

不同覆盖处理对红花槭种植土壤及植株生长的影响

商侃侃

(上海市园林科学研究所,上海 200232)

摘要:通过比较不同类型覆盖物处理对红花槭种植土壤的改良效果和植株生长效应,筛选适宜的栽培管理方式。结果表明,覆盖处理对土壤夏季降温效果显著,植生覆盖物常春藤和扶芳藤处理效果较好;覆盖处理可显著降低土壤容重、提高土壤含水量和孔隙度,提高叶片叶绿素含量,促进植株胸径生长;粒径较大的有机覆盖物和无机覆盖物对土壤的改良效果好,而植生覆盖物常春藤对胸径生长处理效果最好。因此,红花槭作为行道树应用和养护管理时,在土壤板结严重的情况下,宜选择粒径较大的有机覆盖物;土壤质量相对较好环境下,可选择阔叶型植生覆盖物。

关键词:红花槭;土壤改良;物理性状;叶绿素含量

中图分类号:S718.55

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2014)03-0053-04

Effects of Different Mulches on Soil Properties and Growth of *Acer rubrum*

SHANG Kan-kan

(Shanghai Institute of Landscaping and Gardening, Shanghai 200232, China)

Abstract: For providing the better modes for cultivation and management of *Acer rubrum*, the soil improvement and plant growth of different mulches were compared in this study. The results indicated that the cooling effect of mulches was very significantly in summer and the living mulches *Hedera nepalensis* var. *sinensis* and *Euonymus fortunei* were better. The soil bulk density decreased significantly and soil porosity and water content increased significantly by the treatments of mulches. And the chlorophyll content and DBH growth were also improved. The effects of organic mulch and inorganic mulch with large size particle on improvement of soil physical properties were better while the effect of living mulch *H. nepalensis* var. *sinensis* on improvement of DBH growth were the best. Thus, when application and management of *A. rubrum* as street tree, organic mulch with much larger size particle should be selected under severe compaction of soil while living mulch with broad-leaved would be selected under better quality of soil.

Key words: *Acer rubrum*; soil improvement; physical properties; chlorophyll content

城市土壤是一类在城市特殊的环境背景下长期人类活动干扰后发育起来的土壤,是影响城市绿化植物生长的重要环境因子^[1],其主要是通过回填、混合、压实等过程形成,具有无层次、密实度高、通气性差、养分匮乏、污染严重等特点^[2],严重制约了城市绿化植物的生长,对行道树种和街头绿化植物的影响尤为明显^[2]。为改善城市绿化树种的立地环境,开展了大量的科学的研究和实践探索,从早期高投入的定期松土、施肥、添加土壤调节剂,到近年低维

护的枯落物覆盖、乔-草或乔-灌-草配置的绿化模式^[3-6],模拟自然、效仿自然的近自然型城市绿化模式越来越受到重视。

红花槭(*Acer rubrum*)原产美国东海岸,为早春开花的秋色叶植物,又是良好的遮荫树种。该树种生长迅速,适应性强,耐寒、耐旱、耐湿、耐污染,是欧美地区常用的彩色行道树种,成为世界著名的风景观赏树种^[7-9]。我国引种后,目前已在上海、长沙等城市得到应用,但有关研究相对较少,仅从胁迫条件

收稿日期:2013-11-20 修回日期:2014-01-08

基金项目:国家环保部公益性行业专项(20110923)。

作者简介:商侃侃,男,博士,研究方向:城市生态学。E-mail:shangkankan@163.com

下和施肥处理下植株的生理变化、实生苗的性状特征、育苗技术、嫁接苗砧木选择和变色期生理变化等方面研究了其适应性和培育技术^[7-10],进一步加强对其养护管理的研究可提高树种的生长表现。针对行道树种植中存在的硬质覆盖等不良环境,以新优品种红花槭为对象,以不同的介质和植物材料对种植土壤进行覆盖处理,分析土壤理化性质和植株生长的变化,探讨不同覆盖处理的效果,以期为红花槭的引种驯化与栽培管理提供科学依据,提高城市绿化树种的生长环境质量。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验在上海市园林科学研究所位于浦东新区的鲁汇基地($31^{\circ}0'18''N, 121^{\circ}33'24''E$)进行,供试验品种为6~7年生的‘夕阳红’红花槭(*A. rubrum* cv. ‘Pacific Sunset’)。在同一个地块上选择135棵植株,设9个处理,每处理选择5株,重复3次。处理方式为3种有机覆盖物:粗树皮(平均粒径大小34.5 mm×23.7 mm×8.6 mm)、中树皮(平均粒径大小24.3 mm×17.7 mm×5.2 mm)、细树皮(平均粒径大小17.5 mm×10.2 mm×2.7 mm);1种无机覆盖物陶粒(平均粒径大小18.5 mm×15.7 mm×14.5 mm);4种植生覆盖物:吉祥草(*Reineckia carnnea*)、落地生根(*Bryophyllum pinnatum*)、扶芳藤(*Euonymus fortunei*)、中华常春藤(*Hedera nepalensis* var. *sinensis*),同时设置无覆盖处理为对照(CK)。其中,有机和无机覆盖物厚度为5 cm,植生覆盖物高度为5~20 cm,盖度为80%~95%。

覆盖12个月后,分0~15 cm和15~30 cm²层取样测定土壤相关指标,并测定植株生理生长指标。考虑了上海与引种地在夏季高温高湿的气候差异,土壤温度测定时时间为夏季的3个连续高温日(7月26~28日),测定土层深度为0~5 cm和5~15 cm两层。

1.2 指标测定

测定土壤含水量、容重、总孔隙度等物理性质以国家林业局《森林土壤测试标准》方法为依据。土壤温度采用便携式仪器(IQ100)测定。叶绿素含量采用95%乙醇浸提法测定。胸径生长量用游标卡尺检尺法。采用SPSS11.5进行差异显著性和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 土壤温度变化

不同覆盖处理下,土壤日平均最高温度均出现

在15:00,日平均最低温度出现在9:00,处理后显著降低了土壤温度(表1)。从日平均温度来看,与对照相比,不同覆盖处理土壤温度显著下降,上层(0~5 cm)土壤温度降低了5.4~2.4℃,下层(5~15 cm)土壤温度降低了3.7~1.3℃,上层的降温效果明显比下层好,就各处理平均降温量而言,常春藤达4.55℃、扶芳藤达3.15℃、粗树皮达3.00℃、中树皮达2.75℃、细树皮达2.55℃、吉祥草达2.35℃、落地生根达2.15℃、陶粒为1.85℃(表1)。

表1 不同覆盖处理土壤温度的变化

Table 1 Difference of mean temperature of soils among different treatments

土层/cm	覆盖处理	不同时刻土壤温度/℃			平均值 /℃
		9:00	12:00	15:00	
0~5	CK	30.7a	34.9a	35.4a	33.7a
	粗树皮	28.8de	30.5e	30.8ef	30.0f
	中树皮	28.9cde	30.5e	31.2def	30.2ef
	细树皮	29.1cd	30.8de	31.4cde	30.4de
	陶粒	29.5b	32.2b	32.4b	31.3b
	吉祥草	29.2c	31.4cd	31.7cd	30.7cd
	落地生根	29.2c	31.6c	32.0bc	30.9c
	扶芳藤	28.7e	30.3e	30.6f	29.9f
	常春藤	27.6f	28.6f	28.7g	28.3g
	5~15	CK	29.1a	31.2a	33.2a
	粗树皮	28.2d	28.9e	29.3f	28.8f
	中树皮	28.4cd	29.1de	29.8e	29.1e
	细树皮	28.5bc	29.4cd	30.0de	29.3de
	陶粒	28.6b	30.1b	30.8b	29.8b
	吉祥草	28.2d	29.6c	30.3cd	29.4cd
	落地生根	28.4cd	29.7bc	30.7bc	29.6bc
	扶芳藤	27.9e	28.7e	29.3f	28.6f
	常春藤	27.0f	27.5f	27.8g	27.4g

注: *字母不同者示 $p=0.05$ 的差异显著, 表2、表3同。

2.2 土壤物理性状变化

2.2.1 容重 与对照相比,各覆盖处理的上层(0~15 cm)和下层(15~30 cm)的土壤容重均有下降趋势,上层处理效果较下层好。在上层土壤中,不同覆盖处理的土壤容重下降幅度在1.64%~8.28%之间,大小顺序依次为扶芳藤(8.28%)、常春藤(6.64%)、细树皮(6.07%)、陶粒(6.00%)、粗树皮(5.78%)、吉祥草(3.64%)、落地生根(3.43%)、中树皮(1.64%);经方差分析和多重比较表明,与对照相比,粗树皮、细树皮、陶粒、落地生根、常春藤等覆盖处理对土壤容重的影响达显著或极显著水平。下层(15~30 cm)土壤中,不同覆盖处理的土壤容重变化不大,下降幅度在1.27%~5.20%之间(表2)。不同覆盖处理后,可以通过阻止土壤水分散失提高土壤水分含量等作用相对降低土壤的容重。

表2 不同覆盖处理土壤物理性状的变化

Table 2 Difference of physical attributes of soils among different treatments

土层/cm	覆盖处理	容重/(g·kg ⁻¹)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	通气孔隙度/%	相对含水量/%
0~15	CK	1.40a	47.13c	42.74b	4.39a	18.03cd
	粗树皮	1.32bc	50.19ab	45.46a	4.73a	23.57a
	中树皮	1.38ab	48.00bc	43.30b	4.71a	23.70a
	细树皮	1.32bc	50.33ab	44.36b	5.98a	22.65ab
	陶粒	1.32bc	50.31ab	44.02b	6.29a	21.90ab
	吉祥草	1.35abc	49.07abc	43.70b	5.17a	15.86d
	落地生根	1.29c	51.49a	45.47a	6.02a	22.00ab
	扶芳藤	1.35abc	48.93abc	44.36b	4.57a	18.39cd
	常春藤	1.31bc	50.65ab	43.51b	7.14a	19.95bc
	CK	1.50a	43.41ab	39.77a	3.64a	16.96c
15~30	粗树皮	1.40b	47.18a	41.88a	5.30a	19.75bc
	中树皮	1.47ab	44.63ab	40.63a	4.01a	22.84a
	细树皮	1.46ab	44.91ab	41.04a	3.87a	21.52ab
	陶粒	1.46ab	44.93ab	41.00a	3.94a	21.58ab
	吉祥草	1.44ab	45.50ab	41.37a	4.13a	17.57c
	落地生根	1.42ab	46.33ab	40.62a	5.72a	21.14ab
	扶芳藤	1.48a	44.12b	40.77a	3.35a	18.06c
	常春藤	1.46ab	45.07ab	41.37a	3.71a	19.75bc

2.2.2 孔隙度 与对照相比,各覆盖处理的土壤总孔隙度、毛管孔隙度和通气孔隙度都有一定程度的增加(表2)。在上层土壤中,各处理的总孔隙度、毛管孔隙度和通气孔隙度的增加幅度分别为2.85%~9.26%、1.29%~6.39%、4.15~62.69%;在下层土壤中,各处理的3项指标增加幅度分别为1.63%~8.68%、2.12%~5.30%、7.95%~57.18%。经方差分析和多重比较表明,粗树皮、细树皮、陶粒、落地生根、常春藤覆盖处理的上层土壤的总孔隙度与对照间呈显著或极显著水平,各覆盖处理间下层土壤的总孔隙度差异不显著;粗树皮和落地生根覆盖处理对提高表层土壤毛管孔隙度效果最显著。说明覆盖处理后,可提高表层土壤的有效孔隙度,改善土壤水、气条件,为植物的生长发育创造有利条件。

2.2.3 含水量 与对照相比,覆盖处理后上层和下层土壤的含水量均发生了显著变化(表2)。上层(0~15 cm)土壤的水分,除吉祥草覆盖处理外,其它各覆盖处理的土壤水分均有增加,中树皮、粗树皮、细树皮、扶芳藤、陶粒、常春藤、落地生根覆盖处理分别比对照增加了31.45%、30.72%、25.64%、22.01%、21.46%、10.67%和1.99%;经方差分析和多重比较表明,除常春藤和扶芳藤覆盖外,其它各处理与对照间均达显著或极显著水平。下层(15~30 cm)土壤的含水量增加幅度最大的为中树皮覆盖处理,达34.64%,其它依次为陶粒(27.26%)、细树皮(26.91%)、扶芳藤(24.66)、粗树皮(16.47%)、常春藤(16.44%)、落地生根(6.48%)、吉祥草(3.58%);经方差分析与多重比较表明,中树皮、细树皮、陶粒和落地生根覆盖处理与对照间均达显著或

极显著水平。覆盖处理一方面减缓了土壤水分的蒸发,另一方面增加了土壤总孔隙度,降低了土壤容重,增强了土壤的持水能力,因而使土壤含水量明显增加;而树皮、陶粒等物理介质覆盖的效果往往要较种植植物覆盖的效果好,这除了土壤本身物理性状的改变有差异外,覆盖植物蒸腾消耗也对土壤结构尤其是含水量造成影响。

2.3 植株生长变化

植物叶片叶绿素是反映光合作用强弱的重要指标。不同覆盖处理后,红花槭的叶绿素a、叶绿素b、叶绿素总量以及胸径生长量都明显提高,叶绿素a、叶绿素b、叶绿素总量的变化趋势相似,大小顺序基本上为中树皮、粗树皮、细树皮、常春藤、陶粒、扶芳藤、落地生根、吉祥草(表3)。以叶绿素总量为例,经方差和多重比较表明,除落地生根、吉祥草外,其它处理的效果都显著高于对照($p<0.05$)。陶粒、落地生根、常春藤覆盖处理植株的胸径生长量明显比对照大($p<0.05$)。

表3 不同覆盖处理植株叶绿素含量和胸径生长量的变化

Table 3 Difference of chlorophyll and DBH growth under different treatments

覆盖处理	叶绿素a /(mg·g ⁻¹)	叶绿素b /(mg·g ⁻¹)	叶绿素总量 /(mg·g ⁻¹)	胸径生长量 /cm
CK	1.30d	0.45d	1.74e	5.84b
粗树皮	1.83a	0.62a	2.45a	6.24ab
中树皮	1.84a	0.61a	2.45a	6.53ab
细树皮	1.76a	0.61a	2.37a	6.91ab
陶粒	1.57b	0.53bc	2.10bc	7.61a
吉祥草	1.39cd	0.48cd	1.87de	6.16b
落地生根	1.41cd	0.49cd	1.90de	7.21a
扶芳藤	1.44c	0.53bc	1.97cd	6.87ab
常春藤	1.61b	0.58ab	2.19b	7.70a

2.4 指标间相关性分析

对土壤物理性状指标间及其与植物生长指标间的变量进行相关性分析表明,各指标间存在一定的相关性(表 4)。容重与总孔隙度、通气孔隙度均呈负相关,达极显著水平($p<0.01$);通气孔隙与总孔隙间呈

显著正相关关系($p<0.05$);通气孔隙度与胸径生长量呈显著正相关($p<0.05$);土壤含水量与叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量均呈显著正相关($p<0.05$)。可见,覆盖处理提高了含水量和通气孔隙度,降低了容重,促进叶片叶绿素的合成和植株生长。

表 4 各指标间的相关性分析

Table 4 Correlation analyses between physical and physiological indexes

指标	温度	容重	总孔隙度	毛管孔隙度	通气孔隙度	含水量
温度	1.000	0.245	-0.186	0.775	-0.622	-0.325
容重	0.245	1.000	-0.996 **	-0.133	-0.852 **	-0.510
总孔隙度	-0.186	-0.996 **	1.000	0.188	0.824 *	0.454
毛管孔隙度	0.775	-0.133	0.188	1.000	-0.402	-0.084
通气孔隙度	-0.622	-0.852 **	0.824 *	-0.402	1.000	0.475
含水量	-0.325	-0.510	0.454	-0.084	0.475	1.000
叶绿素 a	-0.203	0.063	-0.129	-0.238	0.021	0.765 *
叶绿素 b	-0.380	-0.070	0.003	-0.293	0.175	0.786 *
叶绿素总量	-0.245	0.038	-0.104	-0.253	0.052	0.777 *
胸径生长量	-0.211	-0.697	0.688	-0.124	0.712 *	0.275

注: ** : 在 0.01 水平上显著相关; * : 在 0.05 水平上显著相关。

3 结论与讨论

覆盖物作为铺设在植物周围土壤表面的材料,起调节温度、保持土壤水分、改良土壤结构、提高土壤肥力、防止侵蚀、减少杂草以及装饰美观等作用^[3,5,11-12]。覆盖处理一方面缓冲了风吹雨打对土壤结构的破坏作用,另一方面又减少了土壤水分蒸发量,从而改善了土壤的物理性状,表现在土壤容重、总孔隙度、通气孔隙度、毛管孔隙度和土壤含水量的变化上。覆盖物可以维持土壤一个相对稳定的温度,在夏季有降温作用,冬季有保温作用;可以降低土壤日最高温和日平均温度,提高土壤的日最低温度^[12]。不同覆盖处理红花槭种植土壤上层的降温效果比下层明显,植生覆盖物常春藤和扶芳藤的夏季降温效果明显优于其它植物覆盖物、有机覆盖物和无机覆盖物。这可能是由于两者的叶片较大,覆盖度高,抵挡了大部分太阳光的直射,而且阔叶植物的蒸腾作用强,蒸腾散水也降低了周围环境温度,进而影响土壤温度。

不同覆盖处理可显著提高土壤的含水量,降低土壤容重,增加孔隙度,提高了土壤的保水保肥能力,促进植物叶绿素含量的积累和植株生长,这与多数研究结果一致^[5-6,12]。说明林下植被的生长和覆盖物对土壤物理性质有重要影响^[13],覆盖可减少土壤水分蒸发和改善土壤理化性质,增加树木营养^[6,14-15]。研究还表明,有机覆盖物覆盖能提高土壤有机质、全氮、全磷等养分含量以及土壤微生物量^[5],这对目前城市绿地树种种植环境的改善具有积极效应,可以大大改善树木生存的地下空间,成为

城市森林养护管理的一项重要措施和城市土壤保育的重要策略^[3,11]。有机覆盖物树皮和无机覆盖物陶粒覆盖对土壤容重、通气性、含水量和叶片叶绿素含量的处理效果普遍较植生覆盖物好,粒径大效果好;而植生覆盖物常春藤和无机覆盖物陶粒对红花槭胸径生长量的处理效果最好。相关性分析表明,植物叶绿素含量的变化受到土壤含水量的影响,胸径生长量的增长受到土壤通气孔隙度的直接影响,也受到了土壤容重和总孔隙度间接影响,说明有机覆盖物和无机覆盖物对改善土壤理化性质的作用强,但因其受到覆盖用量、厚度等因素影响^[5],对植株生长的改良效果并未较常春藤等植生覆盖物好。因此,在红花槭作为行道树应用和养护管理时,在土壤板结严重的情况下,宜选择粒径较大的有机覆盖物,先用于改良土壤;而在土壤质量相对较好环境下,可选择阔叶型的植生覆盖物,以促进植株生长。

参考文献:

- [1] 张琪,污泥和矿化垃圾对土壤性状及黑麦草生长的影响[J].西北林学院学报,2011,26(5):111-115.
ZHANG Q. Effects of applying sewage sludge and aged refuse on soil properties and growth of *Lolium perenne* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(5): 111-115. (in Chinese)
- [2] 吴永波,薛建辉.城市行道树的研究现状及展望[J].中国城市林业,2005,3(2):54-56.
- [3] 高志红,张万里,张庆费.森林凋落物生态功能研究概况及展望[J].东北林业大学学报,2004,32(6):79-83.
GAO Z H, ZHANG W L, ZHANG Q F. General situation and prospect for the research on ecological functions of forest litter [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2004, 43(6): 79-83. (in Chinese)

(下转第 70 页)

- [8] 白莉萍,周广胜.小麦对大气CO₂浓度及温度升高的响应与适应研究进展[J].中国生态农业学报,2004,12(4):23-26.
BAI L P,ZHOU G S.Responses and adaptations of wheat to elevated CO₂ concentration and temperature rise[J].Chinese Journal of Eco-Agriculture,2004,12(4):23-26.(in Chinese)
- [9] 曹兵,宋培建,康建宏,等.大气CO₂浓度倍增对宁夏枸杞生长的影响[J].林业科学,2011,47(7):193-198.
CAO B,SONG P J,KANG J H,*et al.* Effect of elevated CO₂ concentration on growth in *Lycium barbarum*[J]. Scientia Silvae Sinicae,2011,47(7):193-198. (in Chinese)
- [10] 侯晶东,曹兵.大气CO₂摩尔分数升高对宁夏枸杞植株与土壤C、N分配的影响[J].东北林业大学学报,2011,39(9):75-77.
HOU J D,CAO B.Effect of elevated CO₂ concentration on carbon and nitrogen allocation in *Lycium barbarum*[J]. Journal of Northeast Forestry University,2011,39(9):75-77. (in Chinese)
- [11] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [12] 张志良,瞿伟菁,李小方.植物生理学实验指导[M].4版.北京:高等教育出版社,2009.
- [13] 彭晓邦,张硕新.大气CO₂浓度升高对植物某些生理过程影响的研究进展[J].西北林学院学报,2006,21(1):68-71.
PENG X B,ZHANG S X.Research progress in effects of increased atmospheric CO₂ concentration on certain physiological process of plants[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(1):68-71. (in Chinese)
- [14] 李青超,张远彬,王开运,等.大气CO₂浓度升高对亚高山红桦碳水化合物含量与分配的影响[J].西北林学院学报,2008,23(1):1-5.
LI Q C,ZHANG Y B,WANG K Y,*et al.* Effects of elevated CO₂ concentration on carbohydrate content and allocation in *Alnus koraiensis*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(1):1-5. (in Chinese)
- [15] 林丰平,陈章和,陈兆平,等.高CO₂浓度下豆科4种乔木幼苗的生理生化反应[J].植物生态学报,1999,23(3):220-227.
LIN F P,CHEN Z H,CHEN Z P,*et al.* Physiological and biochemical responses of the seedlings of four legume tree species to high CO₂ concentration[J]. Acta Phytocologica Sinica,1999,23(3):220-227. (in Chinese)
- [16] ROGENS G S,MILHAM P J,GILINGS M,*et al.* Sink strength may be the key to growth and nitrogen response in N-deficient wheat at elevated CO₂[J]. Aust. J. Plant Physiol.,1996,23(3):253-264.
- [17] GRIFFIN K L,WINNER W E,STRAIN B R.Construction cost of loblolly and ponderosa pine leaves grown with varying carbon and nitrogen availability[J]. Plant, Cell and Environment,1996,19(6):729-738.
- [18] MAREK M V,KALINA J,MATOUSKOVA M.Response of photosynthetic carbon assimilation of Norway spruce exposed to long-term elevation of CO₂ concentration[J]. Photosynthetica,1995,31:209-220.
- [19] 周玉梅,韩士杰,张军辉,等.CO₂浓度升高对长白山三种树木幼苗碳水化合物和氮含量的影响[J].应用生态学报,2002,13(6):663-666.
ZHOU Y M,HAN S J,ZHANG J H,*et al.* Effect of elevated CO₂ concentration on carbohydrate and nitrogen contents in seedlings foliage of three tree species in Changbai Mountain [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2002,13(6):663-666. (in Chinese)

(上接第 56 页)

- [4] 王成,邵光发,彭镇华.有机地表覆盖物在城市林业建设中的应用价值[J].应用生态学报,2005,16(11):2213-2217.
C,QIE G F,PENG Z H.Application value of organic ground surface mulch in urban forestry construction[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2005,16(11):2213-2217. (in Chinese)
- [5] 顾兵,吕子文,梁晶,等.绿化植物废弃物覆盖对上海城市林地土壤肥力的影响[J].林业科学,2010,46(3):9-15.
GU B,LV Z W,LIANG J,*et al.* Effect of mulching greenery waste on soil fertility of municipal forest land from Shanghai [J]. Scientia Silvae Sinicae,2010,46(3):9-15. (in Chinese)
- [6] 赵广琦,沈烈英,王智勇,等.城市污泥堆肥对12种花灌木生长的影响[J].西北林学院学报,2011,26(5):87-90.
G Q,SHEN L Y,WANG Z Y,*et al.* Effects of sewage sludge compost on the growth of 12 flowering shrubs[J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(5):87-90. (in Chinese)
- [7] 李际红,李玲,范志强,等.北美红花槭实生苗多样性的分析[J].山东农业大学学报:自然科学版,2007,38(2):169-172.
LI J H,LI L,FAN Z Q,*et al.* Analysis on diversity of north American red maple seedling[J]. Journal of Shandong Agricultural University:Natural Science,2007,38(2):169-172. (in Chinese)
- [8] 王菲,潘婷,宋南.低温胁迫对红花槭生理指标的影响[J].农业科技与信息:现代园林,2011,9:15-17.
WANG F,PAN TING,SONG NAN. Effect of low temperature stress on physiological indices of *Acer rubrum*[J]. Agriculture Technology & Information:Modern Horticulture,2011,9:15-17. (in Chinese)
- [9] 王铖.2个红花槭品种适生砧木的筛选与培育技术[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2011,29(2):4-8.
WANG C.Suitable stock selection and culture for two cultivars of *Acer rubrum*[J]. Journal of Guizhou Normal University:Natural Sciences,2011,29(2):4-8. (in Chinese)
- [10] 冯立娟,苑兆和,尹燕雷,等.槭属2品种叶变色期花青素含量与相关酶活性的变化[J].林业科学,2009,45(8):56-60.
FENG L J,YUAN Z H,YIN Y L,*et al.* Anthocyanin content and the relevant enzymes activities during leaf color changing of the *Acer* species[J]. Scientia Silvae Sinicae,2009,45(8):56-60. (in Chinese)
- [11] 黄利斌,李荣锦,王成.国外城市有机地表覆盖物应用研究概况[J].林业科技开发,2008,22(6):1-8.
- [12] 陈玉娟,王成,邵光发,等.有机覆盖物对城市绿地土壤水分和温度的影响[J].中国城市林业,2009,7(3):52-54,57.
- [13] 李东海,杨小波,邓运武,等.桉树人工林林下植被、地面覆盖物与土壤物理性质的关系[J].生态学杂志,2006,25(6):607-611.
- [14] 吴佳,孙丙寅,王敏.地面覆盖对花椒林生理生态效应的影响[J].西北林学院学报,2005,20(4):27-30.
WU J,SUN B Y,WANG M.The ecological and physiological effect of different ground covering in *Zanthoxylum bungeanum* forest[J]. Journal of Northwest Forestry University,2005,20(4):27-30. (in Chinese)
- [15] 张艳,阚丽艳.有机覆盖物对城市园林植物土壤含水量的影响[J].江西农业学报,2013,25(8):30-34.
ZHANG Y,KAN L Y.Effect of organic mulch on soil moisture of urban landscape plants[J]. Acta Agriculturae Jiangxi,2013,25(8):30-34. (in Chinese)