

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.22774

基于插值法分析施肥量和留叶数对烤烟的影响

朱经伟¹, 张恒¹, 刘青丽², 彭友³, 刘艳霞¹, 李寒¹, 王新修², 马亚欢⁴,
张燕⁴, 王红星⁵, 方正华^{6*}, 杨磊^{7*}

(1. 贵州省烟草科学研究院, 贵州 贵阳 550081; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 3. 贵州省烟草公司遵义市公司, 贵州 遵义 563099; 4. 云南农业大学烟草学院, 云南 昆明 650231; 5. 贵州中烟工业有限责任公司, 贵州 贵阳 550001; 6. 福建中烟工业有限责任公司, 福建 厦门 361009; 7. 湖南中烟工业有限责任公司, 湖南 长沙 410000)

摘要: 为明确烤烟适宜的施肥量和留叶数, 提升烟叶生产过程中的综合效益, 以施肥量和留叶数为变量, 采用正交试验设计, 通过插值的方法分析了不同施肥量、留叶数对烤烟农艺性状、经济性状、品质性状的影响。结果表明: 随着施肥量由 $450 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 增加至 $600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 烤烟长势显著提升, 产量、均价、中部和上部烟叶主要化学成分协调性评价总分逐渐提高; 随着留叶数由每株 16 片增加至 20 片, 成熟期最大叶面积与倒 3 叶面积差值逐渐增大, 株形呈“倒塔形”-“筒形”-“塔形”变化。产量、产值分别提高 20.8%、18.8%, 上等烟率、均价分别降低 7.6%、1.5%, 烟叶种植净收益逐渐提高, 中部和上部烟叶主要化学成分协调性评价总分均呈现先升高后降低的变化趋势。在烟叶生产过程中, 适度提高养分供给强度, 并增加留叶数, 有利于提高烟叶品质, 且烟农种植净收益较高。

关键词: 施肥量; 留叶数; 烤烟; 株形; 品质

烤烟是中国最主要的经济作物之一, 也是当前中式卷烟的重要原料基础^[1-2]。在特定的生态气候和品种条件下, 施肥量和留叶数均是烟株营养调控的基础手段, 与烤烟的生长发育、经济性状、品质性状密切相关^[3-6]。施肥量过高, 特别是氮肥过量施用会造成中、上部烟叶的烟碱、蛋白质等含氮化合物积累, 叶片不易成熟, 烟叶外观品质和主要化学成分协调性降低^[7-9]; 而施肥不足则会导致种植收益下降, 直接影响烟农生产积极性。留叶数是影响烤烟株形发育、烟叶外观质量、化学成分协调性的另一重要因素。随着留

叶数降低, 叶面积增加, 中部叶单叶重、身份、叶面密度、填充值显著增加, 含梗率降低, 烟碱含量逐渐增加, 糖碱比逐渐降低, 品质性状趋于劣化^[10-11]。因此, 适宜的施肥量、留叶数不仅是优质卷烟原料的关键保障措施, 也是烟叶生产供需平衡的基础。

为寻求合理的烤烟施肥量与留叶数, 科研人员通过多种途径开展了相关研究。刁朝强等^[12]分别以施肥量、留叶数为变量, 田间试验研究发现, 随着施氮量由 $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 增加至 $135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 烟叶产量由 $2353.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 增加至 $2553.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 而产值呈先升高后降低的变化趋势; 可采叶片数由每株 22 片降低至 16 片, 产值、产量、中部和上部烟叶主要化学成分协调性评价总分均逐渐降低^[11]。赵会纳等^[7]与刘碧荣等^[13]通过正交试验设计的方式研究施氮量与留叶数对烤烟产量和质量的影响, 发现高施氮量有利于提高烤烟产量, 但不利于提升上部叶感官质量, 与烟叶含氮化合物呈正相关关系, 而留叶数则与之呈负相关关系。虽然众多研究解析了施肥量、留叶数与烟叶经济性状、品质性状间的关系, 但对烤烟株形、烟农净收益以及烟叶化学成分协调性的综合分析研究

收稿日期: 2022-12-09; 录用日期: 2023-07-21

基金项目: 中国烟草总公司贵州省公司科技项目“贵州省基本烟田土壤质量长期定位监测”(201802); “烤烟水溶根施肥作用机制及关键技术优化与应用”(201906); “烤烟根区调控与施肥关键技术研究”(201912); “黔西南优质生态烟叶生产技术集成与示范”(KY2022JD0002); “福建中烟贵州基地单元高品质上部烟叶开发技术集成研究与应用”(3021350000340504)。

作者简介: 朱经伟(1988-), 硕士, 助理研究员, 研究方向为烤烟养分管理。E-mail: hiz_j_w@163.com。

通讯作者: 方正华, E-mail: 270598723@qq.com; 杨磊, E-mail: 1092518523@qq.com。

较少。此外,插值分析法能有效描述自变量与因变量的动态变化,该方法在烟草种植区划领域研究中广泛应用^[14-17],但在田间试验烤烟群体内的研究鲜有报道。为此,本文采用插值分析的方法,探究施肥量与留叶数对烤烟农艺性状、经济性状、品质性状的影响,旨在探索新的烟叶生产形势下,适于优质烟叶原料供需协同发展的烟叶生产技术,为优化烟叶生产中施肥量与留叶数提供理论借鉴。

1 材料与方

1.1 试验材料及土壤性状

1.1.1 试验地点

试验于2021年在贵州省烟草科学研究院安顺市平坝试验基地(海拔1248.3 m, 26°26'2.1"N, 106°14'13.5"E)进行。该地区处于中国喀斯特地貌典型区,属亚热带湿润型季风气候区,年平均日照时数约1100.0 h,年平均温度14.8℃,无霜期310 d,年降水量1030~1100 mm。

1.1.2 试验材料

供试烤烟品种为云烟87,由贵州省烟草科学研究院提供。供试肥料原料采用硝酸钾、硫酸钾、尿素、氯化钾、硝酸铵、过磷酸钙、磷酸一铵,均由贵州科泰金福农业发展有限公司提供。供试土壤为黄壤,质地为黏壤土,土壤基本理化性状见表1。

1.2 试验设计

试验采用完全正交设计,设施氮量和留叶数2个因子,分别设置3个梯度(表2),共9个处理。每个处理3次重复,共27个小区,按照随机区组排列,每个小区种植4行,每行种植烤烟20株,行距1.10 m,株距0.55 m。氮(N)、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)养分按照1:1:3进行施用,其中67%的氮肥和70%的钾肥作基肥,剩余氮肥、钾肥和全部的磷肥均作追肥,在烤烟移栽后20 d以窝施的方式施用;在烤烟移栽后40 d时清除烟株脚叶2片,并于中心化开放50%时按照相应留叶数进行打顶。其他农事操作均按照当地优质烟叶生产技术规范进行。

表1 供试土壤基本理化性状

有机质 (g·kg ⁻¹)	全氮 (g·kg ⁻¹)	全磷 (g·kg ⁻¹)	全钾 (g·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)	pH	容重 (g·cm ⁻³)
34.18	2.09	0.67	16.42	163.59	10.46	324.08	5.90	1.13

表2 试验因子及其水平设置

处理	施肥量 (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O, kg·hm ⁻²)	氮肥施用量 (N, kg·hm ⁻²)	磷肥施用量 (P ₂ O ₅ , kg·hm ⁻²)	钾肥施用量 (K ₂ O, kg·hm ⁻²)	留叶数 (片·株 ⁻¹)
T1	450	90	90	270	16
T2	450	90	90	270	18
T3	450	90	90	270	20
T4	525	105	105	315	16
T5	525	105	105	315	18
T6	525	105	105	315	20
T7	600	120	120	360	16
T8	600	120	120	360	18
T9	600	120	120	360	20

1.3 样品采集与分析

1.3.1 烤烟农艺性状调查

烤烟打顶后14 d,选择各小区典型代表烟株5株,依据《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010)^[18]测量株高、茎围、最大叶长度和宽度、倒3叶(打顶端向下第3片有效叶)长度和宽

度,并按照公式(1)计算叶面积。

$$\text{叶面积} = L \times W \times 0.6345 \quad (1)$$

式中, L为叶片长度, W为叶片宽度。

1.3.2 烟叶主要经济性状指标分析

依据《烤烟》(GB 2635—1992)^[19]对各试验小区烤后烟叶进行分级,并计算各小区烟叶主要经

济性状。烤烟种植净收益计算以种植大户烟叶生产成本为基础,参照陈紫帅^[20]的方法,每千克初烤烟叶的成本组成如下:购苗费为0.46元、机械化作业费用0.51元、化学肥料费用1.68元、地膜费用0.36元、农药费0.10元、煤电费2.32元、农机维修费0.35元、人工费5.08元,合计10.86元。单位面积烤烟种植净收益按公式(2)计算:

单位面积烤烟种植净收益 $= A - (Y \times 10.86)$ (2)
式中, A 为单位面积烟叶产值, Y 为单位面积烟叶产量。

1.3.3 烟叶化学成分及相关计算公式

每个处理选取 C₃F、B₂F 等级烟叶样品 1 kg,

去梗后样品用于测定烟碱、还原糖、钾、总氮、总糖和氯的含量^[21-26],并计算糖碱比(还原糖含量与烟碱含量比值)、氮碱比(总氮含量与烟碱含量比值)和钾氯比(钾含量与氯含量比值),中部烟叶与上部烟叶主要化学成分协调性评价总分均参照《中国烟草种植区划》^[27]按公式(3)计算,同时计算对应处理的中部叶与上部叶化学成分协调性评价总分平均值与差值。

化学成分协调性评价总分 $= \sum C_i \times P_i$ (3)
式中, C_i 为烟叶主要化学成分协调性指标赋值得分,赋值方法参照表3; P_i 为烟叶主要化学成分协调性指标权重,各指标权重参照表4。

表3 烤烟化学成分指标赋值方法

指标	赋值得分					
	100分	100 ~ 90分	90 ~ 80分	80 ~ 70分	70 ~ 60分	<60分
烟碱 (%)	2.20 ~ 2.80	2.20 ~ 2.00	2.00 ~ 1.80	1.80 ~ 1.70	1.70 ~ 1.60	<1.60
		2.80 ~ 2.90	2.90 ~ 3.00	3.00 ~ 3.10	3.10 ~ 3.20	>3.20
总氮 (%)	2.00 ~ 2.50	2.50 ~ 2.60	2.60 ~ 2.70	2.70 ~ 2.80	2.80 ~ 2.90	>2.90
		2.00 ~ 1.90	1.90 ~ 1.80	1.80 ~ 1.70	1.70 ~ 1.60	<1.60
还原糖 (%)	18.00 ~ 22.00	18.00 ~ 16.00	16.00 ~ 14.00	14.00 ~ 13.00	13.00 ~ 12.00	<12.00
		22.00 ~ 24.00	24.00 ~ 26.00	26.00 ~ 27.00	27.00 ~ 28.00	>28.00
钾 (%)	≥ 2.50	2.50 ~ 2.00	2.00 ~ 1.50	1.50 ~ 1.20	1.20 ~ 1.00	<1.00
糖碱比	8.50 ~ 9.50	8.50 ~ 7.00	7.00 ~ 6.00	6.00 ~ 5.50	5.50 ~ 5.00	<5.00
		9.50 ~ 12.00	12.00 ~ 13.00	13.00 ~ 14.00	14.00 ~ 15.00	>15.00
氮碱比	0.95 ~ 1.05	0.95 ~ 0.80	0.80 ~ 0.70	0.70 ~ 0.65	0.65 ~ 0.60	<0.60
		1.05 ~ 1.20	1.20 ~ 1.30	1.30 ~ 1.35	1.35 ~ 1.40	>1.40
钾氯比	≥ 8.00	8.00 ~ 6.00	6.00 ~ 5.00	5.00 ~ 4.50	4.50 ~ 4.00	<4.00

表4 烤烟各主要化学成分指标权重

指标	烟碱	总氮	还原糖	钾	糖碱比	氮碱比	钾氯比
权重	0.18	0.10	0.15	0.09	0.27	0.12	0.11

1.4 数据处理

采用 Sigmaplot 12.0 中的克里金方法进行插值分析; Excel 2013 和 SAS 9.1 进行数据处理和正交分析,并利用 Duncan's 法进行差异显著性比较, Image color summarizer 进行等高线区域面积测算。

2 结果与分析

2.1 施肥量与留叶数对烤烟农艺性状与株形的影响

施氮量与留叶数对烤烟成熟期农艺性状的影

响如表5所示。随着施肥量逐渐增加,烤烟的株高、最大叶面积、倒3叶面积均有不同程度的增加,当施肥量达到 600 kg · hm⁻² 时,烤烟的最大叶面积、倒3叶面积分别为 1234.3、959.0 cm²,较其余施氮量处理显著增加;随着留叶数增加,烤烟的最大叶面积由 979.5 cm² 逐渐提高至 1095.8 cm²,倒3叶面积则由 955.1 cm² 降低至 686.1 cm²。说明施肥量的提高促进烤烟成熟期农艺性状的提升,增加留叶数,最大叶面积增加,倒3叶面积减少。

表 5 施肥量与留叶数对烤烟成熟期农艺性状的影响

因子	水平	株高 (cm)	茎围 (cm)	最大叶面积 (cm ²)	倒 3 叶面积 (cm ²)
施肥量	450 kg · hm ⁻²	89.3b	9.5a	932.9b	740.0b
	525 kg · hm ⁻²	96.0a	9.6a	960.4b	770.0b
	600 kg · hm ⁻²	97.2a	10.0a	1234.3a	959.0a
留叶数	16 片 · 株 ⁻¹	81.1c	9.5a	979.5b	955.1a
	18 片 · 株 ⁻¹	92.1b	9.8a	1052.3ab	827.7ab
	20 片 · 株 ⁻¹	109.4a	9.8a	1095.8a	686.1b

注：同列数据不同小写字母表示差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。下同。

在施肥量为 450 ~ 600 kg · hm⁻²、留叶数为每株 16 ~ 20 片范围内，烤烟最大叶面积与倒 3 叶面积的

差值分布如图 1 所示。当施氮量在 525 kg · hm⁻² 时，留叶数低于每株 17 片，最大叶面积小于倒 3 叶面积，株形呈“倒塔形”；当留叶数在每株 17 ~ 18 片时，最大叶面积与倒 3 叶面积的差值集中在 100 ~ 200 cm²，株形呈“筒形”；当留叶数在每株 18 ~ 20 片、施氮量达到 525 kg · hm⁻² 时，烤烟最大叶面积与倒 3 叶面积的差值集中在 300 ~ 400 cm²，达 25.2% (图 1)，株形近似“塔形”。因此，施氮量为 525 kg · hm⁻²，留叶数低于每株 18 片时，对株形影响较为显著，高于每株 18 片时，对株形影响不显著。与之相比，在更高或更低的施氮水平下，烤烟最大叶面积与倒 3 叶面积的差值会随着留叶数增加而急剧升高，导致烤烟株形向“塔形”发育。

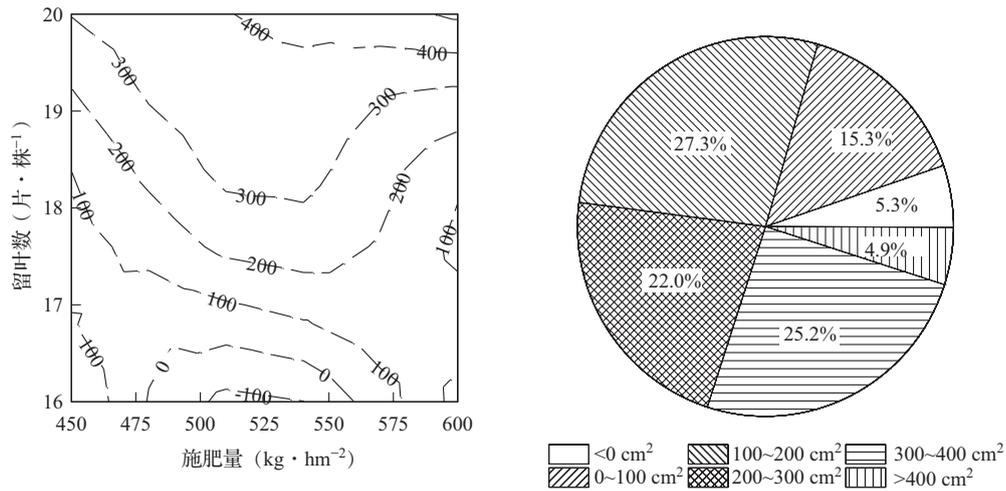


图 1 施肥量与留叶数对烤烟成熟期最大叶面积与倒 3 叶面积差值的影响

注：左图为最大叶面积与倒 3 叶面积差值在不同施肥量与留叶数水平的插值图；右图为不同最大叶面积与倒 3 叶面积差值水平在插值图中所占的面积比例。

2.2 施肥量与留叶数对烤烟经济性状的影响

随着施肥量的提高，烤烟的产量、产值、中上等烟率和均价逐渐升高，上等烟率则逐渐降低，结果如表 6 所示。与施肥量为 450 kg · hm⁻² 处理相比，当施肥量达到 600 kg · hm⁻² 时，烤烟产量、均价的提高达到显著水平，上等烟率则显著降低，说

明提高肥料用量有利于提高烤烟的产量和中上等烟的比例；留叶数对烤烟产量、产值、中上等烟率的改善均有促进作用，与每株 16 片的留叶数水平相比，留叶数为每株 20 片处理的产量、产值分别显著提高 20.8%、18.8%，上等烟率、均价分别降低 7.6%、1.5%。

表 6 施肥量与留叶数对烤烟经济性状的影响

因子	水平	产量 (kg · hm ⁻²)	产值 (万元 · hm ⁻²)	上等烟率 (%)	中上等烟率 (%)	均价 (元 · kg ⁻¹)
施肥量	450 kg · hm ⁻²	1847.0b	3.69a	49.2a	78.1a	20.0b
	525 kg · hm ⁻²	1891.3b	3.78a	46.7b	81.8a	20.0b
	600 kg · hm ⁻²	1943.5a	3.96a	45.7b	82.6a	20.4a
留叶数	16 片 · 株 ⁻¹	1721.4b	3.51b	47.2a	79.8a	20.4a
	18 片 · 株 ⁻¹	1881.7b	3.76b	44.7ab	80.3a	20.0b
	20 片 · 株 ⁻¹	2078.6a	4.17a	43.6b	82.5a	20.1b

施肥量与留叶数对烤烟种植净收益的插值分布图以施肥量 525.0 kg · hm⁻²、留叶数每株 17 片为中心呈环状分布, 如图 2 所示。当施肥量在 480 ~ 525.0 kg · hm⁻², 留叶数不超过 18 片 · 株⁻¹, 烤烟的净收益整体稳定在 1.4 万元 · hm⁻² 以内, 且在试验因子梯度范围内的比例达到 37.9%; 随着施氮量增加、留叶数减少或施氮量降低、留叶数

增加, 烤烟种植净收益呈递增趋势, 其中净收益为 1.4 万 ~ 1.6 万元 · hm⁻² 占比 35.9%, 净收益为 1.6 万 ~ 1.8 万元 · hm⁻² 占比 16.1%, 净收益为 1.8 万 ~ 2.0 万元 · hm⁻² 占比 7.1%, 净收益大于 2.0 万元 · hm⁻² 占比 3.0%。综上所述, 在高施肥量、低留叶数, 或者低施肥量、高留叶数水平下, 烤烟种植的净收益较高。

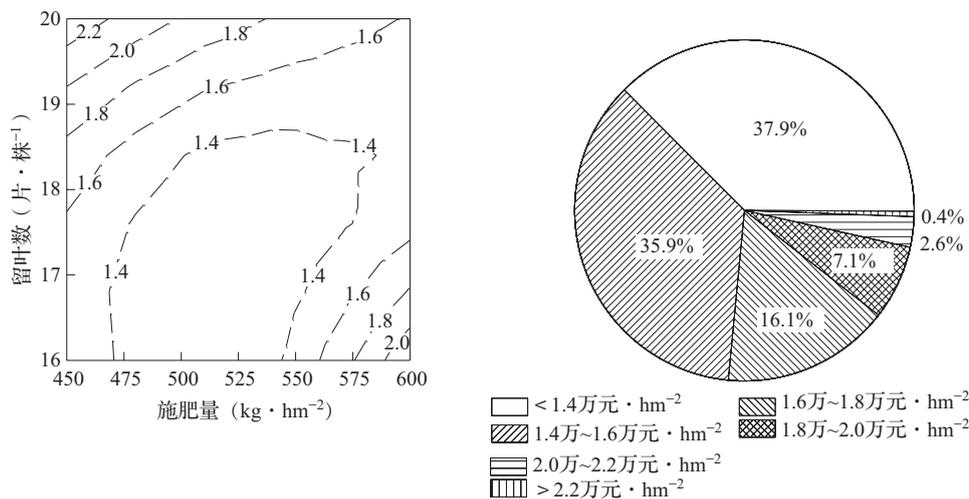


图 2 施肥量与留叶数对烤烟种植净收益的影响

注: 左图为烤烟种植净收益在不同施肥量与留叶数水平下的插值图; 右图为不同烤烟种植净收益水平在插值图中所占的面积比例。

2.3 施肥量与留叶数对烟叶品质性状的影响

施肥量与留叶数对中部烟叶化学成分协调性的影响如表 7 所示。随着施肥量由 450.0 kg · hm⁻² 增加至 600.0 kg · hm⁻², 烟叶中的还原糖含量逐渐降低, 总氮、糖碱比、氮碱比、钾氯比的变化趋势不明显, 而烟碱、总钾以及协调性评价得分随着施肥量增加呈先降低后升高的变化趋势, 当施肥量达到 600.0 kg · hm⁻² 时, 中部烟叶化学成分协调性评价

总分最高, 达 80.47 分; 留叶数在每株 16 ~ 20 片范围内, 中部烟叶的烟碱、总钾、糖碱比无显著影响, 但随着留叶数的增加, 还原糖、钾氯比逐渐降低, 氮碱比逐渐升高, 当留叶数为每株 20 片时, 中部叶化学成分协调性评价总分显著高于其他两个水平处理, 总分为 80.91 分。适宜地提高烤烟施氮量、增加留叶数有利于提升中部叶化学成分的协调性。

表 7 施肥量与留叶数对中部叶主要化学成分的影响

因子	水平	烟碱 (%)	总氮 (%)	还原糖 (%)	总钾 (%)	糖碱比	氮碱比	钾氯比	协调性评价 (分)
施肥量	450 kg · hm ⁻²	2.32ab	1.61a	27.43a	1.45a	16.26ab	0.70a	39.75a	76.86b
	525 kg · hm ⁻²	2.16b	1.54a	27.34a	1.35b	17.69a	0.71a	77.58a	75.65b
	600 kg · hm ⁻²	2.57a	1.73a	24.89b	1.51a	14.29b	0.67b	70.86a	80.47a
留叶数	16 片 · 株 ⁻¹	2.40a	1.59ab	27.64a	1.42a	15.90a	0.66b	80.69a	76.63b
	18 片 · 株 ⁻¹	2.23a	1.50b	27.26a	1.41a	17.00a	0.67b	72.11ab	75.45b
	20 片 · 株 ⁻¹	2.42a	1.79a	24.76b	1.48a	15.38a	0.74a	35.38b	80.91a

施肥量对烤烟上部叶化学成分的影响较留叶数更为显著, 结果如表 8 所示。随着施肥量的增加, 上部叶总氮和总钾含量、氮碱比、钾氯比以及

协调性评价总分均呈现显著的上升趋势, 与 450.0 kg · hm⁻² 施肥量处理相比, 600.0 kg · hm⁻² 施肥量处理的上部烟叶协调性评价得分显著提高 4.78

分；留叶数则对上部叶的烟碱、总氮、总钾含量以及糖碱比、氮碱比和协调性评价总分无显著影响。综上所述，在试验因子所设水平范围内，烤

烟上部叶化学成分协调性对施肥量较留叶数更为敏感，适宜的施肥量是提升上部烟叶品质的关键手段之一。

表 8 施肥量与留叶数对上部叶主要化学成分的影响

因子	水平	烟碱 (%)	总氮 (%)	还原糖 (%)	总钾 (%)	糖碱比	氮碱比	钾氮比	协调性评价 (分)
施肥量	450 kg · hm ⁻²	3.01a	1.86b	26.85ab	1.01c	10.93a	0.61b	7.63c	80.13b
	525 kg · hm ⁻²	3.04a	1.92b	27.52a	1.12b	11.08a	0.63b	8.48b	80.61b
	600 kg · hm ⁻²	3.12a	2.03a	25.87b	1.28a	10.21a	0.65a	9.85a	84.91a
留叶数	16 片 · 株 ⁻¹	3.12a	1.97a	26.08b	1.09a	10.38a	0.63a	7.38c	82.37a
	18 片 · 株 ⁻¹	3.12a	1.96a	26.90ab	1.15a	10.32a	0.63a	9.93a	81.53a
	20 片 · 株 ⁻¹	2.93a	1.88a	27.27a	1.18a	11.52a	0.64a	8.65b	81.75a

以施肥量、留叶数为自变量，以相应处理的烤烟中部叶、上部叶主要化学成分协调性评价总分平均值为因变量，进行插值分析和占比计算，结果如图 3 所示。当施肥量超过 525.0 kg · hm⁻²、留叶数大于每株 18 片时，中、上部烟叶主要化学成分协调性评价得分平均值随施氮量、留叶数逐渐增加 (图 3 左)，说明提高烤烟施肥量、增加留叶数有利于提高烤烟整株烟叶主要化学成分的协调性；在

试验因子梯度范围内，中部叶、上部叶主要化学成分协调性评价总分平均值范围在 78 ~ 80 分的占比为 64.6%，主要分布在各施肥量水平中，留叶数低于每株 18 片的水平区域，中、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分平均值大于 80 分的集中在高施肥量、多留叶数的水平区域，占比 11.1%。综上所述，提高施肥量并增加留叶数有利于改善中部、上部烟叶的整体品质。

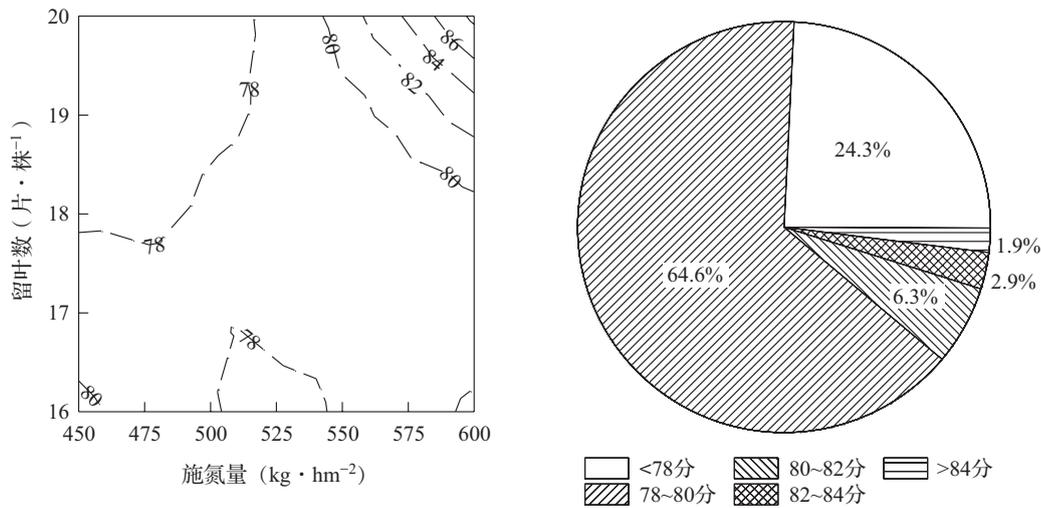


图 3 施肥量与留叶数对中、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分平均值的影响

注：左图为中、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分平均值在不同施肥量与留叶数水平的插值图；右图为不同中、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分平均值水平在插值图中所占的面积比例。

施肥量、留叶数对烤烟中部、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分差值的影响如图 4 所示。在试验因子所设水平范围内，中部、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分差值呈环状分布，随着施肥量的增加，留叶数的降低，差值由 4.0 分以下增加

至 8.0 分以上，中部叶和上部叶间的主要化学成分协调性差距加大，其中，差值达 8.0 分以上的占比 20.5%；当施肥量和留叶数均处于较高或较低水平时，差值相对较小，差值在 2.0 ~ 4.0 分的占比为 19.4%，小于 2.0 分的占比为 7.3%。

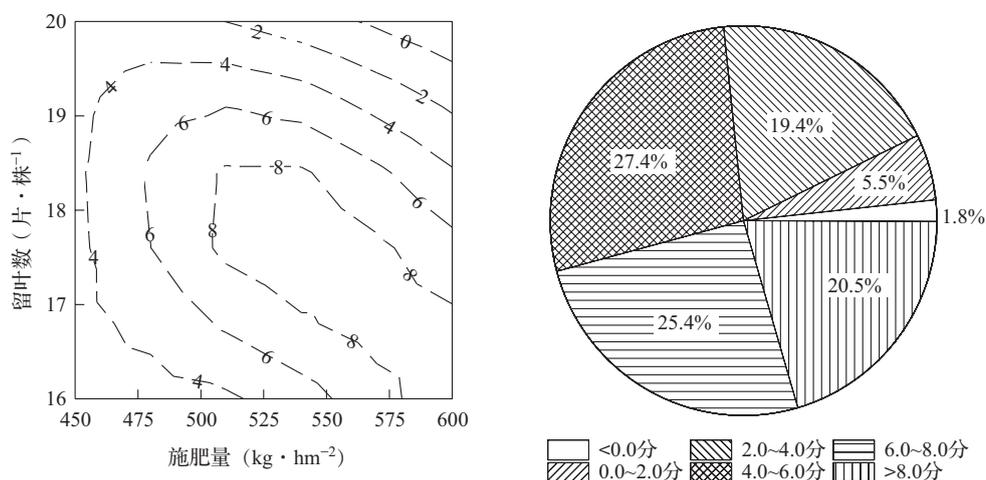


图4 施氮量与留叶数对中、上部烟叶主要化学成分评价总分差值的影响

注:左图中、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分差值在不同施氮量与留叶数水平的插值图;右图为不同中、上部烟叶主要化学成分协调性评价总分差值水平在插值图中所占的面积比例。

3 讨论

烤烟的农艺性状、经济性状、品质性状与施肥和打顶留叶关系密切,两者均是对烟株养分调控的关键途径。本研究采用克里金插值方法,将施肥量与打顶留叶数作为自变量进行分析,与以地理坐标作为自变量插值分析评价烟草种植适宜性评价的用途不同^[28-29];从研究结果来看,留叶数或施肥量增加均会使烤烟成熟期株形由“桶形”趋向“塔形”,与黄敏^[30]对云烟99的研究结果相似,且留叶数较施肥量对成熟期株形影响更大,即留叶数是烤烟成熟期株型的关键影响因素。

从种植净收益分析,高净收益区域集中于“多施肥少留叶”或“少施肥多留叶”两种生产模式,插值预测的“多施肥少留叶”模式增加净收益是因为留叶数减少降低了采收、调制等成本,“少施肥多留叶”模式增加净收益是因为减少了肥料投入并增加烟叶产值。虽然两种生产模式均能够促进烟农种植的积极性,但是在实际的烟叶生产中,由于劳动资源的匮乏和多年种植习惯,“多施肥少留叶”的种植模式更常见,该模式下,中、上部烟叶化学成分协调性评价总分范围为78.0~80.0分,两者总分插值达到8分以上,即中、上部烟叶品质差异显著,整体协调性偏低。与之相比,“多施肥多留叶”的种植模式更有利于提升中、上部烟叶的整体化学成分评价总分水平,且两者间的差距较小,即中、上部烟叶品质趋于一致,该种植模式烤烟种植净收益在1.4万~1.6万元·hm⁻²的范围内,能够保障烟农的

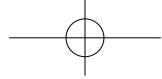
种植利益。因此,在烟叶生产过程中,生产模式的选择应兼顾工业企业对原料的需求以及烟农利益。

4 结论

通过采用差值法分析施肥量和留叶数对烤烟的农艺、经济、品质性状以及株形的影响规律,认为与施肥量相比,烤烟株形发育状态对留叶数更为敏感,适度地提高养分供给强度,并增加留叶数,能提高烟叶品质,且有较高的种植净收益。

参考文献:

- [1] 徐增汉,王能如.我国烤烟栽培新技术[J].现代化农业,1996(1):4-6.
- [2] 肖协忠.提高质量 争创名牌 努力满足卷烟工业对烟叶的需求[J].中国烟草科学,2001(1):24-26.
- [3] 周琼华,徐茜,蔡海洋.烤烟不同施氮量及留叶数对烟叶产量、品质效应的影响[J].福建热作科技,2003,28(4):4-6.
- [4] 刘青丽,张云贵,徐艳丽,等.移栽期、施肥和品种对烤烟清香型风格的影响[J].中国烟草科学,2017,38(2):1-7.
- [5] 李天福,王彪,杨焕文,等.气象因子与烟叶化学成分及香味间的典型相关分析[J].中国烟草学报,2006,12(1):23-26.
- [6] 魏光钰,李鑫,胡勇,等.施氮量、种植密度、留叶数对烤烟农艺性状及产质量的影响[J].湖南农业科学,2020(10):42-45.
- [7] 赵会纳,汤朝起,彭玉龙,等.低施氮、少留叶及其交互作用对烤烟主要化学成分的影响[J].江西农业学报,2019,31(7):75-80.
- [8] 龚林,倪霞,代惠娟,等.基于连续三年定点试验的烤烟施肥技术研究[J].西南农业学报,2022,35(3):669-677.
- [9] 陈华,赵文军,王正旭,等.不同轮作模式下氮素调控对烤烟产质量及氮肥利用的影响[J].河南农业科学,2021,50(9):87-95.



- [10] 贺凌霄, 张谦, 彭玉富, 等. 种植密度、施氮量和留叶数对烤烟生长特性及产质量的影响 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2020, 41 (2): 40-45.
- [11] 关罗浩, 杨欣, 李超, 等. 留叶数对腾冲烟叶产质量的影响 [J]. 中国农学通报, 2022, 38 (4): 10-15.
- [12] 刁朝强, 卢鹏宇, 周建云, 等. 施氮量对烤烟贵烟 2 号产质量的影响 [J]. 现代农业科技, 2020 (14): 5-6, 8.
- [13] 刘碧荣, 祖朝龙, 马均, 等. 施氮量与留叶数调控对高海拔烟区烤烟烟叶结构、产量及品质的影响 [J]. 烟草科技, 2017, 50 (4): 25-30.
- [14] 李卫, 周冀衡, 张一扬, 等. 云南烤烟钾含量的时空变异特性研究 [J]. 中国烟草学报, 2010, 16 (5): 24-29.
- [15] 梁颖, 马树庆, 张明. 基于模糊隶属函数的吉林市烤烟种植气候适宜性区划 [J]. 气象与环境学报, 2022, 38 (1): 100-105.
- [16] 李强, 周冀衡, 刘晓颖, 等. 曲靖烤烟镁含量特征及其影响因素 [J]. 土壤, 2017, 49 (3): 565-571.
- [17] 李强, 刘晓颖, 王佩, 等. 云南陆良植烟土壤有效磷空间变异及其对烟叶质量和面源污染潜在风险的评估 [J]. 中国烟草学报, 2016, 22 (3): 79-87.
- [18] 国家烟草专卖局. 烟草农艺性状调查测量方法: YC/T 142—2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 烤烟: GB 2635—1992 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [20] 陈紫帅. 烟叶生产组织模式比较分析 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [21] 李春丽, 毛绍春. 烟叶化学成分及分析 [M]. 昆明: 云南大学出版社, 2007.
- [22] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品氮的测定连续流动法: YC/T 162—2011 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [23] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品钾的测定火焰光度法: YC/T 173—2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [24] 国家烟草专卖局. 烟草及烟制品总植物碱的测定连续流动 (硫氰酸钾) 法: YC/T 468—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [25] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法: YC/T 159—2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [26] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品总氮的测定连续流动法: YC/T 161—2002 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [27] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [28] 周舰, 孙小成, 卢朝军, 等. 气候因子小网格化技术在湖南烟草种植区划中的运用 [J]. 农业工程, 2020, 10 (12): 41-44.
- [29] 刘晓迎, 吴璐. 未来气候情景下河南烤烟潜在种植分布气候适宜性分析 [J]. 气象科技进展, 2022, 12 (6): 55-63.
- [30] 黄敏. 种植密度、施氮量及留叶数对烤烟新品种云烟 99 的影响 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2017.

Effects of fertilization application and leaf retention number on the type development and production quality of flue-cured tobacco based on interpolation method

ZHU Jing-wei¹, ZHANG Heng¹, LIU Qing-li², PENG You³, LIU Yan-xia¹, LI Han¹, WANG Xin-xiu², MA Ya-huan⁴, ZHANG Yan⁴, WANG Hong-xing⁵, FANG Zheng-hua^{6*}, YANG Lei^{7*} (1. Guizhou Academy of Tobacco Science, Guiyang Guizhou 550081; 2. Chinese Academy of Agricultural Science, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Key Laboratory of Eco-environment and Leaf Tobacco Quality, Beijing 100081; 3. Zunyi Company of Guizhou Provincial Tobacco Company, Zunyi Guizhou 563099; 4. Yunnan Agricultural University, College of Tobacco Science, Kunming Yunnan 650231; 5. Guiyang Cigarette Factory, China Tobacco Guizhou Industrial Co., Ltd., Guiyang Guizhou 550001; 6. China Tobacco Fujian Industrial Co., Ltd., Xiamen Fujian 361009; 7. China Tobacco Hunan Industrial Co., Ltd., Changsha Hunan 410000)

Abstract: In order to clarify the appropriate fertilization application rate and remained leaves and improve the comprehensive benefit of tobacco production, the study of fertilization application rate and remained leaves on the agronomy, economic and quality properties of tobacco leaves were analyzed by interpolation method. The results showed that, as the fertilization application rate increased from 450 kg · hm⁻² to 600 kg · hm⁻², the growth rate of flue-cured tobacco was increased significantly. The total score of the yield, the average price, and the coordination evaluation of the main chemical composition of the middle and upper tobacco leaves were gradually improved. As the remained leaves increased from 16 to 20 slices per strain, the difference between the maximum leaf area and the inverted trefoil area gradually increased. The shapes of plants varied from “inverted tower shape” to “cylindrical shape” to “tower shape”. Meanwhile, the yield and output value were significantly increased by 20.8% and 18.8% and top-grade rate and average price were reduced by 7.6% and 1.5%, respectively. This brings about the increasing net income of tobacco planted. The total score of the coordination evaluation in the main chemical composition in the middle and upper tobacco leaves showed a law of increasing first and then decreasing. Therefore, in the process of tobacco production, it was suggested to increase the nutrient supply rate moderately and remained leaves, which was not only conducive to improve the overall quality of tobacco leaves, but also could bring about a high net income of flue-cured tobacco planted.

Key words: fertilization amount; leaf retention number; flue-cured tobacco; plant shape; quality