

太原西山煤田一种新的科达根及其生态意义

王士俊 (中国矿业大学 徐州 221008)

田宝霖 (中国矿业大学北京研究生部 100083)

摘要 山西太原西山煤田太原组 7 号煤层煤核中一种科达植物根部化石——太原无髓根(新种)*Amyelon taiyuanense* Wang et Tian, sp. nov., 它有别于无髓根属其它的已知种, 其主要特征是: a. 内部皮层具板状厚角组织并通气组织化; b. 具外皮层, 其细胞的径向壁发育, 有栓质化加厚带; c. 皮层可以较长时期留存。它与现代一些红树植物如红树属 *Rhizophora*、白骨壤属 *Avicennia*、柱果木属 *Conocarpus* 等根的皮层中的通气组织非常相似。而这些红树植物均生活于海边的咸水或半咸水沼泽中。因此, 本属种所代表的科达植物的生活环境可能也是滨海咸水或半咸水泥炭沼泽。沉积环境分析的结果证明上述推断是正确的。

关键词 太原无髓根; 新种属; 古生态学; 太原组

中国图书资料分类法分类号 Q914.29

1 引言

科达植物的根, 最早由英国古植物学家 Williamson^[1] 描述, 当时他认为可能是松柏类植物的根, 将其命名为生根网木根 (*Dictyoxyylon radicans*)。1874 年, 他又将这种根改名为生根无髓根 (*Amyelon radicans*), 并认为属于楔叶植物的根。后来, 由于发现它总是和科达植物的茎、叶和繁殖器官保存在一起, 因此被认为是科达植物的根^[2]。Andrews^[3] 发现这种根和一种科达茎连生在一起, 证实了人们的推测。

1879 年, Renault 在研究法国奥图期植物化石时, 描述了科达属 (*Cordaites*) 的一些根部化石。1877 年和 1896 年, Grand' Eury 在研究法国石炭纪和二叠纪植物化石时, 把科达植物的根归于科达根属 (*Rhizo-Cordaites*), 但没有描述其内部构造。Branard^[4] 在观察了保存在大英博物馆的生根无髓根的模式标本后, 对该属的属征进行了描述, 但未提及小根的构造特征。Cridland^[5] 在研究北美煤核中一种科达植物的根——依阿华无髓根

(*Amyelon iowense*) 时, 根据标本的实际构造, 对他自己 (1962) 所厘定的无髓根属的属征进行了修订, 指出该属根可具原生中柱, 也可具管状中柱; 周皮的发生是深源的, 皮层在根的发育早期就脱落; 并对小根的构造特征给予较详细的描述, 认为小根不具外皮层。

本文所描述的标本与 Cridland 所修订的无髓根属的属征不同之处在于, 当前标本的皮层可以长期留存以及发育有外皮层。但笔者认为当前标本仍应归入无髓根属, 因为它的主要特征与无髓根属一致, 而上述一些区别不足以作为新属的依据。此外, 根据 Cridland 的意见, 无髓根属是一个器官属, 它的自然分类是归入科达目的科达科, 用于分散保存的具内部解剖构造的科达植物根部化石。因此, 笔者将当前标本归入无髓根属。

2 无髓根属新订正

无髓根属 *Amyelon* Williamson, 1874
Emend. nov.

属型 *Amyelon radicans* (Williamson),
1874

本器官属为科达植物的根,具原生中柱或管状中柱。初生木质部外始式,通常为四原型或三原型,有时为二原型,多原型偶见。初生木质部由环纹、螺旋纹、梯纹、网纹及多列具缘纹孔的管胞组成。次生木质部密材型,射线单列,管胞南洋杉型,弦向壁纹孔偶见,交叉场纹孔单列,斜置。皮层由薄壁组织构成,在根的发育过程中可以一直留存或早期就脱落。周皮既可自中柱鞘处产生,也可自皮层的外部产生。小根通常二原型,初生木质部由螺旋纹、环纹及多列具缘纹孔管胞构成,可具外皮层,无根毛。

3 标本描述

太原无髓根(新种) *Amyelon taiyuanense* Wang et Tian sp. nov. (图版 I, 1~9; 图版 I, 1~9)

根据次生构造的发育与否可将该种根区分为两种不同的类型:一种是尚未发育有次生构造的直径较小的小根;另一种是已经发育有次生构造的直径较大的大根。

3.1 小根

小根的直径小于 0.5~4 mm,具原生中柱,初生木质部多为二原型,其管胞的数量与小根的直径成正相关,即:小根的直径愈大,管胞的数量愈多。有的小根,其初生木质部只有几个管胞。管胞具梯纹及多列(2~3列)具缘纹孔。韧皮部位于原生木质部极之间,但由于保存不好,难以描述。内皮层为一单层细胞,横切面近圆形,直径约 15 μm ,外平周壁强烈加厚,少数不加厚的可能为通道细胞。中柱鞘位于内皮层的内方,也由单层细胞构成,细胞大小及形状都与内皮层细胞相似,只是外平周壁不加厚。

直径小于 0.5 mm 的小根,其皮层由结构均一的薄壁组织构成,横切面上细胞呈多角状,近等径,直径约 30 μm 。但直径大于 0.5 mm 的小根,其皮层一般分化为两带:外

部皮层和内部皮层。外部皮层一般由 3~7 层薄壁细胞构成,细胞排列紧密但不规则。在横切面上可看到外部皮层的最外一层(即表皮下的一层)细胞垂周壁的中央具一小黑点(图版 I, 1, 2, 4),实际上它是加厚带。在平行小根表面的弦切面上,可以清楚地看到这种加厚带沿纵向呈波状弯曲,整个细胞则呈纵向伸长的矩形(图版 I, 1)。笔者认为这层细胞应为外皮层,其细胞垂周壁上的加厚带为栓质化加厚。表皮细胞较外皮层细胞稍小,其外常覆盖有一层薄的角质膜,为深褐色。内部皮层通气组织化,形成非常发育的互相贯通的大气腔(图版 I, 1, 2, 4, 5, 7)。内部皮层细胞的平周壁和横壁都加厚(图版 I, 4, 8, 9),这很像一些现代植物(如接骨木的茎)所具有的板状厚角组织^[6]。

3.2 大根

大根的直径一般大于 4 mm。初生木质部二至四原型,原生中柱。次生木质部由径向排列的管胞组成。横切面上管胞呈方形或矩形(四个角抹圆),大约为 50 μm × 75 μm 。对着原生木质部极的管胞略小,较窄。管胞的径向壁具 4~6 列互生紧挤的六边形具缘纹孔,纹孔直径 15~18 μm ,纹孔口呈水平的缝隙状(图版 I, 8)。射线单列,由薄壁细胞组成。径切面上射线细胞呈水平伸长状,长约 270 μm ,高 50~60 μm 。弦切面上射线高 2~9 个细胞。

韧皮部在保存较好的标本中厚度可达 0.8 mm,其组成分子较次生木质部管胞小,沿径向排列较整齐,组成分子包括筛胞,轴向薄壁细胞、射线薄壁细胞及一些褐色的纤维细胞(图版 I, 6)。但在大多数标本中,韧皮部保存不好,往往呈一褐色条带出现。

周皮由木栓层、木栓形成层和栓内层组成。木栓层细胞无论在横切面还是纵切面上均呈矩形,壁较厚,排列整齐、紧密。木栓形成层保存不好。栓内层细胞的壁较薄,形状和排

列都不甚规则。有一个标本,其周皮内产生一种同心状构造,它既可存在于木栓层中,也可存在于栓内层中。横切面上观察,这种同心形构造是由一系列矩形细胞环绕着一个中心所形成。这个中心既可以是一个小的植物体,也可以是一个或数个厚壁细胞(图版Ⅱ,7)。这可能是一种异常构造。

根据对许多标本的观察,我们认为该种根的周皮的形成方式有两种:1)周皮只在中柱鞘处产生,也就是说周皮的发生是深源的。随着周皮的不断加厚,将其外面的皮层逐渐向外推,因此,在较大的大根中,其皮层往往被挤得变形,甚至完全脱落。但总的来说,此种根的皮肤是相当晚才脱落的。例如,有一个标本,次生木质部已达7 mm厚,皮层仍然保存完好,周皮尚未开始形成;另外一个标本,其周皮和次生木质部都已发育得相当厚,但在周皮外仍可见到被挤得变形的具通气组织和外皮层的皮层(图版Ⅱ,4)。这种具通气组织和外皮层的皮层的存在,证明这种大根和前面所描述的小根是属于同一种植物的根。有些标本还可以发育出不止一层的周皮(图版Ⅱ,5)。2)周皮同时由外部皮层和中柱鞘处产生。图版Ⅰ,图3所示的标本可见,在中柱鞘处有3~4层排列很整齐的矩形细胞,它们应该是周皮细胞。但在外部皮层中也有几层排列较整齐的矩形细胞,笔者认为它们也应该是周皮细胞。

侧根是由主根的原生木质部极处的中柱鞘产生,在二原型的根中也是如此。与主根相比,侧根的次生木质部管胞较小。

3.3 根的发育过程

该种根从小到大的发育过程,大致可划分为三个阶段:

a. 皮层尚未分化阶段:处于这个发育阶段的都是幼小的根,直径一般不超过0.5 mm。它们的皮层由不分化或微弱分化的薄壁组织构成。初生木质部发育微弱,分不清

是几原型(图版Ⅰ,2下边的小根)。

b. 皮层分化阶段:处于这个发育阶段的根的直径在0.5~4 mm之间,皮层已分化为内部皮层和外部皮层。内部皮层通气组织化。初生木质部已发育完好,可清楚地分出是几原型(图版Ⅰ,1~5、7)。

c. 次生生长阶段:此阶段根的直径一般在4 mm以上。这时已经发育出周皮和次生木质部、次生韧皮部。在有些次生构造已相当发育的根中,在周皮之外仍可见到通气组织化的内部皮层和具外皮层的外部皮层。

4 比较与讨论

4.1 关于无髓根属的定种依据

有些作者^[4,7]侧重于次生木质部的解剖构造特征。笔者认为,除次生木质部外,其它特征(如皮层和周皮的发育情况等)也可做为定种的依据。下面简要介绍一下已有的几个种的主要特征。

a. *A. radicans* (Will.) Williamson, 1874 该种最大的特征就是次生木质部内生生长轮,周皮极发育,皮层很早就脱落。

b. *A. iowense* (Pierce et Hall) Cridland, 1964 根具原生中柱或管状中柱。皮层很早就脱落。周皮的栓内层及次生韧皮部内形成通气组织,并具发育的皮孔。

c. *A. xui* Li, 1986 次生木质部射线较宽,射线细胞壁薄易破,将次生木质部分割成细小的扇形片。

此种根为李中明描述,产于贵州西部晚二叠世汪家寨组煤核中^[8]。在这些煤核中至今尚未发现可靠的科达植物的地上器官,因此它是否为科达植物的根尚待进一步证实。

d. *Cordaixylon dumusum* Roth. et Warner, 1984 Rothwell et al.^[9]在研究北美煤核中一种科达植物 *Cordaixylon dumusum* 时,曾简单提到了它的根,其主要特征是:多具二原型原生中柱,皮层可以通气

组织化,在较大的根中皮层仍然可以留存,周皮是自皮层的边缘发生。

e. Renault^[10]所描述的根 Cridland^[5]认为 Renault 所描述的根和美国的 *A. iowense* 为同一种。笔者看了 Renault 的文章中有关该种根的插图,确实与 *A. iowense* 很相似,两者很可能是同一种根。

与上述各种根相比,当前标本与 *Cordaixylon dumusum* 的根较为接近,如两者的皮层均可通气组织化,在较大的根中皮层仍然留存,周皮可自皮层的边缘发生等,这些特征都是其它几种根所不具备的。但 Rothwell et al.^[9]未提及美国的标本是否具有外皮层,皮层是否分化为内部皮层和外部皮层,以及内部皮层是否具有板状厚角组织等,文章又未附照片和插图,难以和当前标本进一步对比。因此,似不宜将当前标本与美国标本视为同种根。

A. iowense 虽然也发育有通气组织,但其位置在栓内层和次生韧皮部内,皮层并不通气组织化,很早就脱落。小根中显然无通气组织发育。

另外,过去人们都认为无髓根属周皮的发生是深源的,即周皮是自中柱鞘处产生^[11]。而当前标本的周皮可自皮层的外部发生。现代植物甜橙(*Citrus sinensis*)根的周皮发生机制与当前标本颇为相似:最初在表皮下形成周皮,后来又在中柱鞘处发生较深的周皮^[12]。但我们目前尚不能确定:在皮层外部形成周皮是当前标本的一种遗传性状?还是受到外界的刺激而产生的异常生长?因为这种现象只是在少数标本中才能见到。

当前标本的内部皮层中具板状厚角组织,这不仅在无髓根属其它种中未见报道,而且在整个古生代植物化石中都很少见。现代植物的厚角组织一般存在于幼嫩的茎中,起支持作用,在根中则比较少见,但如果有的话,这种根的内皮层便可以长期留存。具外皮层

的根在古生代植物中也极为少见。现代植物,如果表皮层被毁坏后,在皮层不脱落的根中,外皮层就成为最外面的保护层^[6]。由此可见,厚角组织和外皮层的存在是与皮层长期留存有密切关系的。

4.2 当前标本所反映的古生态环境特征

当前标本的皮层中发育有通气组织,表明所代表的科达植物是生活于潮湿或浅水中。通气组织的存在有利于氧气的贮存和交换,保护根的组织不受损害。现代一些红树植物,如红树属(*Rhizophora*)、白骨壤属(*Avicennia*)、柱果木属(*Conocarpus*)等,它们的根的内皮层中均具通气组织,其构造与当前标本非常相似。而这些红树植物均生活于海边的咸水或半咸水泥炭沼泽中^[13]。因此,我们认为,当前标本所代表的科达植物也是生活于咸水或半咸水泥炭沼泽中。沉积环境分析的结果也证明了这一点^[14]。

参考文献

- 1 Williamson W C. On the structure of the Dicotyledons of the Coal Measures. Rep. Brit. Ass., 1872 (41): 111 ~ 112
- 2 Seward A C. Fossil plant. Cambridge University Press, 1917, 3: 656
- 3 Andrews H N. Contribution to our knowledge of American Carboniferous Floras. I. *Scolecoperis* gen. nov., *Mesozylon* and *Amyelon*. Ann. Missouri Bot. Gard., 1942(29): 1~18
- 4 Barnard W. Revision of the genus *Amyelon* Williamson. Palaeontology, 1962(5): 213~224
- 5 Cridland A A. *Amyelon* in American coal balls. Palaeontology, 1964(7): 186~209
- 6 李正理、张新英. 植物解剖学. 北京: 高等教育出版社, 1983, 171~182
- 7 李中明. 生根无髓根在我国首次发现. 植物学报, 1986(28): 209~212
- 8 李中明. 无髓根属的新种及生态型. 植物学报, 1986(28): 323~330
- 9 Rothwell G W. and Warner S. *Cordaixylon dumusum* n. sp. (Cordaitales); I. Vegetative structures. Bot. Gaz., 1984(145): 275~291

- 10 Renault B. Structure compare de Quelques tiges de la flore carbonifere. *Nouv. Archs. Mus. Hist. Nat.*, Paris, Ser. 2, 1879(2): 213~326
- 11 Scott D H. *Studies in Fossil Botany* (3rd ed.). Adam and Chales Black, LTD., London, 1923, 2: 286~287
- 12 伊稍 K. 李正理 译. 种子植物解剖学. 上海科学技术出版社, 1982, 177
- 13 Cohen A D and Spackman W. Everglades—Mangrove Complex, part I: The origin, description, classification of the peats of South Florida. *Palaeontographica*, 1977(162B): 71~114
- 14 潘随贤、庄军、田宝霖. 山西省太原西山煤田7号煤层煤核的研究. *煤炭学报*, 1985(2): 59~68
- 皮层(i. c.)和外部皮层(o. c.)。×16
- 6 一分叉小根的纵切面, 可见初生木质部的多列孔纹管胞(箭头所指)。×40
- 7 二原型小根横切面, 中柱鞘处开始形成周皮(箭头所指), 外部皮层也发育有部分周皮。示周皮(pe.)。
- 8 小根横切面局部放大, 示内部皮层中残留的板状厚角组织的细胞加厚壁(箭头所指)。×160
- 9 小根斜切面, 示内部皮层(i. c.)中的厚角组织细胞及外部皮层(o. c), 壁弯曲者为外皮层细胞。×40

图版 I *Amyelon taiyuanense* sp. nov.

图版说明

图版 I *Amyelon taiyuanense* sp. nov.

- 1 小根横切面, 示外部皮层(o. c.)和通气组织化的内部皮层(i. c.)。×40
- 2 两个小根横切面, 上面的小根直径约0.9 mm, 皮层已经分化, 下面的小根直径约0.4 mm, 皮层尚未分化。×40
- 3 一簇处于不同发育阶段的小根横切面。×16
- 4 小根横切面局部放大, 示内部皮层(i. c.)、外部皮层(o. c.)和外皮层(箭头所指)。×40
- 5 四原型大根横切面, 已有少量次生木质部发育, 示内部
- 1 过外皮层的弦切面, 示波状弯曲的栓质化加厚带。×40
- 2 大根横切面, 示二原型初生木质部。×16
- 3 大根横切面, 示三原型初生木质部。×16
- 4 大根横切面, 示周皮(pe.)及其外仍然留存的皮层(c.)。×40
- 5 大根横切面, 示两层周皮(pe.)。×16
- 6 大根横切面, 示韧皮部(ph.)及其外的周皮。×16
- 7 大根横切面, 示周皮内的同心状异常构造(箭头所指)。×22
- 8 大根次生木质部径切面, 示南洋杉型管胞。×40
- 9 大根次生木质部弦切面, 示射线(箭头所指)。×40

(收稿日期 1993—03—01)

A NEW CORDAITEAN ROOT—SPECIES IN XISHAN COAL FIELD, TAIYUAN

Wang Shijun

(China University of Mining and Technology)

Tian Baolin

(Beijing Graduate School, China University of Mining and Technology)

Abstract A kind of petrified cordaitan root-species, *Amyelon taiyuanense* Wang et Tian, sp. nov. is described, in coal balls from Coal Seam No. 7 of Taiyuan Formation, Xishan Coal Field, Taiyuan, Shanxi Province. They have such characteristics different to the other described species of *Amyelon* as follows: a. plate collenchyma developed in the inner cortex; b. the existence of exodermis with suberized strip on the radial wall of the cell; c. cortex can exist for a long time. Aerenchyma similar to that of *Amyelon taiyuanense* sp. nov. are also found in the cortex of many modern mangroves, such as *Rhizophora*, *Avicennia* and *Conocarpus* etc., which all live in salt and brackish swamp. So the living environment of cordaites represented by *Amyelon taiyuanense* sp. nov. probably is also salt or brackish swamp. This is proved by the results of sedimentary environmental analysis.

Keywords *Amyelon taiyuanense*; new taxa; paleoecology; Taiyuan Formation



