

DOI: 10.5846/stxb201307071852

王红娟, 黄华芳, 王健, 张聪聪, 左晓明. 石家庄市滨河湿地公园秋季增湿效应. 生态学报, 2014, 34(17): 5077-5086.

Wang H J, Huang H F, Wang J, Zhang C C, Zuo X M. The humidifying effect of riparian wetland park during autumn in Shijiazhuang City. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(17): 5077-5086.

## 石家庄市滨河湿地公园秋季增湿效应

王红娟<sup>1</sup>, 黄华芳<sup>1,2,\*</sup>, 王 健<sup>1,2</sup>, 张聪聪<sup>1</sup>, 左晓明<sup>1</sup>

(1. 河北师范大学资源与环境科学学院, 石家庄 050024; 2. 河北省环境演变与生态建设实验室, 石家庄 050024)

**摘要:** 滨河湿地公园拥有良好的生态环境和多样化的景观资源。作为城市绿地系统的重要组成部分,它在调节气候、美化环境、维护区域生态平衡等方面具有不可替代的作用。于 2012 年 10 月 10—12 日和 2013 年 9 月 27—29 日、10 月 2、3、6 日晴朗无风(或风速小于 0.2 m/s)的天气条件下,在石家庄市太平河滨河湿地公园,选择不同结构的下垫面——水泥路面(宽约 14 m)、乔-草绿地(宽约 58 m)、灌木林(宽约 22 m),对距地面 1.5 m 高度内的大气湿度变化情况进行了系统监测,并选择了面积相近、无植被和水体等环境因素影响的裸地进行了比测,研究了不同植被类型在秋季白天各时段增湿效应的垂向和横向变化规律,分析了各类下垫面增湿效应的差异性。结果表明:①植被覆盖区的增湿效应随环境温度升高而增强,其相关系数可达 0.8 以上。白天以 10:00—14:00 气温较高时段增湿效应最明显,平均较 8:00 高 4%左右,较 18:00 高 8%左右;②植被的增湿效应在近地面处较强,而自 0.2 m 高度向上各监测高度段以公差为 1%—2%的数列递减;③秋季白天,不同下垫面的增湿效应由强到弱依次为灌木林、乔-草林、河流、水泥路面,其中灌木林较乔-草林的增湿效应强约 5%—7%;④同一绿地,当结构和郁闭度无明显变化时,其增湿效应在相同季节基本稳定;⑤虽然秋季绿地增湿效应与夏季相比明显减弱,但绿地增湿效应与环境温度的关系、增湿效应的垂向变化特征以及不同结构绿地的增湿效应差异等在不同季节仍具有一致的规律。滨河湿地公园不同结构类型区域的合理配置,可以更有效地改善大气环境。

**关键词:** 滨河湿地公园; 乔-草林; 灌木林; 增湿效应

## The humidifying effect of riparian wetland park during autumn in Shijiazhuang City

WANG Hongjuan<sup>1</sup>, HUANG Huafang<sup>1,2,\*</sup>, WANG Jian<sup>1,2</sup>, ZHANG Congcong<sup>1</sup>, ZUO Xiaoming<sup>1</sup>

1 College of Resources and Environment Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China

2 Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Shijiazhuang 050024, China

**Abstract:** As one of the important part of urban green lands, the riparian wetland park has good ecological environment and various landscape resources, and plays an irreplaceable role in adjusting the climate, beautifying the environment and maintaining regional ecological balance. So, study on the ecological effects of urban riparian wetland park not only have theoretical significance, but also have practical significance to improve living environment. In order to study the humidifying effect of different underlying surfaces from horizontal and vertical directions, the authors monitored the air humidity below the height of 1.5 m above the ground of various underlying surfaces, including a cement pavement (14 m wide), arbor-grass lands (58 m wide), and shrub lands (22 m wide), during 10—12<sup>th</sup> October, 2012, 27—29<sup>th</sup> September and 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 6<sup>th</sup> October, 2013, when it was sunny day without wind (or the wind speed less than 0.2 m/s), in Taiping riparian wetland park of Shijiazhuang, Hebei Province. And compared the results with the monitoring data of bare land, which has the similar size to the monitoring area and free from plants and water. The research results could be summarized as follows:

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05043-005)

收稿日期: 2013-07-07; 网络出版日期: 2014-03-05

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hhf@mail.hebtu.edu.cn

First, the humidifying effect of vegetation can strengthen with the increase of air temperature and the correlation coefficient surpasses 0.8. The humidifying effect is the strongest at 10:00—14:00 when the temperature is the highest on the midday. The humidifying effect is 4% more than that at 8:00, and 8% more than that at 18:00. Second, the humidifying effect is the strongest close to the ground surface, then it reduces toward up progressively from the height of 0.2 m, and the lapse rate is 1%—2%. Third, the humidifying effect of ground surface with different land covers from strong to weak are: shrub lands, arbor-grass lands, river and cement pavement, the shrub lands is 5%—7% more than that of arbor-grass lands. Four, the humidifying effect keeps a stable state in the same season where the structure and canopy density of the green lands have no obvious change. Last, the humidifying effect of green lands in autumn is weaker significantly than in summer, but the relationship between humidifying effect of green lands and air temperature has the same tendency in different seasons. In addition, the vertical variation of humidifying effect and the difference of various green lands with different structures also have the same tendency in different seasons. All of above present the general rules of humidifying effect of green lands. Thus it can be seen that the rational allocation on various types of green lands in wetland parks can improve the atmosphere environment more effectively.

**Key Words:** riparian wetland park; arbor-grass lands; shrub lands; humidifying effect

滨河湿地公园拥有良好的生态环境和多样化的景观资源。作为城市绿地系统的重要组成部分,它在调节气候、美化环境、维护区域生态平衡等方面具有不可替代的作用<sup>[1]</sup>。布局合理、达到一定面积的绿地通过蒸腾作用能够产生大量水蒸气,使其周围的空气湿度提高 5%—20%<sup>[2]</sup>。滨河湿地公园以其特有的生态功能,维系着城市水、生命、文化、环境等多方面的关系,在人类历史的发展进程中扮演着不可或缺的重要角色<sup>[3]</sup>。

国外对于城市湿地公园的研究,多予关注的是植物物种组成及其丰富度的生态景观效应、生态景观遭受破坏引起的环境劣化、生态景观退化的影响因素和景观修复、生态景观资源的优化管理和生态旅游业的可持续发展等问题<sup>[4-12]</sup>;国内有关城市湿地公园的研究起步较晚,而且大多是出于为城市建设、发展服务的目的,集中在城市湿地公园植物景观<sup>[13-16]</sup>、园区规划与建设<sup>[17-21]</sup>等方面。总体来看,迄今在国内外涉及城市湿地公园增湿效应类的研究较为缺乏。

于 2012 年 10 月 10—12 日和 2013 年 9 月 27—29 日、10 月 2、3、6 日晴朗无风(或风速小于 0.2 m/s)的天气条件下,在石家庄市太平河滨河湿地公园,选择不同结构的下垫面和不同植被类型覆盖的地段,对距地面 1.5 m 高度内的大气湿度变化情况进行了系统监测,从定量的角度研究了不同植被类型在秋季白天各时段增湿效应的垂向和横向变化规律,

探讨了不同植被类型的增湿效应差异及滨河湿地公园的综合增湿功能。其结果不仅对拓展城市湿地生态效应研究具有理论意义,对改善人居环境也具有实践意义。

## 1 研究区概况

太平河滨河湿地公园位于石家庄市北部,沿太平河呈北东东向展布,长约 18 km。研究监测区位于公园东部、太平河北岸的雅临园(图 1a),面积 1.68 km<sup>2</sup>,其南侧的太平河为人工引水,河宽 240 m;北侧的滹沱河几近干涸。监测区内地形平坦,植被覆盖度较高,植被类型主要为桃树(*Prunus persica*)、加杨(*Populus canadensis*)、垂柳(*Salix babylonica*)、金银木(*Lonicera maackii*)、野牛草(*Buchloe dactyloides*)及早熟禾(*Poa pratensis*)等,周围空间开阔,临近 20 m 范围内无其他绿地。

研究区属于暖温带大陆性季风气候。年均气温 11.8—13.2 °C;年均降水量为 450—550 mm,干湿期明显。夏冬季长,春秋季短:春季长约 55 d,夏季长约 105 d,秋季长约 60 d,冬季长约 145 d。秋季,晴朗少雨,气候宜人<sup>[22]</sup>。

## 2 大气湿度监测及数据处理

大气湿度监测使用衡欣科技公司生产的数字温湿测量仪(型号 8716),测定范围为 0—100% RH,分辨率 0.1% RH;用测尺对测点进行水平距离和垂直

高度定位。

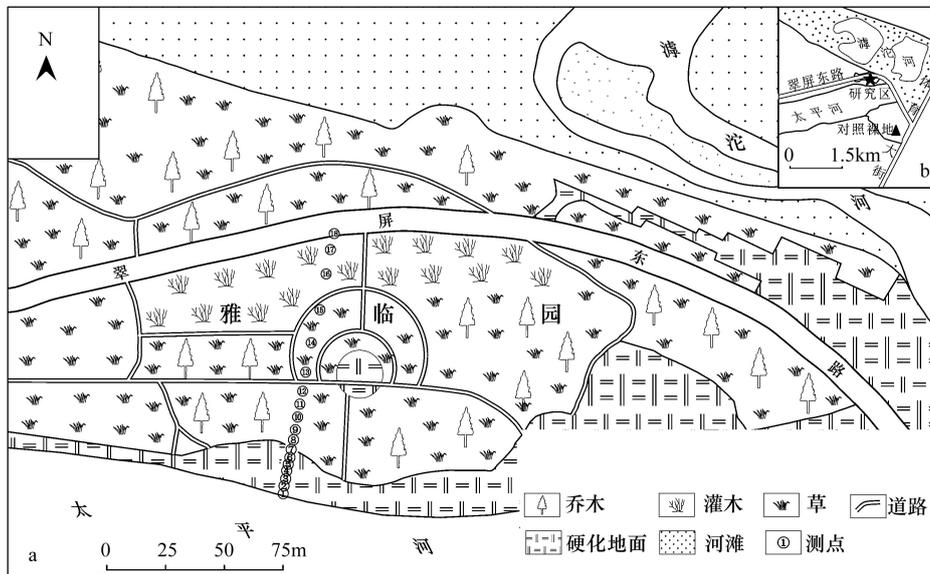


图 1 太平河滨河湿地公园测点分布图

Fig.1 Distribution of measure points in Taiping Riparian Wetland Park

2.1 大气湿度监测

监测点位布设垂直于太平河岸,以河岸为起点,向北至翠屏东路为终点。下垫面分别为滨河水泥硬

质路面(宽约 14 m)、乔-草绿地(宽约 58 m)、灌木林(宽约 22 m)(图 1a,表 1)。

表 1 测区下垫面结构类型及特征

Table 1 Characteristics of underlying surfaces along the measure line

位置 Location	下垫面性质 Underlying surface properties	植物构成 Plant composition	密度 Density/ (株/m <sup>2</sup> )	郁闭度 canopy density
太平河北岸 North side of Taiping river	水泥路面	无	/	/
距河岸 14—61m 14—61m from the river bank	乔-草林	杨树、桃树、柳树、早熟禾、野牛草	0.06	0.7—0.85
距河岸 61—63m 61—63m from the river bank	石质路面	无	/	/
距河岸 63—74m 63—74m from the river bank	乔-草林	杨树、桃树、柳树、早熟禾、野牛草	0.06	0.7—0.85
距河岸 74—76m 74—76m from the river bank	石质路面	无	/	/
距河岸 76—99m 76—99m from the river bank	灌木林	金银木	1	1

为确保各监测点数据能够系统反映不同绿地大气湿度的变化规律,在晴天静风或风速<0.2 m/s 的条件下,选择植被分布均匀的样方进行相对湿度监测,并尽量避免人流的影响。监测时间为 8:00、10:00、12:00、14:00、16:00 和 18:00 六个时段。考虑到河流蒸发和植被蒸腾对滨河水泥路面上空大气湿度有一定影响,而乔-草林、灌木林内部环境均一,

在太平河北岸滨河水泥路面监测点较密,水平间距为 2 m,在乔-草林、灌木林内监测点较疏,水平间距约为 11 m;在近地面 1.5 m 及以下高度布设监测点,垂向测点间距 0.2 m。

此外为研究不同下垫面大气增湿效应的差异性,还选择了面积相近、无植被和水体等环境因素影响的裸地进行了比测研究(图 1b)。

## 2.2 数据处理

使用 Microsoft Excel 软件对监测区按灌木林、乔-草林及水泥路面等下垫面类型分别建立相应的数据文件,对各时段监测数据进行横向和垂向多重比较,并与裸地 5 个测点的监测数据相对照,分析各类下垫面增湿效应的差异性、同类下垫面在不同时

段增湿效应的变化规律。

## 3 监测结果

将太平河滨河湿地公园各测点不同时间、不同高度的大气相对湿度监测结果绘制成图(图 2)。

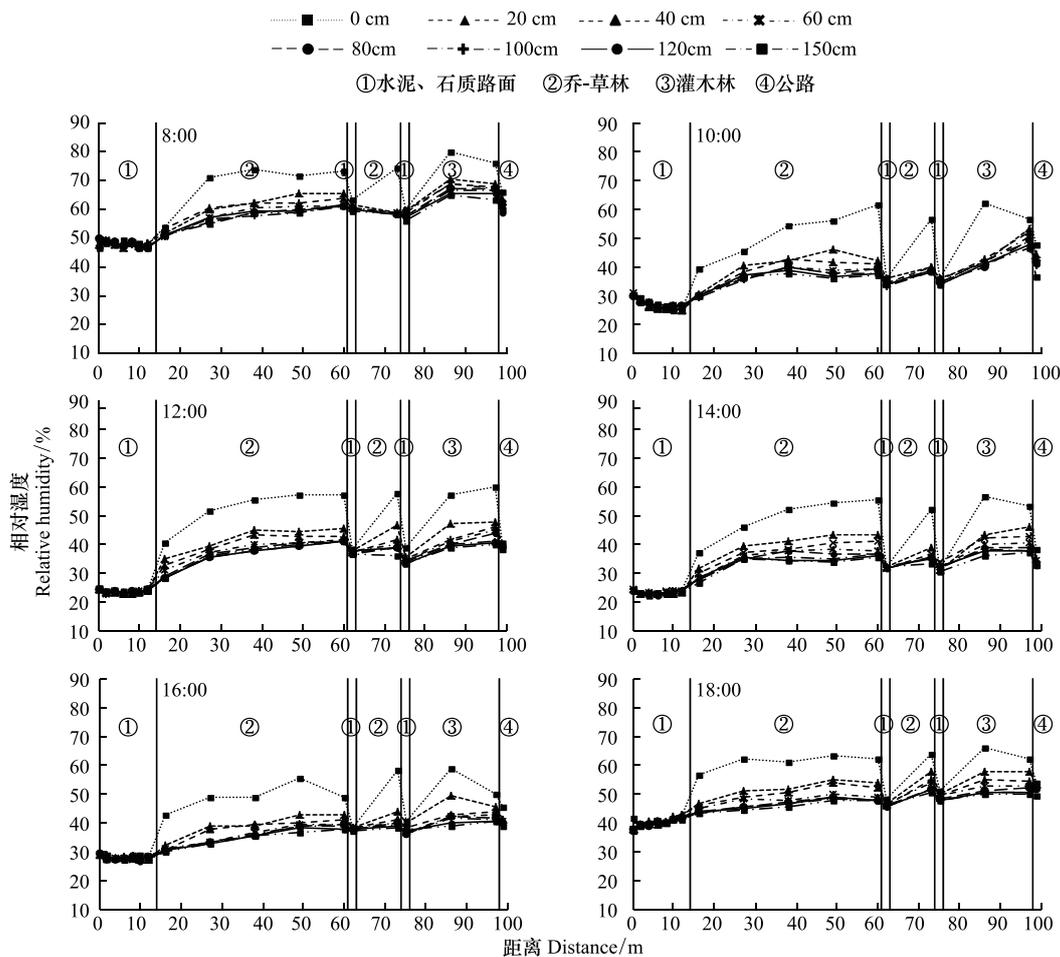


图 2 太平河滨河湿地公园各测点不同时段相对湿度

Fig.2 Relative humidity of measure points at different times in Taiping riparian wetland park

由图 2 可以看出,大气湿度呈现由水泥(或石质)路面向绿地中央升高的趋势。虽然不同类型绿地的大气湿度值在不同时段、不同高度有所差异,但由于 1.5 m 高度以下灌木林种植密度大,植被盖度大,蒸腾作用强,其增湿效应强于乔-草林(1.5 m 以下为裸干)。因此,总体上大气湿度由高到低依次为灌木林、乔-草林、园内石质小路、水泥路面。

### 3.1 滨河水泥路面

由于河边有高 1.2 m 的护栏,水泥路面上的测点 ①在 10:00—16:00 内处于阴影下,与测点 ②—⑦背景不同,故在数据分析时进行了合理取舍。

8:00,垂向上,大气湿度值在 1.5 m 高度范围内由下往上呈升高趋势,平均幅度约 2%,表明在 8:00 前水泥地面受河流及植被影响较弱,其上方空气仍保留了夜间大气的垂向湿度变化特征。水平方向上,各高度的空气湿度值均变化较小,平均幅度不足 2%,说明早 8:00 前温度较低,蒸发、蒸腾作用较弱,河流及植被的影响都比较小。

10:00,在 14 m 宽的水泥路面上,从垂向上看,由于大气的混合作用使湿度值变化不大,平均幅度小于 1%,但也呈现出近地面湿度值较低的规律;与 8:00 相比较,10:00 的大气湿度显著降低,平均幅度

21%左右,且近地面 0.8 m 降低较为明显。说明,8:00—10:00 内随太阳辐射强度的增加,水泥路面的热烘烤作用在增强。水平方向上,在距河岸 2—6 m 范围内,随距河岸距离的增加,湿度逐渐降低,由 28.5%降低到 26%;在植被覆盖区边缘 8 m 范围以内,湿度值基本稳定在 25%左右。说明此时河流水面蒸发作用对附近大气湿度的影响强于植被。

12:00—14:00,大气湿度无论在垂向上,还是在水平方向上,均较 10:00 之前有较大幅度降低,平均湿度值由 10:00 的 25%—29% 减小到 14:00 的 23%—24%,其中距河岸 2—6 m 左右范围内降低幅度最大,约 5%,而远离河岸接近植被覆盖区湿度值降低较少,不足 2%。说明,一方面水泥路面辐射散热作用增强;另一方面,与植被蒸腾作用相比较,此时河流蒸发作用对相邻地带大气湿度的影响明显减弱。

16:00,大气湿度值较 14:00 有所回升,河岸北侧 2—4 m 范围内湿度平均回升约 5%,且近地面 0.4 m 高度以下湿度回升值显著大于 0.4 m 以上;河岸北侧 4—6 m 范围内湿度回升约 4%;在植被覆盖区边缘 6 m 范围内,近地面 0.2 m 高度内湿度回升幅度较大,平均约 5%左右,0.2 m 以上湿度回升不足 3%。说明,水面蒸发和植被蒸腾作用对近地面空气湿度影响较大,而河流的水平影响范围虽小于植被,但其影响下的大气湿度回升速度却大于植被。

18:00 和 16:00 之前相比,大气湿度回升加快,平均增幅约 12.5%。水平方向上,自河岸至植被覆盖区边缘湿度值逐渐增大,大体按首项为 38.1%、公差为 1%的数列递增,表明此时植被增湿效应强于河流。垂向上,近地面湿度回升幅度较 0.2 m 高度以上小,表现出湿度回升幅度和温度降低幅度有较强相关性,相关系数为 0.8。

以上监测数据的规律性变化揭示出,居于河流与植被覆盖区之间的水泥路面,秋季白天 8:00—14:00 内温度升高时植被及河流影响下的大气湿度减小幅度在近地面处(高度约 0.2 m)较大,而在 16:00—18:00 内温度显著降低时湿度变化幅度则是近地面处较小。从水泥路面周边环境影响来看,整体上是植被的影响范围要大于河流。

### 3.2 植被

图 2 还揭示了不同植被条件下大气湿度的变化

的基本规律。

乔-草林中 8:00 空气湿度平均值最大,为 59.7%;10:00—12:00 内迅速降低至 39.8%;14:00 降至 37.1%;16:00 湿度略有回升,平均湿度值为 37.7%;18:00 迅速回升到 49.5%。8:00—18:00 内各监测时段乔-草林边缘湿度值较内部分别低 11.9%、10.8%、12.3%、11.6%、10%、5%。垂向上,乔-草林湿度值在近地面处显著大于 0.2 m 以上高度,且各时段差值不同,分别为 10.5%、14.3%、14.5%、13.7%、12.9%、13.3%。此变化规律揭示出,8:00 植物光合作用及蒸腾作用较弱,对湿度影响较小,夜间地被植物凝聚较多水分,使得近地面处湿度值较 0.2 m 以上高度的湿度值大;10:00—14:00 内温度较高,一方面植物的蒸腾作用、光合作用对上层空气湿度的变化产生重要影响,另一方面太阳辐射透过乔-草林,近地面植被处于乔木阴影下,储存在其中的水分不易散失,使得近地面湿度值远远高于上部空气;16:00—18:00 内温度降低,地被植物凝聚水分能力增强,导致近地面空气湿度回升幅度大于 0.2 m 以上高度。

灌木林 8:00 湿度最大,较 18:00 高 14.5%;12:00—16:00 内湿度最低,较 18:00 低约 10.8%。由于灌木林植株密度较大,内部环境稳定,空气湿度在水平方向上基本一致,在 8:00—18:00 段内的各时段内部湿度值比边缘处分别高 6.5%、5.2%、4.9%、7.7%、3.2%、1.7%。垂向上,各时段近地面处的空气湿度较地面以上 0.2—1.5 m 内的空气湿度分别高 11.1%、13.9%、16.3%、15.3%、12.1%、11.7%。表明,8:00,夜间凝聚在地面上的水分仍有较多保留,使近地面湿度值高于上部;12:00 时—14:00 内温度较高,近地面处空气湿度值显著大于高处,阳光照射下,这种分层现象更明显;16:00—18:00,植物蒸腾作用较白天正午时段弱,水分也尚无凝聚于地面,故其垂向湿度分层性减弱。

### 3.3 裸地

裸地的大气湿度值在白天各时段自地面向上 1.5 m 高度内虽有上升趋势,但幅度甚微,平均不足 0.5%(表 2)。从各时段大气湿度变化情况看,8:00 湿度最大,平均为 46.4%左右;至 10:00 前后快速降低到约 23.5%;此后,降低速度减缓,到 14:00 达到最低,为 19.3%左右;其后开始回升,至 16:00 前

后达到 27.6%，18:00 再升高至 39.4%。裸地各时段平均湿度值由高到低依次为：8:00、18:00、16:00、10:00、12:00 和 14:00。裸地的大气湿度监测结果能够很好地反映温度与湿度呈负相关的变化规律，即在无

植被、河流等环境因素干扰的情况下，大气湿度值随温度升高而降低，而温度降低则湿度变大。适宜作为研究不同植被增湿效应的对比基础。

表 2 裸地 5 个监测点相对湿度平均值

Table 2 The average relative humidity of 5 measure points on bare soil

时间 Time	高度 Height / cm							
	0	20	40	60	80	100	120	150
8:00	47.6	47.5	46.58	46.2	46.5	45.9	45.6	45.7
10:00	23	23.1	23.3	23.15	23.3	23.41	23.52	24.92
12:00	20.96	21.35	21.38	21.43	21.2	21.54	21.65	21.8
14:00	19	19.12	19.32	19.45	19.43	19.41	19.52	19.53
16:00	27.45	27.62	27.58	27.55	27.76	27.69	27.78	27.75
18:00	39.3	39.35	39.45	39.46	39.45	39.43	39.4	39.41

4 不同结构下垫面的增湿效应分析

将 2012、2013 年两期在同一测点相同时段的相

对湿度监测值进行平均，并与裸地同一时段的相对湿度平均值进行对比，绘制出差值曲线图(图 3)，以分析不同时段

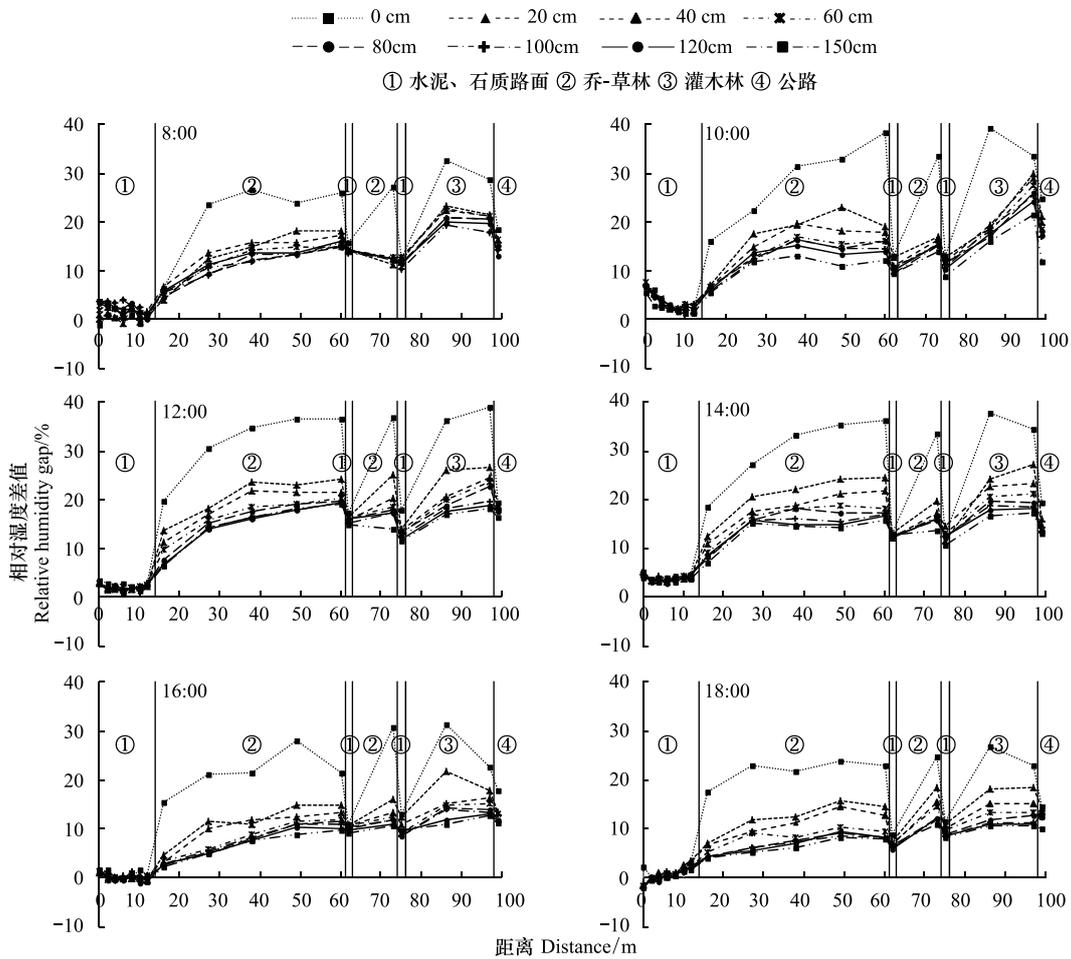


图 3 太平河滨河湿地公园各测点不同时段相对湿度与裸地差值

Fig. 3 The relative humidity gap of underlying surfaces at different times in Taiping riparian wetland park and bare soil

湿效应来看,灌木林 > 乔-草林 > 园内石质小路 > 水泥路面;而在时间上又以 10:00—14:00 内增湿效应最为显著。

#### 4.1 灌木林不同时段增湿效应

为便于分析灌木林不同时段、不同高度的增湿效应,将灌木林与裸地的大气湿度相比较,求取差值列于表 3。

由表 3 可以看出,垂向上,灌木林 8:00 地面处的增湿效应约为 30.6%,到 0.2—0.8 m 高度内迅速降低至 21.8%,1—1.5 m 高度内以公差为 1% 递减;10:00 增湿效应较 8:00 有所提高,且以地面处最为明显,达 36.3%,向上逐渐减弱,到 0.2—0.8 m 高度

降至 23.2% 左右,在 1—1.5 m 高度段大体按公差为 2% 的数列递减;12:00 增湿效应在各时段中最强,垂向上也同样体现出自下而上减弱的变化规律,近地面处约 37.6%,到 1.5 m 高度上逐渐降低至 17.6% 左右;14:00 增湿效应较 12:00 有所下降,在近地面处为 36.1% 左右,0.2 m 以上各高度段逐级降低幅度在 1%—3% 之间;14:00—16:00 是增湿效应急剧减弱的时段,近地面减弱幅度超过 9%,0.2 m 到 1.5 m 高度段减弱幅度也在 5% 以上;到 18:00 段,增湿效应降低速度有所减缓,各高度段平均降低幅度约 1.6%。

表 3 灌木林各时段垂向增湿幅度

Table 3 Vertical humidity gap of shrubs at different times

时间 Time	高度 Height/cm							
	0	20	40	60	80	100	120	150
8:00	30.57	22.78	21.76	21.93	20.8	20.69	19.77	18.6
10:00	36.34	24.34	24.17	22.86	21.44	22.05	20.08	18.71
12:00	37.63	26.26	22.48	21.64	20.75	18.88	18.08	17.56
14:00	36.08	25.69	22.87	20.85	19.41	18.62	17.98	16.96
16:00	26.94	19.71	15.76	15.04	14.06	13.54	12.42	11.94
18:00	24.92	18.31	15.14	13.3	12.24	11.24	10.97	10.51

可见,灌木林不同高度、不同时段增湿效应差异较大。近地面处增湿效应由强到弱的时段依次为 12:00、10:00、14:00、8:00、16:00、18:00;在 0.2 m 高度处增湿效应由强到弱的时段依次为 12:00、14:00、10:00、8:00、16:00、18:00;0.4 m 高度处的增湿效应由强到弱的时段依次为 10:00、14:00、12:00、8:00、16:00、18:00;0.6—1.5 m 高度内的增湿效应由强到

弱的时段依次为 10:00、8:00、12:00、14:00、16:00、18:00,且距离地面越高,各时段增湿效应差异越小(表 3)。

#### 4.2 乔-草林不同时段湿度效应

将乔-草林与裸地的大气湿度相比较,可以看出其各时段增湿效应在垂向上的变化规律(表 4)。

表 4 乔-草林各时段垂向增湿幅度

Table 4 Vertical humidity gap of arbor-grasses at different times

时间 Time	高度 Height/cm							
	0	20	40	60	80	100	120	150
8:00	21.3	13.54	13.89	11.87	10.84	11.22	12.04	11.39
10:00	28.28	17.15	15.38	13.6	13.24	12.64	12.48	10.69
12:00	31.6	20.44	18.67	16.63	15.8	14.85	14.77	14.85
14:00	30.08	20.65	17.97	16.17	15.27	14.4	14.12	13.36
16:00	21.49	11.37	10.08	8.33	7.63	7.66	7.09	6.6
18:00	21.83	12.37	10.89	8.47	7.05	6.85	6.91	6.34

8:00,近地面处增湿效应为 21.3%,0.2—0.4 m 高度内增湿效应减弱至 13.5%—13.9% 左右,而 0.6

m 以上高度的增湿效应在 11.5% 上下浮动。10:00 和 8:00 相比,增湿效应有所增强,平均增强幅度约

2.2%;在垂向变化上,其效应强弱随高度不同而有明显差异,呈现自地面向上逐渐减弱的规律,且以0.2 m 高度内减弱最为明显,约为11%。12:00 的增湿效应较10:00 平均提高约3%,在垂向上同样表现出增湿效应自下而上降低的趋势,0.2 m 高度处较地面处低约11%,0.2—1 m 高度段内以小于2%的幅度向上递减,1—1.5 m 高度内增湿幅度稳定在14.8%左右。14:00 较12:00 增湿效应有所减弱,平均降低约0.7%;到16:00—18:00 内增湿效应减弱迅速,较14:00 平均降低约7.7%,以近地面处减弱最明显,达8.5%左右,垂向距地面越高,减弱幅度越小。整体上看,增湿效应由强到弱的时段依次为12:00、14:00、10:00、8:00、16:00—18:00。

上述监测结果揭示,植被中午温度高时增湿效应强,其原因在于:①此时太阳辐射较强,能显著改变叶片内外的水汽梯度-饱和差,叶片内部水汽压急剧增加,而大气水汽压相对稳定,就会显著地提高植物蒸腾的速率<sup>[23]</sup>,导致空气中湿度增强;②植被内部通透性较差,不易受外界环境干扰,植株盖度能有效阻挡阳光照射,降低温度,使其内部形成湿度相对较高的环境。

#### 4.3 滨河水泥路面的湿度效应

水泥路面上空气湿度值变化较平缓,各测点湿度值同一时段内较稳定,故求取各测点不同时段湿度平均值,将其与裸地进行对比,求得与对照裸地空气湿度差值(表5)。

表5 水泥路面与对照裸地湿度差值

Table 5 The relative humidity gap between rigid pavement and bare soil

时间 Time	高度 Height/cm							
	0	20	40	60	80	100	120	150
8:00	0.12	0.16	1.81	1.91	1.9	2.24	2.75	3.34
10:00	3.76	3.68	4	4.25	3.85	3.96	3.95	2.66
12:00	2.69	2.01	1.87	1.99	2.14	1.73	1.73	1.74
14:00	3.88	4.01	3.86	3.75	3.71	3.64	3.71	3.75
16:00	0.69	0.5	0.14	0.07	-0.06	0.18	-0.06	0.28
18:00	0.98	0.56	0.35	0.1	0.01	0.15	-0.05	-0.12

植被覆盖区的土壤水分保持能力最强,其次是植被稀少或无植被生长的裸地,而水泥地面保水性最差<sup>[24]</sup>。因此,在无任何环境因素影响的情况下,水泥路面和裸地的湿度差值应为负值,然而监测结果却是14 m 宽的滨河水泥路面的平均湿度值高于裸地约2%,很显然是受到了道路两侧植被及河流蒸腾、蒸发作用的影响。这也进一步表明了,分居于水泥路面两侧的河流与植被,其综合增湿效应水平影响范围在14 m 以上。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

依据石家庄太平河滨河湿地公园不同结构下垫面的大气湿度监测结果和增湿效应变化规律的分析,可以得出如下结论:①植被覆盖区在上午时段,随着时间的推移,增湿效应逐渐增强,10:00—14:00 内增湿效应最强,午后增湿效应逐渐减弱,且减弱幅度越来越小;②植被的增湿效应在近地面处较强,而

自0.2 m 高度向上逐渐减弱,说明地被植物和土壤水分作用明显;③增湿效应由强到弱依次为灌木林、乔-草林、河流、水泥路面;④两个秋季的监测结果表明,同一绿地,当结构和郁闭度无明显变化时,其增湿效应在相同季节基本稳定。可见,滨河湿地公园不同结构类型区域的合理配置,可以更有效地改善大气环境。

### 5.2 讨论

从已有的相关研究来看,人们较多关注的是一年当中的夏季,而对其他季节的研究较为概略,因此本文的工作可以说是在前人基础上的延伸。本研究揭示,虽然秋季绿地增湿效应与夏季相比有所减弱,但在增湿效应与环境温度的关系、增湿效应的垂向变化特征以及不同结构绿地的增湿效应差异等方面具有一致性<sup>[25-30]</sup>,体现了绿地增湿效应的一般规律。前人通过对带状绿地夏季增湿效应的研究后总结出,宽度大于40 m 的带状绿地,郁闭度超过67%时,增湿效应显著且趋于稳定;不同结构绿地的增湿效

应依次为乔-灌-草>乔-草>灌-草>草坪<sup>[31-32]</sup>。本次研究的滨河带状绿地宽约 80 m,郁闭度大于 70%,两个秋季的监测结果表明,绿地结构和郁闭度无明显变化时,其增湿效应在相同季节基本一致,但不同结构绿地的增湿效应与夏季<sup>[31-32]</sup>有所不同,表现为灌木林(灌-草)>乔-草。这反映出,不同结构的绿地随季节变化,其增湿效应也有一定差异。

本研究侧重的是人体对外部环境舒适度最为敏感的 1.5 m 高度范围,在此范围内,乔木为裸干,因此它对乔-草林增湿效应的贡献主要体现在遮阳作用上,而其高于 1.5 m 的冠层对上部大气的增湿效应尚有待进一步研究。此外,研究区内的河流宽度为 240 m、植被绿化带宽度约 80 m,其间为宽 14 m 的滨河水泥路面,从监测结果来看,虽然植被绿化带边缘较内部的大气增湿效应明显减弱,但整个绿化带增湿效应的水平影响范围尚难确定,因此尽管说由于绿化带与河流两者综合增湿效应的横向交叠,才使得整个水泥路面上的空气湿度增大,可是其各自水平影响范围的大小以及它们与河流、绿化带宽度之间的关系如何,还需要深入观测。

#### References:

- [ 1 ] Yang Y X. Main characteristics, progress and prospect of international wetland scientific research. *Progress in Geography*, 2001, 21(2): 111-120.
- [ 2 ] Wang Y F. Wetland, the precious gift the Earth gives to us. *Economic Daily*, 2008.
- [ 3 ] Lei K. Some thoughts on wetland park construction and development in China. *Forest Resources Management*, 2005, (2): 23-26.
- [ 4 ] Duan N, Liu X D, Dai J, Lin C, Xia X H, Gao R Y, Wang Y, Chen S Q, Yang J, Qi J, Lin C. Evaluating the environmental impacts of an urban wetland park based on emergy accounting and life cycle assessment: A case study in Beijing. *Ecological Modelling* 2011, 222(2): 351-359.
- [ 5 ] Namaalwa S, van Dam A A, Funk A, Ajie G S, Kaggwa R C. A characterization of the drivers, pressures, ecosystem functions and services of Namatala wetland, Uganda. *Environmental Science & Policy*, 2013, 34: 44-57.
- [ 6 ] Visser J M, Duke-Sylvester S M, Carter J, Broussard W P III. A computer model to forecast wetland vegetation changes resulting from restoration and protection in coastal Louisiana. *Journal of Coastal Research*, 2013, 67: 51-59.
- [ 7 ] Paul M, Chanda M, Gupta S S. Strategy and scenario for wetland conservation in India. *Chronicles of Young Scientists*, 2011, 2 (2): 79-82.
- [ 8 ] Qipeng L. Fuse vernacular landscape in the design of urban wetland park. *Modern Applied Science*, 2011, 5(4): 129-131.
- [ 9 ] Traill L W, Bradshaw C J A, Delean S, Brook B W. Wetland conservation and sustainable use under global change: a tropical Australian case study using magpie geese. *Ecography*, 2010, 33 (5): 818-825.
- [ 10 ] Anderson C J, Lockaby B G, Click N. Changes in wetland forest structure, basal growth, and composition across a tidal gradient. *The American Midland Naturalist*, 2013, 170(1): 1-13.
- [ 11 ] Valčev V V, Stojeva D I. Study of aquatic macrophytes in the wetlands on the territory of vrachanski Balkan nature park. *Academic Journal*, 2010, (119): 77-87.
- [ 12 ] Satyanarayana B, Bhandari P, Debry M, Maniatis D, Foré F, Badgie D, Jammeh K, Vanwing T, Farcy C, Koedam N, Dahdouh-Guebas F. A socio-ecological assessment aiming at improved forest resource management and sustainable ecotourism development in the mangroves of Tanbi wetland national park, The Gambia, West Africa. *AMBIO*, 2012, 41(5): 513-526.
- [ 13 ] Zhang J L. Study of Plant Community Characteristics and Landscape Design of Mountain Parks in Chongqing Main City Zone [D]. Sichuan: Sichuan Agricultural University, 2011.
- [ 14 ] Wang J. Studies on Wetland Landscape of Urban Wetland Park—A Case of The Xi-xi National Wetland Park [D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2007.
- [ 15 ] Liu J M, Yang Z F. Dynamics of temperature and humidity in underlying surface of different landscape type in winter in Beijing City, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 3241-3252.
- [ 16 ] Lu J G, Jiang T. Planting design of Muyan riverside wetland park in Nanjing. *Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition*, 2008, 32(3): 83-86.
- [ 17 ] Geng H X, Ma D M, He S Y, Ma C Y. The planning and design of Baohu lake national urban wetland park in Yinchuan City. *Wetland Science & Management*, 2012, 8(3): 9-11.
- [ 18 ] Zhang F Z. Master Planning Research of Nation Wetland Park — Take Harbin Baiyupao National Wetland Park as Example [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2012.
- [ 19 ] Chen Y. Research on Construction and Management Mode of Riverine Wetland Parks in China [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2012.
- [ 20 ] Gao S W, Shao Y, Zhang M L, Li W, Li S N, Zhao X S, Yang Z H, Yang Z L. Research on construction and management of Wetland Park in Beijing. *Wetland Science*, 2010, 8(4): 389-394.
- [ 21 ] Luo L C. Study on Construction of Urban Wetland's Parks [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2009.
- [ 22 ] Zhang C M. Record of natural environment in Shijiazhuang (2004-10-09) [2007-08-15]. [http://blog.163.com/hongxing\\_w/blog/static/262972572007715115840488/](http://blog.163.com/hongxing_w/blog/static/262972572007715115840488/).

- [23] Liu J L, Cheng L L, Yu X X. Influencing factors of water consumption from tree transpiration. *World Forestry Research*, 2009, 22(4): 34-39.
- [24] Liu S R, Chang J G, Sun P S. Forest hydrology: forest and water in a context of global change. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(5): 753-756.
- [25] Ji P, Zhu C Y, Li S H. Selected vertical structures of green belts along urban rivers affect seasonal temperature and humidity. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, 20(3): 456-463.
- [26] Qin J, Wang L M, Hu Y H, Zhang M L, You W H. Effect of plant community on temperature lowering and humidity increasing in residential areas of Shanghai. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2009, 25(1): 92-95.
- [27] Wu Y Y. Study on humidification and Hypothermia effect of vertical greening in Shenzhen city. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2010, (13): 215-217.
- [28] Feng Y L, Tian Z, He D P. Study on effect of reducing temperature and increasing humidity in gardening plant community in Chongqing city. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(7): 2736-2739.
- [29] Shi Y J. Study on Eco-service function of Common Plant and Plant Disposition [D]. Zhejiang: Zhejiang Forestry University, 2009.
- [30] Zhang W B, Xu M, Zhang X Q. Analysis of the effects of cooling and humidification of three plant disposition types of urban green space. *Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology*, 2011, 38(6): 22-25.
- [31] Zhu C Y, Li S H, Ji P, Ren B B, Li X Y. Effects of the different width of urban green belts on the temperature and humidity. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(2): 383-394.
- [32] Zhu C Y, Li S H, Ji P. Relationships between urban green belt structure and temperature-humidity effect. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(5): 1255-1260.
- [14] 汪娟. 城市湿地公园湿地景观研究 [D]. 浙江: 浙江大学, 2007.
- [15] 刘娇妹, 杨志峰. 北京市冬季不同景观下垫面温湿度变化特征. *生态学报*, 2009, 29(6): 3241-3252.
- [16] 芦建国, 江婷. 南京幕燕滨江湿地公园植物景观营造. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2008, 32(3): 83-86.
- [17] 耿慧娟, 马冬梅, 贺生云, 马彩云. 银川市宝湖国家级城市湿地公园规划设计. *湿地科学与管理*, 2012, 8(3): 9-11.
- [18] 张福志. 国家湿地公园总体规划研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
- [19] 陈颖. 河流湿地公园建设与管理模式研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [20] 高士武, 邵妍, 张曼胤, 李伟, 李胜男, 赵欣胜, 杨志华, 杨在兰. 北京市湿地公园建设与管理研究. *湿地科学*, 2010, 8(4): 389-394.
- [21] 骆林川. 城市湿地公园建设的研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [22] 张池明. 石家庄地区志- 自然环境 (2004-10-09) [2007-08-15]. [http://blog.163.com/hongxing\\_w/blog/static/262972572007715115840488/](http://blog.163.com/hongxing_w/blog/static/262972572007715115840488/).
- [23] 刘建立, 程丽莉, 余新晓. 乔木蒸腾耗水的影响因素及研究进展. *世界林业研究*, 2009, 22(4): 34-39.
- [24] 刘世荣, 常建国, 孙鹏森. 森林水文学: 全球变化背景下的森林与水的关系. *植物生态学报*, 2007, 31(5): 753-756.
- [25] 纪鹏, 朱春阳, 李树华. 城市沿河不同垂直结构绿带四季温室效应的研究. *草地学报*, 2012, 20(3): 456-463.
- [26] 秦俊, 王丽勉, 胡永红, 张明丽, 由文辉. 上海居住区植物群落的降温增湿效应. *生态与农村环境学报*, 2009, 25(1): 92-95.
- [27] 吴艳艳. 深圳市垂直绿化增湿降温效应研究. *现代农业科技*, 2010, (13): 215-217.
- [28] 冯义龙, 田中, 何定萍. 重庆市区绿地园林植物群落降温增湿效应研究. *安徽农业科学*, 2008, 36(7): 2736-2739.
- [29] 石彦军. 常见绿化植物及植物配置模式的生态服务功能研究 [D]. 浙江: 浙江林学院, 2009.
- [30] 张文豹, 徐敏, 张小茜. 城市绿地空间 3 种配置模式降温增湿效应比较. *江苏林业科技*, 2011, 38(6): 22-25.
- [31] 朱春阳, 李树华, 纪鹏, 任斌斌, 李晓艳. 城市带状绿地宽度与温湿效应的关系. *生态学报*, 2011, 31(2): 383-394.
- [32] 朱春阳, 李树华, 纪鹏. 城市带状绿地结构类型与温湿效应的关系. *应用生态学报*, 2011, 22(5): 1255-1260.

#### 参考文献:

- [1] 杨永兴. 国际湿地科学研究的主要特点、进展与展望. *地理科学进展*, 2001, 21(2): 111-120.
- [2] 王义飞. 湿地, 地球赋予我们的珍贵礼物. *经济日报*, 2008-01-28.
- [3] 雷昆. 对我国湿地公园建设发展的思考. *林业资源管理*, 2005, (2): 23-26.
- [13] 张建林. 重庆主城区山地公园植物群落特征与景观设计 [D]. 四川: 四川农业大学, 2011.