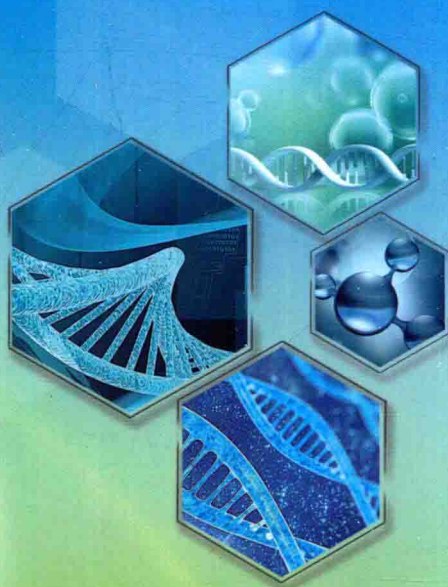


植物生物刺激素

Plant Biostimulants

自由路 等 著

非 外 借



中国农业科学技术出版社

植物生物刺激素

Plant Biostimulants

自由路 等 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物生物刺激素 / 白由路等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2017. 4

ISBN 978-7-5116-3046-9

I. ①植… II. ①白… III. ①植物激素-生长激素-研究
IV. ①Q946. 885

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 064974 号

责任编辑 穆玉红

责任校对 杨丁庆

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106626(编辑室) (010) 82109702(发行部)
(010) 82109709(读者服务部)

传 真 (010) 82106626

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 850 mm×1 168 mm 1/32

印 张 7.375

字 数 200 千字

版 次 2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

定 价 48.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

《植物生物刺激素》

著作者委员会

主 著：白由路

副主著：李 俊 杨俐革 程明芳

卢艳丽 王 磊

内容简介

本书主要介绍了目前植物生物激素的作用、定义、分类和世界应用概况；分章介绍了微生物及其制剂，包括植物根系促生菌剂、菌根真菌、木霉及其提取物的特性及应用；介绍腐殖酸的作用及研究的一些进展，腐殖酸对作物的影响机理及效果；蛋白质水解物，包括蛋白质的水解方法、分类、对作物代谢的影响及机理；海藻及其提取物对作物生长的刺激作用，对作物代谢的影响及其应用方法；甲壳素、壳聚糖及其衍生物的化学结构、制备、对作物的生长刺激作用及作物的农学反应以及无机元素硅、亚磷酸盐和三十烷醇对作物生长的作用机理及有关产品。

本书主要用于农业技术人员指导农业生产中植物生物激素的合理使用，也可以作为肥料研发人员和大专院校师生的参考资料。

前 言

随着世界化肥用量的增加，化肥对环境的影响越来越引起人们的担忧，在保证粮食安全的前提下，如何减少肥料用量、提高肥料利用率、降低肥料对环境的压力，目前很多人都把目光投在了肥料添加剂，特别是生物刺激素方面。生物刺激素作为刺激植物生长的物质，已被人们研究近一个世纪，但作为肥料的添加剂，或者作为提高肥料性能的辅助物质，无论在概念、产品、使用方法和管理的上都是我们所面临的新课题。本书收集了国内外有关生物刺激素的最新研究成果，以便为大家在生物刺激素方面的研究、开发和合理使用提供参考。

本书共分七章，第一章由白由路编写，该章介绍了生物刺激素的作用、定义、分类和世界应用概况；第二章由李俊编写，介绍了微生物及其制剂，主要包括植物根系促生菌剂、菌根真菌、木霉及其提取物的特性征及应用等；第三章由白由路编写，主要介绍腐殖酸的作用及研究的一些进展，腐殖酸对作物的影响机理及效果等；第四章由卢艳丽编写，主要介绍了蛋白质水解物，包括蛋白质的水解方法、分类、对作物代谢的影响及机理等；第五章由程明芳编写，该章介绍了海藻及其提取物对作物生长的刺激作用，对作物代谢的影响及其应用方法等；第六章由王磊编写，介绍了甲壳素、壳聚糖及其衍生物的化学结构、制备、对作物的生长刺激作用及作物的农学反应等；第七章由杨俐苹编写，重点介绍了无机元素硅、亚磷酸盐和三十烷醇对作物生长的作用机理

及有关产品。

众所周知，目前生物刺激素对作物的作用机理还知之甚少，有些作用在不同的研究中取得的结果完全相反，对生物刺激素的认识也很不一致，所以，在本书的编写过程中，尽量忠实于原研究结果，为了读者方便追根求源，本书列举了大量的参考文献，以便读者追溯。

在本书编写过程中得到了中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、中国农业科学院国家测土施肥中心实验室、国家科技支撑计划项目课题“华北平原小麦—玉米轮作区高效施肥技术研究示范”课题组的大力支持，在此一并表示感谢！

由于时间匆促，加之作者水平有限，谬误之处请广大读者斧正。

作 者

2017年3月

目 录

第1章 概 述	(1)
1.1 生物刺激器的概念与功能	(2)
1.1.1 生物刺激器是什么物质	(2)
1.1.2 生物刺激器的定义	(3)
1.1.3 生物刺激器的作用	(4)
1.2 生物刺激器的种类	(5)
1.3 生物刺激器的一般特性	(6)
1.3.1 性质多样性	(6)
1.3.2 生理功能多样性	(7)
1.3.3 聚焦农业功能	(7)
1.4 生物刺激器的发展前景	(7)
1.5 我国生物刺激器的管理与应用概况	(9)
参考文献	(11)
第2章 微生物制剂及其提取物	(14)
2.1 微生物制剂及提取物概述	(14)
2.1.1 微生物制剂及提取物的概念	(14)
2.1.2 微生物制剂及提取物的种类概述	(17)
2.1.3 微生物制剂及提取物的功能与机理概述	(18)
2.2 植物根际促生菌制剂的研究与应用	(22)
2.2.1 概念与范畴	(22)

2.2.2	PGPR 作用方式	(23)
2.2.3	产品研发与生产	(26)
2.2.4	应用技术与效果	(28)
2.3	菌根真菌制剂的研究与应用	(29)
2.3.1	概念与范畴	(29)
2.3.2	菌根真菌制剂作用机理	(30)
2.3.3	产品研发与生产	(32)
2.3.4	应用技术与效果	(34)
2.4	木霉菌制剂的研究与应用	(34)
2.4.1	概念与范畴	(34)
2.4.2	木霉菌的作用机理	(35)
2.4.3	产品研发与生产	(40)
2.4.4	应用技术与效果	(41)
2.5	微生物提取物的种类与应用	(42)
2.5.1	植物激素类	(42)
2.5.2	ACC 脱氨酶	(43)
2.5.3	挥发性物质	(43)
2.5.4	辅因子	(44)
2.5.5	维生素类	(44)
2.5.6	有机酸	(44)
	参考文献	(44)
第3章	腐殖酸	(57)
3.1	腐殖酸的分子结构与作用机理	(58)
3.1.1	腐殖质组分与结构的研究过程	(58)
3.1.2	腐殖质自组装超分子结构的概念	(59)
3.1.3	腐殖质自组装超分子结构的意义	(60)
3.1.4	腐殖质组学	(61)
3.2	腐殖酸对植物的作用	(62)

3.2.1	腐殖酸对植物生长发育的总体影响	(62)
3.2.2	腐殖酸对植物根系的作用	(65)
3.2.3	腐殖酸对植物营养元素吸收的加强作用	(67)
3.2.4	腐殖酸对植物原生代谢的影响	(68)
3.2.5	腐殖酸对植物次生代谢的影响	(70)
3.3	腐殖酸在作物上的应用效果	(71)
3.3.1	腐殖酸在蔬菜上的应用效果	(72)
3.3.2	腐殖酸在果树上的应用效果	(72)
3.3.3	腐殖酸在大田作物上的应用	(73)
3.4	腐殖酸研究的不足与展望	(74)
3.4.1	腐殖酸研究的不足	(74)
3.4.2	腐殖酸研究展望	(74)
	参考文献	(75)
第4章	蛋白质水解物	(83)
4.1	蛋白质的水解方法	(83)
4.1.1	酸水解法	(83)
4.1.2	碱水解法	(84)
4.1.3	酶水解法	(84)
4.1.4	蛋白质水解的一般过程	(85)
4.2	蛋白质水解物的分类和化学特性	(86)
4.2.1	蛋白质水解物的分类	(86)
4.2.2	蛋白质水解物的化学特性	(86)
4.3	蛋白质水解物对作物生长的影响	(90)
4.3.1	蛋白质水解物对作物生长的促进作用	(90)
4.3.2	蛋白质水解物对作物生长负面作用	(91)
4.4	蛋白水解物对植物代谢和生理的影响	(91)
4.4.1	植物对氨基酸和肽类物质的吸收和转运	(91)
4.4.2	对植物原生代谢的影响	(93)

4.4.3 对植物次生代谢的影响	(94)
4.5 作物对蛋白质水解物的农艺响应	(95)
4.5.1 生长、产量和开花	(95)
4.5.2 产品质量	(97)
4.6 蛋白水解物降低植物胁迫	(99)
4.6.1 温度胁迫	(99)
4.6.2 盐分胁迫	(99)
4.6.3 干旱胁迫	(100)
4.6.4 重金属胁迫	(100)
参考文献	(101)
第5章 海藻及植物提取物	(112)
5.1 海藻提取物的来源、生产过程及化学组成	(113)
5.1.1 海藻提取物的来源	(113)
5.1.2 海藻提取过程	(113)
5.1.3 海藻提取物的化学组成	(116)
5.2 海藻提取物对土壤的影响	(118)
5.2.1 海藻提取物对土壤结构及保水性的影响	(118)
5.2.2 海藻提取物对根际微生物的影响	(119)
5.3 海藻提取物对植物的影响	(119)
5.3.1 植物养分吸收	(119)
5.3.2 类植物激素活性	(121)
5.3.3 抵抗非生物胁迫	(122)
5.3.4 植物代谢与生理	(123)
5.3.5 产品质量和货架期	(124)
5.4 海藻提取物对病虫害的防治	(125)
5.4.1 对线虫防治的作用	(125)
5.4.2 对病原菌的防治作用	(126)
5.5 海藻及其提取物的应用方式	(126)

5.5.1 海藻及海藻粉	(126)
5.5.2 海藻提取物	(127)
参考文献	(128)
第6章 甲壳素与壳聚糖及其衍生物	(137)
6.1 化学结构与特性	(138)
6.1.1 甲壳素和壳聚糖的化学结构	(138)
6.1.2 甲壳素和壳聚糖的制备	(138)
6.1.3 壳聚糖的特性与可溶性	(143)
6.2 壳聚糖的衍生物	(144)
6.2.1 酰基化衍生物	(144)
6.2.2 烷基化衍生物	(144)
6.2.3 羧烷基化衍生物	(145)
6.2.4 酯化衍生物	(146)
6.2.5 醚化衍生物	(146)
6.2.6 季铵化衍生物	(146)
6.2.7 交联衍生物	(147)
6.2.8 接枝共聚衍生物	(147)
6.3 对植物的生物刺激作用	(147)
6.3.1 对植物生理代谢、生物化学和生长的影响	(147)
6.3.2 信号传导和细胞效应	(150)
6.4 壳聚糖的结构和浓度对作物的影响	(153)
6.5 作物的农学反应	(154)
6.5.1 蔬菜	(154)
6.5.2 花卉和观赏植物	(155)
6.5.3 果树	(156)
参考文献	(158)
第7章 无机及合成产品	(170)
7.1 硅	(171)

7.1.1	硅的形态	(172)
7.1.2	植物对硅的吸收和运输	(174)
7.1.3	硅在植物中的作用	(176)
7.1.4	硅的生物刺激素作用	(188)
7.2	亚磷酸盐	(195)
7.2.1	亚磷酸盐 (Phi) 的化学性状和特性	(198)
7.2.2	植物细胞中亚磷酸盐的吸收、运输和分区	(201)
7.2.3	植株中亚磷酸盐与磷营养的交互作用	(204)
7.2.4	作物中亚磷酸盐作为生物刺激素效果	(205)
7.2.5	含磷酸或亚磷酸盐的商品	(208)
7.3	三十烷醇	(210)
7.3.1	三十烷醇的生理作用	(211)
7.3.2	三十烷醇作为生物刺激素的应用效果	(212)
7.3.3	三十烷醇的产品	(214)
	参考文献	(216)

第1章 概 述

为了满足不断增长的人口对粮食的需求、面对环境的压力，农业必须靠创新的方法来解决粮食和环境的问题^[1]。特别是近年来，由于全球气候变化，传统的肥料施用对温室气体的排放^[2]和水质质量^[3]产生重大的影响，人们开始关注传统农业投入品以外的物质，生物刺激素（Biostimulants）就是在这种情况下逐步进入了人们的视野^[4]。生物刺激素一词来源已久，A. M. Kinnersley 在 1993 年就对市场上的生物刺激素产品进行了描述^[5]，在有关企业的推动下，2011 年 6 月，欧洲成立了欧洲生物刺激素工业委员会（European Biostimulant Industry Council，简称 EBIC^[6]），2011 年 7 月在美国成立了一个生物刺激素联盟（Biostimulant Coalition）^[7]，2012 年，在法国的斯特拉斯堡召开了第一届国际生物刺激素大会^[8]，2015 年 11 月，第二届国际生物刺激素大会在意大利的佛罗伦萨召开，参会人数有 1 000 人之多^[9]。而生物刺激素企业所宣称的效果更加神奇，“您的植物增长的奇迹”“一种全面的有机生长促进剂”“生物激活剂将有助于疾病和胁迫的影响降低到最低限度”等^[10]。2016 年 7 月，由中国植物营养与肥料学会施肥专业委员会做技术支持的“中国生物刺激素高层论坛”，将原来中国生物刺激素的应用从“犹抱琵琶半遮面”的状态正式提到了前台。种种迹象表明，生物刺激素在农业上的应用势不可挡，生物刺激素究竟是什么物质？它在农业生产中具有什么样的作用？它与传统的农业投入品有什么不

同? 生物刺激素有哪些类型? 它在国内外的应用现状如何? 本章将就以上问题作为全面的论述。

1.1 生物刺激素的概念与功能

1.1.1 生物刺激素是什么物质

生物刺激素 (Biostimulants) 是一个什么样的物质? 目前尚无确切定论, 因为它是一种具有混合功能的一类物质。到目前为止, 其名称有 10 余种之多, 如诱导因子 (Elicitors)、生长调节剂 (Growth regulators)、植物抗性增强剂 (Plant defense enhancers)、天然抗性促进剂 (Natural defense promoters)、植物生物刺激素 (Plant biostimulants)、活力增强剂 (Vigour enhancers)、植物强壮剂 (Plant strengtheners)、生理激活剂 (Physio-activators) 等^[11]。

有人认为, 生物刺激素是介于植物保护产品 (农药) 和肥料之间的一种东西, 就像功能食品是介于食品和药品之间一样^[11], 在第二届“国际生物刺激素在农业中的应用”大会上, Valagro 公司将生物刺激素认为是加强作物的新农业投入品, 并将生物刺激素在作物健康中的作用与人类的健康相比较, 把人类的基本食品比作为作物健康中的肥料, 功能食品和益生菌比作为生物刺激素, 人类的疫苗比作为增加植物抗性物质, 医用药品比作为农药 (杀虫剂和杀菌剂)。

通过文献^[12], 可以看出, 人们在定性生物刺激素时, 都将生物刺激素与肥料进行了明确的区分, 这是因为在欧盟 (Regulation (EC) No 2003/2003) 的法律中, 明确“肥料是以提供植物营养为主要功能的物料”, 这就明确了以改善植物生长状况的生物刺激素不提供植物养分。这也是为什么欧洲一些企业急于推

进欧盟在生物刺激素方面进行立法的主要原因。

1.1.2 生物刺激素的定义

关于生物刺激素一词，首次出现在科学文献中的定义是“生物刺激素是一种当少量施用时应能促进植物生长的物质，而不是肥料”^[13]。

EBIC 在其网站上定义生物刺激素为：植物生物刺激素是一类制剂或微生物产品，当这些制剂或微生物应用于植物或根区时，能刺激植物的增加营养吸收、提高营养效率、提高抗性 or 作物品质 (Plant biostimulants contain substance (s) and/or micro-organisms whose function when applied to plants or the rhizosphere is to stimulate natural processes to enhance/benefit nutrient uptake, nutrient efficiency, tolerance to abiotic stress, and crop quality)^[6]。

美国生物刺激素联盟在其网站上引用了美国植物食品管制官员协会 (Association of American Plant Food Control Officials, AAPFCO) 2007 年关于生物刺激素的定义，即有益物质：任何被科学研究证实的，当其被外源施用，对一种或多种植物有益的物质或化合物 (不能是主要、次要和微量植物营养元素) (Beneficial Substance: Means any substance or compound other than primary, secondary, and micro plant nutrients that can be demonstrated by scientific research to be beneficial to one or more species of plants, when applied exogenously)^[7]。

Du Jardin 2015 年在总结了前人的研究后，为生物刺激素定义为：植物生物刺激素是一种制剂或微生物，当应用到植物上时，其目的是强化营养效率、增加非生物胁迫的抵抗能力、提高作物品质特征等，与其养分含量无关^[14]。

实际上，生物刺激素一词由来已久，可追溯到是 19 世纪后叶 Charles Darwin 发现的植物生长素^[15]，W. F. Loehwing 1937 年

在其论文中的植物促进物质中就有对植物刺激素 (Plant Stimulants) 的描述^[16], 1993 年 A. M. Kinnersley 在其论文中详细描述了的市场应用情况, 指出有 300 多种生物刺激素以非传统 (Non-conventional) 方式进入市场^[5]。

1.1.3 生物刺激素的作用

有关生物刺激素对植物的作用, 目前一般认为主要表现在以下几方面: 一是少量应用时, 可增进植物生长和发育; 二是有助于改进植物营养效率, 即促进植物对养分的吸收, 同时减少养分向环境的损失; 三是作为土壤改良剂可改善结构与功能, 从而增加作物的响应^[7]。

但是, 由于生物刺激素的复杂性, 目前对生物刺激素在作物方面的作用机理还有待于进一步的研究, 在很多学者看来, 目前的生物刺激素很像是“万金油”(snake oil)、“鸡尾酒”(cocktail)^[16], 这都有待于深入的研究与探讨。

这里指出, 在西方国家, 生物刺激素虽不被认为是肥料, 但基本上是通过肥料进行产品登记的, 在中国, 生物刺激素目前还没有作为一类产品出现, 按照我国农业部在《中华人民共和国农业部肥料登记管理办法》(中华人民共和国农业部令 第 32 号, 2000 年 6 月 12 日) 中对肥料的定义为“本办法所称肥料, 是指用于提供、保持或改善植物营养和土壤物理、化学性能以及生物活性, 能提高农产品产量, 或改善农产品品质, 或增强植物抗逆性的有机、无机、微生物及其混合物料”, 生物刺激素应属肥料管理的范畴, 但是, 我国在生物刺激素的管理上, 都是要与养分结合, 才能成为肥料产品, 单独使用的生物刺激素产品尚在争议当中。