

BAIJIU
NIANGZAO
WEISHENGTAIXUE

白酒酿造微生物生态学

主 编 张文学
副主编 钟方达 吴正云



四川大学出版社

BAIJIU
NIANGZAO
WEISHENGTAIXUE

白酒酿造微生物生态学

主 编 张文学

副主编 钟方达 吴正云



四川大学出版社

责任编辑:毕 潜
责任校对:蒋 玟
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

白酒酿造微生物生态学 / 张文学主编. —成都: 四川大学出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-5614-8273-5

I. ①白… II. ①张… III. ①白酒—酿造—微生物生态学 IV. ①TS262.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第 312377 号



书名 白酒酿造微生物生态学

主 编	张文学
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-8273-5
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	14.25
字 数	366 千字
版 次	2015 年 1 月第 1 版
印 次	2015 年 1 月第 1 次印刷
定 价	43.00 元

◆ 读者邮购本书, 请与本社发行科联系。

电话: (028)85408408 / (028)85401670 /
(028)85408023 邮政编码: 610065

◆ 本社图书如有印装质量问题, 请
寄回出版社调换。

◆ 网址: <http://www.scup.cn>

版权所有◆侵权必究

编委会

- 主 编 张文学 四川大学
- 副主编 钟方达 贵州茅台酒厂（集团）习酒有限责任公司
吴正云 四川大学
- 编 委 （以姓氏笔画为序）
- 齐 慧 成都农业科技职业学院
- 李 丹 四川大学锦江学院
- 罗爱民 四川大学
- 赵盈盈 四川大学锦江学院
- 胡 承 四川大学
- 胡 峰 贵州茅台酒厂（集团）习酒有限责任公司
- 胡建锋 贵州茅台酒厂（集团）习酒有限责任公司
- 彭昱雯 四川大学锦江学院
- 曾 娟 四川省酿酒协会

序

贵州茅台酒厂（集团）习酒有限责任公司总经理钟方达找到我，请我为他的新作写序，我欣然答应。我与钟方达相识多年，他大学毕业分进厂改了行，从基层做起，先当教师后，一直从事生产管理工作，后来也牵头组织科技研发，他努力学习肯钻研给我留下了深刻印象。“习酒”近年来开展了一系列围绕酿造微生态的研究，通过微生态研究揭示“习酒”酿造机理，最终稳定、提高产品质量，秉承了茅台集团“质量第一”的企业文化与核心价值观。

本书作者之一四川大学张文学教授我也认识，我与他的相识源于茅台集团与贵州省科技厅联合成立的“贵州茅台科技联合基金”，他申报了第二批资助课题，作为东道主之一，我很高兴他代表川大参与，后来，我作为课题验收评审专家之一对他所承担的课题进行了评审，他顺利通过了验收。

四川大学与贵州茅台酒厂（集团）习酒有限责任公司合作编写的《白酒酿造微生态学》一书，对白酒微生态的概念、白酒微生态的研究方法、白酒大曲微生态学、白酒窖池窖泥微生态学、白酒发酵酒醅微生态学及白酒酿造环境微生态学进行了系统的研究和论述，实现了三个结合：一是现代微生态理论体系与中国白酒酿造理论相结合，为正确认识白酒生态酿造规律、监控生产过程、改进生产工艺提供理论基础支持；二是方法、技术原理介绍与具体实例应用相结合，为开展白酒酿造微生态研究提供技术方法指导；三是第一手数据资料与文献资料相结合，为多种香型白酒酿造微生态研究提供数据比对。书中很多内容是“习酒”酿造环境微生物及其生态研究科学成果的汇集和总结，具有较高的文献价值和实用价值。希望本书出版后，能成为从事酒类研究人员和技术工作者的一本手边书。



2014年10月

前言

中国的酿酒文化源远流长，我国人民在长期的生产实践中自觉和不自觉地运用着生态学的原理及方法，自然环境的气候状况、土壤条件、水质优劣，以及与之相适应的酿酒技术，造就了历史上各具风格的酒类品牌。但迄今为止，这种生态学的思维和操作方式在多数情况下是一种宏观的、比较模糊的、在很大程度上依赖于经验的模式。

随着时代的发展和技术的进步，微生物学方法被越来越多地应用于酿酒生产和研究，并已成为当今的主流研究手段之一。就白酒而言，一方面，几十年来国内的专家学者在酿造微生物方面进行了大量的研究工作，获得了很多有意义的成果，对行业技术的发展进步起到了巨大的推动作用。但另一方面，专家学者们面对着从酿酒生产体系中分离（或检测）出的越来越多的微生物种类时，兴奋之余，又难免遭遇新的困惑和挑战——如何解析这些让人眼花缭乱的各种各样的微生物与白酒酿造及其风格形成之间的复杂关系呢？

在这一背景下，我们倡导应以微生态学的观点来探讨和研究白酒的酿造过程。开放式混菌发酵是传统白酒生产的基本模式，在这一生产模式下，影响白酒质量风格的因素极其复杂，工艺上的曲、窖、糟是影响酒质的三大要素，而有益微生物区系的形成及其生态功能的发挥又是关键所在。正常酿造过程的进行需要各种与酿造相关的微生物的正常活动，任何改变酿造微观环境的因素都有可能引起微生态的改变，从而影响白酒的风格和质量。对白酒酿造来说，大曲、窖泥（窖池）、固态发酵酒醅等都是微生态系统。基于此，我们提出“白酒微生态学”的定义——“研究白酒酿造过程中微生物菌群与微观酿造环境之间相互关系的科学”，并在本书中对白酒微生态的研究方法、制曲、窖池、酒醅和酿造环境微生态学等方面进行了分别论述。

作为世界六大蒸馏酒之一的中国白酒，其诞生、发展都与酿酒微生态密不可分；中国白酒独特的微生态资源在过去和现在都为行业 and 地区创造了巨大的经济效益和社会效益；中国白酒行业未来的发展更离不开白酒微生态的进一步深入的研究和应用；地域性的微生物和微生态资源是中国白酒的核心竞争力。

本书中的大部分研究数据和结果来自本课题组近几年来所承担的国家自然科学基金项目“中国白酒（浓香型）窖池微生态的研究”“中国白酒的窖泥微生物群落结构及窖泥老熟与老化机理的免培养研究”，贵州省重大科技合作专项“贵州白酒（非酱香型）关键共性技术研究集成与应用”，贵州茅台酒厂（集团）习酒有限责任公司委托项目“习酒酿造生态环境研究”，茅台联合基金项目“茅台酒原产地环境微生物生态研究”等；部分数据和结果来自近年来发表的学术期刊论文，并尽可能尊重作者原文。全书共分六章，以四川大学为主组织编写，张文学、吴正云、钟方达负责全书的主要执笔工作，各章编写人员：第一章，胡峰、胡建锋；第二章，胡承、胡峰、曾娟、罗爱民；第三章，赵盈盈；第四

章，彭昱雯；第五章，齐慧；第六章，李丹。全书由张文学、钟方达、吴正云审稿，最后由张文学、吴正云统稿和定稿。

尽管本书的编写者们在酿酒微生态研究方面进行了一些探索，也有了一点初步的经验和体会，但面对着白酒微生态这样一个复杂的课题，仍然时时感到力不从心，缺点和错误在所难免。我们愿以此书作引玉之砖，为传统酿酒技艺的传承和研究尽一点绵薄之力，欢迎有关专家和广大读者进行交流、批评和指正。

编者

2014年10月

目 录

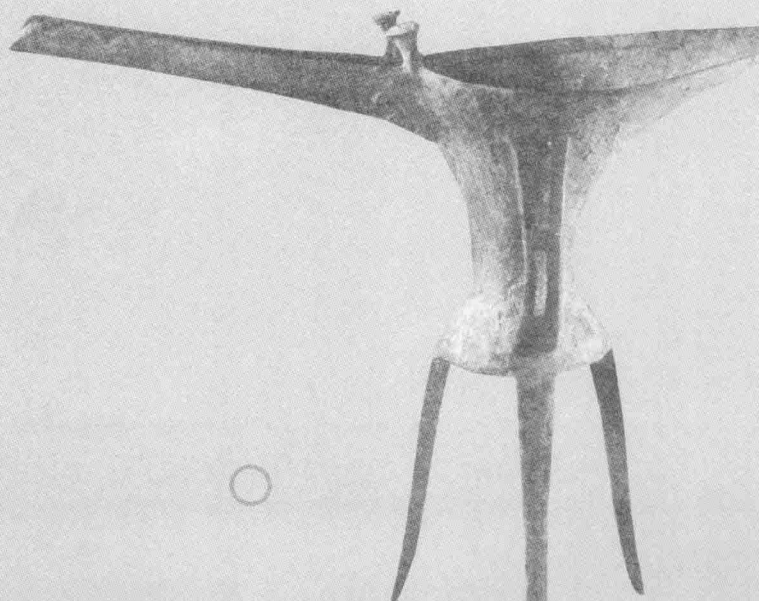
第一章 绪论	(1)
第一节 微生物学概述	(3)
一、微生物学的概念	(3)
二、微生物学的发展史	(4)
三、微生物学与其他学科的关系	(6)
第二节 白酒微生物学的概念及研究意义	(8)
一、白酒微生物学的概念	(8)
二、白酒微生物学的研究意义	(10)
第二章 白酒微生物的研究方法概述	(13)
第一节 白酒微生物的分离、鉴定及定量分析	(15)
一、取样	(15)
二、白酒微生物的分离鉴定	(16)
三、白酒微生物的定量分析	(20)
四、白酒微生物研究中的分子生物学技术	(22)
五、白酒微生物数据库的构建	(26)
六、白酒微生物之间的相互关系	(32)
第二节 白酒酿造相关理化因子的研究方法	(34)
一、白酒酿造相关的物理指标分析	(34)
二、白酒酿造相关的化学成分分析	(35)
三、白酒酿造相关的生化指标分析	(39)
第三节 白酒微生物代谢的研究方法	(41)
一、白酒酿造过程有关的主要微生物代谢	(41)
二、白酒酿造过程微生物代谢的研究方法	(45)
第四节 白酒微生物生态空间、生态演替及生态平衡的研究方法	(48)
一、白酒微生物生态空间的概念和层次	(48)
二、白酒微生物生态演替及微生物生态平衡的研究方法	(49)
第三章 白酒大曲微生物学	(53)
第一节 白酒大曲中的微生物	(55)
一、白酒大曲优势可培养微生物分析	(55)
二、白酒大曲微生物菌群的免培养分析	(70)

第二节 白酒大曲相关的理化因子.....	(78)
一、浓香型大曲制曲及储藏过程中理化指标的变化规律.....	(78)
二、浓香型白酒不同工艺大曲的理化指标.....	(84)
三、酱香大曲、浓香大曲和清香大曲风味物质的比较分析.....	(90)
第四章 白酒窖池窖泥微生物.....	(95)
第一节 白酒窖池窖泥中的微生物.....	(97)
一、白酒窖池窖泥优势可培微生物分析.....	(97)
二、白酒窖池窖泥菌群结构的免培养分析.....	(116)
第二节 白酒窖池窖泥相关的理化因子.....	(125)
一、浓香型白酒窖池窖泥的理化特性.....	(125)
二、其他香型白酒窖池窖泥的理化特性.....	(135)
第五章 白酒发酵酒醅微生物.....	(141)
第一节 白酒发酵酒醅中的微生物.....	(143)
一、白酒发酵酒醅可培微生物研究.....	(143)
二、白酒发酵酒醅优势微生物菌群的免培养分析.....	(158)
第二节 白酒发酵酒醅相关的理化因子.....	(167)
一、浓香型白酒发酵酒醅的理化特性.....	(167)
二、其他香型白酒发酵酒醅的理化特性.....	(177)
第六章 白酒酿造环境微生物.....	(183)
第一节 白酒酿造环境中的微生物.....	(185)
一、白酒酿造环境优势可培微生物分析.....	(185)
二、白酒酿造环境免培养微生物菌群分析.....	(204)
第二节 白酒发酵环境中相关的理化因子.....	(208)
一、浓香型白酒酿造环境的理化因子.....	(208)
二、酱香型白酒酿造环境的理化因子.....	(210)
结束语.....	(218)
参考文献.....	(219)



第一章

绪 论



第一节 微生物生态学概述

一、微生物生态学的概念

1869年,德国生物学家 Ernest Haeckel 首先提出生态学 (ecology) 一词,并将生态学定义为动物与有机环境和无机环境的全部关系。从现代观点来看,生态学是研究生物与其周围生物环境和非生物环境之间相互关系的一门科学,这是较为全面和科学的生态学的定义。其中,非生物环境 (abiotic environment) 包括非生命物质,如土壤、岩石、水、空气、温度、湿度、光和 pH 等。生物环境 (biotic environment) 包括微生物、动物和植物,这些生物之间存在着生物种内和种间关系。也有人把生态学称为环境生物学 (environmental biology)。生态学是研究生命系统与环境系统之间的相互作用规律及其机理的科学,它是一门多学科性的科学。

微生物生态学是生态学的一个分支。微生物生态学的概念,最早由德国人 Haenal 与 Lohmann 等在 1964 年提出。1977 年,德国的 Volker Rush 正式定义了微生物生态学 (microecology), 并建立了第一个微生态研究所,该所的主要研究工作是关于活菌制剂如大肠杆菌、双歧杆菌、乳酸杆菌等在生态防治方面的应用。1985 年,Volker Rush 提出了一个新的微生物生态学定义——“微生物生态学是细胞水平或分子水平的生态学”,即生态学的微观层次。但这个定义比较笼统,按目前学术界的观点,微生物生态学应当是“研究正常微生物群与其宿主之间的相互关系的生命科学分支”。

微生物生态学作为一门新兴边缘学科,经过短短几十年的发展,在理论及应用上都已取得了不少成就,特别是在医学领域,微生物生态学在世界范围内带来了一系列的观念性革命。在我国,魏曦、康白等将生态学的理论与研究方法与传统中医药学的医学实践相结合,带动了中国微生物生态学理论与应用研究的发展。按照康白等的定义,微生物生态学是微生态系统结构和功能的科学,主要研究微环境中微生物之间、微生物与宿主之间以及与外界环境之间的生态平衡的关系,也可理解为微环境中正常微生物菌群的存在状态。就某一具体环境而言,微生物之间及微生物与环境之间,既相互作用,又相互适应;既呈现物质与能量的动力学过程,又呈现动态平衡。微生物的群落结构及其对环境系统代谢功能的动力学构成一个整体,即微生物生态系统,研究这个系统中微生物的群落结构、微生物与宏观和微观环境系统间相互作用的规律及其应用,又成为微生物生态学 (microbiological ecology) 所研

究的中心内容。

最近 10 多年来,得益于国家自然科学基金等国家、省部级科研项目的支持,四川大学酿酒微生物生态学课题组在中国白酒(浓香型)窖池微生态方面开展了大量的研究工作,通过多种免培养分子生物技术方法的引入应用,充分证实了浓香型白酒的大曲、窖泥、酒醅、环境等几大生态因素在酿酒生产中既相互独立,又相互关联,构成了以酿酒微生物为主体的白酒生产复合微生态体系。酿酒微生物生态学理念的提出以及相应研究成果在不同类型传统发酵酒类、不同传统酿造发酵食品(食醋、酱油、泡菜等)领域相关研究工作中的普及和应用推广,进一步丰富和发展了微生物生态学的研究成果。根据我们的理解,认为微生物生态学可以定义为“研究正常微生物群与其生存微环境之间的相互关系的生命科学分支”。

近年来,随着遗传学研究的渗入和计算机技术的普及,分子水平、细胞水平、群落水平的不同层次研究工作的开展,以及微生物制剂等应用成果的不断出现,微生物生态学和微生物生态学的研究得到了飞速的发展,相关研究工作已经引起了越来越多研究人员的关注。

二、微生物生态学的发展史

尽管作为一门独立学科的历史并不长,但微生物生态学的有关理论与实践却早已广泛出现于各类文献中。微生物生态学、悉生生物学、微生物学、生物化学等许多学科中都有不少涉及微生物生态学方面的内容,人类的很多生产活动也在不经意间自发应用了微生物生态学的原理。微生物生态学的萌芽具有极其悠久的历史,其起源至少是与微生物(细菌学)同时期,甚至可以追溯到更早。微生物生态学的发展史大体可分为启蒙时期、停滞时期、复兴时期和发展时期四个阶段。

(一) 启蒙时期(1676—1910 年)

至少在 5000 年以前,我国人民已学会了利用微生物酿酒,公元 5 世纪的《齐民要术》详细地叙述了制曲和酿酒技术。利用有益微生物生产酱油、食醋和腐乳等发酵调味品在我国也有很长的历史。在医学方面,神曲等微生物菌剂也很早被应用于疾病治疗。但是由于科技水平的限制,当时的人们未能看到微生物的个体。

荷兰人 Leeuwenhoek (1632—1723 年) 在 1676 年发现了细菌,他用自制的世界上第一台显微镜,以 300 倍的放大倍数直接在暗视野下观察自然生境中微生物的形态、运动和分布情况,观察的标本包括人和动物的大便、痰、唾液和唾液、污水及其他外环境物体。Leeuwenhoek 是世界上第一个以直接制片法(悬滴)观察人、动物及植物标本的正常微生物群的人。他不仅发现了微生物的形态,还发现了微生物生态,即微生物在自然生境内的种类、数量、分布及相互关系。因此,从某种意义上而言,可以认为 Leeuwenhoek 是微生物生态学的创始人。

此后,科学家们除了继续进行各种微生物的观察外,还对微生物进行了培养试验,限于条件,当时的培养主要是液体混合培养。尽管混合培养不能建立起微生物种的概念,但对于生态学的研究是十分必要的——事实上,在自然条件下微生物本来就是混合而非单独存在的。在纯培养技术出现之前,法国的巴斯德就以液体混合培养解决了法国酿酒业的酸

败问题,同时也解决了乳酸、乙酸和丁酸发酵的问题。这些发酵技术和理论都是建立在初步的微生物生态学知识基础之上的。

纯培养技术的创建是微生物学发展的里程碑。德国细菌学家 Roben Koch (1843—1910 年) 发明的固体培养基是纯培养技术的核心,以琼脂为基础制作固体培养基迄今已延续了 100 多年。有了纯培养技术,才能进行科学的微生物学与分类学的研究,这把微生物学推向了新的高度,也解决了微生态学中微群落、微种群的定性、定量与定位研究等关键问题。

1676—1900 年期间,人们根据直接制片、混合培养及纯培养技术所获得的信息,对正常微生物群已有了初步的认识。不同科学家从不同角度对正常菌群提出新的证据和看法。Pasteur 从他所从事的发酵工业所取得的知识出发,认为正常菌群是有益的,人或动物必须具有正常菌群,人或动物在消化食物时,需要通过细菌和真菌的发酵将淀粉、多糖降解为单糖才能将其利用。Pasteur 是一个卓越的细菌学家和化学家,他的理论得到很多人的支持,但也有反对者,如有的学者提出“正常菌群有害说”,认为肠道菌群,特别是大肠杆菌,具有腐败作用,这些细菌使未消化的食物分解产生大量腐败产物,如靛基质、硫化氢、胺类等,使机体慢性中毒,引起动脉硬化,加快衰老。

(二) 停滞时期 (1910—1945 年)

进入 20 世纪,世界各地的人的交往更加频繁,促进了传染病的大流行。霍乱、鼠疫、天花、流感、肠伤寒、斑疹伤寒、回归热等都曾发生过大流行甚至席卷全球,夺去了亿万人民的生命,严酷的现实迫使人们把注意力集中到病原微生物的研究上。

从 19 世纪末到 20 世纪初,在 Pasteur 和 Koch 等成功业绩的激励下,国际上形成了研究病原菌的热潮,大部分传染病的病原体先后被发现,以至于使人们形成了“微生物有害”的片面观点。观念错误在很大程度上阻碍了对正常菌群的研究,时至今日,仍有不少人以病原微生物的观点来看待正常微生物群,这对微生态学的发展无疑是一种阻力。

造成正常微生物群研究停滞的另一个原因是方法学的缺陷。自 Leeuwenhoek 发现微生物以来,人们已发现人的大便中存在着大量的微生物,但其中只有少数微生物能够培养,因此这些细菌长期以来被认为是死的(事实上,德国自由大学的 Hanel 在 1957 年利用厌氧培养法发现这些细菌 90% 以上都是活的)。方法学的缺陷,造成了 20 世纪 50 年代之前人们在正常菌群方面的知识的贫乏。

尽管这一时期面临种种困难和阻力,但在技术、理论和知识上的积累正酝酿着微生态学新的发展。

(三) 复兴时期 (1945—1970 年)

这一时期的三件大事对微生态学的发展起到了重大的促进作用。

一是抗生素的出现。1929 年英国的 Fleming (1888—1955 年) 发现了抗生素,并于 1945 年在美国投入工业生产,从此开创了抗生素工业。抗生素的问世挽救了亿万人民的生命,在与传染病的斗争中起到了不可磨灭的作用。但抗生素的使用过程中也出现了一些问题,如引起菌群失调,破坏正常微生物群的生态平衡,出现二重感染或定位转移;在抗

生素的“压力”下，细菌产生耐药性质粒，并在种内、种间甚至属内进行传递，造成耐药菌的增加，使临床治疗更加棘手等。

二是无菌动物（germ free）的饲养。从 19 世纪末到 20 世纪 40 年代，经过 50 年左右的探索，人们终于获得了无菌动物饲养的成功。无菌动物对正常微生物群的生理、营养、生物拮抗及其与宿主的关系的研究，都是一个不可缺少的实验模型。之后，人们又研制了悉生动物，把无菌动物与一种、两种、三种或更多微生物相联系，分析单一的或联合的微生物作用。这项技术是微生态学的重要方法学之一。

三是厌氧培养技术的发展。由于厌氧培养技术的进步，过去只能在光镜或电镜下看见而不能培养的厌氧菌得以培养，有力地促进了微生态学的发展。

（四）发展时期（1970 年至今）

自 1970 年以来，微生态学已进入现代化时期。由于微生态学的重大理论意义和实际意义，使它在生命奥秘的探索、健康长寿的研究方面，受到生命科学界的极大关注。微生态学的现代化特征包括以下几个方面：

一是与现代生命科学分支的融合。微生态学与细胞学、分子生物学、基因工程学、免疫学、系统论、信息科学、自动控制（计算机）等学科互相渗透，互为基础，互为联系。

二是电镜技术的应用。利用电镜技术使得原位观察微生物与微环境及更微细的结构成为可能。病毒与细胞或亚细胞结构也可由电镜观察到。

三是悉生生物学作为一门方法学引入微生态学。1945 年，Reynier J A 博士提出了悉生生物学，概括了无菌技术和由无菌技术取得的科学信息，其主要研究内容是正常微生物群与其宿主在细胞水平或分子水平上的相互关系。

四是微生物分类学的新发展。现代分类技术包括原核细胞分类、数值分类、核酸分类、遗传学分类以及血清学与化学分类，这些分类法为微生物分类提供了前所未有的条件。

五是用微生态学观点解释微生物和环境间的诸多现象。美国哈佛大学的 Dubos R J 等基于双歧杆菌的研究提出了假说——“正常微生物群在固有生境内不致病，只有转移到外生境才能致病”，前者称为原籍菌群，后者称为外籍菌群。微生物学上的同一种菌，因生境改变而成为两类菌，这只能用微生态学的观点来解释。自此，大量的生态学观点和术语被引入到正常微生物群的研究领域中。

三、微生态学与其他学科的关系

从微生物发现到现在 300 多年的发展史中，有关微生态的信息大多分散在其近缘学科如细菌学、免疫学、微生物学、生态学、病毒学、悉生生物学、生物化学、营养学、土壤学、植物学、动物学、昆虫学等学科中。但作为一门独立的学科，微生态学仍有其自身的理论、方法和研究领域。微生态学不仅有近缘学科，而且有基础学科。

（一）微生物学与宏观生态学的关系

宏观生态学是研究生物圈与地球本身的相互关系的生物科学，具体来说是研究生物与环境（有生命和无生命的）之间相互关系的学科。由于生态层次和研究对象不同，在理论和方法上也必然存在差异，因此从生态学分化出微观生态学和超微观生态学（分子微生物学）是必然的发展规律。图 1-1 显示了不同生态层次的分化及相互关系。

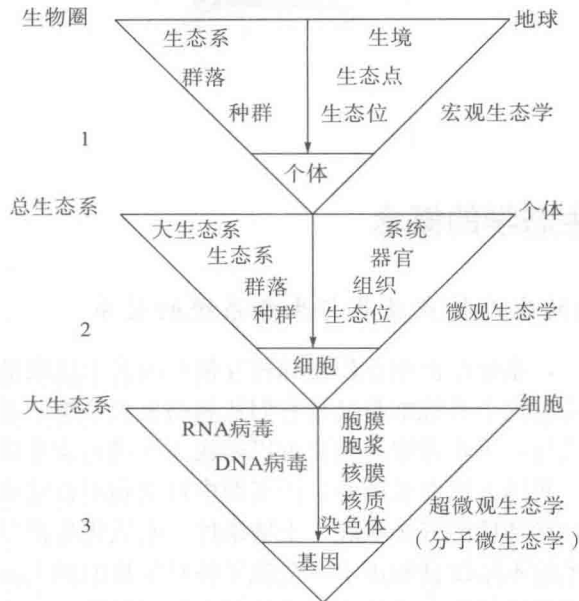


图 1-1 生态层次分化及相互关系

（二）微生物学与微生物生态学的关系

微生物生态学是生态学按生物类型分出的生态学分支。微生物生态学与（宏观）生态学是不同层次的等位分工，是属于总论性质的。微生物生态学侧重于微生物，而微生物生态学则侧重于生物环境。

（三）微生物学与微生物学的关系

微生物学是生物学的分支，研究微生物的分离、培养、鉴定和对人、动物、植物的毒力、致病性及其防治等。微生物生态学是生态学的分支，研究宿主体内微生物群落、种群、组成对宿主的生理作用，研究生态平衡、生态失调和生态防治。微生物学是微生物生态学的基础，两者不能互相取代。

此外，微生物学与（宏观）生态学一样，都是生命科学的一个分科，它与生理学、生物化学、分子生物学、组织胚胎学、遗传学等都是生物学的基础分科，这些学科所研究的对象都是生命现象，因此各学科之间有着横向联系。另外，各分类学科又在纵向与横向上构成各种交叉联系。

第二节

白酒微生物学的概念及研究意义

一、白酒微生物学的概念

(一) 中国白酒的生产特点及其与生态系统的关系

按照系统论的观点,系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体,而且这个系统本身又是它们从属的更大系统的组成部分。由此观点来看白酒酿造的微生态系统,不难理解为何自古以来我国酿酒行业非常重视地理环境。中国的酿酒文化源远流长,我国人民在长期的生产实践中自觉和不自觉地运用着生态学的原理及方法。古人酿酒,自然环境的气候状况、土壤条件、水质优劣都是必须考虑的因素,而与之相适应的酿酒技术的不断改良和进步,造就了各具风格的酒类品牌,丰富了中国的酿酒文化。符合自然地理规律构筑而成的中国传统固态发酵酿酒窖池浓缩了自然环境的各种地域特征,成为酿酒生产的基本单元。窖池微生态系统作为酿酒生产园区更大系统的有机组成部分,通过酿酒生产园区从属于所处的周边自然地理环境,依托周边大生态圈而存在。

以沱牌工业生态园为例,国家名酒企业沱牌公司的酿酒环境得益于从外到内层次递进的三个大的生态圈和沱牌酿酒工业生态园的作用(如图1-2所示)。在这个生态系统中,处于最外层的是大生态圈(园),位于中国腹心地域的四川盆地,该生态圈属亚热带生物气候区,降水量大,平均气温较低,境内动物、植物、矿产资源丰富,蕴育了五粮液、泸州老窖等众多的国家名酒,这是沱牌公司的第一个生态圈;中层为亚生态圈(园),位于四川盆地中部的射洪县,该县系巴蜀腹心地带,依山傍水,气候温和,是连续多年的国家绿化先进县,自古有酿美酒的优良传统,“射洪春酒寒仍绿”,这是沱牌公司的第二个生态圈;内层是核心生态圈(园),位于射洪县南部的柳树沱,该地域处在岷山与秦岭之间的涪江由北至南流经射洪形成的一块冲积平原上,山青水秀,鸟语花香,这是沱牌公司的第三个生态圈。在核心生态圈之内,是模拟生态系统功能建立的微生态圈,即沱牌酿酒工业生态园。从外到内层次良好的生态系统和酿酒工业生态园,为沱牌优质曲酒的酿造提供了最基本的生态环境条件。