

植物逆境生物化学 及分子生物学

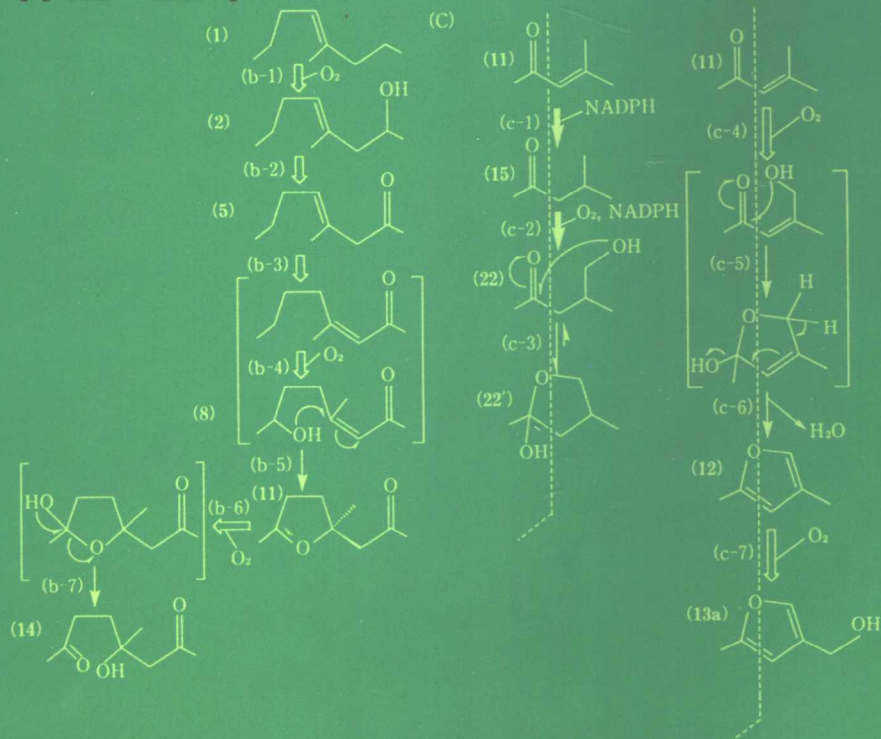
——着重热带薯类

Biochemistry and Molecular Biology of Plant Stress

Focusing on Tropical Starchy Roots

[日] 瓜谷郁三 编著

谢国生 李合生 主译



Q946
G532



郑州大学

04010083435S

Biochemistry and Molecular Biology of Plant Stress

Focusing on Tropical Starchy Roots

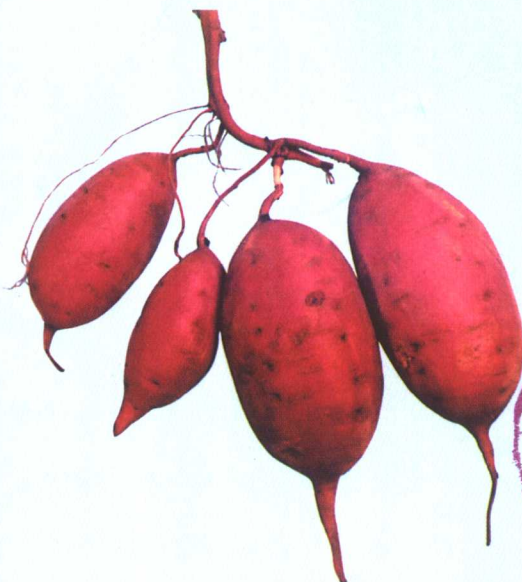
植物逆境生物化学及 分子生物学

——着重热带薯类

编著 [日] 瓜谷郁三

主译 谢国生 李合生

参译 程炳嵩 金留福 蔡礼鸿



Q946
G532

中国农业出版社

Q946/G532

图书在版编目 (CIP) 数据

植物逆境生物化学及分子生物学：着重热带薯类/
(日) 瓜谷郁三编著；谢国生，李合生主译. —北京：中
国农业出版社，2004.3

ISBN 7-109-08905-3

I. 植... II. ①瓜...②谢...③李... III. ①植物
学：生物化学—研究②植物学：分子生物学—研究
IV. Q946

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 011334 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人：傅玉祥

责任编辑 赵立山

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

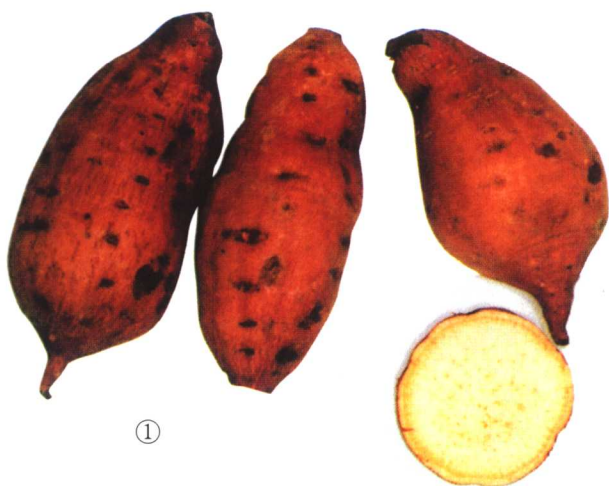
2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：18.25 插页：1

字数：399 千字 印数：1~1 000 册

定价：100.00 元

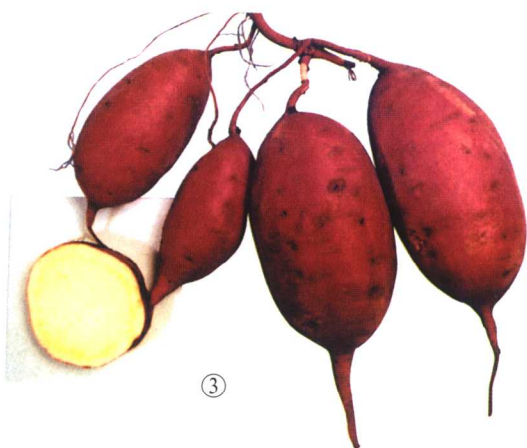
(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)



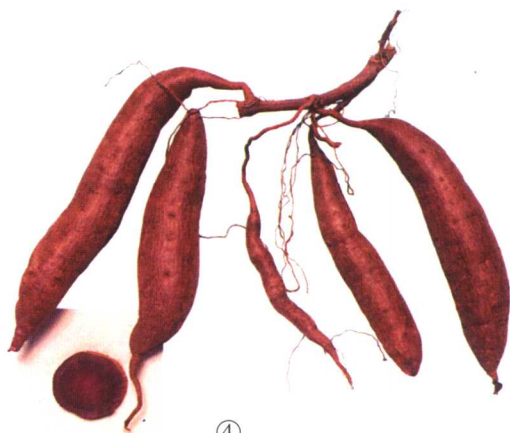
①



②



③



④



⑤



⑥

- ①甘薯（农林1号）：来历 元气×七福，千叶县农业试验场1942年育成，冲绳县农业试验场于1934年杂交。强抗黑斑病，耐低温（参照2.1，15.1）。
- ②在田间感染黑斑病的甘薯（高系14号）。黑色斑为受害部分，内部受害部分也为黑色，侵入程度较浅（约1~3mm）。抗病性中等（参照2.1）。
- ③甘薯（九州133号）：来历 九系151×c红小町，系由农林水产省九州农业试验场，于1993年杂交并育成。产量高，薯肉为淡黄色，食味良好（参照18.3）。
- ④甘薯（绫紫）：来历 九州109×萨摩光，由农林水产省九州农业试验场于1988年进行杂交，1995年育成。因花色苷含量高，故薯肉呈浓紫色，可作加工用（参照6.2，18.3）。
- ⑤木薯的收获：切去叶子，带茎拉出，然后收获。摄于菲律宾彼萨亚斯国立农业大学农场（参照16章）。
- ⑥收获后的木薯，摄于哥伦比亚国际热带农业研究中心（参照16章）。

（照片①、③、④由日本农林水产省九州农业试验场大田利用部提供）

内 容 简 介

本书全面、系统、深入地介绍了植物，特别是薯类作物在各种逆境条件下的生物化学及分子生物学方面 50 余年来的研究成果。内容包括植物受到病虫伤害的反应，如呼吸活性及途径的变化、贮藏蛋白质的结构及变动、细胞器及其酶蛋白诱导形成及分子机制；多酚类、香豆素、木质素、乙烯、水杨酸、茉莉酸、活性氧、植保素、植物杀菌物质等的合成及其相关基因研究；植物细胞内、细胞间物质运输的机制；喜温性薯类的低温逆境生物化学及分子生物学；植物对逆境的感应与信息传递途径及相关基因的表达；木薯、芋头收获后的特异性质；甘薯的杂交育种、分子育种、抗病、抗虫、抗活性氧的原理与利用；最后介绍了国际薯类研究的现状与展望。该书内容丰富、取材新颖、技术先进。

本书适合于农林院校师生，以及从事生命科学研究和农林科技研究工作人员参阅。

编者及执笔者一览

瓜谷 郁三	名古屋大学名誉教授
旭 正	名古屋大学、福井县立大学名誉教授
大羽 和子	名古屋女子大学家政学院食物营养学系
大桥 祐子	独立行政法人农业生物资源研究所分子遗传研究室
川北 一人	名古屋大学大学院生命农学研究系生物结构与功能科学专业
小岛 峰雄	信州大学纤维学院应用生物科学系
酒井 勉	元(财)三得利生物有机科学研究所
坂野 胜启	独立行政法人农业生物资源研究所新生物资源创新研究室
佐藤 研二	(财)岩手生物工程学研究中心
田中 喜之	独立行政法人农业生物资源研究所生理功能研究室
友松 笃信	宇都宫大学国际学院国际社会学系
中村 研三	名古屋大学大学院生命农学研究系生物结构与功能科学专业
兵藤 宏	静冈大学农学院生物生产科学系
藤田 政之	香川大学农学院生命功能科学系
前岛 正义	名古屋大学大学院生命农学研究系生物结构与功能科学专业
武藤 尚志	名古屋大学生物分子应答研究中心
山川 理	独立行政法人九州冲绳农业研究中心

(姓名按五十音顺序排列, 个人简历可参照附录)

Biochemistry and Molecular Biology of Plant Stress

Focusing on Tropical Starchy Roots

Edited by Ikuzo Uritani

Copyright©2001 by Japan Scientific Societies Press, Tokyo

Printed in Japan

原版前言

本书以喜温性薯类作物（甘薯、木薯、芋头），特别是甘薯收获后的块根，作为研究重点。同时，由于植物在各种逆境（如物理性伤害、病害、虫害、有毒物质伤害、低温伤害等）情况下，有种种不同的表现，因而，作者们特就第二次世界大战后至今 50 多年在分子植物学科（物质生物化学、动态生物化学、分子遗传学、分子细胞学）领域中以及与之相关联的应用领域中所积累的成果，作为编写本书的主要内容。

编著者（瓜谷郁三）何以能编撰本书出版呢？原来，整整这数十年来编著者正好一直在目录所示范围内的各项（章、节、项）内容上进行着学习研究；与此同时，对最近的发展也大体有所了解和领会。合著人方面，编著者邀请了目前正从事甘薯与木薯等热带性薯类作物的研究人员或是具有操作经验的、正活跃于研究第一线的诸方面人员来执笔，大家在理解旨趣的基础上，很快承担了撰写任务。总的结果是，名古屋大学农学院生物化学教研室中凡与该室直接或间接的有关人员都参加了撰写。另外，目前并未进行薯类研究的人员，则主要撰述现正研究着的植物的有关资料，务求把与甘薯有关联的内容都表述出来。

本书共分 20 章。连编著者本人在内共有 17 位执笔者参加撰写。如今，大家再次理解到，以热带性薯类的块根组织用作研究材料，是有很多优点的，是很理想的。例如，这些块根含有所占比例很大的均一的薄壁组织，对逆境作出反应时，能提供非常丰富而充足的能源物质（碳水化合物）以供消耗；而且还随之而发生剧烈的次生代谢等等。此外，本书编撰的内容，要求做到相互间紧密联系、互补和整合。在文中一些地方注明参照处，以便了解与之有关系的部分，务求使读者易于看懂。再者，本书通篇都以热带性薯类作物作为重点，使用其他实验植物，也得到了较多的研究结果，这对理解一般植物的逆境应答时的反应情况也是有用的。

本书许多研究已历经半个世纪以上。因而，随着有关领域学科知识的进展及社会、经济的发展，逆境应答的分子植物学科方面的研究也已面貌大变，并不断取得进展。本书各章，包含第一章绪论在内，在它们所载内容的字里行间，已对该方面的发展过程有所描述。有关的学科知识至今究竟已进展到何种程度呢？对阅读本书的人，特别是对年轻读者们来说，在 21 世纪到来之

2 植物逆境生物化学及分子生物学

际,植物分子生物学科的发展状况以及与该学科有关的应用领域的发展状况等方面,本书对他们会多少有所帮助的,这是全体编著人员共同的愿望。再者,本书还广泛地包含有关农业、园艺以及食品、营养等诸多方面的科学理论与应用技术的内容,这些内容对所述专业领域的发展也会有一定的贡献。

最后,本书是把热带性薯类作为研讨重点。随着 21 世纪的进入,世界规模的粮食短缺,正日趋显著。希望本书对世界性粮食短缺问题的解决,能多少起些作用。且不管是对世界上的发达地区还是对其他发展中地区,解决缺粮问题毕竟是与人类幸福相关联的。这不只是编著者一人的心愿,也是本书所有编著者共同的强烈愿望。因此,有关杂交育种及分子育种的内容也载于本书中;另以“国际学术合作——薯类研究现状及任务”作为最末章而结束全书。

编 者

2001 年春

编 著 者 序

本人编著的《植物逆境生物化学及分子生物学》(日文版)一书,在中国武汉华中农业大学的李合生和谢国生先生(主译者)及其他多位先生的合作与努力下,已完成了汉译本工作,并由中国农业出版社在北京正式出版。这对于编著者及共同执笔的同仁、原著出版社日本国(东京)学会出版社来说,都是一件大喜事。在此,我对全体释译者和中国农业出版社表示衷心的感谢。

编著者瓜谷和其他 16 名执笔者共同撰写的这部专著,以甘薯为代表的热带块根类作物的薄壁细胞为主要材料,论述了植物组织在病害、伤害、冷害、虫害等逆境胁迫下,所产生的逆境生物化学反应及其分子机理,并对植物在正常环境条件下各种生物生化反应所涉及的物质代谢基础进行了推理和解析。这本书凝集了编著者和全体执笔者数十年辛勤劳动的研究成果和结晶,涉及植物逆境生物化学及分子生物学等多学科领域的理论和技术。为此,翻译者在翻译原著时也付出了辛勤的劳动,克服了各种困难。诸位译者先生的热情和努力,给我留下了深刻的印象。

在 21 世纪的今天,世界人口已达 63 亿。今后将面临着人口的快速增长,到 2050 年,世界人口将达到 80 亿~90 亿。然而,在世界的南方地区,人口增加遇到的难题是粮食不足。中国是世界上人口最多的国家,面对国内人口的快速增长,粮食生产及其加工是人们关注的重大课题。如果本书的出版在这方面有所益处的话,那将使我们感到非常荣幸。

再者,中国的甘薯产量非常之高,约占世界总产的 80%。而且,在中国的南方地区,还有大量的木薯栽培。这些薯类产品还是产区农业人口的主食之一。因此,开展薯类作物生产利用的基础理论和应用基础的生物化学及分子生物学的研究、产品开发的探索,在中国仍是一个非常重要的课题。我们期待原著中文版的出版,能为中国粮食问题的研究和开发事业做出应有的贡献。

瓜谷郁三

2004 年 4 月

译 序

瓜谷郁三教授编著的《植物逆境生物化学及分子生物学》，是一本新书，也是一本少见的好书。

作者系日本名古屋大学的名誉教授，在植物生理生化方面有很深的造诣。他不仅是日本的著名学者，而且在世界同行中也享有很高声誉。早在 20 年前，他和英、美等国科学家共同撰写出版了一本植物病理生理学，以英文版问世，在国内外科学界同行中得到广泛地关注和好评。

中国是薯类作物生产大国，其中甘薯生产面积占世界甘薯种植面积的 80%，占世界总产的 85%，但我国从事甘薯生物化学及分子生物学研究工作尚甚少，而有关这方面的专著和论文数量更为稀有。瓜谷郁三教授等以甘薯为材料，系统、全面、深入地研究其生理生化及分子生物学，历时数十载，最后将其毕生研究之结晶，编写成《植物逆境生物化学及分子生物学》一书，十分珍贵难得。此书不仅对甘薯，而且对其他植物研究者亦有重要参考价值。

甘薯块根不仅可作为主食品，也是重要的工业原料，广泛用于酿造、制革、医药、化工等。在环保方面，可用甘薯淀粉制成一次性可降解用餐饮具和包装材料，可为消灭“白色污染”作贡献。甘薯薯块中含有多种营养成分，是生理碱性食品，可作为人类的保健食品。目前国内高产甘薯单位面积产值超过了水稻、小麦，发展前景看好。

瓜谷先生编著的《植物逆境生物化学及分子生物学》一书，现经国内几位植物生理专家翻译出版，将对我国薯类作物生产、加工、良种繁育和薯类作物的逆境生理生化及分子生物学、基因工程等研究工作，具有重要的理论和实践指导意义。因此，我们乐意将这本专著推荐给国内的广大读者，并期盼此书早日问世。

周茂繁教授、刘作斌研究员

2003 年 6 月于武汉

译者的话

日本国著名生物化学家瓜谷郁三教授编著的《植物逆境生物化学及分子生物学》，在日本科技界被称为跨世纪的植物生物化学研究的里程碑出版物(monumental masterpiece)。该专著是以瓜谷郁三先生为首的17名研究员、教授集20世纪下半世纪50余年研究成果之结晶，研究对象以甘薯、木薯、芋为中心，兼顾拟南芥、烟草、水稻、豌豆、绿豆等代表性作物，研究的内容广泛，涉及植物逆境(病害、虫害、伤害、低温、贮藏)的生理学、生物化学(次生代谢)及分子生物学、基因工程学；在理论研究的基础上，也探讨了与生产实际有直接或密切联系的问题，包括抗病、抗虫、品质杂交育种、分子育种、转基因植物、抗活性氧植物的选育、国际上薯类研究的现状与未来等。总之，这是一本国内外难得的资料新颖、内容丰富、学术水平高，在逆境生理生化及分子生物学领域中具有时代特征的科技专著，填补了国内外该领域研究的空白。特别是在我国有关薯类作物的抗病、抗虫、抗低温的生理生化及分子基础研究有待加强、深化、提高之际，瓜谷先生的专著的翻译出版，必将对我国逆境生理生化及分子生物学的研究，特别是对我国薯类作物及其他宿根作物的生产、科研、开发利用及薯类生物学学科发展起着有力的推动作用。我们希望这本专著的汉译本早日与读者见面，大家能在作物逆境生理生化及分子生物学的理论与实践方面有所裨益，正是我们几位译者的心愿。

本书翻译出版得到了中国农业出版社的大力支持，感谢他们把该专著汉译本列入重点学术专著出版计划之列；其次，该专著以瓜谷郁三先生为首的17名作者及日本国东京学会出版社山田猛和松野宽二位先生对本书的翻译出版给予了无偿支持，不收任何费用；在此一并表示诚恳的感谢。参加本书翻译的几位专家、教授、博士，其中有的已是年过七旬的老先生，大家都是放弃了休息时间，专心致志，努力工作，而且都是在无任何经费资助情况下投入工作的，这是令人深为感动和钦佩的。为了本书的翻译出版，李合生教授付出了巨大的努力，程炳嵩教授、周茂繁教授、刘作斌研究员都给予了热情的支持和帮助。

本专著翻译工作是华中农业大学和山东农业大学程炳嵩(扉封、扉里、前言、目录、第1章(序)、第2章、第20章、谢词、编者及执笔者简历、封

2 植物逆境生物化学及分子生物学

底、中缝), 金留福 (第 19 章), 李合生 (内容简介、译者的话、第 3、4、5、10、12、15、16 章、索引), 谢国生 (第 6、7、8、9、13、14、17、18 章), 蔡礼鸿 (第 11 章), 通力合作完成的。

本专著涉及的专业领域相当广泛, 外来语特别多, 尽管译者耗费很大精力, 四处查询, 反复研讨, 然而, 由于水平有限, 不妥或错误之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

译 者

2003 年 7 月于武汉

目 录

原版前言

编著者序

译序

译者的话

第1章 绪论..... 瓜谷郁三 (1)

1.1 时代及研究趋势..... (1)

1.2 甘薯病理生物化学的创始..... (1)

1.3 另一类生物化学..... (2)

1.4 地球视野上的生物化学..... (2)

1.5 植物分子遗传学的发展..... (3)

参考文献..... (4)

第2章 对象植物与病害及伤害因子..... 瓜谷郁三 (5)

2.1 对象植物..... (5)

2.2 对象病原体..... (6)

2.3 伤害及病害组织材料的调制..... (7)

参考文献..... (7)

第3章 甘薯发生伤害及病害时呼吸的增加..... (8)

3.1 甘薯发生病伤害时呼吸增加的状况、机制及作用..... 瓜谷郁三 (8)

3.1.1 研究动机..... (8)

3.1.2 大组织片中呼吸的增加..... (8)

3.1.3 小组织片中呼吸的增加..... (9)

3.1.4 无细胞系中呼吸的增加..... (10)

3.1.5 末端氧化酶的特异性..... (10)

3.1.6 呼吸增加与氧化磷酸化..... (11)

3.1.7 呼吸增加时碳水化合物代谢中的各种酶及底物..... (12)

3.1.8 碳水化合物的消耗和呼吸及其与次生代谢间的数量关系..... (13)

3.1.9 呼吸增加与抗性反应..... (16)

2 植物逆境生物化学及分子生物学

3.2 病伤害甘薯中另一条氧化途径的发现、功能及生理作用	坂野胜启 (16)
3.2.1 抗氰呼吸与另一条氧化途径	(16)
3.2.2 电子向 AOX 途径分配的调节机制	(18)
3.2.3 抗氰呼吸与环境因子的相关——推断的功能	(19)
3.2.4 抗氰呼吸的新生理功能——对细胞质 pH 的调节	(20)
3.2.5 关于病伤害甘薯中抗氰呼吸生理作用的推论	(20)
参考文献	(21)

第 4 章 甘薯伤害时线粒体等细胞器的诱导形成及其机制

旭 正 (25)

4.1 甘薯伤害时细胞器的诱导形成	(25)
4.1.1 伤害组织中线粒体的诱导形成	(25)
4.1.2 伤害组织中微体的诱导形成	(26)
4.1.3 伤害组织中内质网的诱导形成	(26)
4.1.4 伤害组织中细胞内结构的巨大变化	(27)
4.2 甘薯细胞内细胞器的酶蛋白结构与基因	(27)
4.2.1 细胞内细胞器酶蛋白的研究	(27)
4.2.2 细胞色素 C 氧化酶	(27)
4.2.3 F_0-F_1 ATP 酶	(29)
4.2.4 过氧化氢酶	(30)
4.3 高等植物细胞中细胞器形成的分子机制	(31)
4.3.1 细胞器形成的分子机制要点	(31)
4.3.2 线粒体形成的分子机制	(32)
4.3.3 微体形成的分子机制	(33)
4.4 高等植物细胞中细胞器形成的诱导机制	(33)
参考文献	(34)

第 5 章 甘薯贮藏蛋白质的结构、液泡区域化及病伤害时的变动

(36)

5.1 SP-蛋白的结构及液泡区域化	中村研三 (36)
5.1.1 SP-蛋白的多型性	(37)
5.1.2 SP-蛋白前体的加工及向液泡的选择运输	(38)
5.2 贮藏蛋白质在病伤害时向其他蛋白质的转变	瓜谷郁三 (40)
5.2.1 病伤害组织中 SP-蛋白向低分子蛋白质的转变	(41)
5.2.2 SP-蛋白的酶活性	(42)
参考文献	(42)

第 6 章 甘薯病伤害时多酚类的生成与氧化

(44)

6.1 研究动机	瓜谷郁三 (44)
----------------	-----------

6.2 多酚类的分离及特性	(44)
6.3 多酚类的生成、分解及转变	(46)
6.3.1 多酚类的生成、分解及转变模式	(46)
6.3.2 与多酚类生物合成有关的酶类及其合成途径	(46)
6.3.3 多酚类的转变与氧化	(49)
6.4 多酚类的生理、病理意义及作用	(51)
6.4.1 病伤害时多酚类生物合成研究的意义	(51)
6.4.2 多酚类的生理和病理作用	(52)
6.5 甘薯伤害时苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 的表达、 调节及钝化因子的功能	田中喜之 (52)
6.5.1 PAL	(52)
6.5.2 伤害组织中 PAL 活性诱导	(52)
6.5.3 PAL 的酶学性质	(53)
6.5.4 PAL 基因	(55)
6.5.5 PAL 基因表达与调控	(56)
6.6 伤害甘薯中另一条绿原酸生物合成途径	小岛峰雄 (58)
6.6.1 绿原酸	(58)
6.6.2 绿原酸研究小史	(58)
6.6.3 组织切片的示踪实验	(59)
6.6.4 绿原酸生物合成酶类的鉴定	(61)
6.6.5 有机酸葡萄糖酯中间产物在植物次生代谢中的普遍性	(63)
6.6.6 尚未解决的课题	(63)
参考文献	(63)
 第 7 章 甘薯病伤害时香豆素类的生成	瓜谷郁三 (67)
7.1 香豆素类的分离与特性	(67)
7.2 香豆素类的生成与转变模式	(67)
7.3 香豆素类生物合成的酶类与合成途径	(68)
7.4 香豆素类的生理与病理作用	(69)
参考文献	(69)
 第 8 章 甘薯病伤害时木质素的形成	瓜谷郁三 (70)
8.1 病伤害时木质素形成的特性	(70)
8.2 病态及伤害木质素的化学特性	(71)
8.3 病态及伤害木质素的形成机理	(72)
8.4 病态及伤害木质素的生理与病理作用	(73)
参考文献	(73)

第9章 甘薯病伤害时植保素的生成及转化 (75)

9.1 研究动机	瓜谷郁三 (75)
9.2 植保素的生成、转变及分布	(76)
9.3 植保素的分离及特性	(77)
9.3.1 有关甘薯酮的研究	(77)
9.3.2 甘薯酮以外的成分研究	(78)
9.4 植保素生物合成有关的酶类及合成途径	(79)
9.4.1 从碳水化合物到细胞溶胶中乙酰 CoA	(81)
9.4.2 从乙酰 CoA 到法呢醇	(81)
9.4.3 从法呢醇到类倍半萜类 (植保素)	(82)
9.5 与植保素合成有关的激发子	(83)
9.5.1 植保素合成与激发子	(83)
9.5.2 褐变细胞死亡和植保素合成	(84)
9.6 植保素对病原菌和一般微生物的抑制作用	(85)
9.6.1 对黑斑病菌及其他病原菌的抑制作用	(85)
9.6.2 对酒精发酵的抑制作用	(85)
9.7 植保素对动植物的作用	(85)
9.7.1 对甘薯自身的抑制作用	(85)
9.7.2 对昆虫的作用	(86)
9.7.3 对哺乳动物的作用	(86)
9.8 植保素合成的前阶段中 HMG - CoA 还原酶的活性调节	大羽和子 (86)
9.8.1 HMGR 在异戊二烯类化合物合成中的作用	(86)
9.8.2 HMGR 基因的转录调控	(86)
9.8.3 HMGR 基因的转录后调控	(87)
9.8.4 利用 HMGR 的特异抗体研究 HMGR 活性诱导机制	(87)
9.9 植保素合成的后阶段中 P-450 的代谢调控	藤田政之 (90)
9.9.1 后阶段主要合成途径及相关酶类	(90)
9.9.2 病伤害甘薯中 P-450 的生成及其性质	(92)
9.9.3 高等植物中的 P-450	(95)
9.9.4 高等植物中 P-450 基因	(97)
9.9.5 病伤害甘薯中 P-450 基因的研究方向	(99)
参考文献	(101)

第10章 甘薯病伤害时乙烯的生成 (106)

10.1 甘薯病伤害时乙烯的生成	瓜谷郁三 (106)
10.1.1 研究动机	(106)
10.1.2 病伤害时乙烯生成的方式	(106)
10.1.3 病菌的乙烯生成	(107)

10.2 甘薯病伤害时的生理活性及防御反应与乙烯的关系	(107)
10.2.1 生理活性与乙烯	(107)
10.2.2 防御反应与乙烯	(109)
10.3 植物中乙烯的生物合成	兵藤 宏 (110)
10.3.1 乙烯生物合成途径	(110)
10.3.2 参与乙烯生物合成的酶类及其基因	(112)
10.3.3 乙烯生物合成的调节	(113)
10.3.4 乙烯的信息传递及代谢表达调控	(114)
10.4 甘薯病害组织中乙烯生成的特异途径	(114)
10.4.1 与细菌中 ACC-ACC 氧化酶途径不同的乙烯生成途径	(114)
10.4.2 甘薯病害组织乙烯生成中不能用 ACC-ACC 氧化酶途径说明的诸性质	(115)
参考文献	(115)
 第 11 章 甘薯对虫害的反应	(118)
11.1 甘薯的害虫	瓜谷郁三 (118)
11.1.1 甘薯小象甲	(118)
11.1.2 甘薯象甲	(118)
11.1.3 其他害虫	(119)
11.2 自然条件下虫害甘薯中异常代谢成分的生成	(119)
11.2.1 研究经历	(119)
11.2.2 苦味成分的鉴定	(120)
11.3 人工条件下虫害甘薯中异常代谢成分的诱导	(120)
11.3.1 象甲的获得及饲养	(120)
11.3.2 两种害虫幼虫为害甘薯的状况	(120)
11.3.3 幼虫及成虫的抽提成分对异常代谢成分的诱导	(120)
11.4 甘薯对虫害反应的机制	佐藤研二 (122)
11.4.1 甘薯对害虫的引诱、产卵及摄食刺激	(122)
11.4.2 甘薯对虫害的信号传递及异常代谢成分生成的分子机理	(124)
11.4.3 甘薯异常代谢成分对害虫生理的影响	(124)
11.5 甘薯害虫防治的现状 & 展望	(125)
11.5.1 害虫综合防治	(125)
11.5.2 害虫防治的现状	(125)
11.5.3 害虫防治的展望	(125)
参考文献	(127)
 第 12 章 植物对病伤害的应答及信息传递	(131)
12.1 植物对病原菌侵入时的初期抵抗反应	川北一人 (131)
12.1.1 植物的抗病性及感病性	(131)