

## 山东烟区降水对烟叶主要化学成分的影响

周翔<sup>1,2</sup>, 梁洪波<sup>1\*</sup>, 董建新<sup>1</sup>, 张忠锋<sup>1</sup>, 元建<sup>1</sup>,  
高林<sup>1</sup>, 吴元华<sup>1</sup>, 牛鹏<sup>3</sup>, 郭永良<sup>4</sup>

(1.中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101; 2.中国农业科学院研究生院, 北京 100081; 3.山东淄博烟草有限公司沂源分公司, 山东 沂源 256100; 4.山东潍坊烟草有限公司安丘分公司, 山东 安丘 262100)

**摘要:** 分析了山东烟区的降水分布规律, 并对该区初烤烟叶 C3F 样品的化学成分与 5、6、7、8 月和 5—8 月降水进行了相关和逐步回归分析。结果表明, (1) 降水与烟叶化学成分的相关和逐步回归分析结果基本一致; (2) 还原糖、总糖、总植物碱、蛋白质、K<sub>2</sub>O、Cl、糖碱比、施木克值、挥发性碱、铁、锰、磷与降水的回归方程达极显著水平, 总氮、铜、钙、镁与降水的回归方程达显著水平, 锌、硼与降水量在 0.05 显著水平下没有得到逐步回归方程; (3) 还原糖、总糖、K<sub>2</sub>O、糖碱比、施木克值与 5 月和 8 月降水量呈正相关; 蛋白质、挥发性碱、磷与 5 月和 8 月降水量呈负相关; 总氮与 5 月降水量呈负相关; 总植物碱受 5—8 月总降水量影响较大, 呈负相关; Cl 与 5 月、6 月和 5—8 月总降水量呈负相关。

**关键词:** 降水量; 烤烟; 化学成分; 山东

中图分类号: S572

文献标识码: A

文章编号: 1007-5119 (2008) 02-0037-05

## Effects of Precipitation Distribution on Chemical Components of Flue-cured Tobacco Leaves in Shandong

ZHOU Xiang<sup>1,2</sup>, LIANG Hongbo<sup>1</sup>, DONG Jianxin<sup>1</sup>, ZHANG Zhongfeng<sup>1</sup>, YUAN Jian<sup>1</sup>, GAO Lin<sup>1</sup>,  
WU Yuanhua<sup>1</sup>, NIU Peng<sup>3</sup>, GUO Yongliang<sup>4</sup>

(1. Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China; 2. Graduate School of CAAS, Beijing 100081, China; 3. Yiyuan Branch of Zibo Tobacco Co. Ltd., Yiyuan Shandong 256100, China; 4. Anqiu Branch of Weifang Tobacco Co. Ltd., Anqiu Shandong 262100, China)

**Abstract:** Following the study on precipitation distribution in Shandong Province, correlation and stepwise selection regression analyses were conducted with chemical components of 464 flue-cured tobacco samples (C3F). The results showed that 1) The correlation of chemical components in flue-cured tobacco and precipitation was in accordance with the stepwise selection regression analysis. 2) Highly Significant differences of stepwise selection regression equations were found for content of reducing sugar, total sugar, total alkaloid, protein, potassium, chlorine, the ratio of total sugar to alkaloid, the ratio of total soluble sugar to protein, volatile alkaloid, Fe, Mn, and P with precipitation, while significant difference for total nitrogen, Cu, Ca, and Mg with precipitation, and no significant difference for Zn, B with precipitation. 3) The content of reducing sugar, total sugar, potassium, and the ratio of total sugar to nicotine, the ratio of reducing sugar to protein were positively related to precipitation in May and August, and protein, volatile alkaloid, and P showed the opposite. There were negative correlation between total nitrogen and precipitation of May, the total alkaloid and precipitation from May to August, the content of chlorine and precipitation of May, June, and from May to August, respectively.

**Keywords:** precipitation; flue-cured tobacco; chemical components; Shandong

烤烟对环境相当敏感, 气象条件的变化对烟叶产量、质量均有较大的影响。降水是影响烤烟生产的重要气象因子之一, 与日照、气温关系密切, 当降水多时, 往往对应日照少、气温低、昼夜温差小;

基金项目: 国家烟草专卖局项目 (110200401023)

作者简介: 周翔 (1969-), 男, 在读硕士, 农艺师, 研究方向为烟草品质区划和栽培营养。\* 通讯作者, E-mail:LHB1961@tom.com

收稿日期: 2007-12-10

反之亦然。降水在烤烟生长各生育期的合理分布是生产优质烟叶的重要前提。一般认为,旺长期前应适度干旱;旺长期月降水量应在 100~200 mm;成熟期降水量的多少对烟叶品质影响最为显著,此时月降水量 100 mm 左右较为理想<sup>[1]</sup>。戴冕等<sup>[2]</sup>对我国主产区气象因素和烟叶主要化学成分的关系研究表明,烤烟大田生长期降雨总量与烟碱含量呈正相关,而韦成才等<sup>[3]</sup>认为在陕西省烤烟大田生长期降雨总量与烟碱含量呈负相关。张国等<sup>[4]</sup>的研究表明,湖南 5 月末~7 月末的降雨总量与烟叶钾含量呈正相关。王彪、李天福等<sup>[5-6]</sup>用多元统计方法研究了气象因素与烟叶化学成分的关系。但有关降水对烤烟烟叶化学成分的影响研究尚鲜见报道。笔者从山东烟区降水和烟叶化学品质现有资料入手,探讨了烟叶化学成分与降水的关系,以期对烟叶种植区划和烟叶生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

收集山东诸城、安丘、临朐、高密、昌乐、青州、沂水、莒南、费县、平邑、临沭、沂南、蒙阴、东港区、五莲、莒县、沂源、淄川、博山、平度、胶南、胶州等 22 个植烟县(市、区)的 169 个乡镇 2001、2002、2004 年的初烤烟叶样品,等级为 C3F,共计 464 个。采样点选择在能代表当地烟叶生产水平的地点,品种为该县主栽品种。

降水资料由山东省气象局和各地气象部门提供。

### 1.2 指标测定

烟叶化学成分由“农业部烟草产业产品质量检测监督测试中心”进行分析检测,项目共计 16 项:总糖、还原糖、总氮、总植物碱、蛋白质、总挥发性碱、钾、氯、钙、镁、磷、铜、铁、锰、锌、硼。糖碱比(总糖/总植物碱)、施木克值由公式计算得到。

### 1.3 统计分析

采用 SAS 6.12 软件包进行相关及回归分析。

## 2 结果

### 2.1 山东烟区年度间降水和烟叶化学成分差异

2.1.1 山东烟区烟叶生长不同阶段降水差异 山东省地处东亚季风区,属暖温带气候,气候受季风影响明显,全省年平均降水量 550~950 mm,6~8 月的降水量占全年降水量的 60%~70%。降雨量总体能够满足优质烟叶生产的需要,烤烟生长期与雨热同期,对烟草生长较为有利,但存在局部降水过于集中、年内分配不均、年际变化大的问题。

收集山东省 22 个植烟县(市、区) 1971—2000 年的降雨数据(图 1),山东烟区 5—8 月烟季降水平均为 514.2 mm,月降水量呈 7 月 > 8 月 > 6 月 > 5 月的趋势,大田生长期降雨量主要集中在 7 月上旬至 8 月中旬,以 7 月中旬最多,这符合烤烟伸根期短期干旱有利于根系生长,旺长、成熟期需水较多的规律;但 5 月份降雨较少,极易发生季节性干旱。

各植烟县(市、区)烟季降水差异较大。例如 5~8 月烟季降水量最高的是临沭(642.7 mm),最低的是临朐(405.1 mm)。平邑 5 月上旬平均降雨量为 2.9 mm,远低于 22 个植烟县的平均水平 14.6 mm;而平邑 7 月中旬的降水量为 148.7 mm,远高于 22 个植烟县(市、区)的平均水平 74.3 mm。

统计分析表明,2001、2002、2004 三年山东烟区 5~8 月降水年均 496.08 mm,月均降水 124.02 mm,月降水以 7 月最多,5 月最少,呈 7 月 > 8 月 > 6 月 > 5 月的趋势。对 2001、2002、2004 年度间降水的方差分析差异显著性检验(表 1)可以看出,2001 年和 2004 年的降水规律相似。2002 年是特殊年份,不仅烟季降水量少,而且呈现 5 月 > 7 月 > 6 月 > 8 月的趋势。

2.1.2 山东烟区年度间烟叶化学成分差异 对 2001、2002、2004 年度间化学成分进行方差分析表明,还原糖、总糖、总植物碱、蛋白质、钾、糖碱比、施木克值、挥发性碱、铜、铁、磷等 11 种化学成分年度间存在极显著差异,钙在年度间存在显著差异,总氮、氯、锰、锌、硼、镁等 6 种化学成分年度间差异不显著。进行多重比较表明(表 2),还原糖、总植物碱、蛋白质、钾、糖碱比、施木克值、挥发性碱、铜在 2001 和 2002 年度间没有显著差异,

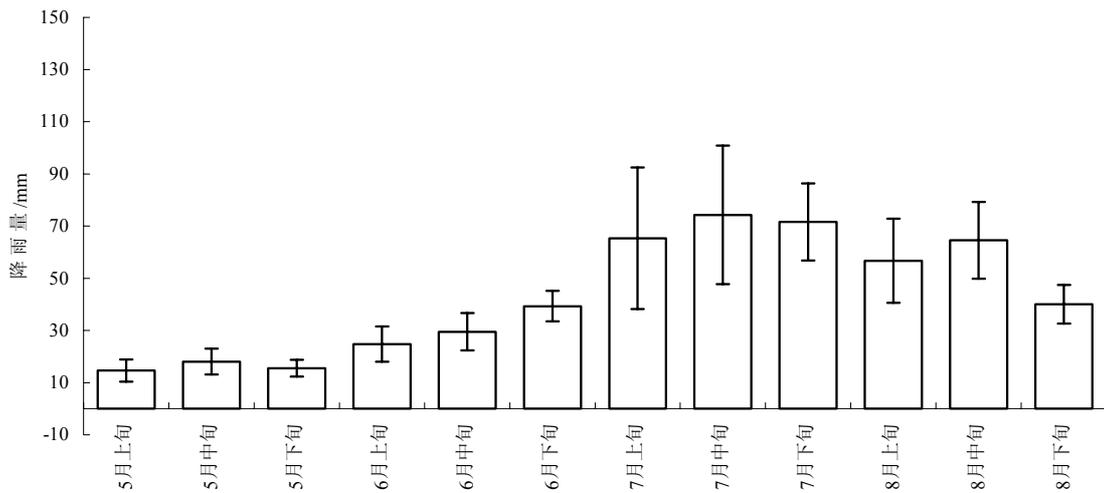


图 1 1971—2000 年各取样点 5—8 月降雨量  
Fig. 1 Precipitation of May to August in 1971-2000

表 1 各年度降水量差异 ( $\alpha=0.05$ )

月份	2001	2002	2004
5	9.81c	113.24a	77.37b
6	99.68a	82.77a	89.19a
7	271.02a	91.47b	245.49a
8	152.69b	56.69c	187.47a
5—8	533.19b	344.17c	599.52a
7—8	423.71a	148.16b	432.95a

2004 年与 2001 和 2002 年相比有显著差异；总糖、磷在 2002 和 2004 年度间没有显著差异，2001 年与 2002、2004 年相比有显著差异；钙在 2001 和 2004 年度间没有显著差异，在 2002 和 2004 年度间没有显著差异，在 2001 和 2002 年度间有显著差异。

## 2.2 山东烟区降水量与烟叶质量的关系

2.2.1 降水与烟叶主要化学成分的相关性 对上述 169 个乡镇 2001、2002、2004 年的初烤烟叶样品化学成分与降水量进行简单相关分析（表 3）可以看出：还原糖与 8 月和 5—8 月降水量呈极显著正相关；总糖和铁与 5 月降水量呈极显著正相关；总植物碱与 8 月和 5—8 月降水量呈极显著负相关；总氮与 5 月降水量呈显著负相关；蛋白质与 8 月降水量呈极显著负相关，与 5—8 月降水量呈显著负相关；钾和施木克值与 8 月和 5—8 月降水量呈极显著正相关，与 5 月降水量呈显著正相关；氯与 6 月和 5—8 月降水量呈极显著负相关，与 7 月降水

表 2 各年度化学成分差异 ( $\alpha=0.05$ )

化学成分	2001	2002	2004
还原糖	21.45b	21.66b	24.10a
总糖	24.65b	26.84a	27.16a
总植物碱	2.81a	2.93a	2.24b
总氮	1.94a	1.84a	1.80a
蛋白质	9.08a	8.33a	6.06b
钾	1.41b	1.48b	1.79a
氯	0.48a	0.5a	0.37a
糖碱比	9.3b	10.08b	12.97a
施木克值	2.85b	3.31b	4.65a
挥发性碱	0.36a	0.33a	0.26b
铜	19.2a	18.12a	12.71b
铁	196.47b	270.54a	237.24a
锰	190.41a	174.28a	234.15a
锌	27.99a	32.69a	32.18a
硼	27.1a	30.12a	31.51a
钙	2.45b	2.94a	2.73ab
镁	0.43a	0.47a	0.49a
磷	0.46a	0.2b	0.19b

量呈显著负相关；糖碱比与 8 月和 5—8 月降水量呈显著正相关；挥发性碱与 8 月和 5—8 月降水量呈极显著负相关，与 5 月降水量呈显著负相关；铜与 5—8 月降水量呈显著负相关；锰与 6 月降水量呈极显著负相关；钙与 5 月降水量呈显著正相关；镁与 6 月降水量呈显著负相关；磷与 5 月降水量呈显著负相关，与 7 月降水量呈极显著正相关；锌和硼与降水量相

关性不显著。

相关分析结果显示,在山东烟区,随着5月份降水量的增加,烟叶总糖、钾含量、施木克值、铁和钙含量显著增加,总氮、挥发性碱和磷含量显著降低;随着6月份降水量的增加,烟叶氯、锰和镁的含量显著降低;随着7月份降水量的增加,烟叶氯含量显著降低,磷显著增加;随着8月份降水量的增加,还原糖、糖碱比、施木克值和钾含量显著

增加,总植物碱、蛋白质、挥发性碱含量显著降低;随着5—8月份降水量的增加,还原糖、糖碱比、施木克值和钾含量显著增加,总植物碱、蛋白质、挥发性碱含量显著降低。这说明山东烟区的降水量对烟叶内在质量有较大影响,大田生长期降水量的增加有利于烟叶化学成分趋于协调。

2.2.2 降水与烟叶主要化学成分的回归分析 为进一步探讨降水与烟叶主要化学成分的关系,对

表3 月降水量与烟叶化学成分间的相关系数  
Table 3 Correlation coefficients between monthly precipitation and tobacco leaf chemical components

化学成分	5月	6月	7月	8月	5—8月
还原糖	0.1259	-0.05376	0.18458	0.47847**	0.38338**
总糖	0.4135**	0.02197	-0.15328	0.12987	0.07725
总植物碱	-0.08221	-0.07488	-0.24148	-0.38801**	-0.40706**
总氮	-0.2702*	0.16551	0.09897	-0.09803	-0.00574
蛋白质	-0.26053	0.20339	-0.08756	-0.4638**	-0.30176*
钾	0.26444*	-0.06014	0.0758	0.47581**	0.34112**
氯	-0.12135	-0.39764**	-0.27763*	-0.18468	-0.44302**
糖碱比	0.22573	0.04384	0.10953	0.33805*	0.31981*
施木克值	0.30214*	-0.17763	0.12247	0.4598**	0.34557**
挥发性碱	-0.28561*	-0.02501	-0.10482	-0.36298**	-0.34048**
铜	-0.16909	0.0224	-0.19135	-0.21357	-0.28598*
铁	0.37236**	-0.14201	-0.2236	-0.24837	-0.21188
锰	-0.01851	-0.42865**	-0.07202	0.25344	-0.06334
锌	0.21069	-0.2556	-0.09308	0.00803	-0.07587
硼	0.15969	0.00219	-0.11529	0.07054	-0.00394
钙	0.33195*	0.05704	-0.23249	-0.19903	-0.15005
镁	0.07444	-0.31892*	-0.00895	-0.00923	-0.08059
磷	-0.81853**	0.2232	0.42398**	0.04881	0.15675

注:\*\*表示达1%极显著水平,\*表示达5%显著水平

以上数据进行逐步回归分析。5、6、7、8、5—8月降水量依次用 $X_1 \sim X_5$ 表示;还原糖、总糖、总植物碱、总氮、蛋白质、钾、氯、糖碱比、施木克值、挥发性碱、铜、铁、锰、锌、硼、钙、镁、磷依次分别用 $Y_1 \sim Y_{18}$ 表示。将烟叶化学成分 $Y_i$ 作为因变量,降水量 $X_i$ 作为自变量,运用逐步选择法(Stepwise selection),得逐步回归方程如下:

$$Y_1(\text{还原糖}) = 18.829 + 0.016X_1(5\text{月}) + 0.020X_4(8\text{月}) \quad F=11.89**$$

$$Y_2(\text{总糖}) = 22.942 + 0.029X_1(5\text{月}) + 0.010X_4(8\text{月}) \quad F=8.50**$$

$$Y_3(\text{总植物碱}) = 3.429 - 0.002X_5(5-8\text{月}) \quad F=10.92**$$

$$Y_4(\text{总氮}) = 1.947 - 0.001X_1(5\text{月}) \quad F=4.33*$$

$$Y_5(\text{蛋白质}) = 10.735 - 0.017X_1(5\text{月}) - 0.015X_4(8\text{月}) \quad F=16.98**$$

$$Y_6(\text{钾}) = 1.153 + 0.002X_1(5\text{月}) + 0.002X_4(8\text{月}) \quad F=18.29**$$

$$Y_7(\text{氯}) = 1.146 - 0.002X_1(5\text{月}) - 0.002X_2(6\text{月}) - 0.0008X_5(5-8\text{月}) \quad F=8.28**$$

$$Y_8(\text{糖碱比}) = 6.450 + 0.026X_1(5\text{月}) + 0.021X_4(8\text{月}) \quad F=8.02**$$

$$Y_9(\text{施木克值}) = 1.770 + 0.011X_1(5\text{月}) + 0.009X_4(8\text{月}) \quad F=19.48**$$

$$Y_{10}(\text{挥发性碱}) = 0.421 - 0.0007X_1(5\text{月}) - 0.0005X_4(8\text{月}) \quad F=11.52**$$

$$Y_{11}(\text{铜}) = 26.147 - 0.037X_1(5\text{月}) - 0.015X_5(5-8\text{月})$$

月)  $F=4.84^*$

$$Y_{12}(\text{铁}) = 197.597 + 0.562X_1(5\text{月}) \quad F=8.85^{**}$$

$Y_{13}(\text{锰}) = 254.108 - 1.225X_2(6\text{月}) + 0.463X_4(8\text{月})$   
月)  $F=9.33^{**}$

$$Y_{16}(\text{钙}) = 2.4618 + 0.00376X_1(5\text{月}) \quad F=6.81^*$$

$$Y_{17}(\text{镁}) = 0.550 - 0.0009X_2(6\text{月}) \quad F=6.23^*$$

$Y_{18}(\text{磷}) = 0.482 - 0.002X_1(5\text{月}) - 0.0004X_4(8\text{月})$   
 $F=65.85^{**}$

上述化学成分与降水的逐步回归方程中, 还原糖、总糖、总植物碱、蛋白质、钾、氯、糖碱比、施木克值、挥发性碱、铁、锰、磷与降水的回归方程达极显著水平, 总氮、铜、钙、镁与降水的回归方程达显著水平, 锌、硼与降水量在  $\alpha=0.05$  显著水平下没有得到逐步回归方程。

还原糖、总糖、钾、糖碱比、施木克值受5月和8月降水量影响较大, 呈正相关; 蛋白质、挥发性碱、磷也受其影响较大, 但呈负相关。总氮受5月降水量影响较大, 呈负相关; 铁、钙受5月降水量影响较大, 呈正相关; 总植物碱受5—8月烟季总降水量影响较大, 呈负相关; 氯受5、6月和5—8月总降水量影响较大, 呈负相关; 铜受5月和5—8月总降水量影响较大, 呈负相关; 锰与6月降水呈负相关, 与8月降水呈正相关; 镁受6月降水量影响较大, 呈负相关。逐步回归分析结果与相关分析结果基本吻合。

### 3 讨论

山东烟区降水年度间变化大, 月降水分布不均, 地区间存在差异, 各年度的烟叶化学成分也存在一定差异, 各种化学成分在年度间的差异不一致。

降水作为对光、热有重大影响的因子, 对烟叶化学成分有较大影响, 降水量与化学成分间的相关

分析和逐步回归分析证实了这一结果。还原糖、总糖、钾、糖碱比、施木克值与5、8月降水量呈正相关, 蛋白质、挥发性碱、磷与之呈负相关; 总氮与5月降水量呈负相关; 总植物碱受5—8月烟季总降水量影响较大, 呈负相关。氯与5、6月和5—8月总降水量呈负相关; 铁、钙与降水量呈正相关, 铜、锰、镁与降水量呈负相关。2002年5月降水较多, 7、8月降水偏少, 总植物碱含量高; 2001、2004年5月降水较少, 7、8月降水较多, 总植物碱含量较少。

在山东烟区不同地区或年份, 降水量对烟叶内在质量有较大影响, 从3年降水量与烟叶化学成分的相关分析和逐步回归分析结果来看, 5—8月降水量的增加有利于山东烟叶品质的提高。

### 参考文献

- [1] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 114-115.
- [2] 戴冕. 我国主产烟区若干气象因素与烟叶化学成分关系的研究[J]. 中国烟草学报, 2000, 6(1): 27-34.
- [3] 韦成才, 马英明, 艾绥龙, 等. 陕南烤烟质量与气候关系研究[J]. 中国烟草科学, 2004, 25(3): 38-41.
- [4] 张国, 朱列书, 陈新联, 等. 湖南烤烟部分化学成分与气象因素关系的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(3): 748-750.
- [5] 王彪, 李天福. 气象因子与烟叶化学成分关联度分析[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(5): 742-745.
- [6] 李天福, 王彪, 杨焕文, 等. 气象因子与烟叶化学成分及香味间的典型相关分析[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(1): 23-26.

(责任编辑 王颖)