

DOI:10.11918/201904044

儿童哮喘及过敏性疾病相关的污染物检测分析

卜素贝^{1,2}, 王砚玲^{1,2}, 王芳^{1,2}, 王海燕^{1,2}, 谭羽非^{1,2}

(1. 哈尔滨工业大学 建筑学院, 哈尔滨 150090; 2. 寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室
(哈尔滨工业大学), 哈尔滨 150090)

摘要:近年来儿童哮喘和过敏性疾病患病率呈明显上升趋势,其生活和学习场所空气品质与哮喘和呼吸道疾病密切相关,检测分析室内污染物水平变得十分迫切.为了确定严寒地区与儿童哮喘和过敏性疾病相关的主要室内污染物浓度水平以及不同污染物之间的相关性,对哈尔滨地区10岁左右儿童的健康状态及居住环境进行问卷调查,并选取病例组 and 对照组进行现场检测以及对比分析.问卷调查结果显示:室内潮湿、结露、发霉、有可见水流、装修以及室内人员吸烟等都与儿童哮喘和过敏性疾病密切相关.选取10户住宅(6户病例组和4户对照组)和2间教室现场监测温湿度、颗粒物质量浓度,采集空气中总挥发性有机物(TVOCs)和半挥发性有机物(SVOCs),计算浮游真菌、堆积真菌以及附着真菌菌落数.分析病例组和对照组测试参数差异性,以及采样点不同参数之间的相关性.结果表明:高温干燥的环境可能会导致儿童患哮喘和呼吸道疾病;病例组和对照组PM_{2.5}质量浓度统计学差异不显著($P=0.157$);儿童患有呼吸过敏性疾病与降尘中SVOCs浓度有关;客厅和儿童卧室浮游真菌显著相关($r=0.943, P=0.005$),附着真菌也有相同的结果($r=0.943, P=0.005$).

关键词:哮喘;过敏性疾病;问卷调查;环境参数;真菌

中图分类号: X508

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2020)12-0157-07

Pollutants detection and analysis associated with childhood asthma and allergic diseases

BU Subei^{1,2}, WANG Yanling^{1,2}, WANG Fang^{1,2}, WANG Haiyan^{1,2}, TAN Yufei^{1,2}

(1. School of Architecture, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Key Laboratory of Cold Region Urban and Rural Human Settlement Environment Science and Technology (Harbin Institute of Technology), Ministry of Industry and Information Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: The morbidity of childhood asthma and allergic diseases has increased significantly in recent years. The indoor air quality of their dwellings and classrooms is closely related to asthma and respiratory diseases, so it is urgent to detect and analyze indoor pollutant concentration levels. Aiming to determine the concentrations of primary indoor pollutants associated with childhood asthma and allergic diseases in severe cold regions and investigate the correlation between different pollutants, the questionnaire survey about the health condition and living environment of the children about 10 years old living in Harbin was carried out, and case groups and control groups were selected for field test and comparative analysis. Results of questionnaire survey show that indoor humidity, condensation, mold, visible flow, decoration, and inhabitant smoking were closely related to childhood asthma and allergic diseases. We selected ten houses (six case groups and four control groups) and two classrooms to monitor temperature, humidity, and particulate mass concentration, collected total volatile organic compounds (TVOCs) and semi-volatile organic compounds (SVOCs), and calculated the colony counts of airborne, settled, and adherent fungi. The difference between measured parameters of case groups and control groups was analyzed, and the correlation between different parameters at sampling sites was discussed. Results show that high temperature and dryness environment might lead to childhood asthma and respiratory illnesses. The difference of PM_{2.5} mass concentration between case groups and control groups was not significant ($P=0.157$). Children with respiratory allergic diseases were associated with SVOCs concentration in dust. There was a significant correlation between airborne fungi in living room and those in children's bedroom ($r=0.943, P=0.005$), and the result was the same for adherent fungi ($r=0.943, P=0.005$).

Keywords: asthma; allergic diseases; questionnaire survey; environmental parameters; fungi

收稿日期: 2019-04-03

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0207103)

作者简介: 卜素贝(1993—),女,博士研究生;

谭羽非(1962—),女,教授,博士生导师

通信作者: 王芳, wfang2004@126.com

学龄儿童的身体处于生理发育期,肺功能和免疫系统都没有完全发育,并且单位体重的呼吸速率比成年人高^[1],因此对室内环境污染物更敏感.随

着室内空气品质下降,儿童哮喘以及过敏性疾病患病率呈现明显的上升的趋势^[2]. 儿童长期暴露于室内化学和微生物污染中会对其健康造成影响. 调查研究儿童哮喘以及过敏性疾病的危险因素,并检测与之相关的污染物浓度水平变得意义重大.

过敏性疾病主要包括哮喘、湿疹、鼻炎等,主要是由于花粉、宠物、真菌等过敏源引起的,其中儿童是最大的患病人群. 近些年来全球范围内哮喘的患病率有明显的上升趋势,中国患哮喘的儿童数量也显著增加^[3]. 这主要是由于环境的变化引起的,短期内不足以发生基因改变,因此室内环境的好坏直接影响着室内人员的健康状况.

在流行病学研究中,已经证实室内可见的潮湿和霉菌与哮喘强相关^[4],儿童暴露于霉菌和潮湿环境会增加患哮喘和鼻炎的风险^[5]. 长期暴露于 PM_{2.5} 可能会导致青少年慢性阻塞性肺功能障碍^[6],短期暴露与儿童过敏性哮喘有关^[7]. 灰尘中的 SVOCs 与湿疹、哮喘、支气管高反应性、鼻炎等过敏症状有明显关联^[8],卧室降尘中 DEHP 浓度与儿童哮喘存在剂量相关性^[9]. 真菌极易在阴暗、潮湿以及通风不良的地方生长和繁殖,长期暴露于真菌环境中会触发呼吸道疾病^[10]和过敏性皮炎^[11]. 哮喘最重要的激发因素是吸入变应原,真菌能够产生特定的微生物挥发性有机物(MVOCs)^[12],该物质可能是哮喘症状的风险因素.

为研究哈尔滨地区学龄儿童哮喘相关的污染物浓度水平,本文通过问卷调查表的方式分析得出哮喘和过敏性疾病的危险因素,选取学龄儿童的生活(分为病例组和对照组)和学习场所现场实测相关的污染物浓度,并且分析病例组和对照组的差异性,计算不同参数之间的相关性.

1 方 法

1.1 问卷调查

本次调查的时间为供暖期,采用判断抽样的方法选定哈尔滨地区某小学四、五年级的学生作为调查对象,要求他们在规定的时间内填写问卷调查表. 考虑到答题质量和回收率的要求,采用约定式方法发放 140 份问卷,回收有效问卷 127 份. 本次问卷采用了“开放式问卷”和“封闭式问卷”相结合的方式设计问卷. 调查问卷的内容包括:居住环境、住宅设备及生活方式、孩子的健康状态、家庭的健康状况等相关问题.

问卷调查结果显示:测试住宅中有人吸烟的有 64 户,占 50.4%,儿童卧室有干燥感的比例高达 96.1%,儿童卧室出现结露、发霉、可见水流(玻璃

表面)现象的比例分别为 57.1%、41.9%、32.4%. 近十年来家里进行过整修或重新装潢的频数为 47,频率达到 37%. 儿童卧室墙壁表面使用涂漆材料的比例达到 76.3%,木制建材的比例为 9.5%. 吸烟过程中会产生大量的细颗粒物^[13],会增加呼吸道疾病和心血管疾病的患病率. 新装修的住宅中会散发出很多有害物质,如甲醛、TVOC、SVOCs 等,这些物质会严重影响儿童的健康. 通过卡方检验计算得到:室内装修对儿童现在有某种过敏症状是一种危险因素($P=0.001$, $OR=3.534$);儿童卧室内有潮湿感对儿童现在有某种过敏症状是一种保护因素($P=0.013$, $OR=0.193$).

但是问卷调查的填写都属于主观感受,并不能代表实际环境状况,因此需要进一步实测相关参数来研究室内污染物、环境参数与过敏性疾病的关联. 选取 6 户病例组(A组)和 4 户对照组(B组),儿童上课的教室(C组)测试室内温湿度、颗粒物、TVOCs 和 SVOCs 以及真菌. 其中 A 组有一个或者多个呼吸道疾病和过敏症状,包括:持续多痰、咳嗽、哮喘、鼻炎、呼吸道过敏、食物过敏、花粉症、湿疹、肺炎、非正常感冒等. B 组儿童则没有病例组儿童的任何一种疾病或症状.

1.2 实测方法

在选取的住宅和教室内监测温湿度;颗粒物质量浓度;TVOCs 和 SVOCs;培养并计算空气中的浮游真菌、降尘中的堆积真菌和地板表面的附着真菌数量. 测试期间尽量避免吸烟、做饭、打扫以及开窗行为等,保持室内环境处于平稳的状态.

采用 HT-II 温度湿度数据采集器在测试场所连续监测两周,测试时间间隔为 5 min,采样高度为 1.1 m. 仪器避免阳光直射,排除太阳辐射的干扰. 使用美国手持式粉尘测定仪(TSI-DUSTTRAK 8532)测试室内外 PM_{2.5} 质量浓度,其中住宅内客厅和儿童卧室各选一个采样点,采样期间避免室内人员活动造成颗粒物再悬浮. 采样高度为 1.1 m,采样时间间隔为 30 s,采样时间 10 min.

用 H7428 便携式室内空气检测仪进行 TVOCs 的检测,采样高度为 1.1 ~ 1.5 m,采样时间设置为 20 min,TVOCs 的检测试剂检测范围是 0.1 ~ 4.0 mg/m³,精度为 0.1 mg/m³. 用 PV-H23 真空吸尘器进行 SVOC 采样,采样面积为 1 m²左右,采样时间为 2 min. 采样结束后进行一系列的前处理和 GC-MS 分析. SVOCs 检测的物质有:邻苯二甲酸二乙酯(DEP)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)、邻苯二甲酸二异辛酯(DEHP)、二丁基羟基甲苯(BHT)、乙二酸二丁酯(DBA)、乙二酸二辛酯(DOA)、磷酸三丁酯

(TBP)、磷酸三氯乙酯(TCEP)、磷酸三苯酯(TPP)。

采用空中浮游菌采样器(BIOSAMP MBS-1000)和直径为Φ90 mm 的氯硝胺甘油琼脂平板(DG-18)采集浮游真菌,采样方法依据 GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》。为了避免采样误差,在住户的客厅和儿童卧室以及教室分别选取两个不同的采样点,采样高度 1.1 m,室外设置一个采样点,固定在距离窗边 30 cm 左右的位置。为了避免采样装置中微生物产生的误差,采样前不放置培养皿的状态下采样 5 min,采样体积为 100 L;现场采样时在培养皿座上放置直径为Φ90 mm 的培养皿,采样 5 min,采样体积 100 L。将采集完样品的培养皿放在空气浴振荡器中 30℃ 恒温培养一周,并对其进行菌落计数。

在地板上选取 1 m²左右的地方,使用 PV-H23 真空吸尘器采集堆积真菌,采样时间为 2 min。使用 23 cm²的粘着薄片(3M Co. 日本东京)收集客厅中央和角落,儿童卧室中央、角落和床腿附近的附着真菌,同时收集教室中央和角落的附着真菌。堆积真菌和附着真菌都在水氯硝胺甘油琼脂平板(DG-18)恒温 25℃ 培养,并对其进行菌落计数。

根据采样方式不同,浮游真菌、堆积真菌和附着真菌分别用每立方米空气中菌落数(cfu/m³)、每毫克降尘中菌落数(cfu/mg)和每平方米地板上菌落数(cfu/m²)进行定量。

2 结果和讨论

2.1 温湿度

冬季室内房间的温湿度与房间的地理位置、朝向、供暖方式、辅助加热加湿设备等相关。如图 1 所示为测试房间温度和湿度分布图,图中的虚线表示 GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》中规定的参数范围,其中冬季采暖室内温度标准范围为 16℃~24℃,相对湿度的标准范围为 30%~60%。对病例组和对照组进行独立样本 *t* 检验,可得病例组的平均温度高于对照组(1.91℃, *P* < 0.001),病例组平均相对湿度低于对照组(6.41%, *P* < 0.001)。

从图 1 中可以看出,大部分的测试房间的温度满足标准。住户 A-4、A-6 和 B-3 的温度偏高,其中分别有 71.6%、71.7% 和 77.5% 的数据大于或等于 24℃,主要是这 3 户都是集中供暖并且无开窗行为。

潮湿环境容易滋生各种微生物以及螨虫等,当相对湿度高于 70% 更有利于霉菌的生长^[14]。当室内空气过于干燥时,可能会导致皮肤过敏、呼吸道粘膜干燥、咽痛等症状,对支气管或呼吸道感染的病人十分不利。

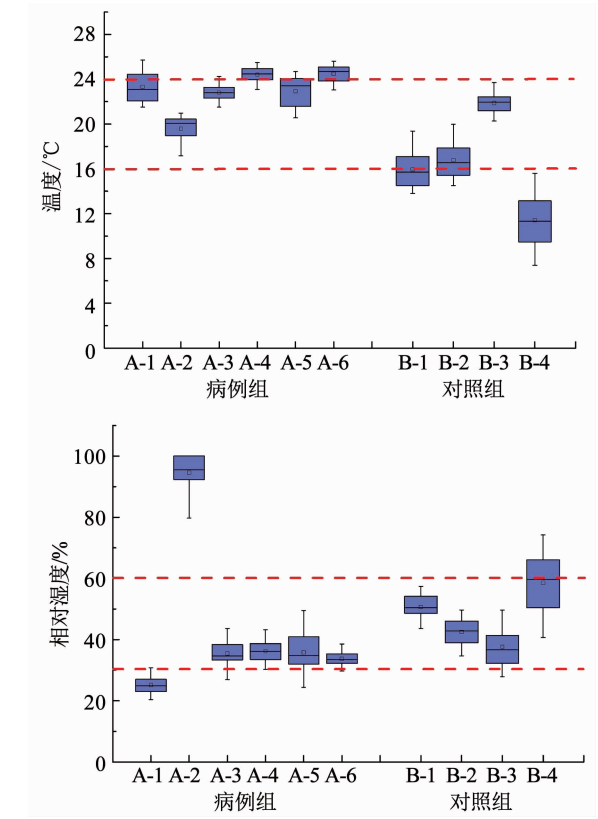


图 1 儿童卧室空气和相对湿度分布图
Fig. 1 Distributions of temperature and relative humidity in children's bedrooms

如图 1 所示大部分测试房间的相对湿度满足标准。病例组 A-2 相对湿度远高于 70%, 平均相对湿度高达 95.81%。主要原因是该户楼下是餐馆, 油烟通过围护结构和窗户的缝隙进入室内, 使得室内空气长期处于高湿的状态。从问卷可知该户的儿童从搬入这间房子就开始患湿疹, 而在之前并没有湿疹的症状, 这可能与儿童长期处于一个过于潮湿的环境有关。病例组 A-1 家庭儿童患有花粉过敏症, 该户的平均相对湿度为 25.01%, 最小值达到 17.9%。该户是所有测试住宅中唯一使用地板辐射采暖的, 问卷可知室内有明显的干燥感, 这可能是该户儿童患有花粉过敏症的主要原因。

2.2 颗粒物

由于住宅户型结构原因, A-6、B-2、B-3、B-4 只检测了儿童卧室颗粒物浓度, 其余住户分别检测客厅和儿童卧室。测试房间 PM_{2.5} 的质量浓度如图 2 所示。

从图 2 中可以看出: 大部分住宅没有超过 PM_{2.5} 日均浓度限值 0.075 mg/m³, 同一住宅内客厅与儿童卧室的浓度相差不大。病例组 PM_{2.5} 的平均质量浓度值(0.087 mg/m³) 大于对照组(0.062 mg/m³), 并且均大于室外质量浓度 0.057 mg/m³。这说明室内 PM_{2.5} 可能对儿童患呼吸过敏性疾病及其症状有负面影响。对病例组和对照组进行 Mann-Whitney *U* 检

验 ($P = 0.157$), 表明病例组与对照组 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度统计学差异不显著. 对于儿童卧室 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度超过日均浓度限值时, 儿童患病率为 66.7%. 教室 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度均值为 0.036 mg/m^3 , 低于住宅内颗粒物质量浓度, 主要是由于测试期间没有学生在教室内上课.

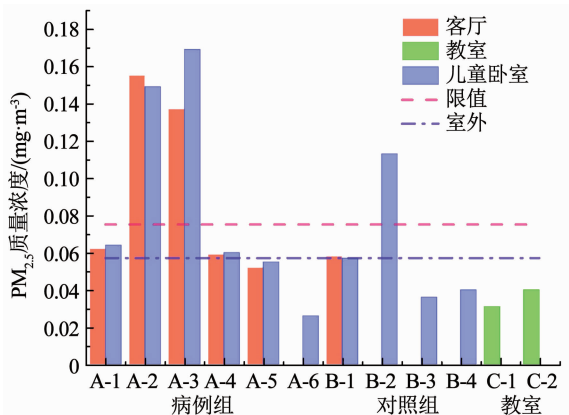


图 2 病例组和对照组 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度

Fig. 2 $\text{PM}_{2.5}$ mass concentrations in case groups and control groups

2.3 TVOCs 和 SVOCs

测试结果发现这 10 户测试住宅的儿童卧室中 TVOCs 的含量均小于 GB/T18883-2002《室内空气质量标准》规定中提出的限值 $600 \text{ }\mu\text{g/m}^3$. 主要是因为测试的 10 户家庭住宅使用时间至少 5 年, 其中大多数都在 10 年以上, 并且近期未进行装修. 室内装修产品散发出的总挥发性有机物的量随时间的变化而逐渐减小, 并且部分污染物可以通过自然通风或者机械排风排到室外, 最终使得室内 TVOCs 的含量在正常范围以内.

图 3 是测试房间降尘中 SVOCs 浓度图, 其中 DEHP 和 DBP 的含量较高, 还包含少些的 DEP 和 DBA. SVOCs 的散发源主要是室内地板、家具、壁纸、油漆、香味剂、化妆品以及各种塑料制品. 其中室内 DEHP 的主要来源是 PVC (聚氯乙烯) 地板和油漆, PVC 地板会散发大量的 SVOCs, 家庭装修使用 PVC 地板材料儿童患支气管阻塞的危险性是采用木地板材料的 1.89 倍^[15]. DBP 也称为塑化剂, 主要来源于油漆、香水、指甲油等.

在最新的 RoHS 2.0 (2011/65/EU)^[16] 修订版中, DEHP 和 DBP 等 4 种 SVOCs 的浓度限值为 $1000 \text{ }\mu\text{g/g}$. 冬季住宅中 DBP 和 DEHP 超过限值的比例分别为 56.25% 和 43.75%, 其中 DBP 最大浓度 $5504 \text{ }\mu\text{g/g}$ 超过上海地区客厅 DBP 最大浓度 $3320 \text{ }\mu\text{g/g}$ ^[17], 远远超过北京地区客厅 DBP 最大浓度 $1427.1 \text{ }\mu\text{g/g}$ ^[18]. 样本中对照组儿童卧室内 SVOCs 的

平均值 ($3179 \text{ }\mu\text{g/g}$) 小于病例组 ($3729.2 \text{ }\mu\text{g/g}$), 样本中对照组的秩均值 (5.00) 小于病例组 (5.83), 说明 SVOCs 对儿童患有呼吸过敏性疾病及其症状有影响. 对儿童卧室内 SVOCs 的数据进行 Mann-Whitney U 检验 ($P = 0.670$), 病例组与对照组 SVOCs 数据的差异在统计学上不显著.

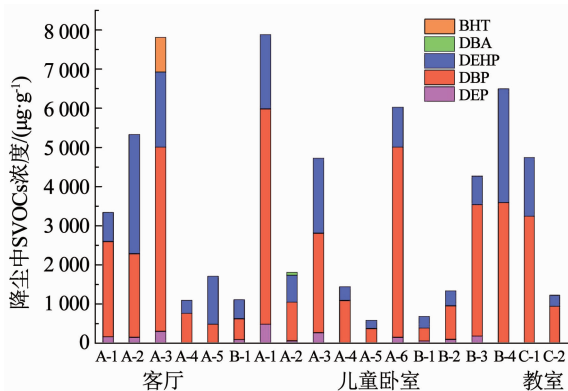


图 3 降尘中 SVOCs 浓度

Fig. 3 SVOCs concentrations in dust

2.4 真菌

真菌能够产生导致哮喘的危险因素微生物挥发性有机物 (MVOC)^[12], 进一步报道显示真菌产生的 TMPD-DIB 与鼻塞、气喘和哮喘呈现正相关. 从温度分布图可知室内温度偏高, 研究表明温暖环境对于真菌滋生是一个有利的因素^[19].

如图 4 所示为测试房间浮游真菌菌落数, 其中限值 1 为芬兰冬季室内空气中真菌的限值 500 cfu/m^3 ^[20], 限值 2 为 AIJ 日本冬季室内空气中真菌限值 1000 cfu/m^3 ^[21]. 中国目前还没有真菌限制的相关标准, GB/T18883-2002《室内空气质量标准》中只规定室内空气中的菌落总数不超过 2500 cfu/m^3 .

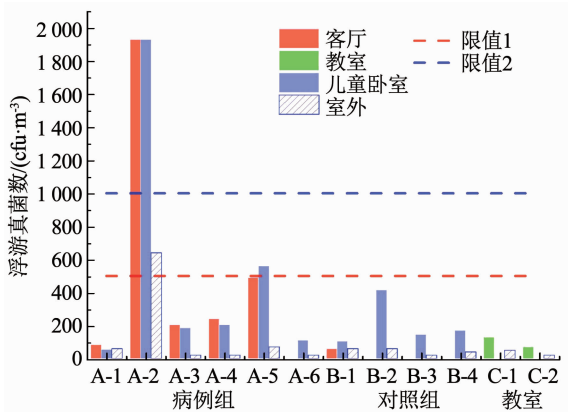


图 4 住宅和教室浮游真菌菌落数

Fig. 4 Colony count of airborne fungi in dwellings and classrooms

根据 GB/T 18204.3-2013《公共场所卫生检验方法第 3 部分: 空气微生物》规定中一个区域空气中真菌总数的测定结果按照该区域全部采样点中真

菌总数测定值中的最大值给出,得到教室 1 和教室 2 的真菌数分别为 130 cfu/m³和 70 cfu/m³.

从图 4 中可以看出除了住户 A-2 以外其他住户浮游真菌菌落数均小于限值 500 cfu/m³. 住户 A-2 的浮游真菌数高达 1 930 cfu/m³,这主要与室内环境相关,该住宅室内潮湿、发霉现象严重,时有潮虫出现. 该户家庭中的孩子患有湿疹可能与室内真菌有很大关系. 室外浮游真菌菌落数小于室内,主要是哈尔滨室外温度极低,不适宜真菌的生长繁殖.

对客厅和儿童卧室浮游真菌进行 Spearman 双侧显著性检验($r = 0.943, P = 0.005$),表明客厅和儿童卧室浮游真菌数显著相关. 主要是同一住宅建筑装修水平、打扫和通风换气频率等相同,并且供暖设备使得住宅客厅和儿童卧室的空气混合均匀. 病例组和对照组浮游真菌的检测值范围分别为:55 ~ 1 930 cfu/m³和 60 ~ 415 cfu/m³. 儿童卧室样本中病例组的浮游真菌均值(507.5 cfu/m³)大于对照组(208.75 cfu/m³),说明浮游真菌对儿童患呼吸过敏性疾病及其症状有负面影响. 对病例组与对照组儿童卧室内浮游真菌的数据进行 Mann-Whitney U 双侧显著性检验($P = 0.522$),在统计学上病例组和对照组浮游真菌数没有显著性差异. 对比武汉地区儿童卧室样本中病例组的浮游真菌均值(484 cfu/m³)和对照组(330 cfu/m³),哈尔滨地区患儿童哮喘和过敏性疾病的住宅内浮游真菌污染严重,可能的原因是哈尔滨地区集中供暖或地板辐射采暖造成空气中含有大量的悬浮颗粒物.

如图 5 是测试房间堆积真菌菌落数,其中 A-1 户客厅、A-3 户客厅和儿童卧室、B-3 户儿童卧室采集的灰尘量太少不能提取. 病例组和对照组堆积真菌的检测值范围分别为:40 ~ 880.95 cfu/mg 和 15.15 ~ 1 085.89 cfu/mg. 对病例组与对照组儿童卧室内堆积真菌的样本数据进行 Mann-Whitney U 双侧显著性检验($P = 0.456$),表明病例组与对照组的堆积真菌数据差异在统计学上不显著.

图 6 为测试房间不同采样点的附着真菌菌落数,从图中可知:教室采样点附着真菌菌落数高于住宅,主要是因为教室属于公共建筑,单位面积人员数量多,室内污染源多,比住宅更难清洁. 对于住宅客厅附着真菌菌落数均值角落 > 中央(6.62 > 1.12),儿童卧室附着真菌菌落数床腿 > 角落 > 中央(4.11 > 2.96 > 1.17). 这与平时的清洁习惯相一致,住宅内中央位置容易打扫,而床腿和角落属于清扫的死角,平时很少会特意打扫. 对住户客厅和儿童卧室中央附着菌落数进行 Spearson 相关性分析($r = 0.943, P = 0.005$),两者呈现显著相关.

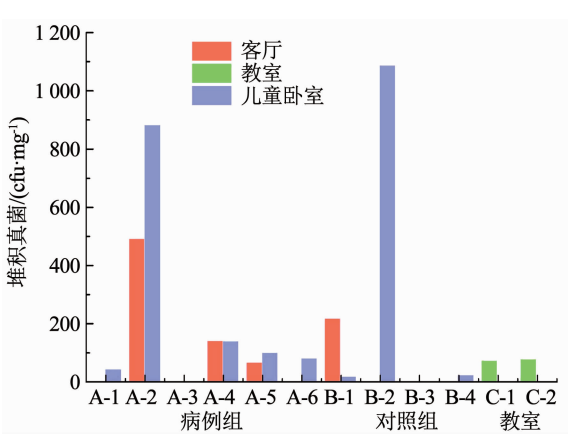


图 5 住宅和教室堆积真菌菌落数
Fig. 5 Colony count of settled fungi in dwellings and classrooms

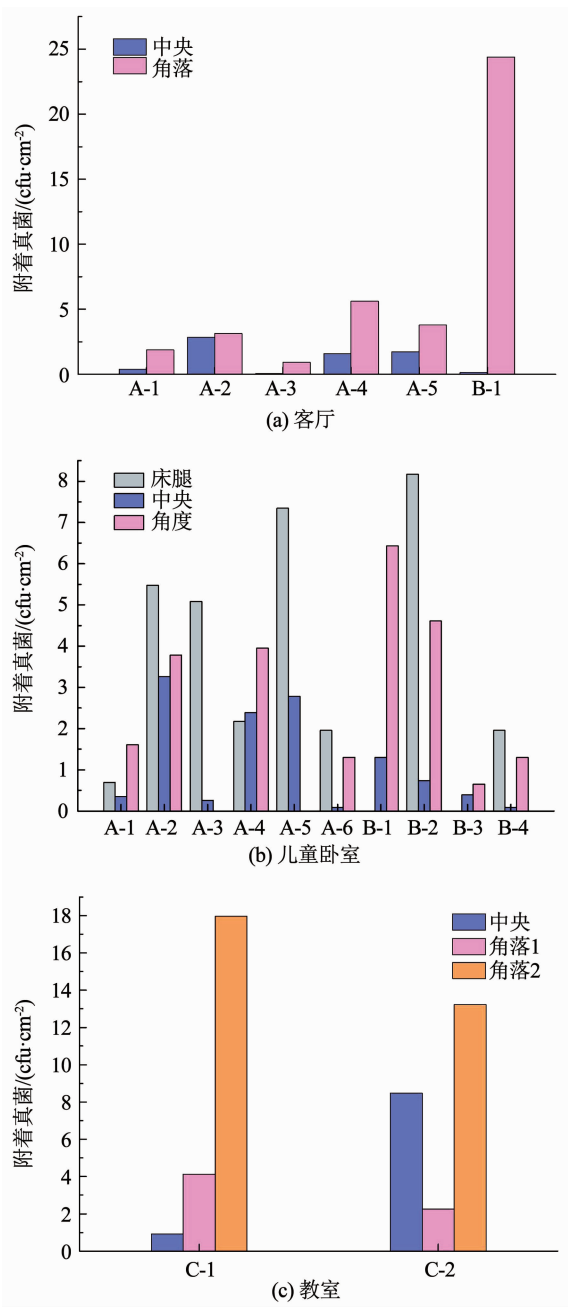


图 6 住宅和教室附着真菌菌落数
Fig. 6 Colony count of adherent fungi in dwellings and classrooms

2.5 相关性分析

为了充分了解不同测试参数之间的相关性,本文计算了测试地点不同参数之间的 Spearman 相关系数,见表 1. 其中 PM_{2.5}与堆积真菌($r=0.678$)、浮游真菌和附着真菌($r=0.678$)、温度和相对湿度($r=-0.712$)为强相关,而相对湿度与浮游真菌、浮游真菌与堆积真菌、堆积真菌与附着真菌为中等程度相关.

温度与相对湿度呈现负相关($r=-0.712$),主要是因为温度升高会加快空气中水蒸气的蒸发,使得相对湿度相应减小,这与上海的测试结果相一致^[17]. PM_{2.5}与堆积真菌呈强正相关,主要是因为 PM_{2.5}是堆积真菌的一种载体. 浮游真菌和附着真菌强相关主要是因为它们是真菌的两种不同形态,一种浮游在空气中,另一种降落到地面上,两者可以相互转化.

由于测试数据量偏少并且影响因素偏多,并没有足够的数据分析污染物水平与儿童哮喘和过敏性疾病的关联. 但是病例组与对照组的污染物浓度的差异说明室内空气质量对人体的健康影响不容忽视.

表 1 不同参数之间的 Spearman 相关系数
Tab.1 Spearman correlation coefficient between different parameters

参数 1	参数 2	r	P	n
PM _{2.5}	堆积真菌	0.678	0.015	12
浮游真菌	附着真菌	0.678	0.004	16
温度	相对湿度	-0.712	0.025	10
相对湿度	浮游真菌	0.418	0.229	10
浮游真菌	堆积真菌	0.550	0.064	12
堆积真菌	附着真菌	0.431	0.162	12

3 结 论

1)通过问卷调查表得出:潮湿、结露、发霉、有可见水流、装修以及室内人员吸烟等是儿童哮喘和过敏性疾病的危险因素.

2)病例组的平均温度显著高于对照组(1.91℃, $P<0.001$),病例组平均相对湿度显著低于对照组(6.41%, $P<0.001$),高温干燥的环境与儿童哮喘和呼吸道疾病相关.

3)病例组和对照组 PM_{2.5}质量浓度统计学差异不显著(Mann-Whitney U 检验 $P=0.157$).

4)室内降尘中 DEHP 和 DBP 的含量较多,病例组儿童卧室内 SVOCs 的平均值(3 729.2 μg/g)大于对照组(3 179 μg/g),说明儿童患有呼吸过敏性疾

病与降尘中 SVOCs 浓度有关.

5)客厅和儿童卧室浮游真菌数显著相关($r=0.943$, $P=0.005$);客厅附着真菌菌落数均值角落>中央,儿童卧室附着真菌菌落数床腿>角落>中央;住宅客厅和儿童卧室中央附着菌落数显著相关($r=0.943$, $P=0.005$).

参考文献

[1] FAUSTMAN E M, SLIBERNAGEL S M, FENSKE R A, et al. Mechanisms underlying children's susceptibility to environmental toxicants[J]. Environmental Health Perspectives, 2000, 108(S1): 13. DOI:10.2307/3454629

[2] BEASLEY R. Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC [J]. The Lancet, 1998, 351 (9111): 1225. DOI: 10.1016/S0140-6736(97)07302-9

[3] HUANG Chen, LIU Wei, HU Yu, et al. Updated prevalences of asthma, allergy, and airway symptoms, and a systematic review of trends over time for childhood asthma in Shanghai, China[J]. PLOS ONE, 2015, 10(4): 1-8. DOI:10.1371/journal.pone.0121577

[4] MARK J M, ANNA G M, CHEUNG K, et al. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: A review of the epidemiologic evidence[J]. Environmental Health Perspectives, 2011, 119 (6): 748. DOI: 10.1289/ehp.1002410

[5] THACHER J D, GRUZIEVA O, PERSHAGEN G, et al. Mold and dampness exposure and allergic outcomes from birth to adolescence: data from the BAMSE cohort [J]. Allergy, 2017, 72 (6): 967. DOI:10.1111/all.13102

[6] 王燕侠,牛静萍,丁国武,等.兰州市大气污染对青春期青少年肺功能的影响[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(6): 415

WANG Yanxia, NIU Jingping, DING Guowu, et al. Effects of air pollution on juvenile lung function in Lanzhou, China[J]. Journal of Environment and Health, 2007, 24 (6): 415. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5914.2007.06.014

[7] NIKASINOVIC L, JUST J, SAHRAOUI F, et al. Nasal inflammation and personal exposure to fine particles PM_{2.5} in asthmatic children [J]. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 2006, 117(6): 1382. DOI:10.1016/j.jaci.2006.03.023

[8] BORNEHAG C G, SUNDELL J, WESCHLER C J, et al. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: A nested case-control study [J]. Environmental Health Perspectives, 2004, 112 (14): 1393. DOI: 10.1289/ehp.7187

[9] AIT BAMA Y, SHIBATA E, SAITO I, et al. Exposure to house dust phthalates in relation to asthma and allergies in both children and adults[J]. Science of the Total Environment, 2014, 485-486: 153. DOI:10.1016/j.scitotenv.2014.03.059

[10] KURUP V P, SHEN H D, BANERJEE B. Respiratory fungal allergy[J]. Microbes and Infection, 2000, 2(9): 1101. DOI:10.1016/s1286-4579(00)01264-8

[11] GAITANIS G, MAGIATIS P, HANTSCHKE M, et al. The Malassezia genus in skin and systemic diseases [J]. Clinical Microbiology Reviews, 2012, 25 (1): 106. DOI:10.1128/CMR.

00021-11

[12] KIM J L, ELFMAN L, MI Y, et al. Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic organic compounds and plasticizers in schools-associations with asthma and respiratory symptoms in pupils [J]. Indoor Air, 2007, 17 (2): 153. DOI:10.1111/j.1600-0668.2006.00466.x

[13] 曹曦葳, 周增幸, 张菡, 等. 吸烟对室内空气细颗粒物浓度的影响研究[J]. 绿色科技, 2018(24): 25
CAO Xiwei, ZHOU Zengxing, ZHANG Han, et al. Influence of smoking on indoor air fine particle concentration [J]. Journal of Green Science and Technology, 2018(24): 25

[14] YANAGI U, IKEDA K. A study on the behavior and control of microbial contamination in an air conditioning system: part 1 growth environment and contamination status of microbes[J]. Transactions of the Architectural Institute of Japan, 2005, 70(593): 49. DOI: 10.3130/aije.70.49_2(in Japanese)

[15] JAAKKOLA J J, OIE L, NAFSTAD P, et al. Interior surface materials in the home and the development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Norway [J]. American Journal of Public Health, 1999, 89(2): 188. DOI:10.2105/ajph.89.2.188

[16] European Union. Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS) 2.0; 2011/65/EU. Annex II; EU 2015/863 [S]. [S.I.]: EU, 2015

[17] ZHANG Huibo, XIE Jingchao, YOSHINO H, et al. Thermal and environmental conditions in Shanghai households; Risk factors for childhood health [J]. Building and Environment, 2016, 104: 35. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.04.020

[18] FAN Guangtao, XIE Jingchao, LIU Jiaping, et al. Investigation of indoor environmental quality in urban dwellings with schoolchildren in Beijing, China [J]. Indoor and Built Environment, 2016, 26(5): 1. DOI:10.1177/1420326X16636184

[19] ZHU Shengwei, CAI Wei, YOSHINO H, et al. Primary pollutants in schoolchildren's homes in Wuhan, China [J]. Building and Environment, 2015, 93: 41. DOI:10.1016/j.buildenv.2015.02.028

[20] Ministry of Social Affairs and Health. Health protection act. Instructions regarding physical, chemical and biological factors in housing, guidebook No.1 [S]. Helsinki: Ministry of Social Affairs and Health, 2003

[21] Architectural Institute of Japan. Standards for design and maintenance on indoor air pollution by microbe; AIJES-A002-2013 [S]. Tokyo: Architectural Institute of Japan, 2013

(编辑 张 红)

(上接第 156 页)

[4] 孙海玲, 王红平. 基于岭回归的城市建筑能耗增长驱动因素研究[J]. 城市发展研究, 2013, 20(5): 21
SUN Hailing, WANG Hongping. The driving factors of the increase of the building energy consumption based on ridge regression [J]. Urban Development Studies, 2013, 20(5): 21. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3862.2013.05.029

[5] 何艳. 城市居住区规划中的节能与省地问题探析[J]. 建筑设计管理, 2013(3): 39
HE Yan. Analysis on energy saving and land saving in urban residential district planning [J]. Architectural Design Management, 2013(3): 39. DOI: 10.3969/j.issn.1673-1093.2013.03.012

[6] 吴凌雁. 节能理念指导下的居住区规划研究[J]. 建材与装饰, 2016(2): 89
WU Lingyan. Residential area planning research under the guidance of energy saving concept [J]. Construction Materials & Decoration, 2016(2): 89

[7] 刘大龙, 刘加平, 杨柳. 气候变化下我国建筑能耗演化规律研究[J]. 太阳能学报, 2013, 34(3): 439
LIU Dalong, LIU Jiaping, YANG Liu. Building energy consumption principia under climate change in China [J]. Acta Energiæ Solaris Sinica, 2013, 34(3): 439. DOI: 10.3969/j.issn.0254-0096.2013.03.014

[8] TIAN Wei. A review of sensitivity analysis methods in building energy analysis [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 20: 411. DOI: 10.1016/j.rser.2012.12.014

[9] SALTELLI A, RATTI M, TARANTOLA S, et al. Update 1 of: Sensitivity analysis for chemical models [J]. Chemical Reviews, 2012, 112(5): PR1. DOI: 10.1021/cr200301u

[10] KRISTENSEN M H, STEFFEN P. Choosing the appropriate sensitivity analysis method for building energy model-based investigations [J]. Energy and Buildings, 2016, 130: 166. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.08.038

[11] MENBERG K, HEO Y, CHOUDHARY R. Sensitivity analysis methods for building energy models; Comparing computational costs and extractable information [J]. Energy and Buildings, 2016, 133: 433. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.10.005

[12] HEISELBERG P, BEOHUS H, HESSELHOLT A, et al. Application of sensitivity analysis in design of sustainable buildings [J]. Renewable Energy, 2009, 34(9): 2030. DOI: 10.1016/j.renene.2009.02.016

[13] TATHIANE A D L M, LUC A, LEOPOLDO E G B, et al. Sensitivity analysis of urban morphology factors regarding solar energy potential of buildings in a Brazilian tropical context [J]. Solar Energy, 2016, 137: 11. DOI: 10.1016/j.solener.2016.07.053

[14] VARTHOLOMAIOS A. A parametric sensitivity analysis of the influence of urban form on domestic energy consumption for heating and cooling in a Mediterranean city [J]. Sustainable Cities and Society, 2017, 28: 135. DOI: 10.1016/j.scs.2016.09.006

[15] SALTELLI A, RATTI M, TARANTOLA S, et al. Sensitivity analysis practices; Strategies for model-based inference [J]. Reliability Engineering and System Safety, 2006, 91 (10/11): 1109. DOI: 10.1016/j.ress.2005.11.014

(编辑 张 红)