

白雅凡,李妍,赵园园,等.施氮量和留叶数对低烟碱烟草品种生物碱含量和烟叶质量的影响[J].江苏农业科学,2025,53(6):96-105.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.06.011

# 施氮量和留叶数对低烟碱烟草品种生物碱含量和烟叶质量的影响

白雅凡<sup>1</sup>,李妍<sup>1</sup>,赵园园<sup>1</sup>,史素娟<sup>2</sup>,蔡宝才<sup>3</sup>,矫海楠<sup>2</sup>,史宏志<sup>1</sup>

(1.河南农业大学烟草学院/烟草农业减害研究中心/烟草行业烟草栽培重点实验室,河南郑州 450046;

2.上海烟草集团有限责任公司技术中心北京工作站,北京 101121; 3.河南省烟草公司许昌市公司,河南许昌 461000)

**摘要:**为明确关键栽培技术对低烟碱烤烟新品种 CD01 生物碱和产质量的影响,确定品种配套栽培措施,2023 年在河南省禹州市古城镇蔡坡村进行双因素裂区试验,研究施氮量(N1:31 kg/hm<sup>2</sup>;N2:38 kg/hm<sup>2</sup>;N3:45 kg/hm<sup>2</sup>)和留叶数(L1:16 张/株;L2:18 张/株;L3:20 张/株)对 CD01 农艺性状、生物碱含量、化学成分、外观质量、经济性状和感官质量的影响。结果表明,留叶数一定时,随施氮量增加,对于中部叶,总糖、还原糖、氯含量降低,总氮、钾含量、钾氯比和感官评价整体上呈上升趋势;L1、L2 水平下,烟碱和总生物碱含量先升高后降低,L3 水平下,烟碱和总生物碱含量增多;对于上部叶,烟碱含量、总生物碱含量、总氮含量、钾含量、钾氯比和感官评价整体呈上升趋势;总糖含量、还原糖含量、氯含量、糖碱比降低。同一施氮量水平下,对于中、上部叶,随留叶数增加,烟碱、总生物碱、总氮和钾含量降低,总糖、还原糖含量先升高后降低,除劲头随留叶数增多而减小,感官质量评价整体上以留叶数为 L2 时评分更高。随着施氮量的增加或留叶数的减少,烟叶身份由薄变厚,颜色由浅变深。随施氮量增加,烟叶的单叶重显著提高,L1 水平下,均价先增加后减小,产值和上等烟比例呈上升的趋势;L2、L3 水平下,均价、产值和上等烟比例均呈现先增大后减小的趋势;随留叶数增多,烟叶的单叶重下降,N1 水平下,均价、产值和上等烟比例显著下降;N2、N3 水平下,均价、产值和上等烟比例均呈先增大后减小的趋势。两者交互作用对 CD01 圆顶期各农艺性状指标及中、上部叶感官质量无显著影响;对烤后中、上部叶烟碱含量、总生物碱含量、总糖含量、还原糖含量、氯含量、氮碱比和糖碱比的影响均达到极显著水平;对 CD01 总产量和中上等烟叶比例有显著影响,对均价和产值产生极显著影响。综上,在本试验条件下施氮量和留叶数的不同组合对 CD01 烟碱含量及经济性状影响显著,许昌禹州烟区 CD01 以施氮量为 38 kg/hm<sup>2</sup>、留叶数 18 张/株时,烟叶整体质量最好,表现为烟碱含量处在较低水平,均价、产值和上等烟比例较高,叶片疏松程度高、油分足、烟叶成熟度高、化学成分比例较协调、感官品质较好,为当地最优低烟碱品种烟叶的生产栽培组合。

**关键词:**低烟碱烤烟;施氮量;留叶数;生物碱;烟叶质量;经济性状;感官品质;化学成分

**中图分类号:**S572.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)06-0096-09

生物碱是烟草属(*Nicotiana*)植物的重要化学成分,其中烟碱是烟叶中主要的生理活性成分,其含量不仅决定了烟叶的生理强度,也是烟草制品产生致瘾性的主要成分<sup>[1]</sup>。在过去的研究中,高烟碱品种一直是研究的重点,然而,近年来,人们对低烟碱品种的关注逐渐增加。低烟碱品种因其烟碱含量相对较低,被视为一种更为健康和环保的烟草选

择。Benowitz 等首先提出,把烟叶烟碱含量降低到吸烟者成瘾的阈值以下<sup>[2]</sup>。为降低吸烟者对烟草的依赖性,人们针对低烟碱卷烟对吸烟行为和致瘾性的影响开展了一系列的研究工作<sup>[3-5]</sup>。美国食品药品监督管理局和世界卫生组织建议降低卷烟烟丝中的烟碱含量<sup>[6-7]</sup>。随着人们健康意识的提高,其对低烟碱卷烟产品的需求逐渐增加。因此,深入研究低烟碱品种的栽培技术对于调整烟草产业结构、提高烟草品质和满足市场需求至关重要。低烟碱烟叶的生产不仅关乎吸烟者的健康,还涉及到烟草产业的可持续发展。而低烟碱烟叶的生产一是依赖低烟碱品种的选育,二是依靠低烟碱农艺栽培技术。在这一背景下,本研究旨在探究不同施氮量和留叶数条件下对低烟碱烤烟品种烟碱含量和烟

收稿日期:2024-04-12

基金项目:中国烟草总公司揭榜挂帅项目(编号:110202103013)。

作者简介:白雅凡(2000—),女,河南开封人,硕士研究生,主要从事烟草栽培生理研究。E-mail: bai315@foxmail.com。

通信作者:史宏志,博士,教授,主要从事烟草栽培生理研究, E-mail: shihongzhi88@163.com;矫海楠,硕士,工程师,主要从事卷烟产品研发及维护研究, E-mail: jhn\_1989@126.com。

叶质量的影响。施氮量和留叶数作为影响植物生长和化学成分的关键栽培管理措施,对烟草生物碱含量和烟叶质量的影响具有潜在的重要性。氮素是烟草生长过程中必需的营养元素,影响烤烟生长发育、产量、烟碱含量等品质指标,合理的施氮量可以促进烟株正常生长发育,有利于烟叶的碳氮代谢,对提高烤烟产量、改善烟叶品质具有重要作用。留叶数作为一项栽培管理措施,适时打顶并保留合适的叶片数可以调控烟株群体间空间的大小和光照等因素,直接影响光合作用和养分分配,可能对烟草生物碱的积累产生重要影响,同时有利于促进烟株根系发育、扩大叶片、增加养分吸收,有效减轻病虫害的发生,进而提高烟叶的产量和品质。

本试验以低烟碱烤烟新品系 CD01 为材料,设置施氮量和留叶数双因素裂区试验,并进行烤烟关键栽培技术优化组合,旨在制定适合低烟碱烟叶栽培种植的农业配套技术,对实现优质高产的低烟碱烟叶生产具有重要的理论和实践意义,通过科学合理的控制氮肥的施用和优化留叶数,以期在保持烤烟产量的同时,降低其烟碱含量,满足市场和社会对更为健康烟草的需求,为低烟碱烟草的生产提供科学依据,为烟草产业的可持续发展提供新的理论和实践支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2023 年在河南省禹州市古城镇蔡坡村进行,以超低烟碱品种 CD01 为试验材料,采用漂浮育苗的方式育苗。土壤肥力中等且均匀,土壤疏松,地势平坦,结构良好,有良好灌溉条件,耕层土壤 pH 值 8.40,有机质含量 13.73 g/kg,碱解氮含量 50.05 mg/kg,总氮含量 1.48 g/kg,全氮含量 0.81 g/kg,全磷含量 0.51 g/kg,全钾含量 16.69 g/kg,有效磷含量 13.16 mg/kg,速效钾含量 176 mg/kg。

1.2 试验设计

试验采用双因素裂区试验设计。主区为施氮量(N),设置 3 个不同水平,分别为 N1(31 kg/hm<sup>2</sup>)、N2(38 kg/hm<sup>2</sup>)、N3(45 kg/hm<sup>2</sup>);副区为留叶数(L),设置 3 个不同水平,分别为 L1(16 张/株)、L2(18 张/株)、L3(20 张/株)。共 9 个处理,每个处理 3 次重复,共 27 个小区。行株距为 120 cm×50 cm,设置保护行。肥料为烟草专用复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量分别为 10%、10%、20%)、硫酸钾、硝酸

钾、过磷酸钙,保持施入的磷肥和钾肥重量一致。其他栽培管理措施及病虫害防治均按照当地优质烟生产技术方案。根据施氮量和留叶数,试验共设 9 个处理,见表 1。分别选取各处理 B2F、C3F 烤后烟 2 kg,用于烟叶化学成分、感官质量的测定。

表 1 施氮量和留叶数试验处理

处理	施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	留叶数 (张)
T1	N1(31)	L1(16)
T2	N1(31)	L2(18)
T3	N1(31)	L3(20)
T4	N2(38)	L1(16)
T5	N2(38)	L2(18)
T6	N2(38)	L3(20)
T7	N3(45)	L1(16)
T8	N3(45)	L2(18)
T9	N3(45)	L3(20)

1.3 测定项目与方法

1.3.1 农艺性状 参照《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010),在各小区选取 10 株有代表性的烟株进行标记,分别于旺长期和圆顶期测量其株高、茎围、节距、叶片数及最大叶长和叶宽。

1.3.2 化学成分 采用 AAⅢ型连续流动化学分析仪(德国 BRAN + LUEBBE 公司),按照《烟草及烟草制品标准体系》(YC/Z 240—2008)测定化学成分含量。

1.3.3 生物碱 参照烟草行业标准《烟草及烟草制品 总氮的测定连续流动法》(YC/T 161—2002),采用气相色谱法测定生物碱含量。在碱性条件下,用甲基叔丁基醚(MTBE)提取 200 mg 样品的生物碱,以正十六烷为内标,通过气相色谱-氢火焰离子化检测器(GC-FID)(Agilent7890A,美国 Agilent Technologies 公司)定量检测烟碱、降烟碱、新烟草碱、假木贼碱 4 种生物碱含量。

1.3.4 外观质量 根据《烤烟》(GB 2635—1992)的分级标准对烟叶进行分级,分级后的烟叶从叶片结构、成熟度、油分、颜色、色度、身份进行外观质量评价。

1.3.5 经济性状 各小区上部烟叶成熟采收后挂牌编竿,同炕烘烤。根据《烤烟》(GB 2635—1992)的标准对烤后烟叶进行分级,统计等级结构和均价,计算单叶重、产量、产值等经济性状指标。

1.3.6 感官品质鉴定 将各处理 B2F、C3F 烤后烟

切丝,卷成单料烟,由河南中烟工业有限责任公司和河南农业大学国家栽培生理生化研究基地评吸专家进行评吸打分,参照《标准烟草及烟草制品感官评价方法》(YC/T 138—1998)进行评价,检测指标包括香气量、香气质、浓度、杂气、劲头、刺激性、余味、燃烧性。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 和 SPSS 22.0 软件进行数据处理和统计分析,用 Duncan’s 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 施氮量和留叶数对 CD01 农艺性状的影响

由表 2 可知,在旺长期,随施氮量的增加,CD01

各农艺性状指标呈上升趋势。在圆顶期,同一施氮量条件下,随着留叶数的增加,株高显著升高,茎围、最大叶的叶长和叶宽均呈现减小的趋势,节距无明显变化规律。在同一留叶数水平下,除节距外,株高、茎围、最大叶的叶长和叶宽均随施氮量的增加而显著增大。

双因素方差分析表明,施氮量对株高的影响达到极显著水平,对茎围和最大叶叶长的影响达到显著水平,对节距和最大叶叶宽的影响不显著;留叶数除对节距无显著影响外,对各项农艺性状指标的影响均达到极显著水平;两者交互作用对 CD01 各农艺性状指标均无显著影响。

表 2 施氮量和留叶数对 CD01 农艺性状的影响

时期	处理	施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	留叶数 (张)	株高 (cm)	茎围 (cm)	节距 (cm)	最大叶叶长 (cm)	最大叶叶宽 (cm)
旺长期	N1	31	17.39e	60.13b	8.32a	3.57c	57.90b	29.50a
	N2	38	18.78b	66.56a	8.79a	4.23b	61.20ab	30.80a
	N3	45	20.64a	70.32a	9.46a	4.87a	66.20a	32.60a
圆顶期	T1	31	16.00	93.87g	12.97bc	5.62a	80.10b	40.60b
	T2	31	18.00	104.78e	12.46bc	5.10a	74.40cd	39.90bc
	T3	31	20.00	116.09cd	11.67c	5.79a	70.60d	36.60d
	T4	38	16.00	98.77fg	13.76ab	6.35a	85.50a	44.70a
	T5	38	18.00	113.76d	13.25ab	5.56a	78.60bc	41.20b
	T6	38	20.00	122.95b	12.29bc	5.92a	73.00d	37.10cd
	T7	45	16.00	101.10ef	14.76a	5.71a	87.60a	45.00a
	T8	45	18.00	121.31bc	13.82ab	5.14a	86.70a	40.80b
	T9	45	20.00	131.20a	12.43bc	5.94a	74.60cd	38.70bcd
<i>F</i> (N)				19.02 **	16.92 *	1.07	8.65 *	3.94
<i>F</i> (L)				74.54 **	29.47 **	3.35	19.04 **	20.65 **
<i>F</i> (N×L)				1.94	0.32	0.18	2.22	1.26

注:同一生长期同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著;N、L 和 N×L 分别代表施氮量、留叶数和二者的交互作用;\*\*表示影响极显著( $P<0.01$ ),\*表示影响显著( $P<0.05$ )。下表同。

2.2 施氮量和留叶数对 CD01 烟叶生物碱含量的影响

2.2.1 施氮量和留叶数对 CD01 鲜烟叶生物碱含量的影响 由表 3 可知,在旺长期,施氮量对 CD01 鲜烟叶烟碱和总生物碱含量的影响达到显著水平,烟碱和总生物碱含量随施氮量增加而增大。在圆顶期,同一留叶数水平下烟碱和总生物碱含量随施氮量增加而增大;在同一施氮量水平下,随留叶数增加,烟碱和总生物碱含量下降。仅 T1、T4、T7 处理下检测出微量假木贼碱和新烟草碱,降烟碱在各

处理下均未被检测出。双因素方差分析表明,施氮量和留叶数对烟碱和总生物碱含量的影响均达到极显著水平。两者交互作用对其圆顶期鲜烟叶烟碱和总生物碱含量无显著影响。

2.2.2 施氮量和留叶数对 CD01 烤后烟生物碱含量的影响 由表 4 可知,在中部叶中,同一施氮量水平下,烟碱和总生物碱含量随留叶数增加而显著降低。在留叶数为 L1、L2 水平下,烟碱和总生物碱含量随施氮量增加先升高后降低,在留叶数为 L3 水平下,烟碱、假木贼碱和总生物碱含量随施氮量增加

表 3 施氮量和留叶数对 CD01 生育期鲜烟叶生物碱含量的影响

时期	处理	施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	留叶数 (张)	各生物碱含量 (%)				
				烟碱	降烟碱	假木贼碱	新烟草碱	总生物碱
旺长期	N1	31	17.39c	0.126 3c	—	—	—	0.126 3c
	N2	38	18.78b	0.144 3b	—	—	—	0.144 3b
	N3	45	20.64a	0.175 7a	—	—	—	0.175 7a
圆顶期	T1	31	16.00	0.191 4cd	—	0.006 8c	0.018 2a	0.216 4b
	T2	31	18.00	0.185 8d	—	—	—	0.185 8c
	T3	31	20.00	0.164 7f	—	—	—	0.164 7d
	T4	38	16.00	0.197 6c	—	0.011 0a	0.019 1a	0.227 7b
	T5	38	18.00	0.190 3cd	—	—	—	0.190 3c
	T6	38	20.00	0.176 8e	—	—	—	0.176 8cd
	T7	45	16.00	0.230 5a	—	0.008 9b	0.018 7a	0.258 1a
	T8	45	18.00	0.220 2b	—	—	—	0.220 2b
	T9	45	20.00	0.196 6c	—	—	—	0.196 6c
	<i>F</i> (N)		—	80.54 **	—	—	—	79.38 **
			<i>F</i> (L)	—	46.05 **	—	—	174.78 **
			<i>F</i> (N×L)	—	1.71	—	—	0.33

表 4 施氮量和留叶数对 CD01 烤后中部叶生物碱含量的影响

处理	各生物碱含量 (%)				
	烟碱	降烟碱	假木贼碱	新烟草碱	总生物碱
T1	0.153 6c	0.037 8a	0.005 1a	—	0.196 5b
T2	0.136 8d	0.022 9de	0.003 7d	—	0.163 4d
T3	0.133 9d	0.025 1b	0.003 3e	—	0.162 2d
T4	0.185 7a	0.022 4e	0.004 7b	—	0.212 8a
T5	0.171 7b	0.023 9c	0.005 2a	—	0.200 8b
T6	0.135 2d	0.023 5cd	0.003 9d	—	0.162 6d
T7	0.170 9b	0.025 2b	0.004 7b	—	0.200 8b
T8	0.151 2c	0.023 2cd	0.003 9d	—	0.178 2c
T9	0.150 8c	0.022 5e	0.004 2c	—	0.177 5c
<i>F</i> (N)	129.45 **	354.11 **	39.77 **	—	28.29 **
<i>F</i> (L)	218.43 **	294.84 **	180.16 **	—	117.22 **
<i>F</i> (N×L)	39.35 **	253.89 **	78.88 **	—	15.54 **

而增多。新烟草碱在各处理下均未被检测出。双因素方差分析表明,施氮量和留叶数及两者交互作用对烟碱、降烟碱、假木贼碱和总生物碱含量的影响均达到极显著水平。

由表 5 可知,在上部叶中,同一施氮量水平下,烟碱和总生物碱含量随留叶数增加而显著降低。同一留叶数水平下,烟碱和总生物碱含量随施氮量增加而呈上升趋势。新烟草碱在各处理下均未被检测出。双因素方差分析表明,施氮量和留叶数及两者交互作用对烟碱、降烟碱、假木贼碱和总生物碱含量的影响均达到极显著水平。

2.3 施氮量和留叶数对 CD01 化学成分的影响

由表 6 可知,在中部叶中,同一施氮量水平下,随留叶数增加,总糖、还原糖、氯含量先升高后降低,总氮和钾含量降低,钾氯比先减小后增大;在 N1、N3 施氮水平下,氮碱比和糖碱比随留叶数增加而先增大后减小,N2 施氮水平下,氮碱比和糖碱比随留叶数增加而增大。在留叶数一定时,总糖、还原糖、氯含量随施氮量增加而降低,总氮含量、钾含量和钾氯比随施氮量增加而增加;在留叶数为 L1、L2 水平下,氮碱比随施氮量增加而先减小后增大;在留叶数为 L3 水平下,氮碱比随施氮量增加先增大后

表 5 施氮量和留叶数对 CD01 烤后上部叶生物碱含量的影响

处理	各生物碱含量(%)				
	烟碱	降烟碱	假木贼碱	新烟草碱	总生物碱
T1	0.188 8b	0.028 2bc	0.005 0d	—	0.222 0c
T2	0.162 1d	0.024 6e	0.004 6e	—	0.191 3e
T3	0.157 7d	0.024 8e	0.004 3f	—	0.186 7e
T4	0.190 1b	0.046 9a	0.005 1cd	—	0.242 1b
T5	0.187 4bc	0.026 1d	0.005 3c	—	0.218 8cd
T6	0.163 5d	0.024 9de	0.004 4ef	—	0.192 9e
T7	0.215 2a	0.028 7bc	0.008 1a	—	0.252 0a
T8	0.192 8b	0.029 1b	0.005 9b	—	0.227 8c
T9	0.178 8c	0.027 6c	0.004 9d	—	0.211 3d
<i>F</i> (N)	57.82 **	199.84 **	285.13 **	—	71.24 **
<i>F</i> (L)	83.19 **	405.90 **	208.26 **	—	136.07 **
<i>F</i> (N×L)	5.30 **	244.87 **	71.93 **	—	3.06 *

表 6 施氮量和留叶数对 CD01 中部叶化学成分的影响

处理	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	总氮含量 (%)	钾含量 (%)	氯含量 (%)	钾氯比	氮碱比	糖碱比
T1	23.48b	19.58b	2.11de	1.91b	0.93c	2.05d	13.74d	127.44b
T2	25.37a	20.64a	2.02ef	1.52cd	1.22a	1.25g	14.77b	150.89a
T3	23.22b	16.93de	1.95f	1.44d	0.88d	1.64e	14.56b	126.41b
T4	23.04bc	17.80cd	2.38a	1.93b	0.85d	2.27c	12.82e	95.87e
T5	24.60a	18.10c	2.24bc	1.57c	1.07b	1.47f	13.05e	105.39d
T6	22.10c	16.65e	2.06de	1.44d	0.71e	2.03d	15.28a	123.53b
T7	18.06d	13.35g	2.41a	2.24a	0.69e	3.25a	14.10c	78.10f
T8	22.51bc	17.36cd	2.26b	1.94b	0.86d	2.26c	14.95b	114.78c
T9	17.92d	14.45f	2.14cd	1.86b	0.68e	2.74b	14.19c	95.86e
<i>F</i> (N)	162.86 **	125.62 **	41.74 **	97.01 **	343.81 **	522.80 **	102.43 **	293.09 **
<i>F</i> (L)	76.96 **	57.85 **	38.72 **	111.96 **	457.27 **	300.01 **	81.50 **	103.39 **
<i>F</i> (N×L)	6.85 **	15.01 **	1.48	0.72	19.13 **	3.26	9.24 **	38.82 **

减小;L1、L3 水平下,糖碱比随施氮量增加而减小;L2 水平下,糖碱比随施氮量增加而先减小后增大。双因素方差分析表明,施氮量和留叶数对 CD01 中部叶化学成分含量的影响均达到极显著水平;两者交互作用对 CD01 中部叶总糖含量、还原糖含量、氯含量、氮碱比和糖碱比的影响均达到极显著水平。

由表 7 可知,在上部叶中,同一施氮量水平下,随留叶数增加,总糖和还原糖含量先增加后减少,总氮含量、钾含量和钾氯比减少,氯含量呈上升趋势。在 N1、N3 施氮水平下,氮碱比随留叶数增加而先增大后减小,在 N2 施氮水平下,氮碱比随留叶数增加而先减小后增大;N1 施氮水平下,糖碱比随留叶数增加先增大后减小;N2、N3 施氮水平下,糖碱比随留叶数增加而增大。在留叶数一定时,总糖含

量、还原糖含量、氯含量、糖碱比随施氮量增加而降低,总氮含量、钾含量和钾氯比随施氮量增加而增加;L1、L3 水平下,氮碱比随施氮量增加而先增大后减小;在留叶数为 L2 水平下,氮碱比随施氮量增加。双因素方差分析表明,施氮量和留叶数除对 CD01 上部叶化学成分总糖含量、还原糖含量、总氮含量、钾含量、氯含量、氮碱比和糖碱比的影响均达到极显著水平。

2.4 施氮量和留叶数对 CD01 外观质量的影响

由表 8 可知,随着施氮量的增加或留叶数的减少,烟叶身份由薄变厚,颜色由浅变深。施氮量为 N1 的处理下,烟叶疏松度整体表现为尚疏松,叶片结构为尚疏松,烟叶色度整体表现较弱。T5、T6、T8 处理下烟叶外观质量整体上可评价为优秀,具体表

表 7 施氮量和留叶数对 CD01 上部叶化学成分的影响

处理	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	总氮含量 (%)	钾含量 (%)	氯含量 (%)	钾氯比	氮碱比	糖碱比
T1	19.69b	17.68b	2.27abc	1.45b	0.97de	1.49d	12.02bc	93.64c
T2	21.45a	18.34a	2.18cde	1.22d	1.24b	0.98f	13.45a	113.15a
T3	18.98bc	16.12c	1.92f	1.09f	1.45a	0.75h	12.18bc	102.25b
T4	18.02cde	15.20d	2.35a	1.47b	0.89f	1.65b	12.36bc	79.98e
T5	18.57cd	16.10c	2.22bcd	1.38c	1.00d	1.38e	11.85c	85.91d
T6	17.26e	14.95d	2.06e	1.13ef	1.43a	0.79g	12.60b	91.44c
T7	17.62de	14.72d	2.36a	1.67a	0.52g	3.21a	10.97d	68.42f
T8	18.10cde	14.98d	2.32ab	1.47b	0.91ef	1.62c	12.03bc	77.68e
T9	15.90f	14.07e	2.14de	1.15e	1.16c	0.99f	11.97bc	78.68e
<i>F</i> ( <i>N</i> )	61.42 **	170.91 **	10.61 **	95.22 **	226.05 **	4 388.71 **	17.13 **	181.41 **
<i>F</i> ( <i>L</i> )	28.34 **	42.56 **	40.43 **	503.37 **	521.91 **	8 902.04 **	9.41 **	35.87 **
<i>F</i> ( <i>N</i> × <i>L</i> )	1.92	4.78 **	0.94	16.39 **	15.13 **	1 454.63 **	10.61 **	6.23 **

表 8 施氮量和留叶数对 CD01 外观质量的影响

处理	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	残伤面积 (%)
T1	橘黄	成熟	尚疏松	稍薄	有	强	15 ~ 20
T2	金黄	成熟	尚疏松	稍薄	有	中	20 ~ 25
T3	金黄	完熟	尚疏松	中等	稍有	中	20 ~ 25
T4	深黄	成熟	尚疏松	稍厚	有	强	15 ~ 20
T5	橘黄	成熟	疏松	中等	多	强	10 ~ 15
T6	橘黄	成熟	疏松	中等	有	中	15 ~ 20
T7	深黄	成熟	尚疏松	稍厚	有	浓	15 ~ 20
T8	橘黄	成熟	疏松	中等	有	强	15 ~ 20
T9	橘黄	成熟	尚疏松	中等	有	强	15 ~ 20

现为颜色橘黄、成熟度高、结构疏松、油分足、色度强或浓、残伤面积小,进而烟叶工业可利用率高,特别是 T5 处理下烟叶油分最多,残伤面积最小,因此在外观质量上评分最高。

2.5 施氮量和留叶数对 CD01 经济性状的影响

由表 9 可知,在同一施氮量水平下,烟叶的单叶重随留叶数增多而下降,N1 水平下,均价、产值和上等烟比例均随留叶数增加而显著下降;N2、N3 水平下,均价、产值和上等烟比例随留叶数增加均呈现先增大后减小的趋势。同一留叶水平下,烟叶的单叶重随施氮量增加而显著提高,L1 水平下,均价随施氮量增加均呈现先增加后减小的趋势,产值和上等烟比例随施氮量增加均呈上升的趋势;L2、L3 水平下,均价、产值和上等烟比例随施氮量增加均呈现先增大后减小的趋势;T7 处理下,烟叶产量最高,为 2 757.25 kg/hm<sup>2</sup>;T3 处理下,烟叶产量最低,仅有 2 265.37 kg/hm<sup>2</sup>。T5 处理下,烟叶产值最高,为

61 930.71 元/hm<sup>2</sup>;T3 处理下,烟叶产值最低,为 49 113.14 元/hm<sup>2</sup>。整体来看,T5、T8、T9 处理下均价、产值和上等烟比例较高,经济效益好,以 T5 最优,均价、产值和上等烟比例分别为 24.55 元/kg、61 930.71 元/hm<sup>2</sup>、79.63%。双因素方差分析表明,施氮量和留叶数除对中上等烟叶比例影响不显著外,对单叶重、均价、总产量和产值的影响均达到极显著水平;两者交互作用对 CD01 总产量和中上等烟叶比例有显著影响,对均价和产值产生极显著影响。

2.6 施氮量和留叶数对 CD01 感官质量的影响

由表 10 可知,在同一施氮量水平下,香气质、香气量、浓度、劲头、余味、总分均以留叶数为 L2 处理下评分更高,且劲头随留叶数增多而减小;在施氮量为 N1 处理下,不同留叶数对香气质、香气量、杂气和劲头的评分影响有显著差异,同一施氮量水平下,不同留叶数对浓度、刺激性、余味和总分无显著性

表 9 施氮量和留叶数对 CD01 经济性状的影响

处理	单叶重 (g)	均价 (元/kg)	总产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (元/hm <sup>2</sup> )	中上等烟叶比例 (%)
T1	16.23e	22.77c	2 336.84de	53 209.80d	70.50c
T2	13.92f	22.32cd	2 282.91e	50 954.51e	73.32bc
T3	12.21g	21.68de	2 265.37e	49 113.14f	71.44c
T4	19.56c	22.40cd	2 608.56b	56 600.88c	72.38c
T5	18.28d	24.55a	2 478.24c	61 930.71a	79.63a
T6	16.64e	22.87c	2 395.59d	55 094.96c	74.31bc
T7	22.03a	21.37e	2 757.25a	58 431.64b	74.26bc
T8	20.53b	23.75b	2 383.19d	58 912.42b	77.08ab
T9	19.27c	22.18cd	2 409.05cd	53 134.17d	72.53c
<i>F</i> (N)	445.09 **	7.28 **	23.53 **	36.87 **	1.39
<i>F</i> (L)	109.40 **	27.70 **	21.04 **	16.62 **	9.28 **
<i>F</i> (N×L)	1.89	13.28 **	4.41 *	4.43 **	3.60 *

影响。同一留叶水平下,香气质、香气量、浓度、劲头、余味在整体上随着施氮量的增加呈上升趋势,其中在留叶数为 L2、L3 水平下,香气量、杂气以 N2 施氮量水平下评分最高,刺激性、总分随着施氮量的增加先升高后降低;各处理下燃烧性无差异。中部叶整体以 T5 处理感官质量评价最优,T5 处理下总分最高为 49.1,且香气质、香气量显著高于其他

处理。双因素方差分析表明,施氮量对 CD01 中部叶香气质、香气量、杂气、劲头、刺激性的影响均达到极显著水平;留叶数对 CD01 中部叶香气质、杂气和劲头的影响均达到极显著水平,对香气量和刺激性影响均达到显著水平,施氮量和留叶数对 CD01 中部叶感官质量总分的影响均达到显著水平。两者交互作用对 CD01 中部叶感官质量无显著影响。

表 10 施氮量和留叶数对 CD01 中部叶感官质量的影响

处理	评分								
	香气质	香气量	浓度	杂气	劲头	刺激性	余味	燃烧性	总分
T1	6.10c	5.70ab	6.00ab	6.00b	4.10ab	6.10b	6.00a	7.00a	47.00ab
T2	6.20bc	5.60bc	6.00ab	6.00b	4.00bc	6.20ab	6.00a	7.00a	47.00ab
T3	5.80d	5.30c	5.80b	5.60c	3.80c	6.00b	5.80a	7.00a	45.10b
T4	6.50ab	5.80ab	6.10ab	6.30ab	4.30a	6.50a	6.00a	7.00a	48.50a
T5	6.60a	6.00a	6.20a	6.50a	4.30a	6.50a	6.00a	7.00a	49.10a
T6	6.10c	5.70ab	6.00ab	6.10b	4.10ab	6.30ab	5.90a	7.00a	47.20ab
T7	6.50ab	5.80ab	6.00ab	6.30ab	4.30a	6.30ab	6.00a	7.00a	48.20a
T8	6.50ab	5.80ab	6.20a	6.30ab	4.30a	6.50a	6.10a	7.00a	48.70a
T9	6.20bc	5.60bc	6.00ab	6.00b	4.00bc	6.20ab	6.00a	7.00a	47.00ab
<i>F</i> (N)	14.34 **	6.07 **	1.99	14.26 **	8.67 **	7.70 **	0.91	0.00	5.01 *
<i>F</i> (L)	14.7 **	5.49 *	2.57	10.56 **	8.67 **	3.60 *	1.68	0.00	4.52 *
<i>F</i> (N×L)	0.29	0.73	0.28	0.41	0.22	0.24	0.32	0.00	0.07

由 11 表可知,在同一施氮水平下,感官质量评分均以留叶数为 L2 处理下评分更高,且不同留叶数对香气量和劲头的评分影响有显著差异,对香气质、浓度、杂气、刺激性、余味和燃烧性评分无显著性影响。同一留叶水平下,香气质、香气量、浓度、劲头、刺激性、余味和总分在整体上随着施氮量的增加呈上升趋势,仅留叶数在 L1 水平下不同施氮

量对香气质和劲头的评分影响有显著差异,对香气量、浓度、杂气、刺激性、余味、燃烧性和总分无显著性影响。上部叶整体以 T5、T8 处理感官质量评价较优,T5、T8 处理下总分分别为 49.0、49.2,香气质、香气量、杂气、劲头、刺激性和燃烧性一致,仅浓度和余味 T8 略高于 T5,但无显著差异。双因素方差分析表明,施氮量对 CD01 上部叶香气质和香气

量影响均达到极显著水平,对浓度、劲头、总分的影响均达到显著水平;留叶数对 CD01 上部叶香气量和劲头的影响均达到极显著水平,对香气质、杂气、

刺激性和总分影响均达到显著水平。两者交互作用对 CD01 上部叶感官质量无显著影响。

表 11 施氮量和留叶数对 CD01 上部叶感官质量的影响

处理	评分								
	香气质	香气量	浓度	杂气	劲头	刺激性	余味	燃烧性	总分
T1	6.00b	5.50bc	6.00a	6.10ab	4.20bc	6.50a	6.00ab	7.00a	47.30abc
T2	6.10ab	5.70ab	6.00a	6.20ab	4.20bc	6.50a	6.00ab	7.00a	47.70abc
T3	6.00b	5.30c	6.00a	5.80b	4.00c	6.30a	5.80b	7.00a	46.20c
T4	6.50a	5.80ab	6.10a	6.30a	4.30ab	6.50a	6.00ab	7.00a	48.50ab
T5	6.50a	6.00a	6.20a	6.30a	4.30ab	6.60a	6.10a	7.00a	49.00a
T6	6.10ab	5.50bc	6.00a	5.90ab	4.00c	6.30a	6.00ab	7.00a	46.80bc
T7	6.30ab	5.80ab	6.10a	6.20ab	4.50a	6.60a	6.00ab	7.00a	48.50ab
T8	6.50a	6.00a	6.30a	6.30a	4.30ab	6.60a	6.20a	7.00a	49.20a
T9	6.20ab	5.60bc	6.30a	6.10ab	4.10bc	6.50a	6.00ab	7.00a	47.80abc
<i>F</i> ( <i>N</i> )	6.65 **	8.16 **	4.73 *	1.47	3.71 *	1.60	1.92	0.00	3.59 *
<i>F</i> ( <i>L</i> )	3.58 *	14.20 **	0.89	5.90 *	13.08 **	3.82 *	2.81	0.00	4.96 *
<i>F</i> ( <i>N</i> × <i>L</i> )	0.84	0.11	0.89	0.42	0.78	0.28	0.59	0.00	0.17

3 讨论

多数研究认为,在一定范围内,烤烟农艺性状、物质积累、氮含量会随氮肥用量的增加而增加,但当氮肥用量超过一定范围时,会出现负调控效应,使烟叶内在化学成分的比例失调,影响烟叶品质<sup>[8-10]</sup>。本试验表明,施氮量和留叶数的单因子效应在烟株生长发育过程中有着重要的作用,但其交互作用对烟株的农艺性状影响不明显。CD01 株高、茎围、最大叶的叶长和叶宽均随施氮量的增加而显著增大,这与李云霞等的研究结果<sup>[11]</sup>一致。随着留叶数的增加,株高显著升高,茎围、最大叶的叶长和叶宽均呈现减小的趋势,柏永超等的研究表明,各品系的株高均随着留叶数的增多而明显增加<sup>[12]</sup>;梁桂广等研究发现,随着留叶数的增加,烟叶的叶长、叶宽减小<sup>[13]</sup>。本试验中 CD01 随着留叶数的增加,株高显著升高,茎围、最大叶的叶长和叶宽均呈现减小的趋势,与柏永超等的研究结果<sup>[12-13]</sup>一致。

施氮量和留叶数对烤后烟品质有重要影响。施氮量直接影响烟叶的碳氮代谢和多种化合物的合成,是烟叶质量调控的关键<sup>[14]</sup>。以往研究显示,总氮、钾和烟碱含量与氮肥用量呈现正相关关系,总糖和还原糖含量与氮肥用量呈现负相关关系<sup>[15-16]</sup>。本研究表明,随着施氮量增加,总氮和钾含量逐渐增多,两糖含量随之下降。这与金佳威等的研究结论<sup>[17-18]</sup>一致。成明珠等认为,随着留叶数

增加,上部和中部烟叶的总糖和还原糖含量呈增加趋势<sup>[19]</sup>;王芳等则认为,总糖含量随着留叶数增加呈先增后减趋势<sup>[20-21]</sup>。本研究发现,随着留叶数的增加,CD01 烟叶总糖含量呈先增后减趋势,与王芳等的研究结果<sup>[20-21]</sup>一致。烟叶还原糖含量随着留叶数增加呈先增后减趋势,这与韩玉环等的研究结果<sup>[22]</sup>一致,可能是由留叶数的增加影响了烟叶碳氮代谢,导致 NR 活性降低引起的。在中部叶留叶数为 L1、L2 水平下,烟碱和总生物碱含量随施氮量增加先升高后降低;在留叶数为 L3 水平下,烟碱、假木贼碱和总生物碱含量随施氮量增加而增多。可能是低等至中等氮素水平刺激烟草植株合成生物碱,但是当氮素浓度过高时,可能触发抑制机制,减少生物碱的合成。在高氮素条件下,植物可能选择将额外的氮投入蛋白质合成、氨基酸积累、硝酸还原途径、硝态氮的储存以及其他氮代谢途径,而不是用于烟草生物碱的合成。

氮素是烤烟产量形成的重要元素,适宜的施氮量是获得较高烟叶产量和经济效益的基础<sup>[23]</sup>。留叶数直接影响烟株的个体发育和群体发育,并最终对烟叶产量和可用性产生影响。金佳威等认为,烟叶产值、均价及上等烟比例随留叶数增加呈先升后降趋势<sup>[17,19]</sup>。在本研究中,N1 水平下,均价、产值和上等烟比例均随留叶数增加而显著下降,N1 时可能氮素过低,影响烟株正常生长发育;N2、N3 水平下,均价、产值和上等烟比例随留叶数增加均呈现



先增大后减小的趋势,这与金佳威等的研究结果<sup>[17,19]</sup>基本一致。留叶过少,虽可增加平均单叶重,但由于收获的叶片数过少,产量不高,且烟株易呈伞形,导致烟株上等烟比例和均价不高。留叶过多,虽增加了收获的叶片数量,但平均单叶重下降,产量也不高。可见在保持施肥量一定时,适当增加 CD01 留叶数可有效提高经济效益,但超过一定的范围,烟叶均价、中上等烟比例和产值均会下降。L1 水平下,烟叶的产值、上等烟比例及产量随施氮量的提高呈上升趋势,这与贺凌霄等的研究结果<sup>[24]</sup>一致。本研究中 L2、L3 水平下,均价、产值和上等烟比例随施氮量增加均呈现先增大后减小的趋势,这与易镇邪等的研究结果<sup>[25-26]</sup>一致。这是由于施氮过多碳氮比例不协调,同时也可能因为 CD01 为低烟碱烤烟品种,耐氮肥性差,随施氮量的提高,成熟推迟,造成烟株对养分的不必要损耗。

感官质量是烟叶质量的核心和基础,是衡量烟叶可用性的重要指标<sup>[24]</sup>。感官质量会对卷烟产品的质量造成直接影响。本研究中施氮量和留叶数对烟叶的评吸质量都有影响,随着施氮量的增加,CD01 中、上 2 个部位的烟叶评吸质量随着施氮量的增加均呈现先升高后降低的趋势,这与占俊文等的研究结果<sup>[27-28]</sup>一致。感官质量评价随留叶数增多而先增加后降低,这与胡丽涛等的研究结果<sup>[29]</sup>一致。综合烟叶的香型、劲头、浓度、香气质、香气革、余味、杂气、刺激性、燃烧性等评吸指标,以 N2 处理较好,评吸质得分最高。烟叶外观质量随着施氮量的增加,叶片身份变厚,油分增加,色度增强,烟叶外观质量均以 N2、N3 较好,这与刘国的研究结果<sup>[28]</sup>一致。

#### 4 结论

综合各项分析可知,合理减氮、增叶有利于 CD01 烟叶的生长,可以有效地调控生物碱含量和烟叶质量,提高烟叶经济性状,使烟叶化学成分更协调。T5 处理施氮量 38 kg/hm<sup>2</sup>、留叶数 18 张/株为最适合超低烟碱品种 CD01 的栽培种植技术,此时烟叶成熟度高、烟叶烟碱含量较低、烟叶油分足、疏松程度高、烟叶等级高、产量产值较优,可满足工业生产需求。本研究可制定适合低烟碱烟叶栽培种植的农业配套技术,为生产高质低烟碱烟草提供了一定的理论依据,为农业生产中的科学管理提供了有益参考。

#### 参考文献:

- [1] 史宏志,姬小明,赵园园,等. 烟草生物碱与调控[M]. 北京:中国农业出版社,2022.
- [2] Benowitz N L, Henningfield J E. Establishing a nicotine threshold for addiction. The implications for tobacco regulation[J]. New England Journal of Medicine, 1994, 331(2): 123 - 125.
- [3] Benowitz N L, Jacob P 3rd, Herrera B. Nicotine intake and dose response when smoking reduced - nicotine content cigarettes[J]. Clinical Pharmacology and Therapeutics, 2006, 80(6): 703 - 714.
- [4] Benowitz N L, Dains K M, Hall S M, et al. Smoking behavior and exposure to tobacco toxicants during 6 months of smoking progressively reduced nicotine content cigarettes [J]. Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention, 2012, 21(5): 761 - 769.
- [5] Henningfield J E, Slade J. Tobacco - dependence medications: public health and regulatory issues[J]. Food and Drug Law Journal, 1998, 53 suppl: 75 - 114.
- [6] U. S. Congress. Family smoking prevention and tobacco control act [Z]. U. S. Government Printing Office, 2009.
- [7] World Health Organization. Advisory note: global nicotine reduction strategy: WHO study group on tobacco product regulation[M]. World Health Organization, 2015, 11 - 12.
- [8] Cheek J A, Vann M C, Lewis R S, et al. Genetics influence postharvest measurements of flue - cured tobacco more than nitrogen application rate[J]. Agronomy Journal, 2021, 113(2): 1020 - 1028.
- [9] 宗钊辉,田俊岭,王 维,等. 氮素水平对烤烟根系形态、结构及其氮素积累的影响[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(6): 34 - 42.
- [10] 常明杰,赵园园,程玉渊,等. 施氮量和留叶数对豫南烟区高成熟度上部烟叶产质量的影响[J]. 江西农业学报, 2023, 35(2): 1 - 8.
- [11] 李云霞,罗经仁,余金龙,等. 施氮量和留叶数对湘烟 6 号生长发育及产量的影响[J]. 湖南农业科学, 2019(4): 15 - 18.
- [12] 柏永超,刘 旦,张国平. 基因型和留叶数对皖南烟区烤烟产量和品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9): 1717 - 1720.
- [13] 梁桂广,陈克玲,韦建玉,等. 施氮量与留叶数互作对南平烟区‘翠碧 1 号’生长及烟叶质量的影响[J]. 中国农学通报, 2023, 39(27): 29 - 35.
- [14] Reddy S V, Krishna S K, Reddy D D, et al. Productivity, leaf quality and nutrient - use efficiency of FCV tobacco (*Nicotiana tabacum*) genotypes to levels of N and K application under irrigated Alfisols of Andhra Pradesh[J]. Indian journal of agronomy, 2017, 62(4): 510 - 518.
- [15] Chen Y J, Ren K, He X, et al. The response of flue - cured tobacco cultivar K326 to nitrogen fertilizer rate in China[J]. The Journal of Agricultural Science, 2020, 158(5): 371 - 382.
- [16] 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.
- [17] 金佳威,刘咏艳,王 惠,等. 施氮量和留叶数对烤烟 LY1306 上部叶生理特性及产质量的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(4): 56 - 64.

秦培亮,杨艳山,邵金发. 不同耕作方式对小麦根系构型及抗根倒伏能力的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(6):105-110.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.06.012

# 不同耕作方式对小麦根系构型及抗根倒伏能力的影响

秦培亮,杨艳山,邵金发

(苏州农业职业技术学院,江苏苏州 215000)

**摘要:**为揭示不同耕作方式对小麦根系构型及抗根倒伏能力的影响,深入探究免耕单粒精量播种(MT)和带状耕作单粒精量播种(DT)和全幅耕作单粒精量播种(QT)等3种不同种植方式对小麦根系抗倒伏性能的具体效应及其与根系形态结构之间的内在联系。通过构建三维根系可视化模型,量化根系条数、根拔力、土体空间覆盖率差异系数、角度拓展趋势差异系数、长度拓展趋势差异系数等5个关键指标,系统分析了不同种植方式对根系形态及抗倒伏能力的影响。研究表明,免耕(MT)处理相比耕作处理根系数量平均少25%,根拔力平均少7%,根系土体空间分布均匀性低于耕作处理。带状耕作方式下小麦根系沿种沟平行方向角度拓展趋势较全幅耕作高出55.3%,长度拓展高出63.1%,根系土体空间分布不均导致根拔力比全幅耕作小10%,抗倒伏能力低于全幅耕作,相对减产5%。说明本研究提出的观点和研究方法能够揭示不同耕作方式对小麦根系构型及抗根倒伏能力的影响。根系在土体中的分布越均匀,各向生长趋势差异越小,其根拔力越大,抗倒伏能力越强,产量越好。

**关键词:**小麦;耕作方式;根系构型;生长趋势;根倒伏

**中图分类号:**S512.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)06-0105-06

小麦作为我国农业领域的核心作物,具有很高的食用与经济价值,其产量深受种植方式的影响<sup>[1-2]</sup>。种植方式直接影响土壤耕层结构,进而影响作物根系的生长发育及其功能发挥,最终决定作

物的生长状况与产量潜力<sup>[3]</sup>。根系,作为作物的关键组成部分,不仅负责水分与养分的汲取,更在稳固植株、抵抗倒伏方面扮演着至关重要的角色<sup>[4]</sup>。

研究已证实,根系的发育状况,包括其粗细、分布广度及土体空间占用率,均是决定作物抗倒伏能力的重要因素,根系构型及其分布为作物提供了关键的抗倒伏支撑<sup>[5-6]</sup>。为深入探讨种植方式对根系构型及抗倒伏力的影响,一系列衡量指标应运而生,如根直径、入土角度、土体空间占有率及根拔力等<sup>[7-9]</sup>。这些指标均需要基于根系构型的精确获

收稿日期:2024-10-06

基金项目:江苏省现代农机装备与技术示范推广项目(编号:NJ2023-24)。

作者简介:秦培亮(1981—),男,江苏徐州人,博士,副教授,主要从事农业机械化研究。E-mail:28463737@qq.com。

通信作者:杨艳山,博士,讲师,从事智农农机装备研究。E-mail:ysyang@szai.eud.cn。

[18]师超,丁敬芝,上官力,等. 施肥量对烤烟产量和上部烟叶质量的影响[J]. 湖北农业科学,2018,57(4):90-92,95.

[19]成明珠,毕一鸣,王浩然,等. 留叶数对烤烟经济性状和烟叶品质的影响[J]. 作物研究,2023,37(6):588-593.

[20]王芳,周亚哲,张雨薇,等. 留叶数和采收方式对郴州烤烟品种‘云烟99’产质量的影响[J]. 作物研究,2018,32(5):403-410.

[21]王雅妮,徐旭光,陈爱国,等. 不同留叶数对烤烟化学成分及焦油释放量的影响[J]. 贵州农业科学,2016,44(9):20-23.

[22]韩玉环,刘晨,杨龙,等. 打顶时期和留叶数对山东烤烟上部叶生长发育的影响[J]. 作物杂志,2023(2):157-162.

[23]穰中文,李思纯,刘佳,等. 种植密度与施氮量对烟田小气候及烟株光合特性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2019,45(3):258-263.

[24]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.

[25]易镇邪,易迪,张妮敏,等. 施氮量和留叶数对烤烟产量与主要品质指标的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(34):149-153.

[26]李洪勋. 不同施氮量和密度对烤烟产量和质量的影响[J]. 吉林农业科学,2008(3):22-26.

[27]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.

[28]刘国. 施氮量、种植密度对红大品种生长发育与产质量的影响[M]. 北京:中国农业科学院,2011,13-15.

[29]胡丽涛,马啸,岑小红,等. 不同留叶数对重庆丰都地区烤烟K326综合性状影响研究[J]. 重庆与世界(学术版),2015,32(12):20-23,46.