

# 临沂生生园复干银杏生长特性

付兆军, 邢世岩, 李真, 刘莉娟, 任娟霞, 刘源

(山东农业大学林学院, 泰安 271018)

**摘要:** 产生复干是银杏个体发育过程中一个普遍现象。本研究以临沂生生园全国最大复干银杏群落为研究对象, 采用每木检尺的方式对园内复干银杏进行调查。结果显示, 生生园内银杏共 385 株, 雌株 379 株, 占 98.44%。平均树高 20.9 m, 平均总胸径 0.93 m, 平均母干胸径 0.33 m, 冠径在 5.0~15.0 m 范围内, 枝下高平均 6.3 m。368 株有复干, 复干率为 98.58%, 每株复干数平均为 4.6 个, 最大复干高平均为 12.5 m, 胸径平均 0.18 m, 复干与母干距离平均为 0.61 m, 复干与母干夹角平均为 10.5°。34 株无萌蘖, 萌蘖平均株数为 38 株, 萌蘖高平均 1.11 m, 萌蘖与母干最大距离平均 0.73 m。该片银杏林原桩有 240 年历史, 现存复干银杏系从原桩萌发形成, 树龄 53 年。本研究对生生园复干银杏的起源、性别比例、复干与银杏适应性的关系、复干的利用等进行了探讨。

**关键词:** 银杏; 复干; 萌蘖; 生长特性; 适应能力

## The Growth Characteristics of Multi-trunked Ginkgo in Shengsheng Garden of Linyi

FU Zhao-jun, XING Shi-yan, LI Zhen, LIU Li-juan, REN Juan-xia, LIU Yuan

(College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018)

**Abstract:** It is a common phenomenon that *Ginkgo biloba* L. produces multi-trunks in the process of development. The multi-trunked ginkgo community in Shengsheng garden of Linyi is the biggest one in our country. We use tally method to measure multi-trunked ginkgoes in the garden. The result shows that there are 385 ginkgoes in the garden with 379 females which accounts for 98.44%. The average height is 20.9 m, the mean total DBH is 0.93 m. The mean parent stem DBH is 0.33 m. The crown diameter is ranged from 5.0 to 15.0 m. The mean height under the lowest branch is 6.3 m. 17 ginkgoes grow without multi-trunk. The ratio of multi-trunked individuals is 98.58% with an average number of multi-trunks per tree of 4.6. The heighest multi-trunk is 12.5 m with DBH of 0.18 m. The mean distance between multi-trunk and parent stem is 0.61 m. The mean angle between multi-trunk and parent stem is 10.5°. 34 ginkgoes grow without sproutings, The average number of sproutings is 38 with mean height of 1.11 m. The mean biggest distance between sproutings and parent stem is 0.73 m. The original stumps of these ginkgoes are 240 years old and the present trunks are 53 years old which has sprouted from the original stumps. We have discussed about multi-trunked ginkgo origin in the Shengsheng garden, sex ratio, the relationship between multi-trunks and adaptability of *Ginkgo biloba* L., the use of multi-trunks and so on.

**Key words:** *Ginkgo biloba* L.; multi-trunk; sprouting; growth characteristics; adaptability

银杏(*Ginkgo biloba* L.)是第四纪冰川之后在中国保存下来的孑遗物种。银杏从幼苗到千年大树个体发育有一个普遍现象即茎生枝<sup>[1-2]</sup>。P. Del Tredi-

ci<sup>[3]</sup>将温带阔叶树种萌蘖分为 4 种类型, 银杏茎生枝属于基部萌蘖。在大多数情况下, 这种萌蘖与树干基部木质的似愈伤组织的瘤状物—基生树瘤

收稿日期: 2012-10-12 修回日期: 2012-12-10 网络出版日期: 2013-06-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20130607.1740.022.html>

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2012BAD21B04)

第一作者研究方向为森林培育。E-mail: fzhaojun2007@163.com

通信作者: 邢世岩, 教授, 研究方向为林木种质资源评价与创新。E-mail: xingsy@sdau.edu.cn

(basal chichi) 相连<sup>[4]</sup>。P. Del Tredici<sup>[4-5]</sup> 对天目山银杏基生树瘤的起源、形态和解剖特征进行了研究,认为基生树瘤能够产生萌蘖,银杏通过基生树瘤进行天然更新,1997 年又通过温室和大田试验对基生树瘤的发育过程进行探讨,推测基生树瘤通过产生潜伏芽储存营养物质和作为抓手器官 3 种方式而使银杏长久生存。K. Fujii<sup>[6]</sup> 把银杏树上的树瘤分为基生树瘤和气生树瘤(arial chichi),树瘤接触土壤能产生枝叶或根。邢世岩<sup>[1]</sup> 首次把茎生枝称为复干,并研究表明复干均起源于茎根过渡区以上的固定潜伏芽,银杏复干的发生机理与其茎/根关系,尤其是机体发育模式(architectural models)——茎(枝)分化系统类型有关,并且证明复干的产生是银杏个体发育的一部分。当复干的顶芽被破坏或树体梢部衰老后复干数量剧增,对于银杏天然更新具有重要意义。复干虽然从根茎交界处发出,但不属于根蘖<sup>[7]</sup>。林协等<sup>[8]</sup> 分析天目山银杏起源时认为老树桩产生二次干是天目山银杏得以延续的基础。向应海等<sup>[9]</sup> 对天目山考察后认为银杏茎生枝其实是无性系多代同株现象,并且这种多代同株的无性系对于研究古银杏树龄及发育过程具有重要意义。近年来未见有自然状态下银杏复干特性的报道,上述部分研究提到萌蘖或复干的重要意义,但未对复干与银杏适应性关系作系统探讨。多数粗大的银杏古树都有萌生大量复干的现象,如浙江临

安天目山“五代同堂”银杏,湖北恩施的“九子抱母”银杏,重庆市秀山“钟溪大银杏”等,这些银杏生长条件不尽相同,但都复干丛生,树龄较大,是顽强生命力的象征。复干的产生与银杏适应性的关系目前还尚不清楚。

本研究对临沂生生园复干银杏进行系统调查,全面分析此处银杏的生长特性,探讨复干的形成与银杏适应能力的关系,并对银杏复干的相关利用进行了分析。复干生长特性的研究也为研究复干发端、发育和挖掘复干的栽培学意义奠定了基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

生生园位于山东省临沂市兰山区兰山街道葛家王平庄社区,35°06'34.0" N,118°18'27.0" E(图 1)。北临沭河,西侧紧靠蒙山大道,东侧紧邻沂河滨河大道。地势平坦,系两河的冲积平原。属暖温带季风区半湿润大陆性气候,光照充足,雨量充沛,气候适宜,四季分明。年均降水量 790 ~ 920 mm。气温历年平均 13.3 °C,7 月最高,1 月最低。地面温度历年均为 15.3 °C,日照时数为 2357.5 h,日照百分率为 55%。无霜期平均 202 d。土壤系河流冲积土,为沙壤土,含有游离碳酸钙,呈中性至微碱性反应,pH 7.5 ~ 8.5。

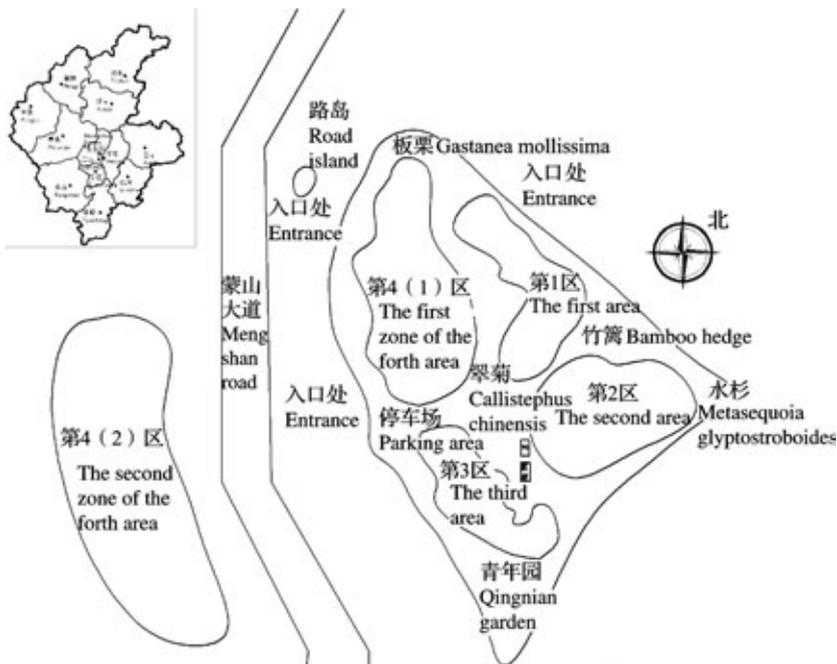


图 1 临沂生生园地理位置及复干银杏分区

Fig. 1 Geographic location of Shengsheng garden of Linyi and distribution of multi-trunked ginkgo

## 1.2 试验材料

本研究以临沂生生园内银杏为对象,该片银杏系人工栽植而成,2009年该地开发成公园前处于自然生长状态,具有复干与萌蘖丛生的现象。

## 1.3 调查方法

用手持 GPS 测定生生园面积及经纬度。采用每木检尺的方式,对园内银杏进行调查。由于生生园面积较大,为了便于分析,参考董玉芝等<sup>[10]</sup>调查野核桃时划分调查区域的方式,将园内区域分为4个小区(图1)。对每个小区的单株进行编号,测量复干与母干总胸径、母干胸径、复干胸径、树高、总冠幅、母干冠幅、复干与母干距离、复干与母干夹角、枝下高、萌蘖高、萌蘖与母干距离;统计复干个数、萌蘖株数;描述

复干的合生性、垂乳、分枝、干形及其他特点。对典型复干银杏单株近地面横切面用 CAD 绘图。

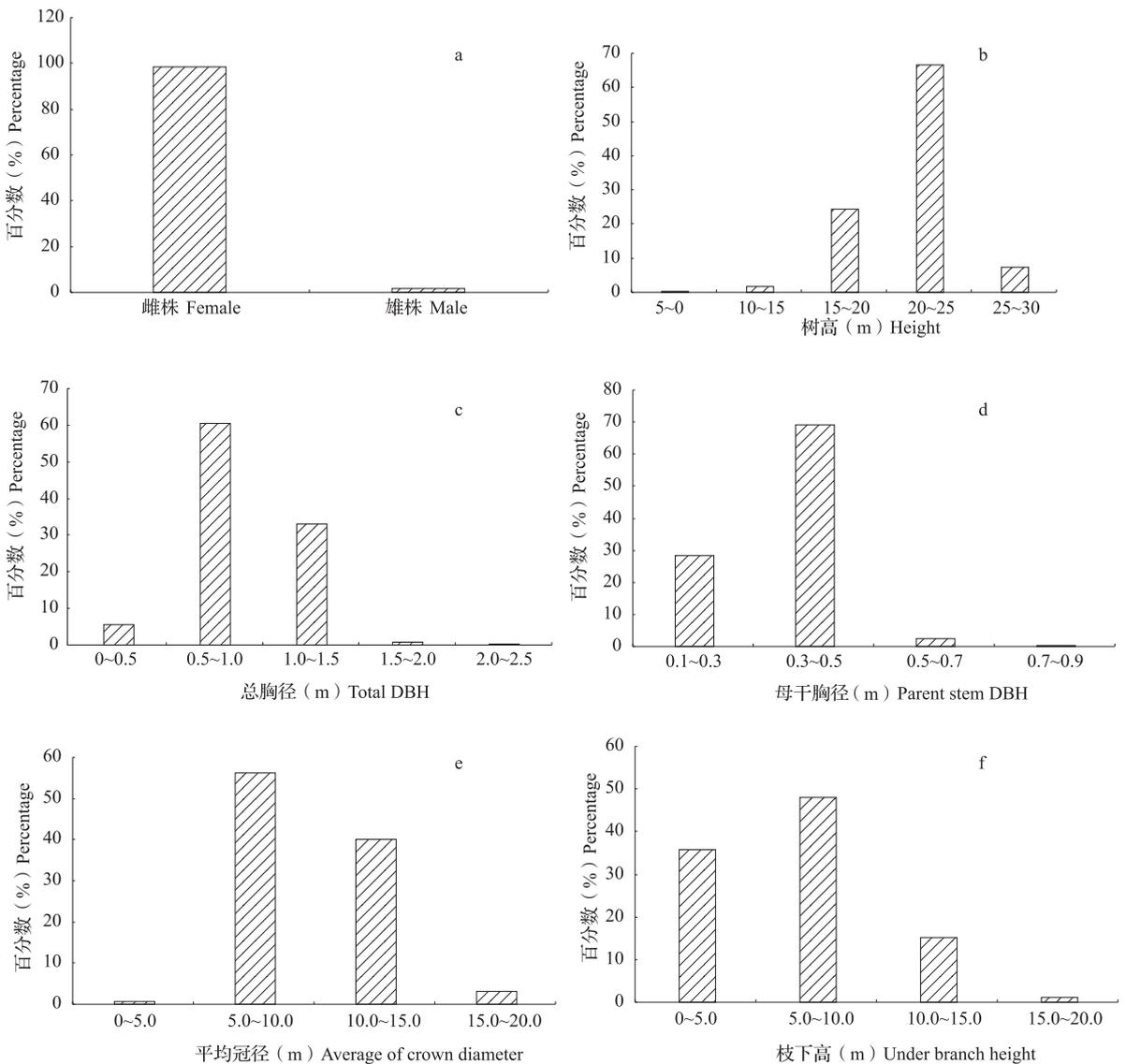
## 2 结果与分析

### 2.1 面积及株数

生生园共 11.73 hm<sup>2</sup>,有银杏 385 株。4 区面积最大,3 区面积最小,4 区跨越了蒙山大道,分为第 4(1)区和第 4(2)区(图 1)。1 区有银杏 99 株,2 区 34 株,3 区 95 株,4 区 157 株。

### 2.2 复干银杏群落特性

生生园内银杏共有 385 株,雌株 379 株,占 98.44%;雄株 6 株,占 1.56%(图 2 a)。树高最大



a: 性别分布; b: 树高分布; c: 总胸径分布; d: 母干胸径分布; e: 平均冠径分布; f: 枝下高分布  
a: Sex distribution, b: Height distribution, c: Total DBH distribution, d: Parent stem DBH distribution,  
e: Average of crown diameter distribution, f: Under branch height distribution

图 2 复干银杏群落特性

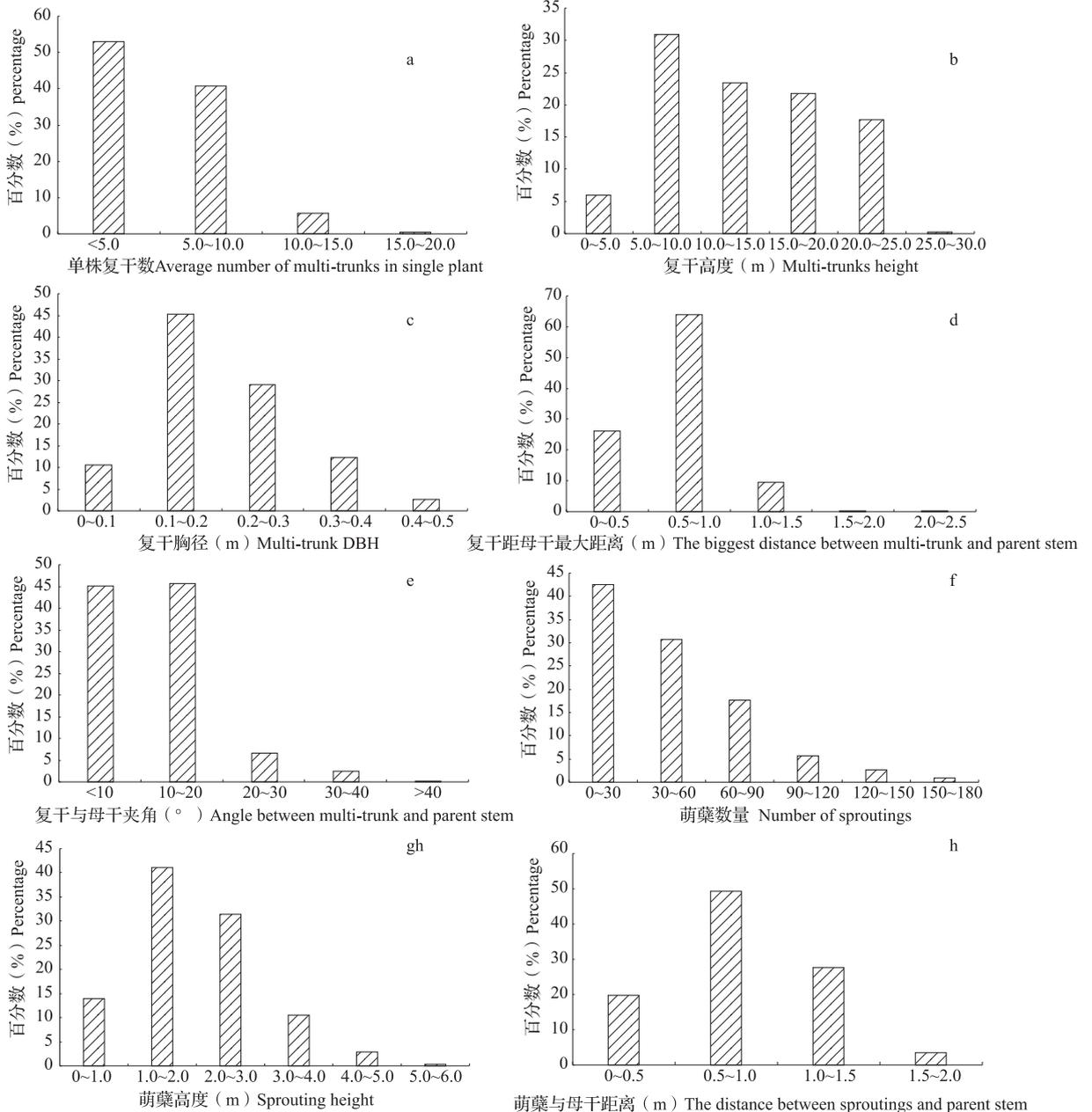
Fig. 2 Characteristics of multi-trunked ginkgo group

的为第4区的102号树,高达26.0 m;最小为第3区的70号树,高为9.5 m,平均树高20.9 m。树高集中于15.0~25.0 m之间(图2 b)。总胸径最大的为2区的2号树,为2.04 m;最小的为2区的27号树,为0.25 m,总胸径平均为0.93 m,集中在0.5~1.5 m范围内(图2 c)。母干胸径最大的为1区的65号树,母干胸径达0.61 m;最小的为3区的8号树,母干胸径为0.15 m,母干胸径平均0.33 m,集中分布在0.1~

0.5 m范围内(图2 d)。复干银杏平均冠径集中在5.0~15.0 m范围内(图2 e)。枝下高平均为6.3 m,集中分布在0~10.0 m范围内(图2 f)。

### 2.3 复干与萌蘖生长特性

复干株数最多的为1区39、56号树,均有复干15株,平均每株的复干数为4.6个,有17株无复干,复干率为98.58%,单株复干个数集中在10个以下(图3 a)。最大复干最高的为第1区的15号



a:单株复干数分布;b:复干高度分布;c:复干胸径分布;d:复干与母干最大距离分布;e:复干与母干夹角分布;f:萌蘖数量分布;g:萌蘖高度分布;h:萌蘖与母干距离分布

a:Distribution of multi-trunk number in a single plant,b:Height distribution of multi-trunks,c:DBH distribution of multi-trunks,d:Distribution of the biggest distance between multi-trunks and parent stems,e:Distribution of the angle between multi-trunks and parent stems,f:Sprouting number distribution,g:Sprouting height distribution,h:Distribution of distance between sproutings and parent stems

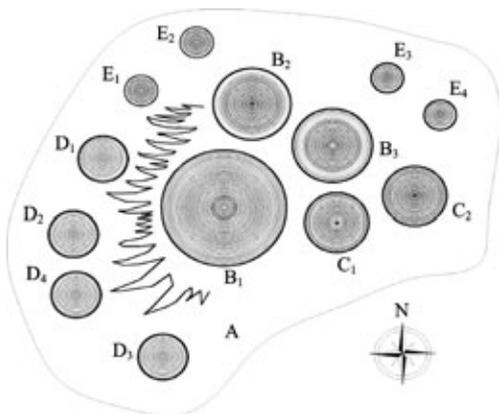
图3 复干和萌蘖生长指标

Fig. 3 Growth index of multi-trunks and sproutings

树,高度为 25.0 m;最小的为第 4 区的 47 号树,高度为 2.0 m;平均高为 12.5 m,最大复干高度在 5.0 ~ 25.0 m 范围内,分布较均匀(图 3 b)。最大复干胸径最大为 0.48 m,最小为 0.025 m,平均 0.18 m,集中分布在 0.1 ~ 0.3 m 范围内(图 3 c)。复干与母干距离最大为 2.0 m,最小 0.08 m,平均为 0.61 m,集中在 1.0 m 以内(图 3 d)。复干与母干夹角最大为 70°,最小为 0°,平均值为 10.5°,集中在 20°以内(图 3 e)。

生生园 1 区内 35 号树,共有 13 个复干。总胸径 1.31 m,母干胸径 0.37 m,高 24.0 m,冠幅 15.4 m × 14.1 m,枝下高 5.0 m。图 4 为该树基径横切面示意图,根据复干着生位置、与母干夹角、胸径大小、树皮裂纹深浅、色泽及老嫩等方面特征,判断结果如下:遭破坏的原始母干位于黑实线以内,即字母 A 代表的区域。B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 3 个复干为原母干遭破坏后萌发的第 1 代复干,B<sub>1</sub> 复干由于胸径最大,定为新的母干。C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 2 个复干为第 2 代复干。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub> 4 个复干为第 3 代。E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>、E<sub>3</sub>、E<sub>4</sub> 4 个复干最小,为第 4 代。加上遭破坏的母干,共 5 代。

生生园中有 351 株银杏有萌蘖,萌蘖平均株数为 38 株,有 34 株基部无萌蘖,单株萌蘖株数主要集中在 0 ~ 60 株范围内(图 3 f)。萌蘖高度最大的 5.0 m,最小的 0.2 m,平均高 1.11 m,集中分布在 1.0 ~ 3.0 m 范围内(图 3 g)。萌蘖与母干的距离最大的 1.85 m,最小的 0.1 m,平均 0.73 m,集中在 0.5 ~ 1.5 m 范围内(图 3 h)。



字母 A 代表原始母干;B<sub>1</sub> ~ B<sub>3</sub> 代表第 1 代复干;C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 代表第 2 代复干;D<sub>1</sub> ~ D<sub>4</sub> 代表第 3 代复干;E<sub>1</sub> ~ E<sub>4</sub> 代表第 4 代复干

The letter A represents the original parent stem, B<sub>1</sub> - B<sub>3</sub> represent the first generation of multi-trunks, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> represent the second generation of multi-trunks, D<sub>1</sub> - D<sub>4</sub> represent the third generation of multi-trunks, E<sub>1</sub> - E<sub>4</sub> represent the fourth generation of multi-trunks

图 4 1 区 35 号树基径横切面示意图

Fig. 4 Base diameter cross section diagram of No. 35 tree in area 1

### 3 讨论与结论

本研究描述银杏的茎生枝时用到复干和萌蘖 2 个名词,其实二者实质相同,都是银杏从基部根茎交界处萌生的次生干。目前为止还没有对复干的具体定义,因此本研究在调查中把基径  $\geq 0.05$  m 的次生干称作复干(图 5-2 ~ 8);把基径 0.05 m 以下的次生干称作萌蘖(图 5-2 ~ 4, 9 ~ 10)。

#### 3.1 复干银杏的起源

生生园内银杏大多成排分布,规律性强,明显为人工栽植而成。树高、总胸径、母干胸径、冠幅、枝下高等主要生长指标分布集中,则说明该片银杏林单株间差距较小,生长状况基本一致(图 5-1)。因此,可基本判定该片银杏林为同一时期形成。

调查后得出,这片银杏是附近村庄的祖先康熙年间从山西迁来时开始栽植的。《康熙沂州志》记载,清康熙七年农历六月十七日戌时,即 1668 年 7 月 25 日 8 时左右郯城发生大地震,地面建筑和植被遭毁灭性破坏,人死伤众多。因此,这片银杏林的起源最可能是:清康熙年间郯城大地震后,祖先从外省市迁徙而来,在建设的过程中栽植了这些银杏树,1937 年和 1958 年遭破坏。生生园复干银杏是原树体破坏后的桩上萌发而来。该银杏群落原桩历史有 240 年左右,但现存复干银杏的树龄为 53 年。

根据银杏生长发育规律,集约经营的银杏胸径年生长可达 1.5 cm<sup>[11]</sup>,自然状态下银杏胸径年生长量小于 1.0 cm,而 40 ~ 60 年生的年生长量可达 0.93 cm<sup>[12]</sup>。生生园内银杏母干胸径最大为 0.61 m,平均 0.33 m。因此可推算出母干树龄最大可达 60 年以上,平均 33 年以上,这与遭 2 次破坏后萌发形成该片银杏林的历史事实基本吻合。

#### 3.2 复干银杏性别比例分析

调查发现,生生园内银杏共 385 株,雌株 379 株,占 98.44%(图 2 a)。雌雄性比例严重失调,雌株占绝大多数。这与历史上人们对银杏的利用习惯有关。银杏大约在商周时期就有栽培,自宋代后诸多文献将银杏列为果树,如南宋吴怱编著的《种艺必用》,陈景沂编撰的《全芳备祖》等<sup>[13]</sup>。安徽宣城和湖北江陵在宋代已有种子生产的记录。李时珍《本草纲目》中对银杏习性及其食用药用价值有记载。清代《授时通考》记载了银杏的形态、习性、分布及用途等。山东郯城、江苏泰兴和广西桂林是中国银杏 3 个主要栽培区,这 3 个地方是银杏种子主产区,分布着大面积百年以上大树<sup>[14]</sup>。在银杏主要栽培



1: 复干银杏群; 2: 单株无复干与萌蘖; 3: 1 个复干; 4: 2 个复干; 5: 3 个复干; 6: 4 个复干; 7: 5 个复干; 8: 6 个复干; 9: 萌蘖; 10: 萌蘖; 11: 复干在基部与母干合生; Mt: 复干; Ps: 母干; S: 萌蘖

1: Multi-trunked ginkgo community, 2: Plant without multi-trunk and sprouting, 3: One multi-trunk, 4: Two multi-trunks, 5: Three multi-trunks, 6: Four multi-trunks, 7: Five multi-trunks, 8: Six multi-trunks, 9: Sproutings, 10: Sproutings, 11: The multi-trunks grow united with parent stem at the base, Mt: Multi-trunk, Ps: Parent stem, S: Sproutings

图 5 临沂生生园内复干银杏

Fig. 5 The multi-trunked Ginkgo in Shengsheng Garden of Linyi

区, 银杏雄/雌配置比例为 1: 100, 为了促进雌花授粉以便生产更多的果实, 近些年来, 比例增加为 3 ~ 5: 100<sup>[15]</sup>。由此看来, 中国历史上人们大面积栽培银杏的目的是获取种子。

F. S. Santamour 等<sup>[17]</sup> 研究发现, 自然状态下银杏雌雄比例是 1: 1, 生生园银杏绝大多数为雌株, 说明该片银杏是人为选择栽植雌株而成的。

### 3.3 复干与银杏适应性的关系

临沂生生园复干银杏虽遭 2 次破坏, 但仍能萌发

形成现在国内罕见的群落。与此类似的是, 国内的银杏古树多有“子抱母”或复干丛生的现象, 这些银杏最大的一个特点就是树龄长, 少则几百年, 多则一两千年。例如浙江临安西天目山开山老殿下的“五世同堂”银杏, 湖北省巴东县桥河村八组树龄 2000 年的“公婆”树, 湖北省宣恩县珠山镇茅坝塘村“九子抱母, 六代同堂”银杏。山东崂山风景区上清宫树龄 1050 年的雄性银杏, 胶州市杜村镇镇敬老院内“九子抱母”银杏等。复干的存在使银杏形成子抱母或复干

丛生、独木成林的现象,这些银杏从表面看似乎有不衰亡的能力,这可能与银杏复干的存在有关。

在自然状态下通过营养生长产生具有潜在独立性个体的植物被称作克隆植株<sup>[18]</sup>,银杏属于典型的克隆植物。从银杏生命周期看,即使是在没有有性繁殖的情况下,银杏仍可通过产生萌蘖和复干方式延续生命<sup>[4]</sup>。图4中,1区35号树母干 $B_1$ 与复干 $B_2$ 在主干0.8 m以下已经合生(与图5-11箭头所指部位类似),随着时间延长,母干和复干直径不断增大,合生部位可能逐渐向上延伸,最后母干 $B_1$ 和复干 $B_2$ 二者主干完全愈合。当母干 $B_1$ 达到寿命极限时,出现衰老、死亡现象,此时,复干 $B_2$ 自然而然成为新一代母干。后面各代复干随时间延长与新的母干会可能发生类似 $B_1$ 与 $B_2$ 之间的主干合生过程,距离较近的复干间也会出现合生现象。这些复干更替母干的过程中,可能又会产生新的复干。最终形成子抱母或复干丛生的现象而使银杏不死。复干的产生实际上是银杏个体生命延续的一种方式<sup>[9]</sup>。基生树瘤产生的萌蘖生长发育成复干使个体呈现幼化状态是银杏适应性强的一个主要原因。生园银杏遭破坏后,仍能萌发,形成现在的复干银杏群落;1945年美军在日本广岛投下原子弹,导致植物灭绝,银杏是最早萌发,距原子弹爆炸中心1000 m之内,存活了6株银杏<sup>[19]</sup>。较强的适应能力使银杏在灾难中保存下来,银杏潜在的萌蘖和复干的能力是银杏劫后重生的关键。银杏通过产生萌蘖和复干进行天然更新,不仅在银杏的保存方面发挥重要的作用,也是银杏属自白垩纪以来顽强生存的主要因素<sup>[4]</sup>。

### 3.4 复干银杏的利用

**3.4.1 人工林培育** 利用复干银杏复干丛生特点通过矮林作业进行能源林经营。对于用材林应及时清除萌蘖及复干,以便发育成单干人工林,继而提高单株及林分经济产量。

**3.4.2 苗木培育** 对已萌生的萌蘖或复干可于早春培土并刻伤基部,以促使地下茎生根,待长成一株完整苗木后分株定植,也可以直接采取扦插的方法繁殖苗木<sup>[20]</sup>。这一方法在山东郯城被称作“抱娘树”繁殖法<sup>[21]</sup>。复干茎干粗壮、直立向上能明显消除位置效应<sup>[22]</sup>。因此对于扦插苗,尤其是茎段扦插苗,可尽早剪除细弱、斜向生长的母干,并保留健壮的复干培养成新干。

**3.4.3 叶用林经营** 利用银杏较强的萌蘖能力,像美国南卡罗来纳州萨姆特和法国波尔多地区银杏采

叶园一样,每年平茬1次,以促进复干大量发生,进而生产出高银杏叶提取物(GBE, *Ginkgo biloba* extracts)含量的银杏叶。

**3.4.4 核用林经营** 为了促进核用矮干密植丰产园树体发育,减少养分和水分损耗,应尽早抹除萌芽以抑制复干的形成。但为了形成纺锤形树冠及立体结种,可利用1代和2代复干,并分层分年度嫁接,最终形成3个龄级层结种树形,以提高单株产量。

**3.4.5 园林中的应用** 对于园林绿化中栽植的银杏树,当树干基部产生萌蘖或复干时,适当保留,随复干的生长,形成错落有致的树冠层次。结合修剪,保留健壮、树姿良好的复干围绕在母干周围,类似于银杏古树中群子抱母的景象,具有很高的观赏价值。

### 参考文献

- [1] 邢世岩. 银杏复干生物学特性的研究[J]. 林业科技通讯, 1996(2):6-9
- [2] Del Tredici P. Lignotuber formation in *Ginkgo biloba* L. [M]// Hori T, Ridge R W, Tulecke W, et al. *Ginkgo biloba*-a Global treasure. Tokyo: Springer-Verlag, 1997:119-126
- [3] Del Tredici P. Sprouting in temperate trees: a morphological and ecological review [J]. Bot Rev, 2001, 67(2):121-140
- [4] Del Tredici P. Natural regeneration of *Ginkgo biloba* from downward growing cotyledonary buds (Basal Chichi) [J]. Am J Bot, 1992, 79(5):522-530
- [5] Del Tredici P. Where the wild ginkgos grow [J]. Arnoldia, 1992, 52(4):2-11
- [6] Fujii K. On the nature and origin of so-called "chichi" (nipple) of *Ginkgo biloba* L. [J]. Bot Mag, 1895, 9:444-450
- [7] 邢世岩. 银杏树瘤[J]. 植物杂志, 1996(3):29-30
- [8] 林协, 张都海. 天目山银杏种群起源分析[J]. 林业科学, 2004, 40(2):28-31
- [9] 向应海, 向碧霞, 赵明水, 等. 浙江西天目山天然林及银杏种群考察报告[J]. 贵州科学, 2000, 18(1):77-92
- [10] 董玉芝, 朱小虎, 陈虹, 等. 新疆巩留野核桃林调查及其分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3):386-392
- [11] 林金根, 陶银周. 银杏干材生长规律研究[J]. 浙江林业科技, 1995, 15(4):35-37
- [12] 袁觉, 李群, 肖国林, 等. 浅谈银杏木材的利用与发展[J]. 林业科技开发, 2002, 16(2):6-8
- [13] 曹福亮. 中国银杏志[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007
- [14] 邢世岩. 银杏丰产栽培技术[M]. 济南: 济南出版社, 1993
- [15] Del Tredici P. Ginkgos and people-a thousand years of interaction [J]. Arnoldia, 1991, 51(2):2-15
- [16] Groff P A, Kaplan D R. The relation of root systems in vascular plants [J]. Bot Rev, 1988, 54(4):387-422
- [17] Santamour F S, He S A, Ewert T E, et al. Growth, survival and sex expression in ginkgo [J]. Arboriculture, 1983, 9(6):170-171
- [18] 董鸣. 克隆植物生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2011
- [19] 曲祚民. 广岛“原子柳”[J]. 森林与人类, 2008(7):11
- [20] 邢世岩, 冀永杰, 孙霞. 银杏繁殖的原理和技术[J]. 河北林业科技, 1994(3):7-11
- [21] 邢世岩. 叶用核用银杏丰产栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997
- [22] 邢世岩, 胡玉芹, 苗全盛, 等. 银杏无性繁殖位置效应的研究[J]. 武汉植物学研究, 1998, 16(1):69-76