

基于积分回归的花生产量气候影响因子研究

彭丽英¹ 麦宗鉴¹ 王华² 武君¹ 黎坚¹ 李英³

(1 茂名市气象局, 茂名 525000; 2 广东省气候中心, 广州 510080; 3 化州市气象局, 化州 525100)

摘要: 采用正交多项式法对茂名化州市春花生实际产量系列进行模拟, 分离出时间趋势产量和气候产量项, 用春花生平均气候产量与花生生育期各生物时段的平均气温、日照时数、降水量进行积分回归分析。得出结论: 平均气温在播种前期、荚果成熟期对春花生产量成正效应, 尤其是在6月正效应显著; 平均气温在幼苗期、开花结荚期对春花生产量成负效应。日照时数在播种前期、荚果成熟期对春花生产量成正效应, 特别是在2月上旬正效应显著; 日照时数在幼苗期、开花结荚期前期对春花生产量成负效应。降水量在开花结荚期后期对春花生产量成负效应。

关键词: 积分回归, 春花生, 产量, 气候影响因子, 化州市

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.06.008

Study on Climate Influencing Factors of Peanut Yield Based on Integral Regression

Peng Liying¹, Mai Zongjian¹, Wang Hua², Wu Jun¹, Li Jian¹, Li Ying²

(1 Maoming Meteorological Bureau, Maoming 525000 2 Climate Center of Guangdong Province, Guangzhou 525100

3 Huazhou Meteorological Bureau, Huazhou 525100)

Abstract: Using orthogonal polynomials to simulate the actual production series of spring peanut in Huazhou, Maoming. Separate time trend yield and climate yield. An integral regression analysis is made between the average climate yield of spring peanut and average temperature, sunshine hours and precipitation in each biological period of peanut growth period. And we come to the conclusions: The average temperature has a positive effect on spring peanut production in the early stage of sowing and the mature stage of pods, especially in June. It has a negative effect in seeding stage, flowering and podding stage. The positive effect of sunshine hours is obvious in the first ten days of February. And it has negative effect in seeding stage, the early stage of flowering and pod setting. The negative effect of precipitation in the late stage of flowering and pod setting.

Keywords: integral regression, spring peanut, yield, climate influencing factors, Huazhou

0 前言

茂名市位于我国大陆南端, 地处北热带和南亚热带过渡区; 天气复杂, 灾害频发, 也是气候变化的敏感区和农业生态脆弱区。花生是我国主要的油料经济作物之一, 也是茂名市当地重要的油料来源和经济作物。目前国内有很多对于农作物气候条件分析的研究^[1-3], 主要集中在水稻、小麦、棉花等主要的粮食以及经济作物方面; 对于花生的研究也有一些^[4-6]。关于产量预报的常用方法有多元线性模拟预报方程^[7]、途径分析方法^[8]、作物丰歉指数、气候适宜指数^[9], 以及基于积分回归来研究作物产量气候影响因子^[10-12]等。本文利用茂名化州市国家气象站1982—2012年气象资料和化州市气象局春花生农气观测资料, 运用积分回归方法研究茂名化州市春花生产量的气候影响因子。

1 春花生产量的正交多项式分析

不同产量模拟的方法, 可能得出的气象产量差别很大^[13]。本文采用三次曲线拟合和5点滑动平均得到花生产量趋势, 再对比2013年和2014年的模拟结果, 得到两个模型的模拟结果差别不大; 但在分离花生气象产量的方法中, 三次曲线拟合法分析得到的趋势产量更符合花生产值规律^[14]。利用正交多项式法对茂名化州市1982—2012年共29年(1984、1985年为缺测)的春花生产量资料进行处理, 得出春花生产量拟合方程(三阶多项式), 如图1所示。由模拟结果可以看出, 春花生产量变化趋势是随着时间的增加, 趋势产量增加得越来越慢。

从历年的实际产量中分离出趋势产量后, 按照 $Y=YT+YW+YS$, 进行分解。式中: Y 为实际产量, YT 为趋势产量, YS 为随机产量, 可忽略不计, 故即可求出气象产量 YW 。

气象产量受气候条件的影响, 波动大。利用计算

收稿日期: 2020年2月23日; 修回日期: 2020年11月27日
第一作者: 彭丽英(1979—), Email: 279387528@qq.com
资助信息: 茂名市气象局气象科学技术研究项目(201503)

出的春花生气象产量可以得到花生气象产量的波动范围和最大正负波动量，即极大值为 $95.62 \text{ kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$ ，极小值为 $-108.66 \text{ kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$ ，极差达 $204.28 \text{ kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$ 。该结果表明：化州地区春花生极差超过 $200 \text{ kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$ ，产量的风险较大，即春花生的生产受自然灾害的影响比较显著。

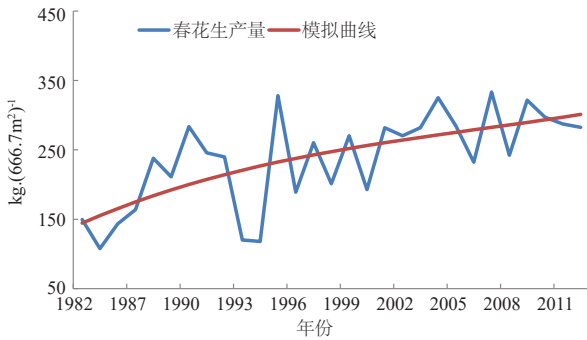


图1 春花生产量的模拟曲线和实际曲线 (单位: $\text{kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$)
Fig. 1 The analog curve and actual curve of spring peanut yield (unit: $\text{kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$)

2 气候因子对花生产量的影响评估

由于在花生生长发育的过程中，水分、温度和日照条件是重要因素；积分回归法生物学意义明确，预报效果较好，已成为一种新的作物产量动态预报方法^[15]。

2.1 基本原理和方法

由积分回归原理^[16]可知，假设作物产量为因变量 Y ，影响因素如温度、降水量、日照时数等气象要素为自变量。将作物整个生育期间分为若干个时段，把某一时段、某一气象要素值作为一个自变量。则可得多元线性回归方程的积分回归形式：

$$Y = C + \alpha_0 \rho_0 + \alpha_1 \rho_1 + \alpha_2 \rho_2 + \alpha_3 \rho_3 + \alpha_4 \rho_4 + \alpha_5 \rho_5, \quad (1)$$

式中： $\rho_j = \sum_{t=1}^n \phi_j(t) X(t)$ ， $\phi_j(t)$ 可从正交多项式表查到。由式(1)可清楚地看到，对于不同气象要素的时间分布状况，存在不同的一组值与之对应。显然，同一气象要素各年的时间分布状况不完全一致，因此各年的时间分布值不同，与之对应一组 ρ_j 值，从而 Y 值不同。可见，式(1)是以产量 Y 为因变量，以某一气象要素的正交时间分布 ρ_j 为自变量的线性回归方程。

本研究利用茂名化州市1982—2012年春花生产量观测数据和积分回归分析方法，分析花生全生育期平均温度、日照时数和降水量的时间分布对其产量的影响。由于社会经济和农业生产技术的逐渐提高和改善，花生产量趋于逐年上升，因此需要将实际产量资料处理成产量的趋势离差（即气象产量）。分别计算春花生气象产量与平均气温、日照时数、降水量的回

归系数，得出历年 ρ_j 值。计算(1)式中春花生气象产量与平均气温、日照时数和降水量回归系数 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ 值如表1。

表1 春花生气象产量与平均气温、日照时数和降水量回归系数
Table 1 The regression coefficient of spring peanut meteorological yield and average temperature, sunshine hours and precipitation

	降水量/mm	日照时数/h	平均气温/°C
C	45.00973	21.91268	-112.2891
α_0	-0.005886	0.072864	-4.468609
α_1	0.002496	0.040618	0.136364
α_2	0.003791	0.004397	0.061511
α_3	0.000014	-0.006577	-0.07907
α_4	0.000212	0.001040	-0.026017
α_5	-0.000223	-0.000155	-0.006674

2.2 计算积分回归的 $\alpha(t)$

将计算的 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ 代入下式中，即可得到春花生生育期从2月下旬—7月上旬（共14旬）的平均气温、日照时数和降水量的各 $\alpha(t)$ 值。

$$\alpha(t) = \alpha_0 \phi_0(t) + \alpha_1 \phi_1(t) + \alpha_2 \phi_2(t) + \alpha_3 \phi_3(t) + \alpha_4 \phi_4(t) + \alpha_5 \phi_5(t), \quad (2)$$

其中： $\alpha(t)$ 表示旬平均气温（或日照时数或降水量）升降 1°C （1 h或1 mm）使春花生产量变化升值。由此可见， $\alpha(t)$ 是平均气温（或日照时数或降水量）的时间分布对春花生产量的效应，它在各时段不同。

(1) 平均气温的积分回归 $\alpha(t)$

从各时段 $\alpha(t)$ 值点绘图（图2）可见，平均气温对春花生正效应有两个时期：播种前期（2月上旬）和荚果成熟期（5月下旬—6月下旬），尤其是在6月正效应显著。平均气温在幼苗期（3月中旬前后）、开花结荚期（4月中旬—下旬）对春花生产量成负效应。

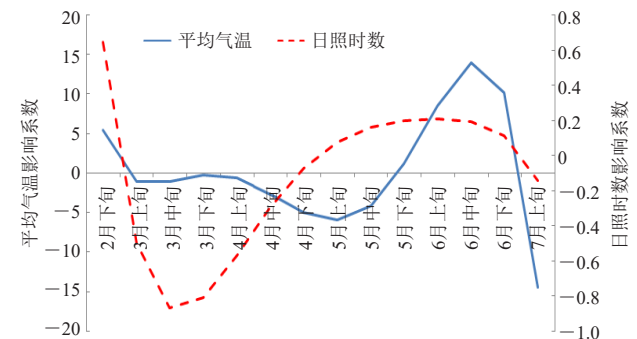


图2 平均气温和日照时数对春花生产量的效应 (单位: $\text{kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$)

Fig. 2 The effect of average temperature and sunshine hours on spring peanut yield (unit: $\text{kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$)

(2) 日照时数的积分回归 $\alpha(t)$

由图2可见，日照时数在播种前期（2月上旬）、

荚果成熟期（5月上旬—6月下旬）对春花生产量成正效应，特别是在2月上旬正效应很明显。日照时数在幼苗期（3月上旬—4月上旬）、开花结荚期前期（4月中旬—下旬）对春花生产量成负效应。

（3）降水量的积分回归 $\alpha(t)$

由图3可见，降水量在播种前期（2月上旬）、分枝期（4月上旬—中旬）、荚果成熟期（6月中旬—下旬）对春花生产量成正效应。降水量在播种后期到幼苗期（3月上旬—下旬）、开花结荚期后期（5月上旬—6月上旬）对春花生产量成负效应。

（4）积分回归结果的合理性分析

在成熟期（6月）平均气温增多，热量条件充足，花生产量增产明显。在幼苗期（3月上旬—4月上旬）日照时数负效应较明显，3月化州每日平均日照时数为2.3 h/d，远小于每日适宜日照时数（8 h/d），不利于幼苗生长，对花生产量有抑制作用。3月化州平均降水量为72 mm，恰逢降水量较多期，会形成烂苗等，故对花生生长有抑制作用。因此，如果出现低温阴雨天气，需要推迟播种，例如2008年出现低温阴雨天气，推迟到3月19日才播种；或者播种后容易引起种子霉烂，造成出苗率低，从而引起花生产量下降，例如1990年出现低温阴雨天气，播种期是2月8日，但出苗期是3月2日，播种期至出苗期长达22 d。在开花结荚期后期（5月上旬—6月上旬）降水量增多，洪涝发生，土壤积水，造成花生荚果成熟慢、秕果多，已成熟的荚果容易掉荚发芽，且常引起锈病大发生，导致产量下降。这和春花生的生长特点及其与气候条件关系^[17]相符合。

另外，本文运用了直线回归法、3点滑动和5点滑动平均法来求出趋势产量，再分离出气象产量来做积分回归。其中，直线回归法得出的结果与上述基本一致；3点滑动和5点滑动平均法得出的平均气温和日照时数对花生产量的积分回归基本一致，但是得出的降水量对花生产量的积分回归（图3）差别较大。由图3可见，在3月降水量对春花生产量有明显正效应，这与春花生的生长特性不相符。因此，运用积分回归法来研究春花生产量的气候影响因子时，在分离花生气象产量的方法中，我们运用三次曲线拟合法和直线回归法得出的结论都是可靠的。

3 结论

1) 春花生产量变化趋势是随着时间的增加，趋势产量增加得越来越慢。春花生产量极差超过 $200 \text{ kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$ ，化州地区种植春花生的风险较大，化州春花生的生产受自然灾害影响较为显著。

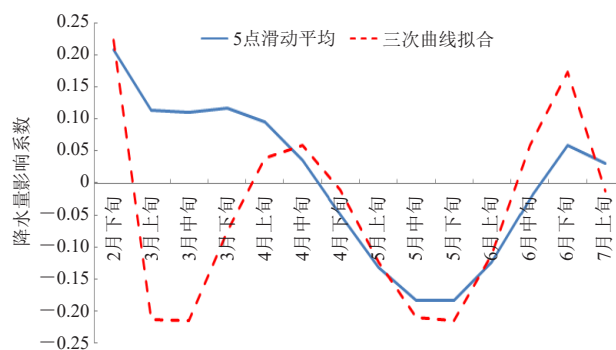


图3 降水量对三次曲线拟合和5点滑动平均的春花生产量的效应 (单位: $\text{kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$)

Fig. 3 The effect of precipitation on cubic curve fitting and five-point moving average spring peanut yield (unit: $\text{kg} \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$)

2) 分析平均气温、日照时数和降水量对化州春花生产量的影响评估。平均气温在播种前期、荚果成熟期对春花生产量成正效应，尤其是在6月正效应显著；平均温度在幼苗期、开花结荚期对春花生产量成负效应。日照时数在播种前期、荚果成熟期对春花生产量成正效应，特别是在2月上旬正效应显著；日照时数在幼苗期、开花结荚期前期对春花生产量成负效应。降水量在开花结荚期后期对春花生产量成负效应。

3) 在成熟期（6月）平均气温增多，热量条件充足，花生产量增产明显。在幼苗期（3月上旬—4月上旬）日照时数负效应较明显，3月化州每日平均日照时数远小于每日适宜日照时数，不利于幼苗生长，对花生产量有抑制作用。3月份化州恰逢降水量较多期，会形成烂苗等，故对花生生长有抑制作用。因此，如果出现低温阴雨天气，需要推迟播种，或者播种后容易引起种子霉烂，造成出苗率低，从而引起花生产量下降；在开花结荚期后期（5月上旬—6月上旬）降水量增多，洪涝发生，土壤积水，造成花生荚果成熟慢、秕果多，已成熟的荚果容易掉荚发芽，且常引起锈病大发生，导致产量下降。这和春花生的生长特点及其与气候条件关系相符合。

4) 本文首先运用了直线回归法、3点滑动和5点滑动平均法计算花生趋势产量，其次分离气象产量进行积分回归。其中，直线回归法得出的结果与正交多项式法基本一致；3点滑动和5点滑动平均法得出的平均气温和日照时数对花生产量的积分回归基本一致，但是降水量对花生产量的积分回归差别较大，与花生生长的特性不相符。因此，运用积分回归法来研究春花生产量的气候影响因子时，在分离花生气象产量的

(下转75页)

27°C……”海拔4800米，安多的艰苦可想而知，历历在目。张祖仁回忆了帕里气象站建站历史：“当时正好是腊月天气，气温低于零下20多度，冻土层达1米多深……硬是用铁钎、铁锹，一点一点挖下去，大家手上起泡，戴上手套继续深挖，经过20多天的共同努力，终于把所有的仪器安装好。”

林淑君不仅回忆了行军到那曲路上的各种困苦，也记述了那曲建站的艰难：“5月的黑河（那曲）春风未度，仍然是天寒地冻；但全站的同志已迫不及待地修整值班室，平整观测场。地冻如石，十字镐刨下去只留下一个白点，臂酸麻了，手打起来血泡；但大家不把这些放在眼里。”沈锦水《冒死观测》描述了在平定西藏叛乱期间的观测经历：“到19时我们用经纬仪观测带有灯笼的测风气球时，他们马上警觉了，对我们打冷枪。”“最危险的是白天观测，我们在楼顶上的活动，被他们看得清清楚楚……就是在这个环节上，有一个同志被冷枪子弹擦破了头皮，连骨头都看到了……”这样的场面惊心动魄。陈启厚烈士在平定叛乱时英勇牺牲，冯大刚的回忆文章《魂落泽当换和平》记述了这一历史事件。

5 启示：把珍贵的精神和文化书写出来，传承下去

1) 书写历史是一种有效记录历史的方式。通过

这次集体书写历史，可以看出，这种方式对于记录历史是非常有效的，很好地保存和充实了历史文献非常缺乏年代的史料，这对以后研究西藏气象事业发展历史提供了很好的依据。因此，这种方式可以被借鉴、被使用、被改进，以补充和完善气象史料。

2) 让写作能力强的人参与到历史书写中来，精准表达。在统稿的过程中，由于有些老同志年纪比较大，有些老同志的文化程度不高，因此，书写的文本质量相对比较一般，修改起来有难度，如果不了解情况，修改更难以下笔。有些数据和历史文献有出入，需要进行校对和订正。这次的集体书写，虽然安排了少量记者进行采访，但占比很小，还有不少稿件的写作质量不是太高，因此，让写作能力强的人员参与到书写历史当中来，能够让文字的表达更加精准。

3) 书写过程中，配合实物收集，效果更好。此次集体书写历史的过程中，还收集了178张图片，这些图片成为了非常珍贵的资料，如果能够收集到一些其他的实物，效果会更好，可在此后的书写历史中有意识地开展，让一些珍贵的历史实物保存下来。

（作者单位：王元红：西藏自治区气象局；
戚兴宇：西南民族大学公共管理学院）

（上接51页）

方法中，运用三次曲线拟合法和直线回归法得出的结论均具有较大可信度。

参考文献

- [1] 梁钊扬, 赵玲, 郭媚媚. 影响肇庆柑橘生长的气象灾害分析. 广东气象, 2019, 41(1): 68-70.
- [2] 张柳红, 陈卓煌, 王华, 等. 英德市茶叶生产的气候条件分析. 广东气象, 2019, 41(4): 68-70+77.
- [3] 钟志诚, 邓明, 丘志华, 等. 广宁县种植砂糖桔的气候适应性和不利性分析. 广东气象, 2012, 34(1): 53-55.
- [4] 白书军, 朱蓉慧, 王啸天. 石河子花生栽培气候适应性分析. 农业与技术, 2019, 39(11): 148-149.
- [5] 章文鑫, 宋晓君, 陈阳, 等. 广东省高要区春花生长期气候因子与品质的关系研究初探. 南方农业, 2019, 13(20): 149-150, 156.
- [6] 赵瑞, 许瀚卿, 樊冬丽, 等. 气候变化对中国花生生产的影响研究进展. 中国农学通报, 2017, 33(21): 114-117.
- [7] 李显信. 气候条件对柳城县花生产量的影响. 广西气象, 1985, (1): 58-60.
- [8] 许国庆, 都前进, 许庆娥. 用通径分析方法探讨濮阳市气候条件与花生产量的关系. 现代农业科技, 2009(8): 126.
- [9] 艾劲松, 孙雨轩, 刘凯文. 荆州市冬小麦产量动态预报方法对比研究. 气象科技进展, 2018, 8(5): 36-39.
- [10] 王晓铃, 丁在尚. 积分回归在气候要素分析中的应用. 安徽师范大学学报, 2003, 26(1): 81-84.
- [11] 徐为根, 吴洪颜, 张仁祖. 用多元积分回归方法分析降水对小麦产量的影响. 江苏农业科学, 2004, 1: 24-27.
- [12] 贾建英, 刘一锋, 彭妮, 等. 基于积分回归法甘肃省冬小麦产量动态预报. 气象与环境学报, 2016, 32(2): 100-105.
- [13] 房世波. 分离趋势产量和气候产量的方法探讨. 自然灾害学报, 2011, 20(6): 13-18.
- [14] 唐帅, 刘宏旺, 李伟, 等. 兴城市花生气象产量的最佳分析方法. 农技服务, 2019, 36(10): 84-85.
- [15] 朱海霞, 李东明, 王铭, 等. 基于积分回归法黑龙江省作物产量动态预报研究. 气象与环境学报, 2018, 34(3): 86-92.
- [16] 杨永崎. 农业气象中的统计方法. 北京: 气象出版社, 1983.
- [17] 郑志阳. 影响福建省惠安县春花生生产的气候条件分析//中国气象学会. 创新驱动发展 提高气象灾害防御能力——S7应对气候变化与农业气象防灾减灾. 北京: 中国气象学会, 2013: 240-244.