

四川凉山烤烟叶片巨豆三烯酮含量与生态因子的关系

于建军¹, 邵惠芳¹, 刘艳芳², 庞天河², 陈红丽¹, 代惠娟¹, 马新明^{1,*}

(1. 河南农业大学 国家烟草栽培生理生化研究基地, 河南郑州 450002; 2. 河南省烟草公司许昌县公司, 河南许昌 461100)

摘要: 基于四川省凉山州 9 个烟叶主产区土壤与烟叶各 81 个样品的实验室测试数据, 应用逐步回归分析、偏相关分析和通径分析方法, 研究了生态因子与烤烟叶片中巨豆三烯酮含量的数量关系, 结果表明, 月平均气温、月平均降雨量、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温、土壤有机质、土壤水解氮、土壤速效钾和土壤 pH 值是影响烤烟叶片巨豆三烯酮含量的主要生态因子, 彼此互相关联, 共同决定了烤烟叶片巨豆三烯酮含量变化的 98.02%。对烤烟叶片巨豆三烯酮含量直接影响最大的是月平均降雨量, 其次是土壤有机质、月平均气温、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温、土壤速效钾、土壤 pH 值和土壤水解氮, 其中月平均降雨量对烤烟叶片巨豆三烯酮含量产生直接的负面效应, 而土壤有机质、月平均气温则对烤烟叶片巨豆三烯酮含量产生直接的正面效应。土壤有机质是烤烟叶片巨豆三烯酮含量最主要的促进因素, 而 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温是烤烟叶片巨豆三烯酮含量最主要的限制因素。

关键词: 烤烟; 巨豆三烯酮; 生态因子; 偏相关分析; 通径分析; 凉山

文章编号: 1000-0933(2009)04-1668-07 中图分类号: TS 439.3 文献标识码: A

Relationships between ecosystem factors and contents of megastigmatrienones in flue-cured tobacco leaves in Liangshan, Sichuan Province

YU Jian-Jun¹, SHAO Hui-Fang¹, LIU Yan-Fang², PANG Tian-He², CHEN Hong-Li¹, DAI Hui-Juan¹, MA Xin-Ming¹

1 National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

2 Xuchang Division of Henan Tobacco Company, Xuchang 461100, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1668 ~ 1674.

Abstract: The quantitative relationships between the ecosystem factors and the contents of megastigmatrienones were studied by partial correlation analysis, path analysis and stepwise regression analysis methods. The experiments were conducted in 9 tobacco-growing areas distributed at Yanbian, Xichang, Dechang, Huili, Huidong, Ningnan, Puge, Mianning and Yuexi counties (cities) of Liangshan region, and the soil samples were taken from the representative land pieces of each county (city) before fertilizing the lands and before transplanting tobacco in order to avoid the raining season. The meteorological data used, such as temperature, rainfall and sunlight illumination were from the Sichuan Meteorological Administration. Eighty-one tobacco samples, including three grades of official tobacco standard GB2635-92, lugs (X2F), cutters (C3F) and leaf (B2F) from the main strains (Honghua Dajinyuan and Yunyan 87) of each county (city), were taken with each sample weighing 5.0 kg. The standard methods in literatures were used to measure pH values, organic contents, contents of hydrolytic nitrogen, contents of all phosphorus elements, contents of quick-acting phosphorus, contents of quick-acting potassium, contents of all potassium elements in soils and contents of megastigmatrienones in flue-cured tobacco leaves. The results indicated that the ecosystem factors of the monthly mean temperature, the monthly mean amount of rainfall, the Accumulated temperature ($\geq 20^{\circ}\text{C}$), the soil organic content, hydrolytic nitrogen content, quick-acting potassium content and the pH value, played determinant rules in the contents of megastigmatrienones in flue-cured tobacco leaves. These factors were not independent in their effects, and controlled about 98.02% of the changes of megastigmatrienones content in

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目 (110200201005)

收稿日期: 2007-11-22; 修订日期: 2009-02-23

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

flue-cured tobacco leaves. The key ecosystem factor controlling the contents of megastigmatrienones in flue-cured tobacco leaves was the monthly mean amount of rainfall, and its effect was negative. Both the organic content in soil and the monthly mean temperature had positive effects on the contents of megastigmatrienones. The organic content was the main factor promoting the content of megastigmatrienones while the accumulated temperature ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) was the main factor limiting the contents of megastigmatrienones in flue-cured tobacco leaves.

Key Words: Flue-cured tobacco; megastigmatrienones; ecosystem factors; partial correlation analysis; path analysis; Liangshan

巨豆三烯酮(megastigmatrienones)是烟草(*Nicotiana tabacum* L.)天然香气的重要成分,与烟叶的香气质量密切相关^[1]。1972年,巨豆三烯酮从白肋烟(Burley)^[2,3]和香料烟(Greek tobacco)^[4]中分离并鉴定其结构,化学名称是3,5,5-三甲基-4-(2-亚丁烯基)-2-环己烯-1-酮,它有4种同分异构体^[5],以油状液体的形态存在于烤烟中^[6],起着主要的致香作用^[7]。在卷烟中加入少量的该化合物可以提高卷烟香味的品质,并且不会对人体产生副作用^[8]。近年来,对烟草巨豆三烯酮的研究报道主要集中在不同基因型品种^[9,10]、不同国家和地区^[11]、海拔高度^[12]、栽培措施^[13]、生态条件^[14]、成熟度^[15]、调制方法^[16~18]等对烤烟烟叶巨豆三烯酮含量的影响。目前,作者已对烤烟中性致香成分(包括巨豆三烯酮)与卷烟感官质量的关系进行了探究^[19~21],但有关烤烟巨豆三烯酮与生态因子的定量关系的研究少见报道。本研究在各取样点烟叶生长状况、成熟程度和调制方式基本一致的前提下,采用逐步回归分析、偏相关分析和通径分析的方法研究了烤烟叶片巨豆三烯酮含量与生态因子的关系,为通过合理安排烟草种植和调节土壤养分,生产优质高香气质量的烟叶提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集和测定

1.1.1 土样采集

2003~2005年在四川省凉山州地区的盐边、西昌、德昌、会理、会东、宁南、普格、冕宁和越西等9个县(市)的主产烟区采集土壤样品81个。样品选各县土壤类型(红棕壤)相同的地块,时间选在地块尚未施用底肥和烟草移栽之前。采用五点法分别采集耕层0~20cm的土壤,采用四分法保留每块烟田的混合土样1.0kg,经风干、磨细、过筛、混匀、装瓶待用。

1.1.2 烟样采集

在采集土壤的烟田,种植同一烤烟品种(红花大金元和云烟87),全区烟田采用GAP管理模式,实现统一机耕、统一供苗、统一管理、统一防病、统一采收和统一调制的方针,使得烟叶的大田生产、成熟程度和调制技术严格保持一致。并分别于烘烤后选取下部叶X2F(下桔二)、中部叶C3F(中桔三)和上部叶B2F(上桔二)3个等级烟叶。烤后烟叶由专职评级人员按《烤烟》(GB2635-92)国标进行分级,等级合格率在85%以上。每样品取5.0kg,用牛皮纸包好。样品于42℃烘干至恒重、去主脉粉碎、过60目筛、混匀、备用。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 土壤样品的测定方法

土壤pH值采用电位测定法测定;土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法(外加热法)测定;土壤水解氮采用半微量定氮法测定;土壤全磷含量采用NaOH熔融-钼锑抗比色法测定;土壤速效磷采用NaHCO₂浸提-钼锑抗比色法测定;土壤速效钾采用火焰光度计法测定;土壤全钾采用氢氧化钠熔融-火焰光度法测定。各指标具体测定方法见文献进行^[22]。

1.2.2 烤烟样品的测定方法

(1)样品前处理 在500ml圆底烧瓶中加入10.0000g烟样、1.0000g柠檬酸、0.5ml内标物硝基苯和350ml蒸馏水;于另一圆底烧瓶中加入60ml二氯甲烷,用同步萃取蒸馏装置(SDE)加热蒸馏约2.5h,用

250 ml圆底烧瓶收集有机相,向圆底烧瓶中加入约 5 gNa₂SO₄,振荡摇匀,静置至溶液澄清,将溶液上清液转移至 100 ml 鸡心瓶中,60 ℃水浴浓缩到约 1 ml,备用。

(2)测定方法及仪器条件 香气成分由国家烟草栽培生理生化研究基地采用同步萃取蒸馏装置(SDE)取样和气相色谱-质谱法(GC-MS)分析。仪器:GC/MS-QP-5000 和 SHIMAD2U(美国 PE 公司)。GC/MS 条件:色谱柱 HP-5(60 m×0.25 mm×0.25 μm);载气 He;流速 0.8 ml/min;进样口温度 250 ℃,传输线温度 280 ℃,离子源温度 177 ℃;升温程序 50℃(2min),以 2 ℃/min 至 120 ℃(5 min),以 2 ℃/min 至 240 ℃(30 min);分流比 1:15;进样量 2 μl;电离能 70 eV;质量数范围:35~500 amu(质量数);MS 谱库,NIST02。

1.3 气象资料

气温、降雨和光照等气候资料从四川省气象局获取。

1.4 数据处理

将生态因子和烤烟叶片巨豆三烯酮含量作为具有平行关系的变数,利用统计软件^[23,24],以生态因子为自变量(X_i),以烤烟叶片巨豆三烯酮含量为因变量($\hat{Y}$),进行逐步回归分析、偏相关分析和通径分析。

2 结果与分析

2.1 生态因子对巨豆三烯酮含量的逐步回归分析

以四川凉山不同产区烤烟叶片巨豆三烯酮含量为因变量($\hat{Y}$),以月平均气温(X_1)、月平均降雨量(X_2)、月平均日照时数(X_3)、 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温(X_4)、 $\geq 5^\circ\text{C}$ 积温(X_5)、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温(X_6)、 $\geq 15^\circ\text{C}$ 积温(X_7)、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)、有机质(X_9)、水解氮(X_{10})、速效磷(X_{11})、速效钾(X_{12})、土壤 pH 值(X_{13})、全氮(X_{14})、全磷(X_{15})和全钾(X_{16})为自变量,就生态因子对烤烟叶片巨豆三烯酮含量的影响进行了逐步回归分析。建立回归方程初始参数的选择标准是,视自变量对因变量作用的显著程度,从大到小逐个引入,直到既无不显著的变量从回归方程中剔除($F \geq 0.01$),又无显著变量可引入($F \leq 0.05$)回归方程为止。由此得到如下方程:

$$\hat{Y} = 347.2647 + 0.7347X_1 - 2.0361X_2 + 0.0270X_8 - 0.0167X_9 + 0.3186X_{10} - 0.1901X_{12} + 23.6018X_{13}$$

上述方程式,多元相关系数为 $R = 0.99998$,经检验达到了极显著水平。分析结果表明,月平均气温(X_1)、月平均降雨量(X_2)、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)、有机质含量(X_9)、水解氮含量(X_{10})、速效钾含量(X_{12})和土壤 pH 值(X_{13})综合影响到叶片巨豆三烯酮的含量,并存在着显著或极显著的线性关系,其它生态因子与烟叶巨豆三烯酮含量无显著相关关系。

2.2 生态因子对巨豆三烯酮含量的偏相关分析

偏相关分析结果表明(表 1),烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)与月平均气温(X_1)、有机质含量(X_9)、水解氮

表 1 四川凉山烤烟叶片巨豆三烯酮含量与生态因子的偏相关分析

Table 1 Analysis of partial correlation between the ecosystem factor and the contents of megastigmatrienones in flue-cured tobacco in Liangshan, Sichuan Province

因子 Factor	偏相关系数 Partial correlation coefficient	T-检验值 T-test	p-值 p-value
X_1	0.9998 **	56.6276	0.0003
X_2	-0.9999 **	68.0629	0.0002
X_8	-0.9994 **	28.8097	0.0012
X_9	0.9995 **	31.7942	0.0010
X_{10}	0.9999 **	70.5109	0.0002
X_{12}	-0.9999 **	81.9455	0.0002
X_{13}	0.9997 **	42.0367	0.0006

* *: indicates significance at 1% level; X_1 is for monthly mean temperature ($^\circ\text{C}$), X_2 for monthly mean amount of water (mm), X_3 for effective accumulation yearly of $\geq 20^\circ\text{C}$, X_9 for soil organic matter(%), X_{10} for the contents of soil available N(mg/kg), X_{12} for the contents of soil available K(mg/kg), X_{13} for soil pH value

含量(X_{10})和土壤 pH 值(X_{13})呈极显著正相关,偏相关系数分别为 0.9998、0.9995、0.9999 和 0.9997,说明月平均气温、有机质含量、水解氮含量和土壤 pH 值的升高有利于烤烟叶片巨豆三烯酮含量的增加。烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)与月平均降雨量(X_2)、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)和速效钾含量(X_{12})呈极显著负相关,偏相关系数分别为 -0.9998、-0.9994 和 -0.9999,说明月平均降雨量、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温和土壤速效钾含量制约着烤烟叶片巨豆三烯酮的含量。

2.3 生态因子对巨豆三烯酮含量的通径分析

为了探究上述生态因子对烤烟叶片巨豆三烯酮含量的具体影响,进一步对所选各生态因子(X_i)与烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的相关系数分为直接作用和间接作用两部分进行了通径分析。结果表明(表 2),月平均降雨量(X_2)对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的直接影响最大,其次依次为有机质含量(X_9)、月平均气温(X_1)、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)、速效钾含量(X_{12})、土壤 pH(X_{13})和水解氮含量(X_{10})。月平均降雨量(X_2)、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)、有机质含量(X_9)、水解氮含量(X_{10})和土壤 pH 值(X_{13})对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的影响是正面的,而月平均降雨量(X_2)和速效钾含量(X_{12})对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的影响是负面的。月平均气温(X_1)、月平均降雨量(X_2)、有机质含量(X_9)、水解氮含量(X_{10})和速效钾含量(X_{12})对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的直接作用均大于各自的间接作用总和;而 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)和土壤 pH 值(X_{13})对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的间接作用总和均大于各自的直接作用。 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的间接作用主要通过土壤有机质含量(X_9)和速效钾含量(X_{12})的影响而产生。土壤 pH 值(X_{13})对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的间接作用主要是通过月平均降雨量(X_2)的影响而产生。从生态因子对烤烟叶片巨豆三烯酮含量的通径分析结果分析,月平均降雨量、土壤有机质含量和月平均气温是影响烤烟叶片巨豆三烯酮含量的重要因子。在其它生态因子保持一定水平时,月平均降雨量的适当减少、土壤有机质含量和月平均气温的增加将有利于烤烟叶片巨豆三烯酮含量的增多。

表 2 四川凉山烤烟叶片巨豆三烯酮含量与生态因子的相关和通径分析

Table 2 Correlation and path analysis between the ecosystem factors and the content of megastigmatrienones in flue-cured tobacco in Liangshan, Sichuan Province

因子 Factor	相关系数 Correlation coefficient	直接作用系数 Direct path coefficient	间接作用系数总和 Sum of indirect path coefficient	间接作用系数 Indirect path coefficient						
				$\rightarrow X_1$	$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_8$	$\rightarrow X_9$	$\rightarrow X_{10}$	$\rightarrow X_{12}$	$\rightarrow X_{13}$
X_1	0.6504	0.9011	-0.2507	0	-0.34813	0.1066	-0.1316	0.0111	0.3584	-0.2471
X_2	-0.6439	-1.3566	0.7127	0.1529	0	-0.1217	0.0489	0.1249	0.1863	0.3214
X_8	-0.6333	0.6952	-1.3284	-0.0531	-0.0666	0	-0.6912	0.1436	-0.6496	-0.0116
X_9	0.7061	1.0362	-0.3301	0.0581	0.2243	-0.9344	0	-0.1691	0.6467	-0.1556
X_{10}	0.5090	0.6118	-0.1028	0.1073	-0.2769	-0.0035	0.2335	0	-0.0467	-0.1165
X_{12}	-0.5688	-0.6910	0.1222	-0.1596	0.2706	-0.5284	0.3175	0.0317	0	0.1904
X_{13}	-0.6229	0.6891	-1.3120	-0.1439	-0.6328	-0.1662	-0.0167	-0.1035	-0.2489	0

X_1 is for monthly mean temperature ($^\circ\text{C}$), X_2 for monthly mean amount of water (mm), X_3 for effective accumulation yearly of $\geq 20^\circ\text{C}$, X_9 for soil organic matter(%), X_{10} for the contents of soil available N(mg/kg), X_{12} for the contents of soil available K(mg/kg), X_{13} for soil pH value

2.4 生态因子对巨豆三烯酮含量的决定程度分析

在实践中,除了分析各个自变量(X_i)对因变量($\hat{Y}$)的相对影响程度外,还要分析各个自变量(X_i)对因变量($\hat{Y}$)的绝对影响程度,绝对影响程度用决定系数来表示。仅单个因子作用时,决定系数等于通径系数的平方,即 $d_i = p_{i2}$ 。多个因子共同作用并且多个因子之间存在相关关系时,决定系数还应包括多个因子的互作效应,即 $d_{ij} = 2r_{ij}p_i p_j$ 。这样分析时,既考虑了因子间的直接关系,也考虑了因子间的间接作用。综合分析得知:

月平均气温等 7 个具有显著作用的生态因子以及它们之间的相互效应对烤烟叶片巨豆三烯酮含量($\hat{Y}$)的总决定系数为 $R^2 = 0.98016$, 决定了烤烟叶片巨豆三烯酮含量高低变化的 98.02%。因此, 这 7 个生态因子是影响烤烟叶片巨豆三烯酮含量的主要参数。

决策系数是反映自变量对依变量综合作用大小的参数, 利用决策系数可以对通径分析结果进行明确的判断, 并确定主要决定性变量和限制性变量^[25]。决策系数的计算公式为: $R_{(i)}^2 = 2P_i r_{iy} - P_i^2$ 。前述 7 个生态因子的决策系数分别为:

$$R_{(1)}^2 = 2 \times 0.90113 \times 0.65042 - 0.90113^2 = 0.36019$$

$$R_{(2)}^2 = 2 \times (-1.35662) \times (-0.64389) - (-1.35662)^2 = -0.09339$$

$$R_{(8)}^2 = 2 \times 0.69519 \times (-0.63325) - 0.69519^2 = -1.36375$$

$$R_{(9)}^2 = 2 \times 1.03618 \times 0.70611 - 1.03618^2 = 0.38965$$

$$R_{(10)}^2 = 2 \times 0.61181 \times 0.50897 - 0.61181^2 = 0.24847$$

$$R_{(12)}^2 = 2 \times (-0.69099) \times (-0.56883) - (-0.69099)^2 = 0.30865$$

$$R_{(13)}^2 = 2 \times 0.68906 \times (-0.62289) - 0.68906^2 = -1.34011$$

按照决策系数的大小排序为: $R_{(9)2} > R_{(1)2} > R_{(12)2} > R_{(10)2} > R_{(2)2} > R_{(13)2} > R_{(8)2}$, 且 $R_{(2)2} < 0$ 。有机质含量(X_9)、月平均气温(X_1)、速效钾含量(X_{12})和水解氮含量(X_{10})对应的决策系数为正值, 说明这 4 个生态因子对烤烟叶片巨豆三烯酮含量的综合影响较大, 可以看作是影响烤烟叶片巨豆三烯酮含量的主要决策因素, 并以 $R_{(9)2}$ 最大, 说明土壤有机质含量(X_9)是烤烟叶片巨豆三烯酮含量最主要的决策因素, 其次为月平均气温(X_1)、速效钾含量(X_{12})和水解氮含量(X_{10})。而月平均降雨量(X_2)、土壤 pH 值(X_{13})和 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)对应的决策系数为负值, 说明这 3 个生态因子是影响烤烟叶片巨豆三烯酮含量的主要限制因素, 并以 $R_{(8)2}$ 最小, 说明 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温(X_8)是烤烟叶片巨豆三烯酮含量最主要的限制因素, 其次为土壤 pH 值(X_{13})和月平均降雨量(X_2)。

3 讨论

3.1 凉山产区烤烟叶片巨豆三烯酮的含量与生态因子的逐步回归分析结果表明, 烤烟叶片巨豆三烯酮的含量主要受月平均气温、月平均降雨量、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温及土壤有机质含量、水解氮、速效钾和土壤 pH 值等 7 个生态因子综合作用, 与当地其它生态因子的关系不大。同时建立了烤烟叶片巨豆三烯酮含量与生态因子的回归方程, 经测验达到极显著水平。在实际生产中, 可以把烟叶相应产地的生态因子代入方程, 来获取烟叶的巨豆三烯酮含量, 指导卷烟配方模块设计和原料的调香配伍, 为数字化烟草生产提供理论。

3.2 偏相关分析结果表明, 烤烟叶片巨豆三烯酮含量与月平均气温、有机质含量、水解氮含量、土壤 pH 值呈极显著正相关; 与月平均降雨量、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温和速效钾含量呈极显著负相关, 说明月平均气温、有机质含量、水解氮含量土壤 pH 值的适当提高, 月平均降雨量、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温和速效钾含量的适当减少, 将有利于烤烟叶片巨豆三烯酮含量的积累。郭紫明等^[26]研究表明, 雨水直接冲刷烟叶表面造成腺毛损伤, 将导致烟叶表面分泌物中许多致香物质的含量的降低。土壤中有有机质可为土壤和作物提供有机营养物质, 如氨基酸、脂肪酸、有机酸等^[27], 这些有机营养物质会影响到根际环境, 也影响到根系分泌物, 从而提高烟草根际土壤酶活性、增加土壤微生物碳、氮含量^[28], 土壤生化过程活跃, 利于土壤有机营养物质的转化, 形成更多的致香物质^[29-33]。本试验结果与这些结论相一致。

3.3 通径分析结果表明, 对烤烟叶片巨豆三烯酮含量直接影响最大的是月平均降雨量, 其次为有机质、月平均气温、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温、速效钾、土壤 pH 值和水解氮, 其中月平均降雨量对烤烟叶片巨豆三烯酮产生明显的直接负面效应, 而有机质、月平均气温则对烤烟叶片巨豆三烯酮含量产生直接的正面效应。这说明月平均降雨量、有机质和月平均气温是影响烤烟叶片巨豆三烯酮含量的重要指标。决定程度分析表明, 土壤有机质含量是烤烟叶片巨豆三烯酮含量最主要的决策因素, 而 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温是烤烟叶片巨豆三烯酮含量最主要的限制因

素,并且 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温的综合影响力最强。为此,在四川凉山地区烟草生产上,应增加有机质含量,同时注意烟叶生育期必需满足 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温的要求,才有利于烟叶香气物质巨豆三烯酮含量的提高。

4 结论

影响四川凉山烤烟叶片巨豆三烯酮含量的主要生态因子有土壤有机质、月平均气温、月平均降雨量、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温,其次为速效钾、土壤 pH 值和水解氮,这 7 个生态因子彼此互相影响、互相关联,共同对四川凉山产区烤烟叶片巨豆三烯酮含量产生综合影响,决定了烤烟叶片巨豆三烯酮含量变化的 98.02%,其中,土壤有机质含量和 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温分别是烤烟叶片巨豆三烯酮含量最主要的决策因素和限制因素。在烟叶生产中,可以通过提高土壤有机质含量,改善土壤酸碱环境、平衡土壤速效养分供给,来调控烟叶中巨豆三烯酮含量,当然改变烟草的移栽期可以减弱 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温对烟草生长的影响。这一结果可用于指导烟草配方施肥、精准施肥及土壤养分管理。

References:

- [1] Zuo T J. Production, physiology and biochimica of tobacco. Zhu Z Q, translation. Shanghai: Far-east of Shanghai Press, 1993. 386—396.
- [2] Aasen A J, Rhode W A. Isolation and Identification of Flavor Components of Burley Tobacco. J Tobacco Sci, 1972, (16): 107—112
- [3] Demole E, Berthet D. Volatile to medium-volatile constituents: a chemical study of Burley tobacco flavor. J Helv Chem Acta, Sci, 1972, (55): 1866—1882
- [4] Aasen A J, Kimland B, Almqvist S, *et al.* New tobacco constituents-the structures of five isomeric megastigmatrienones. J Acta Chem Acta, Sci, 1972, 26(6): 2573—2576
- [5] Liu J, Liu F C, Zhu H Y. Survey on the synthesis of megastigmatrienones. Journal of Yunnan Chemistry Technology, 2006, 33(1): 38—40
- [6] Ren Y H, Chen J J, Ma C L, *et al.* Study on aroma chemical components in flued-tobacco under different pH value around roots. Journal of South China Agricultural University, 1994, 15(1): 127—132
- [7] Shi H Z, Liu G S. Tobacco Aroma Science. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1998.
- [8] Wang J L, Yang S L, Xu Y M, *et al.* Megastigmatrienones of synthesis and characterization. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2005(3): 467—469
- [9] Wang Y F, Gao H J, Liu G S, *et al.* Study on contents of aroma constituents of different genotypes in flue-cured tobacco leaves. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(5): 117—120.
- [10] Yu J J, Ren X H, Xia L, *et al.* Analysis on neutral aroma components in flued-cured tobacco from high quality tobacco development zone “Jinpanxi”. Journal of China Tobacco, 2005, 11(4): 11—13.
- [11] Zhou J H, Wang Y, Shao Y, *et al.* The comparison on the content of chromoplast pigments and volatile aromatic materials of flued-tobacco from domestic and abroad. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2005, 31(2): 128—132.
- [12] Han J F, Liu W Q, Yang S Q, *et al.* The effect of elevation on the aromatic components of flue-cured tobacco. China Tobacco, 1993(3): 1—3.
- [13] Zhou S P, Xiao Q, Chen Y J, *et al.* Analysis of important aroma components in flue-cured tobacco leaves from different ecological regions. Journal of China Tobacco, 2004, 10(1): 9—16.
- [14] Zhou J H, Yang H Q, Ling G H, *et al.* Studies on the main volatile aroma components in tobacco from different flued-tobacco production region. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2004, 30(1): 20—23.
- [15] Zhao M Q, Yu J C, Cheng Y Y, *et al.* On relations between maturity and aroma quality in flue-cured tobacco leaves. Journal of China Agricultural University, 2005, 10(3): 10—14.
- [16] Gong C R, Wang Y F, Zhao M Q, *et al.* The changes of aroma components in flue-cured tobacco leaves during curing. Tobacco Science & Technology, 1995(5): 31—33.
- [17] Gong C R, Wang Y F, Zhao M Q, *et al.* Effect of yellowing and Leaf drying condition on the flavor characteristics of flue-cured tobacco leaves during curing. Acta Agricultural Boreali-sinica, 1996, 11(3): 106—111.
- [18] Sun F S. Research on aroma constituents and application technology of flue-cured tobacco leaves during curing. Chinese Tobacco Science, 1997, 2(1): 39—41.
- [19] Yu J J, Pang T H, Zhang X J, *et al.* Research on relationships of aroma constituents and smoking quality in flue-cured tobacco from Southwest of Hubei. Journal of Huazhong Agricultural University, 2006, 25(4): 355—358.
- [20] Yu J J, Pang T H, Ren X H, *et al.* Research on relationships between neutral aroma constituents and smoking quality in flue-cured tobacco. Journal of Henan Agricultural University, 2006, 40(4): 346—349.
- [21] Yu J J, Pang T H, Jiao G Z, *et al.* Research on relationships between neutral aroma constituents and smoking results of flue-cured tobacco in Panxi tobacco-growing areas. Journal of Northwest Sci-tech University of Agricultural and Forestry, 2006, 34(11): 77—81.
- [22] Li Y K. Normal analysis methods of soil and agro-chemistry. Beijing: Science Press, 1983.

- [23] Lu W D, Zhu Y L, Sha J, *et al.* SPSS for Windows. Beijing: Electronics Industry Press, 1997. 358—443.
- [24] Tang Q Y, Feng M G. DPS data processing system for practical statistics. Beijing: Science Press, 2002. 294—327.
- [25] Yuan Z F, Zhou J Y, Guo M C, *et al.* Decision coefficient—the decision index of path analysis. Journal of Northwest Sci-tech University of Agricultural and Forestry, 2001, 29(5): 131—133.
- [26] Guo Z M, Mao J H, Li P F, *et al.* The influence of rinsing leaf surface on fragrant substances in flue-cured tobacco. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2006, 32(1): 382—384.
- [27] Wu X P, Liu G S, Guo P Y, *et al.* Changes of organic substances during fermentation of plant oil cakes. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2003, 9: 303—307.
- [28] Wu X P, Liu G S, Guo P Y, *et al.* Effects of sesame cake fertilizer on soil enzyme activities and microbial C and N at rhizosphere of tobacco. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11: 541—546.
- [29] Wu X P, Zhong X M, Qin Y Q, *et al.* Effects of application of different types of cake fertilizer combined with chemical fertilizer on the flavor quality of the flue-cured tobacco leaves. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(6): 1196—1201.
- [30] Guo H X, Chen L C, Zhang L H, *et al.* Effect of sesame seed cake on chemistry component and aromatic matter of tobacco. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2005, 33(4): 662—664.
- [31] Ma X M, Li C M, Tian Z Q, *et al.* Effects of Cd pollution on photosynthetic characteristics, yield and quality of tobacco leaves. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(12): 4039—4044.
- [32] Chang S M, Ma X M, Wang B A, *et al.* Effects of arsenic on carbon metabolism in flue-cured tobacco. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(6): 2302—2308.
- [33] Xu Z C, Wang L, Xiao H Q, *et al.* Relationships between the boron content in flue-cured tobacco leaves and the soil available boron contents in Hunan tobacco-growing area. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(6): 2167—2176.

参考文献:

- [1] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学. 朱尊权, 译. 上海: 上海远东出版社, 1993. 386~396.
- [5] 刘金, 刘复初, 朱洪友. 巨豆三烯酮的合成研究概况. 云南化工, 2006, 33(1): 38~40.
- [6] 任永浩, 陈建军, 马常力. 不同根际 pH 值下烤烟香气化学成分的研究. 华南农业大学学报, 1994, 15(1): 127~132.
- [7] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [8] 王建林, 杨少龙, 许炎妹, 等. 巨豆三烯酮合成与表征. 光谱学与光谱分析, 2005(3): 467~469.
- [9] 汪耀富, 高华军, 刘国顺, 等. 不同基因型烤烟叶片致香物质含量的对比分析. 中国农学通报, 2005, 21(5): 117~120.
- [10] 于建军, 任晓红, 夏林. 金攀西优质烟开发区烤烟中性致香物质分析. 中国烟草科学, 2005, 11(4): 11~13.
- [11] 周冀衡, 王勇, 邵岩, 等. 产烟国部分烟区烤烟质体色素及主要挥发性香气物质含量的比较. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(2): 128~132.
- [12] 韩锦峰, 刘维群, 杨素勤, 等. 海拔高度对烤烟香气物质的影响. 中国烟草, 1993(3): 1~3.
- [13] 周淑平, 肖强, 陈叶君, 等. 不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析. 中国烟草学报, 2004, 10(1): 9~16.
- [14] 周冀衡, 杨虹琦, 林桂华, 等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004, 30(1): 20~23.
- [15] 赵铭钦, 于建春, 程玉渊, 等. 烤烟烟叶成熟度与香气质量的关系. 中国农业大学学报, 2005, 10(3): 10~14.
- [16] 官长荣, 汪耀富, 赵铭钦, 等. 烘烤过程中烟叶香气成分变化的研究. 烟草科技, 1995(5): 31~33.
- [17] 官长荣, 汪耀富, 赵铭钦, 等. 烟叶烘烤中变黄和定色条件对香气特征的影响. 华北农学报, 1996, 11(3): 106~111.
- [18] 孙福山. 烤烟调制过程中香气成分的研究及其应用技术探讨. 中国烟草科学, 1997, 2(1): 39~41.
- [19] 于建军, 庞天河, 章新军, 等. 鄂西南烤烟吸食质量与致香物质的关系. 华中农业大学学报, 2006, 25(4): 355~358.
- [20] 于建军, 庞天河, 任晓红, 等. 烤烟中性致香物质与评吸结果关系研究. 河南农业大学学报, 2006, 40(4): 346~349.
- [21] 于建军, 庞天河, 焦桂珍, 等. 攀西烤烟评吸结果与中性致香成分的关系. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(11): 77~81.
- [22] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983.
- [23] 卢纹岱, 朱一力, 沙捷, 等. SPSS for Windows. 北京: 电子工业出版社, 1997. 358~443.
- [24] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002. 294~327.
- [25] 袁志发, 周静芋, 郭满才, 等. 决策系数——通径分析中的决策指标. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(5): 131~133.
- [26] 郭紫明, 毛建华, 李鹏飞. 洗刷烟叶表面对烤烟致香物质的影响. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2006, 32(1): 382~384.
- [27] 武雪萍, 刘国顺, 郭平毅, 等. 饼肥中的有机营养物质及其在发酵过程中的变化. 植物营养学报, 2003, 9: 303~307.
- [28] 武雪萍, 刘增俊, 赵跃华, 等. 施用芝麻饼肥对植烟根际土壤酶活性和微生物 C、N 的影响. 植物营养学报, 2005, 11: 541~546.
- [29] 武雪萍, 钟秀明, 秦艳青, 等. 不同种类饼肥与化肥配施对烟叶香气质量的影响. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1196~1201.
- [30] 郭红祥, 陈良纯, 张联合, 等. 配施饼肥对烤烟化学成分·致香物质成分的影响. 安徽农业科学, 2005, 33(4): 662~664.
- [31] 马新明, 李春明, 田志强, 等. 镉污染对烤烟光合特性、产量及其品质的影响. 生态学报, 2007, 27(6): 2302~2308.
- [32] 常思敏, 马新明, 王保安, 等. 砷对烤烟碳代谢的影响. 生态学报, 2007, 27(6): 2302~2308.
- [33] 许自成, 王林, 肖汉乾, 等. 湖南烟区烤烟硼含量与土壤有效硼含量的关系. 生态学报, 2007, 27(6): 2309~2317.