

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
海洋生态科学与资源管理译丛



菊芋的生物学和化学

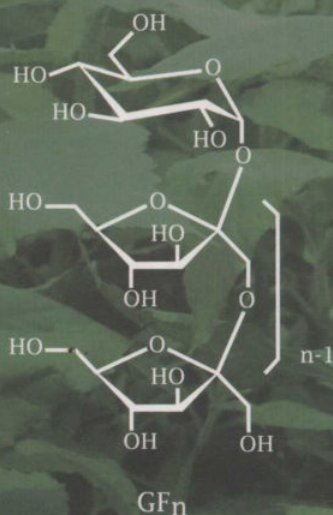
[美] Stanley J. Kays

[英] Stephen F. Nottingham | 著

陈小兵 李莉莉 秦松 等 | 译

Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke

Helianthus tuberosus L.



**Biology and Chemistry of
Jerusalem Artichoke**
Helianthus tuberosus L.

Q949.783J
214

译丛策划：王 溪
责任编辑：江 波 王 溪
封面设计：何 瑛



CRC Press
Taylor & Francis Group



海洋出版社
官方微信

ISBN 978-7-5210-0294-2



9 787521 002942 >

定价：230.00元

图书在版编目 (CIP) 数据

菊芋的生物学和化学/ (美) 斯坦利·J. 凯斯 (Stanley J. Kays), (英) 史蒂芬·F. 诺丁汉著; 陈小兵等译. —北京: 海洋出版社, 2018. 12

书名原文: Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke; *Helianthus tuberosus* L.

ISBN 978-7-5210-0294-2

I. ①菊… II. ①斯… ②史… ③陈… III. ①菊芋-研究 IV. ①Q949.783.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 296609 号

图字: 01-2016-0149

Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L. /by Stanley J. Kays and Stephen F. Nottingham/

ISBN: 978-1-4200-4495-9

Copyright © 2008 by CRC Press.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved.

本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

China Ocean Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体翻译版授权由海洋出版社独家出版并在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

译丛策划: 王 溪

责任编辑: 江 波 王 溪

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷。新华书店北京发行所经销

2019 年 10 月第 1 版 2019 年 10 月第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 33.5

字数: 700 千字 定价: 230.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

作者介绍



Stanley J. Kays 是佐治亚大学 (University of Georgia) 园艺系的教授。他在俄克拉荷马州立大学获得园艺学士学位，在密歇根州立大学获得硕士和博士学位。随后，分别在得克萨斯农工大学生物系与英国班戈北威尔士大学植物生物学学院进行博士后研究，在英格兰的剑桥大学开展应用生物学的学术休假研究。在过去 30 年的大部分时间里，他在佐治亚大学担任过教学/研究任务。在此期间，他获得了多项研究奖项，并发表了 180 篇研究论文，主要是关于生理学和化学、采后生物学与粮食作物的风味化学。他已经出版了 3 本著作，其中包括《采后生物学》，这是一本关于该主题的主要参考书。他目前的研究重点为水稻风味化学和室内空气的植物修复。



Stephen F. Nottingham 是一名来自英国的昆虫学家和科普作家，他的兴趣包括蔬菜作物生产、植物保护、昆虫行为、化学生态学与植物遗传改良。在剑桥大学，其博士论文是关于植食性双翅目寄主植物发现行为研究。随后，他在伦敦帝国学院的蚜虫生物学小组内进行了有关蚜虫行为及其被挥发性化学物质修饰的研究，并在佐治亚大学对甘薯象虫进行了研究。Stephen F. Nottingham 博士已经发表和出版了约 25 篇研究论文和几本著作，包括《吃你的基因：转基因食品是如何进入我们的饮食》和《互联网——可访问甜菜根》。除了著书外，他还为欧洲服务网络和其他组织撰写有关农业和环境的报告和文章。

序

从植物生物学的角度来看，菊芋就是一个迷人的物种。叠加在这上面的是一段不同寻常的丰富多彩的历史，其普通的名字（“菊芋”“托吡那姆布”）与植物几乎没有任何关系，也与其区别于其他作物的独特生物和化学特性无关。在欧洲，这种植物已经并将继续受到更多的赞赏，而不是在它起源的美国。与菊芋相关的书籍自 1789 年第一次出版以来，已有大约 35 部关于该作物的专著和书籍，主要是法文、德文和俄文，最近一本主要的著作是 1955 年 I'so 用匈牙利文出版的。与主要的田间作物相比，虽然数量不大，但关于菊芋的大量科学出版物已从 1932 年的大约 400 个标题逐步增加到 1957 年的 1300 个，到今天的几千个之多。

本书出版的目的是总结我们目前对这一独特作物的基本生物学和化学的理解。我们列举了各种不同和有代表性的出版物，目的是为那些有兴趣进一步钻研这一尚未充分开发的资源的人提供可随时查阅文献和专利。令人遗憾的是，由于翻译资源有限，我们没有引用那么多来自东欧的贡献，其中一些是菊芋研究的先驱科学家的著作。自上一本关于这一物种的主要教科书问世以来，已经有 50 余年了，我们希望所提供的信息将激发更多人的兴趣和进一步的发展。

我们承认一些个人在为这项工作的信息开发方面发挥了重要作用，尤其是 Betty Schroeder，她收集和组织了这些年来文献的重印，并协调了一些研究项目。我们还感谢 Gerard Soja 博士和 Chris Stevens 博士审查了本书的章节，并感谢 Tatana Gavrilenko、Yuriy Pousuin、Zana Somda 和 Marie-Michele Pratt 博士协助翻译，我们也感谢 Will Bonsall 博士、L. Frese 博士、B. Honermeier 博士和 F. A. Kiehn 博士为研究提供的种质资源。关于在世界各地收集的遗传资源的信息，我们非常感谢 Laura Marek 博士（美国）、Hervé Serieys 博士（法国）、Helmut Knuepffer 和 Andreas Börner 博士（德国）、Gitte Kjeldsen Bjørn 博士（丹麦）、Jovanka Atlagic（塞尔维亚和黑山）和 Dallas Kessler（加拿大）提供的帮助。

目 录

1 引言:一种未得到充分利用的资源	(1)
参考文献	(5)
2 命名、起源和历史	(7)
2.1 菊芋命名	(7)
2.2 起源	(20)
2.3 历史	(22)
参考文献	(26)
3 分类、鉴别和分布	(34)
3.1 分类	(34)
3.2 鉴别	(38)
3.3 分布	(38)
参考文献	(39)
4 植物形态学和解剖学	(41)
4.1 形态学	(42)
4.1.1 茎秆和分枝	(42)
4.1.1.1 茎秆/株高	(42)
4.1.1.2 茎秆重力反应	(42)
4.1.1.3 茎秆数量	(42)
4.1.1.4 茎的直径	(42)
4.1.1.5 茎的分枝	(42)
4.1.1.6 茎的颜色	(43)
4.1.2 叶片	(43)
4.1.2.1 叶形	(43)
4.1.2.2 叶尖形状	(43)
4.1.2.3 叶基形状	(44)
4.1.2.4 锯齿状边缘	(44)
4.1.2.5 叶片大小	(44)
4.1.2.6 叶片数量	(45)
4.1.2.7 叶片角度	(45)
4.1.2.8 叶片颜色	(45)
4.1.2.9 叶子基部苞片	(46)

4.1.2.10 叶序	(46)
4.1.3 花序	(46)
4.1.3.1 花序的大小	(46)
4.1.3.2 花序的数量	(46)
4.1.3.3 花序中的花盘数量	(46)
4.1.3.4 花序中放射花的数量	(46)
4.1.3.5 叶舌形状	(48)
4.1.3.6 叶舌密度	(48)
4.1.4 果实	(48)
4.1.5 根状茎	(48)
4.1.5.1 长度	(48)
4.1.5.2 直径	(49)
4.1.5.3 数量	(49)
4.1.6 块茎	(50)
4.1.6.1 外部颜色	(50)
4.1.6.2 内部颜色	(50)
4.1.6.3 形状	(50)
4.1.6.4 块茎大小	(51)
4.1.6.5 茎节数目	(51)
4.1.6.6 表面形态	(51)
4.1.6.7 芽眼的深度	(51)
4.1.7 地下茎	(51)
4.1.8 根系	(51)
4.2 解剖学特征	(51)
4.2.1 气孔数量和密度	(51)
4.2.2 毛状体	(52)
4.2.2.1 茎秆	(52)
4.2.2.2 叶子	(52)
4.2.2.3 花上的毛状体	(54)
4.2.3 花	(54)
4.2.4 花器官的草酸钙晶体	(54)
4.2.5 块茎薄壁的超微结构	(55)
参考文献	(56)
5 化学成分和菊糖化学	(59)
5.1 化学成分	(59)
5.1.1 块茎成分	(59)
5.1.2 植物地上部分	(64)

5.2 植物中菊糖的发现	(65)
5.3 菊糖的组成、结构和性质及菊糖低聚物	(69)
5.3.1 菊糖低聚物的晶体结构	(69)
5.3.2 在水溶液中的结构	(69)
5.3.3 菊糖的性质	(70)
5.4 菊糖的成分分析	(71)
5.5 菊糖的提取、分离、纯化、分级、干燥和存储	(72)
5.6 菊糖的来源	(74)
5.6.1 传统的植物来源	(74)
5.6.2 转基因作物	(74)
5.6.3 微生物合成	(74)
5.7 天然的和分级菊糖的用途	(75)
5.7.1 天然菊糖	(75)
5.7.1.1 膨松剂	(75)
5.7.1.2 面包和乳制品添加剂	(75)
5.7.1.3 果糖和低聚果糖	(75)
5.7.1.4 保健食品添加剂	(76)
5.7.1.5 医学应用	(76)
5.7.2 通过聚合度来对菊糖进行分类	(76)
5.7.2.1 脂肪替代品	(76)
5.8 微生物和酶法改性菊糖	(77)
5.8.1 水解	(77)
5.8.1.1 完全水解:果糖糖浆	(77)
5.8.1.2 部分水解:低聚果糖	(78)
5.8.2 发酵	(79)
5.8.2.1 乙醇	(80)
5.8.2.2 丁醇和丙醇	(80)
5.8.2.3 其他发酵产品	(81)
5.8.3 环化作用	(81)
5.8.3.1 环状低聚菊糖	(81)
5.8.3.2 果糖二酐	(82)
5.9 菊糖的化学改性	(83)
5.9.1 还原	(83)
5.9.2 水解作用	(83)
5.9.2.1 羟甲基糠醛	(83)
5.9.2.2 甘露醇	(84)
5.9.3 氢解作用	(84)

5.9.4	酯化作用	(84)
5.9.5	甲基化菊糖	(84)
5.9.6	菊糖碳酸盐	(85)
5.9.7	O-(羧甲基)菊糖	(85)
5.9.8	菊粉醚	(86)
5.9.9	菊糖醛	(87)
5.9.10	菊糖氨基甲酸酯	(87)
5.9.11	菊糖-氨基酸	(88)
5.9.12	O-(氟)菊糖	(88)
5.9.13	O-(3-氨基-3-丙酰)菊糖	(88)
5.9.14	O-(羧)菊糖	(89)
5.9.15	O-(3-羟基亚胺基-3-氨基丙基)菊糖	(89)
5.9.16	O-(氨丙基)菊糖	(90)
5.9.17	硬脂酰胺和 N- N-碳氧甲基丙酸酯菊糖	(90)
5.9.18	衍生物 O-(氨基丙基)菊糖	(90)
5.9.19	环菊己糖衍生物	(90)
5.9.20	氧化	(91)
5.9.20.1	伯羟基选择性氧化	(92)
5.9.20.2	乙醇氧化	(92)
5.9.21	烷氧基化菊糖	(93)
5.9.22	菊糖磷酸盐	(93)
5.9.23	络合剂	(93)
5.9.24	阳离子改性	(93)
5.9.25	交联菊糖	(93)
参考文献		(94)
6	菊芋在人类食品与动物饲料中的价值	(109)
6.1	人类饮食	(109)
6.1.1	菊粉与肥胖症	(111)
6.1.2	菊粉与糖尿病	(112)
6.1.3	益生菌、益生元和双歧杆菌	(114)
6.1.4	菊粉和骨骼健康	(116)
6.1.5	血脂和心脏病	(116)
6.1.6	免疫系统和癌症预防	(117)
6.1.7	肠功能	(118)
6.1.8	消化不良	(119)
6.2	动物饲料	(120)
6.2.1	饲料	(120)

6.2.2	青储饲料和颗粒饲料	(124)
6.2.3	益生菌和饲料添加剂	(126)
6.2.3.1	猪	(126)
6.2.3.2	反刍动物	(127)
6.2.3.3	家禽	(127)
6.2.3.4	家畜	(128)
	参考文献	(128)
7	生物量和生物燃料	(141)
7.1	生物量	(141)
7.2	直接燃烧	(143)
7.3	生物性转化	(144)
7.3.1	乙醇	(144)
7.3.2	沼气(甲烷)	(153)
	参考文献	(157)
8	遗传资源、育种和栽培	(165)
8.1	育种程序	(165)
8.2	细胞学	(167)
8.3	种间杂交	(167)
8.4	控制性杂交	(169)
8.5	传统育种	(169)
8.6	育种技术	(170)
8.6.1	温室中控制杂交	(170)
8.6.2	利用多向杂交进行天然授粉	(170)
8.6.3	隔离杂交	(171)
8.7	开花时间处理	(171)
8.8	辐射	(173)
8.9	选择标准	(173)
8.9.1	产量	(173)
8.9.2	块茎大小	(174)
8.9.3	块茎表面光滑度	(174)
8.9.4	菊粉质量和数量	(174)
8.9.5	根茎长度	(174)
8.9.6	株高、茎的数量和分枝	(175)
8.9.7	成熟时间	(175)
8.9.8	抗病性	(175)
8.9.9	饲料品质	(175)
8.10	选择顺序	(175)

8.11	重要特征的遗传	(176)
8.12	转基因植物	(178)
8.12.1	菊芋作为基因来源	(178)
8.12.2	菊芋的遗传转化	(180)
8.13	遗传资源	(181)
8.13.1	加拿大	(181)
8.13.2	美国	(188)
8.13.3	中南美洲	(193)
8.13.4	德国、奥地利、斯洛文尼亚和瑞士	(193)
8.13.5	法国和西班牙	(198)
8.13.6	丹麦、芬兰、冰岛、挪威和瑞典	(204)
8.13.7	俄罗斯	(205)
8.13.8	乌克兰和阿塞拜疆	(205)
8.13.9	保加利亚、匈牙利和罗马尼亚	(206)
8.13.10	捷克、斯洛伐克、塞尔维亚和黑山	(206)
8.13.11	亚洲和大洋洲	(212)
8.14	栽培品种和克隆	(213)
8.14.1	收集中出现的同种、重复及混淆品种	(213)
8.14.2	栽培种、无性系和野生植物材料名录(包括同种异名;备注起源地、特征、收集价值;相关研究文献,指定的产量数据,鲜重,除非特别说明是干重)	(214)
	参考文献	(271)
9	繁殖	(287)
9.1	块茎	(287)
9.1.1	块茎休眠	(287)
9.1.1.1	控制休眠	(288)
9.1.1.2	休眠后的初始反应	(289)
9.2	根状茎	(290)
9.3	组织培养	(291)
9.4	幼枝	(295)
9.5	插条	(296)
9.6	种子	(296)
	参考文献	(298)
10	发育生物学、资源分配和产量	(308)
10.1	发育阶段	(310)
10.1.1	萌芽与冠层发育	(311)
10.1.1.1	茎秆	(311)

10.1.1.2 分枝	(312)
10.1.1.3 叶片	(312)
10.1.2 根茎形成	(315)
10.1.3 块茎形成	(316)
10.1.3.1 启动	(316)
10.1.3.2 块茎形成	(319)
10.1.3.3 块茎膨胀	(320)
10.1.3.4 休眠	(320)
10.1.3.5 休眠后的初始反应	(321)
10.1.3.6 耐寒性	(321)
10.1.4 开花	(321)
10.1.4.1 花芽的形成	(321)
10.1.4.2 花的发育	(324)
10.1.4.3 种子发育和休眠	(325)
10.1.5 衰老	(326)
10.2 光合作用	(329)
10.2.1 光照	(329)
10.2.2 最大同化速率	(331)
10.3 呼吸作用	(332)
10.3.1 暗呼吸	(333)
10.3.2 抗氰呼吸	(333)
10.3.3 呼吸速率	(334)
10.3.4 呼吸模式	(336)
10.3.5 光呼吸	(338)
10.4 同化物分配策略	(338)
10.5 碳运输	(339)
10.6 存储库强度与分配的关系	(341)
10.7 同化物的分配和再分配	(342)
10.7.1 干物质	(343)
10.7.2 碳	(345)
10.7.3 营养元素	(347)
10.8 果聚糖代谢	(349)
10.8.1 果聚糖的聚合/解聚反应	(355)
10.8.2 酶	(357)
10.8.2.1 蔗糖-1-果糖基转换酶	(357)
10.8.2.2 果聚糖:果聚糖-1-果糖基转换酶	(358)
10.8.2.3 果聚糖 1-水解酶	(359)

10.8.3	果糖聚合和解聚的规则	(359)
10.8.4	聚合过程中的变化	(359)
10.8.5	聚合度对于菊粉潜在用途的影响	(361)
10.9	额外的新陈代谢途径	(361)
10.10	分子遗传	(364)
10.11	产量	(365)
10.12	生长分析和建模	(366)
10.12.1	化合物生长分配和复合物的再分配	(366)
10.12.2	叶面积	(368)
10.12.3	生物产量和收获指数	(372)
10.12.4	作物生长和同化速率	(373)
10.13	影响产量的环境因素	(374)
10.13.1	辐射	(374)
10.13.2	温度	(375)
10.13.3	光周期	(376)
10.13.4	降水	(377)
10.13.5	风	(377)
10.14	影响产量的因素	(378)
10.14.1	土壤类型和处理	(378)
10.14.2	灌溉	(379)
10.14.3	植物种群密度	(380)
10.14.4	生育期长度	(381)
10.14.5	杂草	(385)
10.14.6	生长调节剂	(385)
	参考文献	(386)
11	传粉昆虫、害虫和疾病	(415)
11.1	传粉昆虫	(415)
11.2	病虫害	(417)
11.2.1	向日葵甲壳虫	(420)
11.2.2	向日葵蚜虫	(420)
11.2.3	向日葵茎象鼻虫	(420)
11.2.4	向日葵蛆	(421)
11.2.5	带状向日葵蛾	(421)
11.2.6	向日葵螟	(422)
11.2.7	葵花籽蛆	(422)
11.2.8	蚱蜢	(422)
11.2.9	夜蛾和地老虎	(422)

11.2.10 蚜虫	(422)
11.3 软体动物、线虫和其他害虫	(423)
11.4 真菌、细菌和病毒性疾病	(424)
11.4.1 锈病	(426)
11.4.2 南部枯萎/枯萎病/青枯病	(426)
11.4.3 白粉病	(427)
11.4.4 核菌枯萎病/腐烂病	(428)
11.4.5 顶端黄化病	(429)
11.4.6 块茎腐烂病	(429)
参考文献	(431)
12 农艺措施	(436)
12.1 种植日期	(436)
12.2 种植	(437)
12.3 控制杂草	(438)
12.3.1 控制菊芋中的杂草	(438)
12.3.2 控制后茬作物中的菊芋	(439)
12.3.2.1 化学控制	(440)
12.3.2.2 机械控制	(443)
12.3.2.3 作物轮作	(443)
12.3.2.4 新型控制技术	(443)
12.4 施肥	(443)
12.5 灌溉	(446)
12.6 收获和加工	(448)
12.6.1 收获块茎	(448)
12.6.2 收获地上植物	(449)
参考文献	(449)
13 储存	(455)
13.1 储存方法的选择	(455)
13.2 储存条件	(456)
13.3 储存损失	(456)
13.4 储存过程中成分的变化	(457)
13.5 气压控制的储存	(458)
13.6 辐射	(458)
参考文献	(459)
14 经济意义	(462)
14.1 作物生产和存储	(462)
14.2 生物燃料的生产	(465)

14.3 菊粉·····	(471)
14.4 菊芋的利用前景·····	(473)
参考文献·····	(476)
附录 ·····	(478)
菊芋相关的专利权·····	(478)
医学和兽医应用·····	(478)
食品、饮料和营养品应用·····	(480)
动物饲料应用·····	(508)
非食品工业应用·····	(509)
遗传操作与生物技术·····	(513)
栽培和植物育种·····	(516)
译后记 ·····	(519)

1 引言：一种未得到充分利用的资源

菊芋或者说洋姜 (*Helianthus tuberosus* L.) 是一个充满魅力并拥有着丰富多彩历史的物种。在过去的 300 年间，人们对这种作物的兴趣有大幅度的波动。在农作物歉收和粮食短缺 [如第二次世界大战 (简称“二战”) 时期和战后的马铃薯饥荒] 或是石油价格高昂的时代，尤其是对已有的大量文献理解有限时，人们对这种作物的潜在价值经常会又兴起了新一轮的兴趣。最近，菊芋作为多种化工产品原料的潜力，即在添加至人类食品和动物饲料的显著益处与作为生物燃料的潜力，已再次点燃了人们的兴趣。

菊芋起源于美国中北部，是生长周期为一年的多年生草本植物。它是生长在 40°—55°N 范围内以及南半球近似范围内的温带作物。即使在这个狭小的范围内，由南向北，菊芋的品种和生长条件也有显著不同。生产季节长短至关重要，通常生长季节越长，则产量越高。然而，也不全是这样，在热带尤其是湿冷的低地生长并不好，尽管这里的生长季节大大长于温带地区。它不像一些地下作物 (例如，甘薯)，块茎成熟后，预期用途决定其成熟时机。作为一个物种，菊芋有非常强的竞争力，它会很快遮蔽土壤表面，并创造一个夺取资源的区域，从而抑制其他物种的生长。相较于其他主流作物，菊芋的繁殖生长反映在其高效的热量积累上 (表 1.1)。

表 1.1 菊芋与 10 种主要作物的平均产量 (鲜重) 与热量比较

作物	产量 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) ^a	热量	
		($\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$) ^{b①}	($\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2}$)
玉米	4 472	3 490	1 561
菊芋	17 843 ^c	790 ^d	1 356
甘薯	13 493	1 000	1 349
水稻	3 837	3 410	1 308
马铃薯	16 448	710	1 168
木薯	10 763	990	1 066
黄豆	2 261	3 920	886
小麦	2 665	3 330	887
大麦	2 472	3 270	808

① 1 cal = 4.18 J。——编者注