

贵州省土壤养分环境与烟叶质量的关系研究

唐新苗¹, 王 丰^{2*}, 纪春媚³, 潘文杰³

(1. 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 黔西南州烟草公司, 贵州 兴义 562200;
3. 贵州省烟草科学研究所, 贵州 贵阳 550081)

摘要: 采用灰色关联度分析了影响贵州省烟叶化学品质的土壤因素的主次关系, 结果如下: 溶性氯> 有效硫> 有效锌> 有效铁> 有效铜> 有效磷> 有效硼> 有效锰> 有效氮> 全磷> 有机质> pH> 全氮> 有效钾> 海拔。由于贵州省土壤微量元素变异系数大, 故采用典型相关分析方法对影响烟叶品质的主要土壤因素进行了进一步研究, 结果表明: 影响贵州烟叶化学品质的主要因素是土壤因素中的有机质、速效氮、速效磷。土壤养分中的速效氮、速效磷对烟叶中烟碱、总糖、还原糖、氯影响显著。土壤中的速效氮和有机质对烟碱、总糖、还原糖、蛋白质、总氮的影响较大。

关键词: 土壤; 烟草; 典型相关分析; 灰色关联度分析

中图分类号: S153.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)05-0084-05

Study on the Relationship of Soil Nutrient and Tobacco Chemical Components in Guizhou Province

TANG Xin-miao¹, WANG Feng^{2*}, JI Chun-mei³, PAN Wen-jie³

(1. Agricultural College of Guizhou University, Guiyang 550025, China;
2. The Tobacco Company of Qianxinan Prefecture, Xingyi 562200, China;
3. Guizhou Provincial Tobacco Research Institute, Guiyang 550081, China)

Abstract: Soil factors that influenced the tobacco chemical quality of Guizhou were studied with the grey relational analysis. Results indicated that the important order was water soluble Cl> available S> available zinc> available Fe> available Cu> effective phosphorus> effective Boron> available Mn> available N> total P> organic matter> pH> total N> available K> elevation. Because of the large CV of the soil microelement in Guizhou, canonical correlation analysis was adopted to analyze soil characteristics that influenced the tobacco chemical quality in a considerable degree. It indicated clearly that the effective nitrogen and phosphorus and soil organic matter were the most important factors. The nicotine, sucrose, reducing sugar and chlorine of tobacco were significantly affected by effective nitrogen and phosphorus. The effective nitrogen and phosphorus had opposite effect. The effective nitrogen and soil organic matter had considerable influence to nicotine, total sugar, reducing sugar, protein and total nitrogen of tobacco.

Key words: Soil; Tobacco; Canonical correlation analysis; Grey relational analysis

土壤是烤烟赖以生存的物质基础, 也是影响烟叶品质的重要因素。土壤养分对植物营养的作用是一个复杂的多因素多变量问题^[1]。虽然烤烟可生长

的土壤范围较广, 但优质烟的生长对土壤中的理化性状有比较严格的要求^[2]。有研究表明, 植烟土质对烟叶品质有直接的影响^[36]。鉴于贵州省植烟土

收稿日期: 2011-02-21
作者简介: 唐新苗(1985-), 女, 山东省高唐人, 在读硕士研究生, 研究方向: 原料作物生产及加工理论与技术。

E-mail: tang_x_miao@126.com
* 通讯作者: 王 丰(1979-), 男, 湖北荆州人, 副研究员, 博士, 主要从事烟叶生产管理与研究。E-mail: yancaowangfeng@163.com

壤养分变异较大,采用灰色关联度分析法对影响烟叶化学品质的土壤要素进行分析^[7-8],旨在明确各土壤要素对烤烟化学品质影响的主次关系。回归分析和简单相关分析可考察若干变量与某个变量之间的数量关系。典型相关分析可以将实际问题中指标之间的联系扩展到 2 组随机变量,即 2 个综合随机向量之间的相互依赖关系,可以更好地分析指标之间的相互关系。本研究中,着力在灰色关联度分析的基础上,进行逐步回归分析与简单相关分析,并采用典型相关分析讨论土壤养分对烟叶化学成分的影响,旨在深入分析土壤养分与烟叶化学成分的关系,试图阐明不同土壤要素对烟叶品质的影响,从而找出影响贵州烤烟的主导土壤因素,以便能够指导相关部门制定生产应对措施,充分合理利用土壤养分资源,提高平衡施肥的有效性。文章双面

1 灰色关联度分析

1.1 贵州省植烟土壤养分状况

贵州省植烟土壤养分状况见表 1。由表 1 可知,变异系数从大到小排序为:有效铁> 有效锌> 有效锰> 有效铜> 全钾> 有效硼> 有效硼> 有效钾> 可溶性氯> 有效硫> 有效磷> 有机质> 全磷> pH。变异系数较大的是微量元素,土壤钾的变异系数也较高;变异系数最小的是土壤 pH。

表 1 贵州省植烟土壤养分状况

主要土壤养分	平均值	标准差	最小值	最大值	变异系数/%
全磷/(g/kg)	2.02	0.54	0.63	4.28	26.72
有效磷/(mg/kg)	0.69	0.30	0.11	2.71	43.28
全钾/(g/kg)	17.94	12.82	0.41	96.65	71.43
有效钾/(mg/kg)	19.21	10.49	1.87	55.61	54.61
有效硫/(mg/kg)	167.67	80.20	16.94	504.43	47.83
有效铜/(mg/kg)	95.40	70.61	3.67	93.04	74.01
有效锌/(mg/kg)	1.49	1.46	0.00	18.10	97.74
有效铁/(mg/kg)	1.71	1.82	0.02	20.41	106.14
有效锰/(mg/kg)	38.42	32.09	2.72	248.16	83.51
有效硼/(mg/kg)	81.77	58.09	3.53	431.52	71.04
可溶性氯/(mg/kg)	0.59	0.32	0.00	2.80	54.27
pH	6.16	0.67	2.66	9.29	10.89
有机质/(g/kg)	27.48	9.86	4.53	90.28	35.89

1.2 烤烟化学成分合理性综合得分的确定

模糊数学中隶属函数的关系主要有 3 种:抛物线关系、S 型关系和反 S 型曲线关系,呈抛物线分布的因素对于烟草品质来说有一个最佳的适宜范围,超出此范围,随着偏离程度的增大,对烟草质量的影响越不利,本研究所选指标对烟叶质量的影响均呈抛物线分布。为方便计算,可将抛物线近似为梯形

分布。

表 2 隶属函数类型及拐点

土壤指标	隶属函数类型	x_1	x_2	x_3	x_4
烟碱	抛物线	1.5	2	3	3.5
总糖	抛物线	15	20	30	35
还原糖	抛物线	15	20	30	35
总氮	抛物线	1	1.5	2.5	3
氯	抛物线	0.1	0.3	0.5	0.8
钾	抛物线	1	2	3	4
蛋白质	抛物线	5	7	10	15

注: x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 为隶属函数拐点值

根据以上拐点,可得到各指标隶属函数公式:

$$f(x)=\begin{cases}0.1 & (x < x_1, \geq x_4) \\ (x-x_1)(x_2-x_1)\times 0.9+0.1 & (x_1 \leq x < x_2) \\ (x_4-x)(x_4-x_3)\times 0.9+0.1 & (x_3 \leq x < x_4) \\ 1 & (x_2 \leq x < x_3) \end{cases}$$

1.2.1 指标权重的确定 权重系数的确定是烟叶化学成分合理性综合评价指标的一个关键问题。在烟叶化学成分合理性评价中,各因素(指标)因对综合评价得分的贡献大小不同、影响烟叶整体合理性的作用不同而具有不同的的相对重要性,即各指标对烟叶合理性的贡献是不一致的,故对各项指标应给予一定权重。采用因子分析法确定各参评因素的权重。

考虑到个别评价指标分值不是正态分布,故选择最大似然法。提取 3 个主因子,其累计贡献率达 81.8%,已经较近似地代表原始数据所反映的信息。计算前 3 个因子的载荷矩阵,依据下列公式计算出所选化学指标的权重分配系列:

$$\beta_j=\sum_{p=1}^3|\beta_{ji}|\times E_p(j=1,2,3,4,5,6)$$

式中, β_{ji} 为因子载荷矩阵中各因子的值, E_p 为第 p 个因子的方差贡献率。然后将 β_j 依据下列公式转化为变量权重 β_j^* 。

$$\beta_j^*=\beta_j/\sum_{j=1}^6\beta_j$$

具体结果见表 3。

表 3 各化学成分的因子载荷矩阵、贡献率及变量权重

化学成分	因子载荷矩阵			权重
	1	2	3	
烟碱	0.659	- 0.573	0.208	0.165174
总糖	- 0.785	0.319	- 0.343	0.180844
还原糖	- 0.674	0.443	- 0.303	0.165565
总氮	0.904	- 0.177	- 0.119	0.182078
氯	0.011	0.092	0.915	0.057479
钾	- 0.036	0.861	0.151	0.064888
蛋白质	0.875	0.298	- 0.122	0.183972
特征根	3.541	1.126	1.061	
因子贡献率/%	50.588	16.080	15.157	

1.2.2 综合评价指标的确定 利用标准化后的指标分值与各因子指标权重值,对贵州省烟草化学成分合理性进行综合评分。

$$IFI=\sum_{i=j}^nP_jx_{ji}(i=1,2,3,\dots n,j=1,2,3,\dots m)$$

式中,IFI 是评价单元的土壤生态适宜性综合评分值, *n* 为评价因子的总数, *P_j* 为第 *j* 个评价指标的权重, *x_{ij}* 为评价单元在第 *j* 个评价指标上的隶属

度。IFI 取值越高,表明评价单元的合理性程度也越高。根据计算得到的各评价单元的 IFI 值,可将贵州省植烟区烤烟化学成分合理性划分为 5 个等级,各等级烤烟化学成分合理性综合得分值域为 IFI≤0.6 的为不合理区,0.6<IFI≤0.7 的为次合理区,0.7<IFI≤0.9 为合理区,IFI>0.9 为最合理区。如图 1 所示,贵州省大部分烟区的化学品质属于合理区,不合理区较少。

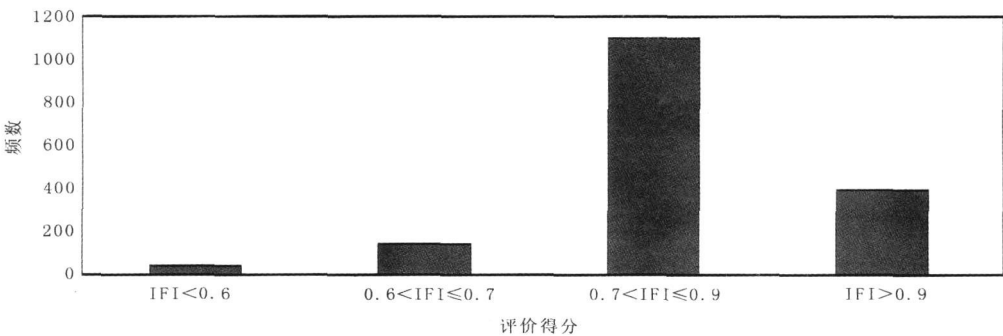


图 1 烟叶化学成分合理性综合评价结果

1.3 土壤养分与烟叶化学成分合理性综合得分值的灰色关联度分析

利用灰色关联度分析法,根据以上烤烟化学成分合理性综合得分值对影响烟叶化学品质的土壤要素做进一步分析,以期进一步明确贵州省各土壤要素对烤烟化学品质影响的主次关系,结果见表 4。各要素与烤烟化学品质之间的关联度顺序为:溶性氯>有效硫>有效锌>有效铁>有效铜>有效磷>有效硼>

有效锰>素效氮>全磷>有机质>pH>全氮>有效钾>海拔。根据关联度分析原则,关联度大的数列与参考数列关系最为密切,关联度小的数列与参考数列关系较远。因此,在 15 个指标中,微量元素和有效磷对贵州省烤烟化学品质影响最大,是贵州省烤烟品质形成的关键。但从表 1 可以看出,贵州省土壤微量元素分布不均匀,故利用灰色关联度分析所得的结论存在偏差,因此,需要对数据做进一步分析。

表 4 烟叶化学品质与土壤养分环境之间的关联度分析

指标	有机质	有效硼	溶性氯	有效硫	有效铜	有效锌	有效锰	有效铁	pH	全氮	全磷	有效磷	有效钾	速效氮	海拔
关联度	0.778	0.789	0.802	0.801	0.793	0.800	0.784	0.794	0.776	0.774	0.781	0.791	0.773	0.783	0.758
排序	11	7	1	2	5	3	8	4	12	13	10	6	14	9	15

2 土壤养分环境与烟叶常规化学成分

的逐步回归分析

对烟叶样品的碳水化合物、含氮化合物等常规化学成分与土壤养分的关系进行逐步回归分析,结

果如表 5 所示。逐步回归分析反映了烟叶的某一品质性状与土壤养分间的数量关系,但不能反映各个土壤环境因素对整体烟叶品质的贡献率。鉴于此,采用典型相关分析进一步探讨土壤养分对烟叶品质的影响。

表 5 土壤养分与烟叶化学成分的逐步回归分析

土壤要素	烟碱	总糖	还原糖	总氮	氯	钾	蛋白质	糖碱比	氮碱比	施木克值
b	3.027	27.082	22.733	1.898	0.342	2.214	6.746	9.771	0.658	4.083
有机质	-0.010	0.052	0.069			0.005	0.007	0.045	0.003	
有效硼	0.299	-1.859	-1.298					-1.858	-0.082	-0.232
溶性氯			0.021			-0.002	0.004		0.001	-0.005
有效硫	0.001	-0.009	-0.008	0.000	0.000	0.000		-0.011	0.000	-0.001
有效铜										

续表 5 土壤养分与烟叶化学成分的逐步回归分析

土壤要素	烟碱	总糖	还原糖	总氮	氯	钾	蛋白质	糖碱比	氮碱比	施木克值
有效锌	- 0.027	0.173			- 0.006			0.130		0.035
有效锰					0.000	0.001				
有效铁					0.000	0.001				
pH						- 0.091				
全氮		0.991			- 0.021	- 0.051	- 0.098	0.796		0.227
全磷					- 0.028	- 0.189				
有效磷										
有效钾		0.004				0.000				0.001
速效氮	- 0.008	0.050	0.039			0.003		0.066	0.003	0.006

注: 表中空白表示不相关, b 为回归直线的斜率

磷呈负相关, pH 值与烟叶钾含量呈正相关关系。

3 土壤要素与烟叶化学成分的典型相关分析

3.1 简单相关分析

15 个土壤因子、10 个烟叶化学成分及施木克值、糖碱比的相关矩阵见表 6。从表 6 可以看出, 烟碱和有机质呈负相关, 和有效硼、溶性氯、有效铁呈正相关。总糖、还原糖和全磷呈正相关, 蛋白质和全

3.2 典型相关分析

依据变异系数和逐步回归、典型相关分析的结论, 可以判断土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾、pH 值对烤烟的烟碱、总糖、还原糖、总氮、氯、钾、蛋白质的影响较大。为此, 设有机质、速效氮、速效磷、速效钾、pH 的标准化向量分别为 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 ; 烟叶的化学成分烟碱、总糖、还原糖、总氮、氯、钾、蛋白质的标准化向量分别为 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 、 y_5 、 y_6 、 y_7 。

表 6 土壤养分与烟叶化学成分的相关系数 %

土壤要素	烟碱/ %	总糖/ %	还原糖/ %	总氮/ %	氯/ %	钾/ %	蛋白质/ %
速效氮	0.02	0.23	0.20	0.22	0.26	0.09	0.20
海拔	- 0.13	- 0.03	- 0.04	0.03	- 0.01	0.04	- 0.02
全氮	- 0.14	- 0.06	- 0.02	0.09	0.14	- 0.29	- 0.11
全磷	0.19	0.38	0.46	0.16	0.08	- 0.01	0.38
有效磷	0.21	0.19	0.18	0.15	0.10	- 0.02	0.13
有效钾	- 0.06	- 0.02	0.05	0.05	- 0.03	- 0.31	- 0.07
pH	0.00	0.23	0.07	0.16	- 0.14	- 0.36	0.25
有机质	- 0.32	- 0.12	- 0.05	0.02	- 0.01	- 0.04	- 0.13
有效硼	0.58	0.23	0.11	0.05	0.08	0.06	0.22
溶性氯	0.38	0.16	0.06	- 0.02	- 0.03	0.04	0.20
有效硫	- 0.17	- 0.03	0.05	0.03	- 0.02	- 0.01	0.00
有效铜	- 0.18	- 0.12	- 0.12	- 0.04	- 0.06	- 0.03	- 0.11
有效锌	0.01	- 0.03	- 0.12	- 0.01	- 0.03	- 0.24	0.03
有效锰	- 0.16	0.00	0.03	0.02	- 0.04	- 0.04	0.07
有效铁	0.30	0.17	0.08	0.04	0.16	- 0.08	0.12

土壤养分与烟叶化学成分的 5 个典型相关系数中, 第 1、第 2 个较大, 而且相关性显著, 第 3、4、5 个较小且相关性不显著; 前 2 个相关系数所包含的相关信息占 2 组变量间总相关信息的 64.21%(表 7)。因此, 对前 2 对典型变量的系数进行分析基本能反映这 2 组变量间相关的主要信息。前 2 对典型变量的结构见表 8。第 1 对典型相关变量相关系数为 0.7962, 显著性水平为 0.0013, 表明土壤因子第 1 对典型变量 u_1 对烟叶化学成分因子第 1 对典型变量 v_1 影响极大。在第 1 对典型变量 u_1 的线性组合中, 土壤速效氮、速效磷的载荷分别为- 0.4986、0.4632, 它们在土壤中起主要的作用, 有机质、pH

的载荷分别为 0.3997、- 0.2536, 它们在土壤中起次要作用, 速效钾载荷较小; 在 v_1 的线性组合中, 起主要作用的是烟碱、总糖、还原糖、氯, 其载荷分别为 1.269、3.765、1.832、- 0.9368, 说明土壤养分中的

表 7 土壤养分与烟叶化学成分的典型相关系数

典型变量	r	χ^2	df	P	PC
1	0.7962	100.3	60	0.0013	33.21
2	0.7834	89.63	39	0.0256	64.21
3	0.5861	78.32	28	0.3146	73.31
4	0.4621	49.00	20	0.2869	79.54
5	0.4356	33.00	13	0.2699	100.00

注: r 为典型相关系数, χ^2 为卡方统计值, df 为自由度, P 为显著水平, PC 为累积百分比

速效氮、速效磷对烟叶中烟碱、总糖、还原糖、氯具有显著影响,速效磷与速效氮的作用相反。

第 2 对典型变量相关系数为 0.7834,显著性水平为 0.0256。在 u_2 的线性组合中,土壤有机质、速效氮载荷为-0.4231、0.8856,在第 2 对典型变量中起

主要作用,其他载荷较小;在 v_2 的线性组合中,烟碱、总糖、还原糖、总氮、氯、钾、蛋白质的载荷分别是 3.036、-2.0131、-0.7960、0.5319、0.062、0.1012、0.8011。由此可知,土壤中的速效氮和有机质对烟碱、总糖、还原糖、蛋白质、总氮的影响较大。

表 8 土壤养分与烟叶化学成分第 1 对、第 2 对典型相关变量结构

典型变量	典型变量结构
u_1	$u_1 = 0.3997x_1 - 0.4986x_2 + 0.4632x_3 + 0.0039x_4 - 0.2536x_5$
v_1	$v_1 = 1.269y_1 + 3.765y_2 + 1.832y_3 + 0.5523y_4 - 0.9368y_5 + 0.7312y_6 + 0.5823y_7$
u_2	$u_2 = -0.4231x_1 + 0.8856x_2 + 0.0123x_3 + 0.1039x_4 + 0.2804x_5$
v_2	$v_2 = 3.036y_1 - 2.0131y_2 - 0.7960y_3 + 0.5319y_4 + 0.062y_5 + 0.1012y_6 + 0.8011y_7$

由典型相关分析可知,速效氮、有机质起着最主要作用,对烟叶的糖组分影响最大,速效氮对总糖积累不利,速效磷对糖组分的影响与速效氮相反;有机质对含氮化合物影响较大,对烟碱、氯、钾、蛋白质的积累不利。典型相关分析综合各组因素间的相互依赖关系,更好地分析了指标之间的相互关系。

4 讨论

灰色关联度分析验证了微量元素是造成贵州省烟叶化学品质差异的关键因子。但这一结果主要是由于微量元素变异系数大,分布不均匀造成的。从逐步回归分析和简单相关分析得知各个要素与烟叶化学成分相关性弱,主要是因为研究区域速效氮、有机质、速效磷、钾等施用化肥水平较高,含量丰富,分布均匀,而且逐步回归分析和简单相关分析则不考虑土壤养分间的相互关系。典型相关分析结果表明,钾和 pH 值对烤烟的影响较小,主要是因为施用化肥水平较高,施肥对钾的调控强度大,掩盖了土壤氮钾肥在烟叶含钾量上的贡献率, pH 对烟叶的影响很小,则主要是因为研究区域土壤 pH 变异很小。

因此,影响贵州省烟叶化学品质的主要因素是土壤有机质、速效氮、速效磷。

参考文献:

[1] 许自成,肖汉乾,赵献章,等. 植烟土壤养分丰缺状况评价的统计学方法[J]. 土壤通报,2004, 35(5): 558-561.
[2] Zou C, Wang X, Wang Z, et al. Potassium and nitrogen pattern and growth of flue cured tobacco seedlings influenced by nitrogen form and calcium carbonate in hydroponic culture[J]. Journal of Plant Nutrition, 2005, 28: 2145-2157.
[3] 曹志洪,胡国松. 优质烤烟生产的钾素与微素[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
[4] 郝藏,田孝华. 优质烟区土壤物理性状分析与研究[J]. 烟草科技, 1996(5): 3-5.
[5] 刘淑欣,曾鸿棋,熊德中,等. 土壤性质与烤烟总糖、烟碱关系的研究[J]. 福建农业科技, 1994(6): 14-16.
[6] 钱晓刚,杨俊,朱瑞和. 烟草营养与施肥[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1998.
[7] 邓聚龙. 灰色系统综述[J]. 世界科学, 1983(7): 1-5.
[8] 符明联,李淑琼,刘其宁. 灰关联度分析法在夏播油菜品种评价中的应用[J]. 西南农业学报, 2004, 7(增刊): 246-248.

(上接第 83 页) 在烟草轮作季节,应增加有机肥的施用量,培肥地力^[2]; (5) 部分地区土壤酸碱性虽适宜种植烟草,但仍有约 1/3 的地区还不是最适宜的酸碱度,因此,有必要加以改良。对于酸性土壤,应施用石灰或白云石粉改良土壤酸性,或在轮作季节,施用生理碱性肥料,定向培育土壤,使之朝着有利于烟叶生产的方向发展。对碱性植烟土壤,最好调整种植结构,改种其他作物,做到因地制宜,适土种植。(6) 烟田灌溉用水还应避免烟草病原物污染,防止通过灌溉传播烟草病虫害。如果不能确定水源的可用性,灌溉前应进行水质分析。

参考文献:

[1] 董碧庆,帅士章,徐永灵,等. 贵州烤烟气候适宜性分区研究[J]. 贵州气象, 2005, 29(1): 48-50.
[2] 秦松,闫献芳,冯勇刚. 贵州植烟土壤有机质与氮素特征研究[J]. 土壤, 2004, 36(4): 416-419.
[3] 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(6): 375-378.
[4] 冯勇刚,张霓,闫献芳,等. 贵州植烟土壤养分适宜性研究与烟地管理[J]. 贵州农业科学, 2003, 31(6): 22-24.