

李国灿, 王晨宇, 彭涛, 等. 氮磷钾配施对云雪 39 雪茄烟叶产质量的影响[J]. 山西农业科学, 2026, 54(2): 148-156.

LI G C, WANG C Y, PENG T, et al. Effects of combined application of nitrogen, phosphorus, and potassium on the yield and quality of Yunxue 39 cigar tobacco[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2026, 54(2): 148-156.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2026.02.18

## 氮磷钾配施对云雪 39 雪茄烟叶产质量的影响

李国灿<sup>1</sup>, 王晨宇<sup>1</sup>, 彭涛<sup>2</sup>, 张东林<sup>2</sup>, 李再明<sup>2</sup>, 张艳<sup>2</sup>, 王娜<sup>1</sup>, 张体坤<sup>2</sup>

(1. 云南农业大学烟草学院, 云南昆明 650201; 2. 云南省烟草公司普洱市公司, 云南普洱 665000)

**摘要:**为明确雪茄烟叶对氮、磷、钾的需肥规律,以云雪 39 为材料,采用“3414”肥料效应大田试验,设置 N、P、K 元素在不施肥、当地常规施肥量的近似值 $\times 0.5$ 、当地常规施肥量的近似值、当地常规施肥量的近似值 $\times 1.5$ 等 4 个水平下 14 个不同配比处理,探究 N、P、K 配施对雪茄烟叶的土壤理化性质、生育时期、农艺性状、经济性状、化学成分、中部叶 SPAD 值的影响。结果表明,N2P2K3 处理的土壤理化表现较好;N0P0K0、N0P2K2 处理生育期最短;N2P2K3 处理农艺性状表现最优;N3P2K2 处理中部叶的叶尖部和叶中部的 SPAD 值最高;N2P2K3 处理经济性状表现最佳,N2P2K3 处理总叶质量、产量较当地常规施肥(N2P2K2)分别提高了 17.3%、19.8%;N2P2K3 处理化学成分协调较好。综上所述,当基追比为 3:7,氮、磷、钾的施肥量分别为 150、75、450 kg/hm<sup>2</sup>时,更有利于云雪 39 的生长发育,可提高土壤肥力、烟叶产量和烟叶化学品质。

**关键词:**雪茄烟叶;土壤理化性质;农艺性状;SPAD 值;经济性状

中图分类号:S572

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2026)02-0148-09

## Effects of Combined Application of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium on the Yield and Quality of Yunxue 39 Cigar Tobacco

LI Guocan<sup>1</sup>, WANG Chenyu<sup>1</sup>, PENG Tao<sup>2</sup>, ZHANG Donglin<sup>2</sup>, LI Zaiming<sup>2</sup>,  
ZHANG Yan<sup>2</sup>, WANG Na<sup>1</sup>, ZHANG Tikun<sup>2</sup>

(1. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Pu'er City Company of Yunnan Tobacco Company, Pu'er 665000, China)

**Abstract:** To clarify fertilizer requirements of cigar tobacco leaves for nitrogen, phosphorus, and potassium, in this study, using Yunxue 39 as the material, a field experiment of "3414" fertilizer effect was conducted. The different ratios of N, P and K at four levels including no fertilization), approximate value of the optimal fertilizer application rate in the local area  $\times 0.5$ , approximate value of the optimal fertilizer application rate in the local area, and approximate value of the optimal fertilizer application rate in the local area  $\times 1.5$  were set to explore the effects of combined application of nitrogen, phosphorus, and potassium on the soil physical and chemical properties, growth period, agronomic traits, economic traits, chemical composition, and SPAD value of middle leaves of Yunxue 39. The results showed that the soil physical and chemical properties were better under the N2P2K3 treatment, the growth period was the shortest under the N0P0K0 and N0P2K2 treatments, the agronomic traits were the best under the N2P2K3 treatment. The SPAD values of the tip and middle of the middle leaves were the highest in the N3P2K2 treatment, the economic traits were the best under the N2P2K3 treatment, and the total leaf weight and yield under the N2P2K3 treatment increased by 17.3% and 19.8% compared to the normal fertilization treatment(N2P2K2), respectively. The chemical composition was more balanced under the N2P2K3 treatment. In conclusion, when the base and top dressing ratio was 3:7 and the fertilizer application rate of nitrogen, phosphorus, and potassium was 150 kg/ha, 75 kg/ha, and 450 kg/ha, respectively, it was more conducive to the growth and development of Yunxue 39, improving soil fertility, tobacco

收稿日期:2025-05-19

基金项目:中国烟草总公司云南省公司重大项目(2023530000241005);国家自然科学基金(32260541,32160517)

作者简介:李国灿,在读硕士,研究方向:烟草栽培与生理生化,E-mail:3065614488@qq.com

通信作者:王娜,副教授,硕士,主要从事烟草生理生化研究,E-mail:383817632@qq.com

张体坤,农艺师,主要从事烟草科学与工程技术研究,E-mail:348976493@qq.com

leaf yield, and chemical quality.

**Keywords:** cigar tobacco; soil physical and chemical properties; agronomic traits; SPAD value; economic traits

雪茄作为一种历史悠久的烟草制品,不仅是奢侈品和文化的象征,更是工艺、传统与地域特色的融合。雪茄因其独特的香味以及特色吸引了越来越多的消费者<sup>[1]</sup>,目前已成为烟草行业新的经济增长点<sup>[2]</sup>。我国自1998年引进雪茄烟叶品种以来,因栽培技术限制导致优质烟叶产出率低,高端雪茄烟叶原料长期依赖进口,造成国产雪茄同质化严重,制约产业国际竞争力,急需通过技术突破提升烟叶品质<sup>[3]</sup>。

雪茄品质核心在于烟叶原料,而烟叶原料质量是由品种、环境因素和栽培管理措施共同决定的<sup>[4]</sup>。肥料的施用对雪茄烟叶的种植生产有积极作用,其中,氮、磷、钾是雪茄烟叶生长发育主要营养元素。施氮可以显著提高雪茄烟叶光合效率、促进烟株生长,有利于改善叶片物理特性、协调化学成分<sup>[5-6]</sup>。但施氮量超过合理区间时,雪茄烟叶化学成分的协调性会变差<sup>[7]</sup>。适量磷素能促进根系发达,增强叶片光合作用,可显著影响雪茄烟叶生长发育、提高作物产量和品质<sup>[8-9]</sup>。施钾可以显著改善烟叶的燃烧性。大量研究证明,钾与烟叶燃烧性呈显著正相关,适量的钾肥对烟株长势具有促进作用,改善烟叶香吃味,提高烟叶油分与弹性,还能降低烟叶焦油产生量,对提高烟叶的可用性起

着重要作用<sup>[10-11]</sup>。植物体内的含钾量一般占干物质质量的0.2%~4.1%,仅次于氮<sup>[10]</sup>。适宜的氮、磷、钾施肥比例是生产优质烟叶的重要条件,部分雪茄烟叶产区存在施肥不合理现象,肥料利用率低,导致产质量下降,影响绿色烟叶可持续发展。氮、磷、钾肥合理施用能够改善烟株的生长发育,提高烟叶产值,促进烟叶香吃味的形成<sup>[12]</sup>。目前,雪茄烟叶种植过程单一施肥技术的研究已经取得一定进展,但针对氮、磷、钾肥不同的配比施肥技术研究有待完善。

本研究以雪茄烟叶茄衣品种云雪39为试验材料,在云南省澄江市世界烟草品种园基地开展“3414”肥料效应大田试验,研究不同配比氮、磷、钾肥对烟草农艺性状、经济性状以及产质量等指标的影响,明确最佳施肥方案,以期对雪茄烟的高质量生产提供一定的理论依据和技术支撑。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验于云南省玉溪市澄江烟草栽培基地进行。该基地位于24°64'74"N,102°87'33"E,海拔1732 m,属南温带温凉层高原型季风气候。前茬作物为水稻,土壤基础理化性质如表1所示。

表1 土壤基础理化性质

Tab.1 Soil basic physical and chemical properties

土壤类型 Soil type	pH	有机质/(g/kg) Organic matter	水解性氮/(mg/kg) Hydrolysable nitro- gen	有效磷/(mg/kg) Available phos- phate	速效钾/(mg/kg) Available potas- sium	全氮/% Total ni- trogen	全磷/% Total phos- phorus	全钾/% Total po- tassium
红壤 Red earth	7.38	15.5	81.0	9.32	108	0.937	0.076	1.44

### 1.2 试验材料

供试材料为云雪39,由云南省烟草农业科学研究院提供。硝酸铵钙( $\geq 27\%$ )、磷肥(普钙, $P_2O_5 \geq 12\%$ )、硫酸钾( $K_2O \geq 50\%$ ),由云南省烟草农业科学研究院统一采购。

### 1.3 试验设计

“3414”试验方案是以氮、磷、钾3个因素、4个水平,其中,0水平为不施肥,2水平为当地常规施肥量的近似值,1水平为2水平 $\times 0.5$ ,3水平为2水平 $\times 1.5$ (该水平为过量施肥水平),按照不同配比

共设14个处理(表2)。纯氮用量为150 kg/hm<sup>2</sup>,基追比为3:7,N:P:K为12:6:24,即2水平为N 150 kg/hm<sup>2</sup>(18.52 g/株);P 75 kg/hm<sup>2</sup>(20.83 g/株);K 300 kg/hm<sup>2</sup>(20 g/株)。每个处理重复3次,共42个小区,小区面积60 m<sup>2</sup>(6 m $\times$ 10 m),每小区种植烟株300株以上,行距100 cm,株距35 cm。

移栽后追施硝酸铵钙、磷肥、硫酸钾,时间为移栽后7、14、30 d,追肥量根据各处理设置进行,育苗、施肥、灌溉、地膜覆盖、打顶、病虫害防治等田间管理按当地标准化方案执行。

表 2 处理水平  
Tab.2 Treatment levels

序号 Serial number	处理 Treatment	水平 Level			序号 Serial number	处理 Treatment	水平 Level		
		N	P	K			N	P	K
1	N0P0K0	0	0	0	8	N2P2K0	2	2	0
2	N0P2K2	0	2	2	9	N2P2K1	2	2	1
3	N1P2K2	1	2	2	10	N2P2K3	2	2	3
4	N2P0K2	2	0	2	11	N3P2K2	3	2	2
5	N2P1K2	2	1	2	12	N1P1K2	1	1	2
6	N2P2K2	2	2	2	13	N1P2K1	1	2	1
7	N2P3K2	2	3	2	14	N2P1K1	2	1	1

## 1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤理化性质测定 烟株移栽前,采用五点取样法采集基础土样;烟叶采收完毕后在各小区分别选取 3 株最具代表性的烟株,采用抖动法收集各处理根际土壤样品。采用碱解扩散法<sup>[13]</sup>测定土壤水解性氮含量。参照鲍士旦的《土壤农化分析》<sup>[14]</sup>,分别采用重铬酸钾氧化法、碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法、醋酸铵浸提—火焰光度计法、凯氏定氮法、硫酸—高氯酸消煮—钼锑抗比色法、氢氧化钠熔融—火焰光度法测定有机质、速效磷、速效钾、全氮、全磷和全钾含量。土壤 pH 值利用 pH 测定仪检测<sup>[15]</sup>。

1.4.2 生育时期观测统计 按雪茄烟生育时期调查标准记录移栽期、团棵期、现蕾期、中心花开放期的时间。

1.4.3 农艺性状测定 于打顶前测定每个处理烟株的株高、茎围、有效叶片数及最大叶长和最大叶

宽,具体测定方法参照 YC/T 142—2010《烟草农艺性状调查测量方法》<sup>[16]</sup>。

1.4.4 经济性状调查 按照不同处理称量并记录采收烟叶的鲜质量,随机抽取 3 片测定其含水量,根据含水量计算实际产量。用薄片厚度计测定叶片厚度;叶面积=叶长×叶宽×叶面积系数(0.634 5)。在分级完成后,统计各等级雪茄烟叶质量。

1.4.5 晾晒后烟叶化学成分测定 烟叶中总糖、还原糖、烟碱、氯、钾、总氮含量采用全自动连续流动分析仪(SEAL AA3)测定<sup>[17-19]</sup>。

## 1.5 数据分析

采用 SPSS 23.0 进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理土壤理化性质分析

不同施肥处理对土壤理化性质的影响结果如表 3 所示。

表 3 不同施肥处理对土壤理化性质的影响

Tab.3 Effects of different fertilization treatments on soil physical and chemical properties

处理 Treatment	pH	有机质/(g/kg) Organic matter	水解性氮/(mg/kg) Hydrolysable nitro- gen(mg/kg)	有效磷/(mg/kg) Available phos- phate	速效钾/(mg/kg) Available potas- sium	全氮/% Total nitro- gen	全磷/% Total phos- phorus	全钾/% Total po- tassium
N0P0K0	7.4a	12.9c	84.0g	11.5d	111.6gh	0.940g	0.056d	0.92d
N0P2K2	7.2a	14.7bc	85.0g	21.5bc	115.4gh	0.995f	0.078bc	1.51b
N1P2K2	7.7a	15.6ab	179.2ef	23.9b	160.1f	0.997f	0.069c	1.55b
N2P0K2	7.6a	16.6ab	236.5d	12.4d	179.2e	0.964fg	0.061ed	1.47bc
N2P1K2	7.6a	15.7ab	284.4c	20.3c	263.9c	1.486b	0.076bc	1.53b
N2P2K2	7.4a	17.0ab	218.0e	22.9b	289.7b	1.605a	0.069c	1.49bc
N2P3K2	7.4a	17.7a	263.7c	26.1a	194.0e	1.333d	0.098a	1.67ab
N2P2K0	7.3a	14.9bc	257.5cd	21.5bc	104.5h	0.940g	0.073bc	0.97d
N2P2K1	7.5a	15.0bc	276.9c	23.1b	136.3g	1.126e	0.066c	1.37c
N2P2K3	7.7a	17.8a	286.6b	24.8ab	330.9a	1.385c	0.085b	1.74a
N3P2K2	7.1a	17.0ab	321.2a	23.6b	232.2d	0.901h	0.078bc	1.59b

续表3 不同施肥处理对土壤理化性质的影响

Tab.3(Continued) Effects of different fertilization treatments on soil physical and chemical properties

处理 Treatment	pH	有机质/(g/kg) Organic matter	水解性氮/(mg/kg) Hydrolysable nitro- gen(mg/kg)	有效磷/(mg/kg) Available phos- phate	速效钾/(mg/kg) Available potas- sium	全氮/% Total nitro- gen	全磷/% Total phos- phorus	全钾/% Total po- tassium
N1P1K2	7.5a	16.1ab	154.8f	19.8c	290.4b	0.877h	0.075bc	1.63b
N1P2K1	7.6a	14.9bc	166.5f	22.8b	124.7g	1.106e	0.075bc	1.38c
N2P1K1	7.5a	14.9bc	205.3e	20.6c	185.4f	0.950g	0.073bc	1.41c

注:不同小写字母表示各处理间在0.05水平差异显著。下表同。

Note: Different lowercase letters indicated significant differences among the treatments at the 0.05 level. The same as below.

由表3可知,施肥能够在一定程度上改良土壤理化性质,提高土壤养分的含量。N1P2K2、N2P2K3处理的pH值最高,N3P2K2处理的pH值最低,但各处理间pH值差异不显著。N2P2K3处理的有机质含量显著高于其他处理( $P < 0.05$ ),N0P0K0处理的有机质含量最低,其余处理间差异不显著。随着氮、磷、钾水平的升高,土壤中全氮、水解性氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾的含量随之升高。

## 2.2 不同施肥处理烟株移栽后生育时期分析

从表4可以看出,不同施肥处理间烟株大田生育时期整体差异不显著。然而,与当地常规施肥(N2P2K2)相比,N1P2K1、N2P1K1处理的团棵期出现时间提前;N0P0K0、N0P2K2处理的脚叶成熟期与顶叶成熟期均早于当地常规施肥;N1P1K2、N1P2K1、N2P1K1处理的脚叶成熟期均晚于当地常规施肥。

表4 不同施肥处理对烟株生育时期的影响

Tab.4 Effects of different fertilization treatments on the growth period of tobacco plants

处理 Treatment	移栽期 Transplanting stage	团棵期 Colony stage	现蕾期 Squaring stage	中心花开放期 Central flower opening stage	脚叶成熟期 Foot leaf mature stage	顶叶成熟期 Top leaf mature stage
N0P0K0	5.7	6.7	6.20	6.24	6.26	7.22
N0P2K2	5.7	6.5	6.20	6.24	6.26	7.22
N1P2K2	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N2P0K2	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N2P1K2	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N2P2K2	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N2P3K2	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N2P2K0	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N2P2K1	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N2P2K3	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N3P2K2	5.7	6.5	6.23	6.26	6.27	7.24
N1P1K2	5.7	6.4	6.24	6.26	6.28	7.24
N1P2K1	5.7	6.3	6.24	6.26	6.28	7.24
N2P1K1	5.7	6.3	6.24	6.26	6.29	7.24

## 2.3 不同施肥处理烟株移栽后50 d农艺性状分析

由表5可知,施肥能够在一定程度上促进烟株的生长,与N0P0K0处理相比,除N0P2K2处理外,其他处理的烟株株高、茎围、最大叶长和最大叶宽均显著提高( $P < 0.05$ )。N2P2K3处理烟株株高最高,为110 cm,较当地常规施肥(N2P2K2)提高了28.5%;N3P2K2处理的茎围显著高于其他处理( $P <$

0.05),较当地常规施肥(N2P2K2)增加了0.9 cm,N0P2K2处理的茎围显著低于其他处理( $P < 0.05$ );N2P2K3、N2P2K3、N2P1K1处理具有最高的有效叶片数,且显著高于其他处理( $P < 0.05$ ),N0P2K2处理有效叶片数最少,显著低于其他处理( $P < 0.05$ );N2P2K3具有最高的最大叶长,显著高于其他处理,较N2P2K2提高了22.57%;N1P0K2

处理的最大叶长显著低于其他处理;N2P2K3 处理的叶宽显著高于其他处理( $P<0.05$ ),较当地常规施肥(N2P2K2)提高了 14.35%;N2P0K2 处理的最大叶宽显著低于其他处理( $P<0.05$ )。

表 5 不同施肥处理对烟株 50d 时农艺性状的影响

Tab.5 Effects of different fertilization treatments on agronomic traits of tobacco plants at 50 days

处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎围/cm Stem girth	有效叶片数 Effective leaves	最大叶长/cm Maximum leaf length	最大叶宽/cm Maximum leaf width
N0P0K0	75.0d	6.6e	15c	39.7e	20.5d
N0P2K2	80.6c	6.8de	15c	39.1e	24.7b
N1P2K2	93.3b	7.3b	16b	42.5cd	23.4bc
N2P0K2	86.3bc	7.1bc	15b	43.3cd	21.3d
N2P1K2	93.0b	7.6ab	16b	42.7cd	25.0b
N2P2K2	85.6bc	7.0cd	16b	42.1cd	23.7bc
N2P3K2	93.2b	7.6ab	17a	48.3ab	25.9b
N2P2K0	89.0b	7.2bc	16b	40.8d	22.8bc
N2P2K1	92.3b	7.6ab	16b	45.8bc	24.1bc
N2P2K3	110a	7.2bc	17a	51.6a	27.1a
N3P2K2	90.6b	7.9a	16b	48.3ab	25.0b
N1P1K2	86.3bc	7.1bc	16b	42.6cd	21.7c
N1P2K1	90.0b	7.5ab	16b	46.1b	22.5bc
N2P1K1	84.2bc	7.2bc	17a	45.5bc	24.1b

#### 2.4 不同施肥处理雪茄烟烟叶 SPAD 值分析

从表 6 可以看出,施肥可以提升叶中部和叶尖部的 SPAD 值。N0P0K0、N0P2K2 处理叶中部和叶尖部的 SPAD 值低于其他处理,雪茄烟叶中

部和叶尖部的 SPAD 值随着施氮水平的提升而提高,N3P2K2 处理叶尖部和叶中部的 SPAD 值最高,较 N0P0K0 处理分别提高了 18.9%、17.0%,其余处理间无显著差异。

表 6 不同施肥处理对烟株 50 d 时叶尖部和叶中部 SPAD 值的影响

Tab.6 Effects of different fertilization treatments on SPAD values of leaf tip and middle of tobacco plants at 50 days

处理 Treatment	叶尖部 Leaf tip	叶中部 Leaf middle	处理 Treatment	叶尖部 Leaf tip	叶中部 Leaf middle
N0P0K0	40.2f	37.7d	N2P2K0	45.9abc	41.2b
N0P2K2	41.6ef	38.3d	N2P2K1	42.0ef	42.4a
N1P2K2	44.7bcd	39.2cd	N2P2K3	46.5abc	43.2a
N2P0K2	46.3ab	42.5a	N3P2K2	47.8a	44.1a
N2P1K2	44.6bcd	41.6abc	N1P1K2	43.1de	39.6cd
N2P2K2	45.6abc	42.1ab	N1P2K1	44.0cd	40.0bcd
N2P3K2	46.5abc	42.6a	N2P1K1	45.8abc	43.2a

#### 2.5 不同施肥处理晾制后雪茄烟叶经济性状分析

从表 7 可以看出,施肥可以提高总叶质量、叶片厚度、叶面积和产量。N0P0K0 处理的总叶质量、叶片厚度、叶面积和产量均显著低于其他处理( $P<0.05$ )。在施肥条件下,N2P2K3 处理的总叶质量为 184.4 kg,较 N2P2K2 提高了 17.3%,且显著高于其他处理( $P<0.05$ ),N0P2K2 处理的总叶

质量最低;N3P2K2 处理的叶片厚度最大,为 0.094 mm,显著高于其他处理( $P<0.05$ ),N0P2K2 处理的叶片厚度最小;N2P2K3 处理叶面积最大,且显著高于其他处理( $P<0.05$ ),N0P2K2 处理的叶面积最小;N2P2K3 处理的产量最高,且显著高于其他处理( $P<0.05$ ),较当地常规施肥(N2P2K2)提高了 19.78%。

表7 不同施肥处理对晾制后雪茄烟叶经济性状影响

Tab.7 Effects of different fertilization treatments on economic traits of cigar tobacco leaves after air-curing

处理 Treatment	总叶质量/kg Summed leaf weight	叶片厚度/mm Leaf thickness	叶面积/cm <sup>2</sup> Leaf area	产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield
N0P0K0	117.4h	0.048e	480.9f	1 698.0f
N0P2K2	124.2gh	0.055d	516.8e	2 088.0e
N1P2K2	126.6g	0.068c	532.9c	2 300.1cd
N2P0K2	137.3ef	0.067c	530.8c	2 282.1de
N2P1K2	165.0cd	0.073bc	540.8bc	2 378.1c
N2P2K2	157.2d	0.075b	538.8c	2 286.5d
N2P3K2	176.4b	0.077b	560.8b	2 237.3b
N2P2K0	140.1e	0.068c	534.8c	2 388.0c
N2P2K1	163.0d	0.073bc	548.7bc	2 138.4e
N2P2K3	184.4a	0.076b	588.6a	2 738.7a
N3P2K2	171.7bc	0.094a	534.8c	2 450.3b
N1P1K2	129.3g	0.065c	530.8cd	2 142.1e
N1P2K1	130.8fg	0.064c	522.7d	2 218.8de
N2P1K1	140.7e	0.069c	532.9c	2 190.6e

## 2.6 不同施肥处理对晾制后雪茄烟叶化学成分的分析

从表8可以看出,随着施氮量的增加,烟叶总糖、还原糖含量呈先升高后降低的趋势,总糖含量为0.17%~0.40%,还原糖含量为0.09%~0.32%,其中,N2P3K2处理的总糖、还原糖含量均显著高于其他处理( $P<0.05$ ),N0P0K0、N0P2K2处理总糖、还原糖含量均显著低于其他处理( $P<0.05$ )。烟叶总氮含量随施氮量的增加而升高,N3P2K2、N2P2K1处理总氮含量显著高于其他处理( $P<$

0.05),N0P0K0、N0P2K2处理显著低于其他处理( $P<0.05$ )。N1P2K2、N2P1K2、N2P2K1处理烟叶烟碱含量较高;N3P2K2、N2P0K2、N2P1K2处理的烟叶氯离子含量高于其他处理,N2P3K2、N2P2K3处理的烟叶氯离子含量显著低于其他处理( $P<0.05$ )。N2P3K2、N2P2K3处理的烟叶钾离子含量较高,且显著高于其他处理( $P<0.05$ )。在本试验条件下,N2P2K3处理相较于其他处理,化学成分较协调。

表8 不同施肥处理对晾制后雪茄烟叶化学成分的影响

Tab.8 Effects of different fertilization treatments on chemical composition of cigar tobacco leaves after air-curing %

处理 Treatment	总糖含量 Total sugar content	还原糖含量 Reducing sugar content	总氮含量 Total nitrogen content	烟碱含量 Nicotine content	氯离子含量 Chlorine content	钾离子含量 Potassium content
N0P0K0	0.17c	0.09d	2.97f	2.48d	1.15de	2.22d
N0P2K2	0.19c	0.11d	2.86f	2.49d	1.20de	2.65bc
N1P2K2	0.21bc	0.17c	3.75cd	4.43a	1.79c	2.61c
N2P0K2	0.38a	0.24b	4.10bc	3.97ab	2.29a	2.81abc
N2P1K2	0.32ab	0.22b	4.51ab	4.56a	2.99a	2.72abc
N2P2K2	0.28b	0.19bc	4.46ab	3.3bc	1.5cd	2.78abc
N2P3K2	0.36a	0.28ab	3.11ef	3.42bc	0.61f	3.01a
N2P2K0	0.35ab	0.23b	3.25ef	3.12cd	1.22de	2.56cd
N2P2K1	0.33ab	0.21b	4.70a	4.83a	2.28b	2.53cd
N2P2K3	0.35ab	0.27ab	3.98cd	4.04ab	0.58f	3.02a
N3P2K2	0.29b	0.19bc	4.63a	4.27ab	2.44b	2.85abc
N1P1K2	0.26b	0.18bc	3.50de	2.82d	1.33cde	2.63c
N1P2K1	0.24b	0.19bc	3.23ef	2.89d	1.19de	2.49cd
N2P1K1	0.40a	0.32a	3.16ef	3.67bc	2.30b	2.70abc

### 3 结论与讨论

土壤 pH 值、有机质、氮、磷、钾含量是衡量土壤肥力及质量的重要指标,直接影响烟株生长发育及烟叶的产量和质量<sup>[17]</sup>。在本试验中,减少氮肥的施用量,增大钾肥的施用量会使土壤 pH 值升高,这与袁国议等<sup>[20]</sup>、李江文等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。本研究发现,不同施肥处理对土壤中的有机质、水解性氮、全氮、有效磷、速效钾、全磷、全钾含量有不同程度的影响,氮素施用量的高低主要对土壤水解性氮和全氮的含量产生影响,可能的原因是氮肥的施用会促进土壤中微生物的活动,加速有机物的分解和氮的转化,从而增加水解性氮含量。增施磷、钾肥能够明显地提升有效磷、速效钾的含量,可能的原因是磷肥可以提升烟株根系活力,促进土壤磷和钾转化成烟株易吸收的速效态<sup>[21]</sup>。

王新修等<sup>[22]</sup>研究发现,烟株对氮素的需求是前期高、后期低,前期需要吸收足够的氮素以保障其正常快速生长,后期以碳代谢为主,有利于体内养分的转化和品质的形成。本研究发现,增施氮肥可以提前使烟株进入团棵期,但是延长大田生育期,烟株前期由于缺肥导致生长缓慢,生长后期加快成熟落黄。农艺性状是烟株整体发育和形态构造的外在表现,在一定程度上能够直观反映烤后烟叶的质量<sup>[23]</sup>。本研究结果表明,在一定范围内增施氮肥能促进烟株生长,当施氮量达一定水平后,增施磷、钾肥更有利于烟株生长,与郝敏文等<sup>[24]</sup>、谭永浩等<sup>[25]</sup>、全必汉等<sup>[26]</sup>研究结果一致。有研究表明,随着氮素营养水平的增加,烟叶叶绿素含量会增加<sup>[27]</sup>,本研究结果表明,烟叶 SPAD 值随施氮量增加显著升高。增施磷、钾肥虽能提升 SPAD 值,但其效应显著低于氮肥。这表明氮素供应是影响烟叶 SPAD 值的主导因子。

雪茄作为一种手工卷制的烟草制品,其叶面积和叶片厚度是反映烟叶质量的重要因素<sup>[28]</sup>。王斌斌<sup>[5]</sup>、朴晟源等<sup>[29]</sup>、张艳科等<sup>[30]</sup>研究表明,在一定程度上增施氮、磷、钾肥可以改善雪茄烟叶的外观质量和提高产量。本研究发现,氮、磷、钾肥施用均能显著增加叶片厚度与叶面积。其中,氮肥对叶片厚度的提升效应显著高于磷肥和钾肥。在统一氮素营养水平下,增施磷肥和钾肥可进一步改善叶面积与叶片厚度,且钾肥的效应显著高于磷肥,与夏玉兰等<sup>[31]</sup>研究结果一致。张艳科等<sup>[30]</sup>研究

表明,随着磷肥的增加,雪茄烟的产量呈先升高后降低的趋势。本研究结果表明,在一定范围内增施磷肥可以提高烟叶产量。

烟叶化学成分是烟叶品质的内在表现,是烟叶质量特征的重要基础<sup>[32]</sup>。优质烤烟烟叶的总糖含量为 18%~22%,还原糖含量为 16%~18%<sup>[33]</sup>。本研究结果表明,雪茄烟叶总糖含量为 0.17%~0.40%,还原糖含量为 0.09%~0.32%,可能是因为雪茄烟和烤烟存在遗传基因差异,雪茄烟属于晾晒烟,晾制时间较长,糖类物质被呼吸作用消耗<sup>[34]</sup>。朴晟源等<sup>[29]</sup>研究表明,提磷增钾可以提高雪茄烟叶总糖、还原糖含量,和本研究结果一致。钾离子能促进光合作用中二氧化碳的固定和同化,进而影响糖类的合成;同时,钾有助于调节植物细胞的膨压,利于糖的转运,从而增加烟叶中总糖含量<sup>[35]</sup>。磷离子参与糖异生途径中一系列酶促反应,促进糖的合成,调控糖转运,葡萄糖转运蛋白(如 GLUT1)通过磷酸化改变构象调控葡萄糖跨膜转运速率<sup>[36]</sup>。本研究表明,随着磷肥的增加烟叶中的氯离子含量呈下降趋势,与朴晟源等<sup>[29]</sup>研究结果有所差异,这可能与营养元素的相对阈值、前茬作物、雪茄烟品种、当地土壤养分和气候的差异有关,具体生理生化原因还需要进一步研究。本研究结果表明,随着氮素营养水平的提升,烟叶中总氮含量和烟碱含量增加,烟叶的总糖、还原糖含量呈先升高后降低的趋势,和王斌斌<sup>[5]</sup>的研究结果一致。但是雪茄烟与烤烟品种、栽培、调制等均不一样,化学成分也有较大差异,具体雪茄烟叶常规化学成分含量的适宜范围还有待进一步研究确定<sup>[37]</sup>。

综上所述,在适宜范围内增施氮肥可促进烟株生长,但当施氮量达到一定阈值后,增施钾肥对提升雪茄烟叶产量与质量更为关键。施氮量为 150 kg/hm<sup>2</sup>时,配合增施磷、钾肥更有利于提升土壤肥力和雪茄烟叶产量与品质。本试验条件下,基追比为 3:7,施肥量 N 150 kg/hm<sup>2</sup>(18.52 g/株)、P 75 kg/hm<sup>2</sup>(20.83 g/株)、K 450 kg/hm<sup>2</sup>(30 g/株),更有利于云雪 39 的生长发育,提高土壤肥力、烟叶产量和烟叶化学品质。

#### 参考文献:

- [1] 余志凡,何正川,代顺冬,等. 四川雪茄烟优质高效栽培技术[J]. 四川农业科技,2022(3):8-11.  
YU Z F, HE Z C, DAI S D, et al. Cultivation techniques of Sichuan cigar with high quality and high efficiency[J]. Sichuan Ag-

- ricultural Science and Technology, 2022(3):8-11.
- [2] 邓弋戈, 时向东. 雪茄茄衣品种生态适应性及栽培技术研究进展[J]. 江西农业学报, 2021, 33(1):60-66.  
DENG Y G, SHI X D. Research progress in ecological adaptability and cultivation techniques of cigar wrappers[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2021, 33(1):60-66.
- [3] 马宇, 王硕立, 赵曦, 等. 保水剂对豫西南半湿润区雪茄烟田耕层土壤理化性质及烟株生长发育的影响[J]. 河南农业科学, 2024, 53(2):46-55.  
MA Y, WANG S L, ZHAO X, et al. Effects of water-retaining agent on the physical and chemical properties of topsoil and the growth and development of tobacco plants in cigar tobacco field in the semi-humid area of Southwest Henan[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2024, 53(2):46-55.
- [4] 张兴伟, 刘国祥, 向欢, 等. 雪茄烟新品种川雪5号的选育及特征特性[J]. 中国烟草科学, 2023, 44(6):1-5.  
ZHANG X W, LIU G X, XIANG H, et al. Breeding and characteristics of a new cigar variety Chuanxue 5[J]. Chinese Tobacco Science, 2023, 44(6):1-5.
- [5] 王斌斌. 氮肥用量对雪茄烟叶产量及品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学, 2023.  
WANG B B. Effects of nitrogen fertilizer dosage on yield and quality of cigar tobacco[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023.
- [6] 吴创. 湖北来凤雪茄茄芯烟叶施肥技术研究[D]. 郑州:河南农业大学, 2018.  
WU C. Study on fertilization technology of tobacco leaf in Laifeng cigar of Hubei Province[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2018.
- [7] 刘子涵. 不同肥料处理对海南雪茄烟生长及烟叶品质的影响研究[D]. 郑州:郑州轻工业大学, 2022.  
LIU Z H. Effects of different fertilizer treatments on growth and leaf quality of cigar in Hainan[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University of Light Industry, 2022.
- [8] 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.  
WANG Y L, WANG J, LIU G S, et al. Effects of different phosphorus levels on root physiological and leaf photosynthetic characteristics of flue-cured tobacco[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2016, 22(2):410-417.
- [9] 张艳科. 磷肥用量对雪茄烟叶产量及品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学, 2023.  
ZHANG Y K. Effects of phosphorus fertilizer dosage on yield and quality of cigar tobacco[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023.
- [10] 乔保明, 吴创, 田煜利, 等. 钾肥用量对雪茄烟品种 BES NO H382 品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(4):134-137.  
QIAO B M, WU C, TIAN Y L, et al. Effect of dosage of potassium fertilizer on the quality of BES NO H382 cigar[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(4):134-137.
- [11] 李禹, 姚恒, 孔光辉, 等. 雪茄烟苗期钾素营养特征及干物质的积累[J]. 山西农业科学, 2024, 52(4):68-75.  
LI Y, YAO H, KONG G H, et al. Potassium nutrition characteristics and dry matter accumulation of cigar tobacco at seedling stage[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2024, 52(4):68-75.
- [12] 陈义强. 氮磷钾肥对烤烟内在品质的影响及其施肥模型[D]. 郑州:河南农业大学, 2008.  
CHEN Y Q. Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer on tobacco internal quality and its fertilization model[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2008.
- [13] 胡璟, 刘兴良, 胡宗达, 等. 川西亚高山典型灌丛土壤微生物量及其碳氮磷化学计量特征[J]. 应用与环境生物学报, 2024, 30(2):220-228.  
HU J, LIU X L, HU Z D, et al. Changes in soil microbial C:N:P stoichiometry in different shrub types in subalpine regions of western Sichuan Province, China[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2024, 30(2):220-228.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社, 2000.  
BAO S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [15] 高纪超, 李强, 朱平, 等. 长期化肥有机替代对黑土颜色及腐殖物质的影响[J]. 水土保持学报, 2023, 37(4):313-318.  
GAO J C, LI Q, ZHU P, et al. Effects of organic substitution chemical fertilizer on color and humic substances of black soil[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2023, 37(4):313-318.
- [16] 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.
- [17] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法:YC/T 162—2011[S]. 北京:中国标准出版社, 2011.  
State Tobacco Monopoly Bureau of the People's Republic of China. Tobacco and tobacco products-Determination of chloride-Continuous flow method: YC/T 162-2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.
- [18] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法:YC/T 160—2002[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.  
State Tobacco Monopoly Bureau of the People's Republic of China. Tobacco and tobacco products-Determination of total alkaloids-Continuous flow method: YC/T 160-2002[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [19] 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.  
State Tobacco Monopoly Bureau of the People's Republic of China. Determination of water-soluble sugars in tobacco and tobacco products by continuous flow method: YC/T 159-2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [20] 袁国议, 牛新春, 代惠娟, 等. 不同氮钾运筹对云烟121产质量的影响[J]. 江西农业学报, 2023, 35(11):80-86.  
YUAN G Y, NIU X C, DAI H J, et al. Effects of nitrogen and potassium application on yield and quality of Yunyan 121[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2023, 35(11):80-86.
- [21] 李江文, 周佳, 向华辉, 等. 硝酸磷钾复合肥与氧化钙调理剂配施对蔬菜酸化土壤改良效果研究[J]. 西南农业学报, 2020, 33(6):1221-1228.  
LI J W, ZHOU J, XIANG H H, et al. Study on improvement

- of vegetable acidified soil and reduction of chemical fertilizer by combination of nitrophosphate potassium compound fertilizer and calcium oxide conditioner[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2020, 33(6): 1221-1228.
- [22] 王新修, 苟剑渝, 刘京, 等. 遵义市植烟土壤肥力综合评价及空间分布[J]. 中国土壤与肥料, 2024(2): 1-9.  
WANG X X, GOU J Y, LIU J, et al. Soil integrated fertility index and spatial distribution in Zunyi tobacco-planting area[J]. Soils and Fertilizers Sciences in China, 2024(2): 1-9.
- [23] 邹宇航, 张瑞娜, 秦燕青, 等. 氮肥基追比对雪茄烟农艺性状及品质的影响[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(7): 14-17.  
ZOU Y H, ZHANG R N, QIN Y Q, et al. Effects of basal-dressing ratio of nitrogen fertilizers on agronomic traits and quality of cigar tobacco[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2020, 48(7): 14-17.
- [24] 郝敏文, 王玥, 段艳茹. 不同移栽期对雪茄烟生育期及农艺性状等的影响[J]. 种子科技, 2023, 41(21): 1-5.  
HAO M W, WANG Y, DUAN Y R. Effects of different transplanting periods on growth period and agronomic traits of cigar[J]. Seed Science & Technology, 2023, 41(21): 1-5.
- [25] 谭永浩, 向东, 刘勇军, 等. 不同氮效应对武陵山区雪茄烟生长发育及品质特征的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(9): 112-120.  
TAN Y H, XIANG D, LIU Y J, et al. Influences of different nitrogen effects on growth and quality characteristics of cigar in Wuling mountainous area[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(9): 112-120.
- [26] 全必汉. 减氮增钾对水稻产量和品质的影响[J]. 农业技术与装备, 2024(11): 144-146.  
QUAN B H. Effect of reducing nitrogen and increasing potassium on the yield and quality of rice[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2024(11): 144-146.
- [27] 张嘉雯, 卢绍浩, 赵铭钦, 等. 施氮量对四川雪茄烟叶碳氮代谢及品质的影响[J]. 作物杂志, 2021(4): 159-165.  
ZHANG J W, LU S H, ZHAO M Q, et al. Effects of nitrogen application rates on carbon and nitrogen metabolism and quality of cigar leaves in Sichuan[J]. Crops, 2021(4): 159-165.
- [28] 李爱军, 范静苑, 秦艳青, 等. 海南与印尼茄衣烟叶质量差异分析[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(4): 60-63.  
LI A J, FAN J Y, QIN Y Q, et al. Analysis of quality difference between Hainan and Indonesia produced cigar wrapper leaves[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2013, 19(4): 60-63.
- [29] 朴晟源. 磷钾肥配施对雪茄烟叶生理特性及产质量的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2024.  
PIAO S Y. Effects of combined application of phosphorus and potassium fertilizers on physiological characteristics, yield and quality of cigar tobacco leaves[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2024.
- [30] 张艳科, 饶雄飞, 任涛, 等. 氮磷钾肥对雪茄茄芯 CX-14 产量和经济效益的影响[J]. 中南农业科技, 2023, 44(6): 51-55.  
ZHANG Y K, RAO X F, REN T, et al. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on the yield and economic benefit of cigar eggplant core CX-14[J]. South-Central Agricultural Science and Technology, 2023, 44(6): 51-55.
- [31] 夏玉兰, 赵园园, 李娟, 等. 钾肥不同追施比例对红花大金元和云烟 300 生长、产量及质量的影响[J]. 作物杂志, 2025(6): 225-230.  
XIA Y L, ZHAO Y Y, LI J, et al. Effects of different topdressing ratios of potassium fertilizer on the growth, yield and quality of honghuadajinyuan and Yunyan 300[J]. Crops, 2025(6): 225-230.
- [32] 江厚龙, 彭奎, 张艳, 等. 重庆烤烟化学成分与感官品质典型相关分析[J]. 中国烟草科学, 2019, 40(2): 80-86.  
JIANG H L, PENG K, ZHANG Y, et al. Canonical correlation analysis of chemical components and smoking quality of flue-cured tobacco leaves in Chongqing[J]. Chinese Tobacco Science, 2019, 40(2): 80-86.
- [33] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2017.  
LIU G S. Tobacco cultivation[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2017.
- [34] 李军华, 唐杰, 梁坤, 等. 印尼与国内雪茄烟叶主要化学成分差异分析[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(7): 1080-1083.  
LI J H, TANG J, LIANG K, et al. Analysis on the difference of main chemical components of cigar tobacco leaves between Indonesia and China[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2015, 56(7): 1080-1083.
- [35] 李合生. 现代植物生理学[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2012.  
LI H S. Modern plant physiology[M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2012.
- [36] 杨志敏. 生物化学[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2015.  
YANG Z M. Biochemistry[M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2015.
- [37] 樊俊, 谭军, 何明昌, 等. 土壤 pH 值与雪茄烟叶矿质元素和化学成分的关系[J]. 中国土壤与肥料, 2023(12): 136-141.  
FAN J, TAN J, HE M C, et al. The relationship between soil pH and mineral elements, chemical components of cigar tobacco leaves[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2023(12): 136-141.