

# 不同地区欧洲鹅耳枥营养生理特性

施 曼<sup>1,2</sup>,周 琦<sup>3</sup>,祝遵凌<sup>1,3,4\*</sup>

(1.南京林业大学 南方现代林业协同创新中心,江苏南京 210037;2.南京林业大学 林学院,江苏南京 210037;

3.南京林业大学 风景园林学院,江苏南京 210037;4.南京林业大学 艺术设计学院,江苏南京 210037)

**摘要:**通过对欧洲鹅耳枥(*Carpinus betulus*)及其2个园艺品种('Frans Fontaine'和'Lucas')在北京、南京、靖江3地的碳素营养和矿质营养状况的研究分析,研究适宜各欧洲鹅耳枥营养积累及生长的地区及在营养积累方面占有优势的品种。结果表明,*C. betulus*在碳素营养积累方面占有较大的优势,*C. betulus*'Frans Fontaine'的矿质元素含量最高;3地不同欧洲鹅耳枥叶片中矿质元素含量均为N>K>P,其生长均属于磷含量制约植物生长型,因此,在欧洲鹅耳枥的繁殖栽培中要注意磷肥的施用;北京地区各欧洲鹅耳枥叶片中的碳素营养及矿质营养含量均最大,3地中北京地区更适宜各欧洲鹅耳枥的营养积累。

**关键词:**欧洲鹅耳枥;碳素营养;矿质营养

**中图分类号:**S792.189      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2017)03-0041-05

Nutrition Physiology of *Carpinus betulus* in Different Regions

SHI Man<sup>1,2</sup>, ZHOU Qi<sup>3</sup>, ZHU Zun-ling<sup>1,3,4\*</sup>

(1. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing, Jiangsu 210037, China; 2. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China; 3. College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China; 4. College of Art & Design, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

**Abstract:** Taking *Carpinus betulus* and its two cultivars (*C. betulus* 'Frans Fontaine', *C. betulus* 'Lucas') as experimental materials, carbon nutrition and mineral nutrition of different cultivars of *C. betulus* in Beijing, Nanjing and Jingjiang were researched and analyzed to find the region which was more suitable to accumulate nutrition for different cultivars of *C. betulus* and the cultivar which had an advantage in nutrient accumulation. The results showed that *C. betulus* had a large advantage in accumulating carbon nutrition, and the highest content of mineral nutrition was in the leaves of *C. betulus* 'Frans Fontaine'. The content of mineral elements in the leaves of different cultivars of *C. betulus* in three regions were in the order of N>K>P, and the growth of that was constrained by the content of P, so it is very important to apply phosphate fertilizer properly in propagation and cultivation. Beijing is the most suitable place for nutrient accumulation among the three regions because of the largest content of carbon nutrition and mineral nutrition in the leaves of different cultivars of *C. betulus*.

**Key words:** *Carpinus betulus*; carbon nutrition; mineral nutrition

欧洲鹅耳枥(*Carpinus betulus*)又名西洋千金榆,是桦木科(Betulaceae)鹅耳枥属落叶乔木,原产

于欧洲土耳其、乌克兰<sup>[1]</sup>,作为一种树形优美、观赏价值较高的园林绿化树种,被广泛地应用于许多国

收稿日期:2016-10-06 修回日期:2016-12-09

基金项目:江苏省科技计划项目(BY2015006-01);江苏省工程技术研究中心建设项目(BM2013478);江苏省科技支撑计划(BE2012345);江苏省六大人才高峰项目(NY-029)。

作者简介:施 曼,女,在读博士,研究方向:园林植物栽培与应用。E-mail:961221529@qq.com

\*通信作者:祝遵凌,男,博士,教授,研究方向:园林植物栽培与应用。E-mail:zhuzunling@aliyun.com

家和地区。国内对欧洲鹅耳枥的引种、栽培、繁殖和应用方面皆有研究,但引种后树体营养状况的研究尚处空白。

植物树体生长所需的主要营养包括碳素营养和矿质营养,碳素营养是植物营养的储备库,关系着植物营养的积累和消耗,其在植物中的主要贮藏形式是淀粉和糖<sup>[2]</sup>;矿质营养与植物的生物量和产量的增加息息相关,对碳素营养和矿质营养的研究可以反映植物的生长和“健康”状况。目前,对植物碳素营养和矿质营养两者单独的研究较多,主要在经济作物的营养积累和营养诊断领域<sup>[3-6]</sup>,但将两者联系在一起的研究较少。本研究在对欧洲鹅耳枥及其园艺品种引种驯化的基础上,通过对不同地区不同品种(种)欧洲鹅耳枥树体营养状况的研究,为各品种在各地的生长适应性提供营养生理上的依据,以期

从树体营养的角度选出更适宜各地生长的品种,并为其施肥管理提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

所用材料欧洲鹅耳枥(*Carpinus betulus*)及其2个园艺品种(*Carpinus betulus* ‘Frans Fontaine’、*Carpinus betulus* ‘Lucas’)均为法国进口的统一规格的3年生裸根苗,苗高40~60 cm。欧洲鹅耳枥为实生苗,2个园艺品种为嫁接苗,砧木为欧洲鹅耳枥,砧木及接穗规格基本一致。

### 1.2 试验地概况

试验地设在南京林业大学下蜀实习林场、江苏紫藤园艺绿化工程有限公司苗圃(靖江)和北京人地科技发展有限责任公司苗圃(表1)。

表1 试验地概况

Table 1 Description of experiment field

试验地	经纬度 (N/E)	年平均 降水量 /mm	年平均 气温 /℃	年平均 日照时间 /h	无霜期 /d	土壤 类型	pH	土壤容重 (g· cm <sup>-3</sup> )	全N (mg· g <sup>-1</sup> )	全P (mg· g <sup>-1</sup> )	全K (mg· g <sup>-1</sup> )	有机质 (mg· g <sup>-1</sup> )
北京	39°44'~116°20'	626	8~12	2 780	180~200	砂性土	8.00	1.24	0.95	0.40	5.44	15.77
江苏南京	32°12'~119°26'	1 105	15.1	2 018	229	壤土	4.70	1.25	1.15	0.11	5.58	19.22
江苏靖江	32°02'~120°16'	1 062	15.3	2 114.6	230	粘性土	7.85	1.37	1.04	0.35	7.90	17.40

### 1.3 试验方法

2013年3月,将欧洲鹅耳枥及其2个园艺品种同时在南京、靖江和北京3地室外地栽,每个种(品种)300株列植,栽植密度为30 cm×50 cm,每100株设置一个单元,每个种(品种)设3个单元,设置标准株3株·单元<sup>-1</sup>,挂上标签。生长期仅进行简单的水分和杂草管理。2013年5—11月,每月上旬固定时间取样(枝条中上部成熟叶片),并对欧洲鹅耳枥及其2个园艺品种的叶片进行营养生理指标测定。

生理生化指标参照李合生<sup>[7]</sup>方法,可溶性糖含量、可溶性淀粉含量采用蒽酮乙酸乙酯法测定;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法测定;矿质元素中N含量采用靛酚兰染色法测定<sup>[8]</sup>,P、K含量采用美国PE公司生产的OPTIMA-4300DV等离子发射光谱仪测定。

采用Excel 2003进行数据处理分析和制图;采用SPSS 20.0进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 碳素营养含量变化

2.1.1 可溶性糖含量 3地不同欧洲鹅耳栎体内的可溶性糖含量整体呈上升趋势,说明植物通过光合作用一直在积累能量。南京地区8月份和靖江地区9、10月份可溶性糖含量下降,北京地区7、8月份

可溶性糖含量增长较小(图1)。

综合比较,除*C. betulus*的可溶性糖含量年平均值靖江地区最小外,其他品种均为南京和靖江地区明显高于北京地区。同一地区比较,*C. betulus*的可溶性糖含量均高于其他2品种,说明在能量积累方面,*C. betulus*比其他2品种多。

2.1.2 可溶性淀粉 南京地区各欧洲鹅耳栎可溶性淀粉含量动态变化整体呈上升趋势(图2)。北京地区*C. betulus*呈“S”形曲线,其他2品种呈双峰曲线,6月份3种欧洲鹅耳栎可溶性淀粉含量均降至最低。靖江地区均呈“S”形曲线,9月份可溶性淀粉含量迅速下降,之后上升。

综合比较,3地不同欧洲鹅耳栎的可溶性淀粉含量年平均值均为*C. betulus*>*C. betulus* ‘Lucas’>*C. betulus* ‘Frans Fontaine’,而北京地区各个品种可溶性淀粉含量远大于南京和靖江地区。

### 2.2 矿质营养含量变化

3地不同欧洲鹅耳栎叶片中矿质元素含量均为N>K>P。叶片中N元素动态变化趋势差异较大,‘Frans Fontaine’和‘Lucas’在南京和北京2地N元素含量变化趋势一致,‘Frans Fontaine’呈先升高后降低趋势,‘Lucas’呈先降低后升高趋势,*C. betulus*在南京地区呈上升趋势,在北京地区却相反。靖江地区不同欧洲鹅耳栎N元素含量变化趋势与北

京和南京两地差异较大,‘Frans Fontaine’呈先下降后上升趋势,‘Lucas’和‘C. betulus’呈先上升后下降趋势。3地不同欧洲鹅耳枥叶片内P元素含量动态变化趋势较一致,均为下降趋势,5月份含量最高,9月份含量最低,说明不同欧洲鹅耳枥在生长发育中

对P元素的需求较大。北京和南京2地不同欧洲鹅耳枥叶片内K元素含量变化较一致,南京地区均呈先上升后下降趋势,北京地区均呈下降趋势,而靖江地区‘Frans Fontaine’和‘Lucas’呈上升趋势,‘C. betulus’呈先上升后下降趋势(图3)。

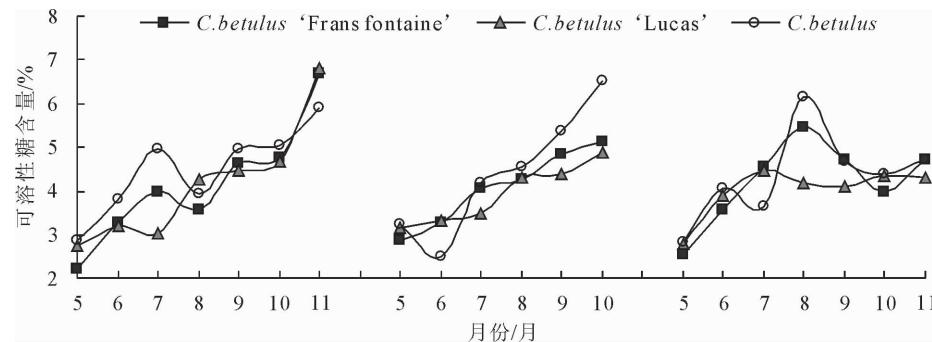


图1 不同欧洲鹅耳枥可溶性糖含量动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of soluble sugar content of different cultivars of *C. betulus*

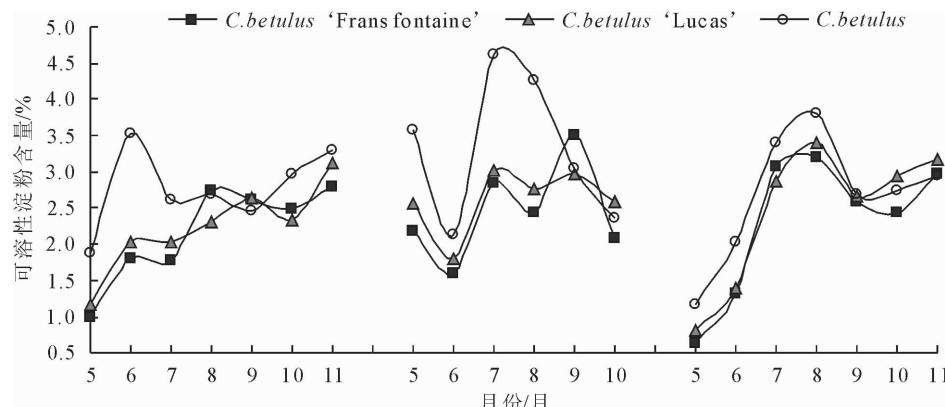


图2 不同欧洲鹅耳枥可溶性淀粉含量动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of soluble starch content of different cultivars of *C. betulus*

综合3地不同欧洲鹅耳枥叶片内各元素的平均值(表2),北京地区欧洲鹅耳枥叶片内N、P、K平均含量均最大,其余2地N含量为靖江>南京,P、K含量为南京>靖江,但南京和靖江地区欧洲鹅耳枥叶片内N、P、K平均含量相差不大,说明环境条件的差异越大对不同欧洲鹅耳枥的生长影响越大。

从种(品种)角度看,综合3地的平均值,N、P含量均为*C. betulus* ‘Frans Fontaine’>*C. betulus* ‘Lucas’>*C. betulus*,K的含量为*C. betulus* ‘Lucas’>*C. betulus*>*C. betulus* ‘Frans Fontaine’,但品种之间含量相差不大,因此‘Frans Fontaine’叶片中矿质元素含量最丰富。

表2 3地不同欧洲鹅耳枥矿质元素平均含量

Table 2 Mineral nutrient average content of different cultivars of *C. betulus* in three regions

地区	种(品种)	全N/(mg·g <sup>-1</sup> )	全P/(mg·g <sup>-1</sup> )	全K/(mg·g <sup>-1</sup> )	氮磷比
北京	<i>C. betulus</i> ‘Frans Fontaine’	10.987	0.594	1.525	18.498
	<i>C. betulus</i> ‘Lucas’	12.326	0.469	1.576	26.274
	<i>C. betulus</i>	10.439	0.481	1.549	21.715
南京	<i>C. betulus</i> ‘Frans Fontaine’	8.673	0.475	1.439	18.266
	<i>C. betulus</i> ‘Lucas’	10.013	0.469	1.411	21.373
	<i>C. betulus</i>	8.125	0.458	1.404	17.750
靖江	<i>C. betulus</i> ‘Frans Fontaine’	12.326	0.426	1.322	28.914
	<i>C. betulus</i> ‘Lucas’	7.947	0.436	1.474	18.234
	<i>C. betulus</i>	8.308	0.364	1.354	22.842

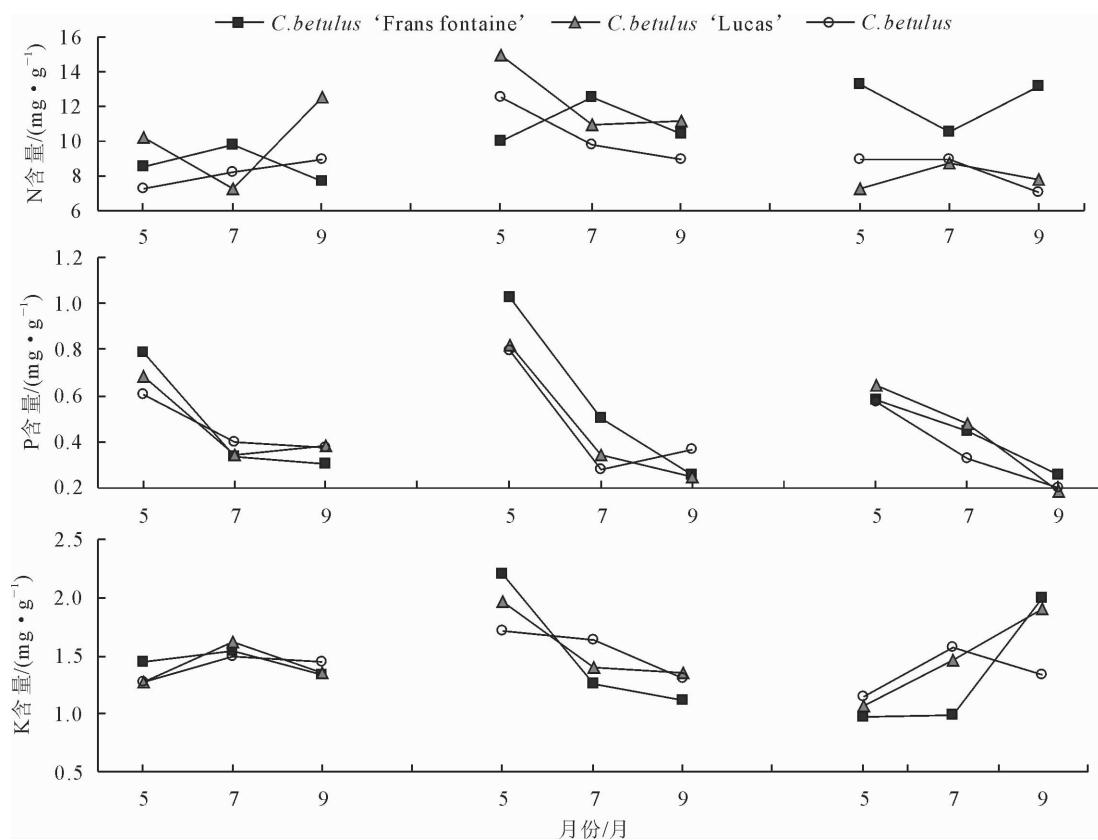


图 3 不同欧洲鹅耳枥 N、P、K 含量动态变化

Fig. 3 Dynamic changes of N, P, K content of different cultivars of *C. betulus*

### 3 结论与讨论

可溶性糖是植物生长发育和基因表达的重要调节因子,是植物体内能量的来源。3 地可溶性糖含量夏季降低的趋势可能是因为夏季不同欧洲鹅耳枥由于受到高温和高光强胁迫导致净光合速率大幅下降<sup>[9]</sup>,致使可溶性糖合成较少,而植物消耗的能量不变所致。

植物光合作用的产物最终是以淀粉的形式贮存在植物体内,是植物能量的来源。南京地区可溶性淀粉含量季节动态变化趋势是因为南京地区各欧洲鹅耳枥品种展叶早,通过光合作用积累的能量多,整体呈上升趋势。北京地区 3 种欧洲鹅耳枥可溶性淀粉含量在 6 月份均降至最低可能是因为北京地区各品种展叶晚,5 月份叶子较为稀疏,单株光合能力有限,不能满足植物本身的消耗,至 6 月份植株完全长开,其通过光合作用产生的能量才开始逐渐积累,9 月份后可溶性淀粉含量不断下降,主因欧洲鹅耳栎在北京地区的光合周期较短,10 月份即开始落叶,各品种净光合速率急剧下降,因此需要消耗能量储备以维持植物生长。在 8、9 月 3 地各欧洲鹅耳枥可溶性淀粉含量具有一定幅度的降低,是因为夏季高温和高光强导致植物净光合速率降低,可溶性糖合

成减少,植物生长需要能量消耗,因此,淀粉作为植物体内的最终能量来源,也有一定程度的降低。北京地区不同欧洲鹅耳枥的可溶性淀粉含量年平均值远大于南京和靖江地区,说明北京地区夏季受高温和强光抑制时间较短,各欧洲鹅耳枥能量消耗较南京和靖江 2 地少,且适当低温有利于可溶性淀粉的积累,这可能是为北京地区欧洲鹅耳枥经历更长的冬季低温期做准备,是植物对环境的一种适应。

从品种(种)角度而言,*C. betulus* 叶片中可溶性糖与可溶性淀粉含量的年平均值最高,说明 *C. betulus* 在碳素营养积累方面有较大的优势,其次是‘Lucas’、‘Frans Fontaine’。‘Frans Fontaine’的光合能力较 *C. betulus*、‘Lucas’ 低<sup>[10]</sup>,说明其合成的营养物质较少,加之其生长速度远快于 *C. betulus* 和‘Lucas’,消耗的能量较多,因此,在碳素营养积累上优势不明显。从栽培地点而言,北京地区各品种的可溶性糖和可溶性淀粉含量均最高,说明植物的碳素营养作为植物营养的储备库在纬度较低地区储备量较大,因此可供植物消耗的量相对较少,所以,北京地区各欧洲鹅耳枥的苗高相对生长量较南京和靖江地区少,从另一个角度来说,北京地区冬季室外温度较低,冬季低温期也较长,植物这种碳素营养积累也是为度过较长的冬季低温期及初春的萌芽做准

备,是植物自身对环境的一种适应机制。

N是影响植物枝叶生长及光合作用的主要矿质元素,P、K含量的高低与植物的抗性息息相关,植物叶片中矿质元素的含量可以反映植物树体的营养状况,也可间接反映土壤肥力水平<sup>[11-13]</sup>。不同地区各欧洲鹅耳枥叶片内N元素含量动态变化的规律性不强,P、K元素具有较强的规律性,特别是P元素规律性较一致,均呈下降趋势,说明土壤中的P元素含量不足以供应各欧洲鹅耳枥生长的需求。N、P比可以作为营养元素的指示剂反映对生产力起限制性作用的元素<sup>[14]</sup>,当N、P比>16时,表明磷的含量限制植物的生长,N、P比<14时表明氮的含量限制植物的生长,而N、P比在两者之间时,N与P单独或共同影响植物的生长<sup>[15]</sup>。3个地区中不同欧洲鹅耳枥叶片N、P比范围为17.750~28.914,均>16,属于P含量制约植物生长类型。结合P元素的动态变化规律及N、P比情况,各欧洲鹅耳枥的繁殖栽培需注意磷肥的施用。

北京地区各欧洲鹅耳枥叶片中的碳素营养及矿质营养含量均最大,说明北京地区各品种树体营养状况较好,土壤的供肥能力也较好,适宜各欧洲鹅耳枥的营养积累。根据生态相似性原理,欧洲鹅耳枥材料来源于法国,属温带气候型,北京地区的气候与原产地生态相似度最高,因此从生态学角度而言,北京是3地中最适宜的生长地区,与从营养生物学角度得出的结论相吻合,但北京地区各欧洲鹅耳枥的生长速度并非最快,可能是由于气候环境的原因,在能量积累水平相差不大时,积累的越多则可供消耗的越少,因此植物的生长量较低。

## 参考文献:

- [1] 嘉颖.漫话鹅耳枥[J].花木盆景,2002(10):62.
- [2] 赵德英.‘寒富’苹果光合生理及碳素物质代谢研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2009.
- [3] 袁炜群,黄旭明,王惠聪,等.‘糯米滋’荔枝碳素营养储备动态与坐果的关系[J].园艺学报,2009,36(11):1568-1574.  
YUAN W Q, HUANG X M, WANG H C, et al. Seasonal changes in carbon nutrition reserve in nuomici litchi trees and its relation to fruit load[J]. Acta Horticulture Sinica, 2009, 36(11): 1568-1574. (in Chinese)
- [4] 蒋彭炎,洪晓富,徐志福,等.早籼稻有效茎与无效茎碳素营养的比较研究[J].中国水稻科学,1999,13(4):211-216.  
JIANG P Y, HONG X F, XU Z F, et al. Comparision of carbon nutrition between effective tillers and ineffective tiller in rice [J]. Chinese J. Rice Sci., 1999, 13(4): 211-216. (in Chinese)
- [5] 郑瑞杰,王德永,雷鸣.日本栗叶片矿质营养元素含量年动态变化的研究[J].西北林学院学报,2008,23(4):14-17.  
ZHENG R J, WANG D Y, LEI M. Annual dynamic changes of the mineral nutrition contents in leaves of *Castanea crenata* Sieb. et Zucc[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(4): 14-17. (in Chinese)
- [6] 冀爱青,朱超,彭功波,等.不同早实核桃品种叶片矿质元素含量变化及其与产量的关系[J].植物营养与肥料学报,2013,19(5):1234-1240.  
JI A Q, ZHU C, PENG G B, et al. Relationship between yield and mineral element contents in leaves of four early walnut cultivars[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2013, 19(5): 1234-1240. (in Chinese)
- [7] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [8] 邓穗生,洪彩香.靛酚兰比色法测定植物全氮含量方法的改进[J].热带农业科学,2013,33(4):5-7,29.  
DENG S S, HONG C X. Improvement of phenol method for determining nitrogen in plant[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2013, 33(4): 5-7, 29. (in Chinese)
- [9] 施曼,程龙霞,祝遵凌.不同地区欧洲鹅耳枥光合特性研究[J].西南农业学报,2015,28(1):105-109.  
SHI M, CHENG L X, ZHU Z L. Studies on photosynthesis characteristic of *Carpinus betulus* in different areas[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(1): 105-109. (in Chinese)
- [10] 施曼,程龙霞,祝遵凌.欧洲鹅耳枥光响应曲线模型拟合及应用[J].福建林学院学报,2014,34(4):349-355.  
SHI M, CHENG L X, ZHU Z L. Model fitting and application of light response curves of *Carpinus betulus*[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2014, 34 (4): 349-355. (in Chinese)
- [11] 李颖岳.引进台湾青枣品种设施栽培的对比研究[D].北京:北京林业大学,2005.
- [12] 袁紫倩,杨先裕,凌骅,等.薄壳山核桃‘马汉’叶片主要矿质营养元素生育期动态变化特征[J].西北植物学报,2014,34(7):1443-1449.  
YUAN Z Q, YANG X Y, LING H, et al. Dynamic changes of leaves' main mineral elements in pecan ‘Mahan’s growth period[J]. Acta Bot. Boreal. Occident. Sin., 2014, 34 (7): 1443-1449. (in Chinese)
- [13] 张东亚,赵蕾,安鹭,等.伊犁地区红富士苹果园土壤和叶片养分状况调查分析[J].西北林学院学报,2014,29(3):71-74.  
ZHANG D Y, ZHAO L, AN L, et al. Investigation and analysis nutrient status of Red Fuji apple orchard soil and leaf in Yili area[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(3): 71-74. (in Chinese)
- [14] TESSIER J T, RAYNAL D J. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation[J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 40 (3): 523-534.
- [15] KOERSELMAN W, MEULEMAN A F M. The vegetation N:P ratio:a new tool to detect the nature of nutrient limitation[J]. Journal of Applied Ecology, 1996, 33(6): 1441-1450.