

中国科学技术大学国家级实验教学示范中心

中国科大一鹳落坪国家级自然保护区联合共建生物多样性野外实习基地

本科生《生态学野外实习》“线上+居家” 实习报告集

(2018 级)

指导教师：沈显生 罗建川

中国科学技术大学生命科学学院印制
实习时间：2020年6月28日—7月25日

目 录

中国科大 2020 年夏季学期生态学“线上+居家”实习计划	1
合肥市高新区夏季不同下垫面对气温影响的初步观测	2
略阳县八渡河城区河道水体富营养化对浮游生物影响	12
聊城市紫薇花的昆虫传粉生物学现象的初步观察	21
游憩践踏对郑州市文博森林公园植被的影响研究	27
上饶市夏季地面辐射对高粱和咖啡黄葵体温影响的初步观测	35
云南省大理市地理因子对玉米生长影响的探究	43
新疆和田地区洛浦县农田防护林对玉米长势的影响	48
乌鲁木齐市大滨菊的昆虫传粉生物学现象的初步观察	55

中国科大 2020 年夏季学期生态学“线上+居家”实习计划

因受疫情影响，2020 年生态学野外实习改为“线上+居家”工作模式，现有 10 位同学报名参加，每个人选定一个小课题，在教师指导下独立完成。工作计划见下表。

时间	工作内容	教师指导形式
第 1 阶段 6.28-7.2	①6.28 上午 8:00-9:00 在 ClassIn 基础生态学课堂， 实习动员会，实习安全注意事项； ②介绍实习计划与要求； ③9:00-11:30 教师与学生逐一讨论实习题目和方案 设计。然后学生做文献和野外作业的准备工作。	视频教学 微信电话 生命学院蜗壳课堂
第 2 阶段 7.3-7.8	①7.3-7.8 为野外调查和数据采集时间。 ②请大家做好个人安全防护工作 ③野外工作需要延期的，请与老师联系	微信电话 随时联系
第 3 阶段 7.9-7.11	①标本鉴定和数据处理 ②遇到问题随时联系老师 ③自己下载软件处理数据，制作图表，实验结果上传 蜗壳课堂中的个人文件夹	微信电话 随时联系
第 4 阶段 7.12-7.16	①论文撰写，草稿存放蜗壳课堂中的个人文件夹。 ②浏览生命学院实验教学中心网站野外实习基地的示 范论文，以及《实习教程》的第 7 章。 ③注意论文的格式与细节部分	微信电话或邮件 随时联系
第 5 阶段 7.17-7.19	①提交论文 第一稿 ②教师审阅论文，及时返回信息	师生使用科大邮箱 联系，微信电话
第 6 阶段 7.20-7.22	①提交 第二稿 论文 ②教师审阅和修改论文，及时返回论文	师生使用科大邮箱 联系，微信电话
第 7 阶段 7.24-7.25	学生提交论文 终稿 。 实习工作结束，教师评定成绩，装订论文。	师生使用科大邮箱 联系，微信电话

合肥市高新区夏季不同下垫面对气温影响的初步观测

潘华钰

(中国科学技术大学生命科学学院, 合肥 230026)

摘要: 城市化进程带来的城市热岛效应正越来越严重地影响城市可持续发展与生态宜居性。研究表明, 空气温度和地表温度因土地利用类型和下垫面性质不同而存在显著差异, 尤其是大型绿地与湿地的出现对城市局部气温起着极大的调节作用。故本研究以合肥市高新区蜀西湖公园北侧作为实验场地, 初步观测: (1) 不同下垫面空旷处一定高度的气温; (2) 相应条件下的树干附近气温; (3) 树木的南北面光照与温度差异及其影响的生长状态, 从而定性分析下垫面种类不同导致的气温差异, 以及距地高度、植被是否存在、树木阴阳面带来的气温变化特征。实验所得主要结论如下: (1) 下垫面的表面类型显著影响气温, 在较高温时彼此差异更明显, 空气温度总体呈草坪>水泥路面(≈城区)>水面的趋势; (2) 不同下垫面的近地面气温随距地高度的升高均呈递减趋势, 但递减的气温变化规律也受下垫面类型影响, 等高梯度下的气温降幅: 草坪>水泥路面>水面; (3) 植被覆盖对不同下垫面的辅助降温作用: 草坪>水泥路面>水面, 尤其是让草坪的气象学气温从明显高于城区气象学气温降到了与之基本相等的水平, 但未对水面下垫面的气温起到明显的降低作用; (4) 树木南北面气温遵循“南高北低”的特征, 且这种差异带来了沿南北向的生长差异: 偏冠、年轮宽度差异等。结论表明, 在城市中合理分布柏油路面、草木绿化与水域的面积与密度, 对降低城区温度、提高生态宜居性非常重要; 对树木的生长指标分析或许会对此类研究提供新思路。

关键词: 地面辐射; 小气候; 空气温度; 城市绿地; 城市生态

中图分类号: P463.3 **文献标识码:** A

Preliminary Observation on the Effect of Temperature on Different Undersurface in Hefei High-tech Zone in Summer

Pan Huayu

(School of Life Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

Abstract: The urban heat island effect brought by the urbanization process is seriously affecting the sustainable development and ecological livability of cities. The research shows that air temperature and surface temperature are significantly different due to different land use types and underlying surface properties, especially the appearance of large green space and wetland plays a great role in regulating local air temperature in cities. Therefore, this study took the north side of Shuxihu Park in high-tech Zone of Hefei city as the experimental site, and preliminarily observed: (1) Air temperature at certain height in different open space of underlying surface; (2) The temperature near the trunk under the corresponding conditions; (3) The difference of illumination and temperature between the north and south sides of trees and the growth status affected by them so as to qualitatively analyze the temperature difference caused by different types of underlying surfaces, as well as the temperature change characteristics caused by the height from the ground, the existence of vegetation, and the Yin and Yang of trees. The main conclusions of the experiment are as follows: (1) The surface type of the underlying surface has a significant influence on the air temperature, and the difference between them is more obvious when the temperature is relatively high. The air temperature is generally in the trend of > cement pavement (≈ urban area) > water surface. (2) The air temperature near the ground surface of different underlying surfaces showed a decreasing trend with the increase of the height from the ground, but the decreasing air temperature variation rule was also affected by the type of underlying surfaces. (3) Vegetation cover had an auxiliary cooling effect on different underlying surfaces: lawn > cement pavement > water surface, in particular, made the meteorological temperature of lawn drop from significantly higher than that of urban meteorological temperature to basically the same level, but did not significantly reduce the temperature of underlying surface. (4) The north-south air temperature of trees follows the characteristic of "higher in the south and lower in the north", and the difference leads to the growth differences along the north-south direction, such as the difference in crown width and ring width. The conclusion shows that the reasonable distribution of asphalt pavement, vegetation and water area and density is very important to reduce urban temperature and improve ecological livability. Analysis of tree growth indicators may shed new light on such research.

Keywords: Ground radiation; Microclimate; Air temperature; Urban green land; Urban ecology

1 引言

1.1 研究背景

1.1.1 城市“热岛效应”与近地面大气的受热过程

近年来伴随着城市化与工业化的飞速发展，城市面积急剧扩张，柏油马路与城区建筑物面积不断增加，导致近地面大气的热温收支平衡重新建立，形成了城市特有的“热岛效应”。不良室外热环境对城区人民生活质量的影响越来越大，而城市化的进程固然不可逆转，若不及时采取有效行动，长此以往必将导致城市本已恶劣的热环境愈发加剧。所以越来越多的研究者通过分析大气热环境的影响因素，以达到降低城区气温、提高城市热舒适性、保障城市化可持续发展的目的。

太阳辐射是大气升温的根本能源。地面受热后以长波辐射的形式向大气传递能量，成为近地面大气的主要与直接热源，即实现“太阳照大地，大地暖大气”的过程。根据斯特藩—玻尔兹曼定律，一个黑体表面单位面积在单位时间内辐射出的总能量与黑体本身的热力学温度的四次方成正比。尽管地面物质不是绝对黑体，但仍可以将温度高低作为衡量地面辐射大小的指标。所以我们可以通过测量地表与近地面空气的温度来探究地面辐射的影响因素，从而针对性地采取有效措施来缓解城市“热岛效应”。

1.1.2 下垫面的换热性质与距地高度对大气温度的影响

影响大气温度的因素很多，但就城市内部而言，空气温度和地表温度因土地利用类型和下垫面性质不同而存在显著差异，尤其是大型绿地与湿地的出现对城市局部气温起着极大的调节作用。

下垫面换热是集太阳辐射吸收、乔木树冠遮阳、含水表面蒸发冷却、空气对流传热和大气长波辐射的耦合换热过程^[1]，其物质类型、布局特征、铺面比例等都将影响换热性质，进而影响近地气层小范围内的气候特征，生态学上定义为“局地气候”或“微气候”——二者之间并不存在严格的界限，因此通常将下垫面不均一性所产生的气候特点统称为小气候（水平范围约为 $10\sim 10^4$ 米，垂直范围约为 $10^{-2}\sim 10^3$ 米（吉野正敏，1989）），尤其是城市中“马赛克”式的下垫面结构更是引起了多种小气候的形成。

表 1 的影响因子中，下垫面的物质类型通常是最直观、最易控制的因素。例如北京林业大学研究组以北京奥林匹克森林公园为例研究了不同下垫面组成对公园局地微气候的影响，发现林地、水体等自然下垫面组成比率越高，建筑、路面等不透水下垫面组成比率越低，公园的降温效应越明显^[3]。研究不同下垫面的小气候影响，可以帮助人们对城市建筑与马路、绿化与水域的面积和密度分布进行更合理的规划，从而促进城市工业生产与生态宜居的相辅相成关系。

表 1 影响城市小气候的下垫面因子^[2]

Tab. 1 The land cover variables of urban microclimate

因子	标志项目
(a)表面类型	
土壤	类型、结构、颜色、空气和水分含量、导热率
水	表面面积、深度
植被	类型、高度、覆盖率、季节变化
建筑区	各种下垫面（混凝土、沥青、金属等）的颜色、导热率、热源等
(b)表面特征	
几何形状	平坦、凸出、凹下等
曝光情况	受大、小地形遮蔽的情况，受建筑物、树木遮阴的情况等
布局	建筑区的分布及其不同形式和平均高度，街道和建筑的方位，公园、花园及其它开放空间的密度与分布
反射率	下垫面类型

观测小气候时我们也需注意大尺度气候的影响。在大气候为阴雨风暴等较恶劣天气时，小气候通常不明显甚至不存在；而在晴朗无风的气候条件下，小气候现象十分明显。故在研究下垫面对局部气候的影响时，常选择太阳辐射强且无风的天气时段。

同时，地面辐射的强度会随着距地高度的增加而衰减，导致近地面空气的温度随之降低。在 2020 年 6 月 17 日天津日最高气温达 37℃ 时，有实验组测量表明路面温度竟高达 70℃；而一只狗头部的环境温度约为 50℃，十岁左右孩子头部的环境温度就降至约 35℃，成人头部的环境温度只有 31℃ 左右。由于不同下垫面的换热性质差异，这种随高度递减的大气温度变化规律也必然不尽相同，影响人们的体表感受。

1.1.3 南北方位温差对树木生长的影响

由于中国是北半球国家，故树木朝南一面受到的阳光照射与地面辐射都较北面更强，从而其生长会呈现关于南北方位的特征性状，如生活中极易观察到的偏冠现象，即叶冠生长偏向南方；且茎干南面的形成层原始细胞分裂较迅速，径向生长快，年轮更宽。故观测树木南北方向的温度差异，可以帮助作为生态学学习者的我们更直观地理解辐射、气温等生态因子对生物生长发育的重要意义。

1.2 研究目的与意义

本研究针对合肥市高新区这一具有明显的独特气候特征的城区，在天气状况较好的时段，主要观测：（1）不同下垫面空旷处一定高度的气温；（2）相应条件下的树干附近气温；（3）树木的南北面光照与温度差异及其影响的生长状态，从而定性分析下垫面种类不同导致的气温差异，以及距地高度、植被是否存在、树木阴阳面带来的气温变化特征。重点在于评估水泥路面、草坪、水面三种不同下垫面对城市小气候的影响，尝试探究城市建设与绿化中适宜的建筑区、树木草坪与水域分布规划。

2 研究条件概况与实验方法

2.1 研究区域与样地特征

本研究区域为位于合肥市高新区的蜀西湖公园，总面积 2116 亩，水面面积 600 亩，其余大部分土地被草坪与乔、灌木林所覆盖，故下垫面种类众多，适合开展下垫面的气温影响观测。

合肥地处中纬度地带之南，位处江淮之间，属亚热带湿润性季风气候，夏季高温且雨量集中，7 月平均气温约 28℃，六月中旬至七月中旬为显著的梅雨时节。高新技术开发区位于合肥市西侧，西临肥西县，南临紫蓬山国家公园，东有合肥市地标景点蜀山森林公园与董铺水库；区内以高新科技为主导产业，绿化面积大，无旧工业重污染源。故高新区气温较合肥主城区内气温更低，生态条件更优良。实验地区位于蜀西湖公园北侧，经纬度大致为 E117°12′，N31°84′。

2.2 实验内容

本实验选择三种不同的下垫面：水泥路面（行道树）、草坪和水面（堤岸乔木），以 0cm（地面）-175cm（成人头顶高度）为高度区间、35cm 为梯度，测量日辐射最强时间段各下垫面树干南北向附近气温。同时，在研究区域内选取同样下垫面的空旷处设置等高对照点，以同样的仪器和方法测量空气温度。

选取如上三种下垫面是因为这些类型具有突出代表性，但囿于实验者自身能力与实验分析器材缺乏，并未对表 1 中其它下垫面因子做定量测量与控制，故实验所得仅为定性结论。设定 35cm 高度梯度，是结合实验期间合肥天气状况、经预实验而确定的温度变幅较合适的梯度。以南北方向测量是考察树木向背光面受辐射差异及影响。实验主要仪器为希玛 ST6817 手持式工业温湿度计，在一日中太阳辐射最强的 9:30-15:30 时间段内，选取树冠遮阴程度、树干色泽与粗糙程度尽量相当的树木，在通风性较好、避免阳光直射的条件下测量。实验数据使用 Origin 等软件进行分析处理。

实验尽量选择在晴朗无风的天气里实行，但由于实验期间合肥处梅雨时节，阴雨天气多、气候状态时常变化、没有完全晴朗的天气，故只能在 2020 年 7 月 9 日-14 日选取了多云天气下太阳辐射相对较强的时间段进行观测，记录统计了城区气温（特指气象学上在高度 1.5m、通风、无阳光直射的环境下测量）约 29.5℃（记为较低温条件）和 31.5℃（记为较高温条件）两组条件下的实验数据，重复测量 3~4 次、排除极端数据后取平均值。

3 数据处理与结果分析

3.1 下垫面类型对气温的影响

选取水泥路面、草坪和水面三种不同的下垫面，以 0-175cm（前后含）为高度区间、35cm

为梯度，测量统计了较低温和较高温两组条件下各下垫面的空旷处气温，整理为折线图如下（图 3-1、3-2）。

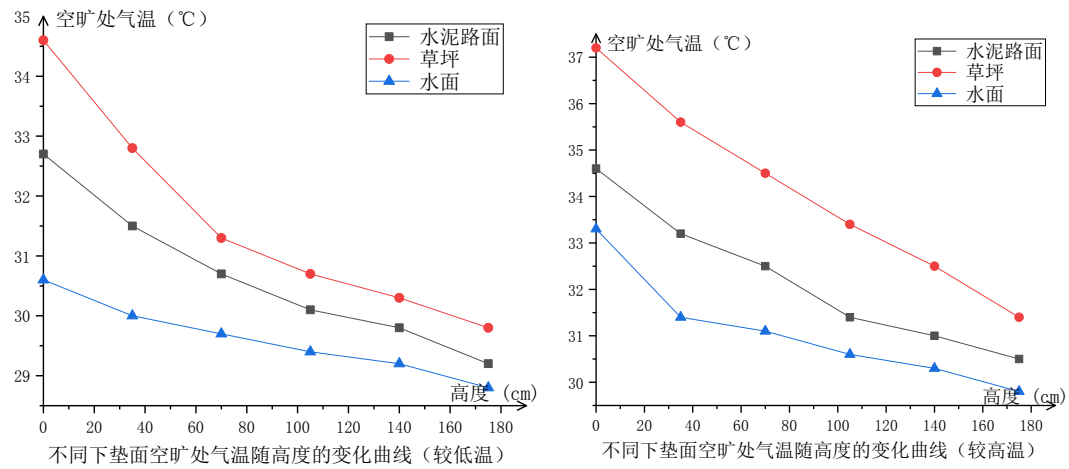


图 3-1 3-2 两组温度下不同下垫面的空旷处气温随高度变化曲线

Fig. 3-1, 3-2 Temperature change with height in the open space of different underlying surfaces in two groups of temperatures

各下垫面条件下空旷处气温随距地面高度增加呈递减趋势，且气温变化速度大体都随高度升高而减缓（图 3-1、3-2）。在城区的气象学气温约 29.5℃（较低温）和 32.0℃（较高温）下，三种下垫面的空旷处各高度的气温都呈草坪>水泥路面>水面，且在较高温下差异更明显。两种温度条件下，空旷草坪的气象学气温甚至高于城区气象学气温，水泥路下垫面的与之几乎持平，水面下垫面则起到了较明显的降温作用。

数据重新整理为箱线图如下：

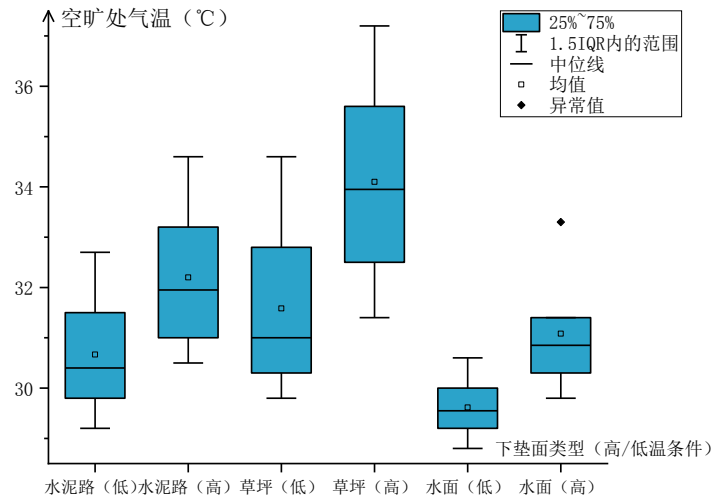


图 3-3 不同下垫面高、低温条件下空旷处气温箱线图

Fig. 3-3 Boxplot of air temperature of different underlying surfaces in open space under high and low temperature conditions

随距地高度的增加，各下垫面的气温的降低程度存在显著差异（图 3-3）。虽然由图 3-1、3-2 可知，草坪下垫面各高度下的气温都比相同条件下的水泥路更高；但由箱线图分析得：草坪下垫面随高度升高的气温降低程度比水泥路面更大，尤其在较高温条件下，其气温

下降更显著。而当水面作为下垫面时，随距地高度增加其气温变化虽然不明显，但小环境内气温始终保持在明显更低的水平。

3.2 树木南北面气温差异及植被存在对气温的影响

在三种下垫面环境下，以 0-175cm（前后舍）为高度区间、35cm 为梯度，测量统计了两组温度条件下各下垫面树木南北面气温，整理为折线图如下：

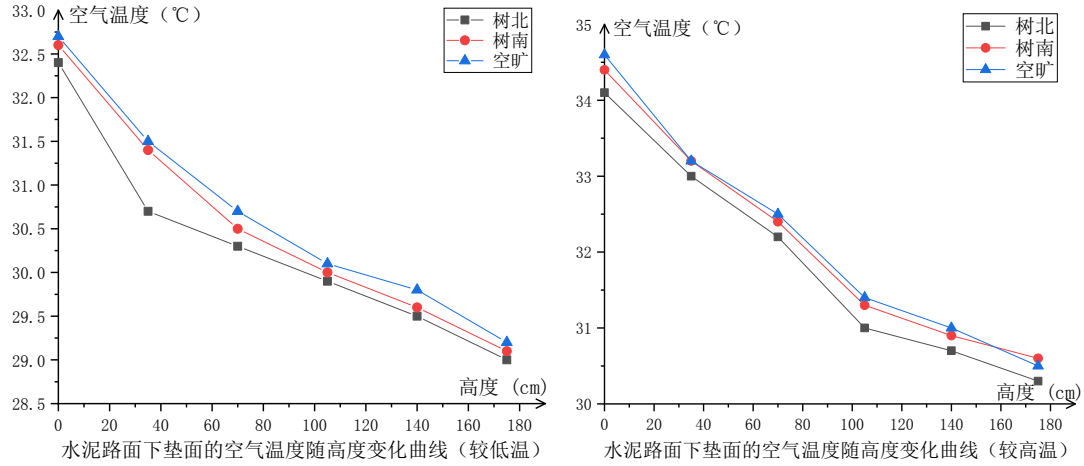


图 3-4 3-5 两组温度下水泥路面下垫面的气温随高度变化曲线

Fig. 3-4, 3-5 Temperature change with height of cement pavement underlying surface under two groups of temperatures

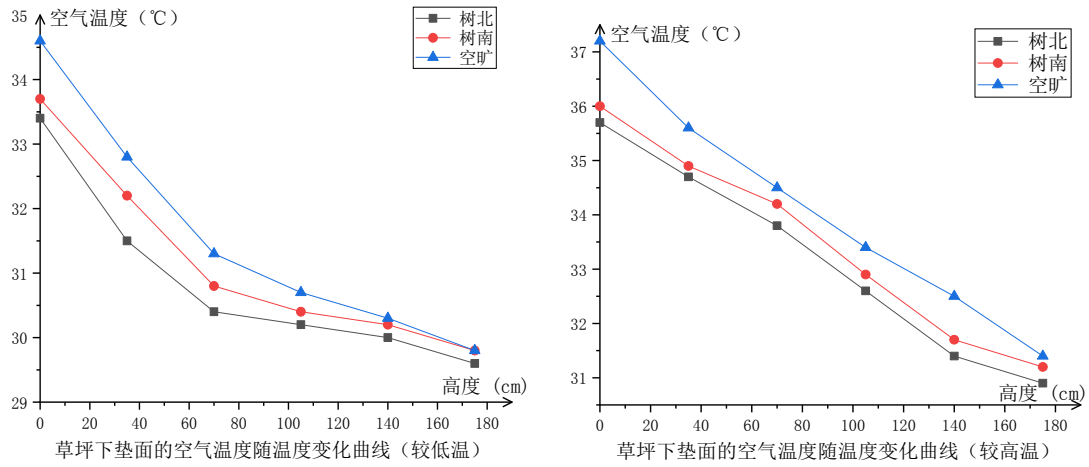


图 3-6 3-7 两组温度下草坪下垫面的气温随高度变化曲线

Figure 3-6, 3-7 Temperature change with height of the lawn underlying surface under two groups of temperatures

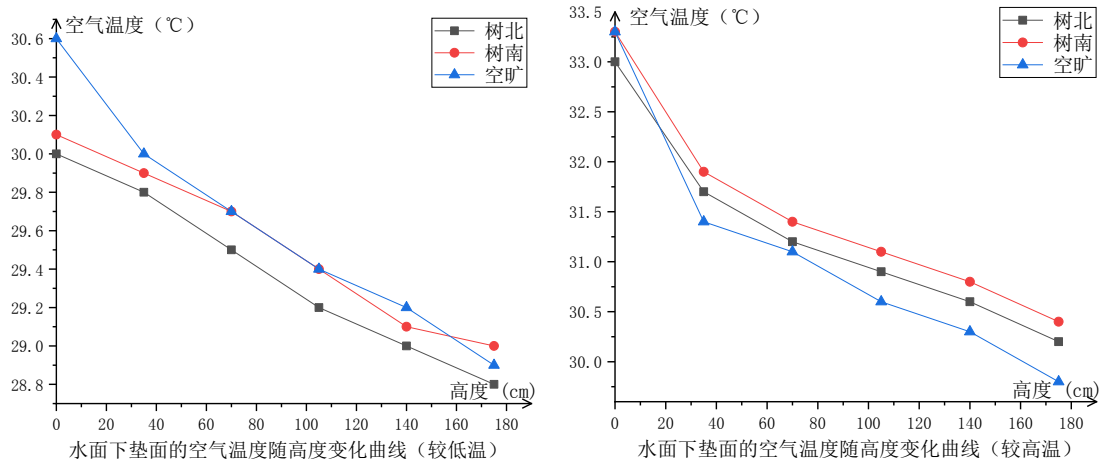


图 3-8 3-9 两组温度下水面下垫面的气温随高度变化曲线

Fig. 3-8, 3-9 Temperature change with height of water underlying surface under two groups of temperatures

本实验三种下垫面条件下，树木南北面气温均遵循“南高北低”的特征，温差普遍浮动于 $[0.2, 0.5]^{\circ}\text{C}$ 区间内，且与距地高度、下垫面类型间未呈现明显相关性（Pearson 系数分析如下，系数范围普遍浮动于 $(0.4, 0.6)$ 区间内，说明无强相关性，且两种温度条件下同种下垫面的高度与温差间相关系数差异较大，关系不明确）。

	0	0.2	0.3	0.1	-0.548675948	0	0.1	0.3	0.3	0.487950036	
	35	0.7	0.7	0.1	-0.59802631	35	0.1	0.2	0.2	0.169030851	
	70	0.2	0.4	0.2	0.487950036	70	0.2	0.4	0.2	-0.654653671	
	105	0.1	0.2	0.2		105	0.2	0.3	0.2		
	140	0.1	0.2	0.1		140	0.1	0.3	0.2		
	175	0.1	0.2	0.2		175	0.2	0.3	0.2		
较低温条 件	高 度	温 差 1	温 差 2	温 差 3	Pearson 相 关系 数	较高温条 件	高 度	温 差 1	温 差 2	温 差 3	Pearson 相 关系 数

以水泥路面和草坪作为下垫面时，树木附近气温均低于空旷处气温，其中以草坪作下垫面时尤甚，说明树木遮阴明显降低了草坪地上气温；与城区的气象学气温比较，植被覆盖使草坪下垫面的气象学气温从明显偏高降到了基本相等的水平。

水面作为下垫面时，空旷处气温在较低温条件下与树木南面气温大致相当，在较高温条件下却明显低于树木北面气温，说明水面本身就具有良好的换热性质，植被覆盖对其降温效应的增强性并不显著。

3.3 实验结论与讨论

3.3.1 实验结论与原因分析

通过对三种下垫面在夏季对空气温度影响的观测与探究，本实验得出如下结论：

(1) 下垫面的表面类型显著影响气温，在较高温时差异更明显，空气温度总体呈草坪>水泥路面（≈城区）>水面的趋势；

(2) 随距地高度的升高，不同下垫面的近地面气温均呈递减趋势，但这种变化规律也受下垫面类型影响：等高梯度下，气温降幅遵循草坪>水泥路面>水面的规律；

(3) 植被覆盖降低了草坪与水泥路面相应条件下的气温,尤其是让草坪的气象学气温从明显高于城区气象学气温降到了与之基本相等的水平,但对水面下垫面的气温并未起到明显的降低作用;

(4) 树木南北面气温遵循“南高北低”的特征,树木因此表现出沿南北向的生长差异,如偏冠现象、年轮宽度差异等。

以上规律为合理布局柏油路面、草木绿化与水域的面积与密度提供了一定启发:在市中心等绿化面积有限的区域,绿化重心应偏向林地绿化而非草坪绿化,并合理规划不同下垫面的面积与间隔密度,从而改善城市小气候、提高热舒适性与宜居性;树木的生长指标分析或许会对此类研究提供新思路。

在实验选取的两组环境温度下,草坪几乎不表现出降温效应,甚至高于与城区气温相近的水泥路面气温,不能起降温作用。Cohan 等人 2012 年通过对以色列不同公园的微气候环境进行调查也发现相似的结果,夏季白天时草坪与城市空旷处的气温相近^[4];2014 年北京林业大学晏海就北京奥林匹克公园的实验也得出结论:草坪在白天的降温效应不明显,午后有些样地草坪的气温甚至比公园外城市环境的气温更高^[2]。这主要是因为大面积空旷的草坪缺乏植被遮阴,在太阳辐射下温度上升迅速。而树木附近则明显存在气温降低的趋势,一方面是增强了植物的蒸腾作用,更重要的则是提供了避免草坪面受阳光直射的庇荫。这说明空旷草坪未必对小环境气温有较好的降温效应,辅助植被种植才能更有效地发挥此生态效益。

水泥路面构造紧密、导热快,太阳辐射下的空旷路面吸热能力强,理应拥有更高的地面温度与近地面气温;但由于实验期间时常起风、太阳辐射也并不非常强烈,所以水泥路面还未上升至一定温度就很快散热,其散热性显然比覆草的草坪更好,由此导致气温较低的反常现象。从图表来看,行道树一定程度上改善了水泥路面附近的气温舒适度,但究竟行道树对城市热舒适度的调节效益如何,其树高、冠幅、冠层密度等生物因子与空气温度、湿度等微气候因子又有怎样的相关关系,需要更完善的实验研究。例如哈尔滨工业大学李国杰在其硕士研究中选取哈尔滨市四条典型步行街为实验地,探讨步行街行道树树种与种植方式对热舒适度的影响,旨在为中国寒冷地区步行街道的行道树的优选提供定性与定量的依据^[5],获得了较详尽的实验结论。

水具有比热容大的性质,所以水域的气温变化较地面更小,二者的温度差异导致在白天太阳辐射强时,明显存在陆地与水域间近地面空气的热传递,并形成自水域吹向岸边的风(机理类似于海陆风);同时水域的空气湿度较大,故水域小环境气温极显著地低于各其他环境,植被覆盖并未对其降温效应起到明显的增强作用,甚至在气温较高时还存在反作用。笔者猜测是因为植被阻挡了水岸间的空气流通,减缓了二者间近地面空气的热传递。

观察气温随距地高度升高而变化的折线图,近地面气温大致是随高度梯度而减速降低的,在地表到 35cm 高度间存在较明显的突变。但要想对这种变化关系作精确的定量分析,则需要测温精度高、及时性强的仪器,个人实验难以达到这种标准。在物理学上理想条件下,辐

射强度与距离成平方反比关系，但实际情况中受太阳辐射强度、大气湿度、风力与风向等过多因素干扰，追求极准确的定量关系在生态学上也并无太大必要。

3.3.2 误差分析

实验期间合肥地区处梅雨季节，阴雨天气多、太阳辐射弱，且时常刮风、气候不稳定，这为本次实验的开展带来了很大困难；原先设计在晴朗无风的相近几日中 11:00-15:00（前后舍）、以 1 小时为时间梯度的实验计划完全无法实现，经多次不理想实验后，只能选取城区气温（特指气象学上：在高度 1.5m、通风、无阳光直射的环境下测量）约 29.5℃（记为较低温条件）和 31.5℃（记为较高温条件）两组条件进行观测记录。弱太阳辐射与较低的气温使得某些气象学现象难以观测或无法显现，甚至会得到与夏季强日照、高温的实验条件下相悖的结论，例如出现了水泥路面温度与近地面气温都偏低的反常现象，难以对此进行定量解释。

仪器的精确度与及时性也同样影响数据准确性，尤其是在天气状况本就不够稳定的实验情况下，更容易放大误差影响。本实验采用的测温仪器为希玛 ST6817 手持式工业温湿度计，精度在 0.1℃，变换气温条件后需要约 1 分钟来稳定示数，在日常工业与家居测量中已经足够，但在科研实验中可能还缺乏精确性。

本实验探究下垫面类型对气温的影响时，难以控制表 1 所示的其它下垫面因子完全相同；在探究树木南北面气温差异时，也难以保证实验树木的树冠遮阴程度、树干色泽与粗糙程度完全一致；且本实验并没有对这些无关变量的影响进行探究，不知道它们对气温的干扰程度如何。树底 25cm 半径内基本是裸土环境，与本实验探究的三种下垫面环境并不一致，可能尤其为距地较近的实验点的气温测量带来误差。

4 应用与展望

本实验可有效说明，在城市中合理分布柏油路面、草木绿化与水域的面积与密度，对降低城区温度、提高生态宜居性来说是很有必要的。

水面或湿地下垫面是城市中极有效的降温增湿配置，但如何设置以及合理布局不同大小及形状的水域景观值得进一步探讨。岳文泽等对上海市中心城区水域景观的热效应研究指出，面状水域景观的热环境效应要强于线状河流景观，面状水域景观对热环境影响随着与热岛中心距离的增加而明显降低，线状河流景观的宽度与流经区域共同决定了其对城市热环境的影响力^[6]。这是否意味着在城市热岛中心规划面状水域能有效缓解气温压力，或许合肥政务区天鹅湖的降温效益可以作为很好的研究切点。

草坪固然有透水增湿的作用，但大面积空旷草坪的分布未必能起到有效的降温效果，需要在草坪上合理密植树木以增强庇荫、提高降温效益与体表舒适度。中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙坡头沙漠试验研究站和河南农业大学环境系联合开展的关于郑州市热岛效应与人体舒适度的研究中也指出，以乔木绿化为主的公园舒适程度最好（63%的时间是舒适的），而以草坪绿化为主的公园改善小气候的能力较乔木为差^[7]。所以在实施公园绿化，

尤其是在城市中心热岛效应显著且绿化面积极为有限的区域,应考虑以乔木绿化而非草坪绿化为重心,从而事半功倍地达到增强热舒适性的目的;切勿采取大面积铺展草坪而极少种植树木的绿化方式,否则就本实验显示的结论而言还可能引起反作用。

目前大部分城市与建筑区路面都是采用不透水材料,一旦太阳辐射强烈则极易引起近地面气温的快速升高。安徽省基础测绘信息中心、安徽省智慧城市与地理国情监测重点实验室对合肥市区与六安市金安区的地表温度与下垫面关系进行了定量分析,并得出结论:对于中小城市而言,在城市发展的进程中,若能保持区域内植被覆盖面积高占比,即使不透水面的面积占比有所增加、人类活动区域加大,也不一定会导致城市热岛现象的加剧^[8]。故城市规划中应结合植被面积与密度对城区生态因子的影响,在建筑区合理增加植被覆盖度、设计不同下垫面的间隔密度——这还有待进一步的实验与探究。

树木南北面光照与气温差异导致树木具有了一定的生长发育性质,如产生偏冠现象和年轮宽度的差异,归根结底是树木对气候规律的响应。故可以通过观测某地区树木的一些生长指标来间接分析当地气候变化及影响因子,对生态可持续发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 廖小琴. 室外热环境分析中下垫面等效太阳辐射吸收系数的研究[D]. 华南理工大学. 2013, 1.
- [2] 晏海. 城市公园绿地小气候环境效应及其影响因子研究[D]. 北京林业大学. 2014, (12):8,38-40.
- [3] 晏海,王雪,董丽. 华北树木群落夏季微气候特征及其对人体舒适度的影响[J]. 北京林业大学学报. 2012, (5):57-63.
- [4] Cohen P Potchter O, Matzarakis A. Daily and seasonal climatic conditins of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact om human comfort[J]. Building and Environment, 2012, 51: 285-295.
- [5] 李国杰. 基于热舒适度的哈尔滨步行街行道树优选研究[D]. 哈尔滨工业大学. 2016, 39-73.
- [6] 岳文泽,徐丽华. 城市典型水域景观的热环境效应[J]. 生态学报. 2013, (6):1852-1859.
- [7] 郑敬刚,张景光,李有. 郑州市热岛效应研究与人体舒适度评价[J]. 应用生态学报. 2005, (10):1838-1842.
- [8] 魏雪梅,马卫春,孔丽. 中小城市地表温度变化与下垫面关系[J]. 遥感信息 2019, 34(3): 115-119

致谢: 本文承蒙中国科学技术大学生命科学学院沈显生教授指导, 特此谢忱。

略阳县八渡河城区河道水体富营养化对浮游生物影响

刘天润

(中国科学技术大学生命科学学院, 安徽 合肥 230026)

摘要: 为了解略阳县八渡河城区河道水体富营养化状况及其中浮游生物的状况, 于 2020 年 7 月对该段河道水体水质、浮游生物进行了调查。结果表明, 该段河道水体自上而下污染呈不断加重趋势, 浮游生物密度不断增大。统计共得到各类植物 5 门 29 种, 其中部分河段的优势种为集星藻(*Actinastrum hantzschii*)与镰形纤维藻(*Ankistrodesmus falcatus*), 各类动物 13 种。采用 Pearson 相关性检验以及指数拟合对所测理化指标进行处理, 并就统计得到的生物学结果进行定性分析, 结果表明: pH、c(Cl⁻)和浊度均与水体中浮游植物密度近似呈线性正相关, TP 与水体中浮游植物密度近似呈指数相关; 河道水体自上而下生物多样性不断减少。最后就该段河道水体富营养化的成因进行了分析并提出了相关建议: 清理沿河的小排污口, 减少夏季枯水期的河道蓄水时间等。

关键词: 略阳县八渡河城区河道水体; 浮游植物; 浮游动物; 富营养化

中图分类号: Q145+.2,X826 **文献标识码:** A

Research on the Influence of Eutrophication on Aquatic Plankton in Badu River District, LiaoYang County

LIU Tianrun

(School of Life Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei Anhui 230026)

Abstract: In order to understand the eutrophication status of watercourse water bodies and the status of aquatic plankton in Badu River district, Lueyang County, the water quality and plankton in this section of watercourse were investigated in July 2020. The results show that the pollution from top to bottom of the channel is increasing and the density of plankton is increasing. According to statistics, a total of 29 species of 5 phyla were obtained, among which the dominant species in some reaches were *Actinastrum hantzschii* and *Ankistrodesmus falcatus*, and 13 species of animals. Pearson correlation test and nonlinear fitting were used to treat the measured physical and chemical indexes, and the statistical biological results were qualitatively analyzed. Finally, the causes of eutrophication in this section of river were analyzed and relevant suggestions were put forward.

Key words: The Badu River in the urban area of Lueyang County; Phytoplankton; Zooplankton; eutrophication

八渡河是嘉陵江上游左岸主要的支流之一, 发源于紫柏山西延部分的南侧, 于沿途汇集数条支流后, 于略阳县城附近注入嘉陵江。由于该流域植被好, 水土流失轻微, 故八渡河水除大汛期, 常年水质清澈, 被略阳县列为县城生活用水水源地。近年来, 为了加强县城城区河道防洪能力, 对城区河段进行了整治并修建了数道河闸, 不仅提高了城区河道防洪能力, 在夏季枯水期蓄水后还兼具一定的景观功能^[1]。

然而近年来, 夏季枯水期(约为每年的 6、7 月)时的城区河道蓄水段水体却极易富营养化并有大量浮游生物爆发性增殖, 水体发臭, 严重影响该河段的美观与两侧居民的生活质量。本研究旨在通过对城区河道不同地点的水样进行理化分析与生物学研究, 尝试探究八渡河城区河道水体富营养化的原因, 并就解决这一问题提供一些建议。

1 材料与amp;方法

1.1 采样点设置

城区河道在经过河堤修缮和蓄水后，实际上可供选择的采样点变得十分有限，基本只能从河闸的维修通道接近河面进行采样。综合考虑采样需求与实际条件限制，选择以下三个采样点：

1号：位于发电厂排污口上游约100米处的冲砂闸，常年蓄水，水深约2-3米，此处尚未进入城区，其上游约300米和1000米处有两个较大的移民安置点。

2号：位于城区第一道河闸，在发电厂排污口下游约200米处，水深约3米，此处位于城区河道的上端。

3号：位于城区第二道河闸，水深约3米，此处位于城区河道的中心。

于7.7, 7.8, 7.9及7.20, 7.21, 7.22依次对上述三个采样点进行采样，每次每点取三个平行样。

1.2 样品采集与处理

样品采集方法和分析鉴定根据《湖泊富营养化调查规范》^[2]考虑到实际条件限制，水样的理化指标选测以下五个：pH、浊度、TP（总磷）、Cl⁻和PO₄³⁻。pH的测量使用酸度计，方法参考GB 6904.1-86《锅炉用水和冷却水分析方法》；浊度的测量使用分光光度计，方法参考GB 12151-89《锅炉用水和冷却水分析方法》；TP的测量使用分光光度计、定性滤纸和电炉，方法参考GB 6913.3-86《锅炉用水和冷却水分析方法》；Cl⁻的测量使用滴定管，方法参考GB 6905.1-86《锅炉用水和冷却水分析方法》；PO₄³⁻的测量使用分光光度计，方法参考GB 6913.4-93《锅炉用水和冷却水分析方法》。

对浮游生物使用显微镜和浮游生物计数板进行显微计数及分类处理。浮游动植物种类的鉴定参照相关文献^[3-4]。

2 实验数据及其处理分析

2.1 采样点环境数据与水样原始数据

表1 采样点温度

Table 1 Temperature of sampling point

样点编号	取样点温度℃		
1-1	23.0	23.2	23.1
1-2	24.5	24.9	25.0
1-3	26.5	26.8	27.0
2-1	23.5	23.0	23.2
2-2	23.0	22.9	22.8
2-3	21.8	22.0	21.7

表 2 采样时间及室外情况

Table 2 Sampling time and outdoor conditions

样点编号	采样时间	天气及气温℃
1-1	7.7 10:30	多云 25
1-2	7.8 9:40	多云 21
1-3	7.9 9:30	阴 21
2-1	7.20 10:30	多云 28
2-2	7.21 13:30	小雨 20
2-3	7.22 9:40	阴 21

表 3 第一轮采样水样理化数据

Table 3 Physical and chemical data of water samples in the first round

样点编号	pH	浊度 (FTU)	Cl ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (ug/L)	TP (ug/L)
1-1	7.86	2.3	6.25	0.53	0.8
	7.91	2.2	6.25	0.55	
	7.98	2.8	6.25	0.84	
1-2	8.41	2.68	6.75	0.57	1.3
	8.38	3.32	8.25	0.53	
	8.31	2.85	7.75	0.59	
1-3	8.81	1.47	22.5	0.51	2.1
	8.87	1.81	22.0	0.47	1.6
	8.90	1.75	23.25	0.48	1.5

表 4 第二轮采样水样理化数据

Table 4 Physical and chemical data of water samples in the second round

样点编号	pH	浊度 (FTU)	Cl ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (ug/L)	TP (ug/L)
2-1	8.14	2.18	6.25	0.78	2.39
	8.16	2.25	6.25	0.75	2.56
	8.16	2.63	6.25	0.795	2.75
2-2	8.15	1.86	5.5	0.57	2.26
	8.17	1.86	5.5	0.57	2.23
	8.18	1.86	5.6	0.58	2.28
2-3	8.13	2.15	6.75	0.71	2.38
	8.09	2.03	7.5	0.73	2.38
	8.12	2.16	7.5	0.73	2.42

表 5 水样浮游生物密度

Table 5 Plankton density of water samples

样点编号	浮游植物密度 (cell/L)	浮游动物密度 (个/L)
1-1	$<10^4$	$<10^3$
1-2	2.11×10^5	$2 \times 10^3 \sim 3 \times 10^3$
1-3	1.83×10^6	$1.5 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^4$
2-1	6.62×10^5	$2 \times 10^3 \sim 3 \times 10^3$
2-2	9.11×10^5	$4 \times 10^3 \sim 8 \times 10^3$
2-3	9.64×10^5	$2 \times 10^3 \sim 4 \times 10^3$

共统计识别得到浮游植物 29 种，其中硅藻门 11 种，集中分布于 1 号采样点，少见于 2、3 号采样点；绿藻门 7 种，1 号采样点几乎不可见，集中分布在 3 号采样点，其中水绵仅见于 3 号采样点；蓝藻门 7 种，仅见于 2、3 号采样点；金藻门 2 种；黄藻门 1 种。

浮游动物 13 种，由于浮游动物移动较快，在显微镜下观察及获取清晰的图像较为困难，仅识别出 2 种，其余只能根据其运动方式与大致外形判别为不同物种。部分样品照片见图版 I 和图版 II。

2.2 实验数据处理

根据富营养化评价标准^[5]，由所得的 TP 值判断，所取水样几乎均为贫营养。

表 6 富营养化评价标准

Table 6 Eutrophication assessment criteria

评价标准	Chla (mg/m ³)	TP (mg/m ³)	TN (mg/m ³)	COD (mg/L)	SD (m)
贫营养	1	2.5	30	0.3	10
贫中营养	2	5	50	0.4	5
中营养	4	25	300	2	1.5
中富营养	10	50	500	4	1
富营养	65	200	2000	10	0.4
重富营养	160	600	6000	25	0.3

但根据另一份文献中所示标准，由藻类细胞密度来判断，又并非如此^[6]。

表 7 营养状态分级标准

Table 7 Nutritional status classification standard

评价标准	总细胞密度 (*10 ⁴ cell/L)	Chla (mg/m ³)	H'	e	I
贫营养化	<50	<1	>3	>0.5	>0.5
中营养化	50~500	1~5	2~3	0.3~0.5	0.5~0.7
中至富营养化	500~1000	5~10	1~2	0.2~0.3	0.7~0.85
富营养化	>1000	>10	<1	<0.2	>0.85

因此仅由一项指标来进行判断是有失偏颇的，在参考相关文献后^[7]，下面将利用软件

originpro 2018C(教育版)64-bit 计算各个理化指标与浮游植物密度间的相关性 (P 值), 再做出讨论。所用数据均已取平均值, 1-1 浮游植物密度按 10^4 计。由于 TP 包含 PO_4^{3-} , 故不再对 $\text{c}(\text{PO}_4^{3-})$ 与浮游植物密度间的相关性进行计算。浮游动物密度波动过大, 也不进行定量分析。

Pearson相关性		浮游植物密度	pH	浊度	Cl-	TP
"浮游植物密度"	Pearson 相关	1	0.76781	-0.84024	0.79266	0.47795
	p值	--	0.07461	0.03624	0.06003	0.33767
"pH"	Pearson 相关	0.76781	1	-0.38722	0.91279	0.03362
	p值	0.07461	--	0.4482	0.01108	0.94959
"浊度"	Pearson 相关	-0.84024	-0.38722	1	-0.53937	-0.4267
	p值	0.03624	0.4482	--	0.26941	0.39879
"Cl-"	Pearson 相关	0.79266	0.91279	-0.53937	1	-0.09425
	p值	0.06003	0.01108	0.26941	--	0.85905
"TP"	Pearson 相关	0.47795	0.03362	-0.4267	-0.09425	1
	p值	0.33767	0.94959	0.39879	0.85905	--

使用了双尾显著检验

图 1 浮游植物密度、pH、浊度、Cl-和 TP 间的 Person 相关性检验

Fig. 1 Person correlation test among phytoplankton density, pH, turbidity, Cl- and TP

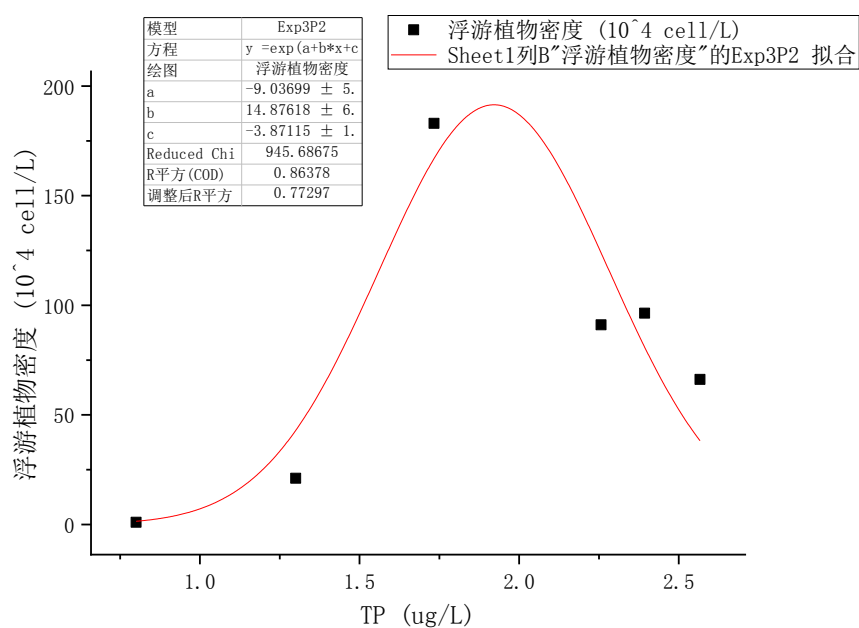


图 2 浮游植物密度与 TP 间的指数拟合

Fig. 2 The exponent fitting between phytoplankton density and TP

3 结果与讨论

3.1 水样理化指标统计结果分析与讨论

当 P 值 <0.05 时, 即可认为两者间有显著的线性关联, 而当 P 值远大于 0.05 时则认为两者没有明显的关联性; Pearson 相关系数则决定了这种线性相关性的强弱, 其绝对值越接近

1, 则证明相关性越好。

由图 12 可知, 浮游植物密度与 pH, 浊度, c(Cl⁻)间存在着较为显著的线性相关性, 其中与 pH, c(Cl⁻)呈正相关, 与浊度呈负相关; 浮游植物密度与 TP 间的线性相关性不显著, 浮游植物密度与 TP 间呈正相关, 虽然二者间线性相关性不显著, 但是进行指数拟合(图 13)后, 仍然可以发现两者之间有相当强的相关性。因此可以认为, 上述 4 个因子均与水体中浮游植物密度存在显著关系, 即 pH 越大, c(Cl⁻)和浊度越高, 水体中浮游植物密度越大; 在一定范围内, 浮游植物密度与 TP 呈正相关, 超过一定限度后则呈负相关。

对于浮游植物密度与 TP 间的关系的计算结果, 推测是由于第 1 轮和第 2 轮取样间的天气情况所致。由第 1 轮取样的结果可知, 二者之间为显著的正相关, 而第 2 轮取样的结果则显现出轻微的负相关。在第 1 轮取样前经历了长达一周的晴天, 光照充足, 浮游植物生长速度主要受水体中的各类元素含量限制; 而在两轮取样之间, 有几场较大规模的降雨, 并长期保持阴雨不断, 来自上游和沿河排放的磷元素虽然在水体中不断积累, 但在缺乏阳光的情况下, 浮游植物生长主要受光照限制, 速度缓慢, 所以才产生了这样的结果。

3.2 水样生物学统计结果分析与讨论

先讨论第 1 轮采样的结果, 在第 1 轮采样中, 1 号采样点的主要物种为各类硅藻与少量蓝藻门藻类, 几乎不见绿藻门物种, 无明显优势物种; 3 号采样点主要物种为各类绿藻门与蓝藻门藻类, 优势物种为绿藻门的集星藻 (*Actinastrum hantzschii*) 与镰形纤维藻 (*Ankistrodesmus falcatus*); 2 号采样点的物种介于两者之间, 无明显优势物种。浮游动物方面, 无论是密度还是物种数量, 均与采样点的前后呈正相关。

在正式采样之前的试取样中, 曾经测过水样中的硅元素浓度, 结果是 3 个采样点的硅元素浓度均十分高(均高于 500ug/L), 这为各类硅藻的繁殖提供了良好的环境条件, 因此污染较少的 1 号采样点的水样中能统计到 10 多种硅藻。而这些硅藻在 3 号采样点的水样中却几乎绝迹, 推测是由于水体的富营养化, 使得蓝藻门和绿藻门藻类大量增殖, 并产生了优势物种, 挤占了硅藻的生存空间与营养。随着自上而下水体中藻类密度的不断增大, 能够供养的浮游动物的数量也不断增多, 因此在水样中能够观察到浮游动物越来越多的现象。

上述采样结果表明, 城区河道的水污染自上而下呈逐步加重的趋势, 在 3 号采样点已经出现了优势物种, 这显然是不利于水体生物多样性的保持与水中生态环境的稳定的。

接着讨论第 2 轮采样的结果, 由于已经讨论过的天气原因, 限制水体中藻类增长的主要因素为光照而非各类元素浓度, 且在这期间水体中各类元素不断积累, 因此取样结果中, 虽然自上而下藻类密度仍然呈增大趋势, 但是差别远不如第一轮采样的结果显著。

三个采样点的藻类密度都相当高, 同时各类元素浓度也较高。可以发现光照不佳虽然能限制藻类的增长, 但是在河闸仍然蓄水的情况下, 这并不能明显改善水体的污染状况。在水体中各类元素浓度都较高的情况下, 一旦放晴, 水体中的藻类很有可能又要迎来一轮爆发性

增殖。

3.3 富营养化成因分析与建议

导致八渡河城区河段水体富营养化的原因是多方面的。一方面是由于上游和两侧的居民区以及工厂不断的向河水中排放污水，造成水体中各类元素浓度过高，为藻类的大量增殖提供了营养条件；另一方面，则是由于出于防洪目的而修建的城区河道的河闸在夏季枯水期的长期蓄水，八渡河枯水期流量很低^[8]，河闸的长期蓄水变相的把“活水”变为“死水”，大大延长了水体更新的时间，同时也为各类元素在水体中的积累提供了时间条件，严重削弱了河流的自净能力；同时夏季阳光强烈，温度较高，也有利于藻类的大量增殖。

建议清理沿河的各类小排污口，将生活污水与工业污水集中处理后再排放；同时在夏季枯水期减少河闸蓄水时间，或不进行蓄水，等至汛期之前再进行蓄水；也可以尝试改善城区河道水体的生物多样性，在夏季提前投放喜食藻类的生物来抑制藻类的大量增长。

参考文献

- [1] 陈科勇.略阳县中小河流治理工程建设管理[J].城市建设理论研究（电子版）,2014,(23):2552-2553.
- [2] 金相灿,屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京：中国环境科学出版社,1990,21-32.
- [3] 翁建中,徐恒省.中国常见淡水藻类图谱[M]. 上海：上海科学技术出版社,2010.
- [4] 沈嘉瑞.中国动物志-节肢动物门甲壳纲：淡水桡足类[M]. 北京：科学出版社,1979.
- [5] 舒金华.我国湖泊富营养化程度评价方法的探讨[J]. 环境污染与防治,1990,12(5),2-7.
- [6] 王朝晖,韩博平,胡韧,等.广东省典型水库浮游植物群落特征与富营养化研究[J].生态学杂志,2005,24(4):402-405,409.
- [7] 刘晓蕙,柳楨,庄东刚,等.郑州市某地表水源藻类与环境因子回归分析[J].中国公共卫生,2006,22(1):58-60. DOI:10.3321/j.issn:1001-0580.2006.01.027.
- [8] 陕西省水利厅城乡供水建设管理处. 加强水源地保护 保障城镇供水安全[N]. 2015.

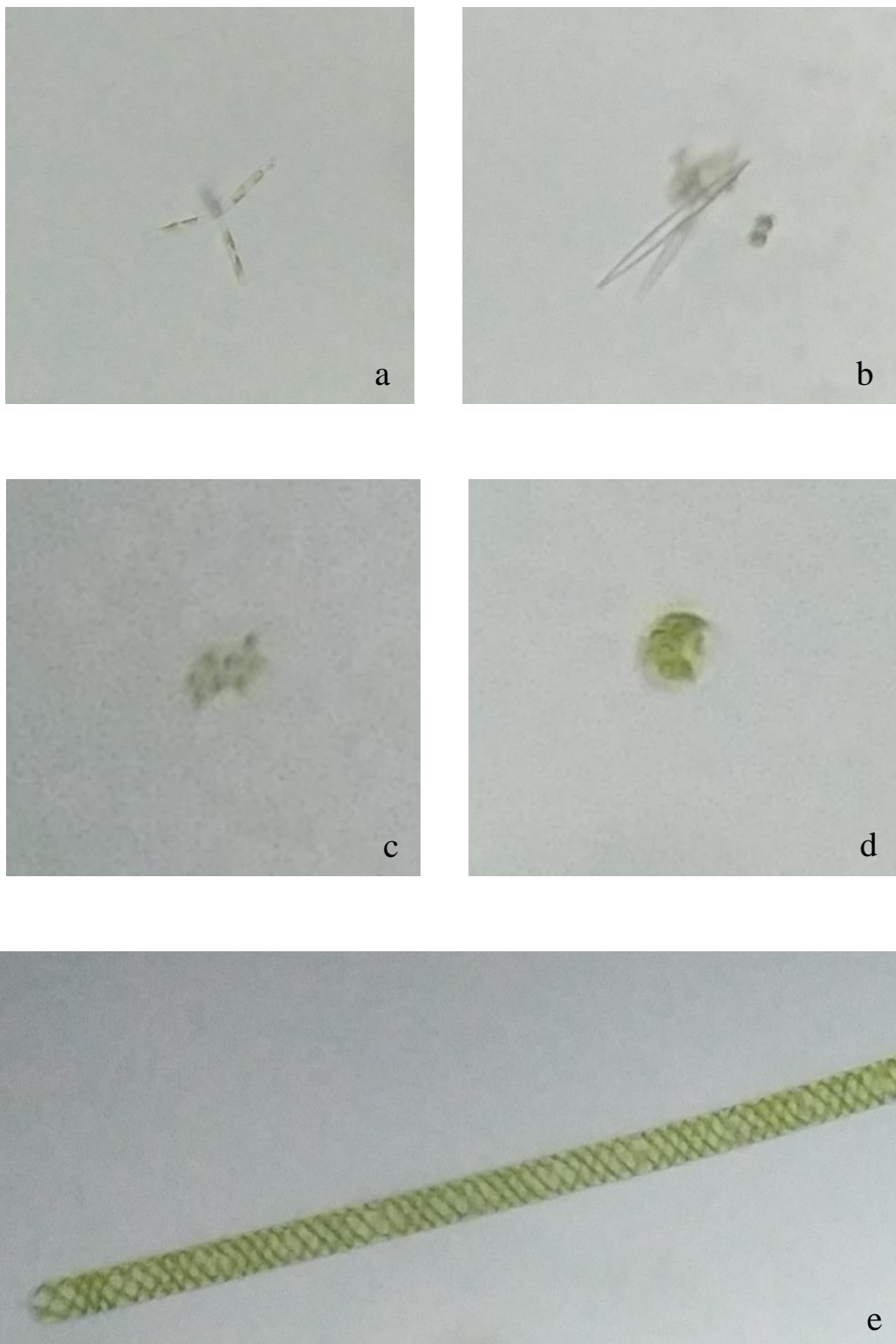
致谢： 本文承蒙中国科学技术大学生命科学学院沈显生教授和罗建川老师指导并提出修改意见，同时有关理化数据测量感谢略阳县发电厂水处理处陈宏莉的大力协助，特此谢忱。

图版 I 刘天润. 略阳县八渡河城区河道水体富营养化对浮游生物影响



图版 I 说明: a. 硅藻门舟形藻属(*Navicula*); b. 硅藻门桥弯藻属(*Cymbella*); c. 硅藻门异极藻属(*Gomphonema*); d. 硅藻门直链藻属(*Melosira*); e. 蓝藻门隐球藻属(*Aphanocapsa*); f. 绿藻门集星藻属集星藻(*Actinastrum hantzschii*)。

图版 II 刘天润. 略阳县八渡河城区河道水体富营养化对浮游生物影响



图版 II 说明：a. 绿藻门集星藻属集星藻(*Actinastrum hantzschii*)；b. 绿藻门纤维藻属镰形纤维藻(*Ankistrodesmus falcatus*)；c. 绿藻门盘藻属(*Gonium*)；d. 绿藻门小球藻属(*Chlorella*)；e. 绿藻门水绵属(*Spirogyra*)。

聊城市紫薇花的昆虫传粉生物学现象的初步观察

付思琪

(中国科学技术大学生命科学学院, 合肥 230026)

摘要: 本文以野外紫薇花的昆虫传粉生物学现象为研究对象,选择马路旁的紫薇花进行为期3天(8:00-17:00)的定点观察,期间对访问紫薇花的昆虫种类、行为及其访花频率进行统计、分析。研究结果表明,膜翅目、双翅目、鳞翅目和鞘翅目为主要的访花昆虫。此外,还观察紫薇花的结构、单花开放过程以及花柱的运动:紫薇花呈淡紫色,花萼绿色,先端6浅裂,花瓣6枚,雄蕊42-6长36短,雌蕊1;单花开三天凋谢;其花柱运动包括花柱上举型和花柱下垂型两种。此次观察为紫薇花的繁育及植物学研究尤其是观赏方面起到一定的作用。

关键词: 紫薇花; 传粉生物学; 访花昆虫; 花部结构; 花柱运动

中图分类号: S685.99

文献标识码: A

Preliminary Observation on Insect Pollination Biology of Crapemyrtle Flower in Liaocheng

Siqi Fu

(School of life sciences, Univ. of Sci. and Tech. Of China, Hefei, China,230026)

Abstract: In this paper, the insect pollination biology of Crape myrtle flower was observed for the first time in the field. The roadside crape myrtle flowers were selected for a 3-day (8:00-17:00) fixed-point observation, during which the insect species, behavior and frequency of visiting crape myrtle flowers were statistically analyzed. Hymenoptera diptera Lepidoptera Coleoptera are the main visiting insects. In addition, the structure of crape myrtle flower, the opening process of single flower and the movement of style were also observed. This observation played a certain role in the breeding and botanical research of crape myrtle flowers, especially in ornamental research.

Key words: *Lagerstroemia indica* ; pollination biology; pollinators; flower structure; style movement

0 引言

传粉生物学是研究与传粉事件有关的各种生物学特性及其规律的一门学科,是研究植物生殖过程及其影响因素的主要关注点之一。传粉是有花植物进行有性繁殖的必经之路。花粉的运动在很大程度上限制了植物个体间的基因流和群体的交配方式。由于植物一般具有固着生长的习性,花粉从雄性结构传递到雌性结构表面就需要借助一定的载体,进而完成受精,所以传粉对于植物繁殖后代尤为重要^[1]。我国的传粉生物学研究起步较晚,虽然最近十几年,我国的传粉生物学有了较大进展,但是较西方发达国家还是有较大的差距。所以对于国内传粉生物学更深层次的研究有着迫切的需要和重要性。我国紫薇品种类型较为丰富,杂交已培育出20多个杂交品种^[2],但对于其传粉学的研究少之又少。紫薇花对于植物学研究尤其是观赏方面有着很大的实用价值,所以对紫薇花的传粉生物学进行探索,具有很重要的意义。

紫薇(*Lagerstroemia indica* L.)为千屈菜科(Lythraceae)紫薇属(*Lagerstroemia* L.)落叶灌木,别名痒痒花、紫金花、紫兰花等;高达70cm,枝干多扭曲,小枝纤细,具4棱,

略成翅状。叶互生或有时对生，顶端短尖或钝形，花紫色，花梗被毛，因花姿优美，花色艳丽，花期长，6-9月持续开放，故有“百日红”的美称，深受人们喜爱。分布华东、中南及西南各地，喜生于肥沃湿润的土壤上，耐旱^[3]。本文以聊城紫薇花的昆虫传粉生物学现象的初步观察作为探究课题，做出相关的采样观察与数据分析，并对访花昆虫种类做出一些简单总结。

1 实验地点

实验地点位于聊城市，南面临马路，北面临住宅区。聊城市处于温带季风气候区，具有显著的季节变化和季风气候特征，属半干旱大陆性气候，全年降水60%多集中在夏季，年平均降水量540.4毫米，植被广为分布的则是落叶阔叶林。

2 材料与方法

2020年7月4日至7月6日于聊城进行紫薇花的昆虫传粉生物学现象的初步观察工作。天气状况良好，以晴朗为主，温度23-32℃，观察对象为马路旁正值盛花期的紫薇花，观察时间为8:00-17:00，其中7月6日观察时间为04:00-11:30。观察期间对访花昆虫的种类以及其访问的频率进行统计、分析，并选取代表性昆虫进行拍照。同时，通过对3朵紫薇花解剖、前后对比，对花的结构，雌蕊和雄蕊的成熟时间以及柱头的运动展开研究。

3 结果与分析

3.1 访花昆虫的观察与统计结果

实验期间，共观察到10种昆虫访问实验区的紫薇花，分属于4目，主要为膜翅目，少许双翅目、鳞翅目和鞘翅目，见图1至图4。8:30-11:30是访花昆虫日访问高峰期，根据其访花的数量以及频率，将他们大致分类，“+”代表偶见，“++”代表常见。由于手机拍照的局限性，在此选取几个代表性访花昆虫展示。

3.1.1 膜翅目

熊蜂(++)出现时间：8:08、8:27、8:40、9:00、9:10、9:14、9:20、9:27、9:41、9:48、10:13、10:56、12:00、13:40、15:10，每次大约停留2分钟。围绕整株紫薇花依次采取花粉和花蜜，在每朵花上短暂停留后飞向临近花进行采取目标物。



图1 熊蜂 *Bombus*

膜翅目昆虫 2 (++) 出现时间: 9:00-10:30、14:15-15:30。采集时, 先钻进花朵内, 将腹部在雄蕊上来回擦拭或涂抹, 力求采取花粉, 以同样方式采取下一朵花, 采花的数量 3-4 朵。



图2 膜翅目 Hymenoptera

膜翅目昆虫 3 (++) 出现时间: 8:00-16:00, 其中 8:00-10:00 访花频率最高, 数量最多。采取花粉时, 身体卷曲, 由携粉足将花粉包裹并携带走进入下一朵花继续以同样的方式采取花粉。采花的数量在 3-4 朵。



图3 膜翅目 Hymenoptera

3.1.2 鳞翅目

鳞翅目昆虫(+)出现时间: 9:57、10:50, 每次出现停留 1 分钟。利用虹吸式口器吸食花蜜, 采花数量在 2-3 朵。



图 4 鳞翅目 Lepidoptera

表 1 紫薇花的访花昆虫及其访花时间表

Table 1 Pollinators and time of coming flower in *L. indica*

访花昆虫	昆虫种类	访花时间
1 号昆虫	膜翅目蜜蜂科熊蜂属	8:08、8:27、8:40、9:00、9:10、9:14、9:20、9:27、9:41、, 9:48、10:13、10:56、12:00、13:40、15:10, 每次大约停留 2 分钟
2 号昆虫	膜翅目	8:00-16:00, 其中 8:00-10:00 访花频率最高, 数量最多
3 号昆虫	膜翅目	9:00-10:30、 14:15-15:30
4 号昆虫	膜翅目	9:30-10:00
5 号昆虫	膜翅目	8:00-10:50, 下午偶有
6 号昆虫	鳞翅目	9:57、10:50 每次出现停留 1 分钟
7 号昆虫	双翅目	8:00-11:00 、 14:00-16:30
8 号昆虫	双翅目	8:00-9:30
9 号昆虫	双翅目	8:06、8:33、9:25、12:42、13:40、15:30
10 号昆虫	鞘翅目瓢虫科	12:34、12:38、14:48

3.2 紫薇花形态结构观察

3.2.1 紫薇花结构

紫薇花呈淡紫色, 花两性, 辐射对称, 组成顶生圆锥花序; 花梗在小苞片着生处具有关节, 中轴和花梗长有柔毛; 花萼绿色, 两面无毛, 先端 6 浅裂, 裂片呈卵形; 花瓣 6 枚, 瓣面近圆球, 呈皱褶状, 边缘有不规则的缺刻, 基部由花萼包被; 雄蕊 42, 生于萼筒基部, 在外围有 6 个长而弯曲的细丝状雄蕊, 花丝较长, 中间有 36 个短雄蕊, 其上的小花粉囊产生黄色花粉, 可吸引昆虫尤其是蜜蜂来采蜜以便进行传粉受精; 雌蕊 1, 位于雄蕊之间 (见图 5)。结果为蒴果椭圆球状, 幼时绿色, 成熟时成紫黑色, 室背开裂。

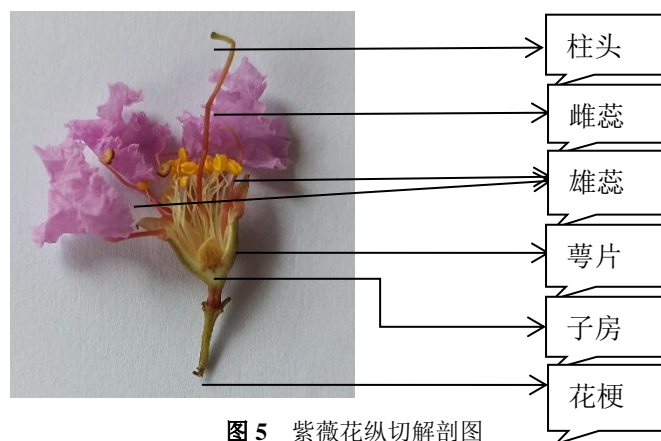


图5 紫薇花纵切解剖图

Fig.5 Vertical dissection diagram of *Lagerstroemia indica* L.

3.2.2 紫薇花单花开放过程

紫薇单花开放过程：萼片开裂，花瓣绽放，柱头伸出，花药开裂，柱头分泌粘液。清晨4:30 萼片开裂^[4]，5:00 萼片全裂开，5:30 花瓣开始张开，柱头外伸，慢慢雄蕊开始露出，6:30 花瓣完全绽放，雄蕊全部露出，7:00 花药开裂，柱头上分泌大量的粘液。1天后，柱头弯曲；2天后，花萼收拢、花丝蜷缩、花药变黑；3天后，花瓣逐渐衰落。

3.2.3 紫薇花柱的运动

花柱的卷曲性运动分为花柱上举型和花柱下垂型两种。花柱上举型是刚开花时柱头下垂，然后向上运动；花柱下垂型是刚开花时柱头位于花药之上，然后向下运动^[5]。花柱的卷曲运动发生在花柱的中部。紫薇花柱的上举运动：花刚开时花柱向下弯曲，慢慢的转向向上弯曲，结果使花柱的顶端与其靠近的雄蕊更加接近，以便于接受花粉，完成受精。紫薇花柱的下垂运动：在花柱刚露出时向上弯曲，一直到花瓣萎焉，花柱仍然向上弯曲。

4 讨论与结论

在长期的协同进化过程中，访花昆虫与显花植物之间在营养、物候等方面形成了密切的联系，有的已达到互为依存的程度^[6]。环境因素如光照、温度、风的强度、雨天都可以影响访花昆虫的数量以及频率，进而影响传粉效率。天气晴朗时，昆虫数量多，活动比较频繁，阴天则反之。此外，昆虫的访花数量及频率除了与光照、温度、风的强度、雨天等环境因素有关外，还可能与访花者自身的饥饿程度和生物学特性有关，具体的习性还需要进一步的研究。

由于手机采用的是数码变焦，宽容度低，不能进行高倍数的光学变焦，拍高速运动的物体就不清晰。近距离拍摄就会影响昆虫访问花，而远距离拍摄，变焦倍数增大，图片愈发模糊，做好照片真正的后期修改是不可能的，毕竟手机目前还不支持 raw 文件，手机摄像头配置和单反的也不可比拟，所以拍出的照片比较模糊，无法准确判断出访花昆虫属于哪科哪属哪种，只能判断到目，这也体现出手机拍照的局限性。

通过观察紫薇花的访花昆虫种类及其访花行为，发现不同种类昆虫的访花行为、停留时

间、飞行速度、访花频率、携粉量等都具有不同差异，因此他们的传粉效率也各不相同。根据野外观察，蜂类具有适用于取食花粉、花蜜的口器，和便于携带花粉的携粉足或者腹毛刷，其访花频率最高，携粉量也最多；对于具有虹吸式口器的蝶类，可能会将花粉携在头部。访花昆虫通常拜访好几朵花，所以当它们身体某个部位携有花粉，并且触碰到另一朵发育成熟的花并且可以授粉的柱头上时，便完成传粉工作。紫薇花柱的卷曲性运动通过将这种花柱互补式运动、花粉散布的时间差异以及传粉者的拜访频率巧妙地结合在一起，构成一个精巧的促进异交的行为机制^[7]。这种行为机制的研究将会对植物的遗传育种产生深远影响。

参考文献

- [1] 黄双全, 郭友好. 传粉生物学的研究进展 [D]. 科学通报, 2002, **45** (3) :225-234
- [2] 王瑞文. 紫薇开花生物学特性及杂交育种的初步研究 [D]. 华中农业大学, 2010
- [3] 贾文庆, 刘宇. 紫薇花粉生活力的测定 [J]. 山西农业科学, 2007, (1) :46-47
- [4] 陈彦, 周坚. 紫薇受粉习性 & 花粉管生长的研究 [J]. 聊城大学学报 (自然科学版), 2006, **19** (2) :53-54, 96
- [5] 孙杉, 操国兴, 罗燕江, 等. 花柱卷曲性的维持及功能性别特化 [J]. 植物生态学报, 2010, **34** (7) :827-838
- [6] 王伟. 小菊花部特征及花冠精油组分与访花昆虫的相关性 [D]. 南京农业大学, 2008
- [7] 张玲, 李庆军. 花柱卷曲性异交机制及其进化生态学意义 [J]. 植物生态学报, 2002, **26** (4) :385-390

致谢:本次承蒙中国科学技术大学生命学院沈显生老师和罗建川老师在野外观察注意事项、展开思路和物种鉴定方面给予的帮助和支持, 特此谢忱。

游憩践踏对郑州市文博森林公园植被的影响研究

林钰奇

(中国科学技术大学生命科学学院, 合肥 230026)

摘要: 对郑州市文博森林公园内植被的点状和线状游憩践踏干扰进行了分析。结果表明: 游憩践踏对植被覆盖度减少率、高度降低率、植物群落冲击指数有显著影响; 不同材质路面两旁植被受影响宽度不同; 不同区域植被受影响程度不同。

关键词: 游憩践踏; 植被损害; 郑州市; 森林公园

中图分类号: S718.43

文献标识码: A

Effects of Recreational Trampling on Vegetation of Wenbo Forest Park in Zhengzhou

LIN Yu-qi

(School of Life Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

Abstract: This paper analyzes the point, line and area of the vegetation in Wenbo Forest Park of Zhengzhou city. The results show that: recreational trampling has a certain impact on the reduction rate of vegetation coverage, vegetation variation rate, height reduction rate and plant community impact index; the affected width of vegetation on both sides of different pavement materials is different; the impact degree of vegetation in different regions is different.

Key words: Recreation trampling; vegetation damage; Zhengzhou; forest park

前言

游憩活动对植物的影响已是当今旅游环境影响研究的重要内容。国内外有许多专家学者进行了深入研究。Dale 等^[1]及 Liddell^[2]等从 20 世纪 70 年代便开始研究人类践踏对植被产生的影响。Weaver 等^[3]研究了徒步旅行者等对植被的不同影响, Lonsdale 等^[4]开展了旅游车辆对植被草种传播效应的研究。Laszlo 等^[5]研究了旅游践踏对植被的影响。我国专家学者自 20 世纪 80 年代以来, 也开始了这方面的研究工作。刘鸿雁等^[6]研究了不同程度的旅游干扰对毛黄栌群落的影响。高贤明等^[7]就旅游对北京东灵山亚高山草甸物种多样性的影响进行了初步研究。邓金阳等^[8]以张家界国家森林公园为研究背景, 系统地开展了旅游者对自然旅游的环境影响评价研究。石强^[9]等调查分析了旅游活动对张家界国家森林公园植物生长发育、体内化学物质成分及林木树干伤害等方面的影响。这些研究对旅游地植被的保护和旅游地的可持续发展具有指导意义。

游客在森林公园内的游憩活动多种多样, 在对植被产生影响的所有旅游活动中, 践踏是主要形式之一。践踏一方面可以对植物地上部分造成直接机械性伤害, 从而影响植物的生长; 另一方面, 通过影响土壤来间接影响植物的生长发育。所有这些影响又相互作用, 从而加重了对植被的破坏, 严重时可导致植被种类组成和结构的改变, 甚至造成植被的消失。同时游憩者的脚底将当作植物种子的传播工具, 可能导致森林公园外来物种的入侵。因此, 从游憩

活动对森林公园植被覆盖率、物种数量、植物群落冲击指数、植物破坏等点、线、面的分析则更为全面，也更加清晰地分析游憩活动对森林公园植被的影响。

1 实验地点

郑州市文博森林公园位于郑州市西南郊，尖岗水库南侧，是尖岗水库的水源涵养地。距离市区约 10 公里，距离南水北调中线工程约 3.5 公里。建设面积 6000 多亩，另有外围缓冲林带 7227 亩，是中原地区首屈一指的树木种质资源库。属于北温带大陆性季风气候，四季分明。每逢周末游客量约 36000 人次，工作日人流量约 10000 人次。本次调研时间为 7 月 4、5 日周末两天。

2 研究方法

本文选取郑州市文博森林公园为例，对点状干扰、线状干扰和面状干扰三种不同状况下的植被影响进行调查，并进行数据分析。

2.1 样方设置

在步道两侧或景点垂直方向设置样地，样地起点（在石板步道，样区起点从石板边沿开始；在非石板步道，样区起点从步道的中线起），样地包括 2 个连续的 1m×1m 的小样方，将与步道相邻的样方记为 1 号。再沿样区垂直步道方向，在未受干扰地（离 2 号样方 5m 以内，无践踏痕迹，无植物损伤即可）设一 1m×1m 的对照样方。对照样区选在无践踏干扰区，1 个 1m×1m 的小样方，作为比值样方。

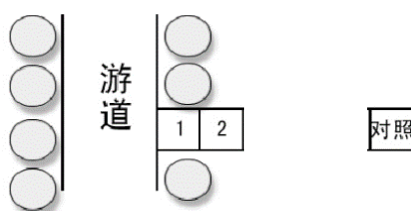


图 1 对照样区设置方法示意

Fig.1 Layout of sampling plots for investigating the soils impacts

2.2 植物影响指标分析

2.2.1 植物盖度及种类改变分析

在植被覆盖及种类改变分析上，应用 Cole（1978）提出覆盖度减少率（cover reduction, CR）及植相变异度（floristic dissimilarity, FD）两种统计参数的计算。

（1）植被覆盖度减少率: R_c (Cover Reduction)

$$R_c = [(C_2 - C_1) / C_2] \cdot 100\%$$

式（1）中： C_1 为冲击样区植群覆盖度，%； C_2 为对照样区植群覆盖度，%^[10]

(2) 植相变异度 R_{FD} (Floristic Dissimilarity)

$$R_{FD}(\%)=0.5\sum|P_{i1} - P_{i2}| \quad i=1\sim N$$

式(2)中： P_{i1} 为某种植物*i*在践踏前的数量， P_{i2} 为该种植物践踏后的数量，用相对频度及相对覆盖度所合成的重要值表示。其中 P_i 的计算方式是采用样方内出现草本植物数量百分比。

(3) 高度降低率 R_{HR} ：在植物高度改变分析上，计算样方内最具优势且对践踏破坏极为敏感的高度降低率 (height reduction, HR)：

$$R_{HR}(\%) = (H_2 - H_1) \times 100/H_2$$

式(3)中： H_2 为践踏前植物的平均高度， H_1 为践踏后植物的平均高度^[11]。

2.2.2 植物群落冲击指数分析

将各调查样区各小样方的植群覆盖度减少率(CR)、植相变异高度(FD)与高度降低率(HR)三项植物群落冲击效应加以平均，即为植物群落冲击指数，可显示出各样区综合性的植物群落冲击程度，并依冲击指数的多少将植物群落冲击程度分为4个等级。

$$I_{VI}(\%) = (R_C + R_{FD} + R_{HR})/3$$

其中：I级： I_{VI} 值在40%以下，植物群落冲击程度轻微。II级： I_{VI} 值在40~60%之间，植物群落冲击程度中等。III级： I_{VI} 值在60~70%之间，植物群落冲击程度严重。IV级： I_{VI} 值在70%以上，植物群落冲击程度极为严重^[11]。

3 游憩践踏对植被的影响分析

3.1 点状干扰分析

3.1.1 点状干扰数据收集

2020年7月初在森林公园中游步道两旁设置12个实验样地进行调查具体数据如下。

表1 实验样地具体调研数据

Table 1 Specific survey data of experimental plots

样地编号	样地材质	人流量	植被覆盖度减少率	高度降低率	植相变异率	冲击程度
样地 1	石板路	60	0.7265625	0.1125	0.206766917	0.348609806
样地 2	石板路	72	0.739321048	0.116398643	0.254677645	0.370132445
样地 3	土路	108	0.677350427	0.367647059	0.1139198	0.386305762
样地 4	土路	216	0.399242424	0.033333333	0.751016486	0.394530748
样地 5	塑胶健步道	1250	0.536309524	0.691666667	0.175225225	0.467733805
样地 6	木板路	1224	0.660436137	0.413043478	0.33740495	0.470294855
样地 7	鹅卵石路	2400	0.701690821	0.458333333	0.260869565	0.47363124
样地 8	塑胶健步道	2840	0.773809524	0.544642857	0.348214286	0.555555556
样地 9	砖石路	4800	0.716911765	0.64893617	0.317857143	0.561235026
样地 10	石头路面	4800	0.82362013	0.633333333	0.270854146	0.57593587
样地 11	石头路面	6000	0.835494505	0.617647059	0.317484277	0.590208614
样地 12	水泥马路	10356	0.877788714	0.746153846	0.275590551	0.633177704

3.1.2 点状干扰数据分析

通过 2020 年 7 月初对郑州市文博森林公园的考察，实地观察研究样地中植物受影响状况。测量、计算并记录下冲击组与对照组的植被覆盖度变化、植物种类数量变化、植物高度变化等数据信息。通过数据分析结果可看出随着人流量（间接体现践踏次数）的增加，冲击程度单调增加；尽管前几个样地数值波动明显，但覆盖度减少率与高度降低率也有上升趋势，初步分析由于前几个样地中草本植物总数量较少、种类较单一，单一长势较好的植株以及少量罕见植株的偶然出现会对结果产生较大影响。在植物群落冲击指数 I_{VI} 上，1~4 号样地冲击程度为 I 级轻微；5~11 号样地为 II 级中等；12 号样地为 III 级严重；没有 IV 级极其严重的样地。其中由样地 4 到样地 5 之间为一个明显的变化梯度，样地 7 到样地 8 之间也为一个明显的变化梯度，且都是由其他材质路面变化到塑胶健步道，这说明道路材质也影响了冲击程度。从样地 6 到样地 7 人流量变化很大，但冲击程度变化不大，这也说明了道路材质影响了冲击程度。此外，两次明显的变化梯度都是由其他材质路面变化到塑胶健步道也说明了在塑胶健步道两旁，游憩践踏现象更为严重。具体如图 2 所示。

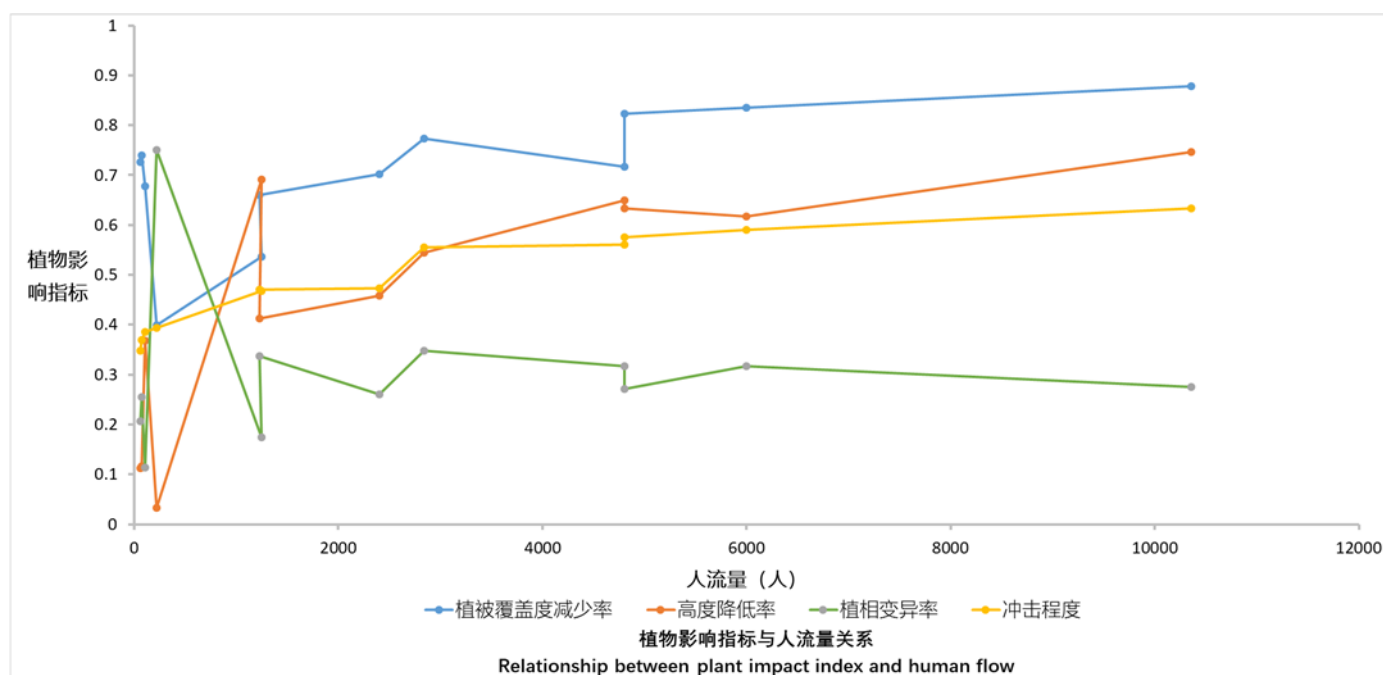


图 2 游客践踏对植被 CR、FD、HR、和 I_{VI} 的影响变化分析

Fig.2 Analysis of the impact of tourists trampling on vegetation CR,FD,HR and I_{VI}

采用皮尔逊 (Pearson) 积矩法分析相关性系数。从表 2 可知，在游客践踏次数与植被覆盖度减少率之间相关性系数约为 0.662，便是游客践踏次数与植被的覆盖度减少率之间存在着正相关关系，及践踏次数越多，植被覆盖率越低；在游客践踏次数与植被高度影响上，游客践踏次数与植被高度影响之间相关性系数约为 0.799，表示游客践踏次数与植被的高度降低率之间存在着强正相关关系，即践踏次数越多，植被高度越低；在游客践踏次数与植相变异度上，游客践踏次数与植相变异度之间相关性系数约为-0.052，表示游客践踏次数与植相

变异度之间基本不存在相关关系，即践踏次数多少与植被的种类变化基本无关；在游客践踏次数与植物群落冲击指数上，践踏与植群冲击指数之间的相关性系数约为 0.917，表示游客践踏次数与植被的植群冲击指数之间存在着强正相关关系，即践踏次数越多，植被的植群冲击指数越高，受影响越大。

表 2 游客践踏次数对草本植物的影响分析

Table 2 Analysis of the impact of tourists trampling times on herbaceous plants

	植被覆盖减少率	植被高度降低率	植相变异度	植物群落冲击指数
践踏次数	0.662	0.799	-0.052	0.917

对冲击强度与人流量散点图进行拟合，如图 3 所示，线性拟合的决定系数（拟合优度） R^2 为 0.8227；对数拟合的决定系数为 0.9335；乘幂拟合的决定系数为 0.958。说明对数拟合与乘幂拟合的拟合优度较好。根据对数函数性质与幂指数小于 1 的幂函数的性质，可以说在文博森林公园中，低强度时游憩践踏强度的微小上升可以引起冲击强度的剧烈增加；高强度时游憩践踏强度的上升难以引起冲击强度的大幅增加。想要减少植被生长被游憩行为干扰，最佳方式不是减少游憩践踏行为，而是杜绝游憩践踏行为。

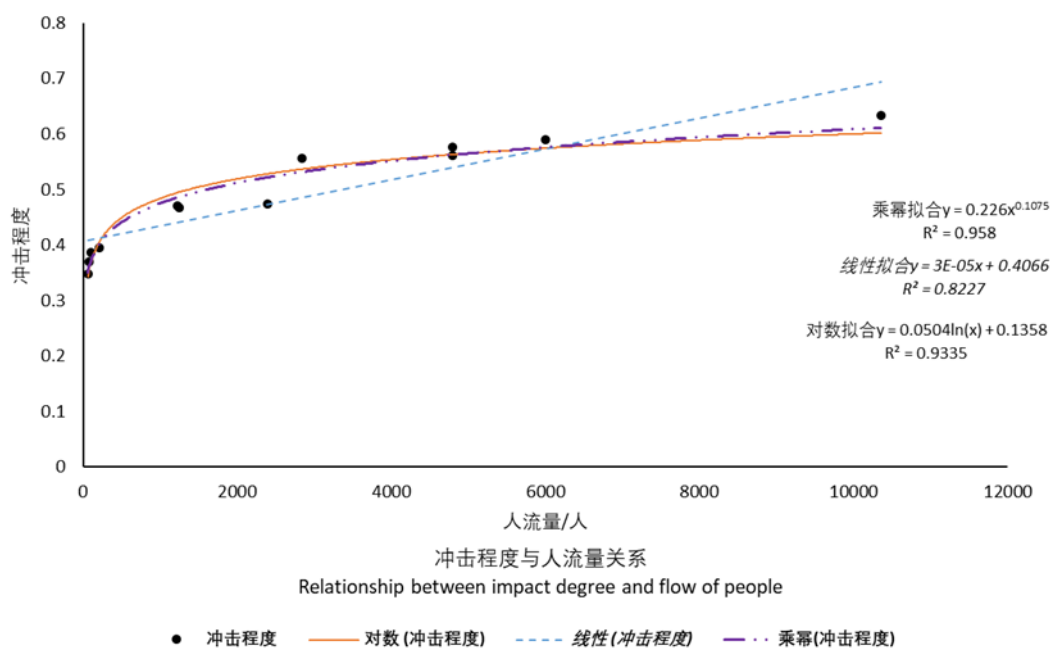


图 3 冲击程度与人流量的三种拟合方式

Fig.3 Three fitting methods of impact degree and pedestrian flow

3.2 线状干扰分析

3.2.1 线状干扰数据收集

郑州文博森林公园内游憩践踏活动线状干扰主要发生在森林公园内的游步道以及公路两侧。通过在游步道以及公路两侧调查，实际测量道路两侧植被受践踏以及碾压等区域幅度，具体数据汇总于表 3 所示。

表 3 游道两旁样地植被受影响统计

Table 3 Statistics of vegetation along the trails

编号	1	2	3	4	5	6	7	8
路面材质	土路	木板路	石头路面	石板路	鹅卵石路	砖石路	水泥马路	塑胶健步道
路旁植被受影响宽度/m	1.2	0.7	1.4	0.3	2.2	0.3	5.2	3.7

3.2.2 线状干扰数据分析

游道附近的人为干扰对植被的影响范围达 0~5 m, 基本为草本层, 其主要原因来自游客践踏, 在受干扰范围内, 一些喜光植物, 如萎蒿(*Artemisia selengensis*)、野菊(*Dendranthema indicum*)、苣荬菜(*Sonchus arvensis*)、苕麻(*Boehmeria nivea*)等, 较多出现。可能由于道路两旁灌木很少, 道路两旁光照条件较好。同时也出现了常见的伴人植物如狗尾草(*Setaria viridis*)、蓟(*Cirsium japonicum*)、藜(*Cheenopodium album*)、酢浆草(*Oxalis corniculata*)、地锦草(*Euphorbia humifusa*)、地黄(*Rehmannia giutinosa*)等^[12], 可能与边缘效应引起的受干扰区生境的多样化有关, 也可能是游憩者通过鞋底等传播工具带来的外来物种。

3.3 面状干扰分析

游憩活动带来的植被面状干扰主要发生在郑州文博森林公园森林公园内的停车场附近。干扰面积广、强度大。其中 1 年生草本植物大量出现。植被覆盖程度较低, 这些植物均为伴人植物, 竞争力强, 分布范围广。具体见表 4。

表 4 森林公园内各处主要植物种类**Table 4** Main plant species in Forest Park

种名	地点					
	荒地	停车场	健步道旁	游道旁	山坡上	废弃的村庄
地黄	0.002404	-	-	-	-	-
牵牛花	0.007212	-	-	-	-	-
狗尾草	0.0625	0.239183	0.034722	0.246377	0.03937	0.07
杜荆	0.055288	0.013221	-	-	-	0.2233333
苕麻	0.026442	0.028846	0.020833	0.15942	0.086614	0.3633333
地锦草	0.415865	0.21274	0.541667	0.57971	0.598425	0.0966667
酢浆草	0.418269	-	-	-	0.015748	0.1366667
苣荬菜	0.012019	-	-	-	-	-
小蓬草	-	-	0.027778	-	-	-
牵牛花	-	-	0.006944	-	-	0.0066667
野菊	-	-	0.25	-	-	-
假还阳草	-	-	0.041667	-	0.007874	-
艾	-	-	0.034722	-	0.086614	-
薄荷	-	-	0.041667	-	-	-
蓟	-	-	-	0.014493	-	0.0866667
小蓬草	-	-	-	-	0.102362	-
蒿	-	-	-	-	0.062992	-
鸭拓草	-	-	-	-	-	0.0166667

其中,地锦草、苕麻由于植株低矮,耐践踏,所以在各处都能够见到;而狗尾草可能由于游憩者通过鞋底等传播工具的携带也较为普遍。

4 讨论

由于时间紧迫,工作量大,无法直接像付红军(2010)以践踏数量为自变量,转而参考(范勇 (2007)以人流量间接体现践踏数量,增加调研方法的可行性,但削弱了调研结果的准确客观性。如果时间允许、人力足够,可以考虑取相同生境的样方,在一段时间内(一至两个月)进行不同强度的践踏实验来获得践踏强度与植被生长情况的关系数据。应再适当增加样地数量,每种路面材质取三块样地,每块样地取四块冲击样方取平均值作为践踏后数据,再取四块对照样方随机抽取一块作为践踏前数据。这样能最大限度保证实验结果的客观性。此外,对于践踏强度与冲击强度的拟合关系的讨论来源于范勇 (2007),但结果与之不同。可能是由于泰山景区人流量很大无法获得低践踏强度下的冲击强度。因此这一拟合结果与所得结论只能代表文博森林公园中的情况,其他公园或景区的情况应另行分析。

5 结论

(1) 践踏对植物群落的生存影响显著。践踏与植被的覆盖度减少率、高度降低率、植群冲击指数之间紧密相关。游客践踏导致植被生长不良甚至造成部分植被死亡、植被覆盖率和高度降低率自然减少。践踏与植物种类变化相关性较弱,这是由于游道旁的草本植物大多为伴人植物,是游客进入森林公园之前在其他某个地区通过鞋或其他工具等携带来的外来物种。

(2) 不同践踏方式对森林公园的植被影响有所不同。点状干扰由于践踏次数的不同其强度最大、影响范围小,低强度的践踏能使植被生长情况迅速恶化。线状干扰由于其距离长,因此影响范围广,特别是公路的修建,对路旁一定范围内植被的破坏是毁灭性的。面状干扰由于其受干扰面积大,强度大,植被覆盖程度低。

参考文献

- [1] Dale D, Weaver T. Tampling effect on vegetation of the trailcorridors of North Rocky Mountain Forest [J]. J. Appl. Ecol., 1974, **11** (6): 767-772.
- [2] Liddle M J, Grieg-smth P. A survey of tracks and paths in a sand dune ecosystem (I) soils, (II) vegetation [J]. J. Appl. Ecol., 1975, **12** (8): 251-255.
- [3] Weaver T Dale D. Trampling effect of hikers motorcycles and horses in meadows and forests [J]. J. Appl. Ecol., 1978, **15** (2): 451-457.
- [4] Lonsdale W M, Lane A M, Tourist vehicles as vectors ofweed seeds in Kakadu Nation Park, Northern Australia [J]. Biol. Conserv., 1994, **69** (3): 277-283.

- [5] Laszlo N. Monitoring vegetation change caused by trampling: a study in the Cairngorms, Scotland [J]. Bot. J. Scot., 2002, **54** (2): 191-208.
- [6] 刘鸿雁, 张金海. 旅游干扰对香山黄栌林的影响研究 [J]. 植物生态学报, 1997, **21** (2): 191-196.
- [7] 高贤明, 马克平, 陈灵芝, 等. 旅游对北京东灵山亚高山草甸植被物种多样性影响的初步研究 [J]. 生物多样性, 2002, **10** (2): 189-195.
- [8] Deng J Y, Shi Q, Gordon J. Walker, assessment on and perception of vistors enviormental impacts of nature tourism: a case study of Zhangjiajie National Forest Park, China [J]. Sust. Tourism, 2003, **11** (6): 529-548.
- [9] 石强, 钟林生, 汪晓菲. 旅游活动对张家界国家森林公园植被的影响 [J]. 植物生态学报, 2004, **28** (1): 107-113.
- [10] 范勇. 森林游憩对泰山风景名胜区土壤和植被的冲击及游憩环境承载力研究 [D]. 山东农业大学硕士学位论文.
- [11] 付红军, 杨懿琨. 游憩践踏对张家界国家森林公园植被的影响研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2010, **30** (8): 143-147.
- [12] 蒋高明. 城市中的伴人植物. 植物学通报, 1989, **6** (2): 116-120.

致谢: 本文承蒙中国科学技术大学生命科学学院沈显生、罗建川老师指导, 调研活动感谢古宝君女士协助, 特此谢忱。

上饶市夏季地面辐射对高粱和咖啡黄葵体温影响的初步观测

洪力骁

(中国科学技术大学少年班学院, 合肥 230026)

摘要: 本文通过田间试验测量收集数据, 运用统计学方法, 分析了夏季地面辐射对于高粱和咖啡黄葵两种植物体温的影响。数据表明, 地面辐射对植物体温有着正相关性影响, 但是影响程度有限。此外, 还发现不同种植物的温度之间存在差异, 以及同种植物的叶与果实等不同器官的温度之间也存在差异。

关键词: 植物体温; 影响因子; 地面辐射

中图分类号: Q949.17 **文献标识码:** A

The Preliminary Observation of the Impact of Ground Radiation in Shangrao's Filed in Summer on Body Temperature of *Sorghum bicolor* and *Abelmoschus esculentus*

HongLixiao

(School of the Gifted Young, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026)

Abstract: This article collected data through field experiment, and used statistical methods to analyze the impact of ground radiation on the body temperature of *Sorghum bicolor* and *Abelmoschus esculentus*. The data shows that ground radiation has a positively correlated, but limited impact on plant temperature. In addition, it is also found that there are differences in the temperature of different species of plants, as well as in the temperature of different organs such as leaves and fruits and so on.

Key words: Plant Temperature; Impact Factor; Ground Radiation

前言

植物与动物一样有体温。所谓植物体温, 就是植物的根、茎、叶、花、果实这些器官的冷热程度。与动物体温类似, 植物的体温也影响着植物的酶促反应、膜运输、蒸腾作用等生命活动^[1]。因此, 植物体温是反映植物生理生态活动状况的重要指标之一。植物体温的研究对于植物生理和农业生产都有着重要的意义。由于全球气候的变化, 植物的适应和生存压力不断增加, 植物的适应性与反应性调节机制成为了新的研究热点, 因此作为反应植物适应性和反应性调节机制的指标也逐渐受到研究者的关注。

为了测量植物的温度, 以往常用的方法是使用探针式电偶温度计或半导体温度计等接触式温度计。但是, 由于这类温度计与植物直接接触, 这不仅影响了所测量部位的热变化, 也干扰了植物的正常生理功能, 因此很难观测到植物的真实温度^[2]。而红外线测温仪不需要与植物直接接触, 测量时间短、操作方便, 被广泛运用于测量植物温度中。

影响植物体温的环境因素包括气温、太阳辐射、风速、空气相对湿度、空气饱和水汽压等。其中, 最有效的影响因子是太阳辐射^[1]。目前已经有多位学者对影响植物体温的因素做了不同程度的研究, 但是对于地面辐射对植物体温的影响了解仍然较少。本研究的主要目的是探究地面辐射对于植物体温的影响, 为植物体温研究提供一定的依据。

1 研究地地理气候

1.1 研究地介绍

研究地位于江西省上饶市铅山县。铅山县属亚热带季风性湿润气候，距海洋较近，受亚洲大陆和太平洋、印度洋季风交叉影响，气候温和，雨量充沛，日照充足，四季分明，年降雨量 1733~2000 毫米，年平均气温 18.7℃~17.9℃，一月份平均气温 6℃~5.6℃，七月份平均气温 18.7℃~29.4℃，平均年日照为 1952 h^[3]；土壤类型主要有红壤、黄壤、黄红壤、黄棕壤、炭质土、潮土、水稻土、草甸土等。

1.2 研究时间与当日气候

实验在铅山县河口镇郊区的一处农田开展，农田的地理坐标为 28°17'40"N, 117°42'45"E。研究日为 2020 年 7 月 23 日，河口镇最低气温 27℃，最高气温 37℃；最低空气相对湿度 36%，最高空气相对湿度 71%；研究地土壤类型为黄红壤。

2 材料与amp;方法

2.1 实验材料

高粱 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) 1 株，咖啡黄葵 (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) 2 株。

2.2 实验仪器

2.2.1 温度测量仪器

标智 GM320 红外线测温仪 (-50℃~450℃, ±1.5℃)，垣浩 YH-101 探针式温度计 (-50℃~300℃, ±1℃)。

2.2.2 高度测量仪器

3 米铝合金伸缩塔尺。

2.3 实验方法

在研究开展当日，实验人员选择了农田中位置接近的高粱 1 株、咖啡黄葵 2 株作为研究对象。其中高粱已经处于灌浆成熟期，咖啡黄葵仍在开花，已经部分结果。从当日 6 时起，到当日 19 时为止，每隔 1h，对 1 株高粱和 1 株咖啡黄葵，使用红外线测温仪分别对其主茎的向阳面，在离地面 5cm、50cm、100cm、150cm 高度测量其表面温度；对另 1 株咖啡黄葵，选择尚未成熟的叶片 1 片、成熟果实 1 枚、开放的花 1 朵、以及离地 100cm 高度的主茎位置，使用红外线测温仪分别测量其表面温度；此外，从 6 时起每 1h 使用探针式温度计测量离地面 5cm、50cm、100cm 高度空气温度，同时通过中国天气网 (www.weather.com.cn) 收

集当日的铅山县河口镇气象台测得的每小时气温（通过安放在百叶箱内温度仪器获取，距离地面高度 150cm），与之比较。

3 结果与分析

3.1 地面辐射对植物体温的影响

空气的温度变化主要决定于空气的热量收支平衡。除臭氧层以外，大气吸收太阳短波辐射的能力很弱，所以大气吸收太阳辐射增热的现象并不显著。但同时大气吸收地面长波辐射的能力却很强，甚至绝大部分地面辐射尚在低层空气就被吸收了。因此，地面辐射和大气辐射的周期性变化是决定空气温度的主要因素，而且越是对于近地层空气，这一规律就越明显^[4]。据此，可以通过测量不同高度的气温反映不同高度的地面辐射强度。

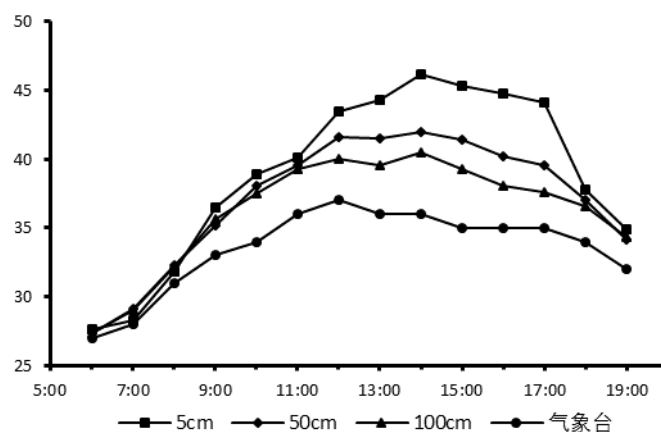


图1 不同高度的空气温度随时间的变化
Fig.1 Changes in air temperature at different heights over time

从图 1 中显示，在白天的大部分时间，离地面 5cm、50cm、100cm 高度的气温呈现依次下降的趋势，与地面辐射从低到高逐渐减弱的现象符合。

通过与气象台测量的气温相比，笔者所测量到的空气温度明显偏高。笔者通过分析认为，导致差异的原因主要有：

- 1) 气象台测量气温的仪器高度一般为 150 cm，与笔者所测量气温的高度不同导致的气温差异；
- 2) 气象台位置和研究地位置不同，气温也有差异；
- 3) 研究时测量空气温度的方法是用探针式温度计直接置于空气中测量，温度计受到太阳辐射影响导致测量到的温度偏高。

综上，主要由于实验条件的限制，笔者所测量得的气温有着一定的误差，并不能准确代表对应高度的空气温度。下文中凡提及“气温”时，一般是笔者测量到的气温数据，并非对气温的真实反映。

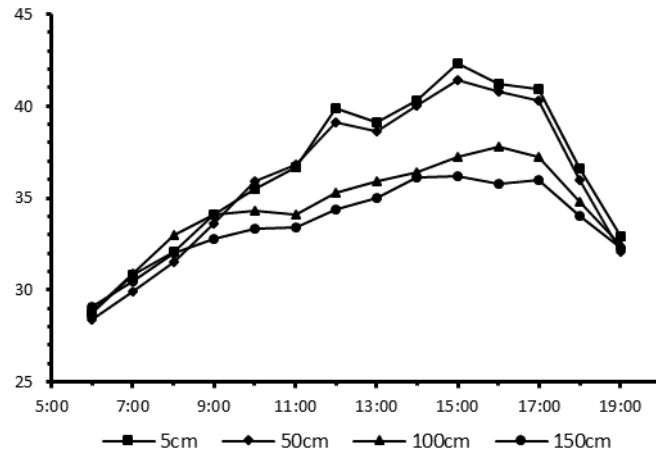


图2 高粱主茎不同高度处的温度随时间的变化
Fig.2 Changes in temperature of the main stem of *Sorghum bicolor* at different heights over time

在图 2 中显示出在一天的大部分时间里，高粱主茎离地面 5cm、50cm、100cm、150cm 高度处的表面温度依次下降，体现出地面辐射对植物的温度存在影响。离地面距离越近，地面辐射越强，高粱主茎的温度也就越高。

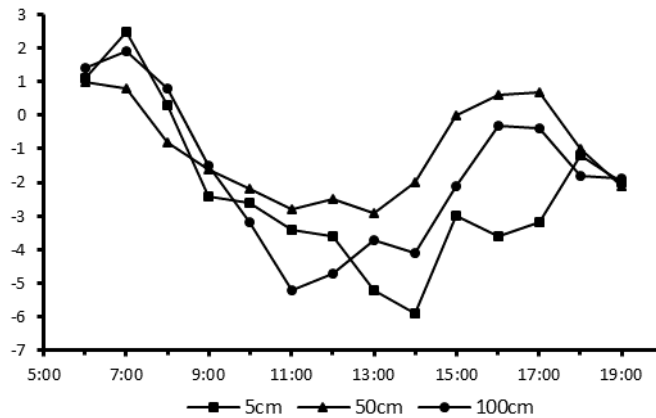


图3 不同高度的高粱主茎温度与气温的相对差异随时间的变化
Fig.3 The changes of the relative difference between the temperature of the main stem of *Sorghum bicolor* and the air temperature at different heights over time

从图 3 中显示不同高度处的主茎温度与气温之间存在不断变化的差异。总体来看，在 6 时到 8 时气温较低时，高粱主茎的温度比气温稍高；而气温逐渐升高后，高粱主茎的温度又比气温更低了。也就是说，高粱主茎温度的日变化比同等高度的气温的日变化小。对此，笔者猜测，除了植物和空气吸收地面长波辐射的能力存在差异^[5]以外，还可能在植物体内存在着一种体温调节机制，使得其体温在受到地面辐射等外界环境因素影响时可以保持相对稳定。植物保持体温在一定范围内相对稳定的能力，有利于植物的各种生理功能的实现。

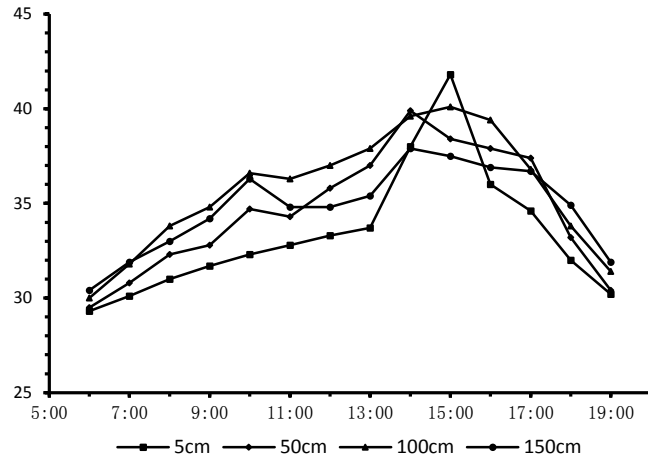


图4 咖啡黄葵主茎不同高度处的温度随时间的变化
Fig.4 Changes in temperature of the main stem of *Abelmoschus esculentus* at different heights over time

另一方面，笔者对咖啡黄葵的主茎不同高度处的温度也进行了测量，但发现咖啡黄葵主茎的温度不符合从低到高逐渐降低的规律。经过对现场环境的分析，笔者认为，由于咖啡黄葵低处的叶片比较茂密，对离地面 5cm、50cm 处的主茎分别形成了不同程度的阳光遮蔽。因为没有控制好太阳辐射的变量，导致测量到的数据有着较大的误差，尤其是主茎 5cm 处的温度明显低于其他三组。



图5 咖啡黄葵的主茎低处被叶片遮蔽

Fig.5 The low part of the main stem of *Abelmoschus esculentus* was shaded by the leaves

比较特殊的是主茎 5cm 高度处的温度在 13 时到 16 时期间，先迅速上升，然后快速下降，在图中显得非常突出。因为太阳照射角度的不断变化，在 13 时到 15 时，低处的主茎被太阳直接照射到，此后又重新被叶片遮蔽，这导致了温度的快速上升和下降。从另一个角度

看来,虽然这组咖啡黄葵主茎的不同高度处的温度无法佐证地面辐射对植物温度的影响,却反映出太阳辐射对植物温度的变化有着明显的作用。

3.2 不同种植物的温度差异

如图 6 所示,通过比较高粱和咖啡黄葵分别的主茎 100cm 及 150cm 高度处的温度,可以发现两者之间有着明显的差异。在白天的大部分时间,咖啡黄葵相比于高粱的主茎相同高度处,温度总是更高。不同种的植物,甚至同种植物的不同植株之间的温度都互相有差异。一般来说,各种植物表面温度以阔叶树最低,花卉植物和灌木次之,针叶树温度最高。对于植物而言,造成种间温度差异的主要原因是蒸腾作用强度不同。一般来说,叶片越大,叶片蒸腾量越大,表面温度越低;叶片越小,叶片蒸腾量越小,表面温度越高。因此,阔叶树之间表面温度差异常常比针叶树之间大,因为阔叶树种之间的叶片大小和叶面积大小差别比较大。此外,植物本身的枝叶构造、以及其他特性的差异,也会影响不同植物的温度^[6]。

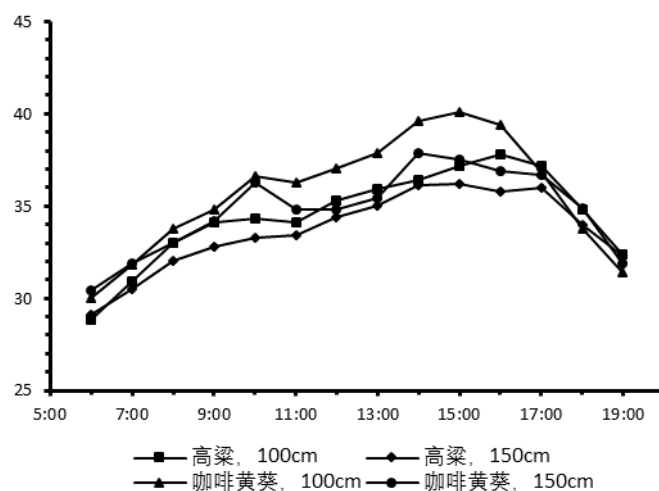


图6 高粱和咖啡黄葵的主茎温度随时间变化的对比
Fig.6 Comparison of changes in temperature of the main stem of *Sorghum bicolor* and that of *Abelmoschus esculentus* over time

3.3 同种植物不同部位的温度差异

植物体温除了呈现出空间上的变化以外,同种植物的各组织器官之间的温度也有着一定程度的不同。1980年,Evans发表了一篇有关植物组织的温度差的文章,提出植物叶、叶柄、茎、根、果实等的温度都可能不相同。1987年,郭仁卿通过在河北昌黎对柿子椒、西红柿、葡萄、君子兰等植物的不同部位的温度进行测量,发现植物的叶温、果实的表面温度和内部温度都不相同^[7]。综合来看,影响组织温度的因素包括组织的几何形状、组织的热容量、组织的物理热性质和生理性质(热传导率、比热、密度等)、从外部辐射获得的热量、热梯度引起的热传导等^[8]。其中,组织的热容量差异是导致植物不同部位的温度差异的主要原因之一。

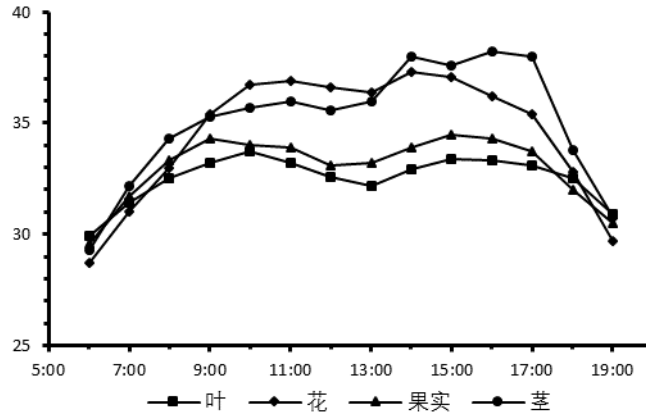


图7 咖啡黄葵不同部位的温度随时间的变化
 Fig.7 Changes in temperature of different parts of *Abelmoschus esculentus* over time

从图7中显示了咖啡黄葵的叶、花、果实、茎的温度分别在白天期间的变化。在白天中的大部分时间，叶与果实的温度比较低，而花和茎的温度比较高。一般来说，果实的热容量最大，因此温度比较稳定，而且比热容量较小的花和茎的温度更低。对于叶来说，由于叶温受到蒸腾作用直接调节，若当天的空气相对湿度较低，有利于植物的蒸腾作用；而且发现所选择的叶片如果比较幼嫩，含水量比较高，这都有利于叶片保持较低的温度。但是，如果将幼叶与老叶的温度相比较，会发现在外界条件和辐射状况大致相同的情况下，幼叶温度较低，老叶较高。此外，即使对于同一部位的同龄叶片来说，叶片的受光角度不同也会导致叶温的明显差异^[7]。

4 结论与讨论

此次观测数据显示，高粱与咖啡黄葵在垂直方向上的不同高度处展现出明显的温度差异。笔者认为，这说明地面辐射对于植物的体温存在一定程度的影响，越强的地面辐射导致植物体温对应越高，但是相比太阳辐射等因素，影响力比较弱。此外，在同一环境、同一植株上的不同组织器官的温度存在差异，因此测量植物体温时，应该尽量选择测量同类组织器官的温度，如叶或茎，以减少测量数据的误差。

最后，通过对观察过程的反思，笔者认为本次研究还有以下不足之处：

- 1) 受到器材条件限制，在测量气温时，受到太阳辐射影响比较大；
- 2) 空气温度也对植物体温存在直接影响，但空气温度又主要受地面辐射影响，因此不易区分空气温度与地面辐射的影响，难以排除空气温度对植物温度的干扰；
- 3) 对太阳辐射这一变量没有合理控制，导致对咖啡黄葵的温度测量出现了较大误差；
- 4) 红外线温度仪测量的温度代表的是被测物体的表面温度，显然植物表面与内部的温度并不是完全一致的，两者之间的关系有待进一步探究。

参考文献

- [1] 于明含, 高广磊, 丁国栋, 等. 植物体温研究综述[J]. 生态学杂志, 2015, **34**(12):3533-3541.
- [2] 董振国. 植物体温的测定与应用[J]. 植物杂志, 1983, (3):10-11.
- [3] 铅山县地理气候[EB/OL]. <http://www.jxyanshan.gov.cn/xqjs/qsgm/532065.html>,2019-03-01.
- [4] 柴红敏, 刘增进, 谷红梅. 太阳辐射、气温及土温关系探讨[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2003, **24**(3):4-8.
- [5] 郭仁卿, 梁陟光. 葡萄的叶温与气温[J]. 植物杂志, 1990, **17**(3):29-30.
- [6] 贺庆棠, 阎海平, 任云卯, 等. 北京地区植物表面温度的初步研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, **27**(3):30-34.
- [7] 郭仁卿. 植物体温的部位差异[J]. 生物学杂志, 1989, **29**(3):34-36.
- [8] 唐一峰, 杨洪钦, 谢树森. 生物组织热传递的物理基础[J]. 福建师大学报(自然科学版), 2001, **17**(1):40-44.

致谢: 感谢中国科学技术大学沈显生老师, 沈老师在我的研究课题选定、实验设计等方面提供了莫大的指导和帮助。感谢中国科学技术大学罗建川老师, 罗老师对我的论文提出了宝贵的修改建议。最后感谢我的母亲, 研究过程中她一直陪伴着我, 为我提供了重要的支持。

云南省大理市地理因子对玉米生长影响的探究

赵杨雪睿

(中国科学技术大学生命科学学院, 合肥, 2330026)

摘要: 对云南大理市苍山与洱海之间的玉米的株高这一生长数量性状指标进行测定, 对不同种植点玉米植株生长性状与地理因子间的相关性进行了分析。结果表明, 玉米植株的平均株高在 14 个种植点存在明显差异, 其中以靠近苍山和洱海的玉米植株平均株高最矮, 而在两地理因子之间的玉米植株最高且差异较小, 表明地理因子对玉米生长有明显的影响。

关键词: 玉米; 株高; 地理因子; 相关性分析

中图分类号: S664.1 **文献标识码:** A

A Study on the Effect of Geographic Factors on Maize Growth in Dali City, Yunnan Province

Zhao Yangxuerui

(School of Life Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026, China)

Abstract: The plant height, a quantitative trait index of maize growth between Cangshan and Erhai in Dali City, Yunnan Province, was determined, and the correlation between the plant growth traits and geographical factors of Maize at different planting sites was analyzed. The results showed that the average plant height of maize plants was significantly different at 14 planting sites, among which the average plant height of maize plants near Cangshan and Erhai was the shortest, while that between the two geographical factors was the highest and the difference was small, indicating that geographical factors had a significant impact on Maize growth.

Keyword: Maize; Plant height; Geographic factors; Correlation analysis

0 引言

影响植物生长的因素主要有温度、光照、水分、土壤等, 而地理因子对这四个因素均有影响, 如湖泊效应、焚风效应、雨影效应、狭管效应等。在大理, 地理效应表现得十分明显, 素有“上关风, 下关花, 苍山雪, 洱海月”的说法, 也让人对大理的地理效应在植物生长发育中会发挥怎样的作用。

玉米需水较多, 且喜温, 是对温度反应敏感的、短日照作物, 全生育期都要求强烈的光照。本文通过对比分析来探究大理地理环境下, 玉米株高随地理因子而产生的变化。根据整体性原理, 从夏玉米从四月下旬播种, 八月收获, 大理四季不明显, 自始至终温差不大, 可知玉米植株的株高可在一定程度上反映玉米植株的生物量的高低。为揭示不同区域间玉米的株高差异程度与规律, 本文对大理市不同地区的 14 个种植点的玉米植株进行了观测, 并对玉米植株生长性状与地理因子间的相关性进行了分析。

1 实验地点

本文实验地点位于大理市寺上村、中和邑、金河村、万花溪、新城南等地区的 14 个玉

米种植点。大理市属北亚热带高原季风气候类型，年均气温 14.9℃，年日照时数 2227.5 小时，年降雨量为 1051.1 毫米，年均无霜期 228 天，同时还以风高著称，故有“风城”之称。大理市地处低纬高原，在低纬度、高海拔地理条件综合影响下，形成年温差小，四季不明显的气候特点，“四时之气，常如初春，寒止于凉，暑止于温”，温差不大。全州由于地形地貌复杂，河谷热，坝区暖，山区凉，高山寒，立体气候明显。

2 材料和方法

2.1 材料

大理市寺上村、中和邑、金河村、万花溪、新城南等地区的 14 个种植点，利用卷尺于 2020 年 7 月 3 日至 7 月 8 日对实验地点的玉米株高进行取样测量，利用手机指南针软件详细记录种植点的海拔、经度、纬度等基本信息（见表 1）。玉米品种经查询以及对比后鉴定确认。

表 1 14 个种植点的情况

Table 1 14 planting sites

经度	纬度	海拔 (m)	平均高度 (cm)		
100°6'34"	100.10944	25°50'40"	25.84444	2000	201.10
100°6'41"	100.11139	25°50'40"	25.84444	2000	225.10
100°6'51"	100.11417	25°50'49"	25.84694	1990	223.70
100°7'3"	100.11750	25°50'59"	25.84972	2000	218.30
100°7'57"	100.13250	25°50'57"	25.85361	1980	246.00
100°7'9"	100.11917	25°51'3"	25.85083	1990	252.70
100°8'18"	100.13833	25°51'4"	25.84917	2060	251.10
100°8'23"	100.13972	25°51'6"	25.85111	1970	223.70
100°8'54"	100.14833	25°51'11"	25.85167	1980	232.30
100°8'57"	100.14917	25°51'12"	25.85333	1980	240.70
100°9'17"	100.15472	25°51'17"	25.85472	1990	194.60
100°9'19"	100.15528	25°51'18"	25.85500	1990	224.00
100°9'4"	100.15111	25°51'13"	25.85361	2010	212.20
100°9'6"	100.15167	25°51'5"	25.85139	2000	244.10

2.2 方法

测定的生长指标为玉米植株的株高。取样及测定方法如下：

大理市农业模式主要是以家庭为生产单位，精耕细作，并且相较传统农业有一定生产技术的改进，按照实验目的中探究地理因子的影响，故须减少人为因素的影响，如：房屋积温、耕作模式、肥料施放、种植密度等，因此作者在选择目标田时有以下前提条件：距离房屋 10m 以上，均使用膜上一元覆盖的种植技术、播种日期相近、肥料施放近似，以上前提条件均经

实地探查后确认，大理市玉米播种日期为四月下旬，肥料多使用农家肥大理市玉米种植使用的膜上种植行间距约 1m，行中玉米间距约 10cm。每个种植点随机选取 10 株玉米，用卷尺测量株高，其平均值即该种植点的平均株高。由于各种植点均为个人承包，故没有测量玉米的果实质量、穗行数、行粒数等；由于膜上种植维持了土壤所能积蓄的水分，且在观测过程中没有发现不定根现象，故不对穗位高、不定根数进行测量。

2.3 数据处理

采用 WPS Office 软件对上述实验数据进行处理、制表和分析。

3 结果和分析

不同地区玉米种植点的株高测量结果如表 2 所示。玉米植株的平均株高在 14 个种植点存在明显差异，其中以靠近苍山和洱海的玉米植株平均株高最矮，分别为 201.1cm、194.6cm，而在两地理因子之间的玉米植株最高且差异较小，株高最高为 251.1cm。

表 2 14 个种植点玉米植株高度

Table 1 Height of Maize at 14 planting sites

经度	玉米植株高度 (cm)									
100.10944	192	180	195	183	198	200	193	184	201	220
100.11139	191	234	200	260	243	230	207	211	201	263
100.11417	241	246	194	198	237	206	186	195	207	212
100.11750	226	249	232	260	255	244	248	232	242	253
100.11917	223	245	247	247	242	236	238	248	242	239
100.13250	220	207	242	229	247	230	230	253	230	235
100.13833	235	221	224	211	246	214	215	200	230	241
100.13972	217	274	290	293	243	223	263	264	255	189
100.14833	268	283	273	205	282	293	211	226	230	189
100.14917	223	245	287	277	272	256	238	248	242	239
100.15111	220	207	212	229	197	230	210	213	230	235
100.15167	235	221	224	211	246	214	215	200	230	241
100.15472	217	244	240	253	243	223	263	194	185	189
100.15528	198	183	194	205	182	193	211	226	230	189

由于苍山、洱海这两大地理因子成自北向南且南北相距较长，故测量得的种植点呈自西向东分布，分析地理因子的影响也须自西向东进行观察分析，故对其中的种植点分析采用平均高度-经度的处理方式（见图 1）。

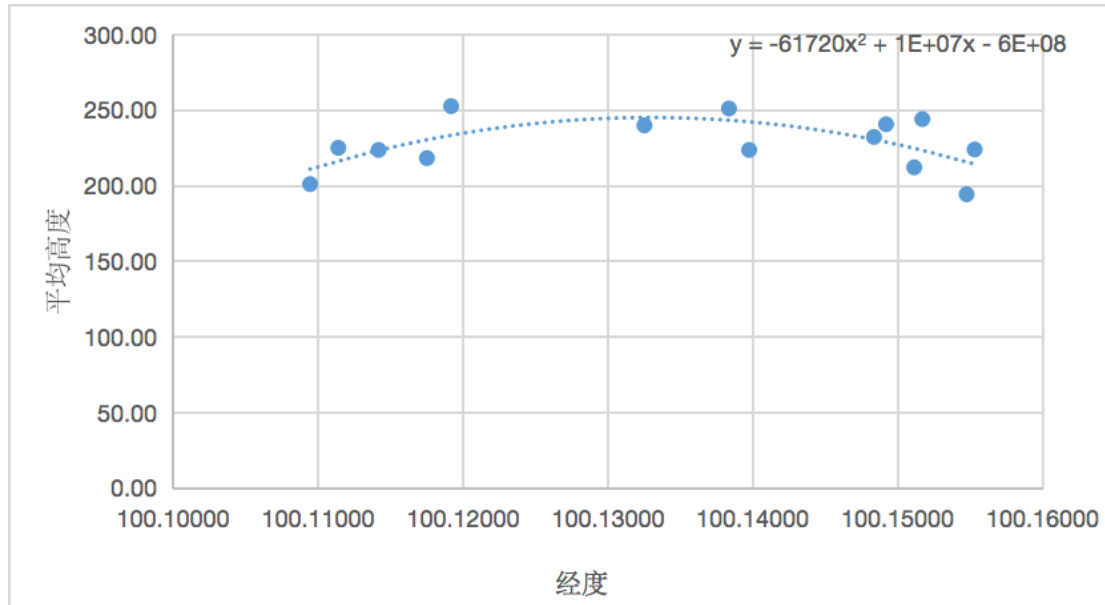


图1 平均高度-经度

Fig.1 Average height-longitude

对数据进行拟合，得出拟合方程： $Y = -61720X^2 + 1 \times 10^7X - 6 \times 10^8$

结果表明：玉米植株株高自西向东呈先上升再下降的趋势，即越靠近两地理因子，玉米植株株高越低。

4 结论与讨论

4.1 结论

由玉米的生长特性可知，玉米需水，多受地区、气候、土壤及栽培条件影响，喜温，对温度反应敏感的短日照作物，喜光，全生育期都要求强烈的光照。本研究中，14个种植点中靠近两地理因子的玉米植株较居中的玉米植株差异较大，其中以居中的玉米植株株高最高，靠近苍山与洱海的玉米植株最低，根据拟合的方程求解，在 $100^{\circ}7'59''$ 玉米植株株高达到最大。

4.2 讨论

洱海这一地理因子的特性有白天温度小于陆地，吸收热量降低附近温度，降低了玉米这一 C_4 植物的光合作用强度和呼吸作用强度，夜晚温度高于陆地，释放热量，提高温度，玉米呼吸作用强度提高，一昼夜积蓄的有机物质相对于远离洱海的玉米植株少，拔节期用于生长的有机质少，故株高较矮。而靠近苍山的玉米因二氧化碳浓度低，山脉阻挡导致的日照时间短等因素一昼夜积累的有机物也较少，同理株高较矮。而居中的玉米植株恰好减免了两个地理因子所带来的缺陷，得以株高最高。这再次印证了玉米易受地区、气候、土壤及栽培条件影响，对温度敏感的生长特性。在玉米的种植过程中，需要充分考虑地理因子所带来的温度影响，以保证玉米白天能多积累有机物，且减少夜间呼吸作用消耗，即白天光照强，夜晚

温度低。这也是很多作物的最适条件。考虑到海拔因素，云南大理市的玉米种植应当选择远离苍山，并且与洱海有一定距离，因此洱海西侧，即洱海苍山之间的地域，种植玉米的效益相较于洱海东可能较低，需另做观测以验证。

根据作者的观察，在影响玉米终产量即影响花粒期玉米发育的重要因素还有传粉过程，除蜜蜂、蝴蝶、飞蛾等常见传粉昆虫外，还有苍蝇、蚂蚁等参与到了玉米的传粉过程中，极为有效的增进了玉米的传粉效率。虽然作者也对 10 个种植点的玉米植株的生长性状进行了考察、评价和分析，但目前对种植点的玉米植株生长规律的研究尚不够深入和广泛。为更加准确地评价不同地区玉米的生长状况，还需扩大取样范围，在群体、个体等水平上采用多学科手段进行综合分析，并进行植株形态特征、环境因子、土壤与活性成分间的相关性研究。

参考文献

- [1] 宋杰, 李世峰, 刘丽娜, 等.云南含笑天然居群的表型多样性分析[J].西北植物学报, 2013, **33**(2):272-279.
- [2] 邵林, 郭庆梅, 周凤琴, 等.不同种质忍冬植株形态特征比较[J].时珍国医国药, 2012, **23**(3):739-740.
- [3] 周凤琴, 李佳, 冉蓉, 等.我国金银花核桃产区种种质资源调查[J].现代中药研究与实践, 2010, **24**(3):21-25.
- [4] 陈邦清, 易尚源, 王黎明, 等.宜昌地区核桃生长性状变异与地理因子的相关性分析[J].湖北林业科技, 2020, **49**(6).
- [5] 刘克彪, 郭春秀, 张元恺, 等.不同种源黑果枸杞物候期和生长差异及其与地理-气候因子的相关性分析[J].植物资源与环境学报, 2019, **28**(4):41-48.
- [6] 杜心田, 王同朝.作物密度效应递增律及其意义[J].河南科学, 2003, (6):733-737.
- [7] 孙峰成, 付增娟, 冯勇, 等. 12 个玉米群体产量相关性状的密度效应分析[J].玉米科学, 2014, **22**(3):13-18+23.
- [8] 张艳明, 伊应良, 杨昆红, 等.大理州 29 个玉米品种(系)产量比较及主要农艺性状关联度分析[J].大麦与谷类科学, 2016, **33**(3):24-29.
- [9] 程炳文, 王勇, 罗世武, 等.地膜玉米不同处理土壤水分和温度变化规律对产量的影响[J].玉米科学, 2006(1):144-145+148.

致谢: 本文承蒙中国科技大学生命科学学院沈显生、罗建川老师指导，特此谢忱。

新疆和田地区洛浦县农田防护林对玉米长势的影响

阿巴斯·麦麦提阿布拉

(中国科学技术大学生命学院, 合肥 230026)

摘要: 选择和田地区洛浦县五处不同布局农田, 以作物高度为主要的参考标准, 来研究干旱地区农田防护林网树种、结构和走向等, 对防护林周围玉米长势的影响。结果表明: 靠近防护林的区域, 玉米生长发育缓慢, 株高明显较低 ($P < 0.05$) 其原因是农田防护林会遮挡太阳光线, 抑制靠近防护林区域的玉米的光合作用, 导致玉米生长发育缓慢。建议根据当地的日出方位角, 来调整防护林走向, 来减少这种不利影响。

关键词: 农田防护林; 玉米长势; 干旱区;

中图分类号: S774 **文献标识码:** A, R

Influence of Farmland Shelterbelt on Corn Growth in Luopu County, Hetian District, Xinjiang

Abbas·Maimaitiabula

(School of Life Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

Abstract: Selected five farmlands with different configurations in Luopu County, Hutun District. Use crop height as the main reference standard to study the influences of tree species, structure and direction of farmland Windbreak net on the growth of surrounding corn. The results showed that in the area close to the shelterbelt, the growth of corn was slow, the plant height was lower. The reason is that the farmland Windbreak net will block the sun's rays and inhibit the photosynthesis of the corn near the Windbreak net. This cause the surrounding crops to grow slowly. In response to this problem, a countermeasure to adjust the direction of the shelterbelt according to the angle of the local sun's rays is proposed to reduce such adverse effects.

Key words: farmland Windbreak net; corn growth; arid area

0 引言

农田防护林网是干旱地区的重要生态屏障, 可以改善林带附近的小气候, 使附件的田地更加适合农业生产, 减少极端恶劣天气对作物的减产作用^[1]。尤其是在地处塔克拉玛干沙漠边缘的和田地区, 常年受到风沙、干旱、盐碱的危害, 其中风沙灾害最为严重, 以上世纪 60 年代到 90 年代的统计数据来看, 全年八级以上大风平均 1.9~8.0d, 最多年份达 17d, 沙暴天数为 4~64d, 飘尘达 150~175d, 其中造成特大风沙灾害平均每五年出现一次^[2]。如 2015 年 6 月 9 日下午 18:21 开始, 自西向东出现最低能见度小于 50 米的黑风, 其中和田市、策勒县和墨玉县出现大风天气。全过程平均风速在 6.9~12.0m/s, 风力 4~6 级; 瞬间最大风速在 12.3~22.3m/s, 风力 6~9 级。而农田防护林不仅对作物有防护作用, 也会随着树龄的增加, 在林带附近有严重的胁地现象, 造成农作物减产^{[3][4]}。但是长远来看农田防护林建设是必须的, 而洛浦县大部分林带主要以新疆杨为主^[4], 而新疆杨防风效能高, 但是其农田防护率较低, 胁地指数较高^[5], 因此为探究防护林使作物减产的主要原因, 并寻求解决方案。笔者在和田地区洛浦县的两个乡选择了五处不同布局的玉米田进行了研究。

1 洛浦绿洲自然条件

1.1 地理位置

洛浦县地处塔里木盆地西南，昆仑山北麓，位于塔克拉玛干大沙漠南侧；总面积 14287 km²，其中山地、平原绿洲、沙漠占比依次为 10.2%、5.8%、84%^[4]。

1.2 气候特征

洛浦气候受沙漠、风沙、干旱气候影响较大，为暖温带极端干旱大陆性气候，年均降水量 25.2mm，年均蒸发量 2226.2mm；四季分明，常年干燥。年均气温 7.8~12.0℃；极端最高温和最低温分别为 40.1℃、-26℃；≥10℃年均积温 4126.6℃；年均无霜期 217 天^[4]。

1.3 自然灾害

由于其地理位置，自古以来深受风沙、干旱、盐碱的危害。

以瞬间风速≥17m/s 为大风天气标准，在 1971~2009 年共出现大风 2781d^[6]，而且特大风沙灾害不断，平均五年就有一次。对当地造成的影响巨大，以 2006 年 4 月 9~11 日的大风沙尘暴天气为例，测站最小能见度<100m，最大风速≥34.1m/s，风口测风点最大风速≥41.6m/s，大风造成的直接经济损失近 1 亿元^[6]。而最近一次大风沙灾害是在 2015 年 6 月 9 日下午 18:21 开始，自西向东出现最低能见度小于 50 米的黑风，其中和田市、策勒县和墨玉县出现大风天气。全过程平均风速在 6.9~12.0m/s，风力 4~6 级；瞬间最大风速在 12.3~22.3m/s，风力 6~9 级。

由于和田地区受到大陆性极干旱天气影响，年降水量远远小于年蒸发量。整个地区为灌溉农业区，水源为河水。而河水均为季节河，在 6~8 月洪水期流量占 75%以上，而春播需水最多的 3~5 月，其径流量仅占 9.3%。因此春旱缺水，极大的限制了和田地区农业的发展^[3]。

1.4 耕种模式与防护林建设情况

因当地日照长，而耕地一般都依着河流分布。所以耕种主要限制因素土壤肥力，故一部分农民耕收两季（一季小麦一季玉米）。由于新疆是三北防护林建设的重点省份，在国家的扶持下到 1986 年洛浦全县已实现农田林网化^[3]。主要树种有胡杨（*Populus euphratica*）、新疆杨（*Populus alba* var. *pyramidalis*）、柳树（*Salix babylonica*）、核桃（*Juglans* sp.）等^[5]。

此次在农田走访，笔者只看到了核桃和新疆杨为防护林的农田。

2 实验方法与材料

由于洛浦当地种植的小麦为冬季小麦，五六月份成熟，所以本实验期间田地只有玉米可供观测。因为当地太阳辐射量大，当地玉米播种模式有两种，一部分农民会种一季冬季小麦，

并在五六月收割完小麦之后再播种玉米，秋季收割；另一部分一年只播种春季玉米，在七月底至八月中旬成熟。此次观测到了成熟期和拔节期两个时期的玉米作物和不同的防护林组合。实地考察中笔者采用卷尺和皮尺测量了玉米间距、行距，与防护林间的距离。根据防护林与作物远近，在一块田的不同区域从田埂向内测量了 5 株玉米作为样本测量高度，并在图中标注选样位置，记录数据。

3 结果与分析

通过测量了不同 5 处不同玉米田的玉米间距后发现玉米均间距在 30~40cm，行距在 50~70cm，且同一个田地的玉米间距和行距较一致，因此田地内的玉米密度不作为变量考虑。

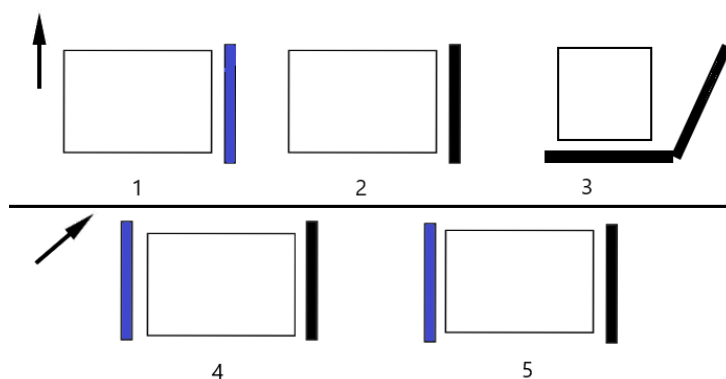


图 1 5 处农田与防护林平面示意图

Fig.1 Schematic diagram of 5 farmland and shelterbelt plans

其中空心四边形为农田，实心为防护林（蓝树种为核桃，黑为杨树）

3 号东侧的走向为东北偏 38°

数据处理：以玉米平均高度（cm）为 y 轴，以玉米距离防护林的距离（m）为（在原始数据中画图选择）x 轴作出下图。

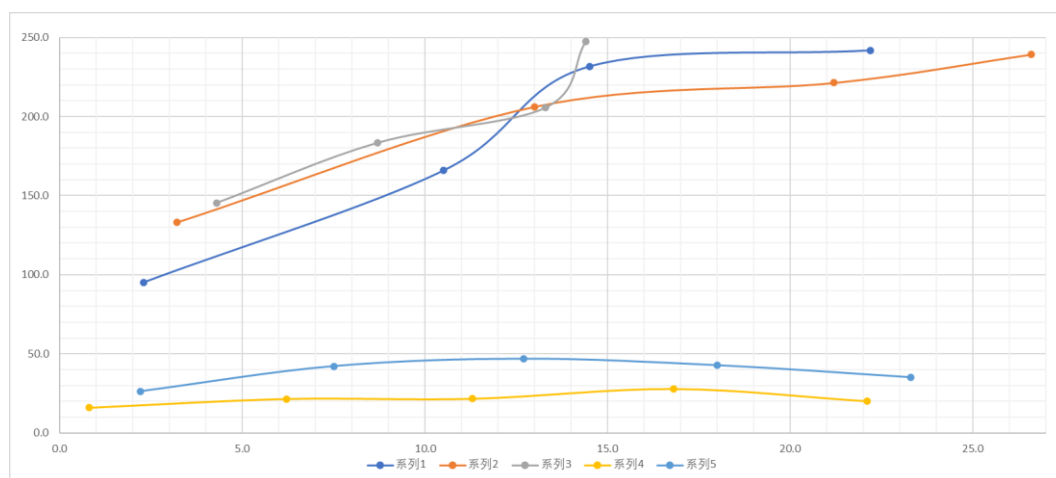


图 2 作物高度（cm）与防护林距离（m）曲线图

Fig.2 Curve diagram of crop height (cm) and shelterbelt distance (m)

X 轴从左到右是从田地东到西的距离(m)

如图 2 所示, 不论防护林树种是核桃还是新疆杨, 均有胁地效应。靠近林带的作物普遍长的矮小, 发育缓慢, 不同区域的高度差异明显 ($P<0.05$)。在靠近林带处影响越明显, 如图 3, 1 号田在核桃树荫下的几排玉米还未开花, 后面几排已经结穗。越远离这种影响开始变小, 直至影响变得可以忽略。由图 2 可看出, 在间距达到 13~15 米时 1、2 两条曲线开始水平, 因此可以认为防护林带对于作物的生长的抑制作用会在 13~15 米左右减小到可以忽略不计。从 1、2、3 三个曲线来看, 在最远离林带的地方, 作物高度大概在 239~247cm, 相差不大。靠近林带处的作物高度差距, 1 号田的作物高度明显在更靠近的区域才开始降低, 但是降低幅度大, 在最近处高度差距明显。为探究其原因, 以下为几个玉米田林带的结构数据。



图 3 1 号农田近林处

Fig.3 Field 1 near forest



图 4 第 2 号田防护林结构

Fig.4 Field 2 shelterbelt structure



图5 第5号田（从西向东拍摄）

Fig.5 Field 5 (photographed from west to east)

表1 防护林各项数据

Tab.1 The shelter forests various data

编号	1	2（混合林）	3(东)	3(南)	4(东)	4(西)	5(西)	5(东)
树木种类	核桃	核桃	杨	杨	杨	核桃	杨	核桃
平均周长/cm	36.1	53.2	74.6	72.4	25.6	53.2	74.8	35.3
平均间距/m	2.4	5.2	1.2	1.3	1.4	1.1	1.7	3.9

根据防护林结构的判定标准^[1]，由于没有灌木结构，因此这几个林子都不是紧密结构，1、2、3、4、5（东）属于透风结构，5（西）属于疏松结构。

由图可知，虽然2号田为混合林，但是其下面的核桃间距大，虽然当时在实地测量时由于笔者失误未测量其周长，但由图可知其明显要比1号田的核桃长的要小，林冠并不发达。因此林带主要树种新疆杨的影响最大，很明显新疆杨树种较核桃要高，但是林冠并不发达。因此核桃的影响要更靠近林带才能显现出来，但是由于林冠发达，所以折光率较高，对作物光合作用的影响更大。

而3号地最后一点是其西北角的数据，即离两边的防护林带最远处的数据。可以看到其与2号的差距不大。但是有意思的是最靠近林带处的作物株高也相差不大，后面的曲线甚至基本吻合。而3号地后边的取样点与南边林带的差距仅有5.3m，远远小于13m，因此南边林带对3号地的作物的影响是不可忽略的。但是两个林带的同时影响下其受到的影响依然与2号地没有太大差距。这应该与3号地东边的林带走向有关。因为当地日出方向偏东北方向，据统计，乌鲁木齐在3月20日，日出方位角到90°以下，至六月中旬至最低为56°，随后到9月24日才到90°。也就是说在春播后到秋天，新疆当地的日出方向偏东北方向。而3号地的东边林带走向是北偏东38°。比2号地的相比与太阳光线更加平行。所以当地日

出日落方位角与林带走向，对林带的胁地效应影响很大。

而如果单独考虑 4、5 号田，如图 6。

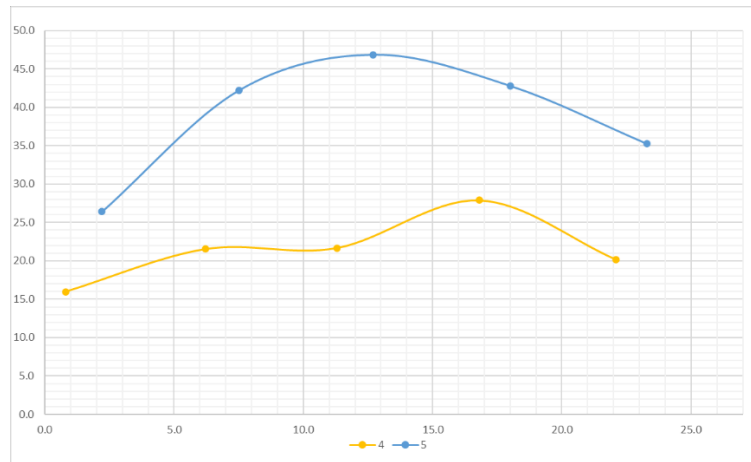


图 6 作物高度(cm)和与林带间距 (m) 关系

Fig.6 Curve diagram of crop height (cm) and shelterbelt distance (m)

由图可以看出，尤其是 5 号，其东边的林子栽培时间长，更加高大，发达。而西边明显是最近几年才转种的核桃树，因此东边的林子对于作物的影响较大。这与王葆芳、赵英铭、王志刚等^[5]，以不同年限的新疆杨防护效益比较中的结果吻合。其中种植年限更长的新疆杨的疏透度更小，减产率更高。虽然 4、5 号地的玉米还处于拔节期，但是其影响已经显现出来。

而 4 号田曲线中间部分株高降低的原因，笔者查阅资料未能找到其影响。

基于以上实验结果可知，在风沙灾害严重的和田地区追求在利用防护林的防风效益的同时应该科学规划防护林树种、走向。而近 40 年和田的最大风速气候特征，大风天气主导风向为 W-NW，频率是 44%，而次多风向 E-SE，频率 18%^[6]。而防护林应该大致与其保持垂直，而与当地日出方位角平行。可以根据 3-10 月农耕期的日出方位角平均数据与大风主导风向平均数据结合来确定当地林带走向。因为风向大概为西北风，而日出方位角一般在东北方向，在和田地区这两点并不矛盾。林带走向偏东北方向就可以在防护效益得到保证的同时，避免林带胁地效应使作物减产过大。

防护林的防护效应与降水量以及土壤类型无明显相关^[7]，因此由王葆芳、赵英铭、王志刚等^[5]的研究可知，在可能的情况下，可以考虑利用混交林。或者应该做具体的实验比较，来确定不同林种的防护有效期，及时更新林带。如新疆杨在种植 9 年后达到最佳防护成熟期，而有效防护成熟期 10-27 年^[5]。因此在有效防护期内可以不同期砍伐和移栽，从而获得更多的经济效应。

4 结论

我们通过结合以上观测与分析可知：

(1) 林冠更为发达的树种，对周围作物的影响更大。而且随着树龄的提高随着树木的发育，其对作物长势的不利影响会更大。

(2) 当地的防护林带过于单一，此次观察除了会看到有农民为了追求更多的经济价值而改种的核桃林带，其他均为新疆杨林带。而且每个林树种单一，很少有混种林，而且混合林的栽培方式也并不好，如 2 号田核桃，明显发育并不好，经济效益也会很低。

(3) 林带走向与当地日出方位角大致吻合时，其对作物的抑制作用会明显变小。

参考文献

- [1] 白晓慧, 施春红主编.生态工程: 原理及应用[M].2 版. 北京: 高等教育出版社, 2017.250~252
- [2] 刘康,陈一鹏.农田防护林效益及其对农作物产量的影响[J].水土保持通报,1993, (5):39~43.
- [3] 徐德炎. 新疆和田地区农田防护林体系与绿洲生态系统的研究[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(4):193~200.
- [4] 陈启民, 朱玉伟, 桑巴叶,等. 和田地区农田防护林更新存在问题的研究——以洛浦县为例[J]. 农学学报, 2014, 4(1):71~75.
- [5] 王葆芳, 赵英铭, 王志刚,等. 干旱区人工绿洲不同农田防护林模式防护效应及相关性[J]. 林业科学研究, 2008, 21(5):707~712.
- [6] 阿依夏木·买买提托合提, 赵玉倩, 阿依夏木古丽·买买提. 新疆和田地区近 40 年最大风速气候特征分析[J]. 地球, 2015, (7):407~407.
- [7] 邓荣鑫, 王文娟, 李颖,等. 农田防护林对作物长势的影响分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(增刊 1):65~72.

致谢: 本文的选题、构思、编缀和修改均在中国科学技术大学生命学院沈显生教授及罗建川老师的指导下进行, 特此谢忱。

乌鲁木齐市大滨菊的昆虫传粉生物学现象的初步观察

米丽迪丽·买买提

(中国科学技术大学生命科学学院, 合肥 230027)

摘要: 采用观察法对乌鲁木齐市师范大学家属院中的大滨菊及其昆虫传粉进行了调查, 发现了来访昆虫随时间, 天气, 大滨菊覆盖量的变化而变化, 并且并非来访昆虫均是传粉者。通过详细分析所记录的数据, 探究了昆虫来访大滨菊的规律, 及其是否传粉。数据表明, 大滨菊传粉昆虫的来访受许多外在因素的影响。

关键词: 大滨菊; 昆虫传粉; 来访时间

中图分类号: Q949. Q783.5 **文献标识码:** A

Preliminary Observations on the Biological Phenomena of Insect Pollination in *Leucanthemum maximum* in Urumqi

Mai Maiti-Milidili

(School of Life Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, 230027)

Abstract: An observational method was used to survey the big marina chrysanthemum and its insect pollinators in the residential area of Urumqi Normal University, and the visiting insects were found to follow the Time, weather, and the amount of cover varied, and not all the visiting insects were pollinators. The data recorded were analyzed in detail to investigate the patterns of insect visitation to . domesticate and whether they were pollinators. The data indicated that the visit of the pollinators to the plant was influenced by many external factors.

Key words: *Leucanthemum maximum*; Insect pollination; visiting time

0 引言

菊花是我国十大名花之三, 花中四君子之一, 也是世界四大切花之一。近年来, 在继承前人经验的基础上, 提高栽培技术, 采用杂交育种、辐射诱变、组织培养等新技术, 不仅提高了菊花的生产质量, 并使品种数量剧增, 据不完全统计已经达 7000 个品种以上。而大滨菊也是菊科植物的一种, 属于虫媒花。

传粉过程要依赖昆虫参与的花称为虫媒花。多数有花植物是依靠昆虫传粉的, 常见的传粉昆虫有蜂类、蝶类、蛾类、蝇类等, 这类昆虫来往于花丛之中, 或是为了在花中产卵, 或是以花朵为栖息场所, 或是采花粉、花蜜作为食料^[1]。在这些活动中, 不可避免地要与花接触, 这样也就将花粉传出去。作为一种虫媒花, 大滨菊被大量栽种在院子里成为了一道别样的风景。本文主要是对大滨菊的昆虫传粉生物学现象进行研究和总结。

1 调查物种、地点及方法

1.1 大滨菊生物学特性及生态适应环境

大滨菊 (*Leucanthemum maximum* (Ramood) DC.) 为菊科春黄菊族滨菊属多年生宿根草

本植物。原产地在欧洲，不过在中国已经广泛栽培。一般来说，大滨菊的植株约高 30-70 厘米，光滑无毛。茎直立，不分枝或自基部疏分枝，被长毛，叶互生，长倒披针形，基生叶长达 30 厘米，上部叶渐短，披针形，先端钝圆，基部渐狭，边缘具细尖锯齿。头状花序，单生枝端，直径 5-8 厘米。舌状花白色，舌片宽，先端钝圆；总苞片宽长圆形，先端钝，边缘膜质，中央多少褐色或绿色。瘦果，无冠毛。花、果期 7-9 月。大滨菊喜温暖湿润和阳光充足环境，耐寒性较强，耐半阴，适生温度 15-30℃，不择土壤，园田土、沙壤土、微碱或微酸性土均能生长。

大滨菊花朵洁白素雅，株丛紧凑，适宜花境前景或中景栽植，林缘或坡地片植，庭园或岩石园点缀栽植，亦可盆栽观赏或作鲜切花使用。是城镇绿化、美化环境的植物。因此在许多家属院或者小公园里都能看到大滨菊。

1.2 研究地的自然环境

此次调查的是新疆乌鲁木齐市师范大学家属院里种植的大滨菊。乌鲁木齐北纬 43°45′，东经 87°36′，地处天山山系北天山西段与东段的结合部，东、南、西三面环山，地势东南高、西北低，北为准噶尔盆地南缘，海拔 680-920 米，市区平均海拔 800 米，是世界上离海洋最远的城市，属中温带大陆性干旱气候，最热的是 7、8 月。乌鲁木齐地表水水质较好，河流均系内陆河，河道短而分散，源于山区，以冰雪融水补给为主，水位季节变化大，散失于绿洲或平原水库中。乌鲁木齐地区共有河流 46 条，分别属于乌鲁木齐河、头屯河、白杨河、阿拉沟、柴窝堡湖 5 个水系。今年乌鲁木齐市七月上旬的平均温度在 31℃左右，对于喜温暖，好阳光的大滨菊来说正是佳季。

2 材料与方法

2.1 实验材料

实验材料为大滨菊 (*Leucanthemum maximum* (Ramood) DC.)，材料采于乌鲁木齐市新疆师范大学家属院内。

大滨菊每朵花序都包括中间的两性的管状花和边上一圈的单性的舌状花。每个舌状花由最上部的花瓣，中间的黄色的雌蕊，和最下面的子房组成。大滨菊的雌蕊的柱头是双头的，在柱头成熟时成字型，子房在未授粉之前比较小，位于雌蕊的最下端。

2.2 仪器

2.2.1 观察设备

放大镜。

2.2.2 摄影设备

手机原相机 (iPhone XR)。

2.3 实验方法

主要采用观察法并对所观察得到的数据进行记录统计。大滨菊在院子里的分布是不均匀的,在各个花坛及路边的草坪中均存在,所以根据院子里大滨菊的分布,研究人员选择了院子里大滨菊比较集中分布并易于观察的地段做为观察对象。因研究题目是对大滨菊昆虫传粉生物学现象的初步观察,从2020年7月1日至2020年7月4日在院子里观察大滨菊与传粉昆虫。7月1日早上于早上8:00就位开始观察,精细观察大滨菊的外形的同时,记录各种昆虫的来访时间及来访进行的活动并进行拍照记录,晚上6:00左右结束第一天的观察。

2.4 数据处理

用观察法观察来访昆虫所属的种或目,并记录来访昆虫的数量且分析其来访频率与时间的关系。采用观察法对大滨菊与传粉昆虫进行调查研究。结果表明,大滨菊访花昆虫类群主要有双翅目(Diptera)、膜翅目(Hymenoptera)、鞘翅目(Coleoptera)。

3 结果与分析

3.1 大滨菊的分布特征分析

就2020年7月1日至2020年7月4日在新疆乌鲁木齐市师范大学家属院里观察到的大滨菊的分布得到以下结果:大滨菊分布在坐落于院中各处的花坛里,坐落于日照充足的花坛里的大滨菊的覆盖量较坐落于日照时间较短并且不充足的大滨菊的覆盖量要少。

3.2 大滨菊与昆虫来访频率的分析

经观察得到以下结果:在植被种类多但大滨菊覆盖量少的一片花坛里昆虫来访频率相对较低。在植被单一(仅大滨菊)但覆盖量较大的一片花坛中昆虫来访频率较高。

3.3 大滨菊与昆虫来访时间的分析(有些昆虫因没能具体判断属所以按目来分类)

①膜翅目:

从早上8:00开始来访次数和数量变多直到10:30左右,10:30到12:00来访昆虫的数目和次数都减少,12:00到17:00来访的次数变少但昆虫数目保持稳定。

②双翅目:(疑似刺腿食蚜蝇)

从早上8:00到12:00为止访问次数一直很多,昆虫数量也较多,12:00到2:00数量变少,2:00到6:00来访次数变多但昆虫数目较少。

尽管双翅目昆虫单次访问可携带花粉量相对较少(相比于膜翅目),但是较高访问速率及庞大的个体数量,保证了其作为有效传粉者的地位。^[4]

③鞘翅目:

据7月1日记录,鞘翅目来访次数较少,数目也较少,12:34出现第一次,12:58出现第

二次，2:23 出现第三次。

④蜜蜂：

蜜蜂在 7 月 1 日至 7 月 4 日的观察中都在上午出现的频率与数量比下午的要多。我将上述昆虫与来访时间与来访次数做成了以下图表：

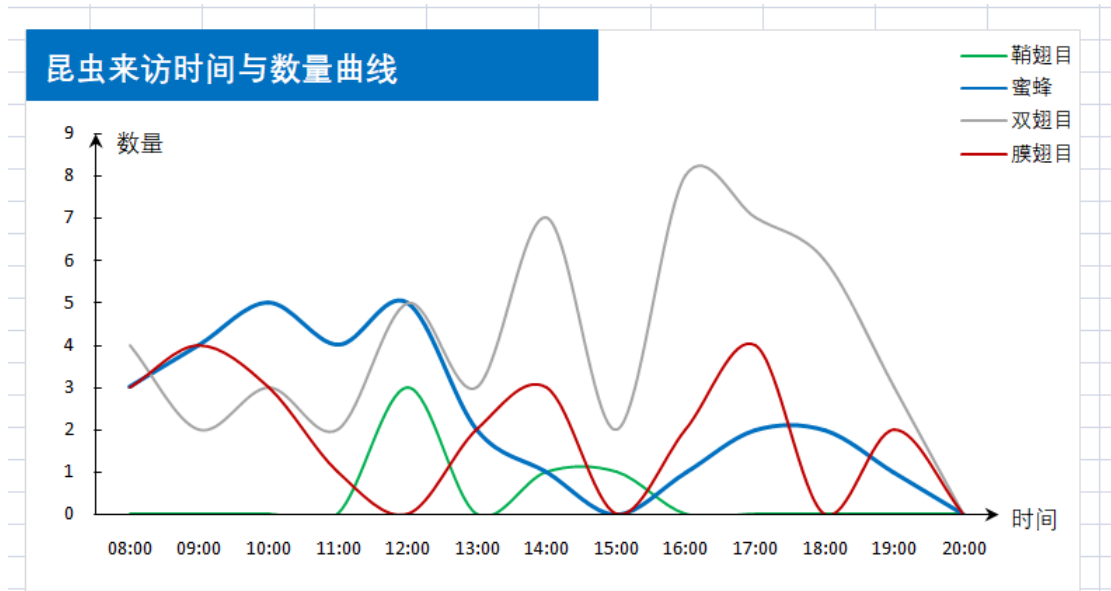


图 1 昆虫来访时间与数量曲线

Fig.1 Insect visiting time and quantity curve

4 结论与讨论

此次调查中，笔者经观察发现了大滨菊的访花种类不多，分别为膜翅目，鞘翅目，双翅目的昆虫。因鞘翅目的昆虫访花时只是啃食花，推测不是主要的传粉者，而蜂类和双翅目（疑似刺腿食蚜蝇类）来访频率较高推测是主要的传粉者。大滨菊与传粉昆虫的联系密切，通过全天候的观察记录与数据统计发现昆虫传粉的时间规律以及不同昆虫的不同访花特点。除此之外，为了明确天气对昆虫传粉的影响也选择了不同天气条件进行观察。

4.1 对天气与昆虫传粉关系的分析

天气对于传粉量、有效传粉时间以及花粉传向其他植物的输送范围都将起决定性的作用。

通过对不同天气情况下的昆虫来访得出如下结论：在由微风的情况下，昆虫来访次数较多。但刮较大的风时，会扰乱昆虫的飞行，访花次数也会相对较少。

4.2 对不同昆虫传粉的分析

大滨菊的主要传粉昆虫是双翅目（类似刺腿食蚜蝇类）、蜂类、膜翅目及鞘翅目的一些昆虫。其中鞘翅目来访频率最低，蜂类来访频率在上午的时间段最高，双翅目的来访频率在下午最高，膜翅目的来访频率中等。

4.3 对不同时间段昆虫传粉的分析

鞘翅目的出现频率较低也较为不规律。

蜂类的来访频率上午大于下午，大概在八点左右开始来访直到一点左右处于高频状态，下午的频率明显减小。

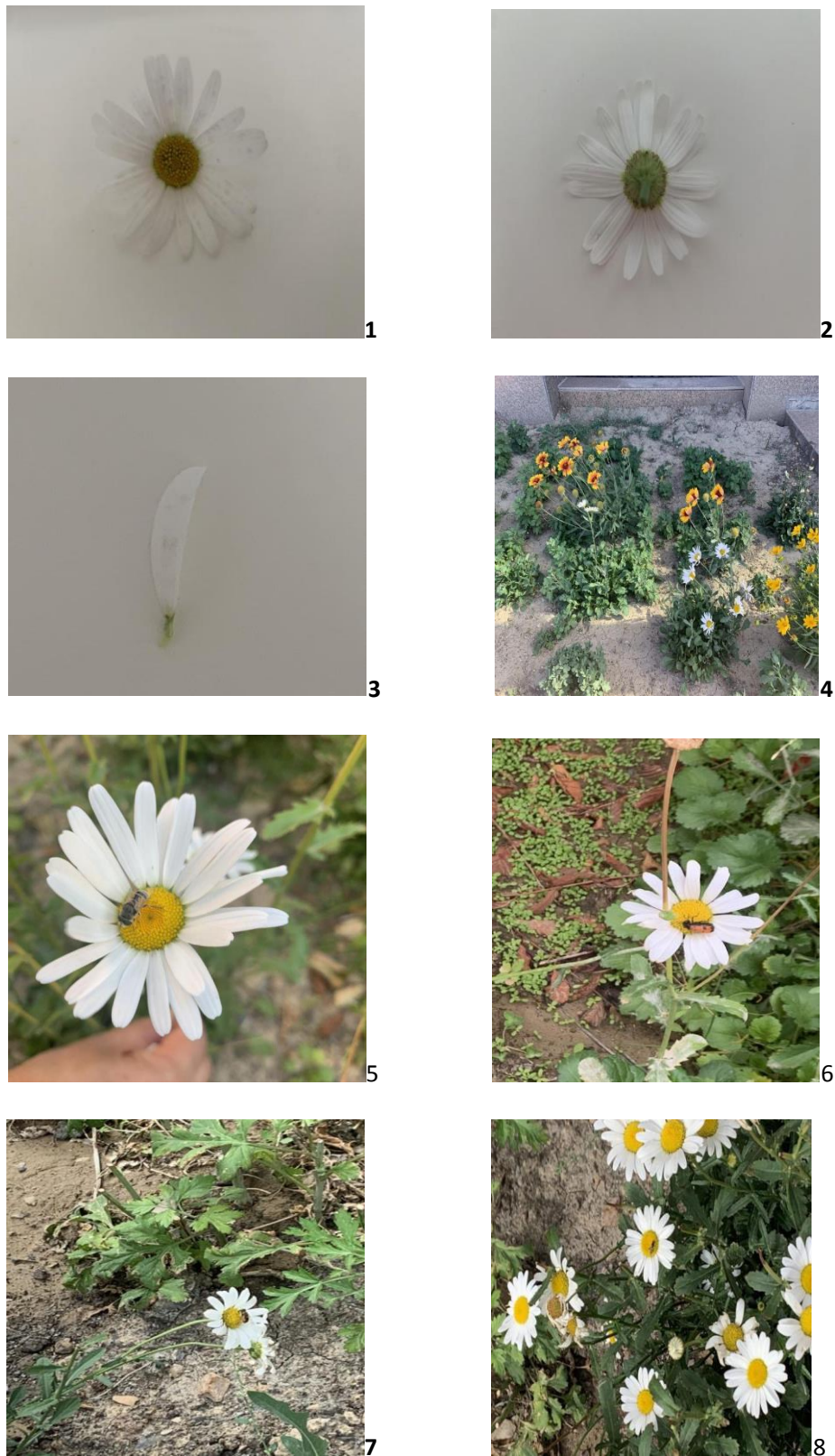
双翅目的来访频率相对处于一直较高的频率，大概 16 点左右来访频率达到巅峰状态。

参考文献

- [1] 王志学, 王邵芳. 花与传粉昆虫 *China nature* [J], 2011, 5: 10-11
- [2] 嵇凌. 大滨菊和短舌匹菊生殖特性研究[D], 2015, 1
- [3] 余春仁, 潘蓉英, 连建新等. 短刺刺腿食蚜蝇生物学特性的初步研究[N], 华东昆虫学报 1994, 01
- [4] 郑国, 武鹏峰. 双翅目昆虫传粉研究进展昆虫学报[J], 2019, 04

致谢: 本次调查承蒙中国科学技术大学生命学院沈显生老师在各方面给予的帮助和支持, 特此谢忱。

图版 I：米丽迪丽 新疆乌鲁木齐市大滨菊昆虫传粉生物学现象的初步观察



图版 I 说明：1-3. 宾菊头状花序，单性的舌状花；4. 宾菊的生长环境；5-8. 不同昆虫访问花序的场景。（备注说明：来访大滨菊的昆虫不只一种，主要是蜂类和一些属于双翅目，膜翅目，鞘翅目的一些昆虫。但它们的来访目的也不尽相同，有的吃蜜腺或吸蜜，有的只是来啃食花，还有的来捕获小昆虫等。）