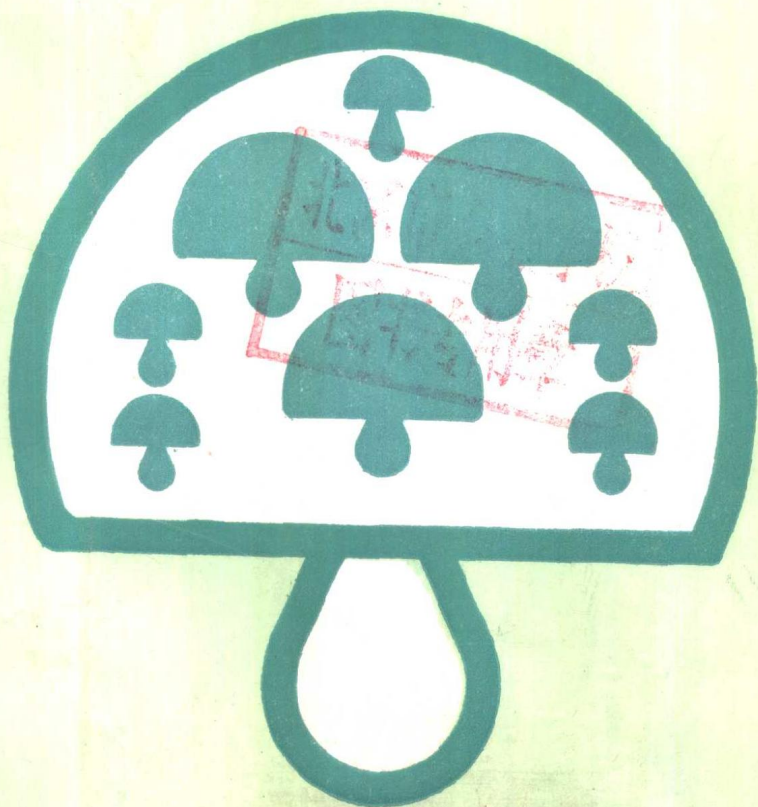


农副产品化学加工丛书

食用菌的栽培和发酵

陈驹声 主编

张桂祥 编



化学工业出版社

农副产品化学加工丛书

食用菌的栽培和发酵

陈驹声 主编

张桂祥 编写

内 容 介 绍

本书对蘑菇、香菇、金针菇、草菇、平菇、木耳的一般栽培方法就配方、生产上出现的问题的解决等进行了详细地介绍外,还对近年来出现的大规模立体栽培及深层发酵培养的工艺及生产细节进行了介绍,并对食用菌生产的未来进行了展望。

农副产品化学加工丛书 食用菌的栽培和发酵

陈驹声 主编

张桂祥 编写

责任编辑:徐力生

责任设计:许立

化学工业出版社 出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $5\frac{5}{8}$ 字数 126 千字

1988年12月第1版 1988年12月北京第1次印刷

印 数 1 万 册

ISBN 7-5025-0289-0/TS·2

定 价 1.80 元

出版者的话

中国的振兴，仅仅依靠城市的工业化是远远不够的，只有人口占绝大数的农村真正振兴了，才能兴旺。

农村的振兴，关键在于科技。为此，国家制定了旨在用现代化技术逐步武装地方经济特别是农村经济的“星火计划”，并将其列为我国科技发展的三个方面内容之一。进入农村的先进科技的“星星之火”必将逐步形成农业现代化的“燎原之势”。

中国地大物博，农村有着丰富的物产资源。就农副产品而言种类繁多，包括粮、油、果、菜、林、鱼、禽、畜产品等，除直接食用外，经过物理、化学或生化加工可制成价值更高的各种有用产品。例如玉米可加工成玉米油、蛋白质、淀粉，淀粉又可进一步制成各种变性淀粉和各种发酸产品（如味精、各种氨基酸、核酸、有机酸、醇、酮等），玉米芯、稻壳、麦秆还可加工成许多半纤维素化学品等；植物油经加工可制成各种人造黄油等；蔬菜可加工成各种腌菜、酱菜等；林产品经加工可制成纤维素产品松香、栲胶及各种衍生产品等；鱼类可加工成鱼干、鱼露等；猪肉可加工成为火腿、香肠等等不胜枚举。

为适应地方及农村迅速发展的形势，配合“星火计划”的实施，向广大读者传播科技知识，本社特请陈驹声教授主编了《农副产品化学加工》丛书。本丛书就农副产品的加工产品为课题，有系统地分册、分期、分批出版，提供用物理、化学或生化方法，将动植物原料加工成为工农业和人民生活所需的各类食品和化学品的基础知识和具体生产技术知识，以促进我国

食品工业和化学工业的发展。

本丛书各册的编写人员大都是我国食品工业和化学工业较发达的地区——上海等各行业的权威人士，或是农副产品化学加工第一线有丰富实践经验的科技人员。丛书总结了国内从农副产品制取食品和化学产品的生产经验，从实用出发，主要叙述实用生产操作技术，同时也根据生产技术所需适当阐述原理并介绍世界上先进技术，指出今后发展趋势，促进新技术的开发。

本丛书的读者对象为食品工业和化学工业的技术人员和工人，特别是乡镇企业人员；也可供有关科研人员及高等院校师生参老之用。

一九八七年七月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 世界蘑菇发展的历史	(2)
第二节 世界商品化食用菌的生产	(4)
第三节 促进世界蘑菇生产发展的因素	(5)
第四节 发展食用菌生产的意义	(8)
第五节 发展食用菌的前景和启示	(8)
第二章 食用菌的营养	(10)
第一节 食用菌中的蛋白质和氨基酸组成	(10)
第二节 几种主要菇类的营养成分和药理作用	(11)
第三节 食用菌中的维生素含量	(13)
第四节 关于食用菌中核酸的含量	(14)
第五节 食用菌的热量测定	(15)
第三章 真菌的育种和子实体形成	(16)
第一节 突变育种	(16)
第二节 杂交育种	(18)
第三节 子实体的形成	(19)
第四章 菌种的选育、制备及保藏	(21)
第一节 食用菌的菌种选育	(21)
一. 食用菌菌种	(22)
二. 几种菌种选育的方法	(22)
第二节 菌种的制备	(25)
一. 人工培育纯菌种的主要设备和器材	(26)
二. 斜面试管母种的培养	(27)
三. 原种和栽培种的培养料配制	(31)
四. 装瓶、灭菌	(33)
五. 接种培养	(34)
六. 液体菌种培养	(34)
第三节 食用菌的菌种保藏	(35)

一. 斜面低温保藏法	(36)
二. 液体石蜡保藏法	(38)
三. 砂土保藏法	(38)
第五章 几种主要食用菌的栽培技术	(41)
第一节 蘑菇栽培技术	(41)
一. 蘑菇的形态结构	(41)
二. 蘑菇的生活史	(43)
三. 蘑菇生长发育所需要的条件	(44)
四. 蘑菇的栽培	(49)
五. 蘑菇病虫害	(76)
第二节 香菇栽培技术	(84)
一. 香菇的特性	(85)
二. 香菇对生活条件的要求	(85)
三. 香菇的栽培方法	(87)
第三节 草菇的栽培	(93)
一. 草菇的形态和生活史	(93)
二. 草菇的生活条件	(95)
三. 草菇的人工栽培	(98)
第四节 金针菇的栽培	(103)
一. 金针菇的形态和生活史	(104)
二. 金针菇的生活条件	(104)
三. 金针菇的栽培	(106)
第五节 平菇的栽培	(110)
一. 平菇的形态特性	(110)
二. 平菇生长发育的环境条件	(111)
三. 平菇的栽培	(113)
第六节 黑木耳和白木耳栽培	(117)
一. 黑木耳和白木耳的生物学特性	(117)
二. 黑木耳和白木耳对生长环境条件的要求	(119)
三. 黑木耳和白木耳的栽培	(121)
第六章 食用菌的深层发酵及其应用	(127)
第一节 食用真菌的深层发酵	(127)

一、深层发酵食用菌的用途	(128)
二、食用菌深层发酵的培养条件	(130)
三、食用菌深层发酵的生产工艺	(136)
第二节 食用真菌深层发酵制种技术的应用	(137)
一、香菇液体种发酵工艺流程	(138)
二、工艺条件	(138)
三、液体菌种和固体菌种生产周期的比较	(139)
四、香菇液体菌种的栽培应用	(139)
第三节 食用菌深层发酵在医药和食品工业上的应用	(144)
一、食用真菌深层发酵在医药上的应用	(144)
二、食用真菌深层发酵在食品工业上的应用	(149)
第七章 具有商品价值和栽培前途的食用菌展望	(156)
第一节 竹荪菌的人工栽培	(156)
一、竹荪菌的生态考察	(157)
二、纯母种的分离	(158)
三、原种和栽培种的培养	(160)
四、室内竹荪子实体的栽培	(161)
第二节 羊肚菌的人工栽培	(162)
一、羊肚菌的形态特征	(162)
二、羊肚菌的生长发育环境条件	(163)
三、菌种制备	(164)
四、羊肚菌的人工栽培	(165)
第三节 松菇和块菌的半人工栽培简介	(167)
附录	(170)
参考文献	(172)

第一章 概 述

食用真菌是我国的传统中草药和鲜美食品，它的栽培和生产有着悠久的历史，如：香菇、草菇、木耳等，早在明朝便开始人工栽培生产。至于野生的食用真菌如：口蘑、鸡枞、竹荪、牛肝菌、羊肚菌、红菇、松菇等，早被广大群众食用并行销国内外。目前世界上可供食用的菇约有500余种（我国约有350种），但被人类广泛食用的不过30多种，其中大量商业化栽培生产的只有十来种。产量最多的是蘑菇、其次是香菇、金针菇、草菇、木耳等。

我国约在30年代开始栽培双孢蘑菇（罐藏品种），当时仅在上海等少数大城市小量种植，作为高档蔬菜供应外侨。解放后，1958年我国食品罐头工业迅速发展，作为罐头原料的蘑菇需要量大增，并在上海郊区开始大面积栽培和生产蘑菇罐头。1966年后普及浙江、江苏、福建、四川、广西、广东等省。1982年后我国的食用菌罐头品种（除蘑菇罐头外）还发展生产了草菇、香菇、金针菇、平菇罐头出口。草菇罐头以广东、福建为主。所以不仅品种在增加，产量也在逐年上升。同时近几年在食用菌科研方面，还开发提供了金针菇、滑菇、竹荪等罐藏新品种，这将为加快和促进食品罐头工业发展提供更多的资源。此外在脱水干制品方面如：香菇、口蘑等在国内外久负盛名。上海从60年代初开始生产蘑菇干出口以来，深受欢迎，产量日增，每年达数百吨。

目前我国的食用菌生产主要是供出口，赚取外汇。国内市

场供应甚少,按人口计,尚无法统计我国的食用菌消费量情况。但我国人口10亿,随着人民生活水平的不断提高,必将对各类食用菌提出更多、更强烈的要求。因此可以认为大量发展食用菌不仅可以供出口赚取外汇,而且可以满足国内人民改善食品结构、提高营养成分和增强身体素质的需要。

此外,食用菌发酵工业正在不断发展,目前已在医药和食品工业生产中开始被广泛应用。例如:灵芝、天麻蜜环深层发酵所生产的药品,在医药上已大量投产,并通过进一步研究,它们还将作为保健饮料,为人们提供具有保健性的真菌饮料新门类,为食品工业开拓新的途径,丰富了食用真菌的生产和研究内容。

第一节 世界蘑菇发展的历史

蘑菇生产始于1650年,是法国人在巴黎附近的马粪堆上发现野蘑菇后进行驯化栽培的,其产量一直在不断增长。18到19世纪,蘑菇的栽培逐渐扩展到英国和美国。法、英、美三个国家的产量占全世界蘑菇总产量的绝大部分。当时,蘑菇由于栽培技术原始,产量低、成本高。其消费仅局限于贵族和高薪阶级,一般人是吃不起的。

蘑菇生产的真正发展,是在20世纪初叶的1920~1930年间,当时,主要靠法国、英国、美国三国蘑菇生产的发展,欧洲其它国家虽然也开始栽培蘑菇,但产量很低。第二次世界大战给欧洲的工业造成很大的破坏,对蘑菇栽培业的发展也有较大的影响。美国是战胜国,战争对美国的蘑菇栽培业没有影响。随着欧洲战后的经济复苏,不仅传统栽培双孢蘑菇的国家,如:法国、英国、荷兰、丹麦、意大利,就是澳大利亚等国的菇类生产也有较大的发展。1950年世界蘑菇的产量上升,此时欧洲

和北美大约各占总产量的一半。

1950 ~ 1960年这10年中间，欧洲和美洲的双孢蘑菇生产，每年以7 %的速度递增，而欧洲和北美洲的产量约占全世界总产量的90 %。同时，在这10年期间，澳大利亚、日本的双孢蘑菇也开始发展起来，但产量很少。这10年期间，人工栽培双孢蘑菇的技术，已经从美洲、欧洲国家慢慢地转移到东欧和亚洲国家。1951年台湾省开始小规模栽培双孢蘑菇，当时的产量比较低且不稳定。

1960 ~ 1970年，世界蘑菇生产的平均增长率由7 %上升到10 %。1970年，南美洲一些国家开始工厂化栽培蘑菇。台湾省的双孢蘑菇生产，虽然直到1960年前还是微不足道的，但在1960 ~ 1970年的十年间却发展得很快。南朝鲜从1963年开始栽培双孢蘑菇，最初的年产比较低，但到了1970年有了很大发展。这时，台湾省及南朝鲜已成为世界菇类的主要产区之一，其产量占世界菇产量的20 %左右，而北美也只占20 %，西欧占50 %。从而，改变了过去的世界蘑菇总产量以欧洲和北美洲各占一半的局面。

1970 ~ 1980年，世界蘑菇业生产，因受1972 ~ 1973年能源危机，经济衰退的影响，发展的速度虽有所减缓，但是从总的来说，其增长速度仍然是相当快的，特别是发展中国家，迅速地发展成为世界重要的菇类生产基地。在这10年中，中国（包括台湾省）和南朝鲜的菇类生产发展比较快，1978年菇产量的总和约为世界菇类产量的28 %。南朝鲜的双孢蘑菇生产比较稳定，单产比我国高。南朝鲜双孢蘑菇单产高的原因是：①南朝鲜的气候比较冷，这样有利于防止病虫害的侵害，因为在热带、亚热带地区病虫害比较多；②南朝鲜是用永久性的水泥菇房来栽培蘑菇，比较容易控制生长条件，而台湾省多采用塑料临时菇

房，难于控制生长条件；③蘑菇生产期，南朝鲜在自然环境条件下，不需要空调可以生产7个月，而台湾省由于气候温暖，双孢蘑菇的生产季节只有4个月。中国的双孢蘑菇生产主要在沿海地区，南方的福建、广东、广西也只能生产4个月，而河北、山西、河南、山东、辽宁等北方省份和南朝鲜气候条件差不多，可以生产双孢蘑菇7个月。所以我国今后可以根据这些情况，逐渐在北方各省份大力发展栽培双孢蘑菇。

第二节 世界商品化食用菌的生产

食用菌俗称菇或蕈，是一类可以食用的高等真菌，它不但风味独特，而且营养丰富，是菜肴中的珍品。此外，根据近年来的研究发现某些食用菌，如：羊肚菌、香菇等可用作提取调味品（增鲜剂），灵芝、银耳、猴头菇、天麻蜜环菌、伏苓、冬虫夏草可用来制成药品或加工制成保健饮料。因此食用菌也是食品工业和制药工业的重要资源。

全世界约有2000多种食用真菌，但目前可以进行大规模商品化栽培的只有十来种（可进行深层发酵的约有二十余种）。其中蘑菇（包括双孢蘑菇和大肥菇）产量居世界食用菌产量的第一位；香菇产量居第二位，香菇主要生产国家是日本；其它食用菌依次是草菇，金针菇，平菇^①，滑菇，木耳，及其它。

近年来，由于世界菇类消费的不断增长，致使菇类产量显著增长，这不但由于全世界栽培面积的扩大，也由于单位面积产量的提高。同时，其它的食用菌种类也在平衡地发展。被人类广泛食用的28种食用菌见表1-1。

① 平菇包括虫毫菇，凤尾菇。

表1-1 被人类广泛食用的28种食用菌（包括野生菇类）

种 类	商业化生产情况	种 类	商业化生产情况
松 菇	尚不能人工栽培（野生）	蘑 菇	现代化工业生产方式
冬虫夏草菌	尚不能人工栽培（野生）	香 菇	机械化生产方式
牛 肝 菌	尚不能人工栽培（野生）	草 菇	人工栽培
鸡 油 菌	尚不能人工栽培（野生）	金 菇	机械化生产方式
鸡 枞 菌	尚不能人工栽培（野生）	平 菇	机械化生产方式
松 乳 菇	尚不能人工栽培（野生）	滑 菇	人工栽培
铜 钉 菇	尚不能人工栽培（野生）	木 耳	人工栽培
白 棕 口 蘑	尚不能人工栽培（野生）	大肥菇	人工栽培
灰 口 蘑	尚不能人工栽培（野生）	竹 荪	人工栽培科研突破
卷边网褶菌	尚不能人工栽培（野生）	茶 菇	人工栽培
红 菇	尚不能人工栽培（野生）	猴头菇	人工栽培
林 地 菇	尚不能人工栽培（野生）	灵 芝	人工栽培
口 蘑	尚不能人工栽培（野生）	伏 苓	人工栽培
块 菌	尚不能人工栽培（野生）	羊肚菌	人工栽培（野生）

第三节 促进世界蘑菇生产发展的因素

本世纪初开始，特别是近几十年来，由于栽培技术的改进和科学技术的发展，对蘑菇生产的发展和产量的提高起着重要的作用。主要有以下几个方面。

一、标准菇房的推广

1920~1930年，推广了标准的菇房，首次人工控制菇类栽培的小环境，这是自1650年野外自然环境人工栽培蘑菇改为室内人工控制生态条件的真正尝试，这对蘑菇生产的发展和产量的提高有着很重要的意义。

二、谷粒菌种的推广

过去种双孢蘑菇，用的都是草料菌种。纯菌种是由法国人创用的，而且垄断纯菌种技术达几十年，获利颇巨。1930年美国农业部伦拜耳（Lambert）首先发现用孢子，组织分离来培养双孢蘑菇的纯菌，并推广了谷粒菌种，这对蘑菇的工业化栽

培起着推动作用。1930年是蘑菇栽培史上一个重要的年份。

三、后发酵技术的选定

第二次世界大战后,开始采用堆肥的低温消毒(巴氏消毒、后发酵)。过去,消毒一般均采用自然升温(堆肥的中心温度高、外面温度低)很不均匀,中心温高达 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$,系一次发酵。后来发现采用二次发酵(后发酵),这样不但可以将有害的病菌杀死,而且可以保留并大量繁殖耐高温的有益微生物(如纺线菌)。因为这些微生物可以分泌抗生素有利于蘑菇栽培时抵制杂菌的侵染,以形成一种适合蘑菇生长发育的选择性培养料。通过试验,开始选定低温消毒的温度范围是 $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 。由于1972年能源危机,为了节约能源,菇类学家们继续研究后发酵的最低温度,已经公认最低巴氏消毒温度可降到 58°C ,经过4小时,就可以达到同样的效果。自从堆肥实行了第二次发酵即后发酵,使蘑菇的生产技术有所改进提高。

四、栽培工艺的制定

在现代大企业化的蘑菇生产单位中采用的蘑菇栽培工艺,使蘑菇生产逐步科学化,最后形成菇类科学。它是在微生物学、发酵学和环境机械学的基础上综合发展起来的一门应用科学。人们通过对蘑菇的营养(堆肥、覆土)和生态因子(温度、湿度、 CO_2)的需求研究,发现蘑菇在营养生长和生殖生长的不同生态阶段,对温度、湿度、 CO_2 的需求是不同的。一般营养生长阶段需要温度较高、湿度较低,而生殖生长需要的温度较低、湿度较高。例如:双孢蘑菇在营养生长时为 25°C 左右,空气相对湿度在 $70\sim 80\%$,在出菇期要求温度降至 $15\sim 17^{\circ}\text{C}$,空气相对湿度要求 $90\sim 100\%$;香菇、金针菇和双孢蘑菇相似,平菇在两个时期的温差不太明显。然而 CO_2 在菇类生长的两个阶段中需求不一样,我们知道 CO_2 可以促进菌丝的生长,这一原

理已运用于企业化菇场生产中。例如：荷兰机械化采收的菇场，当第二天采收时，于第一天晚上关上菇房的门窗，增加菇房内的 CO_2 浓度，使菇柄增高，便于机械化采收。这些完全是根据科学的原理来进行生产管理，每一阶段需要多少 CO_2 ，如何控制温度，都是科学研究成果在菇类生产方面的应用。

五、病虫害的控制

了解菇类病虫的生活史，用化学药剂或其它方法来控制和防治病虫害，以保证菇类生产发展。

六、开展学术交流

国际蘑菇协会，每隔3年要举行一次科学大会，使菇类科学家和菇农能充分交流蘑菇栽培和菇类科学方面的经验及研究成果，这对于推进世界蘑菇生产的发展和提高产量起着极其重要作用。我国轻工业部组织的蘑菇罐藏品种科研协作和华东六省、市组织的食用菌科研协作，均定期（每隔2年）召开研讨会交流科研成果，这对促进我国蘑菇和其它食用菌发展起着积极作用。

七、遗传育种的研究

通过遗传育种的研究，使蘑菇的新品种和高产品种不断地选育出来，在生产上推广应用，从而推动和促进蘑菇生产的发展和单产的提高。例如：双孢蘑菇是在马粪堆肥中育出来的，堆肥材料是以马粪和稻草等为主要原料，现在已发展到用合成材料配成堆肥，使双孢蘑菇的遗传特性改变为能在合成堆肥上生长。再者，过去双孢蘑菇栽培是在温带地区，后来转到热带地区和亚热带地区，栽培所以能获得成功，是因为菌种经过了选育。同样在我国，现在双孢蘑菇栽培主要产区是南方沿海地区，如福建、广东、浙江、江苏、上海等省市，今后可以通过育种使蘑菇栽培北移。

第四节 发展食用菌生产的意义

20世纪是一个知识爆炸的时代，科学技术在日新月异的发展。当前，世界面临着人口爆炸，能源危机，食物短缺问题。食用菌在食物短缺的问题上能作出什么样的贡献？

发达国家，以美国为例，每人每年消费谷物2000英磅。比发展中国家高5倍。但是，美国人直接食用的谷物只有200磅，其余的1800磅是作为饲料，生产肉类、蛋品和奶品等食物。例如，生产1磅猪肉约需4磅粮食，1磅鸡肉约需3磅粮食等。

可是，过多食用肉类和奶品会引起营养过剩。一般健康人食用肉类蛋白不应超过35%，食用过多会得肥胖病、高血压、心脏病和糖尿病等。因此，必须开发新的食用蛋白。如果从单细胞细菌、藻类或其它微生物中提取蛋白质，主要取决于这种新的蛋白质是否有副作用和能否为群众所接受，也就是群众喜欢不喜欢。食用菌蛋白质不仅味鲜可口，而且几千年来每个国家都有食用的习惯，是受人们欢迎的食用蛋白质。

食用菌是高等真菌，没有叶绿素，不能进行光合作用，当然不能自己制造养分。它必须依靠其它高等植物，利用高等植物的茎、叶等残余部分，而这些残余部分都是工农业的下脚料和废弃物。食用菌可以利用这些废弃物来生长，也就是说食用菌能将工农业的废弃物转变成人类可以食用的食物。此外，食用菌可进行立体栽培，向空间发展，占地少，且可以用一些非耕地。这些是发展食用菌事业为人类造福的特点。

第五节 发展食用菌的前景和启示

一、从世界蘑菇发展的历史来看

世界蘑菇的产量，除1972~1973年受到能源危机的影响，

曾经一度下降以外，基本上是直线上升的趋势。预测今后的20年，如果国际上没有大的变动，例如能源危机或战争等，世界蘑菇的产量将会持续地增长，增长比例为6~10%。

二、从蘑菇的营养价值来看

蘑菇是一种高营养、低热量的食品，在西方国家已成为大众化的蔬菜。世界蘑菇的消费量，正在逐年增长。消费量的增长将促进和推动世界蘑菇产量的继续增长。

三、从生产的方法来说

今后世界蘑菇的生产很可能是朝着荷兰的合作社“自我服务”的方向发展，而不是机械化的方式。“自我服务”方式，就是出售发好菌丝的栽培箱。这种方式在美国、英国和澳大利亚十分盛行并在国际上有增无减。