

文章编号: 100121498(2003)04-0473206

# 散生类竹子地下鞭系生长影响因子研究综述

陈双林, 杨清平

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

**摘要:** 在搜集、分析大量相关文献的基础上, 就影响散生类竹地下鞭系生长的主要因素, 如林分气象、林地土壤、地形条件及林分经营干扰等因子, 论述了目前我国在这一领域的研究现状, 指出了研究中的薄弱环节, 并提出今后的重点研究方向。

**关键词:** 散生竹; 地下鞭系; 环境因子; 经营干扰

**中图分类号:** S795      **文献标识码:** A

中国是世界上散生类竹子的主要自然分布区, 栽培历史悠久, 许多种属是重要的经济、生态竹种, 其地下鞭系延伸生长特性、生理整合性功能和适应环境异质性的能力以及良好生态功能效益发挥等不同于其它树种, 定量测定地下鞭系对竹林产量形成、生理代谢、生态作用过程和环境对它的影响等的方法较少, 致使该领域的研究历来是竹类研究的难点、热点问题。本文从环境因子、经营干扰等方面对近年来散生竹地下系统的研究成果进行评述。

## 1 气象因子对地下鞭系的影响

### 1.1 温度

散生类竹种固有的生物学特性是长期与环境适应的结果, 地下鞭系的延伸生长、笋芽分化等在特定温度范围内进行。20世纪80年代, 科技人员开始研究应用林地覆盖技术人工调控地温来满足竹子生长对温度的要求以达到高产、早出、大幅度提高经济效益的目的。俞樟福<sup>[1]</sup>等研究表明: 雷竹(*Phyllostachys praecox* C. Y. Chu et C. S. Chao) 当土表温度 8 e, 各土层(10、20、30 cm 土层深度) 平均温度 8.5 e 以上时, 笋芽开始分化; 土表温度和各土层平均温度达到 10~15 e 时为出笋盛期; 土表温度 17 e 和各土层平均温度 16 e 以上时为出笋末期; 鞭梢 4 月中旬已萌动, 5) 10 月为适生期, 10 月末至 11 月中旬生长速度急剧减缓并趋于终结, 其间生长期达 7 个月左右, 一条鞭梢年生长量可达 4 m 左右<sup>[1]</sup>。也有以月均气温为指标研究竹鞭生长规律, 认为雷竹竹鞭生长活跃期开始至停止的月均气温为 13~16 e, 在月均气温 30 e 时生长最快, 日生长量最大值为 2~3 cm<sup>[2]</sup>。野中重之<sup>[3]</sup>对毛竹(*Phyllostachys pubescens* var. *pubescens* (Mazel) Ohwi) 地下茎研究指出: 地下鞭系从发笋结束后开始, 7 月新竹换叶结束, 为地下茎生长最快的时期, 延续生长至 11 月上旬。上述研究调查方法不同, 结论趋于一致, 均表明温度是地下系统生长的限制因子之一。

收稿日期: 200209203

基金项目: 2000) 2001 年中国林业科学研究院院基金项目/ 覆盖对笋用小径竹地下鞭系作用机理研究0

作者简介: 陈双林(1965), 男, 浙江龙游人, 副研究员, 在读博士研究生。

笔者认为采用土表温度、土层平均温度作为测定表征因子更符合实际,也易于生产中人工调控。温度也是影响不同土壤深度的笋芽萌发时间的因素之一。据对毛竹林不同时期萌发竹笋的竹鞭分布调查,清明前发笋竹鞭适宜深度在土壤表层,清明后逐渐移向土壤下层<sup>[4]</sup>。

## 1.2 降水

降水量、方式、时间等直接作用于地下系统的结构特征和功能的发挥,进而影响竹林产量的形成和系统的稳定性。有研究表明:在一定温度条件下(30 e),月降水量140~160 mm时雷竹竹鞭生长最快,鞭径粗,鞭芽多而壮<sup>[2]</sup>。而不同生长时期对水分的需求不同,7)9月降水量与毛竹地下茎各节的芽发笋数量显著相关<sup>[5]</sup>。为达到高效商品竹林经营之目的,人们在生产中依据竹子生物学特性总结出竹林灌溉和保湿技术来人工调控竹林对水分的需求。但定量、定时供水标准混乱,操作粗放,需进一步从竹林生态、生理等方面来加以研究。

## 1.3 光照

竹林内光照条件不仅影响系统营养物质的生产与积累,也影响包括地下部分的系统结构组成。野中重之研究表明:9月份毛竹林的光合作用再次活跃,进入为下一发笋期贮藏养分期,新的地下茎伸长迅速<sup>[3]</sup>。这是竹子其固有的生物学特性使然,还是与光照具内在联系,需进一步研究。从理论上分析,竹林立竹密度不同,光强和光质发生变化,势必改变竹林营养结构和林地土壤温度、湿度及生物种群的分布,影响竹林地下鞭系对水、矿物质养分的吸收,进而影响其生长和竹林产量形成。

光照对竹林地上部分生物量的影响研究开展得较早,也较为具体,而对竹林地下系统的影响研究甚少,研究手段落后。当前应用经典的田间试验方法得到的竹林林分结构经营模式,也是注重于地上部分,带有局限性。随着先进实验仪器的应用和研究方法的更新,立竹的光合作用与地下系统间的协同功能关系研究将是竹类研究的重点,可以为合理地确立最佳和稳定的竹林生态系统提供科学依据。

# 2 土壤因子与地下鞭系的相互作用

## 2.1 土壤物理性质

不同土壤类型其物理性质各异,对竹林地下系统的影响不同。吴炳生<sup>[6]</sup>研究表明:不同岩性发育的毛竹纯林土壤容重、土层厚度和机械组成等各不相同,土壤的贮水能力各异,土壤营养成份、含量存在差异,竹子地下鞭系生长不同。盘根错节的竹林地下鞭系对土壤机械组成也产生影响。据多项研究表明:在相同土壤类型情况下,毛竹林土壤的平均毛管孔隙度、非毛管孔隙度、总孔隙度分别为16.3%、43.3%、59.6%,总孔隙度和杉木人工林、落叶阔叶林相当,非毛管孔隙度比柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk ex Otto et Dietr)林、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)林和草地明显高。毛竹林土壤在长期干旱的条件下,初渗速度平均为 $29.10 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ,稳渗速度平均为 $81.28 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ,衰退参数平均为0.239 1。入渗性能优于邻近测站杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)林地、马尾松林地而次于阔叶林地<sup>[7,8]</sup>。可见,散生竹林地下鞭系对土壤有强烈的锚固及涵养水源等生态功能。所以,在竹产业发展过程中,注重经济效益的同时,应考虑竹林良好生态效益的发挥,尤其在江河湖库的源头和两岸及生态脆弱地区。

## 2.2 土壤化学性质

2.2.1 土壤pH值及盐基 黎祖尧等<sup>[9]</sup>研究表明:石灰岩土壤的pH值(6.9~8.4)比非石灰岩

土壤 pH 值(5.1~5.7)高,盐基和 N 含量丰富,特别是 Ca 含量高,分析认为,石灰岩土壤肥力因子与淡竹地下鞭系生长因子间的回归关系和复相关性均极显著。梁爱荣等<sup>[10]</sup>通过不同受害程度竹林土壤营养元素和根系的测定,表明:土壤 pH 值降低 0.3~0.4 个单位,交换性 Ca 和盐基饱和度降低,交换性酸总量显著增加,尤其是交换性 Al,是原值的 3.6~7.5 倍,致使 Ca/Al 比由原来的大于 1 变为小于 1,土壤趋于酸化,而过量的交换性 Al 对地下系统造成毒害,严重影响竹林地下鞭系的生长,甚至枯死。散生竹类大多生长于中性或偏酸性土壤中,目前竹林生产力的维持过分依赖于施用过量的化学肥料,致使竹林地土壤酸化,已影响到我国竹产业的可持续发展,是当前竹类研究所面临的新课题。

**2.2.2 土壤盐胁迫** 万贤崇等<sup>[11]</sup>的研究表明:在盐胁迫下,6 个供试竹种的根活力均有所下降,各器官中丙二醛随之积累,多数竹种对盐胁迫表现出一定的适应性,随着处理时间的延长,根活力得到部分恢复,膜脂过氧化程度减轻,  $\text{Ca}^{2+}$  对 NaCl 盐害有明显的缓解作用。有研究以红竹(*Phyllostachys iridescens* C. Y. Yao et S. Y. Chen)等为材料,在不同盐质量浓度(0.1、0.2、0.3  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  NaCl)溶液培养下,分析了竹子体内超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性的变化,发现白竹(*Fargesia semicoriacea* Yi)笋体内的酶活性表现出先升高后降低,红竹则相反。研究结果表明,不同竹子的酶活性对盐胁迫的反应是有差异的,从而推断它们的抗盐性也有所不同<sup>[12]</sup>。

土壤盐胁迫直接作用于竹子地下部分的水分、养分的吸收和传输,进而影响地上部分的生长。克服盐胁迫的影响,可通过筛选和驯化竹种及进行土壤改良等方法实施。目前在沿海滩涂等含盐量高的区域能良好生长的竹种数量少,为适应该类地区的经济发展和生态环境建设的需要,采用传统研究手段和现代生物技术相结合的方法进行竹类抗性育种,使更多竹种适于盐碱等困难立地生长是今后需重视的一个问题。

**2.2.3 土壤酶与鞭系生理生化酶** 金爱武等<sup>[13]</sup>对雷竹鞭芽酶活性分析指出:潜伏芽和饱满芽过氧化物酶活性高,笋后期最高,为初笋期的数倍。萌发芽和强萌发芽的酶活性低,萌发芽在出笋盛期后酶活性下降显著,而强萌发芽酶活性变化平稳;在笋芽个体发育过程中,过氧化物酶同工酶的顺序变化规律极明显,各芽体之间过氧化物酶同工酶均有明显差异;淀粉酶从潜伏芽、饱满芽到萌发芽和从萌发芽到笋是两个较为独立的变化过程,其变化规律与过氧化物酶同工酶的变化相似。这是从竹子生理生化酶来研究地下系统的生长发育规律。而徐秋芳等<sup>[14]</sup>通过对竹林土壤酶活性的研究来揭示高产与低产竹林间的差异。比较分析表明:高产与低产竹林的土壤酶活性都是上层高于下层;土壤过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和蔗糖酶的活性均是高产竹林地高于低产竹林地;低产林土壤各类酶活性与土壤有机质、全氮、水解氮、有效磷都达到显著或极显著相关;高产地土壤磷酸酶活性与有机质、全氮、水解氮和有机磷无相关性,土壤有效磷与过氧化氢酶、蛋白酶、蔗糖酶及磷酸酶相关性不显著。为判别竹子实生苗子代与亲代间遗传上的差异,吴蓉等<sup>[15]</sup>进行了雷竹实生苗过氧化物酶同工酶的活性测定,指出雷竹实生苗在过氧化物酶同工酶活性上存在显著差异,说明植株间发生一定的基因表达上的差异,认为在生产上应选择优良无性系繁殖推广。

地下鞭系酶活性与竹子生长发育关系密切,而土壤酶与土壤综合肥力有关,鞭系的新陈代谢必然影响鞭根际土壤的土壤酶活性,反之亦然。上述各类研究出发点不同,若能综合地加以深入研究,可比较分析竹子不同生长期地下鞭系生理生化酶与土壤酶间的内在联系。

**2.2.4 微肥、激素类物质** 内源激素对竹子的生理过程起着调节和控制作用。据研究雷竹不同鞭龄的侧芽分化时,随鞭龄的增大赤霉素( $GA_3$ )含量呈上升趋势,而玉米素(ZT)含量则呈下降趋势。侧芽分化的季节不同,其激素含量也不同,即夏季分化的侧芽高于秋末冬初和早春分化的侧芽<sup>[16]</sup>。黄坚钦等<sup>[17]</sup>通过酶联免疫法测定了雷竹地下鞭侧芽内源激素的动态变化,结果表明:在1 a生鞭中生长促进激素(IAA-吲哚乙酸, ZT)具相似的月波动规律。鞭梢部侧芽的生长促进激素3月份快速增长,比其基部侧芽早1个月形成峰值,7月份, ZT在侧芽内含量较低, IAA则相对较高, ABA(脱落酸)在鞭基部侧芽具较高的含量,而在鞭梢部具较低的含量,认为生长素与芽的萌动有关,产鞭与产笋则与细胞分裂素有关。

人们针对竹业生产中的需要,如提高鞭段育苗出笋量和成竹率及造林成活率等,开展了许多人工施加外源激素诱导研究。楼一平等<sup>[18]</sup>对高节竹(*Phyllostadys prominens* W. Y. Xiong)鞭段以稀土、微肥、激素处理,发现对离体竹鞭笋芽萌发起主要影响作用的是微肥,激素次之,作用顺序为硝酸稀土>硫酸锌>细胞分裂素>萘乙酸,而在不同时期对不同年龄雷竹带芽鞭段进行外源激素(生长素)诱导培养,结果表明:不同季节侧芽萌发率差异极显著,以春季最高(70%),秋季次之(57%),夏季最低(22%)。不同鞭龄的侧芽萌发率以2、3年生较高。外源激素对打破笋芽休眠、提早萌发出笋有效<sup>[19]</sup>。

散生竹类资源相对匮乏地区,母竹造林困难,采用鞭段育苗是一项有效途径。为提高鞭段育苗出笋成竹率,各地应用激素类物质诱导,取得一定的成效,但存在竹苗造林后出笋率低的问题,主要原因是科学施用外源激素影响地下鞭系生长。有研究表明:不同激素种类和不同用量之间的侧芽萌发率均无显著差异<sup>[19]</sup>,这一结论同生产实际相矛盾,值得商榷。

### 3 地形条件对竹地下鞭系的影响

竹林生长与其地形条件中的海拔、坡向、坡位等要素关系密切。海拔高度不同,温度、湿度、日照随之变化。坡向、坡位不同,引起温度和日照的差异。而坡度的大小,涉及土层和土壤肥力水平。这些因素综合作用于竹林的地下系统<sup>[20]</sup>。陈存及<sup>[21]</sup>研究认为不同坡位立地条件有很大差异,对鞭系的分布有明显的影响,下坡的鞭段数量和鞭长各占其总量的比例均明显高于中、上坡。竹林密度在下坡对鞭段数的影响更为明显,相关系数为0.8379,上坡密度与鞭长的相关性显著,相关系数为0.6986,中坡密度与鞭重的相关性显著,相关系数为0.8428。胡超宗等<sup>[4]</sup>研究指出:雷竹竹鞭延伸方向以平行林地和向上坡方向生长的类型居多,占80%以上,向下坡方向延伸少,占10%,向上坡方向延伸占总数的47.9%和总鞭长的54.1%,因此,根据竹林定向培育目标,选择适宜的立地条件是竹子高效持续栽培的基础工作。国外目前采用微地形造林方法,在竹子营造中值得研究推广。

### 4 人工干扰对地下鞭系的作用

#### 4.1 垦复

垦复是竹林常规经营措施,在低产林分改造中效果尤为明显。周文伟<sup>[22]</sup>的研究结果表明:垦复对毛竹林地下系统生长影响显著。垦复后林地竹鞭节间长度增加,鞭芽数增加2~3倍,单位面积竹鞭总长度增加2.6倍以上。垦复深度与壮鞭数呈正相关,竹鞭段的数量以垦复土层45 cm为最多,而垦复深度为15 cm易产生浮鞭。垦复对鞭径粗度无显著影响。竹子地下

鞭系的土壤锚固能力强,但不分季节频繁垦复或垦复深度不够,易造成竹林地表土流失和竹鞭系向表土层聚集分布,这是竹林地力退化的原因之一。应用林地免耕和土壤有益微生物、动物生存环境的维护等技术,达到改善竹林地土壤理化性质和长期立地生产力的稳定发挥是今后竹类研究的方向之一。

#### 4.2 经营类型

郑郁善等<sup>[23]</sup>对杉木毛竹混交林地下结构调查发现,杉木对毛竹竹鞭向纵深延伸和增加壮芽数有促进作用。在7个杉木不同造林密度的混交林标准地中,以杉木1350株 $\text{hm}^{-2}$ 密度标准地的竹鞭长度、鞭径、鞭质量、壮芽数、冬笋数、岔鞭数最高,随着杉木密度的增加或减少而逐渐递减。黄德龙等<sup>[24]</sup>研究了杉竹同时造林、杉木幼龄林、中龄林、近熟林套种毛竹和裸地种竹5种林分的生长情况,结果表明各林分各年度单鞭长和平均鞭节长无明显变化规律,然而有随移栽母竹时林地郁闭度增大而增加的趋势,而总鞭长、竹鞭数及竹鞭梢量则呈递减趋势。

汪奎宏等<sup>[25]</sup>对14块毛竹笋用丰产林样地地下鞭根系统的调查表明:每公顷竹鞭质量7918.85 kg、鞭长161910.15 m、总芽数146.61万个,均比毛竹材用林要多;竹鞭生物量的2/3以上集中在10~30 cm深的土层中;竹鞭萌发芽的比例随鞭龄增加而增加,以5~6年生竹鞭比例最高(达40.24%),并以20~30 cm深土层中分布最多;侧芽垂直分布以10~20 cm深土层最多(达35.66%)。10~30 cm土层是发笋的主要部位,在竹林培育中应特别重视此土层的培育。

建立生态与经济效益并重的竹林生态系统是我国竹业发展的总体趋势,混交树种选择及配置比例、混交方式,都是亟待解决的生产实际问题,而研究这些问题也需从竹林地下鞭系的分布、营养面积、化感及生态场势等生态学理论来综合考虑。

#### 4.3 挖笋、伐竹

据研究,毛竹林挖掘鞭笋的竹鞭年生长长度为不挖掘鞭笋的2.8倍,且其地下空间分布均匀,发笋多的1~2 m鞭段比例高,而竹鞭粗度无显著差异<sup>[26]</sup>。合理、适时地挖掘鞭笋,能解除附近侧芽的休眠,萌发支鞭增加竹鞭总量。有研究通过将1/3新竹的支鞭切断,利用顶端生长优势,多发叉鞭、新竹,改毛竹大小年为均年,可增产20%~30%<sup>[27]</sup>。

孙天任等<sup>[28]</sup>研究表明:轮伐(每隔4 a皆伐1次)后淡竹(*Phyllostachys glauca* McClure)林竹鞭逐年变细,鞭节间长度增加,幼龄鞭、壮龄鞭质量之和仅占竹鞭总质量的30%,竹鞭趋于老化。在轮伐期内,鞭粗、鞭材积、鞭质量、地下系统总质量均随砍伐年限逐年增加。这种掠夺式作业方式,年平均效益产出不高,而且影响竹林的正常生长更新,竹林趋于衰败,不利于竹林的可持续经营。

挖笋、伐竹既是生产作业,也是抚育措施,研究报道很多,包括伐竹年龄、时间、数量和挖笋时间、数量、大小等。但作业对地下鞭系的生长影响研究还很有限,生产中应用的有些技术措施是生产经验而得,需通过具体的试验验证和完善。

#### 参考文献:

- [1] 俞樟福. 雷竹生长与温度关系的探讨[J]. 竹子研究汇刊, 1997, 16(3): 54~57
- [2] 胡超宗, 金爱武, 黄红亚, 等. 雷竹生长气象因子的相关分析[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(4): 295~300
- [3] 野中重之(日). 竹笋[J]. 特产情报, 1992(7): 88

- [4] 胡超宗, 张仁照. 毛竹笋用林地下竹鞭分布规律与竹笋个体发育的关系[J]. 浙江林学院学报, 1990, 7(4): 322~ 328
- [5] 西野宽(日). 竹笋[J]. 特产情报, 1994(2): 75
- [6] 吴炳生. 毛竹林群落类型水源涵养功能的初步研究[J]. 竹子研究汇刊, 1992, 11(4): 18~ 24
- [7] 曹群根. 毛竹林水文效应的初步研究[J]. 竹类研究, 1989(2): 24~ 45
- [8] 王彦辉. 人工毛竹林土壤的水文生态效应[J]. 竹子研究汇刊, 1990, 9(4): 40~ 49
- [9] 黎祖尧, 杨光耀, 杜天真, 等. 石灰岩土壤特点及对淡竹的影响[J]. 竹子研究汇刊, 1997, 16(2): 49~ 52
- [10] 梁爱荣, 杨冬生, 江心, 等. 楠竹枯黄(死)与土壤营养关系的研究(Ⅰ)[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(1): 68~ 73
- [11] 万贤崇. 盐胁迫及其C调节对竹子根系活力和丙二醛含量的影响[J]. 南京林业大学学报, 1995, 19(3): 16~ 20
- [12] 何开跃, 郭春梅. 盐胁迫对3种竹子体内SOD、POD活性的影响[J]. 江苏林业科技, 1995, 22(4): 11~ 14
- [13] 金爱武, 胡超宗, 张卓文, 等. 雷竹鞭侧芽发育过程中核酸含量、过氧化物酶和淀粉酶同工酶的变化[J]. 竹子研究汇刊, 1996, 15(1): 14~ 20
- [14] 徐秋芳, 刘力, 洪月明, 等. 高低产毛竹林地土壤酶活性比较分析[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17(3): 37~ 40
- [15] 吴蓉, 何奇江, 汪奎宏, 等. 雷竹实生苗过氧化物酶同工酶的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17(2): 65~ 69
- [16] 胡超宗, 金爱武, 张卓文, 等. 雷竹竹鞭侧芽分化过程中内源激素的变化[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(1): 1~ 4
- [17] 黄坚钦, 章滨森, 刘力, 等. 雷竹地下鞭侧芽内源激素的动态变化研究[J]. 林业科学, 2002, 38(3): 38~ 41
- [18] 楼一平, 吴良如, 刘耀荣, 等. 微肥、激素对竹鞭侧芽萌发的影响[J]. 林业科学研究, 1997, 10(5): 541~ 545
- [19] 汪奎宏, 钟华鑫. 外源激素诱导雷竹鞭芽萌发效果分析[J]. 竹子研究汇刊, 1996, 15(4): 27~ 31
- [20] 宛志沪. 立地条件与毛竹生长发育关系的研究[J]. 竹类研究, 1990(9): 40~ 48
- [21] 陈存及. 毛竹林分密度效应的初步研究[J]. 福建林学院学报, 1992, 12(1): 98~ 104
- [22] 周文伟. 垦复对毛竹林鞭系生长影响的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1995, 14(3): 30~ 35
- [23] 郑郁善, 王舒凤. 毛竹混交林鞭系结构特征的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1999, 18(4): 30~ 33
- [24] 黄德龙, 黄秀英. 不同林龄杉木毛竹混交效果研究[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(2): 60~ 64
- [25] 汪奎宏, 张培新, 吴智勇, 等. 毛竹笋用丰产林地下鞭根系统调查分析[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(1): 38~ 43
- [26] 连强壮, 罗龙发, 田晓萍, 等. 浅谈挖掘毛竹鞭笋意义及提高鞭笋产量的技术措施[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(1): 44~ 47
- [27] 石全太, 卞尧荣, 孙爱素, 等. 毛竹林大小年改均年的技术措施研究[J]. 竹子研究汇刊, 1993, 12(2): 22~ 27
- [28] 孙天任, 施斌祥, 崔卫东, 等. 淡竹轮伐后成竹林分结构规律的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1993, 12(4): 48~ 57

## Review on the Influence of Underground Rhizome System Growth Factors of Monopodial Bamboo

CHEN Shuanglin, YANG Qingping

(Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** The underground rhizome system of monopodial bamboo is not only one of important parts of growth and yield in bamboo stands, but also a difficult, hot point to study. According to current research, the underground rhizome system of monopodial bamboo the effects of weather, soil, terrain condition and management interference on the growth of are reviewed, and great emphasis is put on the weak points of research and the directions of study in the future are discussed.

**Key words:** monopodial bamboo; underground rhizome; environmental factors; management interference