

烤烟株型与产量和质量的关系^①

郑登峰¹, 陈 懿^{2*}, 陈 伟², 梁贵林²

(1 贵州省烟草公司毕节市公司, 贵州毕节 551700; 2 贵州省烟草科学研究院, 贵阳 550081)

摘 要:以 K326 品种为试验材料, 通过大田试验不同施氮量和留叶数组组合, 培育不同烤烟株型, 研究烤烟株型性状与产量、质量的关系, 以提出烤烟的理想株型变化模式。结果表明: 随着叶层高、叶层宽、根系长度、根系体积、净同化率、作物生长率、叶面积持续期等株型性状数值的增加, 烤烟产量增加; 烤烟质量综合得分随叶层宽和顶宽的增加呈抛物线变化趋势。本研究烤烟株型动态变化模式由 3 种株型的组合产生, 分别为台形 (table shape, 简称 T)、鼓形 (drum shape, 简称 D)、筒形 (cylinder shape, 简称 C), 具体可划分为 5 种变化模式, 其中, T-D-C 模式属于低产量中等质量类型; T-D-T-C 模式化学成分协调, 单叶重适宜, 属于低产量中等质量和适宜产量较好质量类型; T-D-T-D-C 模式化学成分协调, 单叶重和含梗率适宜, 属于低产量较好质量和适宜产量较好质量类型; D-C 模式化学成分不协调, 单叶重偏大, 含梗率偏高, 属于适宜产量较差质量类型; D-T-D-C 模式化学成分不协调, 单叶重偏大, 含梗率偏高, 属于适宜产量较差质量、高产量较差质量、高产量中等质量类型。因此, 本研究得出烤烟理想株型的动态变化模式为 T-D-T-D-C。

关键词: 烤烟; 理想株型; 产量; 质量; 栽培

中图分类号: S572 **文献标识码:** A

1959 年, 株型概念首次在对水稻、大豆和甘薯的研究中提出^[1-2]。一般而言, 株型即指狭义株型, 其中叶片的形态、空间分布和受光姿态是构成株型的主要内涵, 根型、茎型、穗型等则是株型在形态学上的外延^[3]。1968 年, 作物理想株型(ideotype) 的概念首次被提出^[4], 理想株型被认为是由影响作物光合作用、生长发育和籽粒产量的性状所组成, 能最大限度地提高光能利用率, 增加生物学产量和提高经济系数。理想株型的创造不但能提高作物产量, 还有助于改善作物品质^[5]。株型对作物的群体光合生理^[6-7]、产量^[8-9]及质量^[10-11]影响显著。

烤烟是我国的重要经济作物, 烟叶产量和质量决定烟农的收益和烟草企业的发展。烤烟生产追求优质适产, 强调烟叶质量, 同时力争获得尽可能高的烟叶产量。烤烟不同株型特征与栽培技术的调控作用有密切关系, 良好的株型配置对烤烟的生长发育、产量及质量特色形成尤为重要。因此, 明确烤烟的理想株型, 对烤烟优质适产栽培具有重要意义。目前已有围绕栽培措施对烤烟株型影响的相关研究^[12-16], 唐远驹 关

于烤烟株型与产量、质量关系的研究为烤烟株型系统研究提供了研究手段和思路, 但关于理想株型动态变化方面的研究报道相对不多。为此, 本研究通过组合不同施氮量和留叶数等栽培技术, 培育不同烤烟株型, 分析株型性状和产量、质量的关系, 研究烤烟生长发育过程中株型的动态变化, 明确不同株型模式烤烟的株型性状和质量特征, 提出烤烟的理想株型模式。

1 材料与分析

1.1 供试土壤

本研究田间试验于 2013 年在贵州省烟草科学研究院位于开阳县的龙岗基地进行。试验地土壤为黄壤(铝质常湿淋溶土) 基本性质为 pH 6.0, 有机质 47.37 g/kg, 水解氮 192.04 mg/kg, 有效磷 15.52 mg/kg, 速效钾 237.07 mg/kg。

1.2 供试作物及肥料

烤烟品种: K326。肥料: 烤烟专用基肥 $m(\text{N}) \quad m(\text{P}_2\text{O}_5) \quad m(\text{K}_2\text{O})=10 \quad 10 \quad 25$, 烤烟专用追肥 $m(\text{N}) \quad m(\text{P}_2\text{O}_5) \quad m(\text{K}_2\text{O})=13 \quad 0 \quad 26$ 。

基金项目: 中国烟草总公司科技重点项目(11020140212)和贵州省烟草公司科技项目(201614)资助。

* 通讯作者(chenyi829@126.com)

作者简介: 郑登峰(1979—), 男, 贵州贵阳人, 硕士, 农艺师, 主要从事烤烟生产技术研究。E-mail: 139844720@qq.com

贵州省烟草科学研究所。报告与论文汇编, 2001

1.3 试验方法

设置影响烤烟株型的施氮量和留叶数两个因素进行研究,裂区设计,共设 12 个处理(表 1),每个处理 3 次重复,株行距为 1.1 m×0.6 m,各小区植烟 60 株。

表 1 大田试验的裂区设计
Table 1 Split plot design of field experiment

主处理		副处理	
代号	施氮量(kg/hm ²)	代号	留叶数(片)
N0	0	L14	14
N60	60	L18	18
N120	120	L22	22
N180	180		

于 2013 年 4 月中旬采用地膜井窖方式移栽,60% 纯氮作基肥,条施于垄底,40% 纯氮于团棵期追施。留叶数为 22 片的处理,在 50% 烟株达中心花开放期一次性打顶;其余处理要求足叶打顶,操作方法为达处理有效留叶数后,再长出的叶片,其最大叶长达 10 cm 时,去掉上部多余叶片,期间防止打顶损伤留下的叶片。对以上未提及的烤烟生产措施则按当地特色优质烟叶生产规范进行操作。

1.4 测评项目与方法

1.4.1 株型性状测定 于烤烟移栽后 35、45、60、75、90、105 d 测定株型性状,包括叶层高、叶层宽、顶宽、底宽、叶层宽在叶层高上的位置(图 1)。本文

中涉及的叶层高、叶层宽、顶宽等数值均采用 6 个时期中的最大值。

叶层高:指烟株叶片着生或伸展的最低处到叶片着生或伸展的最高处的垂直距离。在采收前,叶层高和株高一致,采收后叶层高小于株高。叶层宽:是指烟株以茎秆为轴,叶片水平伸展的最宽处到茎秆的垂直距离,以植株的直径表示。顶宽:以茎秆为轴,在叶片着生或伸展的最高处的叶片水平伸展的最宽处至茎秆的垂直距离。底宽:以茎秆为轴,在叶片着生或伸展的最低处的叶片水平伸展的最宽处至茎秆的垂直距离。叶层宽在叶层高上的位置:是指从烟株底宽处(叶片着生或伸展的最低处)至叶层宽处的垂直距离。

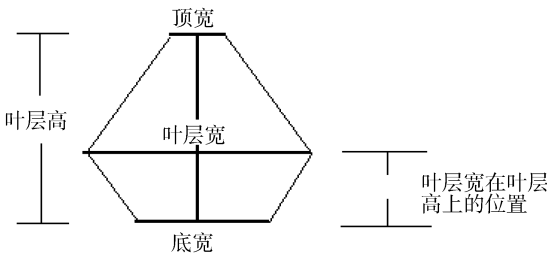


图 1 烤烟株型示意图

Fig. 1 Schematic diagram of plant type of flue-cured tobacco

1.4.2 株型划分方法 参照烤烟株型划分标准(表 2)^[12],进行株型划分。

表 2 烤烟株型划分标准
Table 2 Classification standard of plant type of flue-cured tobacco

株型	叶层高/叶层宽	顶宽/叶层宽	叶层宽在叶层高上的位置/叶层高
塔形	≥ 0.9	< 0.3	< 0.3
鼓形	腰鼓形	> 0.9	0.3 ~ 0.6
	鼓形	0.6 ~ 0.9	0.3 ~ 0.6
	扁鼓形	< 0.6	0.3 ~ 0.6
筒形	长筒形	> 0.9	> 0.6
	筒形	0.6 ~ 0.9	> 0.6
	短筒形	< 0.6	> 0.6
台形	高台形	> 0.9	0.3 ~ 0.6
		0.3 ~ 0.6	< 0.3
	台形	0.6 ~ 0.9	0.3 ~ 0.6
		0.3 ~ 0.6	< 0.3
低台形	< 0.6	< 0.3	0.3 ~ 0.6
		0.3 ~ 0.6	< 0.3

1.4.3 根系性状测定 于烤烟移栽后 105 d 采集根系样品,利用 winRHIZO 根系分析系统分析根系体积和根系长度。

1.4.4 群体生理学性状测定 于烤烟移栽后 75 d

和 105 d,选择代表性烟株测定单株叶面积和干重,其中叶面积=0.634 5×叶长×叶宽,干重采用烘干法测定。通过以下公式计算作物生长率(CGR)、净同化率(NAR)、叶面积持续期(LAD)。

$$\text{CGR} = \frac{(W_2 - W_1)}{P(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

$$\text{NAR} = \frac{(W_2 - W_1)(\ln s_2 - \ln s_1)}{(s_2 - s_1)(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

$$\text{LAD} = \frac{(L_1 + L_2)(t_2 - t_1)}{2} \quad (3)$$

式中: W_1 、 t_1 、 S_1 、 L_1 为第 1 次测定时的植株干重、测定时间、测定时的叶面积、测定时的叶面积指数, W_2 、 t_2 、 S_2 、 L_2 为第 2 次测定时的植株干重、测定时间、测定时的叶面积、测定时的叶面积指数, P 为土地面积。

1.4.5 烟叶产量统计 烘烤结束后, 将各炕初烤烟叶称重累加除以种植面积, 统计产量。

1.4.6 烟叶质量分析 采集 C3F 等级初烤烟叶样品, 化学成分分析采用连续流动法进行, 测定烟叶烟碱、总氮、糖、钾和氯, 检测方法参考文献[17]。

烟叶物理特性包括单叶重和含梗率, 检测方法参考文献[18]。

烟叶感官质量评价采用单料烟卷制评吸方法。感官质量评价标准: 香气质: 好(10)、尚好(8)、一般(6)、较差(4)、差(2); 香气量: 充足(10)、足(8)、有(6)、微有(4)、平淡(2); 吃味: 纯净舒适(12)、尚舒适(9)、微不舒适(7)、稍苦辣(4)、苦辣(1); 杂气: 无(10)、微有(8)、有(6)、较重(4)、重(1); 刺激性: 轻(10)、微有(8)、有(6)、较大(4)、大(1)。

1.4.7 烤烟质量综合评价 C3F 等级初烤烟叶样品, 12 个样本, 13 项质量指标: 烟碱、总糖、还原糖、总氮、钾、氯、糖碱比、钾氯比、香气质、香气量、吃味、杂气、刺激性。采用主成分分析方法, 为消除原质量指标量纲不统一的影响, 进行主成分分析前, 对所有数据进行标准化处理。

1.4.8 烤烟产量和质量类型划分 采用欧氏距离计算系数和离差平方和法聚类对初烤烟叶质量综合得分和产量进行系统聚类分析。

1.4.9 烤烟株型性状和产量、质量的关系分析 采用曲线回归方法进行。

1.4.10 不同株型模式下株型性状和质量特征比较 采用不同株型模式对应处理原始样本群的株型性状和质量数据, 通过方差分析得出。

1.5 数据处理与统计分析

利用 SPSS 13.0 进行方差分析、主成分分析、曲线回归分析, DPS 7.05 进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理烤烟产量和质量

2.1.1 不同处理烤烟产量

聚类分析(图 2), 结果表明, 本研究 12 个处理烤烟产量可划分为 3 类。第一类为高产量类型, 包括 N120L22、N180L18 和 N180L22, 产量变幅为 3 141 ~ 3 515 kg/hm²; 第二类为适宜产量类型, 包括 N60L18、N60L22、N120L14、N120L18 和 N180L14, 产量变幅为 2 631 ~ 3 015 kg/hm²; 第三类为低产量类型, 包括 N0L14、N0L18、N0L22 和 N60L14, 产量变幅为 1 906 ~ 2 353 kg/hm²。

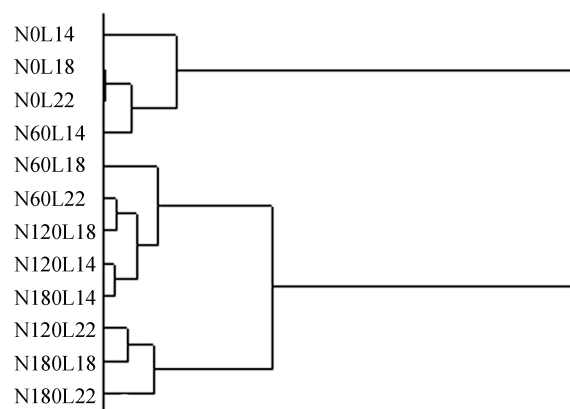


图 2 产量系统聚类图

Fig. 2 Hierarchical clustering plot of yield

2.1.2 不同处理烤烟质量 主成分分析表明, 本研究提取的 3 个烤烟质量因子, 累积方差贡献率达 89.25%。根据旋转后方差贡献率计算各质量因子的权重值, 分别为 0.447、0.278 和 0.275。质量因子 1 代表香气质、香气量、吃味、杂气、刺激性, 是感官质量的综合反映; 质量因子 2 代表总糖、还原糖、总氮、钾、钾氯比; 质量因子 3 代表烟碱、氯、糖碱比。

通过累加质量因子得分系数与对应原质量指标标准化值的乘积后获得质量因子得分, 基于质量因子得分和质量因子的权重值建立质量综合得分模型: 质量综合得分 $F = 0.447 F_1 + 0.278 F_2 + 0.275 F_3$ 。各处理烟叶质量因子得分及质量综合得分见表 3。

对烟叶质量综合得分进行系统聚类分析, 本研究 12 个处理可划分为 3 类。第一类为较好质量类型, 包括 N0L22、N60L18 和 N60L22; 第二类为中等质量类型, 包括 N0L14、N0L18、N60L14、N120L22 和 N180L22; 第三类为较差质量类型, 包括 N120L14、N120L18、N180L14 和 N180L18。不同处理烤烟质量类型划分为不同株型烤烟质量类型评价提供支撑, 为理想株型选择提供质量依据。

为验证该烟叶质量综合评价方法是否可行, 烟叶质量综合得分是否合理, 将划分的 3 个质量类型样本群的感官质量总分进行方差分析(表 4)。较好质量类群的感官质量总分均值为 40.25, 中等质量类群的感

表 3 质量因子得分及质量综合得分
Table 3 Scores of quality factors and integrated quality scores

处理	质量因子得分			质量综合得分 F
	F1	F2	F3	
N0L14	-0.380	1.891	-1.167	0.035
N0L18	-0.737	1.281	1.236	0.367
N0L22	0.895	0.742	0.739	0.809
N60L14	1.110	0.555	-1.542	0.226
N60L18	-0.005	0.253	1.991	0.615
N60L22	1.612	-0.685	0.069	0.549
N120L14	-0.314	-1.126	-0.177	-0.502
N120L18	-0.128	-0.608	-0.170	-0.273
N120L22	0.817	-0.995	-0.312	0.003
N180L14	-2.017	-0.357	-0.959	-1.264
N180L18	-0.910	-1.246	0.368	-0.652
N180L22	0.058	0.294	-0.077	0.087

表 4 不同质量类型烟叶感官质量总分方差分析
Table 4 Variance analyses of sensory quality scores of different tobacco quality types

均值			方差		
较好质量类	中等质量类	较差质量类	组内 MS	组间 MS	F 值
40.25 a	39.34 ab	38.05 b	0.50	3.65	7.32*

注：不同小写字母表示各质量类型间差异在 $P<0.05$ 水平显著。

表 5 烤烟株型性状与产量的回归分析
Table 5 Regression equations between traits of plant type and yields of flue-cured tobacco

株型性状	回归方程	F 值	R^2	y 最大拟合值时 x 值
叶层高(cm)	$y=e^{(8.541-65.650/x)}$	9.651**	0.491	128.53
叶层宽(cm)	$y=e^{(9.465-178.984/x)}$	24.309**	0.709	125.20
根系长度(cm)	$y=22.998x^{0.540}$	21.509**	0.683	8 504
根系体积(cm^3)	$y=178.147x^{0.559}$	50.284**	0.834	187.92
作物生长率($\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)	$y=131.646x+1951.645$	12.811**	0.562	9.51
净同化率($\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)	$y=e^{(8.119-0.393/x)}$	4.962*	0.332	3.29
叶面积持续期(d)	$y=0.405x^2-14.170x+1987.362$	50.075**	0.958	79.37

注：**和*分别代表回归关系在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平显著，下同。

烤烟质量与叶层宽、顶宽呈二次曲线回归关系，当叶层宽在 100~130 cm 时，随着叶层宽的增加，烤烟质量呈先升后降的抛物线变化，当叶层宽为 112 cm

官质量总分均值为 39.34，较差质量类群的感官质量总分均值为 38.05，烟叶质量类型样本群间感官质量总分差异显著。

2.2 烤烟株型性状与产量、质量的关系

将 12 个处理的烤烟株型性状与对应产量和质量综合得分进行回归分析，得到回归方程，并进行拟合求值(表 5、表 6)。烤烟产量与叶层高、叶层宽、净同化率呈“S”形曲线回归关系；当叶层高、叶层宽分别在 70~130 cm 和 100~130 cm 时，随着叶层高、叶层宽的增加，烤烟产量逐渐升高；当净同化率在 0.5~3.5 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 时，烤烟产量随净同化率的增加而升高，当净同化率增至一定程度后，烤烟产量增幅逐渐变小并趋于稳定。烤烟产量与根系长度、根系体积呈幂函数回归关系，当根系长度、根系体积分别在 3 000~9 000 cm 和 60~200 cm^3 范围时，烤烟产量随根系长度、根系体积的增加而升高。烤烟产量与作物生长率呈线性关系，当作物生长率在 0~10 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 时，随着作物生长率的增加，烤烟产量线性平稳递增。烤烟产量与叶面积持续期呈二次曲线回归关系；当叶面积持续期在 30~80 d 时，烤烟产量随叶面积持续期的增长而增加，增幅逐步加大。

时烤烟质量最好，之后质量快速下降；当顶宽在 80~120 cm 时，随着顶宽的增加，烤烟产量呈先升后降的抛物线变化，顶宽为 86.73 cm 时烤烟质量最好。

表 6 烤烟株型性状与质量的回归分析
Table 6 Regression equations between plant type traits and quality of flue-cured tobacco

株型性状	回归方程	F 值	R^2	y 最大拟合值时 x 值
叶层宽(cm)	$y=-0.004x^2+0.963x-51.215$	18.890**	0.808	112
顶宽 (cm)	$y=-0.001x^2+0.220x-9.188$	4.080*	0.505	86.73

2.3 烤烟株型变化模式

随着烤烟生长发育进程的推进以及栽培措施的调控作用，株型呈动态变化，各时期的株型配置对烤

烟生长发育、产量和质量的形成具有重要影响。本研究烤烟株型动态变化模式由 3 种株型的组合产生，分别为台形(table shape，简称 T)、鼓形(drum shape，简

称 D)、筒形(cylinder shape, 简称 C), 按各时期株型配置相似的原则, 可将 12 个处理烟株株型的动态变化过程进行模式划分, 共分为 5 类(表 7)。N0L14 和 N60L14 处理烟株的株型变化模式为 T-D-C; N0L18 和 N60L18 处理烟株的株型变化模式为 T-D-T-C; N0L22 和 N60L22 处理烟株的株型变化模式为 T-D-T-D-C; N120L14 和 N180L14 处理烟株的株型变化模式为 D-C; 其余 4 个处理烟株的株型变化模式为 D-T-D-C。

表 7 施氮量和留叶数对烤烟株型变化的影响
Table 7 Effects of nitrogen fertilization and leaf number remained on plant type changes of flue-cured tobacco

处理	移栽后天数(d)						株型变化模式
	35	45	60	75	90	105	
N0L14	低台形	扁鼓形	筒形	筒形	筒形	短筒形	T-D-C
N0L18	低台形	扁鼓形	高台形	长筒形	长筒形	筒形	T-D-T-C
N0L22	低台形	扁鼓形	高台形	腰鼓形	长筒形	长筒形	T-D-T-D-C
N60L14	低台形	扁鼓形	筒形	筒形	筒形	短筒形	T-D-C
N60L18	低台形	扁鼓形	高台形	长筒形	长筒形	筒形	T-D-T-C
N60L22	低台形	扁鼓形	高台形	腰鼓形	长筒形	长筒形	T-D-T-D-C
N120L14	扁鼓形	扁鼓形	筒形	筒形	筒形	短筒形	D-C
N120L18	扁鼓形	扁鼓形	高台形	腰鼓形	长筒形	筒形	D-T-D-C
N120L22	扁鼓形	扁鼓形	高台形	腰鼓形	长筒形	长筒形	D-T-D-C
N180L14	扁鼓形	扁鼓形	筒形	筒形	筒形	筒形	D-C
N180L18	扁鼓形	扁鼓形	高台形	腰鼓形	长筒形	筒形	D-T-D-C
N180L22	扁鼓形	扁鼓形	高台形	腰鼓形	长筒形	筒形	D-T-D-C

2.4 不同烤烟株型变化模式下的株型性状和质量特征

2.4.1 株型性状 T-D-C 株型模式的叶层高、根系长度、根系体积、作物生长率、净同化率最小, 其中叶层高和作物生长率显著小于其余株型模式; 叶面积持续期仅为 41.15 d, 与其余株型模式间差异显著。T-D-T-C 株型模式的叶层宽最小。T-D-T-D-C 株型模

式的净同化率最大, 是最小值的 2.79 倍; 顶宽最小。D-C 株型模式的叶层宽、顶宽、根系长度最大。D-T-D-C 株型模式的叶层高、根系体积、作物生长率最大; 叶面积持续期达 74.56 d, 与其余株型模式间差异达显著水平。T-D-C 株型模式的株型性状数值最小, 制约了烟叶的产量; D-T-D-C 株型模式的株型性状数值较大, 为实现高产量建立了相应的生理学基础。

表 8 不同烤烟株型变化模式下的株型性状
Table 8 Plant type traits of different change patterns in plant type of flue-cured tobacco

株型变化模式	叶层高 (cm)	叶层宽 (cm)	顶宽 (cm)	根系长度 (cm)	根系体积 (cm ³)	作物生长率 (g/(m ² ·d))	净同化率 (g/(m ² ·d))	叶面积持续期(d)
T-D-C	77.62 d	107.85 bc	98.27 ab	5 506 a	100.12 b	2.24 c	1.09 c	41.15 d
T-D-T-C	104.65 b	103.2 c	88.30 bc	6 650 a	112.38 ab	5.49 b	2.22 b	54.26 c
T-D-T-D-C	122.29 a	107.32 bc	72.88 c	6 551 a	123.49 ab	7.52 a	3.04 a	64.66 b
D-C	88.73 c	126.20 a	112.57 a	7 830 a	147.56 ab	4.10 b	1.47 c	63.06 b
D-T-D-C	122.41 a	121.96 ab	92.52 b	7 737 a	161.04 a	8.49 a	2.57 ab	74.56 a

注: 同列不同小写字母表示不同株型变化模式间差异在 $P<0.05$ 水平显著。

2.4.2 质量特征 T-D-C 株型模式的叶片总糖和还原糖含量、总氮含量、含梗率适宜, 烟碱含量偏高, 糖碱比偏小; 在 5 种株型模式中, 其钾含量和含梗率最低。T-D-T-C 株型模式的叶片总糖和还原糖含量、总氮含量、单叶重适宜, 糖碱比协调; 烟碱和总氮含量最低, 总糖和还原糖含量最高。T-D-T-D-C 株型模式的叶片总糖和还原糖含量、单叶重、含梗率适宜, 糖碱比协调; 感官质量各项指标得分均最高, 单叶重

最小。D-C 株型模式的叶片烟碱含量偏高, 总糖和还原糖含量偏低, 糖碱比偏小, 单叶重偏大, 含梗率偏高; 烟碱和总氮含量最高, 含量分别高达 53.75 g/kg 和 23.85 g/kg, 总糖和还原糖含量最低, 钾含量最高, 感官质量各项指标得分均最低。D-T-D-C 株型模式的叶片烟碱含量偏高, 总糖和还原糖含量偏低, 糖碱比偏小, 单叶重偏大, 含梗率偏高; 单叶重最大、含梗率最高, 单叶重达 13.28 g, 含梗率达 30.62%。

表 9 不同烤烟株型变化模式下的质量特征
Table 9 Quality characteristics of different change patterns in plant type of flue-cured tobacco

质量特征	T-D-C	T-D-T-C	T-D-T-D-C	D-C	D-T-D-C
烟碱(g/kg)	51.80 a	33.35 c	35.65 c	53.75 a	44.00 b
总糖(g/kg)	251.70 a	266.05 a	258.50 a	181.05 b	213.85 b
还原糖(g/kg)	190.20 a	198.80 a	185.90 a	134.40 b	146.78 b
总氮(g/kg)	19.55 bc	18.05 c	19.10 bc	23.85 a	21.50 ab
钾(g/kg)	10.65 a	13.45 a	13.60 a	17.40 a	16.18 a
氯(g/kg)	6.00 a	3.60 b	3.90 b	5.55 ab	4.60 ab
糖碱比	3.70 b	6.01 a	5.23 a	2.51 b	3.36 b
钾氯比	1.70 b	3.79 a	3.44 ab	3.30 ab	3.53 ab
香气质	7.85 ab	7.90 ab	8.25 a	7.55 b	7.80 b
香气量	7.85 b	8.00 ab	8.35 a	7.75 b	8.05 ab
吃味	8.45 ab	8.45 ab	8.75 a	7.90 c	8.28 b
杂气	7.55 ab	7.45 ab	7.70 a	7.10 b	7.33 ab
刺激性	7.65 a	7.60 ab	7.70 a	7.35 b	7.58 ab
单叶重(g)	12.35 ab	11.04 ab	10.62 b	13.18 a	13.28 a
含梗率(%)	27.40 a	29.02 a	28.48 a	30.22 a	30.62 a

注：同行不同小写字母表示不同株型变化模式间差异在 $P<0.05$ 水平显著。

2.5 烤烟理想株型

根据上文划分的不同处理烤烟产量类型和质量类型,参照不同处理烤烟的株型模式,可以得到不同烤烟株型模式下的产质量类型(表 10),可见烤烟理想株型的动态变化模式为 T-D-T-D-C,生育前期株型表现为台形,旺长阶段呈现鼓形-台形变化,打顶后株型表现为鼓形,成熟阶段呈现鼓形-筒形变化。

表 10 不同烤烟株型变化模式下的产质量类型
Table 10 Yield and quality types of different change patterns in plant type of flue-cured tobacco

株型变化模式	产质量类型
T-D-C	低产量中等质量
T-D-T-C	低产量中等质量、适宜产量较好质量
T-D-T-D-C	低产量较好质量、适宜产量较好质量
D-C	适宜产量较差质量
D-T-D-C	适宜产量较差质量、高产量较差质量、高产量中等质量

3 讨论

3.1 烤烟株型性状与产量的关系

经模型 F 值显著性检验,烤烟产量与叶层高、叶层宽、净同化率呈“S”形曲线回归关系,与根系长度、根系体积呈幂函数回归关系,与作物生长率呈线性关系,与叶面积持续期呈二次曲线回归关系。薛吉全等^[19]在玉米的株型研究中指出,良好的株型结构和光分布是正常生理代谢活动的基础,而叶面积系

数(LAI)、净同化率(NAR)和作物生长率(CGR)是物质生产的重要因素。当叶层高、叶层宽分别在 70~130 cm 和 100~130 cm 时,随着叶层高、叶层宽的增加,烤烟产量逐渐增加,可能与叶层高、叶层宽影响烤烟群体的光能截获量有关。当根系长度、根系体积分别在 3 000~9 000 cm 和 60~200 cm³ 时,烤烟产量随根系长度、根系体积的增加而增加,发达的根系有助于吸收更多的养分和水分并输送至烟株地上部。随着作物生长率的增加,烤烟产量线性平稳递增,表明烤烟生长发育关键时期的作物生长率可直接表征最终产量。当净同化率在 0.5~3.5 g/(m²·d) 时,烤烟产量随净同化率的增加而升高,当净同化率增至一定程度后,烤烟产量增幅逐渐变小并趋于稳定。通过合理适时的水肥调控,可以提高单株的光合速率为途径,实现群体净同化率的提升,快速提升产量水平,但由于烟株个体发育与群体光能和养分分配的协调作用,群体单位叶面积的光合速率存在极限值,当接近该极限值时产量水平也趋于最大。王庆成等^[20]就优化玉米的群体结构问题时指出,在叶面积指数较高的条件下,夹角越小,群体光合速率越高。叶面积持续期指一段时间内叶面积指数对时间的积分,其决定于冠层光合组织的大小和持续时间。当叶面积持续期在 30~80 d 时,烤烟产量随叶面积持续期的增长而增加,增幅逐步加大,因为叶面积持续期的长短与群体光能截获量有关,通过栽培措施大幅增加群体叶面积指数和防止叶片过快成熟衰老可能有助于提升烤烟产量。

3.2 烤烟株型性状与质量的关系

烤烟质量与叶层宽、顶宽呈二次曲线回归关系,经 F 值检验,叶层宽回归模型达极显著水平,顶宽回归模型达显著水平。当叶层宽在 100~130 cm 时,随着叶层宽的增加,烤烟质量呈先升后降的抛物线变化,叶层宽为 112 cm 时烤烟质量最好,之后质量快速下降。叶层宽大小表征烟株个体发育状况,叶层宽过大,烟株长势过旺,烟叶生理代谢失调,初烤烟叶质量下降。当顶宽在 80~120 cm 时,随着顶宽的增加,烤烟产量呈先升后降的抛物线变化,顶宽为 86.73 cm 时烤烟质量最好。顶宽大小代表烟株生育后期的营养状况,顶宽过大,烟株中下部叶层容易出现光胁迫,同时烟株养份供应过剩,烟叶化学物质转化和积累不正常,初烤烟叶质量明显下降。

3.3 烤烟不同株型模式的株型性状与质量特征

按各时期的株型配置相似的原则,将本研究中 12 个处理烟株株型的动态变化过程进行模式划分,共分为 5 类。T-D-C 株型模式,株型性状数值最小,决定其烟株的光合碳固定的强度较小,过早地打顶导致烟株库源发生改变,引起激素代谢失调,叶片中烟碱含量剧增,留叶数较少进一步加剧了该趋势。T-D-T-C 株型模式的叶层宽最小,总糖和还原糖含量、总氮含量、单叶重适宜,糖碱比协调。T-D-T-D-C 株型模式的净同化率最大,顶宽最小,总糖和还原糖含量、单叶重、含梗率适宜,糖碱比协调,表明该株型模式的群体光合速率最大。D-C 株型模式的叶层宽、顶宽、根系长度最大;烟碱含量偏高,总糖和还原糖含量偏低,糖碱比偏小,单叶重偏大,含梗率偏高。烟株长势过旺,过早打顶和较少留叶的措施导致叶片碳氮代谢失调,单叶重偏大,含梗率偏高。D-T-D-C 株型模式株型性状数值最大,决定其烟株的光合碳固定代谢和转化代谢强度大,为含氮化合物大量合成提供了足够的碳源和能量,同时根系吸收了大量的氮素,最终导致叶片碳氮代谢失调。

3.4 烤烟的理想株型

薛小平等^[12]研究植烟密度和留叶数两因子组合的栽培技术对 K326 株型的影响,认为贵州烟区 K326 打顶后的理想株型为高台型-筒型(T-C)。本研究同样以 K326 为试材,提出烤烟理想株型的动态变化模式呈现为 T-D-T-D-C,该模式烤烟化学成分协调,单叶重和含梗率适宜,属于低产量较好质量和适宜产量较好质量类型。该结果与薛小平等^[12]的研究结果略有差异,可能与影响烤烟株型形成的栽培因子组合以及当季试验点的气候条件不同有关。不同生态条件所适

应的株型不同,特定基因型在不同生态条件下的反应也不同^[5]。大量研究显示,土壤质地、光照强度、降雨量等环境条件对烤烟的生长与株型影响很大,进一步影响烤烟干物质积累和品质形成^[21-24]。栽培措施对烤烟株型的形成也具有重要影响^[13-14]。关于烤烟的理想株型研究,下一步应重点围绕影响烤烟不同株型性状配置(叶片、茎秆、根系)的因子(栽培措施、生态资源、品种遗传)以及关键生育阶段主要株型性状构成与功能运转(冠层光合、根呼吸)、生理代谢、物质形成、叶片组织发育的关系等开展。

4 结论

随着叶层高、叶层宽、根系长度、根系体积、净同化率、作物生长率、叶面积持续期等株型性状数值的增加,烤烟产量升高;烤烟质量综合得分随叶层宽和顶宽的增加呈抛物线变化趋势。按各时期株型配置相似的原则,本研究共划分了 5 类烤烟株型动态变化模式。烤烟理想株型的动态变化模式呈现为 T-D-T-D-C,该模式烤烟化学成分协调,单叶重和含梗率适宜,属于低产量较好质量和适宜产量较好质量类型。

参考文献:

- [1] Matsuo T M. Great achievement of rice science. Vol. 2. Physiology [M]. Tokyo: Nounsangyoson Culture Society, 1990: 238-242
- [2] Matsuo T M. Great achievement of rice science. Vol. 1. Morphology [M]. Tokyo: Nounsangyoson Culture Society, 1990: 419-423
- [3] 陈温福,徐正进,张龙步. 水稻超高产育种生理基础[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1995: 146
- [4] Donald C M. The breeding of crop ideotypes[J]. Euphytica, 1968, 17(3): 385-403
- [5] 王丰,丁伟,冯勇刚,等. 烤烟优质适产理想株型探讨[J]. 种子, 2007, 26(5): 84-87
- [6] 徐庆章,王庆成,牛玉贞,等. 玉米株型与群体光合作用的关系研究[J]. 作物学报, 1995, 21(4): 492-496
- [7] 胡文新,彭少兵,高荣孚,等. 国际水稻研究所新株型水稻的气孔特性[J]. 中国农业科学, 2002, 35(10): 1286-1290
- [8] 苏祖芳,许乃霞,孙成明,等. 水稻抽穗后株型指标与产量形成关系的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 115-120
- [9] 李红宇,侯昱铭,陈英华,等. 东北地区水稻主要株型性状比较分析[J]. 作物学报, 2009, 35(5): 921-929
- [10] 杜永,王艳,王学红,等. 黄淮地区不同粳稻品种株型、产量与品质的比较分析[J]. 作物学报, 2007, 33(7): 1079-1085

- [11] 徐正进, 陈温福, 韩 勇, 等. 辽宁水稻穗型分类及其与产量和品质的关系[J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1411-1418
- [12] 薛小平, 赵会纳, 陈懿, 等. 贵州烟区烤烟 K326 株型特征研究[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(1): 34-39
- [13] 孙学永, 祖朝龙, 高正良, 等. 高密度栽培对烟草青枯病抗性鉴定及株型性状的影响[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(1): 77-82
- [14] 晋艳, 杨宇虹, 邓云龙, 等. 施肥水平对烟株长势及烟叶质量的影响[J]. 烟草科技, 1999(6): 39-42
- [15] 何文高, 陈伟, 宗学凤, 等. 不同处理对烤烟株型、光合特性及产质量的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(7): 37-43
- [16] 薛小平, 孙智荣, 马莹, 等. 栽培技术对黔西南州烟叶株型及产量与质量的影响[J]. 浙江农业科学, 2010(6): 1265-1268
- [17] 耿召良, 张婕, 葛永辉, 等. 烤烟主流烟气内源有害成分与烟叶化学成分相关性[J]. 应用生态学报, 2015, 26(5): 1447-1453
- [18] 郭建华, 张仕祥, 王建伟, 等. 烤烟中微量营养元素含量与物理特性的关系探讨[J]. 土壤, 2017, 49(2): 268-272
- [19] 薛吉全, 梁宗锁, 马国胜, 等. 玉米不同株型耐密性的群体生理指标研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 55-59
- [20] 王庆成, 牛玉贞, 徐庆章, 等. 株型对玉米群体光合速率和产量的影响[J]. 作物学报, 1996, 22(2): 223-227
- [21] 唐莉娜, 熊德中. 土壤酸度的调节对烤烟根系生长与烟叶化学成分含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 65-67
- [22] 蔺万煌, 李艳红, 萧浪涛, 等. 淹水对烟草生理特性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2001, 27(5): 339-342
- [23] 周淑平, 肖强, 陈叶君, 等. 不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(1): 9-16
- [24] 朱克亚, 孙星, 程森, 等. 不同改良剂对皖南烟田土壤性状及烤烟产量和品质的影响[J]. 土壤, 2016, 48(4): 720-725

Relationship Between Plant Type and Yield & Quality of Flue-cured Tobacco

ZHENG Dengfeng¹, CHEN Yi^{2*}, CHEN Wei², LIANG Guilin²

(1 Bijie Company of Guizhou Tobacco Company, Bijie, Guizhou 551700, China;

2 Guizhou Academy of Tobacco Science, Guiyang 550081, China)

Abstract: Flue-cured tobacco variety K326 was taken as the test material, different combinations of nitrogen fertilization and leaf number remained were set up to get different plant types of flue-cured tobacco, then the relationship between plant type and yield & quality of flue-cured tobacco were analyzed so as to put forward the dynamic change pattern of the ideotype. The results showed that the yield of flue-cured tobacco increased with the increases of leaf layer height and width, root length and volume, net assimilation rate (NAR), crop growth rate (CGR) and leaf area duration (CGR). With the increases of leaf layer width and top leaf width, tobacco quality showed a parabolic trend. The dynamic change patterns of the flue-cured tobacco were derived from the combinations of three plant types, which included table shape (T), drum shape (D), and cylinder shape (C), respectively. Five patterns were divided and compared, among of them, T-D-C pattern belonged to the type of low production and medium quality. T-D-T-C pattern was harmonious in chemical components and appropriate in leaf weight, belonged to the type of low production and medium quality, as well as appropriate production and better quality. T-D-T-D-C pattern was harmonious in chemical components, appropriate in leaf weight and stem proportion, belonged to the type of low production and better quality, as well as appropriate production and better quality. D-C pattern was unharmonious in chemical components, great weight in leaf and high proportion in stem content, belonged to the type of appropriate production and poor quality. D-T-D-C pattern was unharmonious in chemical components, big weight in leaf and high proportion in stem content, belonged to the type of appropriate production and poor quality, high production and poor quality, as well as high production and medium quality. Therefore, the dynamic change pattern of ideotype of flue-cured tobacco was T-D-T-D-C pattern.

Key words: Flue-cured tobacco; Ideotype; Yield; Quality; Cultivation