

姚海涛,唐 迪,董钰春,等.江苏省宿迁市气象条件对空气污染的影响[J].江苏农业科学,2015,43(12):399-405.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.123

# 江苏省宿迁市气象条件对空气污染的影响

姚海涛,唐 迪,董钰春,赵燕华,张 莹,多 蓝  
(江苏省宿迁市气象局,江苏宿迁 223800)

**摘要:**利用江苏省宿迁市空气污染指数(API)、空气质量指数(AQI)数据分析宿迁市大气污染不同时间尺度的变化特征,结合同时期的气象观测资料,对大气污染与气象要素的相关性进行研究。结果表明,宿迁市空气质量为良的频次最高(78.3%),优次之(10.6%),首要污染物为  $PM_{2.5}$  (66.6%),其次为  $PM_{10}$  (25.3%);宿迁市夏季空气质量最优,明显好于其他季节,秋冬季空气质量最差,其中6月、10—11月的空气质量明显偏差,大概与农田的秸秆焚烧有一定的关系;气温、降水量、风速、湿度对空气质量均有显著的正效应作用,而气温日较差则表现出较强的负效应。

**关键词:**空气污染;API;AQI;气象要素;农业影响;江苏省宿迁市

**中图分类号:**X823 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0399-07

空气污染是指一些危害人体健康及周边环境的物质对大气层所造成的污染,这些物质可能是气体、固体或液体悬浮物等。江苏省宿迁市是优质农副产品产区,农业较为发达,污染物排放较少,辽阔的植被下垫面对空气污染物的沉降作用明显,因此空气质量普遍较好。然而随着宿迁市工业化进程的飞速发展,排放的各类污染物对农业生产赖以生存的大气环境造成了一定的危害。空气污染的加剧使地面接收到的太阳辐射减少,从而改变植物的光合有效辐射的数量、质量,造成作物生长受阻,影响植物的生长发育<sup>[1]</sup>。Chameides 等发现气溶胶对辐射的削弱作用<sup>[2]</sup>,对南京地区冬小麦和水稻的产量有重要影响,辐射的降低与产量的降低呈 1:1 的线性关系,产量降低 4%~30%。由于人类活动,空气中  $SO_2$  的含量增加,它以干、湿沉降 2 种形式从大气中降落到地表,酸雨就是湿沉降产生的结果,干沉降和酸雨既可单独作用于农作物,也可以交替污染产生协同作用,破坏植物的叶片,改变土壤结构,从而影响植物正常生长<sup>[3-7]</sup>。另外,颗粒污染物如沙尘,在一定程度上也影响着农业生产,特别是北方的沙尘暴常常造成农田、水渠被埋,果树、蔬菜等被摧毁,沙尘暴过后,农作物也可能受到霜冻之害,降尘遮盖植物叶面直接影响光合作用。气溶胶质粒的一部分可以以干沉降的形式聚集在地球表面,被地表的土壤、水体、植物等吸收,这也是污染物循环清除的重要组成部分。如果将大气污染物称为源,土壤、水体和植物表面则是大气污染物进入地球生态系统后的汇,这将对农业种植产生影响。另外,重金属及微粒污染物一般先进入土壤并积累,通过根系从土壤中吸收、富集重金属,有时也可从大气中吸收气态或固态 Pb、Hg 等元素。

空气污染对农业环境的危害是一个复杂的问题。在农业生态系统中,无机物质的输入,生物体内有机物质的新陈代谢过程,都与所处环境的空气质量水平,土壤中的物质含量,即与所组成的土壤-植物-大气系统有密切的关系。空气污染

不仅受污染源排放影响,同时也受当地气象条件的影响<sup>[8-13]</sup>,气象条件对空气污染的形成、扩散、传输以及沉降过程存在显著影响,在不同的气象条件下,同一污染源排放所造成的地面污染程度可相差几十倍乃至几百倍,因此,探究空气污染特征及气象条件对空气污染的影响有十分重要的意义。

## 1 数据来源与分析方法

### 1.1 空气污染指数(API)

在对宿迁市空气质量进行分析时,采用的是空气污染指数(API)和空气质量指数(AQI)数据。2009年5月1日至2013年5月1日分析时段内采用空气污染指数指标。空气污染指数(air pollution index,API)是一种评价空气质量好坏的指标,它将常规监测的几种空气污染浓度简化成单一的数值形式,并分级表征空气污染程度和空气质量状况,适合于表示城市的短期空气质量状况和变化趋势,具体分级标准见表1。

表1 空气污染指数对应的污染物浓度限值

空气污染指数 (API)	污染物浓度( $mg/m^3$ )		
	$SO_2$ (日均值)	$NO_2$ (日均值)	$PM_{10}$ (日均值)
50	0.050	0.080	0.050
100	0.150	0.120	0.150
200	0.800	0.280	0.350
300	1.600	0.565	0.420
400	2.100	0.750	0.500
500	2.620	0.940	0.600

### 1.2 空气质量指数(AQI)

从2012年上半年开始,按照新的《环境空气质量标准》及《环境空气质量指数(AQI)技术规定》,我国开始分期实施上述新标准及新规定。空气质量指数(AQI)与环保部原来发布的空气污染指数(API)有很大的区别。AQI计算步骤与API类似,分指数浓度限值见表2。

## 2 结果与分析

### 2.1 空气污染整体状况

针对API分析时,由于数据限制,分析时间段为2009年

收稿日期:2015-06-29

作者简介:姚海涛(1972—),女,江苏金湖人,工程师,主要从事地面气象观测研究。E-mail:yaohaitao720325@163.com。

表 2 空气质量指数对应的污染物浓度限值

空气质量 分指数 (IAQI)	污染物浓度限值(μg/m <sup>3</sup> )					
	SO <sub>2</sub> (日均值)	NO <sub>2</sub> (日均值)	PM <sub>10</sub> (日均值)	CO (日均值)	臭氧 8 h (日均值)	PM <sub>2.5</sub> (日均值)
0	0	0	0	0	0	0
50	50	40	50	2	100	35
100	150	80	150	4	160	75
150	475	180	250	14	215	115
200	800	280	350	24	265	150
300	1 600	565	420	36	800	250
400	2 100	750	500	48	<1>	350
500	2 620	940	600	60	<1>	500

注: <1> 表示臭氧 8 h 平均浓度值高于 800 μg/m<sup>3</sup> 时, 不再进行空气质量分指数计算, 臭氧空气质量分指数按 1 h 平均浓度计算的分指数报告。

5 月 1 日至 2013 年 5 月 1 日, 在此期间, 宿迁市占主导的首要污染物为可吸入颗粒物, 其在上述 4 年的出现频率为 89.4%, 其次为空气优(空气质量为优时, 不报告首要污染), 空气质量为优的出现频率为 10.6%, 首要污染物均未出现二氧化硫和氮氧化物。通过统计不同空气质量等级天数占总监测天数的百分比, 进而得到不同空气质量等级出现的比率, 如图 1 所示, 宿迁市空气质量整体状况优良, 空气质量出现优(空气质量为Ⅰ级)或良(空气质量为Ⅱ级)的比率(也称为空气质量达标率)为 88.9%, 出现良的比率最大(78.3%), 优次之(10.6%), 出现轻微污染或轻度污染(空气质量为Ⅲ级)的比率接近优, 为 10.5%, 出现中度污染或中度重污染(空气质量为Ⅳ级)的比率较小(0.4%), 重度污染(空气质量为Ⅴ级)比率最小(0.2%)。

宿迁市在分析时段期间的 API 均值为 75, 2010—2012 年的年均 API 分别为 76、72、75, 2009 年后半年 API 均值为 74, 2013 年前半年 API 均值为 89。2013 年之前的 API 年均值虽有波动, 但是幅度很小, 整体无明显变化规律。

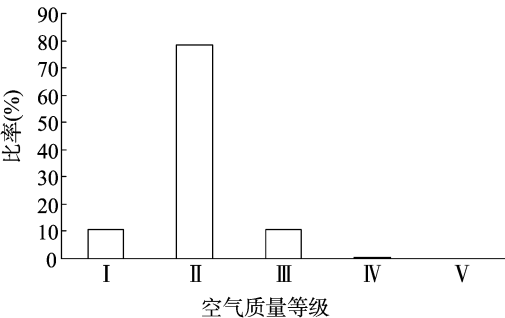


图1 宿迁市空气污染指数不同空气质量等级分布情况

针对 AQI 分析时, 数据时段为 2013 年 5 月 2 日至 2014 年 5 月 31 日, 在此时段内, AQI 平均值为 107, 不同首要污染物的出现频率[各个首要污染物出现时间(d)与时段内监测总时间(d)的比值]见图 2。占主导的首要污染物为 PM<sub>2.5</sub>, 其出现频率为 66.6%; 其次为 PM<sub>10</sub>, 该首要污染物出现频率为 25.3%; 臭氧出现频率为 5.3%; 出现频率较小的为空气质量优(2%) 和二氧化氮(0.8%), 在统计时段内, 并没有出现二氧化硫和一氧化碳污染。

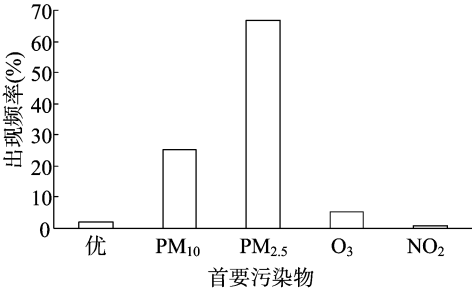


图2 宿迁市 AQI 不同首要污染物出现频率 (2013年5月2日至2014年5月31日)

作为颗粒物污染, PM<sub>10</sub> 与 PM<sub>2.5</sub> 为首要污染物, 其总的出现频率为 92%, 与前述空气污染指数的可吸入颗粒物出现频率差距较小, 说明在改变空气质量评价指标体系后, 宿迁市占主导的污染物仍然为颗粒物, 只不过变为粒径更小的细颗粒物, 对人体健康及农业生产的影响不容忽视。对比 AQI 与 API 空气质量为优的出现频率发现, 空气质量为优的出现频率由 API 指标体系的 10.6% 降至 AQI 指标体系的 2%, 表明在新的环境质量评价指标下, 空气质量为优的时间(d)下降明显。臭氧作为新的空气质量评价体系中的指标之一, 其出现频率比空气质量优多 2 倍, 因此, 臭氧对宿迁市的空气质量影响不容忽视。

统计 AQI 在该数据时段内不同空气质量等级出现时间(d)占总监测时间(d)的比值, 分析宿迁市 AQI 不同等级的分布规律, 需要注意的是, AQI 等级的设置与 API 稍有不同, AQI 将指数取值范围为 101~200 内的划分为 2 个等级, 而 API 将上述范围划分为 1 个等级, 因此 AQI 相比 API 多 1 个等级。由图 3 可知, 空气质量为优或良的比率为 59.5%, 空气质量达标率较 API 时段内的 88.9% 下降较为明显, 空气质量为Ⅱ级的比率最大(55.7%), Ⅲ级次之(25.1%), Ⅰ级与Ⅳ~Ⅵ级的比率均小于 10%, 空气质量为 6 级的比率最小(0.3%)。

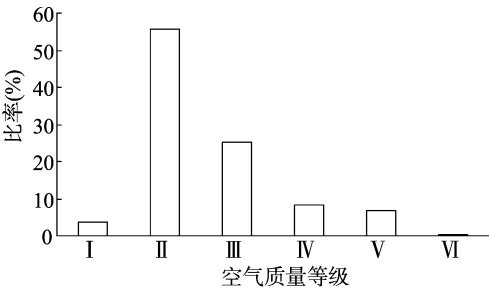


图3 宿迁市 AQI 不同空气质量等级分布情况

2.2 季节变化特征

针对宿迁市空气质量的季节变化特征, 利用 API 与 AQI 数据, 分析各自时段内的指数季节平均值、首要污染物的季节分布特征以及空气质量等级的季节变化规律。

图 4 为宿迁市空气质量的季节变化情况, 宿迁市整体上夏季空气质量最优, 明显好于其他季节, 秋、冬季节空气质量最差。API 作为空气质量评价指标时, 宿迁市空气污染指数季节均值变化较小, 整体波动范围在 74~78 之间, 其中秋季空气质量最差, 其 API 均值为 78, 夏季空气质量最优, API 均

值为 74; 新的空气质量评价指标实施后, 空气质量指数季节均值变化较大, 波动范围在 89 ~ 143, 夏季空气质量也最优, 冬季空气质量最差。四季 AQI 季节均值均大于 API, 尤其是冬季, 冬季 AQI 均值大约为 API 的 2 倍, 可能与宿迁市冬季雾霾天气较多有关, 在雾霾天气条件下, 细颗粒物浓度较高,  $PM_{2.5}$  作为首要污染物, 导致 AQI 数值也偏高。

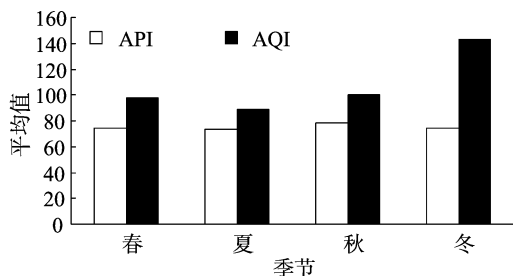
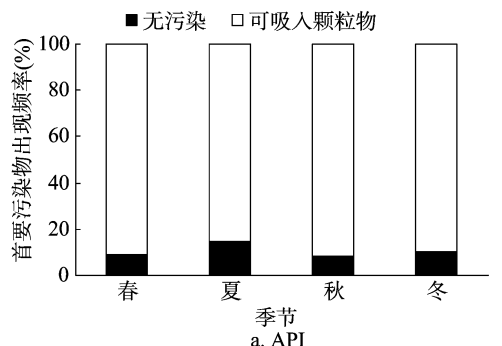
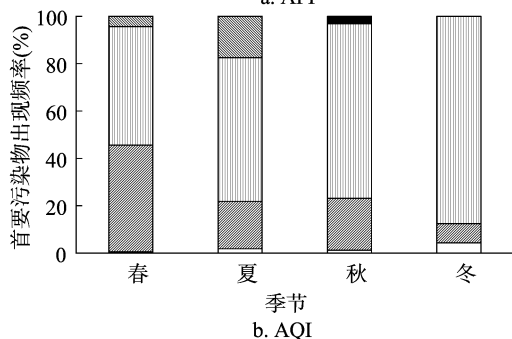


图4 宿迁市 API 和 AQI 季节变化情况

对宿迁市各季节出现不同首要污染物的天数进行统计, 得到主要污染因子季节变化特征(图5)。在 API 统计时段内(2009 年 5 月 1 日至 2013 年 5 月 1 日), 四季首要污染物均未出现二氧化硫和氮氧化物, 占主导的首要污染物都是可吸入颗粒物, 可吸入颗粒物的出现频率排序为秋季 > 春季 > 冬季 > 夏季, 出现无污染的排序为夏季 > 冬季 > 春季 > 秋季, 无污染与可吸入颗粒物的出现频率四季变化波动幅度很小, 差异较小。



a. API



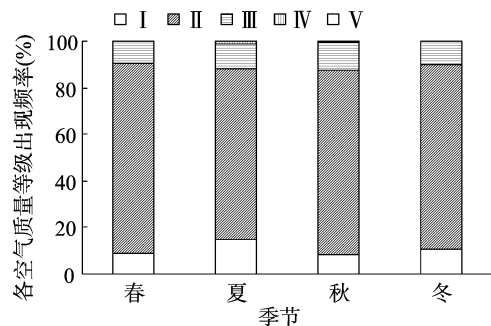
b. AQI

图5 宿迁市首要污染物季节变化情况

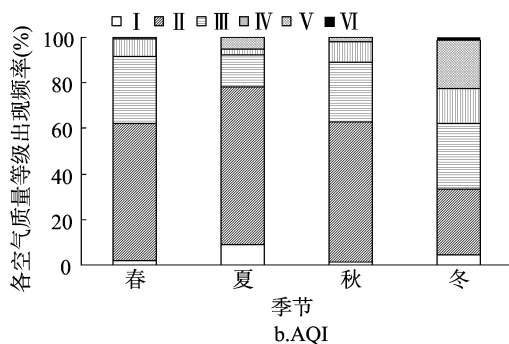
AQI 统计时段内(2013 年 5 月 2 日至 2014 年 5 月 31 日), 四季首要污染物先后出现无污染、 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、臭氧及二氧化氮。四季占主导的首要污染物均为  $PM_{2.5}$ , 其季节出现频率排序为冬季 > 秋季 > 夏季 > 春季, 作为首要污染物,  $PM_{2.5}$  的出现频率四季变化波动较大, 最大值为 88%, 出现在冬季, 这与宿迁市冬季雾霾频发、细颗粒物污染较为严重有关, 最小

值为 50%, 出现在夏季。首要污染物为  $PM_{10}$  的排序为春季 > 秋季 > 夏季 > 冬季。首要污染物为臭氧的出现频率在夏季最大(17%), 其次为春季(4%), 秋、冬季未出现。首要污染物为二氧化氮仅在秋季出现(3%)。出现无污染的排序为冬季 > 夏季 > 秋季 > 春季(图 5)。出现颗粒物污染( $PM_{10}$  或  $PM_{2.5}$ )的频率四季均在 80% 以上, 说明宿迁市不同季节以颗粒物污染为主。

图 6 为宿迁市各季节空气质量等级分布情况。由于 AQI 等级的设置与 API 稍有不同, 因此针对不同评价指标的等级分布特征应单独分析。



a. API



b. AQI

图6 宿迁市空气质量等级季节变化情况

在 API 评价指标情景下(分析时段为 2009 年 5 月 1 日至 2013 年 5 月 1 日), 宿迁市出现优或良(即空气质量为 I 或 II 级)的频率在各季节均较大(大于 85%), 其次为轻度污染或轻度污染(空气质量为 III 级), 空气质量出现中度污染、中度重污染和重污染的频率较小, 可忽略不计<sup>[1]</sup>。各季节不同空气质量等级按其频率排序为, 优是夏季 > 冬季 > 春季 > 秋季; 良是春季 > 秋季 > 冬季 > 夏季; 轻度污染或轻度污染是秋季 > 夏季 > 冬季 > 春季(图 6)。

在 AQI 评价指标情景下(分析时段为 2013 年 5 月 2 日至 2014 年 5 月 31 日), 四季几乎未出现空气质量等级为 VI 级(仅在冬季出现 1 d)。各季节不同空气质量等级按其频率排序为, I 级为夏季 > 冬季 > 春季 > 秋季; II 级为夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季; III 级为春季 > 冬季 > 秋季 > 夏季; IV 级为冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季; VI 级为冬季 > 夏季 > 秋季 > 春季。再次表明宿迁市空气质量在夏季最好, 秋、冬季最差(图 6)。

对比分析 API 与 AQI 指标在不同季节的空气质量等级分布特征发现, 相比 API 评价指标, AQI 指标空气质量为优或良的频率在四季均有较大的下降, 而空气质量出现污染或严重污染的情况则有大幅度提高, 说明在新的空气质量评价指标下, 宿迁市空气质量面临较为严重的挑战, 改善空气质量刻

不容缓。

### 2.3 月变化特征

图 7 为宿迁市 API 与 AQI 在各自统计时段内的月平均值,同时为了对比分析实施新评价指标后空气质量的变化情况,将 AQI 月均值与 API 月均值相比。由图 7 可知,宿迁市 API 月均值整体呈现 5 个阶段,1—2 月为下降阶段,该阶段空气质量上升;2—6 月为上升阶段,该阶段空气污染严重;6—8 月为明显下降阶段,空气质量明显好转;8—11 月为上升阶段,空气质量污染加重;11—12 月为下降阶段,空气质量好转。API 月均最大值、最小值分别出现在 6 月与 8 月,其值分别为 94、58。AQI 月均值变化趋势与 API 差异较大,整体显示为 4 个阶段,1—4 月为下降阶段;4—6 月为上升阶段;6—7 月为下降阶段;7—12 月为显著上升阶段。AQI 月均最大值、最小值分别出现在 12 月与 7 月,其月均值分别为 183、67。

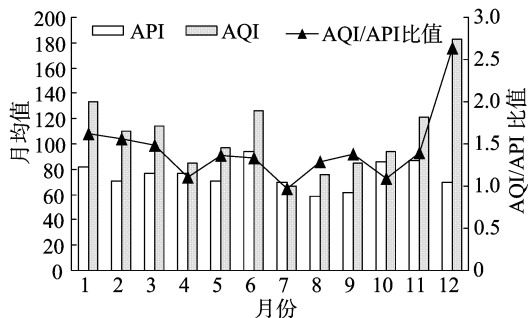


图7 宿迁市 API 和 AQI 月均值变化情况

分析 API 与 AQI 月均值在不同月份的比值,结果显示,除 7 月以外,AQI/API 值均大于 1,说明实施新空气质量评价指标后,空气质量在各月整体呈现恶化态势(除 7 月),尤其是 12 月,其 AQI 月均值为 API 的 2.6 倍。此外,AQI/API 比值在各月的变化趋势与 AQI 月均值变化整体趋于一致,表明 AQI 月均值在峰值点均比 API 有较大幅度提高,侧面反映了 API 指标在上述峰值月份评价存在较大偏差。

对 API 和 AQI 各自时间段内统计逐月不同首要污染物的天数,进而得到不同月份各首要污染物的出现频率,如图 8 所示。在 API 统计时段内(2009 年 5 月 1 日至 2013 年 5 月 1 日),各月首要污染物未出现二氧化硫和氮氧化物,各月占主导的首要污染均为可吸入颗粒物,可吸入颗粒物出现频率最小值为 73%,出现在 8 月,除 8 月外,其他各月的可吸入颗粒物出现频率均大于 80%,最大值出现在 10 月(98%),可吸入颗粒物出现频率的逐月变化趋势与前述的 API 月均值整体变化趋势一致。

AQI 统计时段内(2013 年 5 月 2 日至 2014 年 5 月 31 日),除 4 月、5 月以外,占主导的首要污染物均为  $PM_{2.5}$ ,4 月与 5 月占主导的首要污染物为  $PM_{10}$ 。 $PM_{10}$  污染在各月均有分布,出现频率在 6%(1 月与 12 月)至 56%(5 月)之间,在 1—5 月期间, $PM_{10}$  出现频率有一个明显的递增过程,之后在 6 月有较大幅度下降,随后虽有波动但幅度均较小; $PM_{2.5}$  出现频率在 34%(5 月)至 94%(1 月、12 月)之间,与  $PM_{10}$  相反, $PM_{2.5}$  出现频率在 1—5 月期间整体存在较为明显的递减过程,之后在 6 月骤升,在 6—8 月呈现递减趋势,随后在 8—12 月整体表现为递增趋势;臭氧污染集中在 5—8 月,在此期间

出现频率呈现递增趋势,最小值、最大值分别为 8%、29%;<sup>[2]</sup>二氧化氮污染仅在 11 月出现,出现频率为 10%;在 2 月、5 月、7 月和 9 月无污染出现,出现频率均不足 15%。出现颗粒物污染( $PM_{10}$  与  $PM_{2.5}$ )的频率(除 8 月外),各月均在 80% 以上(图 8)。

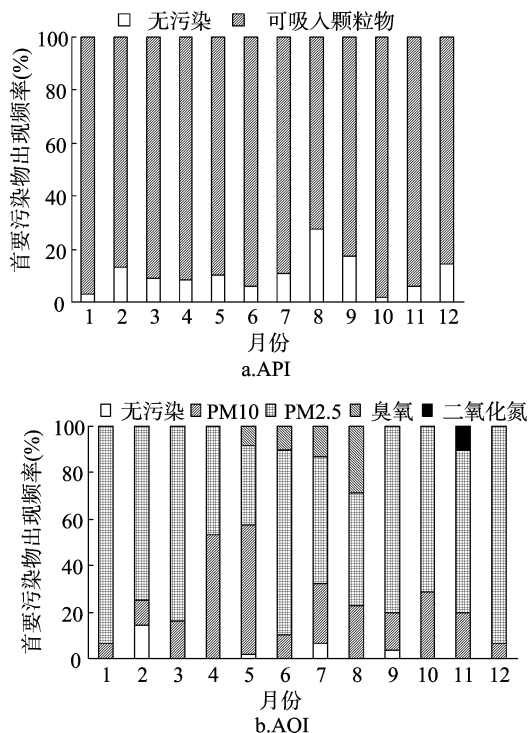


图8 宿迁市首要污染物逐月变化情况

AQI 月均值与  $PM_{2.5}$  出现频率变化趋势较为一致,如图 9 所示。说明宿迁市每月的空气质量状况与  $PM_{2.5}$  出现频率有较好的对应关系,8 月由于臭氧污染较为严重,导致该月 AQI 月均值升高(相比 7 月),进一步反映了宿迁市与其他中东部大部地区一样,已演变为高浓度细颗粒物(全年)和高浓度臭氧(夏季)为特征的典型“双高”型污染区域。

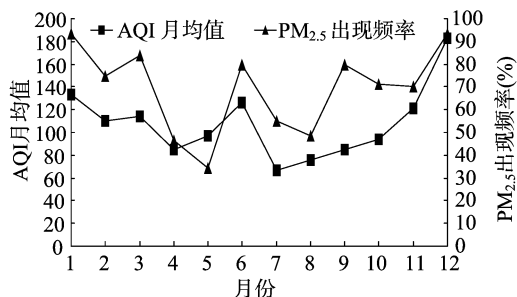


图9 宿迁市 AQI 月均值与  $PM_{2.5}$  出现频率对比情况

图 10 为宿迁市各月空气质量等级分布情况。针对 API 分析时段内(2009 年 5 月 1 日至 2013 年 5 月 1 日),空气质量出现优或良的频率(除 6 月外),各月均接近或大于 80%,空气质量为优或良的频率逐月变化趋势与 API 月均值的变化趋势相反,8 月和 9 月空气质量都为优或良,频率最小值的月份与 API 月均值最大值的月份(6 月)一致,比率为 71%。

与 API 相比,AQI 指标空气质量为优或良的出现频率(除 7 月外),各月均有下降(图 11),在 1—3 月、6 月及 11—12 月

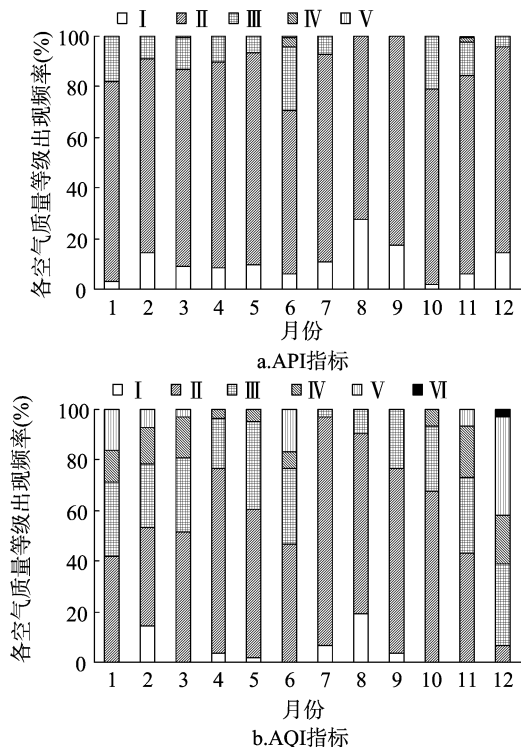


图10 宿迁市空气质量等级逐月变化情况

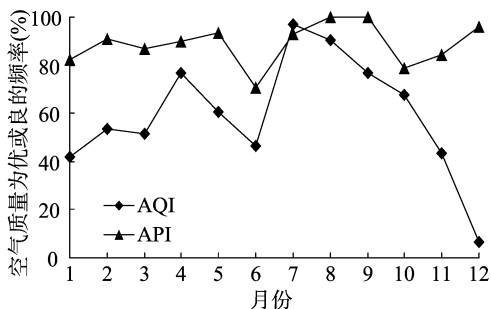


图11 宿迁市 API 与 AQI 分别出现优或良的频率对比情况

期间下降幅度尤为剧烈,而上述月份  $PM_{2.5}$  出现频率均较大,再次说明宿迁市细颗粒物污染对当地空气质量的影响尤其突出。

### 3 气象条件对空气质量的影响分析

#### 3.1 API、AQI 与同时期气象要素时间变化对比分析

分别统计 API 与 AQI 的月均值及同时期平均气温、日较差、平均气压、平均水汽压、平均风速、降水量的月均值(降水量为月累计值),其中 API 月均值时段为 2009 年 5 月至 2013 年 4 月, AQI 月均值时段为 2013 年 5 月至 2014 年 5 月,对比分析 API(AQI)月均值与各气象要素的变化趋势(图 12),结果显示 API(AQI)月均值呈现较为明显的季节波动,1 年中含有 1 峰(6 月左右)1 谷(8 月左右),个别年份为 2 峰 1 谷(年内各月变化趋势详见前文),平均气温具有明显的季节变化特征,整体波动趋势与 API(AQI)相反,尤其是 AQI 时段内。气温日较差月均值与 API(AQI)波动位相一致,两者呈现正相关,在 AQI 时段内,两者波动一致性呈减弱态势。平均气压与平均水汽压季节波动均非常明显,但两者与 API(AQI)波动一致性相反,水汽压与 API(AQI)变化相反,呈负相关,

而气压与 API(AQI)波动特征较为一致,呈现正相关。平均风速与 API(AQI)月均值呈现较弱的反相位变化,在风速高值区, API(AQI)月均值一般维持在较小的水平。月降水量变化趋势与 API(AQI)月均值变化趋势相反,在降水量较多时, API(AQI)月均值较小。

#### 3.2 API、AQI 与各气象要素相关性分析

利用逐日的 API 与 AQI 指数,统计分析宿迁市污染程度与各气象要素的相关系数,其中气象要素包括平均气温、最高气温、最低气温、日较差(日最高气温-日最低气温)、气压、相对湿度、水汽压、降水量、平均风速,统计结果如表 3 所示。

由表 3 可知,在 API 指数统计时段内, API 指数日变化、月变化与气温高低均有显著的负相关,说明气温对空气质量有显著的正效应。这是由于近地面气温越高,大气对流活动越强,空气层就越不稳定,越有利于污染物的扩散稀释,污染物浓度越低;反之,气温越低,越不利于污染物的扩散稀释,污染物浓度也会因此增高,易造成空气污染。

API 指数与宿迁市宿豫区气象气压在日变化、月变化均呈正相关,但相关性不显著,说明近地面气压对空气污染存在一定的影响,低压系统控制下,底层空气辐合上升,近地面污染物随空气上升到高空,有利于近地面污染物的稀释和扩散;当高压系统控制时,大气稳定,不利于污染物向高空扩散,进而滞留在近地面层。

相对湿度和水汽压均与 API 指数的日变化、月变化呈现负相关,除月平均相对湿度外,其余为显著负相关(相对湿度日值、水汽压月值)和极显著负相关(水汽压日值)。这是因为在空气湿度较低的情况下,地表粉尘和建筑粉尘极易被风带起,它们与空气中丰富的水汽相结合,形成烟雾,这种烟雾不易扩散,不易沉降,因此在这种情况下,极易出现高污染的天气;但在空气湿度很高时,有雨雪天气的出现,降雨或降雪天气都能有效地冲刷空气中的各种污染物,尤其是可以有效降低可吸入颗粒物的浓度,进而使空气质量变好。

降水量与 API 指数日变化、月变化均为极显著负相关,说明降水量对 API 指数有显著正效应。这是由于在降雨过程中,有些污染气体能溶解在水中或者与水起化学反应产生其他物质,颗粒物与雨滴碰撞可附着在雨滴上并随着降水带到地面,使大气中污染物浓度降低。

API 指数日波动与风速日变化有显著的负相关,说明风速对空气质量有显著的正效应。风速大,大气扩散条件好,污染物扩散稀释能力强,空气质量就好;相反,风速小,大气水平输送能力差,扩散能力也差,容易造成污染物的堆积,空气质量就差。但是 API 月变化与风速相关性不明显,这可能是与不同风向对空气质量所起作用不同有关<sup>[4]</sup>。

气温日较差与 API 日变化呈现极显著正相关,说明日较差对空气质量有显著的负效应。统计分析发现,影响宿迁市气温日较差的最主要因子为相对湿度,二者呈现极显著负相关,其次为降水量(日较差与降水量呈现极显著负相关),因此,日较差较低时,往往相对湿度大,易出现降水天气,对空气污染物的湿沉降作用明显,因此空气质量较好。

各气象要素与 API 指数的逐日、逐月相关系数正负一致,逐月相关系数绝对值大于逐日相关系数(平均风速除外),但值得注意的是,逐月相关系数绝对值在增大的同时,置信度却

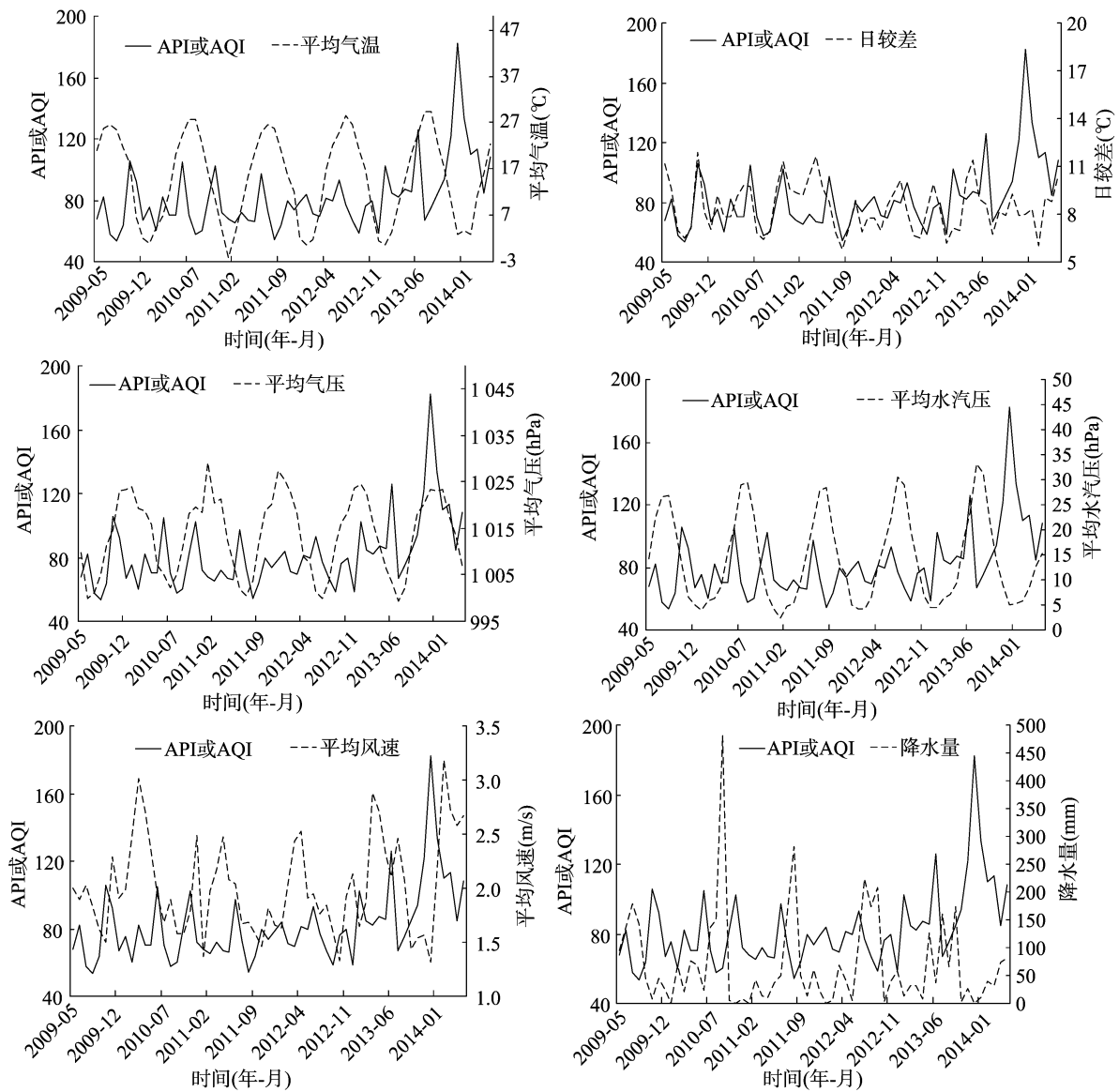


图12 宿迁市 API(AQI) 月均值与气象要素对比变化图

表 3 宿迁市 API 指数与气象要素相关系数

气象要素	逐日相关系数	逐月相关系数
平均气温	-0.050 *	-0.215 *
最高气温	-0.021	-0.196
最低气温	-0.071 **	-0.227 *
日较差	0.150 **	0.201
气压	0.034	0.212
相对湿度	-0.051 *	-0.155
水汽压	-0.104 **	-0.262 *
降水量	-0.133 **	-0.380 **
平均风速	-0.052 *	0.002

注: \*\*、\* 表示分别通过了 0.01、0.1 的显著性水平检验。

表 4 宿迁市 AQI 指数与气象要素相关系数

气象要素	逐日相关系数
平均气温	-0.304 **
最高气温	-0.278 **
最低气温	-0.319 **
日较差	0.109 *
气压	0.246 **
相对湿度	-0.053
水汽压	-0.305 **
降水量	-0.235 **
平均风速	-0.256 **

注: \*\*、\* 表示分别通过了 0.01、0.1 的显著性水平检验。

降低,这与在统计逐月相关系数时样本数相对较少有关。  
在统计 AQI 与各气象要素的相关系数时,由于 AQI 数据时段较小,因此不统计逐月相关系数,结果如表 4 所示。  
各气象要素与 API、AQI 指数日变化的相关系数在正负取值方面一致,AQI 与各气象要素相关程度加强(除相对湿

度、日较差外),这与 AQI 指数在不同等级范围均有一定分布有关,AQI 数据波动性较大。另外,AQI 指数将 PM<sub>2.5</sub>纳入评价指标,在实施 AQI 空气质量评价指标后,宿迁市占主导的首要污染物就由之前的 PM<sub>10</sub>变成 PM<sub>2.5</sub>,而 PM<sub>2.5</sub>与各气象要素的相关性程度整体呈现加强特征(相比 PM<sub>10</sub>),如表 5 所示。

表 5 宿迁市不同首要污染物的 AQI 指数与气象要素相关系数

气象要素	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
平均气温	-0.084	-0.320 **
最高气温	-0.047	-0.297 **
最低气温	-0.130 *	-0.331 **
日较差	0.271 **	0.101
气压	0.111	0.236 **
相对湿度	-0.203 **	-0.011
水汽压	-0.138 *	-0.318 **
降水量	-0.216 **	-0.206 **
平均风速	-0.183 **	-0.191 **

注: \*\*、\* 表示分别通过了 0.01、0.05 的显著性水平检验。

考虑到 AQI 指数在不同空气质量等级均有一定分布,同时相比 API 指数,AQI 指数空气质量等级增加 1 级,共计 6 个等级,因此,针对 AQI 指数不同空气质量等级的气象要素进行统计分析,气象要素均值如表 6 所示。

表 6 宿迁市 AQI 不同空气质量等级其气象要素均值

空气质量等级	平均气温 (°C)	平均气压 (hPa)	平均水汽压 (hPa)	累计降水量 (mm)	平均风速 (m/s)
I	18.2	1 009.3	21.1	178.0	3.1
II	18.4	1 011.6	17.7	593.7	2.3
III	15.6	1 013.4	13.8	45.5	2.0
IV	10.6	1 018.7	10.0	6.6	1.9
V	9.9	1 017.1	10.7	6.9	1.7
VI	0.8	1 026.3	4.7	0.0	0.7

由表 6 可知,随着空气质量等级逐步变化,气温、气压、水汽压、风速及降水情况均呈现明显的变化趋势。随着空气质量等级增大,空气污染逐步加重,平均气温、平均水汽压、累积降水量及平均风速均呈现递减趋势,而平均气压则呈现递增趋势,这与 AQI 指数与气象要素的相关性分析结果一致,说明低温、高压的静稳天气条件不利于空气污染物的扩散和稀释,极易造成空气污染物的累积,进而造成较为严重的空气污染。

在表 6 中,累计降水量受不同空气质量等级的天数影响,不能更好地揭示降水对空气质量的影响,故采用降水频率对不同空气质量等级的降水频率分布进行分析(降水频率为统计时段内降水日数与总日数的比值),结果如表 7 所示。

表 7 宿迁市 AQI 不同空气质量等级的降水频率分布

空气质量等级	降水频率
I	0.87
II	0.27
III	0.09
IV	0.12
V	0.07
VI	0.00

降水频率反映了在统计时段内降水次数的多少,由表 7 可知,降水频率越高,空气质量等级越小,空气质量状况越好;反之,降水频率越低,空气质量等级越大,空气质量状况越差。宿迁市夏季空气质量最优,这与夏季降水频率较高有关。

#### 4 结语

大气污染向农田大气排放的各种污染物的数量,若超过

了大气稀释、净化能力,会使大气质量恶化,对农作物直接或间接造成不良的影响。当各种形式的大气污染达到一定程度时,直接影响农作物的正常生长,导致农业生产经济损失。溶解了大气中污染物的降水,在下降的过程中还会吸收空气中的二氧化硫,使得危害进一步加大,当前宿迁地区大气污染的主要表现为酸雨。酸雨会给农业、林业、渔业等造成巨大损失。分析宿迁市酸雨发生的季节变化规律,其中春、秋季酸雨强度最大,冬季次之,夏季酸雨强度最小,空气洁净程度最高,这与本研究结果一致。

另外,大气污染物还会通过光照、降水等途径对农作物生长产生影响。前面所分析的臭氧可使叶绿素分解、原生质变质、植物不能正常进行光合作用。虽然宿迁市夏季颗粒物污染轻一点,但臭氧在夏季却是高峰期,对水稻影响的最终结果是产量下降、品质变劣,这对于水稻面积达 21.67 万 hm<sup>2</sup> 的主产粮区会造成巨大的损失。

环境污染防治是促进人与自然和谐,是加快发展、全力推进和谐社会建设的必由之路,是一项关乎子孙后代长期的伟大事业,也是一项内涵丰富、涉及面广的“系统工程”。环境问题,需要加大宣传力度,增强环保的法制观念,努力营造保护环境的良好风尚,通过大家的共同努力,与政府部门一起控制 PM<sub>2.5</sub>,保护生存环境,保护我们的家园才会取得成效。

#### 参考文献:

- [1]Bergin M. The influence of aerosols on plant growth[R]. Honolulu: Georgia Institute of Technology,2002.
- [2]Chameides W L, Yu H, Liu S C, et al. Case study of the effects of atmospheric aerosols and regional haze on agriculture: an opportunity to enhance crop yields in China through emission controls? [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,1999,96(24):13626-13633.
- [3]Lee J J, Neely G E, Perrigan S C, et al. Effect of simulated sulfuric acid rain on yield, growth and foliar injury of several crops [J]. Environmental and Experimental Botany,1981,21(2):171-185.
- [4]金腊华. 广州地区酸雨特征及其对植物的影响研究[J]. 城市环境与城市生态,2002,11(6):11-13.
- [5]俞元春,丁爱芳. 模拟酸雨对酸性土壤铝溶出及其形态转化的影响[J]. 土壤与环境,2001,10(2):87-90.
- [6]吴坤君,龚佩瑜,李秀珍. SO<sub>2</sub> 污染对农业害虫的间接影响[J]. 应用与环境生物学报,1997,3(2):158-162.
- [7]曹洪法,舒俭民,刘燕云,等. 酸雨对两广地区农作物的经济损失研究[J]. 环境科学研究,1991,4(2):1-6.
- [8]刘翠玲,常艳君. 鲛鱼圈地区污染气象特征分析[J]. 气象与环境学报,2006,20(1):29-33.
- [9]赵惠芳,杨建东,陈雅莲,等. 气象条件对晋江城市空气质量的影响[J]. 气象与环境学报,2009,25(4):11-16.
- [10]张宝贵,孙丽华. 秦皇岛市空气污染与气象要素的关系[J]. 气象与环境学报,2009,25(4):43-47.
- [11]秦保平,刘彩霞,王长友,等. 天津市空气污染预报方法[J]. 城市环境与城市生态,2001,14(4):11-12.
- [12]郑美琴,卢振礼. 日照市区 PM<sub>10</sub> 污染物特征及其与气象要素的关系[J]. 南京气象学院学报,2006,29(3):413-417.
- [13]王淑英,张小玲. 北京地区 PM<sub>10</sub> 污染的气象特征[J]. 应用气象学报,2002,13(增刊1):177-184.