

# 植烟密度对桃源烟叶农艺性状及化学成分相关性研究

张梁<sup>1\*</sup>, 邵兰军<sup>2\*</sup>, 扈强<sup>2</sup>, 杨欣<sup>2</sup>, 王晓国<sup>2</sup>, 彭琛<sup>2</sup>, 景延秋<sup>1</sup>, 张学伟<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>河南农业大学烟草学院, 河南 郑州

<sup>2</sup>广东中烟工业有限责任公司, 广东 广州

收稿日期: 2023年12月19日; 录用日期: 2024年1月8日; 发布日期: 2024年1月19日

## 摘要

为了探究不同植烟密度对桃源烟叶生长发育和质量的影响, 试验通过对比不同植烟密度下, 旺长期和成熟期烟株的农艺性状及常规化学成分数据, 进而分析得出植烟密度与烟草农艺性状和内在成分的相关关系。结果表明, 减少植烟密度利于改善株高及叶宽, 适当增加植烟密度有助于提升烟叶烟碱含量, 对于化学成分的协调性有显著提升作用。试验证实, 桃源县采用1200株左右的种植密度对于提升烟叶化学品质及产量有较为显著的作用。这对于当地烟叶种植密度的管理, 获得到高质量、高品质烟叶提供参考。

## 关键词

烟草产量, 烟叶质量, 农艺性状, 化学成分, 植烟密度

# The Effect of Planting Density on Agronomic Characters and Chemical Components of Tobacco Plants

Liang Zhang<sup>1\*</sup>, Lanjun Shao<sup>2\*</sup>, Qiang Hu<sup>2</sup>, Xin Yang<sup>2</sup>, Xiaoguo Wang<sup>2</sup>, Chen Peng<sup>2</sup>, Yanqiu Jing<sup>1</sup>, Xuwei Zhang<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>College of Tobacco, Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan

<sup>2</sup>Guangdong Tobacco Research Institute Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Received: Dec. 19<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jan. 8<sup>th</sup>, 2024; published: Jan. 19<sup>th</sup>, 2024

\*共一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张梁, 邵兰军, 扈强, 杨欣, 王晓国, 彭琛, 景延秋, 张学伟. 植烟密度对桃源烟叶农艺性状及化学成分相关性研究[J]. 植物学研究, 2024, 13(1): 52-62. DOI: 10.12677/br.2024.131007

## Abstract

In order to explore the effects of different tobacco planting densities on the growth, development, and quality of Taoyuan tobacco leaves, the experiment compared the agronomic traits and conventional chemical composition data of tobacco plants in the flourishing and mature stages under different tobacco planting densities, and then analyzed the correlation between tobacco planting density and tobacco agronomic traits and intrinsic components. The results showed that reducing the density of tobacco planting is beneficial for improving plant height and leaf width, and appropriately increasing the density of tobacco planting is helpful for increasing the nicotine content of tobacco leaves, which significantly enhances the coordination of chemical components. The experiment confirmed that using a planting density of around 1200 plants in Taoyuan County has a significant effect on improving the chemical quality and yield of tobacco leaves. This provides a reference for the management of local tobacco planting density and obtaining high-quality tobacco leaves.

## Keywords

Tobacco Yield, Tobacco Quality, Agronomic Traits, Chemical Composition, Tobacco Planting Density

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

植烟密度作为烟叶栽培过程中的重要因素,合理的植烟密度对烟叶产量及质量有极显著影响,合理种植密度能使烟草的产量和质量都能得到最大化的提高,但是过高或过低的植烟密度都会对烟草的产量和质量产生不良影响。密度过大或过小都会导致烤烟产量和质量之间的不协调[1] [2] [3] [4] [5]。在实际生产中,需要根据不同的品种和地区,选择适宜的植烟密度,以达到最好的效果,很多学者针对植烟密度对烟叶品质影响进行了深入研究,宗胜杰研究表明,云南地区烟叶会随着植烟密度的增加,叶片会呈现窄小趋势[6]。这是因为高密度下,植株间的竞争会导致营养物质分配不均,导致叶片生长不良。赵松超研究表明,河南地区烟叶叶片厚度会随着植烟密度的增加呈现变厚的态势。这是因为高密度下,植株间的竞争会促进生长物质的积累,导致叶片厚度增加[7]。同时烟碱随着植烟密度的增加,含量会显著增加,由于烟叶高密度增加,植株间的竞争会加剧,促进生长物质的积累,导致烟叶烟碱含量增加[6]。胡佳铭研究表明,烟酸随着植烟密度的增加,含量逐渐降低。这是因为高密度下,植株间的竞争会导致营养物质分配不均,导致烟叶烟酸含量降低[8] [9] [10] [11] [12]。许多对过去品种烟叶研究较为广泛,但湘烟七号作为新品种,关于华中烟区适宜植烟密度以及植烟密度对湘烟七号品质特征的影响未见相关报导,本试验所在桃源县为广东中烟重要原料中心,烟叶产量高,但内在化学成分不协调,试验将从植烟密度对烟叶生长发育及化学成分的影响入手,探讨植烟密度对桃源烟叶品质特征的影响以及提升桃源当地烟叶品质最适宜植烟密度。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验田概况

本试验试验于 2022~2023 年在湖南省常德市盘塘镇进行,供试品种为湘烟 7 号。所选试验田均为烟

叶生长优良、肥力均匀、成熟度较优且一致的湘烟 7 号中部叶(第 10~12 叶位)和上部烟叶(第 15~17 叶位)。供试烤房为标准密集型烤房。桃源县当地土壤营养状况如下表 1。

**Table 1.** Statistical analysis of the investigation and description of soil nutrient status in Taoyuan  
**表 1.** 常德市桃源县土壤营养状况调研描述统计分析

指标	平均	最小值	最大值	标准差	峰度	偏度
全氮(g/kg)	1.50	0.28	2.73	0.43	0.93	-0.29
全磷(g/kg)	0.69	0.18	1.53	0.25	1.32	0.98
全钾(g/kg)	15.74	10.50	37.00	4.23	6.61	2.11
有机质(g/kg)	27.17	5.15	49.40	8.33	0.68	-0.10
有效磷(mg/kg)	38.25	2.15	120.20	23.75	2.03	1.28
速效钾(mg/kg)	222.50	35.90	528.70	101.60	-0.29	0.24
有效铁(mg/kg)	177.86	12.70	422.70	99.41	-0.16	0.39
有效锰(mg/kg)	33.16	7.64	77.10	16.05	-0.21	0.52
有效硼(mg/kg)	0.51	0.00	1.45	0.30	0.01	0.91
有效钼(mg/kg)	0.14	0.04	0.58	0.10	6.26	2.37
pH (水)	6.08	4.48	7.77	0.76	-0.56	0.39
碱解氮(mg/kg)	139.75	39.60	209.20	36.29	0.18	-0.45
交换性钙 cmol (1/2Ca)/kg	9.21	2.41	41.66	6.27	13.33	3.41
交换性镁 cmol (1/2Mg)/kg	1.44	0.49	4.38	0.73	4.26	1.82
氯离子(mg/kg)	4.43	0.00	32.00	5.80	9.70	2.82

根据国家现行烟田土壤营养状况标准[13], 从均值来看桃源县土壤全氮、全钾、有效硼、pH、碱解氮、有效钼、交换性钙及交换性镁含量处于适宜范围内; 全磷、有机质及速效钾含量处于较低范围内; 氯离子含量处于极低范围内; 有效磷、有效铁含量处于极高范围内; 有效锰含量处于较高范围内, 土壤营养状况较适宜。

## 2.2. 试验设计

本试验基肥采用烟草专用肥和发酵菜籽肥, 施用方式采取当地常用施肥方式(穴施), 施肥时间与常规保持一致(移栽前 10 天); 追肥采用硝酸钾、硫酸钾, 施肥方式为撒施。试验中每个处理设定为一个小区, 每小区为 13 株 × 13 株的方形小区, 每小区共计 169 株(根据当地实际情况调整)。本试验共设置 4 个处理及 1 个对照, 分别设置 900 株/亩、1000 株/亩、1200 株/亩、1300/亩、1100 株/亩不同处理, 900 株/亩记为种密 T1, 1000 株/亩记为种密 T2, 1200 株/亩记为种密 T3, 1300 株/亩记为种密 T4, 1100 株/亩为种密 CK, 具体植烟密度分类见下表 2, 每个处理重复三次, 除试验设置操作外其余操作均按照当地农艺措施进行。

## 2.3. 取样方法

按照国家规定成熟标准采收烟叶, 挑选成熟度一致大小相差不大的叶片, 每竿 140 片绑竿标记, 所有处理均在同一天内完成采收、编烟、装炕与开烤, 严格按照三段式烘烤技术进行正常烘烤[14], 每次取样选取变化均匀无病斑且能够代表整炕烟叶平均状态的烟叶 30 片, 进行内在化学成分测定。

**Table 2.** Design of plant tobacco density treatment group  
**表 2.** 植烟密度处理组设计

处理	植烟密度
种密 CK	1100 株/亩、行距 120 cm、株距 51 cm
种密 T1	900 株/亩、行距 120 cm、株距 43 cm
种密 T2	1000 株/亩、行距 120 cm、株距 47 cm
种密 T3	1200 株/亩、行距 120 cm、株距 56 cm
种密 T4	1300 株/亩、行距 120 cm、株距 60 cm

## 2.4. 常规化学成分测定

烟叶样品中的还原糖、总糖、淀粉等化学成分指标含量采用流动分析法测定。各项化学成分参照标准如下:总氮(YC/T161-2002)、还原糖(YC/T 216-2007)、总糖(YC/T159-2002)、氯(YC/T 162-2011)、钾(YC/T 173-2003)、淀粉(YC/T 216-2013)。

## 2.5. 农艺性状测定

分别于烟叶旺长期及成熟期,每组处理选取 5 组有代表性烟株,测量植株关键农艺指标(株高、颈围、叶长叶宽、叶间距)。

## 2.6. 数据分析

所得数据采用 Excel 2010 进行数据统计及作图,利用 SPSS 21.0 对数据进行差异显著性分析。

# 3. 结果分析

## 3.1. 植烟密度对农艺性状的影响

### 3.1.1. 旺长期烟株农艺性状

表 3 分析结果表明不同植烟密度对烟株的叶间距、茎围、下部叶叶长、中部叶叶长、上部叶叶长影响较小;不同植烟密度对烟株的株高、下部叶叶宽、中部叶叶宽、上部叶叶宽影响较大。种密 T1、种密 T2、种密 T3、种密 T4、种密 CK 的叶间距、茎围、下部叶叶长、中部叶叶长、上部叶叶长的差异不显著( $P > 0.05$ )。种密 T1 与种密 T2、种密 T3、种密 T4、种密 CK 的株高存在显著差异( $P < 0.05$ ),种密 CK 处理显著高于种密 T1 处理。种密 T2、种密 T4 与种密 T3 的下部叶叶宽存在显著差异( $P < 0.05$ ),种密 T2、种密 T4 处理显著高于种密 T3 处理。种密 T1 与种密 T2、种密 T3、种密 T4、种密 CK 的中部叶叶宽存在显著差异( $P < 0.05$ ),种密 T1 处理显著高于其他处理。种密 T1、种密 T2、种密 T3、种密 T4 与种密 CK 的上部叶叶宽存在显著差异( $P < 0.05$ ),种密 T1、种密 T2、种密 T3、种密 T4 处理显著高于种密 CK 处理。总体分析可知,种植密度 T2 处理叶片各部位叶宽显著高于其他处理,种植密度 T4 处理叶片及株高低于其他处理,旺长期 T4 烟叶生长发育状况最好。

### 3.1.2. 成熟期烟株农艺性状

表 4 分析结果表明不同植烟密度对烟株的茎围、下部叶叶长、中部叶叶长、中部叶叶宽、上部叶叶长、上部叶叶宽影响较小;不同植烟密度对烟株的株高、叶间距、下部叶叶宽影响较大。其中:种密 T1、种密 T2、种密 T3、种密 T4、种密 CK 的茎围、下部叶叶长、中部叶叶长、中部叶叶宽、上部叶叶长、上部叶叶宽的差异不显著( $P > 0.05$ )。种密 T1、种密 T2、种密 T3、种密 T4 与种密 CK 的株高存在显著差

异( $P < 0.05$ ), 种密 T1、种密 T2、种密 T3、种密 T4 处理显著高于种密 CK 处理。种密 T1、种密 CK 与种密 T2、种密 T3、种密 T4 的叶间距存在显著差异( $P < 0.05$ ), 种密 T1、种密 CK 处理显著高于种密 T2、种密 T3、种密 T4 处理。种密 T1 与种密 CK 的下部叶叶宽存在显著差异( $P < 0.05$ ), 种密 CK 处理显著高于种密 T1 处理。总体分析可知, 种植密度 1100 株/亩处理叶片各部位叶宽显著高于其他处理, 种植密度 T4 处理叶片及株高低于其他处理, 成熟期 CK 烟叶生长发育状况最好。农艺性状分析结果表明 1100 株处理烟叶农艺性状表现高于其他处理, 1200 株烟叶农艺性状略高于其他处理。

**Table 3.** Effects of different planting density on agronomic characters of tobacco plants in long term

**表 3.** 旺长期不同种植密度对烟株农艺性状的影响

	种密 T <sub>1</sub>	种密 T <sub>2</sub>	种密 T <sub>3</sub>	种密 T <sub>4</sub>	种密 CK
株高	97.333 ± 9.053b	111.533 ± 13.793a	113.533 ± 8.258a	110.733 ± 5.215a	109.700 ± 2.600a
叶间距	7.666 ± 1.457a	8.033 ± 0.231a	7.267 ± 1.401a	7.833 ± 2.442a	7.267 ± 0.503a
茎围	7.666 ± 1.457a	8.033 ± 0.231a	7.267 ± 1.401a	7.833 ± 2.442a	7.267 ± 0.503a
下部叶叶长	67.000 ± 2.5120a	61.852 ± 3.612a	63.952 ± 4.120a	60.235 ± 0.935a	65.358 ± 2.865a
下部叶叶宽	30.025 ± 0.280b	32.820 ± 3.568ab	28.952 ± 4.326ab	33.325 ± 3.567ab	29.365 ± 3.856a
中部叶叶长	68.862 ± 4.652a	67.365 ± 5.632a	65.926 ± 4.252a	67.100 ± 5.456a	67.755 ± 3.552a
中部叶叶宽	29.025 ± 4.811b	25.121 ± 2.103a	26.825 ± 1.112a	25.633 ± 3.912a	26.725 ± 1.171a
上部叶叶长	47.900 ± 3.300a	46.600 ± 0.754a	52.225 ± 3.662a	49.452 ± 3.975a	41.000 ± 3.152a
上部叶叶宽	15.333 ± 2.657b	14.466 ± 2.458b	17.700 ± 2.381b	16.333 ± 0.650b	10.600 ± 1.311a

注: 同行不同种植密度不同小写字母表示在同一时期烟株农艺性状存在显著差异( $P < 0.05$ ), 独立样本 t 检验置信区间为 95%。

**Table 4.** Effect of different planting density on agronomic characters of tobacco plants during maturity period

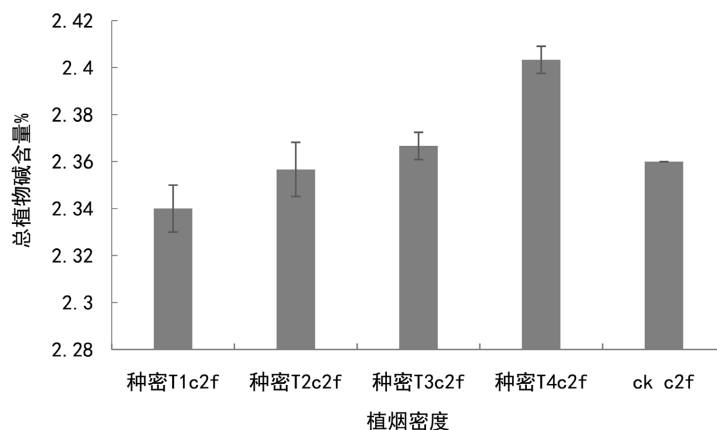
**表 4.** 成熟期不同种植密度对烟株农艺性状的影响

	种密 T <sub>1</sub>	种密 T <sub>2</sub>	种密 T <sub>3</sub>	种密 T <sub>4</sub>	种密 CK
株高	114.900 ± 4.592b	115.466 ± 3.493b	113.233 ± 7.088b	111.866 ± 5.437b	104.000 ± 7.211a
叶间距	6.000 ± 0.529b	4.566 ± 0.950a	4.222 ± 0.793a	4.033 ± 0.503a	6.833 ± 1.892b
茎围	8.700 ± 0.721a	8.263 ± 3.366a	10.402 ± 0.900a	10.433 ± 0.152a	7.833 ± 0.288a
下部叶叶长	72.866 ± 9.716a	68.966 ± 2.641a	70.833 ± 0.404a	70.900 ± 8.928a	71.666 ± 3.512a
下部叶叶宽	27.966 ± 2.577b	30.133 ± 1.817ab	30.500 ± 2.722ab	30.000 ± 1.734ab	33.666 ± 2.516a
中部叶叶长	67.533 ± 5.450a	68.933 ± 0.737a	69.111 ± 2.170a	75.266 ± 4.758a	70.333 ± 11.015a
中部叶叶宽	26.600 ± 5.480a	23.300 ± 2.961a	27.333 ± 3.435a	27.800 ± 1.539a	23.666 ± 1.527a
上部叶叶长	58.933 ± 6.305a	55.700 ± 2.685a	57.833 ± 1.513a	60.166 ± 5.063a	54.000 ± 10.149a
上部叶叶宽	18.250 ± 2.050a	16.736 ± 1.154a	16.700 ± 2.343a	17.000 ± 1.946a	17.000 ± 3.605a

### 3.2. 植烟密度对烤后烟叶常规化学成分影响

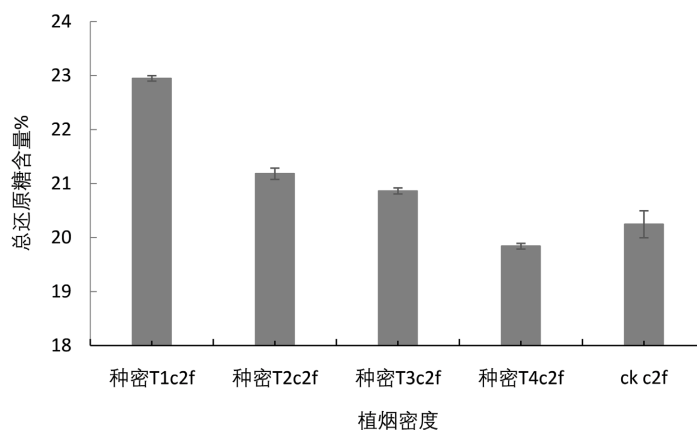
如图 1 所见, 植烟密度和总植物碱含量之间具有相关性, 不同植烟密度对总植物碱含量影响不同。

其中种密 T4 总植物碱含量最高, 种密 T1 总植物碱含量最低, 总植物碱含量随着植烟密度的增加而呈现递增趋势。



**Figure 1.** The effect of different tobacco planting densities on the total alkaloid content  
**图 1.** 不同植烟密度对总植物碱含量的影响

如图 2 所见, 植烟密度和总还原糖含量之间具有相关性, 不同植烟密度对总还原糖含量影响不同。其中种密 T1 总还原糖含量最高, T4 总还原糖含量最低, 总还原糖含量随着植烟密度的增加而呈现递减趋势。

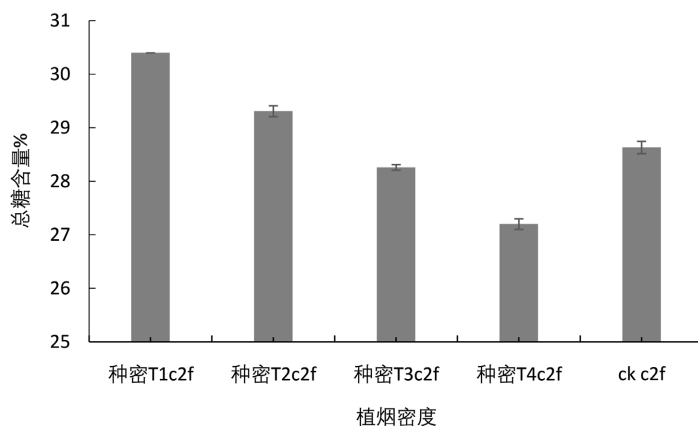


**Figure 2.** The effect of different tobacco planting densities on the total reducing sugar content  
**图 2.** 不同植烟密度对总还原糖含量的影响

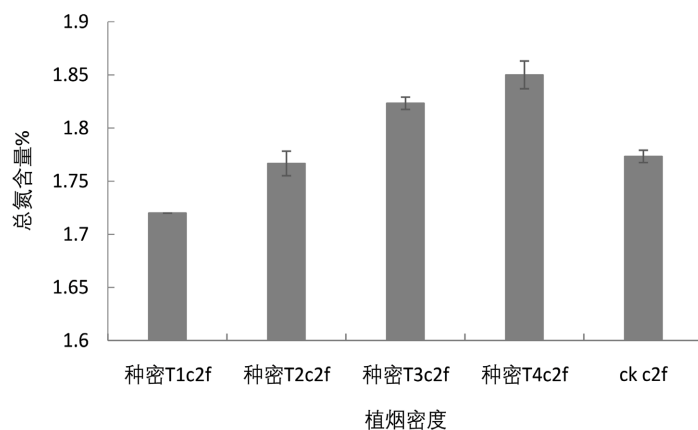
适当密植, 烟叶总糖含量降低[15]。如图 3 所见, 植烟密度和总糖含量之间具有相关性, 不同植烟密度对总糖含量影响不同。其中种密 T1 总糖含量最高, T4 总糖含量最低, 总糖含量随着植烟密度的增加而呈现递减趋势。

图 4 分析结果表明: 随着密度增大, 总氮含量先增后降。如图 4 所见, 植烟密度和总氮含量之间具有相关性, 不同植烟密度对总氮含量影响不同。其中种密 T4 总氮含量最高, 种密 T1 总氮含量最低, 总氮含量随着植烟密度的增加而呈现递减趋势, 这与吴家昶研究结果相一致[16]。

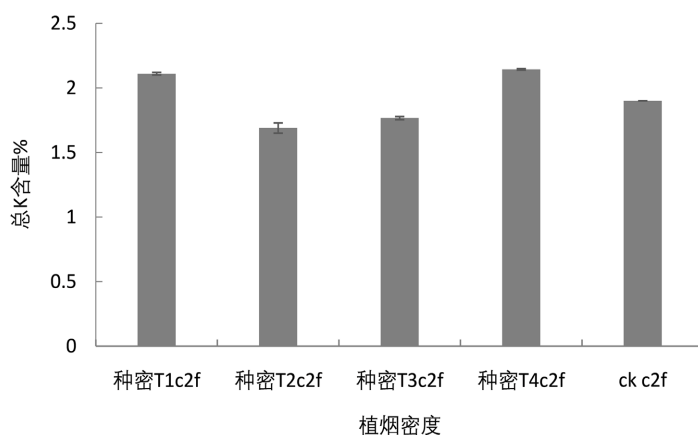
图 5 结果表明, 植烟密度和总 K 含量之间具有相关性, 不同植烟密度对总 K 含量影响不同。其中种密 T1 与种密 T4 总 K 含量最高, 种密 T2 与种密 T3 总 K 含量最低, 总 K 含量随着植烟密度的增加而呈现先减少后增加的趋势。



**Figure 3.** The effect of different tobacco planting densities on total sugar content  
**图 3.** 不同植烟密度对总糖含量的影响

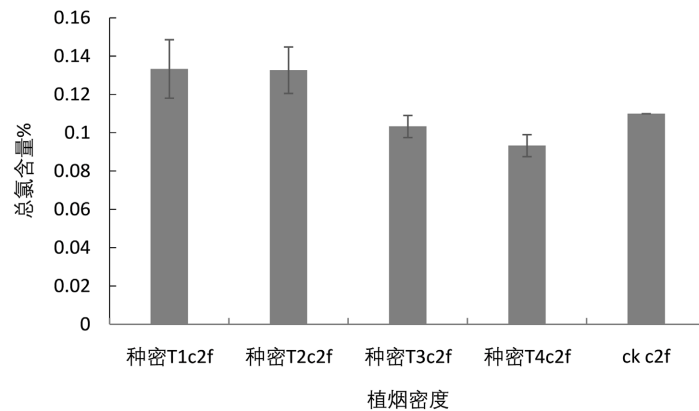


**Figure 4.** The effect of different tobacco planting densities on total nitrogen content  
**图 4.** 不同植烟密度对总氮含量的影响



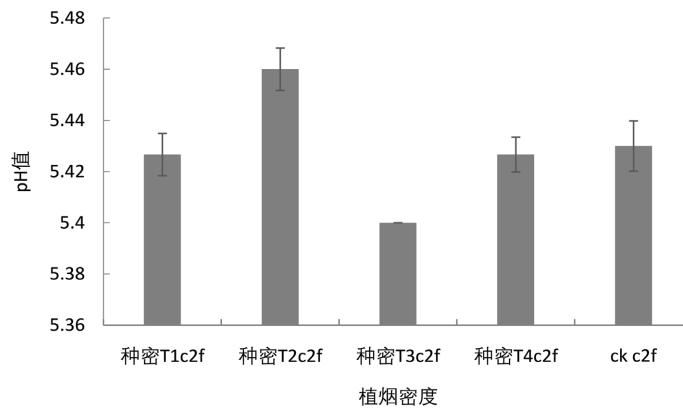
**Figure 5.** The effect of different tobacco planting densities on the total k content  
**图 5.** 不同植烟密度对 K 含量的影响

如图 6 所见, 植烟密度和总氮含量之间具有相关性, 不同植烟密度对总氮含量影响不同。其中种密 T1 与种密 T2 总氮含量最高且差异较小, 种密 T3 与种密 T4 总氮含量逐渐减少, 总氮含量随着植烟密度的增加而呈现先稳定后降低的趋势。



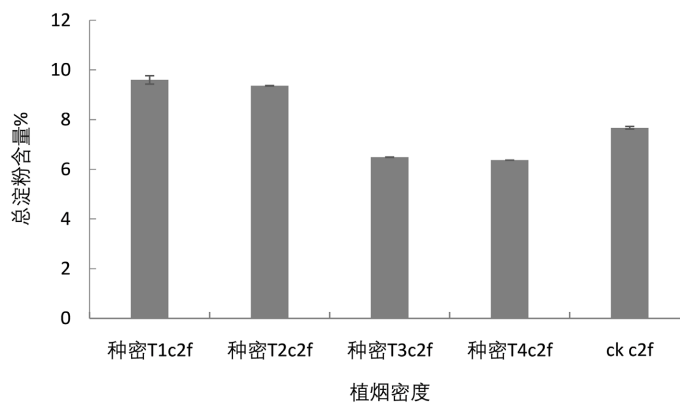
**Figure 6.** The effect of different tobacco planting densities on total chlorine content  
**图 6.** 不同植烟密度对氯含量的影响

如图 7 所见, 植烟密度和 PH 值之间无明显相关性, 不同植烟密度对 PH 值影响较小。其中种密 T2 PH 值最高, 种密 T3PH 值最低, 植烟密度和 PH 值之间无明显关联。



**Figure 7.** The effect of different tobacco planting densities on pH  
**图 7.** 不同植烟密度对 PH 的影响

造成上述现象的主要原因是由于烟叶种植密度的加大, 将使得烟叶植株底部和地表无法得到充足的光照, 从而导致总淀粉含量随着植烟密度的增加而呈现降低的趋势[17] [18]。如图 8 所见, 植烟密度和



**Figure 8.** Effect of different tobacco planting density on total starch content  
**图 8.** 不同植烟密度对淀粉含量的影响



总淀粉含量之间具有相关性, 不同植烟密度对总淀粉含量影响不同。其中种密 T1 与种密 T2 淀粉含量最高且相近, 种密 T3 与种密 T4 淀粉含量最低且相近, 淀粉含量随着植烟密度的增加而呈现先稳定后降低再稳定的趋势。

通过植烟密度对化学成分影响总体分析可知, 种植密度增大能有效降低烟叶中烟碱含量, 增加还原糖的含量, 降低总糖含量, 减少总氮含量, 降低氯含量, 淀粉先降低后增高。通过不同处理化学成分相互对比, 烟碱含量 1000 株/亩到 1200 株/亩含量适宜, 还原糖及总糖含量 900/亩到 1300 株/亩含量适宜, 总氮及氯含量 1000 株/亩到 1200 株/亩含量适宜, 淀粉含量 1200 株适宜, 由此可知, 1200 株/亩烟叶化学成分更加协调。

### 3.3. 植烟密度相关性分析

表 5 分析结果表明植烟密度与总植物碱含量、总氮含量无相关性; 植烟密度与总还原糖含量、总糖含量、总 K 含量、总氯含量、pH 值、总淀粉含量具有相关性。植烟密度与总还原糖含量存在极显著负相关( $P < 0.01$ ); 与总糖含量存在极显著负相关( $P < 0.01$ ); 与总钾含量存在显著正相关( $P < 0.05$ ); 与总氯含量存在极显著负相关( $P < 0.01$ ); 与 pH 值存在显著正相关( $P < 0.05$ ); 与总淀粉含量存在极显著负相关( $P < 0.01$ )。

**Table 5.** Correlation analysis between density and chemical composition of tobacco planting

**表 5.** 植烟密度与化学成分相关性分析

	总植物碱%	还原糖%	总糖%	总氮%	K%	氯%	pH	淀粉%
皮尔逊相关性	-0.396	-0.977**	-0.993**	0.104	0.625*	-0.857**	0.560*	-0.932**
显著性(双尾)	0.144	0.000	0.000	0.711	0.013	0.000	0.030	0.000

注: 同行\*表示种植密度在同一时期烟叶化学成分存在显著相关( $P < 0.05$ ), 同行\*\*表示种植密度在同一时期烟叶化学成分存在极显著相关( $P < 0.01$ ), 独立样本 t 检验置信区间为 95%。

表 6 分析结果表明, 植烟密度与烟株的下部叶叶长、中部叶叶长、中部叶叶宽上部叶叶长、上部叶叶宽、叶间距无相关性。植烟密度与烟株的下部叶叶宽、茎围、株高具有相关性。植烟密度与烟株旺长期下部叶叶宽存在显著负相关( $P < 0.05$ ); 与烟株成熟期下部叶叶宽存在极显著正相关( $P < 0.01$ ); 植烟密度与烟株旺长期茎围存在显著负相关( $P < 0.05$ ); 与烟株成熟期茎围存在显著负相关( $P < 0.05$ ); 植烟密度与烟株旺长期株高存在显著正相关( $P < 0.05$ ); 与烟株成熟期株高存在显著正相关( $P < 0.05$ )。

**Table 6.** Correlation analysis between tobacco planting density and agronomic traits

**表 6.** 植烟密度与农艺性状相关性分析

		下长	下宽	中长	中宽	上长	上宽	茎围	株高	叶间距
旺长期	相关性	-0.191	-0.507*	-0.088	-0.206	-0.336	-0.368	-0.587*	0.571*	-0.116
	显著性	0.495	0.014	0.754	0.461	0.221	0.177	0.066	0.073	0.679
成熟期	相关性	-0.013	0.806**	0.303	-0.059	-0.143	0.207	-0.574*	0.514*	0.036
	显著性	0.964	0.007	0.272	0.836	0.612	0.460	0.025	0.085	0.898

根据相关性分析可知, 种植密度对还原糖、总糖、淀粉含量影响显著, 对成熟期烟叶叶宽及茎围有显著影响。通过调节种植密度, 可以极大改善烟叶内糖的协调转化, 提高烟叶农艺性状, 对于提升烟叶品质影响显著[19]。

## 4. 讨论

本试验结果表明, 不同的植烟密度对不同时期烟叶农艺性状的影响不同。植烟密度对烟叶旺长期的株高与烟叶宽度有影响, 对成熟期烟叶的株高、叶间距、下部叶叶宽的影响显著。在随着密度的增加中, 由于叶片的空间竞争变大, 光合作用由于叶片的叠加而下降, 导致叶片最大叶表面积下降[20]。在高密度植烟下, 烟株竞争养分、水分, 导致植株生长缓慢, 株高偏矮, 茎围偏小, 这与胡佳铭的研究结果一致[21]。种植密度过小, 虽然烟株个体发育较好, 但群体结构差; 种植密度过大, 群体与个体生长矛盾。效益受产量和质量的双重影响。种植密度不同, 烟叶生长发育的环境条件也不同, 当种植密度太小时, 烟株吸收养分相对过多, 烟叶的内在化学成分不协调, 上部烟叶木质化严重, 不易于烟叶的调制[22] [23]; 当密度太大时, 光照、通风条件不良, 烟叶的生长发育受到影响, 导致干物质积累少、烟叶品质下降。这与朱佩的研究结果一致[24]。

不同植烟密度对烟叶化学成分的影响不同。其中烟叶种植密度的增大会使得烟叶植株中的总植物碱含量、总氮含量随着植烟密度的增加而呈现递增趋势, 这与田喜峰的研究结果一致[25]; 总 K 含量随着植烟密度的增加而呈现先减少后增加的趋势; pH 值与植物密度无明显相关性; 总还原糖含量、总糖含量、总氯含量、总淀粉含量随着植烟密度的增加而呈现递减趋势。相关性分析表明, 植烟密度与还原糖含量存在极显著负相关( $P < 0.01$ ); 与总糖含量存在极显著负相关( $P < 0.01$ ); 与钾含量存在显著正相关( $P < 0.05$ ); 与氯含量存在极显著负相关( $P < 0.01$ ), 旺长期烟叶植烟密度与下部叶叶宽存在显著负相关( $P < 0.05$ ), 于茎围存在显著负相关( $P < 0.05$ ), 与烟株株高存在显著正相关( $P < 0.05$ )。成熟期烟叶与下部叶叶宽存在极显著正相关( $P < 0.01$ ), 与烟株茎围存在显著负相关( $P < 0.05$ ), 与烟株成熟期株高存在显著正相关( $P < 0.05$ )。

## 5. 结论

本文通过种植密度对烟叶农艺性状以及化学成分的影响分析得出, 在烟叶种植过程中减少植烟密度对于改善株高以及叶宽表现出较为良好的作用, 适当增加植烟密度有助于提升烟叶烟碱含量, 对于化学成分的协调性, 有显著帮扶作用。为得到高质量、高品质烟叶, 应当积极做好烟叶种植密度的管理与控制, 使得烟叶种植密度处于一个较为合理的区间范围内。通过常规化学及农艺性状分析结果论证, 在桃源当地采用 1200 株左右的种植密度对于提升烟叶化学品质及产量有较为显著的作用。

## 基金项目

广东中烟工业有限责任公司科技项目“‘双喜’常德基地高适配性烟叶原料关键技术研究”(2022440000340004)。

## 参考文献

- [1] 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, 134.
- [2] 李满良, 蒋胜勇, 刘凡钧, 等. 不同施氮量和种植密度对咸丰 K326 烟叶产量和质量的影响[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(12): 102-106.
- [3] 田喜峰. 烟叶种植密度对烟叶产质量的影响[J]. 中国新技术新产品, 2018(14): 65-66.
- [4] 齐永杰, 邓小华, 徐文兵, 等. 种植密度和施氮量对上部烟叶物理性状的影响效应分析[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(6): 129-137.
- [5] 计玉, 袁有波, 涂永高, 等. 种植密度和施氮量对有机烟叶农艺性状及产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(11): 55-59.

- [6] 韩锦峰, 訾天镇, 郭月清. 烤烟种植密度和留叶数对农艺性状及烟叶化学成分效应的初步研究[J]. 中国烟草, 1984(2): 4-9.
- [7] 桑应华, 余凤塘, 罗以贵, 等. 不同种植密度对烤烟生长及品质的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(12): 26-30.
- [8] 刘楠楠, 孙敬钊, 皮本阳, 等. 种植密度和施氮量互作对烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(19): 124-127.
- [9] 刘国敏, 邵兰军, 高卫锴, 等. 种植密度和施氮量对烟叶组织结构发育及化学成分的影响[J]. 华北农学报, 2016, 31(4): 206-213.
- [10] 孙敬钊. 不同种植密度和施氮量对烤烟生长发育及产质量的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
- [11] 赵问灵. 重庆不同烟区种植密度与施氮量对烤烟生长发育及产质量的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [12] 高升. 施氮量与种植密度对烤烟品种 K326 烟株生长和烟叶品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [13] 夏玉珍, 鲁绍坤, 王毅, 等. 种植密度和施肥量对烟叶生长和质量的影响[J]. 农学学报, 2015, 5(2): 19-24.
- [14] 牛静. 种植密度和留叶数对彭水山地烟叶生理生化特性的影响[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [15] 张绍军. 烤烟不同种植密度对烟叶质量的影响[J]. 山东农业科学, 2009(7): 59-60.
- [16] 蔡奇. 起垄方式和种植密度对烤烟生长及烟叶产量、质量的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- [17] 孙九喆, 周思如, 常腾腾, 等. 不同种植密度对黔江烟区烤烟生长发育及品质的影响[J]. 南方农业, 2022, 16(1): 18-22.
- [18] 杨超群, 姜轶瑶, 高梓峰, 等. 种植密度与钾素用量对烤烟化学成分、物理特性和中性香气物质的影响[J]. 延边大学农学学报, 2021, 43(3): 30-37.
- [19] 郑旭川, 孙现超, 张帅, 等. 饼肥施用量与种植密度对“云烟 87”品质的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46(2): 56-61.
- [20] 郑旭川, 曾宪立, 熊伟, 等. 饼肥与密度互作对万州烟区烟叶品质的影响[J]. 现代农业科技, 2020(22): 11-13.
- [21] 刘继坤. 种植密度对烤烟品种 NC55 生长发育的影响及机制[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [22] 李旭. 种植密度与施氮量对烤烟生长和产质量的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
- [23] 樊绍明. 施氮量与种植密度对烤烟 09011 生长发育及产质量的影响[D]: [硕士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2016.
- [24] 缪志建. 不同种植密度和钾肥用量对云南烤烟产质量的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [25] 王建波. 种植密度和施氮量对邵阳烟区烤烟生长发育和产质量的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.