

# 旱砂西瓜果实生长发育数学模型研究

段金辉, 赵连德, 翟英临, 张延河

(兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃 兰州 730010)

**摘要:**以自育旱砂西瓜品种 05-9 和 05-10 为试材, 测量果实生长发育期间的纵径、横径和发育天数, 建立旱砂西瓜果实的生长模型, 明确其相互间的变化规律。结果表明: 旱砂西瓜果实纵径、横径与发育天数之间存在明显的多项式回归关系, 且其生长发育数学模型为二次方程。

**关键词:**西瓜; 果实生长发育; 数学模型

**中图分类号:**S 651 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)06-0023-03

旱砂田是我国西北干旱、半干旱地区独创的、传统的抗旱、蓄水、保墒耕作模式, 具有增加地表水分入渗、降低土壤水分蒸发、减少地表径流、提高土壤温度、阻止水分流失和土壤次生盐渍化的作用, 属土壤覆盖和免耕制度范畴<sup>[1]</sup>。甘肃省兰州市的旱砂西瓜栽培地区主要集中分布在皋兰县和永登县。近年来, 旱砂西瓜产业已成为当地农业产业结构调整 and 增加农民收入的主要途径之一<sup>[2]</sup>。

果实生长发育的数学模型被广泛应用于金桔<sup>[3]</sup>、甜瓜<sup>[4]</sup>、油桃<sup>[5]</sup>、番茄<sup>[6]</sup>、玫瑰<sup>[7]</sup>等研究中, 但在旱砂西瓜果实生长发育过程中的应用还未见报道<sup>[8]</sup>。针对兰州旱砂西瓜产业发展的需要, 以旱砂西瓜自育品种 05-9 和 05-10 为试材, 通过测定果实生长发育过程中果实纵径、横径的变化规律, 建立旱砂西瓜果实生长的简单数学模型<sup>[9]</sup>, 为果实大小的非破坏性连续测量及果实最终大小的预测提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以兰州市农业科技研究推广中心自育的旱砂西瓜品种 05-9 和 05-10 为试验材料。

### 1.2 试验区概况

该试验设在甘肃省皋兰县西南部的忠和镇大沙沟(36°14'N, 103°46'E), 平均海拔 1 819 m 左右。土壤质地为砂土, 属温带半干旱气候区, 降水量少且变化大, 季节分配不均。多年平均降雨量 260 mm, 多集中在 7~9 月, 占全年降雨量的 60% 以上。年平均气温 7.0℃, 10℃ 的

活动积温为 2 798℃, 无霜期 142 d。

### 1.3 试验方法

试验于 2011 年 4~7 月进行。栽培方式采用地膜覆盖, 种植行南北向, 行距 0.8 m, 株距 1 m, 种植密度为 12 500 株/hm<sup>2</sup>。旱砂西瓜生育期因无法保证充足的水分供给, 因此不整枝。等西瓜长到鸡蛋大小时及时疏果, 选留形状周正的果实 1 个, 其余摘除, 1 株 1 瓜。其它田间管理同大田。试验设 3 个小区, 每小区面积 60 m<sup>2</sup>, 种植 70 株左右。于开花期, 每小区分别挂牌确定同一批次果实样果 10 个, 分别在花后 5、10、15、20、25、30、35 d 用数显游标卡尺测量果实纵、横径, 所有指标均取 30 个果实的平均值。将调查所得数据用 SPSS 17.0 统计软件<sup>[10]</sup>进行模拟分析, 并建立相关的数学模型。

## 2 结果与分析

### 2.1 旱砂西瓜果实生长动态

旱砂西瓜于 4 月 6 日播种, 4 月 27 日进入幼苗期, 5 月 25 日进入伸蔓期, 6 月 10 日进入开花期, 7 月 15 日开始收获。由图 1 可知, 旱砂西瓜果实纵、横径在采收前都是不断增长的, 果实纵、横径在开花后 5 d 开始呈同步增长趋势, 果实纵径增长较横径增长快。花后 25 d, 果实纵、横径增长趋于平稳。花后 30 d, 果实纵、横径增长变化基本一致。

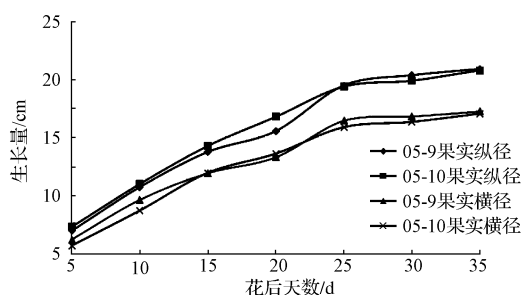


图 1 西瓜果实纵横径变化曲线

### 2.2 果实发育天数与果实纵、横径的数学模型

果实在生长发育阶段其果实纵、横径容易测得, 对

**第一作者简介:**段金辉(1983-), 男, 硕士, 助理园艺师, 现主要从事西甜瓜新品种引进及高效栽培等方面试验示范工作。E-mail: bluebicycle@163.com。

**责任作者:**张延河(1963-), 男, 本科, 高级农艺师, 现主要从事西甜瓜育种和新品种引进等方面研究工作。E-mail: nyzxxglz@163.com。

**收稿日期:**2011-12-19

果实纵径与横径( $y$ )和花后果实发育天数( $x$ )的回归分析,可间接了解果实的纵、横径变化。由图1可知,西瓜果实在生长发育过程中,横径、纵径与发育天数间存在明显的多项式回归关系,其中果实纵径、横径与发育天数间的回归方程归纳见表1。由表1可知,2个品种果实发育天数与果实纵径、横径的关系都分别达到高度相关,说明该数学模型能够正确反映早砂西瓜果实生长发育动态的变化规律,此发育规律一般适用: $y=ax^2+bx+c$ 的二次多项式曲线。

根据早砂西瓜果实纵、横径生长曲线图(图2、3),可以把早砂西瓜生长发育全过程细划分为幼果迅速生长期(花后1~9 d)、缓慢生长期(花后10~19 d)、成熟膨大期(花后20~29 d)和成熟稳定期(花后30 d至采收)4个阶段。不同品种早砂西瓜横径增长落后于纵径增长量,整个果实生长发育期纵、横径生长发育过程基本同步。

表1 西瓜果实发育天数与纵横径的数学模型

品种	纵、横径	二项式方程	相关系数
05-9	纵径	$y=-0.011x^2+0.901x+2.707$	$R^2=0.989, P<0.01$
	横径	$y=-0.010x^2+0.772x+2.693$	$R^2=0.987, P<0.01$
05-10	纵径	$y=-0.013x^2+0.976x+2.711$	$R^2=0.997, P<0.01$
	横径	$y=-0.012x^2+0.842x+1.701$	$R^2=0.996, P<0.01$

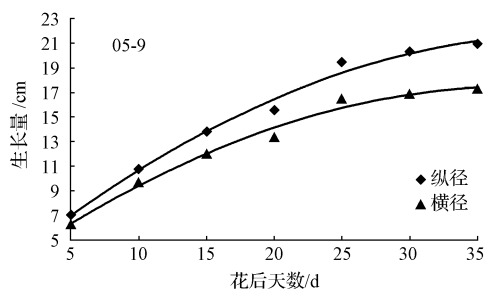


图2 二次模型估测值与实际测量值的比较

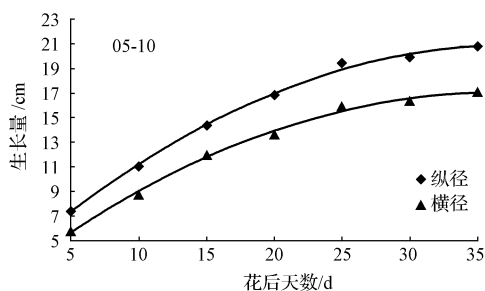


图3 二次模型估测值与实际测量值的比较

### 2.3 果实生长节律研究

果实生长节律是果实发育时期单位时间生长量。比较此数值可看出果实纵横径的增长快慢,由图4可知,在同一品种内纵、横径增长量基本同步。如05-9果实横径增长量的2个高峰值为6.25(开花后5 d)、3.15(开花后25 d)和纵径增长量的2个高峰值为7.03(开花后5 d)、3.92(开花后25 d)基本一致。而5-10果实横径增长量在15 d出现1次高峰值3.25,与其纵径增长量不同步,这一现象将在明年试验中进一步观察。在果实的

生长发育过程中,幼果快速生长期生长节律值最大,说明第1次果实快速生长期是早砂西瓜产量形成的主要时期,而第2次果实生长节律高峰期是果实品质、产量形成的关键时期。对2个品种对比分析,纵、横径增长变化大致相似,高峰值互有前后,总体一致。

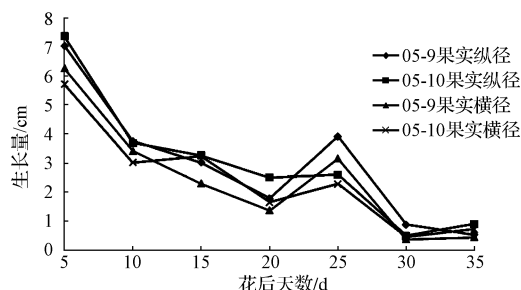


图4 西瓜不同发育时期单位时间生长量

### 3 结论与讨论

该试验结果表明,早砂西瓜果实生长发育随生育天数的推移具有明显的规律性,果实纵径和横径的动态变化曲线为“二项式”曲线,且呈现2个明显的生长高峰期,而这2个高峰期是影响早砂西瓜产量和品质的关键时期,尤其在果实生长初期的高峰期内。因此为充分满足早砂西瓜果实生长发育的需要,在生产上必须根据其果实发育规律采取相应的栽培措施。

建立早砂西瓜果实生长发育的数学模型,旨在更科学地预测和评估果实某一生长发育阶段的生育情况,为提高早砂西瓜的管理水平提供科学依据。该试验仅就早砂西瓜果实的纵径、横径与果实发育天数作出了分析,至于果实单果重、果实品质和环境因子的变化规律,尚需进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 陈年来,刘东顺,王晓巍,等.甘肃砂田的研究与发展[J].中国瓜菜,2008(2):29-31.
- [2] 杨来胜,席正英,李玲.沙田在兰州的应用与发展[J].中国瓜菜,2007(3):32-33.
- [3] 刘冰浩,区善汉,刘升球,等.金柑果实生长发育的数学模型研究[J].安徽农业科学,2011,39(3):1281-1282.
- [4] 和三鹏.基于计算机视觉技术的温室网纹甜瓜果实形态模拟研究[D].上海:上海交通大学,2011.
- [5] 刘慧,张国桢,张红辉,等.温室油桃叶片与果实生长模型及其分析[J].西北农林学报,2010(1):86-89.
- [6] 陈学进.设施番茄果实发育与产量形成模拟研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [7] 刘平,赵兰勇,孙日波,等.玫瑰果实生长动态研究[J].山东农业科学,2010(1):45-47.
- [8] 叶艺林.数学模型技术在农业生产中的应用[J].安徽农业科学,2010,38(12):6559-6561,6590.
- [9] 曹卫星,罗卫红.作物系统模拟及智能系统[M].北京:华文出版社,2000:70-89.
- [10] 卢纹岱.SPSS统计分析[M].4版.北京:电子工业出版社,2010:206-217.

# 大棚番茄光合速率与果实发育生理指标的关系

张艳敏<sup>1</sup>, 李日太<sup>2</sup>, 李苹苹<sup>1</sup>

(1. 山东商务职业学院, 山东 烟台 264360; 2. 山东理工大学, 山东 淄博 255091)

**摘要:**以大棚番茄为试材,测定了其叶片光合速率并计算出日均光合速率、果实维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白质、酸度的变化。结果表明:光合速率的增大可促进番茄果实内维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白、有机酸的合成;番茄果实的发育过程中,随果实的成熟,可溶性糖、维生素 C、有机酸的含量逐渐增加,而可溶性蛋白质的含量则逐渐降低。

**关键词:**番茄;光合速率;维生素 C;可溶性糖;可溶性蛋白;酸度

**中图分类号:**Q 945.65 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)06-0025-03

番茄(*Lycopersicon esculentum*)属茄科(Solanaceae)番茄属中以成熟多汁浆果为产品的草本植物。番茄别名西红柿、洋柿子、蕃柿、柿子,起源于南美洲的安第斯山地带,是世界范围普遍栽培的重要蔬菜之一,以其丰富的营养、独特的风味和食用方式的多样性而深受人们喜爱,在人们日常生活中占据重要地位。番茄在我国具有悠久的栽培历史,特别是我国以大棚和日光温室为主体的保护地栽培得到的迅猛发展,使番茄在整个蔬菜生产中占有重要地位。

目前,对于番茄幼苗成长方面的研究已经取得了很多成果<sup>[1-4]</sup>,而有关番茄光合速率与果实养分积累变化关系方面报道得较少。现通过测定冬暖大棚中番茄叶片光合速率的变化,测定番茄果实中维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白、酸度的含量变化,得出光合速率与番茄果实养分积累的关系,以期在目前大棚番茄的栽种提供

理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

番茄试材为“超级粉宝”,试验在淄博市张店区冬暖大棚进行。番茄于3月中旬定植,试验开始时已坐2茬果。试验过程中标记长势相同的幼果20个,其中6个作为测量果实纵、横径的材料,其余的作为测量养分积累的材料。

### 1.2 试验方法

用英国生产的便携式光合测量仪(LC Pro<sup>+</sup>)测定番茄叶片的光合速率;维生素 C 含量的测定采用2,6-二氯酚靛酚滴定法;可溶性糖含量的测定采用苯酚法;可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 法;有机酸含量的测定采用碱滴定法<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 光合速率与番茄纵、横径变化的关系

日平均光合速率和日光合速率总量见表1。由表1和图1、2可知,番茄日均光合速率呈上升趋势,前期增大

**第一作者简介:**张艳敏(1965-),女,山东烟台人,硕士,副教授,研究方向为农产品生理与检验。

**收稿日期:**2012-01-10

## Study on Mathematic Model for Growth and Development of Watermelon Fruit in Gravel-mulched Field

DUAN Jin-hui, ZHAO Lian-de, ZHAI Ying-lin, ZHANG Yan-he

(Lanzhou Agro-technical Research and Popularization Center, Lanzhou, Gansu 730010)

**Abstract:** With '05-9' and '05-10' watermelon cultivars as test material in gravel-mulched field, the growth model for watermelon fruit was established through determining the indexes such as the vertical diameter, transverse diameter and developing days of the fruits during the growth and development of watermelon and the change law among the indexes was made clear. The results showed that the vertical diameter, transverse diameter and developing days of the fruits were a polynomial regression relation, and their growth course mathematical models all were the quadratic equations.

**Key words:** watermelon; fruit growth development; mathematic model