

杨凌主城区行道树健康评价与分析

周景斌¹, 韩东锋¹, 王彦平²

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西安航天育种工程有限公司, 陕西 西安 710100)

摘 要:采用系统抽样法,对杨凌主城区 19 条主干道的 15 种行道树健康状况进行调查、评价。结果表明,88.28% 的行道树是基本健康和健康的($A \geq 4$),但也有 11.72% 的行道树生长一般和较差($A < 4$),存在一定的健康问题,其中有 2.84% 的植株健康程度差或很差,存在较严重的健康问题。在 15 种行道树中,圆柏(*Sabina chinensis*)、雪松(*Cedrus deodara*)、紫叶李(*Prunus cerasifera*)、香花槐(*Robinia pseudoacacia* cv. *idaho*)、悬铃木(*Platanus orientalis*)、杂种马褂木(*Liriodendron tulipifera*)和垂柳(*Salix babylonica*)健康程度较好($A > 4.7$),银杏(*Ginkgo biloba*)、栾树(*Koelreuteria paniculata*)、女贞(*Ligustrum lucidum*)、七叶树(*Aesculus chinensis*)、日本晚樱(*Prunus lannesiana*)、毛白杨(*Populus tomentosa*)、国槐(*Sophora japonica*)、旱柳(*Salix matsudana*)次之。

关键词:杨凌;行道树;健康评价;分析;养护

中图分类号:S731.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)02-0278-05

Health Assessment and Analysis for Street Trees in Yangling

ZHOU Jing-bin¹, HAN Dong-feng¹, WANG Yan-ping²

(1. Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Xian Aerospace Breeding Engineering Co. Ltd, Xian, Shaanxi 710100, China)

Abstract: Applying systematic sampling method, health situations for street trees of 15 species on 19 main roads in Yangling were investigated and evaluated. The results showed that 88.28% of the trees were in basic healthy or healthy condition ($A \geq 4$), but 11.72% of the trees grew in abnormal or poor conditions ($A < 4$) and with some health problems. Among them, 2.84% of the trees were in a poor or very poor conditions and the health problems were serious. Among these 15 species of street trees, *Sabina chinensis*, *Cedrus deodara*, *Prunus cerasifera*, *Robinia pseudoacacia* cv. *idaho*, *Platanus orientalis*, *Liriodendron*, *Tulipifera*, and *Salix babylonica* were generally healthy ($A > 4.7$), followed by *Ginkgo biloba*, *Koelreuteria paniculata*, *Ligustrum lucidum*, *Aesculus chinensis*, *Prunus lannesiana*, *Populus tomentosa*, *Sophora japonica*, *Salix matsudana*. Factors which affected the health conditions were analyzed and discussed and the corresponding preservation suggestions were provided.

Key words: Yangling; street tree; health evaluation; analysis; maintenance

城市行道树在营造景观和改善城市生态环境方面起着重要作用^[1]。“树木健康”是指对树木良好的生长状态的描述,健康茁壮生长的树木具有更高的生态、景观和社会价值,而且能够更好地忍耐胁迫、抵抗病虫害的危害^[2]。行道树的健康是城市良好生态环境

的基础^[3],也是道路景观质量的基础,对行道树健康状况进行及时调查和正确评价,因树和因地制宜地采取相应的科学管护措施,对减少人为伤害、管理不善、环境影响和病虫害侵袭有着重要意义。国外对树木健康的研究始于 20 世纪 60 年代,对树木健康的评价体

系和森林生态系统健康评价也是国内近年的热点^[4-7],但目前尚未见有定量评价树木健康状况的系统模式与方法的文献。在前人^[8-10]研究的基础上,运用层次分析法(AHP 法)^[11]建立了园林树木健康评价体系。对杨凌主城区行道树的健康状况进行调查,并据此评价体系,对其健康状况进行评价,旨在为杨凌园林工作者科学合理的树木养护提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查区概况

杨凌示范区位于陕西关中平原中部,处于 108°03′—108°07′E、34°15′—34°17′N 之间,属暖温带季风半湿润气候区。年均气温 12.9℃,极端高温 42.0℃,极端低温—19.4℃,1 月平均气温—4℃,全年平均日照时数为 2 163.8 h。年降水量 635.1~663.9 mm,年均植被蒸发量 993.2 mm;主导风向为东风和西风,年均干燥度为 1.56,全年无霜期为 213 d。土壤多为耕作性娄土、质地中壤,土层深厚,肥水条件较好。气候特点是春季多风,夏季多暴雨,秋季多连阴雨,冬季少雨雪。

1.2 研究方法

1.2.1 调查方法 杨凌城区主干道以后稷路和康乐路为中心,纵向往东分别为长青路(北段为常青路)和新桥路,往西分别为西农路(南段为邠城路)和五杨路(改造中,未绿化),横向向南依次为长乐路、渭惠路、神果路、神农路、五湖路、城南路、滨河路和河堤路,横向向北依次为公园路、高干渠路、凤凰路、兴杨路和孟杨路(表 1)。以这 19 条城区主干道行道树为对象,于 2014 年 1 月(主要调查树木受冻害而出现的枯枝和顶梢枯死现象)和 5 月,组织 10 名熟悉园林植物性能的老师和学生,2 人 1 组,沿中心路段康乐路先向南后向北用 4 d 对全部 19 条主干道行道树健康状况进行了调查。根据主干道长短和行道树的数量多少确定抽样间隔,采取系统抽样法(又称顺序抽样法)对每条路段行道树进行抽样调查。本研究共调查行道树 15 种,共计 845 株。

1.2.2 评价指标及权重 翁殊斐构建的园林树木健康评价模型,将园林树木健康程度作为层次分析的目标层(A);按照树木结构和外貌将指标分成整体状况、树冠、树干、根部 4 个大项,作为体系的结构层(B);各大项下是能反映树木健康状况的普遍性状,即指标层(C)。针对不同的结构层,共有 14 个指标,分别是树势(C₁)、倾斜(C₂)、枯枝、腐枝(C₃)、顶梢枯死(C₄)、叶斑或变色(C₅)、枝叶病害(C₆)、枝叶虫害(C₇)、寄生(C₈)、干基腐朽(C₉)、树干洞穴

(C₁₀)、树干损伤(C₁₁)、树干病虫害(C₁₂)、树根损伤(C₁₃)和根部通气透水性(C₁₄)。并计算出了各指标的相对权重^[8](表 2)。

表 1 杨凌城区主干道行道树			
Table 1 List of the tree in the main streets in Yangling			
序号	主干道名称	树种	位置及绿化配置
Y1	后稷路	杂种马褂木	南段,三板四带
		银杏	北段,三板四带
X2	康乐路	栎树	西段,一板两带
		女贞	东段,一板两带
		七叶树	中段,一板两带,女贞与七叶树间植
Y3	长青路	日本晚樱	一板两带
Y4	新桥路	悬铃木	南段,四板五带,
		圆柏	间植
Y5	西农路	雪松	北段,一板两带
		毛白杨	北段,一板两带
		悬铃木	南段,较少
Y6	邠城路	水杉	南段,较少
		垂柳	南段,三板四带
Y7	常青路	国槐	北段,一板两带
		杂种马褂木	南段,一板两带
X8	长乐路	女贞	北段,一板两带宽绿带
		紫叶李	东段,一板两带
X9	渭惠路	悬铃木	西段,一板两带
		垂柳	东段,路南单排
		栎树	东段,路北单排
X10	神农路	银杏	西段,路北栽植
X11	五湖路	七叶树	一板两带
X12	城南路	银杏	一板两带
X13	城南路	栎树	三板四带
X14	滨河路	旱柳	一板两带
X15	河堤路	垂柳	一板两带,金丝垂柳与国槐间植
		国槐	槐间植
X16	公园路	女贞	一板两带
X17	高干渠路	国槐	东西段,两板三带
			中段,单排栽植,路南小游园
X18	凤凰路	国槐	三板四带
X19	兴杨路	女贞	三板四带
		紫叶李	中带间植
X19	孟杨路	国槐	一板两带

注:序号中 X 为东西横向主干道,Y 为南北纵向主干道。

1.2.3 行道树健康状况调查 按照园林树木健康评价模型,对每一棵调查研究的行道树的 14 个指标,进行 1~5 等级的量化打分。

1.2.4 数据统计与计算 用 Excel 对调查数据进行整理,对 15 种行道树依健康评价模型进行树木健康程度 A 的计算,计算公式如下:

$$A=C_1 \times 0.201+C_2 \times 0.025+C_3 \times 0.040+C_4 \times 0.140+C_5 \times 0.039+C_6 \times 0.095+C_7 \times 0.062+C_8 \times 0.017+C_9 \times 0.143+C_{10} \times 0.095+C_{11} \times 0.039+C_{12} \times 0.062+C_{13} \times 0.025+C_{14} \times 0.017 \quad (1)$$

式中: C_1 、 C_2 …… C_{14} 是评价指标,数字是相应指标的权重值。

表 2 园林树木健康评价指标及相对权重
Table 2 Relative weight of landscaping tree health assessment indictors

园林树木健康程度 A	结构层	指标层	权重
	整体状况 B_1	树势 C_1	0.201
		倾斜 C_2	0.025
	树冠 B_2	枯枝、腐枝 C_3	0.040
		顶梢枯死 C_4	0.140
		叶斑或变色 C_5	0.039
		病害 C_6	0.095
		虫害 C_7	0.062
		寄生 C_8	0.017
	树干 B_3	干基腐朽 C_9	0.143
		洞穴 C_{10}	0.095
		损伤 C_{11}	0.039
		病虫害 C_{12}	0.062
	树根 B_4	根部损伤 C_{13}	0.025
		根部通气透水性 C_{14}	0.017

1.2.5 树木健康程度评价判断 园林树木健康程度 A 值满分为 5 分,根据得分可划分成 5 个等级: $1\leq A<2$:生长很差,存在严重问题; $2\leq A<3$:生长差,存在较严重的问题; $3\leq A<4$:生长一般,存在一定的问题; $4\leq A<5$:基本健康,仅存在轻微的问题; $A=5$:健康,不存在问题。

表 3 杨凌城区主干道行道树各指标平均得分
Table 3 Average scores for each indicator of street trees on main roads in Yangling

植物名称	树势 C_1	倾斜 C_2	枯枝腐枝 C_3	顶梢枯死 C_4	叶斑或变色 C_5	枝叶病害 C_6	枝叶虫害 C_7	寄生 C_8	干基腐朽 C_9	树干洞穴 C_{10}	树干损伤 C_{11}	树干病虫害 C_{12}	树根损伤 C_{13}	根部通气透水性 C_{14}
杂种马褂木	4.56	4.80	4.83	4.90	4.32	4.25	4.51	5.00	4.98	4.98	4.65	4.82	4.97	3.86
银杏	4.18	3.70	4.32	4.36	4.21	4.22	4.40	5.00	5.00	4.94	4.37	4.81	4.94	4.36
栾树	4.55	4.75	4.68	4.73	4.22	2.66	3.74	4.99	5.00	4.97	4.15	4.79	4.62	3.72
贞	4.60	4.12	4.72	4.62	4.10	3.95	4.28	5.00	4.99	4.80	4.21	4.85	4.91	3.24
七叶树	4.68	4.96	4.80	4.92	4.45	3.64	3.85	4.98	4.92	4.66	3.62	3.82	4.79	3.83
日本晚樱	4.70	3.72	4.40	4.81	4.36	4.26	4.14	4.98	4.98	4.72	4.18	4.47	4.98	3.55
悬铃木	4.85	4.98	4.66	4.83	4.55	4.42	4.48	5.00	5.00	4.99	4.62	4.65	4.72	3.98
圆柏	4.90	4.92	4.88	5.00	4.85	4.88	4.94	5.00	5.00	5.00	4.70	4.96	5.00	3.82
雪松	4.77	4.93	4.87	5.00	4.83	4.80	4.86	5.00	5.00	5.00	4.67	4.98	5.00	4.96
毛白杨	4.75	4.88	4.06	4.64	3.98	2.94	4.63	4.98	4.93	4.80	4.55	4.21	4.93	3.78
香花槐	4.85	3.65	4.75	4.96	4.80	4.16	4.82	5.00	4.99	4.98	4.68	4.66	4.98	4.88
垂柳	4.79	4.92	4.45	4.91	4.72	4.30	4.56	5.00	4.98	4.92	4.42	4.38	4.92	4.21
国槐	4.60	4.52	4.66	4.81	4.51	2.88	3.71	4.92	4.91	4.22	3.67	3.39	4.93	3.91
紫叶李	4.81	4.65	4.85	4.93	4.64	4.61	4.48	5.00	4.97	4.94	4.71	4.84	4.92	4.12
旱柳	4.20	4.71	4.33	4.52	4.25	3.91	4.42	4.97	4.95	4.91	4.69	4.72	4.88	3.82

从表 3、表 4 看,圆柏、雪松和紫叶李 3 个树种健康程度较高,问题较少。但有些树种虽然总体健康程度较好,但个别评价指标得分较低,存在较严重的问题;银杏、栾树、女贞、七叶树、日本晚樱、毛白杨、国槐、旱柳,这 8 种树种健康评价总体水平较低,存在一定问题。

2 结果与分析

本次共调查城区主干道 19 条,抽样调查树种 15 种,共 845 株,通过对每棵树的 14 个评价指标进行打分,得出各树种评价指标的平均值,然后计算出各树种的健康程度 A 值。

表 3、表 4 表明,88.28%的行道树是基本健康和健康的($A\geq 4$),但也有 11.72%的行道树生长一般和较差($A<4$),存在一定的健康问题,其中有 2.84%(24 株)的植株健康程度差或很差,存在较严重的健康问题。在 15 种行道树中,圆柏(*Sabina chinensis*)、雪松(*Cedrus deodara*)、紫叶李(*Prunus cerasifera*)、香花槐(*Robinia pseudoacacia* cv. *ida-ho*)、悬铃木(*Platanus orientalis*)、杂种马褂木(*Liriodendron tulipifera*)和垂柳(*Salix babylonica*) (将金丝垂柳改为垂柳更准确)健康程度较好($A>4.7$);银杏(*Ginkgo biloba*)、栾树(*Koelreuteria paniculata*) (栾树,无患子科,栾树属,有此行道树)、女贞(*Ligustrum lucidum*)、七叶树(*Aesculus chinensis*)、日本晚樱(*Prunus lannesiana*)、毛白杨(*Populus tomentosa*)、国槐(*Sophora japonica*)、旱柳(*Salix matsudana*)次之。

2.1 香花槐

凤凰路人行道栽植的香花槐,43.75%存在树干倾斜现象,得分较低(3.65)。

2.2 杂种马褂木

神果路栽植的杂种马褂木,有 6.12%的树木存在死株。另外杂种马褂木个体之间性状表现不

—^[12],有 14.2%的树木生长一般,径级较小,树势较 弱,植株大小差异较大,影响景观效果。

表 4 杨凌城区主干道行道树健康程度

Table 4 Health degree of street trees on main roads in Yangling

植物名称	数量	健康值 A			每段健康值的株数				
		最低	最高	均值	1≤A<2	2≤A<3	3≤A<4	4≤A<5	A=5
杂种马褂木	49	2.62	4.87	4.71	3	3	4	40	0
银杏	77	2.47	4.69	4.49	0	6	15	56	0
栾树	96	3.86	4.92	4.44	0	0	9	87	0
女贞	50	2.52	4.98	4.56	0	1	12	37	0
七叶树	65	3.92	4.96	4.50	0	0	1	64	0
日本晚樱	30	2.58	4.84	4.59	0	1	2	27	0
悬铃木	141	1.66	4.94	4.77	3	2	6	130	0
圆柏	37	3.88	5.00	4.92	0	0	1	28	8
雪松	30	4.55	5.00	4.90	0	0	0	17	13
毛白杨	25	3.38	4.93	4.48	0	0	1	24	0
香花槐	32	2.56	4.97	4.78	0	1	1	30	0
垂柳	53	2.64	4.88	4.74	0	2	4	47	0
国槐	84	3.36	4.93	4.31	0	0	6	78	0
紫叶李	31	4.36	5.00	4.81	0	0	0	29	2
旱柳	45	2.54	4.98	4.50	0	2	14	29	0

2.3 悬铃木

主要集中在新桥路,92.9%的植株生长健康,但在新桥北路有 14.3%的植株存在死株,另外悬铃木栽植株距只有 3 m,部分和雪松间植,对植株枝叶的未来生长造成极大影响。

2.4 垂柳

位于渭惠路东段渭惠渠边的垂柳由于水分充足,生长十分健康,而位于郜城南路的垂柳,由于浇灌养护不力,植株缺水,10.9%的植株存在枯腐枝、生长势弱的现象。另有 16.98%的树木树干受人为碰伤和冻害的影响,存在树皮开裂、树干裸露的现象,影响了树木的健康生长。

2.5 银杏

主要栽植于五湖路和后稷路北段,五湖路银杏 19.5%存在树干倾斜现象,得分较低(3.7),7.8%的植株生长差,枝叶不茂盛,树势(4.18)弱,存在较严重的健康问题。后稷路北段的银杏树系 2013 年底道路改造时栽植,有 15.5%的植株存在死株现象。

2.6 栾树

位于城南路、渭惠路东段和康乐路西段的栾树主要存在枝叶病虫害(得分分别为 2.66、3.74)问题,其中 48.3%的植株有蚜虫危害,26.2%的植株嫩梢、嫩芽、嫩叶上布满虫体,使栾树嫩叶皱缩成团,影响枝条生长,造成树势衰弱。同时蚜虫分泌物滴落于树下人行道,对环境造成污染,给行人行走带来不便。有 0.5%的植株上有六星黑点豹蠹蛾危害枝条,造成部分枯枝,破坏景观效果。另有 21.8%的植株树皮开裂,部分树干和主枝、枝条上有流胶病发生。

2.7 女贞

位于公园路、兴杨路和常青路北段的女贞树健康程度较好,但受冻害影响,有 8%的植株存在叶片部分冻落,叶片变黄,枝条稍端冻干枯死(顶梢枯死得分 4.62,较低)。而位于康乐路中段的女贞树和七叶树间植,株距仅 3 m,规划时株距较小,女贞树生长受到七叶树压迫,为确保七叶树正常生长,对女贞树过度修剪,使得女贞树树型很差,严重影响了作为杨凌主干道康乐路的景观效果。而康乐路东段的女贞由于地处姚安村,商铺林立,人员活动密集,人为损伤严重,有 13.8%的树木存在树干倾斜现象,7.5%的树木存在过度修剪,树势较弱,整条街道树木高低大小悬殊,景观效果较差。

2.8 七叶树

主要栽植在神农路和康乐路。40%的个体有不同程度的虫害(光肩星天牛和桑天牛),其中 2.5%的个体虫害严重,主干和大枝条被蛀食。七叶树日灼、冻害现象严重,58%的植株树干受日灼和冻害而受伤,出现树皮脱落、树干裂口、木质部外露,甚至腐朽现象(树干损伤和病虫害得分分别为 3.62 和 3.82,较低)。

2.9 日本晚樱

长青路上的日本晚樱,19.2%的树木存在树干倾斜(得分 3.72),13.4%的树木存在树干病虫害和损伤,出现树皮开裂,木质部裸露现象。

2.10 国槐

栽植于郜城南路、高干渠路和孟杨路的国槐基本健康和健康,生长较好。而凤凰路上的国槐 32%受锈色粒肩天牛、槐蚜虫和槐尺蛾的危害,出现树干

被钻蛀,形成层被蛀蚀,树皮干枯,树干木质部裸露的现象,另受槐蚜虫的危害,枝条嫩芽萎缩下垂,妨碍顶端生长,同时蚜虫分泌物对环境也造成一定污染(枝叶病虫害得分分别为 2.88、3.71)。

2.11 旱柳

主要栽植在滨河路,由于浇灌养护不力,植株缺水,出现顶梢枯死(得分 4.52,较低)和枯腐枝、生长势弱的现象,在滨河西路,这种现象尤为严重。

2.12 毛白杨

主要栽植于西农路,由于树龄较大,部分出现病虫害(2.94)和枯腐枝(4.06)现象。

3 结论与讨论

杨凌主城区 88.28%的行道树生长是基本健康和健康的,但也有 11.72%的行道树生长一般和较差,存在一定的健康问题,其中有 2.84%的植株健康程度差或很差,存在较严重的健康问题。

3.1 影响行道树健康的原因

3.1.1 植株病虫害 如国槐、栾树、七叶树、毛白杨等树种病虫害较为严重,对植株的树干、树枝和树叶造成较大伤害,影响树木的健康生长。

3.1.2 干旱影响 如垂柳、旱柳对水分吸收的要求较高,高温和缺水,不及时灌溉,都可损害树木健康,造成日灼、萎蔫、干枯和死亡。

3.1.3 种植设计不科学 如康乐路七叶树与女贞间植株距太近,使女贞生长受到压迫。新桥北路悬铃木株距过小且与雪松间植,对树木的正常生长造成较大影响。

3.1.4 人工养护不力 如香花槐、银杏、日本晚樱的树干倾斜较大,没有必要的撑扶加固措施;康乐路女贞过度修剪,人为损害,都严重影响了行道树的景观效果。

3.1.5 植株性状差异 采购植株时,除把好植株病虫害关外,还要保证植株高低和径级大小尽量一致,否则行道树的整齐一致性会影响到行道树的景观效果。如杂种马褂木、栾树等。

3.1.6 其他有害因素 比如冻害、土壤的酸碱度不适、土壤污染、根部人为踩踏严重,通气透水性差、混有建筑垃圾、缺乏营养^[13]等都会给行道树的健康生长带来严重影响。

3.2 改进和提高行道树健康状况的措施

坚持适地适树,以乡土树种为主,外来树种与乡土树种相结合的原则,慎重选用行道树,根据树木生长规律,认真布局规划栽植方式,回填优质种植土,合理设计树池,保证根部通气透水性,科学规划种植间距,处理好树木生长和公共设施的关系,留足树木

生长空间,确保树木健康生长^[14]。

认真选苗,杜绝采购病虫害侵袭过的植株,从根源上控制病虫害的发生。同时选苗时注意植株高低和径级大小尽量一致,确保行道树的整齐一致性。

加强科学养护管理^[15-16],对出现病虫害的植株,要及时发现,及时采取有效措施进行防治;干旱季节植株要适时进行浇灌养护;对大风吹刮造成的树干倾斜,要及时撑扶加固;同时要科学合理修剪植株枝干。对于人流量大、商铺林立的街道,行道树的养护应实行技术指导、市民参与、单位协管等多种形式并重的管理模式。

参考文献:

[1] 袁国林.公路与环境景观设计[D].南京:东南大学,2000.

[2] RICHARD W H, JAMES R C, NELDA P M. Arboriculture: integrated management of landscape tree, and vines[M]. New Jersey, USA: Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999: 536-591.

[3] 吴泽民.园林树木栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[4] 李昆仑.层次分析法在城市道路景观评价中的运用[J].武汉大学学报:工学版,2005,38(1):143-147.

LI K L. Using analytic hierarchy process in urban road landscape evaluation[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2005,38(1):143-147. (in Chinese)

[5] 任德智,刘悦翠.区域森林资源健康评价指标体系研究[J].西北林学院学报,2007,22(2):194-199.

REN D Z, LIU Y C. A study on index system about health assessment of regional forest resources[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007,22(2):194-199. (in Chinese)

[6] 郭秀锐,杨居荣,毛显强.城市生态系统健康评价初探[J].中国环境科学,2002,22(6):525-529.

[7] 杨学民,杨瑞卿,张慧,等.徐州市城郊森林生态系统健康评价及管理对策[J].中国城市林业,2007,5(1):39-41.

[8] 翁殊斐,黎彩敏,庞瑞君.用层次分析法构建园林树木健康评价体系[J].西北林学院学报,2009,24(1):177-181.

WENG S F, LI C M, PANG R J. Establishment of landscaping tree health assessment model using analytic hierarchy process [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(1): 177-181. (in Chinese)

[9] 黎彩敏,翁殊斐,庞瑞君.广州市 14 种常用园林树木健康评价[J].西北林学院学报,2010,25(2):203-207.

LI C M, WENG S F, PANG R J. Tree health assessment of fourteen landscape tree species in Guangzhou [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(2): 203-207. (in Chinese)

[10] 黎彩敏,翁殊斐,庞瑞君.广州市园林绿地树木健康调查与评价[J].佛山科学技术学院学报:自然科学版,2012,30(6):8-13.

[11] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.

[12] 孙静双,赵晓东,臧占稳,等.杂种马褂木在北京地区的生长与适应表现[J].河北林业科技,2007(5):25-27.

thinking——take climate financing as angle[J]. *Special Zone Economy*, 2011(4):152-154. (in Chinese)

[11] 周燕. 发展我国森林碳汇的公共政策研究[D]. 长沙:湖南大学, 2011.

[12] 赵林,殷鸣放,陈晓非,等. 森林碳汇研究的计量方法及研究现状综述[J]. *西北林学院学报*, 2008, 23(1):59-63.
ZHAO L, YIN M F, CHEN X F, *et al.* Summary of the research methods of forest carbon sink accounting[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2008, 23(1):59-63. (in Chinese)

[13] 王磊,丁晶晶,季永华,等. 江苏省森林碳储量动态变化及其经济价值评价[J]. *南京林业大学学报:自然科学版*, 2010(2):1-5.
WANG L, DING J J, JI Y H, *et al.* The dynamic carbon storage and economic value assessment of forest in Jiangsu Province[J]. *Journal of Nanjing Forestry University: Nat. Sci. Edi.*, 2010(2):1-5. (in Chinese)

[14] 冷清波,周早弘. 东江源区森林系统碳汇计量[J]. *西北林学院学报*, 2013, 28(5):254-258.
LENG Q B, ZHOU Z H. Forest carbon sink measurement in Dongjiang Riverhead[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2013, 28(5):254-258. (in Chinese)

[15] 简盖元,冯亮明,王文烂,等. 森林碳汇价值与农户林业收入增长的分析[J]. *林业经济问题*, 2010(4):304-308.
JIAN G Y, FENG L M, WANG W L, *et al.* The analysis of forest carbon sequestration value and peasant household forestry income growth[J]. *Issues of Forestry Economics*, 2010(4):304-308. (in Chinese)

[16] 谢屹,李小勇,温亚利. 农户集体林权流转意愿及影响因素分析——基于辽宁、浙江、陕西、重庆四省(市)的调研[J]. *广东社会科学*, 2014(1):13-19.

[17] KRITROM B. Spike model in contingent valuation[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1991, 79(4):1013-1023.

(上接第 261 页)

[6] 成夏岚,陈红锋,欧阳婵娟. 海口市城市绿地常见植物多样性调查及特征研究[J]. *中国园林*, 2012(3):105-108.
CHENG X L, CHEN H F, OUYANG C J. The investigation and character study of common plants diversity in Haikou urban green spaces[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2012(3):105-108. (in Chinese)

[7] 张庆费,夏楠. 上海城区主要交通绿带木本植物多样性分析[J]. *中国园林*, 2002(1):72-74.
ZHANG Q F, XIA L. Analysis of the woody plants diversity of some vital urban roads greenbelt in Shanghai[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2002(1):72-74. (in Chinese)

[8] ZHAO J, OUYANG Z, ZHENG H, *et al.* Plant species composition in green spaces within the built-up areas of Beijing, China[J]. *Plant Ecology*, 2010, 209(2):189-204.

[9] 李湛东,刘燕,潘会堂. 北京市园林植物多样性分析与评价研究[J]. *北京园林*, 2011(4):54-57.
LI Z D, LIU Y, PAN H T. Analysis and evaluation of Beijing garden plant diversity[J]. *Beijing Landscape Architecture*, 2011(4):54-57. (in Chinese)

[10] ZHU Z, LIU Y, QIAN Y, *et al.* Diversity of plant communities of new rural public green spaces in Yangtze delta region of China[J]. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2013, 11(2):1455-1458.

[11] GUAN D S, CHEN Y J. Status of urban vegetation in Guangzhou City[J]. *Journal of Forestry Research*, 2003, 14(3):249-252.

[12] ZHAO J, OUYANG Z, XU W, *et al.* Sampling adequacy estimation for plant species composition by accumulation curves—a case study of urban vegetation in Beijing, China[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 95(3):113-121.

[13] 徐薇,张延龙. 西安城市绿化树种应用存在的问题及对策[J]. *西北农业学报*, 2006, 15(6):253-258.
XU W, ZHANG Y L. City greening varieties of trees application existing problem and measure in Xi'an[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2006, 15(6):253-258. (in Chinese)

[14] 郑兰. 西安市园林绿化植物多样性调查及保护现状研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2010.

[15] 卢鹏林. 崂山森林植物群落物种多样性的垂直分布格局及影响因素分析[D]. 济南:山东大学, 2013.

[16] 陈小勇,陆慧萍,应向阳,等. 天童国家森林公园树种多样性的加性分配[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(4):4567-4571
CHEN X Y, LU H P, YING X Y, *et al.* Additive partitioning of tree species diversity in Tiantong National Forest Park[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(4):4567-4571. (in Chinese)

[17] 韩轶,李吉跃,高润宏,等. 包头市城市绿地现状评价[J]. *北京林业大学学报*, 2005, 27(1):64-69.
HAN Y, LI J Y, GAO R H, *et al.* Assessment of current status of the urban forest in Baotou City[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2005, 27(1):64-69. (in Chinese)

(上接第 282 页)

[13] 孙薇,刘仁华,齐恒玉. 论城市园林树木健康与保健[J]. *防护林科技*, 2005(3):79-80.

[14] 周景斌,王彦平,何宾线. 杨凌主城区行道树综合性能评价研究[J]. *陕西农业科学*, 2014, 60(4):50-52, 55.

[15] 于德发,王薇,潘瑞. 北京周边地区绿化树木死亡原因分析及防治对策[J]. *中国园林*, 2012(6):81-84.

[16] YU D F, WANG W, PAN R. The analysis of causes of landscape tree death in Beijing surrounding areas and prevention measures[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2012(6):81-84. (in Chinese)

[16] 邝先松,陈松,曾轸林. 园林树木常见病虫害防治[J]. *江西林业科技*, 2005(3):56-59.