

植物化学译文集

科学出版社

植物化学译文集

中国科学院北京植物研究所植物化学研究室 译

科学出版社

1975

内 容 简 介

本书介绍了有关植物中的生物碱、黄酮、萜类、植物油酯以及植物化学分类学方面的资料，也介绍了最近植物化学研究工作的新动向与新的研究技术。本书可供作从事植物化学、药理学、有机化学、生物化学和植物分类学工作者的参考资料。

植 物 化 学 译 文 集

中国科学院北京植物研究所
植物化学研究室 译

*

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1975 年 9 月 第 一 版 开本：787×1092 1/16

1975 年 9 月 第 一 次 印 刷 印张：11 5/8

印数：0001—6,250 字数：267,000

统一书号：13031·317

本社书号：488·13-8

定价：1.20 元

译 者 的 话

植物化学虽然已有近二百年的历史,但是它仅仅是在近几十年内才得以迅速发展的。随着近代各种工业(包括医药工业)的迅速发展,从植物界中寻找新原料物质的要求越来越迫切。同时,为了更有效地寻找和利用新原料物质,在理论上需要对植物界中化学成分分布规律和生物合成进行探索。这就促进了植物化学的迅速发展。

在植物化学研究技术上,已普遍使用了红外光谱仪、紫外光谱仪、色谱仪、质谱仪和核磁共振仪等现代仪器。在研究深度上,已由一般的植物化学成分分析发展到对植物中化学物质的生物合成途径的探索。由对从植物中易于得到的或含量大的物质的研究,发展到对难以得到的或含量小的物质的研究。由对低分子的或简单的物质的研究,发展到对大分子的或复杂的物质的研究。

目前,植物化学所包括的内容是十分丰富的,所研究的植物中化学物质是多种多样的。现仅就“植物化学分类学”以及同工业和医药上关系较密切的植物化学成分——生物碱、黄酮、萜类、油脂和胶类等作一简要介绍。

植物化学分类学是植物化学中一个新的活跃的领域。“化学分类学”(Chemotaxonomy)这个术语只是在十多年前提出来的。现在已被人们所广泛应用。植物化学分类学的研究主要从植物中的化学成分(特别是高分子化合物)角度,配合传统分类学及各有关学科,共同探索植物系统发生。同时,随着植物化学分类学的不断发展,它将对开发利用植物资源起着重要的作用。

生物碱是含氮的碱性有机化合物(氨基酸和维生素除外)。通常依生物碱的基本化学结构将其分为异喹啉、吡啶和吲哚等十几类生物碱。至今,已知有四千多种生物碱。在高等植物中,有一百三十多个科已知道含有生物碱。

生物碱大多具有生理活性,因此,它常常是许多中草药的有效成分。例如,鸦片中的镇痛成分吗啡,麻黄中的止喘成分麻黄碱,以及黄柏、三棵针和黄连中的抗菌消炎成分小檗碱等都是生物碱。因此,人们对植物药中研究得最早和最多的是生物碱。

黄酮类化合物是一类天然色素,具有 2-苯基苯骈吡喃酮骨架,可用 $C_6-C_3-C_6$ 这样一个简式表示。依吡喃环氧化水平和取代方式等不同,黄酮类化合物可分为黄酮、黄酮醇和异黄酮等十多类。至今,已从高等植物中分离和鉴定出的黄酮类化合物有六百多种。

从前,黄酮类化合物仅应用于染料和杀虫方面。然而,由于近年来的广泛研究,其经济意义越来越大。例如,芦丁和银杏叶中的几种黄酮是一种冠状动脉的扩张剂,水飞蓟素(silymarin)是有效的抗肝毒物质,前花色素(proanthocyanidins)的二聚物有抗肉瘤 180 的活性,并且还可以作油脂的抗氧化剂等。某些黄酮化合物,作色素涂料,有防辐射的作用。已发现能治慢性气管炎和冠心病的许多新草药,其有效成分不少是黄酮类化合物。

萜类化合物是以异戊二烯为组成单位的一类化合物。萜类化合物有倍半萜、单萜、双萜和三萜等。至今,已发现萜类化合物有二千多种。

挥发油即芳香油,其主要成分是单萜和倍半萜。在生产上可利用这些萜类来调制香料和香精,从而广泛用于日用品和食品工业上。其中有的用作杀菌消毒药物,有的用作驱避剂,有的如柠檬醛可合成维生素。而香樟醇可合成昆虫引诱剂。治疗慢性气管炎的艾叶油和烈香杜鹃油的成分均为萜类化合物。这几年来,从植物中发现了很多倍半萜内酯类化合物,其中有些是有抗癌活性的。二萜中有赤霉素和植物醇等,这些化合物有些有毒,有些有降压作用。穿心莲的有效成分为二萜内酯及其苷。前不久发掘出来的中草药罗锅底的有效成分雪胆素是葫芦科植物中普遍存在的三萜成分之一。同三萜同类的甾体又是一个重要方面,如薯芋皂角苷配质用于合成避孕药物。

油脂是脂肪酸的甘油酯。油脂水解后都生成脂肪酸和甘油。油脂中的脂肪酸是多种多样的。最常见的饱和脂肪酸有月桂酸、肉豆蔻酸、软脂酸(棕榈酸)及硬脂酸,而最常见的不饱和脂肪酸有油酸、亚油酸及亚麻油酸等。至今,已有二千多种植物作了含油量的测定,并在不同程度上对其油的理化常数和脂肪酸组成作了分析。而已发现的植物脂肪酸有二百六十多种。

人类利用植物种子或果实中油脂的历史远始于太古时期。植物性食用油脂、蛋白质和碳水化合物曾经是而且现在仍然是人类营养的基础。植物油极为广泛地应用于各种工业,如塑料、纤维、油漆、制革、医药、食品、燃料、橡胶、润滑脂和日用化学等工业。

植物胶(包括粘质)属于聚糖类。其主要由己糖和戊糖链组成。易溶于水,形成真溶液,或不完全溶于水,在水中形成厚糊或凝胶。

最常见的植物胶有产于金合欢属植物中的阿拉伯胶、产于黄耆属植物中的黄耆胶、产于苹婆属植物中的苹婆胶,以及产于李属中的桃胶等。

植物胶广泛应用于冶金、医药、造纸、纺织、食品、印刷、化妆品和照相材料等工业。

最近,在石油部门,对利用植物胶加工成油田增产用的水基压裂液引起很大兴趣。人们已发现,不少豆科植物中含有半乳甘露聚糖的种子内胚乳胶,可将其加工成油田增产用的优良高粘度水基压裂液。

上述这些内容远不能概括植物化学的应用。当前,我国生产实践上不断提出很多急需解决的问题。在解决这些问题的同时,我们面临着探索植物化学成分分布规律及其在植物体内的合成规律,以便使我们的认识从必然走向自由,更好地认识自然、利用自然和改造自然。目前,在有关学科和技术手段迅速发展的情况下,更推动着我们阔步前进,为我国的社会主义革命和建设贡献力量。

遵循毛主席关于“洋为中用”的教导,我们编辑了《植物化学译文集》。目的是根据上述的情况,有选择地介绍植物化学有关方面的某些国外研究动态。对我们所选译的材料,希望读者持分析态度,批判地参考。

由于我们业务水平有限,并且对本门学科的国内外研究动态了解得不够,故在编译过程中,选题上的不妥和翻译上的错误在所难免,望广大读者提出批评指正。

译者

目 录

译者的话	(i)
植物化学的一些重要新领域	Tom J. Mabry (1)
日本在天然化合物方面的研究	カダズオ イトウ (22)
化学分类学——过去和现在	R. Hegnauer (30)
生物碱与植物系统学	Tom J. Mabry 和 James A. Mears (40)
黄酮类化合物在豆科植物中的分布	J. B. Harborne (57)
萜类化合物的气相层析	V. Herout (91)
二萜和三萜在分布上的系统学方面问题
.....	G. Ponsinet, G. Ourisson 和 A. C. Oehlschlager (98)
萜类衍生物、挥发油、香脂以及树脂的薄层层析	Egon Stahl 和 H. Jork (115)
植物脂肪酸的结构和分布	C. Hitchcock 和 B. W. Nichols (153)

植物化学的一些重要新领域

Tom J. Mabry

引 言

植物化学家的目的是发现和了解植物系统中的化学现象。植物化学是生物化学的一个方面,今后几年内,它将会做出一些重要的发现。

植物化学既是一个迫切需要,而且也是一个正在发展的领域。自从1966年北美的和不列颠的植物酚类小组改组成“植物化学学会”以来,我们看到它异常活跃——我们满意地注意到:《植物化学》(*Phytochemistry*)这一杂志的成就,出版了日趋增多的研究论文和著作,并且,召开了一些有关天然产物化学的各个方面的讨论会。

然而,我对植物化学作为一个学科的看法与 Alston 于1967年^[2]在生化系统学方面所表达的那些概念有些相似,他认为:

“……看来,关于这一领域仍然存在着一种不成熟的兆端,非常需要作一个全面的剖视……。我坚信,在这领域中要去粗取精往往不是容易的。”

从根本上来说,我相信植物化学的未来应该是关于我们对于细胞与有机体相互作用方式的认识和有机体与其环境的相互作用的认识。现在植物化学家大量进行的孤立的实验最终会被承认是大系统的一部分工作。

本文选择一些估计能做出实质性进展的领域和课题。当然,所列举的课题不是绝对的,主要倾向于个人兴趣范围。然而,我相信所讨论的课题提供了一些重要渠道的概貌,植物化学的知识正在沿着这些渠道取得进展,而且,将要不断地取得进步。

天然产物的化学、结构测定和生源方面的进展

小分子化合物

随着包括核磁共振、红外、紫外光谱和质谱,气相、纸上、薄层和柱上层析,电泳和X射线结晶学等新分析法或新技术方面的发现,进行新的、天然产生的、代表着某些完全肯定了的天然产物类别的化合物的结构说明,变得愈来愈成为一种常规性工作了。然而,新物质的鉴定和结构分析仍然是大部分植物化学研究的一个重要的(虽然也许是不太动人的)方面。当然,我们能够预料到已知的天然产物的总数会有急剧的增长。例如,过去十年中,已知的非蛋白质氨基酸的数量有成倍增长,有人还预言,今后十年其数量可能再加一倍(图1)。同时,更多的力量正集中在这些不寻常的氨基酸的生化作用方面,特别是关于它们作为抗代谢物的性质。

象 Overhauser 核效应 (NOE) 这样的技术正在广泛地应用于天然产物的结构和构象

分析方面。举例来说,老鹤草内酯 (germacranolide)类如二氢塔莫里平 A 乙酸酯 (Bhacca 和

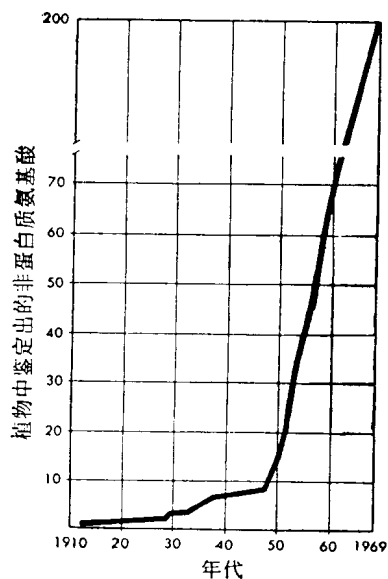
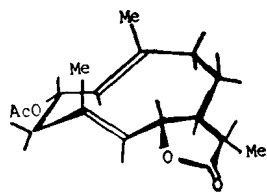


图 1 新的非蛋白质氨基酸的鉴定率(自 Fowden, 1969)^[16]

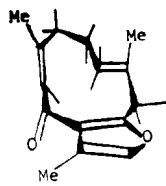
Fischer, 1969)^[5], 呋喃糖二烯酮 (Hinkino 等, 1969)^[19] 和异呋喃糖二烯酮 (Hinkino 等, 1969)^[19] 等的分子结构是通过 NOE 的研究而确定的; 倍半萜内酯, 香米索宁 (L'Homme 等, 1969)^[25] 和 α -环氧山塔马灵 [Yoshioka (吉冈)等, 1970], 生物碱毒扁豆碱 (Newkome 和 Bhacca, 1969)^[34] 和香豆素 (poncitrin) [Tomimatsu (富松), 1969]^[43] 等的结构部分地通过 Overhauser 核效应研究得到测定的。典型的一个实验,对 α -环氧山塔马灵的 C-4 甲基团标记的核磁共振照射,产生 C-6 处质子标记的强度增加 17%; 这一结果肯定了 C-6 质子和 C-4 甲基团的顺式相关。

天然产物的不寻常的分布和结构特征的新的报道仍然代表了植物化学方面有价值的信息。例如,近年来大约 30 种天然发生的 2'-羟基黄酮类的检定 (Datta 等, 1969)^[10] 是重要的,因为 2'-羟基化型式据认为是黄酮化合物骨架的极稀有的变型。从丽藻 (*Nitella*

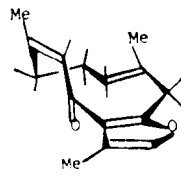
hookeri) (轮藻科)中分离出的黄酮类化合物路塞宁 (lucenin) 和威塞宁 (vicenin) 类的 C-糖



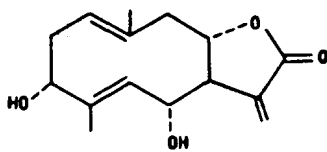
二氢塔马里平A-乙酸酯



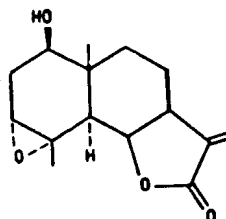
呋喃糖二烯酮



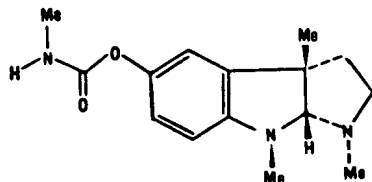
异呋喃糖二烯酮



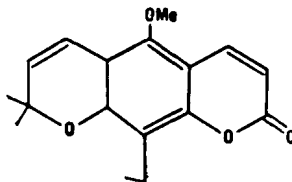
香米索宁



α -环氧山塔马灵



毒扁豆碱



香豆素

昔是有意义的,因为这是黄酮类化合物在绿藻类中发现的第一次报道 (Marknam 和 Porter, 1969)^[29]。

因为 Woodward-Hoffmann 法则 (Woodward 和 Hoffmann, 1965^[46]; Hoffmann 和 Woodward, 1969^[20]) 在估计预定的有机反应的“可能性和立体化学结果”方面的重要性,所以,它在关于天然产物所遇到的化学转化的研究方面显然具有长效意义。例如,现在很多研究者涉及到天然产物的光化学。Yoshioka (吉冈)和其同事最近就研究了从光穗豚草 (*Ambrosia psilostachya* DC) 中得来的一种新的老鹳草内酯,即艾莎白灵 (isabelin) 的光化学 [Yoshioka (吉冈)等, 1968; Yoshioka (吉冈)和 Mabry, 1969]。在室温下,艾莎白灵以 10:7 的比例,有两种稳定的构象 (conformer) 存在于溶液中;同样条件下,其二氢化衍生物只以一种构型存在。

他们研究了两种形态的光解;艾莎白灵在 257.7 毫微米的紫外线照射下产生光化艾莎白灵,光化艾莎白灵是很容易通过环内双键以平行方向作构型上 ($2\pi + 2\pi$) 加环衍生得来的。相反,照射二氢衍生物产生二氢光化艾莎白灵和烯类光化产物光二氢艾莎白灵 (lumidihi-

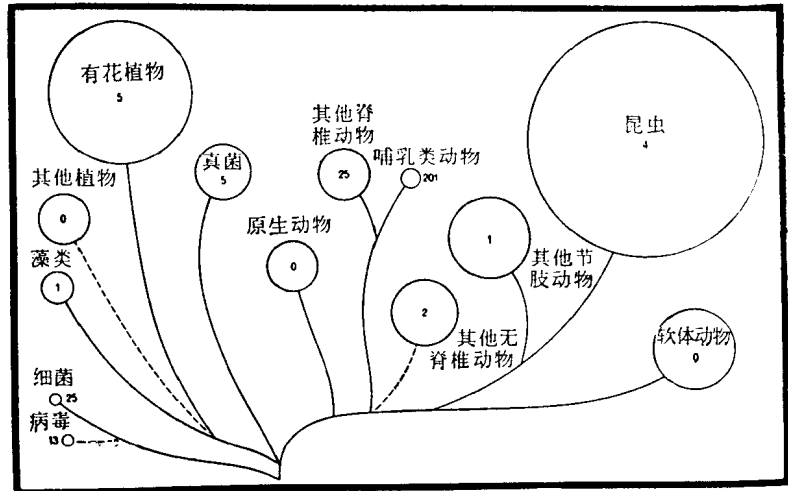


图 2 艾莎白灵、二氢艾莎白灵的光化产物 [Yoshioka (吉冈)等, 1970]^[49]

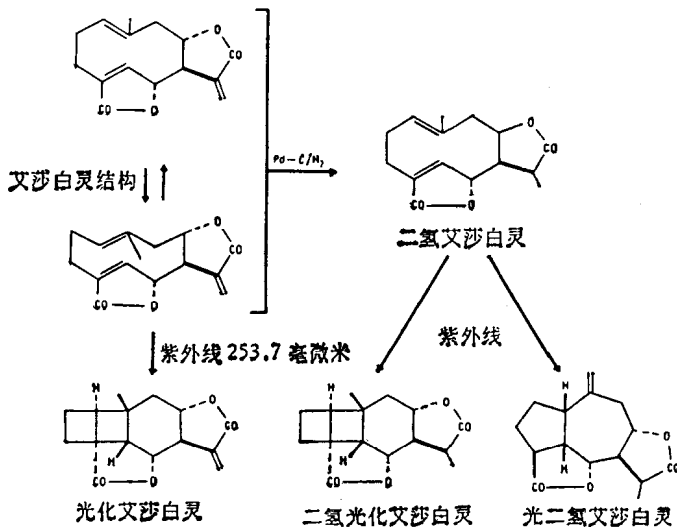


图 3 各种生物类群的、已知至少为 30 个氨基酸的蛋白质数量。面积是与各群所记的种数成比例的 (除了还不肯定种的细菌和病毒外) (自 Dayhoff, 1969)^[12]

droisabelin) 的混合物 (图 2)。根据 Woodward-Hoffmann 轨道对称法则,很容易估计光化艾莎白灵和二氢光化艾莎白灵的形成和全部立体化学。

高分子化合物

今后十年中,关于植物组成成分结构测定方面最重要的发展也许会在过去有些忽视的植物高分子化合物方面。例如,大约 300 个蛋白质 (它们的氨基酸序列已知至少有 30 个部位) 只有 6 个来自有花植物的资源 (Dayhoff, 1969)^[12] (图 3)。

生 源 研 究

从根本上说,生源研究主要是关于天然产物合成中有关酶过程的机理;然而,今后十年中,研究某一个途径中所发生的各种中间产物的化学和结构测定还是生源研究的重要方面。Battersby、Arigoni、Scott、Leete 和其他人在过去四年中联合进行关于柯楠属 (*Corynanthe*)、白坚木属 (*Aspidosperma*) 和伊菠加属 (*Iboga*) 的吲哚生物碱生源研究是这类研究的范例(图 4)。他们肯定了在大吲哚生物碱中发现的非色氨酸碎片是经由甲瓦龙酸→牻牛儿醇→马钱宁→闭联马钱宁→C₁₀ 或 C₉ 碎片而衍生;然后, C₁₀ 或 C₉ 碎片结合了色氨酸终于产生如下生物碱: 柯楠碱、伊菠明和长春花明(有关的一些参考文献有: Battersby 和 Burnett, 等, 1968^[3]; Battersby 和 Kapil 等, 1968^[4]; Brechbühler-Bader 等, 1968^[6]; Money 等, 1968^[32]; Leete, 1969^[22]; Loew 和 Arigoni, 1968^[24]; Payne 等, 1968^[39]; Qureshi 和 Scott, 1968^[40])。

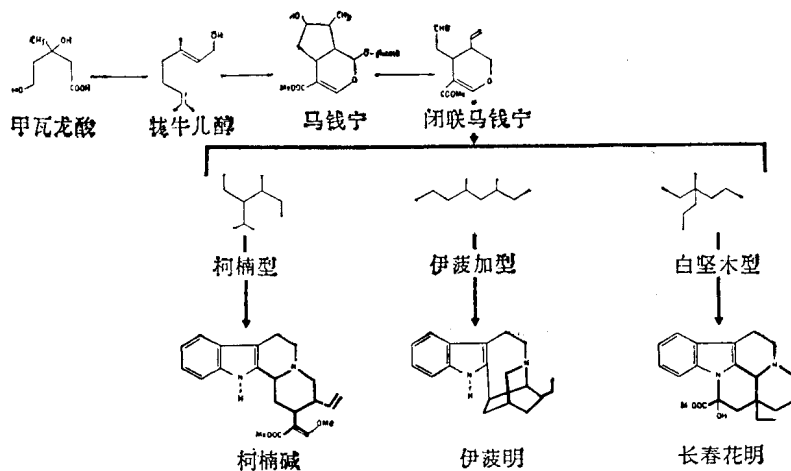


图 4 在很多吲哚生物碱中发生的 C₁₀ 萜类碎片的生源型式

在仙人掌属 (*Opuntia*) (仙人掌科)植物的果实中, L-二羟基苯丙氨酸-1-C¹⁴ 和-2-C¹⁴ 转化成二氢吡啶环和甜菜宁 (betanin) 的环二羟基苯丙氨酸部分 (Miller 等, 1968)^[30,31] (图 5), 构成了高等植物的一种新发现的生物转化。然而,这一发现对甜菜蓝因 (betalain) 类的生源方面提出的问题比它所解决的问题更多。二羟基苯丙氨酸与甜菜宁之间的中间产物是什么? 仙人掌属植物果实中标记二羟基苯丙氨酸进入到甜菜宁的二氢吡啶部分要比进入到环二羟基苯丙氨酸环中的多 20 倍的比例, 而当采用甜菜幼苗时, 显然是以等同的比例进入到甜菜宁的两半部分, 这是为什么呢? 酶反应的详细机理是怎么样的? 这一途径对于属于中央种子目的 10 个产甜菜拉因的科 (Mabry 和 Dreiding, 1969^[27]; Wohlpart 和 Mabry, 1968^[45]) 方面有什么系统发育的意义? 现在要求详尽地研究从二羟基苯丙氨酸到甜菜宁的途径中所包括的一些酶, 如要进行植物中二羟基苯丙氨酸酶转化的一些超结构位置的标定研究(参阅下一节)。

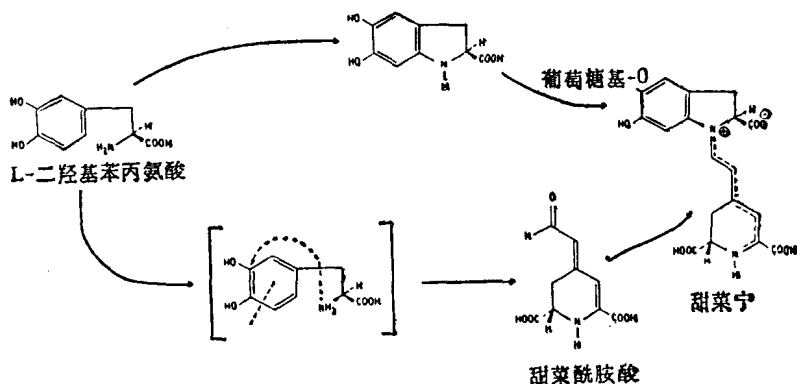
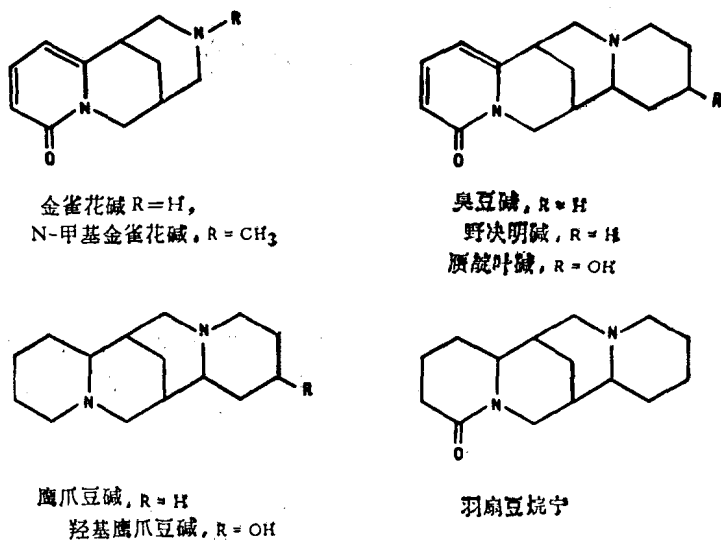


图5 甜菜宁中从二羟基苯丙氨酸到双氢吲哚和双氢吡啶环的生物合成途径 (Miller 等, 1968^[31] 和 N. H. Fischer 和 A. S. Drieding 的未出版的著作)

超结构研究

1965年 Cranmer^[7] 用特殊的电子显微镜技术在超结构的水平上检定了羽扇豆生物碱。他利用脲蕨属 (*Baptisia*) 一些种 (豆科) 叶子材料, 这种材料已知产生羽扇豆生物碱的各种组合: 金雀花碱、*n*-甲基-金雀花碱、臭豆碱、野决明碱、脲蕨叶碱、鹰爪豆碱、羟基鹰爪豆碱和羽扇豆烷宁 (Cranmer 和 Mabry, 1966)^[8]。



叶子切片用戊二醛固定, 已固定标本中的羽扇豆生物碱用 Dragendorff 试剂沉淀。这种试剂与生物碱作用特别产生一种不溶的、具电子密度的铋-碘沉淀。最后, 把标本用四氧化锇处理, 使细胞膜和细胞器染色。大部分生物碱-Dragendorff 沉淀清楚地位于细胞的液泡中 (图6) (因为生物碱-Dragendorff 沉淀有独特的亮桔黄色, 所以, 可以用光学显微镜证实这一点)。在缺乏对次生化合物染色的特殊试剂的情况下, 下面所讲的射线自显影电子显微镜技术, 可以用来在超结构水平上标定天然产物的特殊类别。

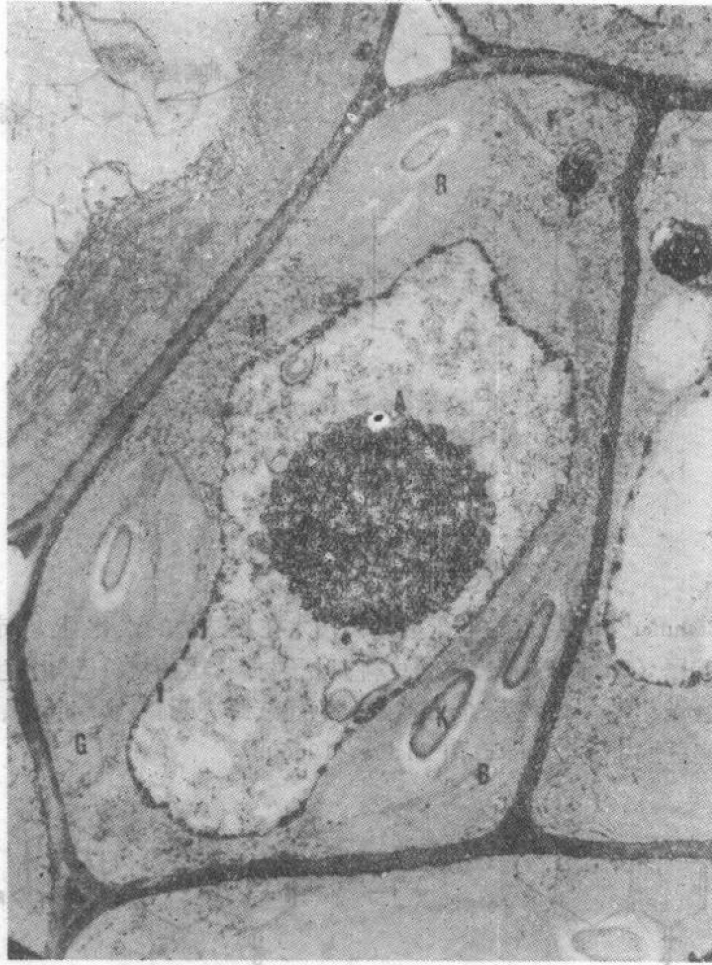


图6 腰藪叶组织细胞液泡中的羽扇豆植物碱经过 Dragendorff 试剂沉淀后的电子显微镜照象

A. 大型液泡中生物碱-Dragendorff 沉积; B. 一个小的生物碱-Dragendorff 沉积。(Cranmer, 1965)^[7]

我在奥斯汀，得克萨斯大学的植物学系细胞研究所的同事们现在发展了射线自显影电子显微镜技术，用它来研究细胞的代谢过程。利用这种技术，他们追踪了六天大的玉米幼苗中 D-葡萄糖-1-和 6- H^3 的吸收，以及其后的不同类型多糖的合成。他们这些技术的有效性，必然会促进植物化学研究上新工作的开展。这里只简单地讨论一下方法和结果。

玉米幼苗的根尖浸泡在每升含有 1—5 克 D-葡萄糖-1- H^3 或 D-葡萄糖-6- H^3 的水溶液中。以 15 秒到 6 小时这样不同的时间间隔，把幼苗从溶液中取出。切下根尖，并用标准的戊二醛-四氧化钬方法加以固定。包埋在塑性材料（如环氧树脂——译者）中并切片（1000 Å），薄的切片用 200 目铜网捡起，放在载玻片上，在暗用一薄层（—1000 Å）照相乳胶涂盖。

然后，进行自动射线晒曝，时期从 2 周到几个月。晒曝后，标本上的照相乳胶用标准照相手续显影，最后，标本再另作染色处理（醋酸双氧铀和柠檬酸铅），于是用电子显微镜检查。

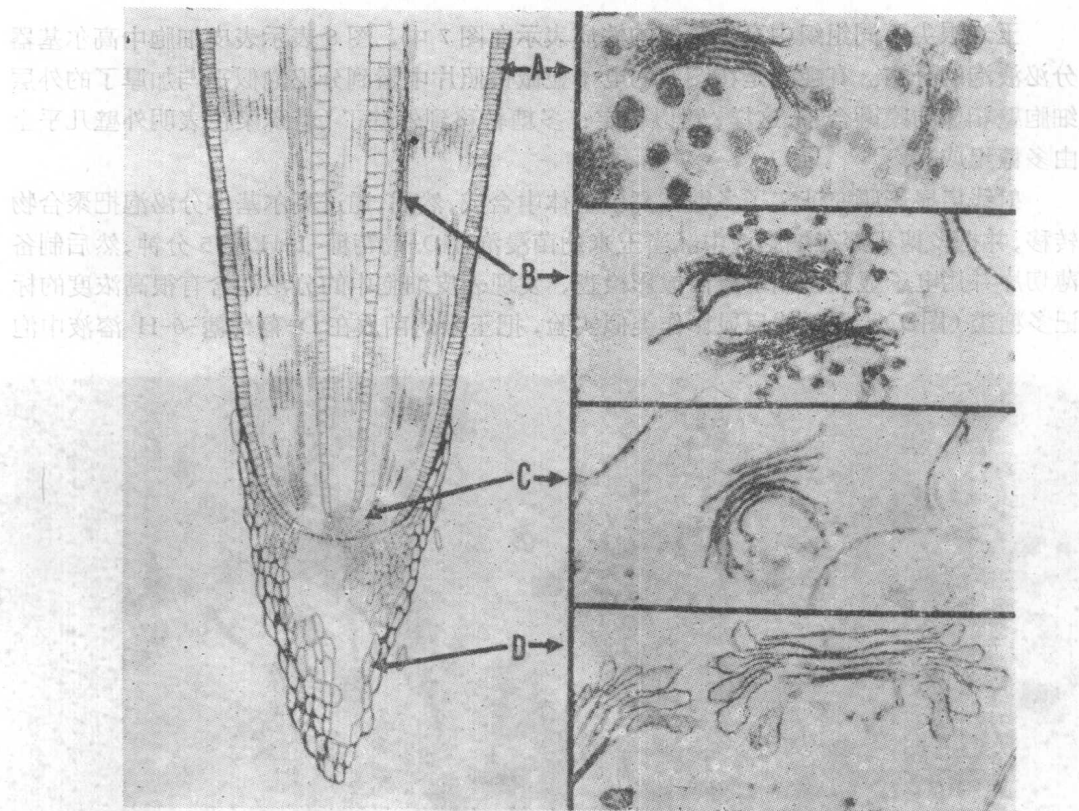


图7 玉米幼苗根尖(左)以及在不同组织中的高尔基器
 A. 表皮细胞; B. 韧皮组织; C. 未分化的细胞; D. 根冠细胞 (Dauwalder, 1969)^[11]

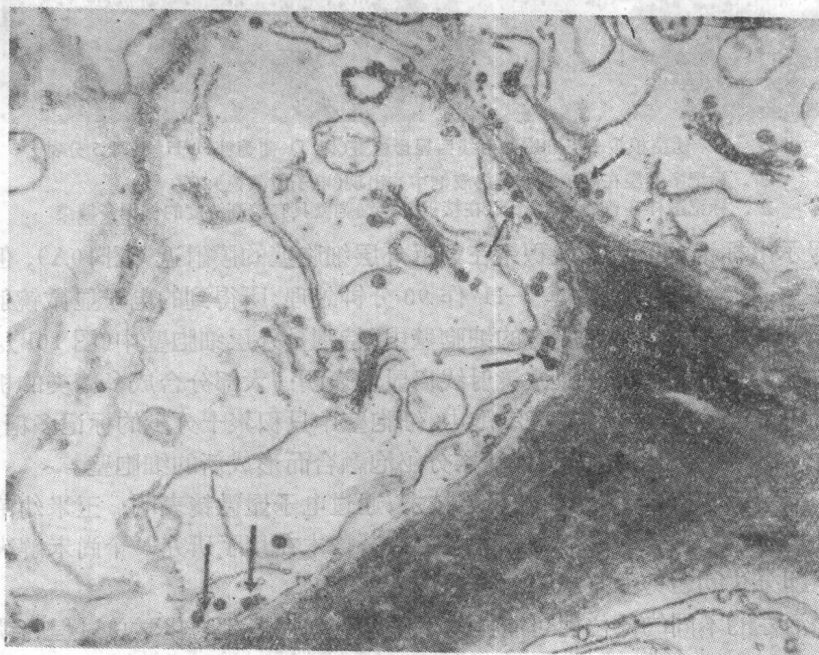


图8 玉米幼苗根尖表皮细胞经高锰酸钾固定后以电子显微镜照象看到高尔基器分泌液泡与加厚了的外层细胞壁其相邻的膜融合了 (H. H. Mollenhauer 摄)

玉米根尖不同组织中高尔基器的性质表示在图 7 中, 图 8 表示表皮细胞中高尔基器分泌液泡的分布。有趣的是在图 8 的电子显微镜照片中看到分泌泡似乎与加厚了的外层细胞壁相邻的膜融合了; 这样, 可以假定: 多糖转移到外壁了(特殊染色表明外壁几乎全由多糖组成)。

射线自显影研究证实了多糖在高尔基体中合成, 然后, 通过高尔基体分泌泡把聚合物转移, 并把多糖积聚在细胞壁中。当玉米幼苗浸泡在 D-葡萄糖-1- H^3 中 5 分钟, 然后制备薄切片并用电子显微镜作射线自显影检查, 发现表皮细胞中的分泌泡含有很高浓度的标记多糖类(图 9)。用射线自显影作类似实验, 把玉米幼苗放在 D-葡萄糖-6- H^3 溶液中泡

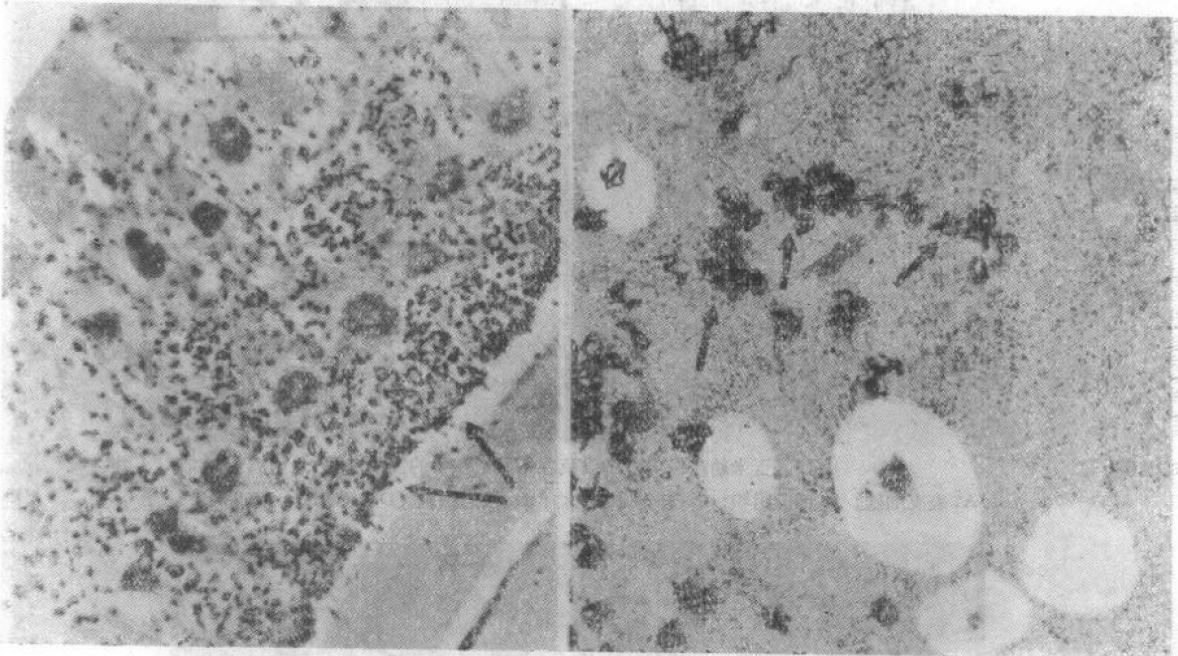


图 9 玉米幼苗根尖表皮细胞的射线自显影检查(以 D-葡萄糖-1- H^3 处理 5 分钟)
右, 标记多糖类在高尔基器分泌液泡中的出现(电子显微镜);
左, 标记图样在普通显微镜下, 在接近外层细胞壁具有较高浓度的标记多糖类

30 分钟, 显示出标记多糖类大量积聚在邻近外层细胞壁的膜附近(图 10A), 但不在外层细胞壁中。然而, 当用 D-葡萄糖-1- H^3 作 90 分钟处理, 所得到的电子显微镜射线自显影表示标记多糖类大量地积累在所有的细胞壁中, 特别是外层细胞壁中(图 10B)。

表皮细胞有丝分裂的电子显微镜射线自显影表明: 大部分合成多糖类的机构是用于新细胞壁的形成(图 11A); 在这些细胞中, 细胞壁中只积聚十分少的标记多糖类材料(图 11B)。看来, 含有标记多糖类的高尔基器分泌泡融合而形成新的细胞壁。

Dauwalder 等 (1969)^[11] 用细胞化学技术, 通过电子显微镜表明: 玉米幼苗中某些酶(磷酸化酶)与高尔基器相关联。他们指出, 这一技术在用于研究一个尚未解决的重要的生物学问题即分化问题方面将成为愈来愈重要。

酶活性的不同的部位性可能作为了解细胞内很多生物化学总过程的锁钥。这种细胞内的部位性往往能用细胞化学技术来研究……。细胞化学的探索在分化研究中发现有特殊的用途, 在分化中细胞和组织系统的整合性是最重要的, 而且, 功能分歧

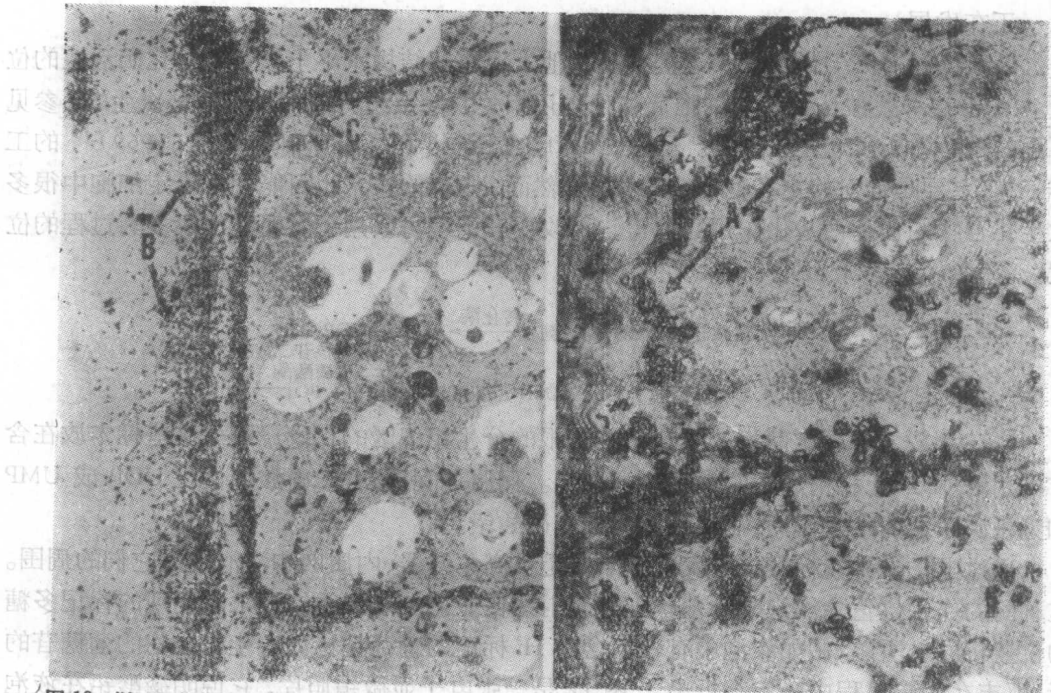


图 10 以 D-葡萄糖-6- H^3 处理玉米幼苗根尖 30 分钟 (A) 显示出标记多糖类大量积聚在邻近外层细胞壁的膜附近但不在外层细胞壁中(射线自显影);处理 90 分钟以后 (B) 则大量积聚在外层细胞壁中。

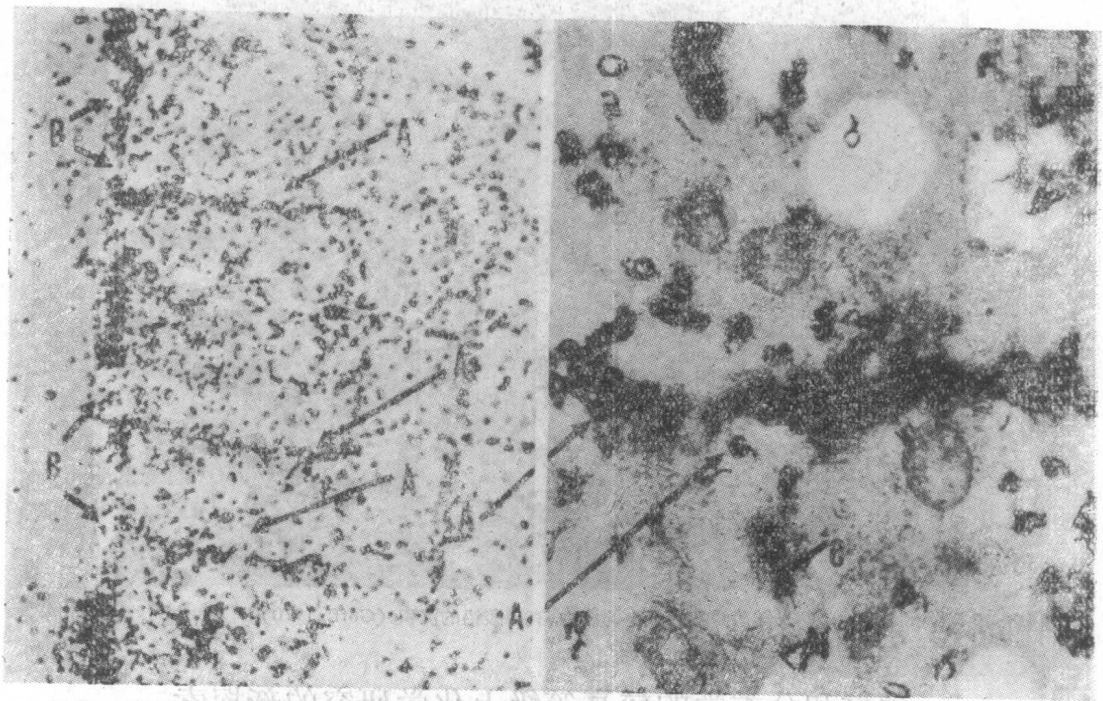
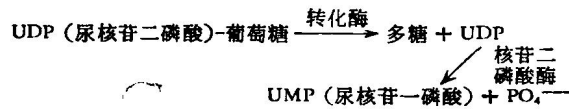


图 11 玉米幼苗表皮细胞有丝分裂的电子显微镜射线自显影,以 D-葡萄糖-1- H^3 处理 30 分钟,表明标记多糖类用于形成新的细胞壁 (A), 而外层细胞壁中没有标记多糖类的沉积, 高尔基器中则含有标记多糖类。

正在发展。

Goff (1970)^[17] 做了一个这类实验，他发现在超结构水平上核苷磷酸化酶活性的位置。由于这种酶被认为是与细胞葡基化作用相关的酶系统有关——尽管是次生的（参见下面的图解），所以它是重要的。虽然，Goff 的工作^[17]和 Dauwalder 等人(1969)^[11]的工作一样，主要是针对检定多糖合成的位置，然而，同样的技术也可能用于检定细胞中很多次生化化合物的葡萄糖基化作用的位置，稍改变一下也可以用于发现其他很多酶过程的位置。



Goff 用戊二醛固定萌发的洋葱鳞茎的根的分生组织区的切段；然后，这些标本放在含有作用物 (UDP) 和铅离子的缓冲液中保温。保温期间，核苷二磷酸酶催化 UDP 成 UMP 和无机磷酸盐的水解作用；后者直接沉淀成磷酸铅。

通过电子显微镜标准技术发现磷酸铅是在高尔基器、内质网和液泡内或它们的周围。这种酶的作用位置除液泡外，基本上是与射线自显影电子显微镜技术所发现的标记多糖的位置相同。所以，假如液泡中有任何含有 H³ 标记的葡萄糖诸如次生化化合物的葡糖苷的话，那末在固定过程中一定会析出。图 12 是一张电子显微镜照片，它说明磷酸铅在液泡中浓度很高；这些结果表明：与次生化合物葡萄糖基化相关联的一些酶可能发生在液泡内，也可能发生在液泡膜上。

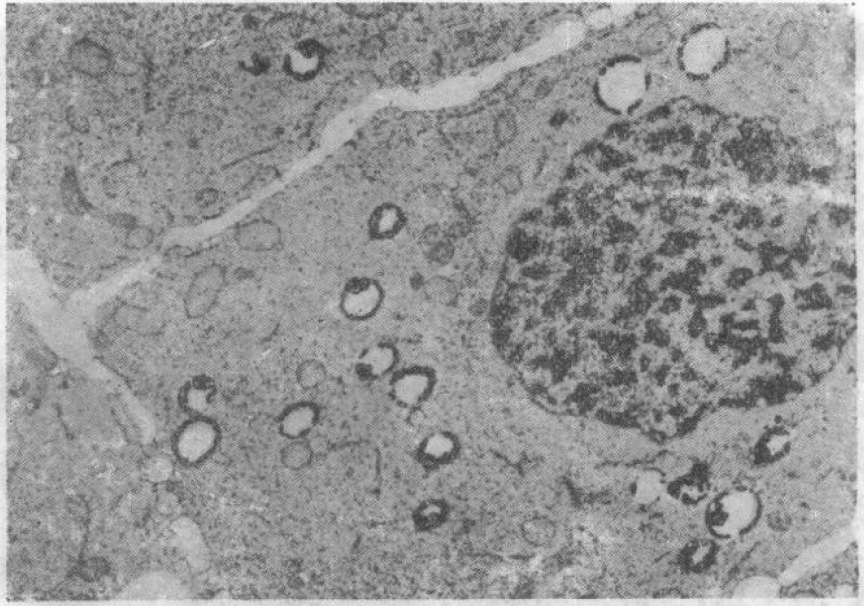


图 12 萌发洋葱鳞茎的根中的液泡，有磷酸铅的沉积 (Goff, 1970)^[17]

种群和分类学的较高等级上化学研究的新探索

通过生化系统学领域——这是一个很多学科交叉的领域——的研究，运用从化学和

生物学各方面得来的知识努力于发现和了解演化的过程,那末,植物化学的研究在揭示演化的神秘性方面是能起作用的。

豚草属各种中种内的变异

化学成分内变异的研究将会对于诸如遗传学、生态学、系统学、植物生理学等等很多学科越来越重要了。最近,我们对光穗豚草 (*Ambrosia psilostachya*) 和相关种的倍半萜内酯的种内变异的分析可以说明这种资料在生化系统学上的价值 (Mabry, 1970)^[26]。

Miller 等人 (1968)^[30] 注意到发生在得克萨斯海湾海岸附近排成一列的几个狭窄岛屿(加尔维斯顿、马塔戈尔达、穆斯塘和帕德雷等)上的光穗豚草的所有种群只产生双内酯化合物: 光穗豚草精 (psilostachyin)、光穗豚草精 B 和光穗豚草精 C。然而,同一个种在与这些岛屿毗邻的沿海陆地上所采的和向内地几百哩处所采的标本,除少数例外外,只含有单萜内酯(图 13), 最明显的是豚草醇 (ambrosiol)、科罗诺皮灵 (coronopilin 即 1:2-二

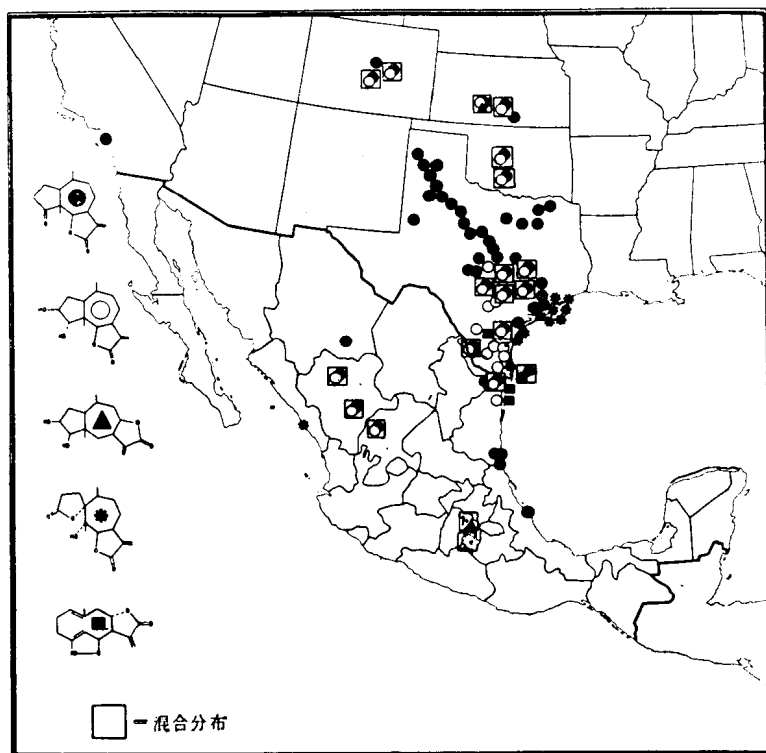


图 13 光穗豚草的倍半萜内酯化学地理宗 (Mabry, 1970)^[26]

氢银胶菊宁)和银胶菊宁 (parthenin)。离得克萨斯南岸 20 哩的内陆采得的光穗豚草的样品也含有双内酯化合物。然而,这地区有沙地和沙丘侵入内陆,因此,与海岛上的生态学是类似的。1968 年我们指出: 海岛上的种群可能是作为种子来源而开拓这些沙丘的,犹如它们在约 3000—5000 年以前形成海岛上的植被一样(图 14)。

最近,我们发现生长在得克萨斯南部的少数光穗豚草的种群还产生另一种类型的倍半萜内酯,老鹳草交酯艾莎白灵。然而,更有意义的是我们观察到墨西哥维拉克鲁斯附近的委内瑞拉豚草 (*A. cumanensis*) 的一些种群产生同样三种双内酯,光穗豚草精、光穗豚