

云南不同生态区有机种植方式下烟叶常规化学成分及安全性分析

敖金成¹,赵剑华¹,张晓龙^{1*},毛春堂¹,李军平²,张继兵³

(1. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司,云南 昆明 650106;

2. 红云红河烟草(集团)有限责任公司,云南 红河 661000; 3. 昆明市烟草公司石林县分公司,云南 昆明 652200)

摘要: 2011—2012 年对云南 8 个烤烟有机种植区域初烤烟叶进行取样分析,研究不同产区有机种植方式下烟叶常规化学成分及安全性特征,为制定科学的烤烟有机种植技术提供依据。结果表明:云南 8 个生态区的有机烟叶,产区间常规化学成分差异较大(CV 为 8.65% ~ 22.79%),区域特征可聚为 4 类。下部烟叶常规化学成分基本符合标准要求;中、上部位烟叶水溶性总糖含量和糖碱比值整体偏高,总氮和钾离子含量及氮碱比值整体偏低,降低了烟气协调性。烟叶中重金属铅、镉、砷、汞、铬含量均低于标准下限,无农残检出,烟叶安全性较好。可见,烤烟有机种植后期应合理提高氮素和钾素养分供应水平,以满足烟株的关键养分需求,改善有机烟叶内在化学成分的协调性。

关键词: 烤烟; 有机种植方式; 常规化学成分; 重金属; 农药残留; 聚类分析; 云南省

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004 - 3268(2015)04 - 0066 - 06

Analysis of Routine Chemical Components and Safety of Flue-cured Tobacco Leaves under Organic Cultivation in Different Ecological Regions of Yunnan Province

AO Jincheng¹, ZHAO Jianhua¹, ZHANG Xiaolong^{1*}, MAO Chuntang¹, LI Junping², ZHANG Jibing³

(1. Yunnan Reascend Tobacco Technology(Group) Co., Ltd., Kunming 650106, China;

2. Hongyunhonghe Tobacco(Group) Co., Ltd., Honghe 661000, China;

3. Shilin Filiale of Kunming Tobacco Company, Kunming 652200, China)

Abstract: Conventional chemical composition and security features of organic flue-cured tobacco leaves from eight different planting areas in Yunnan province were analyzed based on the data from 2011 to 2012. There was a higher variation in conventional chemical composition of flue-cured tobacco leaves among different ecological areas (CV was between 8.65%—22.79%). Four tobacco leave types were grouped according to the regional characteristics. Down stalk tobacco leaves agreed with the standard; middle and upper stalk tobacco leaves had higher water soluble total sugar content and sugar alkali ratio, but lower total nitrogen, potassium content and alkali nitrogen ratio, with less harmony. The contents of heavy metals, lead, cadmium, arsenic, mercury, chromium were below the standard limit, and no pesticide residues were detected, so the security of tobacco leaves could be concluded. A reference was provided for establishing scientific organic flue-cured tobacco planting techniques. It was suggested that appropriately raising the level of nitrogen and potassium supply during the later period of tobacco organic cultivation was

收稿日期:2014 - 10 - 13
基金项目:昆明市科技局支撑计划重点项目(2012 - 05 - 01 - A - G - 04 - 0014); 云南中烟工业公司科技项目(2011YL01)
作者简介:敖金成(1984 -),男,云南曲靖人,农艺师,硕士,主要从事烟叶原料配套种植技术研究。
E - mail: kingcheng18@aliyun.com
* 通讯作者: 张晓龙(1978 -),男,云南昆明人,高级工程师,博士,主要从事烟草栽培与营养研究。
E - mail: zhangxiaolong@mail.reascend.com

necessary to satisfy the demands of key nutrients for tobacco growing and improve the conventional chemical composition harmony of organic tobacco leaves.

Key words: flue-cured tobacco; organic planting mode; routine chemical composition; heavy metal; pesticide residues; cluster analysis; Yunnan province

随着人们生活水平的提高和健康意识的增强,卷烟消费者对烟叶安全性提出了更高要求。降低烟叶中有害成分已成为提高烟叶品质与安全的关键^[1],具有较高可用性的绿色优质烟叶原料将成为行业生存与发展的关键。烟叶重金属和农药残留(以下简称农残)是影响烟叶品质及安全性的的重要因素^[2]。近年来,人类活动引起重金属及农残向土壤环境的释放速率呈加剧趋势,我国农田土壤重金属及农残污染呈加重趋势,植烟土壤也存在不同程度的重金属和农残污染^[3]。人为产生的有毒有害污染物主要分布于土壤表层,可通过植物积累和富集进入食物链^[4-5]。植物富集重金属后不仅对植物具有毒害作用^[6-8],也严重影响着食品安全^[9]。研究认为,烤烟对重金属富集能力较强,其中对镉的富集能力最强^[10]。因此,倡导绿色、生态、安全、可持续发展的种植方式是提高烟叶品质和安全性的的重要手段。

有机烟叶是遵照有机农业生产体系,在生产中不使用任何化学合成的农药、化肥、植物生长调节剂以及基因工程获得的产物,采取一系列可持续发展的农业技术,消除烟叶的外源有害物质,经过有机认证的优质烟叶。自2010年我国已在多个植烟区域广泛开展有机烟叶的种植及研究,相关研究主要集中在种植方式比较^[11-12]、种植品种适宜性筛选^[13]、种植技术^[14]及产地安全性评估^[15]等方面,但关于云南不同生态产区有机种植方式下烟叶常规化学成分和安全性的研究鲜见报道。鉴于此,通过对云南不同生态产区种植的有机烟叶进行取样分析,采用聚类分析方法,综合评价云南不同生态产区有机烟叶的品质特征,为持续提高有机烟叶种植技术,进一步提升有机烟叶内在品质及安全性提供参考。

1 材料和方法

1.1 施肥概况

根据区域测土及品种需肥特性,所调查的云南8个有机烟生态产区施肥情况为:常规种植施烟用复合肥(N:P:K=12:10:24)525.0~600.0 kg/hm²、腐熟农家肥9 000.0~1 200.0 kg/hm²,提苗肥及追肥均施用硝酸钾(N:K=13.5:44.5)200~240 kg/hm²;有机种植统一采用经有机认证的商品

有机肥(总养分≥8%,有机质≥44.7%),一次性施入,施用量为2 250~3 000 kg/hm²,提苗肥及追肥采用植物源水溶性氨基酸15.0~22.5 kg/hm²对水稀释1 000倍浇施,旺长期用天然硫酸钾225.0~300.0 kg/hm²对水叶面喷施。在实际生产中,根据田间具体情况合理补充微肥。

1.2 取样与制样

于2011—2012年对普洱市勐班县、大理州的南涧县和永平县、玉溪市的峨山县文山乡和凤窝乡、昭通市的巧家县和昭阳区、楚雄州双柏县8个有机烟叶主要种植基地的初烤烟叶进行取样和制样。于各有机烟叶种植基地烘烤结束后,按《GB 2635—1992 烤烟》进行烟叶分级,并随机选取X₂F、C₃F、B₂F等级烟样各2.0 kg带回实验室进行制样并送检。每个样品分别检测常规化学成分、重金属和农残含量,求其平均值作为最终结果。每个种植基地取6组样品,共取烟样48组,144个样品。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 常规化学成分 水溶性总糖、还原糖含量按照《YC/T 159—2002 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法》测定,总植物碱、总氮、氯、钾含量分别按照《YC/T 160—2002 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法》、《YC/T 161—2002 烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法》、《YC/T 162—2012 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法》、《YC/T 217—2007 烟草及烟草制品 钾的测定 连续流动法》测定。

1.3.2 重金属 烟叶中铅、镉、砷、汞、铬含量的测定分别执行标准《GB 5009.12—2010 食品中铅的测定》、《GB/T 5009.15—2003 食品中镉的测定》、《GB/T 5009.11—2003 食品中总砷及无机砷的测定》、《GB/T 5009.17—2003 食品中总汞及有机汞的测定》和《GB/T 14962—94 食品中铬的测定》。

1.3.3 农药残留 烟叶中溴氰菊酯、灭多威、吡虫啉、霜霉威、抑芽丹农残的测定执行《GB/T 13595—2004 烟草及烟草制品 拟除虫菊酯杀虫剂、有机磷杀虫剂、含氮农药残留量的测定》,百草枯残留量的测定执行《YC/T 181—2004 烟草及烟草制品 有机氯除草剂残留量的测定 气象色谱法》,甲霜锰锌残留量的测定参照李义强等^[16]的方法。

1.4 数据分析

采用生物统计软件 SPSS 10.5 进行聚类分析,绘图及制表采用 Excel 2010。

2 结果与分析

2.1 云南不同生态区有机烟叶化学成分描述统计

如表 1 所示,云南不同生态区有机烟叶 6 种常规化学成分中除了水溶性总糖、还原糖含量变异系数(CV)较小(<10%)外,其余 4 种化学成分 CV 均

较大(19% < CV < 30%),其中以钾含量 CV 最大(25.74%),其次为氯含量(22.79%)。云南有机烟叶水溶性总糖、还原糖平均含量分别为 32.08%、25.81%,均略偏高于烤烟适宜范围(水溶性总糖 18%~22%,还原糖 16%~20%);总植物碱平均含量(2.46%)和氯平均含量(0.42%)较适宜,符合优质烟叶要求;总氮平均含量(1.72%)和钾平均含量(1.76%)偏低。

表 1 云南不同生态区有机烟叶主要化学成分描述性统计分析

指标	最小值/%	最大值/%	极差/%	平均值/%	标准差	变异系数(CV)/%
水溶性总糖(TS)	25.80	36.20	10.40	32.08	2.88	8.99
还原糖(RS)	22.10	29.50	7.40	25.81	2.23	8.65
总植物碱(NIC)	1.57	3.65	2.08	2.46	0.56	22.76
总氮(TN)	1.10	2.57	1.47	1.72	0.35	19.91
钾(K ⁺)	1.21	2.90	1.69	1.76	0.45	25.74
氯(Cl ⁻)	0.17	1.05	0.88	0.42	0.22	22.79

2.2 云南不同生态区有机烟叶常规化学成分分析

2.2.1 下部叶 如表 2 所示,参照云南省有机烟叶地方标准(DB53/T 311.1~3—2010)下部叶常规化学成分要求,云南 8 个生态区有机烟叶 X₂F 等级烟叶中,2 个生态区水溶性总糖含量低于标准要求下限值(29.0%),4 个生态区超过标准上限值(32.0%),其中普洱勐班和玉溪文山生态区与上限值接近;3 个生态区的还原糖含量低于标准要求下限值(24.0%),2 个生态区超过标准上限值(27.0%),水溶性总糖、还原糖含量均以大理州南涧县最高(分别为 36.8%、29.5%),永平县最低(分别为 27.6%、22.1%);总氮含量整体偏低(1.31%~2.16%),其中 4 个生态区烟叶的总氮含

量低于下限值(1.5%);总植物碱含量较为适宜(1.85%~2.91%),仅 2 个生态区略超过标准上限值(2.3%);各产区烟叶钾含量(1.83%~2.90%)均大于 1.8%,满足标准要求;烟叶氯含量整体较为适宜,仅 1 个生态区超过优质烟叶上限值(0.6%);8 个生态区下部烟叶糖碱比值为 11.77~17.37,以勐班和文山比值最高,昭通巧家相对适宜;氮碱比值(0.67~1.01)小于 0.9 的占 75%,以大理南涧最小;钾氯比(3.73~5.92)值整体适宜,大于 4.0 的占 75%,接近 4.0 的占 12.5%。以上结果表明,云南不同生态区有机烟叶下部叶各化学成分含量整体符合标准要求,但常规化学成分协调性稍差。

表 2 云南不同生态区有机烟叶下部叶常规化学成分分析

生态区	品种	水溶性总糖/%	还原糖/%	钾/%	总植物碱/%	氯/%	总氮/%	糖碱比	氮碱比	钾氯比
勐班	云烟 97	32.3	25.4	1.83	1.86	0.49	1.35	17.37	0.73	3.73
永平	K326	27.6	22.1	2.64	2.21	0.62	1.51	12.49	0.68	4.26
凤窝	NC297	30.0	26.4	1.92	2.04	0.49	1.42	14.71	0.70	3.92
文山	NC297	32.2	29.3	1.91	1.88	0.36	1.31	17.13	0.70	5.31
巧家	KRK26	29.3	23.5	1.91	2.49	0.34	1.43	11.77	0.89	5.62
昭阳	K326	34.2	22.9	2.21	2.23	0.52	2.16	15.34	0.97	4.25
南涧	红大	36.2	29.5	2.15	2.91	0.38	1.87	12.42	0.67	5.66
双柏	K326	28.2	25.4	2.90	1.85	0.49	1.97	15.24	1.01	5.92

2.2.2 中部叶 如表 3 所示,参照云南省有机烟叶地方标准(DB53/T 311.1~3—2010)中部叶化学成分要求,C₃F 等级烟叶中,7 个生态区水溶性总糖含量超出标准上限值(32.0%),仅玉溪凤窝乡中部烟叶水溶性总糖含量符合标准要求;8 个生态区还原糖含量均符合标准要求(22.0%~29.0%);6 个生

态区中部烟叶总氮含量低于标准下限值(1.7%),仅 2 个生态区烟叶总氮含量符合标准要求;6 个生态区烟叶总植物碱含量在标准要求范围(2.3%~3.2%),以凤窝乡中部烟叶总植物碱含量略偏低,大理南涧最高;5 个生态区烟叶钾含量低于标准值(1.7%),仅 3 个生态区烟叶钾含量符合标准要求;

8 个生态区中部烟叶氯含量均在标准要求范围(0.1%~0.6%)内;糖碱比均大于 10.0,最高值为 15.32,一定程度上偏离了优质烟叶理想范围;氮碱比(0.53~0.73)整体较小,偏离优质烟叶理想范围较大;钾氯比(3.17~7.96)基本处于适宜范围,高

于 4.0 的占 50.0%,以大理南涧县中部叶的钾氯比值最高,昭通巧家和昭阳较低。以上结果说明,中部烟叶水溶性总糖含量整体偏高,总氮和钾含量整体偏低,总植物碱和氯含量整体较适宜。

表 3 云南不同生态区有机烟叶中部叶化学成分分析

生态区	品种	水溶性总糖/%	钾/%	还原糖/%	总植物碱/%	氯/%	总氮/%	糖碱比	氮碱比	钾氯比
勐班	云烟 97	33.1	1.30	29.0	3.19	0.37	1.69	10.38	0.53	3.51
永平	K326	33.8	2.32	25.2	2.45	0.51	1.67	13.80	0.68	4.55
凤窝	NC297	30.0	1.92	26.4	2.04	0.49	1.42	14.71	0.70	3.92
文山	NC297	35.4	1.42	28.5	2.31	0.28	1.42	15.32	0.61	5.07
巧家	KRK26	33.1	1.49	24.3	2.31	0.47	1.43	14.33	0.62	3.17
昭阳	K326	33.0	1.49	24.3	2.31	0.47	1.43	14.29	0.62	3.17
南涧	红大	34.7	1.99	28.0	3.29	0.25	1.91	10.55	0.58	7.96
双柏	K326	34.2	1.33	29.0	2.37	0.20	1.74	14.43	0.73	6.65

2.2.3 上部叶 如表 4 所示,参照云南省有机烟叶地方标准(DB53/T 311.1~3—2010)上部叶常规化学成分要求,B₂F 等级烟叶中,5 个生态区水溶性总糖含量超出标准上限值(30%),仅 3 个生态区处于适宜范围;除 1 个生态区还原糖含量超出标准上限值(26%),其他生态区的还原糖含量均在要求范围(21.0%~26.0%)内;4 个生态区烟叶总氮含量低于标准下限值(1.9%),1 个高于标准上限值(2.5%),且整体偏低;7 个生态区烟叶总植物碱含量低于标准下限值(3.0%),仅 1 个在标准范围内;

5 个生态区烟叶钾含量低于标准下限值(1.5%),以凤窝乡烟叶钾离子含量最低,南涧县最高;8 个生态区烟叶氯含量均符合标准要求(0.1%~0.6%);糖碱比(8.18~13.89)略偏高,氮碱比(0.46~1.02)整体较小,偏离优质烟叶理想范围较大;钾氯比(3.64~8.40)基本处于适宜范围,高于 4.0 的占 87.5%,以楚雄双柏钾氯比值最高,昭通巧家最低。综上所述,有机烟叶上部叶总体表现出水溶性总糖含量较高,总氮、总植物碱和钾含量偏低的特征。

表 4 云南不同生态区有机烟叶上部叶化学成分分析

生态区	品种	水溶性总糖/%	还原糖/%	钾/%	总植物碱/%	氯/%	总氮/%	糖碱比	氮碱比	钾氯比
勐班	云烟 97	29.8	25.4	1.49	3.65	0.49	1.69	8.18	0.46	4.04
永平	K326	32.5	24.6	1.80	2.58	0.26	1.98	12.60	0.77	6.92
凤窝	NC297	29.6	25.5	1.37	2.62	0.29	1.79	11.30	0.68	4.72
文山	NC297	31.4	25.1	1.45	2.93	0.28	1.87	10.72	0.64	5.18
巧家	KRK26	35.7	24.3	1.42	2.57	0.39	2.57	13.89	0.43	3.64
昭阳	K326	31.6	23.8	1.55	2.70	0.37	1.93	11.70	0.71	4.19
南涧	红大	25.8	23.1	2.09	2.27	0.27	2.32	11.37	1.02	7.74
双柏	K326	33.9	28.9	1.43	2.80	0.17	1.69	12.46	0.60	8.40

2.3 云南不同生态区有机烟叶常规化学成分分层聚类分析

依据表 2、表 3 和表 4 的数据,采用分层聚类方法对云南 8 个不同生态区有机烟叶常规化学成分进行聚类分析(图 1),如图 1 所示,云南 8 个不同生态区有机烟叶常规化学成分产区特征明显聚为 4 类。昭通巧家、昭通昭阳、大理永平聚为第 I 类,主要表现在 3 个生态区烟叶还原糖含量较其他产区低,总植物碱含量相近;普洱勐班和玉溪凤窝聚为第 II 类,主要表现在 2 个生态区下部烟叶氯离子含量相同,钾氯比值相近,上部叶水溶性总糖和还原糖含量相近;玉溪文山和楚雄双柏聚为第 III 类,主要表现在 2 个生态区烟叶总植物碱含量相近;大理南涧单独聚为第 IV 类,其突出特点是中、下部叶水溶性总糖和总

植物碱含量较高,而上部叶相对较低。

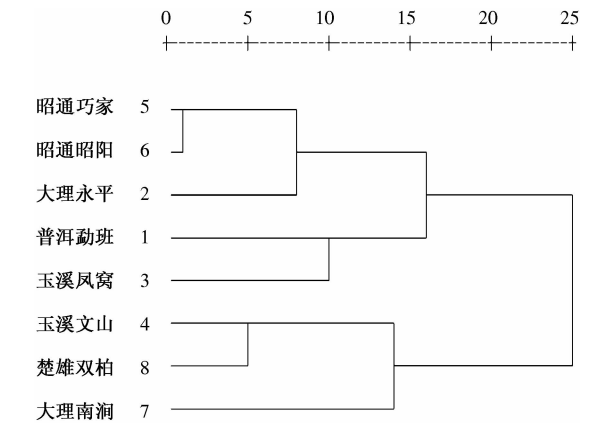


图 1 云南不同生态区有机烟叶化学成分聚类分析

2.4 云南不同生态区有机烟叶安全性分析

2.4.1 重金属含量 云南省有机烟叶地方标准 (DB53/T 311.1 ~ 3—2010) 要求,有机烟叶重金属铅、镉、铬、砷、汞含量分别小于 4.0、2.0、3.0、0.5、0.05 mg/kg。各生态区不同部位烟叶检测结果(表

5)表明,云南 8 个生态区有机烟叶重金属含量均低于云南省有机烟叶地方标准对烟叶重金属含量的要求,大多数烟区重金属含量明显低于标准下限值,说明烤烟有机种植方式是控制卷烟原料重金属含量的有效途径之一,与李正兵等^[17]研究结论一致。

表 5 云南不同生态区域有机烟叶重金属含量 mg/kg

生态区	品种	等级	铅	镉	铬	总砷	总汞
勐班	云烟 97	X ₂ F	2.67	1.40	0.81	0.38	0.01
		C ₃ F	2.27	1.31	0.54	0.18	0.01
		B ₂ F	2.43	1.40	0.48	0.09	0.00
永平	K326	X ₂ F	3.08	1.24	1.50	0.25	0.03
		C ₃ F	3.31	1.18	0.70	0.38	0.02
		B ₂ F	2.99	0.60	0.55	0.25	0.01
玉溪凤窝	NC297	X ₂ F	3.08	0.78	1.65	0.16	0.03
		C ₃ F	3.12	0.75	0.96	0.28	0.03
		B ₂ F	3.25	0.51	0.80	0.32	0.03
文山	NC297	X ₂ F	2.90	0.90	1.32	0.34	0.03
		C ₃ F	1.40	0.58	0.53	0.38	0.02
		B ₂ F	2.87	1.03	0.66	0.45	0.02
巧家	KRK26	X ₂ F	2.98	1.63	1.91	0.40	0.02
		C ₃ F	2.51	0.88	1.23	0.23	0.01
		B ₂ F	3.19	0.43	1.05	0.21	0.00
昭阳	K326	X ₂ F	3.50	1.07	1.54	0.30	0.02
		C ₃ F	3.72	1.57	1.00	0.25	0.02
		B ₂ F	3.14	1.23	0.78	0.21	0.02
南涧	红大	X ₂ F	2.63	1.06	0.55	0.10	0.01
		C ₃ F	3.24	1.25	0.64	0.13	0.02
		B ₂ F	2.94	0.63	0.46	0.15	0.01
双柏	K326	X ₂ F	3.09	1.61	1.15	0.23	0.01
		C ₃ F	3.46	0.72	0.48	0.26	0.02
		B ₂ F	3.16	0.65	0.57	0.22	0.01

2.4.2 农药残留 在检测极限范围内,云南 8 个有机烟叶生态区不同部位烟叶溴氰菊酯、百草枯、灭多威、甲霜锰锌、吡虫啉、霜霉威和抑芽丹农药残留量均低于最小检出量或未检出。由于在烤烟有机种植过程中杜绝使用化学农药,在病虫害防治技术上强调以农业防治为主,物理防治、生物防治及生物源农药防治为辅的植保策略,因此,在有机烟叶中重点关注的几种农残含量均低于最小检出限或未检出,说明烤烟有机种植是控制外源农残有害物质危害、提高烟叶安全性的有效途径之一。

3 结论与讨论

云南不同生态区有机烟叶常规化学成分区域间差异较大,明显聚为 4 大类。依据云南省有机烟叶地方标准 (DB53/T 311.1 ~ 3—2010) 对烟叶常规化学成分的要求来看,烤烟有机种植烟叶常规化学成分及其相互间的协调性欠佳,但烟叶安全性则较好,因此,在烤烟有机种植过程中,提升植烟土壤氮素和钾素养分的供给水平,进一步协调烟叶常规化学成

分是关键。

云南地处我国西南边陲,纬度低而海拔高,地形变化复杂,兼具低纬高原气候和山区气候的特点。由于特殊的气候环境,地形、海拔引起的光、温、水等因素在垂直层次、地域和时段匹配上的差异性以及由此而形成的不同土壤类型等,共同形成了云南烤烟生态环境及其影响的复杂性^[18-20],生态条件不同对烟叶化学成分的影响程度也不同^[21-22],对有机烟叶表面提取物含量的影响也不同^[23]。通过分析可看出,云南不同生态区有机烟叶 6 种主要化学成分区域间差异较大,仅水溶性总糖和还原糖含量区域间存在弱变异 ($CV < 10\%$),总植物碱、总氮、钾和氯含量产区间表现出中等强度变异 ($19\% < CV < 30\%$),且 4 个指标的极差较大。通过分层聚类分析也可以看出,云南 8 个生态区有机烟叶常规化学成分可聚为 4 类,反映了云南不同生态区有机烟叶常规化学成分差异较大。

烟叶化学成分含量及其协调性是决定烟叶质量的内在因素^[24],直接影响烟叶的可用性^[25]。试验

中,云南8个生态区有机烟叶下部叶钾离子、氯离子和总植物碱均在适宜范围,总氮含量稍偏低,常规化学成分基本符合有机烟叶标准要求。中、上部位烟叶水溶性总糖含量和糖碱比值整体偏高,总氮、钾离子含量及氮碱比值整体偏低,影响了烟气的协调性,降低了中、上部位有机烟叶工业可用性。综上所述,烤烟有机种植中后期,烟株可能存在氮、钾营养元素供给不足的问题,因此,生产中应合理提高氮素和钾素的供给水平,以满足烟株的关键养分需求,提高烟叶常规化学成分协调性和工业可用性。

烟叶的有毒、有害物质包括内源和外源两方面,其中外源有害物质主要指农残、重金属等有害物质。烟叶中重金属和农残的含量是烟叶质量安全的重要部分,也是低危害卷烟和卷烟减害降焦的基础和保障。由于烤烟有机种植区域的农田灌溉用水和种植基地土壤环境质量优于国家标准对产地环境要求^[15],种植过程中病害防治均采用安全、绿色的防治措施^[26],因而烤烟有机种植方式是控制卷烟原料重金属的有效途径之一^[17]。本研究中,云南8个有机烟种植基地生产的有机烟叶重金属含量均优于云南省有机烟叶地方标准,不同部位烟叶中溴氧菊酯、百草枯、灭多威、甲霜锰锌、吡虫啉、霜霉威和抑芽丹7种农残均低于最小检出限或未检出,说明烤烟有机种植安全性较好。

致谢:本研究在试验设计、论文撰写及修改过程中得到郑州轻工业学院闫克玉教授的悉心指导和帮助,特致谢忱!

参考文献:

- [1] 李义强,曹爱华,马强,等. 精甲霜灵在烟叶和土壤中的残留量和降解规律[J]. 烟草科技,2008(6):56-59.
- [2] 马新明,李春明,袁祖丽,等. 镉和铅污染对烤烟根区土壤微生物及烟叶品质的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(11):2182-2186.
- [3] 牛柱峰,杜永利,崔丙慧,等. 五莲植烟土壤及烟叶中重金属、农药残留状况研究[J]. 中国烟草科学,2006,27(1):26-28.
- [4] 杨欣,陈江华,张艳玲. 烟草对镉的吸收及控制措施研究综述[J]. 中国烟草科学,2010,31(2):70-75.
- [5] 罗华元,王绍坤,常寿荣,等. 12种农药在烟叶中残留及烟气中转移试验初报[J]. 云南农业大学学报,2010,25(5):636-641.
- [6] 贺璟,马红梅,谢英荷. 重金属铅、砷对玉米生长发育的影响[J]. 山西农业科学,2014,42(2):126-128.
- [7] 邹继颖,刘辉. Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 污染对水稻幼苗生长发育的影响[J]. 河南农业科学,2014,43(2):31-34.
- [8] 李荣春. Cd、Pb 及其复合污染对烤烟叶片生理生化及细胞亚显微结构的影响[J]. 植物生态学报,2000,24(2):238-242.

- [9] 赵本行,陈康姜,何楚斌,等. 大豆作物对污染土壤中重金属镉的富集研究[J]. 天津农业科学,2013,19(11):15-17.
- [10] Andrea K, Lenka G, Sylva Z, *et al.* Cytological changes and alterations in polyamine contents induced by cadmium in tobacco BY-2 cells[J]. Plant Physiology and Biochemistry,2004,42(2):149-156.
- [11] 敖金成,赵剑华,戴勋,等. 有机种植方式对烟叶产量和内在品质的影响[J]. 福建农业学报,2012,27(6):606-610.
- [12] 张光熙,郭怡卿,马剑雄,等. 有机与常规种植方式对烤烟综合效益分析[J]. 西南农业学报,2012,25(1):73-79.
- [13] 陈月舞,韩智强,罗华元,等. 有机和常规种植对不同烤烟品种生长发育和产质量的影响[J]. 中国烟草科学,2011,17(4):51-55.
- [14] 周明志,周世勇. 桂阳县有机烟叶配套技术研究[J]. 现代农业科技,2011(22):63-64.
- [15] 马剑雄,王洪云,常剑,等. 有机烟叶及其生产地的评估研究[J]. 西南农业学报,2008,21(5):1257-1261.
- [16] 李义强,王凤龙,龚道新. 我国无公害烟叶生产的问题、优势及对策[J]. 中国烟草科学,2009,30(3):54-57.
- [17] 李正兵,郭怡卿,欧阳文,等. 有机种植方式对卷烟原料质量安全性的影响[J]. 西南农业学报,2012,25(3):826-830.
- [18] 王恩武,宋文静. 不同海拔高度植烟土壤养分差异分析[J]. 现代农业科技,2013(21):226-227.
- [19] 黄中艳,朱勇,邓云龙,等. 云南烤烟大田期气候对烟叶品质的影响[J]. 中国农业气象,2008,29(4):440-445,449.
- [20] 穆飏,杨键松,李明海. 黔北大娄山区海拔高度与烤烟烟叶香吃味的关系研究[J]. 中国生态农业学报,2003,11(4):148-151.
- [21] 冀浩,刘永强,张晓海,等. 景生烟区生态因素与烤烟质量特点分析[J]. 天津农业科学,2010,16(6):42-47.
- [22] 武丽,徐晓燕,朱小茜,等. 我国不同烟区烤烟的部分化学成分和多酚类物质含量的比较[J]. 华北农学报,2008,23(增刊):153-156.
- [23] 李余湘,潘文杰,陈懿,等. 贵州不同生态产区有机烟烤后烟叶表面提取物的含量[J]. 贵州农业科学,2011,39(1):34-37.
- [24] 程传玲,唐琦,汪文良,等. 烤烟常规化学成分与感官质量的典型相关分析[J]. 贵州农业科学,2011,39(1):59-61.
- [25] 李东亮,许自成. 还原糖含量、还原糖烟碱比与烤烟形态特征的相关分析[J]. 安徽农业大学学报,2007,34(4):481-485.
- [26] 毛春堂,韩志强,李忠环,等. 有机种植模式下几种药剂对烤烟真菌性病害的防治研究[J]. 植物保护,2012,38(2):175-177.