

凉山烟区气象因子与烤烟烟叶化学成分含量的关系

张波^{1,2}, 王树声^{1*}, 史万华¹, 宋俊³, 邢小军³, 吴晓彦³, 冯俊喜^{1,2}, 王树林^{1,2}

(1.农业部烟草类作物质量控制重点实验室, 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; 3.四川省烟草公司凉山州公司, 四川 西昌 615000)

摘要: 运用简单和典型相关分析方法, 对凉山烟区主要气象因子与烟叶化学成分含量的关系进行了研究。结果表明, 几个主要气象因子对烟叶化学成分含量的影响为: 日均温 > 空气相对湿度 > 日照时数 > 降水量 > 气温日较差; 旺长期的气象因子对化学成分含量影响最大; 气象因子对还原糖、总糖、总植物碱和钾含量影响最大; 烟叶总糖、还原糖、总植物碱的含量与伸根期气温、成熟期气温、旺长期日照时数、成熟期空气相对湿度呈正相关, 与旺长期气温、旺长期空气相对湿度呈负相关; 糖碱比与成熟期降水量呈正相关。统计还发现, 在一定范围内, 旺长期的温度和空气相对湿度降低, 旺长期日照时数和成熟期降水增多能明显提高烟叶的含钾量。

关键词: 凉山; 气象因子; 烤烟; 化学成分; 简单相关; 典型相关

中图分类号: TS411

文章编号: 1007-5119 (2010) 03-0013-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2010.03.003

Relationships between Climatic Factors and Chemical Components of Flue-cured Tobacco Leaves in Liangshan

ZHANG Bo^{1,2}, WANG Shusheng^{1*}, SHI Wanhua¹, SONG Jun³, XING Xiaojun³,
WU Xiaoyan³, FENG Junxi^{1,2}, WANG Shulin^{1,2}

(1.Key Laboratory of Tobacco Quality Control, Ministry of Agriculture, Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China; 2.Graduate School of CAAS, Beijing 100081, China; 3.Liangshan Tobacco Corporation; Xichang, Sichuan 615000, China)

Abstract: The relationships between major climatic factors in different growth periods of Liangshan tobacco-growing areas and chemical compositions of tobacco were investigated by using simple correlation and canonical correlation analysis. The result indicated that the effect of climatic factors on leaf chemical composition, from high to low were as follow: daily average temperature > relative air humidity > sunshine hours > precipitation > daily range of temperature. During field growth phase, the weather in the fast-growing stage had the greatest impact on the chemical composition. Meteorological factors were most influential on the reducing sugar, total sugar, total alkaloids and potassium content of flue-cured tobacco leaves. The contents of leaf total sugar, reducing sugar and total alkaloids showed a positive correlation with temperature of the root extending stage, maturity temperature, and maturity relative air humidity, and showed a negative correlation with temperature and relative air humidity of the fast-growing stage. Sugar and alkali showed a positive correlation with maturity rain fall. Within certain range, fast-growing stage temperature and relative air humidity reduction, as well as the increase of fast-growing stage sunshine hours and maturity rainfall was obviously in favor of the increase of leaf potassium.

Keywords: Liangshan; climatic factors; flue-cured tobacco; chemical component; simple correlation; canonical correlation

烟草是适应性很强的经济作物, 从北纬 60° 到南纬 45° 的广阔区域内都有烟草种植^[1], 然而烟草对生态条件的变化十分敏感, 生态条件的变化不仅影响烟草的形态特征和农艺性状, 而且还直接影响

烟叶的化学成分和质量^[2]。大量研究和生产实践^[3-6]表明, 生态因素中的气象因素是影响烟叶化学成分和质量的主要生态学外因。凉山烟区是四川省第一大烟叶产区, 凉山州内各地都明显呈现出立体气象,

作者简介: 张波, 男, 在读硕士, 研究方向为烟草营养与品质。E-mail: gregory_zb@163.com。* 通信作者, E-mail: wangshusheng886@sohu.com

收稿日期: 2009-11-05

修回日期: 2009-12-30

气象因素对烟叶质量的影响尤为明显。笔者从直接影响烟草生长、发育和产质的气象因子着手,研究凉山烟区主要气象因子对烟叶化学成分的影响,以期为该烟区发挥生态优势,生产优质烟叶及合理进行种植区划提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 数据调查和样品采集

1.1.1 气象数据调查 烟区的降水量、日均温、日照时数、气温日较差、空气相对湿度等气象资料(1995—2007年)均由凉山州气象局提供。凉山烟区烤烟一般于4月底、5月初移栽,各地点按照烤烟大田期(移栽—成熟采收完毕)、伸根期(还苗—团棵)、旺长期(团棵—现蕾)、成熟期(现蕾—采收完毕)等不同生育期气象进行分项统计。

1.1.2 样品采集 2008年从凉山州的德昌、会东、会理、冕宁、普格、西昌、宁南、盐源、越西9个主要植烟县选取了140份C3F的烟叶样品进行化验分析,品种主要为云烟85和云烟87。

1.2 方法

1.2.1 烟样的测定 检测项目包括:还原糖、总糖、总氮、总植物碱、钾、氯,共6项。其中,总糖和还原糖采用铁氰化钾比色法进行测定;总氮、总植物碱、钾、氯分别按照YC/T 33-1996, YC/T 34-1996, YC/T 35-1996, YC/T 173-2003, YC/T 153-2001进行测定;并运用推算法得出糖碱比(还原糖/总植物碱)、氮碱比(总氮/总植物碱)、钾氯比(钾/氯)、两糖差(总糖-还原糖)。

1.2.2 数据处理方法 运用SAS 9.0软件进行简单相关和典型相关分析。将气象因子(日均温、降水量、日照时数、气温日较差、空气相对湿度)看作一组变量,把烟叶化学成分(总糖、还原糖、总氮、总植物碱、钾、氯)看作另一组变量,进行典型相关分析。

2 结果

2.1 气象因素

凉山烟区烤烟大田生育期主要气象因子见表1。整个大田生育期平均温度为21.50℃,变幅范围在20.07~23.86℃之间;整个大田生育期降水量平均值为817.16 mm,变幅范围在716.98~892.36 mm之间,大田生长前期降水量平均值为327.94 mm,成熟期降水量平均值为489.22 mm,大田生育期降水量主要集中在7月上旬至8月中旬,以7月中旬最多,这与烤烟伸根期短期干旱有利于根系生长,旺长期和成熟期需水较多的需水规律较为符合;整个大田生育日照时数平均值为806.71 h,变幅范围在694.15~1069.57 h之间,大田生育前期日照时数平均值为417.31 h,成熟期日照时数平均值为389.39 h。

2.2 烟叶化学成分

凉山烟区烤烟烟叶主要化学成分状况见表2,还原糖、总糖含量偏高;钾含量属中等稍偏低水平;氯含量变幅较大,变异系数达83.90%,含量极不稳定。糖碱比、钾氯比、两糖差均偏高;总植物碱、总氮、氮碱指标比较适宜。

表1 凉山烟区烤烟大田生育期气象因子分析

Table 1 Climatic data during field growth period of flue-cured tobacco leaves in Liangshan, Sichuan province

气象因子	生育时期	变幅	平均值	标准差	变异系数/%
日均温/℃	伸根期	18.40~23.48	20.73	1.66	8.02
	旺长期	19.95~23.76	21.68	1.16	5.35
	成熟期	20.36~24.13	21.87	1.22	5.56
	大田期	20.07~23.86	21.50	1.30	6.07
降水量/mm	伸根期	84.83~129.87	103.35	17.93	17.35
	旺长期	203.87~255.39	224.59	16.24	7.23
	成熟期	389.88~597.53	489.22	67.51	13.80
	大田期	716.98~892.36	817.16	61.49	7.53
日照时数/h	伸根期	250.94~315.98	283.23	21.29	7.52
	旺长期	114.67~167.40	134.08	16.21	12.09
	成熟期	328.55~631.45	389.39	108.01	27.74
	大田期	694.15~1069.57	806.71	126.47	15.68

表2 凉山烟区烟叶化学成分含量
Table 2 Chemical component contents of flue-cured tobacco leaves in Liangshan, Sichuan Province

指标	变幅	平均值	标准差	变异系数/%
还原糖/%	15.21~35.44	27.84	3.83	13.77
总糖/%	20.74~41.76	34.63	4.19	12.11
总植物碱/%	1.14~4.75	2.30	0.70	30.37
总氮/%	1.25~2.68	1.76	0.29	16.26
钾/%	1.17~2.84	1.81	0.36	19.81
氯/%	0.01~0.85	0.17	0.14	83.90
糖碱比	3.75~25.24	13.46	4.98	37.04
氮碱比	0.52~1.32	0.80	0.16	19.68
钾氯比	1.97~215.50	19.33	24.26	125.50
两糖差	0.92~14.13	6.79	2.39	35.19

2.3 主要气象因子与烟叶化学成分含量的相关性

将凉山州德昌、会东、会理、冕宁、普格、西昌、宁南、盐源、越西9个植烟县的烟叶化学成分与各项气象因子指标进行简单相关分析(表3),结果表明,烟叶常规化学成分中,还原糖与成熟期降水量和大田期降水量呈极显著正相关,与伸根期降水量呈显著负相关,与成熟期空气相对湿度呈显著正相关;总糖与成熟期降水量呈极显著正相关,与大田期降水量呈显著正相关,与大田期日照时数呈显著负相关;氯与成熟期日均温、旺长期空气相对湿度呈极显著负相关,与旺长期日照时数呈极显著正相关,与旺长期气温日较差呈显著正相关。烟叶

化学成分派生值中,糖碱比与成熟期降水量呈极显著正相关;钾氯比与旺长期日照时数呈显著负相关,与成熟期气温日较差呈显著正相关。

2.4 气象因子与烟叶化学成分含量的典型相关分析

表4结果表明,在气象因子变量的线性组合中,烟叶化学成分与伸根期气温、旺长期气温、成熟期气温、旺长期日照时数、旺长期空气相对湿度、成熟期空气相对湿度表现为较高的相关,其中与伸根期气温、成熟期气温、旺长期日照时数、成熟期空气相对湿度表现为正相关,与旺长期气温、旺长期空气相对湿度表现为负相关。这些气象因子与化

表3 气象因子与化学成分的简单相关分析
Table 3 Simple correlation analysis between climatic factors and chemical components

气象因子	相关系数	还原糖	总糖	总植物碱	总氮	钾	氯	糖碱比	氮碱比	钾氯比	两糖差
日均温	伸根期	0.1906	0.2359	0.1085	-0.2210	-0.2478	-0.2689	-0.0185	-0.2917	0.0055	0.0925
	旺长期	0.0509	0.1521	0.0704	-0.1097	-0.3458	-0.1478	-0.0111	-0.1546	-0.0452	0.1637
	成熟期	-0.0356	0.0543	0.0300	-0.2226	-0.0597	-0.5751**	-0.0531	-0.1972	0.3418	0.1361
	大田期	0.0555	0.1364	0.0652	-0.2118	-0.1846	-0.4148	-0.0353	-0.2300	0.1728	0.1326
降水量	伸根期	-0.4556*	-0.2713	0.3294	0.1649	-0.1278	-0.2841	-0.4135	-0.3006	0.1790	0.2350
	旺长期	0.2769	0.0482	0.3109	0.0656	-0.1254	-0.3239	-0.1856	-0.3396	0.0053	-0.3246
	成熟期	0.6937**	0.5739**	-0.3856	-0.1664	0.1845	0.1321	0.5618**	0.4021	-0.3458	-0.1068
	大田期	0.6251**	0.4735*	-0.1060	-0.0687	0.0725	-0.1271	0.3016	0.1193	-0.2637	-0.1644
日照时数	伸根期	-0.2309	-0.2827	0.2384	0.0710	-0.2666	0.3443	-0.2549	-0.2696	-0.1906	-0.1075
	旺长期	-0.2217	-0.1580	0.1539	0.3179	-0.1887	0.6126**	-0.1683	0.0413	-0.4702*	0.0738
	成熟期	-0.3311	-0.4221	0.0331	-0.0960	-0.2788	-0.1094	-0.0657	-0.0264	0.2548	-0.1801
	大田期	-0.3992	-0.4818*	0.1488	0.0717	-0.3439	0.2263	-0.1802	-0.0696	-0.0175	-0.1749
气温日较差	伸根期	0.1213	-0.0421	-0.0654	0.1108	-0.1153	-0.2287	0.0996	0.1437	0.2843	-0.2407
	旺长期	0.0928	0.0763	-0.1504	0.0839	-0.1036	0.5442*	0.1316	0.2024	-0.2499	-0.0151
	成熟期	0.0071	-0.1123	-0.0744	0.0310	-0.0674	-0.2596	0.0162	0.0780	0.4771*	-0.1853
	大田期	0.1006	-0.0324	-0.1310	0.1021	-0.1290	0.0350	0.1126	0.1919	0.2195	-0.1959
空气相对湿度	伸根期	-0.0711	-0.0920	-0.0506	0.4087	0.0628	0.0077	-0.0034	0.2831	0.0883	-0.0408
	旺长期	0.2535	0.1355	0.0317	-0.0465	0.1218	-0.6595**	-0.0167	-0.0939	0.3870	-0.1548
	成熟期	0.5412*	0.3353	-0.1423	-0.0416	0.1301	-0.0957	0.2472	0.1779	-0.1377	-0.2587
	大田期	0.3591	0.1799	-0.1008	0.2419	0.1680	-0.3289	0.1278	0.2561	0.1500	-0.2381

注: **表示达到极显著水平, *表示达到显著水平, 下同。

表4 气象因子与烟叶化学成分含量的典型相关系数分析
Table 4 Canonical correlation analysis between weather factors and chemical constitution of flue-cured tobacco leaves

典型相关系数	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
	1.0000**	0.9989	0.9538	0.8348	0.7198	0.6815
气象因子的线性变换阵						
伸根期日均温	3.1639	0.0188	4.1686	2.7015	2.9550	2.3868
旺长期日均温	-4.8319	1.5210	-1.3668	-0.1020	-2.5259	-0.9023
成熟期日均温	2.7877	-2.4147	-2.6923	-2.3607	-0.5489	-0.8475
伸根期降水	0.1725	0.1483	1.6778	0.9149	-0.1384	0.6895
旺长期降水	-0.3061	0.3055	-0.5672	-0.7427	0.3015	-1.5212
成熟期降水	0.3917	0.5651	0.7315	0.6912	-1.4970	0.6181
伸根期日照时数	-0.0431	-0.0023	0.2094	-0.6119	0.1857	-0.2443
旺长期日照时数	0.8529	-0.0155	-0.0060	0.9916	0.0443	1.3515
成熟期日照时数	-0.2116	-0.3451	0.0092	0.0216	-0.5671	-0.4170
伸根期气温日较差	0.3110	0.1702	0.0220	-0.6622	-0.0948	-0.0608
旺长期气温日较差	0.0085	-0.0438	-0.7293	-1.9026	-0.4172	-1.5299
成熟期气温日较差	-0.2515	0.8869	1.0595	2.6547	0.3970	1.1328
伸根期空气相对湿度	0.5697	-0.3710	-0.2979	0.5706	1.3757	0.0611
旺长期空气相对湿度	-1.3577	0.3469	-0.1975	0.1217	-0.9653	-0.2075
成熟期空气相对湿度	1.0890	-0.3032	0.0041	0.2213	0.8494	0.0684
化学成分的线性变换阵						
还原糖	0.4020	-0.1059	0.3920	0.2990	-0.0263	1.7058
总糖	0.3765	0.7894	0.0069	0.0660	0.0163	-1.3720
总植物碱	0.4455	-0.2987	1.2105	-0.4945	0.6772	0.0472
总氮	-0.1631	0.5035	-0.9137	0.8291	0.4272	0.4630
钾	0.9336	-0.1452	-0.2117	-0.4299	0.4381	0.2279
氯	-0.0765	0.5387	0.0504	-0.8512	0.1298	0.2676

学成分含量相关大小依次为：旺长期气温>伸根期气温>成熟期气温>旺长期空气相对湿度>成熟期空气相对湿度>旺长期日照时数。温度与化学成分含量相关大小为：旺长期>伸根期>成熟期；降水与化学成分含量相关大小为：成熟期>旺长期>伸根期；日照时数与化学成分含量相关大小为：旺长期>成熟期>伸根期；气温日较差与化学成分含量相关大小为：伸根期>成熟期>旺长期；空气相对湿度与化学成分含量相关大小为：旺长期>成熟期>伸根期。在烟叶化学成分的组合中，还原糖、总糖、总植物碱、钾含量与气象因子有着较高的正相关，说明烟叶中还原糖、总糖、总植物碱、钾的含量受气象因子的影响较大。

3 讨论

烟株整个大田生育期中，在一定范围内，伸根期温度较高有利于根系的发育；旺长期温度过高，烟株主要以营养生长为主，消耗大量的干物质，不利于干物质的含量；成熟期气温较高有利于烟叶的成熟；伸根期降水少有利于根系的发展，为旺长期

打下良好的基础；旺长期有足够的雨水能促进茎叶的迅速生长，但不利于碳水化合物的积累；成熟期降水太多会影响成熟，降低品质^[7]，但适量的降水有利于烟叶的成熟；旺长期日照充足，光合作用旺盛，能促进烟叶碳水化合物的合成及积累；成熟期空气相对湿度较高，通过影响10 cm地温^[8]促进烟叶的成熟，均与凉山烟区烤烟烟叶碳水化合物的变化规律相符。旺长期气温较高、空气湿度较低促进烟株的蒸腾作用，导致水分向上运输，促进了钾离子的向上运输；成熟期降水量增加有利于钾的吸收，与钾含量的变化规律相符。

虽然气温日较差对化学成分整组的影响较小，但对总糖和还原糖的积累影响较明显，伸根期、旺长期气温日较差对总糖和还原糖的积累为正效应，成熟期影响为负效应。伸根期气温日较差大，有利于白天地温的升高储温，促进生根，夜间地温降低较慢，有利于保护根系；旺长期气温日较差大，白天气温相对较高，基本处于烤烟生长的最适宜温度范围；而夜间气温低，呼吸作用弱，有机物质消耗少，干物质积累多，特别是糖分积累多^[7]；烟叶成

熟期气温日较差较小,有利于同化产物向叶片内积累,提高烟叶品质^[2,9]。

本研究进一步探讨了大田生育期气象因子对烤烟烟叶化学成分的影响,细化了各个月份内的气象因子。李天福等研究了云南代表烟区气象因子与烟叶化学成分的关系,发现5、8月气温为促进因子,6、7月气温为限制因子^[10];汪国孝研究了3个主要气候因子与烤烟化学成分的关联程度,发现气温>日照>降水,生育前期气温对烤烟还原糖含量影响较大^[11],该结论与本研究结果一致。另外,韦成才等研究了陕南烤烟质量与气象的关系,发现总糖和还原糖与大田期(5—8月)平均气温均呈显著的负相关^[12];周翔研究认为,总糖和还原糖与5—8月降水量呈正相关^[13];戴冕研究认为,日照总时数与烟叶还原糖含量呈显著负相关关系,日照时数过多对还原糖积累不利^[14];丁根胜研究认为,烟叶中碳水化合物和含氮化合物的含量受整个大田生育期的日均温直接影响最大,受降水的直接影响次之,受日照时数的直接影响较小^[15]。他们的结论与本研究结果存在某些差异,可能是各产烟区决定烟株发育的关键气候不同,或者是选取的各种气候因子不同导致分析结果稍有变化。

4 结 论

通过简单相关和典型相关分析,发现凉山烟区烟叶化学成分的含量受几个主要气象因子中的日均温影响最大,受空气相对湿度的影响次之,受日照时数的影响较小,降水量与气温日较差的影响最小。整个大田生育期中以旺长期的气象因子对化学成分影响最大。凉山烟区气象因子对烟叶化学成分中的还原糖、总糖、总植物碱和钾含量影响最大,影响大小为钾>总植物碱>还原糖>总糖。

整个大田生育期的气温对钾含量影响最大,在一定范围内,旺长期的温度和空气相对湿度降低、旺长期日照时数和成熟期降水增多能明显提高烟叶的钾含量。旺长期日照时数增多,旺长期气温日

较差增大有利于氯的积累。糖碱比与还原糖和总植物碱的变化规律吻合,与成熟期降水量成正相关。

参考文献

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 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.
- [3] 张家智. 烟烟优质适产的气象条件分析[J]. 中国农业气象, 2000, 21(2): 17-21.
- [4] 许自成, 刘国顺, 刘金海, 等. 铜山烟区生态因素和烟叶质量特点[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1748-1753.
- [5] 程昌新, 卢秀萍, 许自成, 等. 基因型和生态因素对烟草香气物质含量的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 137-139.
- [6] 李进平, 高友珍. 湖北省烤烟生产的气象分区[J]. 中国农业气象, 2005, 26(4): 250-255.
- [7] 陆永恒. 生态条件对烟叶品质影响的研究进展[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(3): 43-46.
- [8] 秦松, 刘洪斌, 王正银. 贵州植烟区气象因素对烤烟评吸质量的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(3): 375-378.
- [9] 王东胜, 刘贯山, 李章海, 等. 烟草栽培学[M]. 合肥: 中国科学技术出版社, 2002.
- [10] 李天福, 王树慧, 王彪, 等. 气象因子与烟叶化学成分及香吃味的典型相关分析[J]. 烟草农业科学, 2005(1): 30-34.
- [11] 汪孝国, 王小东, 范建立, 等. 豫西烟区气候因子与烤烟化学品质关系研究[J]. 西南农业学报, 2008, 21(4): 989-992.
- [12] 韦成才, 马英明, 艾绥龙, 等. 陕南烤烟质量与气象关系研究[J]. 中国烟草科学, 2004(3): 38-41.
- [13] 周翔, 梁洪波, 董建新, 等. 山东烟区降水对烟叶主要化学成分的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(2): 37-41.
- [14] 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(1): 27-34.
- [15] 丁根胜, 王允白, 陈朝阳, 等. 南平烟区主要气候因子与烟叶化学成分的关系[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(4): 26-30.

(责任编辑 徐秋萍)