

罗平县海拔高度和土壤类型与烟叶化学成分的关系

李自强^{1,2}, 刘新民¹, 董建新¹, 谢老稳³, 王程栋¹, 杨天旭⁴, 解燕⁵, 王树声^{1*}

(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. 云南省曲靖市烟草公司罗平分公司, 云南 罗平 655800; 4. 广东中烟工业有限责任公司, 广州 510610; 5. 云南省曲靖市烟草公司, 云南 曲靖 655000)

摘要: 研究了罗平县不同海拔高度和土壤类型与中部烟叶化学成分的关系。结果表明, 烟叶总糖、还原糖、糖碱比、氮碱比和硫的含量随着海拔高度的增加而增加, 烟叶烟碱和总挥发性碱的含量随着海拔高度的增加而减少。红壤条件下, 烟叶总糖和还原糖含量与土壤有效镁含量分别呈极显著和显著负相关; 黄壤条件下, 烟叶总糖、还原糖含量与土壤有效硼含量分别呈极显著和显著正相关; 新积土条件下, 土壤有效硼含量与烟叶还原糖、糖碱比呈显著和极显著正相关, 与烟叶烟碱、总挥发性碱含量呈显著和极显著负相关, 与烟叶两糖差呈显著负相关。罗平烟叶在 1 600~1 800 m 的海拔高度范围以及黄壤条件下的烟叶化学成分较为适宜。

关键词: 烤烟; 海拔高度; 土壤类型; 化学成分

中图分类号: S572.06; TS44⁺1

文章编号: 1007-5119(2010)05-0044-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2010.05.009

Relationships between Altitude, Soil Type and Chemical Composition of Tobacco Leaves in Luoping

LI Ziqiang^{1,2}, LIU Xinmin¹, DONG Jianxin¹, XIE Laowen³, WANG Chengdong¹, Yang Tianxu⁴, XIE Yan⁵, WANG Shusheng^{1*}

(1. Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China; 2. Graduate School of CAAS, Beijing 100081, China; 3. Luoping Branch, Qujing Tobacco Company of Yunnan Province, Luoping, Yunnan 655800, China; 4. Tobacco Industrial Co., Ltd. of Guangdong Province, Guangzhou 510610, China; 5. Qujing Tobacco Company of Yunnan Province, Qujing, Yunnan 655000, China)

Abstract: The relationships of chemical composition in tobacco leaf at the different altitudes and soil types of Luoping were studied in this paper. The results showed that, with the increase of altitudes, total sugar, reducing sugar, sugar-nicotine ratio, nitrogen-nicotine ratio and sulfur of tobacco leaf increased, and nicotine and total volatile alkali of tobacco leaf decreased. For red soil, there were significantly negative correlations between total sugar of tobacco leaf and available magnesium of soils, reducing sugar of tobacco leaf and available magnesium of soils. For yellow soil, there were significantly positive correlations between total sugar of tobacco leaf and available boron of soils, reducing sugar of tobacco leaf and available boron of soils. For alluvial soil, there were significantly positive correlations between reducing sugar of tobacco leaf and available boron of soils, sugar-nicotine ratio of tobacco leaf and available boron of soils, there were significantly negative correlation between nicotine of tobacco leaf and available boron of soils, total volatile alkali of tobacco leaf and available boron of soils, difference between total sugar and reducing sugar of tobacco leaf and effective boron of soils. In conclusion, chemical composition of tobacco leaf is the best from 1 600 to 1 800 m altitudes and the condition of yellow soils.

Keywords: tobacco; altitude; soil type; chemical composition

海拔高度和土壤类型对烟叶质量有着重要影响。海拔高度不同, 土壤类型和理化性质也随之变化, 进而影响烟叶品质^[1]。罗平县地势西北高、东南低, 中部主要为盆地, 植烟区海拔高度主要分布在 1 400~2 000 m 之间, 海拔高度落差较大, 土壤

类型主要有红壤、黄壤和新积土 3 类。红壤富含铁、铝氧化物, 呈酸性, 在雨水淋洗的条件下植株反而发育良好; 黄壤多见于杉木混交林较多的山地, 有机质含量随自然植被的不同而有很大差异; 新积土多分布在地势相对低平地段, 因母质来源、沉积物

作者简介: 李自强, 男, 在读硕士, 研究方向为烟草栽培及生理生化。E-mail: liziqianga@126.com。*通信作者, E-mail: wangshusheng886@sohu.com

收稿日期: 2009-11-16

修回日期: 2010-01-08

质类型以及人为活动的影响,其理化性质存在较大差异。目前关于海拔高度和土壤类型对烟叶质量的影响研究较多,但罗平县独特生态环境下海拔高度和土壤类型对烟叶质量的影响研究未见报道。笔者以海拔高度和土壤类型为出发点,分析植烟土壤养分与烟叶化学成分的关系,从而为烟草合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 土壤和烟叶样品采集

2008年从罗平县罗雄、大水井、板桥、钟山、旧屋基、九龙、马街、老厂、富乐和阿岗10个乡镇取有代表性的土样370个,用GPS对取样点进行经纬度和海拔高度定位,采用“S”取样,平均5~15 hm²采集一个混合土样,每个混合样取10个点以上,取样深度0~20 cm,去除表层浮土。用四分法弃去多余部分,保留0.5 kg,经风干、磨碎、过筛等前处理置备待测样。

从土壤样品采集点取对应的中桔三烟叶样品,样品用黑色塑料袋包装。

1.2 测定方法

土壤:pH采用电极法;有机质含量采用重铬酸钾氧化法测定;全氮含量采用开氏定氮法测定,碱解氮含量采用碱解扩散法测定;全磷和速效磷含量采用钼锑抗比色法测定;全钾和速效钾含量采用火焰光度法测定;土壤交换性钙、镁和有效硫含量采用原子吸收分光光度法测定。

烟叶:总糖和还原糖含量采用芒森·沃克法测定;烟碱含量采用光度法测定;钾含量采用火焰光度法测定;钙、镁含量采用原子吸收分光光度法测定;硼、硫含量采用比色法测定;钼含量采用极谱法测定。挥发性碱含量采用蒸馏法测定;淀粉含量采用高氯酸萃取碘显色法测定。各数据均由农业部烟草产业产品质量监督检验测试中心检测。

1.3 数据处理

相关数据统计分析采用SAS 9.0软件。

2 结果

2.1 不同海拔高度和土壤类型对烟叶化学成分的影响

由表1看出,随着海拔高度的增加,烟叶总糖、还原糖、烟碱、总挥发性碱、硫含量以及糖碱比、氮碱比呈现明显的规律性,其中烟叶总糖、还原糖、硫含量以及糖碱比、氮碱比随着海拔高度的增加而增加;烟叶烟碱、总挥发性碱含量随海拔高度的增加而减少,此结果与付亚丽等的研究结论一致^[2-3]。罗平烟叶在1 600~1 800 m海拔高度范围内总糖、还原糖和烟碱含量适中,烟叶钾含量较高,糖碱比、氮碱比都比较理想。因此,该海拔高度的烟叶化学成分较适宜。

由表2看出,红壤条件下中部烟叶总糖、还原糖、氯离子、淀粉含量以及糖碱比、氮碱比较高,这可能与红壤处于高海拔地区,昼夜温差较大,有

表1 不同海拔高度下中部烟叶化学成分
Table 1 Chemical composition of middle tobacco leaf of different altitudes

化学成分	海拔高度/m			
	1 400~1 600	1 600~1 800	1 800~1 900	1 900~2 000
总糖/%	29.88	30.77	31.52	31.97
还原糖/%	23.41	24.62	24.64	26.69
烟碱/%	2.25	2.10	2.06	1.95
钾离子/%	1.51	1.77	1.69	1.60
氯离子/%	0.25	0.44	0.31	0.27
糖碱比	11.55	12.34	13.14	14.86
氮碱比	0.89	0.92	0.97	0.98
两糖差/%	6.47	6.05	6.88	5.28
淀粉/%	3.69	3.58	3.20	3.36
总挥发性碱/%	0.30	0.27	0.27	0.25
有效硫/%	0.21	0.22	0.23	0.24

表2 不同土壤类型中部烟叶化学成分含量
Table 2 Chemical composition of middle tobacco leaf of different soil types

化学成分	红壤	黄壤	新积土
总糖/%	32.84	30.07	30.93
还原糖/%	26.64	23.94	24.48
烟碱/%	2.00	2.10	2.16
钾离子/%	1.50	1.79	1.62
氯离子/%	0.34	0.32	0.32
糖碱比	14.45	12.39	12.35
氮碱比	0.96	0.95	0.90
两糖差/%	6.20	6.12	6.45
淀粉/%	3.45	3.43	3.37
总挥发性碱/%	0.26	0.27	0.28
有效硫/%	0.21	0.24	0.22

利于植株糖类的积累有关；黄壤条件下中部烟叶总糖、还原糖含量以及两糖差较低，烟叶钾、硫含量较高；新积土条件下中部烟叶烟碱和总挥发性碱含量以及两糖差较高，淀粉含量、糖碱比和氮碱比较低。黄壤条件下，烟叶总糖、还原糖含量最接近适宜值，烟叶钾离子含量最高，糖碱比、氮碱比大小适中，烟叶化学成分趋于协调。因此认为黄壤条件下烟叶化学成分较为适宜。

2.2 不同植烟土壤养分状况

由表 3 看出，红壤 pH 较低，有效钾、交换性镁和有效硼含量较低；黄壤有机质含量较低，全钾含量较高；新积土 pH 较高，有机质、速效钾、交换性钙镁和有效硼含量较大。整体上来看，各土壤类型 pH 主要分布在 5.5~7.5 的范围，有机质含量主要分布在 >4.0% 的范围，土壤全钾和有效硼含量较为丰富，交换性钙、镁含量极其丰富。

表 3 不同类型土壤养分状况和分布频率

Table 3 Nutrient of different soil types and distribution of frequency

养分含量	土壤类型	分布频率/%				平均值
		<5.5	5.5~6.5	6.5~7.5	>7.5	
pH	红壤	5.9	44.1	38.2	11.8	6.50
	黄壤	6.1	42.9	42.9	8.2	6.53
	新积土	5.0	15.0	70.0	10.0	6.90
有机质/%	红壤	<3.0	3.0~4.0	4.0~5.0	>5.0	4.60
	黄壤	8.8	11.8	41.2	38.2	4.06
	新积土	14.3	32.7	38.8	14.3	5.12
全钾/(mg·kg ⁻¹)	红壤	<0.6	0.6~1.8	1.8~3.0	>3.0	1.06
	黄壤	8.8	79.4	11.8	0.0	1.69
	新积土	4.1	32.7	55.1	8.2	1.40
交换性钙/(mg·kg ⁻¹)	红壤	<800	800~1200	1200~2000	>2000	2374.80
	黄壤	0.0	5.9	38.2	55.9	2141.15
	新积土	0.0	4.1	38.8	57.1	3095.87
交换性镁/(mg·kg ⁻¹)	红壤	<96	96~192	192~384	>384	273.59
	黄壤	2.9	29.4	50.0	17.6	387.3
	新积土	0.0	6.1	55.1	38.8	485.54
有效硼/(mg·kg ⁻¹)	红壤	<0.1	0.1~0.4	0.4~1.0	>1.0	0.67
	黄壤	0.0	44.1	35.3	20.6	0.52
	新积土	0.0	44.9	46.9	8.2	0.78

2.3 土壤养分与烟叶化学成分的相关和回归分析

2.3.1 红壤 从表 4 看出，红壤条件下中部烟叶总糖与海拔高度呈显著正相关，与土壤速效钾呈显著负相关，与土壤交换性镁呈极显著负相关；还原糖与土壤交换性镁含量呈显著负相关，红壤植烟土壤中镁含量最低，总糖、还原糖含量最高（表 2、3）。土壤有机质与烟叶烟碱含量呈极显著负相关，与氮碱比呈显著正相关，与总挥发性碱呈显著负相关含量，这与秦松等研究结果一致^[4]；烟叶钾离子与土壤速效钾和交换性钙呈显著正相关，土壤速效钾的供应状况是影响烤烟烟叶含钾量的重要因子^[5]；红壤烟叶两糖差与土壤速效钾呈显著负相关；其他因素之间的相关性不显著。

表 4 红壤养分与中部烟叶化学成分的相关系数

Table 4 Correlation analysis of soil characteristics and chemical composition of tobacco on red soils

化学指标	海拔	有机质	速效钾	交换性钙	交换性镁
总糖	0.48*	0.00	-0.49*	-0.25	-0.57**
还原糖	0.31	0.09	-0.25	-0.21	-0.49*
烟碱	-0.35	-0.57**	0.03	-0.17	0.24
K 离子	-0.07	0.25	0.45*	0.47*	0.12
氮碱比	0.22	0.51*	0.13	0.06	-0.12
两糖差	0.40	-0.15	-0.50*	-0.11	-0.26
总挥发性碱	-0.4	-0.47*	0.00	-0.18	0.30

注：**表示达到 1% 极显著水平；*表示达到 5% 显著水平，下同。

以海拔高度 (x_1)、土壤 pH (x_2)、有机质 (x_3)、全氮 (x_4)、全磷 (x_5)、全钾 (x_6)、碱解氮 (x_7)、有效磷 (x_8)、速效钾 (x_9)、交换性钙 (x_{10})、交换性镁 (x_{11})、有效硼 (x_{12})、硫 (x_{13})、氯 (x_{14})、钼 (x_{15}) 为自变量；以烟叶总糖 (y_1)、还原糖 (y_2)、烟碱 (y_3)、钾离子 (y_4)、氯 (y_5)、糖碱比 (y_6)、氮碱比 (y_7)、两糖差 (y_8)、淀粉 (y_9)、总挥发性碱 (y_{10})、烟叶硫 (y_{11}) 为因变量，进行线性回归（逐步选择法）分析。

对红壤中的土壤养分及烟叶化学成分进行回归分析得到理想的回归拟合方程：

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 17.946 - 0.2927x_{11} & P &= 0.0007 \\
 y_2 &= 7.775 - 0.2259x_{11} & P &= 0.0345 \\
 y_3 &= 1.2223 - 0.1718x_3 & P &= 0.0073 \\
 y_4 &= 1.8653 + 0.1622x_{10} & P &= 0.0149 \\
 y_7 &= 1.1825 + 0.1265x_3 & P &= 0.0333
 \end{aligned}$$

$$y_8=18.129-0.2851x_9-0.1742x_6 \quad P=0.0305$$

$$y_{10}=0.1845-0.1718x_3 \quad P=0.0185$$

由回归方程可以看出, 总糖、烟碱的回归方程达到了极显著水平, 还原糖、烟叶钾、氮碱比、两糖差和总挥发性碱达到了显著水平, 烟叶氯、糖碱比、淀粉和烟叶硫没有得到理想的回归拟合方程。

回归分析与相关分析结果基本一致, 总糖、还原糖与土壤交换性镁呈负相关关系; 烟碱、氮碱比和总挥发性碱与土壤有机质含量关系较大; 烟叶钾与土壤交换性钙含量呈正相关关系, 可能由于植烟土壤中的钙离子对烟株钾的吸收有促进作用^[6]。

2.3.2 黄壤 由表 5 可以看出, 总糖与土壤有效硼呈极显著正相关, 还原糖、两糖差与土壤有效硼呈显著正相关, 还原糖、淀粉与土壤有机质呈显著负相关, 氮碱比与海拔高度呈显著正相关, 烟叶硫与土壤有效磷、速效钾、交换性镁呈显著负相关。在黄壤中表现为土壤有效硼对烟叶的总糖、还原糖和两糖差影响较大, 土壤有机质含量影响烟叶还原糖和淀粉的含量。

对黄壤中的土壤养分及烟叶化学成分做回归分析得到理想的回归拟合方程:

$$y_1=1.9433+0.1674x_{12} \quad P=0.0047$$

$$y_2=4.2768-0.1108x_3 \quad P=0.0238$$

$$y_7=-5.9891+0.125x_1 \quad P=0.016$$

$$y_8=1.7241+0.139x_{12} \quad P=0.0107$$

$$y_9=4.17-0.0866x_3 \quad P=0.0472$$

$$y_{11}=6.8544-0.1274x_8 \quad P=0.0149$$

表 5 黄壤养分与中部烟叶化学成分的相关系数

Table 5 Correlation analysis of soil characteristics and chemical composition of tobacco on yellow soils

化学成分	海拔	有机质	有效磷	速效钾	交换性镁	有效硼
总糖	-0.05	-0.17	0.16	0.09	0.21	0.41**
还原糖	-0.02	-0.33*	0.08	0.02	0.2	0.29*
氮碱比	0.35*	0.04	-0.19	0.06	-0.07	-0.15
两糖差	-0.06	0.21	0.22	0.15	0.12	0.37*
淀粉	-0.18	-0.29*	0.07	0.14	0.1	0.15
烟叶硫	0.21	0.26	-0.36*	-0.29*	-0.30*	-0.26

由回归方程看出, 总糖的回归方程达到极显著水平, 还原糖、氮碱比、两糖差、淀粉、硫的回归方程达到显著水平, 烟碱、烟叶钾、烟叶氯、糖碱比、总挥发性碱没有得到理想的回归拟合方程。

回归与相关分析结果基本一致。有效硼影响烟叶总糖和两糖差, 土壤有机质与烟叶还原糖、淀粉呈负相关, 氮碱比与海拔高度呈正相关, 烟叶硫与土壤有效磷呈负相关, 土壤磷素含量的高低直接影响烟草的产量和质量^[7], 氮碱比随着海拔高度的增加而增加(表 1)。

2.3.3 新积土 由表 6 看出, 还原糖与土壤有效磷、硼呈显著正相关; 烟碱与土壤有效硼呈显著负相关, 糖碱比与土壤有效硼呈极显著正相关, 两糖差与土壤全氮、土壤有效硼呈显著负相关; 总挥发性碱与土壤有效硼呈极显著负相关; 海拔高度、土壤 pH 等其他因子与烟叶化学成分的相关性均不明显。

对新积土中的土壤养分及烟叶化学成分做回归分析得到理想的回归拟合方程:

$$y_3=5.804-0.2587x_{12} \quad P=0.022$$

$$y_6=8.1529+0.4015x_{12} \quad P=0.0027$$

$$y_8=1.4804-0.2231x_{12} \quad P=0.0355$$

$$y_{10}=5.1689-0.358x_{12} \quad P=0.0053$$

由回归方程可以看出, 糖碱比、总挥发性碱的回归方程达到极显著水平; 烟碱、两糖差的回归方程达到显著水平; 烟碱、两糖差、总挥发性碱与土壤有效硼呈负相关关系, 糖碱比与土壤有效硼呈正相关关系; 总糖、还原糖、烟叶钾、烟叶氯、氮碱比、淀粉、烟叶硫没有得到理想的回归拟合方程。由相关和回归分析看出, 新积土烟叶化学成分烟碱、糖碱比、两糖差、总挥发性碱主要受土壤有效硼含量的影响。土壤有效硼含量的高低对烟碱及其衍生的化学成分(糖碱比、氮碱比)影响较大, 新积土糖碱比与土壤有效硼含量呈显著正相关。

表 6 新积土养分与中部烟叶化学成分的相关系数

Table 6 Correlation coefficient of soil characteristics and chemical composition of tobacco on alluvial soils

化学成分	全氮	有效磷	土壤有效硼
还原糖	0.13	0.44*	0.43*
烟碱	-0.04	-0.07	-0.51*
糖碱比	0.12	0.36	0.63**
两糖差	-0.44*	-0.28	-0.47*
总挥发性碱	-0.08	-0.23	-0.60**

3 讨 论

综合3种土壤类型,烟叶化学成分与土壤有机质、交换性镁和有效硼含量关系较大,与海拔高度也有着密切的关系。研究发现海拔的高低与烤烟的生长发育和产量、品质有密切的关系^[8],随着海拔高度的增加,昼夜温差加大,气温较低,烟叶较容易积累糖类物质,烟叶总糖、还原糖含量随之上升。红壤土的海拔较高可能是造成红壤烟叶总糖、还原糖含量高的主要生态原因,其次可能是由土壤交换性镁含量相对不足引起的。3种土壤类型所有的植烟土壤有效硼含量 $>0.1\text{ mg/kg}$,超过50%的土壤有效硼含量 $>0.4\text{ mg/kg}$,说明罗平植烟土壤有效硼含量相对不足影响黄壤和新积土种植烟叶的化学成分,对红壤上的烟叶化学成分影响较小。

烟叶化学成分与土壤速效钾、有效磷、交换性钙的含量也存在一定的关系。钙离子对烟株吸收镁离子产生抑制作用,而对钾的吸收则有促进作用^[5];植烟土壤中交换性钙、交换性镁含量十分丰富:94%以上的植烟土壤交换性钙含量 $>1\ 200\text{ mg/kg}$,80%以上的植烟土壤交换性镁含量 $>192\text{ mg/kg}$,土壤交换性钙含量较高能促进烟叶对钾的吸收,这可能是导致红壤烟叶钾含量与土壤交换性钙含量显著正

相关的原因。土壤中钙离子对镁离子的吸收产生拮抗作用,加剧了缺镁的症状,最终影响到烟叶的化学成分。

参考文献

- [1] 黎妍妍,李锡宏,李进.恩施州不同海拔高度植烟区气候和土壤条件分析[J].湖北民族学院学报,2008(3):26-28.
- [2] 付亚丽,卢红.云南烤烟烟碱、总氮和粗蛋白含量与种植海拔的相关性分析[J].云南农业大学学报,2007,22(5):676-677.
- [3] 王世英,卢红,杨骥.不同种植海拔高度对曲靖地区烤烟主要化学成分的影响[J].西南农业学报,2007,20(1):47-48.
- [4] 秦松,刘大翠.土壤肥力对烟叶化学成分及品质的影响[J].土壤通报,2007,38(5):901-902.
- [5] 王欣,许自成.湖南烟区烤烟钾含量与土壤钾素的分布特点之间的关系[J].安全与环境学报,2007,7(5):83-84.
- [6] 晋艳,雷永和.烟草中钾钙镁相互关系研究初报[J].云南农业科技,1999,3(7):46-47.
- [7] 许自成,王林.湖南烟区烤烟磷含量与土壤磷素的分布特点及关系分析[J].浙江大学学报,2007,33(3):290-297.
- [8] 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.