

泸州老窖古酿酒作坊夏季空气真菌分布特征

李宗珍^{1,3} 张宿义² 许德富² 税梁扬² 刘光烨^{1*}

(¹中国科学院成都生物研究所 成都 610041)

(²泸州老窖股份有限公司 泸州 646000)

(³中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 通过定点取样研究了泸州老窖古酿酒作坊群中3个代表性作坊及其周围环境夏季空气真菌的群落结构和分布特征. 结果表明: (1) 泸州老窖3个古作坊空气真菌平均浓度为 $(3.52 \times 10^3 \pm 0.27 \times 10^3)$ CFU/m³, 变幅在 $0.94 \times 10^3 \sim 7.01 \times 10^3$ CFU/m³之间; 3个作坊内外环境真菌浓度不一, 营沟头作坊内平均值高于作坊外 ($P < 0.05$), 什字头作坊和新街子作坊内则低于作坊外 ($P < 0.05$). (2) 作坊内的真菌种类略低于作坊外. 在古酿酒作坊内共检测出真菌14个类属, 优势种群为曲霉属 (*Aspergillus*)、酵母菌 (Yeasts)、青霉属 (*Penicillium*) 和无孢菌 (Nonsporing), 芽枝霉属 (*Cladosporium*) 和短梗霉属 (*Aureobasidium*) 分别在营沟头和什字头作坊占有优势; 作坊外检测出真菌16个类属, 优势种群为青霉属、无孢菌、芽枝霉属、曲霉属和短梗霉属. 其中青霉属和无孢菌在3个作坊内外环境均无显著差异. (3) 古酿酒作坊内、外环境的空气真菌表现出明显的交流现象. 在作坊内, 青霉属、芽枝霉属、链格霉属 (*Alternaria*) 等杂菌占有一定比例; 而在作坊外, 曲霉属、根霉属 (*Rhizopus*)、酵母菌等酿酒功能菌浓度处于相对较高水平. 图1 表3 参23

关键词 泸州老窖; 酿酒作坊; 空气真菌; 真菌种群分布

CLC Q938.1 : TS262.31

Distribution Characteristics of Airborne Fungi in Summer in Brewage Workshops of Luzhou Laojiao

LI Zongzhen^{1,3}, ZHANG Suyi², XU Defu², SHUI Liangyang² & LIU Guangye^{1*}

(¹Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

(²Luzhou Laojiao Co., Ltd., Luzhou 646000, Sichuan, China)

(³Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049)

Abstract The community structure and distribution of airborne fungi in and around the representative brewage workshops of Luzhou Laojiao were sampled and studied in summer. The results showed: (1) The concentration of airborne fungi in three old workshops ranged from 0.94×10^3 CFU/m³ to 7.01×10^3 CFU/m³, with the average of $(3.52 \times 10^3 \pm 0.27 \times 10^3)$ CFU/m³. The fungal concentration varied significantly between the inside and outside of the three workshops ($P < 0.05$). The average concentration of the fungi inside was found significantly larger than that outside the Yinggoutou workshop ($P < 0.05$), but it was reversed in the Shenzitou and Xinjiezi workshops; (2) The genera of the fungi inside were slightly fewer than those outside. 14 and 16 genera of fungi were identified inside and outside the workshops, respectively. The dominant fungi inside included *Aspergillus*, yeasts, *Penicillium* and nonsporing fungi, and those outside were *Penicillium*, nonsporing, *Cladosporium*, *Aspergillus* and *Aureobasidium*. There was no significant difference for *Penicillium* and nonsporing between the inside and outside of the three workshops ($P < 0.05$); (3) The airborne fungi inside and outside obviously showed exchanging phenomenon. The concentrations of useless fungi such as *Penicillium*, *Cladosporium* and *Alternaria* appearing inside, and usefull fungi such as *Aspergillus*, *Rhizopus* and yeasts outside were found both at relatively high levels. Fig 1, Tab 3, Ref 23

Keywords Luzhou Laojiao; brewage workshop; airborne fungi; fungi population distribution

CLC Q938.1 : TS262.31

空气微生物是城市生态系统重要的生物组成部分, 空气微生物包括真菌、细菌和病毒等, 仅真菌就已发现40 000多种^[1, 2]. 空气真菌主要来源于土壤、动植物和人类, 以气溶胶的形式存在于空气中^[3], 并随空气四处流动, 空气中并无真菌生长条件, 真菌孢子漂落到适宜介质即快速萌发生长, 传统发酵食品即利用空气真菌这一特性进行发酵生产. 但空气真菌也能使粮食、食品和饮料腐败变质, 造成工业设施和日常用品的霉变或腐蚀^[4-6].

泸州老窖古酿酒作坊始建于明朝万历初年, 至清朝时初具规模. 由温永盛等数个老字号组成的古作坊散布于泸州城各街巷. 随着泸州城市化进程加快, 昔日掩映于幽深小巷之中的古作坊已处于闹市, 成为城市生态环境的一部份. 现代化都市与古作坊的和谐发展成为酒城泸州面对的重要研究课题.

泸州老窖曲酒发酵有上百种微生物参与, 其中一部分来自于空气微生物. 有关浓香型曲酒酿造环境空气微生物的研究已有报道^[7]. 但这些研究着重于酿酒车间室内环境的功能微生物, 未涉及到周边环境空气微生物区系, 以及对车间内微生物群落结构的影响. 实际上, 大曲、发酵糟和窖泥是作

收稿日期: 2008-10-14 接受日期: 2009-02-17

*通讯作者 Corresponding author (E-mail: liugy@cib.ac.cn)

坊内空气真菌的主要来源,同时泸州老窖古酿酒作坊与外环境呈半开放状态,作坊内外的微生物可经由空气流动相互交换而影响群落结构.因此,我们对古酿酒作坊及其周边环境空气的真菌组成、数量和活动规律进行了研究,以期了解古作坊与环境的相互影响状况,从而有助于创造老窖古酿酒工艺可持续发展的条件.

1 材料与方法

1.1 研究对象

以泸州老窖3个古酿酒作坊及其周边环境为研究对象,分别为国窖营沟头古作坊、国窖什字头古作坊和国窖新街子古作坊及其周边50~100 m环境,共设定6个功能区.

1.2 培养基

所用培养基为葡萄糖马铃薯培养基(PDA)、查氏培养基和麦芽汁培养基.PDA培养基用10%酒石酸酸化到pH 5.0,后二者补加30 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的链霉素.采样培养皿为9 cm直径的玻璃平皿,灭菌后在无菌条件下加入20 mL培养基.

1.3 采样及计算

采用自然沉降法采样,采样时间为5 min.分别在3个古作坊内外环境中选定5~10个采样点,于夏季7月和8月定点采样.采样后在28 $^{\circ}\text{C}$ 培养箱中培养72 h,观察记录真菌的种群和数量.采用中华人民共和国国家标准确定的公共场所每立方米空气中微生物总数的计算公式^[8]计算空气中真菌的浓度.公式为:

$$E = 1000 \times 50N/At$$

式中, E 为单位体积内空气真菌数(CFU/m^3), A 为培养皿的面积(cm^2), t 为培养皿暴露时间(min), N 为培养皿中真菌菌落数.

1.4 鉴定方法

采用传统真菌鉴定方法,将曝皿中形成的菌落同时转接平皿和玻片培养,根据菌落形态和显微镜下的孢子形态,将空气真菌鉴定到属^[9-12].对于转种培养2 wk后仍未产生孢子的真菌,则参照国外学者的通用作法列为无孢菌群^[13,14].

1.5 统计分析方法

采用SPSS Version13.0统计软件进行单因素方差分析,采用Microsoft Excel2003绘制图表.

2 结果与分析

2.1 古作坊内外环境空气真菌数量特征

各功能区空气中真菌浓度表现不一(图1).营沟头作坊内真菌平均值高于作坊外($P < 0.01$),什字头作坊和新街子作坊内则低于作坊外($P < 0.01$).原因可能是营沟头作坊设有老窖博物馆,区域内有较多绿化带和小溪流水,生态环境较优美,而什字头和新街子则处于旧城区,酿酒作坊和民居杂处,前门正对大街,左右和后边均为民房,平时人员车辆来往频繁,因此空气中携带了较多的真菌.

2.2 营沟头古酿酒作坊内外空气真菌的群落组成

除酵母(Yeasts)和无孢菌(Nonsporing)外,在营沟头作坊内检测出空气真菌14类12属(表1),在作坊外检测出16类14属.作坊内优势真菌为曲霉属(*Aspergillus*)、酵母菌、芽枝霉属(*Cladosporium*)、青霉属(*Penicillium*)和无孢菌.曲霉属和酵

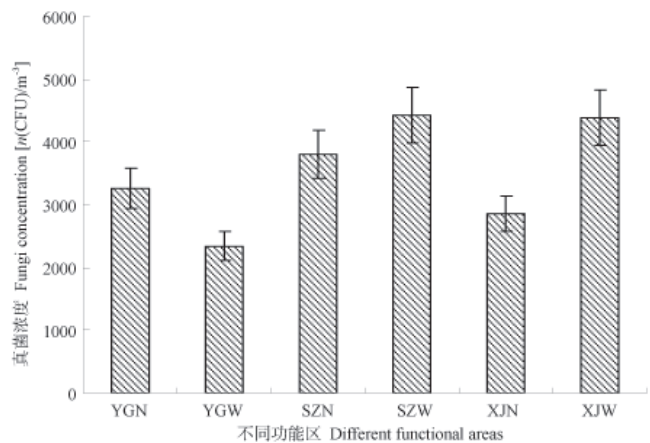


图1 作坊内外环境空气真菌浓度

Fig. 1 Concentrations of airborne fungi inside and outside workshops

YGN: 营沟头作坊内; YGW: 营沟头作坊外; SZN: 什字头作坊内; SZW: 什字头作坊外; XJN: 新街子作坊内; XJW: 新街子作坊外. 下同 YGN: Inside Yinggoutou workshop; YGW: Outside Yinggoutou workshop; SZN: Inside Shenzitou workshop; SZW: Outside Shenzitou workshop; XJN: Inside Xinjiezi workshop; XJW: Outside Xinjiezi workshop. The same below

母菌优势较明显,浓度比分别为20.4%和18.4%,曲霉属最高浓度达到 $2.2 \times 10^3 \text{ CFU}/\text{m}^3$.作坊外优势菌为芽枝霉属、无孢菌、短梗霉属(*Aureobasidium*)和青霉属.其中芽枝霉属浓度比为17.2%,最高浓度达 $1.42 \times 10^3 \text{ CFU}/\text{m}^3$,远高于其它各类群真菌.从内外环境比较,作坊内曲霉属、酵母菌、根霉属(*Rhizopus*)和地霉属(*Geotrichum*)高于作坊外;青霉属和无孢菌内外差异不显著;短梗霉属、链格霉属(*Alternaria*)和红酵母属(*Rhodotorula*)则以作坊外数量较多.此外,作坊外检测出的交链孢霉属(*Alternaria*)和木霉属(*Trichoderma*)未在作坊内出现.

2.3 什字头古酿酒作坊内外空气真菌的群落组成

什字头古作坊两个功能区的真菌类群均低于营沟头作坊,除酵母菌和无孢菌外,作坊内检测出8个属,作坊外出现10个属(表2).作坊内优势菌群为酵母菌、青霉属、曲霉属、短梗霉属和无孢菌.酵母菌浓度比为19.2%,占有明显优势,而青霉属最高浓度达 $2.36 \times 10^3 \text{ CFU}/\text{m}^3$.作坊外优势菌为曲霉属、无孢菌、青霉属和短梗霉属.无孢菌和青霉属各项指标差异均不显著,酵母菌浓度比较低,仅为5.5%,但最高浓度达 $3.3 \times 10^3 \text{ CFU}/\text{m}^3$.作坊内青霉属、曲霉属、酵母菌和短梗霉属等高于作坊外,而芽枝霉属和链格霉属则低于作坊外.作坊外还检测出一定数量的红酵母属和拟盘多毛孢属(*Pestalotiopsis*),但在作坊内未出现.

2.4 新街子古酿酒作坊内外空气真菌的群落组成

新街子作坊内共检测出真菌11属13个类群(表3),优势种群为曲霉属、青霉属、酵母菌和无孢菌,曲霉属浓度比高达26.8%,在所有6个功能区中居首位.作坊外优势菌为青霉属、无孢菌、酵母菌、芽枝霉属和曲霉属.短梗霉属浓度比虽然较低,仅5.4%,但最高浓度达到 $2.04 \times 10^3 \text{ CFU}/\text{m}^3$.作坊内曲霉属、酵母菌和根霉属高于作坊外,青霉属和芽枝霉属则低于作坊外.与什字头作坊相似,新街子作坊内也未出现红酵母属,不同之处是作坊外检出交链孢霉属但未检出拟盘多毛孢属.

表1 营沟头古作坊内外空气真菌群落结构
Table1 Community structures of airborne fungi inside and outside the Yinggoutou workshop

真菌种类 Fungi	YGN				YGW			
	发生频率 Frequency (f/%)	浓度 Concentration [n(CFU)/m ³]	浓度范围 Concentration range [n(CFU)/m ³]	浓度比 Concentration ratio (r/%)	发生频率 Frequency (f/%)	浓度 Concentration [n(CFU)/m ³]	浓度范围 Concentration range [n(CFU)/m ³]	浓度比 Concentration ratio (r/%)
青霉属 <i>Penicillium</i>	100	0.45×10 ³	0.16×10 ³ ~0.79×10 ³	10.6	50	0.22×10 ³	0~0.94×10 ³	11
曲霉属 <i>Aspergillus</i>	76	0.55×10 ³	0~2.20×10 ³	20.4	56	0.16×10 ³	0~0.79×10 ³	6.6
根霉属 <i>Rhizopus</i>	36	0.06×10 ³	0~0.16×10 ³	7.9	20	7.9	0~0.16×10 ³	2.4
芽枝霉属 <i>Cladosporium</i>	72	0.40×10 ³	0~1.10×10 ³	12.7	84	0.49×10 ³	0~1.42×10 ³	17.2
酵母菌 Yeasts	68	0.62×10 ³	0~1.89×10 ³	18.4	48	0.14×10 ³	0~0.31×10 ³	7.5
红酵母属 <i>Rhodotorula</i>	10	0.02×10 ³	0~0.16×10 ³	1.5	16	0.04×10 ³	0~0.16×10 ³	2.7
地霉属 <i>Geotrichunsp</i>	32	0.40×10 ³	0~0.79×10 ³	4.3	16	0.05×10 ³	0~0.31×10 ³	5.3
短梗霉属 <i>Aureobasidiu</i>	50	0.16×10 ³	0~0.63×10 ³	6	72	0.26×10 ³	0~0.63×10 ³	12.6
无孢菌 Nonsporing	96	0.42×10 ³	0~0.63×10 ³	10.6	76	0.40×10 ³	0~0.79×10 ³	13.5
链格孢属 <i>Alternaria</i>	15	0.02×10 ³	0~0.16×10 ³	1.8	35	0.09×10 ³	0~0.31×10 ³	5.2
拟盘多毛孢属 <i>Pestalotiopsis</i>	6.7	7.9	0~0.16×10 ³	1.4	5	7.9	0~0.16×10 ³	1.8
附球菌属 <i>Epicoccum</i>	6.7	7.9	0~0.16×10 ³	1.4	5	15.7	0~0.31×10 ³	3.3
链孢霉属 <i>Fusarium</i>	0	0	0	0	10	23.6	0~0.16×10 ³	2.4
拟青霉属 <i>Paecilanyces</i>	5	94.4	0~0.47×10 ³	1.2	5	7.9	0~0.16×10 ³	1.2
交链孢霉属 <i>Alternaria</i>	0	0	0	0	10	15.7	0~0.146×10 ³	2.4
木霉属 <i>Trichoderma</i>	0	0	0	0	10	6.3	0~0.16×10 ³	2.2

表2 什字头古作坊内外空气真菌群落结构
Table 2 Community structures of airborne fungi inside and outside the Shenzitou workshop

真菌种类 Fungi	SZN				SZW			
	发生频率 Frequency (f/%)	浓度 Concentration [n(CFU)/m ³]	浓度范围 Concentration range [n(CFU)/m ³]	浓度比 Concentration ratio (r/%)	发生频率 Frequency (f/%)	浓度 Concentration [n(CFU)/m ³]	浓度范围 Concentration range [n(CFU)/m ³]	浓度比 Concentration ratio (r/%)
青霉属 <i>Penicillium</i>	95.5	1.21×10 ³	0.16×10 ³ ~2.36×10 ³	15.6	100	0.51×10 ³	0.16×10 ³ ~0.63×10 ³	14.7
曲霉属 <i>Aspergillus</i>	92.8	0.79×10 ³	0~2.04×10 ³	13.7	45.5	1.14×10 ³	0~3.0×10 ³	21.2
根霉属 <i>Rhizopus</i>	46.7	0.1×10 ³	0~0.16×10 ³	4.4	9.1	19.7	0~0.16×10 ³	1.6
芽枝霉属 <i>Cladosporium</i>	53.3	0.14×10 ³	0~0.31×10 ³	7.1	81.8	0.44×10 ³	0~0.63×10 ³	8.9
酵母菌 Yeasts	73.3	0.7×10 ³	0~1.7×10 ³	19.2	80.2	0.88×10 ³	0~3.30×10 ³	5.5
红酵母属 <i>Rhodotorula</i>	0	0	0	0	36.4	0.01×10 ³	0~0.31×10 ³	5.7
地霉属 <i>Geotrichunsp</i>	12.4	0.05×10 ³	0~0.31×10 ³	5.9	18.2	0.06×10 ³	0~0.31×10 ³	2.5
短梗霉属 <i>Aureobasidiu</i>	73.3	0.42×10 ³	0~1.73×10 ³	13.6	55.5	0.24×10 ³	0~0.47×10 ³	10.9
无孢菌 Nonsporing	100	0.50×10 ³	0.16×10 ³ ~1.10×10 ³	12.5	90.9	0.44×10 ³	0~0.63×10 ³	14.8
链格孢属 <i>Alternaria</i>	6.7	0.01×10 ³	0~0.16×10 ³	2.2	18.2	0.1×10 ³	0~0.31×10 ³	5.9
拟盘多毛孢属 <i>Pestalotiopsis</i>	0	0	0	0	18.2	0.08×10 ³	0~0.31×10 ³	4.2
链孢霉属 <i>Fusarium</i>	6.7	0.03×10 ³	0~157.3	1.9	9.1	0.03×10 ³	0~0.16×10 ³	2.9

2.5 古酿酒作坊空气真菌中的优势种群

各功能区空气真菌优势种群不一。总体来说,古作坊内优势种群为曲霉属、酵母菌、青霉属和无孢菌;作坊外则为青霉属、无孢菌、芽枝霉属、曲霉属和短梗霉属。因此,曲霉属、青霉属和无孢菌为各功能区共有的优势种群。酵母菌在各作坊内均占有优势,但在作坊外仅新街子出现较多。从各功能区相互比较还可看出,营沟头作坊外芽枝霉属占有较大优势,作坊内芽枝霉属也处于较高水平,另两个古作坊内外芽枝霉属也表现出类似的关系。短梗霉属则与其不同,营沟头作坊外高于作坊内,新街子也基本相似,而什字头则与之相反。

3 讨论

泸州老窖3个古作坊空气真菌平均浓度为3.52×10³ CFU/m³,变幅在0.94×10³~7.08×10³ CFU/m³之间。各作坊外真菌浓度呈现较大差异,营沟头作坊外最低,仅为2.34×10³ CFU/m³,什字头和新街子作坊外均在4×10³ CFU/m³以上。造成这

种差别的原因可能因为,营沟头绿化较好,而什字头和新街子位于闹市旁边,空气中漂浮粒子数量多,因而携带了更多的微生物。此结果与任启文和谢慧玲的报道相似^[15-16]。各个作坊内空气真菌浓度之间的差异不如作坊外显著,说明曲酒酿造过程应是作坊内空气微生物的主要来源。另一方面,营沟头作坊空气真菌种群最丰富,作坊外检出16类,作坊内检出14类,较后两个作坊多20%~30%。此结果可能与营沟头作坊环境优美,存在土壤、植物和水体等多种生态类型,因而栖息的微生物类群丰富有关。

本研究从古酿酒作坊环境中检测出14属真菌,略高于一些学者对城市生态环境中真菌种属的报道^[17-18],说明古作坊环境中空气真菌多样性较丰富。本实验采用的曝皿法,可较好地反映空气真菌对曲酒糟醅和老窖的自然接种现象。但和曝片法相比,只能反映少数能够在微生物培养基上形成菌落的空气真菌。实际上,由于培养介质的限制,绝大多数空气微生物无法在培养基上生长,可培养的空气微生物不到总数的1%^[19-20]。因此本实验只能大体反映古酿酒作坊空气真菌的分

表3 新街子古作坊内外空气真菌群落结构
Table 3 Community structures of airborne fungi inside and outside the Xinjiezi workshop

真菌种类 Fungi	XJN				XJW			
	发生频率 Frequency (f%)	浓度 Concentration [n(CFU)/m ⁻³]	浓度范围 Concentration range [n(CFU)/m ⁻³]	浓度比 Concentration ratio (r%)	发生频率 Frequency (f%)	浓度 Concentration [n(CFU)/m ⁻³]	浓度范围 Concentration range [n(CFU)/m ⁻³]	浓度比 Concentration ratio (r%)
青霉属 <i>Penicillium</i>	77.8	0.36×10 ³	0~0.94×10 ³	17.5	83.9	0.61×10 ³	0~1.30×10 ³	19.3
曲霉属 <i>Aspergillus</i>	84.6	0.84×10 ³	0.16×10 ³ ~1.41×10 ³	26.8	68.4	0.24×10 ³	0~0.63×10 ³	10.6
根霉属 <i>Rhizopus</i>	46.7	91.8	0~0.47×10 ³	5.1	39.1	78.6	0~0.16×10 ³	3.9
芽枝霉属 <i>Cladosporium</i>	66.7	0.19×10 ³	0~0.47×10 ³	8.9	92.5	0.41×10 ³	0~0.94×10 ³	11.7
酵母菌 Yeasts	77.3	0.30×10 ³	0~0.63×10 ³	15.3	43.7	0.31×10 ³	0~1.10×10 ³	13.2
红酵母属 <i>Rhodotorula</i>	0	0	0	0	34.8	275.2	0~1.10×10 ³	8.3
地霉属 <i>Geotrichum</i>	16.7	26.2	0~0.16×10 ³	2.2	41.2	0.18×10 ³	0~0.63×10 ³	4.9
短梗霉属 <i>Aureobasidium</i>	66.7	0.14×10 ³	0~0.47×10 ³	8.8	90.6	0.74×10 ³	0~2.04×10 ³	5.4
无孢菌 Nonsporing	93.3	0.47×10 ³	0~1.10×10 ³	11.1	100	0.88×10 ³	0.31×10 ³ ~1.10×10 ³	13.8
链格孢属 <i>Alternaria</i>	0	0	0	0	16.7	18.7	0~0.16×10 ³	2.4
链孢霉属 <i>Fusarium</i>	6.7	13.1	0~0.16×10 ³	1.6	0	0	0	0
交链孢霉属 <i>Paecilomyces</i>	0	0	0	0	18.7	117.9	0~0.47×10 ³	3.6
木霉属 <i>Trichoderma</i>	6.7	13.1	0~0.16×10 ³	1.2	11.2	18.7	0~0.16×10 ³	0

布特征。

从空气真菌群落结构分析, 古酿酒作坊内外环境之间的空气真菌存在明显相互交流现象。曲霉属和酵母菌在3个作坊内均为优势菌, 一般高于作坊外, 根霉属浓度也高于作坊外, 酿酒功能菌大多分布于此3类菌群中。作坊外曲霉属也有较大优势, 但酵母菌数量相对较少。曲霉属在多种环境中均为优势菌, 但3个古作坊外曲霉属浓度明显高于已有报道的一般城市的水平^[21-23], 可能是受到作坊内高浓度的曲霉影响所致。青霉属为酿酒有害菌, 作坊内外均占较大优势, 特别是在什字头和新街子作坊, 青霉属各指标均达较高水平, 可能与处于闹市, 周边存在一些果蔬摊贩有关。芽枝霉属在3个作坊外均高于作坊内, 但以营沟头作坊外最丰富, 作坊内浓度也高于另2个作坊, 应是作坊外空气真菌影响作坊内的实例之一。芽枝霉属为植物病原菌, 寄生或腐生于植物叶、果等处引起黑斑病, 常年大量飘散于空气中。在酒糟中也检出芽枝霉菌, 对酿酒的益害作用尚不清楚。短梗霉属俗称黑酵母, 在3个作坊均为重要的空气真菌, 其浓度在营沟头作坊外高于作坊内, 另2个作坊则相反。短梗霉属为植物煤污病的重要病原。空气真菌中的链格孢属也应引起重视, 该属真菌在作坊外高于作坊内, 其来源与芽枝霉属相似, 但链格孢属可引起粮食霉变, 并产生多种毒素, 应为曲酒发酵的有害菌群^[4, 5]。

研究古酿酒作坊环境空气真菌的分布情况对酿酒过程具有重要的意义。古酿酒作坊与外界处于半开放状态, 空气的流动性使得作坊内外环境大气之间相互交换流通, 外环境中的有害菌可侵入作坊内, 当浓度达到一定的程度就会破坏原先的酿酒微生物区系, 从而影响曲酒的品质。而生态环境较好的营沟头作坊内青霉属、短梗霉属和链格孢属等杂菌相对低于环境差的什字头和新街子作坊, 提示酿酒作坊周围的绿化带和缓冲区有助于减少城市交通和居民生活对古作坊的影响。因此, 进一步了解和掌握作坊内外环境空气微生物交换规律, 可为城市化建设中古酿酒作坊的保护发展提供依据, 从而促进城市现代化和老窖古法酿酒工程的和谐发展。

References

- Chen HG (陈皓文), Hong XG (洪旭光). Situation on indoor air borne microbes of Chinese great wall station, Antarctica. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2000, 6 (1): 90-92
- Li DW, Kendrick B. Functional relationships between airborne fungal spores and environmental factors in Kitchener-Waterlo, Ontario, as detected by Canonical correspondence analysis. *Grana*, 1994, 33: 166-176
- Martinez K, Sheehy J, Jone J. Microbial containment in conventional fermentation processes. *Appl Ind Hyg*, 1988, 3: 177-181
- 陆家云. 植物病原真菌学. 北京: 中国农业出版社, 2001. 392-397
- Garrett MH, Rayment PR, Hooper MA. Indoor airborne fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children. *Clin & Exp Allergy*, 1998, 28 (4): 459-671
- 邢来君, 李明春. 普通真菌学. 北京: 高等教育出版社, 1999
- Luo HB (罗惠波), Tang YM (唐玉明), Zhuo YC (卓毓崇). Study on airborne microbes in koji-making workshops and impact on koji quality. *China Brewing* (中国酿造), 2004 (8): 19-22
- Li T (李涛). Sampling of airborne microbes and its developing tendency. *Chin J Health Lab Technol* (中国卫生检验杂志), 2003, 13 (5): 538-539
- 中国科学院微生物研究所《常见与常用真菌》编写组. 常见与常用真菌. 北京: 科学出版社, 1978
- 戴芳澜. 中国真菌总汇. 北京: 科学出版社, 1987
- Barnett, Horace Leslie/ Hunter, Barry B. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 3rd ed. Beijing, China (北京): Science Press (科学出版社), 1977. 1-240
- Ye ST (叶世泰), Qiao BS (乔秉善), Lu YJ (路英杰). China Allergic Aeromycology. Beijing, China (北京): People's Medical Publishing House, 1992. 1-262
- Rosas I, Calderon C, Martinez L, Ulloa M, Lacey J. Indoor and outdoor airborne fungal propagule concentrations in Mexico City. *Aerobiologia*, 1997, 13 (1): 23-30
- Marchisio VF, Airaudi D. Temporal trends of the airborne fungi and

- their functional relations with the environment in a suburban site. *Mycologia*, 2001, **93** (5): 831~840
- 15 Xie HL (谢慧玲), Li SR (李树人), Yuan SY (袁秀云), Liu GW (刘国伟), Gao XM (高雪梅), Cao Y (曹瑜), Jia J (贾静). Study on the disinfection of plant volatile secretion to the micro-organism content in the air. *J Henan Agric Univ* (河南农业大学学报), 1999, **33** (2): 127~133
- 16 Ren QW (任启文), Wang C (王成), Yang Y (杨颖). Study on airborne concentration of urban-Greenbehs in Beijing Yuan Dynasty Capital City Wall Relics Park. *J Arid Land Resour & Environ* (干旱区资源与环境), 2007, **21** (4): 80~83
- 17 Suwaine AS, Hasnain SM, Bahkali AH. Viable airborne fungi in Riyadh. *Saudi Arabia Aerobiol*, 1999, **15**: 121~130
- 18 Hargreaves M, Parappukkaran S, Morawska L. A pilot investigation into association between indoor airborne fungal and non-biological panicle concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *Sci Total Environ*, 2003, **312** (1~3): 89~101
- 19 Brock TD. The study of microorganisms in situ: Progress and problems. *Symp Soc Gene Microbiol*, 1987, **41**: 1~17
- 20 Yu XH (于玺华). *Modern Air Microbiology*. Beijing, China (北京): People's Military Medical Press, 2002. 81~97, 181~191, 331~348
- 21 Fang ZG (方治国), Ouyang ZY (欧阳志云), Hu LF (胡利锋), Wang XK (王效科), Miao H (苗鸿). Progresses of airborne microbial communities in urban ecosystem. *Acta Ecol* (生态学报), 2004, **24** (2): 315~322
- 22 Shelton BG, Kirkland KH, Flander WD, Morris GK. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. *Appl & Environ Microbiol*, 2002, **68** (4): 1743~1753
- 23 Fu CL (符春兰), He WH (何文华), Jia JH (贾建华), Sun ZM (孙增美), Yuan W (元伟), Zhou YG (周元光). Special investigation of fungi form four cities of China. *Microbiology* (微生物学通报), 2000, **27** (4): 264~269