

吴艳萍,李传哲,赵福泽,等. 距离母竹不同位置长叶苦竹的生长发育特征[J]. 江苏农业科学,2022,50(20):189-195.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.20.028

# 距离母竹不同位置长叶苦竹的生长发育特征

吴艳萍<sup>1</sup>, 李传哲<sup>2</sup>, 赵福泽<sup>3</sup>, 王福升<sup>1</sup>, 丁雨龙<sup>1</sup>, 刘国华<sup>1</sup>

(1. 南京林业大学, 江苏南京 210037; 2. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏淮安 223001; 3. 桐梓县林业局, 贵州遵义 563299)

**摘要:**以南京林业大学白马基地五年生长叶苦竹(*Pleiblastus chino* var. *hisauchii* Makino)试验林为研究对象,研究距离母竹不同位置(0、2、4、6、8 m)竹株的生长发育及秆形形态建成规律。长叶苦竹竹笋-幼竹高生长期为 70 d,竹笋-幼竹生长规律均呈“慢—快—慢”的趋势,符合 Logistic 模型。林中位置竹株的地径、株高、枝下高较林缘位置分别增长了 1.46、2.45、49.22 倍。长叶苦竹每节节长由基部到梢部都是先增大后减小,但距离母竹越远,竹株的每节平均节长和最长节长以及每节节径和最大节径整体均呈递减趋势,且距离母竹不同位置竹株相对应的每节节长和每节节径均存在正相关性。此外,距离母竹不同位置竹株的地径和株高及枝下高和株高也都呈正相关性。距离母竹不同位置竹株生物量分配均为竹秆生物量占比最大,根最小,且随着与母竹距离由近及远,竹株地上生物量、地下生物量及总生物量均呈递减趋势。通过研究距离母竹不同位置长叶苦竹的竹笋-幼竹高生长、秆形建成及生物量分配,揭示长叶苦竹新造林至成林过程中竹株的生长发育规律,为混生竹竹林的经营培育提供理论支撑。

**关键词:**长叶苦竹;生物量;不同距离;秆形建成;生长发育规律

**中图分类号:**S795.901 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)20-0189-06

竹类植物是自然界生长迅速、更新较快的物种之一,也是最具开发潜力、效益最高的可再生林业资源之一<sup>[1]</sup>。竹子具有显著的经济效益,广泛应用于造纸、制浆、建筑、农业、手工业、家具业、观赏、环保、食品等多个领域<sup>[2]</sup>。研究竹类植物的生长发育规律,对于合理开发其价值具有相当重要的意义<sup>[3-4]</sup>。竹子主要分为 3 种类型:丛生型、散生型、混生型。国内竹类植物生长发育规律相关研究主要以几种常见散生竹和丛生竹为研究对象,集中在竹笋-幼竹高生长、生物量分配、竹林结构、竹林培育等几个方面<sup>[4]</sup>。其中对材用竹的研究偏重于竹材形成方面,如秆形形成、节间生长、材质生长等。

通过研究竹子的秆形建成规律,可以了解竹子的材性、生态习性甚至生理习性,不仅可为其生长规律相关研究提供理论依据,对其竹林的经营管理也大有裨益<sup>[5-7]</sup>。目前对一些常见散生竹和丛生竹的秆形形态研究已有大量报道。如毛竹 [*Phyllostachys edulis* (Carrière) J. Houz.] 节间长度

由基部到梢部先增大后减小,近中央节间长度最长,且两端的变化几乎一致,而节间壁厚呈递减趋势<sup>[8]</sup>。与毛竹相比,同样胸径的大木竹(*Bambusa wenchouensis*)全高、鲜质量大于毛竹,竹壁厚随秆高增大而减小的速度较毛竹快,节间长度随高度的变化趋势呈二次曲线<sup>[9]</sup>。淡竹(*Phyllostachys glauca*)平均壁厚及外径由基部到梢部也呈递减趋势<sup>[10]</sup>。缅甸竹(*Bambusa burmanica*)的基径和胸径,秆质量和胸径,壁厚和高度均存在较高的相关性<sup>[11]</sup>。因此,相对于散生竹和丛生竹,目前对混生竹秆形规律的相关研究较少。

长叶苦竹(*Pleiblastus chino* var. *hisauchii* Makino)别称狭叶青苦竹,为青苦竹 [*Pleiblastus chino* (Franch. et Savat.) Makino] 变种,为大明竹属植物<sup>[12]</sup>。竹秆多色,且壁厚,有分枝的一侧节间基部微微凹陷,没有分枝的竹秆节间为圆筒形或扁圆筒形。枝叶茂密,密集丛生,是一类良好的混生型观赏竹种,具有重要的园林应用价值<sup>[13]</sup>。本研究以南京林业大学白马基地造林密度 4 m×4 m,造林株数 8 丛,五年生长叶苦竹试验林为研究对象,调查了竹林的发笋时间、发笋期、退笋率,测量了竹笋-幼竹发育过程中中的高度、地径等及距离母竹不同位置竹株的秆形形态指标及生物量,研究林缘及林中的竹笋-幼竹高生长规律及距离母竹不同位置竹

收稿日期:2021-12-27

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(18)2031]。

作者简介:吴艳萍(1994—),女,江西抚州人,硕士研究生,主要从事竹林生态研究。E-mail:1286080006@qq.com。

通信作者:刘国华,博士,研究员,主要从事竹林生态、土壤修复及养分循环等研究。E-mail:ghliu@njfu.edu.cn。

株的秆形形态建成规律和生物量分配,旨在为日后改善混生型竹林的管理经营提供科学的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 时间与地点

试验时间为 2019 年 4 月至 2020 年 12 月,试验地点为江苏省南京市溧水区南京林业大学白马科研基

地竹类植物种质资源圃(119°11'7"E,31°36'51"N)。

### 1.2 材料与方法

2016 年 3 月,将 8 丛(苑)二年生长叶苦竹母竹从育苗池移植于土壤配比为黄心土-草炭-珍珠岩=60-25-15,基质厚度为 45 cm 的土层中,株行距为 4 m×4 m,母竹宿土直径为 40 cm×40 cm,每丛株数为 3 株。2019 年新造林郁闭(图 1)。



图1 南京林业大学白马基地 5 年生长叶苦竹试验林

自 2019 年 4 月至 8 月,记录试验林发笋时间、出笋数、退笋数等信息。同时于发笋初期,在试验林林中和林缘分别随机选择 20 株健康无虫害竹笋(5 株作为标准样,15 株作为备选竹)用挂牌和插牌进行标记,从竹笋露出土面 2~3 cm 开始,每 3 d 进行 1 次竹笋-幼竹的株高、枝下高和地径的测量,直至连续 3 次测量株高不再发生变化,视作株高生长结束。

2020 年 12 月,沿着母竹去鞭方向,将整条鞭分成 5 等均分,分别为距离母竹 0、2、4、6、8 m,并在每个位置范围内选取 3 株标准株作为重复,测量株高、枝下高、地径、节数、节长、节径及各构件生物量等指标。高度和长度用卷尺测量,粗度用游标卡尺测量,各构件生物量用电子天平测量。

### 1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 2016 和 OriginPro 9.0 对试验数据进行基本处理,采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析,*LSD* 法进行多重比较。试验数据均为“平均值±标准差”,显著性水平设为  $P<0.05$ ,极显著设为  $P<0.01$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 长叶苦竹发笋及竹笋-幼竹高生长

长叶苦竹的发笋期为 5 月 4 日至 6 月 27 日,发笋期为 52 d。发笋数量为 6.93 个/ $m^2$ ,成竹率为

76.23%,退笋率为 23.77%。林中和林缘的发笋起始时间不一致,林中发笋晚于林缘 14 d,且林中的成竹高度高于林缘成竹高度(图 2),以长叶苦竹的发笋时间为自变量,竹笋高度为因变量,利用 Logistic 模型进行拟合,林中和林缘竹株的竹笋-幼竹高生长规律均符合该模型,拟合系数均大于 0.99,竹笋-幼竹生长速率均为“S”曲线,符合正态分布。如表 1 所示,林缘和林中长叶苦竹的生长进度不同,林中竹株抽枝展叶晚于林缘 1 个月。待竹笋-幼竹高生长结束后,林中植株的地径、株高、枝下高均显著高于林缘,分别是林缘的 1.46、2.45、49.22 倍。

### 2.2 距离母竹不同位置长叶苦竹的秆形规律

2.2.1 距离母竹不同位置的每节节长生长 由图 3 可见,距离母竹不同位置长叶苦竹的每节节长也都呈现规律变化。由鞭基部到顶部,距离母竹不同位置的长叶苦竹每节节长都呈现先增大后减小的趋势。距离母竹越远,竹秆每节平均节长和最长节长呈现递减趋势。母竹周围的最长节长为 42.43 cm,距离母竹 8 m 的最长节长最短,为 15.25 m,距离母竹 2、4 m 竹株的最长节长差异不显著。距离母竹 6、8 m 竹秆的平均节长差异也不显著。距离母竹不同位置的最长节位数分布在第 5~8 节。

2.2.2 距离母竹不同位置的每节节径生长 如图 4 所示,距离母竹不同位置竹株的每节节径也呈规

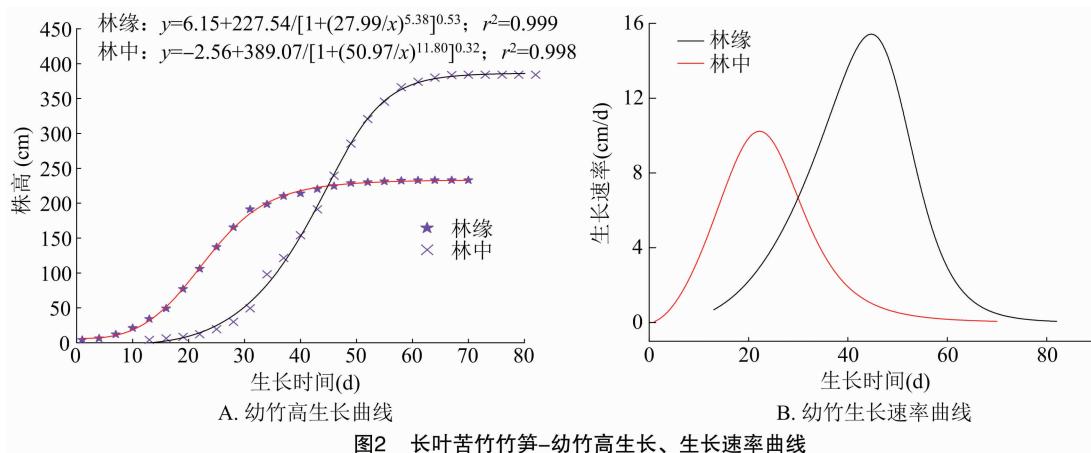


表1 不同生长位置长叶苦竹生长状况

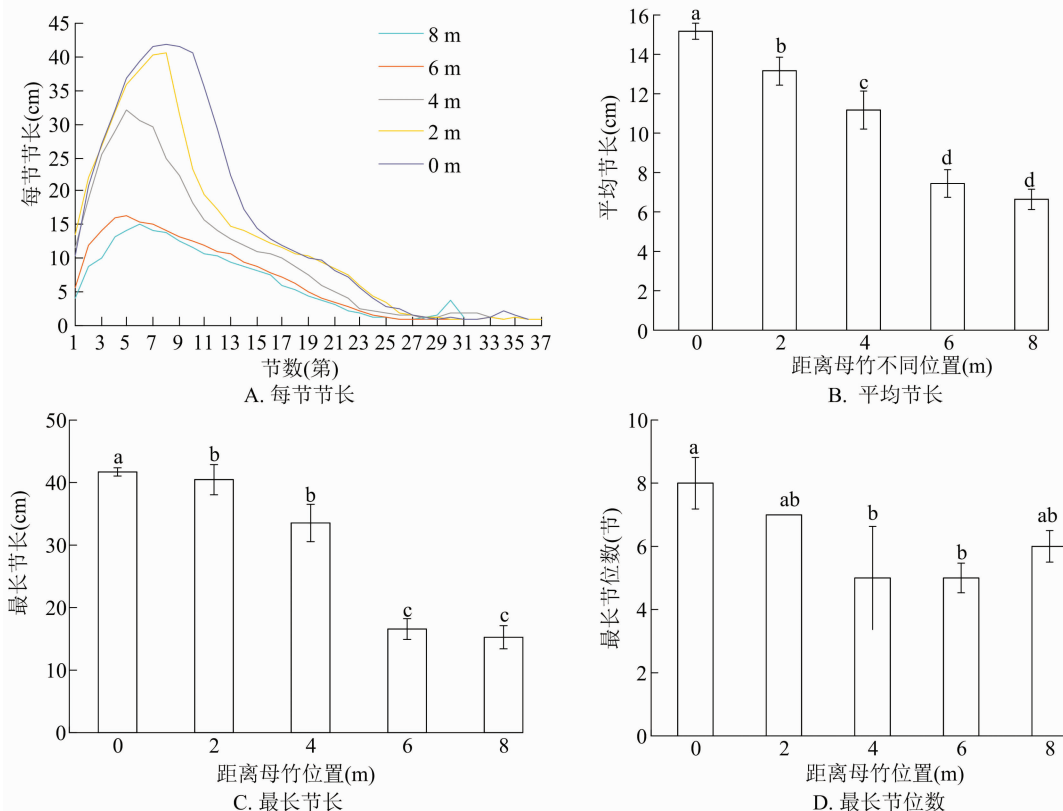
位置	地径 (cm)	株高 (m)	枝下高 (m)	抽枝展叶时间 (月-日)
林缘	1.42 ± 0.05a	2.27 ± 0.14a	0.09 ± 0.07a	06-17
林中	2.08 ± 0.13b	5.57 ± 0.12b	4.43 ± 0.07b	07-18

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

律性变化。长叶苦竹由秆基部到顶部,每节节径都是呈递减趋势。随着距离母竹越远,相对应的每节节径越小(图4-A)。不同位置的平均节径也是呈梯度变化,距离母竹越远,平均节径也越小。距离

母竹最近的平均节径最大,为 8.63 mm,距离母竹 8 m 的平均节径最小,为 5.53 mm,它们之间具有显著性差异。母竹附近和距离母竹 2 m 竹株的平均节径差异不显著(图4-B)。

2.2.3 距离母竹不同位置因子的相关性分析 如图5-A所示,长叶苦竹每节节长和每节节径存在一定相关性。为了确定长叶苦竹每节节长和每节节径的关系,利用对数、幂函数、线性、多项式等方程分别进行回归拟合。结果表明,线性拟合较好,距离母竹不同位置竹株每节节长和每节节径呈正



图中不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。图4、图6同

图3 距离母竹不同位置每节节长生长状况

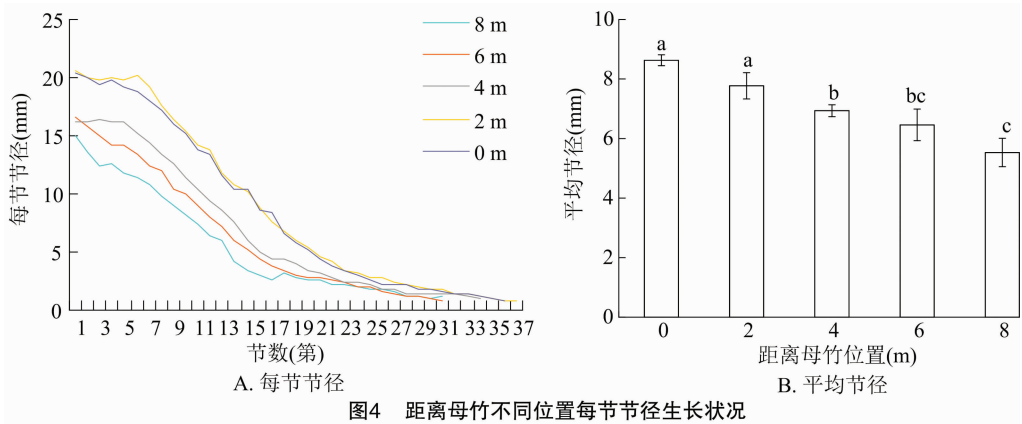


图4 距离母竹不同位置每节节径生长状况

相关关系。拟合系数最高为距离 4 m 时,系数达 0.940 8。同样对距离母竹不同位置长叶苦竹的地径和株高,枝下高和株高的相关性进行回归拟合,线性

拟合较好,地径和株高拟合相关性  $r^2$  系数为 0.815 7 (图 5 - B)。枝下高和株高拟合系数较高,达 0.900 3 (图 5 - C)。

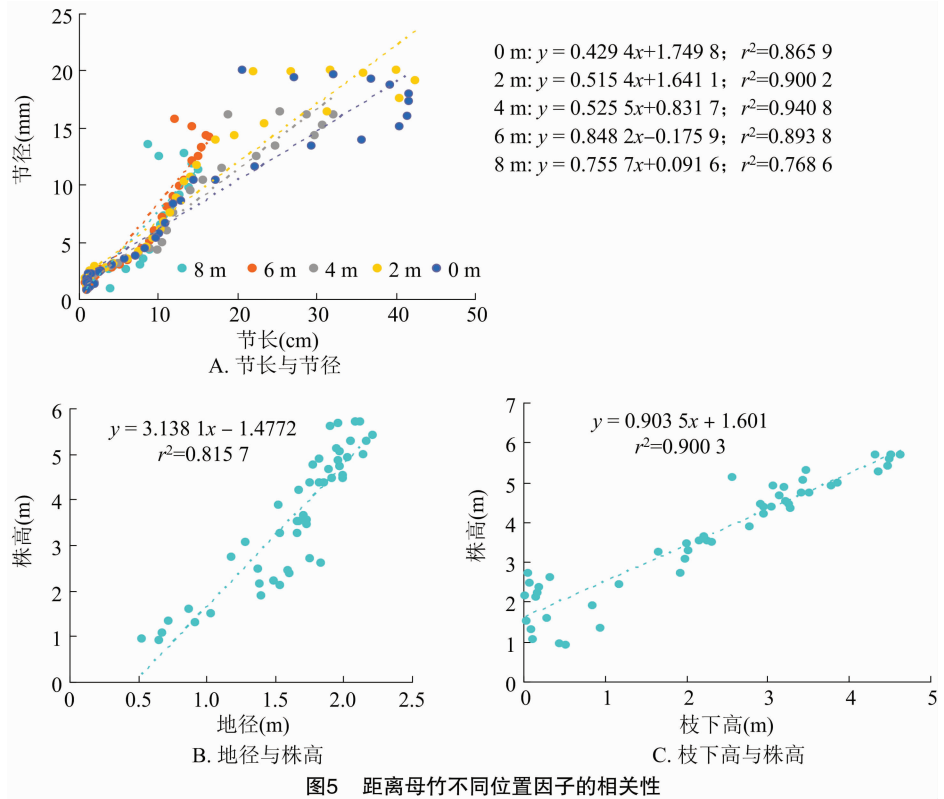


图5 距离母竹不同位置因子的相关性

### 2.3 距离母竹不同位置生物量及分配比例

2.3.1 距离母竹不同位置的单株生物量 由图 6 所示,距离母竹越远,长叶苦竹的地上生物量、地下生物量以及总生物量均呈递减趋势。母竹周围的地上生物量最大,平均为 511.93 g,距离母竹 8 m 的地上部分生物量最小,为 197.80 g。距离母竹最近的地下部分生物量最大,为 51.66 g,距离母竹位置 8 m 的地下生物量最小,为 10.64 g。距离母竹 0、2、4 m 单株的地下生物量之间没有显著性差异,

同样距离母竹 6、8 m 的单株之间也没显著性差异。母竹周围的总生物量最大,为 563.59 g,距离母竹位置 8 m 的总生物量最小,为 208.44 g。距离母竹不同位置的单株总生物量均无显著性差异。

2.3.2 距离母竹不同位置竹株生物量分配 由表 2 可知,距离母竹不同位置竹株的生物量分配均为秆的生物量最大,根的生物量最小。距离母竹 8 m 和 6 m 位置,均遵循秆 > 枝 > 叶 > 莖 > 根的规律;距离母竹 2.4 m 位置,均遵循秆 > 叶 > 枝 > 莖 > 根的

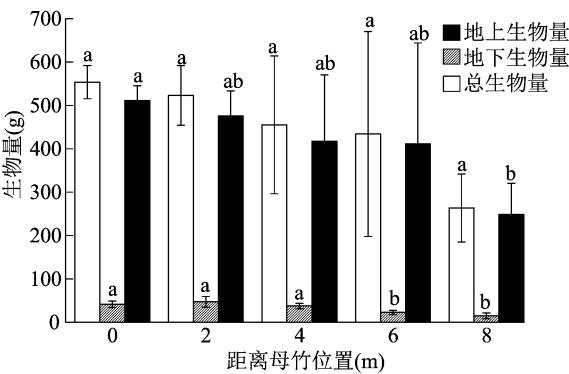


图6 距离母竹不同位置单株生物量

规律。距离母竹 8 m 长叶苦竹的生物量分配为秆 > 枝 > 叶 > 莖 > 根,秆的生物量最大,为 75.57 g;根的生物量最小,为 2.97 g;叶和其他构件差异显著,秆

和枝以及根和莖差异不显著。距离母竹 6 m 的生物量分配为秆 > 枝 > 叶 > 莖 > 根,秆的生物量最大,为 145.45 g,根的生物量最小,秆和其他构件差异显著。距离母竹 4 m 的生物量分配为秆 > 叶 > 枝 > 莖 > 根,秆的生物量最大,为 263.66 g,根的生物量最小,为 17.3 g,秆和其他构件差异显著,其他构件之间生物量差异不显著。距离母竹 2 m 的生物量分配为秆 > 叶 > 枝 > 莖 > 根,秆的生物量最大,为 344.15 g,根的生物量最小,为 19.66 g,秆和其他构件差异显著,其他构件之间生物量差异不显著。距离母竹 0 m 的生物量分配为秆 > 叶 > 莖 > 枝 > 根,秆的生物量最大,为 427.13 g,根的生物量最小,为 16.82 g,秆和其他构件差异性显著。

表 2 距离母竹不同位置生物积累量及分配比例

距离母竹 (m)	生物量(g)					
	秆	枝	叶	莖	根	全部
8	75.57 ± 6.75Ca	70.51 ± 2.00Aa	51.71 ± 3.21Ab	7.67 ± 1.97Ac	2.97 ± 1.12Ac	208.44 ± 11.05B
6	145.45 ± 27.03Ca	63.3 ± 211.54Ab	47.3 ± 22.17Abc	13.84 ± 2.25Acd	8.93 ± 3.19Ad	278.93 ± 26.63AB
4	263.66 ± 67.06Ba	48.5 ± 17.09Ab	105.4 ± 87.49Ab	23.7 ± 0.63Bb	17.3 ± 1.73Ab	458.63 ± 154.55AB
2	344.15 ± 46.5ABa	57.61 ± 14.47Ab	74.02 ± 10.72Ab	31.0 ± 5.56Cb	19.66 ± 3.7Bb	526.53 ± 64.29A
0	427.13 ± 21.69Aa	34.46 ± 10.15Abe	50.34 ± 5.37Ab	34.84 ± 2.02Cbe	16.82 ± 3.08Be	563.59 ± 31.45A

注:小写字母表示距离母竹相同位置不同器官的差异性,大写字母表示距离母竹不同位置相同器官的差异性。

2.3.3 距离母竹不同位置竹株生物量和各调查因子的相关分析 由表 3 可知,长叶苦竹距离母竹不同位置的生物量和其他测量因子的相关性表现为秆生物量与地径、株高、枝下高关系非常密切,相关性都达到了极显著水平。枝生物量与枝下高达到显著水平,与地径和株高没有显著相关性。叶生物量和其他因子没有显著相关性。地上生物量和地径、株高、枝下高的相关性非常密切,都达到了极显著水平。

表 3 距离母竹不同位置生物量及相关因子相关性分析

项目	相关系数					
	秆生物量	枝生物量	叶生物量	地上生物量	地径	株高
枝生物量	0.465					
叶生物量	0.274	0.041				
地上生物量	0.980**	0.328	0.414			
地径	0.900**	0.415	0.323	0.903**		
株高	0.980**	0.519	0.257	0.954**	0.880**	
枝下高	0.950**	0.610*	0.252	0.914**	0.850**	0.980**

注:\*\*表示极显著相关( $P < 0.01$ ),\*表示显著相关( $P < 0.05$ )。

3 讨论与结论

Logistic 模型广泛应用于竹类植物的笋 - 幼竹

高生长规律的拟合<sup>[14-15]</sup>。本研究中五年生长叶苦竹林林缘和林中株高生长总时间一致,且高生长均呈现“慢—快—慢”的现象,符合逻辑斯蒂方程,与其他竹类植物如勃氏甜龙竹 (*Dendrocalamus brandisii*)、椶竹 (*Bambusa textilis* var. *fasca*)、梁山慈竹 (*Dendrocalamus farinosus* Munro)、毛竹的高生长规律一致<sup>[16-19]</sup>。虽然长叶苦竹林中和林缘竹株完成高生长均历经 70 d,但林中和林缘竹株的出笋时间不一致,林中竹株发笋时间晚于林缘 14 d,且林中的成竹速度和成竹高度均显著高于林缘。植物生长会受到密度制约,不同密度种内竞争不同,影响植物对水分、养分、光照的吸收<sup>[20]</sup>。木本植物林分密度和其地径存在负相关关系,林分密度越小,其地径越大<sup>[21]</sup>。长叶苦竹林中密度大于林缘,其枝下高、地径和株高均显著大于林缘,说明混生竹的生长发育受其林分密度的影响较小,主要与竹类植物自身遗传决定的生物学特性有关。距离母竹越近,获得营养越多,越利于新生竹的生长发育。此外,植物抽枝展叶的时间也受生存环境的干扰,尤其受光照、温度、水分等因素的制约。长叶苦竹林缘处的密度小,光照度大,因此早于林中完成抽枝展叶过程。



研究竹类植物的秆形结构,可以了解竹类植物对生态环境的自适应性<sup>[22]</sup>。植物生长在不同立地条件下,株高、枝下高等生长情况相差较大<sup>[23]</sup>。随着植物种群密度的增大,植物形态指标如株高、冠幅、枝下高等也会发生可塑性调节来适应密度的改变<sup>[24]</sup>。本研究中距离母竹不同位置长叶苦竹的株高、枝下高等都随着离母竹位置越远,呈减少趋势。这可能因为竹株离母竹越远,竹林密度越小,离母竹越近,竹林密度越大,与植物在高密度下株高、枝下高等都会增大的研究现象<sup>[24-25]</sup>相符。相关研究表明,竹类植物的地径、株高和枝下高存在一定的相关性<sup>[26]</sup>。本研究结果表明,距离母竹不同位置长叶苦竹的地径和株高,枝下高和株高都呈正线性相关关系,即竹类植物的地径越大,株高越高;枝下高越高,株高也越高。此外,本研究中距离母竹不同位置长叶苦竹的每节节长和相对应的节径也存在正线性相关关系,且距离母竹越远,每节节长和节径呈递减趋势。上述结果表明,长叶苦竹在不同位置,其秆形形态建成具有一定的规律,距离母竹较近的长叶苦竹,高度和节茎要高于越远的竹株,与混生竹自身的生物学特性密切相关。

生物量是评价植物生长状况和生态系统功能的重要指标。植物资源最优化理论认为,植物会通过调节各构件生物量的配置来争取更多的光照、水分等资源。竹类植物各构件生物量的分配也是其对资源获取和适应外界环境的重要策略<sup>[27-29]</sup>。竹类植物各构件的生物量配置一般不同,受竹种和外界生长环境的影响<sup>[30]</sup>。竹类植物各构件生物量的分配在种群形态可塑性上起了基础性作用<sup>[31-32]</sup>,不同构件生物量配比的关系同样也体现了竹类植物获取资源和适应外界环境的能力。长叶苦竹竹秆是无性繁殖植物,是由地下径和萌发笋形成群体<sup>[33]</sup>。本研究中长叶苦竹表现为距离母竹越远,地上生物量、地下生物量及总生物量呈递减趋势,这依然与竹类植物特殊的生物学特性相关,距离母竹越近,越容易从母竹获得营养,其单株生物量优于距离母竹远的。此外,无论距离母竹多远位置,长叶苦竹单株生物量分配均为秆占比最大,根占比最小,这样的生物量分配有利于壮龄竹的形成,从而更有利于长叶苦竹这类混生竹由丛生状态转向散生状态,加速整个竹林的繁盛。

#### 参考文献:

[1]姚文静,王茹,林树燕,等. 翠竹实生苗生长发育规律及构件生

- 物量模型拟合研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2020,44(6):103-110.
- [2]侯思璇,李传哲,刘国华,等. 盐胁迫对毛竹实生苗形态生理生化特征的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(10):136-141.
- [3]姚文静,王茹,王星,等. 淡竹实生苗构件生物量模型拟合与分配[J]. 东北林业大学学报,2021,49(3):26-30.
- [4]钟远标,江雪,楼崇. 竹类植物生长规律研究进展[J]. 世界竹藤通讯,2014,12(3):35-44.
- [5]周芳纯. 毛竹秆形结构的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),1981,5(1):16-69.
- [6]汪阳东. 竹子秆形生长和变异的研究进展[J]. 竹子研究汇刊, 2001,20(4):28-32,66.
- [7]范怡,汪玉凤,许木正,等. 肿节少穗竹秆形结构的研究[J]. 竹子研究汇刊,2013,32(3):38-43.
- [8]周芳纯. 毛竹秆形结构的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),1981,5(1):16-69.
- [9]苏文会,顾小平,岳晋军,等. 大木竹秆形结构的研究[J]. 林业科学研究,2006,19(1):98-101.
- [10]蒋军,卢晓宁,罗海,等. 淡竹主要理化性能及纤维形态研究[J]. 竹子研究汇刊,2014,33(2):34-40.
- [11]陈建设,石明,杜凡,等. 铜壁关自然保护区天然缅甸竹秆形结构规律的研究[J]. 西部林业科学,2014,43(6):124-128.
- [12]刘伟,张新明,罗萍,等. 狭叶青苦竹生长特性研究[J]. 世界竹藤通讯,2014,12(4):26-29.
- [13]范定臣. 河南省观赏竹引种试验研究[J]. 河南林业科技, 2012,32(1):19-21.
- [14]凡美玲,方水元,冯俊娇,等. 4个竹种高生长模型的比较[J]. 竹子学报,2018,37(2):64-70.
- [15]王志强,杨海芸,王姝,等. 三种地被竹出笋成竹生长规律比较研究[J]. 浙江林业科技,2012,32(2):23-28.
- [16]夏海涛,季海宝,王月英,等. 勃氏甜龙竹等丛生竹幼竹的高生长规律[J]. 浙江农业科学,2019,60(5):807-809.
- [17]张玮,林振清,杨前宇,等. 椴竹出笋与幼竹生长规律[J]. 浙江农林大学学报,2015,32(3):478-482.
- [18]熊壮,董文渊,刘时材,等. 梁山慈竹笋-幼竹生长规律及地上部分生物量的研究[J]. 世界竹藤通讯,2011,9(6):5-9.
- [19]成项托,赖信舟,陈明亮,等. 毛竹发笋与幼竹生长规律研究[J]. 湖北林业科技,2017,46(2):1-4,67.
- [20]冯银平,沈海花,罗永开,等. 种植密度对苜蓿生长及生物量的影响[J]. 植物生态学报,2020,44(3):248-256.
- [21]刘雪莹,谷建才. 御道口沙地樟子松人工林自疏规律研究[J]. 林业与生态科学,2019,34(1):24-27.
- [22]顾大形,黄玉清,陈双林. 四季竹生态自适应的立竹秆形结构特征[J]. 广西植物,2012,32(2):214-218.
- [23]段爱国,张建国,童书振,等. 杉木人工林林分直径结构动态变化及其密度效应的研究[J]. 林业科学研究,2004,17(2):178-184.
- [24]黄宝灵,吕成群,蒙钰钗,等. 不同造林密度对尾叶桉生长、产量及材性影响的研究[J]. 林业科学,2000,36(1):81-90.
- [25]湛红辉,丁贵杰. 马尾松造林密度效应研究[J]. 林业科学, 2004,40(1):92-98.

张 涵,徐迪雅,唐东芹,等. 调环酸钙对小苍兰代谢物的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(20):195-200.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.20.029

# 调环酸钙对小苍兰代谢物的影响

张 涵<sup>1</sup>,徐迪雅<sup>2</sup>,唐东芹<sup>2</sup>,李宝昌<sup>1</sup>

(1. 上海农林职业技术学院,上海 201699; 2. 上海交通大学设计学院,上海 200240)

**摘要:**为了探讨调环酸钙应用于小苍兰生长调控的可能性,了解调环酸钙调控小苍兰生长发育的具体效果,为其推广应用提供必要的生理生化基础,以小苍兰品种上农红台阁为试验材料,使用调环酸钙对其种球进行浸泡处理,通过气相色谱-质谱(GC-MS)分析,对其主要代谢物种类和含量变化进行比较,综合评价调环酸钙对盆栽小苍兰代谢物的影响。结果表明,样品中共鉴定出 166 种代谢物,分布在有机酸、糖类、糖醇、醇、氨基酸、多胺和无机酸等七大类中,其中有机酸数量最多,高达 78 种,而无机酸数量最少,仅 2 种;但相对含量最高的却是氨基酸。比较发现,调环酸钙处理后,大多数代谢产物含量下降。通过偏最小二乘判别分析结合变异权重参数筛选出 27 种标志性代谢物,变异权重参数最高的 5 个化合物分别是天冬酰胺、D-葡萄糖、D-松二糖、瓜氨酸和谷氨酰胺。表明经调环酸钙处理后的所有代谢物中,与脂肪酸代谢、糖酵解、氨基酸代谢相关的多种代谢物含量下降明显,可能造成植株内相关信号传导发生变化,影响了光合作用进程,营养物质的合成和贮存减少,说明调环酸钙在抑制小苍兰营养生长、矮化抗倒伏拔散等方面具有一定功能。

**关键词:**小苍兰;调环酸钙;代谢产物;生长调节;GC-MS 分析

**中图分类号:**S682.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)20-0195-06

小苍兰(*Freesia hybrida*)株态秀丽、花色繁多、花香浓郁,是世界著名的球根花卉,在生产中因小苍兰普遍株高叶细,直立性差,容易出现倒伏和披散现象,一定程度上限制了小苍兰的市场开拓<sup>[1]</sup>。

收稿日期:2022-07-28

基金项目:上海市农委科技兴农项目[编号:沪农科推字(2020)第 1-1 号];上海市“科技创新行动计划”农业领域项目(编号:20392001300);上海市自然科学基金(编号:20ZR1439600)。

作者简介:张 涵(1973—),女,河北大名,人,硕士,讲师、工程师,主要从事园林植物栽培、生理与育种研究,E-mail:249848244@qq.com;共同第一作者:徐迪雅(1998—),女,山东淄博人,硕士研究生,主要从事园林植物栽培与生理研究,E-mail:dqtang@sjtu.edu.cn。

通信作者:李宝昌,硕士,副教授、高级工程师,主要从事园林植物栽培、生理与育种研究。E-mail:13321960916@qq.com。

为了改善小苍兰的生长状态,增加其观赏价值,在盆栽生产时应应对小苍兰进行适当的矮化处理,在达到花卉矮化要求的同时也能最大限度地提高花卉的观赏价值<sup>[2-3]</sup>。近年来已有部分学者开展过盆栽小苍兰的矮化研究,研究较深入的植物生长调节剂有多效唑(PP<sub>333</sub>)<sup>[4-5]</sup>、比久(B<sub>9</sub>)<sup>[6]</sup>、水杨酸(SA)<sup>[7-8]</sup>、Topflor<sup>[9]</sup>等,但部分植物生长调节剂在施用浓度、方式与处理时间的把握方面并没有达到理想的效果,部分调节剂还会导致药害和环境污染。

调环酸钙作为一种新型植物生长调节剂,能够有效调节植株的新陈代谢,与目前市场常用的三唑类延缓剂相比,残效期短,残留量低,对环境污染更小,农作物更易吸收,更加安全、高效、环保<sup>[10]</sup>。同时调环酸钙能维持和延长体内其他赤霉素的活性

[26] 黄大勇. 撑篙竹秆形结构研究[J]. 世界竹藤通讯,2019,17(4):11-15.

[27] 解蕊,李俊清,赵雪,等. 林冠环境对亚高山针叶林下缺苞箭竹生物量分配和克隆形态的影响[J]. 植物生态学报,2010,34(6):753-760.

[28] 赵建诚,刘广路,范少辉,等. 鞭生竹克隆生长及其对相邻系统的影响[J]. 世界林业研究,2016,29(1):24-28.

[29] 刘美,张涛,马李红,等. 3 种海拔对团竹生物量分配和克隆形态特征的影响[J]. 西部林业科学,2014,43(6):19-

23.

[30] 鹿士杨,潘雨萍,彭晚霞,等. 不同竹类人工林生态系统生物量空间分配格局[J]. 生态科学,2018,37(4):123-129.

[31] 姚文静,王茹,王星,等. 毛竹实生苗生长发育规律及其模型拟合研究[J]. 西部林业科学,2020,49(3):14-20,28.

[32] 潘雁红,温星,吴志庄,等. 不同混生地被竹生物量分配与积累特征研究[J]. 世界竹藤通讯,2019,17(3):9-15.

[33] 徐超,王海湘,温国胜,等. 毛竹笋的快速生长对母竹的影响[J]. 东北林业大学学报,2017,45(5):11-15,19.