

引用格式:

马一琼, 李悦, 崔廷, 白银帅, 刘向真, 赵森森, 牛洋洋, 刘超, 贾国涛, 程良琨. 滞库片烟长期存放过程中主要化学成分的变化[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(4): 395–399.

MA Y Q, LI Y, CUI T, BAI Y S, LIU X Z, ZHAO S S, NIU Y Y, LIU C, JIA G T, CHENG L K. Research on the change of main chemical components in aged flue-cured tobacco lamina during long-term storage[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(4): 395–399.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



滞库片烟长期存放过程中主要化学成分的变化

马一琼, 李悦, 崔廷, 白银帅, 刘向真, 赵森森, 牛洋洋, 刘超, 贾国涛, 程良琨*

(河南中烟工业有限责任公司, 河南 郑州 450016)

摘要: 以已醇化 3 年的福建南平 C3F、云南曲靖 C3F、贵州黔西南 C3F 和 C4F 片烟为材料, 连续 5 年取样, 测定片烟在滞库期间常规化学成分(总植物碱、总糖、还原糖、总氮), 高级脂肪酸(亚油酸、油酸、亚麻酸、十六酸、十八酸)和多酚化合物(绿原酸、隐绿原酸、茛菪亭、芸香苷)含量, 并分析其变化。结果表明: 片烟的总糖、还原糖、亚麻酸、绿原酸、隐绿原酸和芸香苷含量随着滞库时间的延长呈现逐渐降低的趋势; 主成分分析表明, 片烟的主成分综合得分在滞库期间逐年下降, 且在滞库 2~3 年后片烟会出现明显的品质下降; 比较黔西南 C3F 和 C4F 片烟, C3F 片烟在滞库 4 年后的综合得分开始低于滞库前的 C4F 片烟综合得分, 说明滞库时间过长会使得片烟发生品质降级现象; 比较南平、曲靖、黔西南的 C3F 片烟, 曲靖片烟较耐贮藏, 南平片烟不耐贮藏。

关键词: 滞库片烟; 主要化学成分; 主成分分析; 综合得分

中图分类号: S572.09

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)04-0395-05

Research on the change of main chemical components in aged flue-cured tobacco lamina during long-term storage

MA Yiqiong, LI Yue, CUI Ting, BAI Yinshuai, LIU Xiangzhen, ZHAO Sensen, NIU Yangyang,
LIU Chao, JIA Guotao, CHENG Liangkun*

(China Tobacco Henan Industrial Co. Ltd, Zhengzhou, Henan 450016, China)

Abstract: Flue-cured tobacco laminae (Fujian Nanping C3F, Yunnan Qujing C3F, Guizhou Qianxinan C3F and Guizhou Qianxinan C4F) aged for 3 years were used as test materials, the contents of conventional chemical components including total alkaloids, total sugars, reducing sugars and total nitrogen, advanced fatty acids including linoleic acid, oleic acid, linolenic acid, hexadecanoic acid and octadecanoic acid and polyphenolic compounds including chlorogenic acid, cryptochlorogenic acid, scopolamine and rutin during excessive aging were analyzed through continuous sampling and detection for 5 years. The result showed that when exceed the appropriate aging period, the contents of total sugar, reducing sugar, linolenic acid, chlorogenic acid, cryptochlorogenic acid and rutin in tobacco laminae gradually decreased with the advance of storage stagnation. According to the principal component analysis, the comprehensive scores of different samples decreased year by year during the stagnation period, and significant quality loss of the flue-cured tobacco occurred after 2-3 years of storage delay. Comparison between C3F and C4F grade flue-cured tobacco laminae from Qianxinan showed the comprehensive score of C3F grade after 4 years of storage detention was lower than that of C4F grade before storage detention. It could be seen that too long storage detention would lead to the degradation of tobacco quality. Comparison among C3F grade flue-cured tobacco

收稿日期: 2023-02-17

修回日期: 2023-06-22

基金项目: 河南中烟工业有限公司项目(C202026); 中国烟草总公司项目(110202103008)

作者简介: 马一琼(1992—), 女, 河南南阳人, 硕士, 工程师, 主要从事烟草原料研究, 1030081910@qq.com; *通信作者, 程良琨, 工程师, 主要从事烟草原料研究, 24472212@qq.com

laminae from Nanping, Qujing and Qianxinan regions showed that Qujing tobacco leaves were relatively resistant to storage, and Nanping tobacco leaves were not resistant to storage.

Keywords: storage retention flue-cured tobacco lamina; main chemical composition; principal component analysis; comprehensive score

卷烟企业使用烟叶的最佳时期为开始醇化后的 2~3 年间,处于最佳使用期的烟叶化学成分内在协调性和可用性均达到最佳状态^[1-2]。但在实际生产中,大部分烟叶原料贮藏时间多在 3 年以上,有的甚至长达 10 年^[3-4]。当片烟存放时间超过最佳使用期后形成滞库。片烟滞库会导致烟叶醇化过度,影响烟叶的内在质量和使用价值^[5]。

有关烟叶醇化期间化学成分的变化^[6-10]已有较多研究。杨宗灿等^[11]研究认为,烟叶在醇化前 2 年的总糖、还原糖、类胡萝卜素类物质和苯丙氨酸类物质含量逐渐上升,淀粉、烟碱、总氮含量逐渐降低。胡亚杰等^[12]以云南片烟为材料,研究认为在醇化前 3 年烟叶的质体色素降解产物含量先上升后下降,西柏烷类降解产物、棕色化反应产物含量逐渐上升。赵铭钦等^[13]以 21 个月醇化时间为试验周期,研究发现烟叶的亚麻酸、亚油酸、十六酸含量逐渐下降,十八酸含量先上升后下降。

笔者以处在适宜醇化期上限(醇化 3 年后)的福建南平 C3F、云南曲靖 C3F、贵州黔西南 C3F 和 C4F 片烟为试验材料,连续 5 年取样检测烟叶的常规化学成分(总植物碱、总糖、还原糖、总氮),高级脂肪酸(亚油酸、油酸、亚麻酸、十六酸、十八酸)和多酚化合物(绿原酸、隐绿原酸、茛菪亭、芸香苷)含量,分析滞库片烟在长期存放过程中主要化学成分的变化,以期卷烟企业合理贮藏和利用片烟资源,改善和优化库存结构提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

从 2016 年 9 月开始,取河南中烟工业有限责任公司已经醇化 3 年的福建南平 C3F、云南曲靖 C3F、贵州黔西南 C3F 和 C4F 片烟样品各 10 kg,贮藏于河南中烟工业有限责任公司技术中心,同

时取样作为试验对照。以后每年取 1 次样,直至 2021 年 9 月取样结束。采用五点法取样,每个供试样品每次取样 500 g。60 °C 烘干,研磨样品过 0.25 mm 孔径筛后保存,备用。

1.2 方法

采用 YC/T 159—2002^[14] 方法测定片烟的总糖和还原糖含量;采用 YC/T 160—2002^[15] 方法测定片烟的总植物碱含量;采用 YC/T 161—2002^[16] 方法测定片烟的总氮含量。

采用气相色谱法^[17]测定片烟的亚油酸、亚麻酸、油酸、十六酸、十八酸含量。

采用 YC/T 202—2006^[18] 方法测定片烟的绿原酸、茛菪亭、芸香苷含量;采用高效相液相色谱法^[19] 测定隐绿原酸含量。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 整理数据, SPSS 19.0 进行统计分析、方差分析及主成分分析。

2 结果与分析

2.1 滞库片烟常规化学成分的变化

滞库片烟在 5 年存放期间的常规化学成分含量测定结果列于表 1。由表 1 可知:片烟滞库后,总糖和还原糖含量发生了较明显的变化,随着滞库时间的延长,整体上表现为逐渐降低的趋势,总植物碱含量在滞库期间也整体呈现降低的趋势,但变化不明显;总氮含量在滞库期间的波动较小。经 5 年滞库后,片烟的总糖和还原糖含量较对照平均降低了 29.60% 和 28.98%。比较南平、曲靖、黔西南的 C3F 片烟,曲靖片烟常规化学指标在滞库期间的变异系数最小,南平片烟的较大。可见在长期存放期间,曲靖片烟的常规化学成分变化较小,南平片烟的变化较大。

表 1 滞库片烟的常规化学成分含量

Table 1 Contents of routine chemical components in flue-cured tobacco laminae during storage stagnancy time %								
处理	总植物碱				总糖			
	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F
CK	2.67±0.08	2.39±0.11	2.32±0.11	2.11±0.09	28.53±0.85	33.66±1.87	30.80±1.62	22.52±0.79
滞库 1 年	2.56±0.15	2.37±0.11	2.28±0.15	2.02±0.11	26.59±0.80	33.03±1.94	30.90±1.62	22.37±0.53
滞库 2 年	2.53±0.07	2.26±0.03	2.29±0.10	1.97±0.06	24.34±1.75	31.84±2.01	28.30±1.02	20.35±1.54
滞库 3 年	2.35±0.11	2.21±0.08	2.18±0.04	2.00±0.13	20.87±1.25	30.11±1.42	24.19±0.74	18.46±0.52
滞库 4 年	2.29±0.09	2.15±0.10	2.08±0.10	1.97±0.11	18.97±1.40	28.09±0.48	22.36±0.63	17.12±0.97
滞库 5 年	2.30±0.10	2.11±0.09	2.03±0.07	1.92±0.07	17.64±1.22	26.87±1.02	21.76±0.99	16.17±1.05
变异系数/%	6.45	5.08	5.48	3.22	19.06	8.92	15.71	13.75

处理	还原糖				总氮			
	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F
CK	23.86±1.32	27.80±1.37	25.71±1.20	19.62±1.95	2.06±2.88	2.12±0.10	2.17±0.27	1.80±0.17
滞库 1 年	22.04±0.90	26.51±1.09	24.80±1.11	18.81±1.62	1.91±0.13	2.04±0.11	2.09±0.20	1.75±0.07
滞库 2 年	20.94±1.41	25.63±1.27	23.07±1.58	18.49±1.03	2.11±0.05	2.11±0.16	2.10±0.12	1.79±0.10
滞库 3 年	18.11±1.08	24.81±1.10	20.01±0.97	15.43±1.85	1.92±0.15	1.98±0.04	2.07±0.12	1.66±0.15
滞库 4 年	16.17±1.25	22.53±0.78	18.26±0.81	13.66±1.42	1.95±0.05	2.10±0.11	1.89±0.15	1.65±0.07
滞库 5 年	16.03±0.69	21.16±1.31	17.28±1.42	13.95±0.96	1.89±0.07	2.05±0.09	1.92±0.19	1.68±0.08
变异系数/%	16.61	10.06	16.31	15.79	4.56	2.59	5.41	3.88

2.2 滞库片烟高级脂肪酸的变化

滞库片烟在 5 年存放过程中的高级脂肪酸含量测定结果列于表 2。由表 2 可知，在 5 年滞库时间里，片烟的亚麻酸含量有较明显的变化，随着滞库时间的延长，整体上呈现逐渐降低的趋势，亚油酸、油酸、十六酸、十八酸含量的变化较

小。经 5 年滞库后，片烟的亚麻酸含量较对照平均降低了 35.28%。比较南平、曲靖和黔西南的 C3F 片烟，片烟的亚油酸、油酸、亚麻酸含量在滞库期间的变异系数均以曲靖片烟最小，以南平片烟最大。可见在长期存放期间，曲靖片烟的高级脂肪酸的变化较小，南平片烟的变化较大。

表 2 滞库片烟的高级脂肪酸含量

Table 2 Contents of high fatty acids in flue-cured tobacco laminae during storage stagnancy time mg/g												
处理	亚油酸				油酸				亚麻酸			
	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F
CK	2.26±0.07	1.87±0.10	1.90±0.15	1.79±0.06	0.94±0.08	0.98±0.04	0.91±0.05	0.93±0.08	4.92±0.76	5.11±0.86	5.13±0.87	4.40±0.66
滞库 1 年	2.08±0.10	1.90±0.09	1.93±0.10	1.83±0.11	0.83±0.07	0.98±0.08	0.93±0.09	0.92±0.09	4.66±0.55	4.32±0.67	4.51±0.74	4.24±0.37
滞库 2 年	2.24±0.07	1.92±0.03	2.00±0.10	1.86±0.07	0.85±0.13	0.99±0.10	0.94±0.05	0.91±0.05	4.48±0.54	4.55±0.62	4.75±0.40	4.20±0.19
滞库 3 年	2.04±0.10	1.85±0.18	1.84±0.06	1.78±0.05	0.82±0.11	0.94±0.11	0.99±0.09	0.92±0.07	4.03±0.80	4.46±0.69	4.25±0.76	4.08±0.87
滞库 4 年	2.25±0.16	1.83±0.14	2.03±0.07	1.74±0.07	0.90±0.13	1.00±0.10	0.99±0.07	0.92±0.09	2.75±0.59	4.13±0.48	3.67±0.26	3.26±0.46
滞库 5 年	2.29±0.10	1.89±0.19	1.92±0.08	1.77±0.05	0.85±0.08	0.99±0.11	0.98±0.15	0.90±0.11	2.87±0.63	3.68±0.64	3.48±0.66	2.67±0.69
变异系数/%	4.81	1.77	3.56	2.41	5.31	2.14	3.60	1.13	23.57	10.84	14.74	18.04

处理	十六酸				十八酸			
	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F
CK	2.95±0.28	3.03±0.67	2.91±0.48	2.86±0.29	0.67±0.15	0.63±0.09	0.62±0.08	0.59±0.09
滞库 1 年	2.77±0.56	3.17±0.47	2.93±0.69	2.90±0.38	0.64±0.06	0.64±0.07	0.61±0.03	0.60±0.05
滞库 2 年	2.85±0.28	3.20±0.61	2.84±0.88	2.82±0.70	0.68±0.07	0.59±0.07	0.61±0.07	0.57±0.04
滞库 3 年	2.83±0.51	2.75±0.80	2.66±0.35	2.73±0.59	0.67±0.06	0.60±0.04	0.59±0.08	0.58±0.05
滞库 4 年	2.81±0.40	2.95±0.62	2.73±0.78	2.54±0.44	0.56±0.13	0.58±0.05	0.66±0.08	0.62±0.06
滞库 5 年	2.74±0.59	2.90±0.45	2.55±0.77	2.46±0.31	0.64±0.08	0.57±0.06	0.50±0.06	0.60±0.05
变异系数/%	2.59	5.67	5.41	6.62	6.86	4.63	8.93	2.95

2.3 滞库片烟多酚化合物的变化

滞库片烟在 5 年存放过程中的多酚化合物含量的测定结果列于表 3。由表 3 可知,在 5 年滞库时间里,除了莨菪亭变化较小外,绿原酸、隐绿原酸、芸香苷含量的变化均较明显,表现为随着滞库时间的延长整体上呈现下降趋势。经历 5 年滞库后,片烟的绿原酸、隐绿原酸、芸香苷含量较对照

平均降低了 33.46%、17.53% 和 31.09%。比较南平、曲靖和黔西南的 C3F 片烟,绿原酸、隐绿原酸和莨菪亭含量在滞库期间的变异系数以曲靖片烟最小,以南平片烟最大。可见在长期存放过程中,曲靖片烟的多酚化合物含量的变化较小,南平片烟的变化较大。

表 3 滞库片烟的多酚化合物含量

Table 3 Contents of polyphenols in flue-cured tobacco laminae during storage stagnancy time									mg/g
处理	绿原酸				隐绿原酸				
	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	
CK	8.14±1.04	10.63±0.52	10.16±0.75	7.86±0.36	2.36±0.38	2.60±0.53	2.32±0.44	2.27±0.28	
滞库 1 年	7.94±0.84	10.69±0.47	9.35±0.39	7.27±0.35	2.21±0.64	2.46±0.38	2.31±0.55	2.06±0.12	
滞库 2 年	7.79±0.30	10.54±0.95	9.65±0.55	6.82±0.29	2.33±0.47	2.53±0.15	2.07±0.10	2.08±0.12	
滞库 3 年	6.80±0.28	10.15±1.04	8.34±0.52	6.24±0.57	2.15±0.24	2.57±0.13	2.14±0.13	1.93±0.15	
滞库 4 年	5.28±0.40	9.88±1.20	7.47±0.56	5.03±0.72	1.97±0.13	2.60±0.16	2.16±0.16	1.78±0.16	
滞库 5 年	5.22±0.32	8.12±1.00	6.65±0.55	4.73±0.58	1.65±0.09	2.59±0.15	1.87±0.39	1.81±0.08	
变异系数/%	19.40	9.73	15.81	19.65	12.59	2.15	7.78	9.31	

处理	莨菪亭				芸香苷				
	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F	
CK	0.28±0.03	0.25±0.03	0.31±0.03	0.27±0.02	6.15±0.42	8.26±0.84	7.47±0.59	6.03±0.49	
滞库 1 年	0.29±0.04	0.24±0.04	0.27±0.02	0.24±0.01	5.73±0.42	7.37±0.82	6.69±0.57	5.63±0.36	
滞库 2 年	0.28±0.04	0.25±0.03	0.30±0.03	0.25±0.02	4.85±0.53	6.33±0.63	6.46±0.92	5.04±0.37	
滞库 3 年	0.26±0.03	0.26±0.04	0.31±0.03	0.26±0.04	4.77±0.68	6.00±0.85	5.75±0.68	4.41±0.39	
滞库 4 年	0.25±0.02	0.27±0.06	0.30±0.04	0.25±0.03	4.73±0.62	5.86±0.69	4.94±0.76	4.02±0.44	
滞库 5 年	0.27±0.03	0.26±0.03	0.29±0.02	0.26±0.02	4.69±0.51	5.52±0.56	5.02±0.45	3.94±0.53	
变异系数/%	5.42	4.11	5.07	4.11	12.15	15.97	16.48	17.87	

2.4 滞库片烟化学成分的综合评价

对滞库片烟的常规化学成分、高级脂肪酸和多酚化合物 3 类指标进行主成分分析,成分矩阵的特征值和贡献率见表 4。由表 4 可知,提取的 3 个特征值在 1.0 以上的主成分,累计贡献率近 85%,说明这 3 个主成分代表近 85%的原始数据信息总量,可以作为表征片烟化学品质的主要指标。

表 4 滞库片烟主成分分析的特征值及方差贡献率

Table 4 Characteristic values and variance contribution rates of principle component analysis of excessively aged flue-cured tobacco laminae			
主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
第 1 主成分	8.09	53.94	53.94
第 2 主成分	3.19	21.29	75.23
第 3 主成分	1.14	9.61	84.84

根据主成分计算方法,得到 3 个主成分与原始化学指标的线性组合,以此计算不同片烟的主

成分综合得分,并对不同片烟的综合得分进行方差分析和多重比较,结果见表 5。由表 5 可知,不同片烟的综合得分在滞库期间逐年下降。在滞库第 1 年,片烟的综合得分和滞库前差异不显著。随着滞库时间的延长,南平片烟在滞库第 2 年的综合得分显著低于滞库前综合得分,黔西南和曲靖片烟在滞库第 3 年的综合得分显著低于滞库前综合得分。可见片烟滞库对烟叶品质造成负面影响,且随着滞库时间的延长,烟叶品质损失从量变逐渐向质变积累,片烟在滞库 2~3 年后会发生明显的品质劣变。

比较南平、曲靖和黔西南的 C3F 片烟,经 5 年滞库后,南平、黔西南、曲靖的综合得分的平均降幅分别为 29.77%、28.35%、22.61%。可见长期滞库过程中,南平片烟的品质变化最大,曲靖片烟的最小。南平片烟的综合得分发生显著变化

的拐点是在滞库第 2 年，黔西南和曲靖片烟综合得分发生显著变化的拐点是在滞库第 3 年。由此可知，曲靖片烟较耐贮藏，南平片烟不耐贮藏。

比较黔西南 C3F 和 C4F 片烟，在同一滞库时

间，C3F 片烟的综合得分高于 C4F 片烟的，但 C3F 片烟在滞库 4 年后的综合得分开始低于滞库前的 C4F 片烟得分。可见片烟滞库时间过长会发生品质降级现象。

表 5 滞库片烟化学成分的主成分综合得分

Table 5 Comprehensive scores of flue-cured tobacco laminae during storage stagnancy time				
处理	主成分综合得分			
	南平 C3F	曲靖 C3F	黔西南 C3F	黔西南 C4F
CK	(20.69±1.26)a	(23.49±0.54)a	(22.19±0.74)a	(17.91±0.78)a
滞库 1 年	(19.56±0.89)ab	(22.59±0.18)ab	(21.23±0.92)a	(17.28±0.73)a
滞库 2 年	(18.86±0.74)b	(21.82±0.53)ab	(20.51±1.40)a	(16.50±0.98)ab
滞库 3 年	(16.61±1.02)c	(20.88±1.61)bc	(18.23±0.95)b	(15.04±1.26)bc
滞库 4 年	(15.21±1.00)cd	(19.33±1.18)cd	(16.77±1.05)bc	(13.46±0.52)cd
滞库 5 年	(14.53±0.51)d	(18.18±1.34)d	(15.90±1.48)c	(12.93±1.07)d

同列数据不同小写字母表示处理间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

化学成分含量是烟叶品质的物质基础，长期存放会造成烟叶过度醇化，不仅烟叶内在化学成分协调性变差，而且大部分香气前体物质挥发或者损耗量大于合成量，香气物质总量减少，从而导致烟叶品质持续下降^[5,20-22]。本研究结果表明，片烟主要化学成分在滞库期间会产生明显的变化，随着滞库时间的延长，总糖、还原糖、亚麻酸、绿原酸、隐绿原酸和芸香苷含量整体上呈逐渐降低的趋势。进一步对片烟主要化学指标进行主成分分析，可知片烟滞库对烟叶内在品质呈现负影响。在 5 年滞库时间里，片烟的主成分综合得分逐年下降，随着滞库时间的延长，片烟在滞库第 2 年或第 3 年的综合得分开始显著低于滞库前综合得分。可见烟叶品质损失是一个从量变向质变逐渐积累的过程，片烟在滞库 2~3 年后会出现明显的品质变劣。比较黔西南地区 C3F 和 C4F 片烟，C3F 片烟在滞库 4 年后的综合得分低于滞库前的 C4F 片烟综合得分。可见片烟滞库时间过长会发生品质降级现象。

比较曲靖、黔西南、南平的 C3F 片烟，发现在 5 年滞库时间里，曲靖片烟的主要化学成分和主成分综合得分的变化相对较小，南平片烟的变化相对较大；南平片烟品质发生质变的时间拐点是在滞库第 2 年，黔西南和曲靖片烟品质发生质变的时间拐点是在滞库第 3 年。由此可知，不同地区片烟的耐贮藏性不同，曲靖烟叶相对耐贮藏，南平片烟相

对不耐贮藏。不同片烟的贮藏特性差异可能与烟叶的产地、品种、等级等因素有关^[23]。

建议卷烟企业基于不同地区片烟的贮藏特性进行合理仓储醇化，并注意在超过适宜醇化期 2~3 年内通过片烟置换、片烟混配重组^[24]等方式消化滞库的片烟，避免烟叶品质下降。

参考文献：

[1] 齐凌峰,卓思楚,宋纪真,等. 不同产地片烟的最佳醇化期及适宜贮存时间研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 155-157.

[2] 陈万年,宋纪真,范坚强,等. 福建和云南烤烟烟片的最佳醇化期及适宜贮存时间[J]. 烟草科技, 2003, 36(7): 9-12.

[3] 张梦玥. 不同类型烟叶长期贮藏过程中 TSNA_s 及主要酮类香气成分的变化[D]. 郑州:河南农业大学, 2019.

[4] 李小兰,黄善松,黄聪光,等. 烟叶仓储管理存在的主要问题与对策初探[J]. 广西农业科学, 2007, 38(1): 84-87.

[5] 浦绍占. 不同仓储条件对醇化烟叶品质的影响[D]. 昆明:昆明理工大学, 2017.

[6] 刘曙光,甘学文,王光耀,等. 基于主要化学成分的醇化片烟感官质量预测模型[J]. 西南农业学报, 2020, 33(7): 1467-1473.

[7] 周恒,邵惠芳,许自成,等. 不同醇化阶段复烤片烟化学成分与感官质量的关系[J]. 四川农业大学学报, 2009, 27(4): 433-439.

[8] 杨欣玲,杨永锋,张俊岭,等. 气调贮存技术对片烟醇化质量的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(10): 153-159.

(下转第 420 页)

- 2010, 185(1): 226–236.
- [23] SMITH S E, READ D J. Mycorrhizal Symbiosis[M]. 3rd ed. Amsterdam: Academic Press, 2008.
- [24] LIN G G, CRAIG M E, JO I, et al. Mycorrhizal associations of tree species influence soil nitrogen dynamics via effects on soil acid-base chemistry[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2022, 31(1): 168–182.
- [25] AVERILL C, BHATNAGAR J M, DIETZE M C, et al. Global imprint of mycorrhizal fungi on whole-plant nutrient economics[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, 116(46): 23163–23168.
- [26] ZHANG H Y, LYU X T, HARTMANN H, et al. Foliar nutrient resorption differs between arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal trees at local and global scales[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2018, 27(7): 875–885.
- [27] PIOTROWSKI J S, DENICH T, KLIRONOMOS J N, et al. The effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend on the interaction between plant and fungal species[J]. *New Phytologist*, 2004, 164(2): 365–373.
- [28] ONGUENE N, KUYPER T. Importance of the ectomycorrhizal network for seedling survival and ectomycorrhiza formation in rain forests of south Cameroon[J]. *Mycorrhiza*, 2002, 12(1): 13–17.
- [29] 刘辰宇, 马蕊, 罗文静, 等. 保水剂用量对胡杨幼苗生长、光合特性和抗逆生理的影响[J]. *北京林业大学学报*, 2022, 44(3): 36–44.
- [30] 屈明华, 俞元春, 王佳, 等. 喀斯特土壤条件下丛枝菌根真菌侵染对任豆幼苗生物量分配和根系结构特征的影响[J]. *生态学杂志*, 2021, 40(3): 766–776.
- [31] 王秀丽, 柳昱旻, 高润梅. 外生菌根真菌对干旱条件下油松幼苗生长的影响[J]. *中国水土保持科学*, 2019, 17(2): 70–76.
- [32] KHALVATI M A, HU Y, MOZAFAR A, et al. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress[J]. *Plant Biology*, 2005, 7(6): 706–712.
- [33] 张中峰, 张金池, 徐广平, 等. 接种菌根真菌对青冈栎水分吸收的贡献[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(8): 2285–2292.
- [34] 张中峰, 张金池, 黄玉清, 等. 接种菌根真菌对青冈栎幼苗耐旱性的影响[J]. *生态学报*, 2016, 36(11): 3402–3410.
- [35] SOUDZILOVSKAIA N A, HEIJDEN M G A, CORNELISSEN J H C, et al. Quantitative assessment of the differential impacts of arbuscular and ectomycorrhiza on soil carbon cycling[J]. *New Phytologist*, 2015, 208(1): 280–293.

责任编辑: 毛友纯

英文编辑: 柳 正

(上接第 399 页)

- [9] 刘红光, 胡玲, 颜克亮, 等. 氧气含量对复烤片烟醇化品质的影响研究[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2016, 31(5): 867–873.
- [10] 刘红光, 胡玲, 赵斌, 等. 初烤、复烤烟叶协同醇化对烟叶品质的影响[J]. *烟草科技*, 2017, 50(7): 31–39.
- [11] 杨宗灿, 王鹏飞, 许衡, 等. 陈化对烟叶常规化学成分、中性致香物质含量和评吸质量的影响[J]. *河南农业大学学报*, 2017, 51(5): 615–619.
- [12] 胡亚杰, 韦建玉, 宗钊辉, 等. 云南不同烟区片烟醇化过程色度及主要化学成分变化特征研究[J]. *中国农学通报*, 2020, 36(22): 143–153.
- [13] 赵铭钦, 陈秋会, 陈红华. 温湿度对烤烟陈化过程中质量变化的影响[J]. *浙江农业科学*, 2008, 49(5): 609–613.
- [14] YC/T 159—2002 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法[S].
- [15] YC/T 160—2002 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法[S].
- [16] YC/T 161—2002 烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法[S].
- [17] 刘春奎, 贾琳, 毋丽丽, 等. 河南主产烟区烤烟非挥发性有机酸含量[J]. *烟草科技*, 2014, 47(8): 62–67.
- [18] YC/T 202—2006 烟草及烟草制品 多酚类化合物 绿原酸、萜荭亭和芸香苷的测定[S].
- [19] 彭东. 光质、光强对烤烟苯丙烷代谢关键酶及多酚产物的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [20] 范坚强, 宋纪真, 陈万年, 等. 醇化过程中烤烟片烟化学成分的变化[J]. *烟草科技*, 2003, 36(8): 19–22.
- [21] 王鹏, 寇明钰, 李东亮, 等. 烟叶不同部位、复烤工艺及醇化时间对烟草中氨基酸质量分数的影响研究[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 42(2): 53–58.
- [22] 张西仲, 徐晓燕, 韩忠明, 等. 烤烟片烟陈化过程中化学成分及相关酶活性的分析[J]. *贵州农业科学*, 2008, 36(6): 24–26.
- [23] 闫铁军. 不同产区烤烟配方模块在醇化过程中质量的变化趋势及醇化周期研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [24] 王林, 吴风光, 刘文峰, 等. 一种提升原料可用性的片烟二次混配加工方法: CN108541995A[P]. 2021–03–16.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗 维