

城市道路五角枫病害 ——辐照度温度和树皮灼伤调查研究

张真, 夏浩桐*

漯河市实验中学, 河南 漯河 462000

DOI:10.61369/EAE.2025060003

摘要 : 为揭示城市道路五角枫西面树皮病害成因, 本研究以漯河市凌云山路783株五角枫为对象, 采用野外普查、树干多部位辐照度-温度同步监测及模拟实验方法分析。结果显示: 整体患病率62.6%, 98.2%病害集中于树干西面, 路西患病率(82.0%)极显著高于路东(55.6%, $P<0.01$), 且与西面日照时长正相关($r=0.98$, $P<0.01$)。西面峰值辐照度(674.3 W/m^2)、累计辐照量(11.10 MJ/m^2)及最高树皮温度(59.7°C)均显著高于南面, 16:00-17:00为辐照度-温度响应最敏感时段(系数13.55°C/100 W/m^2)。研究指出, “西晒强辐射+移栽胁迫+薄树皮结构缺陷”是树皮热损伤及真菌侵染的核心机制, 沥青路面反射热加剧临路树皮灼伤。本研究填补了树干部位热损伤研究空白, 为城市行道树防护提供量化参考。

关键词 : 行道树; 五角枫; 热灼损伤; 西晒; 温度监测; 辐照度监测; 防护技术

Disease of five-angled maple in urban roads — investigation of irradiance, temperature and bark burn

Zhang Zhen, Xia Haotong*

Luohe Experimental Middle School, Luohe, Henan 462000

Abstract : To investigate the causes of bark lesions in five-angled maples along the western side of urban roads, this study analyzed 783 trees on Lingyunshan Road in Luohe City using field surveys, simultaneous monitoring of trunk irradiance-temperature profiles, and controlled experiments. Results showed: an overall disease prevalence of 62.6%, with 98.2% of lesions concentrated on the western trunk side. The western side exhibited significantly higher disease rates (82.0%) compared to the eastern side (55.6%, $P<0.01$), showing a strong positive correlation with western exposure duration ($r=0.98$, $P<0.01$). Western areas recorded higher peak irradiance (674.3 W/m^2), cumulative irradiation (11.10 MJ/m^2), and maximum bark temperature (59.7°C) than southern areas. The 16:00-17:00 period demonstrated the most sensitive irradiance-temperature response (coefficient 13.55°C/100 W/m^2). The study identified "intense western sunlight + transplant stress + thin bark structure" as core mechanisms causing bark thermal damage and fungal infection, with asphalt pavement reflection exacerbating bark scorching. This research fills a critical gap in trunk-side thermal damage studies, providing quantitative references for urban street tree protection.

Keywords : street trees; five-angled maple; thermal burn damage; western exposure; temperature monitoring; irradiance monitoring; protective technology

引言

行道树是城市生态系统核心, 五角枫因观赏性强、适应广成为北方主流行道树, 但病害频发影响其生态景观价值。早期研究多聚焦病虫害侵染与机械损伤, 章丽耀(2018)虽指出日灼与高温相关, 但未量化辐照度与温度动态响应。本研究以漯河市凌云山路五角枫病害为切入点, 通过“野外普查-精准监测-统计验证-量化分析”, 揭示病害空间分布规律及辐照度、树皮温度等驱动因子的因果关系, 提出“西晒强辐射+移栽胁迫+薄树皮结构缺陷”三因子交互机制, 为城市行道树热损伤防护提供量化依据与技术方案, 填补树干热损伤研究空白。

作者简介: 张真(1984.02-), 女, 汉族, 河南漯河人, 本科, 中学一级教师, 从事中学教育工作和研究。
通讯作者: 夏浩桐。

一、研究区域与方法

(一) 研究区域概况

研究区域位于河南漯河西城区凌云山路 ($33^{\circ} 36' N$, $114^{\circ} 02' E$)，南北走向，2022年春季移栽12年树龄五角枫，胸径11–16cm，树高3.1–4.5m。路宽24m，东侧3行、西侧2行（株行距3m \times 4m），沙壤土，常规养护。属温带季风气候，夏季炎热多雨，7–8月均温27–29°C，正午太阳辐照强度800–1000W/m²，符合北方城市夏季高温强辐射特征。

(二) 研究方法

1. 野外调查

由指导教师设计调查方案，师生8人于2025年1月13日开展全路区域普查，覆盖行道树783棵五角枫。病害树仅统计主树干发病C级、D级植株（依据《城市绿化树木日灼伤害分级标准》[章丽耀. 2018] C级为树皮局部开裂（面积<10cm²），D级为树皮大面积脱落（面积≥10cm²）或木质部裸露），采用“方向标记法”记录病变方位（精准标注树干东、西、南、北），按“路东3行、路西2行”划分样区，计算不同区域患病率。

2. 辐照度与温度监测

样本选择：路东靠路选取1株胸径14cm、树高3.9m的患病五角枫，生长环境开阔无遮挡，无机械损伤，树冠完整，确保数据代表性。仪器设备：温度监测用衡水创纪玻璃气温计（ $\pm 0.5^{\circ}C$ ）和电子温度计（ $\pm 0.1^{\circ}C$ ）；辐照度监测用台湾TES 1333太阳能功率计（ $\pm 5\% W/m^2$ ）；同步每10分钟自动拍照记录。监测方案：2025年8月12日（无云无风典型高温晴天）9:00–18:00每10分钟采集数据。树干1.5m高处南、西面树皮嵌入温度传感器，同步监测环境气温；辐照计分别监测阳光直射、树干南面及西面辐照度，确保数据精准。

(三) 数据处理与分析

采用Excel 2016整理监测数据，记录峰值辐照度（I）、累计辐照量（H）、最高树皮温度（T）、 $\geq 45^{\circ}C$ 高温持续时间等指标。使用SPSS 26.0软件进行统计分析，进行独立样本t检验（ $\alpha=0.05$ ），比较南、西面监测指标差异； $P<0.05$ 为差异显著， $P<0.01$ 为差异极显著。

二、结果与分析

(一) 五角枫病害特征、空间分布与日照时长

1. 五角枫病害特征

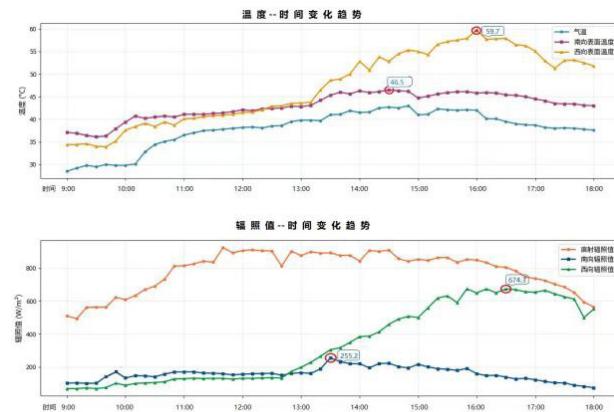
本次调查的783棵五角枫中，490棵存在主树干C级、D级树皮病变，整体患病率62.6%。病变树皮主要表现为：干枯开裂、翘起脱落，严重植株木质部裸露。半数以上（52.3%）出现木腐菌（如裂褶菌属、平菇属）感染，病变表面生长白色至浅灰色子实体，呈扇形或贝壳状，簇生或叠生，质地柔软，表面光滑

或有细小绒毛，边缘略卷曲，经鉴定为裂褶菌属（*Schizophyllum commune*）与平菇属（*Pleurotus ostreatus*）（如图）。



2. 病变方位、区域差异与日照时长的关联

病变方位西侧倾向性显著：490株患病树中98.2%病变集中于树干西面，仅9株位于南面或西南面。区域分布差异明显：路西2行患病率82.0%，极显著高于路东3行平均水平55.6%（ $P<0.01$ ）。路东3行患病率呈梯度分布（东→西： $18.7\% \rightarrow 57.8\% \rightarrow 84.0\%$ ），与西侧日照时长（ $2h/d \rightarrow 3h/d \rightarrow 4h/d$ ）极显著正相关（ $r=0.98$, $P<0.01$ ）。路西2行无遮挡，西侧日照时长4.5h/d，患病率分别为84.7%（东侧靠路行）和79.6%（最西侧行），临路行高患病率推测与沥青路面反射热相关，符合“西晒强辐射+树荫遮挡差异”的病害驱动机制。



(二) 树干南、西面阳光辐照度与树皮温度响应规律

1. 辐照强度变化特征

连续监测数据显示，树干南、西面辐照度在日间呈现极显著差异（ $P<0.01$ ），且差异具有时段特异性（表一）：

测量指标	西面数值	南面数值	差异值	统计显著性
峰值辐照度（ W/m^2 ）	674.3	255.2	419.1	$P<0.01$

测量指标	西面数值	南面数值	差异值	统计显著性
全天累计辐照量 (MJ/m ²)	11.1	5.18	5.92	P<0.01
13:00–15:00均值 (W/m ²)	369.5			P<0.01
15:00–18:00均值 (W/m ²)	621.1			
西面累计占比 (%)	85	58.9		

2. 树皮温度变化与辐照度响应

树皮温度与辐照度呈现高度同步变化趋势 ($r=0.92$, $P<0.001$) (表一), 且西面树皮温度对辐照度的响应更敏感。最高树皮温度: 西面 (16:00, 59.7°C) 较南面 (14:30, 46.5°C) 高 13.2°C ($P<0.01$), 较环境最高气温 (14:50, 43.0°C) 高 16.7°C, 表明树皮温度升高主要受直接辐照而非环境气温影响; 高温持续时间: 西面 $\geq 45^\circ\text{C}$ 高温持续 4.7 h (13:20–18:00), 较南面 (3.2 h, 13:30–16:50) 多 1.5 h ($P<0.05$); 辐照度 – 温度响应系数: 16:00–17:00 系数最高 ($13.55^\circ\text{C}/100\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), 说明午后晚期 16:00–17:00 是树干西面树皮温度对辐照最敏感的时段, 也是树皮温度最高时段, 更是防护的关键窗口 (表二)。

时间段	辐照度变化 (W/m ²)	树皮温度变化 (°C)	响应系数 (°C/100W/m ²)
13:00–14:00	150.6	6.4	4.25
14:00–15:00	123.4	4.4	3.57
15:00–16:00	173.9	3.6	2.07
16:00–17:00	25.1	3.4	13.55
17:00–18:00	165.8	3.8	2.29

三、讨论

城市行道树树皮灼伤与高温胁迫、真菌侵染的关联已有研究 (章丽耀, 2018; 刘卫佳, 2022), 但树干不同方位辐照度、温度及动态响应对病害空间分布的量化数据仍缺乏。本研究以漯河市凌云山路 783 株五角枫为对象, 通过连续 9 小时 (9:00–18:00, 每 10 分钟采样) 的多方位监测, 获取北方城市道路树木微观热环境核心数据, 为解析五角枫树皮灼伤成因提供直接量化支撑。

监测显示, 漯河五角枫树干西面峰值辐照度达 674.3 W/m^2 , 累计辐照量 11.10 MJ/m^2 , 最高树皮温度 59.7°C 。16:00–17:00 辐照 – 温度响应系数达 $13.55^\circ\text{C}/100\text{ W/m}^2$, 凸显午后西面强辐射与高温特征。热带树木热损伤阈值 $50\text{--}55^\circ\text{C}$ (Leers 等, 2025), 本研究西面树皮最高温 59.7°C 超阈值, 且 $\geq 45^\circ\text{C}$ 高温持续 4.7 h (较南面多 1.5 h)。数据验证了北方阔叶树热损伤机制, 并通过“方位特异性 + 时段敏感性”量化填补了城市道路树干微观热环境研究空白。

五角枫病害呈现“临路高发性”: 路东、西靠路行患病率分

别达 84.0%、84.7%, 显著高于非靠路区域, 这与沥青路面热辐射反射效应直接相关。Skelhorn 等 (2014) 指出, 夏季正午沥青路面温度 $60\text{--}70^\circ\text{C}$, 反射热可使局部环境升温 $2\text{--}3^\circ\text{C}$; 章丽耀 (2018) 亦证实硬铺装辐射热加剧树木热胁迫。本研究验证了路面热辐射的生态影响, 提出靶向防护方向——通过设置绿植缓冲带、采用透水铺装等措施削弱路面热反射, 降低树木热胁迫, 为城市行道树防护提供科学依据。

调查数据显示路东区域五角枫患病率呈现“ $18.7\% \rightarrow 57.8\% \rightarrow 84.0\%$ ”阶梯分布, 与西侧面日照时长梯度 ($2\text{ h} \cdot \text{d}^{-1} \rightarrow 3\text{ h} \cdot \text{d}^{-1} \rightarrow 4\text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$) 完全吻合: 东西向叠加种植下, 午后西侧行树冠为东侧行树干遮阴, 减少西晒辐射量。这证实了“种植布局”的调控价值: 东西走向道路或带状种植更适合五角枫这类薄皮树种, 能通过相邻植株的自然遮阴降低西晒胁迫损伤。

五角枫病害真菌侵染机制显示: 高温损伤致树皮屏障破坏, 引发裂褶菌属与平菇属真菌入侵 (邓嘉茹等, 2025)。树皮损伤超 10 cm^2 + 真菌侵染时, 1 年死亡率达 80% (Terho M 等, 2007)。结合吴跃开等 (2011) “物理 + 生物防护”思路及叶广荣等 (2025) 木霉菌剂 (提升抗真菌能力 30%), 建议在 13:00–17:00 展开遮阳网, 形成“遮阴 + 生物防侵染”体系, 效果优于传统涂白。

移栽胁迫与薄树皮缺陷加剧五角枫热损伤风险: Davis 等 (2020) 指出移栽树根系损伤致水分吸收降 30%~50%, 削弱耐热性; 章丽耀 (2018) 发现移栽树树皮角质层不完整, 易受高温破坏。刘卫佳 (2022) 证实 0.3~0.5cm 薄树皮导热系数高 25%~30%, 细胞坏死快 1.2 倍, 邓嘉茹等 (2025) 指出薄树皮木腐菌侵染率高 2~3 倍。西晒强辐射、移栽胁迫与薄树皮结构缺陷共同构成热灼损伤继发真菌侵染的核心机制, 导致五角枫易灼伤、染病。

本研究通过辐照度、温度与病害数据, 补充五角枫热损伤机制细节, 从“道路铺装影响”“种植布局调控”“精准防护实施”提供参考。后续可扩大样本验证路面反射热普适性, 细化种植分布、株行距与遮阴的量化关系, 探索木腐菌预防办法。

四、结论

病害特征与驱动因子: 漯河市凌云山路五角枫整体患病率 62.6%, 98.2% 病变集中于树干西面; 路西患病率 (82.0%) 极显著高于路东 (55.6%), 靠路行因沥青路面反射热 (局部升温 $2\text{--}3^\circ\text{C}$) 患病率达 84.0%~84.7%, 且患病率与西侧日照时长呈极显著正相关 ($r=0.98$, $P<0.01$)。

热环境关键数据: 树干西面峰值辐照强度 $674.3\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、累计辐照量 11.10 MJ/m^2 、最高树皮温度 59.7°C , 16:00–17:00 为辐照 – 温度响应最敏感时段 (系数 $13.55^\circ\text{C}/100\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), 该数据填补北方城市道路树干微观热环境研究空白。

抵抗力下降机制：移栽胁迫（根系损伤 + 树皮角质层不完整）与薄树皮结构缺陷（0.3~0.5 cm，导热性高、抗真菌弱）协同作用，降低五角枫耐热与抗侵染能力，叠加西晒强辐射与路面反射热，形成“损伤 - 侵染”恶性循环。

实践调控建议：东西走向道路或东西向带状种植可通过自然

遮阴减少西晒；13:00~17:00 时段遮阳 + 木霉菌剂的“物理 + 生物”防护体系，可能有效缓解热损伤与真菌侵染，为北方城市五角枫健康管理提供科学依据。

参考文献

- [1] 刘卫佳.重庆园林树种抗日灼能力评价及应用 [D].重庆交通大学, 2022.
- [2] 唐焱, 刘桢梦, 孙怡, 等.城市道路绿化对极端高温干旱气候的响应特征研究 [J].湖北林业科技, 2024, 53(02): 28~34.
- [3] 邓嘉茹, 孙龙华, 张劲蕡.园林树木木腐菌调查及诊断技术研究进展 [J].亚热带植物科学, 2025, 54(01): 100~108.
- [4] 叶广荣, 何世庆, 龚志勤, 等.木霉菌剂对香樟根系及复壮基质中微生物数量的影响 [J].树木医学, 2025, 2(02): 81~86.
- [5] 吴跃开, 余金勇, 李晓虹.园林树木腐朽病的发生与防治 [J].林业实用技术, 2011, (02): 37~39. DOI: 10.13456/j.cnki.lykt.2011.02.022.
- [6] 章丽耀.上海园林树种的日灼伤害及防治对策研究 [D].上海:同济大学, 2018.
- [7] Davis D D, Peterson J L. Sunscald susceptibility of transplanted ornamental trees[J]. Horticultural Science, 2020, 55(8): 1124~1129.
- [8] Leers J, Moore G M, May P B. Leaf thermotolerance in tropical trees from a seasonally dry climate varies along the slow-fast resource acquisition spectrum[J]. Journal of Tropical Ecology, 2025, 41(3): 45~60.
- [9] Skelhorn C, Ruxton G D, Beckerman A P. Urban road surfaces increase local temperatures and alter the behaviour of an ectothermic vertebrate[J]. Functional Ecology, 2014, 28(3): 764~772.
- [10] Terho M, Hantula J, Hallaksela A M. Occurrence and decay patterns of common wood-decay fungi in hazardous trees felled in the Helsinki City[J]. Forest Pathology, 2007, 37: 420~432.