

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第10期 Vol.31 No.10 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 10 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

大熊猫取食竹笋期间的昼夜活动节律和强度·····	张晋东, Vanessa HULL, 黄金燕, 等 (2655)
高枝假木贼的胎生萌发特性及其生态适应·····	韩建欣, 魏 岩, 严 成, 等 (2662)
准噶尔盆地典型地段植物群落及其与环境因子的关系 ·····	赵从举, 康慕谊, 雷加强 (2669)
喀斯特山地典型植被恢复过程中表土孢粉与植被的关系·····	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友, 等 (2678)
青藏高原高寒草甸土壤 CO ₂ 排放对模拟氮沉降的早期响应·····	朱天鸿, 程淑兰, 方华军, 等 (2687)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤水分和植被空间格局·····	邱开阳, 谢应忠, 许冬梅, 等 (2697)
雪灾后粤北山地常绿阔叶林优势树种幼苗更新动态·····	区余端, 苏志尧, 解丹丹, 等 (2708)
四川盆地四种柏木林分类型的水文效应·····	龚固堂, 陈俊华, 黎燕琼, 等 (2716)
平茬对半干旱黄土丘陵区柠条林地土壤水分的影响·····	李耀林, 郭忠升 (2727)
连栽杉木林林下植被生物量动态格局·····	杨 超, 田大伦, 胡日利, 等 (2737)
近 48a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征·····	杨建堂, 刘 勤, 严昌荣, 等 (2748)
中型景观尺度下杨树人工林林分特征对树干病害发生的影响——以河南省清丰县为例·····	王 静, 崔令军, 梁 军, 等 (2757)
耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响·····	田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 等 (2768)
官山保护区白颈长尾雉栖息地适宜性评价·····	陈俊豪, 黄晓凤, 鲁长虎, 等 (2776)
花椒园节肢动物群落特征与气象因子的关系·····	高 鑫, 张晓明, 杨 洁, 等 (2788)
沙漠前沿不同植被恢复模式的生态服务功能差异·····	周志强, 黎 明, 侯建国, 等 (2797)
大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价·····	张海波, 崔继哲, 曹甜甜, 等 (2805)
不同耐盐植物根际土壤盐分的动态变化·····	董利苹, 曹 靖, 李先婷, 等 (2813)
短期 NaCl 胁迫对不同小麦品种幼苗 K ⁺ 吸收和 Na ⁺ 、K ⁺ 积累的影响 ·····	王晓冬, 王 成, 马智宏, 等 (2822)
套袋微域环境对富士苹果果皮结构的影响·····	郝燕燕, 赵旗峰, 刘群龙, 等 (2831)
畜禽粪便施用对稻麦轮作土壤质量的影响·····	李江涛, 钟晓兰, 赵其国 (2837)
土霉素胁迫下拟南芥基因组 DNA 甲基化的 MSAP 分析·····	杜亚琼, 王子成, 李 霞 (2846)
甲藻孢囊在长山群岛海域表层沉积物中的分布·····	邵魁双, 巩 宁, 杨 青, 等 (2854)
湖南省城市群生态网络构建与优化 ·····	尹海伟, 孔繁花, 祈 毅, 等 (2863)
基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟 ·····	全 泉, 田光进, 沙默泉 (2875)
城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响 ···	李 萍, 王 松, 王亚英, 等 (2888)
专论与综述	
北冰洋微型浮游生物分布及其多样性·····	郭超颖, 王桂忠, 张 芳, 等 (2897)
种子微生物生态学研究进展 ·····	邹媛媛, 刘 洋, 王建华, 等 (2906)
条件价值评估的有效性与可靠性改善——理论、方法与应用·····	蔡志坚, 杜丽永, 蒋 瞻 (2915)
问题讨论	
中国生态学期刊现状分析 ·····	刘天星, 孔红梅, 段 靖 (2924)
研究简报	
四季竹耐盐能力的季节性差异·····	顾大彤, 郭子武, 李迎春, 等 (2932)
新疆乌恰泉地震前后泉水细菌群落的变化·····	杨红梅, 欧提库尔·玛合木提, 曾 军, 等 (2940)
两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能 ·····	黄增玉, 黄林茂, 黄寿山 (2947)
学术信息与动态	
全球变化下的国际水文学研究进展: 特点与启示 ——2011 年欧洲地球科学联合会会员大会述评·····	卫 伟, 陈利顶 (2953)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-05



封面图说: 藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 属猴科 (*Cercopithecidae*) 猕猴属 (*Macaca*) 又名四川短尾猴、大青猴, 为我国特有灵长类之一, 被列为国家二级保护野生动物; 近年来, 由于人类活动加剧, 栖息环境恶化, 导致藏酋猴种群数量和分布日趋缩小; 本照片摄于四川卧龙国家级自然保护区 (拍摄时间: 2010 年 3 月)。

彩图提供: 中国科学院生态环境研究中心张晋东博士 E-mail: zhangjd224@163.com

城市道路绿化带“微峡谷效应”及其 对非机动车道污染物浓度的影响

李萍¹, 王松¹, 王亚英², 郝兴宇¹, 武小钢¹, 阎海冰¹, 蔺银鼎^{1,*}

(1. 山西农业大学, 山西太谷 030801; 2. 山西省林业职业技术学院, 山西太原 030009)

摘要: 研究不同绿化带结构对非机动车道污染物浓度的影响, 将为城市道路绿化带格局提供依据。利用遮荫网模拟 10、20、30 m 隔离的道路绿化带, 并模拟了 3 种不同结构的绿化带, 分别对各类道路微气候条件(风)及 SO_2 、 NO_x 、 NH_3 、总悬浮颗粒物(TSP)和可吸入颗粒物(PM10)等 5 种主要污染物浓度进行了观测。结果表明: 风速小于 2 m/s 时, 10 m 和 20 m 间隔的道路绿化带会产生“微峡谷效应”, 使绿化带间隔内风速增加。10 m 间隔的绿化带较其它两种绿化带对各种污染物的净化百分率更明显, 且污染物净化百分率与风速大多正相关显著。12.5 m 的模拟绿化带与 10 m 的间隔交替的绿化带可以更有效地降低非机动车道的污染物浓度, 污染物净化百分率与风速也大多正相关显著。不同结构道路绿化带会影响道路微气候条件, 从而影响非机动车道污染物浓度。城市道路绿带存在合理的绿带结构, 可以通过设计更合理的城市道路绿带模式有效改善城市非机动车道空气质量。

关键词: 道路绿化带; 微峡谷效应; 非机动车道; 污染物

“Micro-canyon effect” of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles

LI Ping¹, WANG Song¹, WANG Yaying², HAO Xingyu¹, WU Xiaogang¹, YAN Haibing¹, LIN Yinding^{1,*}

1 Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 2. Shanxi Forestry Vocational Technical College, Taiyuan 030009, China)

Abstract: The present experiment investigates the effect of the green belt structure on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles and provides a basis for designing a road green belt pattern. We simulated green belts separated by 10, 20, and 30 m intervals with shade cloth. The three simulations were of 10 m roads alternating with 10 m green belts, 10 m roads alternating with 12.5 m green belts, and no roads in an 80 m green belt. Microclimate (wind) conditions and the concentrations of five major pollutants, namely SO_2 , NO_x , NH_3 , total suspended particles (TSP) and respirable particulate matter (PM10), were observed for all types of road. The observation periods were from 7 to 8 am, from 9 to 10 am, from 11 am to 12 pm, from 1 to 2 pm, and from 3 to 4 pm on the same day. The results show that when the wind speed was less than 2 m/s, the green belts separated by 10 m and 20 m intervals had a “micro-canyon effect”, and the wind speed above the green belt interval increased by 23.33% and 20.22%, respectively, whereas the wind speed above green belts separated by 30 m reduced by 3.33%. When the wind speed exceeded 2 m/s, none of the green belts displayed a micro-canyon effect. There was a nonlinear relationship between increasing the interval width and the percentage removal of pollutants, with the green belts at 10 m intervals having the greatest effect. When the wind speed dropped below 2 m/s, for the 10 m interval, the daily average percentage removals of the five pollutants SO_2 , NO_x , NH_3 , TSP and PM10 were 32.01%, 29.43%, 7.66%, 54.27% and 53.90%, respectively. When the wind speed exceeded 2 m/s, for the 10 m interval, the daily average percentage removals of the pollutants were 16.50%, 16.90%, 12.02%, 32.86% and 25.14%, respectively. It was also found that the percentage removal of the five pollutants had positive correlation with the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30870434)

收稿日期: 2010-11-01; 修订日期: 2011-02-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sxnd-lyd@sohu.com

wind speed for the 10 m interval but not for the 20 m and 30 m intervals. The structure of 12.5 m green belts at 10 m intervals can more effectively reduce the pollutant concentration of roads for non-motorized vehicles; the daily average percentage removals of the pollutants were 8.74% , 9.13% , 7.63% , 13.01% and 15.56% when the wind speed was less than 2 m/s and 7.03% , 3.51% , 10.4% , 24.35% and -14.28% when the wind speed exceeded 2 m/s, respectively. The positive correlations between the removal percentages of the pollutants and the wind speed were the most significant for this green belt mode. The removal percentages of pollutants were small or negative for other green belt modes. The green belt structure affects the micro-climatic conditions of the road and thus the pollutant concentration over roads for non-motorized vehicles. Applying a reasonable structure for the urban road green belt, we can improve air quality over roads for non-motorized vehicles.

Key Words: city road green belt; micro-canyon effect; road for non-motorized vehicles; pollutant

随着我国现代化进程的加快,以及拉动内需等相关政策的出台,我国大中型城市机动车保有量增长快速,给我国经济带来了繁荣。同时道路交通带来的污染也持续攀升^[1-2],对城市环境造成了严重损害。目前,机动车排放的污染物公认为城市道路空气污染的主要污染来源,由于机动车排放高度较低,在行人、自行车与汽车混行的交通方式中,这些排放到空气中的废气直接危害的人数众多。已有研究表明,受道路污染影响最为严重的空间是交通主干道及其两侧 50 m 以内、1.7 m 以下的低空范围的空气^[3],此范围也正处于行人的呼吸区域,极易造成对地面及临街建筑室内人群身心健康的伤害。城市道路中活动在非机动车道和人行道上的行人或非机动车司机是首先受到道路污染危害的人群。如何减少道路污染对城市居民尤其是道路行人的生态危害,已经成为建设生态城市,构建和谐社会的头等难题。国内外学者对道路污染进行了多角度的研究和探索,对不同街道结构对污染物扩散的研究较多,而对道路绿化带对污染物扩散的研究较少^[4-9]。如何将有限的城市道路绿化带发挥其最大的环境生态功能,亦逐渐成为城市环境生态研究的热点。

研究表明^[5-7],当高大建筑物分布于狭长街道两旁时,污染物容易被困其中,很难扩散出去,这就形成了所谓的街道峡谷效应。而城市道路中机动车道和非机动车道之间的绿化带也可能会形成类似于街道峡谷效应的“绿带峡谷效应”,密度过高的绿化带将不利于机动车道中污染物的扩散。气象学中,把在两侧为山体,中间开口的地带,空气由开阔地区进入狭窄谷地时,谷口截面积小,由于空气质量不能在峡谷内堆积,于是气流将加速流过峡谷,风速相应增大,产生比附近地区风速大得多的风叫峡谷风^[10]。城市道路绿化带的中间间隔部分具有与峡谷类似的中间低两侧高的结构,是否会形成类似于峡谷风的“微峡谷效应”?间隔的宽度是否会影响街道的微气象条件,是否会对非机动车道中污染物的扩散产生影响?合理的绿化带结构是否有利于非机动车道污染物的降低?本文将就这些问题进行研究,为将来的城市道路绿化带格局提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

太原市是山西省的省会城市,东经 112°33',北纬 37°52'。太原市属大陆性暖温带季风气候,年平均风速为 1.8—2.4 m/s,除春季风速较大外其他季节风速偏低,静风频率偏高,对大气污染物水平扩散不利。

1.2 实验方案设计

1.2.1 监测项目、仪器和方法

选择晴朗、无风或者微风(风速小于 4 m/s)情况下进行观测。分别在风速大于 2 m/s 小于 4 m/s 和风速小于 2 m/s 两种天气条件进行风速和污染物浓度的观测。选择 SO₂、NO_x、NH₃、TSP 和 PM₁₀ 等 5 种主要城市污染物作为净化目标进行研究。

采样仪器 风向采样仪器为三杯轻便风向风速表。风速采用美国产手持气象站 Kestrel3500(风速观测精确度±3%)。污染物采样仪器为青岛崂山电子仪器厂生产的 KB6120 型中流量大气采样仪。

风向风速观测方法 每 20 min 观察 1 次,每次为 2 min 平均风速。每次试验观察 4 次,取 4 次的平均值。

污染物监测方法 2009 年 11—12 月,进行低空污染物浓度值的测量,高度为 1.5 m,采样流量 100 L/min。固体项目,TSP、PM₁₀ 每次采样时间为 60 min;气体项目,NO_x 采样时间 60 min、SO₂ 采样时间 60 min、NH₃ 采样时间 20 min。NO_x 吸收量的测定采用盐酸萘乙二胺比色法(GB/T15436—1995),SO₂ 吸收量的测定采用甲醛缓冲溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法(GB/T15262—1994),NH₃ 吸收量的测定采用次氯酸钠水杨酸分光光度法(GB/T14679—1993),TSP 的测定采用重量法(GB/T15432—1995),PM₁₀ 的测定采用重量法(GB/T6921—1986)。

样品采集时间 通过对昼间车流量情况的调查,选取车流量在昼间车流量基本稳定的时间段进行试验。一日分 5 个时段,即 7:00—8:00、9:00—10:00、11:00—12:00、13:00—14:00、15:00—16:00。

不同距离绿带间隔风速变化百分率计算公式:

$$P_v = \frac{V_c - V_j}{V_c} \times 100\%$$

式中, P_v 是不同间隔绿化带风速变化百分率; V_c 是机动车道靠近绿带一侧风速; V_j 是绿带间隔中心风速。

不同结构绿带污染物净化百分率计算公式:

$$P_n = \frac{C_c - C_r}{C_c} \times 100\%$$

式中, P_n 是绿带对各种污染物净化百分率; C_c 是机动车道靠近绿带一侧污染物浓度; C_r 是非机动车道靠近绿带一侧污染物浓度。

1.2.2 监测点的布置

(1) 不同间隔道路绿化带对污染物扩散的影响 11 月后,选择以草坪和落叶乔木为主的绿化带(乔木为槐树,株高 10 m 以上),乔木树叶脱落(树叶脱落后树木对风等小气候环境的影响可以忽略),以 2 m 高的遮阳网模拟绿带,模拟长度为 50 m,中间分别留出 10、20、30 m 的间隔。

每种绿化模式均设置 3 个测点 A、B、C。A 放置于机动车道,B 放置于非机动车道,分别处于模拟绿化带两侧,距间隔端口 5 m 处。A、B 两点纵线对应。C 点放置在间隔中心(图 1)。

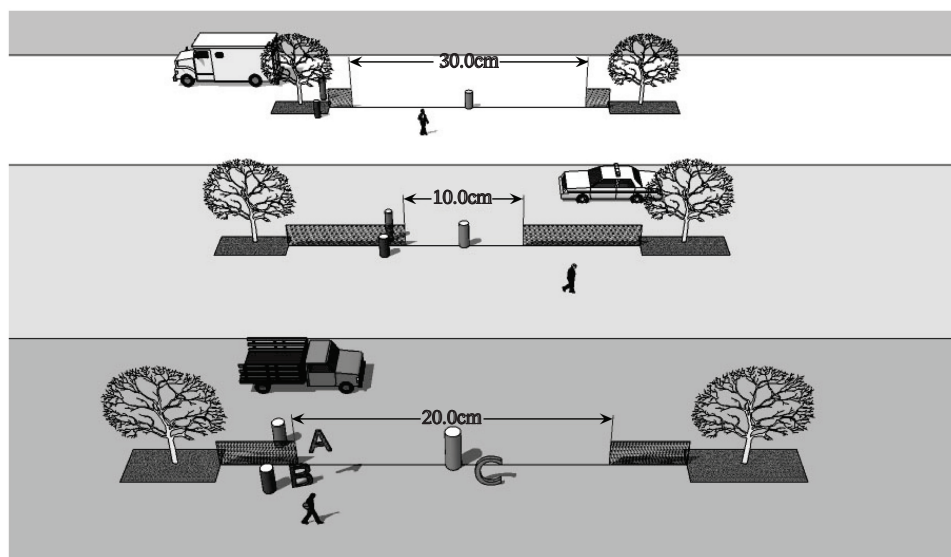


图 1 不同绿化带间距测量点示意图

Fig. 1 The simulation schematic of different green belts intervals

(2) 不同结构道路绿化带对污染物扩散的影响 依照实验一模拟绿化带的分析结果,选择一条长约 80 m 的道路绿化带,采用的绿化带间隔为 10 m,分 3 种模式进行试验:模式一,选取 6 段被遮阳网遮挡的绿化带,每段 5 m,共 30 m。留出 50 m 不遮挡,均分为 5 段,每段 10 m,即绿带与空白间隔比例为 1:2;模式二,选取 4

段被遮阳网遮挡绿化带,每段 12.5 m,共 50 m。留出 30 m 不遮挡,均分为 3 段,每段 10 m,即绿带与空白间隔比例为 1.25:1。模式三,80 m 全部遮挡,没有空白间隔。

共设置 4 个测点。机动车道两个(A、A+),非机动车道两个(B、B+),两两在纵线上对应。A、A+水平间隔 15 m,B、B+水平间隔 15 m。4 个测点均避开间隔处,设置在有模拟绿化带的位置(图 2)。

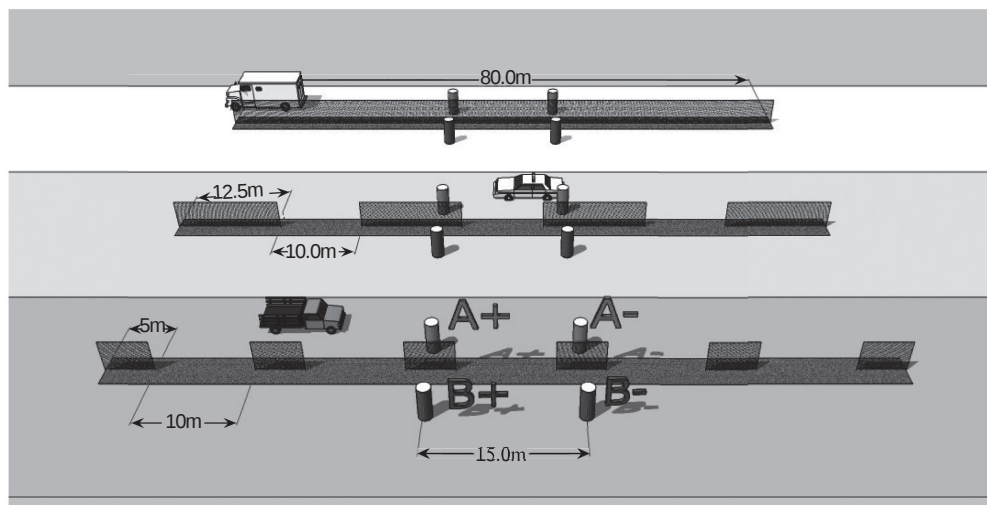


图 2 不同绿化带模拟试验示意图

Fig. 2 The simulation schematic of different Green belts mode

1.3 数据处理与分析

运用 Excle2003 软件进行图表处理,相关性分析用 SAS 统计软件处理。

2 结果与分析

2.1 不同间隔道路绿化带模拟结构各测点间风速变化

由不同绿化带间隔模拟绿带的风速变化百分率(图 3,图 4)可知,在风速小于 2 m/s,10 m 间隔绿带间隔中心风速较机动车道风速平均增加 23.33%,增幅为 0—50.0%;20 m 间隔平均增加为 20.22%,增幅为 0—50.0%;30 m 间隔 C 点风速平均下降 3.33%,降幅为 -14.29%—16.67%。间隔 10 m 和 20 m 绿化带,间隔中心风速较机动车道风速有所升高,与峡谷风产生的效应一致,即由于两侧绿带的压缩作用,使中间空气流动速度增加。“微峡谷效应”的存在,有利于机动车道空气的流动扩散,可能有利于机动车道和非机动车道污染物扩散。而 30 m 间隔中心可能由于距离绿带边缘太远未见明显的峡谷效应(图 3)。在风速大于 2 m/s 小于 4 m/s 的天气条件下,3 种绿带间隔中心风速较机动车道内风速平均增幅均为负值,未见明显的峡谷效应(图 4)。

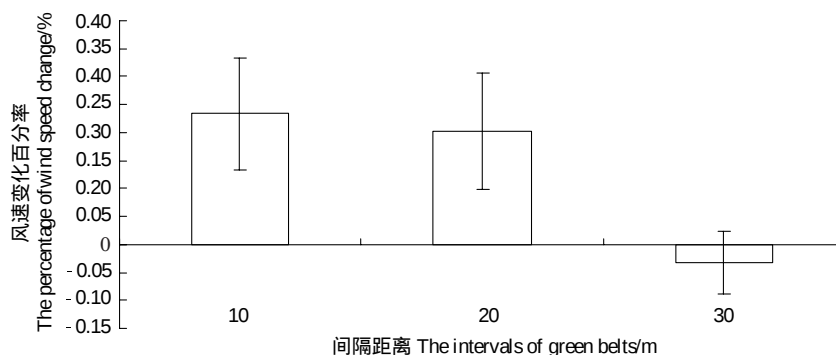


图 3 风速小于 2 m/s,不同间隔风速变化

Fig. 3 Wind speed less than 2 m/s, the percentage of wind speed change in different intervals

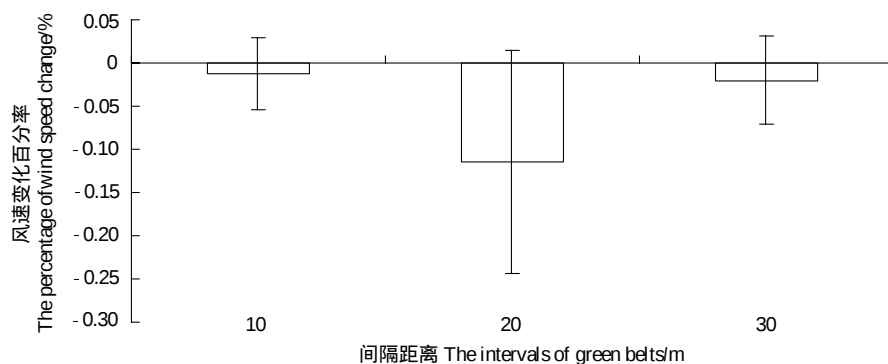


图4 风速大于2 m/s,不同间隔风速变化

Fig. 4 Wind speed is greater than 2 m/s, the percentage of wind speed change in different intervals

2.2 不同间隔道路绿化带对机动车道污染物扩散的影响

2.2.1 风速小于2 m/s,不同间隔绿化带对污染物扩散的影响

由表1可知,小风条件下10 m间隔绿化带对5种污染物(NO_x 、 SO_2 、 NH_3 、TSP、 PM_{10})的日平均净化百分率分别为32.01%、29.43%、7.66%、54.27%、53.90%,20 m和30 m间隔绿化带5种污染物日平均净化百分率均小于3.0%。除 NH_3 外,一天中各时间段10 m间隔绿化带对其它4种污染物的净化百分率均高于20 m和30 m间隔绿化带净化百分率。11:00—12:00时,10 m间隔绿化带对5种污染物净化效果最好,净化百分率分别为40.95%、57.78%、16.87%、71.43%、61.54%。

表1 风速小于2 m/s,不同间隔模拟绿化带对5种污染物的净化百分率的影响

Table 1 The removal percentage of 5 kinds of pollutants with different simulation intervals green belts when wind speed less than 2 m/s

The kind of pollutants	The interval width	Removal percentage/%					Means
		7:00—8:00	9:00—10:00	11:00—12:00	13:00—14:00	15:00—16:00	
NO_x	10	20.20	36.32	40.95	27.86	34.71	32.01
	20	-8.13	4.84	0.94	8.16	8.75	2.91
	30	1.84	-1.94	3.01	-6.59	9.57	1.18
SO_2	10	5.47	50.49	57.78	17.73	15.69	29.43
	20	-5.88	-7.29	6.41	7.35	-3.33	-0.55
	30	1.84	-1.94	3.01	-6.59	9.57	1.18
NH_3	10	-5.17	14.91	16.87	2.16	9.55	7.66
	20	-4.55	8.41	-3.25	-5.83	6.00	0.16
	30	-4.10	3.78	0.94	-5.80	7.80	0.52
TSP	10	40.00	60.00	71.43	56.52	43.40	54.27
	20	-12.50	0.00	-5.26	-6.25	5.00	-3.80
	30	3.85	4.26	-60.00	-10.53	-4.76	-13.44
PM_{10}	10	50.00	55.56	61.54	50.00	52.38	53.90
	20	-15.38	-13.33	-27.27	-33.33	-10.00	-19.86
	30	-12.50	-22.22	7.14	-33.33	40.00	-4.18

2.2.2 风速大于2 m/s,不同间隔绿化带对污染物扩散的影响

由表2可见,风速大于2 m/s条件下10 m间隔绿化带对5种污染物的日平均净化百分率分别为16.50%、16.90%、12.02%、32.86%、25.14%,20 m和30 m间隔绿化带除 PM_{10} 日平均净化百分率高于10%外,其它4种污染物日平均净化百分率均小于10.0%。15:00—16:00时,10 m间隔绿化带对5种污染物净化效果最好,净化百分率分别为20.60%、22.70%、15.80%、41.70%、40.00%。

表 2 风速大于 2 m/s,不同间隔模拟绿化带对 5 种污染物的净化百分率的影响

Table 2 The removal percentage of 5 kinds of pollutants with different simulation intervals green belts when wind speed greater than 2 m/s							
污染物种类 The kind of pollutants	间隔宽度/m The interval width	净化百分率 Removal percentage/%					全日平均值 Means
		7:00—8:00	9:00—10:00	11:00—12:00	13:00—14:00	15:00—16:00	
NO _x	10	15.60	16.40	10.20	19.70	20.60	16.50
	20	-6.51	-9.62	4.67	-5.98	10.00	-1.49
	30	-4.02	-1.71	-1.84	-5.43	-3.23	-3.25
SO ₂	10	12.70	14.70	12.30	22.10	22.70	16.90
	20	-3.13	-6.14	1.94	2.41	-7.59	-2.50
	30	-4.11	-4.00	-3.91	3.33	1.98	-1.34
NH ₃	10	9.40	10.70	8.50	15.70	15.80	12.02
	20	-5.63	-6.62	4.40	-5.52	-1.47	-2.97
	30	-15.20	-16.29	-2.40	-17.36	-21.99	-14.65
TSP	10	29.40	31.30	25.90	36.00	41.70	32.86
	20	6.67	11.43	10.71	11.11	6.67	9.32
	30	5.13	7.89	4.17	18.18	-23.53	2.37
PM10	10	26.30	29.40	0.00	30.00	40.00	25.14
	20	11.76	-16.67	8.33	22.22	37.50	12.63
	30	-5.56	22.73	7.14	20.00	33.33	15.53

2.2.3 相关性分析

对 3 种间隔宽度的绿化带各时间段 5 种污染物净化百分率与间隔中心(C 点)风速进行相关分析,风速小于 2 m/s 时如表 3 所示,10 m 间隔绿化带 5 种污染物净化百分率与间隔中心风速均为正相关,且 NO_x、NH₃、PM10 达到显著水平。而 20、30 m 间隔绿化带污染物净化百分率与间隔中心风速多为负相关,仅 20 m 间隔 PM10 的净化百分率与中心风速值呈显著正相关。风速大于 2 m/s 时如表 4 所示,10 m 间隔绿化带 5 种污染物净化百分率与间隔中心风速均为显著正相关。而 20、30 m 间隔绿化带污染物净化百分率与间隔中心风速多为负相关,仅 20 m 间隔绿化带 NH₃ 和 30 m 间隔 TSP 的染物净化百分率与间隔中心风速值呈显著正相关,其它污染物均为负相关且未达显著水平。

表 3 风速小于 2 m/s,不同间隔宽度 5 种污染物净化百分率与间隔中心风速相关分析

Table 3 When wind speed less than 2 m/s, the correlation analysis of the removal percentage of 5 kinds of pollutants and the wind speed of C point in different interval

间隔宽度 The interval width/m	污染物种类 The kind of pollutants				
	NO _x	SO ₂	NH ₃	TSP	PM10
10	0.98887 *	0.81419	0.97712 *	0.79806	0.94336 *
20	-0.94237	-0.87046	0.33198	-0.33565	0.97609 *
30	-0.86659	-0.59132	-0.7311	-0.61341	-0.95308

* 表示显著(P<0.05)

表 4 风速大于 2 m/s,不同间隔宽度 5 种污染物净化百分率与间隔中心平均风速相关分析

Table 4 When wind speed greater than 2 m/s, the correlation analysis of the removal percentage of 5 kinds of pollutants and the average wind speed of C point in different interval

间隔宽度 The interval width/m	污染物种类 The kind of pollutants				
	NO _x	SO ₂	NH ₃	TSP	PM10
10	0.96872 *	0.90890 *	0.92635 *	0.96045 *	0.92412 *
20	-0.89673	-0.70382	0.94613 *	-0.44668	-0.63901
30	-0.56739	-0.64025	-0.64538	0.93469 *	-0.65087

2.3 不同结构的绿化带对非机动车道污染物扩散效果分析

2.3.1 风速小于 2 m/s, 不同结构的绿化带对非机动车道污染物扩散的影响

由表 5 可知, 风速小于 2 m/s 时模式二 5 种污染物浓度非机动车道较机动车道均有所下降, 日平均净化百分率分别为 8.74%、9.13%、7.63%、13.01%、15.56%, 而模式一和模式三的 5 种污染物日平均净化百分率均小于 1.00%。一天当中, 13:00—14:00 和 15:00—16:00 模式二绿化带对 5 种污染物净化效果最好, 净化百分率均高于 9.00%。

表 5 风速小于 2 m/s, 不同绿化模式对 5 种污染物的净化百分率的影响

污染物种类 The kind of pollutants	模式 Models	净化百分率 Removal percentage/%					
		7:00—8:00	9:00—10:00	11:00—12:00	13:00—14:00	15:00—16:00	全日平均值 Means
NO _x	模式一 Model 1	3.62	1.82	2.99	-0.50	-5.88	0.41
	模式二 Model 2	4.39	-2.15	7.67	19.66	14.12	8.74
	模式三 Model 3	-6.22	-16.71	-9.45	6.87	-8.96	-6.89
SO ₂	模式一 Model 1	-0.80	-0.84	-0.60	6.27	-6.06	-0.41
	模式二 Model 2	8.21	9.97	10.89	12.14	9.13	10.07
	模式三 Model 3	-2.86	-5.11	21.63	2.31	-12.14	0.77
NH ₃	模式一 Model 1	4.03	4.62	0.52	0.95	-6.42	0.74
	模式二 Model 2	6.33	5.45	6.78	9.25	10.33	7.63
	模式三 Model 3	-5.45	-11.70	-11.42	-4.64	9.09	-4.82
TSP	模式一 Model 1	-8.84	-17.78	-7.61	-24.49	8.77	-9.99
	模式二 Model 2	6.13	9.30	8.33	19.80	21.50	13.01
	模式三 Model 3	-5.56	3.39	7.69	-11.32	0.00	-1.16
PM10	模式一 Model 1	18.75	2.50	-22.41	0.00	-35.29	-7.29
	模式二 Model 2	10.94	3.85	12.24	28.57	22.22	15.56
	模式三 Model 3	-57.78	-56.86	-57.78	14.29	50.00	-21.63

2.3.2 风速大于 2 m/s, 不同结构的绿化带对非机动车道污染物扩散的影响

由表 6 可知, 风速大于 2 m/s 时, 模式二 5 种污染物浓度日平均净化百分率分别为 7.03%、3.51%、10.4%、24.35%、-14.28%。模式一 5 种污染物浓度日平均净化百分率均为负值。模式三 5 种污染物浓度日平均净化百分率分别为 0.89%、9.13%、2.06%、17.71%、9.13%。风速大于 2 m/s 条件下, 模式二和模式三绿带对污染物有一定的净化效果, 其中模式二除 PM10 净化效果不好外, 对其它 4 种污染物净化效果更好。

表 6 风速大于 2 m/s, 不同绿化模式对 5 种污染物的净化百分率变化的影响

污染物种类 The kind of pollutants	模式 Models	净化百分率 Removal percentage/%					
		7:00—8:00	9:00—10:00	11:00—12:00	13:00—14:00	15:00—16:00	全日平均值 Means
NO _x	模式一 Model 1	3.44%	2.17	-1.03	0.60	-11.29	-1.22
	模式二 Model 2	7.83	8.12	9.32	-0.99	10.85	7.03
	模式三 Model 3	1.86	3.31	-5.23	2.10	2.41	0.89
SO ₂	模式一 Model 1	-1.92	-12.92	5.15	-0.33	-6.76	-3.36
	模式二 Model 2	12.06	1.85	5.69	2.94	-5.00	3.51
	模式三 Model 3	8.93	-25.00	32.43	10.53	18.75	9.13
NH ₃	模式一 Model 1	2.89	-0.58	2.53	-5.65	-5.94	-1.35
	模式二 Model 2	11.55	5.69	20.06	8.06	6.65	10.40
	模式三 Model 3	5.40	-0.41	1.34	1.97	1.99	2.06
TSP	模式一 Model 1	-79.66	-56.34	44.83	9.64	-1.35	-16.58
	模式二 Model 2	36.34	17.72	38.10	18.22	11.38	24.35
	模式三 Model 3	33.33	20.48	6.12	13.89	14.71	17.71
PM10	模式一 Model 1	-19.15	-27.91	-12.90	-43.75	-33.33	-27.41
	模式二 Model 2	20.79	4.14	15.19	9.30	-120.82	-14.28
	模式三 Model 3	8.93	-25.00	32.43	10.53	18.75	9.13

2.3.3 相关性分析

风速小于 2 m/s 时,3 种绿化带模式对五种污染物净化百分率与非机动车道平均风速间相关性分析(表 7)表明,模式一 5 种污染物净化百分率与风速均为负相关且均未达到显著水平。模式二 5 种污染物净化百分率与风速均为正相关,其中 NO_x、TSP、PM10 净化百分率与风速相关显著。模式三各污染物净化百分率除 NH₃ 为正相关外其它均为负相关,且均未到达显著水平。

风速大于 2 m/s 时,3 种绿化带模式对 5 种污染物净化百分率与非机动车道平均风速间相关性分析(表 8)表明,模式一 5 种污染物净化百分率与风速均为负相关且均未达到显著水平。模式二除 NO_x 净化百分率与风速负相关外其它污染物均为正相关,其中 SO₂、TSP、PM10 净化百分率与风速正相关显著。模式三 NO_x、SO₂净化百分率与风速正相关,其中 SO₂达到正相关显著水平,其它 3 种污染物 NH₃、TSP、PM10 均为负相关,且均未到达显著水平。

表 7 风速小于 2 m/s,不同绿化模式五种污染物净化百分率与非机动车道平均风速相关分析

Table 7 When wind speed less than 2 m/s, the correlation analysis of the remvoal percentage of 5 kinds of pollutants and the average wind speed of B point in different Green belts mode

模式 Models	污染物种类 The kind of pollutants				
	NO _x	SO ₂	NH ₃	TSP	PM10
模式一 Model 1	-0.80235	-0.94062	-0.68775	-0.93281	-0.79709
模式二 Model 2	0.83185 *	0.70866	0.81802	0.90283 *	0.89297 *
模式三 Model 3	-0.70625	-0.87428	0.53329	-0.81094	-0.74691

表 8 风速大于 2 m/s,不同绿化模式五种污染物净化百分率与非机动车道平均风速相关分析

Table 8 When wind speed greater than 2 m/s, the correlation analysis of the remvoal percentage of 5 kinds of pollutants and the average wind speed of B point in different Green belts mode

模式 Models	污染物种类 The kind of pollutants				
	NO _x	SO ₂	NH ₃	TSP	PM10
模式一 Model 1	-0.94651	-0.82624	-0.40957	-0.33063	-0.67987
模式二 Model 2	-0.20223	0.95851 *	0.60586	0.88409 *	0.99742 *
模式三 Model 3	0.33647	0.92316 *	-0.73823	-0.69801	-0.63523

3 结论

(1)不同间隔的道路绿化带会影响道路的微气候条件。从污染分析的角度,绿带和绿带中间的间隔形成污染物扩散的微峡谷。绿带的高度 H 和绿带的间隔宽度 W 之比 H/W ,称为峡谷系数。以 2 m 高(H)的遮阳网模拟绿带,间距距离(W)分别为 10、20、30 m,其峡谷系数分别为 0.2、0.1、0.033。在风速较小情况下(风速小于 2 m/s),10 m 和 20 m 间隔的绿化带(峡谷系数分别为 0.2、0.1)会使绿化带间隔中间风速增加,即峡谷系数较高的模拟绿化带会产生“微峡谷效应”。

(2)10 m 间隔的绿化带(峡谷系数为 0.2)有利于降低非机动车道污染物的浓度,原因可能是由于“微峡谷效应”的存在,使间隔内风速增加,促进了污染物的扩散。

(3)模式二(12.5 m 的绿带与 10 m 的空白间隔交替的绿带结构)更有利于降低非机动车道污染物浓度。污染物净化百分率与风速有很大的正相关表明合理的绿地结构可以较好地促进道路的空气流动,从而使污染物可以有效地扩散到其他区域。城市道路绿带存在合理的绿带结构,可以通过设计更合理的城市道路绿带模式有效改善城市非机动车道空气质量。

4 讨论

在城市道路中,存在街道“峡谷效应”,大量污染物从汽车废气管排放到空气中,废气容易在道路两侧高耸的墙壁之间浓集。国内外学者^[11-14]对街道峡谷污染物扩散已经进行了较多的研究,研究认为合理的高度 H (两侧建筑物高度)和街谷宽度 W 比值的街道,可以一定程度上改变街区内的微气候条件,特别是增加空气流

动,有利于污染物的扩散,改善街区内空气质量。而城市机动车道两侧的绿化带也有类似峡谷效应的结构,高密度的绿化带会影响机动车道空气的水平运动,不利于污染物的扩散,而与其相邻的非机动车道的污染物浓度也必然会升高。道路绿化带的间隔与两侧绿带形成两侧高中间低的结构。机动车道中机动车在行驶过程中会产生与绿带垂直的风,与绿带垂直的空气流动容易在间隔区域被压缩,流速加快,使污染物的水平扩散加快,降低道路中的污染物浓度。合理的绿带与间隔比例可以促进道路与周围空气的水平运动,产生一个“微峡谷效应”,有利于道路污染物的水平扩散,从而降低机动车道和非机动车道空气污染物的浓度。

沈家芬等^[15]认为道路绿化带面积一定,植物种类和配置方法基本相同的情况下,种植密度和绿化模式对净化效果影响较大,通风式林带(即种植密度适宜的林带)的净化效果最好,种植密度过大或过小都不利于绿化林带发挥净化作用。这一结果也说明合理的绿化带结构可以改变道路的通风状况,有利于道路污染物的降低。

本试验所用的模拟绿带为遮荫网,虽然较实际的绿化植物疏透度等物理性质一致性更好,试验操作上更容易控制,但与实际的绿化植物还有所不同,还应进行实际绿化植物的研究,为城市道路绿化提供更可靠的依据。

References:

- [1] Yin S, Cai J P, Chen L P, Shen Z M, Zou X D, Wu D, Wang W H. Effects of vegetation status in urban green spaces on particles removal in a street canyon atmosphere. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4590-4595.
- [2] Du G, Zhang J X. Study on pollution status and distribution character of ambient particulate in typical cities. *Modern Scientific Instruments*, 2006, (2): 69-70.
- [3] Kaur S, Nieuwenhuijsen M J, Colville R N. Pedestrian exposure to air pollution along a major road in central London, UK. *Atmospheric Environment*, 2005, 39(38): 7307-7320.
- [4] Liu X H, Huang S D, Pan H, Gao Y J. Effect of urban forest tree species on TSP concentration in street space. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2009, 29(1): 79-83.
- [5] Wu Z J, Huang Z, Xie Z, Wang J S, Zhou X P. Simulation study on vehicle pollutants dispersion in urban street canyon. *Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition)*, 2002, 32(2): 28-32.
- [6] Johnson W B, Ludwig F L, Dabberdt W F, Allen R J. An urban diffusion simulation model for carbon monoxide. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1973, 23(6): 490-498.
- [7] Lee I Y, Park H M. Parameterization of the pollutant transport and dispersion in urban street canyons. *Atmospheric Environment*, 1994, 28(14): 2343-2349.
- [8] Lu P, Yuan J Y, Zhang W H. Numerical simulation of the effect of street canyon structure on wind and pollutant concentration fields inside street canyon. *Plateau Meteorology*, 2004, 23(4): 534-539.
- [9] Wang J S, Huang Z. 3D numerical modeling for airflow and dispersion of vehicle exhaust gas in urban street block. *Shanghai Environmental Sciences*, 2003, 22(4): 227-233.
- [10] Ma X L, Diao Y Y, Wu Z L. *Agricultural Meteorology*. 2nd Edition. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 91.
- [11] Stein A F, Toselli B M. Street level air pollution in Córdoba city, Argentina. *Atmospheric Environment*, 1996, 30(20): 3491-3495.
- [12] Depaul F T, Sheih C M. Measurements of wind velocities in a street canyon. *Atmospheric Environment*, 1986, 20(3): 455-459.
- [13] Hoydysh W G, Dabberdt W F. Kinematics and dispersion characteristics of flows in asymmetric street canyons. *Atmospheric Environment*, 1988, 22(12): 2677-2689.
- [14] Huang Y D, Wu W Q, Fan B Q, Palida. Numerical simulations of wind field within street canyons in open areas under different building width to height ratios. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, 2005, 27(3): 203-206.
- [15] Shen J F, Su K J, Feng J J. Study on Anti-pollution patterns of road green, *Urban Environment & Urban Ecology*, 2001, 14(6): 52-53.

参考文献:

- [1] 殷杉,蔡静萍,陈丽萍,申哲民,邹晓东,吴旦,王文华. 交通绿化带植物配置对空气颗粒物的净化效益. *生态学报*, 2007, 27(11): 4590-4596.
- [2] 杜刚,张见昕. 辽宁省典型城市大气中颗粒物污染状况及分布特征研究. *现代科学仪器*, 2006, (2): 69-70.
- [4] 刘晓华,黄石德,潘辉,高元竞. 城市绿化树种对道路空间大气颗粒物浓度的影响. *福建林学院学报*, 2009, 29(1): 79-83.
- [5] 吴志军,黄震,谢拯,王嘉松,周校平. 城市街道峡谷机动车污染物扩散的模拟研究. *吉林大学学报(工学版)*, 2002, 32(2): 28-32.
- [8] 吕萍,袁九毅,张文煜. 城市街谷几何结构对街谷内流场及污染物浓度场影响的数值模拟. *高原气象*, 2004, 23(4): 534-539.
- [9] 王嘉松,黄震. 城市街区大气流动与汽车尾气扩散的三维数值模拟. *上海环境科学*, 2003, 22(4): 227-233.
- [10] 马秀玲,刁瑛元,吴钟玲. *农业气象(第2版)*. 北京:中国农业出版社,1996: 91.
- [14] 黄远东,吴文权,范炳全,帕丽达. 不同建筑物宽高比的街道峡谷内部气流场数值模拟. *上海理工大学学报*, 2005, 27(3): 203-206.
- [15] 沈家芬,苏开君,冯建军. 道路绿化种植抗污染植物模式研究. *城市环境与城市生态*, 2001, 14(6): 52-53.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 10 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Circadian activity pattern of giant pandas during the bamboo growing season	2655
..... ZHANG Jindong, Vanessa HULL, HUANG Jinyan, et al	
The vivipary characteristic of <i>Anabasis elatior</i> and its ecological adaptation	2662
..... HAN Jianxin, WEI Yan, YAN Cheng, et al	
Relationships between plant community characteristics and environmental factors in the typical profiles from Dzungaria Basin	2669
..... ZHAO Congju, KANG Muyi, LEI Jiaqiang	
The relationship between pollen assemblage in topsoil and vegetation in karst mountain during different restoration period of typical vegetation community	2678
..... HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyong, et al	
Early responses of soil CO ₂ emission to simulating atmospheric nitrogen deposition in an alpine meadow on the Qinghai Tibetan Plateau	2687
..... ZHU Tianhong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al	
Spatial pattern of soil moisture and vegetation attributes along the critical area of desertification in Southern Mu Us Sandy Land	2697
..... QIU Kaiyang, XIE Yingzhong, XU Dongmei, et al	
Dynamics of dominant tree seedlings in montane evergreen broadleaved forest following a snow disaster in North Guangdong	2708
..... OU Yudian, SU Zhiyao, XIE Dandan, et al	
A comparative analysis of the hydrological effects of the four cypress stand types in Sichuan Basin	2716
..... GONG Gutang, CHEN Junhua, LI Yanqiong, et al	
Effect of cutting management on soil moisture in semi-arid Loess Hilly region	2727
..... LI Yaolin, GUO Zhongsheng	
Dynamics of understory vegetation biomass in successive rotations of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) plantations	2737
..... YANG Chao, TIAN Dalun, HU Yueli, et al	
Spatial and temporal variation of solar radiation in recent 48 years in North China	2748
..... YANG Jianying, LIU Qin, YAN Changrong, et al	
Impact of stand features of short-rotation poplar plantations on canker disease incidence at a mesoscale landscape: a case study in Qingfeng County, Henan Province, China	2757
..... WANG Jing, CUI Lingjun, LIANG Jun, et al	
Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) field	2768
..... TIAN Xinxin, BO Cunyao, LI Li, et al	
Habitat suitability evaluation of Elliot's pheasant (<i>Syrnaticus ellioti</i>) in Guanshan Nature Reserve	2776
..... CHEN Junhao, HUANG Xiaofeng, LU Changhu, et al	
Relationships between arthropod community characteristic and meteorological factors in <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens	2788
..... GAO Xin, ZHANG Xiaoming, YANG Jie, et al	
The differences of ecosystem services between vegetation restoration models at desert front	2797
..... ZHOU Zhiqiang, LI Ming, HOU Jianguo, et al	
Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages	2805
..... ZHANG Haibo, CUI Jizhe, CAO Tiantian, et al	
Dynamic change of salt contents in rhizosphere soil of salt-tolerant plants	2813
..... DONG Liping, CAO Jing, LI Xianting, et al	
Effect of short-term salt stress on the absorption of K ⁺ and accumulation of Na ⁺ , K ⁺ in seedlings of different wheat varieties	2822
..... WANG Xiaodong, WANG Cheng, MA Zhihong, et al	
Effects of the micro-environment inside fruit bags on the structure of fruit peel in 'Fuji' apple	2831
..... HAO Yanyan, ZHAO Qifeng, LIU Qunlong, et al	
Enhancement of soil quality in a rice-wheat rotation after long-term application of poultry litter and livestock manure	2837
..... LI Jiangtao, ZHONG Xiaolan, ZHAO Qiguo	
MSAP analysis of DNA methylation in <i>Arabidopsis</i> (<i>Arabidopsis thaliana</i>) under Oxytetracycline Stress	2846
..... DU Yaqiong, WANG Zicheng, LI Xia	
Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from Changshan Archipelago in the North Yellow Sea	2854
..... SHAO Kuishuang, GONG Ning, YANG Qing, et al	
Developing and optimizing ecological networks in urban agglomeration of Hunan Province, China	2863
..... YIN Haiwei, KONG Fanhua, QI Yi, et al	
Dynamic simulation of Shanghai urban expansion based on multi-agent system and cellular automata models	2875
..... QUAN Quan, TIAN Guangjin, SHA Moquan	
"Micro-canyon effect" of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles	2888
..... LI Ping, WANG Song, WANG Yaying, et al	
Review and Monograph	
The abundance and diversity of nanoplankton in Arctic Ocean	2897
..... GUO Chaoying, WANG Guizhong, ZHANG Fang, et al	
Advances in plant seed-associated microbial ecology	2906
..... ZOU Yuanyuan, LIU Yang, WANG Jianhua, et al	
Improving validity and reliability of contingent valuation method through reducing biases and errors: theory, method and application	2915
..... CAI Zhijian, DU Liyong, JIANG Zhan	
Discussion	
The analysis of Chinese ecological academic journals	2924
..... LIU Tianxing, KONG Hongmei, DUAN Jing	
Scientific Note	
Seasonal variations in salt tolerance of <i>Oligostachyum lubricum</i>	2932
..... GU Daxing, GUO Ziwu, LI Yingchun, et al	
Variation of a spring bacterial community from Wuqia Sinter in Xinjiang during the pre- and post-earthquake period	2940
..... YANG Hongmei, OTKUR Mahmut, ZENG Jun, et al	
Comparison of the effect of two prey species on the population growth of <i>Orius similis</i> Zheng and the implications for the control of <i>Tetranychus urticae</i> Koch	2947
..... HUANG Zengyu, HUANG Linmao, HUANG Shoushan	

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 10 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 10 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元