

## 近 39 年民勤荒漠区气温变化对乔木植物物候的影响

张大彪<sup>1,2</sup> 张逸君<sup>1,2</sup> 万翔<sup>1</sup>

(1. 甘肃省治沙研究所, 甘肃兰州 730070; 2. 甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 甘肃民勤 733300)

**摘要** 利用甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站 1975—2013 年气象资料, 与当地乔木沙枣、二白杨、胡杨、小枣、家杏、桑树 6 种乔木物候观测资料, 通过 5 年时间段统计物候发生日的偏离程度, 统计春季物候年度展叶期、开花期变化趋势, 分析物候变化对气温变化的响应关系。结果表明, 近 39 年研究区春季平均气温以 0.053 °C/a 的速度升高, 荒漠植物的多种物候期出现同步性的提前; 39 年春季物候提前了 7.6~12.1 d, 即气温每提升 1.0 °C, 可导致春季物候期提前 2.1~5.8 d, 秋季落叶期平均推迟 3.8 d。

**关键词** 木本植物; 物候; 气温变化; 响应趋势; 民勤荒漠区

中图分类号 S716 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)10-0193-04

### Effect of Temperature Change on Tree Phenology nearly 39 Years in Minqin Desert Area

ZHANG Da-biao<sup>1,2</sup> Zhang Yi-jun<sup>1,2</sup> WAN Xiang<sup>1</sup> (1. Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou, Gansu 730070; 2. Gansu Minqin National Field Observation & Research Station on Ecosystem of Desert Grassland, Minqin, Gansu 733300)

**Abstract** Based on the meteorological data of the Gansu Minqin National Field Observation & Research Station on Ecosystem of Desert Grassland from 1975 to 2013 and the phenological data of six local tree as *Elaeagnus angustifolia*, *Populus gansuensis*, *Populus euphratica*, *Ziziphus sativa*, *Prunus armeniaca*, *Morus alba* through the five years period of statistical basis for the occurrence of deviations, trends of leaf expansion period and flowering period in spring phenological year were counted, the response of phenological change to temperature change was analyzed. The results showed that the average temperature in spring of recent 39 years was rising as 0.053 °C/a, a variety of phenological synchronization were synchronized in advance in different desert plant, the average advance of spring phenology was 7.6-12.1 days in the past 39 years, the temperature of each increase of 1.0 °C, could lead to phenophase early 2.1-5.8 days in spring, the average postponement of 3.8 days in autumn deciduous.

**Key words** Ligneous plants; Phenology; Temperature change; Tendency of responding; Minqin desert area

随全球气温升高的影响, 甘肃河西走廊石羊河、黑河、疏勒河 3 条主要河流下游地区相继出现了民勤地区的罗布泊景观、酒泉西北部居延海干涸、敦煌与金塔地区的楼兰化趋向, 表现出自然植被萎缩衰败, 群落调节水热功能失衡, 荒漠化沙质地表加速活化, 引起当地扬沙与沙尘暴天气频发, 危及到周边农牧生产安全与人居环境质量。有研究表明, 我国气候变暖与地域环境变化有一致性关系<sup>[1-2]</sup>, 气候变化与区域植物物候特征有相继对应关联<sup>[3-4]</sup>。

植物物候是可观测的一年中植物生长枯荣的生物节律, 是所处自然环境, 特别是气候变化影响下的物候期差异, 也是植物对过去一段时期内积温增减的综合性反映<sup>[2]</sup>。近期各界学者研究得出, 当前春季物候期有提前趋势, 植物的生长季普遍延长<sup>[5-7]</sup>, 并提供了全球气候变暖后植物生态系统变化的佐证依据<sup>[8-12]</sup>。笔者利用 1975—2013 年民勤西沙窝的物候观测记录与气象资料, 参照气候变化研究方法<sup>[13]</sup>, 运用植物物候变化响应规律, 探讨内陆河下游的民勤西沙窝地区气温变化速率与植物展叶、开花、落叶等物候期, 分析物候变化对气温变化的响应关系, 为植物品种培育、有效开发与整合利用提供科学的理论支持。

### 1 资料与方法

**1.1 研究区概况** 民勤西沙窝位于腾格里沙漠边缘、阿拉善高原西南外延部分, 民勤荒漠草地生态国家野外观测研究站在此定点长期监测, 近 39 年受监测的植物共 108 种, 其中乔木 23 种, 灌木及草本 82 种, 包含新增观测对象或中途消

亡的植物种。该区年平均气温 7.7 °C, 年降水量 115.6 mm, 蒸发量 2 643 mm, 干燥度 5.85, 年平均风速 2.4 m/s, 年均 ≥ 17 m/s 的大风日数 27.4 d, 属于典型的干旱荒漠气候。该地域在汉代以前曾有广阔的水域, 汉代以来出现连片沙漠化景观, 生态环境质量逐渐退化, 荒漠化程度日趋严重<sup>[9, 12]</sup>, 目前呈现出连绵不断的沙丘与稀疏零散植被, 地下水埋深下降至 19~21 m, 植物已难以直接提升利用, 自然分布植被以雨养的沙旱生灌木、小灌木和逐水草本植物为主<sup>[14-16]</sup>, 一般盖度在 10% 以下。

**1.2 资料来源** 所用资料选取 1975—2013 年民勤治沙综合试验站下设的气象基准气象站(102.59°E, 38.34°N), 以及中国科学院地理所物候观测网民勤物候站长期观测的物候资料。选择二白杨(*Populus gansuensis*)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)、家杏(*Prunus armeniaca* L.)、桑树(*Morus alba* L.)、胡杨(*Populus euphratica* Oliv.)、小枣(*Ziziphus sativa* Gaertn) 6 种乔木, 平均树龄 25 年以上; 这 6 种乔木均有可高度观测的生命物候特征, 代表地域乡土特色、成功引进及主要用材、防护林种的特点。

**1.3 研究方法** 依托甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站观测资料, 选择具有当地特色的 6 种高大乔木, 通过划分年度段, 计算主要气象因子平均水平, 用 Excel 软件统计分析 39 年来民勤西沙窝气象因子即年平均气温、地表温度变化与湿度、降水量等影响程度, 结合主要气象影响因子变化特点, 分析 6 种乔木春季主要物候期的响应关系; 通过统计分析, 比较年际间 6 种乔木物候提前日值与气温变化速率的相关程度, 以主要物候发生期与春季平均气温变化关系建立春季年平均温度与主要物候变化响应的回归

**作者简介** 张大彪(1962—), 男, 甘肃古浪人, 高级工程师, 硕士, 从事荒漠植物生态与物候研究。

**收稿日期** 2017-01-11

关系式<sup>[17-18]</sup> ,以此探求 39 年间主要物候期提前(或推迟)的变化规律。

2 结果与分析

2.1 年际气候因子的变化速率差别 研究以 2 年为一个过渡段,来平缓气温等气象因子突变幅差。统计分析 1975—

2013 年平均气温、地表温度及年内湿度、降水量的变化趋势(图 1)发现,民勤西沙窝气温变化有逐渐升高的趋势,近 39 年气温变暖速率为 0.047 °C/a,平均升高了 1.79 °C;地表温度波动较大,年均增高速率为 0.034 °C/a;全年湿度变化速率 < -0.82% /a,降水量变幅为 (123 ± 18) mm,期间略有增减。

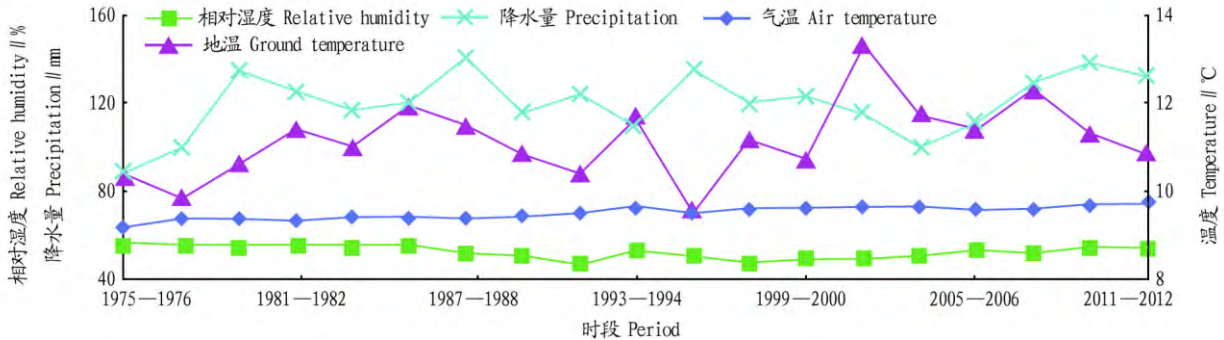


图 1 1975—2013 年民勤西沙窝春季主要气象因子变化

Fig. 1 Variation of main meteorological factors in spring in Xishawo of Minqin from 1975 to 2013

2.2 木本植物物候变化趋势 民勤西沙窝地区受周边沙漠与春季多风的影响,春季 3—5 月气温变化强烈,平均递升速率为 0.053 °C/a,月均升高 (11.2 ± 0.5) °C,多年比较增幅相对稳定;秋季 9—11 月开始降温,月均降低 (5.4 ± 0.3) °C;冬季变暖幅度略高于春秋时段,年度气温平稳提升;3 种乡土乔木 5 年内展叶、开花期出现日变幅差在 6.1 ~ 11.3 d,5 年内物候期延续提前 1.3 ~ 3.6 d,其中二白杨、沙枣对气温变化反映较强,物候差变幅较胡杨大(表 1);5 年内出现日期与春季温度升高速率呈相关关系,相关系数 r=0.874 3,显著性检验水平达 72.6%,39 年平均物候期变幅差达 22.8 d,春季展叶与开花期持续提前趋势明显,平均提前 7.6 ~ 14.5 d;秋季

随气温平稳下降,落叶期平均推迟 20.2 d;营养生长期顺势延长,沙枣延长时间最高达 28.5 d,3 种乔木物候期与生命节律存在较好的同步顺延关系。

统计 1975—2013 年民勤西沙窝沙枣、胡杨、二白杨、家杏、桑树、小枣等 6 种植物的展叶始期和开花始期的变化状况(表 2)可以看出,39 年来春季物候表现出不同程度的提前趋势,提前速率为 0.212 ~ 0.281 d/a,可见 39 年民勤西沙窝的春季物候提早,且提早 7.6 ~ 12.1 d。从秋季落叶的物候期来看,木本植物表现为推迟落叶,39 年落叶始期平均推迟 19.3 ~ 21.6 d。

表 1 3 种乔木物候期时间段出现平均变幅以及期内相较提前-(推迟+)日统计

Table 1 The average amplitude difference and the date in advance (delay) of phenological date of three trees

物候期 Phenological	乔木 Tree	1975—1980 年 平均变幅 Average amplitude in 1975—1980//d	较前 5 年提前-(推迟+)日数 Days than the previous five years ahead - (postponed +) //d						
			1981—1985	1986—1990	1991—1995	1996—2000	2001—2005	2006—2010	2010—2013
展叶始期 Beginning period of leaf expansion	沙枣	±5.2	-1.3	-3.0	-5.1	-7.0	-9.3	-11.4	-12.7
开花始期 Beginning period of flowering	二白杨	±7.5	-2.4	-4.5	-6.3	-8.3	-11.0	-13.0	-14.2
	胡杨	±8.0	-2.1	-3.9	-5.6	-7.8	-10.9	-12.8	-13.1
落叶始期 Beginning period of deciduous	沙枣	±6.5	-1.5	-3.4	-6.1	-8.4	-11.1	-13.2	-14.2
	二白杨	±7.6	-2.7	-5.0	-7.1	-9.4	-12.3	-14.7	-16.2
	胡杨	±7.2	-2.0	-4.1	-6.3	-8.4	-11.4	-13.9	-15.1
	沙枣	±11.2	+3.1	+7.0	+11.8	+16.3	+21.4	+25.7	+27.4
	二白杨	±10.5	+2.1	+5.4	+9.2	+13.0	+16.7	+21.2	+23.5
	胡杨	±9.0	+1.7	+3.0	+5.6	+8.4	+11.7	+15.7	+18.9

统计 39 年间荒漠植物沙枣、二白杨、胡杨的 3 个物候期发现,展叶期平均提前 11.6 d,开花期提前 13.3 d,落叶期推迟 21.8 d,年际间物候变化趋势线相似,复合系数均超过 0.875 以上;二白杨、沙枣、家杏春季展叶始期、开花始期变化与气温升高速率的关系均通过 0.05 的显著性检验;沙枣、家杏展叶期和开花期提前与气温升高幅度相关性程度较高(表

1~2) 相关系数分别达 0.904 和 0.933;物候渐变与气候变暖过程趋向一致,物候特征在时间上存在相继性关联。

2.3 春季气温变化对木本植物物候的影响 统计 39 年民勤地区 6 种木本植物物候,对照历年 3—5 月气温变化速率,得出植物展叶始期和开花始期,提前日与春季气温升高速率均存在相关关系,温度提升速度越快,物候发生日提前幅度

加大,展叶始期和开花始期同步提前的水平显著(表 3);其中二白杨、沙枣、家杏物候对气温升高反映较为敏感,提前幅

度较小枣、桑树、胡杨大;荒漠区植物随气候变暖过程,春季植物展叶始期与开花始期存在较好的相关性与先后相继性。

表 2 1975—2013 年民勤西沙窝春季物候变化速率

Table 2 The change rate of phenology in spring in Xishawo of Minqin from 1975 to 2013

d/a

乔木 Tree	二白杨 <i>Populus gansuensis</i>	沙枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	家杏 <i>Prunus armeniaca</i> L.	桑树 <i>Morus alba</i> L.	胡杨 <i>Populus euphratica Oliv.</i>	小枣 <i>Ziziphus sativa Gaertn</i>	平均 Mean
展叶始期 Beginning period of leaf expansion	-0.274	-0.303	-0.265	-0.284	-0.281	-0.278	-0.281
开花始期 Beginning period of flowering	-0.188	-0.178	-0.180	-0.233	-0.221	-0.275	-0.213
落叶始期 Beginning period of deciduous	0.551	0.616	0.537	0.655	0.325	0.711	0.599

表 3 春季展叶始期、开花始期植物的相关关系

Table 3 The relationship between the beginning period of leaf expansion and the beginning period of flowering in spring

乔木 Tree	二白杨 <i>Populus gansuensis</i>	沙枣 <i>Elaeagnus ngustifolia</i> L.	家杏 <i>Prunus armeniaca</i> L.	桑树 <i>Morus alba</i> L.	胡杨 <i>Populus euphratica Oliv.</i>	小枣 <i>Ziziphus sativa Gaertn</i>
二白杨 <i>Populus gansuensis</i>	1.000 0					
沙枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	0.601 3**	1.000 0				
家杏 <i>Prunus armeniaca</i> L.	0.768 4**	0.587 4*	1.000 0			
桑树 <i>Morus alba</i> L.	0.526 6*	0.583 2*	0.842 7***	1.000 0		
胡杨 <i>Populus euphratica</i> Oliv.	0.802 1***	0.823 1***	0.547 6*	0.533 7*	1.000 0	
小枣 <i>Ziziphus sativa</i> Gaertn	0.754 3**	0.788 4**	0.643 7**	0.543 1*	0.864 7***	1.000 0

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别为  $P=0.10$ 、 $P=0.05$ 、 $P=0.01$  的水平上显著

Note: \*, \*\*, \*\*\* were significant for  $P=0.10$ ,  $P=0.05$ ,  $P=0.01$  level, respectively

统计分析 1975—2013 年物候数据发现,历年春季段平均气温升高与植物主要物候期提前存在较好的相继性关系,以春季植物展叶期、开花期发生日与当月平均气温之间的对应关系建立回归方程(表 4),得出木本植物展叶、开花始期与发生月平均温度均呈负相关关系,依据 39 年民勤西沙窝地区春季平均气温变化的速率与植物主要物候期提前日数

的关联程度,计算得到年平均气温每升高  $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,可导致主要物候期提前  $2.1\sim 5.8\text{ d}$ ,是 39 年来导致该地区春季物候提前  $7.6\sim 12.1\text{ d}$  的重要依据。如假定 21 世纪民勤地区年平均气温变化幅度趋势与我国西北地区保持线性关系<sup>[13]</sup>,即可推测 21 世纪末较 20 世纪末气温升高  $4.4\sim 4.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,春季各物候将提早  $19.3\sim 27.3\text{ d}$ 。

表 4 2008—2013 年春季气温与物候变化响应的回归关系

Table 4 Regression relationship between temperature and phenological change in spring during 2008—2013

乔木 Tree	展叶始期 Beginning period of leaf expansion		开花始期 Beginning period of flowering	
	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
二白杨 <i>Populus gansuensis</i>	$y = -2.293 6x + 138$	-0.72 48**	$y = -2.997 8x + 163$	-0.660 2**
沙枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	$y = -2.783 8x + 146$	-0.612 7**	$y = -2.201 7x + 199$	-0.604 3**
家杏 <i>Prunus armeniaca</i> L.	$y = -3.190 6x + 145$	-0.7838 **	$y = -2.427 2x + 141$	-0.739 2**
桑树 <i>Morus alba</i> L.	$y = -3.233 0x + 160$	-0.531 6*	$y = -2.194 3x + 188$	-0.642 8**
胡杨 <i>Populus euphratica</i> Oliv.	$y = -2.091 8x + 151$	-0.519 2*	$y = -2.274 6x + 135$	-0.673 1**
小枣 <i>Ziziphus sativa</i> Gaertn	$y = -1.791 3x + 172$	-0.4317*	$y = -1.067 4x + 182$	-0.523 0*

注:  $y$  为物候出现在一年中的日序,  $x$  为发生期月平均气温。\*、\*\*、\*\*\* 分别为  $P=0.10$ 、 $P=0.05$ 、 $P=0.01$  的水平上显著

Note:  $y$  was the order in which the phenophone appears in the year, and  $x$  was the average monthly temperature. \*, \*\*, \*\*\* were significant  $P=0.10$ ,  $P=0.05$ ,  $P=0.01$ , respectively

### 3 结论与讨论

(1) 荒漠区气候存在变暖趋势,变暖速率为  $0.047\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{a}$ ,39 年来平均气温已上升了  $1.79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,高于我国北方地区 21 世纪平均增速( $0.031\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{a}$ )<sup>[13]</sup>,也是引发当地物候期发生变化的主要因素。

(2) 民勤春季 6 种乡土木本植物春季物候变化明显,平均提早速率为  $0.275\text{ d}/\text{a}$ 。经测算,近 39 年春季植物展叶与开

花始期提前了  $7.6\sim 12.1\text{ d}$ ,春季植物物候与气温升高有较好的相关性,与先后相继性关系。

(3) 民勤木本植物春季物候与年平均气温也有较好的相关关系,年平均气温每升高  $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,可导致春季物候期提前  $2.1\sim 5.8\text{ d}$ ,秋季落叶推迟  $3.8\text{ d}$ ;近 39 年导致春季物候期平均提前  $10.8\text{ d}$ ,秋季落叶期推迟  $15.2\text{ d}$ ,以此预测 21 世纪末民勤年平均气温较 20 世纪末升高  $3.5\sim 4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,该区春季物

候期提前 7.3~23.6 d 秋季落叶期推迟 14.9 d。

(4) 研究区地处我国西北内陆河下游,受腾格里与巴丹吉林沙漠影响,表现为白天炎热、地表及植物水分蒸散量大<sup>[18]</sup> 特别是春季气候特征突变频繁,用全年平均气温与植物物候变化的相关关系描述全球变暖影响下荒漠区展叶期与开花期变化,反映出 6 个树种生理生态适应气候变暖的差异,以及存在的生产力结构改变方向或形式区别,有助于揭示特定环境条件生长发育过程<sup>[19]</sup>,为当地植物产品种植结构、技术改良提供应对调整的依据。

参考文献

[1] 秦大河 陈宜瑜 李学勇. 中国气候与环境演变: 上卷[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 515 - 518.

[2] 郑景云 葛全胜 赵会霞. 近 40 年中国植物物候对气候变化的响应研究[J]. 中国农业气象, 2003, 24 (1): 28 - 32.

[3] 龚高法 张丕远 吴祥定. 历史时期气候变化研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.

[4] 张学霞 葛全胜 郑景云 等. 近 150 年北京春季物候对气候变化的响应[J]. 中国农业气象, 2005 26(4): 263 - 267.

[5] CHUINE I. A unified model for budburst of trees[J]. Journal of theoretical biology, 2000 207(3): 337 - 347.

[6] WHITE M A ,THORNTON P E ,RUNNING S W. A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability[J]. Global biogeochemical cycles, 1997, 11(2): 217 - 234.

[7] ZAIUDZ ,DUBROVSK Y M. Modeling climate change impacts on maize

growth and developm ent in the Czech Republic [J]. Theoretical and applied climatology 2002 72(1/2): 85 - 102.

[8] 郑景云 葛全胜 郝志新. 气候变暖对我国近 40 年植物物候变化的影响[J]. 科学通报 2002 47(20): 1584 - 1587.

[9] PENUELAS J FILELLA I ZHANG X et al. Complex spatiotemporal phenological shifts as a response to rainfall changes [J]. New phytologist , 2004 161(3): 837 - 846.

[10] AHAS R JAAGUS J AASA A . The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature [J]. Int J Biometeorol 2000 44 (4): 159 - 166.

[11] MENZEL A. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996 [J]. Int J Biometeorol 2000 44 (2): 76 - 81.

[12] CHMIELEWSKI F M RÖTZER T. Response of tree phenology to climate-change across Europe [J]. Agricultural and forest meteorology 2001 ,108 (2): 101 - 112.

[13] 国家气象局. 农业气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1993.

[14] 杨自辉 俄有浩. 干旱沙区 46 种木本植物的物候研究: 以民勤沙生植物园栽培植物为例[J]. 西北植物学报 2000 20(6): 1102 - 1109.

[15] 常兆丰 韩福贵 仲生年. 民勤荒漠区物候与四季划分[J]. 中国农业气象 2009 30(3): 308 - 312.

[16] 刘扬 陈怀录 孙彦猛. 1960 - 2009 年民勤地区气候变化特征分析[J]. 安徽农业科学 2011 39(12): 7520 - 7524.

[17] 徐雨晴 陆佩玲,于强. 气候变化对我国刺槐、紫丁香始花期的影响 [J]. 北京林业大学学报 2004 26(6): 94 - 97.

[18] 张山清 田惠平 王晓梅 等. 气温对吐鲁番地区木本植物春季物候的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2008 2(6): 55 - 58.

[19] 范广洲, 贾志军. 植物物候研究进展[J]. 干旱气象 2010, 28(3): 250 - 255.

(上接第 178 页)

参考文献

[1] 刘家麒. 深圳园林绿化建设的发展创新之路[J]. 风景园林 2010(5): 58 - 59.

[2] 郑明莉. 南昌市绿地建设与生物多样性保护探究[J]. 江西林业科技, 2014 42(4): 58 - 61.

[3] 孙卫邦. 乡土植物与现代城市园林景观建设[J]. 中国园林 2003(7): 63 - 65.

[4] DICK H ,ALLAN R. The use of native plants in urban areas [M]// CLOUSTON B. Landscape design with plants. London: Heinemann 1977.

[5] 陈涛 李楠 陈红跃 等. 深圳森林景观生态构建[M]. 北京: 中国林业出版社 2006.

[6] 冯学华. 深圳市生态风景林主要土壤类型及其利用[J]. 林业科技开发 2001 15(3): 16 - 18.

[7] 深圳市仙湖植物园. 深圳野生植物名录[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.

[8] 黄穗昇 周劲松 陈红锋. 深圳乡土地被植物调查及园林应用分析[J]. 中国园林 2007 23(9): 81 - 84.

[9] 周劲松 黄穗昇 谭一凡 等. 深圳乡土观赏植物及其园林用途评价[J]. 林业科学 2007 43(9): 111 - 115.

[10] 李敏 谢良生. 深圳园林植物配置与造景特色[M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2007.

[11] 陈永宏. 郊野公园景观规划设计的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.

[12] 王定跃. 梧桐山风景区风景林调查与规划[M]. 深圳: 深圳报业集团出版社 2011: 200 - 261.

[13] 钟晓峰. 论深圳塘朗山郊野公园一期规划建设[J]. 广东园林 2013 (4): 52 - 54.

[14] 郭微 林石狮 叶有华 等. 深圳市区域绿道沿线植被分布与物种多样性调查初报[J]. 黑龙江农业科学 2013(8): 81 - 87.

[15] 深圳市龙岗区农业局 中国科学院华南植物研所. 龙岗古树[M]. 北京: 中国林业出版社 2001.

[16] 张永夏 陈红锋 秦新生 等. 深圳大鹏半岛“风水林”香蒲桃群落特征及物种多样性研究[J]. 广西植物 2007 27(4): 596 - 603.

[17] 张忠华 胡刚 梁士楚. 我国红树林的分布现状、保护及生态价值[J]. 生物学通报 2006 41(4): 9 - 10 11.

[18] 黄应锋 孙冰 廖绍波 等. 深圳市古树资源特征与分布格局[J]. 植物资源与环境学报 2015 24(2): 104 - 111.

[19] 邢福武 余明恩 张永夏. 深圳植物物种多样性及其保育[M]. 北京: 中国林业出版社 2003: 93 - 96.