

# 苹果品质与气象条件关系的研究

余优森

蒲永义

(兰州干旱气象研究所)

(甘肃天水市气象局)

## 提 要

本文利用元帅系苹果定位试验测定资料,研究了苹果含糖量、含酸量、硬度与气象条件的关系,得出苹果果实生长膨大期和成熟期,是气象条件影响品质变化的关键生物学时段。并提出了苹果含糖量、含酸量及硬度的气象数学方程与适宜气象指标。

## 一、引 言

苹果是我国北方的主要果树,苹果的产量和品质直接影响到市场的商品需求和外贸出口。早在70年代中期,人们就已发现西北黄土高原地区的苹果品质超群,优于东部老苹果产区。其中,天水市的花牛苹果,其各项品质指标均在全国苹果品质鉴定评比中名列前茅,曾多次夺魁,可与美国“蛇果”相媲美。该区现已成为我国新兴的优质苹果外销出口生产基地。

有关苹果品质与气象条件的关系以往已作过一些研究<sup>[1-4]</sup>。本文着重探讨这一特定地区的土壤-气候生态环境对苹果优质因素形成的作用,研究苹果品质与气象条件的关系。

## 二、试验方法和资料获取

苹果品质通常以含糖量、含酸量、糖酸比、硬度及着色度等指标来衡量。苹果品质是品系、栽培措施及生态环境综合影响的结果。然而,同一品系在相似的栽培措施条件

下,苹果的品质与气候条件有密切的关系。

为了研究苹果品质与气象条件的关系,天水农业气象试验站曾于1981—1984年在原天水地区主要苹果产地,定位试验观测元帅系苹果的生育状况。同时,采样分析品质(项目有含糖量、含酸量、硬度及果形指数等),采样地点在气象站附近苹果园。采样后先测定一次,在采样后半月和一月再分析测定一次。同时,在甘肃、陕西、山东、河北等主要苹果产区采样作分析比较。本文所用资料系半月分析测定的品质资料及所搜集到的元帅系苹果全国品评分析共60多个样本资料。

## 三、结果分析

### 1. 含糖量与气象条件的关系

含糖量(可溶性固形物简称含糖量,下同)是苹果主要品质指标之一。含糖量的高低直接影响到苹果的风味、营养价值及贮运性能。

(1) 气温影响含糖量的关键生物学时段  
我们使用天水市果树研究所(1979—

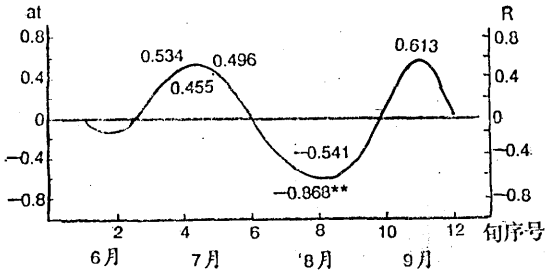


图1 苹果含糖量与旬气温关系  
at为积分偏回归系数;R为相应时段膨化回归相关系数(资料由天水市果树研究所提供)

1986年)和花牛苹果原产地花牛村(1977—1984年)定位试验测定的苹果含糖量资料,采用积分回归和膨化回归分析方法,进行叠加,其结果得图1。

由图1可以看出,气温影响苹果含糖量的关键生物学时段有三个:①7月上、中旬果实生长第一次膨大期,所需温度相应较高,含糖量随着旬气温的升高而增加。at值为0.4—0.5%/°C,即气温每增1°C,含糖量增0.4—0.5%,膨化回归相关系数为0.455—0.534。②8月中旬果实生长第二次膨大期,含糖量随着旬气温的升高而降低。at值为-0.6—-1.0%/°C,膨化回归相关系数为-0.541—-0.868\*\*。此时正处于本地未伏高温期,日最高气温≥35°C的日数均出现在该旬,高温不利于第二次果实膨大。③9月上、中旬果实成熟期,即果实由淀粉迅速转化为糖分的积累期,含糖量随着旬气温的升高而增加。at值为0.6—1.3%/°C,膨化回归相关系数为0.613。花牛村的资料计算结果与果树研究所的完全一致(图略)。

### (2) 含糖量高的适宜温度

分析天水等甘肃省和我国主要苹果产区定位采样测定和品质评定分析资料,研究果实生长第一次膨大期(7月上、中旬)气温与含糖量之间的关系得图2。

由图2可看出,果实生长第一次膨大期气温与苹果含糖量之间呈抛物线相关。拟合

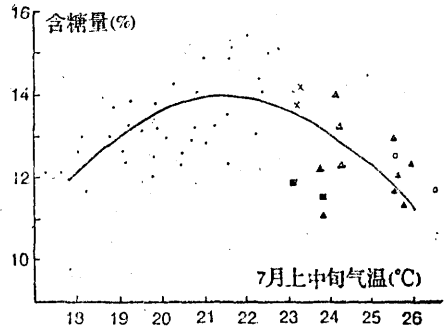


图2 果实生长第一次膨大期旬气温与含糖量关系

(●甘肃 ■陕西 ▲山东 △辽宁 ○河北 ×山西,下同)

的数学方程为:

$$\hat{y}_1 = -28.392 + 3.862T_7 - 0.089T_7^2$$

上式中 $\hat{y}_1$ 为苹果含糖量(%); $T_7$ 为7月上、中旬平均气温; $F$ 计算值为9.742;复相关系数为0.530; $n=53, F > F_{(0.01)} = 7.17$ 。根据二次方程求极值的原理,对上式求一阶导数,得出第一次果实膨大期影响含糖量峰值的适宜温度为21—23°C,其海拔高度在1100—1500m之间。

研究果实第二次膨大期(8月中旬)和果实成熟期(9月上、中旬)气温与含糖量之间的关系,均与果实第一次膨大期一样呈抛物线相关(图略)。拟合的数学方程分别为:

$$\hat{y}_1 = -18.521 + 3.125T_8 - 0.076T_8^2$$

$$\hat{y}_1 = -15.789 + 3.435T_9 - 0.100T_9^2$$

上式中 $\hat{y}_1$ 同前; $T_8$ 、 $T_9$ 分别为8月中旬和9月上中旬平均气温; $F$ 计算值分别为13.236和12.022,复相关系数分别为0.585和0.574, $n=53, F \gg F_{(0.01)}$ 。

对上式求一阶导数,得出果实生长第二次膨大期和果实成熟期影响含糖量峰值的适宜温度分别为21—23°C和16—18°C。

(3) 含糖量与气温日较差关系:7月是

苹果果实生长迅速膨大期，7月的气温日较差大有利于果实的迅速生长和膨大，有利于淀粉的积累。分析计算天水市果树研究所多年资料和主要苹果产区的资料，都得出完全相同的结论，即7月果实生长迅速膨大期的气温日较差与含糖量呈显著的正相关（见图3），含糖量随着气温日较差的增大而增加。其线性方程如下：

$$\hat{y}_1 = 6.924 + 0.601\Delta T$$

上式中 $\hat{y}_1$ 同前； $\Delta T$ 为7月平均气温日较差； $n=51$ ， $r=0.778$ ， $\alpha=0.001$ 。

用积分回归分析天水市果树研究所苹果含糖量与7月各旬气温日较差之间的积分偏回归系数 $a$ 值分别为1.16、1.66、1.01%/°C，膨化回归相关系数分别为0.771\*\*、0.749\*\*、0.772\*\*，均达到0.01极显著水平。

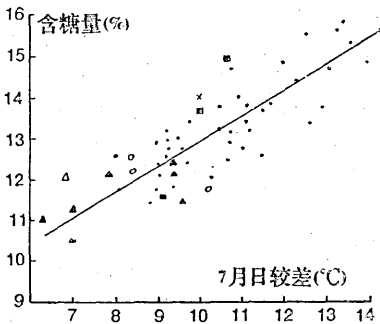


图3 果实生长迅速膨大期气温日较差与含糖量关系

#### (4) 含糖量的综合气象模式

在上述进行的积分回归和膨化回归分析的基础上，筛选出气温、日较差、降水、日照、相对湿度等不同时段21个贡献大的因子，再对这些气象因子进行逐步回归分析，得到下列信度水平最高的多元回归方程：

$$\hat{y}_1 = 11.688 + 0.731T_0 - 0.807T_8 + 0.681\Delta T$$

式中 $\hat{y}_1$ 及各符号意义同前； $n=16$ ， $F$ 计算值为23.184， $F_{(0.01)}=8.86$ ， $F \gg F_{(0.01)}$ 。这一方程的生物学意义，与前面分析结果是一致的。

## 2. 含酸量与气象条件的关系

含酸量也是苹果主要品质指标之一。含酸量的高低在很大程度上影响了苹果的风味和贮运性能。苹果有机酸的形成与果实呼吸作用有关，一般在较高的温度下，含酸量低；在较低的温度下，含酸量高。

### (1) 关键生物时段气温与含酸量关系

分析苹果果实生育关键生物时段，即果实生长第一次膨大期、第二次膨大期和果实成熟期气温与含酸量的关系是：含酸量与3个关键生物时段气温均呈双曲线函数分布（见图4）。拟合的数学方程如下：

$$\frac{1}{\hat{y}_2} = 10.738 - \frac{125.097}{T_8}$$

上式中 $\hat{y}_2$ 为含酸量（%）； $T_8$ 为8月中旬气温； $n=46$ ， $F$ 计算值为92.075， $F_{(0.01)}=7.25$ ， $F \gg F_{(0.01)}$ 。

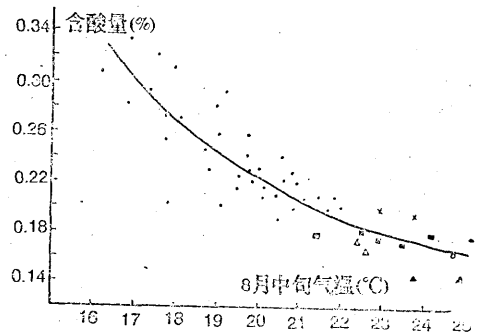


图4 气温与含酸量(%)关系 (果实生长第二次膨大期)

分析果实生长第一次膨大期和成熟期气温与含酸量关系（图略），得到下列数学方程：

$$\frac{1}{\hat{y}_2} = 9.638 - \frac{104.823}{T_7}$$

$$\frac{1}{\hat{y}_2} = 9.782 - \frac{85.848}{T_9}$$

上式中 $\hat{y}_2$ 同前； $T_7$ 、 $T_9$ 分别为7月上中旬和9月上中旬气温； $n=46$ ， $F$ 计算值分别为42.908和67.616，复相关系数分别为0.494和0.616， $F \gg F_{(0.01)}$ 。

研究结果得出, 优质苹果的适口含酸量为0.20—0.25%, 各关键生物时段影响含酸量变化的适宜温度果实生长膨大期为19—22℃, 果实成熟期为16—18℃, 在这一界限温度内含酸量最为适口, 温度低于上述下界温度, 含酸量增至0.25%以上, 影响苹果适口风味。

### (2) 含酸量与年气温关系

分析甘肃省和全国主要苹果产区年平均气温与含酸量的关系呈对数函数分布(图略), 拟合数学方程如下:

$$\hat{y}_2 = 0.634 - 0.180 \ln T_y$$

上式中 $\hat{y}_2$ 同前;  $T_y$ 表示年平均气温;  $n = 46$ , 复相关系数为0.537,  $F$ 计算值为51.307,  $F \gg F_{(0.01)}$ 。

分析结果得出, 优质苹果酸度适口(0.20—0.25%)的适宜年平均气温为8—10℃。

### (3) 含酸量与气温日较差关系

分析7月果实生长迅速膨大期气温日较差与含酸量关系为直线相关, 即含酸量随着日较差的增大而增加(图略), 拟合的直线方程如下:

$$\hat{y}_2 = 0.106 + 0.011 \Delta T$$

上式中 $\hat{y}_2$ 同前;  $\Delta T$ 为7月平均气温日较差;  $n = 46$ ,  $r = 0.536$ ,  $\alpha = 0.001$ 。

## 3. 硬度与气象条件的关系

苹果的硬度直接影响风味和贮运性能, 硬度过大风味不佳; 硬度过小则不耐贮藏运输, 吃起来发绵。硬度的大小与气象条件密切相关。

### (1) 关键生物时段与硬度的关系

分析苹果果实生育三个关键时段的旬平均气温与硬度的关系均呈对数函数分布(见图5)。拟合三个关键生物时段的数学方程分别如下:

$$\hat{y}_3 = 35.453 - 9.019 \ln T_7$$

$$\hat{y}_3 = 40.908 - 10.869 \ln T_8$$

$$\hat{y}_3 = 29.876 - 7.796 \ln T_9$$

上式中 $\hat{y}_3$ 为苹果硬度(kg/cm<sup>2</sup>); 其余符号

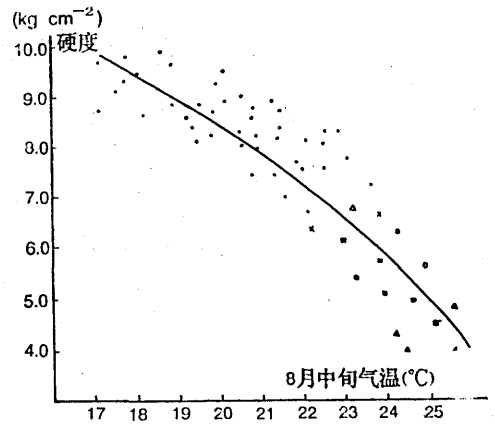


图5 气温与硬度(kg/cm<sup>2</sup>)关系  
(果实生长第二次膨大期)

意义同前,  $n = 53$ , 复相关系数分别为0.270、0.451、0.309,  $F$ 计算值分别为18.908、41.860、22.755,  $F_{(0.01)} = 7.17$ ,  $F \gg F_{(0.01)}$ 。

研究结果得出, 优质苹果的适中硬度为7.6—9.0kg/cm<sup>2</sup>, 果实生长膨大期硬度适中的适宜温度为19—22℃, 果实成熟期硬度适中的适宜温度为15—18℃。

### (2) 硬度与年气温的关系

分析甘肃省与全国主要苹果产区年平均气温与硬度的关系, 与关键生物时段一样呈对数函数分布(图略)。拟合的数学方程如下:

$$y_3 = 18.485 - 4.723 \ln T_y$$

上式中 $y_3, T_y$ 同前;  $n = 53$ ,  $F$ 计算值 = 11.345,  $F \gg F_{(0.01)}$ 。

研究结果得出, 优质苹果适中硬度的适宜年平均气温为8—10℃。

### (3) 硬度与气温日较差关系

分析7月果实生长迅速膨大期气温日较差与硬度的关系为直线相关, 即硬度随着日较差的增加而增大, 拟合的直线方程为:

$$y_3 = 4.236 + 0.351 \Delta T$$

上式中 $y_3, \Delta T$ 同前;  $n = 53$ ,  $r = 0.380$ ,  $\alpha = 0.01$ 。

## 参 考 文 献

- 〔1〕青木二郎, 苹果的研究, 农业出版社, 1984。  
〔2〕陈尚谟等, 果树气象学, 225—240页, 气象出版社, 1988。  
〔3〕余优森等, 渭北黄土高原苹果优质气候层带分析, 自然资源学报, No. 4, 1988。  
〔4〕陆秋农, 我国苹果的分布区划与生态因子, 中国农业科学, No. 1, 1989。  
〔5〕余优森等, 苹果含糖量与温度关系的研究, 中国农业气象, 第11卷第3期, 1990。

# A study on the relationship between the quality of apple and meteorological conditions

Yu Yousen

(Lanzhou Dryness and Meteorology Institute)

Pu Yongyi

(Tianshui Meteorological Bureau, Gansu Province)

## Abstract

In this paper, the relation of the apple's sugariness, acidness and hardness with meteorological condition has been studied. It is shown that expansion and mature period are the key biological phases in which the meteorological conditions mainly affect the apple's quality. The meteorological indexes and mathematical simulation equations for apple's sugariness, acidness and hardness are given, too.