

席元肖, 王毅, 金玲玲, 等. 不同栽培措施对山东烟区 KRK26 生长发育及烟叶品质的影响[J]. 山西农业科学, 2026, 54(2): 95-104.

XI Y X, WANG Y, JIN L L, et al. Effects of various cultivation measures on growth and development of KRK26 and tobacco leaf quality in the Shandong tobacco region[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2026, 54(2): 95-104.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2026.02.12

## 不同栽培措施对山东烟区 KRK26 生长发育及烟叶品质的影响

席元肖<sup>1</sup>, 王毅<sup>1</sup>, 金玲玲<sup>2</sup>, 高政绪<sup>1</sup>, 熊莹<sup>3</sup>, 张鹏<sup>3</sup>,  
陈钊<sup>3</sup>, 杨明峰<sup>3</sup>, 高云<sup>2</sup>, 刘中庆<sup>1</sup>

(1. 山东潍坊烟草有限公司, 山东 潍坊 261061; 2. 山东农业大学 植物保护学院, 山东 泰安 271018;

3. 山东中烟工业有限责任公司, 山东 济南 250061)

**摘要:**为系统探究施氮量、种植密度和留叶数对山东烟区烤烟生长发育及烟叶品质的影响,以烟草品种 KRK26 为试验材料,分别设置 45(CK)、60(T1)、75 kg/hm<sup>2</sup>(T2)3 个施氮水平;行距 120 cm×株距 60 cm(CK)、行距 120 cm×株距 50 cm(M1)、行距 120 cm×株距 40 cm(M2)3 个种植密度;20(CK)、22(Y1)、24 片/株(Y2)3 种留叶数,对不同栽培措施下的烟株生长、产量、产值、外观质量、烤后烟叶化学及感官品质进行测定与分析。结果显示,不同施氮量下,与 CK 相比,T2 处理烟株上部叶和中部叶的烟碱、总氮含量分别增加了 8%、7% 和 29%、5%,总糖、还原糖含量分别下降了 14%、8% 和 10%、5%;T1 处理烟株上部叶和中部叶的绿原酸和芸香苷含量最高,且其感官质量综合得分、产量及产值均最高。不同种植密度下,与 CK 相比,M2 处理烟株上部叶和中部叶的总糖和还原糖含量分别增加了 35%、5% 和 41%、12%,而烟碱和总氮含量分别下降 22.7%、22.5% 和 17.0%、9.0%;M1 处理烟株上部叶和中部叶的感官质量综合得分最高,分别为 67.35、70.30,且产量和产值均最高。不同留叶数下,随着留叶数的增加,烟碱和总氮含量呈先降后升的趋势,而总糖、还原糖、绿原酸和芸香苷的含量呈先升高后降低的趋势,其中,Y1 处理烟株上部叶和中部叶的感官质量综合得分最高。综上,施氮量 60 kg/hm<sup>2</sup>、种植密度行距 120 cm×株距 50 cm、留叶数 22 片叶时,可促进 KRK26 烟草的生长,提高烟叶的产量和品质。

**关键词:**施氮量;种植密度;留叶数;产量;化学成分;感官质量评价

中图分类号:S572 文献标识码:A 文章编号:1002-2481(2026)02-0095-10

## Effects of Various Cultivation Measures on Growth and Development of KRK26 and Tobacco Leaf Quality in the Shandong Tobacco Region

XI Yuanxiao<sup>1</sup>, WANG Yi<sup>1</sup>, JIN Lingling<sup>2</sup>, GAO Zhengxu<sup>1</sup>, XIONG Ying<sup>3</sup>, ZHANG Peng<sup>3</sup>,  
CHEN Zhao<sup>3</sup>, YANG Mingfeng<sup>3</sup>, GAO Yun<sup>2</sup>, LIU Zhongqing<sup>1</sup>

(1. Shandong Weifang Tobacco Co., Ltd., Weifang 261061, China; 2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 3. Shandong China Tobacco Industry Corporation, Ji'nan 250061, China)

**Abstract:** To systematically investigate the effects of nitrogen application rate, planting density, and leaf retention number on the growth and development of flue-cured tobacco and the quality of tobacco leaves in Shandong tobacco regions, in this study, tobacco variety KRK26 was used as the experimental material. Three nitrogen application rates were set: 45(CK), 60(T1), and 75 kg/hm<sup>2</sup>(T2), three planting densities were set: row spacing 120 cm, plant spacing 60(CK), 50(M1), and 40 cm (M2), three leaf retention numbers were set: 20(CK), 22(Y1), and 24 leaves per plant(Y2). The growth, yield, output value,

收稿日期:2025-06-06

基金项目:中国烟草总公司山东省公司项目(KN315.202402)

作者简介:席元肖,农艺师,硕士,主要从事烟叶质量检测分析研究,E-mail:xiyuanxiao2005@163.com

通信作者:刘中庆,高级农艺师,主要从事烟叶生产与创新研究,E-mail:wfyqlzq@163.com

appearance quality, chemical and sensory quality of tobacco leaves after curing of tobacco plants under different cultivation measures were measured and analyzed. The results showed that under the different nitrogen application rates, compared with CK, the nicotine and total nitrogen contents of the upper and middle leaves of T2 treatment plants increased by 8% and 7%, 29% and 5%, respectively, while the total sugar and reducing sugar contents decreased by 14% and 8%, 10% and 5%, respectively. The chlorogenic acid and rutin contents of the upper and middle leaves of T1 treatment plants were the highest, and its comprehensive sensory quality score, yield, and output value were also the highest. Under the different planting densities, compared with CK, the total sugar and reducing sugar contents of the upper and middle leaves of M2 treatment plants increased by 35% and 5%, 41% and 12%, respectively, while the nicotine and total nitrogen contents decreased by 22.7% and 22.5%, 17% and 9%, respectively. The comprehensive sensory quality score of the upper and middle leaves of M1 treatment plants was the highest, being 67.35 and 70.3 points, respectively, and the yield and output value were also the highest. Under the different leaf retention numbers, with the increase of leaf retention number, the contents of nicotine and total nitrogen showed a trend of first decreasing and then increasing, while the contents of total sugar, reducing sugar, chlorogenic acid, and rutin showed a trend of first increasing and then decreasing. Among them, the comprehensive sensory quality score of the upper and middle leaves of Y1 treatment plants was the highest. In conclusion, when the nitrogen application rate was 60 kg/ha, the planting density was 120 cm × 50 cm, and the leaf retention number was 22, the growth of KRK26 tobacco was promoted, the yield and quality of tobacco leaves were increased.

**Keywords:** nitrogen application rate; planting density; leaf retention number; yield; chemical composition; sensory quality evaluation

烟草是我国重要的特色经济作物之一,是国家 and 地方财税的重要经济来源,受到有关部门的高度重视<sup>[1]</sup>。烟草栽培技术直接影响烟叶的质量与产量,进而影响经济效益<sup>[2-3]</sup>。已有研究表明,在烟叶的生产进程中,调节施氮量、种植密度以及留叶数能够直接影响烟叶化学成分,而烟叶内在化学成分是决定烤烟品质以及感官评吸效果的关键要素<sup>[4]</sup>。李粉粉<sup>[5]</sup>研究发现,施氮量不足会抑制烟株的正常生长,导致烟叶刺激性下降、品质降低;而施氮量过高则可能造成烟叶中烟碱含量超标,烟叶成熟延缓,进而对生产带来负面影响。许海良等<sup>[6]</sup>研究表明,种植密度通过调节烟叶的有效光照面积与田间微气候,进而影响烟株的养分吸收,最终影响烟叶的品质与产量。朱子健等<sup>[7]</sup>研究表明,在适当范围内增加氮肥用量可提高烟叶的产量和产值。已有研究表明,过高的种植密度易导致烟叶成熟期不一致,增加烘烤难度,而适当增加留叶数可有效降低烟叶中的烟碱含量,提高中性致香物质的含量。若留叶数过少,则易引起上部叶片烟碱含量增加、烟气的刺激性增强及化学成分失衡,最终影响烟叶的整体品质<sup>[8-11]</sup>。

烟草 KRK26 是由云南省烟草农业科学研究所和中国烟草育种研究中心于 2006 年从津巴布韦引进的品种,2011 年通过了云南省省级审定<sup>[12]</sup>。该品种具有塔型株式结构、叶片柔软、田间生长整齐划一等特性,其所产烟叶香气呈现独特的清香风格,并伴有清晰的清甜与焦甜风味<sup>[13-14]</sup>。KRK26 品种

在山东潍坊种植过程中发现,其生长发育及烟叶品质在很大程度上受到栽培和烘烤技术的影响。

为深入探究施氮量、种植密度和留叶数对 KRK26 烤烟品质的影响,本研究设计了不同施氮量、种植密度和留叶数处理,系统地跟踪监测了 KRK26 在山东烟区各个生长阶段的发育指标和烟叶品质参数,包括株高、节距、产量以及烟叶化学成分和感官评吸质量等,旨在为 KRK26 品种的高产优质栽培提供理论指导和实践依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2024 年在山东省潍坊市诸城贾悦镇进行。该地土壤类型为棕壤,土壤肥力均匀,中等以下水平,地面较为平坦,排灌条件便利。前茬作物为玉米。

### 1.2 试验材料

供试 KRK26 烟草品种来源于山东农业大学植保学院烟草种子库。

### 1.3 试验设计

采用小区对比方式进行,在当地常规施肥基础上设置增施纯氮 45(CK)、60(T1)、75 kg/hm<sup>2</sup>(T2) 3 个不同施氮处理;在行距为 120 cm 的基础上设置株距分别为 60(CK)、50(M1)、40 cm(M2) 3 个种植密度;留叶数设置 20(CK)、22(Y1)、24 片/株(Y2) 3 个处理。其他技术措施和田间管理按常规生产进行。

## 1.4 测定项目及方法

1.4.1 农艺性状测定 按《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142-2010)<sup>[15]</sup>,在烟草生长的关键阶段,打顶后10~15 d,每个处理选择10株烟草测量株高、叶片数、茎围、节距、下二棚叶长和宽、腰叶长和宽、上二棚叶长和宽等农艺性状。

1.4.2 经济效益测定 烟叶经常规烘烤调制后,根据国家标准GB 2635-1992烤烟对烤烟进行分级,对各处理的上、上中等烟比例、均价、产量、产值、干鲜质量比等经济特征进行统计分析。

1.4.3 烟叶化学成分测定 采收结束后,取各处理烤后中部叶(C3F)样品1.5 kg,放入55℃烘箱烘干至恒质量。采用流动分析仪测定总糖、还原糖、总氮、烟碱、氯离子和钾离子的含量。并计算糖碱比(总糖与烟碱含量的比值)、两糖比(还原糖与总糖含量的比值)、钾氯比(钾离子与氯离子含量的比值)。烟草制品中的色素(叶黄素、β-胡萝卜素)和多酚类化合物(新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、茛菪亭和芸香苷)含量采用高效液相色谱进行测定。

1.4.4 烟叶感官质量评价 邀请山东中烟的评估专家针对烟叶的香气质量、香气强度、杂味、刺激性、余味、燃烧性以及灰分等质量和品质特征进行评价。其中,每个处理选取B2F(上部叶)和C3F

(中部叶)烤制而成的烟叶各2 kg进行评价。根据各指标得分计算总分。

总分=(香气质+香气量)×2.5+透发性+杂气+刺激性+余味+甜度+燃烧性+灰分 (1)

## 1.5 统计分析

数据采用Microsoft Excel 2019进行统计并绘制图表,采用SPSS Statistics 19.0软件的Duncan检验进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮量对KRK26生长发育和烟叶品质的影响

2.1.1 施氮量对KRK26农艺特性和生长发育的影响 农艺性状是烤烟生长发育状况的最直观体现,在不同施氮量下,烟叶的农艺性状呈现出差异(表1),其中,T1处理的株高最高,为130.5 cm,显著高于CK( $P<0.05$ );T1处理的叶片数、茎围、下二棚叶长和宽、腰叶长和宽、上二棚叶长和宽均高于CK、T2处理。随施氮量增加,这些农艺性状均呈现出先升高而后降低的趋势。当施氮量超过60 kg/hm<sup>2</sup>时,农艺性状的表现相对欠佳,表明过量的氮肥对KRK26烟叶的生长发育会产生不利影响。

表1 施氮量对烤烟田间农艺特性的影响

Tab.1 Effects of nitrogen application rates on the field agronomic traits of flue-cured tobacco

处理 Treat- ment	株高/cm Plant height	叶片数 Number of leaves	茎围/cm Stem cir- cumference	节距/ cm Pitch	下二棚叶长/cm The lower two shed leaf length	下二棚叶宽/cm The lower two shed leaf width	腰叶长/cm The loins length	腰叶宽/cm The lobe width	上二棚叶长/cm The upper two shed leaf length	上二棚叶宽/cm The upper two shed leaf width
CK	124.10± 0.23c	22.00± 0.34b	10.30± 0.42b	5.65± 0.42c	59.15± 0.24c	34.80± 0.25b	62.80± 0.51b	31.63± 0.57b	66.65± 0.47b	33.11± 0.37b
T1	130.50± 0.25a	22.50± 0.24a	11.68± 0.51a	5.80± 0.34b	65.10± 0.41a	37.49± 0.24a	69.98± 0.34a	32.79± 0.46a	69.72± 0.46a	33.19± 0.31a
T2	129.00± 0.25b	19.70± 0.31c	9.23± 0.24c	6.55± 0.61a	59.31± 0.27b	33.40± 0.29c	58.99± 0.41c	27.92± 0.33c	59.65± 0.34c	26.54± 0.28c

注:不同小写字母表示不同处理之间差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

Note: Different lowercase letters indicated significant differences among the treatments( $P<0.05$ ). The same as below.

2.1.2 施氮量对烤烟化学成分的影响 由表2可知,与CK相比,T1处理B2F中的烟碱、总氮含量以及钾氯比分别增加了1%、7%、6%,总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比和钾氯比分别降低了8%、3%、20%、9%;T2处理B2F中的烟碱、总氮含量以及钾氯比较CK分别增加了8%、7%、12%,总糖、还原糖、钾离子、氯离子含量以及糖碱比分别降低了14%、10%、15%、24%;T1、T2处理的两

糖比均与CK无显著差异。与CK相比,T1处理C3F中的烟碱、总氮、钾离子含量以及钾氯比分别增加了3%、3%、17%、35%,总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比分别降低了2%、1%、13%、5%;T2处理B2F中的烟碱、总氮、钾离子含量以及钾氯比较CK分别增加了9%、5%、14%、67%,总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比分别降低了8%、5%、32%、28%;T1、T2处理的两糖比均与CK无

显著差异。综上, T1 处理的 B2F 和 C3F 中各化学成分含量均衡, 综合表现最优。

表 2 不同施氮量对烤烟化学成分的影响

Tab.2 Effects of different nitrogen application rates on the chemical composition of flue-cured tobacco

部位 Position	处理 Treatment	烟碱/% Nicotine	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	总氮/% Total nitrogen	钾离子/% Potassium	氯离子/% Chlorine	糖碱比 Sugar-base ratio	两糖比 Two sugar ratio	钾氯比 Potassium-chloride ratio
B2F	CK	2.70±0.46b	26.50±0.24a	23.25±0.31a	1.81±0.34b	1.46±0.38a	0.94±0.17a	9.81±0.52a	0.88±0.41a	1.55±0.33c
	T1	2.73±0.24b	24.30±0.22b	22.64±0.41c	1.93±0.31a	1.47±0.49a	0.75±0.46b	8.90±0.34b	0.93±0.61a	1.96±0.41a
	T2	2.92±0.13a	22.88±0.50c	20.86±0.16b	1.94±0.24a	1.24±0.52b	0.71±0.28b	7.84±0.22c	0.91±0.16a	1.75±0.58b
C3F	CK	2.10±0.44b	27.55±0.28a	24.76±0.23a	1.71±0.27a	1.38±0.15b	0.92±0.81a	13.12±0.56a	0.90±0.27a	1.50±0.23c
	T1	2.17±0.64b	27.06±0.35b	24.45±0.40a	1.76±0.17a	1.62±0.14a	0.80±0.51b	12.47±0.47a	0.90±0.34a	2.03±0.61b
	T2	2.70±0.34a	25.41±0.27c	23.56±0.11b	1.80±0.29a	1.58±0.41a	0.63±0.15c	9.41±0.31b	0.93±0.24a	2.51±0.30a

由表 3 可知, T1 处理 B2F 中的叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素、新绿原酸、隐绿原酸、芸香苷含量高于 CK, 而绿原酸、莨菪亭含量与 CK 相似; T2 处理 B2F 中的叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素含量均高于 CK, 而新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸和芸香苷含量低于 CK。与

CK 相比, T1 处理 C3F 中的叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芸香苷含量增加; T2 处理 C3F 中的叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸含量高于 CK, 而芸香苷含量降低。综上, T1 处理的色素、多酚的含量较高。

表 3 施氮量对烤烟色素和多酚含量的影响

Tab.3 Effects of nitrogen application rates on the pigment and polyphenol contents of flue-cured tobacco

部位 Position	处理 Treatment	叶黄素/ ( $\mu\text{g/g}$ ) Lutein	$\beta$ -胡萝卜素/ ( $\mu\text{g/g}$ ) $\beta$ -carotene	新绿原酸/(mg/g) Neochlorogenic acid	绿原酸/(mg/g) Chlorogenic acid	隐绿原酸/(mg/g) Cryptochlorogenic acid	莨菪亭/(mg/g) Scopole pavilion	芸香苷/ (mg/g) Rutin
B2F	CK	34.50±3.21c	15.82±1.40b	1.56±0.20b	13.31±0.35a	2.21±0.41b	0.09±0.02a	11.59±0.28a
	T1	40.21±2.62a	17.26±3.32a	1.68±0.24a	13.32±0.32a	2.34±0.29a	0.09±0.01a	11.78±0.54a
	T2	37.83±4.18b	17.33±2.28a	1.44±0.29c	12.34±0.27a	2.03±0.51c	0.10±0.03a	11.12±0.34b
C3F	CK	39.52±4.41c	17.52±1.15b	1.43±0.26c	12.53±0.41b	2.07±0.38b	0.09±0.02a	8.15±0.16b
	T1	60.14±6.16a	29.91±2.41a	1.77±0.21a	13.25±0.26a	2.36±0.44a	0.10±0.04a	8.83±0.62a
	T2	43.95±2.10b	19.83±3.31b	1.66±0.49b	12.81±0.37a	2.28±0.19a	0.10±0.04a	7.56±0.42c

2.1.3 施氮量对烤烟经济性状的影响 由表 4 可知, T1 处理下产量、均价、产值、上等和上中等烟比例、等级均显著高于 CK ( $P < 0.05$ ); 与 CK 相比,

T2 处理下产量、均价、产值、等级均显著增加 ( $P < 0.05$ ), 而上等和上中等烟比例和干鲜质量比均显著降低 ( $P < 0.05$ )。综上, T1 处理的经济性状较优。

表 4 不同施氮量对烤烟经济性状的影响

Tab.4 Effects of different nitrogen application rates on the economic traits of flue-cured tobacco

处理 Treatment	产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield	均价/(元/kg) Average price	产值/(元/hm <sup>2</sup> ) Output value	上等烟比例/% Superior tobacco ratio	上中等烟比例/% Upper medium tobacco ratio	干鲜质量比 Dry-to-fresh ratio	等级 Grade
CK	2 269.50c	31.63c	71 793.0c	0.66b	0.89b	0.16b	151.30c
T1	2 574.00b	35.74a	91 986.0a	0.69a	0.90a	0.18a	171.60b
T2	2 758.50a	31.86b	87 883.5b	0.60c	0.79c	0.13c	183.90a

2.1.4 施氮量对烟叶感官质量的影响 由表 5 可知, T1 处理 B2F 中香气质、香气量、余味、甜度、燃烧性、灰分、总分均高于 CK, 而透发性和刺激性与 CK 一样; T2 处理 B2F 中香气质、透发性、杂气、甜度、总分均低于 CK, 而香气量、刺激性、余味和燃

烧性与 CK 一样。T1 处理 C3F 中香气质、香气量、杂气、灰分、总分均高于 CK, 透发性、刺激性和燃烧性与 CK 一样, 而余味和甜度均低于 CK; T2 处理 C3F 中香气质、透发性、杂气、余味、甜度、灰分、总分均低于 CK, 而香气量、刺激性、燃烧性与 CK

一样。综上,T1处理能有效提升烟叶感官品质,具备推广潜力。

表5 不同施氮量对烤烟感官评价的影响

Tab.5 Effects of different nitrogen application rate on sensory evaluation of flue-cured tobacco

部位 Position	处理 Treatment	香气质 Aroma temper- ament	香气量 Aroma volume	透发性 Permeabil- ity	杂气 Miscella- neous gases	刺激性 Irritation	余味 Aftertaste	甜度 Sweetness	燃烧性 Combusti- bility	灰分 Ash con- tent	总分 Score
B2F	CK	6.2	6.0	3.5	6.5	6.0	6.0	6.2	3.5	3.4	65.6
	T1	6.3	6.5	3.5	6.4	6.0	6.4	6.5	3.6	4.0	68.4
	T2	6.0	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0	3.5	3.5	64.0
C3F	CK	6.2	6.0	3.5	6.3	6.0	6.5	6.5	3.5	3.9	66.7
	T1	6.5	6.4	3.5	6.4	6.0	6.2	6.1	3.5	4.0	68.0
	T2	6.0	6.0	3.4	6.0	6.0	6.0	6.0	3.5	3.5	64.4

## 2.2 种植密度对KRK26生长发育及烟叶品质的影响

2.2.1 种植密度对KRK26农艺性状和生长发育的影响 由表6可知,不同种植密度下,烟叶农艺性状存在显著差异( $P<0.05$ )。与CK相比,M1处理的烟草株高最高,为158.2 cm,显著高于CK、M2

处理( $P<0.05$ );M1处理的叶片数、茎围、节距、下二棚叶长和宽、腰叶长和宽、上二棚叶长和宽均高于CK、M2处理。随着种植密度逐渐增加,株高、叶片数、茎围、节距、下二棚叶长和宽、腰叶长和宽、上二棚叶长和宽均呈现出先上升后下降的趋势。综上,M1处理下KRK26烟叶的生长发育最佳。

表6 种植密度对KRK26农艺性状的影响

Tab.6 Effects of planting densities on agronomic traits of KRK26

处理 Treat- ment	株高/cm Plant height	叶片数 Number of leaves	茎围/cm Stem cir- cumference	节距/cm Pitch	下二棚叶长/ cm The lower two shed leaf length	下二棚叶宽/ cm The lower two shed leaf width	腰叶长/cm The loin length	腰叶宽/cm The lobe width	上二棚叶长/ cm The upper two shed leaf length	上二棚叶宽/ cm The upper two shed leaf width
CK	135.90± 0.26b	22.90± 0.21b	11.74± 0.41b	5.94± 0.25b	62.64± 0.56b	34.26± 0.46b	63.75± 0.21b	33.35± 0.25b	60.80± 0.42b	28.20± 0.19b
M1	158.20± 0.51a	24.40± 0.33a	12.83± 0.32a	6.49± 0.30a	66.27± 0.28a	34.80± 0.50a	67.90± 0.24a	35.30± 0.34a	67.90± 0.39a	32.25± 0.26a
M2	124.56± 0.20c	21.80± 0.20c	10.68± 0.13c	5.72± 0.30c	57.10± 0.30c	32.20± 0.37c	59.70± 0.26c	29.90± 0.24c	59.70± 0.62c	26.20± 0.36c

2.2.2 种植密度对烤烟化学成分的影响 种植密度对KRK26化学成分的影响如表7所示。

表7 种植密度对KRK26化学成分的影响

Tab.7 Effects of planting densities on the chemical composition of KRK26

部位 Posi- tion	处理 Treat- ment	烟碱/% Nicotine	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	总氮/% Total nitro- gen	钾离子/% Potassium	氯离子/% Chlorine	糖碱比 Sugar-base ratio	两糖比 Two sugar ratio	钾氯比 Potassium- chloride ratio
B2F	CK	3.31±0.21a	21.57±0.51c	18.29±0.31c	1.99±0.51a	1.41±0.64a	0.59±0.29a	6.52±0.16c	0.85±0.51a	2.39±0.51a
	M1	3.10±0.25b	22.58±0.24b	20.23±0.26b	1.96±0.30a	1.43±0.41a	0.65±0.50a	7.28±0.26b	0.90±0.34a	2.20±0.45b
	M2	2.56±0.31c	29.19±0.42a	25.73±0.18a	1.65±0.46b	0.95±0.34b	0.66±0.39a	11.40±0.44a	0.88±0.54a	1.44±0.12c
C3F	CK	3.11±0.34a	25.54±0.35b	21.20±0.34b	1.84±0.24a	1.24±0.56a	0.60±0.33c	8.21±0.31c	0.83±0.26a	2.07±0.62a
	M1	2.64±0.41b	25.80±0.34b	23.60±0.49a	1.77±0.21a	1.38±0.52a	0.74±0.24b	9.77±0.47b	0.91±0.26a	1.86±0.92b
	M2	2.41±0.20c	26.73±0.25a	23.75±0.31a	1.67±0.37b	1.15±0.20b	1.00±0.18a	11.09±0.34a	0.89±0.19a	1.15±0.46c

从表7可以看出,与CK相比,M1处理B2F中的烟碱、总氮含量以及钾氯比分别降低了6%、2%、8%,总糖、还原糖、钾离子、氯离子含量以及糖碱比分别升高了5%、11%、1%、10%、12%;M2

处理B2F中的烟碱、总氮、钾离子含量以及钾氯比较CK降低了23%、17%、33%、40%,总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比升高了35%、41%、12%、75%。与CK相比,M1处理C3F中的烟碱、

总氮、钾离子含量以及钾氯比分别降低了 40%、4%、11%、10%，总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比分别降低了 1%、11%、23%、19%；M2 处理 C3F 中的烟碱、总氮、钾离子含量以及钾氯比较 CK 分别降低了 23%、9%、7%、44%，总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比分别增加了 5%、12%、67%、35%。综上，适宜的种植密度能够提高烟叶的化学成分含量和协调性。

从表 8 可以看出，M1 处理 B2F 中的叶黄素、β-胡萝卜素、新绿原酸、隐绿原酸、莨菪亭、芸香苷含

量均低于 CK；M2 处理 B2F 中的叶黄素、β-胡萝卜素、新绿原酸、隐绿原酸、芸香苷均低于 CK，而莨菪亭含量高于 CK。与 CK 相比，M1 处理 C3F 中的叶黄素、β-胡萝卜素、新绿原酸、隐绿原酸、莨菪亭、芸香苷含量均低于 CK；M2 处理 C3F 中的叶黄素、β-胡萝卜素、莨菪亭、芸香苷含量均低于 CK，而新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸含量均高于 CK。表明种植密度对烟叶色素和多酚含量有一定的影响。

表 8 种植密度对 KRK26 色素和多酚的影响

Tab.8 Effects of planting densities on KRK26 pigments and polyphenols

部位 Position	处理 Treatment	叶黄素/ (μg/g) Lutein	β-胡萝卜素/ (μg/g) β-carotene	新绿原酸/(mg/g) Neochlorogenic acid	绿原酸/(mg/g) Chlorogenic acid	隐绿原酸/(mg/g) Cryptochlorogenic acid	莨菪亭/(mg/g) Scopole pavilion	芸香苷/ (mg/g) Rutin
B2F	CK	40.18±3.31a	18.82±1.41a	1.56±0.21a	14.81±0.33a	2.25±0.31a	0.10±0.02a	14.32±0.38a
	M1	27.93±4.01b	11.67±0.62c	1.19±0.24b	10.92±0.32b	1.68±0.29b	0.08±0.01a	7.74±0.34b
	M2	28.26±1.25b	13.46±1.87b	1.23±0.37b	11.23±0.17b	1.69±0.51b	0.11±0.03a	11.90±0.24a
C3F	CK	48.52±3.37a	20.42±1.23a	1.92±0.16a	13.41±0.26a	2.42±0.35a	0.11±0.02a	12.30±0.26a
	M1	30.45±1.55c	14.13±2.33c	1.42±0.21b	11.11±0.45b	1.93±0.41b	0.08±0.02a	8.12±0.42b
	M2	36.62±2.10b	18.93±1.23b	1.97±0.44a	13.93±0.37a	2.68±0.19a	0.08±0.01a	9.16±0.32b

2.2.3 种植密度对烤烟经济性状的影响 由表 9 可知，M1 处理下产量、均价、产值、上等烟比例均显著高于 CK ( $P < 0.05$ )；与 CK 相比，M2 处理下均价、产值、上等烟比例均显著降低 ( $P < 0.05$ )，而产

量显著升高 ( $P < 0.05$ )。说明在适宜的种植密度下对烟叶的产量有重要影响。综合来看，M1 处理的烟株均价、产量、等级结构最好，产值最高。

表 9 种植密度对 KRK26 经济性状的影响

Tab.9 Effects of planting densities on economic traits of KRK26

处理 Treatment	产量/kg/hm <sup>2</sup> Yield	均价/(元/kg) Average price	产值/(元/hm <sup>2</sup> ) Output value	上等烟比例/% Superior tobacco ratio	上中等烟比例/% Upper medium tobacco ratio	干鲜质量比 Dry-to-fresh ratio
CK	2 296.50c	32.74b	75 192.00b	0.67b	0.87b	0.17a
M1	2 634.00b	35.25a	92 839.50a	0.69a	0.90a	0.15b
M2	2 823.00a	23.68c	66 852.00c	0.63c	0.79c	0.15b

2.2.4 种植密度对烟叶感官质量的影响 种植密

度对 KRK26 感官质量的影响如表 10 所示。

表 10 种植密度对 KRK26 感官质量的影响

Tab.10 Effects of planting densities on the sensory quality of KRK26

部位 Position	处理 Treatment	香气质 Aroma tem- perament	香气量 Aroma vol- ume	透发性 Permeability	杂气 Miscella- neous gases	刺激性 Irritation	余味 Aftertaste	甜度 Sweetness	燃烧性 Combusti- bility	灰分 Ash con- tent	总分 Score
B2F	CK	6.0	6.0	3.3	6.0	6.0	6.0	6.0	3.5	3.5	64.3
	M1	6.4	6.1	3.5	6.5	6.0	6.4	6.7	3.5	3.5	67.4
	M2	6.1	6.5	3.5	6.0	6.0	6.0	6.5	3.5	3.8	66.8
C3F	CK	6.0	6.0	3.0	6.0	6.5	6.2	6.5	3.5	4.0	65.7
	M1	6.5	6.5	4.0	6.5	6.5	6.5	6.8	3.5	4.0	70.3
	M2	6.5	6.5	3.5	6.5	6.0	6.5	6.5	3.5	4.0	69.0

从表10可以看出,M1处理B2F中香气质、香气量、透发性、杂气、余味、甜度、总分均高于CK,而刺激性、燃烧性、灰分均与CK一样;M2处理B2F中香气质、香气量、透发性、甜度、总分均高于CK,而杂气、余味、刺激性、余味、燃烧性均与CK一样。M1处理C3F中香气质、香气量、透发性、杂气、余味、甜度、总分均高于CK,而刺激性、灰分、燃烧性与CK一样;M2处理C3F中香气质、香气量、透发性、杂气、余味、总分均高于CK,而刺激性、甜度、灰分和燃烧性与CK一样。

### 2.3 留叶数对KRK26生长发育及烟叶品质的影响

2.3.1 留叶数对KRK26大田农艺性状和生长发育的影响 由表11可知,随着留叶数的增加株高呈下降趋势,Y1、Y2处理的株高显著低于( $P < 0.05$ )。Y1处理的烟株节距、下二棚叶长、腰叶长和宽、上二棚叶长和宽均显著高于CK和Y2处理( $P < 0.05$ )。随着留叶数的增加,节距、腰叶长、腰叶宽等农艺性状呈先升高后降低的趋势,即适宜的留叶数对于提高KRK26烟叶的生长发育至关重要。

表11 留叶数对KRK26农艺性状的影响

Tab.11 Effects of leaf retention number on the agronomic traits of KRK26

处理 Treatment	株高/cm Plant height	叶片数 Number of leaves	茎围/cm Stem circumference	节距/cm Pitch	下二棚叶长/ cm		下二棚叶宽/ cm		上二棚叶长/ cm		上二棚叶宽/ cm	
					The lower two shed leaf length	The lower two shed leaf width	The loin length	The lobe width	The upper two shed leaf length	The upper two shed leaf width		
CK	145.00±0.15a	22.30±0.54b	11.06±0.66a	6.13±0.25b	61.48±0.46c	35.74±0.45a	66.00±0.46b	31.10±0.22c	65.30±0.53c	32.30±0.33b		
Y1	139.10±0.62b	21.60±0.26c	10.92±0.40c	6.72±0.31a	71.10±0.31a	35.73±0.19b	69.70±0.52a	33.40±0.49a	72.12±0.42a	34.13±0.50a		
Y2	136.60±0.31c	23.20±0.45a	10.98±0.10b	6.01±0.20c	65.24±0.25b	34.59±0.22c	65.63±0.23b	31.50±0.60b	67.95±0.36b	30.09±0.26c		

2.3.2 留叶数对烤烟化学成分的影响 由表12可知,与CK相比,Y1处理B2F中的烟碱、总氮、钾离子含量以及钾氯比分别降低了7%、19%、21%、26%,总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比分别升高了8%、6%、7%、16%;Y2处理B2F中的总氮、钾离子含量以及钾氯比较CK分别降低了19%、21%、26%,烟碱、总糖、还原糖、氯离子含量以及糖碱比分别增加了6%、8%、2%、2%;Y1和Y2处理

的两糖比均与CK无显著差异。与CK相比,Y1处理C3F中的烟碱和氯离子含量分别降低了23%、19%,总糖、还原糖、钾离子含量、糖碱比以及钾氯比分别升高了1%、5%、23%、30%、53%;Y2处理C3F中的烟碱、总氮、钾离子、氯离子含量较CK分别升高了9%、11%、15%、24%,总糖、还原糖含量、糖碱比和钾氯比分别降低了7%、1%、15%、7%;Y1、Y2处理的两糖比均与CK无显著差异。

表12 留叶数对KRK26化学成分的影响

Tab.12 Effect of leaf retention number on the chemical composition of KRK26

部位 Position	处理 Treatment	烟碱/% Nicotine	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	总氮/% Total nitrogen	钾离子/% Potassium	氯离子/% Chlorine	糖碱比 Sugar-base ratio	两糖比 Two sugar ratio	钾氯比 Potassium-chloride ratio
B2F	CK	2.45±0.62b	25.95±0.40b	23.19±0.20c	1.97±0.35a	1.55±0.41a	0.61±0.46b	10.59±0.28b	0.89±0.11a	2.54±0.16a
	Y1	2.28±0.26c	27.99±0.32a	24.56±0.24a	1.60±0.32c	1.22±0.29b	0.65±0.25b	12.28±0.54a	0.88±0.21a	1.88±0.17b
	Y2	2.60±0.18a	27.97±0.28a	23.64±0.29b	1.78±0.27b	1.07±0.51c	0.76±0.28a	10.76±0.34b	0.85±0.46a	1.41±0.50c
C3F	CK	2.65±0.41b	26.88±0.15b	22.50±0.26b	1.74±0.41b	1.21±0.38b	0.72±0.26b	10.14±0.16b	0.84±0.18a	1.68±0.26b
	Y1	2.05±0.16c	27.10±0.41a	23.64±0.21a	1.74±0.26b	1.49±0.44a	0.58±0.34c	13.22±0.62a	0.87±0.31a	2.57±0.30a
	Y2	2.89±0.10a	24.87±0.31c	22.30±0.49b	1.94±0.37a	1.39±0.19a	0.89±0.14a	8.61±0.42c	0.90±0.28a	1.56±0.16c

从表13可以看出,Y1、Y2处理B2F中的叶黄素、β-胡萝卜素、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、苝蓉亭、芸香苷含量均高于CK。与CK相比,Y1处理C3F中的叶黄素、β-胡萝卜素、新绿原酸、绿原

酸、隐绿原酸、芸香苷均高于CK;Y2处理C3F中的叶黄素、β-胡萝卜素、新绿原酸、隐绿原酸、芸香苷含量均高于CK,而绿原酸含量低于CK。综上,Y1处理的烟株色素和多酚的含量最高。

表 13 留叶数对 KRK26 色素和多酚含量的影响

Tab.13 Effects of leaf retention number on the pigment and polyphenol contents of KRK26

部位 Position	处理 Treatment	叶黄素/ ( $\mu\text{g/g}$ ) Lutein	$\beta$ -胡萝卜素/ ( $\mu\text{g/g}$ ) $\beta$ -carotene	新绿原酸/(mg/g) Neochlorogenic acid	绿原酸/(mg/g) Chlorogenic acid	隐绿原酸/(mg/g) Cryptochlorogenic acid	莨菪亭/(mg/g) Scopole pavilion	芸香苷/ (mg/g) Rutin
B2F	CK	35.93 $\pm$ 2.21b	14.42 $\pm$ 1.41c	1.14 $\pm$ 0.11b	11.90 $\pm$ 0.33b	1.67 $\pm$ 0.45b	0.10 $\pm$ 0.02a	10.23 $\pm$ 0.27c
	Y1	41.84 $\pm$ 3.01a	17.10 $\pm$ 1.32a	1.51 $\pm$ 0.08a	13.92 $\pm$ 0.22a	2.12 $\pm$ 0.29a	0.15 $\pm$ 0.03a	13.26 $\pm$ 0.34a
	Y2	39.52 $\pm$ 2.35a	15.94 $\pm$ 1.36b	1.22 $\pm$ 0.17b	12.12 $\pm$ 0.17b	1.79 $\pm$ 0.21b	0.12 $\pm$ 0.02a	11.91 $\pm$ 0.34b
C3F	CK	43.21 $\pm$ 2.14b	18.92 $\pm$ 1.23b	1.49 $\pm$ 0.06c	13.96 $\pm$ 0.26a	2.24 $\pm$ 0.15a	0.10 $\pm$ 0.02a	8.46 $\pm$ 0.26b
	Y1	47.84 $\pm$ 2.25a	19.42 $\pm$ 1.79a	1.75 $\pm$ 0.21a	14.12 $\pm$ 0.25a	2.37 $\pm$ 0.41a	0.10 $\pm$ 0.01a	12.93 $\pm$ 0.32a
	Y2	47.62 $\pm$ 1.86a	18.93 $\pm$ 1.23b	1.61 $\pm$ 0.44b	12.22 $\pm$ 0.23b	2.29 $\pm$ 0.19a	0.10 $\pm$ 0.02a	9.07 $\pm$ 0.12b

2.3.3 留叶数对烟叶感官质量的影响 从表 14 可以看出, Y1 处理 B2F 中香气量、透发性、甜度、总分均高于 CK, 而香气质、杂气、余味、刺激性、燃烧性、灰分与 CK 一样; Y2 处理 B2F 中透发性、刺激性、甜度、总分均低于 CK, 而香气质、香气量、杂气、燃烧性、灰分与 CK 一样。Y1 处理 C3F 中香气

量、透发性、余味、甜度、总分均高于 CK, 而香气质、刺激性、灰分、燃烧性与 CK 一样; Y2 处理 C3F 中香气质、透发性、杂气、刺激性、甜度、总分均低于 CK, 而香气量、余味、灰分、燃烧性与 CK 一样。综上, Y1 处理提高烟叶的香气量和透发性。

表 14 留叶数对 KRK26 感官质量评价的影响

Tab.14 Effects of leaf retention number on the sensory quality evaluation of KRK26

部位 Position	处理 Treatment	香气质 Aroma tem- perament	香气量 Aroma volume	透发性 Permeability	杂气 Miscella- neous gases	刺激性 Irritation	余味 Aftertaste	甜度 Sweetness	燃烧性 Combusti- bility	灰分 Ash con- tent	总分 Score
B2F	CK	6.0	6.0	3.1	6.0	6.5	6.0	6.1	3.5	3.5	64.7
	Y1	6.0	6.5	3.5	6.0	6.5	6.0	6.2	3.5	3.5	66.5
	Y2	6.0	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0	3.5	3.5	64.0
C3F	CK	6.5	6.0	3.4	6.5	6.5	6.0	6.4	3.5	3.5	67.1
	Y1	6.5	6.5	3.5	6.1	6.5	6.2	6.5	3.5	3.5	68.3
	Y2	6.0	6.0	3.0	5.5	6.3	6.0	6.0	3.5	3.5	63.8

### 3 结论与讨论

本研究发现, 施氮量对 KRK26 不同部位烟叶农艺性状的影响存在显著差异。随施氮量的增加, KRK26 的田间长势显著增强, 整齐度较好。然而, 当施氮量超过 60 kg/hm<sup>2</sup> 时, 植株生长迟缓, 表明施氮量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时, 有利于 KRK26 烟叶的生长发育, 这与汤宏等<sup>[16]</sup> 在云烟 87 上的研究结果一致。同时, 本研究还发现, KRK26 烟叶产量、产值、等级也随施氮量的增加呈先升后降的趋势, 且施氮量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时产量和产值最高。当施氮量超过 60 kg/hm<sup>2</sup> 时, 虽然产量可继续增加, 但烟叶的均价和品质均下降。可能是由于过量的氮肥导致烤烟旺长, 影响了烟叶的成熟度和品质; 同时, 氮肥过量还会打破烟草体内碳氮代谢过程中的同化和异化作用的平衡, 致使烟草的干物质净积累量增加较少<sup>[17-18]</sup>。

在本研究中, 随着施氮量的增加, 烟碱和全氮含量均呈现上升态势, 而糖类物质含量表现出相反的变化规律, 其中, 总糖与还原糖的含量均随施氮量的增加而逐渐降低。此外, 叶黄素、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸和芸香苷的含量随着施氮量的增加呈先升后降的趋势。各个处理间总氮、钾、氯和莨菪亭的含量存在一定差异。这些结果与前人研究一致<sup>[19-21]</sup>。因此, 在 KRK26 栽培过程中, 可将施氮量控制在 60 kg/hm<sup>2</sup>, 烟株大田长势好, 产值和等级结构比较高, 化学成分较协调, 烟叶的产量和品质较高。

本研究发现, 随着种植密度的增加, KRK26 的田间长势呈先升后降的趋势, 且烟叶的产量和产值均有所提高。然而, 当种植密度的株距超过 50 cm 时, 烟株农艺性状呈现下降趋势, 说明株距为 50 cm 时能较好地促进烟叶生长发育。黄佳等<sup>[22]</sup> 研究发现, 过高的种植密度可能导致烟株间的

竞争过于激烈,影响烟叶的品质。另外,本研究还发现,烟碱和总氮含量随着种植密度的增加而降低,总糖和还原糖的含量随着种植密度的增加而增加,叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸和芸香苷的含量随着种植密度的增加呈先降后升的趋势,各个处理间总氮、钾、氯和莨菪亭的含量存在一定差异,这与晏玲等<sup>[23]</sup>对烟草K326的研究结果一致。

综合烤烟大田农艺性状、生长发育、化学成分、经济性状、外观质量、感官质量等指标,采用中等种植密度即行株距为120 cm $\times$ 50 cm时,KRK26烟株大田长势较好,产值和等级比较高,化学成分较协调,易获得高产优质烤烟。

烟株的留叶数不仅是构成产量的重要因素,还通过调控烟株群体间空间大小和光照等影响烤烟质量<sup>[24]</sup>。本研究发现,在烟株大田生长前期,留叶数对其影响不明显;打顶后,各处理间农艺性状差异显著,随着留叶数的增加,株高呈下降趋势。这可能是由于较少的留叶数能够减少烟株的养分消耗,使养分更多地分配到剩余的烟叶中<sup>[25]</sup>。贺凌霄等<sup>[26]</sup>研究也表明,适当增加留叶数,有利于减少烟叶中烟碱含量,增加中性致香物质含量,对于提高上部叶的质量具有重要作用。这与本研究结果具有相似之处,随着留叶数的增加,烟碱和总氮的含量呈先降低后升高的趋势,部分化学物质,如叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸和芸香苷的含量也呈先升后降的趋势。综合各性状指标,当留叶数设定为22片时,KRK26烟叶品质较好。

综上,采用60 kg/hm<sup>2</sup>施氮量、120 cm $\times$ 50 cm的种植密度和22片留叶数的种植模式,能够显著促进KRK26烟草在山东烟区的生长,提高烟叶的产量和品质。本研究为该品种在山东烟区的优质高效栽培提供了理论依据和实践支持。

#### 参考文献:

- [1] 陈克玲,王德权,宋德伟,等. 施氮量对烟草品种上部叶生长发育及碳氮代谢的影响[J]. 华北农学报, 2025, 40(1): 122-132.  
CHEN K L, WANG D Q, SONG D W, et al. Effects of nitrogen application rate on growth, development, carbon and nitrogen metabolism of upper leaves of different flue-cured tobacco varieties[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2025, 40(1): 122-132.
- [2] 王德勋,刘心亚,李娟,等. 施氮量与留叶数互作对红花大金元上部叶质量和可用性的影响[J]. 江西农业学报, 2025, 37(2): 51-58.
- [3] 周利军,王迅,朱波,等. 烤烟力学特性对打叶复烤片烟质量的影响[J]. 河南农业科学, 2024, 53(11): 173-180.  
ZHOU L J, WANG X, ZHU B, et al. Effect of mechanical properties of flue-cured tobacco on the quality of threshing and redrying lamina[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2024, 53(11): 173-180.
- [4] 朱子健,陈娜娜,吴月莹,等. 施氮量、种植密度和留叶数对湘西烟区湘烟7号产量和质量的影响[J]. 作物杂志, 2025(1): 179-186.  
ZHU Z J, CHEN N N, WU Y Y, et al. Effects of nitrogen application rate, planting density and retained leaf number on yield and quality of Xiangyan 7 in tobacco region of western Hunan [J]. Crops, 2025(1): 179-186.
- [5] 李粉粉. 不同施氮量对鄂西南烤烟生长发育和烟叶品质的影响研究[D]. 郑州:河南农业大学, 2024.  
LI F F. Effects of different nitrogen application rates on flue-cured tobacco growth and leaf quality in Southwest Hubei[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2024.
- [6] 王玉华,王德权,谢庆,等. 施氮量与种植密度对烤烟的影响及合理株型指标量化[J]. 中国农学通报, 2023, 39(35): 41-48.  
WANG Y H, WANG D Q, XIE Q, et al. Effect of nitrogen application rate and planting density on flue-cured tobacco and quantification of reasonable plant type index[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2023, 39(35): 41-48.
- [7] 许海良,赵会杰,蒲文宣,等. 种植密度对烟草冠层辐射和群体光合作用的影响[J]. 福建农业学报, 2017, 32(3): 253-257.  
XU H L, ZHAO H J, PU W X, et al. Effect of planting density on light transmittance and canopy photosynthesis of flue-cured tobacco plants[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2017, 32(3): 253-257.
- [8] 杨楷,刘登祥,吴碧,等. 施肥量、种植密度及留叶数对“毕纳1号”烤烟品种主要农艺、经济性状的影响[J]. 南方农业, 2023, 17(21): 60-65.  
YANG K, LIU D X, WU B, et al. Effects of fertilization amount, planting density and number of remaining leaves on the main agronomic and economic traits of "Bina No. 1" flue-cured tobacco variety[J]. South China Agriculture, 2023, 17(21): 60-65.
- [9] 李满,李举旭,黄金辉,等. 种植密度和留叶数对卢氏烟区云烟99产质量的影响[J]. 湖南农业科学, 2023(4): 19-24.  
LI M, LI J X, HUANG J H, et al. Effects of planting density and remained leaf number on yield and quality of Yunyan 99 in Lushi tobacco area[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2023(4): 19-24.
- [10] 刘溪溪,刘刚,鄢敏,等. 打顶方式对不同烤烟品种中部叶产质量的影响[J]. 山西农业科学, 2025, 53(4): 28-35.  
LIU X X, LIU G, YAN M, et al. Effects of different topping methods on yield and quality of middle leaves of different flue-cured tobacco varieties[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(4): 28-35.
- [11] 向羽,张晓辉,郑旭川,等. 种植密度和留叶数对烤烟农艺和经济性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(10): 32-35.

- XIANG Y, ZHANG X H, ZHENG X C, et al. Effects of different planting densities and remaining leaves on agronomic and economic traits of flue-cured tobacco[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(10):32-35.
- [12] 李军营, 杨宇虹, 邓建华, 等. 引进津巴布韦烤烟品种 KRK26 在云南烟区最佳栽培措施筛选[J]. 西南农业学报, 2011, 24(6):2106-2111.
- LI J Y, YANG Y H, DENG J H, et al. Selection of optimal cultural measures for flue-cured tobacco cultivar KRK26 introduced from Zimbabwe in Yunnan tobacco growing area[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2011, 24(6):2106-2111.
- [13] 彤磊, 农晚意, 高玲玲, 等. 不同移栽期对德宏州‘KRK26’品种烤后烟叶致香成分的影响[J/OL]. 分子植物育种, 1-14 [2025-01-12]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231123.1632.006>.
- RONG L, NONG W Y, GAO L L, et al. Effect of different transplanting periods on aroma components of flue-cured tobacco leaves of Dehong ‘KRK26’ Variety[J/OL]. Molecular Plant Breeding, 1-14[2025-01-12]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231123.1632.006>.
- [14] 张加云, 何其晶, 余凌翔, 等. 云南新烟区与津巴布韦 KRK26 烟叶化学成分相似性分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2011(B12):47-52.
- ZHANG J Y, HE Q J, YU L X, et al. Similarity analysis of KRK26 tobacco chemical components in Yunnan new planting-areas and Zimbabwe[J]. Journal of Yunnan Agricultural University(Natural Science), 2011(B12):47-52.
- [15] 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.
- State Tobacco Monopoly Bureau of the People’s Republic of China. Investigating and measuring methods of agronomical character of tobacco: YC/T 142-2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010.
- [16] 汤宏, 张杨珠, 李向阳, 等. 不同施氮量对烟草生长及产量的影响[J]. 湖南农业科学, 2018(11):63-67.
- TANG H, ZHANG Y Z, LI X Y, et al. Effects of different nitrogen application rate on the growth and yield of tobacco[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2018(11):63-67.
- [17] 唐先干, 李祖章, 胡启锋, 等. 种植密度与施氮量对江西紫色土烤烟产量及农艺性状的影响[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(3):47-51.
- TANG X G, LI Z Z, HU Q F, et al. Effects of planting density and nitrogen rate on yield and characters of flue-cured tobacco planted in purple soil in Jiangxi Province[J]. Chinese Tobacco Science, 2012, 33(3):47-51.
- [18] 单晓鹏, 曾文艺, 冉景祥, 等. 不同施氮量对黔江烟区烤烟生长发育及品质的影响[J]. 南方农业, 2022, 16(5):36-40.
- SHAN X P, ZENG W Y, RAN J X, et al. Effect of different amount of nitrogen application on the growth and quality of flue-cured tobacco in Qianjiang[J]. South China Agriculture, 2022, 16(5):36-40.
- [19] 占俊文, 梁淑平, 沈雪婷, 等. 不同施氮量对烤烟生长发育、感官评吸质量及烟碱含量的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(4):75-78.
- ZHAN J W, LIANG S P, SHEN X T, et al. Effects of different nitrogen rates on growth and development, smoking quality and nicotine content of flue-cured tobacco[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2016, 48(4):75-78.
- [20] 刘西金, 田洪彰, 王宝剑, 等. 不同施氮量对烤烟新品种中烟特香 301 烟叶质量的影响[J]. 农业开发与装备, 2022(9):185-187.
- LIU X J, TIAN H Z, WANG B J, et al. Effects of different nitrogen application rates on the quality of new flue-cured tobacco variety Zhongyan Texiang 301[J]. Agricultural Development & Equipments, 2022(9):185-187.
- [21] 尹冬, 张勇江, 张友武, 等. 不同施氮量对烤烟 K326 生长发育及产质量形成的影响[J]. 江西农业学报, 2015, 27(6):106-109.
- YIN D, ZHANG Y J, ZHANG Y W, et al. Effects of nitrogen application rate on growth and formation of yield and quality of flue-cured tobacco K326[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2015, 27(6):106-109.
- [22] 黄佳, 李信, 王子一, 等. 种植密度和施氮量对烤烟碳氮代谢关键酶及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(9):82-88.
- HUANG J, LI X, WANG Z Y, et al. Influences of planting density and nitrogen application rate on key enzymes of carbon and nitrogen metabolism and quality of flue-cured tobacco[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2023, 51(9):82-88.
- [23] 晏玲, 刘棋, 封幸兵, 等. 种植密度与施氮量对山地烟生长发育及烟叶品质特征的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2020(5):810-817.
- YAN L, LIU Q, FENG X B, et al. Effects of planting density and nitrogen application rate on the growth and the quality characteristics of mountain tobacco[J]. Journal of Yunnan Agricultural University(Natural Science), 2020(5):810-817.
- [24] 王玉林, 孙延国, 高峻, 等. 施氮量与种植密度对‘中烟 100’烟叶产量及化学成分的影响[J]. 山东农业科学, 2022, 54(7):113-121.
- WANG Y L, SUN Y G, GAO J, et al. Effects of nitrogen application rate and planting density on yield and chemical components of flue-cured tobacco Zhongyan 100 leaves[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2022, 54(7):113-121.
- [25] 汪代斌, 周开燕, 钟维勇, 等. 施氮量、种植密度及留叶数对重庆烟区云烟 116 生长和产质量的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(12):2769-2775.
- WANG D B, ZHOU K Y, ZHONG W Y, et al. Effects of nitrogen amount, planting density and number of leaves on plant growth, yield and output value of flue-cured tobacco variety Yunyan 116 in Chongqing[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(12):2769-2775.
- [26] 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.
- HE L X, ZHANG Q, PENG Y F, et al. Effects of planting density, nitrogen application amount, remained leaf number on growth characteristics, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Yangzhou University(Agricultural and Life Science Edition), 2020, 41(2):40-45.