

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.05.016

张静, 靳志丽, 王兴祥, 等. 湘南典型植烟土壤养分供应及烟株吸收特征. 土壤, 2021, 53(5): 1008–1014.

## 湘南典型植烟土壤养分供应及烟株吸收特征<sup>①</sup>

张 静<sup>1</sup>, 靳志丽<sup>2\*</sup>, 王兴祥<sup>1</sup>, 周志高<sup>1\*</sup>

(1 中国科学院土壤环境与污染修复重点实验室(南京土壤研究所), 南京 210008; 2 湖南省烟草公司永州市公司, 湖南永州 426100)

**摘 要:** 养分是烤烟生长与烟叶品质形成的基础, 为探究烤烟大田生育期间土壤养分供应、烟株养分吸收以及两者匹配情况及其与烟叶品质的关系, 本研究测定和分析了湘南目前施肥模式下典型植烟土壤速效养分含量(铵态氮、硝态氮、有效磷和速效钾)、表观肥料养分利用率、烟株养分吸收以及有关烟叶品质指标, 并监测了烤烟大田生育期间的气候条件及土壤温湿度变化状况。结果表明: ①施氮总量较高(183 kg/hm<sup>2</sup>), 且基施氮量占比高(48.4%), 烤烟大田生育前期(0~36 d)土壤速效养分丰富, 但烟株生长较慢, 导致当季肥料养分利用率不高; ②最后一次追肥时间(43 d)偏晚, 使得后期烟株脱氮困难, 造成顶叶和上二棚叶烟碱含量过高, 还原糖含量偏低; ③早春低温是烤烟大田生育前期烟株生长缓慢的重要影响因素。针对目前施肥模式与烟株养分需求不匹配问题及其主要影响因素, 提出减施基肥、适时适量追肥的优化施肥模式以及应用控释肥料、促生微生物、高效多功能叶面肥和施加外源碳等对策。

**关键词:** 烤烟; 施肥; 养分吸收; 烟叶品质

中图分类号: S158.3 文献标志码: A

## Characteristics of Soil Nutrient Supply and Tobacco Plant Uptake in Typical Tobacco Growing Areas in Southern Hunan

ZHANG Jing<sup>1</sup>, JIN Zhili<sup>2\*</sup>, WANG Xingxiang<sup>1</sup>, ZHOU Zhigao<sup>1\*</sup>

(1 Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2 Yongzhou Branch of Hunan Tobacco Company, Yongzhou, Hunan 426100, China)

**Abstract:** Nutrients are the bases of tobacco growth and leaf quality formation, and in order to explore nutrient supply of soil, nutrient absorption of tobacco plants and their compatibility as related to leaf quality during the field growth of flue-cured tobacco in southern Hunan, soil available nutrients (ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, available phosphorus and rapid available potassium), apparent fertilizer nutrient use efficiency, nutrient uptake and quality of tobacco leaves were measured and analyzed. Climatic conditions and soil temperature and humidity were also monitored. The results showed that: 1) The total nitrogen (N) input (183 kg/hm<sup>2</sup>) and the proportion of basal N application (48.4%) were higher. In the early field growth period (0–36 d) of flue-cured tobacco, soil available nutrients were abundant due to the relatively high fertilizer application, but tobacco grew slowly, which led to low fertilizer use efficiencies. 2) It was difficult to deprive tobacco plants of N uptake because of belated fertilizer application at the last time (43 d), resulting in high nicotine content but low content of reducing sugar in upper leaves; 3) Low air and soil temperatures in spring were a primary factor for the slow growth of tobacco plants during the early field growth period. Considering the mismatch between fertilization pattern and nutrient needs of tobacco plants and the related key influencing factors, some countermeasures were proposed, including optimizing fertilization featured by reduction in basal fertilizer application rate and follow-up fertilizations timely and at appropriate rates, use of tobacco-specific controlled-release fertilizers, and introduction of growth promoting microorganisms, multi-purpose foliar fertilizers and exogenous carbon.

**Key words:** Flue-cured tobacco; Fertilization; Nutrient absorption; Quality of tobacco leaves

自 2009 年国家烟草专卖局提出“卷烟上水平” 不断增加, 如何提高优质烟叶的产出率已成为当前烟  
重大发展战略后, 卷烟企业对优质烟叶原料的需求量 叶产区所面临的重大挑战<sup>[1]</sup>。施肥是烤烟生长与烟叶

①基金项目: 中国烟草总公司湖南省公司科技项目专项(18-20Aa03)资助。

\* 通讯作者(jinzhili666@126.com; zgzhou@issas.ac.cn)

作者简介: 张静(1993—), 女, 湖北襄阳人, 博士研究生, 研究方向为土壤环境修复学。E-mail: zj0507@issas.ac.cn

品质形成的基础,我国各烟区依据本地的气候特征、地形及土壤养分状况等,推荐不同施肥模式,涉及养分分配比与基追肥比例<sup>[2-3]</sup>、氮素形态的选择<sup>[4]</sup>、有机-无机肥料配合施用等<sup>[5-6]</sup>。但目前大部分烟区施肥制度的设计注重考虑土壤养分总量丰缺及配比平衡,而忽视了土壤阶段性养分供应动态与烟叶养分阶段性需求相匹配的要求,在一定程度上限制了烟叶产质量的提升,也影响到肥料利用率,增加了环境风险<sup>[7-8]</sup>。调整基追肥比例和追肥时间是满足烟株养分阶段性不同需求的重要技术途径,但不同研究提出的基追肥比例差异很大,基肥用量占总施肥量的比例介于30%~80%<sup>[2-3]</sup>。且也很少有研究把气象因子及土壤养分供应动态和烟株养分吸收积累动态等多因子进行同步分析,及由此确定更符合实际的基追肥比例。因此,有必要深入探查烟区烤烟大田生长期间的养分吸收特征、施肥模式以及两者匹配情况,同时监测气象因子与关联土壤物理因子,分析存在的问题及产生原因,提出优化烤烟产区施肥对策,以改善烟株烟叶营养,提升烟叶品质<sup>[9]</sup>。

湘南地处中亚热带东部湿润季风气候区,光、热、水资源丰富,是我国优质烟叶原料的主要生产区之一。该烟区多是烤烟-水稻轮作,目前存在的烤烟主要品质问题是上部叶烟碱高、糖分低<sup>[10]</sup>。永州市蓝山县是湘南烟区的烤烟种植大县,本文以蓝山县典型烤烟产地为例,研究烟株整个大田生育期的养分吸收利用动态特征及其与现有施肥模式下土壤养分供应的匹配情况,同时收集当地气象数据和监测烟垄土壤温度和湿度,从养分管理角度分析当地烟叶质量问题产生的原因,以期当地及类似烟区进一步优化施肥模式、提高烟叶品质提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤及施肥概况

试验区位于永州市蓝山县(112°16'E, 25°32'N)。试验烟田土壤为发生分类的潴育型水稻土(中国系统分类的复钙筒育水耕人为土),基本理化性质为 pH

7.79、有机质 53.14 g/kg、全氮 3.37 g/kg、碱解氮 202.1 mg/kg、全磷 1.27 g/kg、有效磷 44.85 mg/kg、全钾 7.52 g/kg 和速效钾 337.5 mg/kg,质地为粉砂质黏壤土(砂粒 108 g/kg,粉粒 604 g/kg,黏粒 288 g/kg)。根据植烟区土壤肥力综合指标值(IFI)综合评价,试验地土壤肥力为中等水平<sup>[11]</sup>。

参照当地推荐的烟叶标准化生产技术方案进行田间栽培管理、施肥以及采收烤制烟叶。试验区种植的烤烟品种为云烟 87,为湘南以及全国主要种植的烤烟品种<sup>[12]</sup>。烟苗于 2018 年 3 月 17 日移栽(种植密度 15 000 株/hm<sup>2</sup>),上部叶于 7 月 17 日一次性采收。试验期间 6 次施肥:第一次在烟苗移栽前,1 050 kg/hm<sup>2</sup> 烟草专用基肥和 225 kg/hm<sup>2</sup> 菜籽饼肥作为基肥,30% 穴施、70% 腰施,基施氮量占总施氮量的 48.4%;第二、三次在移栽后第 2 天和第 10 天(记作 2 d 和 10 d,下同)各施 1 次提苗肥,共 112.5 kg/hm<sup>2</sup>;第四、五、六次在移栽后 16、30 d 和 43 d 各施 1 次追肥,其中 16 d 追施 195 kg/hm<sup>2</sup> 烟草专用追肥,30 d 追施 225 kg/hm<sup>2</sup> 烟草专用追肥和 150 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾,43 d 追施 300 kg/hm<sup>2</sup> 烟草专用追肥和 150 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾,均兑水浇施于最大叶叶尖下土壤。所施用肥料的养分比例如表 1 所示。总施肥量 N、P、K 比例为 1:0.3:2.3,纯氮用量为 183 kg/hm<sup>2</sup>。

### 1.2 试验设计

为了监测烤烟整个生育期土壤养分供应及烟株养分吸收动态,在同一块烟田设置 2 个处理(区):不施肥对照和常规施肥,对照区面积约 60 m<sup>2</sup>(90 株),常规施肥区面积约 470 m<sup>2</sup>。在不同生育时期采集植株样品和根区土壤样品,采样时间点 8 个:移栽日(0 d)、伸根期(14 d 和 36 d)、旺长期(50 d)、打顶时(62 d)、成熟前期(79 d,开始采收下部叶)、成熟中期(97 d,开始采收中部叶)和成熟后期(122 d,一次性采收上部叶)。每次采样时,选取能代表烟田烤烟长势平均水平的 3 株烟株,单株作为重复,即 3 个重复。在前 3 个采样时间点,烟株分为地下部和地上部 2 个样品;旺长期分为根、茎、叶 3 个样品;打顶定型后分为根、

表 1 施用肥料的养分含量  
Table 1 Nutrient contents of applied fertilizers

肥料	N (g/kg)	NO <sub>3</sub> -N (g/kg)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)
菜籽饼肥	21	-	0.22	11	33
专用基肥	80	21	60	45	90
提苗肥	201	86	115	40	-
专用追肥	105	50	50	-	266
硫酸钾	-	-	-	-	415

茎、下部叶、中部叶、上二棚叶、顶叶 6 个样品。同时采集烟株根区土壤(0~20 cm)样品。另外,利用土壤温湿度记录仪(型号 DL-TWS211)监测烤烟大田生育阶段土壤温湿度的变化动态,传感器埋深为烟垄高度的一半(埋深约 18 cm),记录每个整点时刻的土壤温度和湿度读数,并从当地气象部门获取实验烟田附近气象观测站所监测的日降水量、日平均气温等气象数据。

### 1.3 测定指标及方法

**1.3.1 烟株氮磷钾养分测定** 采集的植物样品洗净后烘干,用不锈钢植物粉碎机磨碎磨细。采用  $H_2SO_4-H_2O_2$  消解植物样品,靛酚蓝比色法测定全氮,钼蓝比色法测定全磷,火焰光度法测定全钾。

**1.3.2 烤制烟叶化学成分测定** 取烤制后下部叶、中部叶和上部叶各 1 kg,采用荷兰 SKALARSan++ 流动分析仪测定各部位烟叶的全氮、烟碱和还原糖含量。

**1.3.3 土壤速效养分测定** 鲜土样带回实验室后,及时测定土壤的含水量、铵态氮、硝态氮、有效磷和速效钾,测定方法参考《土壤农业化学分析方法》,其中,靛酚蓝比色法测定铵态氮,紫外分光光度法测定硝态氮,钼蓝比色法测定有效磷,火焰光度计测定速效钾<sup>[13]</sup>。

#### 1.3.4 养分吸收及利用相关指标计算

养分积累量( $kg/hm^2$ )=(各部位生物学干重×相应部分的养分含量)之和 (1)

养分吸收速率( $kg/(hm^2 \cdot d)$ )=(后一时期养分积累量-前一时期养分积累量)/间隔时间 (2)

表观肥料利用效率(%)=[(施肥区植株养分积累量-空白对照区植株养分积累量)/(肥料施用量×肥料中养分含量)]×100 (3)

烟株不同生育期表观肥料利用率(%)=[(施肥区养分阶段吸收量-空白对照区养分阶段吸收量)/(前期累积肥料施用量×肥料中养分含量)]×100 (4)

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2016 处理分析数据并绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 调查区当季气象条件

烤烟大田生育期间的气象条件及土壤温湿度状况如图 1 所示。烤烟整个生育期(3月中旬至7月中旬,122 d)降雨总量为 618 mm,平均气温为 23.6℃,有效积温( $\geq 10^\circ C$ )达 1 695℃。烤烟伸根期(0~36 d)、旺长期(36~62 d)和成熟期(62~122 d)的降雨量分别为 102、184 和 332 mm。一般认为,烤烟伸根期降雨量为 80~100 mm、旺长期降雨量为 200~260 mm、成熟期降雨量为 240~320 mm 较为适宜<sup>[14]</sup>。调查烟区不同生育期降雨量及降雨总量基本满足优质烤烟生产要求,但存在降雨量分布不均匀的问题,如 5 月下旬和 6 月中旬降雨量几乎为 0。烟草是喜温作物,最适宜生长温度为 25~28℃,温度过高或过低都会影响烟株的生长<sup>[14-15]</sup>。烟苗自移栽到 4 月中旬,平均气温仅 17.6℃,不利于烟苗早生促发;5 月中下旬出现持续的高温,气温直逼 30℃;到 6 月上旬,气温有所下降;之后到烤烟采收结束,气温持续上升,烤烟成熟中后期处于高温环境。

土壤温湿度受气温和降雨量影响明显。烟株大田生育前期,土壤温度较低,且波动较大,旺长期土壤温度维持在 25℃左右,成熟期土壤温度持续上升。烤烟大田生育期间土壤湿度出现多次明显降低,其中 5 月中下旬湿度降低最为明显,这是由于降雨量减少且没有灌溉措施及时补充水分所致。

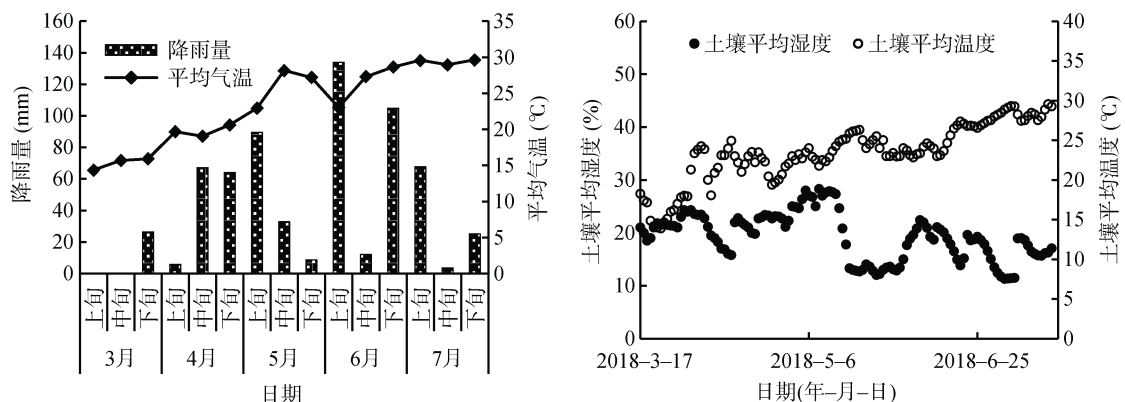


图 1 蓝山烤烟调查区气候状况以及土壤水热条件

Fig. 1 Climatic and soil hydrothermal conditions of flue-cured tobacco study area in Lanshan

总之,尽管大田生育期间的总降雨量和有效积温适合烤烟生长,但也存在早期气温土温偏低、后期持续高温以及降雨分布不均等问题,应采取覆膜、灌溉等针对性措施消减这些不利因素的影响。

### 2.2 烟株干物质生产及养分吸收动态

烟株干物质的累积表现为慢-快-慢的“S”曲线规律(图 2A)。伸根期烟株生长缓慢,干物质积累仅 187 kg/hm<sup>2</sup>,平均生长速率为 5.3 kg/(hm<sup>2</sup>·d)。旺长期、成熟前期(62~79 d)和成熟中期(79~97 d),烟株生长速率分别达 114、116 和 83.3 kg/(hm<sup>2</sup>·d),是其快速生长阶段。烟株成熟后期(97~122 d),根和茎的干物质有所降低,根系死亡和茎中营养物质流失是其干物质减少的主要原因<sup>[16]</sup>。

烟株氮、磷、钾的吸收也表现为慢-快-慢的“S”形变化(图 2B)。烟株伸根期养分吸收能力弱,氮、磷、钾吸收量仅为 8.7、0.6 和 10.0 kg/hm<sup>2</sup>;旺长前期(36~50 d),烟株养分积累开始增加,此阶段氮、磷、钾吸收量分别为 23.1、2.20 和 39.9 kg/hm<sup>2</sup>;旺长后期(50~62 d),氮、磷、钾养分吸收速率分别达 5.16、0.42 和 8.41 kg/(hm<sup>2</sup>·d),各养分含量快速积累,

至打顶时(62 d)的氮、磷、钾吸收量分别占总吸收量的 65.1%、66.4% 和 80.5%。打顶后,烟株的磷、钾吸收趋缓,氮吸收仍很明显,氮吸收量在成熟前期、成熟中期和成熟后期分别达 15.8、18.6 和 15.7 kg/hm<sup>2</sup>,占总吸收量的 10% 以上,说明成熟期烟株对氮素仍有一定的吸收,后期脱氮困难。

### 2.3 烟田土壤养分供应动态特征

烟株根区土壤各速效养分随肥料的施入变化明显,含量均呈现先升高后下降的趋势(图 3)。根区土壤各养分含量均在烟株移栽 50 d 时达到最高,与 36 d 时相比,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、有效磷和速效钾各养分含量分别增加了 90.4、4.74、53.5 和 605 mg/kg,这与 43 d 完成的最后一次追肥有关。50 d 后,土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量急剧减少,有效磷和速效钾含量均呈降低趋势,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量在 62 d 后也呈现降低走势。到移栽 79 d,土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量仍达到 49.2 mg/kg, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量水平也相对较高。烟株成熟中后期(97~122 d),根区土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量仍处于一定水平(27.2~29.9 mg/kg),有效磷和速效钾含量仍处于较高水平。

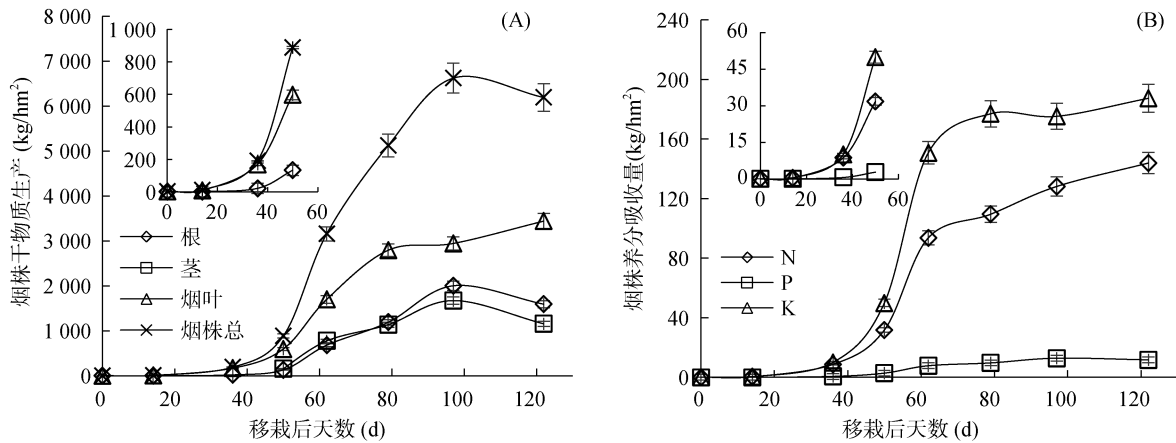


图 2 烟株干物质生产及养分吸收特征  
Fig.2 Characteristics of dry-matter production and nutrient uptake of tobacco plants

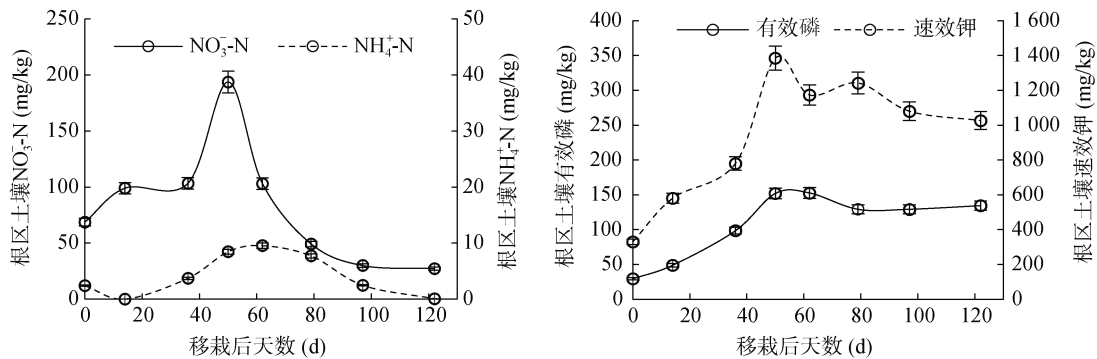


图 3 烟垄根区土壤速效养分含量变化  
Fig. 3 Dynamics of soil available nutrients in rooting zone of soil ridge

## 2.4 烟株不同生育期肥料养分利用状况

烤烟大田不同生育期肥料养分利用状况如表 2 所示。烟苗伸根期, 施肥量大, 而氮、磷、钾肥料表观利用率仅为 3.9%、0.4% 和 1.8%; 旺长前期, 随着烟株的生长, 养分吸收能力增强, 肥料表观利用率逐渐提高; 随后烟株快速生长, 各养分吸收量快速增加, 氮、磷、钾肥料表观利用率在旺长后期分别达 32.3%、8.3% 和 23.7%, 说明此阶段是烟株的养分吸收高峰期; 烟株成熟期对氮素仍有较高水平的吸收, 肥料氮素的表观利用率达 25.7%。总体来看, 表观氮肥利用率较高, 达 69.6%; 磷肥、钾肥的表观养分利用率较低, 分别为 13.6% 和 38.1%。

表 2 烤烟不同生育时期肥料表观利用率

生育时期	移栽后天数(d)	肥料表观利用率(%)		
		N	P	K
伸根期	0~36	3.9	0.4	1.8
旺长前期	36~50	8.4	4.3	11.0
旺长后期	50~62	32.3	8.3	23.7
成熟期	62~122	25.7	2.9	6.9
全生育期	0~122	69.6	13.6	38.1

## 2.5 烟叶氮钾含量变化及烤制烟叶化学成分

烟叶氮含量在整个生育期的变化如图 4 A 所示。烟苗伸根期, 各部位烟叶氮含量显著升高, 36 d 时达

47.7 g/kg。随后各部位烟叶氮含量逐渐下降, 但打顶时各部位氮含量仍达 35.0 g/kg 以上。成熟前期, 下部叶、中部叶和上二棚叶的氮含量均继续明显下降, 下部叶氮含量降低至 20.2 g/kg, 而顶叶氮含量维持在 29.2 g/kg 以上; 成熟中期各部位烟叶氮含量均降低到 20.0 g/kg 左右, 其中顶叶氮含量下降最明显, 为 17.1 g/kg; 上部叶收获时(122 d), 上二棚叶和顶叶氮含量有所回升。采收时各部位烟叶氮含量总体表现为上二棚叶 $\approx$ 顶叶>下部叶 $\approx$ 中部叶。

烟叶钾含量在整个生育期的变化如图 4 B 所示。烟苗移栽 50 d 内, 各部位烟叶钾含量逐渐上升, 其中 14~36 d 升高最明显, 平均每日增加含量为 1.4 g/kg; 50~62 d, 下部叶钾含量继续升高, 其他部位钾含量缓慢降低, 但仍达 51.2 g/kg 以上; 成熟前期, 各部位烟叶钾含量迅速降低, 平均降低幅度达 14.5 g/kg; 成熟中后期, 各部位钾含量继续逐渐降低。采收时的各部位烟叶钾含量总体表现为下部叶>中部叶>上二棚叶 $\approx$ 顶叶。

烤制后烟叶化学成分如图 4 C 所示。烟叶氮含量和烟碱含量表现为: 顶叶>上二棚叶>中部叶>下部叶。与之相反, 钾含量和还原糖含量表现为: 顶叶<上二棚叶<中部叶<下部叶。顶叶和上二棚叶烟碱含量分别高达 51.6 和 46.4 g/kg, 而还原糖含量仅为 133 和 192 g/kg, 说明烟叶主要品质问题为顶叶和上二棚烟叶烟碱含量过高, 还原糖含量较低。烤烟下部叶和中部叶的化学成分含量在较适宜水平。

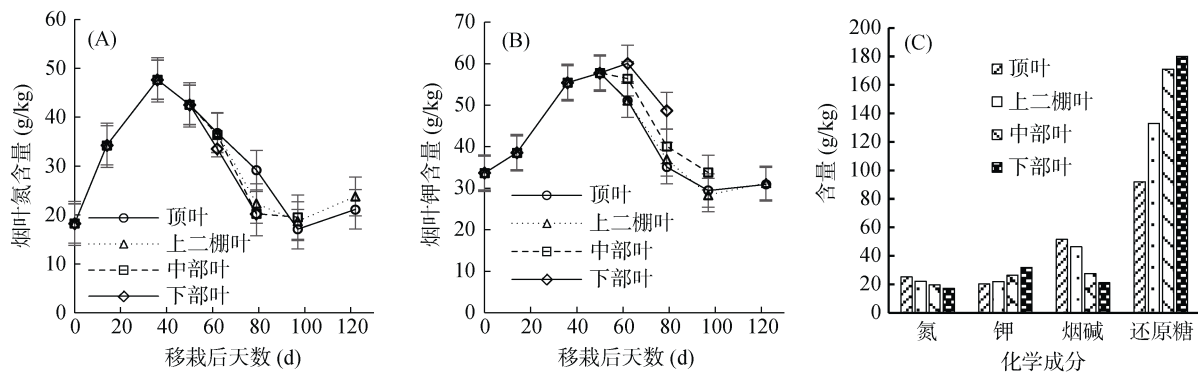


图 4 烟叶氮(A)、钾(B)含量变化及烤制烟叶化学成分含量(C)

Fig. 4 Changes of nitrogen (A) and potassium (B) contents in tobacco leaves and chemical compositions in flue-cured tobacco leaves (C)

## 3 讨论

烤烟大田生育栽培过程中, 对养分供应的基本要求是“前期足氮、后期脱氮”<sup>[17-18]</sup>。本研究中, 基施 1 050 kg/hm<sup>2</sup> 烟草专用基肥和 225 kg/hm<sup>2</sup> 菜籽饼肥, 追施 112.5 kg/hm<sup>2</sup> 提苗肥和 720 kg/hm<sup>2</sup> 专用追肥, 总施氮量达 183 kg/hm<sup>2</sup>, 其中基施氮量占 48.4%。云南

省烟草专卖局根据云烟 87 前期生长慢、后期生长迅速的特点, 提出轻施基肥(基肥用量不超过 1/3)、两次追肥的方案, 施氮量 90~120 kg/hm<sup>2</sup> 为宜<sup>[19]</sup>。端永明等<sup>[20]</sup>推荐氮减施 10%~20% 可获得较好的经济效应。因此, 本调查烟区施肥总量高且基肥施用比例偏高, 建议开展氮肥减量和降基增追试验, 找出适宜的氮肥用量水平和基追比, 以实现烟叶提质



增效目标。

土壤阶段性养分供应动态需要与烟叶养分阶段性需求相匹配。本研究中,土壤速效养分整体处于相对充盈的水平(图3),可满足烟株各生长阶段的需要。但烟株伸根期生长慢(图2)且吸收能力较弱,施肥量高导致肥料利用率有限<sup>[18]</sup>。进入旺长期前段,烟株开始快速生长;旺长期后段,烟株干物质积累及各养分吸收达到高峰期(图2),是烟株需肥关键时期,肥料利用率也高(表2),建议适时追肥,以便在旺长期获得并维持较高的土壤养分水平。土壤中有效磷和速效钾含量在烟株全生育期充裕。一般认为,土壤有效磷含量在10~20 mg/kg,速效钾含量在160~240 mg/kg对烟叶的生长较适宜<sup>[21]</sup>。由于磷钾肥施用量较高,磷肥和钾肥表观利用率低,但磷钾易被土壤固定,损失小<sup>[22]</sup>,后茬作物可考虑少施或不施磷钾肥。另外,计算肥料利用率时将不施肥空白处理的烟株养分吸收量作为来自土壤本身的养分供应存在一定的局限性,若需要进一步阐明氮磷钾肥的用量、施用时间、施用位置对土壤养分供应水平和烟株吸收的影响以及肥料利用率,可采用更加精确的同位素标记方法进行研究<sup>[23]</sup>。

根据烟叶化学成分可用性指数(CCU)评估,得出该产区的烟叶钾含量丰富,但是顶叶和上二棚烟叶的烟碱含量过高,还原糖含量过低,这与文献报道一致<sup>[10]</sup>。烟碱和糖分的形成主要受氮素影响<sup>[24]</sup>,其含量在不同生态条件随施氮量表现出不同的变化趋势<sup>[9,25]</sup>。研究表明,随着施氮量的增加,烟叶全氮和烟碱含量增加,还原糖含量降低<sup>[26]</sup>。本研究中,43 d时的追肥中含纯氮30 kg/hm<sup>2</sup>,烟株打顶后仍有一定的氮素吸收(占总吸收量的10%),此阶段吸收的氮素是导致上部烟叶烟碱含量过高的主要原因。另一方面,环境条件也会影响肥料形态及烟株的生长,进一步影响各化学品质的形成<sup>[14,27-28]</sup>。烟苗伸根期,气温及土壤温度较低,烟株干物质积累及养分吸收均很低;进入旺长期,气温不断升高,烟株生长加快,干物质快速积累、土壤养分得到快速利用,由于烤烟生物量的“稀释效应”,烟叶中氮和钾的含量不断降低;进入成熟期,土壤表现出一定的供氮能力,烟株氮素积累仍在继续增加,这可能是由于追肥时间较晚且土壤有机质在高温高湿的环境下矿化明显的缘故<sup>[24]</sup>。

综上所述,目前该烟区施肥主要问题有:总体施肥量较高,且基肥施用量占比高;烤烟大田生育前期(0~36 d)肥料用量大,由于烟株生长较慢,导致肥料养分利用率低;最后一次施专用追肥(43 d)偏晚,且

土壤有机质含量较高,使得后期烟株脱氮困难,造成上部烟叶烟碱含量过高。建议:①在当地烟区开展氮肥减量和降基调追小区试验,根据研究结果推荐适合当地的氮素用量水平和基追比,最后一次追施氮肥在烟苗移栽后30 d前后完成;②选取合适的肥料类型,如烟草控释专用肥<sup>[29]</sup>,既适应于当地早期施肥的习惯,也能通过肥料控释减少肥料损失和满足烤烟生育中期的养分需求;③接种促生微生物促进烟苗早发壮苗<sup>[30]</sup>,增强烤烟烟苗生育前期的养分吸收利用能力,提高肥料利用率;④施用高效多功能叶面肥或施加外源碳调控烟叶碳氮代谢,改善烟叶糖分和烟碱含量和比例。通过合理应用这些措施,以达到提高烤烟烟叶品质的目的。

## 4 结论

通过研究湘南烟区常规施肥模式下烤烟整个大田生育阶段土壤养分供应及烤烟烟株对氮磷钾的吸收利用特征,结合分析不同部位烤制烟叶化学成分失调情况,明确了现有施肥模式下土壤养分供应与烟株生长不匹配以及肥料养分利用率不高等问题,提出了减施基肥、优化施肥模式以及使用烟草控释肥料、应用促生微生物、高效多功能叶面肥和外源碳等对策。

## 参考文献:

- [1] 邹厚玉,李阳. 加强现代烟草农业建设 推动“原料保障上水平”[C]//广西烟草学会 2012 年学术年会论文集. 2016: 705-710.
- [2] 赵锦超,顾勇,张永辉,等. 不同氮磷钾配比施肥对云烟 87 烤烟农艺性状及经济性状的影响[J]. 现代农业科技, 2017(11): 9-11.
- [3] 李志鹏,刘浩,周涵君,等. 基肥与追肥比例对烤烟生长发育和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(24): 59-63.
- [4] 彭桂芬,肖祯林,张辉,等. 氮素形态对烤烟品质影响的研究[J]. 云南农业大学学报, 1999, 14(2): 141-147.
- [5] 李孝刚,彭曙光,靳志丽,等. 有机物料对植烟土壤氮素矿化及微生物性质的影响[J]. 土壤学报, 2021, 58(1): 225-234.
- [6] 宋建群,徐智,汤利,等. 不同有机肥对烤烟养分吸收及化肥利用率的影响[J]. 云南农业大学学报, 2015, 30(3): 471-476.
- [7] Ju X T, Chao F C, Li C J, et al. Yield and nicotine content of flue-cured tobacco as affected by soil nitrogen mineralization[J]. *Pedosphere*, 2008, 18(2): 227-235.
- [8] Yan S, Niu Z Y, Yan H T, et al. Biochar application significantly affects the N pool and microbial community structure in purple and paddy soils[J]. *PeerJ*, 2019, 7: e7576.

- [9] 张明发, 田峰, 邓小华, 等. 精准施肥对土壤性状和烟叶质量的影响[J]. 华北农学报, 2018, 33(S1): 186-190.
- [10] 杜坚, 王珂清, 张建强, 等. 我国不同生态区云烟 87 烟叶主要化学成分及感官风格差异[J]. 中国烟草科学, 2018, 39(2): 96-102.
- [11] 黎妍妍, 许自成, 肖汉乾, 等. 湖南省主要植烟区土壤肥力状况综合评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(11): 179-183.
- [12] 马文广, 周义和, 刘相甫, 等. 我国烤烟品种的发展现状及对策展望[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(1): 116-122.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [14] 邹凯, 肖钦之. 邵阳烟区气象因素与烤烟化学因子相关性分析[J]. 湖南农业科学, 2017(9): 24-27.
- [15] 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.
- [16] 杨志晓, 张小全, 毕庆文, 等. 不同覆盖方式对烤烟成熟期根系活力和叶片衰老特性的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(2): 153-157.
- [17] 叶协锋, 李志鹏, 于晓娜, 等. 腐熟有机肥在烤烟生长期田间养分矿化释放特征的研究[J]. 中国烟草学报, 2017, 23(3): 80-86.
- [18] 陈顺辉, 李文卿, 谢昌发, 等. 烟田土壤养分移动规律研究——I. 氮、磷、钾的移动规律[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(2): 13-16, 22.
- [19] 云南省烟草农科院. 云烟 87 种栽培技术要点[OL]. 2017-12-14(2019-11-11). [https://www.yn-tobacco.com/gzfw/rqfw/yn/zhjs/201712/t20171214\\_211989.html](https://www.yn-tobacco.com/gzfw/rqfw/yn/zhjs/201712/t20171214_211989.html).
- [20] 端永明, 张廷金, 徐兴阳, 等. 纯氮减施对烤烟几项性状的影响研究[J]. 昆明学院学报, 2015, 37(3): 6-12.
- [21] 唐莉娜, 熊德中. 土壤酸度的调节对烤烟根系生长与烟叶化学成分含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 69-71.
- [22] 颜晓军, 苏达, 郑朝元, 等. 长期施肥对酸性土壤磷形态及有效性的影响[J]. 土壤, 2020, 52(6): 1139-1144.
- [23] Jiang H M, Zhang J F, Yang J C. Optimal nitrogen management enhanced external chemical nitrogen fertilizer recovery and minimized losses in soil-tomato system[J]. Journal of Agricultural Science, 2015, 7(3).
- [24] Wang S S, Shi Q M, Li W Q, et al. Nicotine concentration in leaves of flue-cured tobacco plants as affected by removal of the shoot apex and lateral buds[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2008, 50(8): 958-964.
- [25] 姜俊红, 郑荣豪, 汪军, 等. 水氮磷钾四因素对烤烟烟碱含量的影响研究[J]. 节水灌溉, 2016(6): 1-5,9.
- [26] Xie Z J, He Y Q, Xu C X, et al. Effects of transplanting time on 15-nitrogen utilization and industrial quality of flue-cured tobacco[J]. Revista Brasileira De Ciência Do Solo, 2017, 41: e0160537.
- [27] Peng S Z, Gao X L, Yang S H, et al. Water requirement pattern for tobacco and its response to water deficit in Guizhou Province[J]. Water Science and Engineering, 2015, 8(2): 96-101.
- [28] 李平, 周清明, 杨虹琦, 等. 湘南烟区气象因子与烤烟理化指标分析[J]. 烟草科技, 2013, 46(11): 61-66.
- [29] 丁洪, 郑祥洲, 唐莉娜, 等. 控释专用肥在烟草上应用效应研究[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(5): 33-37.
- [30] 胡小东, 柴云霞, 邹阳, 等. 烤烟根际促生菌应用研究进展[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(5): 119-125.