



烟草类型及贮藏环境对烟叶 氮氧化物形成的影响

王俊¹, 张梦玥¹, 史宏志¹, 靳彤¹, 周骏², 杨惠娟¹, 白若石², 张晨²

1 河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地/烟草行业烟草栽培重点实验室/烟草农业减害研究中心, 河南 郑州450002;

2 上海烟草集团北京卷烟厂, 北京100024

摘要:为明确烟草类型及贮藏环境对烟叶氮氧化物形成的影响, 利用真空干燥器设置了密闭的环境, 检测和分析了不同烟叶类型、贮藏温度和时间及含水率条件下环境中气态 NO_x (Nitrogen oxides) 含量的差异。结果表明: 贮藏过程中烟叶形成的氮氧化物以 NO 为主。相同的贮藏条件下, 白肋烟产生的 NO_x 浓度高出烤烟约 9 倍。当贮藏温度从 10℃ 提高到 50℃, 处理 48 h 后白肋烟样品产生的 NO 和 NO₂ 浓度逐渐升高。白肋烟经过 50℃ 贮藏 2 h 后, 即可检测出 NO_x, 且随着处理时间的延长 NO_x 的浓度不断增加。相同贮藏温度下, 含水率高于 18% 的烟叶产生的 NO 和 NO_x 浓度与含水率 11.03% 和 12.29% 相比显著降低; 烟叶隔离加入活性炭后, 烟叶贮藏环境中的 NO_x 浓度显著降低。研究表明, 贮藏环境控制可以抑制和减少烟叶本身氮氧化物的产生, 从而减少贮藏过程中烟叶 TSNA 的形成。

关键词: 烟叶; 贮藏温度; 含水率; 氮氧化物

引用本文: 王俊, 张梦玥, 史宏志, 等. 烟草类型及贮藏环境对烟叶氮氧化物形成的影响 [J]. 中国烟草学报, 2017, 23 (5)

氮氧化物 (NO_x) 是自然界常见的一类化合物, 已报道卷烟烟气中主要存在三种氮氧化物: 一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO₂) 和一氧化二氮 (N₂O), 其中 NO 为主要成分^[1-3]。烟气中的 NO_x 主要是由烟草中的硝酸盐、亚硝酸盐以及蛋白质和氨基酸等经高温热解而成^[4-5]。NO_x 是卷烟烟气中的主要有害成分之一, 烟气中的 NO 和 NO₂ 除了可以直接参与人体内的自由基代谢外^[6], 还能与烟草生物碱反应生成烟草特有亚硝胺 (TSNAs)^[7]。TSNAs 是烟草生物碱发生亚硝化反应生成存在于烟叶和烟气中的致癌物质, 其形成和积累主要在烟叶的调制和贮藏过程中^[8-9], 与 NO_x 有密切的关系。调制过程中, 烟叶暴露于微量的 NO_x 即可生成 TSNAs^[10-11]; 而明火烘烤能够产生一定浓度的燃烧副产物 NO_x, 明显地促进烟叶烘烤过程中 TSNAs 的形成^[2]。Saito 等^[12] 的研究证明存储在密封条件下的白肋烟通入低含量 NO 气体后, TSNAs 的增幅明显。本课题组前期的研究表明, 贮藏条件能够影响烟叶 TSNAs 的形成, 尤其是高温贮藏后烟叶 TSNAs 的含量显著提高, 增加幅

度与硝态氮含量^[13-14]、贮藏温度、烟叶含水率密切相关^[15-16], 但关于贮藏过程中烟叶形成氮氧化物的研究鲜见报道, 贮藏环境中 NO_x 的产生量及与贮藏环境、烟叶硝态氮含量等的关系尚不清楚。为了明确烟叶类型以及贮藏环境对烟叶 NO_x 形成的影响, 本试验利用玻璃真空干燥器设置了密闭的环境, 分析了不同类型、贮藏温度和时间以及含水率的烟叶产生 NO_x 含量的差异, 旨在进一步揭示烟叶贮藏过程中 TSNAs 的形成机理, 为制定抑制烟叶贮藏过程中 TSNAs 形成的有效技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

所用烟叶为白肋烟 TN86 和烤烟中烟 100, 中部叶, 分别产自四川达州和河南襄县。将白肋烟和烤烟的烟叶去除主脉, 分别切成烟丝混匀, 待用。白肋烟和烤烟的含水率为 13.4%, NO₃-N 的含量分别为 1935 μg/g 和 201 μg/g。

基金项目: 国家烟草专卖局减害重大专项项目: 110201301022 (JH-03)

作者简介: 王俊 (1985—), 博士研究生, 主要从事烟草栽培生理研究, Email: wangj921@163.com

通讯作者: 史宏志 (1963—), 教授, 博士生导师, 主要从事烟草栽培生理研究, Email: shihongzhi88@163.com

收稿日期: 2017-01-09; **网络出版日期:** 2017-10-13

1.2 试验方法

1.2.1 烤烟和白肋烟贮藏过程中氮氧化物的形成

称取白肋烟和烤烟各 40 g 分别放置在棕色真空玻璃干燥器（直径 20 cm，下同）中，密封后置于 50℃ 恒温恒湿箱中，设置相对湿度 60%，处理 48 h。每个处理设置 3 个重复。处理后，采用烘箱干燥法^[17]测定样品的含水率为 12.3%。

1.2.2 贮藏环境对白肋烟氮氧化物形成的影响

1.2.2.1 贮藏温度对白肋烟氮氧化物形成的影响

分别称取 40 g 白肋烟叶放在真空干燥器中，密封后，置于 10℃、20℃、30℃、40℃、50℃ 恒温恒湿箱中，设置相对湿度 60%，处理 48 h 后，抽取干燥器中的气体至集气袋中测定氮氧化物浓度。每个处理设置 3 个重复。

1.2.2.2 贮藏时间对白肋烟氮氧化物形成的影响

称取充分混匀后白肋烟样品 8 个（40 g/个）放在真空干燥器中，密封后，置于 50℃ 恒温恒湿箱中分别处理 2 h、4 h、8 h、16 h、20 h、24 h、40 h、48 h 后，抽取干燥器中的气体进行测定。每个处理设置 3 个重复。

1.2.2.3 烟叶含水率对白肋烟氮氧化物形成的影响

将白肋烟烟叶与饱和度分别为 100%、60% 和 30% 的 K_2CO_3 溶液，各 200 mL 隔离放置于玻璃干燥器中，在 24.5℃ 培养箱中处理 4d 后^[15-16]，得到含水率差异明显的烟叶。将已知低含水率（4.23% 和 6.20%）、中等含水率（11.03% 和 12.29%）和高含水率（18.17% 和 20.53%）的烟叶分别放置到真空干燥器中，密封置于 30℃ 恒温恒湿箱内培养 24 h 后，抽取干燥器内的气体进行测定。每个处理设置 3 个重复。处理后，样品的含水率平均减少了 0.5%。

1.2.3 吸附材料对白肋烟氮氧化物形成的影响

称取白肋烟叶 40 g 分别与 2 g 活性炭（AC, Activated carbon）和 5 g 纳米二氧化硅（NS, Nano-silica）隔离放置在真空干燥器中，密封后置于 30℃

恒温恒湿箱中处理 48 h，抽取干燥器中的气体进行测定。吸附材料使用前均置于 100℃ 烘箱中活化 30 min。以不添加吸附材料的白肋烟为对照。每个处理设置 3 个重复。处理后，烟叶的含水率由 13.4% 降低到 12.8%。

1.3 氮氧化物气体（NO_x）的测定

标准气体的配置：采用 Dynamic Gas Calibrator（动态气体校正仪）（Model 146i; Thermo Scientific, U.S.A. EPA）配气装置将标准 NO 气体（N₂ 保护；组分含量： 69.8×10^{-6} mol/mol；中国计量科学研究院/国家标准物质研究中心）配置成低浓度（ 1×10^{-6} ）的 NO_x 混合气体，以空气中的 NO_x 含量作为零点。

测定方法：各个处理结束后，取出真空干燥器，连接真空泵 [GAST, DOA-P504-BN; GAST Manufacturing, A Unit of Idex Corporation, (MICH) U.S.A.] 抽取干燥器内的气体至集气袋中，约 25 s。拔掉集气袋，使用 NO-NO₂-NO_x 分析仪（Model 42i; Thermo Scientific, U.S.A. EPA; Reference method RFNA-1289 -074）利用化学发光的原理进行测定^[18]。

1.4 数据处理

运用 Excel 2007、SPSS 20.0 软件对数据进行方差分析、t 检验以及线性和非线性方程拟合，采用 Origin 8.5 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 烤烟和白肋烟贮藏过程中氮氧化物的形成

将烤烟和白肋烟分别放在真空干燥器中，置于 50℃ 处理 48 h 后测定氮氧化物的浓度见表 1。高温处理后，两类烟叶产生的氮氧化物以 NO 为主，NO₂ 的浓度较低。处理 48 h 后，白肋烟和烤烟烟叶产生的氮氧化物浓度差异明显，其中白肋烟产生的 NO 和 NO_x 浓度极显著高于烤烟中的浓度（ $P < 0.01$ ），约 9 倍，这可能与白肋烟样品的 NO₃-N 含量较高有密切的关系。

表 1 不同的烟叶类型对氮氧化物形成的影响

Tab.1 Effect of tobacco types on the formation of nitrogen oxides in tobacco leaves under 50°C for 48 h

烟叶类型 Tobacco types	氮氧化物的浓度 / $\times 10^{-6}$ Concentration of nitrogen oxides		
	NO	NO ₂	NO _x
烤烟（中烟 100）	(0.35±0.03) Bb	(0.016±0.008) a	(0.37±0.02) Bb
白肋烟（TN86）	(3.28±0.06) Aa	(0.041±0.009) a	(3.32±0.07) Aa

注：表中数字为平均值 ± 标准差；采用 t 测验，同列不标有相同大写字母者表示组间差异有高度统计学意义（ $P < 0.01$ ），同列不标有相同小写字母者表示组间差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。

2.2 贮藏条件对白肋烟氮氧化物形成的影响

2.2.1 温度对白肋烟氮氧化物形成的影响

从图1可以看出,随着烟叶贮藏温度从10℃增加到50℃,干燥器内NO、NO₂和NO_x浓度均明显增加,指数方程能较好地拟合NO和NO_x对贮藏温度的反应(R²大于0.97)。白肋烟在50℃处理48h后,干燥器内NO的浓度达到3.28×10⁻⁶,为10℃处理的42倍。贮藏温度为10℃到30℃,NO₂的浓度差异不显著,温度升高到40℃时,NO₂的浓度开始明显增加。研究结果表明,高温条件有利于烟叶中NO等氮氧化物的形成。

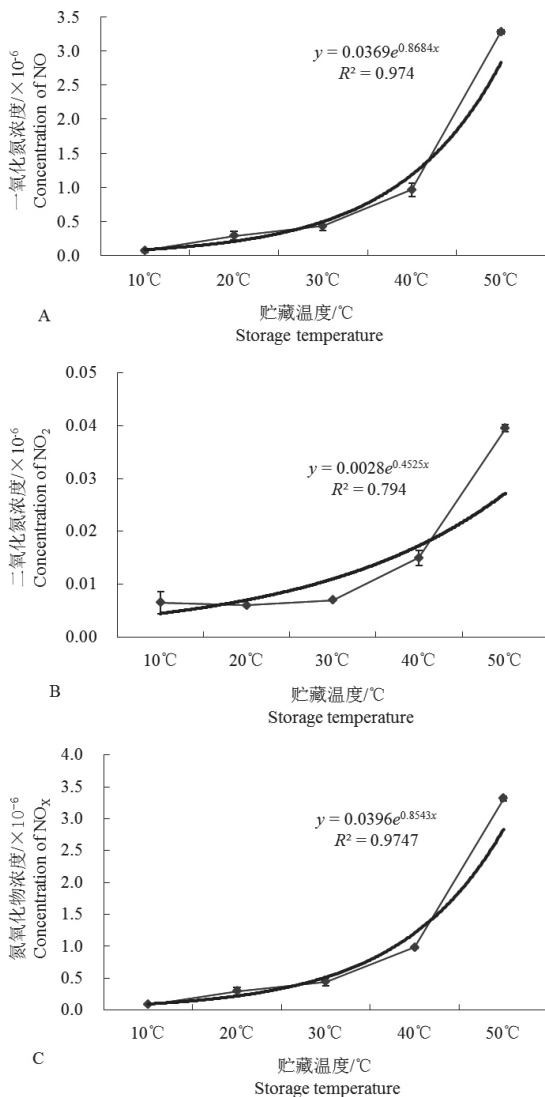


图1 温度对白肋烟烟叶氮氧化物气体形成的影响

Fig.1 Effect of temperature on the formation of nitrogen oxides in burley tobacco leaves

2.2.2 贮藏时间对白肋烟氮氧化物形成的影响

50℃条件下,密闭干燥器中的白肋烟叶经过不同

的贮藏时间后各处理氮氧化物的浓度见图2。密闭的白肋烟样品经过50℃、2h的处理后,干燥器内NO_x可以达到0.2×10⁻⁶。随着贮藏时间的增长,烟叶样品产生的NO和NO_x浓度逐渐升高,处理超过20h后NO和NO_x浓度迅速增加,采用二项式方程能较好地拟合氮氧化物浓度随着处理时间变化的关系(R²均大于0.9)。干燥器内NO₂的浓度较低,贮藏时间多于24h后,NO₂的浓度才显著提高(P<0.05)。

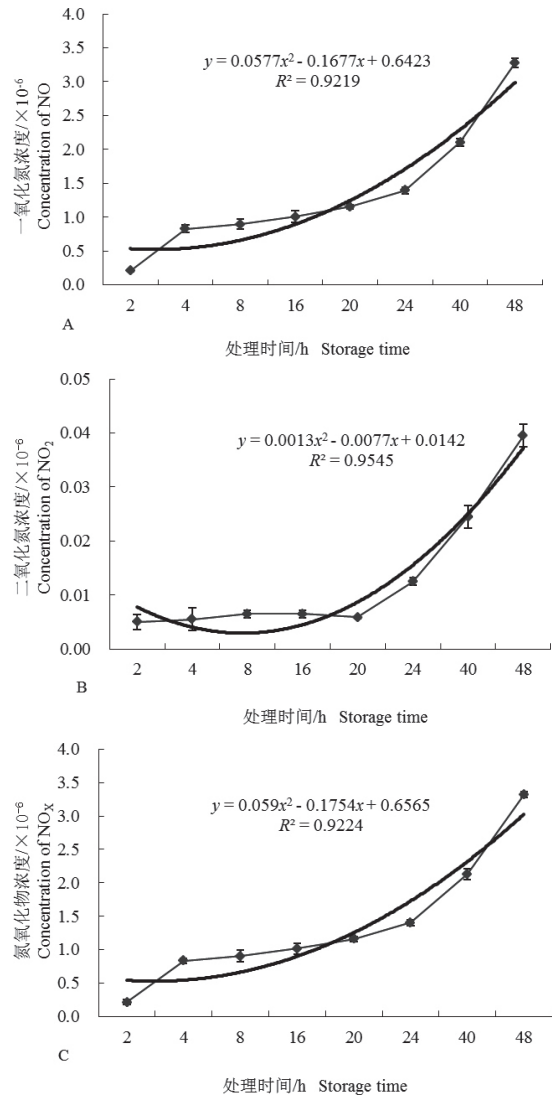


图2 贮藏时间对白肋烟烟叶氮氧化物气体形成的影响

Fig.2 Effect of storage time on the formation of nitrogen oxides in burley tobacco leaves under 50°C

2.2.3 烟叶含水率对白肋烟氮氧化物形成的影响

由表2可以看出,烟叶含水率从4.23%增加到6.20%,30℃处理24h后,产生的NO和NO_x浓度有所降低。当烟叶含水率提高到11.03%和12.29%时,处理24h后干燥器内NO、NO₂和NO_x浓度明显增加,

显著高于 4.23% 和 6.20% 处理 ($P < 0.05$)。而含水率高于 18.17% 以后, 烟叶产生的 NO 和 NO_x 浓度呈下降趋势, 当烟叶含水率为 20.53% 时, 干燥器中 NO_x

的浓度与烟叶含水率 4.23% 和 12.29% 时相比分别降低了 32% 和 57%, 说明较高的含水率不利于烟叶中硝酸盐或亚硝酸盐产生 NO_x。

表 2 白肋烟含水率对烟叶氮氧化物形成的影响

Tab.2 Effect of moisture content on the formation of nitrogen oxides in burley tobacco under 30° C for 24 h

烟叶含水率 / % Tobacco moisture content	氮氧化物的浓度 / $\times 10^{-6}$ Concentration of nitrogen oxide		
	NO	NO ₂	NO _x
4.23	(0.234±0.012) b	(0.0059±0.001) b	(0.240±0.010) b
6.20	(0.229±0.004) b	(0.0055±0.002) b	(0.235±0.006) b
11.03	(0.361±0.015) a	(0.0180±0.005) a	(0.379±0.010) a
12.29	(0.370±0.017) a	(0.0165±0.004) a	(0.387±0.014) a
18.17	(0.164±0.005) c	(0.0053±0.001) b	(0.170±0.005) c
20.53	(0.159±0.011) c	(0.0061±0.000) b	(0.165±0.013) c

注: 表中数字为平均值 ± 标准差; 同列不标有相同小写字母者表示组间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

2.3 吸附材料对白肋烟氮氧化物形成的影响

将含水率 13.4% 的白肋烟烟叶与吸附材料隔离放置在真空干燥器中, 置于 30°C 条件下处理 48 h 后, 干燥器内 NO_x 浓度为 0.37×10^{-6} (图 3)。加入 5 g 纳米二氧化硅后, NO_x 气体的浓度显著降低 ($P < 0.05$), 说明纳米材料对烟叶产生的氮氧化物具有一定的吸附能力。当烟叶样品与 2 g 的活性炭隔离放置 48 h 后, 干燥器中 NO 和 NO_x 的浓度显著低于其它两个处理 ($P < 0.05$), NO_x 降低到 0.017×10^{-6} , 与对照相比降低了 95%, 处理间 NO₂ 的变化不显著。

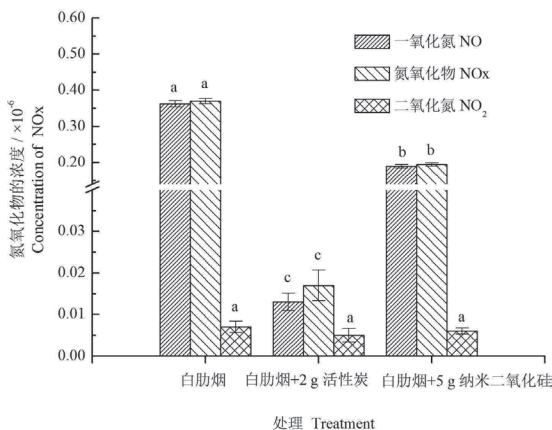


图 3 吸附材料对白肋烟氮氧化物形成的影响

Fig.3 Effect of indirect addition of absorption material and tobacco on nitrogen oxides formation in a closed system from burley tobacco

3 讨论

试验结果表明, 烟叶中产生的氮氧化物以 NO 为主, 占 90% 以上, 与卷烟烟气中的组成一致^[6]。烟气中的 NO_x 大部分来源于烟丝中的硝态氮 (NO₃-N)^[5], 添加硝酸盐后卷烟烟气中 NO_x 的释放量明显升高^[19]。本试验白肋烟叶经 50°C 高温处理 48 h 后, 干燥器内 NO 和 NO_x 浓度为烤烟的 9 倍左右, 这与白肋烟具有较高的 NO₃-N 含量密切相关。本试验中选择的 5 个温度值 (10°C、20°C、30°C、40°C、50°C) 充分考虑了烟叶的实际贮藏条件, 夏季气温略高于 30°C, 而烟叶贮藏温度可以高达 45°C 以上。将白肋烟样品置于不同处理温度下, 烟叶产生的 NO、NO₂ 和 NO_x 浓度均随着温度的升高而明显增加, 50°C 处理后 NO 的浓度与对照 10°C 相比增加了 42 倍, 说明高温能够促进烟叶 NO_x 的形成。为了更明显的观测贮藏时间对烟叶 NO_x 形成的影响, 我们将烟叶放置在 50°C 下贮藏, 随着高温贮藏时间的延长, 烟叶 NO_x 浓度明显升高, 说明处理过程中烟叶可以不断的产生氮氧化物。有关烟叶长期自然贮藏过程中氮氧化物的形成情况有待于进一步研究。

本研究中, 为了更贴近烟叶实际贮藏温度, 减少处理过程中烟叶含水率的损失, 分别将含水率设定为高、中、低的 3 组烟叶在 30°C 处理 24 h。结果表明, 含水率 20.53% 的烟叶产生的 NO_x 浓度最低, 与

TSNAs 随含水率的变化规律基本吻合^[20]。隔离加入活性炭和纳米二氧化硅后, 烟叶产生的 NO 和 NO_x 浓度显著下降 ($P < 0.05$), 其对 TSNAs 影响的研究正在进行中。

4 结论

相同的贮藏条件下, 白肋烟叶产生的氮氧化物浓度显著高于烤烟。在 10℃ 到 50℃ 范围内, 白肋烟样品产生 NO 和 NO₂ 的浓度随着贮藏温度的提高而明显增加; 且随着高温贮藏时间的延长, 烟叶产生 NO_x 的浓度不断增加。烟叶含水率高于 18% 时可以抑制 NO_x 的形成, 加入活性炭可以降低烟叶周围的 NO_x 浓度。

参考文献

- [1] Hoffmann D, Hecht S S. Advance in tobacco carcinogenesis. In chemical carcinogenesis and mutagenesis I[J]. Berlin: CS Cooper and P L Grover, 3 eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990: 63-102.
- [2] Nestor T B. Role of oxides of nitrogen in tobacco-specific nitrosamine formation in flue-cured tobacco[J]. Beiträge zur Tabakforschung International, 2003, 20(7): 467-475.
- [3] 邓发达, 戴亚, 朱立军, 等. 卷烟烟气中一氧化氮研究进展 [J]. 烟草科技, 2004, 11: 23-25, 29.
DENG Fada, DAI Ya, ZHU Lijun, et al. Advance in nitrogen monoxide in cigarette smoke[J]. Tobacco science & Technology, 2004, 11: 23-25, 29.
- [4] Hoongsun I, Firooz R, Mohammad H. Formation of nitric oxide during tobacco oxidation[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(25): 7366-7372.
- [5] 朱大恒, 李彩霞, 张爱忠, 等. 烟气有害成分与烟叶化学成分的关系 [J]. 烟草科技, 1999, 4: 25-27.
ZHU Daheng, LI Caixia, ZHANG Aizhong, et al. Relationship between the toxic components in tobacco smoke and the chemical components in tobacco leaves[J]. Tobacco science & Technology, 1999, 4: 25-27.
- [6] Norman V, Ibragimov A M, Larson T M, et al. The effect of some nitrogenous blend components on NO/NO_x and HCN-levels in mainstream and sidestream smoke[J]. Beiträge zur Tabakforschung International, 1983, 12(2): 55-58.
- [7] Hecht S S, Hoffmann D. Tobacco-specific nitrosamines, an important group of carcinogen in tobacco and tobacco smoke[J]. Commentary American Health Foundation, 1988, 9 (6): 875-884.
- [8] Djordjevic M V, Gay S L, Bush L P, et al. Tobacco-specific nitrosamine accumulation and distribution in flue-cured tobacco alkaloid isolines[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1989, 37(3): 752-756.
- [9] Bush L P, Cui M, Shi H, et al. Formation of tobacco-specific nitrosamines in air-cured tobacco[J]. Recent Advances in Tobacco Science, 2001, 27: 23-46.
- [10] Ellington G H, Boyette M D. Investigation into the correlation among nitrogen oxides and TSNAs in flue-cured tobacco[J]. Tobacco Science, 2013, 50: 11-18.
- [11] Cui M. The source and the regulation of nitrogen oxide production for tobacco-specific nitrosamine formation during air-curing tobacco[D]. Ph.D. Dissertation, University of Kentucky, USA, 1998.
- [12] Saito H, Miyazaki M, Miki J. Role of nitrogen oxides in tobacco-specific nitrosamine formation in burley tobacco[C]//2006 CORESTA Congress, Paris, France.
- [13] Shi Hongzhi, Wang Ruiyun, Bush L P, et al. Changes in TSNA contents during tobacco storage and the effect of temperature and nitrate level on TSNA formation[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(47): 11588-11594.
- [14] 孙楹淑, 王俊, 周骏, 等. 硝态氮含量对烟叶高温贮藏过程 TSNA 形成的影响 [J]. 中国烟草学报, 2015, 21(2): 53-57.
SUN Wenshu, WANG Jun, ZHOU Jun, et al. Effect of nitrate nitrogen level in tobacco leaves on TSNAs formation during high temperature storage[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2015, 21(2): 53-57.
- [15] 王俊, 孙楹淑, 周骏, 等. 贮藏温度和烟叶含水率互作对白肋烟贮藏期间 TSNAs 形成的影响 [J]. 烟草科技, 2016, 49(9): 8-14.
WANG Jun, SUN Wenshu, ZHOU Jun, et al. Effects of storage temperature and tobacco moisture content on TSNAs formation of burley tobacco during storage[J]. Tobacco science & Technology, 2016, 49(9): 8-14.
- [16] 孙楹淑, 王俊, 许东亚, 等. 白肋烟烟叶含水率与高温贮藏过程中 TSNA 形成的关系 [J]. 中国烟草学报, 2016, 22(4): 38-43.
SUN Wenshu, WANG Jun, XU Dongya, et al. The relationship between leaf moisture and TSNA formation during high temperature storage of burley tobacco leaves[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2016, 22(4): 38-43.
- [17] YC/T 31-1996 烟草及烟草制品. 试样的制备和水分测定 - 烘箱法 [S].
YC/T 31-1996 Tobacco and tobacco products. Preparation of test sample and determination of water content-Oven method[S].
- [18] 朱立军, 戴亚, 谭兰兰, 等. 化学发光法测定卷烟主流烟气中的氮氧化物 [J]. 烟草科技, 2005, 1: 33-37.
ZHU Lijun, DAI Ya, TAN Lanlan, et al. Determination of NO_x in mainstream smoke by chemiluminescence[J]. Tobacco science & Technology, 2005, 1: 33-37.
- [19] 何佳文, 殷发强, 周井炎, 等. 硝酸盐对卷烟气相中有害物质的影响 [J]. 烟草科技, 1995, 4: 12-14, 30.
HE Jiawen, YIN Faqiang, ZHOU Jinyan, et al. Influence of nitrate on harmful material of cigarette gas[J]. Tobacco science & Technology, 1995, 4: 12-14, 30.
- [20] Fannin F F, Li Xiaolong, Burton H R, et al. Headspace and TSNA changes with cured powdered tobacco in short-time storage[C]//2004 TSRC Congress, North Carolina, United States.

Effect of storage environment on nitrogen oxides formation in leaves of tobacco of different types

WANG Jun¹, ZHANG Mengyue¹, SHI Hongzhi¹, JIN Tong¹, ZHOU Jun², YANG Huijuan¹, BAI Ruoshi², ZHANG Chen²

¹ National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University/Key

Laboratory of Tobacco Cultivation / Tobacco Harm Reduction Research Center, Zhengzhou 450002, China;

² Beijing Cigarette Factory, Shanghai Tobacco Group, Beijing 100024, China

Abstract: In order to study the effect of storage environment on nitrogen oxides (NO_x) formation from tobacco leaves, content of NO_x in airtight environment set up by vacuum desiccator was measured for different tobacco types, storage temperatures and duration at different moisture contents. Results showed that NO accounted for more than 90% of the NO_x produced from tobacco leaves during storage. NO_x concentration from burley tobacco leaves was almost 9 times higher than that from flue-cured tobacco under same storage conditions. As storage temperature increased from 10° C to 50° C, the concentration of NO and NO₂ produced from burley tobacco increased gradually 48h after treatment. NO_x could be produced in burley tobacco samples in a short period of time (2h) under 50 °C, and increased with increase of storage time. Under the same storage temperature, NO and NO_x concentrations of tobacco leaves with moisture content higher than 18% were significantly lower than samples with moisture content of 11.03% and 12.29%. Presence of activated carbon in storage containers effectively reduced the concentration of NO_x. It was concluded that proper control of storage environment is an effective way to reduce TSNA formation in tobacco leaves by inhibiting and reducing production of NO_x from tobacco itself.

Keywords: tobacco leaf; storage temperature; tobacco moisture content; nitrogen oxides

Citation: WANG Jun, ZHANG Mengyue, SHI Hongzhi, et al. Effect of storage environment on nitrogen oxides formation in leaves of tobacco of different types [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2017,23(5)

*Corresponding author. Email: shihongzhi88@163.com

《烟草科技》2017年第10期目次

• 烟草农学

- 基于烟草基因组重测序数据的 SNP 提取软件组合比较
..... 余世洲, 曹培健, 李泽锋, 等
盐源县植烟土壤交换性钙镁空间变异特征及其影响因素
..... 王冰, 冯浪, 李启权, 等
烈性青枯雷尔氏菌噬菌体的分离与生物学特性分析
..... 苏靖芳, 孙剑萍, 顾刚, 等
土地整理后绿肥压青对土壤改良和烤烟产质量的影响
..... 张久权, 张瀛, 张清明, 等
利用乙基多杀菌素防治初烤烟仓库中的烟草粉螟
..... 杨国浩, 叶明亮, 郑东胜, 等

• 烟草化学

- 巴豆醛诱导人支气管上皮细胞 (BEAS-2B) 自噬及相关通路的时间效应变化
..... 王利蒙, 李翔, 杨陟华, 等
DNA 甲基转移酶活性对 NNK α-亚甲基羟基化代谢的影响
..... 王荣浩, 李琛, 毛健, 等
加热状态下烟草气溶胶释放特性的影响因素: 温度、甘油和气氛
..... 王孝峰, 周顺, 何庆, 等

UPLC-MS_n 法分析烟叶中蔗糖四酯类化合物

- 贾春晓, 李博, 魏涛, 等
同位素内标-UPLC-MS/MS 法测定烟草中的 9 种常见农药残留
..... 杨飞, 邓惠敏, 边照阳, 等

• 烟草工艺

- 制丝线烟丝质量在线监测近红外模型的建立与应用
..... 吴进芝, 李军, 杜文, 等
台式扫描电子显微镜法测定卷烟纸中特殊纤维
..... 董浩, 周明珠, 王锦平, 等

• 设备与仪器

- 微波法胶囊滤棒检测算法研究与装置设计
..... 龚志文, 彭黔荣, 周明珠, 等
DG 型星辊除麻丝机结块卡死问题的分析及改进
..... 廖仲生, 戴宇昕
ZJ112 卷接机组电机电流采集系统的设计
..... 王金晨, 张东生, 马万强, 等