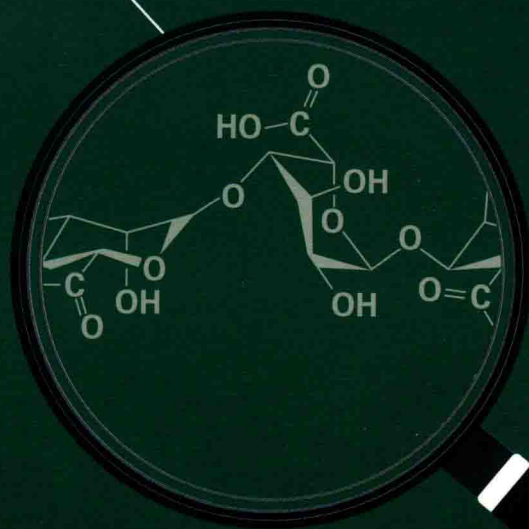


FUNCTIONAL
SEAWEED
FERTILIZERS

海藻是一种重要的**海洋生物资源**，
是海洋植物的主体、人类社会的一大
自然财富。

功能性 海藻肥

秦益民 主编

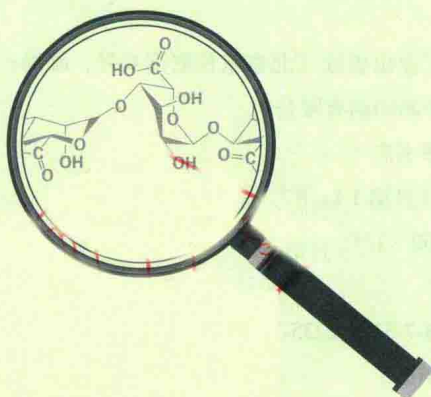


中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

功能性 海藻肥

FUNCTIONAL SEAWEED
FERTILIZERS 秦益民 主编



图书在版编目(CIP)数据

功能性海藻肥/秦益民主编. —北京:中国轻工业

出版社,2019.3

ISBN 978-7-5184-2235-7

I. ①功… II. ①秦… III. ①海藻—化肥工业—研究

IV. ①TQ443.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 261807 号

责任编辑:江娟 靳雅帅 责任终审:劳国强 整体设计:锋尚设计
策划编辑:江娟 责任监印:张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:北京画中画印刷有限公司

经销:各地新华书店

版次:2019年3月第1版第2次印刷

开本:720×1000 1/16 印张:14

字数:260千字

书号:ISBN 978-7-5184-2235-7 定价:60.00元

邮购电话:010-65241695

发行电话:010-85119835 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

190155K1C102ZBW

作者简介



秦益民, 1965年生, 浙江嘉善人, 博士, 嘉兴学院教授, MBA, 泰山学者。被评为山东省蓝色产业计划创新团队领军人才——泰山学者, 担任海藻活性物质国家重点实验室主任、农业部海藻类肥料重点实验室副主任。在国际国内核心刊物发表科研论文 150 余篇, 获得 7 项美国专利及 10 余项中国专利授权。有学术专著《功能性医用敷料》《海藻酸》《海藻酸盐医用敷料的临床应用》、*Medical Textile Materials*、*Bioactive Seaweeds for Food Applications*, 编写《化工设计简明双语教程》教材和科普读物《海藻的故事》。

内容提要

本书在介绍海藻活性物质研究领域最新进展的基础上,全面阐述海藻肥的发展历史,以及用于制备海藻肥的各种海藻的来源、海藻肥的制备方法、功效和应用。结合全球对海藻类肥料的研究成果,详细总结了海藻肥促进农作物根系健康生长、改善生节、促进根际细菌增长、抑制土壤传播疾病和线虫病、促进发芽和开花、降低热和霜冻的影响、加强细胞壁抗虫和抗真菌能力、提高萌发率、提高块根作物品质、提高农产品品质和产量等优良功效。

本书可供海洋生物、化学工程、生物工程、生物技术、果蔬种植等相关行业从事生产、科研、产品开发和推广应用的工程技术人员阅读和参考。

《功能性海藻肥》编写人员

主 编：秦益民

副 主 编：赵丽丽 申培丽 张德蒙 王海朋
张 琳 宋修超

参编人员：王发合 刘 健 耿志刚 张 扬
李 军 王钰馨 巩小雨 赵培伟
韩传晓 靳 鹏 冯 鸽 刘 杰
高 岩 王 颖 姜怀飞

顾 问：束怀瑞 高东升 张国防 李可昌
韩西红

国家“十三五”规划提出，以海洋经济发展为统领，全面部署中国海洋事业发展的总体战略。在“拓展蓝色经济空间”一章中，明确提出要发展海洋经济、科学开发海洋资源、建设海洋强国。

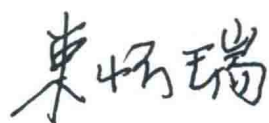
海藻是一种重要的海洋资源，在食品、保健品、海洋药物、海洋生物材料、化工、日化等众多领域有广泛应用。该书详细阐述了以海藻为主要原料生产的海藻肥料含有海藻植物体的多糖、多肽、维生素、甘露醇、甜菜碱、高度不饱和脂肪酸、抗生素以及多种天然植物激素，具有绿色、安全、高效、环境友好、吸收利用率高许多独特的性能，能满足各种作物在各个生育期对养分的多样化需求，可以有效改良土壤、增加肥力。试验证明功能性海藻肥对调节作物生长、改善品质、提高产量有重要作用，受到群众广泛认可。

现代海藻类肥料产业起源于欧洲，在英国、法国、挪威等国家有悠久的发展历史。2000年12月，青岛明月海藻集团作为国内最早获得海藻肥登记证的企业之一，以泡叶藻为原料，在山东农业大学微生物学专家及其他单位的共同协助下生产出的海藻肥在中国农业部正式获批。经过近20年的市场验证和反馈，明月海藻集团的海藻肥产品无论从品质还是使用效果方面均有显著提升，已经形成6大系列100多个品种，海藻有机肥、海藻有机无机复混肥、海藻冲施肥、海藻叶面肥、海藻微生物肥料、海藻掺混肥料等海藻类肥料的功能涵盖调理土壤型、调控生长型、平衡营养型等类别，在全国各地的各种作物上应用广泛，被广大农户誉为“真真正正海藻肥”。

以海藻肥为代表的新型特种肥料不仅是肥料产业升级进步的必然要求，也是优化生态环境，促进农业生产沿着高产、优质、低耗和高效的方向发展的重要保证，具有重要的经济效益、环境效益和社会效益。

本书是我国第一本系统深入的海藻肥专著，具有较高的学术和生产应用价值，对推动海藻肥产业发展意义重大。面向未来，期望明月海藻集团继续加大科研力度和产品开发投入，继续与高校科研院所深入合作，借助海藻活性物质国家重点实验室和农业部海藻类肥料重点实验室两个重要平台，专注全程作物营养

和土壤修复，推出高效能的系列化国际领先新产品。围绕国家海洋强国战略，全方位整合资源，坚持以海洋生物资源开发和利用为发展方向，以市场需求为导向，在加大研发力量的同时提升营销能力、运营效率，实现产品的技术升级，推动新型肥料行业的发展，使我国海藻类肥料的研究、开发和应用处在世界前沿，实现利用海藻资源、服务现代农业的历史使命。



中国工程院院士
山东农业大学教授

海藻是一种重要的海洋生物资源，是海洋植物的主体、人类社会的一大自然财富。海藻包括从显微镜下才能看得见的单细胞硅藻、甲藻，以及长达几百米的巨藻。海藻含有丰富的生物质成分，经过科学加工制成的海藻肥是多种有效成分的混合物，在农业生产的长期应用过程中已经证明了优良的使用功效。海藻含有 K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、I 等 40 余种矿物质元素以及丰富的氨基酸、多糖和维生素。除了维生素 B₁、维生素 B₁₂，海藻还含有维生素 E 和维生素 K，而陆生植物中维生素 E 含量很少，维生素 B₁₂ 几乎没有，后者对块根植物的产量起重要作用。在生产过程中，海藻肥保留了海藻植物结构中的海藻酸、氨基酸、蛋白质、生长素、赤霉素、多酚、甘露醇、甜菜碱、多种活性酶和维生素等活性成分，还可以根据需要添加 N、P、K、Ca、Mg、S、Fe、Cu、Zn、B 等营养元素，有效满足各种农作物在各个生长阶段的营养需求。

我国有 1.8 万千米的大陆海岸线和 1.4 万千米的岛屿海岸线，海域面积 473 万平方千米，跨越热带、亚热带至寒温带等多个气温带，蕴藏着丰富的海洋藻类资源。最新数据显示，我国大型海藻物种数 1277 种，其中蓝藻门海藻 161 种、红藻门 607 种、褐藻门 298 种、绿藻门 211 种，约占全球海藻种类的 1/8 以上。经过几代海藻科学工作者的共同努力，无论在海藻生物资源的规模还是其生产、加工和利用的深度和广度，我国均处于世界前列，海带产量名列世界首位，紫菜养殖方面我国与日本、韩国并列为世界三大养殖国，裙带菜、江蓠、麒麟菜等海藻产业也有很大的发展。

尽管我国在海藻人工养殖以及海藻资源的综合利用上处于世界先进水平，但与欧美国家相比，我国的海藻类肥料产业起步较晚。直到 20 世纪 90 年代后期，以青岛明月海藻集团为代表的中国企业在以海藻为原料提取海藻酸盐和碘的过程中进行海藻废渣的综合利用，逐步发展起了以海藻资源综合利用为目标的现代海藻加工制备技术体系，在利用海藻渣中丰富的有机物质及大量微量元素制备优质有机肥料的同时，通过泡叶藻等纯海藻原料的化学、物理、生物法

降解制备了海藻有机肥、海藻有机-无机复混肥、海藻精、海藻生根剂、海藻叶面肥、海藻冲施肥、海藻微生物肥料等海藻类肥料系列产品，利用海藻资源，服务现代农业。

当前我国肥料行业出现创新乏力、需求疲软、产能过剩、市场竞争激烈、利润率下降等现状。我国以占世界 9% 的耕地消耗了全球 1/3 的化肥，单位面积肥料用量是世界平均水平的 3.7 倍，而每千克养分所增产的粮食却不及世界水平的 1/2，并且肥料的消费仍呈上升趋势。以海藻类肥料为代表的新型肥料能给植物提供矿物质养分，并且通过物理、化学或生物转化作用，使土壤和作物的营养功能得到增强，可以有效提供营养、提高作物产量、改善农产品品质、保护耕地土壤生态环境、实现节本增效。

为了促进海藻类肥料的进一步发展，加快其在现代农业生产中的应用，我们编写了《功能性海藻肥》。本书在介绍海藻活性物质研究领域最新进展的基础上，全面阐述海藻肥的发展历史，以及用于制备海藻肥的各种海藻的来源、海藻肥的制备方法、功效和应用，结合全球各地对海藻肥的研究成果，详细总结了海藻肥促进根系健康生长、改善生节、促进根际细菌增长、抑制土壤传播疾病和线虫病、提高作物品质、大小、口味和产量、促进发芽和开花、降低热和霜冻的影响、加强细胞壁抗虫、抗真菌、提高萌发率、提高块根作物品质等优良功效。编者期望通过《功能性海藻肥》一书使广大读者更好地了解海藻生物资源独特的功效及其在生态肥料领域中的应用价值。

《功能性海藻肥》一书共八章，由嘉兴学院秦益民教授担任主编，执笔 20 万字。在本书的编写过程中，得到青岛明月海藻集团张国防董事长以及海藻活性物质国家重点实验室和农业部海藻类肥料重点实验室的大力支持，王发合、赵丽丽、申培丽、张德蒙、刘健、王海朋、张琳、宋修超、耿志刚、张扬、李军、王钰馨、巩小雨、赵培伟、韩传晓、靳鹏、冯鸽、刘杰、高岩、王颖、姜怀飞等技术人员参与了本书的编写工作。山东农业大学束怀瑞院士、高东升副

校长、国家苹果工程技术研究中心办公室陈修德主任、青岛明月海藻集团有限公司李可昌副总裁以及青岛明月蓝海生物科技有限公司（明月海藻集团全资子公司）韩西红总经理为本书提供了宝贵的资料，在此表示衷心的感谢。

本书适合海洋生物、化学工程、生物工程、生物技术、农业、果蔬种植等相关行业从事生产、科研、产品开发和推广应用的工程技术人员以及大专院校相关专业的师生阅读、参考。

由于海藻生物资源以及海藻类肥料涉及的研究和应用领域广泛，内容深邃，编者的学识有限，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2018年9月

目录 | Contents

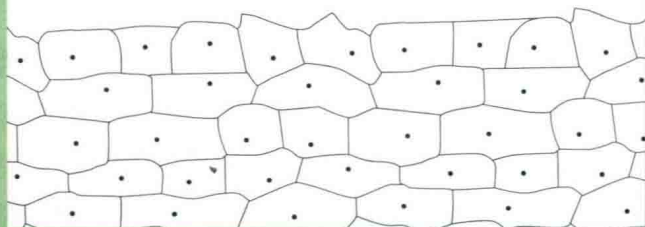
第一章	海藻活性物质的研究开发与应用·····	001
第一节	概述·····	002
第二节	海藻的化学生态学·····	004
第三节	海藻活性物质的应用潜力·····	005
第四节	海藻活性物质的开发·····	013
第五节	海藻活性物质的综合应用·····	015
第六节	小结·····	022
	参考文献·····	022
第二章	海藻肥的发展历史·····	027
第一节	概述·····	028
第二节	海藻肥的起源和发展·····	029
第三节	海藻肥在农业中的普及·····	034
第四节	中国海藻肥产业的发展·····	037
第五节	小结·····	039
	参考文献·····	039
第三章	生产海藻肥的海藻·····	043
第一节	概述·····	044
第二节	生产海藻肥的主要海藻·····	045

第三节	小结.....	054
	参考文献	055
第四章	海藻肥的分类与品种.....	057
第一节	概述.....	058
第二节	海藻肥的分类.....	060
第三节	海藻肥的主要品种.....	062
第四节	小结.....	074
	参考文献	074
第五章	海藻肥的制备技术.....	077
第一节	概述.....	078
第二节	海藻肥的提取与制备技术.....	079
第三节	海藻肥的生产方法.....	082
第四节	海藻肥生产工艺的发展趋势.....	090
第五节	小结.....	092
	参考文献	092
第六章	海藻肥活性成分及其作用.....	097
第一节	概述.....	098
第二节	海藻植物激素.....	099
第三节	海藻活性成分.....	101
第四节	海藻活性成分对植物生长的影响.....	108
第五节	海藻肥活性成分的分析测定.....	110
第六节	小结.....	118
	参考文献	118

第七章	海藻肥的应用功效 ·····	125
第一节	概述·····	126
第二节	海藻肥的功效·····	128
第三节	海藻肥的作用机理·····	141
第四节	海藻肥的发展前景·····	142
第五节	小结·····	144
	参考文献 ·····	144
 第八章	 海藻肥在现代农业中的应用 ·····	 153
第一节	概述·····	154
第二节	海藻肥的主要用途·····	155
第三节	海藻肥的施用效果·····	158
第四节	海藻肥的施用方法·····	162
第五节	小结·····	165
	参考文献 ·····	166
 附录一	 海藻肥相关的专业词汇中英文对照 ·····	 175
附录二	海藻肥的应用案例 ·····	185
附录三	青岛明月海藻集团 ·····	207

第一章

海藻活性物质的 研究开发与应用



第一节 概述

藻类是自然界中一个特殊的植物类群，占植物界分类系统中门的 1/3，有近 50000 种，相当于所有植物种类的 10%，在形态结构、生殖特征、生命周期、生理和生化性能等方面呈现出丰富的生物多样性（Chen, 2001；Bold, 1967）。

海藻是生长在海洋环境中的藻类植物，是一种由基础细胞构成的单株或一长串的简单植物，无根、茎、叶等高等植物的组织构造。根据其生存方式，海藻可分为底栖藻和浮游藻，根据其形状大小可分为微藻和大藻。目前一般将大型海藻称为海藻，而将漂浮在海水中的微藻统称为浮游植物。大型海藻主要包括褐藻门、红藻门和绿藻门，常见的褐藻主要为海带、裙带菜、巨藻、马尾藻、泡叶藻等，常见的红藻主要为江蓠、紫菜、石花菜、麒麟菜等，常见的绿藻主要为浒苔、石莼等。海洋浮游微藻包括蓝藻门、隐藻门、甲藻门、金藻门、黄藻门、硅藻门、裸藻门等各种藻类，目前已发现的有 10000 多种。目前我国海藻化工产品的原料主要以褐藻和红藻类大型海藻为主（Rasmussen, 2007）。

海藻是海洋最重要的生产者，通过光合作用把海水中的无机物、二氧化碳等成分转化为有机物和氧气，成为地球上最大的氧气“供应商”。海藻也是储量最大且可再生的海洋生物质资源，具有物质循环周期短、能源流动速度快、生物质生产效率高等特征，为各种海洋生物的生存和繁衍提供物质基础。海藻是海洋生态系统的根基，除了通过光合作用制造氧气和有机物，它们是绝大多数海洋动物的能量来源。从南极到赤道、北冰洋，地球上只要有海水的地方就能通过水中的海藻支撑起一片生机勃勃的海域。北极熊、南极磷虾和企鹅的食物链都开始于海藻。

生长在大海深处的海藻与陆地上的树木、竹子一样，在蔚蓝的海水中形成一片片海底森林，为鱼、虾、蟹、贝等海洋动物提供赖以生存的场所。海藻是地球上生物多样性最丰富的自然生态系统之一，既为海洋动物提供栖息地、育苗场和庇护所，也为它们提供食物来源。大型海藻形成的海藻床能为藻栖生物群落提供理想的生境，为甲壳动物、节肢动物、软体动物、鱼类等许多附着动物和植物提供良好的生存空间。图 1-1 所示为生长在智利海域的巨藻。

世界各地分布着丰富的野生大型海藻资源，其中褐藻在寒温带水域占优



图1-1 生长在海洋中的智利巨藻

势，红藻分布于几乎所有的纬度区，绿藻在热带水域的进化程度最高。褐藻门的海带属主要分布在俄罗斯远东、日本、朝鲜、挪威、爱尔兰、英国、法国等地，巨藻主要分布在智利、阿根廷以及美国和墨西哥的部分地区，泡叶藻主要分布在爱尔兰、英国、冰岛、挪威、加拿大等地。红藻门的江蓠的分布几乎覆盖全球海域，南半球主要分布在阿根廷、智利、巴西、南非、澳大利亚，北半球主要分布在日本、中国、印度、马来西亚及菲律宾等国家。

海藻也可以通过人工养殖进行大规模工业化生产。中国、印度尼西亚、菲律宾、日本、韩国等国在海藻养殖和加工方面处于世界领先地位，是目前世界海藻养殖业的主产区，其中中国海藻养殖业发展迅速，产量居世界首位（Tseng, 2001）。日本的海藻养殖业非常发达，养殖海藻产量占其海藻总产量的95%左右，主要品种有紫菜、裙带菜、海带等。韩国的海藻养殖产量占其总产量的97%左右，其中裙带菜和紫菜是最重要的两个养殖品种。近年来印度尼西亚的海藻养殖业发展迅猛，年产量已经突破1000万吨（FAO, 2016）。图1-2所示为人工养殖海带的场景。

海藻一直是人类的一个重要资源（Dillehay, 2008）。在智利蒙特韦尔德（Monte Verde）的考古挖掘中发现9种海藻与14000年前的壁炉、石器一起存在，说明海藻在远古时代就被作为食品或药品使用，而这几种海藻到现在还被当地人作为药品使用。世界各地均有把海藻用于食品、药品、保健品、肥料、日化用