

文章编号:1001-7380(2020)03-0026-05

悬铃散对不同地区悬铃木 果球生长及生理指标的影响

刘 进¹,高峰²,张 妍³,谢晓峰¹,丁万文⁴,袁 梅⁴,徐秀倩⁴

(1. 淮安市城区绿化养护技术指导站,江苏 淮安 223000; 2. 沂源县园林管理局,山东 沂源 256100;
3. 荣阳市园林中心绿化养护管理科,河南 荣阳 450100; 4. 南京登博生态科技股份有限公司,江苏 南京 210042)

摘要:以淮安、沂源、荣阳3个地区试验路段上的悬铃木为试验材料,通过喷洒悬铃散(果球生长抑制剂),研究其对试验悬铃木果球生长及生理指标的影响,从而评价悬铃散治理悬铃木飘絮污染的综合效果。结果表明:喷洒后,3个地区悬铃木果球直径显著下降;果球的电导率显著增加,含水率显著减少;果球SOD和POD活性较治理前显著升高;果球可溶性糖含量、可溶性蛋白含量显著下降。认为悬铃散使得试验路段上的悬铃木果球生长受到抑制,果球营养物质积累减少,果球数量显著降低,从而削弱了悬铃木果毛飘絮的污染。

关键词:悬铃散;悬铃木;果球;直径;电导率;SOD;POD;防治效果

中图分类号:Q945.6⁺5;S792.37

文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2020.03.006

Effects of a plant growth inhibitor on the growth of *Platanus acerifolia* cones and physiological index in different areas

Liu Jin¹, Gao Feng², Zhang Yan³, Xie Xiaofeng¹, Ding Wanwen⁴, Xi Mei⁴, Xu Xiuqian⁴

(1. Technical Guide Station for Urban Greening Maintenance of Huai'an, Huai'an 223000, China;
2. Landscape Management Bureau of Yiyuan County, Yiyuan 256100, China;
3. Virescence Maintenance Section, Garden Center of Xingyang City, Xingyang 450100, China;
4. Nanjing Dengbo Eco-technology Co., Ltd., Nanjing 210042, China)

Abstract: With trees of *Platanus acerifolia* at Huai'an, Yiyuan and Xingyang as testing materials and a cone growth inhibitor called Xuanlingsan (a *Platanus* float inhibitor), the effects of the inhibitor on the growth of the cones were studied to further evaluate the comprehensive effect to control the pollution of *P. acerifolia*. The results showed that after spraying Xuanlingsan, (1) The diameter of *P. acerifolia* cones in three areas were decreased significantly. (2) The conductivity of the cones increased significantly while the water content significantly reduced. (3) The SOD and POD activities of the cones increased significantly. (4) The soluble sugar content and soluble protein content of cones were decreased significantly. So it is concluded that Xuanlingsan significantly inhibited the growth of the *P. acerifolia* cones and reduced the nutrient accumulation, reduced the number of cones significantly in above-mentioned 3 different areas, thus reduced the cones' fluff pollution.

Key words: Xuanlingsan (a *Platanus* float inhibitor); *Platanus acerifolia*; Cone; Diameter; Conductivity; SOD; POD; Controlling effect

悬铃木 [*Platanus acerifolia* (Ait.) Willd], 为悬铃木科悬铃木属落叶乔木, 树冠开阔茂密, 枝条开展刚劲, 树叶呈掌状形, 叶大遮荫, 生长迅速, 适应力强, 繁殖容易, 易成活, 耐修剪, 对烟尘及多种有

毒气体抗性很强, 是常用的行道树树种之一, 目前已成为我国河南、江苏、湖北、安徽、陕西、山东等省部分城市绿化的主要树种^[1-6]。但在每年的4—6月, 悬铃木果毛给环境造成严重污染, 并会引发过

收稿日期:2020-04-10;修回日期:2020-04-28

作者简介:刘 进(1975-),男,江苏淮安人,高级工程师,大学本科毕业。长期从事园林绿化一线养护及技术服务指导,致力于园林植物病虫害统防统治、无公害防治、植物飘絮治理、园林废弃物资源化利用等园林科技推广与探索。

敏性鼻炎、支气管哮喘,影响人们身体健康^[7-8]。

针对悬铃木落果飞毛带来的问题,前人尝试了多种治理和改良方法,例如,利用人工整形修剪、高接换头控制悬铃木果毛,以及剪除花枝,抑制悬铃木生殖生长,减少结果数量,从而达到控制飞毛的目的^[9-12]。通过选育或诱变育种途径,获得不育或少果悬铃木,减少悬铃木果球数量,从源头减少飘絮的来源^[13-16]。除此之外,王长剑等在春季使用 20% 乙烯利产生了较好的效果,可减少悬铃木结果数量 50% 以上,并且抑制悬铃木球果的生长,形成小球果,小球果未能形成果毛,从而降低飘絮的污染^[17]。陈燕林等在镇江地区利用果球生长抑制剂使悬铃木果球生长受抑制,果球数量减少,减少了果毛飘絮的污染^[18]。本研究在前人研究的基础上,选用悬铃木果球生长抑制剂——悬铃散为试验材料,在淮安、沂源、蒙阳 3 个地区选取试验路段展开试验研究,旨在提高城市行道树的道路环境功能,降低悬铃木飘絮带来的不良影响,保证悬铃木发挥正常的生态绿化功能。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所用抑制剂悬铃散由南京登博生态科技股份有限公司提供,试验时间历时 2 a (2018—2019 年),分别选取江苏淮安(淮海西路、河南路、承德南路、漕运西路 4 条道路)、山东沂源(胜利街、历山路、振兴路、健康路 4 条道路)、河南蒙阳(植物园、惠民路、福民路、康泰路 4 条道路)的行道树悬铃木为试验对象,各地区样树基本情况见表 1。

表 1 各地区治理时道路样树情况统计

地区	街道	胸径/cm	数量
淮安	淮海西路	25—30	90
	河南路	30—35	90
	承德南路	25—30	90
	漕运西路	30—35	90
沂源	胜利街	30—35	90
	历山路	30—35	90
	振兴路	30—35	90
	健康路	30—35	90
蒙阳	福民路	25—30	90
	康泰路	30—35	90
	植物园	30—35	90
	惠民路	25—30	90

1.2 试验安排

悬铃散为外部喷洒型植物生长抑制剂,会受外界天气情况的影响,故喷洒作业选在各地区无雨天进行,一般选取 22:00 以后进行,利用大型喷雾车喷洒悬铃散,在喷洒区域缓慢前行喷洒悬铃散,保证样树均匀喷洒,悬铃散质量分数为 0.1%,使用量约为 5.5 L/株。每个地区各喷洒 2 次。各地区喷洒作业时天气情况详情见表 2。

表 2 悬铃散喷洒作业时各地区天气情况

地区	喷洒日期	天气现象 (白天/夜间)	气温 /℃	风向	风力
淮安	2018-03-23	晴转多云	8—19	南风	微风
	2018-03-25	阴转多云	9—21	南风	微风
沂源	2018-03-25	晴/晴	8—23	南风	3—4 级
	2018-03-26	晴/多云	12—24	南风	3—4 级
蒙阳	2018-03-22	晴/多云	7—20	西北风	2—3 级
	2018-03-24	晴/晴	8—22	东北风	2—3 级

1.3 试验方法

1.3.1 悬铃木果球采集 喷洒工作结束后,于 2019 年 2 月到各地区试验道路进行果球取样,每条道路随机抽取 25 个果球,每个地区分别采集 100 个,进行 3 次重复。

1.3.2 果球直径、含水率及电导率的测定 悬铃木果球直径用数显游标卡尺测量,测量 100 个果球直径,重复 3 次。

含水率测定,选取果球 100 个,称其鲜质量并记录,重复 3 次,然后置 105 ℃ 烘箱,8 h 后称干质量,计算果球含水量。含水率=[(鲜质量-干质量)/鲜质量]×100%

参照山东农学院主编实验方法:取新鲜果球,10 个为 1 组,3 个重复,先用蒸馏水洗涤数次,滤纸吸干后加蒸馏水 40 mL,30 ℃ 恒温浸提 1 h,震荡摇匀。用电导仪测电导率 C_1 ,再将样品放在沸水浴上浸提 10 min,冷却,测电导率 C_2 。相对电导率= $C_1/C_2 \times 100\%$ 。

1.3.3 果球 SOD、POD 活性、可溶性蛋白及可溶性糖含量的测定 果球 SOD 酶活性按照改进的 Dhindsa 等^[19]方法测定;POD 酶活性参照李合生等^[20]的方法进行测定;可溶性蛋白含量参照南京林业大学《植物生理实验指导》,采用考马斯亮蓝染色法^[21]进行测定;采用蒽酮比色法对果球可溶性糖含量^[22]进行测定。

1.3.4 果球整体防治效果测定 喷洒作业前,于 2018-03-15,2018-03-16 和 2018-03-19 分别对蒙

阳、淮安、沂源试验道路样树进行 2017 年的果球数量统计,2019 年 2 月到各地区试验道路进行样树 2018 年果球数量统计,每条道路随机选取样树 10 株,每样树随机选取样枝 10 个。

整体防治效果计算方法:防治效果(%)=[(药前球果数-药后球果数)/药前球果数]×100。

1.4 数据处理

对所有数据处理均用 Grappad prism7.0 进行方差分析并作图。

2 结果与分析

2.1 喷洒悬铃散对各地区悬铃木果球电导率、果球大小和含水率的影响

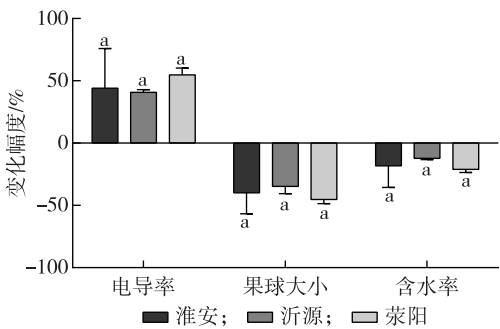
由表 3 可知,淮安、沂源和茌阳 3 个地区的悬铃

木,2018 年经过喷洒悬铃散后,果球电导率较 2018 年治理前显著升高,而含水率和果球大小较 2018 年治理前显著减小。治理后,对 3 个地区悬铃木果球样本电导率、大小及含水率的变化幅度比较分析,发现淮安、沂源和茌阳 3 个地区悬铃木果球电导率分别上升了 44.09%,40.81%,54.69%,含水率分别下降了 18.27%,12.25%,21.01%,果球大小分别下降了 39.88%,34.83%,45.26%(见图 1),但 3 个地区各指标变化幅度间无明显差异,说明喷洒悬铃散,对 3 个地区悬铃木果球电导率、大小及含水率的作用效果无明显差异。

表 3 不同地区悬铃木果球的电导率、果球大小和含水量

地区	处理	电导率/%	果球大小/mm	含水率/%
淮安	CK	18.37±0.294	28.82±0.116	77.58±0.450
	防治	26.47±2.929*	18.85±2.053****	67.52±3.713**
沂源	CK	22.92±0.517	21.03±0.087	80.07±0.416
	防治	32.27±0.241**	13.71±0.607***	70.26±0.383**
茌阳	CK	20.55±0.422	13.69±0.494	78.52±0.996
	防治	30.44±0.548**	7.478±0.232**	62.41±1.030***

注:同列数据结果进行方差分析。显著性差异分析中,*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$,***表示 $P<0.005$,****表示 $P<0.001$ 。



注:同指标相同小写字母表示结果无显著性差异($P>0.05$)。

图 1 治理后不同地区悬铃木果球样本电导率、大小及含水率的变化幅度

2.2 喷洒悬铃散对各地区悬铃木果球 SOD 酶、POD 酶活性,可溶性糖及可溶性蛋白含量的影响

由表 4 可知,沂源和茌阳地区的悬铃木,经过 2018 年喷洒悬铃散后,果球 SOD 酶活性较 2018 年治理前显著升高。淮安、沂源和茌阳 3 个地区的果球 POD 酶活性较 2018 年治理前显著升高。3 个地区的果球可溶性糖含量和可溶性蛋白含量显著下降。从

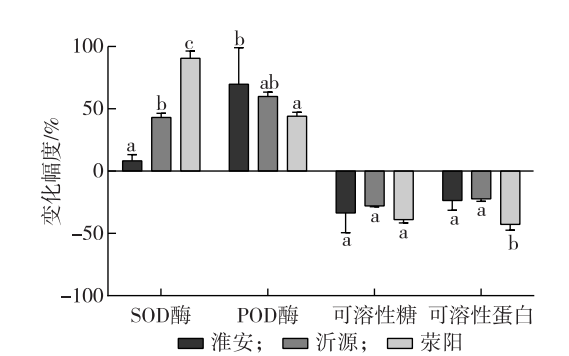
3 个地区悬铃木果球样本 SOD 酶活性、POD 酶活性、可溶性糖及可溶性蛋白含量的变化幅度来看,茌阳地区悬铃木果球 SOD 酶活性上升幅度最明显,为 90.51%;可溶性糖和可溶性蛋白含量下降幅度最为明显,分别为 38.96%,42.71%。淮安地区悬铃木果球 POD 酶活性上升幅度最为明显,为 69.83%。通过比较分析可得,喷洒悬铃散对 3 个地区悬铃木果球 SOD 酶活性、POD 酶活性及可溶性蛋白含量的影响存在差异,对 3 个地区悬铃木果球可溶性糖的影响无明显差异(见图 2)。

2.3 喷洒悬铃散后各地区悬铃木果球飘絮整体治理效果

由图 3 可以看出,淮安、沂源和茌阳地区的悬铃木,经过 2018 年悬铃散喷洒后其果球数量明显下降,其中淮安悬铃木果球数量下降幅度为 67.85%,3 个地区中抑制作用最为突出,沂源和茌阳的抑制效果也均高于 50%,沂源果球数量下降幅度为 57.20%,茌阳果球数量下降幅度为 54.63%。悬铃散在 3 个地区喷洒使用后,其对悬铃木飘絮的治理效果均有较为明显的作用。

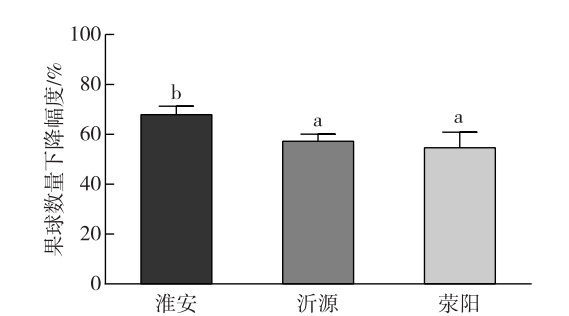
表 4 不同地区悬铃木果球的 SOD 酶活性、POD 酶活性、可溶性糖含量及可溶性蛋白含量					
地区	处理	SOD/(U/g FW)	POD/[U/(g. min)]	可溶性糖(mg/g FW)	可溶性蛋白/(mg/g FW)
淮安	CK	213. 7±1. 057	29 519±794. 9	7. 885±0. 043	6. 590±0. 017
	防治	231. 6±5. 487	50 138±4 324 * * * *	5. 235±0. 626 * * * *	5. 035±0. 253 * * * *
沂源	CK	178. 5±2. 278	27 179±849. 1	1. 815±0. 009	4. 795±0. 095
	防治	255. 4±3. 026 * * * *	43 477±460. 0 * * * *	1. 313±0. 006 * * * *	3. 733±0. 049 * *
茌阳	CK	167. 3±11. 56	44 504±1 963	7. 005±0. 107	6. 790±0. 294
	防治	315. 1±4. 891 * * * *	66 979±749. 9 * * * *	4. 100±0. 086 * * * *	3. 890±0. 162 * * * *

注:同列数据结果进行方差分析。显著性差异分析中,*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$,***表示 $P<0.005$,****表示 $P<0.001$ 。



注:同指标不同小写字母表示结果存在显著性差异($P<0.05$)。

图 2 治理后不同地区悬铃木果球样本 SOD 酶、POD 酶、可溶性糖及可溶性蛋白含量的变化幅度



注:不同小写字母表示显著性差异($P<0.05$)。

图 3 不同地区悬铃木果球飘絮治理整体防治效果

3 讨论

本试验所用的悬铃散,其本质为植物生长抑制剂,可影响植物繁殖器官的生长,最终会表现为植物外部生长的减弱。研究发现,淮安、沂源和茌阳地区喷洒悬铃散后,悬铃木果球大小显著降低,悬铃散对悬铃木的果球生长产生了抑制作用,果球数量减少和果球变小。当植物受到逆境影响时,细胞膜遭到破坏,膜透性增大,细胞内的电解质外渗,植物电导率增大,植物体内含水率会发生变化^[23-25]。本试验发现,在淮安、沂源和茌阳地区喷洒悬铃散

后,悬铃木果球的电导率明显增加,果球含水率明显降低。喷洒悬铃散药剂后,悬铃木果球生长受到抑制,细胞膜透性增加,细胞稳定性降低。且因地区地理环境的差异,其作用效果略有不同。

目前的研究表明,植物面对逆境胁迫时会通过提高植物抗氧化酶活性,来诱导 ROS 清除系统相关基因的表达,降低 ROS 积累引起的植物伤害^[26-27],SOD 酶和 POD 酶的活性会产生相应的变化^[28-29],胁迫严重时会导致植物细胞代谢紊乱,从而破坏植物细胞结构,降低植物细胞基本功能^[30]。本研究发现,喷洒悬铃散后,淮安、沂源和茌阳地区悬铃木果球 POD 酶和 SOD 酶活性较 2018 年治理前明显升高,说明喷施悬铃散对悬铃木果球的生长起到胁迫作用,激发了悬铃木果球体内保护酶系统的活性以做出保护性反应,消除果球内多余的 ROS。悬铃散在淮安、沂源和茌阳 3 个地区的作用效果基本相同。

逆境条件下可溶性糖、可溶性蛋白含量可为植物提供能源物质,维持一定的渗透压^[31-32],保证植物的正常生长。在喷施悬铃散后发现,淮安、沂源和茌阳地区试验路段的悬铃木果球可溶性糖、可溶性蛋白含量显著下降。喷施悬铃散显著降低悬铃木果球的营养积累,导致果球能源物质储备量减少,从而抑制悬铃木果球的生长,降低了果球飘絮带来的环境污染。

从整体防治效果来看,喷施悬铃散,使淮安、沂源和茌阳地区的悬铃木果球含水率下降,电导率增加,导致果球生长受到抑制,同时果球本身营养物质积累减少,导致果球数量显著减少,从而减少悬铃木果毛数量,达到减弱悬铃木果毛飘絮的污染目的,由于地理位置及气候特点的差异,悬铃散在这些地区的使用效果略微不同,其中综合效果最为明显的为茌阳,沂源次之。

参考文献:

[1] 郭彩霞,陈法志,杨守坤.武汉地区悬铃木花芽分布规律调查

- 研究[J].湖北林业科技,2007(3):13-15.
- [2] 李 辉,谢会成,赵春仙,等.济南市城市森林结构特征分析[J].西北林学院学报,2013,28(2):213-217.
- [3] 杨海青.悬铃木开花结实生理生态学特性研究[D].郑州:河南农业大学,2003.
- [4] 王爱霞,方炎明.空气重金属元素在悬铃木叶中的亚细胞分布及其区隔化效应[J].西北植物学报,2011,31(3):479-485.
- [5] 朱永一.安徽农大校园绿地树木组成结构及其碳储量特点[D].合肥:安徽农业大学,2017.
- [6] 杜华栋,王春梅.西安城市绿地主要植物的滞尘效益探讨[J].绿色科技,2017(18):21-24.
- [7] 齐 名,魏 花,朱 琴,等.二球悬铃木花粉变应原特异性体质与 HLA-DRB1 等位基因相关性分析[J].临床检验杂志,2006,24(6):401-403.
- [8] SEDGHY F, SANKIAN M, MOGHADAM M, et al. Impact of traffic-related air pollution on the expression of *Platanus orientalis* pollen allergens [J]. International Journal of Biometeorology, 2017,61:1-9.
- [9] 孙志联.悬铃木行道树的栽植、修剪和管护[J].河北林业科技,2014(2):76-77.
- [10] 薛 义,王连成.武汉市老城区行道树悬铃木的问题和修剪建议[J].湖北林业科技,2019,48(4):58-61.
- [11] 王玉勤.二球悬铃木“除毛”修剪[J].园林,2007(5):42-42.
- [12] 郭彩霞,鲁 平,陈法志,等.悬铃木控果修剪技术的应用研究[J].湖北林业科技,2007(4):22-25.
- [13] 王 军.少果无果悬铃木优良品种选优[J].花木盆景(花卉园艺),2000(1):17.
- [14] 程金水.⁶⁰Co- γ 射线诱发无毛悬铃木初报[J].北京林学院学报,1980(1):79-83.
- [15] 刘江浩.少毛少球速生悬铃木扦插繁殖[J].林业科技通讯,2004(3):26.
- [16] 李文彤.少果球悬铃木良种在城市绿化的应用[J].安徽林业科技,1999(3):45-46.
- [17] 王长剑,王大新.悬铃木果毛污染防治新技术试验研究[J].科技信息,2010(12):370-371.
- [18] 陈燕林,曹玉婷,汤德明,等.植物生长抑制剂对悬铃木果球生理生化特性的影响[J].安徽林业科技,2018,44(6):11-14.
- [19] DHINDSA R S, PLUMB-DHINDSA P, THORPE T A. Leaf Senescence: Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase[J]. Journal of Experimental Botany, 1981, 32(1):93-101.
- [20] 李合生,孙 群,赵世杰,等.植物生源生化实验原理和技术应用[J].北京:高等教育出版社,2000:3399-3400,3440.
- [21] 焦 洁.考马斯亮蓝 G-250 染色法测定苜蓿中可溶性蛋白含量[J].农业工程技术,2016,36(17):33-34.
- [22] 马琴国,王引权,赵 勇.萘酮—硫酸比色法测定党参中可溶性糖含量的研究[J].甘肃中医学院学报,2009,26(6):46-48.
- [23] 孙玉芳.温度胁迫对黄连生理生化特性影响研究[D].重庆:西南大学,2006.
- [24] 刘新海.脱水胁迫导致的植物细胞质外体和细胞微环境的改变[D].济南:山东师范大学,2007.
- [25] 解卫海,刘 丹,孙金利,等.脱水和高氧压过程中单叶蔓荆叶片细胞膜透性分析[J].林业科学,2015,51(6):44-49.
- [26] 姚侠妹,常二梅,纪 敬,等.外源 ABA 对短期 H₂O₂ 胁迫下侧柏幼苗活性氧代谢及相关基因的影响[J].林业科学研究,2017,30(4):624-632.
- [27] 段方猛,罗秋兰,鲁雪莉,等.玉米油菜素甾醇生物合成关键酶基因 ZmCYP90B1 的克隆及其对逆境胁迫的响应[J].作物学报,2018,44(3):343-356.
- [28] WILLIAMS B, KABBAGE M, KIM H J, et al. Tipping the balance: *Sclerotinia sclerotiorum* secreted oxalic acid suppresses host defenses by manipulating the host redox environment [J]. PLoS Pathogens, 2011, 7(6):e1002107.
- [29] NEHNEVAJOVA E, LYUBENOVA L, HERZIG R, et al. Metal accumulation and response of antioxidant enzymes in seedlings and adult sunflower mutants with improved metal removal traits on a metal-contaminated soil [J]. Environmental & Experimental Botany, 2012, 76(none):39-48.
- [30] FU Q Q, TAN Y Z, YU H, et al. Effects of salt stress on the generation and scavenging of reactive oxygen species in leaves of grape strains with different salt tolerance [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2018, 45: 30-40.
- [31] 宋福南,杨传平,刘雪梅,等.盐胁迫对柽柳超氧化物歧化酶活性的影响[J].东北林业大学学报,2006,34(3):54-56.
- [32] 陈 彪,李继伟,王小东,等.外源硒对干旱胁迫下烤烟生长和生理特性的影响[J].植物生理学报,2018,54(1):165-172.