

余焰文,蔡小琴,蔡哲,等,2019. 基于可溶性固形物含量模拟的南丰蜜橘采摘期确定[J]. 气象与减灾研究,42(4):285-289.
Yu Yanwen, Cai Xiaoqin, Cai Zhe, et al, 2019. Study on picking period of Nanfeng mandarin orange based on simulation of soluble solid content[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research,42(4):285-289.

基于可溶性固形物含量模拟的南丰蜜橘采摘期确定

余焰文¹, 蔡小琴¹, 蔡哲², 邓圣³

1. 抚州市气象局, 江西 抚州 344000
2. 江西省农业气象中心, 江西 南昌 330096
3. 南丰县气象局, 江西 抚州 344500

摘要: 利用南丰蜜橘可溶性固形物(TSS)含量数据和气象观测资料,定量分析了南丰蜜橘生长期内 TSS 含量与光温效应间的动态关系,并根据 TSS 含量确定南丰蜜橘的最佳采摘期。结果表明:南丰蜜橘的 TSS 含量与光温效应呈现极显著的正相关,决定系数为 0.984。南丰蜜橘的 TSS 含量在 11 月 13 日前基本可达 13%,年份占比为 83%,因此可将 TSS 含量达到 13% 作为采摘期指标,11 月 13 日前为最佳采摘期;反之,则需尽量延迟采摘以保障果实品质。

关键词: 柑橘,采摘期,可溶性固形物含量,光温效应

中图分类号: S165

文献标识码: A

文章编号: 1007-9033(2019)04-0285-05

doi: 10.12013/qxyjzyj2019-045

Study on Picking Period of Nanfeng Mandarin Orange Based on Simulation of Soluble Solid Content

Yu Yanwen¹, Cai Xiaoqin¹, Cai Zhe², Deng Sheng³

1. Fuzhou Meteorological Bureau, Fuzhou 344000, China
2. Agricultural Meteorological Center of Jiangxi, Nanchang 330096, China
3. Nanfeng Meteorological Bureau, Fuzhou 344500

Abstract: Based on the Soluble Solid (TSS) content of Nanfeng mandarin orange and meteorological data, the dynamic relationship between the light-temperature effect and the TSS content during the growth period was analyzed quantitatively, and the best picking period was also determined according to the TSS content. The results showed that the TSS content was related positively to light-temperature effect significantly, with the model determination coefficient of 0.987. The TSS content basically reached 13% before November 13 (the proportion of year was 83%), which could be the indicator of the best picking period of Nanfeng mandarin orange. Otherwise, it was suggested to delay the picking period as far as possible to ensure the fruit quality.

Key words: mandarin; picking period; the soluble solid content; light-temperature effect

0 引言

南丰蜜橘是我国名优果树品种之一,至今已有 1 300 多年的栽培历史,被誉为“橘中之王”。南丰

蜜橘属小果形柑橘,一般在 11 月上中旬成熟,果实扁圆、橙黄色,其可溶性固形物含量为 11%—19%,品质较好(徐回林,2011)。气象条件的好坏直接或间接影响植物的生长发育进程、生物量形成及分配

收稿日期: 2019-09-16; 修订日期: 2019-10-06.

基金项目: 江西省气象局 2018 年青年人才培养项目“基于构建含糖量气象模型的南丰蜜橘采摘期预测研究”;江西省气象局 2018 年重点项目“特色农产品气候品质评价技术研究”;“气候变化背景下江西省柑橘黄龙病气候发生风险评估与区划研究”。

作者简介: 余焰文,硕士,工程师,研究方向为农业气象灾害与服务, E-mail: yuyanwen204@163.com.

蔡哲(通信作者),硕士,高级工程师,主要研究方向为农业气象, E-mail: caizheread@163.com.

等(李金强等,2013;张军等,2016;王亚军等,2018),最终影响植物长势优劣及产量高低。果实采摘时间直接影响果实品质和果农的收益,准确把握最佳采收时间是果农面临的一个重大难题:采收过早,容易造成果实品质不佳、售价不高;采收过晚,虽然水果品质得到保障,但水果不易贮藏(卿尚模等,2010;陈楚英等,2013)。

水果可溶性固形物是指果实中所有溶解于水的化合物的总称,包括糖、酸、维生素等,是反映水果内在品质的重要指标之一,与其他生理生化指标相比,其测定方式更为简便。鲍江峰等(2004)和金国花(2018)研究表明,光照、温度、水分等气象要素均会对柑橘类水果的长势、产量、品质等有不同程度的影响。但是,关于气象条件和果实品质间关系的研究大多是以定性分析为主,如刘燕德(2009)、薛龙(2010)虽然建立了光谱与南丰蜜橘内在品质的预测模型,但是模型均未涉及气象因子。文中,通过气象条件动态模拟南丰蜜橘可溶性固形物含量,并在此基础上确定南丰蜜橘的最佳采摘期,旨在为南丰蜜橘产业科学管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 观测与取样

实验取样橘树分别位于江西省南丰县琴城镇、桑田镇和荷田岗村三个农家果园内,果园为统一常规管理,水肥管理较为一致,品种为南丰蜜橘传统品种“杨小2-6”。南丰蜜橘生育期观测按柑橘农业气象观测方法进行,于2018年果实膨大—转色期开始于特定橘树上部和下部分别定期取样,每次取样4个,取样后使用日本 ATAGO 手持式糖度计测定其可溶性固形物(TSS)含量,并使用 SPSS19 对不同取样点 TSS 含量进行差异显著性分析。

1.2 模型及参数说明

收集2010—2018年南丰蜜橘生育期田间观测数据(逐年开花坐果期、生理落果期、果实膨大期、成熟采摘期的起始时间)和南丰气象站气象观测数据(逐日平均气温、日照时数)。以辐热积(李永秀等,2005)中光效应和热效应的平均值表示南丰蜜橘生长期内气象条件的光温效应(F),两者数值越大则说明温度和光照条件对果树生长发育越为有利,其计算公式为

$$F = \sum_i (E_{Ti} + E_{Si})/2 \quad (1)$$

其中, E_{Ti} 和 E_{Si} 分别表示第 i 生育期相应的热效应

和光效应。为了更好地反映超出界限温度范围气温对作物生长发育引起的负面效果,对式(1)中的温度热效应计算公式进行调整:

$$E_T(t) = \begin{cases} (t - t_b)/(t_1 - t_b), & t < t_1 \\ 1, & t_1 \leq t \leq t_2 \\ (t_a - t)/(t_a - t_2), & t > t_2 \end{cases} \quad (2)$$

式中, $E_T(t)$ 表示温度为 t 时的相对热效应; t_b 、 t_a 、 t_1 、 t_2 分别表示生长下限、上限温度和最适下限、上限温度,单位:°C。查阅相关文献(聂振朋等,2012)并总结归纳出适用于南丰蜜橘的相关温度指标(表1)。由于南丰蜜橘采摘完全依靠手工完成,随着蜜橘种植面积和规模扩大,采摘期时间跨度较大,为了兼顾果实品质和采摘进度,传统的采摘期从10月下旬持续至12月初,大面积采摘则一般在11月上旬(以下采摘期均指开始大面积采摘时间)。

表1 南丰蜜橘不同生育期温度指标

Table 1 Temperature index of Nanfeng mandarin orange during different periods

生育期	温度指标/°C			
	下限	适宜最低	适宜最高	上限
开花坐果	12	15	22	25
生理落果	15	18	25	33
果实膨大—着色期	18	20	27	35
成熟采收	10	13	20	27

为简化光效应公式计算,将光效应表示为实际日照时数与可照时数的比值,即

$$E_s(S) = S/S' \quad (3)$$

式中, $E_s(S)$ 表示日照时数为 S 时的光效应; S 、 S' 分别表示实际日照时数和可照时数,单位:h, S' 的计算方法参考相关资料(中国气象局,2008)。

使用软件 Origin 2019 对辐热积数据和 TSS 含量数据进行分析 and 曲线拟合。许多研究证实果实生长及品质物质积累随时间呈现典型的 S 型曲线变化(杨培丽等,2015;袁小康等,2017),因此文中采用 S 曲线模型对南丰蜜橘可溶性固形物(y)和生长期内的光温效应(x)进行拟合,模型为

$$y = \exp(a + b/x) \quad (4)$$

其中, a 、 b 为模型参数。

2 结果分析

2.1 TSS 含量测定结果及拟合

对各取样点不同批次上部、下部果实的 TSS 含量进行差异显著性分析,取样点上部果实的 TSS 含量总体略高于下部,但是总体差异不显著(表略),这

与史进等(2016)的研究结论不一致,可能是由于研究果实品种不同有关。不同取样点间 TSS 含量存在差异,分析各取样点间 TSS 含量差异性统计结果发现,同一时间下桑田村样本点与荷田岗样本点果实的 TSS 含量差异总体不显著,但是桑田村样本点与琴城镇样本点果实的 TSS 含量总体表现出显著性差异($p \leq 0.05$),而荷田岗样本点与琴城镇样本点果实的 TSS 含量间差异性在前期不显著而后期

则差异显著,因此用不同取样点的平均值与气象要素构建模型更为科学合理。

图 1a 给出了不同时间各批次样本 TSS 含量变化。分析发现,不同取样点南丰蜜橘的 TSS 含量随时间变化的趋势并不一致,其中琴城样本点 TSS 含量总体略低,荷田样本点 TSS 含量随时间增加最快,10 月 25 日后均为最高,但是三批次样本平均 TSS 含量随时间的增加而增加。

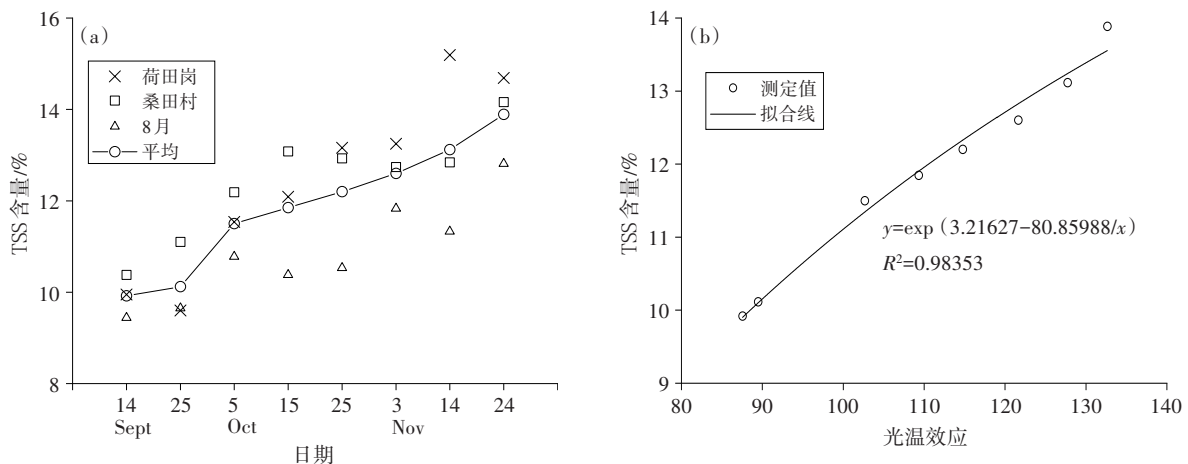


图 1 南丰蜜橘可溶性固形物(TSS)含量随时间(a)和光温效应(b)变化

Fig. 1 Variations of soluble solids (TSS) content of Nanfeng mandarin orange with time (a) and light-temperature effect (b)

光温效应模型可以表征生育期内温度和光照条件对作物生长发育的适宜程度,其值越大则表示光照、温度条件对作物生长发育越有利。图 1b 表明,南丰蜜橘进入转色期后,其 TSS 含量随着光温效应的增加而增加,TSS 含量拟合 S 型曲线模型达到 0.01 显著性水平,决定系数 R^2 高达 0.984,表明二者呈极显著正相关。

2.2 回代检验

统计历年采摘记录发现,2000 年以后南丰蜜橘实际主要采摘期一般都在 11 月 6—8 日前后。根据《地理标志产品——南丰蜜橘》(涂建等,2008)中规定南丰蜜橘 TSS 含量 $\geq 10.5\%$,从拟合结果来看每年实际采摘期对应的 TSS 含量均符合标准要求,这也间接证明南丰蜜橘内在品质总体较高这一特点。根据 S 型曲线模型按照不同 TSS 含量值(11%、12%、13%、14%)确定 2000—2018 年采摘期时间(表 2),其中 2016 年由于日照数据缺失较多,故剔除不予考虑。

分析表 2 可知,南丰蜜橘在 10 月上旬 TSS 含量基本可达 11% 水平,但是当年达到 14% 水平的年

份总体较少,且时间均在 11 月下旬,难以保障足够时间完成采摘。10 月中下旬 TSS 含量达 12% 的年份比例占总数的 83.3%,其中 2000 年、2005 年、2011 年则延迟至 11 月。除 2000 年和 2005 年外其他年份 12 月前 TSS 含量均可达到 13% 水平,预测日期与实际普遍采摘日期总体较为接近,除 2011 年预测偏差较大(相差 13 d),其他年份误差均在 7 d 以内,误差不超过 3 d 的年份比例为 55.6%。分析历史资料发现,TSS 含量在 11 月 13 日前达到 13% 时,年内 10 月 26 前 TSS 含量基本可以达到 12%。

3 小结与讨论

文中通过取样测定南丰蜜橘可溶性固形物(TSS)含量,定量分析其与生长期光温效应之间的关系并构建 S 型曲线模型,模型拟合效果较好,决定系数 R^2 高达 0.984。南丰蜜橘的 TSS 含量在转色期之后随时间的增加而增加,不同取样点的 TSS 含量呈现一定差异性,且部分地区差异显著,但是上下部果实的 TSS 含量整体差异不显著。将模型结合历史数据验证结果表明,历史采摘期 TSS 含量均

表2 南丰蜜橘不同可溶性固形物(TSS)含量对应的采摘期时间

Table 2 Picking dates for different soluble solids (TSS) content of Nanfeng mandarin orange

年份	采摘期	不同 TSS 含量对应的采摘日期			
		11%	12%	13%	14%
2000	11月6日	10月10日	11月4日	#	#
2001	11月8日	10月5日	10月22日	11月10日	#
2002	11月2日	9月30日	10月17日	11月5日	12月13日
2003	11月4日	9月30日	10月20日	11月3日	12月16日
2004	10月31日	10月3日	10月17日	10月31日	11月23日
2005	11月8日	10月29日	11月24日	#	#
2006	11月8日	10月4日	10月27日	11月10日	#
2007	10月31日	9月29日	10月17日	11月2日	11月25日
2008	11月4日	9月30日	10月20日	11月11日	#
2009	11月6日	10月3日	10月21日	11月5日	#
2010	11月6日	10月11日	10月31日	11月13日	12月29日
2011	11月8日	10月17日	11月4日	11月21日	#
2012	11月8日	10月10日	10月26日	11月13日	#
2013	11月4日	10月6日	10月25日	11月10日	12月26日
2014	11月8日	10月5日	10月20日	11月8日	12月8日
2015	11月6日	10月5日	10月22日	11月12日	#
2017	11月10日	10月5日	10月26日	11月10日	#
2018	11月8日	10月3日	10月21日	11月8日	#

注：“#”表示截至12月31日无法达到相应TSS含量值

达到较高水平,10月26日前基本可达12%,11月13日前基本可达13%,因此建议可将TSS含量达到13%作为采摘期指标,11月13日前为南丰蜜橘采摘期;反之,则需适当推迟采摘以提高TSS含量,从而提升果实品质。

谢远玉等(2012)定性分析了气象条件对赣南脐橙品质的影响,并建立了单因子线性模型,但无法解释光、温、水等要素对脐橙品质的协同影响。雷娟(2009)通过气象要素构建了新余蜜橘内在品质的多元回归模型,但是忽略了不同气象条件下其生育期的变化。近年来,农产品气候品质评价技术成为农业气象领域的研究热点,但研究成果也并未提及成熟采收期的品质指标。本研究构建了基于气象要素的南丰蜜橘采收期内在品质预测模型。因条件有限,只以3个不同样本点的观测数据进行分析 and 建模,但是模型和历史回代结果均较好,一定程度上弥补了这一不足。为提高研究结果的科学性和准确性,需进行多批次试验检验,并对模型参数的生理学意义进行分析和说明,同时进一步分析果实中果酸、维生素等成分与气象条件的关系,这是今后研究的方向和重点。

参考文献 (References)

鲍江峰,夏仁学,彭抒昂,2004.生态因子对柑桔果实品质的影响[J].应用生态学报,15(8):1477-1480. Bao J F, Xia R X, Peng S A, 2004. Effect of ecological factors on citrus fruit quality[J].

Chin J Appl Ecol,15(8):1477-1480.(in Chinese)

- 陈楚英,陈明,郭娟华,等,2013.两个采收期的新余蜜桔贮藏特性及品质研究[J].中国南方果树,42(1):43-48. Chen C Y, Chen M, Guo J H, et al, 2013. Study on storage characteristics and quality of Xinyu orange in two harvest periods[J]. South China Fruits,42(1):43-48.(in Chinese)
- 金国花,2018.秋冬异常天气影响下柑橘生长的响应[J].江西农业学报,30(9):99-102. Jin G H, 2018. Response of citrus growth to abnormal autumn and winter weather[J]. Acta Agr Jiangxi,30(9):99-102.(in Chinese)
- 雷娟,2009.影响新余蜜橘品质的气象因子及其变化趋势[J].气象与减灾研究,32(3):67-72. Lei J, 2009. Meteorological factors influence the tangerine quality in Xinyu city and their changing tendencies[J]. Meteor Disaster Reduction Res,32(3):67-72.(in Chinese)
- 李金强,李文云,柏自琴,等,2013.贵州山地气象因子与柑橘果实品质的相关性研究[J].西南农业学报,26(5):2009-2012. Li J Q, Li W Y, Bo Z Q, et al, 2013. Study on relationship between meteorological factors and quality of citrus fruit in Guizhou mountainous areas[J]. Southwest China J Agr Sci,26(5):2009-2012.(in Chinese)
- 李永秀,罗卫红,倪纪恒,等,2005.用辐热积法模拟温室黄瓜叶面积、光合速率与干物质产量[J].农业工程学报,21(12):131-136. Li Y X, Luo W H, Ni J H, et al, 2005. Simulation of leaf area, photosynthetic rate and dry matter production in greenhouse cucumber based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation[J]. Trans Chin Soc Agr Eng,21(12):131-136.(in Chinese)
- 刘燕德,孙旭东,章海亮,等,2009.南丰蜜桔可溶性固形物非线性模型研究[J].华东交通大学学报,26(3):33-36. Liu Y D, Sun X

- D, Zhang H L, et al, 2009. Research on nonlinear model of soluble solids content based on radial basis function neural network in Nangfeng Mandarin fruits[J]. J East China Jiaotong Univ, 26(3):33-36.(in Chinese)
- 聂振朋,柯甫志,王平等,2012. 影响柑橘引种的主要生态因子[J]. 浙江柑橘, 29(4):12-14. Nie Z P, Ke F Z, Wang P, et al, 2012. Main ecological factors affecting citrus introduction[J]. Zhejiang Citrus, 29(4):12-14.(in Chinese)
- 卿尚模,陈克玲,曾杰梅,等,2010. 不同采摘期对不知火桔橙果实贮藏性及品质的影响[J]. 中国南方果树, 39(2):15-18. Qin S M, Chen K L, Zeng J M, et al, 2010. Effects of different picking periods on storage and quality of shiranuhi fruit[J]. South China Fruits, 39(2):15-18.(in Chinese)
- 史进,李文胜,张俊苗,2016. 生草对树冠不同部位果实产量和品质的影响[J]. 北方园艺, (19):22-27. Shi J, Li W S, Zhang J M, 2016. Influence of sod culture to yield and quality of different parts of apple tree crown[J]. Northern Hort, (19):22-27.(in Chinese)
- 涂建,王泽义,李跃进,等,2008.《地理标志产品——南丰蜜橘(GB/T 19051—2008)》[S]. 北京:中国标准出版社. Tu J, Wang Z Y, Li Y J, et al, 2008.《Product of geographical indication; Nanfeng mandarin (GB/T 19051 - 2008)》[S]. Beijing: Standards Press of China.(in Chinese)
- 王亚军,梁晓婕,张波,等,2018. 产地差异对宁夏枸杞果实形态及糖分含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 36(5):68-75, 81. Wang Y J, Liang X J, Zhang B, et al, 2018. Effects of different habitats on the fruit morphology and sugar content of *Lycium Barbarum* L.[J]. Agr Res Arid Areas, 36(5):68-75, 81.(in Chinese)
- 谢远玉,朱凌金,余嵩云,等,2012. 气象条件对赣南脐橙品质的影响[J]. 气象与减灾研究, 35(4):54-58. Xie Y Y, Zhu L J, Yu S Y, et al, 2012. Effect of meteorological conditions on the quality of navel orange in the southern Ganzhou[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 35(4):54-58.(in Chinese)
- 徐回林,2011. 南丰蜜橘果实发育过程中品质变化及糖酸代谢的研究[D]. 南昌:江西农业大学:1-2. Xu H L, 2011. Study on the fruit quality change, sugar, and organic acid metabolism during Nanfeng Tangerine fruit[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University:1-2.(in Chinese)
- 薛龙,黎静,刘木华,等,2010. 基于遗传算法的脐橙可溶性固形物的可见/近红外光谱无损检测[J]. 激光与光电子学进展, 47(12):109-113. Xue L, Li J, Liu M H, et al, 2010. Nondestructive detection of soluble solids content on navel orange with Vis/NIR based on genetic algorithm[J]. Laser Optoelectron Prog, 47(12):109-113.(in Chinese)
- 杨培丽,周导军,姜新,等,2015. 纽荷兰脐橙果实生长与气象要素的相关性[J]. 南方农业学报, 46(5):844-849. Yang P L, Zhou D J, Jiang X, et al, 2015. Correlation of meteorological elements with fruit growth of Newhall navel orange[J]. J Southern Agr, 46(5):844-849.(in Chinese)
- 袁小康,杨再强,2017. 昼夜温差对番茄果实品质动态变化的影响及模拟[J]. 中国农业气象, 38(6):353-360. Yuan X K, Yang Z Q, 2017. Effect of day and night temperature difference on fruit quality of tomato and its simulation models[J]. Chin J Agr, 38(6):353-360.(in Chinese)
- 张军,张彩琴,李茜若,等,2016. 内蒙古典型草原牧草生物量与气象因子的灰色关联优势分析[J]. 干旱区资源与环境, 30(4):138-143. Zhang J, Zhang C Q, Li X R, et al, 2016. Grey relational dominance analysis between biomass of herbs and the meteorological factors in Inner Mongolia typical steppe[J]. J Arid Land Resour Environ, 30(4):138-143.(in Chinese)
- 中国气象局,2008. 中华人民共和国气象行业标准(QX/T 89—2008)[S]. 北京:中国气象局. China Meteorological Administration, 2008. China meteorological industry standard (QX/T 89 - 2008) [S]. Beijing: China Meteorological Administration. (in Chinese)