

## 薄壳山核桃‘Mahan’生物学特性及落果规律研究

徐奎源<sup>1</sup>, 杨先裕<sup>2,3</sup>, 袁紫倩<sup>2,4</sup>, 凌 骅<sup>2</sup>, 夏国华<sup>2</sup>, 黄坚钦<sup>2</sup>, 吴连海<sup>3</sup>, 王正加<sup>2\*</sup>

(1. 浙江省建德市林业技术推广中心, 建德 311600; 2. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 临安 311300; 3. 浙江省丽水市林业科学研究院, 丽水 323000; 4. 浙江省杭州市林业科学研究院, 杭州 310016)

**摘 要:** 为掌握薄壳山核桃生长习性及其落果规律, 以‘Mahan’品种为研究对象, 系统观测其开花结实物候期及其落果规律。结果表明, 薄壳山核桃短果枝的芽一般为混合芽, 芽体饱满, 鳞片紧包, 近圆形, 萌发后长出结果枝和复叶, 基部侧芽形成雄花序, 并在近顶端形成雌花序。‘Mahan’花芽于3月中下旬开始萌动, 3月底顶芽和雄花芽开绽, 顶芽抽生结果枝, 雄花芽抽生雄花序。4月初开始展叶, 20 d以后基本达到叶面积最大值。结果枝、复叶、叶长和叶宽生长过程呈“S”曲线生长, 与 Logistic 生长模型高度拟合。通过相关性分析显示结果枝、复叶、叶长和叶宽生长与有效积温呈显著正相关。‘Mahan’第1次落果现象出现在6月中旬到6月底, 落果数占总果数的16.27%; 第2次落果现象是在7月初至7月中旬, 落果率达到68.75%; 第3次落果现象是在8月份, 落果率为2.2%。

**关键词:** Mahan; 物候期; 生物学特性; 落果规律

中图分类号: S664.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)02-0165-06

### Biological characteristics and fruit drop of *Carya illinoensis* ‘Mahan’

XU Kuiyuan<sup>1</sup>, YANG Xianyu<sup>1,2</sup>, YUAN Ziqian<sup>2,4</sup>, LING Hua<sup>2</sup>,  
XIA Guohua<sup>2</sup>, HUANG Jianqin<sup>2</sup>, WU Lianhai<sup>3</sup>, WANG Zhengjia<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Jiande Popularizing Technique of Forestry, Jiande 311600;

2. The Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300;

3. Lishui Academy of Forestry of Zhejiang Province, Lishui 323000;

4. Hangzhou Academy of Forestry, Hangzhou 310016)

**Abstract:** The flowering and fruiting habits of ‘Mahan’ pecan were observed to study its biological characteristics and physiological fruit drop. The results showed that the pecan buds on the fruiting spur are usually mixed buds in near-round shape and tightly packed with scales. After germination, fruit bearing-branches elongated and compound leaves appeared. The male inflorescence was developed from the lateral buds on the low portion of the branch and the female inflorescence was developed from the proximal top of the branch. From mid to late March, buds swelled and their outer scales shed. The inner scales split and the male inflorescence appeared and bloomed on an extended fruiting branch from the apical bud in late March. In early April, leaves expanded and reached the maximum size after 20-d growth. The growth patterns of the fruit-bearing branch, compound leaf, leaf length and leaf width all showed an "S" curve, which highly fit in the logistic growth model. A correlation analysis indicated a significantly positively correlation between the growth and the effective accumulated temperature. The first time of the fruit dropping occurred at early to late June with a fruit dropping rate of 16.27%. The second time of the fruit dropping occurred from early to mid July with a fruit dropping rate of 68.75%. The third fruit dropping time was in August with a fruit dropping rate of 2.2%.

**Key words:** Mahan; phenological period; biological characteristics; fruit dropping

收稿日期: 2014-08-27

基金项目: 浙江省科技厅重大项目(2011C14010), 杭州市科技局项目(20120232B83, 20130432B99), 浙江省林业厅项目(2014B01, 2010B09), 浙江省重大科技专项(2012C1202), 浙江省重中之重林学一级学科开放基金(KF201309)和宁海县科技项目(20120909)共同资助。

作者简介: 徐奎源, 高级工程师。E-mail: xkuu20047@126.com

\* 通信作者: 王正加, 博士, 教授。E-mail: wzj@zafu.edu.cn

薄壳山核桃(*Carya illinoensis* (Wangench.) K. Koch), 又名美国山核桃、长山核桃、长寿果、碧根果, 是胡桃科(Julandaceae)山核桃属(*Carya* Nutt)植物, 是一种重要的木本油料树种, 又是珍贵的干果树种<sup>[1]</sup>。薄壳山核桃是典型的异花授粉植物, 在菜园中往往由于品种单一、花期不遇、授粉不良、水肥管理不到位等往往造成落果严重、产量低、果实品质差及大小年明显等问题<sup>[2-4]</sup>。长期以来, 人们对薄壳山核桃的生长习性研究不多, 许多农民也曾试图进行人工规模栽培, 但由于不掌握其生长习性, 无相对科学合理的抚育管理措施, 其在早期落花落果严重, 致使薄壳山核桃的产量和种植面积增长不快, 已严重制约着这一优良干果树种的推广<sup>[5]</sup>。‘Mahan’作为我国早期筛选的大果型优良品种已经在江、浙、赣、豫等地区发展推广并已进入结果期。‘Mahan’在美国原产地早期且丰产性好, 但容易造成果树负载量过大, 稳产性较差, 且后期果实品质下降<sup>[6]</sup>。本文通过对薄壳山核桃‘Mahan’品种新梢生长、果实发育规律、凋落等物候期的研究, 为薄壳山核桃的抚育管理、优质栽培技术提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验地位于浙江省建德市莲花镇齐平村薄壳山核桃早实丰产试验林基地, 地处 119°18'21"E, 29°34'42"N, 海拔 110 m, 坡度 25°, 2002 年嫁接造林, 2000 余株。年平均温 16.9°C, 无霜期 254 d, 2012 年年均日照总时数为 1760 h, 年降雨量 1818.8 mm。土壤类型为石灰岩发育形成的石灰性土壤, 土壤 pH 6.0~6.5, 土壤全量 N、全量 P 和全量 K 分别为 1.02、0.36 和 12.16 g·kg<sup>-1</sup>, 水解 N、速效 P 和速效 K 分别为 101.43、5.92 和 102.08 mg·kg<sup>-1</sup>。供试采料为薄壳山核桃 Mahan 品种 12 年生的健康植株。

### 1.2 物候观察和特性研究方法

**1.2.1 新梢生长习性观测方法** 调查方法参考《经济林研究法》、《果树研究法》中有关生物学调查部分和山核桃的一些性状调查方法<sup>[7]</sup>。在基地挑选 3 株营养水平相近、长势基本一致的植株作为标准株, 取标准株树冠中下部外围东、南、西、北 4 个方向, 每个方向选取 10 个结果枝作为标准枝进行挂牌, 用蜡纸做标签并编号挂在待测枝条上作标记。观察‘Mahan’新梢的物候期和生长量: 记录顶芽萌动日期、雄花芽萌动日期、新梢开始生长日期、新梢停止生长日期、叶芽萌动日期、开始展叶日期及叶子完全展开日期; 测量每个标准枝上结果枝长度、复

叶长度(结果枝中部 2 个复叶), 叶长和叶宽(选取的复叶中部的两对叶片)的生长量, 每隔 3~4 d 测量 1 次。用钢尺测量新梢、复叶、叶长和叶宽长度, 精确到 1 mm。

**1.2.2 开花习性研究方法** 在‘Mahan’标准枝上观察记录雄花芽萌动日期、雄花序生长日期、花萼开裂期、即将散粉期(花药由绿变黄)及散粉初期(以 25% 小花花药散开为标准)一散粉盛期(以 50% 以上小花花药散开为标准)一散粉末期(以花药完全开裂, 花粉基本散尽, 花序变黑褐色为标准)一小花脱落的变化过程; 在散粉期每天统计即将散粉期、散粉初期、散粉盛期和散粉末期 4 个时期的比例。用钢尺测量雄花序长度, 每隔 3~4 d 测量 1 次, 精确到 1 mm。

在‘Mahan’标准枝上观察记录顶芽萌动日期、顶芽开绽日期、显蕾期、柱头张角<45°(I)、柱头张角 45°~90°(II)、柱头张角>90°(III)及柱头变黑(IV)的变化过程; 花期每天统计显蕾期、柱头张角 I、柱头张角 II、柱头张角 III 和柱头 IV 5 个时期的比例。

**1.2.3 果实发育及落果规律研究方法** 在‘Mahan’标准枝上测定结实期果实的纵、横径, 每隔 10 d 测定 1 次, 用游标卡尺测量, 精确到 0.01mm; 在‘Mahan’标准株选取 30 个果序, 统计坐果数量和落果数量, 每个月统计 1 次。

### 1.3 数据处理

试验数据采用 Excel 2007 统计和分析, 其独立样本 *t* 检验、方差分析处理、Logistic 模型曲线估计及相关性分析均采用 SPSS18.0 版统计软件进行统计学分析处理, 多重比较采用 Duncan 修复极差法分析, 对于百分率数据进行反正弦平方根转换后再进行方差分析。作图采用 Sigmaplot10.0。

## 2 结果与分析

### 2.1 新梢生长习性

薄壳山核桃短果枝的芽一般都为混合芽, 芽体比较饱满, 鳞片紧包, 近圆形, 萌发后长出结果枝和复叶, 基部侧芽形成雄花序, 并在近顶端形成雌花序。薄壳山核桃是典型的雌雄异熟植物, ‘Mahan’品种则是雌先熟品种。‘Mahan’花芽于 3 月中下开始萌动, 3 月底顶芽和雄花芽开绽, 顶芽抽生结果枝, 雄花芽抽生雄花序。4 月初开始展叶, 此时叶片生长极为迅速, 4 d 左右叶片完全展开, 30 d 以后基本达到叶面积最大值。‘Mahan’的叶片是奇数羽状复叶, 一般 13 片, 长椭圆状披针形或微弯近镰形, 顶端的小叶叶面是左右大小对称的, 卵形的、矛尖状

的, 顶端有细细的尖角, 下延的基部。两边的小叶都是或多或少不对称的, 通常勾状的, 末端部分(向前延伸至叶顶端)内凹, 钝的底部。夏梢的抽生一般

在 7 月初, 多由生长旺盛, 不结果的春梢顶芽抽发而成, 比较粗大, 生长旺盛, 成年树抽的春梢长为 14.73~21.50 cm, 夏梢长 8.50~14.90 cm。

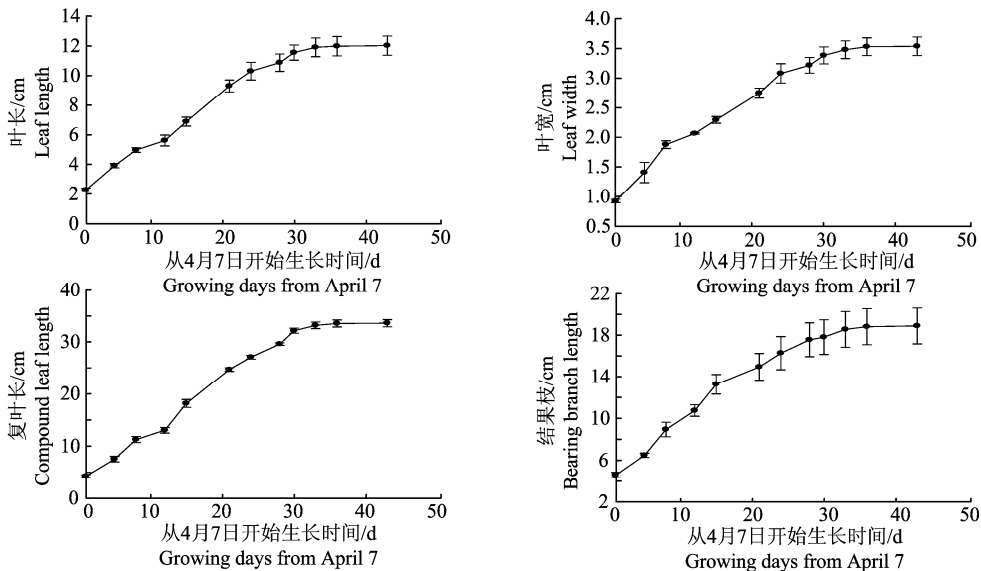


图 1 薄壳山核桃‘Mahan’品种叶长、叶宽、复叶和结果枝的生长量 (2012 年)

Figure 1 The growth of leaf length, leaf width, compound leaf and bearing-branch length in pecan of ‘Mahan’

表 1 Logistic 模型对结果枝、复叶、叶片生长过程的拟合方程

Table 1 The fitted equation for the growth of bearing branch, compound leaves, leaf length and leaf width by logistic model

生长量 Increment	Logistic 模型 Logistic model	决定系数 $R^2$ Determination coefficient	显著水平 $P$ Significance level	$F$ -test
结果枝长 Length of bearing branch	$y = 19 / (1 + 0.205 * e^{-0.858x})$	0.977	<0.001	420.987
复叶长 Compound- leaf length	$y = 34 / (1 + 0.230 * e^{-0.849x})$	0.974	<0.001	373.540
叶长 Leaf length	$y = 12.2 / (1 + 0.386 * e^{-0.863x})$	0.976	<0.001	402.379
叶宽 Leaf width	$y = 3.6 / (1 + 0.801 * e^{-0.880x})$	0.977	<0.001	422.153

注:  $P < 0.001$  说明回归方程统计检验达到极显著水平。

Note:  $P < 0.001$  means that the regression equation statistical tests reached extremely significant level.

表 2 薄壳山核桃‘Mahan’品种叶片生长量与有效积温的相关性分析

Table 2 Correlation between leaf growth and the effective accumulated temperature on pecan of ‘Mahan’

项目 Item	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	复叶长 Compound-leaf length	结果枝长 Bearing-branch length	有效积温 Effective accumulated temperature
叶长 Leaf length	1				
叶宽 Leaf width	0.995**	1			
复叶长 Compound- leaf length	0.999**	0.993**	1		
结果枝长 Length of bearing branch	0.991**	0.995**	0.991**	1	
有效积温 Effective accumulated temperature	0.956**	0.953**	0.961**	0.945**	1

注: “\*” 和 “\*\*” 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著相关。

Note: “\*” and “\*\*” refer to the different significance at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

从 4 月 7 日开始, 以结果枝、复叶、叶长和叶宽生长天数为  $x$ , 其对应生长量为  $y$  值, 绘制  $x$ - $y$  生长曲线。如图 1 所示, 结果枝、复叶、叶长和叶宽开始生长时速度较慢, 以后逐渐加快, 直至急速生长, 达到高峰后又渐变慢, 最后基本停止生长, 均呈慢-快-慢变化的“S”曲线生长。用 SPSS 软件

中的 Logistic 模型对结果枝、复叶、叶长和叶宽生长过程进行拟合,  $y = k / (1 + a * e^{-bx})$ , 式中:  $y$ , 生长量;  $x$ , 生长时间;  $k$ , 生长极限值;  $a$  和  $b$  为待求参数。如表 1 所示, 结果枝、复叶、叶长和叶宽回归方程统计检验均达到极显著水平 ( $P < 0.001$ ), 其决定系数  $R^2$  分别为 0.977、0.974、0.976 和 0.977,

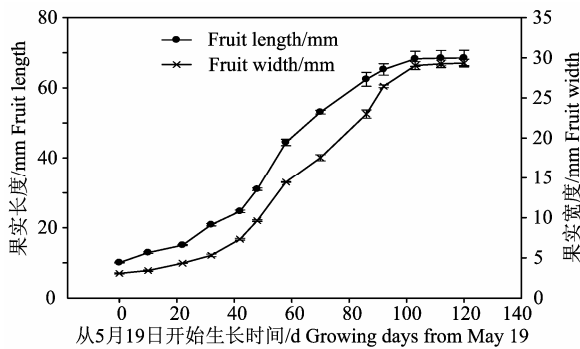


图 2 薄壳山核桃‘Mahan’品种果实生长曲线（2012年）  
Figure 2 The growth curve of fruit on pecan of ‘Mahan’

说明这 4 个生长量指标与其生长时间之间存在着极显著的非线性回归关系，同时也证明采用 Logistic 曲线拟合 4 个生长量与其生长时间之间关系有效。

表 3 Logistic 模型对果长和果宽的拟合方程

Table 3 The fitted equations for fruit length and width by logistic model

生长量 Increment	Logistic 模型 model	决定系数 $R^2$ Determination coefficient	显著水平 $P$ Significance level	$F$ -test
果长 Fruit length	$y=69/(1+0.196*e^{-0.940x})$	0.955	<0.001	236.088
果宽 Fruit width	$y=29.5/(1+0.889*e^{-0.938x})$	0.924	<0.001	133.175

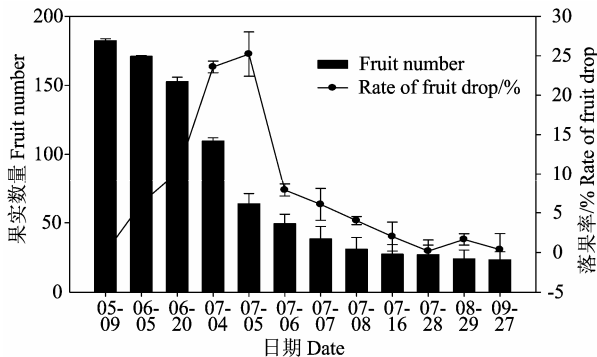


图 3 薄壳山核桃‘Mahan’品种落果规律（2012年）  
Figure 3 The law curve of fruit drop on pecan of ‘Mahan’

雄花芽开绽后长出 3 束柔荑花序，花序直挺，0.5 ~ 1.1 cm 左右，斜上生长，此为初花期。4 月中旬花序伸长，开始软垂，雄花序迅速伸长，小花形成，并由深绿色变成浅绿色。4 月下旬，花苞开放，花药发育，花序长 10.5 ~ 15.7 cm，每个花序由 114~126 朵小花组成，每朵小花由 4~5 个花药组成。雄花于 5 月上旬开放，雄蕊散粉期经过花萼开裂、即将散粉期（花药由绿变黄）、散粉初期（25% 小花花药开裂）、散粉盛期（50% 以上小花花药开裂）、散粉末期（花药完全开裂，花序变黑，花粉基本散尽）、小花脱落的变化过程。

2.3 ‘Mahan’果实发育及落果规律

2.3.1 果实发育 ‘Mahan’品种果实成熟时呈倒卵

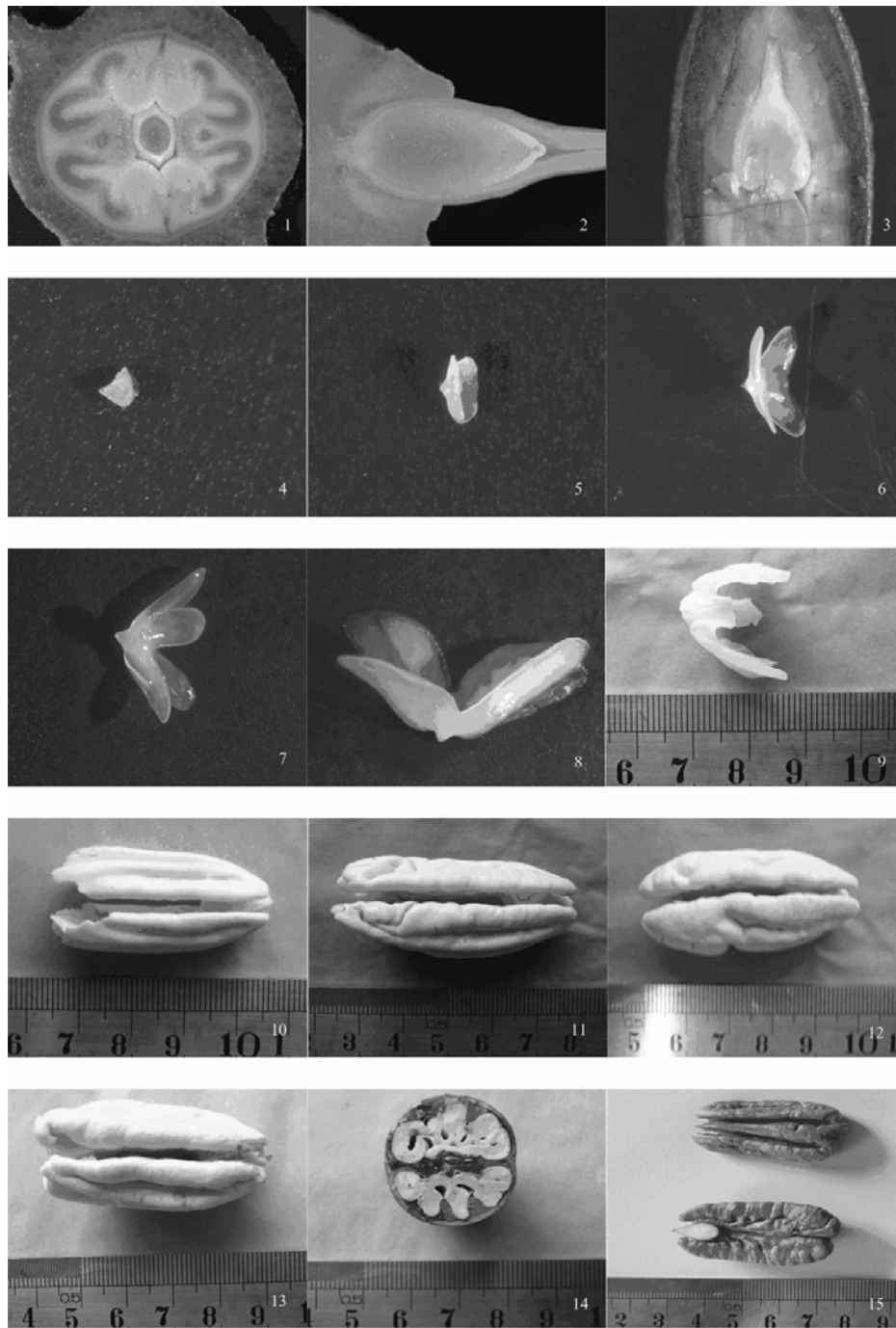
对结果枝、复叶、叶长、叶宽生长量与有效积温进行相关性分析结果表明：生长量及其对应生长长期的有效积温均表现出正相关，且各相关系数均达到极显著水平（如表 2）。

2.2 ‘Mahan’开花习性

‘Mahan’花单性，雌雄同株异熟，雄花生于上年生枝叶腋部，为三出柔荑花序；雌花着生于当年生新梢顶端，穗状花序下垂。雌花在 4 月底 5 月初开放，雌花柱头为二裂柱头，在雌花显蕾初期，二裂柱头合拢，此时无授粉受精能力，经 5~8 d 后，子房逐渐膨大，柱头开始向两侧张开，当柱头呈“倒八字”型，柱头表面分泌大量粘液时，为雌花可授期。若未授粉，2~3 d 后柱头表面分泌物干涸，逐渐反转，柱头变黑、枯萎，此时为末花期。

形，长 6.0~7.5 cm，坚果是典型的椭圆形，外形是长的，中间部分是圆形的，外壳光滑、棕褐色带有明显的黑色条纹，尤其是在接近顶点处。果壳厚 1 mm，在果壳缝合线处有微微隆起。

以各个观测时间的果长、果宽变化表示，可以将果实发育明显地划分为缓慢生长期、迅速膨大期、硬核期、果仁生长期、果实成熟期 5 个时期。从未花期到果实迅速膨大前，即 5 月 19 日到 6 月 30 日，经历 43 d 左右，果实很小，果皮着生灰褐色密毛，果皮上四棱隆起明显，果长和果宽日均生长量分别为 0.57 mm 和 0.10 mm，此期间缓慢生长期；从 6 月 30 到 8 月 13 日，果实开始迅速膨大，果长和果宽日均生长量分别为 0.88 mm 和 0.36 mm，胚囊也逐渐变大（如图版 1、2 和 3），内含大量水分，胚也渐渐形成，心形胚可见（图版 4），此时为迅速膨大期；7 月 28 日，种壳在尖端开始变硬，8 月 6 日子叶胚可见（图版 5 和 6），此时胚很薄、变硬，紧贴胚囊壁生长（图版 7、8 和 9），至 8 月 30 日种壳完全变硬，此为硬壳期；从 8 月 30 日至 9 月 28 日，胚快速生长，变厚，充实整个胚囊，胚乳被吸收至剩一层很薄的乳白透明层（图版 10、11 和 12）。10 月 6 日至 10 月 25 日为果实成熟期，此时果皮与果核逐渐分离，果壳从顶部开始出现褐色条纹，果仁饱满，种皮颜色逐渐转为褐色（图版 13、14 和 15）。



1 和 2 为 7 月 8 日材料, 示胚珠; 3 为 7 月 22 日材料, 示胚珠; 4 为 7 月 31 日材料, 示心形胚时期; 5 为 8 月 6 日材料, 示子叶胚时期; 6 为 8 月 13 日材料, 子叶胚伸长, 果实顶部变硬, 此时为果实硬壳期; 7 为 8 月 19 日材料, 胚增大, 胚囊内充满胚乳; 8 为 8 月 24 日材料, 胚生长; 9 为 8 月 31 日材料, 胚很薄、变硬, 紧贴胚囊壁生长; 10 为 9 月 8 日材料, 胚生长到最长, 胚囊内仍有少量胚乳; 11 为 9 月 16 日材料, 胚变厚, 胚乳被吸收至剩一层很薄的乳白透明层; 12 为 9 月 28 日材料, 胚充实整个胚囊; 13 和 14 为 10 月 6 日材料, 种皮变薄, 紧贴种仁; 15 为 10 月 25 日材料, 成熟种仁

Explanations of plate : 1-2: The ovary had chamber of which had one ovule on Jul.8th, Bar= 2 mm; 3.The ovule on Jul.22th, Bar=2 mm; 4.Heart embryo stage on Jul.31th,Bar=0.5 mm; 5.Cotyledon embryo stage and visible embryo bud and cotyledons on Aug.6th, Bar=0.5 mm; 6.Cotyledon embryo grow and shell hardening on Aug.13th,Bar=0.5 mm; 7.The cotyledon elongate on Aug.19th, Bar=0.5 mm; 8. The cotyledon turn white on Aug.24th, Bar=0.5 mm; 9.The cotyledon elongate along embryo sac wall from Aug.31th; 10.Embryo increased and endosperm reduce on Sept.8th;11. Embryo increased sequentially and no endosperm on Sept.8th;12.Embryo reached the full size on Sept.28th;13-14: The wall of embryo sac was only a thin layer and the embryo had the full size on Oct.6th;15.The mature embryo on Oct.25th

图 4 薄壳山核桃种仁充实过程

Figure 4 The changes of *Carya illinoensis* 'Mahan' from its ovary to the mature embryo

‘Mahan’果实纵径、横径随时间的变化趋势基本一致,均呈慢—快—慢的“S”形曲线(如图2)。如表1所示,用SPSS软件中的Logistic模型对果实纵径、横径生长过程进行拟合, $y=k/(1+a \times e^{-bx})$ ,式中: $y$ ,生长量; $x$ ,生长时间; $k$ ,生长极限值; $a$ 和 $b$ 为待求参数。果实生长量与其生长时间的关系与Logistic生长曲线高度吻合,确定系数 $R^2$ 分别为0.955和0.924。说明这2个生长量指标与其生长时间之间存在着极显著的非线性回归关系,同时也证明采用Logistic曲线拟合2个生长量与其生长时间之间的关系有效。

### 3 小结与讨论

植物花发育状况直接关系到果实的产量高低和品质好坏。只有掌握植物的开花和结实特性,才能确保开花与结实数量及质量稳定,从而制定合理的栽培技术措施<sup>[8-10]</sup>。‘Mahan’花芽于3月中下开始萌动,3月底顶芽和雄花芽开绽,顶芽抽生结果枝,雄花芽抽生雄花序。4月初开始展叶,此时叶片生长极为迅速,4d左右叶片完全展开,30d以后,结果枝、复叶和叶片生长量基本达到叶面积最大值。4月底5月初,新梢基本停止生长,进入花期,袁紫倩等发现薄壳山核桃花期前后营养元素含量下降显著,其中N、P、K分别下降了21%、46%和15%<sup>[11]</sup>,应在花期前施适量速效肥以保证树体花期正常发育。

‘Mahan’果实的生长发育可明显地划分为缓慢生长期、迅速膨大期、硬核期、果仁生长期和果实成熟期5个时期。‘Mahan’第1次落果现象出现在6月初到6月底,有研究认为这是花发育不全或未授粉而引起的落果<sup>[12]</sup>,‘Mahan’雌花发育极不一致,短时间内不能充分授粉;张瑞等<sup>[13]</sup>研究发现薄壳山核桃‘马汉’雌花可授期为5d,而且不同发育阶段(初开期、V字期、倒八字期和变黑期)可授性强弱不一样。张斌等研究山核桃也有类似现象,不同花期授粉坐果率差异显著<sup>[14]</sup>;第2次落果现象是在7月初至7月中旬,这次可能是由于受精不育或胚败育而引起的生理落果<sup>[15-16]</sup>。Bruce在薄壳山核桃的研究中发现有相似遗传背景的品种相互授粉会产生自交现象,而且会导致严重落果及果实的重量和体积下降<sup>[17]</sup>,作者还发现这期间正是果实迅速膨大期的起点,也是果序附近夏梢刚刚抽生的时期,这时期的营养竞争加剧了它的落果;第3次落果现象是在8月份,这次是由于灌浆期营养和水分不足而引起的落果,Reid研究认为在8—9月份缺水易降

低果仁饱满度,严重的干旱会造成大量落果,甚至影响翌年的产量<sup>[18]</sup>。Teveni<sup>[19]</sup>等认为落果的原因也可能与果实发育阶段水分胁迫有关,他将薄壳山核桃果实发育阶段的水分胁迫分为3个时期:初期水分胁迫(ES),即授粉、坐果和果实膨大期;中期水分胁迫(MS),即胚乳液化、果壳硬化期;后期水分胁迫(LS),即果实灌浆期。这与‘Mahan’的3次落果时间也基本一致,但这个原因还有待于进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] 刘广勤,朱海军,臧旭,等.薄壳山核桃新品种—茅山1号的选育[J].果树学报,2011,28(6):1132-1133.
- [2] 吴国良,张凌云,潘秋红,等.美国山核桃及其品种性状研究进展[J].果树学报,2003,20(5):404-409.
- [3] Sparks D. Adaptability of pecan as a species[J]. Hort Science, 2005, 40(5): 1175-1189.
- [4] 张日清,李江,吕芳德,等.我国引种美国山核桃历程及资源现状研究[J].经济林研究,2003,21(4):107-109.
- [5] 莫正海,张计育,翟敏,等.薄壳山核桃在南京的开花物候期观察和比较[J].植物资源与环境学报,2013,22(1):57-62.
- [6] 张瑞,李永荣,彭方仁.薄壳山核桃品种“马汉”的栽培适应性及其评价[J].经济林研究,2013,31(2):176-180.
- [7] 姚小华,王开良,任华东,等.薄壳山核桃优新品种和无性系开花物候特性研究[J].江西农业大学学报,2004,26(5):675-680.
- [8] 陈学森,李扬,束怀瑞.果树开花授粉生物学研究进展[J].山东农业大学学报:自然科学版,2000,31(3):345-348.
- [9] 耿国民,周久亚,王国祥,等.薄壳山核桃果园良种配置方案初报[J].经济林研究,2011,29(2):111-113.
- [10] 杨先裕,黄坚钦,徐奎源,等.薄壳山核桃‘马汉’品种雌蕊开花特性及花粉贮藏活力研究[J].浙江农林大学学报,2014,31(4):528-533.
- [11] 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(6):1443-1449.
- [12] 黄有军,夏国华,王正加,等.山核桃雌花发育的解剖学研究[J].江西农业大学学报,2007,29(5):723-726.
- [13] 张瑞,李晖,彭方仁,等.薄壳山核桃开花特征与可授性研究[J].南京林业大学学报,2014,38(3):50-55.
- [14] 张斌,夏国华,王正加,等.山核桃开花生物学特性与雌花可授期[J].西南林学院学报,2008,28(6):1-4.
- [15] Worley R E. Pecan cultivars differ greatly in susceptibility to june drop[J]. Hort Science, 1995, 30(3): 630.
- [16] 杨先裕,袁紫倩,凌骅,等.薄壳山核桃‘Mahan’品种授粉品种选择及其结实性状分析[J].果树学报,2014,31(5):776-783.
- [17] Bruce W W. Estimates of self-pollination in pecan in the southeastern United States[J]. Hortscience, 1992, 27(5): 406-408.
- [18] Reid W. Growing pecans in Kansas [M]. Manhattan: MF Cooperative Extension Service, Kansas State University, 1992.
- [19] Teveni P, Heerema R, Mexal J. Response of pecan yield quality and return bloom to water stress during three fruit development stages [J]. Hortscience, 2010, 45(8): 135-136.