

# 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

速率较缓慢,后期增长迅速。果实纵、横径的日均增大前期大,后期较前期变小。说明果实前期细胞分裂和膨大的速度较快,而达到一定大小后,果实体积增大的速度就变慢了,或者说果实个体成熟了,果实进入了转色期,主要进行营养物质的转化和累积,纵、横径增大。而在5月28日(对应日平均光合速率  $22.37 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )这点上,纵径增长呈现小幅度上升,这可能是由于此时期光合速率明显增大,果实内合成的营养物质用于果实体积增长的结果。

表1 日平均光合速率和日光合速率总量

日期/月·日	4.26	4.30	5.5	5.12	5.21	5.28
日平均光合速率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	3.18	4.97	5.14	10.74	12.48	22.37

注:日平均光合速率=5个时间点的光合速率总和的平均值。

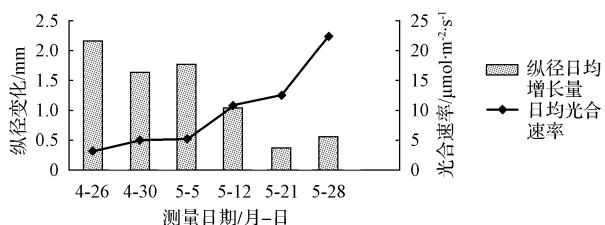


图1 光合速率与番茄纵径的变化关系

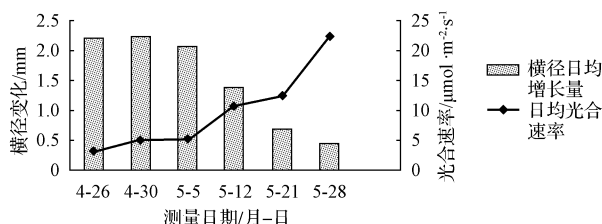


图2 光合速率与番茄横径的变化关系

## 2.2 光合速率与番茄维生素C含量的变化关系

由表1和图3可知,从4月26日到5月28日番茄日均光合速率逐渐增大,而果实内维生素C的含量5月12日前呈下降趋势,5月12日后呈上升趋势,分析其原因,一是5月12日前番茄叶片的日均光合速率相对较低,二是这个时期果实纵横径日均增加很快,光合产物主要用于果实体积的增大,5月12日后,番茄叶片日均光合速率增加很快,而果实后期体积变化不大,光合产物可以更多地用于合成维生素C。

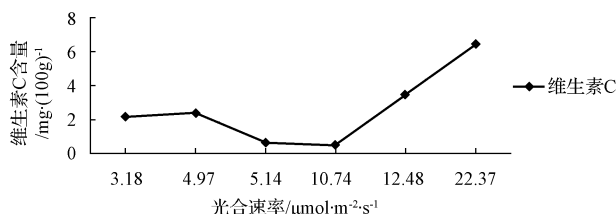


图3 日均光合速率与维生素C含量的变化关系

## 2.3 光合速率与番茄可溶性糖含量的变化关系

由表1和图4可知,番茄叶片日均光合速率的变化

同上所示,呈逐渐上升的趋势,果实可溶性糖5月5日前呈现下降趋势,5月5日后呈现上升趋势,果实前期可溶性糖呈现下降趋势是因为果实发育前期,果实内的糖主要以淀粉形式存在,以后随着果实个体成熟逐渐向生理成熟的转化过程中,果实内的淀粉逐渐转变成可溶性糖所致。

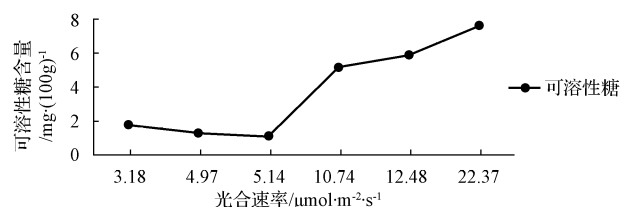


图4 光合速率与可溶性糖含量的变化关系

## 2.4 光合速率与番茄可溶性蛋白含量的变化关系

由表1和图5可知,番茄叶片日均光合速率从4月26日开始到5月28日,呈现上升的趋势,而果实内可溶性蛋白的含量呈现逐渐下降的趋势,并且5月5日前下降的速度较快,以后下降的速度变慢,分析原因,可能是果实发育前期果实体积的增大是由果实细胞分裂和体积膨大2种因素造成的,而果实细胞分裂和细胞体积的增大需要大量的酶参与,所以果实内可溶性蛋白含量前期相对高些,果实发育中、后期,果实体积日均变化量较小,果实生理成熟前部分可溶性蛋白转变成不溶性蛋白,贮存在果实和种子中。

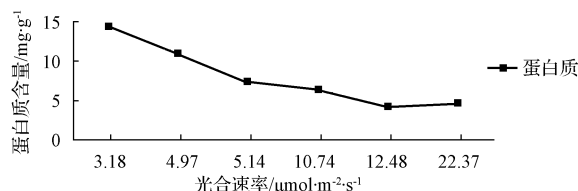


图5 光合速率与蛋白质含量的变化关系

## 2.5 光合速率与番茄酸度含量变化图及分析

由表1和图6可知,番茄叶片光合速率的日均变化从4月26日开始到5月28日期间,呈逐渐上升的趋势,并且5月5日前上升的速度较慢,以后上升的速度较快,果实内酸度的变化5月5日前呈现下降趋势,后期逐渐上升,分析原因,叶片运输到果实中的光合产物前期主要用于果实体积的增加,而用于合成有机酸的相对就少,果实发育后期果实体积增大速度减缓,运输到果实

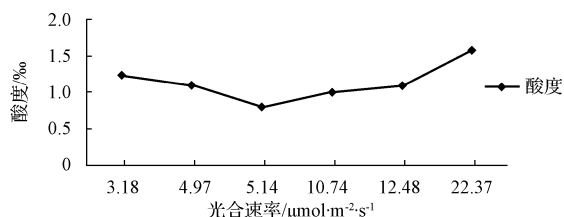


图6 光合速率与酸度含量的变化关系

中的光合产物就可能相对多地用于合成有机酸。

### 3 讨论

果实的纵横径在试验测定的前期日变化较大,中期开始日变化减小,后期变化不明显,说明后期果实发育已进入个体成熟期,这一试验结果符合跃变型果实发育的一般特点;果实有机酸含量在果实发育前期呈下降趋势,后期随着番茄日光合速率的升高及果实体积变化量的减小而呈上升趋势,这一结果与赵尊行等<sup>[6]</sup>在苹果果实发育过程中的测定结果趋势基本一致;果实中维生素C的含量在果实发育前期变化不大,中期呈下降趋势,后期呈上升趋势,说明在果实快速膨大期,光合产物主要用于果实细胞体积的增大上,用于其它物质的合成上相对少些,果实发育后期,光合速率的增加可以促进果实维生素C的含量提高;果实内可溶性糖的含量前期小量下降,中、后期随着番茄日光合速率的升高和果实体积日变化量的减小而呈上升趋势;可溶性蛋白的含量总体上呈下降趋势,预测在果实生理成熟期应该呈上升趋势。从测定果实发育过程中上述几个生理指标的变化趋势与番茄叶片日光合速率的变化趋势看,番茄日均光合速率的提高可以促进果实内有机酸、维生素C、可溶性

糖升高。这一结果与赵尊行等<sup>[6]</sup>在苹果果实、梁艳荣等<sup>[7]</sup>在大葱、吕应民<sup>[8]</sup>、胡春梅等<sup>[9]</sup>测定结果趋势基本一致。

### 参考文献

- [1] 东惠茹,金波,乔德禄,等. 番茄果实生长发育过程中一些有机物质的变化[J]. 上海农业学报,1996,12(1):41-44.
- [2] 刘贤赵,康绍忠. 番茄不同生育阶段遮荫对光合作用与产量的影响[J]. 园艺学报,2002,29(5):427-432.
- [3] 齐红岩,李天来,邹琳娜. 番茄果实不同发育阶段糖分组成和含量变化的研究初报[J]. 沈阳农业大学学报,2001,32(5):346-348.
- [4] 霍建芳. 不同番茄品种果实性状比较[J]. 安徽农业科学,2006,34(11):2376-2378.
- [5] 杨建雄. 生物化学与分子生物学实验技术教程[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [6] 赵尊行,孙衍华,黄化成. 山东苹果中可溶性糖、有机酸的研究[J]. 山东农业大学学报,1995,26(3):355-360.
- [7] 梁艳荣,胡晓红,姜伟,等. 大葱生长发育过程中可溶性糖、可溶性蛋白质及游离氨基酸含量变化规律的研究[J]. 华北农业学报,2007,22(6):119-122.
- [8] 吕应民,张大鹏. 果实发育过程中糖的积累[J]. 植物生理学通讯,2000,36(3):258-265.
- [9] 胡春梅,王秀峰,季俊杰,等. 瓜尔豆发育过程中碳水化合物含量的变化[J]. 林业科学,2007,33(11):1869-1873.

## The Relationships Between Leaf Photosynthetic Rates and Physiological Indices of Tomato Fruits in Greenhouse

ZHANG Yan-min<sup>1</sup>, LI Ri-tai<sup>2</sup>, LI Ping-ping<sup>1</sup>

(1. Shandong Business Vocational College, Yantai, Shandong 264360; 2. Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255091)

**Abstract:** Taking greenhouse tomatoes as experimental material, the leaf photosynthetic rates, the contents of vitamin C, soluble sugar and soluble protein, and the changes of acidity in fruits were determined from April 26 to May 28. The results showed that the elevation of leaf photosynthetic rates might accelerate the synthesis of vitamin C, soluble sugar, soluble protein and organic acid. The contents of soluble sugar, vitamin C and organic acid increased gradually, while the contents of soluble protein decreased during fruit ripening.

**Key words:** tomato; photosynthetic rates; vitamin C; soluble sugar; soluble protein; acidity