

The Relationship between the Heat Damage of Trees and Shrubs and Its Biological Characteristics under Continuous High Temperature in Shanghai Chenshan Botanical Garden

Xianquan Zhang

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

Received: Mar. 3rd, 2018; accepted: Mar. 17th, 2018; published: Mar. 29th, 2018

Abstract

Through investigation, the heat damage performance of plants under continuous high temperature was divided into six grades. The same species will have one to several heat damage grades. And the second grade of heat damage is the main form of expression. In some way, the degree of victimization of plants under continuous high temperature stress is determined by the biological characteristics. Different heat damage levels have some similarities in different types of biological characteristics, but there are certain differences. The deciduous species are more serious than those of evergreen species, and the type of leathery leaf is more resistant to continuous high temperature. The characteristics of leaves can be used as references for the introduction and selection of heat-resistant plants.

Keywords

Heat Damage, Leaf, Factor, Shanghai Chenshan Botanical Garden

持续高温下上海辰山植物园乔灌木热害表现与其生物学习性的关系

张宪权

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

收稿日期：2018年3月3日；录用日期：2018年3月17日；发布日期：2018年3月29日

摘要

通过调查研究，将被调查植物在持续高温下的热害表现划分为六个等级。发现同一个物种会出现一至数个热害等级。二级热害症状是本次受热害种类和植株主要表现形式。生物学习性一定程度上决定着植物在持续高温胁迫下的受害程度。不同热害等级在具有不同生物学习性的种类中具有一定的相似性，但也存在着差异。落叶种类较常绿种类受热害更为严重；革质叶种类较非革质叶种类更耐持续高温。叶片相关的性状可以作为耐高温植物的引种和筛选的参考依据。

关键词

热害，叶片，成因，上海辰山植物园

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

植物热害是当环境温度高于适宜植物生长发育温度范围的最高温度，即超过植物能够忍受的最高温度时发生的伤害，即人们常说的高温障碍。高温热害严重影响植物的生理生态过程，成为限制植物分布、生长和生产力的一个主要环境因子[1] [2] [3] [4]。

2017年7-8月，上海气温持续偏高，根据上海市徐家汇国家气象站观测资料，2017年7月21日是本年度第15个高温日(日最高气温 $\geq 35.0^{\circ}\text{C}$)、第9个酷暑日(最高气温 $\geq 37^{\circ}\text{C}$)，最高气温达40.9，直接打破了2013年8月7日40.8 $^{\circ}\text{C}$ 的纪录，也是徐家汇建站145年以来的气温最高值。此外，2017年夏天7、8两月分别有23、11天属于高温日(图1和图2)，罕见的持续高温对植物造成不同程度的伤害。

物种保护是植物园重要的科学内涵，植物园既是植物种质资源收集和物种迁地保护的基地，又是开展植物引种筛选研究的重要场所[5]。在植物园内，植物种质资源丰富多样，产地或来源不尽相同。研究植物受夏季高温热害表现和成因，对于植物园进行植物引种筛选和应用均具有重要的指导意义。

2. 材料与方法

2.1. 研究地概况

上海位于30 $^{\circ}40'$ ~31 $^{\circ}53'$ N, 120 $^{\circ}51'$ ~122 $^{\circ}12'$ E, 属北亚热带湿润季风性气候区，年平均气温为15.6 $^{\circ}\text{C}$ ，年平均日照1817 h，降水量1213 mm，年陆地蒸发量为754.6 mm。每年的7~8月常常受副热带高压和西南季风控制，致气温高，蒸发量大，形成高温干燥的天气，即为“伏旱”[6]，通常7月份最热，平均气温约28 $^{\circ}\text{C}$ ，有时，高温天气可延续至8月上旬。

上海辰山植物园地处上海市西南部的松江区，2004年开始筹建，2010年建成并对外开放。全园占地面积约207公顷，由中心展示区、植物保育区、五大洲植物区和外围缓冲区等四大功能区构成。中心展示区布置了华东区系园、早生植物园、珍稀植物园等26个植物专类园。中心展示区与辰山植物保育区的外围以全长4500米、平均高度6米的绿环围合而成，绿环既展示欧洲、非洲、美洲和大洋洲的代表性适

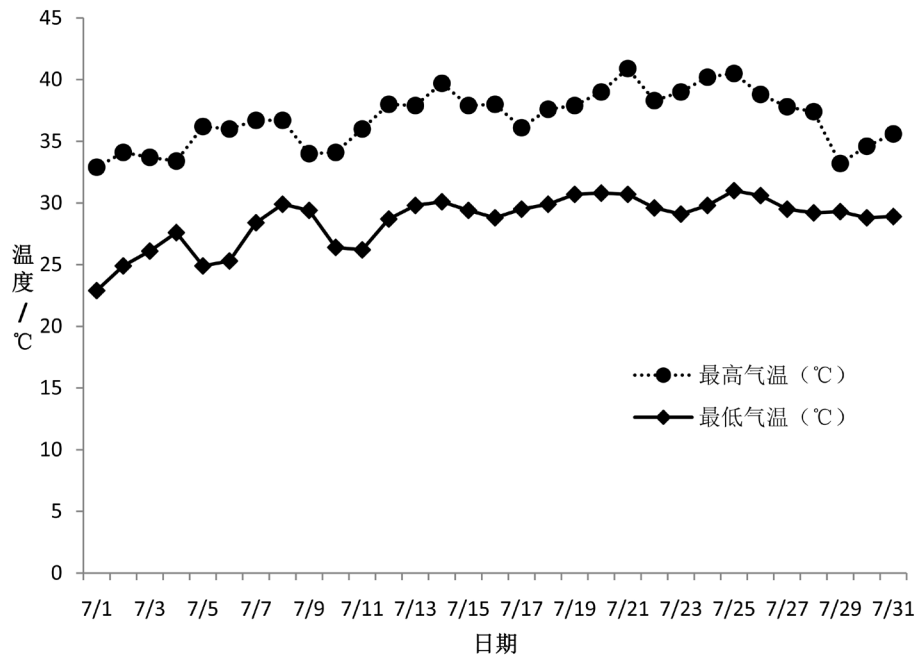


Figure 1. The highest and lowest temperature trends of Shanghai in July 2017

图 1. 2017 年 7 月上海最高及最低气温变化趋势

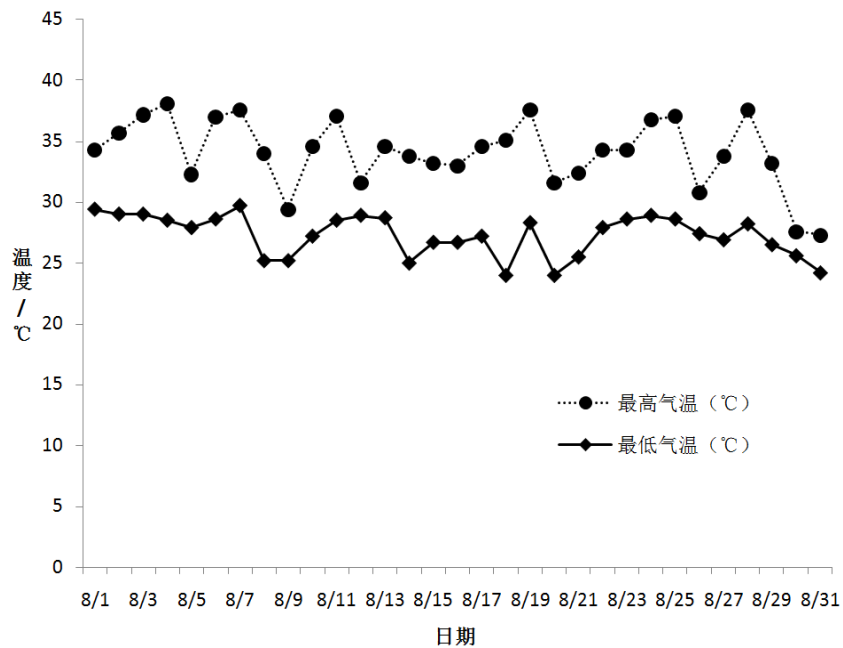


Figure 2. The highest and lowest temperature trends of Shanghai in August 2017

图 2. 2017 年 8 月上海最高及最低气温变化趋势

生植物，又将综合楼、科研中心和展览温室三座建筑联系在一起。园区内种植环境水热条件基本一致，栽培地土壤为粉(砂)质粘壤土，偏弱碱性，pH 值为 7.68，有机质平均含量 2.79%。

2.2. 研究对象

本次调查对象为上海辰山植物园游览区(不含温室)种植的乔灌木种类，包括科研引种和景观苗木，共

计 64 科 169 个属 430 种(含种下等级及品种,下同) 3362 株,其中,裸子植物 8 科 22 属 76 种,被子植物 56 科 147 属 354 种(表 1)。当年种植的植株,由于受到人为干扰,根系尚未恢复或生长发育不良,对热害更为敏感,本次调查未做统计。

2.3. 研究方法

2017 年 9 月上中旬,即高温日结束后的第 2 周,研究组对植株的适应性表现开展了调查,观察其外部形态变化,并拍照、记录。植物受高温危害后,会出现各种热害病征:树干干燥、裂开;叶片出现死斑,叶色变褐、变黄[7]。参考中国科学院地质物理研究所制定的中国物候观测网中冻害观察分级标准[8],根据被调查植物的热伤害表现,制订了本次关于植物热害的分级标准,将所有植株受到热害程度分为 6 个级别,其中程度超过 3 级表示植物受到热害比较严重(表 2)。

3. 结果与分析

3.1. 6 个热害等级的物种组成及植株数量

3.1.1. 6 个热害等级的植株数量

经过调查,根据热害表现,对 0~5 级热害植物隶属各分类等级的数量及株数进行统计,如下表 3 及表 4。

数据显示,在本次持续高温胁迫下,被调查的植株中,绝大多数都一定程度上出现热害症状,出现各热害等级的株数由大到小的顺序是 2 > 0 > 1 > 3 > 4 > 5 (表 3、图 3)。出现的热害症状以 1~3 级中轻度热害为主,共计 2515 株,占总株数的 74.8%;这 3 个热害等级中,以 2 级热害表现的植株最多,超过总株数的 1/3,仅有 1/5 的植株达到较为严重的 3 级热害。表现为 4~5 级严重热害的株数极少,4 级 36 株,5 级则仅 6 株,分别占比 1.1%、0.2%。超过 1/5 的植株没有明显的热害症状(表 3、图 3)。

Table 1. Composition of plant species

表 1. 调查植物的物种组成

	裸子植物		被子植物	
	数量	占比	数量	占比
科数	8	12.5%	56	87.5%
属数	22	13.0%	147	87.0%
种数	76	17.7%	354	82.3%

Table 2. Performance of plant heat damage under high temperature and the grade division

表 2. 植物高温热害表现及等级划分

等级	表现症状
0	植株无明显受害症状
1	约 10% 叶片表面失绿、叶缘卷曲、枯黄或落叶
2	10%~30% 叶片枯焦、卷曲或落叶
3	30%-50% 叶片枯焦、卷曲或落叶,枝条干枯、树皮干裂
4	除主枝未死外,大部分叶片枯黄或脱落、枝条干枯、树皮干裂
5	植株地上部分全部受害死亡或全株均受害死亡

Table 3. Statistical of families, genus, species in 6 heat damage grade
表 3. 6 个热害等级的科、属、种数的统计

热害等级	科数	属数	种数	株数
0	37	72	113	805
1	40	78	134	734
2	42	85	166	1195
3	33	55	100	586
4	13	15	18	36
5	4	4	4	6

Table 4. Number differences of gymnosperms and angiosperms in families, genus, species under the 6 heat damage grade
表 4. 裸子植物及被子植物中 6 个热害等级的科属种及植株数量差异

热害等级	裸子植物						被子植物					
	科级		属级		种级		科级		属级		种级	
	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
0	5	62.5%	8	36.4%	16	21.1%	32	57.1%	64	43.5%	97	27.4%
1	7	87.5%	10	45.5%	18	23.7%	33	58.9%	68	46.3%	116	32.8%
2	6	75.0%	16	72.7%	27	35.5%	36	64.3%	70	47.6%	138	39.0%
3	3	37.5%	8	36.4%	20	26.3%	31	55.4%	48	32.7%	80	22.6%
4	1	12.5%	1	4.5%	1	1.3%	14	25.0%	14	9.5%	17	4.8%
5	2	25.0%	2	9.1%	2	2.6%	2	3.6%	2	1.4%	2	0.6%

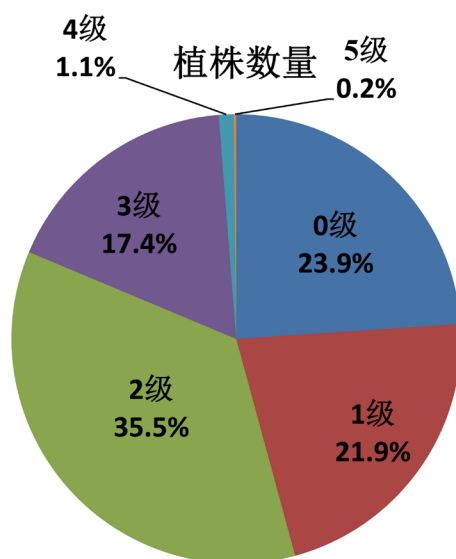


Figure 3. Composition of plant numbers under the different heat damage grades

图 3. 不同热害等级植物株数的组成

3.1.2. 6 个热害等级的物种组成

从物种组成来看, 被调查种类的受害等级具有相似的规律: 绝大多数种类都一定程度上出现热害症状,

出现的热害症状以 1~3 级中轻度热害为主, 其中, 又以 2 级热害最多, 4~5 级的严重热害的种类显著减少(表 3、图 4), 尤其达到 5 级热害死亡的仅有隶属于 4 科 4 属的 4 种, 分别是构骨叶冬青(*Ilex aquifolium*)、 “维耳莫”日本柳杉(*Cryptomeria japonica* “Vilmoriniana”)、长叶竹柏(*Nageia fleuryi*)和毛榉(*Cornus walteri*)。

值得注意的是, 达到 5 级热害的 4 个种的全部植株受害等级一致, 而表现为 4 级热害的 18 种植物, 隶属于 14 科 15 个属(表 5), 其中, 皱叶荚蒾(*Viburnum rhytidophyllum*)、红枫(*Acer palmatum* “Atropurpureum”)、羽毛枫(*Acer palmatum* “Dissectum”)、乐昌含笑(*Michelia chapensis*)及连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)热害等级出现分化。4 种植物受到的不同热害等级及对应株数见表 6。其中, 绝大多数(59/71)

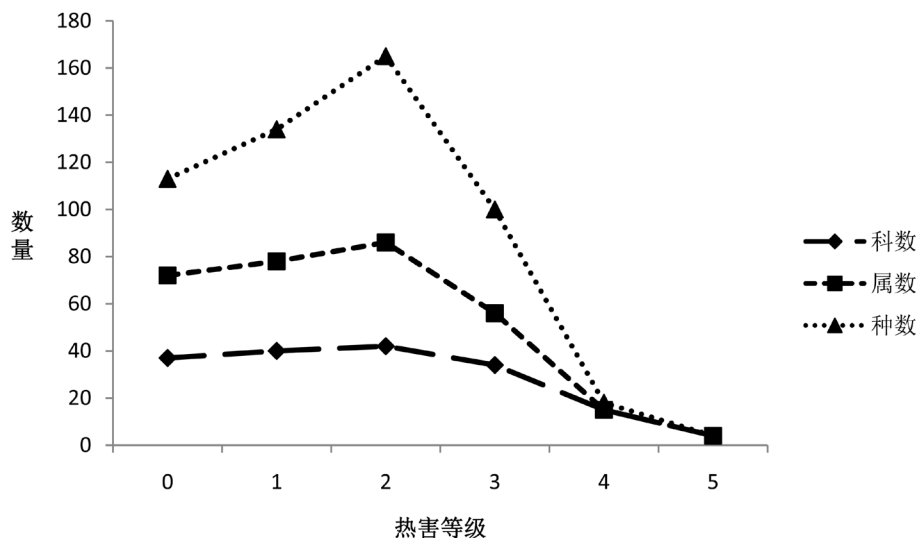


Figure 4. Variety of family members under the different heat damage grades
图 4. 不同热害等级的科属种数变化

Table 5. Plant species of the fourth heat damage grade belong to the families, genus

表 5. 4 级热害植物种类及其科属

编号	科	属	种名
1	柏科	崖柏属	‘达尼卡’北美香柏
2	伯乐树科	伯乐树属	伯乐树
3	蜡梅科	美国蜡梅属	夏蜡梅
4	连香树科	连香树属	连香树
5	马鞭草科	菀属	‘天蓝’蓝菀
6	八角科	八角属	茴香
7	木兰科	含笑属	乐昌含笑
8	槭树科	槭属	红枫、‘土蜘蛛’鸡爪枫、羽毛枫
9	千屈菜科	紫薇属	尾叶紫薇
10	蔷薇科	樱属	‘黄玉’樱桃
11	忍冬科	荚蒾属	紫叶棉毛荚蒾、皱叶荚蒾
12	山茱萸科	山茱萸属	小柞木
13	省沽油科	山香圆属、省沽油属	大果山香圆、省沽油
14	卫矛科	卫矛属	小叶卫矛

Table 6. Different heat damage grades and corresponding number of 4 kinds of plants
表 6. 4 种植物受到的不同热害等级及对应株数

物种	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级
皱叶荚蒾	1	—	—	—	1
红枫	—	1	—	2	5
羽毛枫	—	—	6	—	4
乐昌含笑	—	—	59	—	12
连香树	—	—	—	1	1

的乐昌含笑植株表现为 2 级热害，则其热害表现应定为 2 级，羽毛枫也以 2 级热害偏多。

在未出现明显热害症状(0 级)的 37 科, 72 属, 113 种中, 有 78 种的所有植株均表现为 0 级, 隶属于 31 科, 49 属(表 7)。此外, 有 24 种出现 0、1 级分化, 12 种出现 0、2 级分化, 7 种出现 0、3 级分化, 分别是红楠(*Machilus thunbergii*)、无患子(*Sapindus saponaria*)、舟山新木姜子(*Neolitsea sericea*)、日本柳杉(*C. japonica*)、普陀鹅耳枥(*Carpinus putoensis*)、海州常山(*Clerodendrum trichotomum*)、木瓜海棠(*Chaenomeles cathayensis*)。

另外, 表 4 还显示出, 在裸子植物的科属种不同层面热害等级不尽相同, 科级层面以 1 级热害为主, 在属级层面则以 2 级热害为主, 种级层面也是以 2 级热害比例最高, 超过总种数的 1/3; 被子植物中科属种三个层面均以 2 级热害为主要受害等级, 超过一半的被子植物科及接近一半的被子植物属表现为 2 级热害, 最直观的中级层面也是超过了总数的 1/3。此外, 最高等级的 5 级热害在裸子植物及被子植物的科属种层面上相当, 均为 2 科 2 属 2 种。二者同样有超过 1/5 的种类没有明显的热害症状(表 4)。

3.2. 不同热害等级在生物学习性上的差异

植物对高温胁迫环境的反应一定程度上与其生物学习性有关。了解植物的生物学习性, 分析其是否适应引入地的气候、土壤环境具有重要的指导意义。本研究选取了常绿-落叶, 乔木-灌木及革质叶-非革质叶 3 对性状, 比较不同热害等级中的差异。其中, 革质叶种类中包含薄革质叶种类、革质叶种类、厚革质叶种类以及各种针叶类; 非革质叶种类则包括膜质叶、薄纸质叶、纸质叶及厚纸质叶种类[9]。各类植物的种类及株数以及与总种类或总株数的比例见表 8。

3.2.1. 不同热害等级在常绿种类及落叶种类间的差异

表 9 显示, 常绿种类及落叶种类的热害表现均集中在 0~2 级, 其中, 均 2 级热害种类最多, 二者中 3 级以上热害仅占到各自总数的 21.1%、33.2%, 其中受到 4~5 级严重热害的常绿种类仅有 7 种, 占比 4.1%; 落叶种类中受到 4~5 级严重热害的仅 15 种, 占比 5.8%。从受害植株数量看, 常绿种类的热害表现同样集中在 0~2 级, 但 0 级未受到明显热害植株最多, 达到近 1/3, 2 级植株数量仅次于 0 级排在第二, 受到 3 级以上热害的植株有 118 株, 仅占到其总株数的 11.2% (图 5); 落叶种类中, 0~2 级热害表现的植株同样具有较高的比值, 其中表现为 2 级热害的植株明显高出其它等级, 不同的是, 3 级热害植株较多, 超过了总数的 1/5 (图 6)。常绿种类及落叶种类中受到 4-5 级严重热害的植株数量均极少, 分别为 20、22 株。

3.2.2. 不同热害等级在生活型上的差异

表 10 显示, 不论是乔灌木种类还是植株数量, 均以 2 级热害比值最高, 在乔木种类中达到 124 种 976 株, 分别占比 40.1%及 37.0%, 灌木种类则有 42 种 219 株, 分别占比 34.7%及 30.2%。有近 1/4 的乔木种类和植株没有表现出明显的热害, 对应的灌木种类比值略高, 达到 28.9%, 而植株数量则仅有 17.0%。

Table 7. Unharmed plant species and their families
表 7.0 级热害植物种类及其科属

编号	科	属	种名
1	柏科	扁柏属、刺柏属、崖柏属	‘神剑’莱兰柏，‘薄荷酒’鹿角桧、‘冲天’落基山圆柏、‘春之王者’鹿角桧、‘哈茨’北美圆柏、‘蓝剑’落基山圆柏、‘栗叶金’鹿角桧、桧柏、塔柏，‘黄丝带’北美香柏、‘金骑士’莱兰柏
2	松科	松属	‘金字塔’帕拉斯黑松、马尾松、湿地松
3	罗汉松科	罗汉松属	罗汉松
4	杉科	落羽杉属	‘飞瀑’落羽杉、池杉
5	马鞭草科	牡荆属、紫珠属	穗花牡荆、黄荆，枇杷叶紫珠
6	木兰科	含笑属、木兰属	峨眉含笑，广玉兰
7	豆科	合欢属、金合欢属、刺槐属、黄檀属、皂荚属	合欢、山合欢，银荆树，槐，藤黄檀、香港黄檀，绒毛皂荚
8	柽柳科	柽柳属	柽柳
9	大戟科	乌柏属	乌柏、山乌柏
10	冬青科	冬青属	大果冬青、枸骨、红果冬青、铁冬青
11	忍冬科	七子花属	七子花
12	椴树科	椴树属	南京椴、糯米椴
13	胡桃科	枫杨属	枫杨
14	卫矛科	卫矛属	扶芳藤
15	胡颓子科	胡颓子属	牛奶子
16	楝科	楝属	苦楝
17	壳斗科	栎属、青冈属	纳塔栎、弗吉尼亚栎、栓皮栎、乌冈栎，青冈
18	桑科	榕属、桑属	无花果，垂枝桑、扭枝桑
19	漆树科	黄栌属	黄栌
20	槭树科	槭属	糖枫、‘太平洋晚霞’槭
21	千屈菜科	紫薇属	紫薇、福建紫薇
22	茜草科	水团花属	细叶水团花
23	蔷薇科	红果树属、牛筋条属、枇杷属、石楠属、栒子属	榉木石楠，牛筋条，枇杷，石楠，光叶栒子
24	木樨科	木樨属、桉属	柃树、“紫枝”柃树、华东木樨、宁波木樨，白蜡
25	山茶科	厚皮香属、木荷属	厚皮香、木荷
26	鼠李科	鼠李属、枣属	冻绿、枣树
27	桃金娘科	红千层属、蒲桃属	红千层，红鳞蒲桃
28	杨梅科	杨梅属	杨梅
29	榆科	榆属	榔榆
30	樟科	樟属	天竺桂、香樟
31	紫葳科	梓属	梓树

Table 8. Number of different plant species and proportion
表 8. 不同植物种类的种数与株数及所占比例

	常绿种类		落叶种类		乔木种类		灌木种类		革质叶种类		非革质叶种类	
	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
种数	171	39.8%	259	60.2%	309	71.9%	121	28.1%	190	44.2%	240	55.8%
株数	1057	28.1%	2305	71.9%	2638	78.5%	724	21.5%	1479	43.9%	1883	56.0%

Table 9. Comparison between evergreen species and deciduous species under the 6 heat damage grades
表 9. 6 个热害等级在常绿种类及落叶种类间的比较

热害等级	常绿种数				落叶种数			
	种数		株数		种数		株数	
	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
0	58	33.9%	342	32.4%	55	21.2%	463	20.1%
1	47	27.5%	290	27.4%	87	33.6%	444	19.3%
2	59	34.5%	307	29.0%	107	41.3%	888	38.5%
3	29	17.0%	98	9.3%	71	27.4%	488	21.2%
4	4	2.3%	15	1.5%	14	5.4%	21	0.9%
5	3	1.8%	5	0.5%	1	0.4%	1	0.04%

Table 10. Comparison of biotype in 6 different heat damage grades
表 10. 6 个不同热害等级在生活型上的比较

热害等级	乔木种类				灌木种类			
	种数		株数		种数		株数	
	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
0	78	25.2%	682	25.9%	35	28.9%	123	17.0%
1	103	33.3%	562	21.3%	31	25.6%	172	23.8%
2	124	40.1%	976	37.0%	42	34.7%	219	30.2%
3	69	22.3%	384	14.6%	31	25.6%	202	27.9%
4	10	3.2%	28	1.1%	8	6.6%	8	1.1%
5	4	1.3%	6	0.2%	—	—	—	—

3 级热害在乔灌木中都有明显发生，占各自种类的比值都在 20% 以上，在植株数量上，乔木种类相对较低，为 14.6%，灌木种类则高达 27.9%。4-5 级严重热害在乔灌木中均极少或没有发生，尤其灌木种类中没有出现 5 级热害(图 7 和图 8)。

3.3. 不同热害等级在叶片质地上的差异

表 11 显示，革质叶及非革质叶种类的热害等级均以 0~2 级为主，在革质叶种类中，3 个热害等级的种类数量相当，但以 0 级没有明显热害的种类最多，2 级稍次之；植株数量上，则以 2 级热害数量最多；非革质叶种类中，在种类和植株数量上，均以 2 级热害居首位。不同的是，革质叶种类中，3 级以上热

害的种类，尤其植株数量极少，而非革质叶种类受到3级以上热害的种类和植株数量均较多。这种差异又在3级热害上表现突出，非革质叶种类不论在种类数量和植株数量均超过1/5，分别达到总数量的28.3%和25.7%。受4~5级热害的种类及植株依然非常少，仅在1.2%和1.25% (图9和图10)。

3.4. 小结

此次持续高温胁迫下，上海辰山植物园被调查植物绝大多数都一定程度上出现不同程度的热害症状，

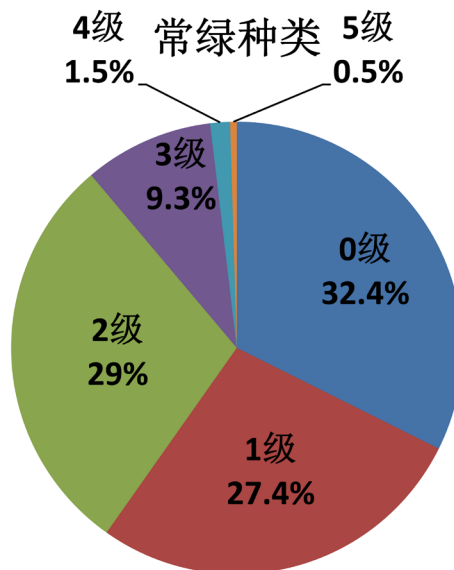


Figure 5. Composition of the number of different heat damage grades of the evergreen species

图5. 常绿种类的不同热害等级植株数量的组成

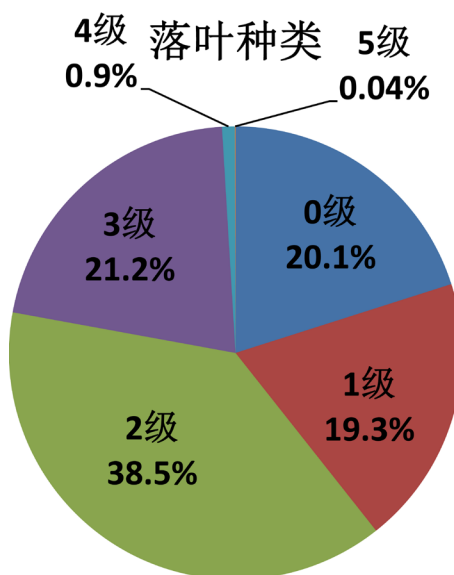


Figure 6. Composition of the number of different heat damage grades of the deciduous species

图6. 落叶种类的不同热害等级植株数量的组成

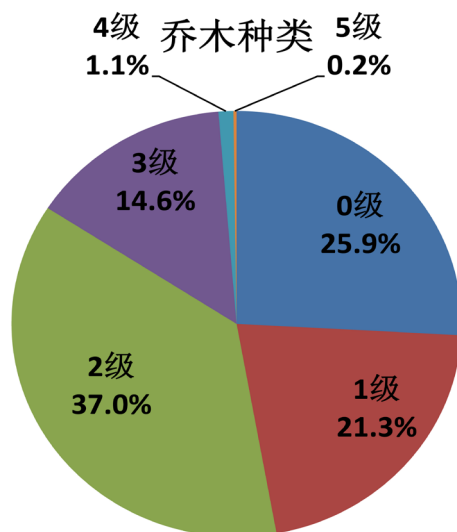


Figure 7. Composition of the number of different heat damage grades of trees

图7. 乔木种类的不同热害等级植株数量的组成

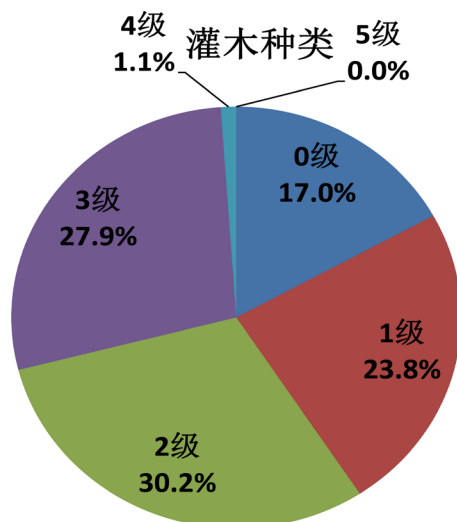


Figure 8. Composition of the number of different heat damage grades of shrubs

图8. 灌木种类的不同热害等级植株数量的组成

Table 11. Comparison of leaf texture in 6 different heat damage grades

表 11. 6 个不同热害等级在叶片质地上的比较

热害等级	革质叶种类				非革质叶种类			
	种数		株数		种数		株数	
	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
0	70	36.8%	461	31.2%	43	17.9%	344	18.3%
1	57	30.0%	394	26.6%	77	32.1%	340	18.1%
2	68	35.8%	502	33.9%	98	40.8%	693	36.8%
3	32	16.8%	103	7.0%	68	28.3%	483	25.7%
4	3	1.6%	14	0.9%	15	6.3%	22	1.2%
5	3	1.6%	5	0.3%	1	0.4%	1	0.05%

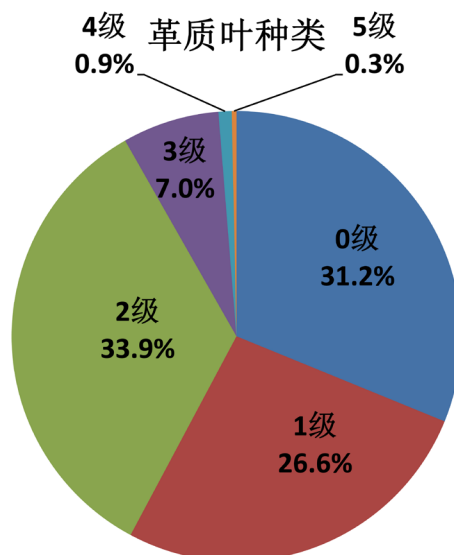


Figure 9. Composition of the number of different heat damage grades in type of leathery leaf

图 9. 革质叶种类的不同热害等级植株数量的组成

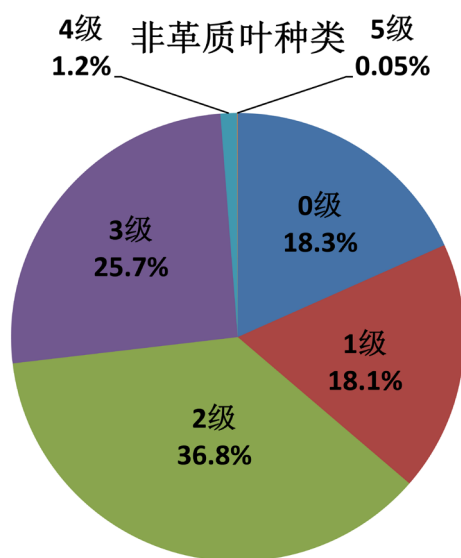


Figure 10. Composition of the number of different heat damage grades in type of non-leathery leaf species

图 10. 非革质叶种类的不同热害等级植株数量的组成

可划分为包含的 6 个热害等级。除 0 级(“植株无明显受害症状”)外,不论在物种数量,还是植株数量上,被调查植物的热害表现等级均以 1~3 级为主,其中又以 2 级热害比例最高。受到 3 级热害的物种和植株相对较少,受到 4~5 级热害的种类及植株则极少。出现各热害等级的株数由大到小的顺序是 2 > 0 > 1 > 3 > 4 > 5,其中 2 级热害植株 1195 株,达到总株数的 35.5%,仅有 1/5 的植株达到较为严重的 3 级热害,表现为 4~5 级严重热害的株数极少,分别为 36 株和 6 株,占比 1.1%、0.2%。超过 1/5 的植株没有明显的热害症状。

不同热害等级在具有不同生物学习性的种类中具有一定的相似性,但也存在着差异。相似点在于,2级热害基本是种类或植株最多的热害表现形式,受4~5级热害的种类及植株均极少或无。不同点在于,1)0级(“植株无明显受害症状”)热害表现的物种及植株虽然均占有一定的比例,但存在一定差异,即常绿种类中表现为0级的种类和植株分别为33.9%及32.4%,明显高于落叶种类;革质叶种类中受到3级热害的种类和植株分别为36.8%及31.2%,明显高于非革质叶种类。2)表现为3级热害的种类或植株存在一定差异,即常绿种类中受到3级热害的种类和植株分别为17.0%及9.3%,明显低于落叶种类;在叶片质地不同的种类中具有同样的规律:革质叶种类中受到3级热害的种类和植株分别为16.8%及7.0%,明显低于非革质叶种类。

4. 结论与讨论

持续高温胁迫会对植物造成一定的热伤害。此次,被调查植物绝大多数都一定程度上出现不同程度的热害症状,可划分为包含的6个热害等级。同一个物种会出现1至数个热害等级。2级热害症状是本次受热害种类和植株主要表现形式。4~5级严重热害不是主要热害表现形式。生物学习性一定程度上决定着植物在持续高温胁迫下的受害程度。本研究一定程度上反映出,落叶种类较常绿种类受热害更为严重;革质叶种类较非革质叶种类更耐持续高温。

叶片是植物最基本的能量获取器官,是转换和利用太阳能的光合作用的主要场所,同时也是呼吸作用和蒸腾作用的主要场所。叶片类型、质地、结构及寿命等影响着植物与外界环境的交流方式及对外界环境的适应能力。因此,叶片相关的性状可以作为耐高温植物的引种和筛选的参考依据。

植物与环境的关系是极其复杂的,植物对持续高温胁迫的响应,也是受多方面综合因素的共同影响的结果,诸如高温持续时间、极端高温值,植物树龄、生长势,苗源地,种植环境,管养技术等等。本研究仅仅分析了被调查植物的热害表现,以及与植物的3个方面生物学习性的关系,对于此次热害形成的更深层次的原因,有待更深入、全面的研究。

参考文献

- [1] 谭宗琨,韦饶谕,丘泗杰. 广西早熟荔枝果实热害调查及其成因分析[J]. 中国农业气象, 2006, 27(4): 349-353.
- [2] 商侃侃,张德顺,王铖. 高温胁迫下植物抗性生理研究进展[J]. 园林科技, 2008(1): 1-4.
- [3] 王艳玲,等. 益阳市高温热害评估[J]. 气象与环境科学, 2010, 33(4): 48-51.
- [4] 柳军,岳伟,邓斌. 2010年安徽江淮地区高温热害气象成因及其对一季稻生产影响分析[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(10): 199-201.
- [5] 贺善安,张佐双,顾姻,等. 植物园学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 1.
- [6] 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. 1999: 17.
- [7] 潘瑞炽. 植物生理学(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 4.
- [8] 徐冬梅. 2008年上海城市绿地植物冻害调查分析[J]. 江西林业科技, 2015(5): 35-43.
- [9] 龚滨. 浙江天童8种常绿乔木树种的叶片生活史研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2014: 1.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5665，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：br@hanspub.org