

内蒙古赤峰烟区植烟土壤养分含量状况及分析

张颖¹ 崔星江¹ 武珂峰¹ 梁洪波² 白相玉²

(1. 中国烟草总公司内蒙古自治区公司, 内蒙古 呼和浩特 010020;

2. 内蒙古自治区烟草公司赤峰市公司, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要: 为对赤峰烟区植烟土壤实行养分管理, 2008-2011年采集和测定了赤峰烟区6个种烟旗(县、区)有代表性的600个植烟土壤样品, 并依据有机质含量以10~20 g/kg为宜, 碱解氮、有效磷和速效钾含量分别以45~135, 10~35, 120~200 mg/kg为宜的标准进行评价。结果表明, 植烟土壤有机质平均含量为(11.10±4.49) g/kg, 土壤碱解氮平均含量为(50±22) mg/kg, 土壤有效磷平均含量为(11.1±10.7) mg/kg, 土壤速效钾平均含量为133±63 mg/kg, 土壤养分含量水平中等偏下, 需加强施肥管理。南部产烟区域植烟土壤主要养分含量高于北部。南、北部产烟区域土壤有机质含量差异不明显($P=0.667$), 土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量差异均达到极显著水平($P<0.01$)。系统聚类分析结果表明, 产烟县分为土壤养分适宜区(包括松山区、宁城县和喀喇沁旗)和土壤养分匮乏区(包括翁牛特旗和敖汉旗)两类。松山区和敖汉旗的土壤氮磷钾比例较为合理, 产量较高, 产值较好。相关分析和回归分析结果表明, 土壤有效磷含量对产量影响较大, 土壤有机质和有效磷含量对中上等烟比例影响较大。

关键词: 烤烟; 赤峰烟区; 土壤养分含量

中图分类号: S158 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0269-06

Nutrient Conditions of Tobacco Growth Soil in Chifeng of Inner Mongolia

ZHANG Ying¹, CUI Xing-jiang¹, WU Ke-feng¹, LIANG Hong-bo², BAI Xiang-yu²

(1. Inner Mongolia Tobacco Corporation, Huhhot 010020, China;

2. Chifeng City Tobacco Company of Inner Mongolia, Chifeng 024000, China)

Abstract: To play the role of technological progress, the way of formula fertilization by soil testing in tobacco was being popularized in China. There were 14 000 ha areas of basic tobacco growing soil in Inner Mongolia, with the most in Chifeng City. In order to implement scientific nutrient management, 600 representative tobacco growth soil samples in 6 counties of Chifeng city were collected and analyzed between 2008 and 2011, and then the nutrient contents statistics were evaluated by the standard of suitable nutrient contents with 10-20 g/kg organic matter, 45-135 mg/kg available nitrogen, 10-35 mg/kg available phosphorus and 120-200 mg/kg available potassium. The results indicated: Main nutrient contents of tobacco growth soil in Chifeng City were (11.10±4.49) g/kg organic matter, (50±22) mg/kg available nitrogen, (11.1±10.7) mg/kg available phosphorus and (133±63) mg/kg available potassium respectively. Main nutrient contents of tobacco growth soil in the south side of the city were higher than those of in the north side. Organic matter contents in the south side had no differences from those of the north ($P=0.667$), while available nitrogen contents, available phosphorus contents and available potassium contents all varied significantly between the two places ($P<0.01$). According to cluster analysis results, tobacco growth counties were divided into two groups: rich of nutrients group and shortage of nutrients group. The former included Songshan District, Ningchen County and Harqin Banner. The latter included Ongniyud Banner and Aohan Banner. The ratio of N:P:K was reasonable in Songshan District and Aohan Banner, where the tobacco yield and output were better. According to relationship and regression analysis results, soil available phosphorus contents were correlated closely to the tobacco yield, while soil organic matter contents and soil available phosphorus contents were

收稿日期: 2012-03-20

基金项目: 内蒙古自治区烟草行业科学技术与创新项目(NYXM035-2011)

作者简介: 张颖(1984-), 女, 内蒙古赤峰人, 农艺师, 博士, 主要从事烟叶生产技术研究。

correlated closely to the ratio of mid-high tobacco grade.

Key words: Tobacco; Tobacco growth soil in Chifeng; Soil nutrient conditions

在目前的生产条件和栽培体系中,施肥已经成为制约烤烟品质提高的技术瓶颈之一,而土壤养分状况是评价土壤肥力的重要标志,是制定施肥方案的重要依据^[1-4]。内蒙古烟叶拥有内销和外销2个市场,中、上等烟叶销往国内卷烟工业企业,下、低等烟叶以出口备货形式销往国外,烟叶生产具有一定的发展前景^[5]。内蒙古烟区基本烟田面积约1.4万hm²,绝大多数分布于自治区东南部的赤峰地区。全面研究和了解该区土壤养分状况,揭示土壤养分的动态变化规律及影响烟叶产质量的深层次问题,可为指导当地合理施肥和改善烟叶品质提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 主产烟区概况

赤峰市位于内蒙古自治区东南部、蒙冀辽三省区交汇处,与河北承德、辽宁朝阳接壤,地处我国种烟适宜区的北缘^[6]。地理坐标北纬41°17'10"~45°24'15",东经116°21'07"~120°58'52"。全市总面积90 275 km²,辖4区7旗2县,总人口460万。

赤峰市烟区分布于南部的松山区、喀喇沁旗、宁城县、敖汉旗、翁牛特旗和元宝山区6个旗(县、区)。该区域海拔500~1 000 m,日照2 900~3 000 h,全年无霜期120~150 d,年平均气温5.8~7.0℃,年≥10℃有效积温2 800~3 300℃,年≥20℃持续日数不足70 d,昼夜温差较大。年降雨量400~500 mm,湿润度0.32~3.8,属于温热半干旱气候类型。土壤种类较多,以褐土、黄土等为多数。植烟土壤质地多为砂壤土和壤土,pH值7.5~8.1,呈碱性^[6]。

1.2 供试材料

土壤样品数据来源于赤峰市种烟旗(县、区)2008~2011年植烟土壤测土配方施肥的测定结果。4年间共测定600个土样,其中,2008年117个,2009年150个,2010年202个,2011年131个。由于部分年份及部分旗(县、区)的土壤养分测定项目略有不同,则土壤养分数据来源分布如表1所示。土样采集方法为秋收后、翻地施肥前采集土层0~20 cm深度的耕层土壤,采用“S”形取样法,制成一个混合样。待土样风干后送赤峰土肥站测定。

表1 植烟土壤养分数据来源

项目 Items	赤峰市 Chifeng City	松山区 Songshan District	敖汉旗 Aohan Banner	翁牛特旗 Ongniyud Banner	喀喇沁旗 Harqin Banner	宁城县 Ningcheng County	元宝山区 Yuanbaoshan District
有机质 Organic matter (OM)	436	136	115	38	36	111	-
碱解氮 Available N	600	183	121	38	36	147	75
有效磷 Available P	521	183	121	38	36	143	-
速效钾 Available K	521	183	121	38	36	143	-

1.3 植烟土壤养分含量评价

根据国内对生产优质烤烟适宜的土壤养分含量的研究结果^[4 7-11],结合赤峰烟区实际情况,制定了

对植烟土壤养分含量划分等级的评价标准,如表2所示。

表2 赤峰市植烟土壤养分含量评价范围

评价 Levels	有机质/(g/kg) OM	碱解氮/(mg/kg) Available N	有效磷/(mg/kg) Available P	速效钾/(mg/kg) Available K
缺乏 Deficient	<10	<45	<10	<120
适宜 Sufficient	10~20	45~135	10~35	120~200
丰富 Abundance	>20	>135	>35	>200

1.4 测定方法及数据处理

土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量的测定按照土壤农化常规分析方法^[12]进行。文中数据采用Excel 2003和SPSS 17.0进行统计及分析。

2 结果与分析

2.1 赤峰市植烟土壤养分含量状况

从表3可以看出,赤峰市植烟土壤有机质平均含

量为 (11.10 ± 4.49) g/kg, 变幅为 1.80 ~ 28.38 g/kg, 变异系数为 40.4%; 含量 < 10 g/kg 的土壤样品个数占样本总数的 41.5%, 缺乏有机质。全市植烟土壤碱解氮平均含量为 (50 ± 22) mg/kg, 变幅为 8 ~ 37 mg/kg, 变异系数为 43.8%, 处于临界值以下的土壤样品占 44%。全市土壤有效磷平均含量为 (11.1 ± 10.7) mg/kg, 变幅为 0.6 ~ 60.3 mg/kg, 变异系数为 96.6%, 有 63.5% 的土壤缺磷。全市土壤速效钾平均含量为 (133 ± 63) mg/kg, 变幅为 32 ~ 382 mg/kg, 变异系数为 47.9%, 有 49.5% 的植烟土壤存在不同程度的缺钾。

表 3 赤峰市植烟土壤养分含量与评价

Tab. 3 The results of soil nutrients contents and evaluations in tobacco growing areas of Chifeng City

养分含量 Nutrients contents	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Average contents	标准差 S	变异系数/% CV	评价等级占样本总数比例/% The ratio of each level		
						缺乏 Deficient	适宜 Sufficient	丰富 Abundance
有机质/(g/kg) OM	1.8	28.38	11.1	4.49	40.4	41.5	55.7	2.8
碱解氮/(mg/kg) Available N	8.0	137.00	50.0	22.00	43.8	44.0	55.8	0.2
有效磷/(mg/kg) Available P	0.6	60.30	11.1	10.70	96.6	63.5	31.1	5.4
速效钾/(mg/kg) Available K	32.0	382.00	133.0	63.00	47.9	49.5	35.7	14.8

表 4 赤峰市南北烟区植烟土壤养分含量

Tab. 4 Nutrients contents of tobacco growth soil in two different ecological areas of Chifeng city

养分含量 Nutrients contents	生态区域 Ecological areas	样本个数 Soil samples	平均值 Average contents	标准差 S	变异系数/% CV	P	各评价等级占样本个数比例 The ratio of each level					
							缺乏 Deficient		适宜 Sufficient		丰富 Abundance	
							个数 Quantity	比例/% Ratio	个数 Quantity	比例/% Ratio	个数 Quantity	比例/% Ratio
有机质/(g/kg) OM	南部	147	12.91	4.23	32.8	0.667	33	22.4	106	72.1	8	5.4
	北部	289	10.18	4.34	42.6		148	51.2	137	47.4	4	1.4
碱解氮/(mg/kg) Available N	南部	258	58.00	23.00	39.6	0.007	74	28.7	183	70.9	1	0.4
	北部	342	44.00	18.00	40.9		190	55.6	152	44.4	0	0.0
有效磷/(mg/kg) Available P	南部	179	15.10	14.30	94.7	0.000	98	54.7	57	31.8	24	13.4
	北部	342	8.90	7.30	82.0		233	68.1	105	30.7	4	1.2
速效钾/(mg/kg) Available K	南部	179	157.00	71.00	45.2	0.000	62	34.6	68	38.0	49	27.4
	北部	342	119.00	55.00	46.2		196	57.3	117	34.2	29	8.5

2.2 不同生态区域植烟土壤养分含量变化

根据旗县区所在地理位置,南部植烟区域包括喀喇沁旗、宁城县和元宝山区,北部植烟区域包括松山区、敖汉旗和翁牛特旗。从表 4 可知,南部土壤主要养分含量均高于北部土壤养分含量,有“南高北低”的趋势。进行 t 检验表明,南部产烟区域土壤有机质含量与北部产烟区域土壤有机质含量差异不明显($P = 0.667$),但是,土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.3 不同产烟县土壤养分含量变化

2.3.1 有机质 土壤有机质含量是土壤肥力的一个重要指标,影响烤烟生长发育和烟叶产量、品质及

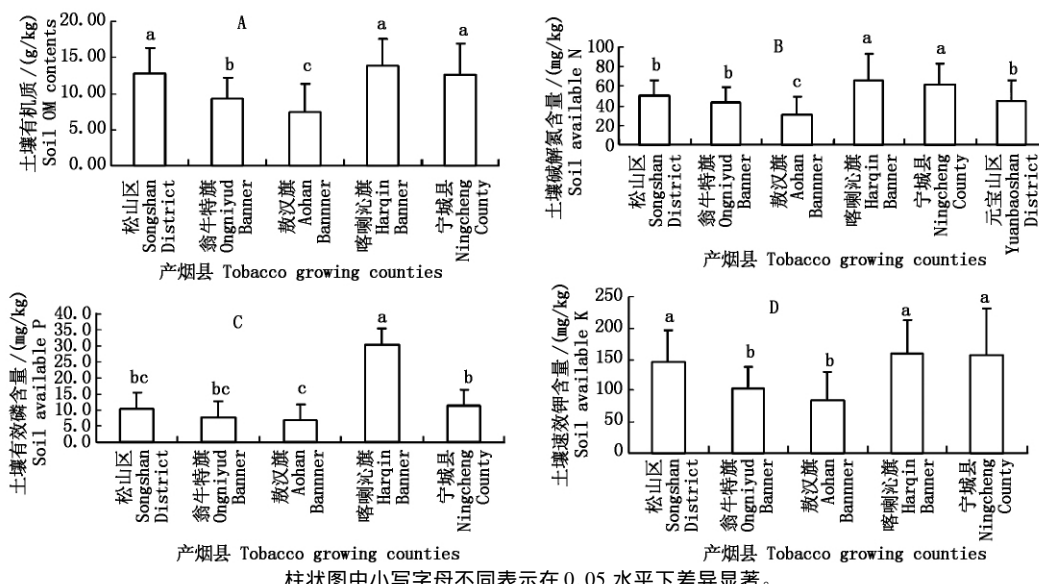
综上所述,赤峰烟区 97% 以上的土壤有机质含量 < 20 g/kg,适宜种植烤烟,有利于烟株生长后期氮素的控制^[13]。土壤碱解氮含量较为适宜烟叶生产,99.8% 的土壤碱解氮含量 < 135 mg/kg,较利于人为调控氮素,可有效防止“黑暴烟”的出现。全市有 63.5% 的植烟土壤缺磷,含量低于 10 mg/kg,根据具体结果,需要进行分区域养分管理。全市有 49.5% 的植烟土壤缺钾,含量低于 120 mg/kg,需要进行大面积增施钾肥。可见,全市植烟土壤磷素和钾素的含量偏低,是赤峰烟区烟叶生产的主要制约因素,生产中必须重视磷肥和钾肥的施用。

化学成分协调。研究表明,土壤有机质与烟叶中总糖含量呈极显著负相关,与烟碱含量呈显著正相关,与糖碱比呈显著负相关,与钾离子含量呈极显著正相关^[14-18]。如图 1-A 所示,赤峰烟区植烟土壤有机质含量高低顺序为喀喇沁旗 > 松山区 > 宁城县 > 翁牛特旗 > 敖汉旗,不同产烟县土壤有机质含量差异达到显著水平(PLSD 多重比较法,下同)。

2.3.2 碱解氮 氮是限制烟草生长和品质产量的首要因素。氮是蛋白质、烟碱的重要组成部分,对烟叶香气组成、吸味及刺激性均有重要作用^[19-20]。如图 1-B 所示,赤峰烟区植烟土壤碱解氮含量高低顺序为喀喇沁旗 > 宁城县 > 松山区 > 元宝山区 > 翁牛

特旗>敖汉旗,不同产烟县土壤碱解氮含量差异达到显著水平。

2.3.3 有效磷 磷是烤烟正常生长发育所需要的重要元素之一。磷能促进烤烟早发,提前成熟,还增进烤烟的色泽,增加香味,增加还原糖含量,利于淀粉含量的降低^[19-21-23]。如图1-C所示,赤峰烟区植烟土壤有效磷含量高低顺序为喀喇沁旗>宁城县>松山区>翁牛特旗>敖汉旗,不同产烟县土壤有效磷含量差异达到显著水平。



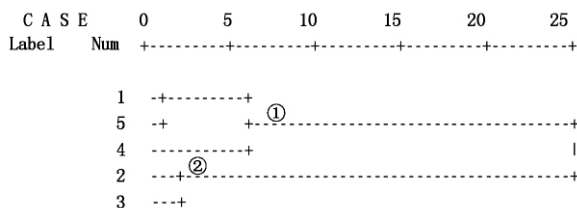
柱状图中小写字母不同表示在 0.05 水平下差异显著。
The different letter above the bars showed significant difference at 5% level.

图 1 不同产烟县土壤养分含量

Fig. 1 Soil nutrients contents of different tobacco growing counties in Chifeng city

2.4 不同产烟县土壤养分含量聚类分析

对具体的土壤养分含量数据进行分析(图2),赤峰烟区5个主产县的土壤主要养分含量的系统聚类结果表明,产烟县明显被分为两类,①类包括松山区、宁城县和喀喇沁旗,其特点是土壤养分含量适宜,可满足优质烤烟生长的需要。②类包括翁牛特旗和敖汉旗,其特点是土壤养分含量偏低,养分匮乏,生产中必须采取措施提高土壤肥力,加强烤烟生长期间的养分管理。



1. 松山区; 2. 翁牛特旗; 3. 敖汉旗; 4. 喀喇沁旗; 5. 宁城县。
1. Songshan district; 2. Ongniyud banner; 3. Aohan banner;
4. Harqin banner; 5. Ningcheng county.

图 2 赤峰主产烟区的系统聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of main tobacco growth counties in Chifeng city

2.3.4 速效钾 烟草是喜钾作物,钾是烟草吸收的矿质元素中最多的一种元素。钾对烟草品质最显著和最直观的影响体现在对燃烧性的影响上。国际上普遍将烟叶钾含量的高低作为优质烟的重要指标之一^[9]。如图1-D所示,赤峰烟区植烟土壤速效钾含量高低顺序为喀喇沁旗>宁城县>松山区>翁牛特旗>敖汉旗,不同产烟县土壤速效钾含量差异达到显著水平。

2.5 植烟土壤养分含量与烟叶产量和中上等烟比例的相关性分析

2.5.1 产烟县植烟土壤氮磷钾比例及经济性状

表5是各产烟县植烟土壤氮磷钾养分的平均含量及比例和烤烟主要经济性状。可以看出,松山区、喀喇沁旗和宁城县土壤养分的平均含量在适宜范围内,较适宜优质烤烟的生长。而对于N:P:K的比例,松山区和敖汉旗的土壤养分比例较接近适宜范围,较为合理。根据各县收购数据,计算出2008-2011年5个县4年的平均产量分别为:松山区3429.5 kg/hm²、翁牛特旗2398.9 kg/hm²、敖汉旗3371.8 kg/hm²、喀喇沁旗2693 kg/hm²和宁城县2952 kg/hm²。松山区和敖汉旗产量较高,产值较好。所以,对于土壤养分评价,养分比例平衡也是很重要的指标,养分比例失调往往也是产量低的原因之一^[24],在生产中,土壤施肥有必要根据养分含量及比例有针对性的制定和实施配方施肥方案。

2.5.2 植烟土壤养分含量与烟叶产量和中上等烟比例的相关性分析

由于烟叶收购价格受政策影响

大,直接对产值产生影响,所以,本研究仅对4年来各县土壤养分含量与烟叶产量和中上等烟比例进行相关分析,结果如表6所示。从中可以看出,产量与土壤有机质、碱解氮和有效磷的含量呈显著负相关,中上等烟比例与土壤养分含量的相关关系未达到显著水平。

进一步对土壤养分与产量和中上等烟比例进行

多重线性回归分析得出,产量与土壤养分含量的逐步回归方程为 $Y = 3\,814.024 - 53.925P$,中上等烟比例与土壤养分含量的回归方程为 $R = 0.842 - 0.085 OM + 0.011N + 0.036P$ 。可见,土壤有效磷含量(P)对产量(Y)的影响较大,土壤有机质(OM)和有效磷(P)含量对中上等烟比例(R)影响较大。

表5 产烟县植烟土壤氮磷钾比例及经济性状

Tab.5 The ratio of N:P:K and main economic characters in tobacco growing counties

产烟县 Tobacco counties	碱解氮 /(mg/kg) Available N	有效磷 /(mg/kg) Available P	速效钾 /(mg/kg) Available K	N:P:K	产量 /(kg/hm ²) Yield	产值 /(元/hm ²) Output	中上等烟比例/% The ratio of mid-high tobacco grade
适宜范围 Sufficient range	45 ~ 135	10 ~ 35	120 ~ 200	1: (0.22 ~ 0.26) (1.48 ~ 2.67)	-	-	-
松山区 Songshan District	51	10.4	145	1:0.20:2.84	3 429.5	37 779.0	73.85
翁牛特旗 Ongniyud Banner	44	7.6	104	1:0.17:2.36	2 398.9	22 364.7	58.91
敖汉旗 Aohan Bannner	32	7	86	1:0.22:2.69	3 371.8	37 989.3	76.44
喀喇沁旗 Harqin Banner	67	30.6	159	1:0.46:2.37	2 693.0	29 545.9	79.05
宁城县 Ningcheng County	62	11.3	157	1:0.18:2.53	2 952.0	30 195.9	71.41

表6 土壤养分与产量和中上等烟比例的相关分析

Tab.6 The relationship between soil nutrient contents and tobacco yield and quality

土壤养分含量 Soil nutrients contents	产量/(kg/hm ²) Yield	中上等烟比例/% The ratio of mid-high tobacco grade
有机质/(g/kg) OM	-0.613*	-0.001
碱解氮/(mg/kg) Available N	-0.706*	0.146
有效磷/(mg/kg) Available P	-0.736*	0.359
速效钾/(mg/kg) Available K	-0.512	-0.227

注: $r_{(0.05,11)} = 0.553$ 。

3 结论与讨论

赤峰烟区植烟土壤有机质平均含量为(11.10 ± 4.49) g/kg,土壤碱解氮平均含量为(50 ± 22) mg/kg,土壤有效磷平均含量为(11.1 ± 10.7) mg/kg,土壤速效钾平均含量为(133 ± 63) mg/kg,土壤养分水平中等偏下,需加强施肥管理。

南部产烟区域植烟土壤主要养分含量高于北部。南、北部产烟区域土壤有机质含量差异不明显($P = 0.667$),土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。

经过进行系统聚类分析,产烟县被分为土壤养分适宜区(包括松山区、宁城县和喀喇沁旗)和土壤养分匮乏区(包括翁牛特旗和敖汉旗)两类。从各产烟县具体情况来看,经过计算,其土壤主要养分含量的特点如下。

有机质:在①类土壤养分适宜区中,松山区、宁城县和喀喇沁旗植烟土壤有机质含量 < 10 g/kg,处于缺乏状态的样本个数分别占25.7%、26.1%、11.1%,有机质含量适宜,此类区域可适当加大有机

肥的施用量。在②类土壤养分匮乏区中,翁牛特旗和敖汉旗土壤有机质含量处于缺乏状态的样本个数分别占63.2%和77.4%,大部分土壤缺乏有机质,此类区域在生产中必须强调有机肥的使用,增加施用量,提倡施用优质农家肥^[16-17],以改善土壤理化性质,提高土壤保水保肥能力。

碱解氮:①类区松山区、宁城县和喀喇沁旗植烟土壤碱解氮含量处于缺乏状态的土壤样本个数分别占36.1%、21.8%、19.4%,适宜优质烤烟的生产,可视具体情况分区域补充氮肥。②类区翁牛特旗和敖汉旗植烟土壤碱解氮含量 < 45 mg/kg的样本个数分别占55.3%和85.1%,大部分土壤缺氮,该地区在增施有机肥的前提下,必须增施氮素化肥,避免因有机肥矿化慢、不易释放养分,致使烟株不能正常生长而影响烟叶质量的现象^[14-25]。

有效磷:①类区中喀喇沁旗植烟土壤有效磷含量 < 10 mg/kg的样本个数占19.5%,土壤磷含量较高,能满足烤烟生长的需要;松山区和宁城县植烟土壤缺磷比例分别占60.1%和63.6%,需要大面积增施磷肥,利用磷素促进烟株碳氮代谢协调,提高烟叶

品质^[26]。②类区翁牛特旗和敖汉旗植烟土壤缺磷比例分别占 79% 和 76.9% ,生产中必须重视磷肥的施用 ,加大磷肥补充。

速效钾: ①类区松山区、宁城县和喀喇沁旗植烟土壤速效钾含量 < 120 mg/kg 的样品个数分别占 34.4% ,37% ,25% ,可适当加大钾肥的施用量。②类区翁牛特旗和敖汉旗植烟土壤速效钾含量 < 120 mg/kg 的样品个数分别占 76.3% 和 86% ,必须增施钾肥 ,加强补充 ,建议该区在生产上应增加钾肥的追肥比例和施肥次数 ,以减少钾肥的淋失^[2,13,27-28] ,提高钾肥利用率。

松山区和敖汉旗的土壤养分比例较为合理 ,产量较高 ,产值较好。对土壤养分含量与产量和中上等烟比例进行相关分析和回归分析 ,得出土壤有效磷含量对产量影响较大 ,土壤有机质和有效磷含量对中上等烟比例影响较大。

参考文献:

- [1] 李志宏. 我国植烟土壤养分状况及烟草施肥技术 [C]//中国烟草生产实用技术指南. 北京: 中国烟叶公司, 2007: 171-199.
- [2] 唐莉娜, 陈顺辉, 林祖斌, 等. 福建烟区土壤主要养分特征及施肥对策 [J]. 烟草科技, 2008 (1): 56-60.
- [3] 张艳玲, 尹启生, 李进平, 等. 环神农架地区植烟土壤养分分析与丰缺状况评价 [J]. 烟草科技, 2010 (1): 60-64.
- [4] 王 闯, 符云鹏, 艾永峰. 土壤特性与烟叶品质的关系 [J]. 安徽农业科学, 2005, 33 (5): 862-864, 866.
- [5] 陈 刚, 张忠峰, 章启发, 等. 内蒙东部优质烤烟生产简报 [J]. 中国烟草, 1993 (2): 42-44.
- [6] 刘 伟, 吴庆国, 李义春, 等. 提高内蒙烟叶品质的关键技术 [J]. 中国烟草科学, 1999 (4): 18-19.
- [7] 邵 岩. 津巴布韦烟草农业 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [8] 宋承鉴. 中国优质烤烟区的土壤条件 [J]. 烟草学刊, 1990 (2): 68-73.
- [9] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价 [J]. 中国烟草学报, 2004, 10 (3): 14-18.
- [10] 黄成江, 张晓海, 李天福, 等. 植烟土壤理化性状的适宜性研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2007, 9 (1): 42-46.
- [11] 王建伟, 张艳玲, 薛超群, 等. 方城县植烟土壤主要养分的空间分布格局 [J]. 烟草科技, 2010 (2): 60-63.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [13] 陈江华, 刘建利, 李志宏, 等. 中国植烟土壤及烟草养分综合管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [14] 艾绥龙, 马英明, 韦成才. 陕西烟区土壤特性及其与烟叶品质的关系 [J]. 西北农业学报, 1998, 7 (2): 75-77.
- [15] 孙 公, 杨树林. 土壤养分与烤烟化学成分含量间的关系 [J]. 烟草科技, 2008 (8): 58-62.
- [16] 武雪萍, 朱 凯, 刘国顺, 等. 有机无机肥配施对烟叶化学成分和品质的影响 [J]. 土壤肥料, 2005 (1): 10-13.
- [17] 石 屹, 姜鹏超, 赵 兵, 等. 有机肥料定位还田对烟叶品质及土壤性状的影响 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30 (1): 5-9.
- [18] 罗华元, 王绍坤, 常寿荣, 等. 烤烟钾含量与土壤 pH、有机质和速效钾含量的关系 [J]. 中国烟草科学, 2010, 31 (3): 29-32.
- [19] 韩锦峰. 烟草栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [20] 李春俭, 张福锁, 李文卿, 等. 我国烤烟生产中的氮素管理及其与烟叶品质的关系 [J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13 (2): 331-337.
- [21] 刘贯山, 杨火炎. 地膜覆盖、水分供应、磷肥种类和用量对烤烟早发的影响 [J]. 中国烟草科学, 1998 (2): 35-38.
- [22] 焦玉生, 王 鹏, 刘含东, 等. 植烟土壤速效磷含量及变化规律的研究 [J]. 中国烟草科学, 2007, 28 (1): 36-39.
- [23] 刘国顺, 肖庆礼, 王新中, 等. 施磷对南阳烟区烤烟化学成分和香气物质含量的影响 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30 (6): 34-37.
- [24] 姜远茂. 红富士苹果矿质营养特性及营养诊断与施肥研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2011.
- [25] 苑举民, 张忠锋, 石 屹, 等. 低肥力土壤施氮对烤烟干物质积累、氮素吸收及产质量的影响 [J]. 中国烟草科学, 2009 (4): 47-51.
- [26] 史宏志, 韩锦峰. 烤烟碳氮代谢几个问题的探讨 [J]. 烟草科技, 1998 (2): 34-36.
- [27] 毕志忠, 杨序芳, 钱晓刚, 等. 钾肥用量与烟叶含钾量关系的研究 [J]. 贵州农业科学, 1994 (4): 30-33.
- [28] 曹文藻, 王伯毅. 贵州烟区烤烟磷、钾优化配比模式的试验研究 [J]. 中国烟草, 1993 (3): 4-11.