

Effect and Ecological Risk Assessment for Traffic Polluted Citrus Orchard

Riqing ZHANG¹, Yunchang ZHANG^{1,3}, Yijun Liu², Xiaoqu WANG²

¹College of Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, P.R. China

²Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education),

College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing, P.R. China

³China Three Gorges Publishing House, Beijing, P.R. China

Email: liuyj@swu.edu.cn, fwlab@swu.edu.cn, 20031004@126.com

Abstract: Citrus plant samples were collected from the traffic polluted citrus orchard by the traffic roadsides to examine the effect and ecological risk of traffic pollution on citrus trees. Based on the function of MOB ILE 6.2 on calculating the emissions factor of vehicles, the required parameters were determined based on the actual categories, driving cycles, the rule of I/ M and any other parameter s of motor vehicles in Chongqing. Then the model was used to calculate the vehicle emission factors of CO, NOx and HC in Chongqing in 2008. By comparing the differences between the emission factors derived from the MOBIL E6.2 model and the chassis dynamometer, it was found that the emission factors calculated with the MOBILE6.2 model was smaller than the actual emission status in Chongqing. The emissions factor of citrus orchard coming from the traffic vehicles passing by was also calculated. Ecological risk of traffic pollution on citrus orchard was performed by using Geostatistical Analyst Tools of ArcGIS 9.3 from the GPS of polluted citrus plant samples.

Keywords: Citrus Orchard; traffic pollution; MOBILE6.2; emission factor; ecological risk

交通污染扩散对柑桔园的影响及其生态风险评价

张日清¹, 张云昌^{1,3}, 刘益军², 王小屈²

¹中南林业科技大学林学院, 长沙, 中国, 410004

²西南大学资源环境学院, 西南大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆, 中国, 400715

³中国三峡出版社, 北京, 中国, 100036

Email: liuyj@swu.edu.cn, fwlab@swu.edu.cn

摘 要: 通过对交通沿线柑桔园受害情况的采样调查, 利用 MOBILE6.2 模型, 根据重庆市道路交通环境条件, 确定了模型所需的机动车构成、行驶工况、气候条件等参数, 然后应用该模型计算基于 2008 年度重庆市机动车排放 CO、HC、NOx 的排放因子, 结果表明, 模型计算的结果比实测值低, 并根据交通沿线与柑桔园的通行情况, 预测了扩散到柑桔园的排放因子, 同时利用调查所用的 3S 技术, 以 ArcGIS 9.3 为平台, 应用地统计工具, 对交通沿线交通污染扩散带来的生态风险进行了分析与评价。

关键词: 柑桔园; 交通污染; MOBILE6.2; 排放因子; 生态风险

1 引言

柑桔类水果作为全球第一大水果, 在世界范围分布十分广泛。中国是全球三大柑桔生产国之一, 栽培历史长达 4000 多年。柑桔业是三峡库区的支柱产业。重庆市是中国乃至世界柑桔最适宜生态区之一。重庆市从

2002 年开始实施的“百万吨优质柑桔产业化工程”为柑桔产业的发展开拓了更大的发展空间^[1]。随着该工程的推进, 以及三峡库区土地结构的调整和重庆交通旅游的发展, 许多柑桔园已经直接与交通干线相连接。交通污染对柑桔园的影响已不容忽视。许多研究人员研究发现交通污染对植物会产生不同程度的损害, 并且一些有害有毒物质会在植物生长环境及体内富集^[2,3,4]。柑桔作为食用水果, 富集有害物质会通过运

资助信息: 国务院三峡办移民科研项目(柑桔种植园安全高效改良技术应用), 教育部春晖计划项目(植物对山区公路高边坡土体稳定性影响的时空有效度研究), 西南大学生态学重点学科“211 工程”经费资助。

输、加工等环节再次产生新的污染传递,延长污染链,同时也会通过食用直接产生危害,形成新的生态风险源。本文选用美国环保局开发推荐使用的 MOBILE6.2 模型,综合考虑重庆市特点,对模型中的相关参数进行修正,进而计算通过柑桔园交通污染排放因子,并运用 3S 集成技术进行生态风险评价。3S 集成技术是指遥感 RS (remote sensing)、地理信息系统 GIS (geographical information system)、全球定位系统 GPS (global positioning system) 等集众多现代科学于一体的新兴技术^[5]。在 3S 集成体系中,RS 是信息采集的主力,GPS 是对遥感图像中的信息采样点进行定位,GIS 是对所获取的信息进行管理和分析的中心,是 3S 技术的核心。本文以 Arcgis9.3 为分析平台,定量评估通过柑桔园的机动车污染物排放的扩散状况及其生态风险影响。

2 基于 MOBILE6.2 柑桔园沿线机动车排放因子

MOBILE 系列模型是由美国国家环保局研究开发的,用于实际运行条件下的机动车污染物平均排放因子的数学模型,为当前应用最广泛的机动车排放因子模式。其数据来源于美国环保局(EPA)组织的各种检测结果,以及联邦测试程序 FTP(Federal Test Procedure)中测得的排放结果。

2.1 MOBILE 6.2 模型概述

MOBILE6.2 是该模型的最新版本,可以用来计算 1952-2050 年各种机动车在实际运行条件下 HC、CO 和 NO_x 平均排放因子^[6,7]。为了使 MOBILE 模式更好地适应重庆市的基本情况,要进行本地化系统修正。本地化系统修正就是根据所研究地区的机动车平均速度、机动车里程分布、机动车登记分布、环境温度、I/M 计划、冷热启动比例、燃油、车型比例等因素对排放影响的测试结果来修正基本排放因子,得到所研究地区实际条件下各车型车辆的排放因子和所有车辆的综合排放因子。各种修正参数均可用其经验公式代入计算,计算出不同年代车辆的实际排放因子,再根据各车型的登记分布和平均年累积里程分布,最终计算出车队的总体排放因子。

2.2 MOBILE 模型输入参数的修正及确定

根据 MOBILE6.2 模型输入参数的需要,经过对重庆市在用车辆的调查统计以及其他基础数据的调查与收集,并根据重庆市柑桔园沿线交通车辆实地监测情

况进行必要的修正。

2.2.1 机动车车型参数

MOBILE 6.2 将车辆分为 28 种类型,包括汽油车 13 种,柴油车 11 种,公交车 3 种及摩托车。根据重庆市柑桔园沿线机动车的实际情况,统计时将机动车分为 7 类,其中汽油微型客车、轿车、小型面包车及汽油双料车列入 LDGV (轻型汽油轿车);汽油微型货车、吉普车列入 LDGT1 (轻型汽车卡车);汽油中型面包车列入 LDGT2 (中型汽车卡车);公交大客车和大型汽油车列入 HDGV (重型汽油车);轻型柴油卡车列入 LDDT (轻型柴油卡车);大型柴油客车和重型柴油货车列入 HDDV (重型柴油车) 和各类二轮、三轮摩托车列入 MC (摩托车) 7 种类型。

2.2.2 机动车在用状况参数

机动车在用状况参数包括机动车检测参数:车龄、单车排放因子、劣化率、年均行驶里程、平均行驶速度、冷热启动比例、油料状况、检查保养制度 (I/M)、机动车使用空调、过载和拖车状况以及道路环境条件等。

其中车龄、车程及其保养情况通过重庆市机动车年检站、重庆市交通局、重庆市统计局及重庆市 2009 年鉴有关资料收集及柑桔园沿线交通量监测及问卷调查获得。单车排放因子取美国 1985 年水平,劣化率取其基本排放因子对应的 FTP75 劣化率。年均行驶里程通过检测站及实地问卷调查综合得到。通过柑桔园里程以现有柑桔园分布图与公路路网分析得到见表 1。机动车平均行驶速度根据实际监测,取“重庆工况”33.3km/h^[8]。冷热启动比例分别取 20.6%, 27.3%。油料饱和蒸汽压冬季为 88kpa,夏季为 74kpa。检查保养制度取值为:年检从 1990 年开始,首次检测不合格率为 15%,普及率为 98%。机动车使用空调、过载和拖车比例分别为 60%, 25% 和 0%。重庆道路环境条件以 2008 年重庆市主要柑桔产区气象站平均取值:冬季日最高气温为 14℃,日最低气温为 5.3℃,日平均气温为 9℃;夏季日最高气温为 39.4℃,日最低气温为 24℃,日平均气温为 29℃。

2.3 柑桔园沿线交通污染物排放因子

将上述模型有关参数修正值,未进行修正的参数按模型推荐值要求输入到 MOBILE 6.2 模型中。其中对柑桔园的影响排放量的道路里程,以通过柑桔园的

道路里程及作为计算里程。根据重庆“百万吨优质柑桔产业化工程”规划、重庆市现有柑桔园布局及重庆市道路交通现状及规划布局由 3S 集成系统计算完成。各类机动车单车通过柑桔园年均里程见表 1。用该模型按美国 1985 年的排放水平计算, 仍然比 2004 年重庆实测结果^[8]偏低。这是因为该模型考虑的影响因素全面, 而目前重庆市相关历史数据缺失, 采用系统默认值会与实际情况有差异。但是该模型仍然不失为评估

机动车排放因子有效的方法, 可以为机动车污染预测提供依据^[9]。

表 1. 各类机动车单车年均行驶里程 (单位: km)

车型	LDG V	LDGT 1	LDGT 2	HDG V	LDD T	HDD V	MC
总里程	2500 0	22000	28000	34000	2900 0	41000	700 0
园区里程	256	227	258	342	291	414	210

柑桔园沿线机动车综合排放因子如表 2。

表 2. 2008 年柑桔园沿线机动车污染物排放因子 (单位: g/km)

季节	排放因子	LDGV	LDGT1	LDGT2	HDGV	LDDT	HDDV	MC
1 月 (冬季)	HC	5.557	5.828	8.953	16.656	1.427	5.393	4.355
	CO	43.261	32.964	59.536	116.439	2.164	7.626	10.519
	Nox	1.393	2.172	3.712	9.726	2.145	27.747	4.038
7 月 (夏季)	HC	7.184	7.133	10.214	18.277	1.443	5.393	9.206
	CO	46.189	33.964	61.089	128.948	2.177	7.626	11.259
	Nox	1.157	1.793	3.084	8.651	2.152	27.747	4.057

3 重庆市柑桔园沿线交通污染扩散模拟

由于柑桔种植面积的扩大和道路路网建设的发展, 以及旅游休闲活动的扩展, 柑桔园沿线的交通污染扩散随着汽车工业的快速发展和机动车拥有量的快速增长, 交通污染已成为不可忽视生态安全问题。交通污染不仅仅是指机动车排放的尾气所造成的 CO、HC、SO₂、NO_x、苯并芘等物质的污染, 而且越来越多的研究表明, 机动车尾气的排放、机械部件及轮胎的磨损等同样会对道路两侧的土壤和植物产生重金属污染。一般而言, 交通污染主要限于道路两侧 150 m 以

内的范围, 且交通污染的程度随着距交通主干道空间距离的增加以及交通流量的减少而下降。近年来, 尽管对城市污染的危害性、污染物的种类以及污染物来源等有较多的研究报道, 但有关交通污染对柑桔园的影响研究报道甚少。

3.1 重庆市机动车及柑桔种植状况

重庆市机动车保有量以每年 11.4—17.1% 的速度增长。据统计, 2008 年全市机动车保有量达 190 万辆, 其中汽车 12.41 万辆, 摩托车达 177.36 万辆, 1997-2008 年汽车、摩托车平均增长速度分别为 16.6%, 13.6%。预计到 2010 年全市机动车保有量将达 270 万辆, 每万人机动车拥有量约 400 辆。

重庆市 2008 年公路通车总里程达 11 万 km, 增长率为 3.7%; 公路密度为 1.3/km², 现有道路车流量年增长率在 15% 左右, 已普遍超过设计标准的 4-5 倍, 人均道路面积仅 5.86m², 干线上的拥挤度为 1.42, 进入超饱和状态。重庆市政府为了缓解交通堵塞情况, 加大了路网建设投资, 提出了“四小时重庆”和“半小时主城”的发展规划。

重庆市柑桔种植历史悠久, 自然资源、生态条件得天独厚, 是我国乃至世界柑桔的最适生态区之一。全市 40 个区县(市)中有 31 个区县(市)种植柑桔, 种植面积到 2008 年已达 18.7 万 hm², 产量达到 120 万吨, 柑桔产量占全市水果总产量的 70% 左右, 已发展成为重庆市第一大水果, 产量在全国 18 个柑桔生产省市(区)中居第 8 位。

3.2 柑桔园沿线交通污染扩散模拟

由于柑桔园沿线交通是以线状形式出现在果园环境中, 因此可用线状要素来描述。其空间结构与属性用 ArcGIS 来建立数据库, 并用 ArcGIS 的空间分析模型进行交通污染扩散分析。研究表明, 以 ArcGIS 为基础研究平台, 建立柑桔园沿线交通污染信息库, 能够充分发挥 GIS 的功能^[10, 11, 12, 13], 十分便利的进行柑桔园管理信息及其交通污染信息的添加、修正、补充及交通污染扩散模拟。在 GIS 数据库中, 将线状要素

描述成线最为合适。在交通沿线的柑桔园中路段相互连接构成公路网,同一种植园中整齐排列的各个柑桔树相互交织构成树网。这些网络中的单个线段都有自己的特征。例如,在路网中,通过柑桔园的路段都有自己长度、宽度、起点和终点以及车流的流向、流量及排放扩散。但在网络中的不同线段是以拓扑的形式相互关联的,一条线段的终点很可能是另一条线段的起点,除非该终点是网络中某一分支的末端^[10]。由于存在这种拓扑关系,我们不能将某条线段隔离开来研究。在本研究中我们用带箭头的线段来表示污染物扩散,其中箭头表示污染物扩散方向,线段的长度表示污染物的量的大小。用GPS跟踪车辆流动路线。然后把这些信息输入到ArcGis系统中进行线模式分析,模拟污染物扩散情况,如图1所示。结果表明,以3S技术开展污染扩散模拟,具有直观高效可更新的特点,是进一步分析研究和控制污染的有效方法与手段。随着高分辨率卫星影像的普及与推广,果园交通污染的影响研究将更加便捷和高效。



图1. 柑桔园沿线交通污染扩散模拟

4 交通污染对柑桔园的生态风险评价

4.1 交通沿线柑桔园风险受体分析

柑桔属于芸香科的柑橘亚科,包括了柑、桔、橙、柚、柠檬等品种。柑桔为常绿性,叶表面有较厚的角质层,对部分大气污染物抗性较强,但过量的污染物会使其受害。过量的二氧化硫(SO_2)污染会使叶绿素受到破坏并促使组织脱水。其特征是叶脉间具有不规则的坏死斑,同时叶片皱缩,伤害严重时,点斑发展成条状块斑。柑桔类在开花期对二氧化硫抗性最弱。 NO_x 对柑桔的危害,以 NO_2 毒性最强。 NO_2 主要造成柑桔叶片细胞叶绿体内膜和线粒体的破坏,影响光合作

用,并造成栅状组织细胞质分离、淀粉核消失,可使柑桔在短时间内幼叶枯萎、老叶坏死,甚至幼枝坏死,引起减产。当 NO_2 与 SO_2 共存时,柑桔伤害程度还会倍增。臭氧主要侵害柑桔叶片的栅状组织,引起叶片出现褐色小斑点及褪绿症,成龄新叶最易受害。为此,根据柑桔叶、梢受害情况、产量等,分为5级:

1级:受害不太明显。春、秋嫩梢生长正常,叶片能正常转绿老熟,产量稳定。

2级:受害明显。春、秋嫩梢叶片当年受害凋落,产量明显下降。

3级:受害严重。全株叶片少于正常树的,嫩枝干枯,产量低微。

4级:受害极为严重。新老叶大部分脱落,树势衰弱,翌年已失去生产价值。

5级:全株叶片落尽或全部黄化。除主干主枝外,枝梢干枯,无产量或树体受害死亡。

因此,把交通沿线柑桔园风险受体确定为柑桔树体本身,其风险表征为树叶、枝梢、树势和产量与品质。

4.2 交通沿线柑桔园风险源和生态风险指数

4.2.1 交通沿线柑桔园风险源

交通沿线柑桔园生态风险源大体可以归纳为自然和人为两大类。自然生态风险源指区域性的气象、水文、地质和病虫害等自然因素的骤变,这些变故具有不确定性,并且可能成为另一个生态风险链的起点。人为生态风险源为导致危害或严重干扰柑桔园生态系统的人为活动,如柑桔园的管理活动:品种更换、施肥、耕作、喷施农药、除草等,沿线机动车、游人的活动可能带来的病虫害以及对树体的伤害等,以及机动车行驶产生的尾气、机械磨损等产生的污染物等。

4.2.2 基于Arcgis的交通沿线柑桔园生态风险评价

由于交通沿线柑桔园生态风险与空间位置变量有关,因此可利用Arcgis地统计分析模块进行生态风险评价^[14]。地统计学在大量采样的基础上,通过对样本属性值的频率分布、均值、方差等关系及其相应规则进行分析,确定其空间分布格局^[15]与相关关系,与经典统计学的最大区别是:地统计学既考虑样本值的大小,又重视样本空间位置及样本间的距离,探索其规律,并进行预测。这个过程包括原始数据的获取、检查、分析,选用合适的模型找寻数据暗含的特点和规律。

ArcGIS地统计分析模块主要由三个功能模块组成：探索性数据分析、地统计分析向导和生成数据子集。利用这些基本功能模块，可以方便地完成生态风险评价。

地统计分析的核心是空间插值方法的选用。插值方法按其实现的数学原理可以分为两类：确定性插值方法和地统计插值方法。地统计插值也就是空间局部插值方法，也称为克里格插值（Kriging）。本文用协同克里格插值法研究交通沿线柑桔园生态风险。

协同克里格插值法可以应用于当同一个空间位置样点的多个属性之间存在某个属性的空间分布与其他属性密切相关，且某些属性获取不易，而另一些属性则易获取时的空间相关分析。协同克里格插值法把区域化变量的最佳估计值方法从单一属性发展到二个以上的协同区域化属性。

本文以某地交通沿线柑桔园柑桔植株受害情况为采样观测对象。在ArcGIS 9.3环境下，利用地统计工具(Geostatistical Analyst Tools)，进行该范围内柑桔植株受害情况分布曲面进行研究。该区面积大小为1500m×1500m。根据柑桔种植点情况，采样网格为3m×5m，实际采样点在公路沿线200m范围内，由ArcGis模拟得到。然后用GPS根据采样要求定位柑桔样株采样，可获得的采样点空间分布，如图2。将这些信息作为参数输入，可得到交通沿线柑桔园生态风险预测图。根据实际调查各观测样树的受害情况，利用地统计工具可以得到受害分布曲面。进一步考虑人居环境及销售情况，则可以得出生态风险指数及其风险等级。

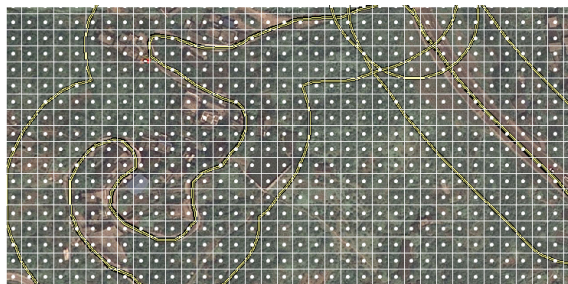


图 2. 柑桔园沿线交通污染受害调查采样点

致 谢

西南大学 2003、2004、2005、2006 级林学、水土保持与荒漠化防治专业部分学生参加了外业调查与内业分析，特此致谢。

References (参考文献)

- [1] Li Zhenlun, Study on Layout of Industrialization Producing Area of "Million Tons" Citrus in Chongqing[D], Chongqing: Southwest Agricultural University, 2002 (Ch).
李振轮.重庆市“百万吨”柑桔产业化生产基地布局研究[D], 重庆: 西南农业大学, 2002.
- [2] Bao Weikai, Zhu Zhongbao, The Compound Pollution of Deposit, SO₂ and Other Pollutants from Power Plant to Orange Trees[J], *Agro-Environmental Protection*, 1997, 16(1):p16-19, 23 (Ch).
包维楷, 朱忠保, 粉尘和 SO₂ 等的复合污染对柑桔的危害研究[J], 农业环境保护, 1997, 16(1), p16-19, 23.
- [3] Huang Yun, Studies on the Heavy Metal Ecological Behaviors of Soil-Citrus System in the Three Gorge Reservoir Region in Chongqing[D], Chongqing: Southwest Agricultural University, 2003 (Ch).
黄昀, 重庆三峡库区土壤-柑桔系统重金属生态行为研究[D], 重庆: 西南农业大学, 2003.
- [4] Ling Hui, The Research of Citrus Orchard Production Environment in Chongqing[D], Chongqing: Southwest University, 2008 (Ch).
凌辉, 重庆市柑桔果园生产环境研究[D], 重庆: 西南大学, 2008.
- [5] Matejcek L. Spatial modeling of air pollution in urban areas with GIS :a case study on integrated database development [J] . *Advances in Geosciences* , 2005(4) , p63-68
- [6] US Environmental Protection Agency. User's guide to MOBILE 6.1and MOBILE 6.2 : mobile source emission factor model [M/OL] [2006-12-10] <http://www.epa.gov/otaq/models/mobile61>
- [7] US Environmental Protection Agency. MOBIL E6 user's manual [M/OL].[2006-12-10]<http://www.epa.gov/otaq/models/mobile61>
- [8] Guo Ping, Ma Ning, Chen Gang, et al. A Study on the Vehicle Emission Factors in Chongqing[J], *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 2009, 31(11), p108-113 (Ch) .
郭平, 马宁, 陈刚等, 重庆市机动车排放因子研究[J], 西南大学学报(自然科学版), 2009, 31(11), p108-113.
- [9] Bi Ye, Ge Yunshan, Han Xiukun, Analysis of emission pollutants from Beijing taxi based on MOBILE6.2 [J], *Journal of Safety and Environment* , 2007, 7(2), p61-64 (Ch).
毕晔, 葛蕴珊, 韩秀坤, 基于 MOBILE 6.2 的北京市出租车排放污染物分析[J], 安全与环境学报 2007, 7(2), p61-64 (Ch).
- [10] David W.S. Wong, Jay Lee, Statistical Analysis of Geographic Information with Arcview GIS and ArcGIS[M], John Wiley & sons, 2005.
- [11] Spellerberg, Ecological Effects of Roads [M].New Hampshire:Science Publishers, 2002.
- [12] Baxter E. Vieux, Distributed hydrologic modeling using GIS[M], Netherlands:Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [13] Zhang Can, Gong Jing, Yan Xinping, Simulation of Vehicle Emission Dispersion Based on GIS[J], *Journal of Transport Information and Safety*, 2009, 27(1), p113-116 (Ch).张璨, 巩晶, 严新平等, 基于 GIS 的交通污染扩散模拟[J], 交通安全与信息, 2009, 27(1), p113-116.
- [14] Mao Xiaoling, Ni Jinren. Recent progress of ecological risk assessment[J], *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2005, 41 (4) , p 646 -654(Ch).
毛小玲, 倪晋仁, 生态风险评价研究述评[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2005, 41 (4) , p646 - 654.
- [15] Wu Jianguo. Landscape Ecology-Pattern, Process, Scale and Hierarchy[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000, p1 - 258.
邬建国, 景观生态学-格局、过程、尺度与等级[M], 北京:高等教育出版社, 2000, p 1 - 258.