

## 合肥市灰霾时间特征分析及其对农业生产的影响

王跃宁, 胡森林\* (安徽省合肥市气象局, 安徽合肥 230041)

**摘要** 利用2016年4月—2017年3月安徽省合肥市能见度、相对湿度等气象资料和PM<sub>2.5</sub>浓度等环境资料,采用二维散点图和线性分析方法,分析了合肥市灰霾天气的时间分布特征及其对农业的影响。结果表明,7月是一年中灰霾小时频率最少的月份,为0.5%,之后逐渐上升至最高点12月的38.0%;月平均小时频率为14.4%。灰霾小时频率的日分布与能见度呈相反趋势,在15:00出现频率最低,为5.2%,05:00频率最高,为27.9%。灰霾日频率和小时频率全年变化趋势基本一致,最高和最低值均出现在12和7月,为61.3%和0,全年月均灰霾日8 d。能见度和灰霾的时间分布特征与PM<sub>2.5</sub>浓度密切相关,能见度与PM<sub>2.5</sub>浓度呈负相关,灰霾频率则与PM<sub>2.5</sub>浓度呈正相关。灰霾天气对农业生产产生不利影响。

**关键词** 灰霾;时间特征;能见度;相对湿度;PM<sub>2.5</sub>;农业

**中图分类号** S162 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)11-0132-03

## Analysis on the Time Characteristics of Haze in Hefei City and Its Effect on Agricultural Production

WANG Yue-ning, HU Sen-lin (Hefei City Meteorological Bureau, Hefei, Anhui 230041)

**Abstract** Using the meteorological data of visibility, relative humidity etc. and environmental data of PM<sub>2.5</sub> concentration etc. from February 2016 to March 2017 in Hefei City of Anhui Province, the time-distribution characteristics of haze weather and its effect on agriculture in Hefei City were analyzed by two-dimensional scatter plot and linear analysis method. The results showed that July was the lowest frequency of haze hours per month at 0.5% in a year and December was the highest at 38.0%, the annual average was 14.4%. The daily distribution of haze hour frequency was opposite to that of visibility, the lowest frequency of 5.2% occurred at 15:00, and the highest frequency of 27.9% occurred at 05:00. The frequency of haze days were basically the same with the haze hours throughout the year. The maximum value appeared in December at 61.3% and the minimum value in July at 0, the average haze day of the year was 8 days. The time-distribution characteristics of visibility and haze were closely related to the concentration of PM<sub>2.5</sub>, the visibility was negatively correlated with the concentration of PM<sub>2.5</sub>, and the frequency of haze was positively correlated with the concentration of PM<sub>2.5</sub>. Haze weather had adverse effects on agricultural production.

**Key words** Haze; Time characteristics; Visibility; Relative humidity; PM<sub>2.5</sub>; Agriculture

灰霾的出现不仅影响人们的生活<sup>[1]</sup>,还对农业生产等产生不利影响<sup>[2-3]</sup>。灰霾天气的出现与大气中的细颗粒尤其是PM<sub>2.5</sub>浓度和能见度密切相关<sup>[4]</sup>。吴兑等<sup>[5]</sup>对珠三角地区的灰霾天气现象进行了研究,并指出了灰霾天气发生时大气气溶胶成分和气象条件。胡荣章等<sup>[6]</sup>利用灰霾与能见度的关系,数值模拟了南京地区能见度分布和灰霾天气现象,分析了形成城市灰霾天气的原因,大气污染物的源排放是内因,气象条件是外因,也是灰霾天气形成的决定性控制因素<sup>[7]</sup>。在时空分布特征上,灰霾也呈现出一定的规律<sup>[8-10]</sup>。根据前人的研究,笔者分析了合肥市灰霾的时间分布特征,以便更好地服务人们的生活和农业生产。

## 1 资料与方法

所用资料为2016年4月—2017年3月安徽省合肥市气温、地面温度、能见度、相对湿度等气象资料和PM<sub>2.5</sub>浓度资料,其中气象资料来自于合肥国家基本气象站,PM<sub>2.5</sub>浓度数据来自于合肥市环境监测中心站包河区子站(包河区政务中心楼顶),前者位于后者的西南方向,两者直线相距1.2 km。因为两站距离较近,且同处于城市南边,周边环境类似,因此可认为两站观测数据具有较好的空间一致性。采用二维散点图和线性分析方法,初步分析了合肥市灰霾天气的时间分布特征。

按照《霾的观测判识与分级》标准,当排除降水、沙尘暴、扬沙、浮尘、吹雪、雪暴、雾等影响视程的天气现象且满足能

能见度 $\leq 5.0$  km、相对湿度 $< 95\%$ ,该时次判识为灰霾。以20:00为日界,一日累计25%(含)以上定时观测时次判识为霾,记为霾日。根据能见度的高低将灰霾分为3级,分别为轻度霾(3.0 km $< V \leq 5.0$  km)、中度霾(1.0 km $< V \leq 3.0$  km)、重度霾( $V \leq 1.0$  km)。每个月的灰霾小时数除以当月总小时数得到当月灰霾小时频率,一天各时次的灰霾小时数除以一年天数得到该时次的灰霾小时频率,每个月的灰霾日数除以当月总日数得到各月的灰霾日频率。

## 2 结果与分析

**2.1 灰霾小时频率的月分布特征** 从图1可以看出,合肥市灰霾小时频率最高的为12月(38.0%),此时气温处于一年中的低点,之后灰霾小时频率处于下降趋势,5—6月合肥市处于江淮梅雨季节,灰霾小时频率有所上升。7月是一年中灰霾小时频率最少的月份(0.5%),也是一年中气温最高的月份,之后灰霾小时频率再上升。可见,降水和气温对于灰霾小时频率的大小影响很大,这是因为夏季降水偏多且对流旺盛导致边界层较高,冬季能见度最低则是相反的原因。全年月平均灰霾小时为105时次,月平均灰霾小时频率为14.4%,在不同的月份灰霾小时频率波动较大。从图1可以明显地看出,灰霾小时频率与月平均能见度的变化趋势呈现很好的负对应关系,即灰霾小时频率较高(低)的月份能见度较低(高),灰霾小时频率最高(低)的月份对应能见度最低(高)的月份,这是因为两者均与PM<sub>2.5</sub>浓度密切相关,PM<sub>2.5</sub>浓度越高,能见度越低,灰霾小时频率也越大。

**2.2 灰霾小时频率的日分布特征** 从图2可以看出,灰霾小时在每日定时时次的出现频率与能见度的日变化基本呈

**作者简介** 王跃宁(1968—),男,安徽和县人,工程师,从事气象服务与应用研究。\*通讯作者,高级工程师,硕士,从事大气环境等研究。

**收稿日期** 2018-01-24; **修回日期** 2018-02-05

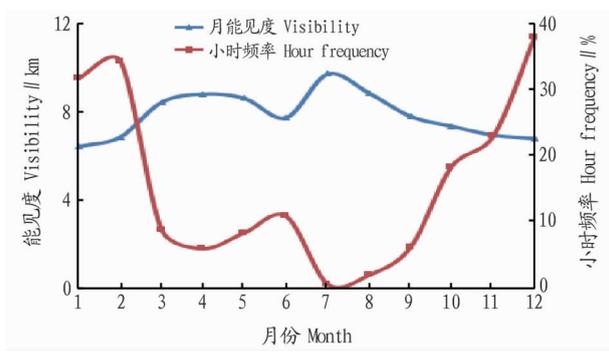


图1 合肥市灰霾小时频率和能见度的月分布

Fig. 1 The monthly distribution of haze-hour frequency and visibility in Hefei City

相反趋势,灰霾在 05:00 出现频率最高,15:00 出现频率最低。这种特征是因为 05:00 气温较低,边界层对流活动较弱,高度降低,颗粒物聚集高度也较低,同时由于此时相对湿度处于一天中的最大值时段,气溶胶的吸湿性增长现象较为常见,因而颗粒物尤其是  $PM_{2.5}$  对于光的较强散射致使能见度降低,导致灰霾在此时出现频率最高。当 15:00 时,情况正好相反,因而在 05:00 是一天中灰霾出现频率最低的时次。

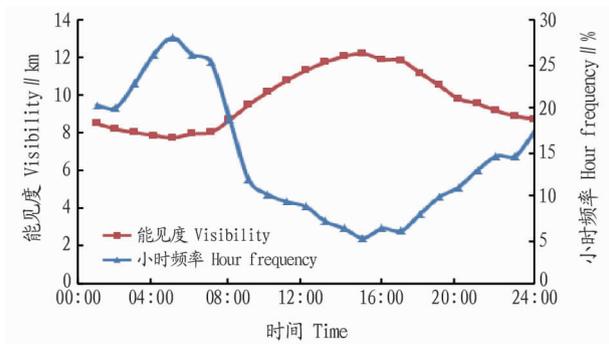


图2 合肥市灰霾小时频率和能见度的日分布

Fig. 2 The daily distribution of haze-hour frequency and visibility in Hefei City

**2.3 灰霾日频率的月分布特征** 从图3可以看出,合肥市灰霾日的月分布在7月达到最小值(0 d),之后霾日总体处于上升趋势,12月为最大值(19 d),之后又处于下降趋势。全年月均灰霾日 8 d,标准偏差为 6 d。由图4可知,灰霾小时频率和日频率全年变化趋势基本一致,最高和最低值出现月份均一致,稍有不同的是11月,这是由于两者定义不同所致,因为日内灰霾小时的出现并不一定造成灰霾日,同样不同的霾日里灰霾小时数也有多少之分。如果用每月的灰霾小时除以灰霾日数,代表该月灰霾日的平均灰霾小时数,从图5可以看出,冬季该值最大,为 15.2 h,夏季最小,为 6.0 h,春秋季节次之,全年平均为 10.9 h。这意味着冬季一次霾日会有更多的灰霾小时出现,而夏季则相反。

由此可见,灰霾日频率和灰霾小时频率的月分布基本一致,与能见度的月分布有很好的负相关关系,灰霾小时与灰霾日数比值的季节变化也与能见度的季节变化基本一致,这是因为灰霾日也与  $PM_{2.5}$  浓度密切相关, $PM_{2.5}$  浓度越高,能见

度越低,灰霾日频率也越大。

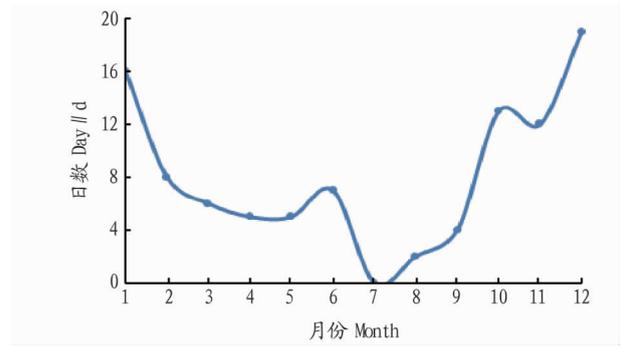


图3 合肥市灰霾日数的月分布

Fig. 3 The monthly distribution of haze days in Hefei City

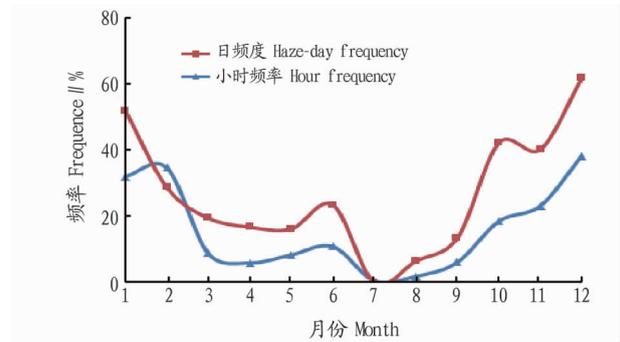


图4 合肥市灰霾小时频率和日频率的月分布

Fig. 4 The monthly distribution of the frequency of haze-hour and haze-day

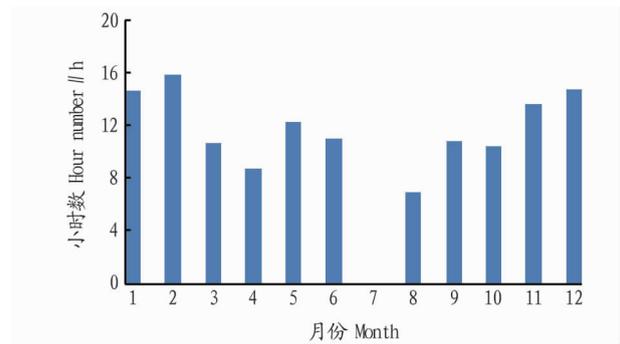


图5 合肥市灰霾日中平均灰霾小时数的月分布

Fig. 5 The monthly average number of haze hours in haze days in Hefei City

**2.4 不同级别灰霾小时频率的月分布特征** 从图6可以看出,合肥市全年非霾时为 7 498 次,约占 85.6%;霾时 1 262 次,约占 14.4%;其中轻度霾时 799 次,约占 9.1%;中度霾时 386 次,约占 4.4%;重度霾时 77 次,约占 0.9%。全年灰霾重度污染相对较少,以轻度和中度为主。

从图7可以看出,轻度霾是霾时的主要组成,约占霾时总数的 63.3%,中度霾约占总数的 30.6%,重度霾约占总数的 6.1%。轻度霾每月均有,主要集中在 10—12 和 1 月;中度霾除 7 月外其他月份均出现,主要集中在 11—12 和 1—2 月;而重度霾 4—11 月均没有出现,且主要集中在 12 和 1 月。综合来说,10—12、1—2 月灰霾日较多,灰霾污染较为严重,这与这些月份的  $PM_{2.5}$  浓度较高密切相关。

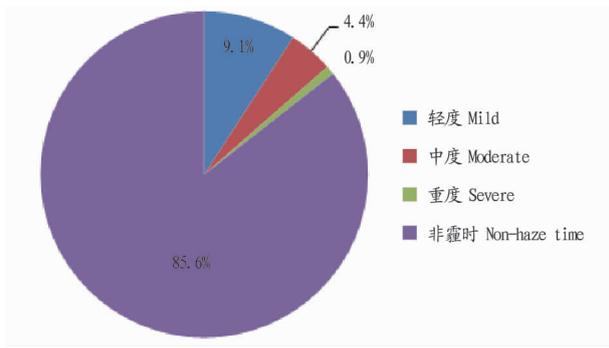


图6 合肥市不同级别灰霾比例分布

Fig.6 Distribution of haze at different levels in Hefei

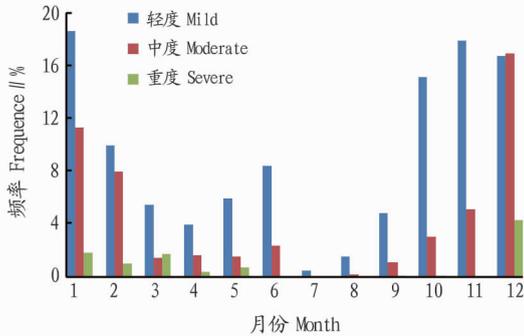


图7 合肥市不同级别灰霾小时频率的月分布

Fig.7 Monthly distribution of the frequency of haze-hour at different levels in Hefei City

**2.5 不同级别灰霾小时频率的日分布特征** 从图8可以看出,轻度霾和中度霾日分布特征类似,每个时次均有,主要集中在21:00—次日08:00。重度霾在12:00—19:00没有出现,主要集中在01:00—09:00,20:00—23:00也有少量出现。总体而言,每日01:00—09:00灰霾污染较为严重,这是由于该时段 $PM_{2.5}$ 浓度相对较高且相对湿度较大时存在着 $PM_{2.5}$ 的吸湿性增大效应。

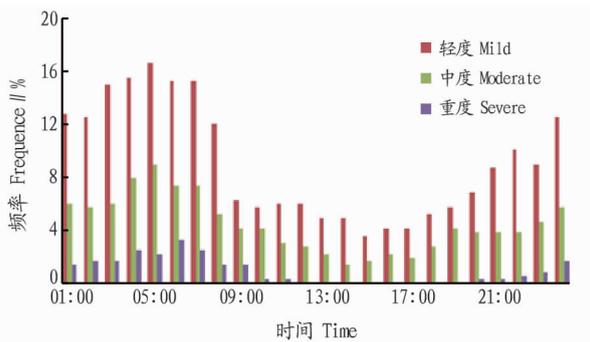
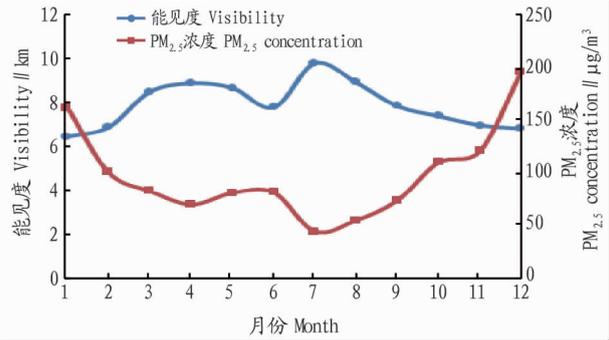


图8 合肥市不同级别灰霾小时频率的日分布

Fig.8 The daily distribution of the frequency of haze-hour at different levels in Hefei City

**2.6 能见度和灰霾特征与 $PM_{2.5}$ 浓度的关系** 由“2.1”分析可知,能见度与灰霾现象密切联系且呈现较为一致的负相关,在此着重分析能见度与 $PM_{2.5}$ 浓度的关系,灰霾与 $PM_{2.5}$ 浓度的关系由此可见。从图9可以看到,能见度与 $PM_{2.5}$ 浓度的逐月分布有着一致的负相关,即 $PM_{2.5}$ 浓度越高,能见度越低,反之亦然, $PM_{2.5}$ 浓度上升(下降),能见度下降(上升)。

$PM_{2.5}$ 浓度在7月达到最低,为 $44.4 \mu g/m^3$ ,此时能见度达到一年的最大值,此后 $PM_{2.5}$ 浓度处于上升趋势,能见度则处于下降趋势,在12月得到一年中的最大值( $195.2 \mu g/m^3$ ),而能见度则在随后的1月份达到一年的最低点,此时 $PM_{2.5}$ 浓度为 $161.7 \mu g/m^3$ ,1月份后 $PM_{2.5}$ 浓度与能见度的走势正好相反。由此可见,能见度和灰霾的时间分布特征与 $PM_{2.5}$ 浓度密切相关,能见度与 $PM_{2.5}$ 浓度呈负相关,灰霾频率则与 $PM_{2.5}$ 浓度呈正相关。

图9 能见度与 $PM_{2.5}$ 浓度的月分布Fig.9 The monthly distribution of visibility and  $PM_{2.5}$  concentration

**2.7 灰霾对农业生产的影响** 灰霾天气时,空气的流动性较差,通过颗粒物对光的遮挡和吸收造成光照强度的降低,同时,污染物浓度增加导致了能见度的降低,太阳直接照射的时间减少,影响农作物的光合作用,使农作物生长所需要的养分和能量得不到充分满足,从而影响其正常的生长和发育,最终影响到作物产量的形成。灰霾天气时,由于空气中细微颗粒物浓度过大和空气流通不畅,大量的固体颗粒、液滴和有害的气体通过气孔被农作物吸收入体内,导致二氧化碳和氧气的比例失调,有害气体吸入过多,从而在影响作物光合作用的同时对作物的呼吸作用也会造成不利影响,对作物的正常新陈代谢产生干扰,危害农作物的健康生长发育,严重地可以使叶片发黄,萎蔫甚至死亡。

### 3 结论

利用2016年4月—2017年3月安徽省合肥市能见度、相对湿度等气象资料和 $PM_{2.5}$ 浓度等环境资料,采用二维散点图和线性分析方法,分析了合肥市灰霾天气的时间分布特征及其对农业生产的影响,得到如下主要结论。

(1)7月是一年中灰霾小时频率最少的月份,为0.5%,之后逐渐上升至最高点12月的38.0%。月平均小时频率为14.4%,在不同的月份灰霾小时频率波动较大。灰霾小时频率与月平均能见度的变化趋势呈现很好的负对应关系。灰霾小时频率的日分布与能见度呈相反趋势,在15:00出现频率最低,为5.2%,05:00频率最高,为27.9%。

(2)灰霾日频率和小时频率全年变化趋势基本一致,最高和最低值均出现在12和7月,为61.3%和0,全年月均灰霾日8d。

(3)合肥市灰霾小时频率以轻度和中度为主,分别占

(下转第154页)

表4 As元素加标回收试验

Table 4 Recovery test of As in the standard materials

| 标准物质编号<br>Standard<br>material No. | $\omega(\text{As})//\mu\text{g/g}$ |  |                          | 回收率(R)<br>Rate of<br>recovery//% |
|------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
|                                    | 标准值<br>Standard<br>value           | 加标量<br>The adding<br>standard matter<br>amount | 测定值<br>Measured<br>value |                                  |
| GBW 10010                          | 0.102                              | 0.250  | 0.347                    | 98.0                             |
|                                    |                                    | 0.500  | 0.594                    | 98.4                             |
| GBW 10044                          | 0.120                              | 0.250  | 0.377                    | 102.8                            |
|                                    |                                    | 0.500  | 0.616                    | 99.2                             |
| GBW 10045                          | 0.110                              | 0.250  | 0.356                    | 98.4                             |
|                                    |                                    | 0.500  | 0.602                    | 98.4                             |

表5 Hg元素加标回收试验

Table 5 Recovery test of Hg in the standard materials

| 标准物质编号<br>Standard<br>material No. | $\omega(\text{Hg})//\mu\text{g/g}$ |  |                          | 回收率(R)<br>Rate of<br>recovery//% |
|------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
|                                    | 标准值<br>Standard<br>value           | 加标量<br>The adding<br>standard matter<br>amount | 测定值<br>Measured<br>value |                                  |
| GBW 10010                          | 5.3                                | 5.0  | 10.0                     | 94.0                             |
|                                    |                                    | 10.0   | 14.8                     | 95.0                             |
| GBW 10044                          | 2.2                                | 5.0  | 7.6                      | 108.0                            |
|                                    |                                    | 10.0   | 11.7                     | 95.0                             |
| GBW 10045                          | 2.8                                | 5.0  | 7.7                      | 98.0                             |
|                                    |                                    | 10.0   | 12.9                     | 101.0                            |

### 3 结论

该研究通过双道原子荧光光谱法结合微波技术,建立了微波消解一次溶样,同时测定大米中微量元素砷、汞和硒的方法。该方法极大地缩短了样品消解时间,提高了检测效率。通过加标回收试验和国家一级标准物质的测定,由试验数据可知,加标回收率在93.0%~108.0%,该分析方法具有精密度高、准确度高、检出限低等优点,符合测试要求,适合大米等植物样品中砷汞硒的批量分析。

(上接第134页)

65.5%和32.0%,重度霾较少。

(4)能见度与灰霾的时间分布特征与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度密切相关,能见度与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度呈负相关,灰霾频率则与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度呈正相关。

(5)灰霾天气污染物颗粒悬浮于空气中,吸收、反射了太阳辐射达到地面的部分光照和热量,对农作物光合作用和呼吸作用产生不良影响,从而影响作物的生长发育,使作物产量下降,甚至降低农作物品质。

### 参考文献

- [1] TAN J H, DUAN J C, CHEN D H, et al. Chemical characteristics of haze during summer and winter in Guangzhou[J]. Atmospheric research, 2009, 94(2): 238-245.
- [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

表6 Se元素加标回收试验

Table 6 Recovery test of Se in the standard materials

| 标准物质编号<br>Standard<br>material No. | $\omega(\text{Se})//\mu\text{g/g}$ |  |                          | 回收率(R)<br>Rate of<br>recovery//% |
|------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
|                                    | 标准值<br>Standard<br>value           | 加标量<br>The adding<br>standard matter<br>amount | 测定值<br>Measured<br>value |                                  |
| GBW 10010                          | 0.061                              | 0.050  | 0.109                    | 98.0                             |
|                                    |                                    | 0.100  | 0.162                    | 101.0                            |
| GBW 10044                          | 0.031                              | 0.050  | 0.084                    | 106.0                            |
|                                    |                                    | 0.100  | 0.128                    | 97.0                             |
| GBW 10045                          | 0.053                              | 0.050  | 0.101                    | 96.0                             |
|                                    |                                    | 0.100  | 0.146                    | 93.0                             |

### 参考文献

- [1] 王成, 田新玲. 微量元素硒与人体健康[J]. 中国食物与营养, 2006(5): 53-54.
- [2] 郑民奇, 王党辉, 孙泽坤. 微波消解-氢化物发生原子荧光光谱法测定植物样品中硒[J]. 岩矿测试, 2007, 26(5): 416-418.
- [3] 王元忠, 刘鸿高, 李涛, 等. 微波消化-氢化物原子吸收法测定大百合中砷的含量[J]. 化工技术与开发, 2008, 37(8): 33-35.
- [4] 陈树榆, 张志锋, 余华明. HG-ICP-MS同时测定生物样品中痕量As, Se, Hg[J]. 分析实验室, 2004, 23(5): 9-13.
- [5] 李红芸, 田海艳, 李明艳. 氢化物原子荧光分光光度法测定化妆品中微量汞[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(4): 804-805.
- [6] 赵锁芳, 段敏, 孙新涛, 等. 微波消解HG-AFS法测定小麦中硒含量的研究[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(1): 66-69.
- [7] 刘云, 谢锦忠, 屈明华, 等. 湿法消解-原子荧光法测定竹笋中的微量硒[J]. 竹子研究汇刊, 2007, 26(3): 12-15.
- [8] 贾斌, 汤长青, 郭丽萍. 氢化物发生-原子荧光光谱法对粮食中硒含量的测定[J]. 河南农业科学, 2001(8): 41-43.
- [9] 邓香连, 吴淑君. 氢化物发生-原子荧光光谱法测定饲料中的硒[J]. 光谱实验室, 2005, 22(4): 801-804.
- [10] 夏新媛, 徐海芳, 汪连军, 等. 原子荧光法测定富硒米中的硒含量[J]. 粮油食品科技, 2006, 14(3): 44-45.
- [11] 田海燕, 王丽荣, 李明艳. 微波消解-氢化物原子荧光法测定婴幼儿辅助食品中的砷[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(6): 1275-1276.
- [12] 张海珍, 卢江涛, 闫爱博, 等. 微波消解-原子荧光光谱法测定大米中的硒[J]. 现代化农业, 2014(10): 31-33.

the national academy of sciences of the United States of America, 1999, 96(24): 13626-13633.

- [3] 吕孟雨, 李晓煜, 董福双, 等. 雾霾天气对农作物的影响因素研究[J]. 绿色科技, 2016(21): 43-44.
- [4] 侯灵, 安俊琳, 朱彬. 南京大气能见度变化规律及影响因子分析[J]. 大气科学学报, 2014, 37(1): 91-98.
- [5] 吴兑, 廖碧婷, 陈慧忠, 等. 珠江三角洲地区的灰霾天气研究进展[J]. 气候与环境研究, 2014, 19(2): 248-264.
- [6] 胡荣章, 刘红年, 张美根, 等. 南京地区大气灰霾的数值模拟[J]. 环境科学学报, 2009, 29(4): 808-814.
- [7] 吴兑. 灰霾天气的形成与演化[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(3): 157-161.
- [8] WU D, YU Y X, XIA J R, et al. Hazy pollution research of China: A review [J]. Environmental science & technology, 2014, 37(120): 295-304.
- [9] 丁焯毅, 黄鹤楼. 宁波市灰霾天气的气候特征分析[C]//中国气象学会. 中国气象学会2008年年会城市气象与城市可持续发展分会场论文集. 北京: 中国气象学会, 2008: 380-383.
- [10] 孙燕, 魏建苏, 严文莲, 等. 南京市灰霾的气象要素特征分析[C]//中国气象学会. 第26届中国气象学会年会大气成分与天气气候及环境变化分会场论文集. 北京: 中国气象学会, 2009: 471-476.