

极端气候下城市绿化树种对干旱胁迫的响应研究 ——以江西省南昌市为例

**Study on the Response of Urban Green Space Tree Species to Drought Stress
in Extreme Climate**
— Taking Nanchang City, Jiangxi Province as an Example

李雅平 薛 宁 林春江 刘 青* 詹龙奎 余梦舒
LI Yaping XUE Ning LIN Chunjiang LIU Qing* ZHAN Longkui YU Mengshu

基金项目:

江西省教育厅科学技术研究项目“基于海绵城市建设的城市绿地土壤持水能力及其机制”(编号: GJJ170253)

江西省高等学校教学改革研究省级课题(重点项目)“基于创新创业人才培养视角的工作室人才培养模式创新研究”(编号: JXJG-19-3-3)

文章编号: 1000-0283 (2020) 09-0062-06

DOI: 10.12193/j.laing.2020.09.0062.011

中图分类号: TU986

文献标识码: A

收稿日期: 2020-05-15

修回日期: 2020-07-21

摘要

随着全球气候变化及城市化进程加快, 导致极端气候频发, 城市生态环境质量下降。城市绿地作为城市生态功能发挥、生态服务提供的核心, 其植物遭受到了极端气候的严重威胁——干旱枯亡、冰雪折损等, 因而加强城市绿地对极端气候的响应研究具有必要性和迫切性。以2019年南昌市所遭受的极端干旱气候为例, 对南昌市绿地受干旱胁迫树种进行分析, 结果表明: (1) 调查的树木中, 受到干旱胁迫的影响占比较高的为树木冠幅较小和树高较矮的树木; (2) 常绿树种相较于落叶树种叶片较多、不易脱落, 且干旱胁迫发生在南昌较高温度的时间段, 进一步加剧了蒸腾量, 常绿树种对干旱胁迫的响应较为明显。在常绿树种的种植时, 考虑适当增加针叶树种的比例; (3) 城市绿化树木所处的空间环境影响树木对干旱胁迫的响应, 狹小受限空间环境对树木的生长有所限制, 树木呈不健康状态更易受干旱胁迫; (4) 城市绿地会定期实施修剪、灌溉、施肥等管理措施, 可以有效减少干旱胁迫对于城市绿地的影响。

关键词

极端气候; 干旱胁迫; 城市绿化; 风景园林; 植物遴选

Abstract

With the acceleration of global climate change and urbanization, extreme weather occurs frequently. The urban ecological environment's quality declines—urban green space as the core of urban ecological function and environmental service. The urban green space plants threatened by extreme climate, such as dry and withered, ice and snow damaged, etc. So, it is necessary and urgent to strengthen the response research of urban green space to extreme climate. This paper takes the harsh drought climate suffered by Nanchang city in 2019 as an example to analyze the tree species under drought stress in the urban green space of Nanchang city. The results show that: (1) Among the trees surveyed, the ones that are affected by drought stress are those with smaller crowns and shorter heights. (2) Compared with deciduous tree species, evergreen species have more leaves and are not easy to fall off. Drought stress occurs in the higher temperature period of Nanchang, which further intensifies the transpiration, and the response of evergreen tree species to drought stress is more prominent. In the planting of evergreen trees, the proportion of coniferous trees should appropriately increase. (3) The spatial environment of urban green trees affects the response of trees to drought stress. The setting of small confined space limits trees' growth, and trees in an unhealthy state are more vulnerable to drought stress. (4) Urban green space will be regularly pruned, irrigated, fertilized, and exerted other management measures, effectively reducing the impact of drought stress on urban green space.

Key words

extreme climate; drought stress; urban greening; landscape architecture; plant selection

李雅平

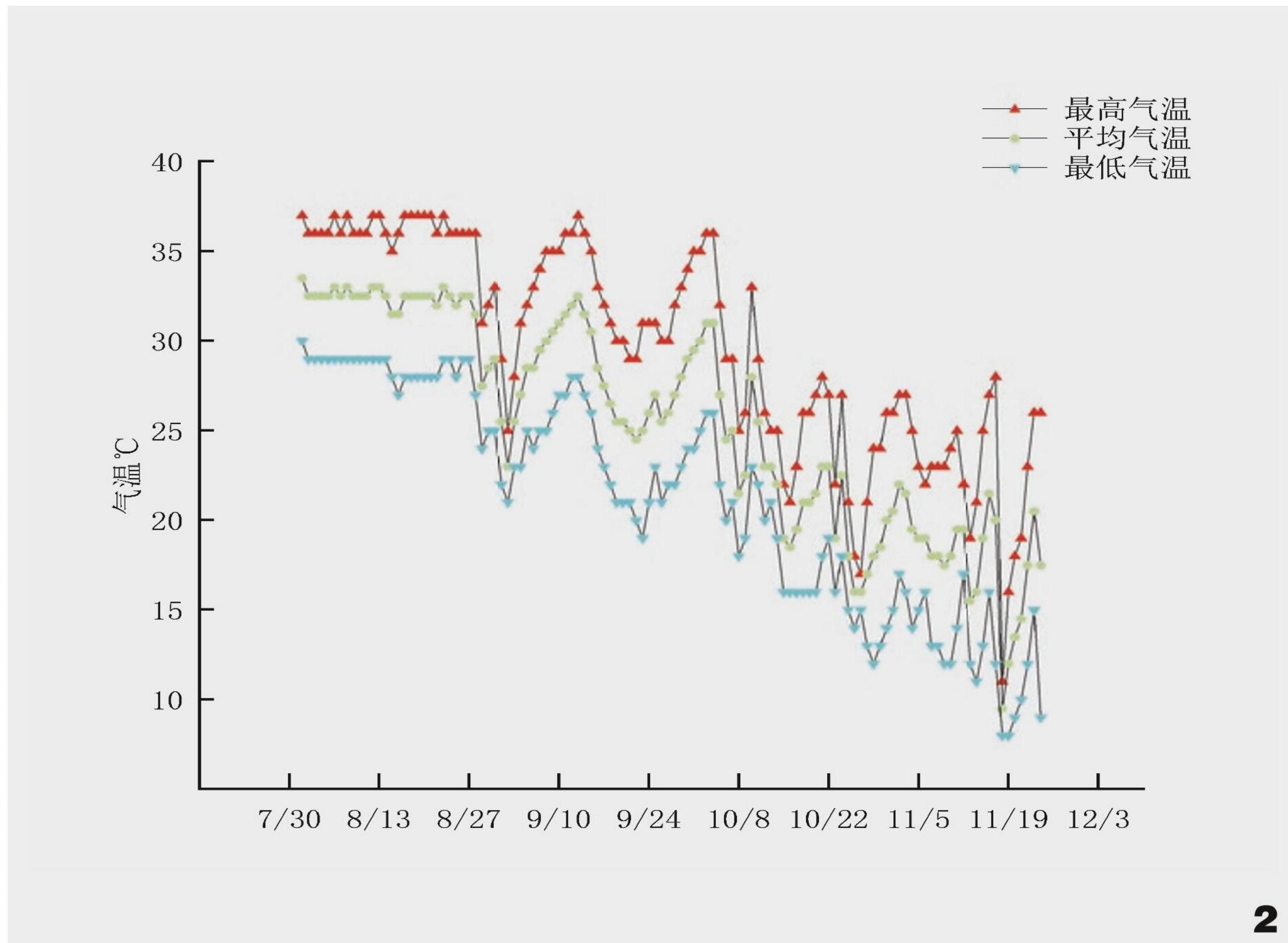
1996年生 / 女 / 山东人 / 江西农业大学
园林与艺术学院在读硕士 / 研究方向
为绿色基础设施 (南昌 330045)

刘 青

1977年生 / 男 / 江西人 / 江西农业大学
园林与艺术学院副教授, 硕士生导师 /
研究方向为园林生态与水土保持 (南昌
330045)

*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: liuqing88699@163.com



1. 广玉兰旱害状况
2. 2019年南昌8月1日~11月24日气温状况

伴随着全球气候的变化与城市化进程的快速发展，极端气候如台风、冰雪灾害、干旱频频发生，城市绿化受到严重影响^[1-4]，故对极端气候对于城市绿化的响应研究是十分重要的。城市绿化是城市生态环境和人居环境的有机结合，对调节局部小气候、降低城市热岛效应有着重要的作用^[5-7]。

针对极端气候事件对植被的影响主要与植被生产力和植被覆盖度等有关的定性和定量影响评估，国内外学者所开展的研究较为常见和深入^[8]，但对于极端气候下城市绿地的不同树种对于干旱胁迫的响应，以及树木损害特征还缺乏综合分析。相对于城市绿地的快速建设，应对极端气候的绿化树种遴选和配置管理方式的研究有着明显的滞后性。因此，对于极端气候下城市绿地的不同树种对于干旱胁迫的响应研究具有重要意义。研究以2019年8~11月南昌市突发干旱现象为基础，通过对各类城市绿地受旱害植物的调查（图1）、测量统计及分析，探讨植物受干旱胁迫的特征机理，为南昌城市绿化对于干旱胁迫的响应研究以及植物遴选提出合理建议。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况及背景

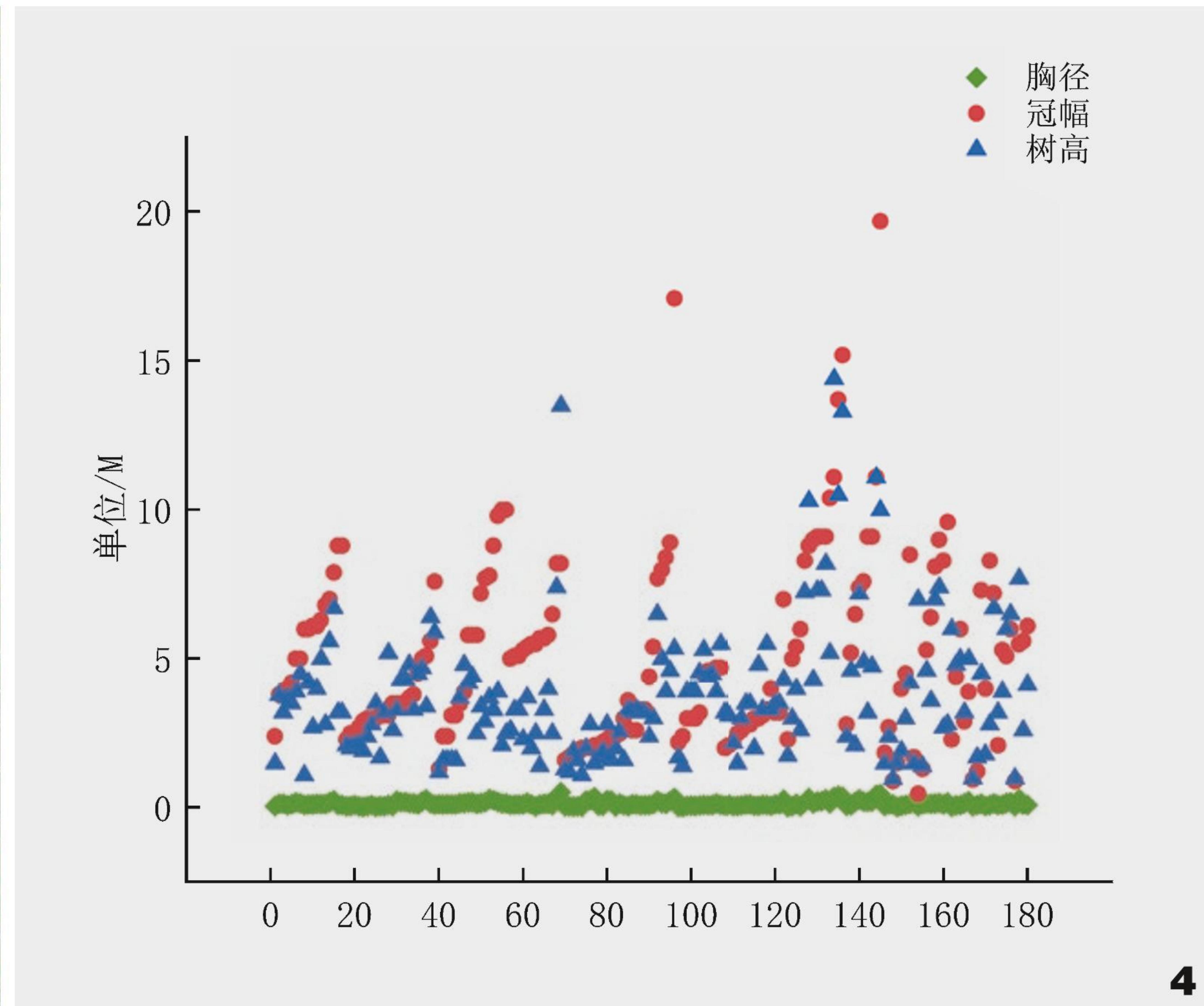
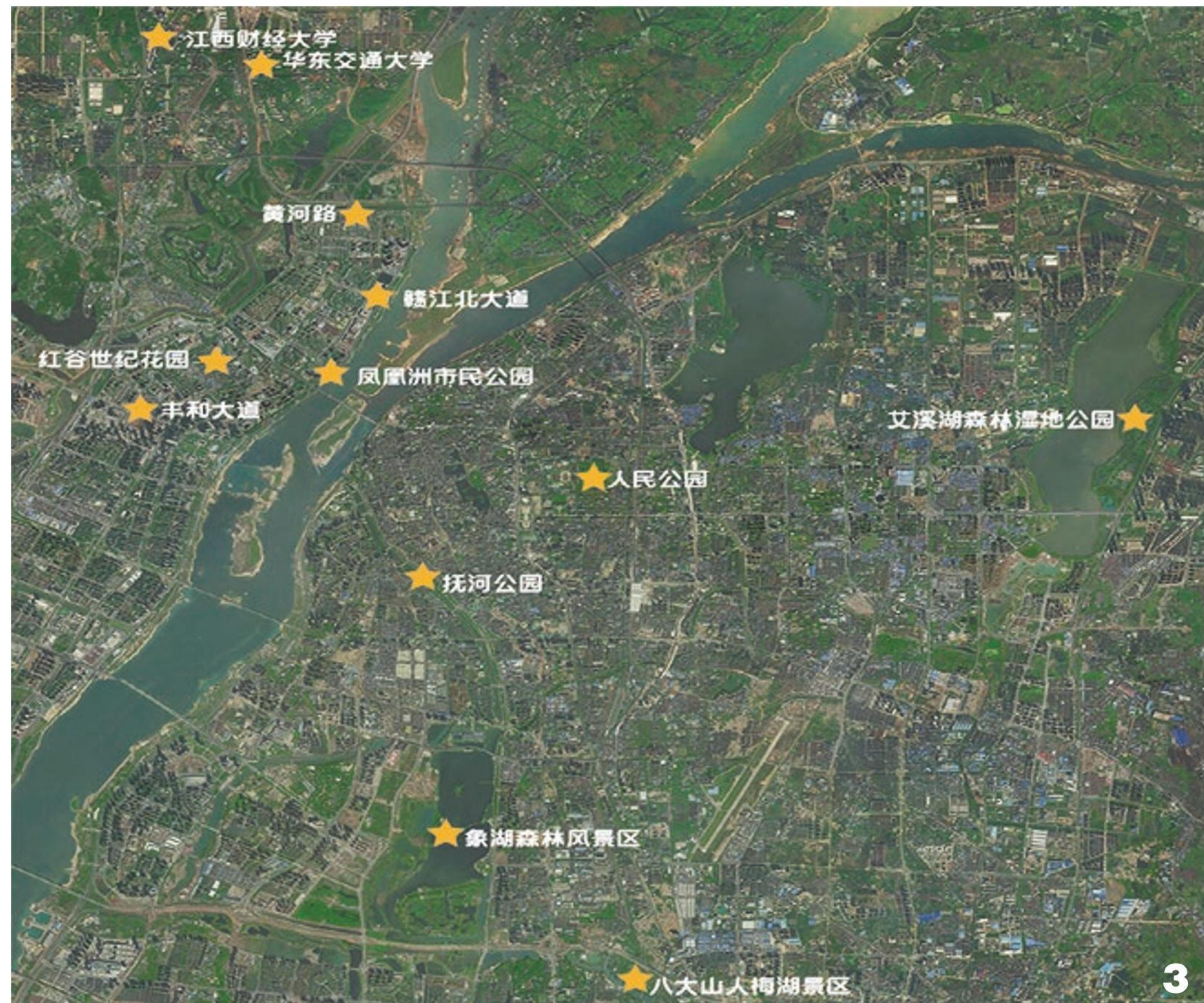
江西省南昌市位于东经 $115^{\circ} 27' \sim 116^{\circ} 35'$ ，北纬 $28^{\circ} 10' \sim 29^{\circ} 11'$ ，属中亚热带湿润季风气候。由于地处季风气

候区，每年季风强弱和进退迟早不同，气温变化较大，不同时段降水不均，高温干旱、低温冷害和暴雨洪涝等气象灾害发生较频繁。

2019年全省年平均气温为1961年以来第二高位，干旱严重创历史记录^[9]。8月下旬以来，南昌市平均降水较同期偏少85%，南昌市气候严重偏离其平均状态^[10]。图2可见南昌市8月1日~11月24日共116天的平均气温为 21.18°C ，最高气温均高于 10°C ，最低气温均高于 5°C ，其中71天每日平均气温高于 20°C ，112天每日平均气温高于 10°C 。高温天气较多，平均气温偏高。研究表明，植物对气候变化的响应具有一定的滞后性^[11]。高温对树木的根系和叶片影响较大，影响树木的光合作用、呼吸作用、蒸腾作用、细胞膜系统稳定性等植物生理作用^[12]，长时间的高温导致植物对干旱胁迫有所响应，出现叶片卷曲、干枯，甚至全株死亡的状态。

1.2 研究方法

干旱胁迫灾害发生后，调查研究团队依据绿地类型、绿地环境，以及空间分布等因素综合考虑，分别选取丰和花园 $(115.85^{\circ}\text{ E}, 28.69^{\circ}\text{ N})$ 、红谷世纪花园 $(115.85^{\circ}\text{ E}, 28.69^{\circ}\text{ N})$ 、抚河公园 $(115.89^{\circ}\text{ E}, 28.66^{\circ}\text{ N})$ 、人民公园 $(115.91^{\circ}\text{ E}, 28.68^{\circ}\text{ N})$ 、凤凰洲市民公园 $(115.87^{\circ}\text{ E}, 28.69^{\circ}\text{ N})$ 、八大山人梅湖景



3. 调查样地分布图
4. 呈现旱害植物树高、冠幅、胸径统计图

区(115.91° E, 28.60° N)、艾溪湖森林湿地公园(115.99° E, 28.68° N)、华东交通大学(115.86° E, 28.74° N)、江西财经大学(115.85° E, 28.74° N)、象湖风景名胜区(115.89° E, 28.62° N)、黄河路(115.87° E, 28.72° N)、赣江北大道(115.88° E, 28.70° N)等城市绿化进行实地调查和测量(图3), 调研的植物主要有: 桂花(*Osmanthus fragrans* Lour.)、禿瓣杜英(*Elaeocarpus glabripetalus* Merr.)、山茶(*Camellia japonica* L.)、樟树(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl)、广玉兰(*Magnolia grandiflora* L.)、鸡爪槭(*Acer palmatum* Thunb.)、罗汉松(*Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet)、海棠(*Malus spectabilis* Borich.)、池杉(*Taxodium ascendens* Brongn.)、乐昌含笑(*Michelia chapensis* Dandy)、樱花(*Prunus serrulata* Lindl.)、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、女贞(*Ligustrum lucidum* Ait.)、榉树(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino)、红豆杉(*Taxus chinensis* Rehd.)、黑松(*Pinus thunbergii* Parlatoire.)、红翅槭(*Acer fabri* Hance.)、红枫(*Acer palmatum* 'Atropurpureum')、红花檵木(*Loropetalum chinense* var.*rubrum*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)、日本五针松(*Pinus parviflora* Sieb. et Zucc.)、深山含笑(*Michelia maudiae* Dunn.)、枇杷(*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.)、桃树(*Amygdalus persica* L.)、二乔玉兰(*Magnolia × soulangeana* Soul-Bod.)、银杏(*Ginkgo biloba* Linn.)、腊梅(*Chimonanthus praecox* (L.) Link)、紫叶李(*Prunus cerasifera* Ehrhart f. *atropurpurea* (Jacq.) Rehd.)、红叶石楠(*Photinia fraseri* Dress)、含笑(*Michelia figo* Spreng.)、石楠(*Photinia serrulata* Lindl.)、

紫薇(*Lagerstroemia indica* Linn.)。记录其地点、树种名称、植物的生长型(常绿或落叶)、冠幅、胸径(或地径)、树高, 以及极端气候条件下树木受损的实际情况、树下有无铺装、树木周边环境等, 并拍照记录。

树高采用HCJYET激光测距仪进行测定, 胸径和冠幅分别采用围尺和皮尺测量。测量所得数据使用EXCEL与SPSS25.0进行处理分析。

2 结果与分析

研究对样地内对干旱胁迫有所响应的树木进行调查, 随机选取180棵进行测量统计分析, 共有32种树木对旱害有所响应, 隶属于16个科、27个属。其中, 常绿树种19种, 落叶树种13种; 阔叶树种26种, 针叶树种6种。需要指出的是, 移栽时间较短的树木, 健康状况受移栽影响较大, 不在统计范围内。基于调查所得数据, 对不同受损树种的个体数进行统计。

2.1 受干旱胁迫树木的整体特征

植被呈现不健康状态, 常因自身特性与外界人工影响有关, 包括形态指标、生理指标、生化指标等。结合城市绿化植被和环境特点, 选取胸径、树高、冠幅等树木属性因素用以分析树木受损程度的影响因素及其关系(表1)。

表1 对干旱胁迫有所响应的树木的胸径、树高、冠幅的描述统计

	最小值	最大值	均值	标准偏差
树高 (m)	0.47	19.70	5.0451	3.04008
胸径 (m)	0.03	0.53	0.1422	0.08757
冠幅 (m)	0.97	14.40	3.8235	2.30630

表2 对干旱胁迫有所响应的树种所占比例的统计分析

树种	生长型	叶片类型	频率 (%)	有效百分比 (%)	树种	生长型	叶片类型	频率 (%)	有效百分比 (%)
桂花	常绿树种	革质	22	12.2	红豆杉	常绿树种	革质	2	1.1
秃瓣杜英	常绿树种	纸质	17	9.4	黑松	常绿树种	革质	2	1.1
山茶	常绿树种	革质	16	8.9	红翅槭	常绿树种	革质	2	1.1
樟树	常绿树种	革质	14	7.8	红枫	落叶树种	纸质	2	1.1
广玉兰	常绿树种	革质	13	7.2	红花檵木	常绿树种	革质	2	1.1
鸡爪槭	落叶树种	纸质	12	6.7	水杉	落叶树种	纸质	2	1.1
罗汉松	常绿树种	革质	9	5.0	日本五针松	常绿树种	革质	2	1.1
海棠	落叶树种	革质	9	5.0	深山含笑	常绿树种	革质	2	1.1
池杉	落叶树种	革质	8	4.4	枇杷	常绿树种	革质	2	1.1
乐昌含笑	常绿树种	革质	7	3.9	桃树	落叶树种	纸质	2	1.1
樱花	落叶树种	纸质	6	3.3	二乔玉兰	落叶树种	纸质	2	1.1
马尾松	常绿树种	革质	5	2.8	银杏	落叶树种	革质	1	0.6
女贞	常绿树种	革质	5	2.8	腊梅	落叶树种	纸质	1	0.6
榉树	落叶树种	纸质	4	2.2	紫叶李	落叶树种	纸质	1	0.6
紫薇	落叶树种	纸质	3	1.7	红叶石楠	常绿树种	革质	1	0.6
含笑	常绿树种	革质	3	1.7	石楠	常绿树种	革质	1	0.6

依据图4统计表明, (1) 胸径在0.03 ~ 0.53 m区间, 均值为0.14 m, 75%受旱害树种的胸径均低于0.18 m, 说明受旱害树种的胸径较为集中且偏小; (2) 受旱害树种树高在0.9 ~ 19.7 m区间, 均值为5.2 m, 75%受旱害树种的树高均低于7.2 m, 说明在受旱害植物中, 植物高度主要集中在较低尺度上; (3) 冠幅在0.97 ~ 14.40 m区间, 均值为3.82 m, 75%受旱害树种的冠幅均低于4.68 m。综合受旱害植物的胸径、树高、冠幅三个指标所反映的集中程度可知, 胸径、树高、冠幅整体偏小是受旱害的主要特征。同时分析表明, 受旱害树种的胸径大小分布较为集中, 其次为冠幅, 树高的高度分布较为分散。

具备深根系是树木能够吸收利用深层土壤水的先决条件^[13], 少量新栽植的树木大面积枯死, 这些树木根系小, 不能很牢固地抓地, 根系不够深, 会不同程度受到外界环境影响。如若树木生长地土壤条件不好, 透水率不高也有可能影响到树

木对于水分的汲取。因所处位置不同而导致的对干旱胁迫的响应不明显或无干旱胁迫的响应, 说明树木对于干旱胁迫的影响不仅仅只关乎在树木的冠幅、胸径以及树高, 还关乎于其他影响因素, 比如树木所在的位置是否有高大建筑物遮挡阳光, 是否临近水体, 树木自身的属性等因素共同决定。

2.2 不同植被种类对干旱胁迫的响应

2.2.1 城市绿化树木受损与树木属性的关系

通过调查及统计(表2), 调查中呈现旱害状态的树种主要有32种, 常绿树种19种(占比59.4%), 落叶树种13种(占比40.6%)。呈现旱害状态的180株树木中, 常绿树129株(占总受损株数的71.7%), 落叶树51株(占总受损株数的28.3%)。对干旱胁迫有所响应的排在前10的树种里, 有7种为常绿树种, 3种为落叶树种。本次调研中, 南昌市城市绿化的不同树种对于



5. 桂花旱害状况

干旱胁迫响应较为明显的树种多数为常绿树种，常绿树种呈现旱害状态的总株数远高于落叶树种。

城市绿化中常绿树种受干旱胁迫比落叶树种严重。落叶树种在面对干旱胁迫时，植被的叶片会通过卷曲叶片、提前脱落等途径一定程度上减少叶片受到辐射的面积，进而减少太阳辐射对其的影响，减少了植被的蒸腾作用，可以帮助植被保存能量和水分。在城市绿地植被的选择中，需要注意常绿树种与落叶树种的比例，选取抗旱性强的树种，减少干旱胁迫对城市绿地植被的危害，避免造成后续的一系列损失。

2.2.2 城市绿化树木受损与树种之间的关系

在调查的180个样本中（表2），阔叶树种26种（占总受损株数的81.25%），针叶树种6种（占总受损株数的18.75%）。叶片革质树种21种（占比65.6%），叶片纸质树种11种（占比34.4%）。

调查地点位于亚热带季风气候区，适合阔叶树种的生长，而阔叶树种中大多为革质叶。在调查的32种对干旱胁迫有所响应的植物中：(1) 蔷薇科植物占总体的21.87%，分别为海棠、

紫叶李、枇杷、桃树、红叶石楠、石楠。虽然江西省的气候和地理条件为蔷薇科植物适宜生长区域，但蔷薇科植物多数喜排水良好的湿润土壤，可以耐受一定程度的干旱，而在长期干旱胁迫下还是会出现一些响应；(2) 木兰科植物占总体的15.62%，分别为乐昌含笑、广玉兰、含笑、深山含笑、二乔玉兰。木兰科植物喜湿润气候，是一种极具观赏价值的园林绿化树种。在调查中，南昌多数城市绿地都有设计配置木兰科植物，但在干旱胁迫中，部分木兰科植物出现了叶片干枯、落叶以及整株死亡的情况；(3) 桂花（图5）、秃瓣杜英、山茶对干旱胁迫作出响应占比前三，分别达到12.2%、9.4%、8.9%；(4) 在调查的灌木中，不同城市绿地都发现杜鹃的成片死亡，杜鹃适宜生长在湿润、凉爽、通风的环境而且较为怕热，嫩叶容易被灼伤，严重时会导致植株死亡。杜鹃的生长习性不够耐旱，尤其在没有遮挡的空旷处更容易呈现不健康状态。

从本次调查结果看，147棵树木的叶片呈现干枯、卷曲、脱水的轻度状态，33棵树木呈现枝条干枯、叶片凋落的重度状态。在干旱地区或易发生干旱胁迫的地区，更适宜种植落叶树种，若种植常绿树种，应适当考虑搭配针叶树种。

2.3 干旱条件下空间环境对树木的影响

空间环境对树木的影响有三个方面：(1) 不同植物所处的空间位置使树木对干旱胁迫的响应不同。狭小受限的空间环境，树木的生长相对会受到影响。比如，在调查中，各类绿地边缘角落的植被都有不同程度的旱害；(2) 适宜植物生长的含水量，应是土壤田间持水量的60%~80%。土壤中水分的多少与所处空间环境、土壤密实状况以及地面是否有铺装等有关^[14]。干旱条件下靠近地表水的植被呈现不健康状态的明显比远离地表水的植被数量要少，距离地表水近的植被因所处空间环境，一定程度上缓解了干旱胁迫对于植被的影响。种植硬质材料如树池中的植被，根系生长有所限制，植被根系很难吸收到深层地下水，导致供水不足，植被呈现不健康状态。调查团队在艾溪湖森林湿地公园调查时，一片池杉林之中对干旱胁迫响应最为严重的是栽植位置处于中间的树木，西部靠近地表水的树木对干旱胁迫的响应较小，东部紧挨路面，有绿化喷洒车进行树木浇灌，一定程度上减缓了树木受干旱胁迫的影响；(3) 相较于林地，城市绿地更容易受到人为因素的影响^[15]。在调查的各类公园中，多数城市绿地一定程度上都有植被对干旱胁迫有所响应。如人民公园会定时对园内树木进行

维护灌溉，而出现不健康状态的植被只有在公园的少数边缘角落，可见人为因素对于城市绿地的影响很大。持续高温和蒸发现量的上升使城市绿化植被出现严重的提早落叶、树叶干枯，甚至整株死亡。

3 结论

通过对江西省南昌市不同树种对于干旱胁迫的响应研究，对树种名称、科属记录，以及对胸径、树高、冠幅等的测量，运用SPSS定量分析了不同树种的形态特征对干旱胁迫的响应。

(1) 南昌市年内降水时空分布不均，干旱胁迫时有发生，部分树木受干旱胁迫的影响呈现旱害状态。极端气候条件下，干旱胁迫对树木会产生严重损害，损害程度与树种和空间环境等相关。要合理配置不同树种，控制落叶与常绿树种比例、针叶与阔叶树种比例，选择合适的空间位置，在工作量较大的情况下，应优先养护常绿树种以及抗干旱能力较弱的落叶树种。对于新栽种的植被，要加以维护，避免因移栽后根系生长不良而导致的死亡，从而造成一定的经济损失。在旱灾频发区域，选择树种时，要选择适合当地气候的节水树种。

(2) 在树种对于干旱胁迫响应的调查中，受到干旱胁迫的影响占比较高的为树木冠幅较小和树高较低的树木。在干旱胁迫发生时，应对小冠幅和低矮树木及时养护。常绿树种受损程度明显高于落叶树种，所以在远离地表水或无法做到定时浇灌区域，考虑搭配种植落叶树种。在种植常绿树种时，应适当增加针叶树种比例，降低干旱胁迫对城市绿地的影响，减少干旱胁迫导致的损失。对于部分生性喜湿润或不耐干旱植物，应重点关注。对于桂花、秃瓣杜英、山茶、樟树、广玉兰、鸡爪槭之类对干旱胁迫响应较为明显的树种，应重点加以灌溉。同时应重视城市绿地植被的种植设计，不仅要考虑美观性，还应兼顾生态性、经济性等各种因素，合理协调自然环境与城市之间的关系。

(3) 调查过程中，不同空间位置的植物或多或少出现了一些旱害症状，且有些情况较为严重，在干旱的气候条件下，应及时加以人工干预，进行浇灌，避免因大面积死亡影响整体绿地景观。城市绿地受人工干预的影响较大，定时定期浇灌和细致管护的城市绿地可以较好避免植被在干旱气候条件下出现旱害状态；有浇灌的道路两侧，植被较少受干旱影响。

(4) 干旱胁迫具有偶发性，在干旱情况下，应及时加强对植被的浇灌工作，避免城市绿地遭受干旱胁迫。在干旱胁迫

发生后，对于抗旱性能较弱的园林树种要及时发现，及早采取养护措施。

(5) 积极利用科技力量，减少干旱对植被的影响。如城市绿地设计之初，就应考虑喷灌系统的设置、雨水储存回用系统设施的建设，以减少后期人工的投入；注意协调绿色与灰色基础设施的建设，如对园林道路铺装设计时，多使用透水砖以削减地表径流，补充地下水，增加对水资源的有效利用，缓解干旱对于植被的影响。▲

参考文献

- [1] 田韫钰,周伟奇,钱雨果,郑重,潘雪莲.台风“山竹”对深圳城市绿地及生物量的影响[J].生态学报,2020(08): 1-10.
- [2] 高飞,车少臣,王建红.城市园林绿化次生灾害预警分析与危机管理体系的探讨——对2009年底和2010年初北京大雪冰冻天气的思考[J].北京园林,2010, 26(01): 50-53.
- [3] 刘青,刘苑秋,古新仁.不同生境行道树香樟生长特性及其对冰雪灾害的响应研究[J].中国园林,2020, 36(02): 112-117.
- [4] 吴雪仪,陈红跃,黄永芳,潘澜,曾凤,谢腾芳,程冰冰.干旱胁迫对6种园林灌木光合生理特性的影响[J/OL].江苏农业科学: 1-6[2020-01-13].
- [5] 赵建华.新世纪城市绿化若干问题的探讨[J].中国园林,2002(01): 65-67.
- [6] 倪黎,沈守云,黄培森.园林绿化对降低城市热岛效应的作用[J].中南林业科技大学学报,2007(02): 36-43.
- [7] 李延明,徐佳,张济和,古润泽,朱虹.城市绿化对北京城市热岛效应的缓解作用[J].北京园林,2002(04): 12-16.
- [8] 顾至欣,张青萍.国外历史园林复建研究系统综述[J].中国园林,2019, 35(09): 140-144.
- [9] 省气候中心.江西省气候中心发布2019年度十大天气气候事件及后期气候趋势预测[EB/OL]. http://jx.cma.gov.cn/zwxx/tqdt/202001/t20200120_1395172.html, 2020-1-20.
- [10] 天气网.南昌降水较常年偏少8成以上安义新建等地旱情严重[EB/OL]. <https://www.tianqi.com/news/257540.html>, 2019-10-15.
- [11] 白淑英,王莉,史建桥.长江流域NDVI对气候变化响应的时滞效应[J].中国农业气象,2012, 33(04): 579-586.
- [12] 刘琴,孙辉,何道文.干旱和高温对植物胁迫效应的研究进展[J].西华师范大学学报(自然科学版),2005(04): 364-368.
- [13] Brum Mauro, Teodoro Grazielle Sales, Abrahão Anna, etc. Coordination of Rooting Depth and Leaf Hydraulic Traits Defines Drought-related Strategies in the Campos Rupestres, a Tropical Montane Biodiversity Hotspot[J]. Plant Soil, 2017, 420(1-2): 467-480.
- [14] 韩继红,李传省,黄秋萍.城市土壤对园林植物生长的影响及其改善措施[J].中国园林,2003(07): 74-76.