75.99%(M)~87.45%(M + S)的品种列为 II 级品种，将冻害指数高于 87.45%(M + S)的品种列为 IV 级品种，结果如表 4 所示。

Table 4. Cold tolerance evaluation of 37 tropical lotus species
表 4. 37 种热带型荷花耐寒评价

序号	品种名	序号	品种名	序号	品种名	序号	品种名
I	“越南食用藕”	II	“泰国莲-9”	II	“泰 41 号”	III	“宁波 24 号”
I	“宁波 3 号”	II	“泰国莲-2”	II	“印度莲”	IV	“泰国莲-1”
I	“宁波 27 号”	II	“泰国莲-3”	II	“泰国莲-7”	IV	“越南莲-4”
I	“宁波 30 号”	II	“泰国莲-8”	III	“越南莲-1”	IV	“宁波 5 号”
I	“宁波 31 号”	II	“宁波 1 号”	III	“泰国莲-5”	IV	“巨人”
II	“澳大利亚莲”	II	“宁波 4 号”	III	“泰国莲-16”	IV	“泰国莲-6”
II	“亚洲莲”	II	“宁波 7 号”	III	“泰国莲-4”	IV	“泰国莲-10”
II	“泰国莲-11”	II	“宁波 18 号”	III	“宁波 11 号”		
II	“越南莲-2”	II	“宁波 25 号”	III	“宁波 17 号”		
II	“越南莲-3”	II	“宁波 26 号”	III	“宁波 19 号”		

Table 5. Relative electrical conductivity results of 37 tropical lotus leaves
表 5. 37 种热带型荷花叶片相对电导率结果

序号	品种名	相对电导率(%)	序号	品种名	相对电导率(%)	序号	品种名	相对电导率(%)
1	“澳大利亚莲”	28.85	15	“泰国莲-3”	32.08	29	“宁波 27 号”	21.93
2	“亚洲莲”	29.63	16	“泰国莲-8”	29.38	30	“宁波 30 号”	23.62
3	“泰国莲-11”	30.28	17	“宁波 1 号”	26.35	31	“宁波 31 号”	24.60
4	“越南莲-1”	34.88	18	“宁波 3 号”	22.67	32	“泰 41 号”	25.80
5	“越南莲-2”	32.66	19	“宁波 4 号”	31.27	33	“巨人”	38.92
6	“越南莲-3”	39.37	20	“宁波 5 号”	42.40	34	“印度莲”	31.27
7	“泰国莲-1”	66.21	21	“宁波 7 号”	31.67	35	“泰国莲-6”	40.39
8	“泰国莲-5”	35.39	22	“宁波 11 号”	37.12	36	“泰国莲-7”	30.56
9	“越南食用藕”	23.23	23	“宁波 17 号”	36.11	37	“泰国莲-10”	42.34
10	“泰国莲-16”	38.30	24	“宁波 18 号”	34.88			
11	“越南莲-4”	41.13	25	“宁波 19 号”	34.87			
12	“泰国莲-4”	33.49	26	“宁波 24 号”	34.13			
13	“泰国莲-9”	24.96	27	“宁波 25 号”	32.50			
14	“泰国莲-2”	29.40	28	“宁波 26 号”	30.40			

3.3. 37 种热带型荷花叶片低温相对电导率结果

如表 5 所示，37 种热带型荷花叶片在 5℃处理后相对电导率变化幅度较大，越南莲-4、“宁波 5 号”、“泰国莲-1”和“泰国莲-10”相对电导率较高，而“泰国莲-9”、“宁波 3 号”、“宁波 27 号”、“宁波 30 号”、“宁波 31 号”和“越南食用藕”相对电导率较低，说明这 6 个品种在自然生长过程中，细胞膜受到的伤害程度较小，抵御外界温度变化的能力强于其他品种。

37 种热带型荷花叶片低温相对电导率平均值 M 为 33.06%，标准差 S 为 7.74%，由此将相对电导率低于 25.32%(M-S)的品种列为 I 级品种，将冻害指数 25.32%(M-S)~33.06%(M)的品种列为 II 级品种，将冻害指数 33.06%(M)~40.8%(M + S)的品种列为 III 级品种，将冻害指数高于 40.8%(M + S)的品种列为 IV 级品种，结果如表 6 所示。

Table 6. Cold tolerance grades of 37 tropical lotus species
表 6. 37 种热带型荷花耐寒级别

序号	品种名	相对电导率(%)	序号	品种名	相对电导率(%)	序号	品种名	相对电导率(%)
I	“泰国莲-9”	24.96	II	“泰国莲-11”	30.28	III	“巨人”	38.92
I	“宁波 3 号”	22.67	II	“宁波 25 号”	32.50	III	“泰国莲-6”	40.39
I	“宁波 27 号”	21.93	II	“宁波 26 号”	30.40	III	“越南莲-1”	34.88
I	“宁波 30 号”	23.62	II	“泰 41 号”	25.80	III	“越南莲-3”	39.37
I	“宁波 31 号”	24.60	II	“印度莲”	31.27	III	“泰国莲-5”	35.39
I	“越南食用藕”	23.23	II	“泰国莲-7”	30.56	IV	“越南莲-4”	41.13
II	“澳大利亚莲”	28.85	II	“越南莲-2”	32.66	IV	“宁波 5 号”	42.40
II	“泰国莲-2”	29.40	III	“泰国莲-16”	38.30	IV	“泰国莲-10”	42.34
II	“泰国莲-3”	32.08	III	“泰国莲-4”	33.49	IV	“泰国莲-1”	66.21
II	“泰国莲-8”	29.38	III	“宁波 11 号”	37.12			
II	“亚洲莲”	29.63	III	“宁波 17 号”	36.11			
II	“宁波 1 号”	26.35	III	“宁波 18 号”	34.88			
II	“宁波 4 号”	31.27	III	“宁波 19 号”	34.87			
II	“宁波 7 号”	31.67	III	“宁波 24 号”	34.13			

与叶片冻害评价(表 5)相比，泰国莲-9、“宁波 3 号”、“宁波 27 号”等 6 种荷花均分布于 I 级品种，“澳大利亚莲”、“泰国莲-2”、“泰国莲-3”等 15 种荷花均分布于 II 级品种，“泰国莲-16”、“泰国莲-4”、“宁波 11 号”等 12 种荷花均分布于 III 级品种，“越南莲-4”、“宁波 5 号”、“泰国莲-10”等 4 种荷花均分布于 IV 级品种，两种评价方法结果相似度为 86.49%。

4. 讨论与结论

膜系统是植物受低温伤害和抵抗低温伤害的关键结构[22]。低温胁迫下，荷花叶片膜质透性与耐寒性呈负相关，可以作为耐寒性的鉴定指标[23]。叶片相对电导率测定是反应叶片膜质透性的直观检测方法，与之相关的叶片冻害指数是直观反映植物耐寒性的重要指标之一，两种指标的测定结果相互印证，可以很好的解决耐寒能力评价和分级中所遇到的问题。

本实验中，通过叶片耐寒指数测定和相对电导率测定，将 37 种热带型荷花分成了四级，虽然每个级别品种数量稍有出入，但得出的结论相差较小。两个方法取交集，得出的结论为：I 级：5 种；II 级：15 种；III 级：8 种；IV 级：4 种。

致　谢

此实验是在上海辰山植物园国际荷花资源圃和东苗圃完成的，感谢单位提供的实验场地。感谢科研中心观赏课题组田代科研究员提供的部分实验品种。感谢园艺景观部部长屠莉、同事杨宽、肖迪等在实验中的帮助。

基金项目

上海市绿化和市容管理局科学技术项目(G192406、G212412)。

参考文献

[1] 胡光万, 刘克明, 雷立公. 莲属(Nelumbo Adans)的系统学研究进展和莲科的确立[J]. 激光生物学报, 2003, 12(6): 415-420.

[2] 姜莉, 陈发棣, 滕年军, 等. 重瓣和重台莲品种花芽分化过程的解剖结构比较[J]. 园艺学报, 2009, 36(8): 1233-1238.

[3] 黄国振, 徐立铭. 莲属(Nelumbo)种间杂交的高度亲合现象[J]. 园艺学报, 1981, 8(4): 56-56.

[4] 黄国振. 黄色荷花新品种——“友谊牡丹”莲的选育[J]. 园艺学报, 1987, 14(2): 129-132+146.

[5] 黄国振, 何子灿, 陈纯章, 等. 荷花的重瓣化与染色体组型变异的相关性[J]. 武汉植物学研究, 1983, 1(1): 11-16.

[6] 黄秀强, 陈俊愉, 黄国振. 莲属两个种亲缘关系的初步研究[J]. 园艺学报, 1992, 19(2): 164-170.

[7] 王其超, 张行言. 中国荷花品种图志[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.

[8] Chase, M.W., Soltis, D.E., Olmstead, R.G., *et al*. (1993) Phylogenetics of Seed Plants: An Analysis of Nucleotide Sequences from the Plastid Gene rbcL. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **80**, 528-580.

[9] 沈漫, 王明庥, 黄敏仁. 植物抗寒机理研究进展[J]. 植物学通报, 1997, 14(2): 1-8.

[10] 孙丽娜. 碗莲休眠生理及休眠特性研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2008.

[11] 张行言, 王其超. 冬荷品种选育与栽培技术研究[J]. 中国园林, 2004(10): 62-65.

[12] 杨冬梅. 莲藕抗氧化特性研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2007.

[13] 陈芸芸. “三水冬荷”的亲缘关系鉴定及耐寒基因的表达分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 中山大学, 2006.

[14] 孔德政, 张曼, 杨秋生. 莲种子休眠解除与促进萌发的研究[J]. 河南科学, 2007, 25(3): 401-404.

[15] 孔德政, 靳丹丹, 孙丽娜, 等. 碗莲花芽分化过程中酶活性的变化[J]. 河南农业科学, 2008, 37(4): 97-99.

[16] 中国科学院武汉植物研究所. 中国莲[M]. 北京: 科学出版社, 1987.

[17] 许金蓉, 周明全, 何建军, 等. 莲藕不同生长期的生理活性研究[J]. 湖北农业科学, 2005(2): 79-81.

[18] 徐莉, 王庆国. 莲藕采后生理生化特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(5): 166-169.

[19] 孔德政, 孙丽娜, 靳丹丹, 等. 不同贮藏方式下莲藕理化特性的动态变化[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(2): 228-230, 239.

[20] 张行言, 王其超. 热带型荷花的发现与荷花品种分类系统[J]. 中国园林, 2006, 22(7): 82-85.

[21] 谷慧珍. “冬荷”在闽南的引种及栽培[J]. 中国花卉园艺, 2006(18): 28-29.

[22] 王永红. 山茶属主要物种及部分园艺品种耐寒性研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国林业科学研院, 2005.

[23] 王俊娟, 王帅, 陆许可, 等. 棉花幼苗对低温胁迫的响应及抗冷机制初步研究[J]. 棉花学报, 2017, 29(2): 147-156.