

# 福建龙岩烟区烤烟施肥关键参数研究

荆晓雯<sup>1</sup>, 曾文龙<sup>2</sup>, 蒋鸿月<sup>3</sup>, 钟小丽<sup>2</sup>, 边立丽<sup>1</sup>, 李志宏<sup>1</sup>, 兰其骏<sup>2</sup>,  
张云贵<sup>1</sup>, 吴树松<sup>2</sup>, 蒋代兵<sup>2</sup>, 郭学清<sup>2</sup>, 刘青丽<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 福建省烟草公司龙岩市公司, 福建 龙岩 364000; 3. 云南农业大学烟草学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 为了研究福建省龙岩市烟区不同肥料用量下烤烟的肥料效应, 确定适宜的肥料施用量, 在福建省龙岩市, 以当地主栽品种云烟 87 为材料, 开展了氮肥 6 水平、磷钾肥 2 水平的肥料田间试验。研究了氮、磷、钾肥料配合施用对烤烟养分吸收量、相对产量及限制产量的养分因素、经济性状及肥料利用率的影响。结果表明: 在烤烟生育期内, 氮、磷、钾的养分积累量表现为钾 > 氮 > 磷, 养分积累主要集中在旺长期。缺素会使龙岩烟区烤烟产量和经济性状降低, 缺氮、缺磷、缺钾对烤烟产量和经济性状的影响大小表现为缺氮 > 缺磷 > 缺钾。不同施氮处理中, N3 处理 (N: 135 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 105 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O: 375 kg/hm<sup>2</sup>) 的各项指标最优, 分别为产量 2053.17 kg/hm<sup>2</sup>、上等烟比例 79.64%、中上等烟比例 95.64%、产值 61850.36 元/hm<sup>2</sup>、均价 30.12 元/kg、氮肥利用率 31.27%、农学利用率 11.28 kg/kg、偏生产力 15.21 kg/kg。用肥料效应方程对施氮量和烟叶产量进行拟合, 方程为  $y = 511.488 + 1.3614x + 0.116x^2 - 0.0004x^3$  ( $R^2 = 0.9812$ )。综合烟叶产量、肥料利用率和经济效益, 龙岩地区推荐施氮量为 135.0 ~ 177.2 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 烤烟; 氮磷钾; 推荐施肥; 肥料效应方程

在烟草种植中, 氮素是影响烤烟生长发育和烟叶产量的重要因素, 氮元素供应量不足时, 烤烟叶片易发黄、短小, 从而影响烟叶产量<sup>[1]</sup>, 钾素和磷素对烤烟的品质有很大影响<sup>[2-4]</sup>。而在实际生产中, 种植农户常为追求烟叶产量而过量施用化肥。化肥的过量施用不仅会导致土壤中氮、磷、钾等元素比例失衡, 且会使土壤性质恶化、病害常发、降低烤烟品质并增加水源污染<sup>[5-8]</sup>。福建省是我国烟草种植生产的主要地区之一, 种植面积为 4.7 万 hm<sup>2</sup>, 产量为 100476 t<sup>[9]</sup>, 烟草种植主要分布在龙岩、三明、南平。近年来, 福建省积极响应国家政策, 推行化肥优化减量, 实现烟草绿色生产, 本研究在福建省龙岩市长汀县开展烤烟精准施肥试验, 设置不同梯度的氮、磷、钾水平, 通过肥料效应函数, 测试不同施肥量对烤烟生育期内生长状况及品

质的影响, 分析确定最佳施肥量, 为福建省龙岩市生产优质烤烟提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于福建省龙岩市长汀县濯田镇东山村, 116° 18' 9" E、25° 32' 57" N, 海拔 276.4 m, 土壤类型为红壤, pH 值为 5.1, 略低于烤烟生长的最适 pH<sup>[2]</sup>。其他养分含量分别为碱解氮含量 123.1 mg/kg, 有效磷含量 47.6 mg/kg, 速效钾含量 317.7 mg/kg, 有机质含量 28.6 g/kg。图 1 显示, 烤烟生长季平均温度

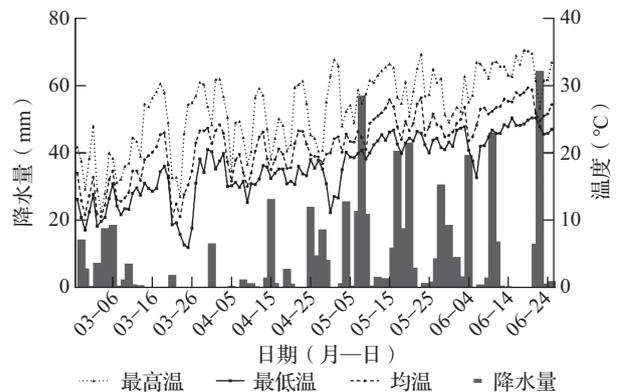


图 1 烤烟生长季主要气候条件

收稿日期: 2023-08-21; 录用日期: 2023-12-03

基金项目: 中国烟草总公司福建省公司科技项目 (2021250000240020)。

作者简介: 荆晓雯 (1997-), 在读硕士研究生, 研究方向为作物养分管理, E-mail: jingxiaowen2021@163.com。

通讯作者: 刘青丽, E-mail: liuqingli@caas.cn。

为 20.2℃, 日最高气温 >25℃ 有 79 d, 其中 3 月有 12 d, 4 月有 14 d; 大田生育期降水量共 743 mm, 其中 3、4、5、6 月的降水量分别为 103.2、103.3、337.8、198.7 mm。试验期间最高气温为 30.3℃, 最低气温为 8.6℃, 平均气温为 20.1℃, 相对湿度为 75.18%。试验地无病害, 地势向阳, 不渍水且较为平整。

### 1.2 试验设计

试验设计 9 个处理, 3 次重复, 共 27 个小区, 完全随机排列。试验小区面积 0.18 hm<sup>2</sup>, 保护区面积 0.04 hm<sup>2</sup>, 试验地面积共 0.22 hm<sup>2</sup>。大田种植密度为 16500 株 /hm<sup>2</sup>, 试验设计及肥料养分投入见表 1。

表 1 肥料投放方式 (kg/hm<sup>2</sup>)

处理	基肥养分			追肥养分		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
CK	0	0	0	0	0	0
N0	0	96	210	0	9	165
N1	27	96	210	18	9	165
N2	54	96	210	36	9	165
N3	81	96	210	54	9	165
N4	108	96	210	72	9	165
N5	135	96	210	90	9	165
P0	81	0	210	54	0	165
K0	81	96	0	54	9	0

### 1.3 采样与测试

土壤样品: 试验地施肥前, 采用五点法取耕层 (0 ~ 20 cm) 土壤混合均匀, 风干磨细过筛后测定土壤全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量和 pH。

植株样品: 分别在移栽后 14、21、28、35、42、49、63、70、84、98、113 d 在各小区选取长

势均匀的烤烟两株, 分根、茎、叶 3 个部位, 烘干至恒重后记录各部位干重。所有样品粉碎后测定全氮、全磷、全钾含量, 测试方法: 全氮含量用凯氏定氮法, 全磷含量用钒钼黄比色法, 全钾含量用火焰光度法<sup>[10]</sup>。

烤后烟叶样品: 按小区挂牌采烤, 烤后烟叶按小区分级计产, 按当地当年烤烟收购价计算烤烟产值。

### 1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2010、Origin 2021 和 SPSS 26.0 进行统计分析。烤烟氮、磷、钾肥的吸收利用率、农学利用率和偏生产力计算方法相同<sup>[11]</sup>, 以氮肥为例介绍如下:

$$\begin{aligned} \text{氮肥利用率}(\%) &= (\text{施氮区作物吸氮量} - \text{无氮区作物吸氮量}) / \text{施氮区施氮量} \times 100 \\ \text{氮肥农学利用率}(\text{kg/kg}) &= (\text{施氮区作物烟叶产量} - \text{无氮区作物烟叶产量}) / \text{施氮区施氮量} \\ \text{氮肥偏生产力}(\text{kg/kg}) &= \text{施氮区烟叶产量} / \text{施氮区施氮量} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{植株氮素总吸收量}(\text{kg/hm}^2) &= \text{根部干物质量} \times \text{根部含氮量} + \text{茎部干物质量} \times \text{茎部含氮量} + \text{叶部干物质量} \times \text{叶部含氮量} \end{aligned}$$

植株磷素、钾素的总吸收量、肥料利用率、农学利用率和偏生产力与氮素计算方式相同。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同时期烤烟养分积累动态

用 Origin 2021 拟合 N3 处理下烤烟移栽后的养分积累过程, 拟合采用 Logistic 函数 (图 2)。在整个生育期烤烟对氮、磷、钾的积累呈“慢—快—慢”的“S”形曲线, 烤烟对钾素吸收最强烈, 氮素次之, 对磷素吸收一直处于较低的水平。

从表 2 可以看出, 不同生育时期, 氮、磷、钾养分在旺长期的积累量最大, 分别是 40.28、4.39、98.91 kg/hm<sup>2</sup>, 占全生育期积累总量的比例分别为 79.46%、73.41%、64.61%。伸根期氮、磷、钾积累量分别为 7.70、0.74、12.42 kg/hm<sup>2</sup>, 占全生育期积累总量的比例分别为 15.19%、12.37%、8.11%。成熟期氮、磷、钾积累量分别为 2.71、0.85、41.75 kg/hm<sup>2</sup>, 占全生育期积累总量的比例分别为 5.35%、14.21%、27.27%。

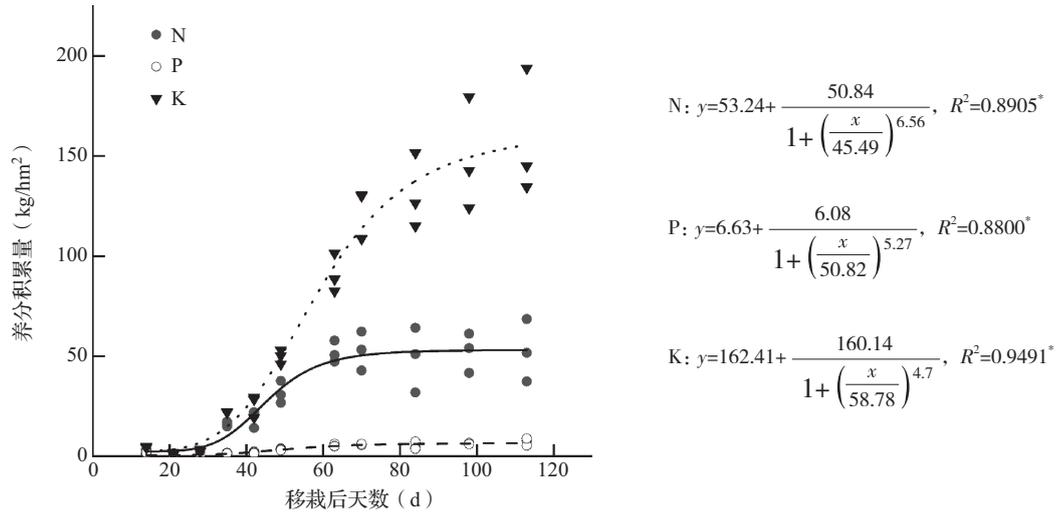


图2 N3处理下大田期养分吸收动态

注: \*代表显著性水平达到0.05。下同。

表2 N3处理下不同生育期烤烟养分累积

生育时期	各时期养分积累 (kg/hm <sup>2</sup> )			占全生育期累积 总量比例 (%)		
	N	P	K	N	P	K
	伸根期 (14 ~ 35 d)	7.70	0.74	12.42	15.19	12.37
旺长期 (36 ~ 70 d)	40.28	4.39	98.91	79.46	73.41	64.61
成熟期 (71 ~ 113 d)	2.71	0.85	41.75	5.35	14.21	27.27

表3 不同处理下烤烟产量及增产效果

处理	养分施用量 (kg/hm <sup>2</sup> )			产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增产 (%)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
CK	0	0	0	494.39e	—
N0	0	105	375	530.36e	7.28e
N1	45	105	375	817.95d	65.45d
N2	90	105	375	1190.04c	140.71c
N3	135	105	375	2053.17a	315.29a
N4	180	105	375	2056.85a	316.04a
N5	225	105	375	2121.43a	329.10a
K0	135	0	375	2027.39a	310.08a
P0	135	105	0	1797.32b	263.54b

注: 不同小写字母表示处理间差异显著 (P<0.05)。下同。

## 2.2 不同处理烤烟相对产量与限制产量的养分因素

不同施肥处理烤烟产量及增产效果见表3, N0、N1、N2处理的产量分别为530.36、817.95、1190.04 kg/hm<sup>2</sup>, 与CK相比, N0、N1和N2处理分别增产7.28%、65.45%和140.71%, 说明在施磷量和施钾量不变的情况下, 一定范围内随着氮肥施用量的增加, 烤烟产量分别逐渐增加; N3、N4和N5处理的产量为2053.17、2056.85和2121.43 kg/hm<sup>2</sup>, 较CK分别增产315.29%、316.04%和329.10%, 表明当施氮量到达一定数量后, 氮肥的增加并不会会有显著的增产效果。另外, N0处理的产量为530.36 kg/hm<sup>2</sup>, 相对于CK增产7.28%; P0处理产量为1797.32 kg/hm<sup>2</sup>, 相对于CK增产263.54%; K0处理的产量为2027.39 kg/hm<sup>2</sup>, 相对于CK增产310.08%, 表明缺氮对于龙岩市烤烟产量的影响最大, 其次是缺磷, 影响最小的是缺钾, 氮肥是限制龙岩市烤烟田间生长的主要因素。

## 2.3 不同处理的烤烟经济性状

不同施肥处理的烤烟经济性状见表4, 随施氮量不断增加, 烟叶产值逐渐增加, N3处理时产值达到最大, 为61850.36元/hm<sup>2</sup>, 均价达到30.12元/kg。随着施氮量的增加, 产量升高但产值降低, 产值、均价与上等烟、中上等烟比例同步增减。在N5处理时烤烟获得最大产量, 为2121.43 kg/hm<sup>2</sup>, 此水平的烤烟上等烟比例、中上等烟比例、产值、均价分别为68.64%、90.14%、58482.24元/hm<sup>2</sup>、27.57元/kg, 略低于N3、N4处理。缺素处理N0、P0、K0的各经济指标均小于N3、N4、N5处理, 产量分别为530.36、

1797.32、2027.39 kg/hm<sup>2</sup>，产值分别为 2227.50、45070.34、50612.29 元/hm<sup>2</sup>。可见，在一定范围内提高氮肥投入可以提升烤烟各经济指标，而过度投入氮肥并不能使经济性状有所提升，反而会使其降低。微量元素会使烤烟经济性状显著降低，不同养分对烤烟经济性状的影响为氮 > 磷 > 钾。

表 4 不同处理烤烟经济性状

处理	上等烟比例 (%)	中上等烟比例 (%)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (元/hm <sup>2</sup> )	均价 (元/kg)
CK	0.00f	0.00f	494.39e	2076.45g	4.20f
N0	0.00f	0.00f	530.36e	2227.50g	4.20f
N1	0.00f	50.43e	817.95d	10781.41f	13.18e
N2	56.44d	86.50c	1190.04c	29358.32e	24.67d
N3	79.64a	95.64a	2053.17a	61850.36a	30.12a
N4	73.99b	92.12b	2056.85a	59149.11b	28.76b
N5	68.64c	90.14b	2121.43a	58482.24b	27.57c
K0	55.70d	83.55d	2027.39a	50612.29c	24.96d
P0	51.97e	86.23c	1797.32b	45070.34d	25.08d

#### 2.4 不同处理烤烟肥料利用率

分别计算 N1 ~ N5 处理的肥料利用率、农学利用率和偏生产力 (表 5)。

作物养分管理中，肥料利用率是衡量施肥是否合理的重要指标，其中，肥料利用率反映的是作物整株对肥料的利用程度，肥料农学利用率和偏生产力反映的是肥料对作物产品产量的增产作用。根据表 5，不同施肥水平下，N2 处理的氮肥利用率最高，N3 处理的氮肥农学利用率和偏生产力最高，说明在 N2 处理下，烤烟整株对氮肥的利用率最高，而在 N3 处理下，氮肥对烤烟烟叶产量的增产作用最强。在磷、钾用量相同的情况下，N3 ~ N5 处理氮肥用量逐渐增加，但氮肥的偏生产力逐渐降低，符合“报酬递减”定律，即当施氮量增加到一定程度时，随着施氮量的继续增加，单位氮肥对烤烟的增产作用逐渐减弱。同时，N1 ~ N5 处理氮肥利用率和氮肥农学利用率呈先升高后降低的趋势，表明氮肥只有在合理投入的情况下才能发挥最大的效率，投入过高或过低均不利于氮肥有效养分的发挥。

表 5 不同处理烤烟肥料利用率

处理	氮肥			磷肥		钾肥	
	利用率 (%)	农学利用率 (kg/kg)	偏生产力 (kg/kg)	农学利用率 (kg/kg)	偏生产力 (kg/kg)	农学利用率 (kg/kg)	偏生产力 (kg/kg)
N1	29.61c	6.39c	18.18a	—	7.79c	—	2.18c
N2	45.60a	7.33bc	13.22c	—	11.33b	—	3.17b
N3	31.27bc	11.28a	15.21b	2.44b	19.55a	0.07ab	5.48a
N4	32.49b	8.48b	11.43d	2.47b	19.59a	0.08b	5.48a
N5	30.72bc	7.07c	9.43f	3.09a	20.20a	0.25a	5.66a

在本试验条件下，磷肥和钾肥的农学利用率和偏生产力均随着施氮量的增加而增大，但增大范围有限，可见，在一定的施氮范围内，施氮量的增加并不能使磷肥和钾肥的肥料农学利用率和偏生产力有显著提升。

#### 2.5 烤烟氮肥效应方程

将施氮量与烟叶产量进行拟合，得到氮的肥料效应函数  $y=511.488+1.3614x+0.116x^2-0.0004x^3$ ，方程符合报酬递减规律，烟叶最高产量为 2223.88 kg/hm<sup>2</sup>，其对应的施氮量为 199.0 kg/hm<sup>2</sup>。计算该模型下的肥料边际效益，增加单位施肥量所产生的作物产量增加量为边际产量，增加单位施肥量

所产生的成本增加量为边际成本，当边际产量与边际成本相等时，肥料边际效益最大，此时的施肥量为最佳经济施肥量。已知  $P_N$  为氮肥单价 7.23 元/kg， $P_Y$  为烟叶单价 30.12 元/kg，根据单个处理施氮量计算的氮肥最佳经济施氮量和最大产量施氮量分别为 135.0 和 177.2 kg/hm<sup>2</sup>。采用本研究的肥料效应方程高估了氮肥的增产作用，导致计算的氮肥最高产量施肥量偏高，同时，用烤烟的田间长势和烟叶产值与单个处理计算的氮肥最佳经济施肥量与最高产量施肥量相符合。综合上述研究，龙岩烟区的推荐施氮量范围为 135.0 ~ 177.2 kg/hm<sup>2</sup>。

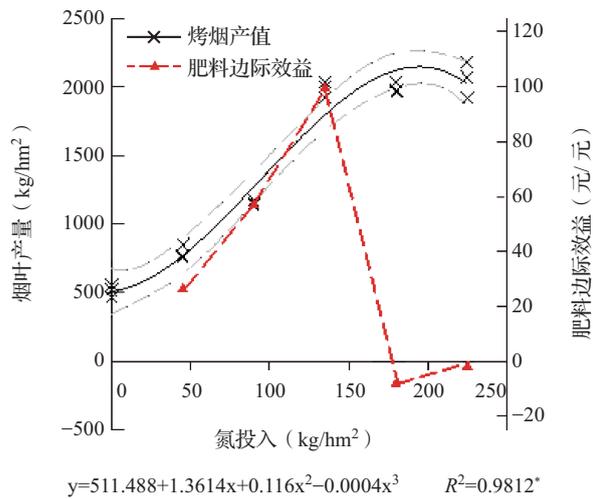


图3 施氮量与产量的关系

### 3 讨论

#### 3.1 烤烟施氮量计算方法及评价指标

烤烟生长对氮肥的施用量要求严格, 过高或过低投入氮肥均不利于烟叶的正常生长与成熟。肥料效应方程法是作物施肥推荐中的一种常见手段<sup>[12]</sup>。但是, 肥料效应方程法推荐施肥仍存在问题, 章明清等<sup>[13]</sup>的研究表明, 肥效模型存在多重共线性、异方差等问题; 王兴仁等<sup>[14]</sup>研究也表明, 肥料函数在推荐最佳施肥量时忽视边际分析方法的应用条件, 导致结果偏高。本试验通过分析不同氮肥投入对烤烟边际效益的影响, 发现利用肥料效应函数求导推荐的最高产量施氮量和最佳经济施氮量的结果偏高, 容易忽视实际成本带来的误差, 但本研究烤烟的田间长势和烟叶质量支持单个处理计算的氮肥最佳经济施肥量和最高产量施肥量。根据边际效益推荐当地云烟 87 的田间施氮量范围为 135.0 ~ 177.2 kg/hm<sup>2</sup>, 当地农户习惯施氮量为 142.5 ~ 150.0 kg/hm<sup>2</sup>, 处于推荐范围内, 说明肥料施用量合理。

肥料利用率是评价烤烟施肥量是否合理的关键指标。本试验利用差值法计算烤烟的氮肥利用率, 得到最接近当地农民习惯施肥的 N3 处理的氮肥利用率为 31.27%, 氮肥利用率最高的是 N2 处理, 为 45.60%, 与其他产区相比处于中等水平<sup>[15-17]</sup>。另外, 本试验当中的磷肥和钾肥的农学利用率和偏生产力均处于较低水平, 这可能是由于土壤中的养分背景值过高而导致的养分发挥不足。

#### 3.2 气候因素对烤烟施氮量的影响

施氮量受气象、土壤性质、作物种类、大田管

理等诸多因素影响, 祝利等<sup>[18]</sup>研究发现, 湖南烟区适宜施氮量为 142.5 ~ 172.5 kg/hm<sup>2</sup>, 同时采用适宜氮、磷、钾肥料配比并增施饼肥和土壤调理剂, 可以改良土壤、提高土壤养分含量, 周健飞等<sup>[19]</sup>研究发现, 南阳烟区适宜施氮量为 30 ~ 60 kg/hm<sup>2</sup>, 李君等<sup>[11, 20]</sup>研究发现, 泸州烟区适宜施氮量为 69.5 ~ 79.5 kg/hm<sup>2</sup>, 冕宁烟区适宜氮、磷、钾肥料施用量分别为 81 ~ 90、90 ~ 95、270 kg/hm<sup>2</sup>, 并建议氮、钾肥采用基追肥方式, 追肥于移栽后 6 ~ 7 周进行。与其他地区相比, 龙岩烟区的适宜施氮量处于较高水平, 这与当地烤烟生育期内降水量较大有一定关系。在当地烤烟生育期内, 移栽期和成熟期降水量较大且比较集中, 暴雨强度值在 67.5 ~ 79.8 mm/d, 且平均暴雨强度随年份递增呈增加趋势<sup>[21]</sup>。土壤中氮的流失量会随着降水强度的增大而增加<sup>[22]</sup>, 因此, 需适当增加施氮量来进行补充。

### 4 结论

缺素会影响龙岩烟区烟叶产量及经济性状, 不同元素对烟叶产量和经济性状的影响为氮 > 磷 > 钾, 氮素为限制龙岩烟区烟叶产量和经济性状的主要因素。适量施用氮肥可以促进烤烟养分积累、提高肥料利用率, 达到增产增值的目的。本试验中, N3 处理 (N: 135 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 105 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O: 375 kg/hm<sup>2</sup>) 烤烟各项经济指标最优, 过量施用氮肥不仅不会达到增产效果, 还会影响烤烟生长并产生浪费。根据氮肥效应方程, 推荐龙岩烟区适宜施氮量为 135.0 ~ 177.2 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 何仲秋, 刘洋, 王艺, 等. 缺氮对烤烟叶片性状与叶绿素含量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2021, 49 (10): 149-152.
- [2] 倪霞, 鲁韦坤, 查宏波, 等. 生态因子对烟叶化学成分影响的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (3): 1355-1359.
- [3] 王艳丽, 王京, 刘国顺, 等. 磷施用量对烤烟根系生理及叶片光合特性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22 (2): 410-417.
- [4] 沈方科, 李婷, 王蕾, 等. 钾素营养对烟株氮代谢及烟叶品质形成的影响 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (9): 214-219.
- [5] 张晓伟, 龙杰, 张轲, 等. 氮磷钾减量配施钾长石土壤调理剂对烤烟产质量及养分利用率的影响 [J]. 西南农业学报,

- 2023, 36 (1): 187-193.
- [6] 孙计平, 李丽华, 薛松格, 等. 苗期减量施肥对不同烤烟品种(系)生长发育的影响[J]. 浙江农业科学, 2023, 64 (3): 593-598.
- [7] 曹本福, 桂阳, 祖庆学, 等. 减量施肥下聚天冬氨酸对烤烟生长、产量及养分吸收的影响[J]. 中国烟草科学, 2018, 39 (5): 57-63.
- [8] 杨启航, 刘永来, 李淮源, 等. 水肥一体化减量施肥对坡地烤烟肥料利用率及土壤养分平衡的影响[J]. 西南农业学报, 2020, 33 (9): 2027-2036.
- [9] 福建省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [10] 王军, 田俊岭, 刘兰, 等. 施肥水平对烤烟的干物质、养分积累及分配的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38 (22): 8-14.
- [11] 李君, 张云贵, 谢强, 等. 泸州烤烟养分管理的关键技术参数研究[J]. 中国土壤与肥料, 2020 (2): 100-106.
- [12] 杨生婷. 肥料配比对烤烟产量品质的影响[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2012.
- [13] 章明清, 李娟, 孔庆波, 等. 作物肥料效应函数模型研究进展与展望[J]. 土壤学报, 2016, 53 (6): 1343-1356.
- [14] 王兴仁, 陈新平, 张福锁, 等. 施肥模型在我国推荐施肥中的应用[J]. 植物营养与肥料学报, 1998 (1): 67-74.
- [15] 朱经伟, 李志宏, 彭友, 等. 整治烟田无机氮肥管理对烤烟氮素综合利用的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29 (1): 126-132.
- [16] 邹勇, 叶晓青, 余志虹, 等. 始兴烟区旱地烤烟氮素利用及生态经济适宜施氮量[J]. 中国烟草科学, 2015, 36 (4): 29-33.
- [17] 陈萍, 李明福, 李天福. 云南植烟土壤肥料利用率研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27 (18): 125-129.
- [18] 祝利, 钟广, 曹明锋, 等. 施氮量及氮磷钾配比对土壤养分及烤烟生长发育的影响[J]. 作物研究, 2022, 36 (6): 525-529.
- [19] 周健飞, 陈秀华, 彭玉富, 等. 氮肥施用量对南阳烟区3个烤烟新品种产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2018, 46 (3): 44-49.
- [20] 李君, 张云贵, 刘青丽, 等. 冕宁烤烟推荐施肥关键参数试验研究[J]. 中国土壤与肥料, 2022 (2): 80-85.
- [21] 马治国, 李文卿, 王芳, 等. 福建烤烟种植区暴雨变化特征分析[J]. 海峡科学, 2017 (6): 68-71.
- [22] 王月, 房云清, 纪婧, 等. 不同降雨强度下旱地农田氮磷流失规律[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36 (6): 814-821.

#### Study on key parameters of fertilizer application for flue-cured tobacco in Longyan

JING Xiao-wen<sup>1</sup>, ZENG Wen-long<sup>2</sup>, JIANG Hong-yue<sup>3</sup>, ZHONG Xiao-li<sup>2</sup>, BIAN Li-li<sup>1</sup>, LI Zhi-hong<sup>1</sup>, LAN Qi-jun<sup>2</sup>, ZHANG Yun-gui<sup>1</sup>, WU Shu-song<sup>2</sup>, JIANG Dai-bing<sup>2</sup>, GUO Xue-qing<sup>2</sup>, LIU Qing-li<sup>1\*</sup> (1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 2. Longyan Branch of Fujian Provincial Tobacco Company, Longyan Fujian 364000; 3. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201)

**Abstract:** In order to study the fertilizer effect of flue-cured tobacco under different fertilizer dosage and determine the appropriate fertilizer application dosage, a field experiment was carried out in Longyan city, Fujian province, using Yunyan 87, the local main cultivar, as the material. The effects of combined application of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) fertilizers on nutrient uptake, relative yield, nutrient factors limiting yield, economic characteristics and fertilizer utilization rate of flue-cured tobacco were studied. The results showed that the nutrient accumulation of N, P and K was  $K > N > P$  during the growth period of flue-cured tobacco, and the nutrient accumulation mainly concentrated in the flourishing period. The yield and economic properties of flue-cured tobacco in Longyan tobacco area were reduced by lack of nutrients. The effects of lack of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and economic properties of flue-cured tobacco were as follows: lack of nitrogen > lack of phosphorus > lack of potassium. In different nitrogen application treatments, N3 treatment (N: 135 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 105 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O: 375 kg/hm<sup>2</sup>) had the best indicators. The yield was 2053.17 kg/hm<sup>2</sup>, the proportion of high-grade tobacco was 79.64%, the proportion of medium-grade tobacco was 95.64%, the output value was 61850.36 Yuan/hm<sup>2</sup>, the average price was 30.12 Yuan/kg, the nitrogen utilization rate was 31.27%, the agronomic utilization rate was 11.28 kg/kg, and the partial productivity was 15.21 kg/kg. Nitrogen application and tobacco yield were fitted with the fertilizer effect equation, which was  $y=511.488+1.3614x+0.116x^2-0.0004x^3$  ( $R^2=0.9812$ ). Considering tobacco yield, fertilizer utilization rate and economic benefit, the recommended nitrogen application rate in Longyan area is 135.0-177.2 kg/hm<sup>2</sup>.

**Key words:** flue-cured tobacco; nitrogen, phosphorus and potassium; recommended fertilization; fertilizer effect equation