

气候和土壤及其互作对湖南烤烟还原糖、烟碱和总氮含量的影响

易建华¹, 彭新辉^{1,2,*}, 邓小华^{2,3}, 周清明², 蒲文宣¹, 周冀衡²

(1. 湖南中烟工业有限责任公司技术中心, 长沙 410007; 2. 湖南农业大学烟草工程技术研究中心, 长沙 410128;

3. 湖南农业大学农学院, 长沙 410128)

摘要:在湖南3大烟区的永州市、浏阳市、桑植县进行盆栽试验,探讨气候、土壤及其互作对湖南烟叶还原糖、烟碱和总氮含量的影响。结果表明:①烟叶还原糖、烟碱和总氮3种化学成分的变异强度中等,且其变异强弱按该顺序递减。②气候、土壤及其互作对烟叶还原糖、烟碱和总氮3种化学成分的影响程度不同,气候对它们均具有强影响效应,土壤对它们无明显影响;气候与土壤的互作对它们的影响效应年际间有差异。气候对还原糖、烟碱和总氮3种化学成分含量变异总的贡献率为51.42%,土壤为19.78%,气候与土壤互作为28.79%。气候是影响这3种烟叶化学成分的主要生态因素。③烟株大田发育不同时期的不同气候因子与烟叶化学成分的相关性不同,其中伸根期的日照时数、昼夜温差与蒸发量,旺长期的相对湿度、平均气温与云量,成熟期的平均气温、昼夜温差与日照时数分别是各时期与烟叶化学成分相关性较大的前3个气候因子。整个大田期以平均气温、相对湿度和昼夜温差3个气候因子与烟叶化学成分的相关性较大。

关键词:烤烟;还原糖;烟碱;总氮;气候;土壤;互作

The impact of climate, soil and their interactions on reducing-sugar, nicotine and total nitrogen contents of flue-cured tobacco in Hunan high-quality tobacco region

YI Jianhua¹, PENG Xinhui^{1,2,*}, DENG Xiaohua^{2,3}, ZHOU Qingming², PU Wenxuan¹, ZHOU Jiheng²

1 Technology Research & Development Center, China Tobacco Hunan Industrial Co, LTD, Changsha 410007, China

2 Research Center of Tobacco Engineering of Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

3 College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstract: The impact of climate, soil and their interactions on reducing-sugar, nicotine and total nitrogen contents of flue-cured tobacco leaf were investigated through pot experiments in Hunan high-quality tobacco regions of Yongzhou, Liuyang and Sangzhi from 2006 to 2007. The experiments disclose the following results: First, the variation coefficients of reducing-sugar, nicotine and total nitrogen of tobacco leaves are of medium intensity and the intensity decreases in the order of reducing-sugar, nicotine and total nitrogen. Furthermore, climate, soil and their interactions impact reducing-sugar, nicotine and total nitrogen contents of tobacco leaves in different ways, i. e. climate has strong impact on all of the three while soil's impact is insignificant; the impact of the interactions between climate and soil vary from year to year with climate, soil and their interactions each contributing 51.42%, 19.78% and 28.79% respectively to the total impact. Above all, climate is the main ecological factor that affects the abovementioned chemical components contents of tobacco leaves. Thirdly, sunshine hours, diurnal temperature variance and quantity of evaporation in tobacco rooting stage, relative humidity, average air temperature and cloud coverage in tobacco vigorous growth stage, average air temperature, diurnal temperature variance and sunshine hours in tobacco mature stage were the top three climate factors that relate closely to the contents of reducing-sugar, nicotine and total nitrogen of tobacco leaves during their growth periods. Overall, average air

基金项目:湖南中烟工业有限责任公司资助项目(K200607)

收稿日期:2009-07-13; 修订日期:2010-01-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: pxh6601@126.com

temperature, relative humidity and diurnal temperature variance are the main factors that relate closely to the contents of abovementioned tobacco chemical components during the whole tobacco growth periods.

Key Words: flue-cured tobacco; reducing sugar; nicotine; total nitrogen; climate; soil; interaction

烟叶化学成分是品种、气候、土壤与栽培调制技术综合作用的结果^[1]。烟叶对环境相当敏感,气候、土壤等因素的改变对烟叶产量、质量均有较大影响^[2]。分析不同烟区气候、土壤及其互作对烟叶化学成分的影响,对卷烟企业原料基地布局、烟叶产区规划、因地制宜优化调整烟叶栽培技术具有现实意义。有关气候、土壤对烟叶化学成分影响的研究一直受到重视^[3-13]。黄中艳等^[5]研究揭示了品种、土壤、气象三因素综合影响下各主要要素对烤烟化学成分含量影响的相对大小;戴冕^[6]对中国主产烟区、肖金香等^[7]对江西、韦成才等^[8]对陕南、王彪等^[9]对云南、黎妍妍等^[10]对湖南气象因素与烟叶化学成分的关系进行了研究;许自成等^[12]研究了湖南烤烟化学成分与土壤有机质含量的关系。上述研究多偏重于每一生态区域的烟叶化学物质含量特点及其与单个生态因子(气候或土壤)的关系,有关气候和土壤及其互作对湖南烟叶化学成分的影响强弱以及在烟株不同发育阶段对烟叶化学成分含量影响较大的气候和土壤因子等问题缺乏深入研究。为此,本研究通过对湖南省3个典型植烟生态区植烟土壤的交换试验,研究气候和土壤及其互作对烟叶还原糖、烟碱和总氮等化学成分含量的影响及对其变异的贡献率大小,探讨湖南烟区烟株发育不同时段气候因子和土壤主要养分与烟叶上述化学成分含量的相关大小,研究结果将为该区域的烟叶区划布局与生产技术方案优化调整等提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

湖南省常年种植烤烟6—8万hm²,年收购烟叶1.3×10⁵t以上,是我国重要的烤烟生产省份之一。湖南烤烟种植主要分布在湘南、湘中和湘西北3个生态区域。湘南烟区是中南烟区的典型代表,以烟稻复种为主,所产烟叶香气浓郁,浓香型风格明显;湘西北烟区与贵州、重庆、鄂西接壤,土壤气候条件与西南烟区相似,以旱地种植为主,所产烟叶属浓香型风格,略显中间香型气息,香气质较好,配伍性强;湘中烟区介于湘南和湘西之间,烤烟种植方式多样,所产烟叶以浓香型为主。

1.2 试验材料

本试验于2006年和2007年进行。选择在湖南省3个具有典型烟气风格的生态区,即湘南烟区的永州市冷水滩区(26°14' N, 111°37' E)、湘中烟区的浏阳市官渡镇(28°21' N, 113°52' E)、湘西北烟区的桑植县官地坪镇(29°24' N, 110°15' E)3地烟草科研基地进行布点试验。试验品种为烤烟K326。供试土壤前作为水稻,永州、浏阳、桑植土壤分别属于红壤、红壤、黄壤,土壤主要养分含量见表1。将烤烟从移栽到中部

表1 试验点土壤主要养分含量和pH值

Table 1 Mainly nutrient contents and pH in the soil of three test places

年份 Year	土壤条件 Soil conditions	pH	全氮 Total nitrogen /(g·kg ⁻¹)	全磷 Total phosphorus /(g·kg ⁻¹)	全钾 Total potassium /(g·kg ⁻¹)	水解氮 Hydrolytic nitrogen /(mg·kg ⁻¹)	有效磷 Available phosphorus /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg·kg ⁻¹)
2006	永州	5.8	1.62	0.57	12.80	249.70	30.40	239.00
	浏阳	7.1	1.42	0.67	23.00	132.90	30.40	194.00
	桑植	5.3	1.65	0.55	13.60	143.60	10.60	79.00
2007	永州	5.8	1.43	0.52	12.00	110.00	22.70	118.00
	浏阳	7.3	1.65	0.76	21.40	128.00	31.50	114.00
	桑植	5.1	1.76	0.65	15.60	164.00	15.50	91.00

烟叶成熟采收粗分为伸根期、旺长期、成熟期等 3 个发育时期,分别统计其气象要素值。永州、浏阳、桑植试验点烤烟伸根期的气象要素值统计时段分别为 3 月下旬—4 月中旬、4 月上旬—4 月下旬、5 月上旬—5 月下旬,旺长期的气象要素值分别为 4 月下旬—5 月中旬、5 月上旬—5 月下旬、6 月上旬—6 月下旬,中部烟叶成熟期的气象要素值分别为 5 月下旬—6 月中旬、6 月上旬—6 月下旬、7 月上旬—7 月下旬。气候数据以 3 个试验点所在县(市)气象台数据为准(表 2)。

表 2 试验点烟草不同生育时期气象要素值
Table 2 Mainly meteorological element values of different tobacco growth stages in three test places

年份 Year	生育时期 Growth stages	气候条件 Climate conditions	平均气温 Average air temperature /℃	昼夜温差 Diurnal temperature variance/℃	相对湿度 Relative humidity /%	日照时数 Sunshine hours /h	云量 Cloud cover /%	降雨量 Rainfall /mm	蒸发量 Quantity of evaporation /mm
2006	伸根期	永州	17.75	7.48	75.61	97.70	75.35	143.50	73.50
		浏阳	19.30	10.30	78.00	145.20	77.00	242.90	132.10
		桑植	22.10	10.77	74.03	152.90	65.00	151.40	91.40
	旺长期	永州	22.25	8.14	73.00	111.00	78.33	109.30	83.70
		浏阳	22.70	9.50	76.00	169.80	72.00	163.70	161.80
		桑植	24.90	9.03	82.00	119.20	73.00	275.40	74.90
	成熟期	永州	24.19	6.97	79.19	91.10	86.32	362.60	77.30
		浏阳	26.00	8.50	82.00	172.70	77.00	310.90	162.80
		桑植	28.30	9.75	78.17	178.70	67.00	96.00	122.70
2007	伸根期	永州	17.99	8.19	70.80	117.60	72.90	102.10	74.60
		浏阳	17.00	10.10	76.00	130.00	77.00	130.30	104.70
		桑植	22.10	11.60	77.00	136.50	71.00	117.80	89.20
	旺长期	永州	22.20	9.66	68.20	165.40	65.33	181.50	97.70
		浏阳	24.40	12.00	73.00	219.10	66.00	42.90	182.50
		桑植	23.30	7.33	86.00	62.10	84.00	198.50	62.10
	成熟期	永州	26.00	6.96	74.90	130.30	84.77	196.80	95.90
		浏阳	26.30	7.80	80.00	149.40	88.00	169.40	132.90
		桑植	25.70	7.20	88.00	83.90	89.00	462.60	65.70

1.3 试验方法

本试验采用气候、土壤两因素随机设计。气候设永州气候、浏阳气候、桑植气候 3 个水平,土壤设永州土壤、浏阳土壤、桑植土壤 3 个水平,共 9 个处理。事先保证各试验点都有上述 3 种同条件土壤可用来进行盆栽试验。试验设 3 次重复,每个重复栽 15 株烟,行距为 1.2m,株距为 0.55m,小区面积为 9.9m²。四周设保护行。依据各生态区季节进行播种,采用漂浮育苗,并各剪叶 2 次。移栽时,用上口、下口和高度分别为 40、20、26cm 的塑料盆各装上述土壤 25kg,并在底部垫上孔径为 48μm 的尼龙布,然后将塑料盆埋入土中起垄(盆上口与保护行垄面同高)。每盆施纯氮 0.8g,N:P₂O₅:K₂O = 1:2:3,底肥占 70%,追肥占 30%。其他栽培措施同一般烤烟栽培。盛花期打顶留叶 19 片,同时选择生长正常的第 10—12 叶位的烟叶挂牌标记为试验样烟,按三段式烘烤工艺烘烤。

1.4 烟叶化学成分测定方法

收集调制后烟叶,除去主脉,于 40℃ 下烘干,粉碎过 40 目筛,置于干燥器中的自封口袋里低温(4℃)保存备用。化学成分分析检测依据分别为:YC/T 159-2002(水溶性糖)、YC/T 160-2002(烟碱)、YC/T 161-2002(总氮),各检测数据都换算成百分含量。

1.5 数据分析

采用 SPSS15.0 统计软件包进行描述统计和方差分析。当检定为显著性差异时,同时引入偏 Eta 平方值

(p, η^2) 对结果进行分析^[14-15]。采用两年 p, η^2 的均值大小来比较气候和土壤及其互作对烟叶各化学成分变异的贡献率大小, 当 $0.01 < p, \eta^2 < 0.06$ 表示弱影响效应, $0.06 < p, \eta^2 < 0.14$ 表示中度影响效应, $p, \eta^2 > 0.14$ 为强影响效应^[15]。将各化学成分的气候、土壤及其互作 p, η^2 算术平均, 并转换为百分率, 其结果便是气候、土壤及其互作对所有测定的烟叶化学成分总变异贡献率的大小。

气候因素、土壤因素与烟叶化学成分的灰色关联分析方法参考文献^[16]进行。由于原始数据中各气候因子、土壤肥力因子的量纲差异较大, 原始数据进行标准化无量纲处理, 并取 $\rho = 0.5$; 分别得到土壤肥力因子、烟株不同发育时期的各气候因子与烟叶不同化学成分的灰色关联矩阵并按关联系数从大到小依次排序, 每一因子和每一化学成分都将产生一个反映关联强度大小的序号值。分别比较土壤肥力每一因子、同一发育时期的气候每一因子的序号和值大小, 来综合判断与烟叶化学成分关联强度较大的土壤肥力因子与气候因子。最后比较各时期的气候每一因子的序号和值大小, 得出与湖南烟叶化学成分关联强度较大的主要气候因子。

2 结果分析

2.1 烟叶化学成分的统计描述及变异分析

由表 3 可知, 不同气候和土壤处理组合的烟叶化学成分的含量变化在 2a 的试验中规律不一致, 主要原因是 3 个试验点的气候和土壤在 2a 试验中差异较大, 说明烟叶化学成分确实受气候和土壤的影响。从变异系数看, 2006 年的试验结果是: 烟碱 > 还原糖 > 总氮; 2007 年的试验结果是: 还原糖 > 烟碱 > 总氮。2a 试验结果变异系数的平均值依次为: 还原糖 > 烟碱 > 总氮, 变异系数都大于 10%, 属中等变异强度, 它们受生态环境的影响相对较大。

表 3 不同土壤和气候条件下烟叶化学成分含量的描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of chemical components contents of tobacco leaf in different soil and climate conditions

年份 Year	气候条件 Climate conditions	土壤条件 Soil conditions	还原糖/% Reducing sugar	烟碱/% Nicotine	总氮/% Total nitrogen
2006	永州	永州	20.547	2.470	1.970
		浏阳	24.533	2.483	1.653
		桑植	23.883	2.087	1.593
	浏阳	永州	19.537	3.193	1.973
		浏阳	22.393	2.747	1.557
		桑植	24.617	2.953	1.733
	桑植	永州	15.940	4.173	2.387
		浏阳	14.387	3.847	2.513
		桑植	16.297	3.593	2.287
	平均值		20.237	3.061	1.963
2007	变异系数/%		22.197	23.853	18.544
	永州	永州	9.163	3.333	2.080
		浏阳	12.120	3.040	1.763
		桑植	11.337	2.797	1.830
	浏阳	永州	15.430	3.363	1.893
		浏阳	13.157	3.617	2.047
		桑植	13.633	3.773	2.080
	桑植	永州	15.683	3.713	2.213
		浏阳	18.593	3.770	2.117
		桑植	15.660	4.467	2.530
	平均值		13.864	3.541	2.061
	变异系数/%		20.387	14.074	11.447

2.2 气候和土壤及其互作对烟叶化学成分含量的影响

将土壤和气候作双因素方差分析,结果见表 4。

对烟叶还原糖含量,2006 年不同土壤处理之间的烟叶还原糖含量差异不显著($P=0.127$);2007 年的主效应分析差异水平为 $P=0.035$,但由于气候和土壤的交互作用显著($P=0.001$),故取简单效应分析结果($P=0.630$)^[17]。2a 试验结果说明,在相同气候条件下,土壤因子对烤烟叶片还原糖含量的影响不大;而在相同土壤条件下,不同气候条件下栽培的烟叶还原糖含量差异极显著;气候和土壤互作对烟叶还原糖含量的影响不显著(2006 年)或极显著(2007 年)。同时,气候两年 $p. \eta^2$ 均值为 $0.781 > 0.16$,表明气候对烟叶还原糖含量具有高度影响效应,土壤的影响可能性较小。

对烟叶烟碱含量,不同土壤栽培的烟叶烟碱含量差异不显著,不同气候条件下栽培的烟叶烟碱含量差异极显著,不同气候和土壤互作栽培的烟叶烟碱含量差异不显著(2006 年)或极显著(2007 年)。同时,气候两年 $p. \eta^2$ 均值为 $0.828 > 0.16$,表明气候对湖南烟叶烟碱含量具有高度影响效应,土壤的影响可能性较小。

对烟叶总氮含量,两年不同土壤处理之间的烟叶总氮含量主效应分析差异水平均低于 0.05($P=0.003$, 0.010),但由于 2a 气候和土壤的交互作用均显著($P=0.019$, 0.001),故取简单效应分析结果($P=0.338$, 0.318)。说明在相同气候条件下,土壤因子对湖南烤烟总氮含量的影响不大;而在相同土壤条件下,不同气候条件下栽培的烟叶总氮含量差异极显著;气候和土壤互作栽培的烟叶总氮含量差异显著(2006 年)或极显著(2007 年)。同时,气候、气候和土壤互作 2 年 $p. \eta^2$ 均值分别为 0.838、0.561,都大于 0.16。表明气候、气候与土壤互作对烤烟总氮含量具有高度影响效应,且气候的影响效应大于气候和土壤的互作,土壤的影响可能性较小。

将 3 个化学成分的气候、土壤及其互作 $p. \eta^2$ 算术平均,其值分别 0.815、0.314、0.457;转换为百分率,其值分别为 51.42%、19.78%、28.79%。表明气候对烟叶 3 个化学成分的总变异贡献率为 51.42%,土壤为 19.78%,气候和土壤互作为 28.79%,气候对这 3 个烟叶化学成分的影响最大。

表 4 气候和土壤对烟叶化学成分含量影响的双因素方差分析效果检验
Table 4 Tests of between-subjects effects of soil and climate on chemical components contents of tobacco leaf

化学成分 Chemical components	年份 Year	变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	<i>F</i>	<i>P</i>	偏 Eta ² 值 Partial Eta squared
还原糖 Reducing sugar	2006	气候	300.618	2	150.309	17.861	0.000	0.665
		土壤	39.030	2	19.515	2.319	0.127	0.205
		气候×土壤	33.518	4	8.379	0.996	0.435	0.181
	2007	气候	150.525	2	75.262	77.815	0.000	0.896
		土壤	7.845	2	3.922	4.055	0.035	0.311
		气候×土壤	31.930	4	7.983	8.253	0.001	0.647
烟碱 Nicotine	2006	气候	10.583	2	5.291	44.015	0.000	0.830
		土壤	0.741	2	0.370	3.081	0.071	0.255
		气候×土壤	0.371	4	0.093	0.771	0.558	0.146
	2007	气候	3.889	2	1.945	42.495	0.000	0.825
		土壤	0.255	2	0.128	2.787	0.088	0.236
		气候×土壤	1.491	4	0.373	8.147	0.001	0.644
总氮 Total nitrogen	2006	气候	2.527	2	1.264	68.487	0.000	0.884
		土壤	0.298	2	0.149	8.073	0.003	0.473
		气候×土壤	0.288	4	0.072	3.898	0.019	0.464
	2007	气候	0.745	2	0.372	34.205	0.000	0.792
		土壤	0.132	2	0.066	6.052	0.010	0.402
		气候×土壤	0.375	4	0.094	8.622	0.001	0.657

2.3 气候因子对烟叶化学成分的影响

分别选择烤烟大田发育期中的伸根期、旺长期、成熟期(中部烟叶)的各气候因子与烟叶化学成分进行灰色关联分析,关联矩阵见表5。

从伸根期看,与烟叶还原糖含量相关性较大的前3个气候因子依次为降雨量、相对湿度和蒸发量;与烟叶烟碱含量相关性较大的前3个气候因子依次为昼夜温差、日照时数和平均气温;与烟叶总氮含量相关性较大的前3个气候因子依次为日照时数、昼夜温差和平均气温。综合分析伸根期与烟叶化学成分相关性较大的前3个气候因子依次为日照时数、昼夜温差、蒸发量,最小为云量。

从旺长期看,与烟叶还原糖含量相关性较大的前3个气候因子依次为云量、相对湿度和蒸发量;与烟叶烟碱含量相关性较大的前3个气候因子依次为平均气温、相对湿度和降雨量;与烟叶总氮含量相关性较大的前3个气候因子依次为相对湿度、平均气温和降雨量。综合分析旺长期与烟叶化学成分相关性较大的前3个气候因子依次为相对湿度、平均气温、云量,最小为日照时数。

从成熟期看,与烟叶还原糖含量相关性较大的前3个气候因子依次为降雨量、相对湿度和昼夜温差;与烟叶烟碱含量相关性较大的前3个气候因子依次为平均气温、日照时数和昼夜温差;与烟叶总氮含量相关性较大的前3个气候因子依次为平均气温、昼夜温差、日照时数。综合分析成熟期与烟叶化学成分相关性较大的前3个气候因子依次为平均气温、昼夜温差、日照时数,最小为云量。

综合分析,与中部烟叶化学成分相关性较大的大田发育期前3个气候因子依次为平均气温、相对湿度和昼夜温差,最小为云量。

表5 气候因子与烟叶化学成分的灰色关联矩阵

Table 5 Grey incidence matrix of climates factors with chemical components of tobacco leaf

生育时期 Growth stages	化学成分 Chemical components	平均气温 Average air temperature	昼夜温差 Diurnal temperature variance	相对湿度 Relative humidity	日照时数 Sunshine hours	云量 Cloud cover	降雨量 Rainfall	蒸发量 Quantity of evaporation
伸根期 Rooting stage	还原糖	0.6549	0.6746	0.7504	0.7010	0.7784	0.7069	0.7458
	烟碱	0.7233	0.7744	0.6400	0.7554	0.6079	0.5958	0.6783
	总氮	0.7529	0.7546	0.6602	0.7680	0.6568	0.6044	0.6667
旺长期 Vigorous growth stage	还原糖	0.6089	0.5789	0.6636	0.5843	0.5820	0.7199	0.6213
	烟碱	0.7545	0.6524	0.7147	0.6157	0.7144	0.6558	0.6159
	总氮	0.7298	0.6022	0.7326	0.5780	0.7059	0.6417	0.5803
成熟期 Mature stage	还原糖	0.6322	0.6930	0.7173	0.6278	0.7325	0.6140	0.6474
	烟碱	0.7651	0.6851	0.6688	0.7073	0.6160	0.6736	0.6713
	总氮	0.7575	0.7253	0.7009	0.7179	0.6559	0.6734	0.6641

2.4 土壤肥力因子对烟叶化学成分的影响

选择土壤主要肥力因子与烟叶化学成分分别进行灰色关联分析,关联矩阵见表6。该表显示,与烟叶还原糖含量相关性最大的土壤主要肥力因子为速效钾,其次为pH,最小为全磷;与烟叶烟碱含量相关性最大的土壤主要肥力因子为有效磷,其次为全氮,最小为全钾;与烟叶总氮含量相关性最大的土壤主要肥力因子为全氮,其次为速效钾,最小为全磷。综合分析烟叶化学成分相关性较大的前3个土壤主要肥力因子依次是速效钾、有效磷和全氮,全钾的影响最小。

3 讨论

3.1 按照变异系数的划分等级

变异系数<10%为弱变异性,变异系数为10%—100%为中等变异性,变异系数>100%为强变异性^[18],本研究表明,湖南烟区烟叶还原糖、烟碱和总氮含量的变异属中等变异强度,该结果与邓小华等^[19]对湖南烟叶化学成分变异特征的研究结果是一致的。

表 6 土壤肥力因子与烟叶化学成分的灰色关联矩阵

Table 6 Grey incidence matrix of soil fertility factors with chemical components of tobacco leaf

化学成分 Chemical components	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	全钾 Total potassium	pH	水解氮 Hydrolytic nitrogen	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium
还原糖 Reducing sugar	0.6590	0.6396	0.6745	0.7096	0.6733	0.7079	0.7320
烟碱 Nicotine	0.6788	0.6477	0.6432	0.6582	0.6471	0.6885	0.6560
总氮 Total nitrogen	0.6726	0.6089	0.6204	0.6400	0.6390	0.6466	0.6537

3.2 国内外大量研究证明,烟叶化学成分与产区的土壤、气候条件有着密切的关系。本研究认为,气候对烟叶还原糖、烟碱和总氮含量均具有高度影响效应;土壤对它们的影响不明显;气候和土壤互作对它们的影响年际间有差异。同时,本研究揭示气候、土壤及其互作对烟叶上述化学成分含量变异的贡献率不一样。气候对它们总的变异贡献率为 51.42%,土壤为 19.78%,气候和土壤互作为 28.79%。与黄中艳等^[5]认为土壤养分(N、P、K)含量对烟叶 5 项化学成分(总糖、还原糖、烟碱、总氮和蛋白质)含量的影响小于气候因素的影响结果一致。可初步判断影响湖南烟区烟叶化学成分的主导生态因素是气候,但不可因此否定烟草品种、栽培调制措施等对烟叶化学成分的影响。该研究结果对湖南烟草种植区划、烟叶生产技术方案优化以及卷烟企业原料基地的布局等具有一定参考价值。

3.3 韦成才等^[8]研究认为陕南烟叶糖分的积累与整个生育期的平均气温有着密切的关系,烟碱含量与大田期 5—8 月份的平均降水量、7 月份的平均相对湿度均成负相关、与大田期 5 月份气温日较差呈正相关。王彪等^[9]认为云南烟叶烟碱含量与成熟后期的温度、旺长期和成熟初期的降雨量有较高的关联度,总氮与成熟后期的气温和降雨量以及旺长期的气温关联度最高。本研究认为在伸根期以日照时数对烟叶化学成分影响最大,其次为昼夜温差,最小为云量;在旺长期以相对湿度对烟叶化学成分影响最大,其次为平均气温,最小为日照时数;在成熟期以平均气温对烟叶化学成分影响最大,其次为昼夜温差,最小为云量。以上说明,不同烟区的不同气象因子以及同烟区不同时段气象因子对烟叶化学成分的作用各不相同。因此,各烟区既要因地制宜搞好烟叶区划布局,又要对制约烟叶生产的气象因子进行深入研究,尽量避开不良气候条件对烟叶质量的影响。

3.4 土壤因素包含很多因子。考虑到土壤因素对湖南 3 种烟叶化学成分的影响力度较小,本文仅分析了土壤的 pH 值和大量养分含量与烤烟化学成分含量的关联强度大小。研究表明,速效钾与湖南烟叶化学成分的关联程度最大,其次为有效磷和全氮,这与陈杰等^[13]认为贵州土壤中的全氮、全钾、有效钾和有效磷是影响烟叶主要化学成分最显著的指标基本相符。在进行烟叶区划布局时,可适当考虑土壤速效钾、有效磷和全氮对烟叶品质的影响。

3.5 本试验为减少烤烟大田发育期的实际气候条件与当地气象台观测数据的差距,在选择试验点时尽可能地挑选离当地气象台较近的地方,从而力争使 3 个试验点的气候数据与当地气象台数据基本一致。根据 2006 年和 2007 年 2a 试验的实际情况和便于统计分析,设定了各试点烟株的不同发育阶段及其气象要素值统计时段。

4 结论

受气候和土壤及其互作的影响,湖南烟叶还原糖、烟碱与总氮属中等变异强度指标。气候、土壤及其互作对它们的影响程度不一样。气候对它们均具有高度影响效应;土壤对它们无明显影响;气候和土壤互作对它们的影响年际间有差异。气候、土壤及其互作对它们含量变异的贡献率依次为 51.42%、19.78% 和 28.79%。气候对这 3 种烟叶化学成分的影响最大。在进行湖南烟草区划和卷烟企业原料基地选择时,要重点考虑气候因素。

烟株大田发育不同时期的气候因子与烟叶化学成分的关联强度不同。与烟叶化学成分相关性较大的前 3 个气候因子在伸根期依次为日照时数、昼夜温差与蒸发量;在旺长期依次为相对湿度、平均气温与云量;在

成熟期依次为平均气温、昼夜温差与日照时数。整个大田期与烟叶化学成分相关性较大的前 3 个气候因子依次为平均气温、相对湿度和昼夜温差。在烟叶生长的不同时期应采取相应栽培措施,促使烟叶协调生长,提高烟叶的可用性。

References:

- [1] Zuo T J//Zhu Z Q *et al* . Translated. Tobacco Production Physiology and Biochemistry. Shanghai: Shanghai Far East Publishers, 1993:47,60.
- [2] Tobacco Research Institute of CAAS. China Tobacco Cultivation Science. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2005:113-118, 299-318.
- [3] Cui H, Ji H, Zhang H, Shao H F, Li D X, Chen L Comparative analysis of leaf proteomes between tobacco plants growing in different ecological regions of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(10): 4873-4880.
- [4] Haldimann P. Effects of changes in growth temperature on photosynthesis and carotenoid composition in *Zea mays* leaves. *Physiologia Plantarum*, 1996, (97):554-562.
- [5] Huang Z Y, Wang S H, Zhu Y, Shao Y, Deng Y L, Li T F. Relationships between content of leading chemical components of tobacco leaves and ecological factors in Yunnan Province. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2007, 28(3):312-317.
- [6] Dai M. Relationship between climate factors and leaf chemical composition in some tobacco leaf production areas in China. *Acta Tabacaria Sinica*, 2000, 6(1):27-34.
- [7] Xiao J X, Liu Z H, Wang Y, He K X, Li L X. The influence of climatic ecology factors on the yield and quality of flue-cured tobacco and the counter measures of planting tobacco in Jiangxi. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11(4): 158-160.
- [8] Wei C C, Ma Y M, Ai S L, Wang Y E, Wang X R. The relationship of flue-cured tobacco quality and climatic factors in Shannan. *Chinese Tobacco Science*, 2004, (3):38-41.
- [9] Wang B, Li T F. Relevance analyses between different weather factors and tobacco chemical constitutions. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2005, (5):742-745.
- [10] Li Y Y, Xu Z C, Wang J P, Xiao H Q. Analysis of climate factors and their influence on chemical components of flue-cured tobacco leaves at tobacco growing areas of Hunan Province. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2007, 28(3): 308-311.
- [11] Chen W, Wang S G, Tang Y J, Lu J, Chai Y R. Analysis of the dominant climatic flue-cured tobacco factors influencing the chemical compositions of in different tobacco-growing areas. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14(1):144-150.
- [12] Xu Z C, Wang L, Wang J P, Xiao H Q. Relationships between chemical components of flue-cured tobacco leaf and soil organic matter content in Hunan Province of China. *Chinese Journal Ecology*, 2006, 25(10):1186 -1190.
- [13] Chen J, Tang Y J. Analysis of soil nutrients affecting chemical constituents of tobacco in Guizhou. *Crops*, 2008, (1):68-71.
- [14] Wang S B, Zheng H T, Shao Q Q. SPSS Statistical and Analysis. Beijing: Mechanism Industry Press, 2003:113-230.
- [15] Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences(2nd edition.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988:77-83.
- [16] Tang Q Y, Hong M G. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Beijing: Science Press, 2002:1027-1036.
- [17] Dong Y, Zhao N Q. Discussion of main effect in repeated measures ANOVA. *Fudan University Journal of Medical Sciences*, 2005, 32(6): 682-686.
- [18] Lei Z T, Yang S X, Xu Z R, Vachaud G. Preliminary investigation of the spatial variability of soil properties. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1985, (9):10-21.
- [19] Deng X H, Zhou J H, Li X Z, Wang Y, Yang H Q, Chen X L, Jie X, Zhang Y Y. Correlation and Characteristics of Chemical Components of Flue-cured Tobacco in Hunan. *Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences)*, 2007, 33(1):24-27.

参考文献:

- [1] 左天觉//朱尊权等译. 烟草的生产、生理与生物化学. 上海:上海远东出版社,1993:47,60.
- [2] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学. 上海:上海科学技术出版社,2005:113-118,299-318.
- [3] 崔红,冀浩,张华,邵惠芳,李东宵,陈亮. 不同生态区烟草叶片蛋白质组学的比较. *生态学报*, 2008, 28(10): 4873-4880.
- [5] 黄中艳,王树会,朱勇,邵岩,邓云龙,李天福. 云南烤烟 5 项化学成分含量与其生态环境要素的关系. *中国农业气象*, 2007, 28(3): 312-317.
- [6] 戴冕. 我国主产区若干气象因素与烟叶化学成分的关系研究. *中国烟草学报*, 2000, 6(1):27-34.

- [7] 肖金香,刘正和,王燕,何宽信,李立新. 气候生态因素对烤烟产量与品质的影响及植烟措施研究. 中国生态农业学报, 2003, 11(4): 158-160.
- [8] 韦成才,马英明,艾绥龙,王玉玺,王锡荣. 陕南烤烟质量与气候关系研究. 中国烟草科学,2004,(3):38-41.
- [9] 王彪,李天福. 气象因子与烟叶化学成分关联度分析. 云南农业大学学报,2005,(5): 742-745.
- [10] 黎妍妍,许自成,王金平,肖汉乾. 湖南烟区气候因素分析及对烟叶化学成分的影响. 中国农业气象,2007,28(3):308-311.
- [11] 陈伟,王三根,唐远驹,卢军,柴友荣. 不同烟区烤烟化学成分的主导气候影响因子分析. 植物营养与肥料学报,2008,14(1):144-150.
- [12] 许自成,王林,王金平,肖汉乾. 湖南烤烟化学成分与土壤有机质含量的关系. 生态学杂志,2006,25(10):1186-1190.
- [13] 陈杰,唐远驹. 影响贵州烟叶化学成分的土壤养分因素分析. 作物杂志,2008,(1):68-71.
- [14] 王苏斌,郑海陶,邵谦谦. SPSS 统计分析. 北京:机械工业出版社,2003:113-230.
- [16] 唐启义,洪明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京:科学出版社, 2002:1027-1036.
- [17] 董英,赵耐青. 重复测量资料方差分析中主效应意义的探讨. 复旦学报(医学版), 2005,32(6):682-686.
- [18] 雷志栋,扬诗秀,许志荣,瓦肖尔 G. 土壤特性空间变异性初步研究. 水利学报,1985,(9):10-21.
- [19] 邓小华,周冀衡,李晓忠,王勇,杨虹琦,陈新联,揭晓,张一扬. 湖南烤烟化学成分特征及其相关性. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2007,33(1):24-27.