

任一鹤,赵松超,朴晟源,等. 不同遮阴条件下施氮量对雪茄茄衣生理特性及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(6):111-117.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.06.015

不同遮阴条件下施氮量对雪茄茄衣生理特性及品质的影响

任一鹤,赵松超,朴晟源,白建保,赵铭钦

(河南农业大学烟草学院,河南郑州 450002)

摘要:雪茄烟是特殊的高氮类型烟草,氮素用量对其生理特性及品质发育影响较大,氮肥施用的多少可以直接调控雪茄烟叶的生长发育,目前国内外获取雪茄茄衣的方式主要采用遮阴栽培的方法。为了探究不同遮阴条件下施氮量对德雪 3 号品种雪茄生长过程中不同时期生理特性及品质的影响,以四川雪茄德雪 3 号为试验材料,分析不同施氮量(120、150、180 kg/hm²)和透光率(40%、60%、80%)对雪茄烟叶不同生长时期光合特性、质体色素、根系发育、化学成分、物理特性、外观质量的影响。结果表明,净光合速率 T9 处理最佳。3 个时期相比较,成熟期的蒸腾速率普遍较高;整体团棵期和旺长期的气孔导度普遍高于成熟期。根系发育的干物质积累在成熟期达到最大,根系活力指标在高氮处理下活性最高,T6 处理与其余处理差异性最显著。化学成分含量的测定结果表明,T5 处理的钾氯比值最高,证明其燃烧性最好。雪茄质量越优的其化学成分指标之一氮碱比越接近 1,而 T5 处理最接近 1;化学成分协调性、物理特性以及外观质量评价以 T5 处理最优。总体研究表明,中氮中透光率处理最有助于雪茄茄衣生长发育,且适度的遮阴条件与施氮量互作更有利于雪茄茄衣的品质发育。

关键词:施氮量;遮阴;雪茄茄衣;光合特性;根系活力;质体色素;化学成分

中图分类号:S572.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)06-0111-06

雪茄烟是一种烟草制品,由晾制干燥及经发酵的烟草卷制而成,对氮用量要求较高,施氮量的多少直接影响雪茄烟叶的生理特性及品质发育,雪茄烟叶的干物质积累直接或间接来源于自身的光合作用^[1]。控制氮肥施用的多少可以直接调控雪茄烟叶的生长发育,目前国内外获取的雪茄茄衣主要采用遮阴栽培的方法。遮阴栽培是通过不同的透光强度处理,从而影响烟叶的生长发育,改变其光合特性从而使烟叶根茎叶之间的生物量发生变化,其中变化最显著的是光合作用^[2]。碳氮代谢是最基本的生理代谢反应之一,雪茄烟叶生理特性及品质与之息息相关^[3]。雪茄烟叶的碳氮代谢作用主要受温度、光照强度、施氮量水平等多种因素的影响,因此通过调节施氮量的多少和遮阴程度就可以直接影响雪茄烟叶品质的形成^[4]。要确保烟叶品质就意味着施氮量不能过多,合理的施氮水平和适

度的遮阴才能保证雪茄烟叶正常良好地生长发育^[5]。现有对烟草方面的研究主要集中在烤烟^[6],氮光互作对雪茄烟的影响目前没有相关研究。本试验通过模拟试验研究不同遮阴强度和高、中、低施氮量及其之间的互作对不同生育期雪茄烟叶光合特性、质体色素、根系发育、化学成分、物理特性及外观质量的影响,来挑选出最优良的栽培处理方式。

1 材料与方法

1.1 试验田概况

试验时间为 2022—2023 年,试验地点为河南省许昌市河南农业大学许昌校区烟草栽培基地。试验土地质地为沙壤土,试验田基础养分:有机质含量 19.10 g/kg,碱解氮含量 69.33 mg/kg,速效磷含量 6.93 mg/kg,速效钾含量 99.13 mg/kg,pH 值为 7.30。

1.2 试验设计

试验品种为川烟品种德雪 3 号,在温室大棚进行漂浮育苗,烟苗于 2022 年 5 月 1 日移栽。试验共设置 9 个处理(表 1)。移栽前翻地并进行条施基肥,各处理施氮量分别为 120、150、180 kg/hm²,钾磷

收稿日期:2023-09-18

基金项目:四川省烟草公司专项(编号:SCYC20210、SCYC201913)。

作者简介:任一鹤(1998—),女,河南郑县人,硕士研究生,研究方向为烟草种植与栽培。E-mail:ryh_1106@163.com。

通信作者:赵铭钦,博士,教授,主要从事烟草栽培、卷烟调香、雪茄等的开发研究。E-mail:zhaomingqin@126.com。

肥施用量分别为 430、95 kg/hm²。磷肥用磷酸钙(含 P₂O₅ 12%),钾肥用过硫酸钾(含 K₂O₅ 0%),用烟草专用复合肥和高碳基肥的混合物来提供氮素营养。肥料配施胍腐康消毒剂以及根胗 1 号菌剂,均由郑州惠农有害生物防治有限公司提供,预防烟叶病虫害。

表 1 试验设计处理

施氮水平	40% 透光率	60% 透光率	80% 透光率
低氮	T1	T2	T3
中氮	T4	T5	T6
高氮	T7	T8	T9

烟苗于 2022 年 5 月 1 日进行大田移栽,采用随机区组试验设计,烟株种植株距 40 cm、行距 120 cm,小区面积为 69.5 m²,取样重复 3 次。透光率是通过改变遮阴网的密度进行控制,并用仪器测量精准透光率。于 6 月 1 日搭棚,按试验设计进行遮阴处理。雪茄烟生育期为 90 d,分别在团棵期、旺长期、成熟期各采收 1 次发育良好的中部烟叶作为样品进行各指标测定,每次取样的烟株留叶数尽量控制在 19~20 张。

1.3 取样方法

取样分为 3 个时期,分别在移栽后的团棵期、旺长期和成熟期,每个时期 9 个处理分别取样,重复 3 次。光合特性的测量在田间用光合仪进行。采摘样品为 2 部分,一部分采摘发育良好的中部叶(9~10 叶位),下部叶要在 50 d 后才能采摘。每次取样的新鲜烟叶用做过处理标记的锡箔纸包裹,放置在 -80 ℃液氮中保存用于质体色素含量的测定。一部分为整株烟的样品,需挑选发育良好、长势一致的整株烟株洗干净进行晾晒,进行根茎叶的称重以及根系活力的测定。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 光合特性 使用便携式光合测定仪^[7]在田间测定雪茄叶片在团棵期、旺长期、成熟期的气孔导度、蒸腾速率、净光合速率以及细胞间隙 CO₂ 浓度等光合指标。

1.4.2 烟株根系 在每个小区中选取生长状况整齐一致且长势良好的雪茄植株 15 株,然后取根系尖段的嫩细小根,采用 TTC 法^[8]测定根系活力。剩下的根系放进烘箱中将温度调节至 105 ℃,杀青 30 min,然后温度调至 60 ℃烘干,最后称其干重。

1.4.3 质体色素含量 用分光光度计测定雪茄新鲜叶片在不同波长下叶绿素和类胡萝卜素的吸光

度^[9]情况。

1.4.4 化学成分 用流动分析法^[10]测定各种化学成分以及它们之间的比值。

1.4.5 物理特性 叶质重:用天平称重。含梗率:使用称重法测定。厚度:选取 10 张烟叶,将叶片水分平衡至含量在(16.5±0.5)%,用厚度计测量并计算平均值。拉力:将叶片裁剪成小长条,规格为长 15 cm、宽 1.5 cm,环境温度控制在 22 ℃,相对湿度控制在 65%左右,然后放置 2~3 d,用薄片抗张强度试验机测定拉力并计算平均值。平衡含水率:称重法测定^[11]。

1.4.6 茄衣外观质量测定 具体评分标准见表 2^[12]。

表 2 茄衣外观质量评分标准

指标	8~10 分	7~8 分	6~8 分	4~6 分
成熟度	完熟	成熟	尚熟	欠熟
叶片结构	疏松	尚疏松	稍密	紧密
油分	多	有	稍有	少
色度	强	较强	中	弱
颜色均匀度	均匀	较均匀	一般	稍不均匀
支脉粗细	细	较细	一般	较粗

1.5 统计分析

用 Excel 2019 作图,用 SPSS 27.0 进行交互作用检验以及数据显著差异性分析。

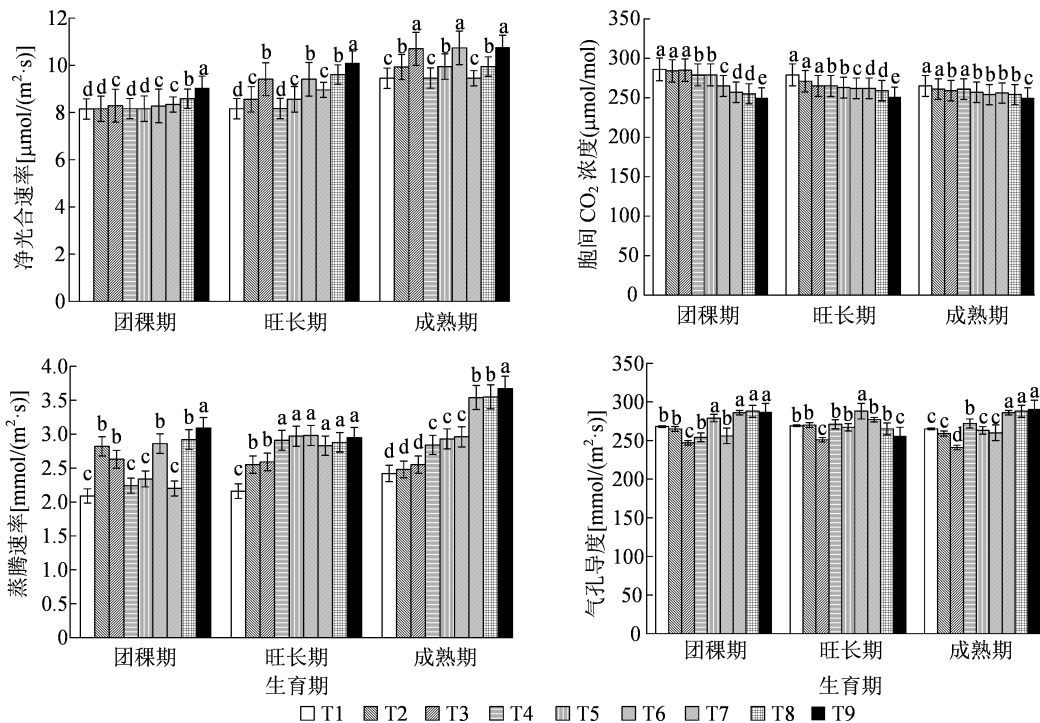
2 结果与分析

2.1 不同处理对雪茄茄衣光合特性的影响

雪茄烟叶的光合作用是物质合成和获得能量的基础,更是烟草重要的碳素同化作用。由于是 2 因素 3 水平全因子组合设计,考虑到 2 个因素之间或许存在交互作用效应,因此利用 SPSS 27.0 进行数据统计分析,得出净光合速率和胞间 CO₂ 浓度 $P<0.05$ (表 3),交互作用效应显著,因此结论只看处理组合的效应。由图 1 可知,T9 处理的净光合速率在不同时期均最高,说明高施氮量有助于叶片光合作用的增强。随着生育期的变化,叶片细胞会消耗大量 CO₂ 导致细胞间 CO₂ 浓度降低,碳代谢活性增强^[13],所以旺长期胞间 CO₂ 浓度普遍低于团棵期,其中 T9 处理碳氮代谢活性最强,且与其余各处理相比普遍具有显著性差异。而蒸腾速率和气孔导度交互作用效应不显著,只考虑 2 个因素间的主效应。各个时期相比较,蒸腾速率主效应因素是透光率,伴随透光率的增加蒸腾速率呈现逐渐升高的

趋势,雪茄叶片蒸腾速率高说明代谢旺盛,适量增加透光率可以提高叶片的蒸腾速率^[14]。烟叶在生长发育旺期光合碳代谢能力逐渐增强,随着施氮量增加,净光合速率、气孔导度、叶片蒸腾速率均呈升

高趋势。在低氮和中氮处理下低透光率组光合作用受到抑制最强,高氮处理下光照对处理组的影响相对较小。



同一指标同一生长期不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同

图1 不同处理对雪茄茄衣光合特性的影响

表 3 交互作用效应检验

处理	光合指标	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
施氮量	净光合速率	1.956	0.170
	胞间 CO ₂ 浓度	4.277	0.030
	蒸腾速率	2.590	0.103
	气孔导度	0.546	0.588
透光率	净光合速率	22.625	<0.001
	胞间 CO ₂ 浓度	0.892	0.427
	蒸腾速率	38.829	<0.001
	气孔导度	0.922	0.416
施氮量×透光率	净光合速率	11.515	<0.001
	胞间 CO ₂ 浓度	5.473	<0.001
	蒸腾速率	0.724	0.587
	气孔导度	0.206	0.932

2.2 不同处理对雪茄烟株发育的影响

2.2.1 干物质积累量 由图 2 可知,雪茄在成熟期干物质积累量最高,团棵期变化趋势不明显,旺长期、成熟期呈现逐渐升高趋势,说明高氮用量有助于根系积累干物重,且在透光率为 80% 时达到了顶峰。说明 T6 处理是最有利于干物质积累的处理。

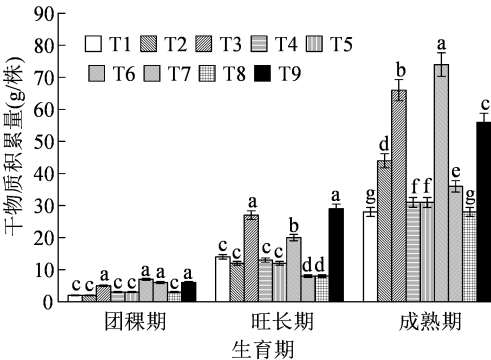


图2 不同处理对雪茄干物质积累的影响

2.2.2 根系活力 根系活力是烟株地上部分的生长基础^[15],是判断烟叶生长发育是否良好的重要生理指标,烟株根系对养分水分的吸收状况都与根系活力息息相关^[16]。从图 3 可以看出,2 因素处理都对根系活力有显著性影响。不同处理下的雪茄烟株根系活力在团棵期和旺长时期均为 T6 处理最优,且与其余处理的差异均达到了显著水平,说明中氮高透光率最有利于根系的发育。而成熟期增加氮用量也显著增加了根系活力,但中高氮组之间

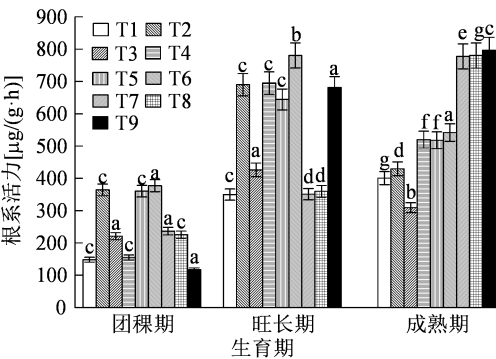


图3 不同处理对雪茄根系活力的影响

无显著性差异,说明透光率对结果影响不大。

2.3 不同处理对质体色素含量的影响

由表 4 可知,各个时期 T9 处理叶绿素含量相对

较高,且与其他处理有显著性差异,说明 80% 高氮透光最有助于叶绿素合成,高氮处理有利于雪茄叶绿素含量的积累^[17]。成熟期雪茄叶片中的叶绿素 a 会逐渐分解^[18],比旺长期含量相比会降低,要想保证烟叶能够正常地成熟落黄就不能过量施用氮素^[19],而相关研究表明低施氮量确实能够有效阻止烟叶“贪青晚熟”现象发生^[20]。类胡萝卜素成分是烟叶香气前体物质形成的基础成分^[21],在旺长期 T4 处理类胡萝卜素含量最高且与大部分处理之间有显著性差异。在烟叶生长前期和中期,中施氮量能保证叶绿素积累,在生长后期低中施氮量也能使叶绿素充分降解,可以有效提高烟叶香气物质含量^[22]。

表 4 质体色素含量

处理	叶绿素 a 含量 (mg/L)			叶绿素 b 含量 (mg/L)			类胡萝卜素含量 (mg/L)		
	团棵期	旺长期	成熟期	团棵期	旺长期	成熟期	团棵期	旺长期	成熟期
T1	1.26c	1.29c	1.09b	0.53e	0.55e	1.01bc	1.16c	1.17d	1.36a
T2	1.29c	0.79d	1.01c	0.55e	1.05b	0.93d	1.21bc	1.61bc	1.26a
T3	0.97d	1.66b	1.10b	0.45f	0.91bc	0.99c	0.99d	1.04e	1.09b
T4	1.25c	1.70b	0.99b	1.24b	1.19b	1.02bc	1.24b	2.32a	1.19ab
T5	1.04d	1.56bc	1.13b	0.75c	0.94bc	1.09b	0.91e	1.71b	1.19ab
T6	1.12d	1.41c	1.03c	0.77c	0.60d	0.99c	0.77f	1.95ab	1.07b
T7	1.59b	1.21c	1.04c	0.76c	1.12b	0.95cd	1.24b	2.05a	1.09b
T8	1.03d	0.94d	1.06c	0.62d	0.65d	0.76e	0.96d	1.49c	0.95c
T9	1.97a	1.76a	1.15a	1.65a	1.93a	1.91a	1.90a	1.21d	1.00bc

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。表 5、表 6 同。

2.4 不同处理对化学成分含量的影响

从表 5 可以看出,随着施氮量增加,总糖及还原糖含量先升高再下降,T3 与 T5、T7 处理之间存在显著性差异,T5 处理糖含量是最高的,说明适当增加施氮量有助于糖含量的积累^[23]。而随着透光率的增加,糖含量逐渐增高,当透光率达到 80% 时糖分含量显著下降,结果表明 60% 透光率最有利于糖含量物质积累,已有研究也表明雪茄不能遮阴过度^[24]。总氮和烟碱含量随着施氮量和透光率的增加先升高再下降,同一施氮水平下,低氮组 T1、T2、T3 之间和高氮组 T7、T8、T9 之间都有显著性差异,说明透光率对总氮含量影响较大。烟碱含量高氮组 T7、T8、T9 与其余各处理之间有明显差异,说明只有在施氮量过多时透光率才会影响其含量值。研究表明施氮量对烟叶中氯钾含量的影响相对其他化学成分弱^[25],各组之间没有明显的差异。质量越优的雪茄其化学成分指标之一氮碱比就会越接

近 1^[26],T5 处理比值最接近 1。而钾氯比比值高说明叶片燃烧性相对较好^[27],T5 处理的钾含量值和钾氯比值最高,且与其他各组处理之间存在显著性差异。研究表明 T5 处理下烟叶的化学成分协调性最优。

2.5 不同处理对雪茄烟叶物理特性的影响

施氮量过高会导致叶片含梗率较低。从表 6 可以看出,含梗率大小为低氮 > 高氮 > 中氮,而同一施氮水平不同光照强度之间含梗率差异不显著,适度施氮能有效防止黑暴烟的形成。高氮水平处理下雪茄烟叶的平均叶重和叶厚度最高,拉力和平衡含水率大小表现为中氮 > 高氮 > 低氮,且透光率 60% 的值最高,且有显著性差异。综合研究结果表明 T5 处理下叶片的物理特性总体较好,烟叶的品质较高。

2.6 不同处理对雪茄茄衣外观质量评价的影响

雪茄叶的颜色越深,抽起来味道就越甜越浓郁,

表 5 不同处理对化学成分含量的影响

处理	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	总氮含量 (%)	烟碱含量 (%)	氯含量 (%)	钾含量 (%)	氮碱比	钾氯比
T1	1.42 ± 0.03c	0.36 ± 0.02b	3.05 ± 0.07c	2.12 ± 0.03d	0.24 ± 0.03ab	3.35 ± 0.09b	1.44 ± 0.03bc	13.96 ± 0.54c
T2	1.65 ± 0.01b	0.41 ± 0.03b	3.97 ± 0.04a	2.17 ± 0.03d	0.27 ± 0.02a	3.59 ± 0.06ab	1.83 ± 0.05a	13.29 ± 0.64c
T3	1.39 ± 0.03c	0.35 ± 0.03b	3.90 ± 0.02b	2.09 ± 0.05d	0.29 ± 0.04a	3.93 ± 0.09a	1.87 ± 0.06a	13.56 ± 0.37c
T4	1.45 ± 0.01c	0.36 ± 0.03b	3.00 ± 0.02c	2.06 ± 0.03d	0.24 ± 0.03ab	3.35 ± 0.09b	1.46 ± 0.06bc	13.96 ± 0.64c
T5	1.75 ± 0.03a	0.44 ± 0.03a	3.05 ± 0.07c	2.15 ± 0.05d	0.24 ± 0.02a	3.93 ± 0.09a	1.42 ± 0.03bc	16.38 ± 0.37a
T6	1.70 ± 0.03a	0.43 ± 0.02a	3.97 ± 0.04a	2.12 ± 0.03d	0.29 ± 0.04a	3.93 ± 0.06a	1.87 ± 0.05a	13.56 ± 0.54b
T7	0.65 ± 0.02d	0.16 ± 0.01c	3.91 ± 0.04b	2.43 ± 0.07b	0.25 ± 0.04a	3.49 ± 0.19b	1.61 ± 0.06b	13.96 ± 0.64c
T8	0.69 ± 0.02d	0.17 ± 0.02c	3.97 ± 0.05a	2.75 ± 0.09a	0.26 ± 0.04a	3.65 ± 0.19ab	1.44 ± 0.03bc	14.04 ± 0.37b
T9	0.66 ± 0.01d	0.16 ± 0.03c	3.10 ± 0.09c	2.21 ± 0.09c	0.25 ± 0.04a	3.65 ± 0.16ab	1.40 ± 0.05c	14.60 ± 0.54b

表 6 不同处理对雪茄烟叶物理特性的影响

处理	含梗率 (%)	叶质重 (g/m ²)	厚度 (μm)	拉力 (N)	平衡含水率 (%)
T1	25.53a	28.47b	52.64a	1.35b	13.88c
T2	25.24a	28.61b	45.50c	1.43ab	13.86c
T3	25.08a	25.17c	36.31d	1.41ab	14.55b
T4	23.23ab	29.32b	48.38b	1.37b	13.94c
T5	23.03ab	31.28a	43.87c	1.49a	15.98a
T6	23.35ab	26.77c	34.52f	1.47a	14.65b
T7	23.14ab	31.47a	52.64a	1.36b	13.90c
T8	23.24ab	29.61b	45.50c	1.42ab	14.91b
T9	23.08ab	25.17c	36.31d	1.41ab	14.59b

茄衣的油脂和糖分就越高。由表 7 可以看出,优质的雪茄茄衣外观质量的各项指标都应在 8~10 分的标准范围内,通过分析数据可以得出结论,虽然雪茄是高氮型烟草,但施氮量过多会导致叶片结构密从而不利于茄衣发育,T5 处理的雪茄烟叶茄衣的外观质量最好;施氮量高有利于油分的积累,60%透光率有利于茄衣叶片结构的发育。综合来看,中氮 60%透光率的 T5 处理最有利于提高雪茄茄衣的外观质量。

表 7 不同处理雪茄茄衣外观质量比较

处理	成熟度	叶片结构	油分	色度	颜色均匀度	支脉粗细
T1	成熟	尚疏松	少	中	较均匀	一般
T2	成熟	尚疏松	稍有	中	较均匀	一般
T3	成熟	尚疏松	稍有	中	较均匀	较细
T4	成熟	尚疏松	有	较强	均匀	细
T5	完熟	疏松	多	强	均匀	细
T6	成熟	稍密	有	强	均匀	较细
T7	成熟	稍密	多	中	均匀	细
T8	完熟	稍密	多	强	均匀	细
T9	完熟	稍密	多	较强	均匀	细

3 讨论

氮是雪茄烟进行碳氮代谢的物质基础,同时又参与多种化合物的形成^[28],施氮量和光照对烟叶的发育和生长速度以及整体产量品质紧密相连^[29]。在雪茄烟叶的生长前期,充分的氮素可以保证烟叶叶片的光泽度。已有的研究表明如果氮素不足或光照不足则会抑制光合作用,光合被抑制后烟株的碳代谢强度就会有所下降。合理的施氮量和适度的遮阴不仅有利于雪茄烟叶的碳氮代谢,还可以提高卷制后雪茄烟叶的外观质量^[30]。本试验结果表明增施氮肥和适度遮阴可提高雪茄烟叶的品质。质体色素含量的变化是反映叶片光合性能强弱的标准^[31],叶绿素和类胡萝卜素含量会影响雪茄叶片的外观颜色以及各种化学香气物质的合成,研究结果表明叶片中的质体色素含量会随着施氮量的增加而增加,烟叶的光合作用也会随之增强,3 组低氮处理的烟叶碳代谢强度较低,过量施用氮肥会导致叶绿素在生长后期不容易得到充分有效的降解,导致叶片成熟期不能够正常成熟落黄。氮素对根系生长至关重要,充足的氮会保证雪茄的根系生长旺盛。

雪茄烟的品质与各化学成分含量有很大关系^[32],烟气质和香味取决于其中的糖含量高低,糖含量不能过低也不能过高,否则会降低烟叶的燃烧性和品质。过高的烟碱含量会导致点燃的烟气具有强烈的辛辣刺激性,影响其感官品质。因为雪茄属于晾晒烟,晾制时间为 2~3 个月,耗时较长,过程中充分接触氧气进行大量的呼吸作用从而消耗大量的糖类物质,这就造成比烤烟糖含量低很多。已有对白肋烟的研究结果表明,适度增加氮用量,经调制后的烟叶各化学成分之间更加平衡协调,但是

过多的氮素反而会使雪茄烟叶的品质下降。本试验结果表明,随着施氮量和透光率的增加,总糖和还原糖含量呈现下降趋势,烟碱和总氮含量呈现逐渐升高的趋势。品质越好的烟叶其氮碱比越接近 1,值过低会导致在吸食烟叶时感受到强烈的刺激性。高品质雪茄烟叶的钾氯比应 ≥ 4 ,钾氯比越高说明雪茄烟叶的燃烧性越好,光泽度也越好。本试验结果显示,9 组处理烟叶氮碱比值均大于 1,说明各处理均达到合格品质,T5 处理的化学成分最协调,雪茄烟叶香气味和燃烧性最好。

4 结论

本研究结果表明,最有利于光合特性的处理是高氮 80% 透光处理。最有利于雪茄根系发育的时期是成熟期,最有利于根系活力的处理是高氮处理。晾后烟叶 9 组处理烟叶的常规化学成分都满足合适范围,其中对比其他处理,两糖比、钾氯比以及氮碱比最适宜且化学成分平衡性最佳的是中氮 60% 透光处理组。雪茄的物理特性是鉴定其品质好坏的标准之一,T5 处理下的含梗率最低,弹性及抗拉强度最优;茄衣应当是适度遮阴,较强的光照不利于组织结构疏松,过多的施氮量也会导致干物质积累量过多从而不利于茄衣的光合速率提高。本试验最终结果表明,施氮量 150 kg/hm^2 、透光率为 60% 时雪茄茄衣品质最优。

参考文献:

- [1] 李爱军,秦艳青,代惠娟,等. 国产雪茄烟叶科学发展刍议[J]. 中国烟草学报,2012,18(1):112–114.
- [2] 李志,史宏志,刘国顺,等. 施氮量对皖南砂壤土烤烟碳氮代谢动态变化的影响[J]. 土壤,2010,42(1):8–13.
- [3] 张森,许自成,李京京,等. 烟草碳氮代谢及其调控技术研究进展[J]. 生物技术进展,2016,6(5):312–318.
- [4] 邓世媛,谢晋,周立非,等. 精量施氮对烤烟成熟期叶片碳氮代谢的影响[J]. 烟草科技,2013,46(9):76–81.
- [5] 杨楷,郑宏斌,黄莺,等. 施氮量对烤烟氮代谢关键酶活性的影响[J]. 山地农业生物学报,2020,39(3):75–79.
- [6] 许晨曦,刘国顺,李向阳,等. 品种与施氮量互作对烟草碳氮代谢关键酶的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(3):83–85.
- [7] 时向东,刘艳芳,文志强,等. 施 N 水平对雪茄外包皮烟叶片生长发育和内源激素含量的影响[J]. 西北植物学报,2007,27(8):1625–1630.
- [8] 莫周美,张秀芬,李恒锐,等. TTC 法快速测定葛根种子生活力[J]. 种子,2022,41(12):126–131.
- [9] Xue F, Yang J, Luo C, et al. Metagenomic insight into the biodegradation of biomass and alkaloids in the aging process of cigar [J]. *Bioreources and Bioprocessing*,2023,10:45.
- [10] 鱼欢,冯佰利,邓文明,等. 施氮量和栽培模式对旱地冬小麦旗叶衰老及其活性氧代谢的影响[J]. 西北植物学报,2007,27(10):2065–2071.
- [11] 黄山,杨虹琦,张发明,等. 烘烤温湿度变化对不同烤烟品种烟叶膜脂过氧化作用的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(5):485–492.
- [12] 赵铭钦,张明月,刘博远,等. 一种雪茄烟叶茄衣和茄芯的外观质量评价方法:CN114118865A [P]. 2022–03–01.
- [13] 陈秋芳,郭月清,宫长荣. 白肋烟调制过程中叶片膜脂过氧化特性的研究[J]. 河南农业大学学报,1997,31(4):323–326.
- [14] 凡聪,赵兵飞,符云鹏,等. 氮用量对蛟河晒红烟碳氮代谢关键酶活性及品质的影响[J]. 烟草科技,2019,52(8):30–36.
- [15] 过伟民,张骏,刘阳,等. 烤烟质体色素及多酚与外观质量关系研究[J]. 中国烟草学报,2009,15(2):33–40.
- [16] 宋鹏,李慧,江厚龙,等. 生物质炭基肥对重庆植烟区烤烟根系发育及产量和品质的影响[J]. 浙江农林大学学报,2023,40(6):1232–1240.
- [17] 韩会阁,阎海涛,郭芳阳,等. 烤烟新品系 Y2001 团棵期生理特性和产量产值对氮素的响应[J]. 山东农业科学,2023,55(8):121–128.
- [18] Abdelhamid M A, Sudnik Y A, Alshinayyin H J, et al. Chlorophyll fluorescence for classification of tomato fruits by their maturity stage [J]. *E3S Web of Conferences*,2020,193:01065.
- [19] Singh C, Manivel J C, Pambuccian S E. Cigar – shaped melanin granules in melanotic neuroectodermal tumor of infancy [J]. *Diagnostic Cytopathology*,2012,40(8):716–718.
- [20] Yang R Z, Yang J P, Yu J, et al. Effects of different nitrogen application rates on the quality and metabolomics of cigar tobacco [J]. *Agronomy Journal*,2022,114(2):1155–1167.
- [21] 李敖,张元红,温鹏飞,等. 耕作、施氮和密度及其互作对旱地春玉米土壤水分及产量形成的影响[J]. 中国农业科学,2020,53(10):1959–1970.
- [22] 张礼军,鲁清林,张文涛,等. 耕作方式和施氮量对旱地冬小麦开花后干物质转运特征、糖含量及产量的影响[J]. 麦类作物学报,2018,38(12):1453–1464.
- [23] 毛家伟,马聪,唐培培,等. 耕作模式对烤烟根系生长和烟叶钾、氯含量的影响[J]. 河南农业科学,2019,48(8):56–60.
- [24] Wang Y L, Gao S S, He X Y, et al. Response of total phenols, flavonoids, minerals, and amino acids of four edible fern species to four shading treatments[J]. *PeerJ*,2020,8:e8354.
- [25] Zhao L, Shang S Z, Tian Y F, et al. Integrative analysis of sensory evaluation and non – targeted metabolomics to unravel tobacco leaf metabolites associated with sensory quality of heated tobacco [J]. *Frontiers in Plant Science*,2023,14:1123100.
- [26] 宫长荣,王爱华,王松峰. 烟叶烘烤过程中多酚类物质的变化及与化学成分的相关分析[J]. 中国农业科学,2005,38(11):2316–2320.
- [27] Dai J M, Zhu L C, Xiao D, et al. Two new anthraquinones from the cigar tobacco – derived fungus *Aspergillus versicolor* and their bioactivities[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2022, 58(6):

钱雪松, 黄人杰, 周俊成, 等. 烟草碳代谢产物及关键酶基因对移栽期的响应[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(6): 117–124.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.06.016

烟草碳代谢产物及关键酶基因对移栽期的响应

钱雪松¹, 黄人杰¹, 周俊成¹, 彭三喜¹, 郜军艺², 熊晶², 高焕晔¹

(1. 贵州大学烟草学院/贵州省烟草品质研究重点实验室, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州省烟草公司毕节市公司, 贵州毕节 551700)

摘要:探究威宁黑石地区移栽期对云烟 87 大田期碳代谢产物含量、碳代谢酶活性及其关键基因表达量的影响, 为明确威宁黑石地区最适宜的移栽时期, 提高烟叶品质提供理论依据。以云烟 87 为试验材料, 采用随机区组试验设计, 移栽期设 4 个水平: T1(4 月 10 日)、T2(4 月 20 日)、T3(4 月 30 日)、T4(5 月 10 日), 2022 年于毕节市威宁地区开展田间试验, 在大田不同生育时期测定云烟 87 碳代谢产物及关键酶基因对移栽期的响应。结果表明, 云烟 87 旺长期、现蕾期烟叶中还原糖含量呈先升后降的趋势, 且随生育进程推进, 各移栽期处理的还原糖含量也呈先升后降的趋势, T2 处理烟叶还原糖含量在多数生育期处于较高水平; 各移栽期处理的总糖含量的变化规律在各生育期都不尽相同, T2 处理烟叶总糖含量在多数生育期处于较高水平; 淀粉含量则随移栽期推迟, 在生育前期呈先降后升的趋势, 在生育后期呈先降后升再下降的趋势。碳代谢酶活性方面, 移栽后 30~70 d, α -淀粉酶(α -Amylase)活性最低的处理均为 T3 或 T4 处理, T2 处理活性均为最高或第二高; 在同一生育时期内, 蔗糖合成酶(SS)、蔗糖转化酶(INV)、蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性最高的多数为 T3、T4 处理。碳代谢关键酶基因表达量方面, α -淀粉酶基因(*Nt α -Amylase*)、蔗糖酶合成酶基因(*NtSS*)表达量总体以较早移栽处理(4 月 10 日、4 月 20 日)较高。相关性结果分析表明, 碳代谢产物含量、碳代谢酶活性及其关键酶基因表达量之间在不同生育时期均有不同程度的联系。综上, 威宁黑石地区 4 月 20 日移栽, 有利于碳代谢活动的进行。

关键词:烟草; 移栽期; 碳代谢产物; 关键酶; 基因; 表达量

中图分类号: S572.01; S572.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2024)06-0117-08

烟草(*Nicotiana tabacum* L.)是茄科烟草属一年生草本植物, 作为我国重要的经济作物, 对促进我国经济发展具有重要意义。烟叶的品质和产量直接影响烟草行业发展和烟草种植户收益, 烟叶品质是多因素(遗传因素、生态环境和栽培技术)协同作用的结果, 其中栽培技术是影响烟叶优质高产的关

键因素之一^[1-3]。栽培技术能保证且调控烤烟碳代谢过程, 从而影响烤烟碳代谢产物的积累及风味的形成^[4]。移栽期是通过调整烟株的大田生长期所处的气候条件, 进而影响烤烟生长发育、产量和品质^[5-8]。因此, 选择适宜的移栽期, 可充分利用气候资源, 最大限度地促进优质烟叶形成, 对烤烟品质改良具有重要意义^[9]。

陈义强等的研究表明, 移栽期过于提前, 烟株在大田前期将遭遇低温, 易导致提早开花, 碳代谢活动受到抑制, 最终导致产量和品质降低^[10]。若移栽期过于推迟, 烟株苗期环境温度较高, 烟苗生长加快, 不利于碳代谢产物积累, 烟叶不能正常成熟,

收稿日期: 2023-07-22

基金项目: 贵州省烟草公司毕节市公司项目(编号: 2022520500240190)。

作者简介: 钱雪松(1997—), 男, 贵州遵义人, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail: 2503844123@qq.com。

通信作者: 高焕晔, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail: 294248298@qq.com。

1001-1005.

[28] 李昊阳, 夏继桥, 杨连玉, 等. 植物多酚的抗氧化能力及其在动物生产中的应用[J]. 动物营养学报, 2013, 25(11): 2529-2534.

[29] 李集勤, 屠乃美, 易镇邪, 等. 烟草覆盖栽培研究现状与展望[J]. 作物研究, 2009, 23(5): 349-354.

[30] Zhang L F, Wang H S, Xiong W, et al. Two new antibacterial isoidolin-1-ones from the leaves of cigar tobacco[J]. Chemistry

of Natural Compounds, 2022, 58(6): 1114-1117.

[31] 朱金峰, 王涵, 王国峰, 等. 植物生长物质对不同烘烤工艺下烟叶多酚含量及其酶活性的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(3): 36-41.

[32] Cai W, Zhang Q Y, Zhu P C, et al. High throughput screening of key functional strains based on improving tobacco quality and mixed fermentation[J]. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2023, 11: 111108766.