

DOI:10.11937/bfyy.201701018

# 牡丹物候期观测及温湿度相关性分析

于梦<sup>1</sup>, 赵蕊<sup>2</sup>, 王崇章<sup>1</sup>, 郭太君<sup>2</sup>

(1. 长春市文化广场绿化管理处, 吉林 长春 130061; 2. 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:**以长春市牡丹园 20 个牡丹品种为试材,通过观测物候期和温湿度,分析了物候期与温湿度的关系,以期探讨不同品种的生物学零度及其始花期与空气温湿度的关系,为抗寒品种选育和引种驯化栽培提供依据。结果表明:紫斑牡丹的生物学零度为 6.277℃,萌动-始花期需要的有效积温为 286.8℃;中原牡丹的生物学零度为 5.417℃,萌动-始花期需要的有效积温为 311.2℃。通过相关分析法得出,牡丹花期与从芽萌动-始花期的空气湿度累计值的相关性不显著, $R^2=0.015$ ;此期间有效积温累计值与花期相关性显著, $R^2=0.869$ ;展叶期-始花期有效积温累计值与花期相关性极显著, $R^2=0.978$ 。

**关键词:**牡丹;有效积温;花期;相关性;生育关键期

**中图分类号:**S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)01-0070-06

牡丹是我国特有的木本花卉,在我国栽培历史悠久,深受人们喜爱。牡丹品种繁多,花大色艳,雍容华贵,具有浓郁的花香。中国牡丹经过了逾 1 600 年的栽培发展历史,分别形成了中原牡丹、江南牡丹、西北牡丹(即紫斑牡丹)和西南牡丹 4 个主要的品种群<sup>[1]</sup>。虽然东北地区在很久之前就开始引种牡丹,但到目前为止,其引种工作仍然没有科学成熟的指导,处于随意引进的状态。其主要原因在于缺乏科学系统的引种选育的指导及深入的生态学分析。在基于东北栽培条件下,没有相对成熟的抗寒育种的理论指导。

在牡丹花期预测方面已经有了很多研究,尤其是针对山东菏泽地区。刘克长等<sup>[2]</sup>通过对 1982—1989 年期间的物候及气象观测,对花前预报因子进行确定,最后依据生育关键期的温度和日照求出菏泽牡丹的预报方程。张非等<sup>[3]</sup>根据地温构建了关于菏泽牡丹的多元非线性回归方程模型来预测花期。但针对东北地区的研究,基本上是以评价品种为主,李欣<sup>[4]</sup>通过对 10 个品种紫斑牡丹的观赏性、生长节

律、抗寒性研究,认为紫斑牡丹品种间抗寒性存在差异,运用隶属函数法评价出抗寒性排序,“紫冠玉珠”“大漠风云”“红冠玉珠”牡丹抗寒性较强,“蓝天梦”牡丹抗寒性最弱,在对“紫冠玉珠”牡丹开展的防寒方法试验后发现,整体防寒措施效果好于独立防寒。赵利群等<sup>[5]</sup>对引种到哈尔滨的 7 个紫斑牡丹品种生长节律观察,结果认为紫斑牡丹品种间生长节律存在差异,受气温、降水等因素影响大。王欠欠<sup>[6]</sup>对引种到哈尔滨的 17 个紫斑牡丹品种和 9 个中原牡丹品种进行了抗性、观赏性等多个方面的综合评价。鞠志新<sup>[7]</sup>通过对东北地区牡丹的调查研究,得出紫斑牡丹应是东北地区主要推广应用的品种和类型。王作超等<sup>[8]</sup>研究认为紫斑牡丹成活后基本可以露天越冬,而中原牡丹则需要做防寒措施进行越冬。

在东北牡丹抗寒育种的相关研究方面,基本上集中于哈尔滨的研究较多,针对长春地区的研究寥寥无几,且花期预报方面与菏泽地区相比更是相差甚远,导致市民只能以碰运气的方式去赏花。因此对东北地区引种牡丹花期的预报以及抗寒性的研究对将来的选育及预测花期有非常重要的意义,可减少人力及经济损失。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在长春市牡丹园进行,地理坐标为北纬 43°05′~45°15′,东经 124°18′~127°02′。年平均气温

**第一作者简介:**于梦(1990-),女,本科,助理工程师,现主要从事东北地区牡丹研究等工作。E-mail:1621771626@qq.com

**责任作者:**郭太君(1957-),男,硕士,教授,硕士生导师,现主要从事园林植物种质资源和栽培生理与景观生态等研究工作。E-mail:guoguo5557@126.com

**收稿日期:**2016-09-29

4.8℃,最高温度39.5℃,最低温度-39.8℃。年平均日照总时长2400~2640h。最冷月(1月)平均气温-17.2℃,最热月(7月)平均气温23℃。其气候属大陆性季风气候区,年平均降水量565mm<sup>[9]</sup>。长春牡丹园从2000年起引种大量中原牡丹,2003年开始从兰州引种大量紫斑牡丹,即西北牡丹品种群。

## 1.2 试验材料

该试验在2015年对长春市牡丹园内引进的18个引种至少2年以上的中原牡丹与紫斑牡丹部分品种进行实地观测、记载。品种代号为:C1、C3、C4、C6、C8、C9、C14、C15、C17、C24、C25、C27、C29、C30、Z18、Z20、Z21、Z28,C字母为紫斑牡丹,Z字母为中原牡丹。

## 1.3 试验方法

1.3.1 气象要素观测 年生长周期温度的动态调查:主要收集和调查引种地点温度、湿度。通过空气温湿度测量仪测定,平均每2h记录1次数据,每天共有12个数据。求气温与空气湿度每天的平均值,并进行有效积温的统计,反映不同品种进入每个时间节点时的积温累计值。

1.3.2 物候现象观测 根据牡丹的生长发育节律变化,以及常用的物候特征,确定表1所示的统一物候描述标准,并观测各品种群体物候期,主要观测指标有芽萌动期、萌发期、显叶期、展叶期、风铃期、始花期、盛花期和末花期,每隔2d调查1次,每次具体

观测时间为14:00—17:00;调查标准以取固定品种、方位、枝条及芽为准(主要判断外部形态变化)<sup>[10]</sup>。

表1 物候期观测记载标准

Table 1 Standard observed about phonological period of tree peony

物候期 Phenological phase	特征 Characteristic
芽萌动期 Bud budding stage	记录芽体开始膨大、芽鳞变色的开始时间
萌发期 Germination stage	芽鳞开始松动张开,叶先端露出的日期
显叶期 Show leaf stage	继萌发期后,初步显露叶柄的时期
展叶期 Exhibition leaf stage	从茎基部开始向上,小叶逐渐开展,花蕾露出并膨大的日期
风铃期 Mobile phase stage	花蕾蓬松或可见花蕊,但花瓣尚未开裂
始花期 Begin of flowering	约5%以上的花朵开放为始花期
盛花期 Full-bloom stage	约50%以上的花朵开放为盛花期
末花期 Late flowering stage	约75%的花朵凋谢时为末花期

## 1.4 数据分析

试验数据采用Excel分析方法进行分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试牡丹的物候特征

通过2015年的观测,得出不同品种供试牡丹的物候观测数据。由表2可知,紫斑牡丹与中原牡丹物候期相对一致,其物候规律表现为3月下旬进入萌动期,紫斑牡丹的萌动期普遍早于中原牡丹。4月上旬进入萌发期,4月中旬进入显叶期,4月下旬进入展叶期。风铃期主要集中于4月下旬,始花期集中于5月中旬到下旬,供试牡丹的相差时间不是很大,

表2 供试牡丹各物候期观测数据

Table 2 Data observed about phonological period of tree peony

月-日

品种 Variety	萌动期 Budding stage	萌发期 Germination stage	显叶期 Apparent leaf stage	展叶期 Exhibition leaf stage	风铃期 Mobile phase stage	始花期 Begin of flowering	盛花期 Full-bloom stage	末花期 Late flowering stage
C1	03-23	04-04	04-15	04-18	04-28	05-19	05-22	05-24
C3	03-20	04-07	04-11	04-16	04-28	05-17	05-21	05-23
C4	03-28	04-09	04-14	04-18	04-29	05-18	05-21	05-23
C6	04-01	04-11	04-16	04-20	04-30	05-20	05-24	05-26
C8	03-24	04-03	04-10	04-17	04-28	05-18	05-22	05-24
C9	03-24	04-03	04-13	04-18	04-28	05-18	05-21	05-22
C14	03-19	04-02	04-13	04-18	04-28	05-20	05-25	05-26
C15	03-21	04-06	04-13	04-21	04-30	05-20	05-25	05-27
C17	03-21	04-07	04-17	04-22	04-30	05-20	05-22	05-24
C24	03-21	04-02	04-14	04-18	04-26	05-16	05-20	05-23
C25	03-25	04-04	04-13	04-19	04-28	05-17	05-21	05-21
C27	03-22	04-02	04-13	04-19	04-27	05-18	05-21	05-23
C29	03-20	04-01	04-12	04-18		05-18	05-21	05-23
C30	03-25	04-05	04-17	04-21		05-17	05-21	05-22
Z18	04-01	04-13	04-15	04-18		05-21	05-23	
Z20	04-01	04-09	04-17	04-20		05-22	05-23	
Z21	04-02	04-11	04-18	04-22		05-22	05-23	
Z28	03-27	04-05	04-11	04-18		05-15	05-17	05-19

但紫斑牡丹的物候期普遍早于中原牡丹。供试牡丹的花期为 4~7 d。

## 2.2 生物学零度(A)及有效积温(B)的确定

牡丹萌动-始花期有效积温指叶芽从开始萌动到始花期这一段时间的热量累计值。求算生物学零度及有效积温的方法有很多,包括图解法、相关系数法、最小二乘法等,该研究采用前人最常使用的最小

二乘法进行计算。其主要原理是各品种在坐标轴上距离直线的平方和最小。其经验公式为 $\sum t = A + BN$ ,  $\sum t$  和  $N$  为已知数,  $A$  和  $B$  为未知数,在假设条件下进行微分运算,并对其结果进行相关系数比较,得出最接近实际的生物学零度(A)和有效积温(B)<sup>[11]</sup>。

表 3 萌动-始花阶段的积温与持续天数的相关

Table 3 Correlation between accumulated temperature and days of development from germination to anthesis

品种 Variety	萌动期 Budding stage /(月-日)	始花期 Begin of flowering stage/(月-日)	持续天数 Last days /d	不同假定温度下的有效积温 Different assumed temperature and effective accumulated temperature/℃		
				0	3	5
C1	03-23	05-19	57	650.22	487.90	382.83
C3	03-20	05-17	58	635.78	473.46	369.40
C4	03-28	05-18	51	605.63	456.57	359.49
C6	04-01	05-20	49	594.51	451.44	358.37
C8	03-24	05-18	55	638.56	479.24	339.10
C9	03-24	05-18	55	638.56	479.24	339.10
C14	03-19	05-20	62	680.60	506.28	394.70
C15	03-21	05-20	60	672.09	501.08	394.70
C17	03-21	05-20	60	672.09	501.08	394.70
C24	03-21	05-16	56	618.28	461.97	360.89
C25	03-25	05-17	53	624.85	469.79	368.71
C27	03-22	05-18	57	638.56	479.24	376.16
C29	03-20	05-18	59	648.23	482.92	376.85
C30	03-25	05-17	53	624.85	472.48	368.71
计算结果 The calculation results				A=286.8	A=256.2	A=184.1
				B=6.277	B=3.969	B=3.319
				r=0.93	r=0.89	r=0.67
线性方程 Linear equation				$\sum t = 286.8 + 6.277n$		
Z18	04-01	05-21	47	566.67	429.60	340.52
Z20	04-01	05-16	45	554.21	420.15	333.07
Z21	04-02	05-18	46	560.94	426.87	339.80
Z28	03-27	05-15	49	576.14	433.07	340.00
计算结果 The calculation results				A=311.2	A=286.4	A=272.0
				B=5.417	B=3.016	B=1.417
				r=0.99	r=0.93	r=0.68
线性方程 Linear equation				$\sum t = 311.2 + 5.417n$		

注:公式中 n 为持续天数。

Note: n means days of development.

由公式可知,在 3℃ 和 5℃ 假定温度下计算的相关系数值(r)分别为 0.89 和 0.67,都没有 0℃ 假定温度下所求的相关系数值(r)0.93 大,其次 0.93 > 0.90,可满足极显著相关的条件,证明在此条件下求得的生物学零度及有效积温最接近实际情况。即紫斑牡丹的生物学下限温度为 6.277℃,萌动-始花期需要的有效积温(A)为 286.8℃,中原牡丹的生物学零度为 5.417℃,萌动-始花期需要的有效积温为 311.2℃。该生物学下限温度也满足东北植物的生物学下限温度普遍较高的原则。计算值有效积温(A)值具体指从牡丹叶芽萌动开始只有有效积温累

计值达到 286.8℃ 才可能开花,而在有效积温已经满足的那段期间日平均气温对牡丹开花有着极显著的影响。

## 2.3 空气湿度与牡丹花期的相关性

除了温度外,其它气象要素也会对牡丹的开花生长造成一定的影响,如地温、空气湿度、降水量等。该试验考虑了与引种植物生长质量密切相关的空气湿度进行分析。图 1、2 数据由 Excel 分析得到。其中花期采用假定值,即距连日序法(将 2015 年 1 月 1 日记为 1,1 月 2 日记为 2,以此类推),从而得到了牡丹花期假定值<sup>[12]</sup>。用 Excel 分析时,以假定花期为

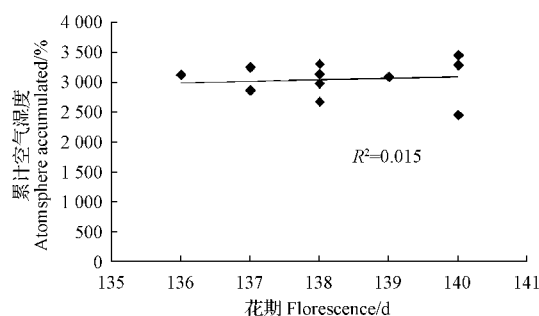


图1 花期(假定值)与空气湿度累计值的关系

Fig. 1 Relationship between flowering initiation (supposed value) and atmosphere accumulated

横坐标,空气湿度累计值(萌动-始花期日平均湿度的累计值)或空气湿度平均值为纵坐标进行了多种线性分析,其中直线关系是最为显著的。但由图1、2可知,牡丹花期与空气湿度累计值和空气湿度平均值的相关系数的平方  $R^2$  分别为 0.015 和 0.096,远远没有达到显著水平。其中原因可能因为供试牡丹原生境为我国西北地区,本身根系发达耐旱,而且栽培牡丹可人工补水,给试验分析带来一定的误差影响,导致看似春季的空气湿度与牡丹的开花没有很密切的相关性<sup>[2]</sup>。

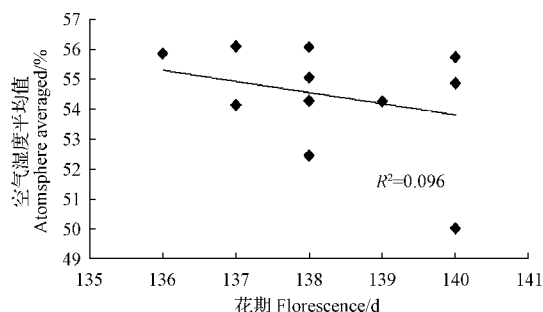


图2 花期(假定值)与空气湿度平均值的关系

Fig. 2 Relationship between flowering initiation (supposed value) and atmosphere averaged

#### 2.4 牡丹生育关键期对花期的影响

萌动-始花期生育期间的气温对牡丹的生长有一定的影响,但在牡丹生育关键期的温光等对花期的影响会更为明显<sup>[2]</sup>。牡丹的关键生育期取大多数牡丹进入展叶期的时间(4月15日)作为起始点,始花期作为结束点。根据文献得知,山东菏泽牡丹的生育关键期为3月中旬到4月下旬<sup>[2]</sup>,根据物候生长规律推测得知,引种到长春的牡丹应该会推迟30 d左右,因此将生育关键期起始点定为4月15日。

从图3、4可以看出,花期(假定值)与萌动-始花

期有效积温和生育关键时期呈正相关趋势,即需要的热量累计值越小,花期相对也越早。其相关系数的平方  $R^2$  分别是 0.869 和 0.978,明显后者要远远大于前者,且后者的相关系数的平方值已经达到极显著水平。因此,建议在做花期预报时,应将此关键生育时期的气温作为主要的影响因子。

#### 2.5 各品种牡丹的抗寒性初步比较

各物种在对不同原生境温度的长期适应下,形成了不同抗寒力的品种,各品种之间所需热量累计值呈现出不同的情况。一般而言,所需热量累计值相对较少的品种,其抗寒性也相对较大,呈负相关关系<sup>[13]</sup>。

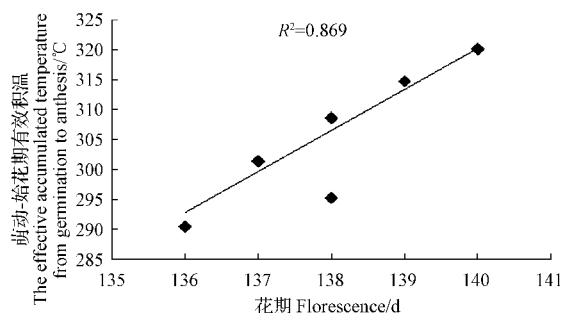


图3 花期(假定值)与萌动-始花期有效积温的关系

Fig. 3 Relationship between flowering initiation (supposed value) and effective accumulated temperature from germination to anthesis

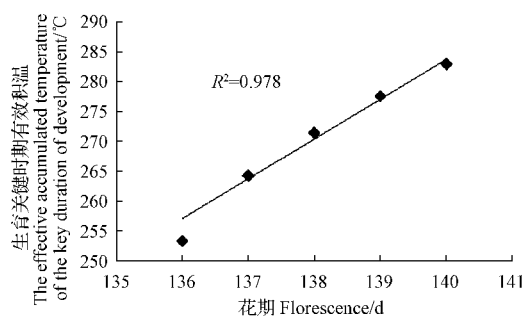


图4 花期(假定值)与生育关键时期有效积温的关系

Fig. 4 Relationship between flowering initiation (supposed value) and effective accumulated temperature of the key duration of development

由图5可知,从C24到C17所需热量累积值依次增大。紫斑牡丹的抗寒力普遍强于中原牡丹,这是因为其原产地为西北,长期对环境的适应使紫斑牡丹有较强的抗寒力<sup>[14]</sup>。中原牡丹中抗寒品种部分要强于紫斑牡丹中抗寒力相对较弱的品种。

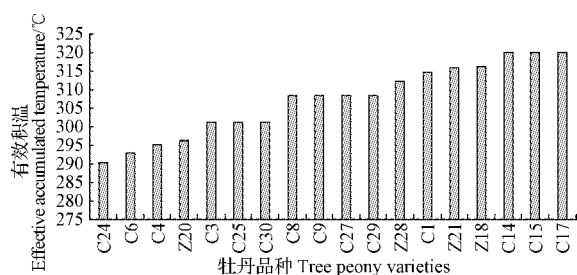


图5 不同牡丹品种的有效积温

Fig.5 Effective accumulated temperature of tree peony varieties

### 3 讨论

用最小二乘法计算生物学零度时,所用的积温是萌动-始花期的有效积温,没有考虑萌动期前的积温,可能会对试验结果造成一定的偏差,会导致所求的生物学零度相比实际值偏大。由花期与生育关键时期的有效积温的相关性可以得出在东北引种成功的牡丹,其影响花期的生育关键时期应该在4月中旬至5月下旬。这也满足牡丹达到开花需要的生物学热量后,其气温对牡丹花期的影响达到最大的说法<sup>[2]</sup>。

试验所采取的样本数量并不多,而且也只有一年的物候期观察和气象资料,所以所得出的生物学零度的适用范围较小,并不是非常准确,只有对长春牡丹园的类型牡丹有一定的适用性。在分析空气湿度与花期相关性的部分时,空气湿度累计值和空气湿度平均值与花期相关性都很小。原因一可能是由于牡丹对原生境的长期适应而导致的对空气湿度的不敏感性<sup>[2]</sup>,原因二可能是到目前为止人们还没有找到合理的模型去描述空气湿度与花期的关系。评价植物的抗寒性需要多个指标的共同说明,以植物所需热量累积值为依据做出的抗寒性判断也仅仅是一个相对粗略的估计。植物的生理变化过程是复杂的,要想得出植物与实际情况最接近的抗寒性,还需多个指标综合分析<sup>[15]</sup>。

## Correlation Analysis on Phenology of Tree Peony and Temperature and Humidity

YU Meng<sup>1</sup>, ZHAO Rui<sup>2</sup>, WANG Chongzhang<sup>1</sup>, GUO Taijun<sup>2</sup>

(1. Changchun City Culture Square Greening Administration, Changchun, Jilin 130061; 2. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract:** An observation of phenological period, temperature and humidity and an analysis of correlation on the phenology and temperature and humidity on the 18 kinds of tree peony to discuss the biological zero of varieties and the relationship of blooming with temperature and humidity which provided a basis for the introduction and

在计算每个品种萌动-始花期的热量累积值时,该试验采取了不同品种群、不同生物学零度的方法,得出紫斑牡丹的抗寒性要更胜于中原牡丹。而中原牡丹的生物学零度却要低于紫斑牡丹,由此引出的生物学零度与抗寒性的关系还有待进一步研究。

紫斑牡丹的抗寒力普遍强于中原牡丹,中原牡丹中抗寒品种部分要强于紫斑牡丹中抗寒力相对较弱的品种。因此,长春牡丹园在进行引种时,可多引种紫斑牡丹和抗寒力较强的中原牡丹,在丰富园林多样性的同时,减少管理成本。

### 参考文献

- [1] 成仿云,李嘉迁,陈德忠,等. 中国紫斑牡丹[M]. 北京:中国林业出版社,2005.
- [2] 刘克长,刘怀配,张继祥,等. 牡丹花前温度指标的确定与花期预报[J]. 山东农业大学学报,1991(4):397-402.
- [3] 张菲,邢小霞,李仁杰,等. 利用地温构建菏泽牡丹花期预测模型[J]. 中国农业气象,2008(1):87-89.
- [4] 李欣. 10种紫斑牡丹在哈尔滨地区的抗寒性研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2009.
- [5] 赵利群,王伟,高秀芹. 7个紫斑牡丹一品种寒地生长节律[J]. 东北林业大学学报,2009,37(11):59-61.
- [6] 王欠欠. 哈尔滨引种不同中原和西北牡丹品种的评价[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [7] 鞠志新. 东北地区牡丹生态适应性及抗寒性研究[D]. 北京:北京林业大学,2011.
- [8] 王作超,刘亚力,费友,等. 中原牡丹在长春地区的防寒措施[J]. 吉林农业,2010(12):131.
- [9] 鲍新华. 吉林-长春-四平城市经济带表土环境质量评价与生态地球化学分区[D]. 四平:吉林大学,2011.
- [10] 薛丽娜,罗大庆. 大花黄牡丹物候观测及其主要气象因子关系分析[J]. 广东农业科学,2014(7):43-47.
- [11] 辽宁省气象局. 辽宁农业气象实用手册[M]. 沈阳:辽宁人民出版社,1981:44-48.
- [12] 竺可桢,宛敏渭. 物候学(增订版)[M]. 北京:气象出版社,2007:37-59.
- [13] 简令成. 植物的寒害与抗寒性[J]. 植物杂志,1980(6):1-3.
- [14] 戴松成. 国花牡丹档案[M]. 开封:河南大学出版社,2008:41-43.
- [15] 王荣富. 植物抗寒指标的种类及其应用[J]. 植物生理学通讯,1987(3):49-55.

# 北京七种常见经济林吸滞重金属的特征

李少宁<sup>1,2</sup>, 田少强<sup>3</sup>, 赵云阁<sup>4</sup>, 刘 斌<sup>4</sup>, 陈 波<sup>1</sup>, 鲁绍伟<sup>1,2</sup>

(1. 北京市农林科学院 林业果树研究所, 北京 100093; 2. 北京林果业生态环境功能提升协同创新中心, 北京 100093;  
3. 河北滦县林业局, 河北 唐山 063700; 4. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000)

**摘 要:**以北京 7 种常见经济林树种为研究对象, 利用微波消解仪进行微波消解, 并用 ICP-MS 电感耦合等离子体质谱和电感耦合等离子发射光谱仪测定了植物叶片和土壤中重金属含量。结果表明:核桃、梨、苹果、桃和枣叶片中重金属元素含量大小排序一致为  $Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > As > Cd$ , 且各树种中 Zn 和 Cu 含量较其余各元素含量明显偏高, 范围值分别为  $12.57 \sim 23.90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $4.52 \sim 10.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 7 种经济林吸滞重金属元素的能力差异显著, 其中, 桃对  $Cr(5.94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1})$ 、 $Ni(5.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1})$  吸滞能力较强, 梨吸滞  $Cu(10.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1})$  能力较强, 而樱桃和枣则吸滞 Zn 元素的能力较强, 分别为  $23.80$ 、 $23.90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 不同季节各树种叶片吸滞 Zn、Cu、Ni、Cr 季节变化趋势存在明显差异, 部分树种在冬季吸滞量最高, 部分树种则在夏季最高, 但各树种叶片 Ni 含量最小值均在秋季, 对 Pb、As 和 Cd 的吸滞量变化特征呈完全一致的变化规律, 均在冬季吸滞量较高; 林木叶片中重金属含量与土壤中重金属含量大部分相关性不显著 ( $P > 0.05$ )。

**关键词:**经济林; 重金属; 吸滞量; 树种

**中图分类号:**S 727.31 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)01-0075-08

随着工业化和城市化进程的不断加快, 在经济得到巨大发展的同时, 重金属污染问题成为困扰世

界城市环境与发展的严重环境污染问题之一。重金属污染对人体健康具有极大危害, 甚至可以致癌, 因此, 重金属污染的防治一直是国内外研究关注的热点问题。其防治方法除必须在控制污染源方面采取有效的人工治理措施外, 还需要充分发挥自然净化作用。植物叶片长期生存在有一定浓度污染的环境内, 会对此污染环境具有一定的抵抗能力, 从而可以有效富集大气污染物、重金属等, 是极好的空气净化器和过滤器。叶片滞留的颗粒物、重金属等污染物可以通过气孔进入叶片内部, 富集在植物体内。因此, 森林植被对重金属污染的防治具有积极的意义<sup>[1-2]</sup>。ALFANI 等<sup>[3]</sup>研究表明, 植物叶片对大气重金属具有一定吸滞能力; 黄会一等<sup>[4]</sup>的研究发现木

**第一作者简介:**李少宁(1975-), 男, 河北滦县人, 博士, 副研究员, 研究方向为城市森林生态功能。E-mail:lishaoning@126.com.

**责任作者:**鲁绍伟(1969-), 男, 河北秦皇岛人, 博士, 研究员, 现主要从事水土保持与森林生态服务功能等研究工作。E-mail:hbbsw8@163.com.

**基金项目:**北京主要造林树种优良品种选育与部分经济林树种生态功能研究资助项目(KJCX20150205); 林木生态功能监测与资源评价创新团队资助项目(TWKST 201609); 科技创新服务能力建设-协同创新中心-林果业生态环境功能提升协同创新中心(2011 协同创新中心)(市级)资助项目(PXM2016\_014207\_000038)。

**收稿日期:**2016-09-27

domestication and breeding cold cultivation. The results showed that the biological zero of rock's peony was  $6.277^{\circ}\text{C}$  and effectived accumulated temperature from germination to anthesis was  $286.8^{\circ}\text{C}$ . While the tree peony of Zhongyuan Group was  $5.417^{\circ}\text{C}$  and  $311.2^{\circ}\text{C}$ . The results showed by correlation analysis. There was not notable level with tree peony's blooming and atmosphere accumulated from germination to anthesis,  $R^2 = 0.015$ . There was notable level with tree peony's blooming and effective accumulated temperature from germination to anthesis,  $R^2 = 0.869$ , while there was more notable level with tree peony's blooming and effective accumulated temperature from leaf stage-flowering to anthesis,  $R^2 = 0.978$ .

**Keywords:**tree peony; effective accumulated temperature; florescence; correlation; the key duration of development