

# Study on Growth Rhythm Fraxinus Chinensis of Different Green Period Trees

Qinghua Pan

Beijing Academy of Forestry and Pomology Sciences, Beijing  
Email: qinghua\_pan@sina.com

Received: Oct. 17<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 7<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 14<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

This paper investigates the germplasm resources of Fraxinus Chinensis of road tree in Beijing area, and observes its botany characteristics & biological properties, and studies its growth rhythm. The results showed that a complete growth cycle of a leaf is about 25 days; Peak growth of some plants is only once; Other plants is two times. Deciduous period of long green Fraxinus tree is in the end of November to early December and its green period has up to 261 days. While the shortest green period is only 200 days, deciduous period of short green Fraxinus tree is in mid-October.

## Keywords

Fraxinus Chinensis, Different Green Period, Growth Rhythm

---

# 北京地区不同绿期白蜡资源及生长节律研究

潘青华

北京市林业果树科学研究院, 北京  
Email: qinghua\_pan@sina.com

收稿日期: 2019年10月17日; 录用日期: 2019年11月7日; 发布日期: 2019年11月14日

---

## 摘 要

本文对北京地区行道树白蜡种质资源进行调查, 观测其植物学特征及生物学特性, 并研究其生长规律。绿期长的白蜡树叶片颜色较深, 11月底或12月初开始落叶, 全年最长绿期达261天; 而绿期短的白蜡树

叶片一般呈浅绿色,于10月中旬开始落叶,全年绿期200天左右。白蜡树叶片一个完整发育周期约为25天。不同性状的单株,其叶片在发育过程中有的是1次生长峰值,有的出现2次生长峰值。

## 关键词

白蜡,不同绿期,生长节律

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

木犀科(*Oleaceae*)白蜡属(*Fraxinus*)在全世界约有65种,我国约有30余种,分布范围较广,南至广东、广西,北至辽宁、吉林,东至江苏、浙江,西至四川、云南等地。白蜡树(*Fraxinus chinensis*)为落叶乔木,奇数羽状复叶,生长快,寿命长,抗逆性强,具有较高的生态经济价值,是优良的行道树种[1]。徐士印和李淑娴等人从事白蜡种子育苗研究,发现了最适宜白蜡种苗的生长环境[2][3]。王友平、孟昭和等运用扦插、组织培养等无性繁殖方式,发现了具有寿命长、易繁殖、后期生长速度快、材质好,具有耐盐碱、耐涝、抗病虫害等特点的白蜡优良单株[4][5]。针对白蜡属的嫁接也有较多研究[6]。刘晓芳等人对白蜡进行了抗性研究,发现白蜡相对于国槐、银杏、悬铃木等其他主要行道树种具有较强抗寒性,是园林绿化兼防护功能于一体的优良行道树种[7]。白蜡树是我国重要的行道树种和盐碱地土壤改良的重要绿化树种,其频度约占行道树总数的25%。但是白蜡树绿期相对较短,且性状分离严重,美化度较低,经过调查发现不同白蜡单株叶片的绿期与叶形都呈现明显分化,研究白蜡的物候期与生长规律,对于城市绿化树种的应用与合理管护具有重要意义。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

以北京城区行道树白蜡为本文试验材料。用于叶片及新梢生长指标测定的材料为北京市林业果树科学研究院内苗圃中5年生白蜡嫁接苗。

### 2.2. 研究方法

#### 2.2.1. 物候期观测

2015年至2017年连续3年对北京地区栽植的行道树白蜡进行物候期调查,物候期按常规方法调查,每年从3月份冬芽萌动开始,直至树体上叶片全部脱落,记录冬芽膨大期、芽开放期、展叶始期、展叶盛期、落叶始期和落叶末期等指标。

#### 2.2.2. 生长特性研究

##### 1) 新梢及叶片生长测定方法

选择不同性状白蜡各10株,分别以每株生长最旺盛的主枝作为测定的标准枝,从前一对叶片开始展开测定最顶生叶及其所在节的长和基部节粗,直至该叶片停止伸长及加宽生长、节间停止伸长和加粗生长为止。

## 2) 新梢及叶片生长规律的分析方法[8]

运用 logistic 方程  $Y = \frac{K}{1 + Me^{RX}}$  ( $Y$  为各指标生长量,  $X$  为生长时刻,  $K$ 、 $M$ 、 $R$  为三参数, 利用 SPSS17.0

软件可计算  $K$ 、 $M$ 、 $R$ ) 拟合节间及叶片的生长规律, 速生点  $X = \frac{1}{R} \ln M$ 、速生期  $X = \frac{1}{R} \ln \left( \frac{M}{2 + \sqrt{3}} \right)$  及相应生长曲线。

### 2.2.3. 年生长节律调查与分析

对不同性状的 5 年生白蜡嫁接苗进行调查, 各 10 株。每 10 天测定一次主干高度, 求其日平均生长速度。田间管理条件一致。运用 Excel 软件绘出生长速度 - 时间曲线图[9]。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 白蜡不同绿期资源

对北京地区城市行道树白蜡树不同绿叶期进行系统调查, 发现白蜡树个体之间绿叶期具有明显地分化。北京地区行道树白蜡资源不同绿期分成 6 大类, 见下表 1。

**Table 1.** Resources of fraxinus trees in Beijing was classify by different green period

**表 1.** 北京地区不同绿叶期白蜡资源主要类型

类型	主要特性
长绿期叶色深尖叶型(I 型)	绿叶期长, 叶色深绿、顶生小叶叶尖渐尖, 叶面窄披针形
短绿期叶色浅圆叶型(II 型)	绿叶期短, 叶色浅绿, 顶生小叶叶尖钝, 叶面宽, 圆形
长绿期叶色浅尖叶型(III 型):	绿叶期长, 叶色浅绿, 顶生小叶叶尖渐尖, 叶面窄披针形
短绿期叶色深圆叶型(IV 型):	绿叶期短, 叶色深绿, 顶生小叶叶尖钝, 叶面宽, 圆形
长绿期叶色深圆叶型(V 型):	绿叶期长, 叶色深绿, 顶生小叶叶尖钝, 叶面宽, 圆形
短绿期叶色浅尖叶型(VI 型):	绿叶期短, 叶色深绿, 顶生小叶叶尖渐尖, 似柳叶状

**Table 2.** Phenophase of 6 different green periods of fraxinus trees

**表 2.** 6 个不同绿期白蜡树物候期观测结果

类型	芽始膨期	芽开放期	展叶始期	展叶盛期	开花始期	开花末期	落叶始期	落叶末期
I型	3.12	3.16	3.19	3.26	3.18	3.30	11.28	12.30
II型	4.20	4.60	4.80	4.12	4.90	4.15	10.16	10.21
III型	3.15	3.20	3.22	3.28	3.22	4.20	11.15	11.23
IV型	4.40	4.70	4.10	4.13	4.90	4.16	10.25	11.20
V型	3.18	3.23	3.26	3.30	3.30	4.60	11.12	11.17
VI型	3.26	3.30	4.30	4.90	4.60	4.19	11.20	11.90

由表 2 可见, 不同类型白蜡的物候期有一定差异。芽是膨大期最早的是 I 型, 最晚的是 IV 型, 前后相差达 20 天。从 9 月下旬至 12 月初, 不同的个体陆续落叶, 落叶期最早的为 II 型, 最早落叶的单株为 9 月下旬开始落叶, 最晚的是 I 型, 落叶最晚的单株为 12 月初。前后相差约 40 天。长绿期白蜡的全年最长绿期可达 261 天, 而最短天数的短绿期白蜡仅有 199 天, 而叶色深的白蜡较叶色浅的绿期普遍要长,

尖叶型白蜡的绿期也要长于圆叶型白蜡，分析其原因可能是尖叶型白蜡叶面积要小于圆叶型，它们的表皮细胞排列紧密，细胞壁较厚，叶片内的叶绿素更为稳定，对于气温的感应没有短绿期白蜡灵敏，叶绿素分解缓慢，所以绿期较长。

### 3.2. 生长特性研究

#### 3.2.1. 白蜡叶片生长特性研究

六种类型白蜡叶片生长期的生长规律与生长天数关系如图1、图2和图3。

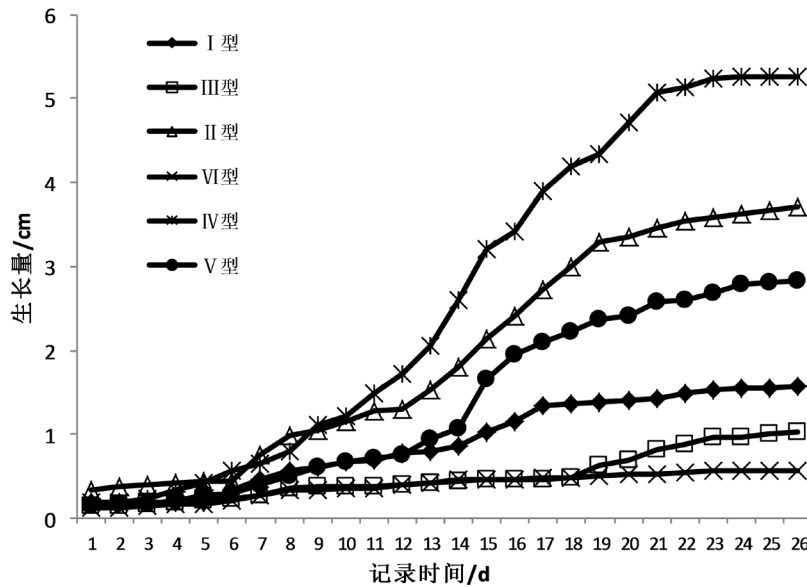


Figure 1. Widening growth rhythm of leaflet on 6 different green period of fraxinus trees  
图1. 6个不同绿期白蜡树小叶加宽生长规律

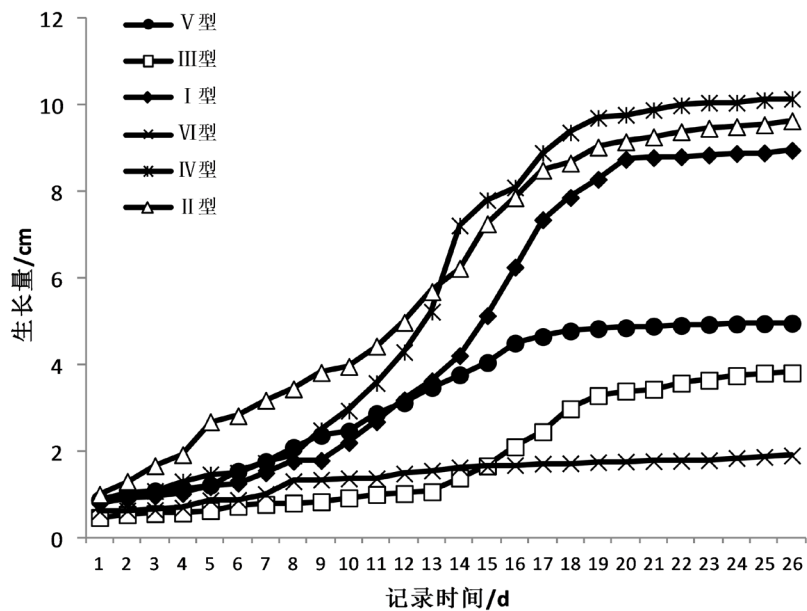
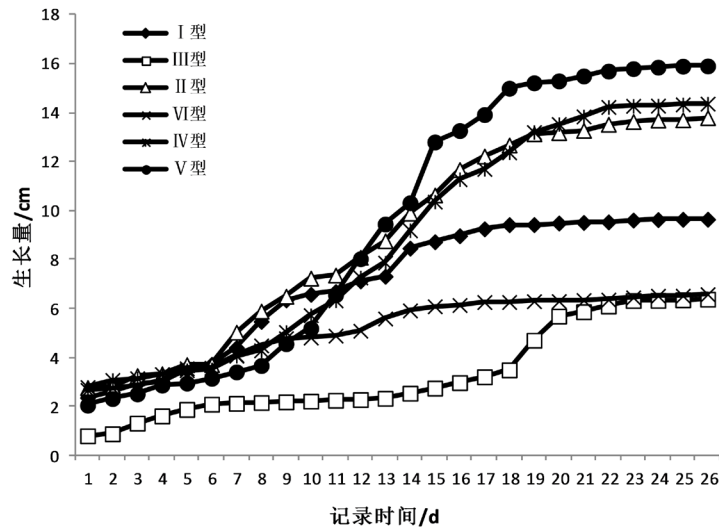


Figure 2. Lengthening growth rhythm of leaflet on 6 different green period of fraxinus trees  
图2. 6个不同绿期白蜡树小叶伸长生长规律

结合以上两图，II型、IV型、V型在叶片加宽与伸长生长过程中呈现明显的S型加速期，而伸长生长要比加宽生长提前3天左右进入速生期；I型的加宽于伸长生长时间几乎同步，其伸长生长曲线斜率却远大于加宽生长；III型、VI型的生长节奏明显较其他类型要缓慢，III型的伸长生长有5天左右的速生期，而VI型的生长速率一直处于平缓状态。



**Figure 3.** Lengthening growth rhythm of multi-leaflet on 6 different green period of fraxinus trees  
**图 3.** 6个不同绿期白蜡树复叶伸长生长规律

从以上图中可看出，白蜡单叶的一个完整生长周期为25 d左右，其伸长、加宽生长规律基本都呈S型，而白蜡的复叶伸长较单叶要提前5天完成生长。尖叶型白蜡长势较圆叶型的更缓慢，其原因可能是当年四、五月份气温回暖较快，较高的气温对叶片的长度和面积增长有利，而尖叶型白蜡对于高温天气不敏感，其长势相对缓慢。IV型白蜡单叶伸长生长没有加宽生长趋势明显，可能是由于IV型对于光照强度最为敏感，光合效率更高，充分吸收水分，有利于叶片的加宽生长。

### 3.2.2. 叶片生长节律的拟合曲线

白蜡叶片的伸长生长节律遵循 Logistic 方程  $Y = \frac{K}{1 + e^{M+RX}}$ ，不同类型白蜡的单叶宽、单叶长、复叶长的生长拟合参数都存在较明显差异(见表 3)，而方程的决定系数介于 0.934~0.991 之间，表明拟合方程达到了极显著相关水平，其叶片的速生点与速生期见表 3。

**Table 3.** Fitting logistic equation of leaflet/multi-leaflet of 6 different green period of fraxinus trees  
**表 3.** 6个不同类型白蜡树小叶与复叶的 logistic 拟合方程

类型	单叶宽	单叶长	复叶长
I型	$y = 1.681/(1 + e^{(2.65 - 0.213x)})$	$y = 10.420/(1 + e^{(2.401 - 0.209x)})$	$y = 9.994/(1 + e^{(1.662 - 0.226x)})$
II型	$y = 4.121/(1 + e^{(3.203 - 0.223x)})$	$y = 9.708/(1 + e^{(3.935 - 0.281x)})$	$y = 14.886/(1 + e^{(2.037 - 0.196x)})$
III型	$y = 14.417/(1 + e^{(4.556 - 0.0788x)})$	$y = 4.716/(1 + e^{(3.317 - 0.198x)})$	$y = 19.321/(1 + e^{(2.983 - 0.0935x)})$
IV型	$y = 5.597/(1 + e^{(4.176 - 0.291x)})$	$y = 10.519/(1 + e^{(4.009 - 0.323x)})$	$y = 16.398/(1 + e^{(2.309 - 0.184x)})$
V型	$y = 2.991/(1 + e^{(4.144 - 0.281x)})$	$y = 5.257/(1 + e^{(2.222 - 0.227x)})$	$y = 16.873/(1 + e^{(3.194 - 0.268x)})$
VI型	$y = 0.572/(1 + e^{(1.608 - 0.199x)})$	$y = 1.859/(1 + e^{(1.173 - 0.215x)})$	$y = 6.802/(1 + e^{(0.756 - 0.171x)})$

从表 4 中看出, 6 个不同性状白蜡的叶片生长规律有一定区别, 除 IV 型、V 型的速生点基本一致外, 其他几个类型的速生点差异较大, 其中 I 型的单叶加宽生长与复叶生长速生点为最大差值 7 天, 其原因可能是 I 型的生长初期对于光照强度的感应不敏感, 叶片优先进行伸长生长; 而 III 型的叶片生长初期对于光强度更为敏感, 优先进行加宽生长。单叶的伸长、加宽生长速生期约为 10~12 d, 而复叶的速生期延续时间长, 达 12~16 d。I 型、III 型、V 型类型白蜡的速生期均为 10 天左右, 优于其它类型, 可见长绿期型白蜡的叶片生长速度更快, 而 I 型的复叶速生点在第 8 天, 比 III 型、V 型的生长期更快。据统计, 在速生期内的生长量占全部测量期生长总量的 60% 以上, 最高可达 93.43%。

**Table 4.** Fast spot & sudden growth period of leaflet/multi-leaflet on 6 different green periods of fraxinus trees  
**表 4.** 6 个不同绿期白蜡树单叶和复叶速生点与速生期

类型	项目	速生点/d	最大速率 ( $\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$ )	速生期/d	净生长量 /cm	占总生长 量%	拟合与实测值 相关系数
I型	单叶长	10	0.408	6~16	3.284	80.45	0.991
	单叶宽	15	0.190	6~17	1.146	82.80	0.988
	复叶	8	1.150	3~15	6.390	87.78	0.989
II型	单叶长	12	1.030	5~17	6.742	78.01	0.989
	单叶宽	8	0.306	6~18	2.570	76.31	0.990
	复叶	10	1.326	5~16	8.408	76.30	0.991
III型	单叶长	16	0.318	13~20	2.370	70.83	0.966
	单叶宽	19	0.138	15~21	0.530	60.92	0.966
	复叶	18	1.210	13~22	3.994	71.6	0.934
IV型	单叶长	14	1.994	9~16	8.050	85.82	0.989
	单叶宽	14	0.594	8~16	2.180	81.65	0.988
	复叶	14	1.470	7~18	12.940	93.43	0.983
V型	单叶长	14	1.122	8~19	7.250	89.51	0.984
	单叶宽	14	0.616	8~19	4.438	87.47	0.998
	复叶	13	1.320	5~21	10.520	90.92	0.984
VI型	单叶长	9	0.294	3~12	0.852	66.50	0.985
	单叶宽	14	0.058	5~13	0.293	67.20	0.987
	复叶	12	0.322	3~15	2.298	71.43	0.988

### 2.2.3. 新梢年生长特性研究

6 个不同性状白蜡树的新梢在北京地区不同月份日平均生长速率及新梢每半月高度变化曲线如图 4 和图 5 所示。

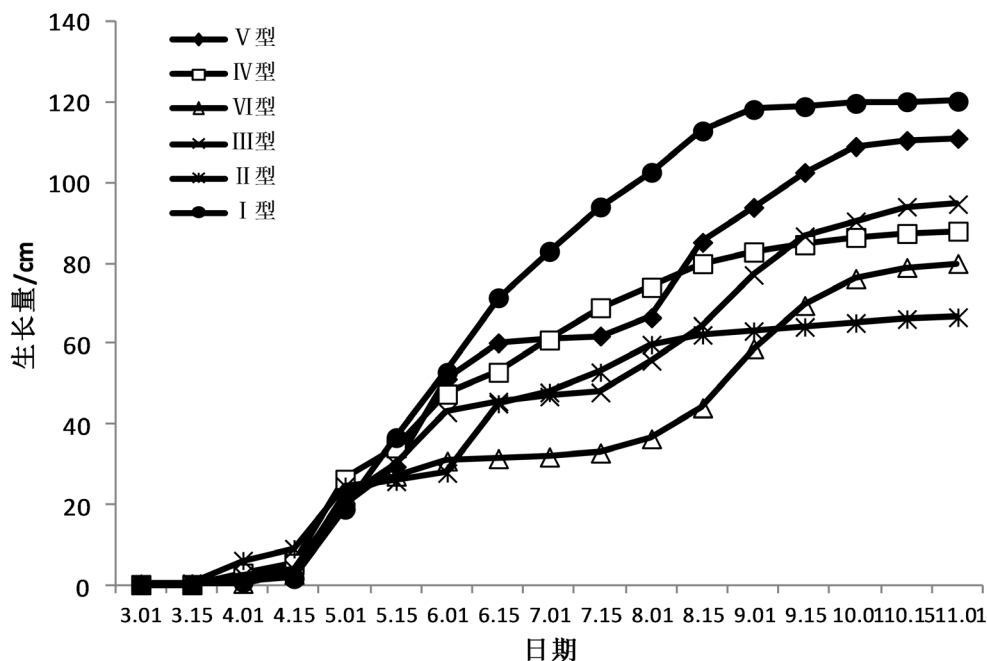


Figure 4. Lengthening annual growth rhythm of new-tip on 6 different green period of fraxinus trees  
图 4. 6 个不同绿期白蜡树新梢年生长规律

从图 4 中看出, III 型、V 型、VI 型白蜡生长节律基本相似, 从 3 月中旬至 3 月底萌芽, 4 月中旬至 6 月上旬进入速生期, 6 月上旬或 6 月中旬便形成顶芽, 基本停止新梢生长, 进入 7 月中下旬后又有一个明显的生长期, 春梢突破顶芽继续生长, 形成秋梢, 于 10 月份左右停止生长。I 型、IV 型白蜡全年生长没有一个明显的停歇期, 5 月份生长速度最快, 半个月最高可达 21 cm, 直到 9 月份生长才趋于延缓, 11 月份进入休眠期。III 型、V 型、VI 型在全年生长过程中呈现二次生长趋势, 其原因可能是由于对于水分表现较为敏感, 6、7 月份天气炎热、干旱, 植物生长所需水分不够, 而上一年体内积累养分也已经耗尽 [7], 所以进入生长延缓期。

由图 5 可知, I 型、IV 型白蜡新梢生长速率曲线只出现一个波峰, 都于 4 月进入生长旺盛期, I 型较 IV 型生长高峰要晚一个月左右, I 型生长量也远大于 IV 型, 其迈过生长高峰后生长趋势均逐步放缓; 其余四种类型白蜡新梢生长速率曲线均出现两个波峰, 其中, V 型的生长曲线波峰最为明显, 其春梢生长迅猛, 6 月呈现第一次波峰, 于 7 月下旬封顶, 生长第一次减缓, 9 月又进入秋梢生长期呈现第二次波峰; II 型、III 型、VI 型均于 4、5 月份出现第一次生长高峰期, III 型、VI 型的第二次生长高峰期在 9 月份, 而 II 型的第二次生长高峰出现在 7 月左右。

## 4. 结论与讨论

白蜡的绿期呈现明显分化, 其中绿期最长的白蜡树可达 260 多天, 而最短绿期的单株全年绿不到 200 天。

通过对 6 个不同性状的 5 年生白蜡嫁接苗的生长指标观测, 叶片的生长速度曲线呈 S 型规律, 而新

梢的生长普遍出现 2 次生长峰值期, 利用 logistic 模型拟合 6 个不同性状的单叶加宽生长、单叶伸长生长及复叶伸长生长方程, 发现方程决定系数都在 0.93 以上, 达极显著相关水平, 用 logistic 方程模拟白蜡的伸长生长具有很高的精确度, 4、5 月份为明显的生长速生季节, 白蜡叶片的一个完整生长周期约为 25 天左右。

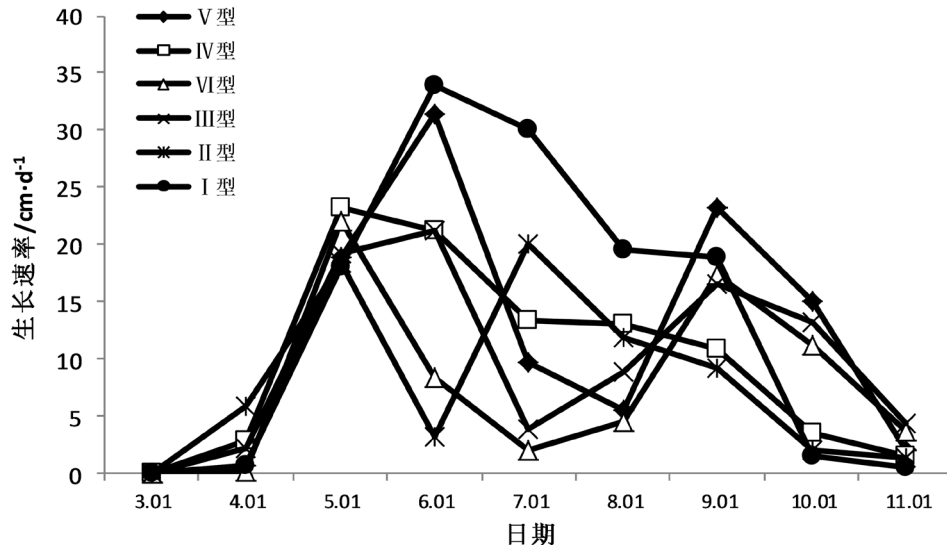


Figure 5. Lengthening annual growth rhythm of new-tip on 6 different green period of fraxinus trees  
图 5. 6 个不同绿期白蜡树年生长速率曲线

不同性状的白蜡树新梢生长节律明显不同。短绿期叶色深顶生小叶圆叶形(IV 型)和绿期长叶色深顶生小叶圆叶形(V 型)的新梢在全年生长中表现一次生长峰型, 其它 4 个性状白蜡树分别于 6 月份和 9 月份出现明显的二次生长峰值。短绿期叶色浅顶生小叶圆形(II 型)、短绿期叶色浅顶生小叶披针形(VI 型)生长速度相对较慢, 全年生长量小。

白蜡树中是否存在顶生小叶是圆形叶的植株全年生长只出现一次峰值的现象有待于进一步研究; 利用白蜡叶片生长及新梢生长规律, 可人为采用相应措施有效促进白蜡胸径和树高的增长[10] [11], 为栽培管理提供技术参考。

## 基金项目

北京市农林科学院创新能力建设专项“林果种质收集、评价与创制”。

## 参考文献

- [1] Jacques, D., Fernandez-Manjares, J., Buiteveld, J., et al. (2013) Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.). In: *Forest Tree Breeding in Europe: Current State-of-the-Art and Perspectives*, Springer, Berlin, 403. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9_9)
- [2] 崔铁成. 陕西白蜡树属植物资源[J]. 陕西林业科技, 1987(2): 9-12.
- [3] 王友平. 白蜡良种选育研究的现状与对策[J]. 山东林业科技, 2007(6): 81-83.
- [4] 孟昭和. 绒毛栉的引种与无性系选育初报[J]. 山东林业科技, 1993(3): 26-28.
- [5] 吴学, 刘玫, 孙建新, 曹维华. 白蜡嫁接水曲柳育苗技术[J]. 林业实用技术, 2004(9): 22.
- [6] 张桂芹, 王金国, 等. 几种影响水曲柳嫁接成活与生长的因素分析[J]. 林业科技, 2009, 34(1): 12-15.
- [7] 刘晓芳, 李萍, 帕提古丽. 紫叶白蜡抗寒性研究[J]. 防护林科技, 2008, 5(86): 3-5.



- [8] 崔党群. Logistic 曲线方程的解析与拟合优度测验[J]. 数理统计与管理, 2005, 24(1): 112-115.
- [9] 潘青华, 李海龙, 张玉平. 黄栌新品种(新类型)生物学特征研究[J]. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 2010(4): 368-370.
- [10] Weber-Blaschke, G. and Rehfuss, K.E. (2002) Correction of Al Toxicity with European Ash (*Fraxinus excelsior* L.) Growing on Acid Soils by Fertilization with Ca and Mg Carbonate and Sulfate in Pot Experiments. *Forest Ecology & Management*, **167**, 173-183. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00723-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00723-X)
- [11] 吴俊杰, 刘方春, 马丙尧, 等. 滨海盐碱地白蜡的施肥效应[J]. 林业科技开发, 2013, 27(5): 57-60.