

# 日光温室油桃果实生长发育的数学模型研究

李玉石 (山东农业大学信息科学与工程学院, 山东泰安 271018)

**摘要** [目的]为确定合理的果树管理措施和提高设施油桃果实品质提供理论依据。[方法]在日光温室栽培条件下,通过测定曙光油桃果实生长发育期间果实纵径、横径和果实鲜重,建立日光温室曙光油桃果实生长模型。[结果]日光温室内曙光油桃的生长可以分为3个时期,果实重量的变化曲线为单“S”型,在整个发育进程中存在2个快速生长期,第1个快速生长期为花后25~50 d,第2个快速生长期为花后50~75 d。果实横径( $y$ )与果实鲜重( $x$ )的回归方程为 $y = -0.002x^2 + 0.767x + 6.527$ ;纵径( $y$ )与果实鲜重( $x$ )的回归方程为 $y = -0.0023x^2 + 0.8909x + 5.7867$ ;鲜果质量( $y$ )与发育天数( $x$ )之间的生长模型方程为 $y = 1.8476e^{0.0559x}$ 。[结论]建立了日光温室油桃果实生长发育的数学模型。

**关键词** 日光温室;油桃;数学模型

**中图分类号** S662.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)25-11953-02

## Study on the Mathematic Model of Nectarine Fruit's Growth and Development in Greenhouse

LI Yu-shi (College of Information Science and Engineering; Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018)

**Abstract** [Objective] The theoretical basis of the reasonable management measures for good-quality nectarine fruit was provided. [Method] T mathematic model of nectarine fruit-Shuguang growth was set up through the test of longitudinal diameter, transverse diameter and fruit fresh weight during its fruit growth and development under greenhouse condition. [Results] The nectarine fruit growth in greenhouse could be divided into three periods and the change of fruit weight showed the single "S" type of curve. In the entire development process, there were two fast growing periods, and the first fast growing time was from the 25th to 50th day after its flowering and the second fast growing time, from 50th to 75th after its flowering. The regression equation of fruit fresh weight ( $x$ ) and fruit diameter ( $y$ ) was  $y = -0.002x^2 + 0.767x + 6.527$ ; the regression equation of longitudinal diameter ( $y$ ) of fruit fresh weight ( $x$ ) was  $y = -0.0023x^2 + 0.8909x + 5.7867$ ; and the equations of growth model of fruit quality ( $y$ ) and the number of days ( $x$ ) for growth and development was  $y = 1.8476e^{0.0559x}$ . [Conclusion] The mathematic model of nectarine fruit—Shuguang growth was established.

**Key words** Greenhouse; Nectarine fruit; Mathematic model

我国设施栽培果树起步于20世纪90年代,近年来,对自然条件下油桃果实发育生理已有较为深入的研究,并且制定了一系列高产高效的栽培措施<sup>[1-3]</sup>。然而基于设施栽培环境的特殊性,有关设施栽培条件下油桃果实发育生理的数学模型研究尚未见报道。为此,笔者以早熟油桃品种曙光油桃为材料,研究了设施油桃果实发育特性的动态变化,包括果实纵、横径与单果重,分析了一些指标之间的关系,旨在为确定合理的果树管理措施和提高设施油桃果实品质提供理论依据。

### 1 材料与方法

**1.1 材料** 试验于2008年1~6月在山东省岱岳区徂徕镇日光温室果园进行。该果园土壤为沙壤土,土壤肥力较高,管理水平良好。供试品种为早熟油桃品种曙光油桃(*Prunus persica* var. *nectariana* cv. Shuguang),树龄4年,株行距1.5 m × 2.0 m,南北行向,树势健壮,生长结果良好。

**1.2 方法** 选有代表性的5株树为采样树,于谢花后10 d开始,每隔5 d采样1次,直至果实成熟。于每次采样日的15:00分别在每株树冠南方的短果枝上随机采集样果10个,采果后立即带回实验室测量。用游标卡尺分别测定果实的纵、横径;用电子天平称取果实鲜重。对调查所得数据进行统计分析,绘制果实生长散点图,用SPSS 13.0统计软件模拟果实各生长指标与发育天数的回归方程,并对各指标进行相关分析。

### 2 结果与分析

**2.1 设施条件下油桃果实生长发育动态** 油桃果实在其生长发育过程中,纵径和横径的变化具有相同的趋势(图

1)。由图1可知,日光温室曙光油桃的生长可以分为3个时期,第1阶段历时25 d,是果实发育的缓慢生长期;第2阶段历时20 d,是果实的较快生长期;第3阶段历时30 d,是果实快速生长期,这一时期纵径生长速率明显高于横径。

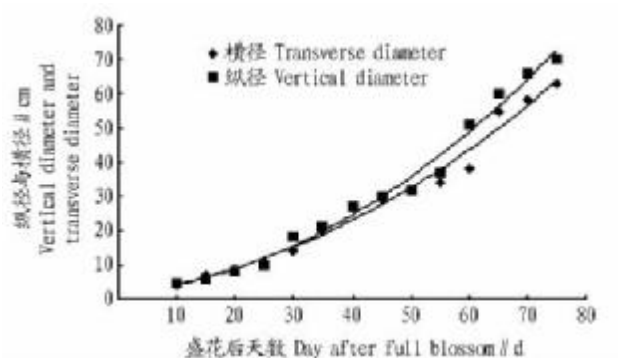


图1 日光温室曙光油桃果实纵、横径变化曲线

Fig. 1 The change curve of vertical diameter and transverse diameter of *Prunus persica* var. *nectariana* cv. Shuguang fruit in sunshine greenhouse

**2.2 果实纵径、横径、果实发育天数与果实鲜重之间的数学模型** 果实在生长发育阶段其果径容易测得,通过SPSS统计软件模拟果实纵径与横径( $y$ )和盛花后果实发育天数( $x$ )的回归分析,可间接了解果实的体积变化。由图1可知,油桃果实在温室生长发育过程中,横径、纵径与发育天数之间存在明显的多项式回归关系,其中果实纵径与发育天数之间的回归方程为 $y = 0.0107x^2 + 0.1379x + 1.8714$ ,  $R^2 = 0.987$ ;果实横径与发育天数之间的回归方程为 $y = 0.0084x^2 + 0.1996x + 1.6835$ ,  $R^2 = 0.9801$ 。由图2可知,油桃果实在温室生长发育过程中,横径、纵径与果实鲜重之间存在明显的回归关系,其中,横径( $y$ )与果实鲜重( $x$ )的回归方程为 $y = -0.002x^2 + 0.767x + 6.527$ ,  $R^2 = 0.9476$ ;纵径( $y$ )与果实

**作者简介** 李玉石(1961-),男,山东泰安人,实验师,从事测绘科学实验教学与实验室管理工作。

**收稿日期** 2009-05-07

鲜重 ( $x$ ) 的回归方程为  $y = -0.002 3x^2 + 0.890 9x + 5.786 7$ ,  $R^2 = 0.960 8$ 。

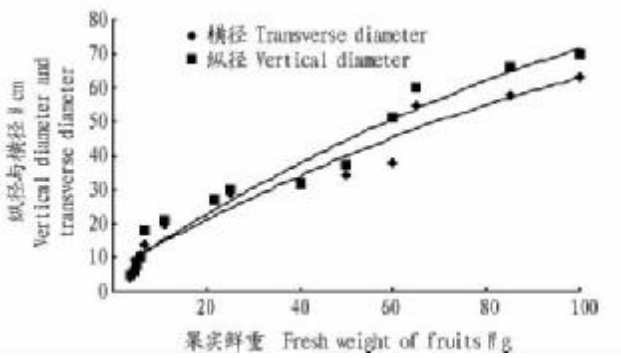


图2 日光温室曙光油桃果实纵、横径与果实鲜重的回归曲线  
Fig. 2 The regression curve of vertical diameter and transverse diameter and fresh weight of *Prunus persica* var. *nectariana* cv. *Shuguang* fruits in sunshine greenhouse

2.3 果实发育天数与果实鲜重之间的数学模型 研究日光温室曙光油桃鲜果质量与发育天数之间的回归关系,对日光温室油桃栽培的模拟研究以及日光温室油桃智能管理系统的建立具有重要的参考价值。由图3可知,日光温室曙光

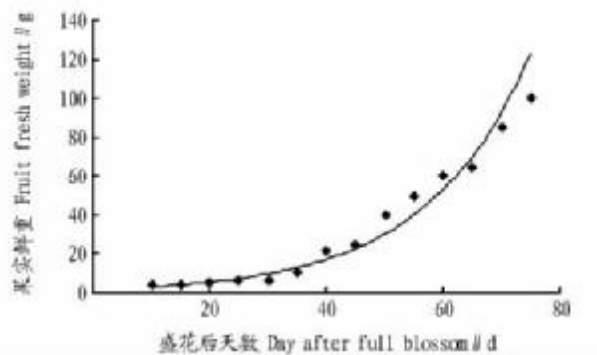


图3 日光温室曙光油桃果实鲜重变化曲线  
Fig. 3 The fresh weight change curve of *Prunus persica* var. *nectariana* cv. *Shuguang* fruits in sunshine greenhouse

光油桃鲜果质量与发育天数之间存在明显的乘幂回归关系,其回归方程为:  $y = 1.847 6e^{0.055 9x}$ ,  $R^2 = 0.971 4$  ( $y$  为鲜果质量;  $x$  为发育天数)。

### 3 结论与讨论

(1) 试验结果表明,日光温室曙光油桃果实重量的变化曲线为单“S”型,在整个发育进程中存在2个快速生长期,第1个快速生长期为花后25~50 d,第2个快速生长期为花后50~75 d。李慧峰等研究表明,露地栽培条件下,寒富苹果果实重量的变化曲线为双“S”型<sup>[4]</sup>;包东娥等研究温室栽培杏果实重量的变化曲线也是双“S”型<sup>[5]</sup>。曙光油桃果实鲜重变化为单“S”型,这可能是由于该品种种胚由形态建成期到生理成熟期转化不完全,营养物质主要转向果肉发育,因此这一时期应更加重视栽培管理,以保证果实的正常发育。

(2) 生长季节内,果实各部分的生长发育是相互依存、相互影响的,彼此表现出有顺序、有节奏的变化<sup>[6]</sup>。该试验结果表明,果实纵、横径生长进程数学模型为二次方程,果实重量变化数学模型为曲线方程,果实重量与纵、横径间关系的数学模型为二次方程。建立果实生长发育的数学模型<sup>[7]</sup>,旨在更科学地预测和评估果实某一阶段的生育状况,为提高曙光油桃的管理水平提供科学依据。但该研究模型仅对果实发育的表观形态指标进行了探索,还没有将果实的内在品质联系起来,因此仍需进一步研究探索。

### 参考文献

[1] 王金政. 山东果树保护地栽培发展现状存在问题及对策[J]. 落叶果树, 1998 (1): 32-35.  
 [2] 贾克功. 我国果树设施栽培的现状与前景[J]. 北京农业, 2002 (9): 22-23.  
 [3] 高东升, 李宪利, 耿莉. 国外果树设施栽培的现状[J]. 世界农业, 1997 (1): 3.  
 [4] 李慧峰, 李林光, 张琮, 等. 苹果果实生长发育数学模型研究[J]. 江西农业学报, 2008, 20 (4): 40-42.  
 [5] 包东娥, 刘遵春, 宋林森. 金太阳杏果实生长发育的数学模型研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (4): 945-946.  
 [6] 刘勇, 刘善军, 唐建军, 等. 甜柿果实发育数学模型研究[J]. 江西农业大学学报, 2003, 23 (3): 308-312.  
 [7] 杨恒, 魏安智, 杨途熙, 等. 日光温室杏果实发育规律研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35 (1): 175-178.

(上接第 11934 页)

可溶性糖含量呈下降的趋势。Pb<sup>2+</sup> 处理时,两种植物根系中的可溶性糖含量变化趋势一致,都是随着 Pb<sup>2+</sup> 浓度的增加而下降。

(2) 随着 Cd<sup>2+</sup> 和 Pb<sup>2+</sup> 浓度的增加,两种植物叶片中的叶绿素含量都是先上升后下降。低镉处理时(≤5 μm),两种植物的叶绿素含量都高于其对照的含量,但是没有显著性差异;铅处理浓度较低时(≤10 μm),两种植物的叶绿素含量变化趋势与低镉处理时的变化趋势一致。随着镉或铅浓度的继续增加,芦蒿和黄花水龙叶片的叶绿素含量逐渐低于对照。

### 参考文献

[1] 王超, 张文明, 王沛芳, 等. 黄花水龙对富营养化水体中氮磷去除效果的研究[J]. 环境科学, 2007, 28 (5): 975-981.  
 [2] 陈春梅. 两种浮水植物对 Cu、P 的吸收差异及机理研究[D]. 南京: 河海大学, 2008.  
 [3] 俞美香, 章敏, 王飞飞. 芦蒿中铅、镉、汞、砷的含量分析与安全评价[J]. 食品科学, 2005, 26 (8): 294-269.  
 [4] 李合生. 生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000  
 [5] 苏正淑, 张宪政. 几种测定植物叶绿素含量的方法比较[J]. 植物生理

学通讯, 1989, 25 (5): 77-80.  
 [6] FOY C D, WHITE M C. The physiology of metal toxicology in plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1978, 29: 511-566.  
 [7] 刘秀梅, 聂俊华, 王庆仁. Pb 对农作物的生理生态效应[J]. 农业环境保护, 2002, 21 (3): 201-203.  
 [8] 丁晓辉, 任丽萍, 张春荣, 等. Cd<sup>2+</sup> 胁迫对紫花苜蓿叶绿素和可溶性糖含量的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22 (S1): 64-66.  
 [9] 薛艳, 周东美. 土壤铜锌复合污染条件下两种青菜的响应差异[J]. 土壤, 2005, 37 (4): 400-404.  
 [10] 丁海东, 杨少军, 齐乃敏. 镉、锌胁迫对西红柿幼苗生长及脯氨酸和谷胱甘肽含量的影响[J]. 江苏农业学报, 2005, 21 (3): 191-196.  
 [11] 李春荣. Pb、Cd 及其复合污染对烤烟叶片生理生化及细胞显微结构的影响[J]. 植物生态学报, 2000, 22 (4): 238-242.  
 [12] 王海华, 曾富华, 康健, 等. 镍处理对水稻叶片 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 积累和抗病的诱导效应[J]. 植物生理学报, 2001, 27 (1): 61-65.  
 [13] GEKELER W. Algae sequester heavy metal via synthesis of phytochelatin complexes[J]. Arch Microbiol, 1988, 150: 197-202.  
 [14] 彭鸣, 王焕校, 吴玉树. Cd、Pb 诱导玉米幼苗 (*Zea mays* L.) 细胞超微结构的变化[J]. 中国环境科学, 1991, 11 (6): 426-431.  
 [15] PRASAD D D K, PRASAD A R K. Effect of lead and mercury on Chlorophyll synthesis in mung bean seedlings[J]. Phytochemistry, 1987, 26: 881-883.  
 [16] KUPPER H, KUPPER F, SPILLER M. Environmental relevance of heavy metal-substituted chlorophylls using the example of water plants[J]. Exp Bot, 1996, 47: 259-266.