



腐植酸应用丛书

中国腐植酸工业协会 组织编写

生物腐植酸

SHENGWU
FUZHISUAN
YU SHENGTAI
NONGYE

与生态农业

李瑞波 编著



化学工业出版社

中国环境科学出版社

中国环境科学出版社

生物腐植酸 与生态农业

王明远 主编



中国环境科学出版社



腐植酸应用丛书

中国腐植酸工业协会 组织编写

生物腐植酸

SHENGWU
FUZHISUAN
YU SHENGTAI
NONGYE

与生态农业

李瑞波 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在总结作者多年实践经验的基础上,系统论述了生物腐植酸的基本知识以及生物腐植酸产业在循环经济和环境保护中的应用和作用。重点介绍了生物腐植酸技术在工农业有机废弃物资源化利用、高效生态农业及水产健康养殖等领域的应用技术。实用性强。

本书可供从事农业、环保、糖业、肥料及科技管理部门的工作人员阅读,也可供大专院校农学、生物等相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物腐植酸与生态农业/李瑞波编著. —北京:化学工业出版社,
2007.10

(腐植酸应用丛书)

ISBN 978-7-122-01264-7

I. 生… II. 李… III. 腐植酸-应用-生态农业 IV. S153.6 S-0

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第156476号

责任编辑:杨立新 刘 军

文字编辑:陈 雨

责任校对:陈 静

装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张6½ 字数162千字

2008年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:24.00元

版权所有 违者必究

序

纵观汪洋书海，腐植酸类图书甚少。在已出过的腐植酸类图书中，唯郑平先生主编的《煤炭腐植酸的生产和应用》（1991年出版）一直在业内独享清教，这与博大精深的腐植酸类物质的客观存在极不相称。

在浩瀚广袤的地球生物圈里，蕴藏着一种不引人注目的暗色有机物，这就是腐植酸类物质。腐植酸是天然高分子有机化合物，广布于土壤、江河、湖泊、沼泽、森林等自然界中，是地球碳循环的重要组成部分，亦是“维持生命的贮库和生物圈的保护者”。

人类真正认识腐植酸，自1786年德国 Achard 首次从泥炭中提取腐植酸后，德国 Vauquelin 和 Thomson 分别于1797年、1807年用碱液从腐解植物残体和土壤中提取出腐植酸，距今只有221年。如果以我国“药圣”明代著名医药学家李时珍《本草纲目》著作中编入的“乌金散”（国家中医药保护品种，“乌金”系指腐植酸）为个例的话，说明我国腐植酸的应用已有四百多年的悠久历史。

自1957年3月起，我国开始煤炭腐植酸的研究、生产和应用，走过了从理论到实践、从论证到创新、从示范到推广的过程，取得了由量变到质变的一系列重要成果，确立了腐植酸对国民经济一、二、三产业有益补充的历史地位。50年中，我国腐植酸产业先后经历了基础研究的“开拓期”（1957~1966年）、“文革”时期的“间歇期”（1966~1974年）、国家推动的“黄金期”（1974~1985年）和市场化发展的“自然生育期”（1985~2006年）四个阶段。现在，伴随着国民经济可持续发展的需要，终于迎来了市场成长的最好时期。

人类从土壤、水体等中获取腐植酸原料几乎不可能，而煤炭腐植酸的开发利用则成为必然。工业利用的腐植酸，主要从富含腐植酸的矿源（褐煤、风化煤、泥煤）中提取。我国煤炭腐植酸资源丰富，已知的褐煤约 1265 亿吨，风化煤约 1000 亿吨，泥炭约 125 亿吨，价值高达人民币百万亿元。20 世纪 60 年代初，我国开始煤炭腐植酸生产，至今已形成工业化规模，主要有腐植酸、硝基腐植酸、腐植酸盐等三大类数以百计的产品。这些原创产品由最初在农业开发中的应用，逐步渗入工业、矿业、医药、保健乃至环境治理等众多应用领域，并已在绿色环保产业中彰显出独有魅力。而且，中国腐植酸产品种类之多、应用范围之广，均居世界前列。

20 世纪 90 年代初，“生物腐植酸”脱颖而出，这是我国科技工作者师法自然而取得的一项重要成果。“生物腐植酸”称谓缘于两个显著特点：一是原料均系生物质，二是产物依靠生物发酵，两者可不断优化和再生利用。生物腐植酸具有广泛的生物活性。目前，在大农业各领域中均得到了很好的应用，如腐植酸可降解液态地膜、腐植酸水产健康养殖、腐植酸植物康复制剂等新品新秀。

人类认识腐植酸是一个渐进的过程。在我国计划经济条件下，腐植酸在国民经济分类中只是一个小类，产品多以稳定剂、调节剂、助剂等形式存在，只是经济发展中“公益性”的“润滑剂”。当人类在工业领域极尽扩张，大量消耗初级资源，生态环境遭到破坏，直至民生安全受到威胁时，腐植酸的作用和地位才得以凸显出来。

腐植酸与环境和谐共生的天然本色，必将造就腐植酸成为关怀人类的新产业。毫不夸张地说，人类赖以生存的土壤、水体、空气、动植物、有益微生物等环境因子，不可避免地都要牵涉到腐植酸类物质；人们生产生活使用的肥料、农药、处理剂、吸附剂、化学品和医药保健品等，凡是涉及绿色环保和食品安全产业链上的要素，无不把注意力转向腐植酸的开发应用上来。正如世界知名土壤化学家 M. 斯尼茨尔教授所说：“腐植酸类物质广泛分布于地球表面，直接或间接地控制着许多反应，影响着这个地球上人类的生

存，并继续地向许多久经考验的科学家的的好奇心和智慧发起挑战。”

回顾历史，我们付出了辛勤的劳动，获得了丰硕的果实，积累了宝贵的经验和教训。中国腐植酸工业协会组织全国从事腐植酸研发、生产和应用等领域的专家和科技工作者编写《腐植酸应用丛书》，其目的正是：总结过去，分享成果；浓缩精华，推进未来！

曾宪成

2007年8月于北京

前 言

生物腐植酸是腐植酸领域的一类新品种。述说生物腐植酸，必先谈谈腐植酸。

人类开始农耕作业，就要接触腐植酸，使用腐植酸。到了中医药昌明的中古年代，人们开始了对腐植酸的初步研究，其中药圣李时珍是最具代表性的。世界上对腐植酸开始进行系统的机理研究和应用探索，却是近百年来发生的事情。而我国这种研究和探索则仅起始于 20 世纪 70 年代初。因此可以说，腐植酸很古老，古老得源头茫茫无可考究，但关于它的研究理论却很年轻，年轻得像刚冒出的泉水，清新而单纯。正因为如此，我国有关腐植酸的专著和科普作品，在连天接地的书海书山之中连“凤毛麟角”都算不上，简直可以说是海底一针，山中一叶了！

其实腐植酸是地球上普遍存在，几乎无处不有的物质。它与人类的生存息息相关。它对于国民经济许多领域的状态和发展有着深刻的影响。尤其对国民经济绿色 GDP、对于生态农业和可持续发展，更具有举足轻重的作用。因此作为腐植酸业内人士，实在是应该拿起笔，向同胞们介绍腐植酸。

腐植酸是由动植物残体经过微生物分解和转化，以及地球化学的一系列过程积累起来的。腐植酸可以从泥炭、褐煤、风化煤或某些土壤提取而得。它是一类含苯核和羟基、羧基、酚羟基和甲氧基等活性基团的无定形的高分子化合物的混合物。腐植酸组成相当复杂，根据腐植酸物质的物理特征和分子量由大到小，可分为三段，即黑腐酸（仅溶于碱，black humic acid），棕腐酸

(仅溶于碱和乙醇, brown humic acid) 和黄腐酸 (可溶于酸、碱和水, fulvic acid, FA)。分子量越小, 亲水性越好, 内比表面积越大, 其吸附、阳离子交换、络合、螯合能力越强, 表现出更强的生理生化活性。因此, 腐植酸中的黄腐酸 (FA), 活性最强, 使用价值更高, 在农业、畜牧业以至医药和美容等方面, 都得到广泛的应用。通俗地说, 腐植酸是土壤腐殖质的精华, 黄腐酸是腐植酸的精品。

世界上许多国家都重视腐植酸资源的开发和利用。国际上有国际泥炭学会和国际腐殖质学会, 中国有中国腐植酸工业协会, 致力于腐植酸行业的科研和应用推广。1980 年中国农业部组织了全国 32 个农科院所、大专院校组成了腐植酸农业应用试验推广协作网, 在北京农业大学 (现为中国农业大学) 牵头主持下, 1980~1985 年连续 5 年对 24 种作物 773 个田间试验共 800 多万亩农田, 开展腐植酸肥效科学试验, 得出了腐植酸具有改良土壤、增进肥效、调节作物生长、提高作物抗逆性和改善作物品质等作用的科学结论。

生命活动和工农业生产过程的副产品也有腐植酸, 如动物粪便、制糖残渣、酿酒废液、造纸黑液、味精尾液等, 都含有腐植酸。根据此原理, 利用工农业有机废弃物为原料, 通过特殊的生物或生化工艺生产富含黄腐酸 (FA) 的腐植酸产品, 就成为一种“生物质源腐植酸”。生物腐植酸是中国人的创造, 是“师法自然, 超越自然”的人造腐植酸、精品腐植酸。生物腐植酸及其开发和应用技术, 拓展了腐植酸行业的新领域, 大大丰富了腐植酸宝库的内涵, 使我国腐植酸行业在国民经济发展中的作用进一步凸显出来。

笔者从事生物腐植酸科研和应用技术推广至今已经 12 年了, 对生物腐植酸由知之甚少到知之较多。在这个过程中感觉到生物

腐植酸真是深不可测。它像一个巨大的宝藏，越挖越多、越挖越闪光。它像一座巨大的磁石吸引着你，使你欲罢不能。在工作之余常常想：这么一座硕大无垠的宝藏，仅有少数几个人在挖，不但不成气候，而且有负宝藏的价值，更有负亿万民众对现代化建设中绿色 GDP 值的翘望。为此不憚才疏智浅，来写这本著作。此书不敢称为专著，仅希望引来诸多真才实学之士写这种专著；也不敢称为科普，仅希望引来更多志同道合之人写这种科普。期待来年见到科技书山之上，开出一片灿烂的腐植酸之花，散发出一缕缕生物腐植酸之香。

本书分六章，除第一章对生物腐植酸机理功能及产业概况进行简要介绍外，其余各章重点介绍生物腐植酸技术在各行业各领域的实际应用，因此是一本偏于应用技术的书。在本书写作过程中得到朱昌雄、廖宗文、何立千等先生的指导和帮助，中国腐植酸工业协会曾宪成理事长对本书的写作给予了具体指导，在此一并致谢。由于本人专业知识粗浅，加上编著时间仓促，错漏之处在所难免，恳请众多专家和行业同仁多多指正，更希望本书的发行能促进腐植酸行业更密切的技术交流。

谨以本书的出版祝贺中国腐植酸工业协会成立二十周年！

李瑞波 2007 年 6 月

目 录

第一章 我国生物腐植酸产业的概况	1
第一节 我国生物腐植酸产业的发展过程	1
第二节 生物腐植酸的主要特征和功能	4
第三节 生物腐植酸产品的质量标准	7
第二章 生物腐植酸技术与工农业有机废弃物的资源化利用	12
第一节 工农业有机废弃物资源化利用的重要技术路线	12
第二节 制糖、酒精、味精、酵母、造纸行业有机废弃物的利用技术	16
一、甘蔗制糖厂主要废弃物的回收利用技术	17
二、糖蜜加工酒精（味精、酵母）产生的废液的利用技术	24
三、利用造纸废液制造有机无机复混肥技术	47
第三节 生物腐植酸技术对畜禽粪便的利用转化	48
一、小型养猪场	49
二、大中型养猪场、养鸡场	56
第四节 生物腐植酸与肥料工业技术改造	66
第三章 生物腐植酸与高效生态农业	74
第一节 生物腐植酸与种植业	76

一、生物腐植酸与土壤改良	77
二、生物腐植酸与科学施肥	79
三、生物腐植酸与植保	90
第二节 生物腐植酸与抗旱节水农业	108
第三节 生物腐植酸技术与沃土工程	111
第四节 生物腐植酸技术与国土绿化	116
第五节 生物腐植酸与农业环境修复	117
第六节 生物腐植酸技术型高效生态农业模式	122
一、一种立体高效生态循环农业模式	123
二、一种平面高效生态产业集群模式	127
三、有机茶园模式	132
第四章 生物腐植酸技术与水产健康养殖	134
第一节 我国水产养殖的主要种类和典型模式	134
第二节 水产健康养殖的概念	135
第三节 水产养殖的普遍规律	138
第四节 生物腐植酸在水产健康养殖中的作用	150
第五节 介绍两种全封闭高效生态水产养殖模式	156
一、单池物种微生态调控型高效养殖模式	157
二、多池多物种生态循环式高效养殖模式	158
第五章 生物腐植酸饲料添加剂和药物添加剂	162
第一节 生物腐植酸在饲料添加剂中的作用机理	162
第二节 生物腐植酸用于动物内服的功效	164
第三节 生物腐植酸饲料（或药物）添加剂的使用方法	171
第六章 生物腐植酸产业展望	173

附	185
全国生物腐植酸行业主要的生产研究单位	185
参考文献	186

第一章 我国生物腐植酸产业的概况

第一节 我国生物腐植酸产业的发展过程

20 世纪 80 年代末,河北省衡水地区有一位老人利用作物秸秆堆沤,施用于田间,作物长势很好,而且病害少,展现了不同于一般有机肥的良好特性。当地的民营企业立即着手开发这种产品,开始了小规模试产。此事引起了河北省科委的重视,很快组织专家进行研究分析,发现堆沤后的物料中富含黄腐酸,于是在 1992 年 12 月主持召开了关于“生化法制取黄腐酸”的鉴定会,并发出了“冀科鉴字 467 号”文件。该文称“生化法制取黄腐酸的新工艺填补了国内空白、属世界首创”。这就是中国生物腐植酸产业这条小河的源头。腐植酸界永远记住那位堆沤秸秆的老人,永远记住河北省科委。

由于河北省科委文件的影响和该技术产品产业化商品化的需要,河北省数家民营企业相继参与研发这种“生物质源腐植酸”产品,并基本上都使用“生化黄腐酸”的称谓。在该名称的英文缩写方面则有些五花八门了:有 BHA、BFA、BCFA、SFA 等写法。对此现象何立千作了这样的总结: BFA 和一般的专业术语的缩写有所不同,它不是从书斋走向大众的,也不是由某著名学者或专门机构经仔细推敲、严格论证之后定义的,而是由生产厂家开始使用并首先在产品的流通和使用领域流行起来的。事实上它的商品名称色彩似乎要比专业名词色彩更为浓厚些。从一开始它的含义就没有得到严格的确定,相当含混不清,甚至同时包

含了产品和生产技术（生产方法）两个方面的概念，不同的人，不同的场合，分别用它代表“生化黄腐酸”、“生化复合黄腐酸”、“生化法制取黄腐酸”、“生物法黄腐酸”和“发酵法黄腐酸”等。但它又是与 HA、FA 和 MFA 等专业名词的缩写相对应的^[1]。

这种充满神秘色彩的“生物质源腐植酸”引来众多专家学者“竞折腰”。所以伴随着该行业的产业化发展，对它的内涵及应用技术的研究从来没有间断过。杨耀在“生化黄腐酸应用简介”一文中，对这些研究结果作了高度概括：生化黄腐酸是多种物质的复合体，经中科院化学所多次化验分析结果为，该物质呈弱酸性（pH 值为 5~6），含黄腐酸 50%，含核糖核酸 15%，含 17 种氨基酸总量为 9%，另外还含有维生素 B₁、维生素 C、肌醇和糖类物质。

生化黄腐酸与矿物提取的黄腐酸相比具有相当明显的五大特点：一是生化黄腐酸分子量小，渗透能力强，容易被生物吸收利用；二是水溶性好，抗硬水能力强，不絮凝，不沉淀，使用方便；三是活性基团含量高，生理活性大，对金属离子络合、螯合能力强；四是饱和溶解度大，与微量元素有良好的相溶性；五是不含重金属与其他有害物质，适宜开发医用产品。

由于生化黄腐酸是多种有益物质组成的复合体，加之其独有的五大特点，它对生物具有极大的活性，能明显提高动植物的免疫功能和抗逆性能。因此生化黄腐酸是生产无毒无公害化肥、农药和饲料添加剂的新型替换原料，可以广泛应用于农业、畜牧业、医药和工业等领域^[2]。

从 20 世纪 90 年代中期开始，包括笔者在内的一批科技人员分别在东北、华北、长江流域和东南沿海各地，利用当地独特的资源（有机废弃物）研发了多种“生物质源腐植酸”新工艺，其

中比较有代表性的包括：

以秸秆或木屑为原料，通过固态发酵，然后常温碱浸酸中和，生产生化黄腐酸（液体）；

以秸秆或木屑为原料，通过固体发酵，干燥粉碎，生产生物腐植酸饲料添加剂（粉剂）；

以秸秆为原料，先固体发酵，后经碱液或氨液高温熬煮，或强氧化方法，生产生化黄腐酸（液体）；

以动物粪便及作物残渣混合为原料，通过液态发酵，生产生物腐植酸（液态）；

以甘蔗渣为原料，通过固体发酵，干燥粉碎，生产生物腐植酸（粉剂）；

以糖蜜加工酒精（味精、酵母）的废液浓缩活化，生产腐植酸浓缩液；

以造纸黑液回收浓缩，生产用于制造肥料的腐植酸混合液。

以上是我国“生物质源腐植酸”的主要工艺技术流派。这些流派形成的腐植酸品种有粉剂，也有液剂；有以发酵法形成，也有以化学法形成，或者两法兼用；有带活性菌体的，也有不带活性菌体的，有以比较纯的黄腐酸成分组成的，也有以黄腐酸为主兼含多种有机活性物质的混合物；有单一用途的，也有多种用途的。可以说是百花齐放，异彩纷呈。

本书把上述各种工艺技术产生的“生物质源腐植酸”，统称为“生物腐植酸”。因为它或者是经生物技术产生的，或者是虽非经生物技术加工但其原料是生物质资源，这样统一用“生物腐植酸”的称谓与矿物腐植酸区别开来。英文简写用 BHA 或 BFA，B 代表“生物”或“生物质”，HA 代表腐植酸；而当用 BFA 表示时，则说明该类产品中的腐植酸是以黄腐酸（FA）形态存在。而“生物腐植酸技术”则包括这类“生物腐植酸”产品

的开发技术和应用技术。

现在生物腐植酸产业与十几年前相比有了很大发展。全国正规在册专业生产生物腐植酸类产品（包括该产品的扩展产品如肥料等）的厂家有 20 多家，年总产值为 1.5 亿~2 亿元，如果包括生物腐植酸类原料性产品，和非正规注册专业厂家所生产的生物腐植酸类产品，则年产值的测算值可达 5 亿元以上。这是一种古老的物质，又是一个年轻的学科。对生物腐植酸的研究才刚刚开始，巨大无垠的宝藏仅仅开启了一扇山门。目前上述各工艺流派也都是处于中试或小规模生产阶段，大部分生产工艺还不够成熟或不够合理，在全国众多厂家中，还未出现以应用现代化信息技术为特征的自动化生产线。

从行业的角度看，百花齐放、异彩纷呈固然是好，这是其行业特征所决定的。但这就使企业之间互相封闭，行业标准难以制定，产品的市场缺乏规范，反过来制约了这个行业的提升和发展。

在生物腐植酸产业开创 15 年后的今天，关于这个产业，出现了两种期待：人们期待这个产业更大规模的发展，为我国现代化建设的绿色 GDP 再增添几个百分点；而业内人士则期待国家的扶持和引导，使该产业能较快走上规范化、现代化的发展道路。

第二节 生物腐植酸的主要特征和功能

生物腐植酸的原料多种多样，从原材料的来源和加工技术两方面看，这种腐植酸都与生物（或生物质）相关，故称为“生物腐植酸”（bio-humic acid），英文简称“BHA”。有些品种的生物腐植酸中，腐植酸基本上是以黄腐酸（fulvic acid）的形态存在，