

密集烤房装烟密度和变黄期风机转速 对烟叶淀粉降解及经济性状的影响

马 力, 宋朝鹏, 段史江, 宫长荣*

(河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002)

摘要:以云烟87中部叶为试验材料,研究了密集烤房装烟密度和变黄期风机转速对烟叶淀粉降解和经济性状的影响。结果表明,装烟密度 $55 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ 配合变黄期风机转速 960 r/min 有利于淀粉的降解和烤后烟叶质量的形成。淀粉含量随着烘烤过程的进行逐渐降低,还原糖含量随着烘烤过程的进行逐渐升高。交互效应对烟叶淀粉和还原糖含量的影响在 $42 \text{ }^\circ\text{C}$ 末、 $47 \text{ }^\circ\text{C}$ 末、 $54 \text{ }^\circ\text{C}$ 末及烤后达到极显著水平。装烟密度和变黄期风机转速对烟叶总氮和烟碱含量的影响分别达到极显著水平。装烟密度 $55 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ 配合变黄期风机转速 960 r/min 烤后烟叶均价最高。

关键词:烤烟;密集烤房;装烟密度;风机转速;淀粉;经济性状

中图分类号: S572; TS44⁺1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)05-0873-07

Effects of Loading Density and Fan Speed at the Yellowing Stage in Bulk Curing Barn on Starch Degradation and Economic Characters of Flue-cured Tobacco Leaves

MA Li, SONG Zhao-peng, DUAN Shi-jiang, GONG Chang-rong*

(College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The effects of loading density and fan speed at the yellowing stage in bulk curing barn on starch degradation and economic characters of yunyan 87's middle leaf were studied. The results showed that the treatment of $55 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ of loading density and 960 r/min of fan speed at the yellowing stage was favourable to starch degradation and quality of tobacco leaf. The content of starch reduced during the curing process, while the content of reducing sugar increased during the curing process. Interactions had a significant influence on the contents of starch and reducing sugar at the end of $42 \text{ }^\circ\text{C}$, $47 \text{ }^\circ\text{C}$, $54 \text{ }^\circ\text{C}$ and curing. Loading density and fan speed at the yellowing stage had significant influence on contents of total nitrogen and nicotine in tobacco leaf. The average price of cured tobacco leaf was the highest in the treatment of $55 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ of loading density and 960 r/min of fan speed at the yellowing stage.

Key words: flue-cured tobacco; bulk curing barn; loading density; fan speed; starch; economic characters

在调制过程中淀粉的分解和转化状况对烤后烟叶内部化学成分的协调性和外观质量有重要的影响^[1]。国际上优质烤烟的淀粉含量一般为 $1\% \sim 2\%$,而我国烤烟的淀粉含量为 $4\% \sim 6\%$ 左右^[2],淀粉

收稿日期: 2011-06-03 修回日期: 2011-07-27

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目(110200302007)

作者简介: 马力(1986—),男,硕士生,主要从事烟草调制研究, E-mail: mali861204@163.com; * 通讯作者: 宫长荣, 教授, E-mail: gongchr009@126.com。

含量偏高已经成为制约我国烟叶质量提高的重要因素之一。烘烤过程中淀粉的降解受到烘烤设备、烘烤工艺和成熟采收等因素^[3-6]的制约。密集烤房的装烟密度对烘烤过程中烟叶淀粉的降解有调控作用。王卫峰等^[7]研究认为使用温湿度烤箱,装烟密度为 $55 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ 时烤后烟叶淀粉含量显著低于其他处理。王建安等^[8]研究了普通烤房不同编烟方式和竿距对烤后烟叶淀粉的影响,结果表明每束编烟3片,每竿50束,竿距 $14 \sim 16 \text{ cm}$ 烤后烟叶淀粉含量较低。密集烤房的装烟方式不同,装烟密度也不同。不同装烟方式对烤后烟叶的化学成分、外观质量和经济性状有显著的影响^[9-10]。烘烤过程中的风机转速对烤后烟叶质量有着显著的影响^[11]。王胜雷等^[12]比较了四种风机(60,90,120,150 W)对烟叶烘烤质量的影响。结果表明 $2.70 \text{ m} \times 3.30 \text{ m}$ 小型5层烤房,装烟密度为竿距 25 cm 的情况下配置90~120 W的风机,能改善烟叶烘烤质量。樊军辉等^[13]比较了烘烤过程中定色阶段后期和干筋阶段的风机转速对烟叶质量的影响,认为适当降低烘烤后期风机转速能够提高中上等烟叶比例,改善烟叶的外观质量、内化学成分的协调性和感官评吸质量,尤其是对香气质、香气量、刺激性和口感的改善效果最佳,同时降低能耗。

目前的研究主要集中在装烟密度或风机转速对烟叶质量的影响,有关装烟密度和变黄期风机转速两因素互作对烟叶质量影响的研究未见报道。本文主要探讨装烟密度和变黄期风机转速对烘烤过程中淀粉和还原糖含量,及烤后烟叶化学成分和经济性状的影响,旨在为提高烟叶烘烤质量,降低烟叶淀粉含量的研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2010年在重庆市武隆县巷口镇芦红村进行。供试品种为云烟87,5月15日移栽,种植行距 110.00 cm ,株距 55.00 cm 。试验田土壤质地为黄壤,土壤碱解氮 142.10 mg/kg ,速效磷 55.50 mg/kg ,速效钾 150.80 mg/kg ,pH为5.80。基肥使用烤烟专用复合肥 750.00 kg/hm^2 ,过磷酸钙 75.00 kg/hm^2 ,追肥使用硝酸钾 150.00 kg/hm^2 。烟叶田间管理按照重庆市优质烟叶生产技术进行,烟叶适熟采收,以中部烟叶(第9~11叶位)为试验材料。供试烤房为气流下降式密集烤房,烤房规格为 $2.70 \text{ m} \times 8.00 \text{ m}$,装烟两路三棚。三速变频循环风机额定功率为 2.20 kW ,额定转速为 1440 r/min 。烘烤操作按照“三段式烘烤工艺”进行。

1.2 试验设计

装烟密度设4个处理:A1 $45 \sim 55 \text{ kg/m}^3$;A2 $55 \sim 65 \text{ kg/m}^3$;A3 $65 \sim 75 \text{ kg/m}^3$;A4 $75 \sim 85 \text{ kg/m}^3$ 。

变黄期循环风机转速设3个处理: B_1 720 r/min ; B_2 960 r/min ; B_3 1440 r/min 。

定色阶段 $54 \text{ }^\circ\text{C}$ 以前风机转速为 1440 r/min , $54 \text{ }^\circ\text{C}$ 以后的定色阶段及干筋阶段风机转速为 960 r/min 。

1.3 取样方法及经济性状统计

分别于烤前、 $38 \text{ }^\circ\text{C}$ 末、 $42 \text{ }^\circ\text{C}$ 末、 $47 \text{ }^\circ\text{C}$ 末、 $54 \text{ }^\circ\text{C}$ 末和烤后取样。样品于 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 杀青 $10 \sim 15 \text{ min}$ 后, $60 \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘干,磨碎,过60目筛后保存,用于化学成分的测定。

在装烟时,每座烤房各选取10竿素质相同的烟叶标记,分别挂置在各供试烤房的中棚。烤后对10竿烟叶进行分级,统计经济性状。

1.4 项目测定与方法

主要化学成分测定。烟碱:采用紫外分光光度法^[14];水溶性总糖:采用乙醇提取,蒽酮比色法^[15];还原糖:采用苦味酸法^[15];总氮:采用浓硫酸-双氧水消化法^[15];淀粉:采用酸解法^[16]。

1.5 数据处理

用Excel和SPSS16.0对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 处理对烘烤过程中烟叶水分含量的影响

由表1可知,烟叶的水分在变黄阶段变化不大,定色阶段烟叶水分变化较大;鲜样、 $54 \text{ }^\circ\text{C}$ 末和烤后烟叶的水分差别不大,其他阶段烟叶水分差别明显。在相同装烟密度的条件下,随着风机转速的提高,

38 °C 末、42 °C 末和 47 °C 末烟叶的水分逐渐降低。相同风机转速的条件下,随着装烟密度的提高,38 °C 末、42 °C 末和 47 °C 末烟叶的水分逐渐升高。

表 1 处理对烘烤过程中烟叶水分含量变化的影响

Tab. 1 Effects of different treatments on water contents in flue - cured tobacco

装烟密度/(kg·m ⁻³) Loading density	变黄期风机转速/(r·min ⁻¹) Fan speed of yellowing stage	鲜样 Fresh sample	38 °C 末 End of 38 °C	42 °C 末 End of 42 °C	47 °C 末 End of 47 °C	54 °C 末 End of 54 °C	烤后 After cured
45 ~ 55	720	87.07	81.97	74.93	63.29	48.94	11.23
	960	85.02	80.86	65.46	61.64	50.13	10.93
	1 440	86.29	78.97	61.83	55.98	49.38	11.38
55 ~ 65	720	86.97	82.98	77.93	64.97	48.48	12.03
	960	87.03	81.29	73.28	62.48	49.36	11.83
	1 440	86.39	79.20	68.93	58.75	48.73	10.97
65 ~ 75	720	87.24	85.24	81.39	73.38	49.87	11.38
	960	85.98	83.29	78.49	64.39	48.93	12.13
	1 440	86.09	82.87	72.84	61.39	48.64	10.74
75 ~ 85	720	86.38	85.93	83.48	75.94	47.39	11.02
	9 60	87.42	84.29	79.02	66.87	50.39	10.93
	1 440	86.29	83.16	75.93	64.38	49.93	11.37

2.2 处理对烘烤过程中烟叶淀粉含量的影响

由图 1 可知,淀粉含量随着烘烤过程的进行在整体上呈现先急速下降后缓慢下降的趋势。装烟密度为 45 ~ 55 kg/m³ 时,38 °C 末淀粉含量以风机转速为 1 440 r/min 最低,风机转速为 720 r/min 最高。烘烤过程进行到 42 °C 末时,风机转速为 720 r/min 的处理淀粉含量最低,风机转速为 1 440 r/min 的处

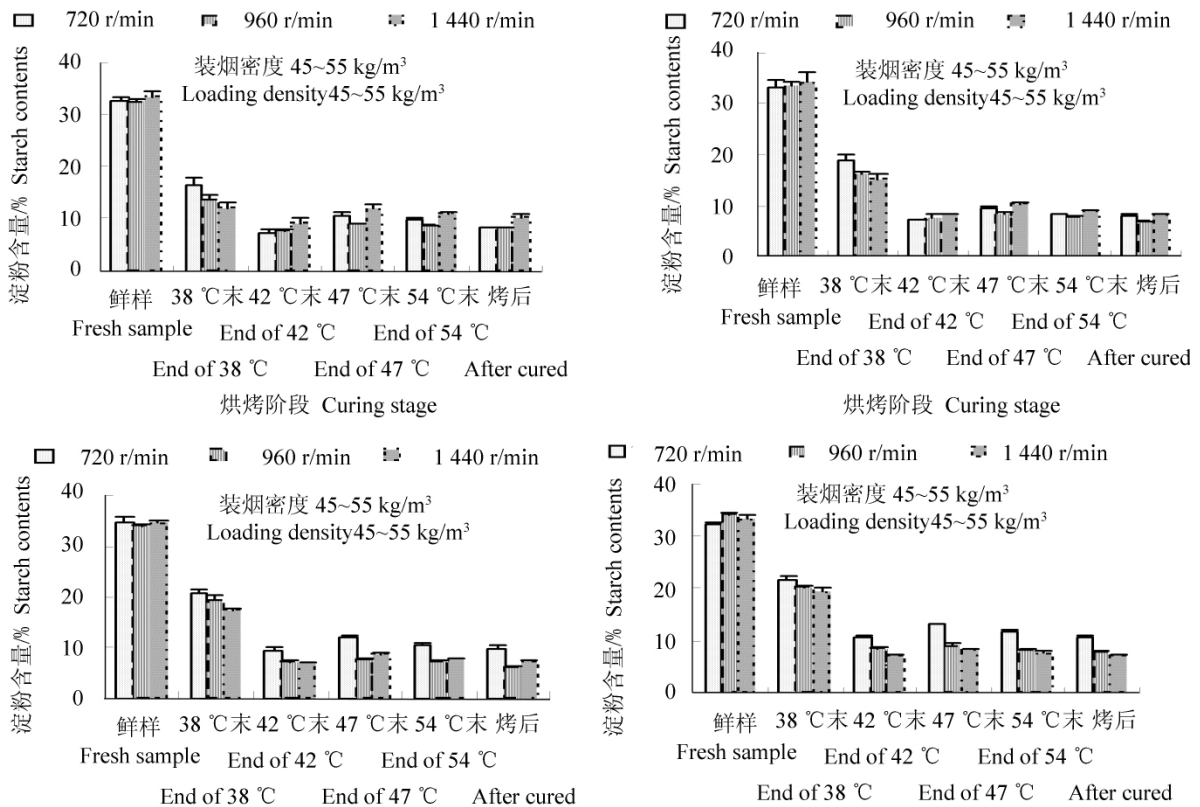


图 1 处理对烘烤过程中烟叶淀粉含量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on starch contents in flue - cured tobacco during curing process

理淀粉含量最高。烤后烟叶淀粉含量以风机转速为 1 440 r/min 的处理最高,风机转速为 720 r/min 的处理最低。在风机转速为 720 r/min 时,烤后烟叶淀粉含量随着装烟密度的增加而增加。风机转速为 960 r/min 时,烤后烟叶淀粉含量随着装烟密度的增加先降低后升高,在装烟密度为 65 ~ 75 kg/m³ 时,

烤后烟叶淀粉含量最低。在风机转速为 1 440 r/min 时,烤后烟叶淀粉含量随着装烟密度的升高而降低。说明适当减小变黄期风机转速和增加装烟密度在一定程度上能增加淀粉的降解。装烟密度和风机转速对 38 °C 末烟叶淀粉含量影响极显著,其他阶段并不显著,互作效应对淀粉含量的影响在 42 °C 末、47 °C 末、54 °C 末及烤后达到极显著($F = 7.350^{**}, 11.031^{**}, 21.093^{**}, 17.964^{**}$)。

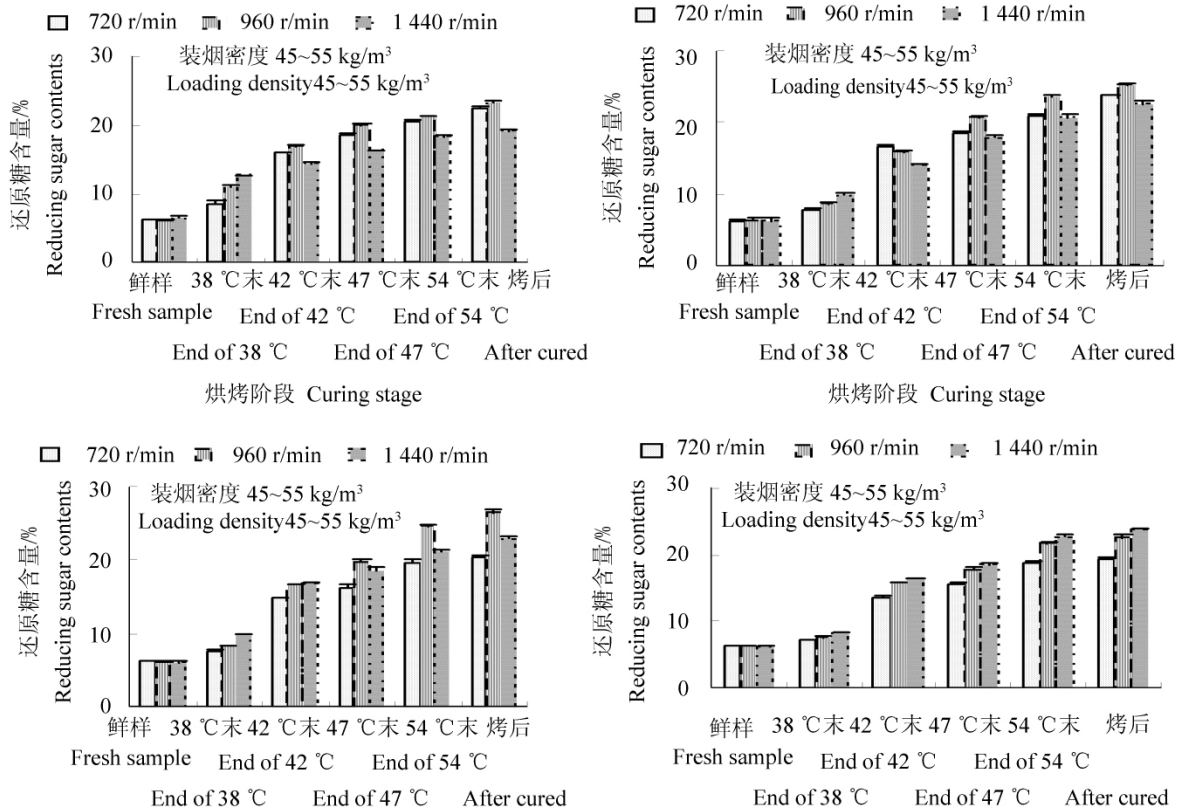


图 2 处理对烘烤过程中烟叶还原糖含量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on reducing sugar contents in flue-cured tobacco during curing process

2.3 处理对烘烤过程中还原糖含量的影响

还原糖能够在烟支燃吸时产生酸性反应,抑制烟气中产生碱性反应,平衡烟气中的酸碱反应,降低刺激性。由图 2 可知,还原糖的含量随着烘烤过程的进行,逐渐升高,变黄阶段和定色阶段前期是还原糖增加的主要时期。装烟密度为 45 ~ 55 kg/m³ 时,38 °C 末还原糖含量以风机转速为 1 440 r/min 最高,风机转速 720 r/min 时还原糖含量最低。42 °C 末,风机转速为 1 440 r/min 还原糖含量最低。说明在装烟密度为 45 ~ 55 kg/m³ 条件下,风机转速为 1 440 r/min 过大,水分散失较快,使淀粉降解提前,造成变黄前期还原糖含量较高;变黄末期烟叶水分不足,淀粉降解量较小,还原糖含量较低。烤后烟叶还原糖含量以风机转速为 960 r/min 时最高,风机转速为 1 440 r/min 时最低。风机转速为 720 r/min 时,烤后烟叶还原糖含量随着装烟密度的增加先增加后减小,装烟密度为 55 ~ 65 kg/m³ 最高。风机转速为 960 r/min 时,烤后烟叶还原糖含量随着装烟密度的增加先增加后减小,装烟密度为 65 ~ 75 kg/m³ 最高。风机转速为 1 440 r/min 时,烤后烟叶还原糖含量随着装烟密度的增加而增加。装烟密度和风机转速对 38 °C 末烟叶淀粉含量影响极显著,其他阶段并不显著,互作效应对还原糖含量的影响在 42 °C 末、47 °C 末、54 °C 末及烤后达到极显著($F = 93.123^{**}, 17.535^{**}, 23.270^{**}, 45.648^{**}$)。

2.4 处理对烤后烟叶化学成分含量的影响

由表 2 可知,在装烟密度为 45 ~ 55 kg/m³ 条件下,变黄期风机转速为 1 440 r/min 时,总糖含量显著低于其他处理。变黄期风机转速为 720 r/min 时,随着装烟密度的增加,总糖含量先升高后降低,装烟密度为 55 ~ 65 kg/m³ 最高。随着风机转速的调高,总氮含量逐渐升高。随着装烟密度的提高,总氮含量逐渐降低。对于烟碱含量而言,随着风机转速的提高,烟碱含量逐渐提高;随着装烟密度的提高,烟碱含量逐渐降低。由表 3 可知,装烟密度和变黄期风机转速分别对总氮和烟碱含量的影响达到极显著

水平。互作效应对总糖、还原糖和淀粉含量的影响达到极显著水平。

表2 处理对烤后烟叶化学成分含量的影响

Tab.2 Effects of different treatments on reducing sugar contents in flue-cured tobacco

装烟密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) Loading density	变黄期风机转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$) Fan speed of yellowing stage	总氮/% Total nitrogen	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	淀粉/% Starch	烟碱/% Nicotine
45 ~ 55	720	2.01cde	26.14cd	22.46d	8.35b	2.64cd
	960	2.14bc	26.85bc	23.35cd	8.42b	2.84b
	1 440	2.28a	21.84f	19.15f	10.36a	2.95a
55 ~ 65	720	1.85fgh	27.28bc	23.85c	7.74bcd	2.52e
	960	2.08bcd	28.64a	25.34b	6.82de	2.63d
	1 440	2.17ab	25.48d	22.64d	8.11bc	2.75bc
65 ~ 75	720	1.74hi	23.26e	20.46e	9.92a	2.37f
	960	1.96def	29.16a	26.52a	6.14e	2.47ef
	1 440	2.08bcd	26.47bcd	22.92d	7.31cd	2.64cd
75 ~ 85	720	1.65i	22.58ef	19.35f	10.62a	2.26g
	960	1.82gh	25.36d	22.63d	7.84bcd	2.38f
	1 440	1.92efg	27.46b	23.86c	7.16cd	2.47ef

小写字母表示 $P < 0.05$ 水平; 同一列不同字母表示差异显著。

Values followed by different letters in the same column were significantly different at $P < 0.05$.

表3 处理对烤后烟叶总氮(tn)、总糖(ts)、还原糖(rs)、淀粉(s)和烟碱(n)影响的F测验

Tab.3 F-test of different treatments on the content of total nitrogen (tn), total sugar (ts), reducing sugar (rs), starch (s), nicotine (n) in flue-cured tobacco leaf

项目 Item	df	F_{tn}	F_{ts}	F_{rs}	F_s	F_n
装烟密度 Loading density	3	100.899**	0.582	0.900	0.778	123.434**
变黄期风机转速 Fan speed of yellowing stage	2	140.717**	1.496	2.409	1.901	74.833**
互作效应 Interaction effect	6	0.353	38.109**	45.684**	17.964**	0.659

表示差异极显著; *表示差异显著。, * Indicate significantly different at 0.01 and 0.05 level, respectively.

2.5 处理对烤后烟叶经济性状的影响

由表4可知,在装烟密度为45~55 kg/m^3 条件下,烤后烟叶的均价随着风机转速的提高而降低。在装烟密度为55~65 kg/m^3 条件下,烤后烟叶的均价以风机转速为960 r/min 最高。在装烟密度为65~75 kg/m^3 和75~85 kg/m^3 条件下,烤后烟叶的均价随着风机转速的提高而提高。变黄期风机转速为720 r/min 时,均价随着装烟密度的提高而降低。变黄期风机转速为960 r/min 时,均价随着装烟密度的提高先升高后降低,装烟密度为55~65 kg/m^3 时均价最高。变黄期风机转速为1 440 r/min 时,随着装烟密度的升高而升高。

3 结论与讨论

装烟密度和变黄期风机转速对烘烤过程中淀粉降解和烤后烟叶质量的形成有显著影响。本研究结果认为,在装烟密度55~65 kg/m^3 和变黄期风机转速960 r/min 时有利于淀粉的降解和烤后烟叶均价最高。

装烟密度和变黄期风机转速对烘烤过程中淀粉和还原糖有极显著的互作效应,装烟密度和变黄期风机转速分别对烤后烟叶的总氮和烟碱含量的影响达到极显著水平;两者的互作效应对烤后烟叶总糖、还原糖和淀粉含量的影响达到极显著水平。通过对烤后烟叶经济性状的对比发现,在装烟密度55~65 kg/m^3 和变黄期风机转速960 r/min 时,烤后烟叶均价最高。在装烟密度为45~55 kg/m^3 条件下,

随着变黄期风机转速增大, 烤后烟叶均价降低。在装烟密度为 $65 \sim 75 \text{ kg/m}^3$ 和 $75 \sim 85 \text{ kg/m}^3$ 条件下, 随着变黄期风机转速提高, 烤后烟叶均价逐渐升高。

表4 处理对烤后烟叶经济性状的影响

Tab.4 Effects of different treatments on economic characters in flue-cured tobacco

装烟密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) Loading density	变黄期风机转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$) Fan speed of yellowing stage	上等烟比例/% Fine tobacco ratio	中等烟比例/% Middle tobacco ratio	均价/(元· kg^{-1}) Average price
45 ~ 55	720	41.61	39.54	16.32
	960	39.32	49.13	15.81
	1 440	35.12	48.63	14.75
55 ~ 65	720	35.58	45.49	15.37
	960	43.25	49.97	18.41
	1 440	37.45	48.53	15.43
65 ~ 75	720	34.32	44.21	14.69
	960	40.61	39.35	16.13
	1 440	41.21	50.58	17.91
75 ~ 85	720	31.54	41.33	13.21
	960	38.45	46.74	14.64
	1 440	39.71	48.42	15.87

烤后烟叶淀粉和还原糖含量是影响烟叶外观质量和内在质量的重要因素^[17-18]。装烟密度和风机转速影响到烘烤过程中烟叶水分的散失速率, 而烟叶水分则与烟叶内部酶的活性及内含物质的分解转化直接相关。

装烟密度和变黄期风机转速共同决定了密集烤房内部的湿度, 进而控制烘烤过程中烟叶水分的散失速度和散失量。在装烟密度一定的情况下, 变黄期风机转速较大(如装烟密度 $45 \sim 55 \text{ kg/m}^3$ 条件下, 变黄期风机转速为 $1 440 \text{ r/min}$) 烘烤过程中烟叶淀粉在变黄前期降解较快, 随着烘烤的进行, 淀粉降解停滞较早。这可能由于变黄期风机转速较大, 烤房内部环境湿度较低, 烟叶失水提前, 烟叶内部酶活性失活较早, 影响淀粉的降解^[19]。烤后烟叶还原糖含量较低及含青率较高。在装烟密度一定的情况下, 变黄期风机转速较小(如装烟密度 $55 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ 条件下, 变黄期风机转速为 720 r/min) 变黄前期烟叶淀粉降解较慢, 变黄后期和定色前期淀粉降解较快, 烤后烟叶淀粉含量较低, 还原糖含量较高, 烤后杂色烟比例较高。变黄期风机转速较小, 烤房内部环境湿度较高, 烘烤过程中烟叶水分散失较慢, 淀粉酶活性较高, 淀粉降解持续时间较长。另外, 烤房内部较高的环境湿度, 容易造成烟叶细胞内自由基大量积累, 细胞膜通透性增强, 致使多酚氧化酶活性升高, 棕色化反应加剧^[20], 影响烤后烟叶外观质量。与上述原理相同, 在变黄期风机转速一定的情况下, 风机转速对不同装烟密度烤后烟叶化学成分和经济性状的影响不同。

研究认为, 装烟密度和风机转速是影响淀粉降解和烟叶烘烤质量的重要因素。适宜的风机转速配合适宜的装烟密度能够提高烟叶的质量, 以后应根据密集烤房烘烤原理, 选择适宜风机转速和装烟密度, 配合适当的烘烤工艺改善烟叶烘烤质量。

参考文献:

- [1] Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influence flavor and aroma [J]. Recent Advance in Tobacco Science, 1985 (11): 175-200.
- [2] 张槐苓, 葛翠英, 穆怀静. 烟草分析与检测 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 99.
- [3] 邓云龙, 崔国明, 张树堂. 不同烘烤设备及其配套烘烤工艺对烟叶淀粉含量的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2004, 19 (1): 63-67.

- [4]王怀珠 杨焕文 郭红英. 烘烤过程外加淀粉酶对烤烟淀粉降解的影响[J]. 生物技术 2004(5): 67-69.
- [5]宫长荣 孙福山 汪耀富 等. 烟叶烘烤中不同变黄温度对某些生理生化特性的影响[J]. 中国烟草科学 1998(2): 6-7.
- [6]董志坚 陈江华 宫长荣. 烟叶烘烤过程中不同变黄和定色温度下主要化学组成变化研究[J]. 中国烟草科学 2003(3): 21-24.
- [7]王卫峰 王松峰 陈江华 等. 装烟密度对烟叶烘烤过程中几种抗氧化酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯 2006 42(5): 817-820.
- [8]王建安 余金恒 代丽 等. 普通标准化烤房改造为密集式烤房适宜装烟密度研究[J]. 河南农业科学 2008(1): 37-39.
- [9]谢已书 邹焱 李国彬 等. 密集烤房不同装烟方式的烘烤效果[J]. 中国烟草科学 2010 31(3): 67-69.
- [10]徐秀红 王林立 王传义 等. 密集烤房不同装烟方式对烟叶质量及效益的影响[J]. 中国烟草科学 2010 31(6): 72-74.
- [11]白震译. 烟叶烘烤干筋的温度与香吃味[J]. 烟草科技 1984(1): 56-60.
- [12]王胜雷 许锡祥 陈顺辉 等. 风机配置对热风循环烤房性能和烟叶烘烤质量的影响[J]. 中国烟草科学 2006 27(4): 6-8.
- [13]樊军辉 陈江华 宋朝鹏 等. 密集烘烤后期风机转速对烤后烟叶质量的影响[J]. 江西农业大学学报 2010 32(6): 1115-1120.
- [14]王瑞新 韩富根 杨素琴. 烟草化学品质分析法[M]. 郑州: 河南科学技术出版社 1998: 109-111.
- [15]李合生 孙群 赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社 2000: 186, 195, 197.
- [16]王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社 2003: 260-269.
- [17]杜咏梅 郭承芳 张怀宝 等. 水溶性糖、烟碱、总氮含量与烤烟吃味品质的关系研究[J]. 中国烟草科学 2000 33(1): 7-10.
- [18]周正红 高孔荣 张水华. 烟草中化学成分对卷烟色香味品质的影响及其研究进展[J]. 烟草科技 1997(2): 22-25.
- [19]宫长荣 袁红涛 陈江华. 烘烤过程中环境湿度和烟叶水分与淀粉代谢动态[J]. 中国农业科学 2003 36(2): 155-158.
- [20]王松峰 王爱华 毕庆文 等. 烘烤过程中湿度条件对烤烟生理指标及烤后质量的影响[J]. 中国烟草科学 2008 29(5): 52-56.

(上接第839页)

- [15]Grneme Blair I, Rod D R, Efrey. Soil carbon fractions based on their degrees of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems[J]. Aust J Agri Res, 1995 46: 56-66.
- [16]Wang W J, Dalal R C, Moody P W. Relationships of soil respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content[J]. Soil Biology & Biochemistry 2003 35: 273-284.
- [17]Has sink J. Relationship between the amount and the activity of the microbial biomass in dutch grassland soils: comparison of the substrate - incubation method and the substrate induced respiration method[J]. Soil Biochem 1993 25(5): 533-538.
- [18]Lefroy R D B, Blair C, Strong W M. Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and ¹³C natural isotope abundance[J]. Plant Soil 1993(2): 155 - 156 399-402.
- [19]Conteh A, Blair G J. The distribution and relatives losses of soil organic carbon fraction in aggregate size fractions from cracking clay soils under cotton production[J]. Australian Journal of Soil Research 1998 36: 257-271.
- [20]李琳 李素娟 张海林. 保护性耕作下土壤碳库管理指数的研究[J]. 水土保持学报 2006 20(3): 106-109.
- [21]沈宏 曹志洪 徐志红. 施肥对土壤不同碳形态及碳库管理指数的影响[J]. 土壤学报 2000 37(2): 166-173.
- [22]徐明岗 于荣 王伯仁 等. 长期施肥对我国典型土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006 12(4): 459-465.
- [23]陈尚洪 朱钟麟 刘定辉 等. 秸秆还田和免耕对土壤养分及碳库管理指数的影响研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2008 14(4): 806-809.