

绿色空间对大气污染相关不良妊娠结局的影响

张娟, 周思杰, 张翰卿, 张亚娟

宁夏医科大学公共卫生与管理学院, 职业卫生与环境卫生学系/宁夏环境因素与慢性病控制重点实验室, 宁夏 银川 750001

摘要:

大气污染已经成为世界范围内重要的公共卫生问题。妊娠期暴露于大气污染是早产、低出生体重、出生缺陷等不良妊娠结局增加的重要危险因素之一。目前, 大气污染治理任重道远, 因此, 分析并识别相关的保护性因素显得极为迫切。有研究显示绿色空间可能是大气污染相关不良妊娠结局的一个保护性因素, 此类研究主要通过分析卫星监测数据, 量化以孕妇家庭住址为中心, 一定范围缓冲区的绿色空间, 分析绿色空间对大气污染相关的不良妊娠结局的修正作用。本文主要从绿色空间数据的使用, 绿色空间对大气污染与不良妊娠结局关系的修正作用及其可能的机制等方面进行综述, 有助于阐明绿色空间对大气污染相关不良妊娠结局的影响, 为公共卫生的干预策略提供科学依据。

关键词: 绿色空间; 大气污染; 不良妊娠结局; 低出生体重; 早产; 修正作用

Effects of green space on adverse birth outcomes induced by air pollution ZHANG Juan, ZHOU Sijie, ZHANG Hanqing, ZHANG Yajuan (Department of Occupational Health and Environmental Health/Key Laboratory of Environmental Factors and Chronic Diseases Control, School of Public Health and Management, Ningxia Medical University, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

Abstract:

Air pollution has become one of the most important public health problems worldwide. Exposure to air pollution during pregnancy is one of the important risk factors for adverse birth outcomes such as preterm birth, low birth weight, and birth defects. Air pollution control has a long way to go. Therefore, it is extremely urgent to analyze and identify relevant protective factors. Some studies have shown that green space may be a protective factor for the adverse birth outcomes related to air pollution. This kind of research mainly utilizes satellite monitoring data, quantifies the green space coverage level in a certain range of buffer zone centered on the pregnant women's home addresses, and analyzes its mediation effect on the adverse pregnancy outcomes related to air pollution. In this paper we reviewed the use of green space data, the estimated effect of green space mediating the relationship between air pollution and adverse birth outcomes, and its possible mechanisms, aiming to clarify the impact of green space on adverse birth outcomes related to air pollution and provide a scientific basis for public health intervention strategies.

Keywords: green space; air pollution; adverse birth outcome; low birth weight; preterm birth; mediation effect

目前研究显示大气污染带来的健康负担持续增加, 是全球重要的公共卫生问题。越来越多的流行病学研究表明, 母亲妊娠期暴露于大气污染与不良妊娠结局风险增加有关^[1-2], 包括婴儿死亡率增加^[3]、低出生体重^[4]、早产^[5]和出生缺陷^[6]等。因此, 探讨及分析可进行干预的潜在保护性因素, 从而减轻与大气污染有关的疾病负担, 具有重大的公共卫生学意义。近年来, 研究者开始关注绿色空间对大气污染物相关的不良妊娠结局的保护作用, 但目前讨论和评估绿色空间对大气污染物与不良妊娠结局关系影响的研究相对较少, 且研究设计类型、关注的污染物、妊娠结局及衡量绿色空间的方法等均不一致, 无法找到绿色空间



DOI [10.11836/JEOM21281](https://doi.org/10.11836/JEOM21281)

基金项目

国家自然科学基金地区基金项目(81360417)

作者简介

张娟(1995—), 女, 硕士生;
E-mail: zj10333@163.com

通信作者

张亚娟, E-mail: zhyj830515@126.com

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-06-28

录用日期 2022-01-12

文章编号 2095-9982(2022)03-0343-05

中图分类号 R12

文献标志码 A

▶引用

张娟, 周思杰, 张翰卿, 等. 绿色空间对大气污染相关不良妊娠结局的影响 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(3): 343-347.

▶本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21281

Funding

This study was funded.

Correspondence to

ZHANG Yajuan, E-mail: zhyj830515@126.com

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2021-06-28

Accepted 2022-01-12

▶To cite

ZHANG Juan, ZHOU Sijie, ZHANG Hanqing, et al. Effects of green space on adverse birth outcomes induced by air pollution[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(3): 343-347.

▶Link to this article

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21281

对大气污染物相关的不良妊娠结局的有力证据。本文主要从绿色空间数据的使用,绿色空间对大气污染与不良妊娠结局关系的修正作用及其可能的机制等方面进行综述,旨在阐明绿色空间对大气污染相关的不良妊娠结局的影响,为公共卫生的干预策略提供科学依据。

1 绿色空间

绿色空间指的是部分或全部被植被覆盖的土地(包括草、树木、灌木等)。量化绿色空间水平最常用的指标是从卫星图像中获得的归一化差异植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI),其基本原理是植被中的叶绿素吸收可见光进行光合作用,而叶子反射近红外光,NDVI则用近红外区域和红色反射率之差与这两个测量值之和的比值来表示,范围从-1到1,负值代表冰、水和无植被土壤,正值越高表示绿色空间度越高^[7]。尽管NDVI是目前公认的绿色空间衡量标准,但现有的文献中NDVI数据来源不一致,NDVI也存在一些差异,例如图像的分辨率(网格单元的大小),但大部分数据来源于美国国家航空航天局的卫星监测数据,如中分辨率成像光谱仪(moderate-resolution imaging spectroradiometer, MODIS; <https://earthdata.nasa.gov/>),该产品提供每16 d空间分辨率为250 m × 250 m的NDVI。NDVI衡量绿色空间的缺点是其不提供树木、草或灌木等特定植被类型的信息^[8]。

NDVI缓冲区距离是根据研究参与者居住地周围一定半径圆形缓冲区的卫星图像获得。目前NDVI缓冲区半径主要基于专家意见,有专家认为5 min步行距离内(约320 m)的绿地覆盖对身体健康最重要,也有人认为800~1200 m的范围更能准确代表个人的暴露,目前各文献报告的NDVI缓冲区距离不一致,现有研究多以250、500、1000 m的范围估计为主,选择原因可能是缓冲区半径应大于网格数据的空间分辨率(例如MODIS为250 m),及这些缓冲区半径已在先前关于绿色空间和其他健康的研究中使用;研究者在如何分配个体绿色空间方面也有很大差异,大多数研究在研究对象的家庭住址、邮政编码或人口普查区的中心点周围创建径向缓冲,参数主要取决于研究参与者可获得的地理信息^[9-10]。

2 绿色空间对大气污染相关不良妊娠结局的影响

人的一生时刻暴露在不同浓度不同类型的大气

污染中,孕妇由于处于妊娠状态,为满足机体的需要,孕妇的潮气量会增加^[11],导致大气中的污染物进入体内进而通过胎盘等途径影响胎儿的发育。相关的流行病学研究结果显示母亲孕期暴露于大气污染可能会影晌胎儿及新生儿的生长发育并导致不良妊娠结局,如早产、低出生体重、死产、出生缺陷、不孕症和巨大儿胎儿等^[12-14]。近年来,人们越来越关注绿色空间对妊娠结局的有益影响,目前的研究结果大多支持绿色空间可减低大气污染相关不良妊娠结局的风险。国外开展绿色空间与大气污染影响妊娠结局的研究早于国内,且现有大多数研究表明,母亲孕期居住区的绿色空间程度越高,低出生体重和早产的风险越低^[15]。

2.1 绿色空间在大气污染对低出生体重影响中的效应研究

绿色空间对大气污染相关的低出生体重影响的相关研究中(见表1),污染物以细颗粒物($PM_{2.5}$)与二氧化氮(NO_2)为主。Laurent等^[16]在美国加利福利亚收集了2001年1月—2008年12月所有新生儿的出生信息,研究了绿色空间对大气 $PM_{2.5}$ 相关的低出生体重的影响,结果显示母亲居住地周围500 m半径缓冲区内的绿色空间增加可降低大气 $PM_{2.5}$ 相关的低出生体重发生风险,其潜在贡献率为12%,并提示这种保护作用的可能机制之一是绿色空间增加能够降低大气 $PM_{2.5}$ 的浓度;一项在美国南加州的研究发现在母亲家庭住址周围50 m和100 m半径缓冲区内,平均出生体重与NDVI水平的四分位间距(interquartile range, IQR)升高相关,调整 $PM_{2.5}$ 后,NDVI-50m每升高一个IQR,平均出生体重增加6.64(3.27~10.00)g,NDVI-100m每升高一个IQR,平均出生体重增加1.82(0.44~3.20)g^[17];美国康涅狄格州的研究表明母亲家庭住址周围250 m半径范围内的NDVI升高能够降低低出生体重的风险,相应的OR值为5.8%(1.2%~10.7%)^[18]。

西班牙出生队列研究表明在 NO_2 为中介的模型中,母亲家庭住址周围300 m半径范围内NDVI升高,新生儿出生体重增加36 g($P=0.066$),该研究的缺点是数据选择有偏倚,研究结果不适合外推^[19]。美国加州的研究显示 NO_2 与绿色空间对低出生体重的影响呈负相关($r=-0.37$)^[16];而以色列的研究发现控制污染物 NO_2 与 $PM_{2.5}$ 后,以NDVI-300m的上、下三分位数组相比较,其对出生体重的影响没有统计学意义^[20]。

2.2 绿色空间在大气污染对早产影响中的效应研究

绿色空间对大气污染相关早产的研究以调整大气颗粒物为主(见表2)。中国台湾的一项调整大气颗

粒物的研究,调整效应分析表明妊娠早期绿色空间对PM_{2.5}和PM₁₀调整模型的估计值分别为0.981($P<0.001$)和0.984($P<0.001$),调整比例分别为19%和16%;妊娠晚期PM_{2.5}和PM₁₀的调整比例分别为12%和5%^[21];

意大利罗马的出生队列研究显示小范围绿色空间对PM₁₀累及的早产有潜在的缓解作用^[22]。还有一些研究显示调整NO₂,绿色空间增加与早产未见统计学关联,例如美国德克萨斯州的研究结果^[23]。

表1 绿色空间在大气污染对低出生体重影响中的效应研究

Table 1 Effects of green space on low birth weight induced by air pollution

作者(年)	研究国家和地区	研究年份	研究设计	样本量	绿色空间	污染物	研究结果
Laurent 2019 ^[16]	美国加州	2001—2008	病例队列	72 632	NDVI-500m	PM _{2.5}	调整PM _{2.5} ,当NDVI每增加一个IQR范围,出生体重调整风险比为0.963(0.947~0.978)
Ebisu 2016 ^[18]	美国康涅狄格州	2000—2006	回顾性队列	239 811	NDVI-250m	PM _{2.5}	绿色空间每增加一个IQR,与PM _{2.5} 相关的低出生体重风险降低5.8%(1.2%~10.7%)
Agay-Shay 2018 ^[20]	以色列特拉维夫	2000—2014	横断面研究	73 221	NDVI-300m	NO ₂ , PM _{2.5}	控制污染物NO ₂ 与PM _{2.5} , NDVI-300m上三分位数组与下三分位数组比较,对出生体重的影响没有统计学意义
Lee 2021 ^[21]	中国台湾	2010—2012	回顾性队列	16 184	NDVI-250m	PM _{2.5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂	调整PM _{2.5} , NO ₂ , O ₃ 和SO ₂ ,妊娠晚期NDVI与低出生体重的OR值为0.91(0.83~0.99)
Laurent 2013 ^[17]	美国南加州	1997—2006	回顾性队列	81 186	NDVI-50m, NDVI-100m, NDVI-150m	NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5}	调整NO _x , NDVI-50m每增一个IQR时体重增加4.83(1.93~7.72)g;调整PM ₁₀ , NDVI-50m每增一个IQR时体重增加6.08(2.95~9.21)g;NDVI-100m每增一个IQR时体重增加1.66(0.26~3.07)g;调整PM _{2.5} , NDVI-50m每增一个IQR时体重增加6.64(3.27~10)g, NDVI-100m每增一个IQR时体重增加1.82(0.44~3.20)g
Anabitarte 2020 ^[19]	西班牙	2018—2020	回顾性队列	440	NDVI-300m, NDVI-500m	NO ₂	调整NO ₂ , NDVI-300m与低出生体重呈负相关(相关系数为-0.12)
Hystad 2014 ^[24]	加拿大	1999—2002	回顾性队列	64 705	NDVI-100m	NO ₂	调整NO ₂ , NDVI与低出生体重的关联程度降低21%
Dzhambabov 2019 ^[25]	阿尔卑斯山周围	1998, 2004—2005	横断面研究	1 091	NDVI-500m	NO ₂	调整NO ₂ , NDVI与低出生体重的OR及95%CI为0.57(0.31~1.05)
Cusack 2020 ^[23]	美国德克萨斯州	2000—2009	回顾性队列	3 026 603	NDVI-250m	NO ₂	调整NO ₂ , NDVI每增加一个IQR,出生体重增加1.9(0.1~3.7)g

[注] NDVI: 归一化差异植被指数; NDVI-500m: 500 m 半径范围的 NDVI 值; IQR: Interquartile range, 四分位数间距。

表2 绿色空间在大气污染对早产影响中的效应研究

Table 2 Effects of green space on preterm birth induced by air pollution

作者(年)	研究国家和地区	研究年份	研究设计	样本量	绿色空间	污染物	研究结果
Lee 2021 ^[21]	中国台湾	2010—2012	回顾性队列	16 184	NDVI-250m	PM _{2.5} , NO ₂ , O ₃ , SO ₂	调整PM _{2.5} , NO ₂ , O ₃ 和SO ₂ ,妊娠晚期NDVI与早产的OR及95%CI为0.93(0.89~0.97)
Asta 2019 ^[22]	意大利罗马	2001—2013	回顾性队列	56 576	NDVI-100m	PM ₁₀	调整PM ₁₀ , 绿色空间对早产的影响没有统计学意义
Agay-Shay 2018 ^[20]	以色列特拉维夫	2000—2014	横断面研究	73 221	NDVI-300m	—	在整个怀孕期间, NDVI-300m与早产(OR=0.92, 95% CI: 0.86~0.99)和极早产(OR=0.69, 95% CI: 0.57~0.83)的发生风险呈负相关
Cusack 2020 ^[23]	美国德克萨斯州	2000—2009	回顾性队列	3 026 603	NDVI-250m	NO ₂	调整NO ₂ , 早产与NDVI增加未见统计学关联
Laurent 2013 ^[17]	美国南加州	1997—2006	回顾性队列	81 186	NDVI-50m, NDVI-100m, NDVI-150m	NO _x	调整NO _x , NDVI-50m每增一个IQR时,早产的OR及95%CI为0.984(0.972~0.996); NDVI-100m每增一个IQR时,早产的OR及95%CI为0.976(0.954~0.999); NDVI-150m每增一个IQR时,早产的OR及95%CI为0.983(0.973~0.992)

[注] NDVI: 归一化差异植被指数; NDVI-500m: 500 m 半径范围的 NDVI 值; IQR: Interquartile range, 四分位数间距。

3 NDVI 缓冲区半径与健康的关系及相关机制

从本文纳入的研究中,尚不能得出在哪个范围的缓冲区内,绿色空间与大气污染对不良妊娠结局影响的关系更密切的结论。上述研究大多数采用一种缓冲区半径衡量绿色空间水平,且各研究间采用的缓冲区半径不尽相同,因研究场所、研究对象及污染物种类不一致,不能直接进行研究间的比较。Dadvand等^[26~27]

在绿色空间对出生体重的影响(未考虑大气污染对出生体重的影响)研究中,分析不同缓冲区半径内NDVI值对新生儿体重的影响,结果显示在较大缓冲区半径内,如500、1 000 m, NDVI值增加与新生儿体重增加有关,尤其是在较低的文化程度及社会经济状态的孕妇,此相关性更强。上述研究提示在今后的研究中,要在同一个研究内考虑不同的缓冲区半径(如: 250、

500、1000、1500、2000 m)内绿色空间的水平对大气污染相关的不良妊娠结局的影响。

目前,尚未完全了解绿色空间对健康有益作用的潜在机制,未见绿色空间在大气污染对不良妊娠结局影响中的效应相关机制的研究报道,有学者提出绿色空间可能通过植物吸收、过滤污染物,而达到防止大气污染的目的。如通过定量测量叶片上颗粒物的质量和密度来评价叶片的颗粒物保持能力,因颗粒物可以被植物截留和吸附。研究发现气态污染物在植物代谢途径中可以被吸收,例如通过植物气孔吸收部分NO₂,并与植被结构内水反应,形成硝酸和亚硝酸,进而与植物中存在的其他化合物发生进一步的反应被吸收^[28-29]。

Fong等^[30]关于绿色空间对健康有益的综述中指出,绿色空间提供了一系列对人类健康非常重要的生态系统服务,更高的绿色空间与出生体重增加和体力活动的改善以及更低的死亡率相关。Hartig等^[31]回顾了绿色空间影响健康的可能机制:改善空气质量,减轻压力,增加体育活动和促进社会交往等。另外,绿色空间对妊娠结局有益结果的研究还存在诸多空白,例如新生儿妊娠的季节因素是否与绿色空间有关联,以及胎儿发育与绿色空间的易感窗口期仍未知,有待将来进行进一步的研究探索。

4 总结与展望

综上所述,绿色空间对大气污染相关的低出生体重及早产的影响中有一定的负向效应。此类研究特点为研究人群大,多数采用的绿色空间评估指标NDVI具有一定的客观优势。此类研究也存在一定局限:(1)相关研究的数量有限,尤其是国内相关的研究较少,其中绿色空间对大气污染相关的低出生体重及早产影响的研究还不够全面,研究的异质性等导致研究结果不相一致,同时缺乏绿色空间在大气污染对其他不良妊娠结局(如出生缺陷、死胎等)影响中的效应研究;(2)大部分研究以回顾性研究为主,其混杂因素较难控制,这对研究结果的准确性产生一定的影响;(3)个体绿色空间的量化指标及评估方法不一致,无法进行研究间的比较和总结。

未来研究展望:(1)未来应大量开展相关的研究,以获得更多的数据来支撑绿色空间对大气污染相关的不良出生结局的修正效应,需大量补充国内绿色空间在大气污染对不良妊娠影响中的有益效应的相关数据,才能准确地对国内的绿色空间现状提出明确要

求;(2)研究方法与绿色空间的量化指标的统一工作方面也需要做出大量的努力,或采用更好的测量设备直接获取个人绿色空间水平,或采用调查访谈方式获得关键信息再结合卫星设备可能会得到更真实的信息来评估绿色空间水平;(3)未来的研究应考虑更多混杂因素的相互作用,例如孕妇文化程度、体重指数、是否吸烟等个性化信息,社会经济状况及城市化等信息。

参考文献

- [1] LEE JT. Review of epidemiological studies on air pollution and health effects in children[J]. *Clin Exp Pediatr*, 2021, 64(1): 3-11.
- [2] GUO LQ, CHEN Y, MI BB, et al. Ambient air pollution and adverse birth outcomes: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Zhejiang Univ Sci B*, 2019, 20(3): 238-252.
- [3] ZHANG H, ZHANG X, WANG Q, et al. Ambient air pollution and stillbirth: an updated systematic review and meta-analysis of epidemiological studies[J]. *Environ Pollut*, 2021, 278: 116752.
- [4] LI C, YANG M, ZHU Z, et al. Maternal exposure to air pollution and the risk of low birth weight: a meta-analysis of cohort studies[J]. *Environ Res*, 2020, 190: 109970.
- [5] LI S, PENG L, WU X, et al. Long-term impact of ambient air pollution on preterm birth in Xuzhou, China: a time series study[J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2021, 28(30): 41039-41050.
- [6] AL NOAIMI G, YUNIS K, EL ASMAR K, et al. Prenatal exposure to criteria air pollutants and associations with congenital anomalies: a Lebanese national study[J]. *Environ Pollut*, 2021, 281: 117022.
- [7] SNYDER KA, HUNTINGTON JL, WEHAN BL, et al. Comparison of landsat and land-based phenology camera normalized difference vegetation index (NDVI) for dominant plant communities in the Great Basin[J]. *Sensors (Basel)*, 2019, 19(5): 1139.
- [8] FONG KC, KLOOG I, COULL BA, et al. Residential greenness and birthweight in the state of Massachusetts, USA[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(6): 1248.
- [9] BROWNING M, LEE K. Within what distance does "greenness" best predict physical health? a systematic review of articles with GIS buffer analyses across the lifespan[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14(7): 675.
- [10] REID CE, KUBZANSKY LD, LI J, et al. It's not easy assessing greenness: a comparison of NDVI datasets and neighborhood types and their associations with self-rated health in New York City[J]. *Health Place*, 2018, 54: 92-101.
- [11] CHANG J, STREITMAN D. Physiologic adaptations to pregnancy[J]. *Neurology Clin*, 2012, 30(3): 781-789.
- [12] TAN Y, YANG R, ZHAO J, et al. The associations between air pollution and adverse pregnancy outcomes in China[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2017, 1017: 181-214.
- [13] LUO D, KUANG T, CHEN YX, et al. Air pollution and pregnancy outcomes based on exposure evaluation using a land use regression model: a systematic review[J]. *Taiwan J Obstet Gynecol*, 2021, 60(2): 193-215.
- [14] SIMONCIC V, ENAUX C, DEGUEN S, et al. Adverse birth outcomes related to NO₂ and PM Exposure: European systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(21): 8116.
- [15] ISLAM MZ, JOHNSTON J, SLY PD. Green space and early childhood

- development: a systematic review[J]. *Rev Environ Health*, 2020, 35(2): 189-200.
- [16] LAURENT O, BENMARHNIA T, MILESI C, et al. Relationships between greenness and low birth weight: investigating the interaction and mediation effects of air pollution[J]. *Environ Res*, 2019, 175: 124-132.
- [17] LAURENT O, WU J, LI L, et al. Green spaces and pregnancy outcomes in Southern California[J]. *Health Place*, 2013, 24: 190-195.
- [18] EBISU K, HOLFORD TR, BELL M L. Association between greenness, urbanicity, and birth weight[J]. *Sci Total Environ*, 2016, 542: 750-756.
- [19] ANABITARTE A, SUBIZA-PÉREZ M, IBARLUZEA J, et al. Testing the multiple pathways of residential greenness to pregnancy outcomes model in a sample of pregnant women in the metropolitan area of donostia-San Sebastián[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(12): 4520.
- [20] AGAY-SHAY K, MICHAEL Y, BASAGAÑA X, et al. Mean and variance of greenness and pregnancy outcomes in Tel Aviv during 2000-2014: longitudinal and cross-sectional approaches[J]. *Int J Epidemiol*, 2019, 48(4): 1054-1072.
- [21] LEE P C, WU C D, TSAI H J, et al. Residential greenness and birth outcomes: evaluating the mediation and interaction effects of particulate air pollution[J]. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2021, 211: 111915.
- [22] ASTA F, MICHELOZZI P, CESARONI G, et al. The modifying role of socio-economic position and greenness on the short-term effect of heat and air pollution on preterm births in Rome, 2001-2013[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(14): 2497.
- [23] CUSACK L, LARKIN A, CAROZZA S, et al. Associations between residential greenness and birth outcomes across Texas[J]. *Environ Res*, 2017, 152: 88-95.
- [24] HYSTAD P, DAVIES H W, FRANK L, et al. Residential greenness and birth outcomes: evaluating the influence of spatially correlated built-environment factors[J]. *Environ Health Perspect*, 2014, 122(10): 1095-1102.
- [25] DZHAMBOV AM, MARKEVYCH I, LERCHER P. Associations of residential greenness, traffic noise, and air pollution with birth outcomes across Alpine areas[J]. *Sci Total Environ*, 2019, 678: 399-408.
- [26] DADVAND P, WRIGHT J, MARTINEZ D, et al. Inequality, green spaces, and pregnant women: roles of ethnicity and individual and neighbourhood socioeconomic status[J]. *Environ Int*, 2014, 71: 101-108.
- [27] DADVAND P, SUNYER J, BASAGAÑA X, et al. Surrounding greenness and pregnancy outcomes in four Spanish birth cohorts[J]. *Environ Health Perspect*, 2012, 120(10): 1481-1487.
- [28] GOURDJI S. Review of plants to mitigate particulate matter, ozone as well as nitrogen dioxide air pollutants and applicable recommendations for green roofs in Montreal, Quebec[J]. *Environ Pollut*, 2018, 241: 378-387.
- [29] LI X, ZHANG T, SUN F, et al. The relationship between particulate matter retention capacity and leaf surface micromorphology of ten tree species in Hangzhou, China[J]. *Sci Total Environ*, 2021, 771: 144812.
- [30] FONG K C, HART J E, JAMES P. A review of epidemiologic studies on greenness and health: updated literature through 2017[J]. *Curr Environ Health Rep*, 2018, 5(1): 77-87.
- [31] HARTIG T, MITCHELL R, DE VRIES S, et al. Nature and health: annual review of public health[J]. *Annu Rev Public Health*, 2014, 35: 207-228.

(英文编辑：汪源；责任编辑：丁瑾瑜)

(上接第 336 页)

- [19] ZENG Q B, ZOU Z L, WANG Q L, et al. Association and risk of five miRNAs with arsenic-induced multiorgan damage[J]. *Sci Total Environ*, 2019, 680: 1-9.
- [20] SUN B F, XUE J C, LI J, et al. Circulating miRNAs and their target genes associated with arsenism caused by coal-burning[J]. *Toxicol Res*, 2017, 6(2): 162-172.
- [21] WEI S F, XUE J C, SUN B F, et al. miR-145 via targeting ERCC2 is involved in arsenite-induced DNA damage in human hepatic cells[J]. *Toxicol Lett*, 2018, 295: 220-228.
- [22] Wu Z, Zhao S, Li C, et al. lncRNA TUG1 serves an important role in hypoxia-induced myocardial cell injury by regulating the miR-145-5p-Bnp3 axis[J]. *Mol Med Rep*, 2018, 17(2): 2422-2430.
- [23] WEN Z F, CHEN Y, LONG Y, et al. Tumor necrosis factor-alpha suppresses the invasion of HTR-8/SVneo trophoblast cells through microRNA-145-5 p-mediated downregulation of Cyr61[J]. *Life Sci*, 2018, 209: 132-139.
- [24] MAN J, ZHANG X M, DONG H, et al. Screening and identification of key

biomarkers in lung squamous cell carcinoma by bioinformatics analysis[J]. *Oncol Lett*, 2019, 18(5): 5185-5196.

- [25] FARROKHNA F, APLIN J D, WESTWOOD M, et al. MicroRNA regulation of mitogenic signaling networks in the human placenta[J]. *J Biol Chem*, 2014, 289(44): 30404-30416.
- [26] ZHANG M H, LI F, WANG X Y, et al. MiR-145 alleviates Hcy-induced VSMC proliferation, migration, and phenotypic switch through repression of the PI3 K/AKT/mTOR pathway[J]. *Histochem Cell Biol*, 2020, 153(5): 357-366.
- [27] WANG L J, ZHANG Y, QU H M, et al. Reduced ELABELA expression attenuates trophoblast invasion through the PI3 K/AKT/mTOR pathway in early onset preeclampsia[J]. *Placenta*, 2019, 87: 38-45.
- [28] XU J, XIA Y Q, ZHANG H L, et al. Overexpression of long non-coding RNA H19 promotes invasion and autophagy via the PI3 K/AKT/mTOR pathways in trophoblast cells[J]. *Biomed Pharmacother*, 2018, 101: 691-697.

(英文编辑：汪源；责任编辑：陈姣)