

## 基于信息化技术的单株烤烟大田动态生育进程研究

林先丰<sup>1</sup>, 凌寿军<sup>1</sup>, 张金霖<sup>2</sup>, 张圣强<sup>2</sup>, 陈桢禄<sup>3</sup>, 陈泽鹏<sup>3\*</sup>

(1. 广东烟草清远市有限公司, 清远 511518; 2. 广东烟草清远市有限公司连州市分公司, 连州 513400;

3. 中国烟草总公司广东省公司, 广州 510610)

**摘要:** 为准确掌握烟株大田生育进程的外观形态及其对应的作物信息指标, 采用单株栽培、信息化技术、人工调查、定叶位挂牌标记和图像影音处理等方法, 对单株烤烟的大田生育期和每片有效叶的产质量进行了研究。结果表明, 采集图像按照每秒 25 帧的频率制作成延时摄影, 可将烟株长达 124 d 的大田生育进程用 5 min 呈现; 旺长期是各农艺性状快速生长的最主要时间段, 株高、茎围和最大叶面积的生长进度达到或超过 1/3, 14 片叶在此期间萌发, 占大田期萌发叶片数的 50%, 而且全部最终成为有效叶; 烟株 18 片有效叶对应的叶位为 No.15—32, 叶片干重从下往上呈现上升趋势, 在 No.28 叶位达到峰值 (17.64 g) 后干重逐步下降; 叶片收购价格变化趋势与重量变化基本一致, 烟叶等级与叶位的对应关系为 CF: No.18—24, BF: 25—32, XF: No.15—17。采用“农用智能装置的拍照方法及拍照系统”信息化平台可实现对烟株大田生长发育的全程监控和动态呈现, 通过后期图像处理, 获得烟株物候期图像及对应农作物信息, 为研究和优化烤烟大田生育进程及田间长相提供了有效方法。

**关键词:** 烤烟; 生育进程; 物候期; 信息化技术; 动态研究

中图分类号: S572

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)06-1124-06

### Study on dynamic growth process of individual flue-cured tobacco in the field based on information technology

LIN Xianfeng<sup>1</sup>, LING Shoujun<sup>1</sup>, ZHANG Jinlin<sup>2</sup>, ZHANG Shengqiang<sup>2</sup>, CHEN Zhenlu<sup>3</sup>, CHEN Zepeng<sup>3</sup>

(1. Guangdong Qingyuan Municipal Tobacco Co., Ltd., Qingyuan 511518;

2. Lianzhou Branch, Guangdong Qingyuan Municipal Tobacco Co., Ltd., Lianzhou 513400;

3. Guangdong Province Corporation, China National Tobacco Corporation, Guangzhou 510610)

**Abstract:** In order to accurately understand the appearance of the growth process and the corresponding crop information index of flue-cured tobacco in the field, the methods of single plant cultivation, information technology, artificial investigation, fixed leaf listing mark and image processing were adopted. To study the growth duration after transplant and the yield and quality of each effective leaf of flue-cured tobacco. The results showed that the collected images were made into delayed photography according to the frequency of 25 frames per second, and the growth process of tobacco plant (124 d) could be presented in 5 min. The fast-growing stage was the most important time for the rapid growth of the agronomic traits. The growth rate of plant height, stem girth and the maximum leaf area reached or exceeded 1/3; 14 leaves accounted for 50% of the number of germinating leaves in the field, and all of them became effective leaves. The leaf position No.15-32 became 18 effective leaves. The weight of dry leaf increased from the bottom to the top, and the dry weight gradually decreased after the peak value of leaf position No.28, and the change trend of leaf purchase price was basically consistent with the change of leaf weight. The corresponding relationship between tobacco leaf grade and leaf position is CF: No.18-24, BF: 25-32, XF: No.15-17. By using the information platform of "Photographing and Photographing System of Agricultural Intelligent Equipment", the whole process monitoring and dynamic presentation of the growth and development of flue-cured tobacco in the field can be realized. Through the image processing, the phenological phase image and the corresponding crop information of flue-cured tobacco can be obtained, which provides an effective

收稿日期: 2018-04-23

基金项目: “广东浓香型特色优质烟叶开发”科技项目 (201101) 资助。

作者简介: 林先丰, 农艺师。E-mail: 307101663@qq.com

\* 通信作者: 陈泽鹏, 高级工程师。E-mail: 13808886294@163.com

method for studying and optimizing the growth process and appearance of flue-cured tobacco in the field.

**Key words:** flue-cured tobacco; growth and development; phenological phase; information technology; dynamic study

烤烟大田生育期的长短因遗传因素、栽培水平条件和生态环境的不同而存在差异<sup>[1-2]</sup>。优质烤烟合理生育进程以及各生育时期适宜外观形态对于协调烤烟个体与群体发育关系、促进烟株碳氮代谢适时转换、获得满意产量和质量均具有重要意义<sup>[3]</sup>。烤烟生长发育进程过快或过慢都会直接影响到烟叶田间耐熟性和烘烤特性, 导致烤烟产量和质量下降<sup>[4-5]</sup>。调控烤烟的生育进程与外观主要农艺性状, 是保证烟草获得适宜产量、产值和质量的基础。在生产实践中, 可通过移栽期、覆盖方式、施肥和灌溉方法等栽培措施对烤烟生长发育进程进行调控<sup>[6-9]</sup>。

生产优质烟叶既要有合理的群体结构, 又要有发育良好的个体<sup>[4]</sup>。然而, 烟株发育是一个受遗传因素和环境因素影响而不断变化的动态过程<sup>[1,10]</sup>。目前, 国内外有关水稻、大豆等重要粮食、经济作物生育进程的研究报道较多<sup>[11-12]</sup>, 而关于烤烟生育进程对烟叶产量和品质的研究较少, 而且多局限于栽培技术, 如移栽期、种植密度、覆盖方式、施肥和灌溉等对烤烟生长发育特性及其产质量影响方面的研究。对于烟叶成活、团棵、现蕾、打顶和圆顶(即下部叶成熟)等物候期代表性长相图片及动态呈现、植株叶片的出叶生长和退化采摘情况、气象和土壤等农作物信息鲜见相关研究。

本研究对单株烤烟的大田生长发育进行全程动态调查研究, 通过定时采集图像、气象和土壤等农作物信息, 实现对烤烟单株大田生长发育的全程监控; 通过收集、筛选并分析烤烟生育期的时间范围, 确定单株烤烟生育进程的时间区间; 通过收集并分析烤烟的田间长势长相, 确定单株烤烟生育时期内的长势长相数值。通过上述研究措施获取烤烟单株大田生育的物候期代表性长相图片及动态呈现, 准确掌握烟株大田生育进程的外观形态及其对应的生长环境指标, 为实现对烤烟大田生长生育的动态调控提供科学依据, 以达到指导优质烟叶生产之目的。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试烤烟品种为烤烟‘粤烟 97’烟苗, 移栽采用漂浮育苗方法<sup>[13]</sup>培育的烟苗, 大田移栽烟苗的各项指标为: 苗龄 65 d, 真叶 7 片, 茎高 11.5 cm, 茎围 1.2 cm, 烟苗健壮无病虫害, 叶色正绿, 根系发达,

茎秆柔韧性好。

试验地点设在广东省清远市连州星子烟站试验田。供试土壤为紫色土地, 基本农化性状为: 自然含水量 2.8%, pH7.45, 有机质 1.2%, 全氮 0.075%, 全磷 0.085%, 全钾 1.879%, 速效氮 95.0 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 0.2 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 104.0 mg·kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 试验设计** 为避免干扰, 获得理想拍摄效果, 采取单株膜上移栽方式, 烟株四周 5 m 范围内不种植其他任何作物; 还苗期晚上用塑料拱顶覆盖烟苗防霜冻, 天亮后揭开。田间肥水管理、中耕管理和采摘烘烤等操作采用当地优质烤烟规范化生产管理措施。

采用“农用智能装置的拍照方法及拍照系统”信息化平台对烤烟单株大田生长发育进行全程监控。控制中心按照每 15 min 的时间间隔启动拍照指令, 并发送至中心控制器; 中心控制器开启摄像头, 设置摄像头的拍摄参数, 检测当前环境是否适合拍照; 如果不合适, 则中心控制器启动摄像头参数补偿模式, 或控制中心重新设定拍照指令; 如果合适, 按照当前设定的摄像头参数进行拍照; 摄像头识别目标物图像, 并将拍摄图像发送至控制中心, 与拍照目标物参数进行核对; 如果误差不超过设定阈值, 则符合控制中心要求; 如果误差超过设定阈值, 不符合控制中心要求, 调整摄像头拍摄参数; 控制中心将符合要求的图像保存, 并记录拍照信息。通过移动 App 可以实时远程查看和下载图片<sup>[14]</sup>。

设置“农用智能装置的拍照方法及拍照系统”在 2017 年 2 月 15 日—7 月 31 分别于 5:00 至 20:00 每 15 min 和 20:00 至次日 5:00 每 60 min 的频率实时采集气象、土壤等农作物信息。气象信息采集项目包括: 大气温度、大气湿度、露点温度、光照强度、大气压强、降雨量(15 min 累计雨量)、风向和风速; 土壤信息采集项目包括: 地膜内的土壤温度和湿度、地膜外的土壤温度和湿度。

后期将单个静止的图像制作成延时摄影视频, 得到一个动态的视频, 从而以明显变化的影像再现烤烟大田生育缓慢变化过程。根据视觉暂留的效果要求, 每帧图像显示时间可设定为 0.04~0.10 s。本研究参照电视画面每秒 25 帧图像的频率, 即每帧图像显示 0.04 s。每帧图像显示时间设定越短, 视频看

越来越流畅、动作越快；图像显示时间设定越长，人眼视觉暂留效果受到影响，视频看起来不太连贯。

**1.2.2 调查与测定** 烟苗去除底脚叶3片，留5 cm以上长度的叶片4片后进行移栽。自下而上定叶位挂牌标记，以新出生叶片长度达5 cm定义为出叶，调查记录烟株各片叶的出叶日期、退化或采收日期，研究烟株不同叶位在各生育期的生长发育情况。

分别记录移栽、成活、团棵、现蕾、打顶、圆顶、中部叶成熟和上部叶成熟的日期，分别在烟株团棵、现蕾、打顶和圆顶时调查烟株农艺性状，具体包括株高、茎围、节距、株型、叶数、最大叶片的长与宽、叶面积等形态指标，测定与方法参考烟草行业推荐标准<sup>[15]</sup>。采摘烘烤后按照国家烤烟分级

标准<sup>[16]</sup>对每张叶片进行分级，按照当地烤后烟叶收购价格（2017年二价区）计算每张叶片的价格。

**1.2.3 图像和数据处理** 采用Photoshop软件对采集图片进行处理；采用影音制作软件将采集图片制作成视频；采用Excel 2013进行前期数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 单株烤烟生育期的动态呈现

根据记录，在单株整个大田生育期（124 d）一共采集到图像8 556张，删除因户外拍摄而出现的聚焦模糊或杂物遮挡的图像（约占总数10%），按照每秒25帧的频率把图像制作成时长约5 min的延时摄影，重现单株124 d大田生育进程。

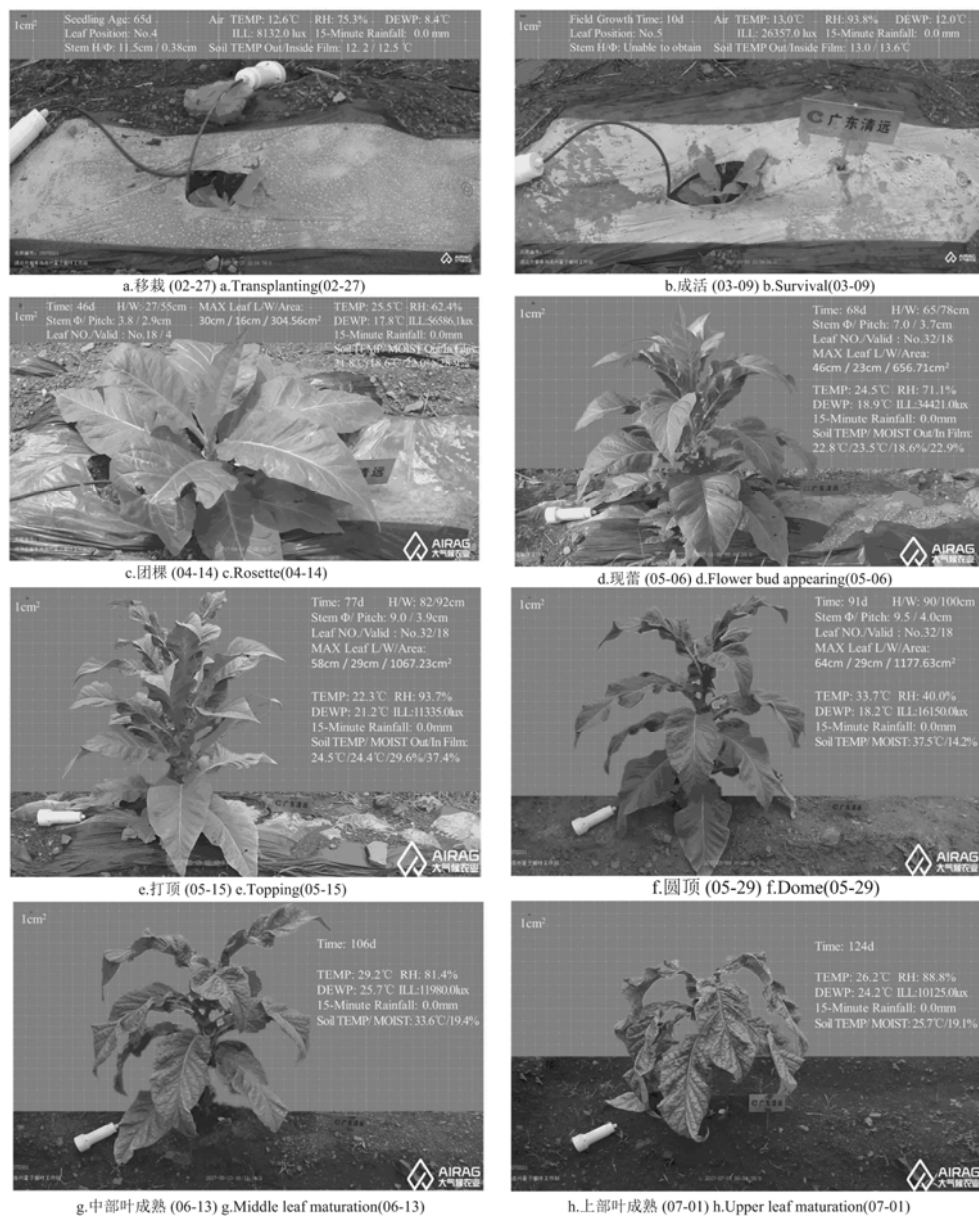


图1 8个物候期烟草形态及作物信息

Figure 1 Tobacco appearance and crop information indexes in eight phenological phases

### 2.2 单株烤烟生育期的图像信息

挑选 8 个物候期代表性图像进行后期处理 (图 1), 分别是: 移栽 (图 1a)、成活 (图 1b)、团棵 (图 1c)、现蕾 (图 1d)、打顶 (图 1e)、圆顶 (图 1f)、中部叶成熟 (图 1g) 和上部叶成熟 (图 1h), 每张图像批注对应的生育日期、农艺性状, 以及实时采集的气象、土壤等农作物信息。图像设置蓝色网格背景, 每个小网格的长和宽分别对应图像显示平面长 1 cm, 宽 1 cm, 小网格面积对应图像显示平面 1 cm<sup>2</sup>。

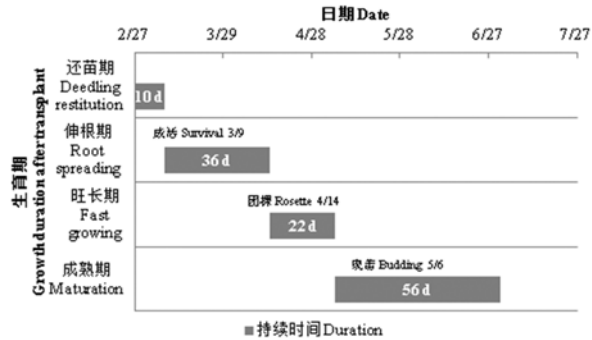


图 2 单株烤烟生育进程时期分布甘特图

Figure 2 Period distribution gantt diagram of tobacco ideal growth process

### 2.3 单株烤烟生育进程和区间分布

由生育进程时期分布甘特图 (图 2) 和各物候期图像信息可见, 单株大田生育进程总时间为 124 d, 划分为由还苗期 (10 d)、伸根期 (36 d)、旺长

期 (22 d)、成熟期 (56 d)。从 2 月 27 日移栽开始 (烟株形态见图 1a), 至 3 月 9 日烟苗不再萎焉, 新叶开始出现, 标志着烟苗已经成活 (形态见图 1b) 而进入伸根期。伸根期烟株经过 36 d 的缓慢生长, 于 4 月 14 日表现出团棵期形态 (图 1c) 后进入旺长期, 生长中心从伸根期的地下部分转移到地上部分。旺长期烟株经过 22 d 的快速生长, 茎迅速长高加粗, 叶数迅速增加, 叶面积迅速扩大, 于 5 月 6 日现蕾 (形态见图 1d) 后进入成熟期。现蕾 9 d 后于 5 月 15 日进行初花打顶 (形态见图 1e), 之后叶片出现分层落黄, 分别于 5 月 29 日、6 月 13 日和 7 月 1 日采摘下部叶、中部叶和上部叶 (成熟形态见图 1f—图 1h), 成熟期持续最长, 达到 56 d。

### 2.4 单株烤烟物候期农艺性状调查结果

根据团棵、现蕾、打顶和圆顶 4 个物候期所测定的农艺性状绘制生育期农艺生长进度百分比堆积柱形图 (图 3)。由图 3 可见, 虽然旺长期持续时间占整个大田生育期 (124 d) 不足 1/5 (17.74%), 但各农艺性状在旺长期的生长进度均达到或超过 1/5。在旺长期, 株高、茎围和最大叶面积的生长进度达到或超过 1/3, 分别为 42.22%、33.68% 和 31.14%; 一共有 14 片叶在旺长期出叶 (叶位 No.19—32), 占单株总叶数的 43.75%, 而且全部最终成为有效叶片, 占总有效叶片数的 77.78%。烟株现蕾后, 叶位达到 No.32 且不再增加。

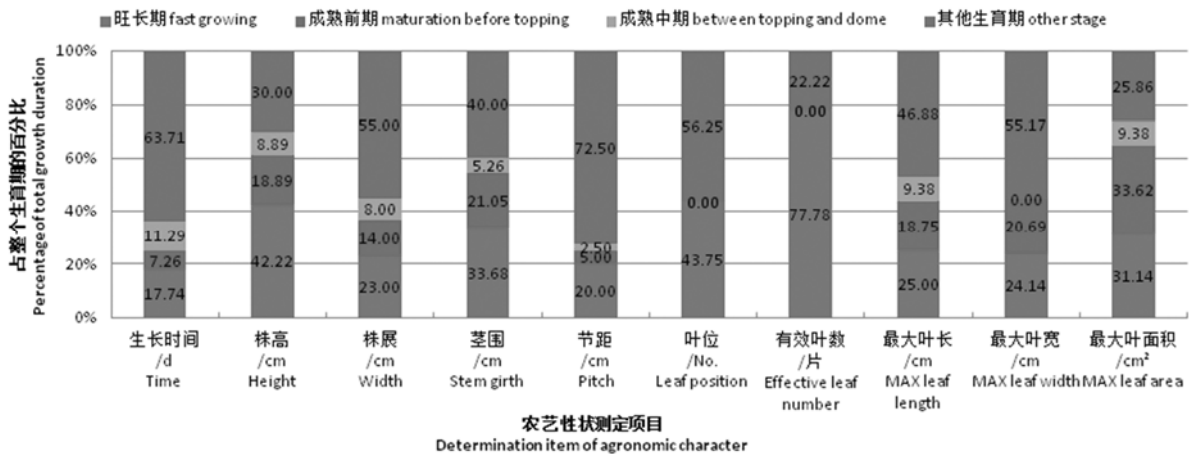


图 3 生育期农艺性状分布百分比

Figure 3 Percentage accumulation of agronomic traits in growth duration after transplant

成熟前期 (现蕾至打顶) 持续时间虽然只有 9 d, 仅占整个大田生育期 (124 d) 的 7.26%。但在此期间, 除了节距、叶位和有效叶数外, 其他农艺性状的生长进度均达到或超过 14.00%, 其中茎围、最大

叶宽的生长进度均超过 20%, 最大叶面积的生长进度甚至达到 33.62%。

成熟中期 (打顶至圆顶) 持续时间为 14 d, 占整个大田生育期 (124 d) 的 11.29%, 各农艺性状

的生长进度均比较缓慢，其中最大叶宽在打顶时达到最大，打顶后不再增加。

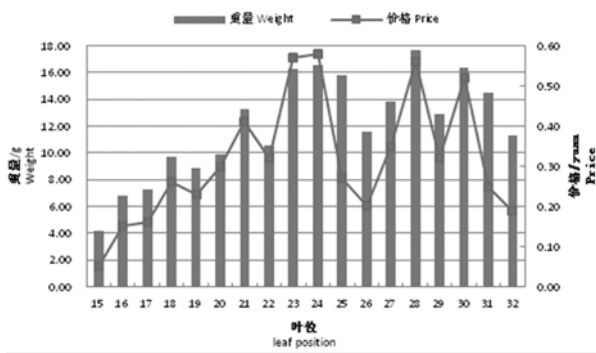


图 4 烘烤后有效叶片重量和价格分布情况

Figure 4 Distribution of effective leaf weight and price after baking

其他生育期（包括还苗期、伸根期和成熟采摘后期）总时间为 79 d，占整个大田生育期（124 d）的 63.71%，此期间有明显生长进度的农艺性状为节

距、株展、最大叶长和叶宽，接近半数叶位（No.5—18，No.1—4 为移栽烟苗叶片）在此期间萌发，但随着生长，此期间萌发 14 片叶大部分退化脱落，只有最后萌发的 4 片最终成为有效叶片。

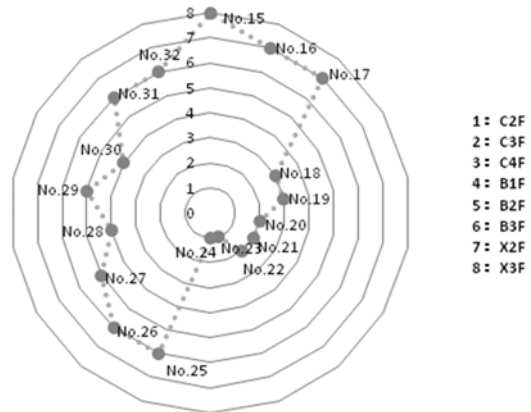


图 5 单片烟叶烤后等级雷达分布

Figure 5 Distribution map of the grade of single leaf tobacco

表 1 烘烤后有效叶片的产质量调查

Table 1 Quality inventory of effective leaves after baking

部位 Position	单叶均重/g Average weight	总重/g Gross weight	占单株比/% Proportion of plant weight	收购等级 Acquisition grade	单叶均价/元 Average price	总价/元 Total price	占单株产值比/% Proportion of output per plant
下部叶 Lower	7.78	46.65	21.48	X2F, X3F, C3F, C4F	0.19	1.16	20.27
中部叶 Middle	14.01	84.05	38.70	C2F, C3F, B3F	0.39	2.35	41.24
上部叶 Upper	14.42	86.50	39.83	B1F, B2F, B3F	0.37	2.19	38.49
单株合计 Total		217.20				5.70	

### 2.5 有效叶片的产量和产值调查结果

由图 4 可见，单株 18 片有效叶对应的叶位为 No.15—32。下部叶 No.15（第 1 片有效叶）烤后干重最小，仅 4.13 g，叶片干重从下往上呈现上升趋势；至中部叶 No.24（第 10 片有效叶）干重出现第 1 个小高峰 16.55 g，约为 No.15 的 4 倍；至上部叶 No.28（第 14 片有效叶）干重达到最大值 17.64 g，叶位再往上叶片干重呈现下降趋势。叶片价格变化趋势与重量变化基本一致，但 No.15、No.25、No.26、No.31 和 No.32 片叶的价格水平明显低于重量水平，烤后等级为 X3F 和 B3F。

由图 5 可见，烟株 18 片有效叶对应的叶位为 No.15—32，烟叶等级与叶位的对应关系为 CF：No.18—24，BF：25—32，XF：No.15—17。单株叶片烤后重量合计 217.20 g，价格合计 5.70 元。将烟株自下而上按有效叶片第 1~6 片（No.15—20）为下部叶、7~12 片（No.21—26）为中部叶、13~18 片（No.27—32）为上部叶定部位，各部位重量和收购等级情况详见表 1。

### 3 讨论与结论

植物生长是一个相对缓慢的过程，通过研究烤烟单株大田生长，计算得到烤烟大田生育期平均每天长高仅 0.75 cm，即便在生长速度最快的旺长期，每天也只有 1.73 cm。烤烟一个大田生育期达到 124 d，约 178 560 min，若采用全程录像，将占用大量网络资源和存储空间。本研究采用信息化技术采集图像、气象和土壤等农作物信息，实现对烤烟单株大田生长发育的全程监控，图像及农作物信息可通过移动 App 实时远程查看和下载。通过后期图像处理，获得移栽、成活、团棵、现蕾、打顶、圆顶、中部叶成熟及上部叶成熟共 8 个物候期代表性图像及其对应的农艺性状、气象和土壤等农作物信息；采集图像按照每秒 25 帧的频率制作成延时摄影，将烟株长达 124 d 的大田生育进程用 5 min 流畅呈现。通过上述研究措施获取烤烟单株大田生育的物候期代表性长相图片及动态呈现，准确把握烟株大田生育进程的外观形态及其对应的生长环境指标。

一般地, 大田生育期 120~130 d, 其中, 还苗期为 7~10 d, 伸根期 25~30 d, 旺长期 25~30 d, 成熟期 50~60 d<sup>[3-4]</sup>。本研究中单株的大田生育期时间(124 d)虽然符合粤烟 97 的生育期标准(120 d 左右)<sup>[17]</sup>, 但存在伸根期过长(36 d)、旺长期不足(22 d)的问题。根据粤烟 97 品种标准<sup>[17]</sup>, 打顶株高 90~110 cm, 茎围 9.5~10.0 cm, 节距 4.5~5.5 cm, 有效叶 18~20 片, 腰叶长 65~75 cm, 宽 25~35 cm。本研究中单株的打顶株高(82 cm)、节距(4.0 cm)均未达标准的要求, 茎围(9.5 cm)、腰叶长(64 cm)、有效叶(18 片)仅达到标准的最低要求。

单株的多个农艺性状指标偏低, 与伸根期过长(36 d)和旺长期不足(22 d)有着直接关系。经查阅单株农事操作记录, 伸根期没有进行揭膜和中耕培土(由图 1e 可见, 直至打顶日期没有揭膜、垄面低矮), 不利于烟株根系生长, 导致单株延迟达到团棵长相; 而且挤占了旺长期时间, 单株在现蕾后, 多个农艺性状还保持着较高的生长进度, 并在成熟中后期呈现轻微倒塔形(图 1g 和图 1h), 最终造成多个农艺性状指标偏低。

种植密度可以改变烟株有效截光叶面积、群体光合效能和田间微气象条件, 协调平衡烤烟大田群体与个体之间的矛盾, 影响到烟株的生长发育, 并从营养分配、致香成分含量等方面影响烟株的产量和质量<sup>[18-22]</sup>。栽培过稀, 单株烟草的生长环境较好, 有充足的光照条件及适宜的通风条件, 个体发育较好, 单叶重较高<sup>[23-24]</sup>。本研究以烤烟单株为研究对象, 最大限度排除了其他植物对图片拍摄的影响, 获得了较为理想的大田生育进程图像信息; 但单株的大田生长情况、农艺性状、气候和土壤等作物信息与合理密植的烟株有一定区别, 如因种植密度下降使中部叶和上部叶的单叶重、产量构成比例增加, 单株产量和产值偏高。

研究还获取了单株大田生长过程的大气温度和湿度、露点温度、光照强度、大气压强、降雨量(15 min 累计雨量)、风向和风速等气象信息, 以及地膜内的土壤温度和湿度、地膜外的土壤温度和湿度等土壤信息, 为进一步研究单株生育进程与田间气象、土壤之间的关系奠定了基础。

采用“农用智能装置的拍照方法及拍照系统”信息化平台可实现对烟株大田生长发育的全程监控和动态呈现, 通过后期图像处理, 获得烟株物候期图像及对应农作物信息, 为研究和优化烤烟大田生育进程及田间长相提供了有效方法。

## 参考文献:

- [1] 王发勇. 优质烟叶生育进程与形态指标研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [2] 聂荣邦, 赵松义, 曹胜利, 等. 烤烟生育动态与烟叶品质关系的研究[J]. 湖南农业大学学报, 1995, 21(4): 354-360.
- [3] 王发勇, 袁清华, 廖宜树, 等. 栽培措施对烤烟生育进程的影响研究进展[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(2): 89-94.
- [4] 李文卿, 陈顺辉, 柯玉琴, 等. 不同移栽期对烤烟生长发育及质量风格的影响[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(4): 48-54.
- [5] 左天觉, 朱尊权. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社, 1993: 367-374.
- [6] 王寒, 陈建军, 林锐峰, 等. 粤北地区移栽期对烤烟成熟期生理生化指标和经济性状的影响[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(6): 71-77.
- [7] 郭利, 李娅, 曹祥练, 等. 烤烟地膜覆盖不同栽培方式试验研究[J]. 现代农业科技, 2008(16): 175.
- [8] KARAIVAZOGLOU N A, TSOTSOLIS N C, TSADILAS C D. Influence of liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield, and quality of Virginia (flue-cured) tobacco[J]. Field Crop Res, 2007, 100(1): 52-60.
- [9] 彭静, 郭磊, 彭琼, 等. 不同灌溉方式对烤烟的生长及品质的影响[J]. 植物生理学报, 2013, 49(1): 53-56.
- [10] 肖金香, 刘正和, 王燕, 等. 气候生态因素对烤烟产量与品质的影响及植烟措施研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(4): 158-160.
- [11] 吴俊彦. 播期对黑河主栽大豆生育进程和产量及品质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [12] TAO F L, ZHANG Z, SHI W J, et al. Single rice growth period was prolonged by cultivars shifts, but yield was damaged by climate change during 1981-2009 in China, and late rice was just opposite[J]. Glob Chang Biol, 2013, 19(10): 3200-3209.
- [13] 国家烟草专卖局. 烟草集约化育苗技术规程 第 1 部分 漂浮育苗:GB/T 25241.1-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 林先丰, 郑荣豪, 陈泽鹏. 农用智能装置的拍照方法及拍照系统: CN107454313A[P]. 2017-12-08.
- [15] 国家烟草专卖局. 烟草农艺性状调查测量方法: YC/T142-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 国家烟草专卖局. 烤烟: GB2635-1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [17] 中国烟草总公司广东省公司. 烤烟品种 粤烟 97: Q/GDYY009-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [18] 陈永明, 陈建军, 邱妙文. 施氮水平和移栽期对烤烟还原糖及烟碱含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(1): 34-36.
- [19] 李海平, 朱列书, 黄魏魏, 等. 种植密度对烟田环境、烤烟农艺性状及产量质量的影响研究进展[J]. 作物研究, 2008, 22(S1): 489-490.
- [20] 汪耀富, 孙德梅, 韩富根, 等. 密度和地膜覆盖对烟田冠层生理特性和土壤水分利用效率的影响[J]. 烟草科技, 2003, 36(12): 27-30.
- [21] 顾学文, 王军, 谢玉华, 等. 种植密度与移栽期对烤烟生长发育和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(22): 258-264.
- [22] 上官克攀, 杨虹琦, 罗桂森, 等. 种植密度对烤烟生长和烟碱含量的影响[J]. 烟草科技, 2003, 36(8): 42-45.
- [23] 王杉杉, 范艺宽, 朱金峰, 等. 关于烤烟单叶重的研究进展[J]. 江西农业学报, 2015, 27(11): 27-30.
- [24] 时向东, 朱命阳, 赵会纳, 等. 种植密度对烤烟叶片生育期光合特性的影响[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(6): 38-42.