

不同品系杉木幼苗侧枝生长发育的比较研究

黄丽娜, 江宇, 曾雅玲, 王小虎, 吴小健, 马祥庆

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 国家林草局杉木工程技术研究中心, 福建 福州 350002)

摘要: 为筛选出株型良好、侧枝条件优良的杉木幼苗, 在福建农林大学温室大棚内种植三个不同品系杉木一年生幼苗(洋 020 无性系组培苗、洋 061 无性系组培苗和湖北罗田垂枝杉)作为研究对象, 测量其苗木生长量、侧枝生长指标, 比较不同品系杉木侧枝发育的差异, 分析杉木侧枝生长的相关性。结果表明: (1) 平均苗高、地径、高径比在三种不同品系杉木幼苗间均有显著差异, 洋 020 以高度生长为主, 垂枝杉以地径生长为主; (2) 侧枝轮数、数目、长度、角度在三个不同品系杉木间均存在显著差异, 而侧枝基径则差异不显著; (3) 三个不同品系杉木的侧枝长度均与其苗高之间存在极显著的正相关性, 洋 020 和罗田垂枝杉的侧枝基径与其地径间存在极显著的正相关性, 而洋 061 的侧枝基径则与其苗高具有极显著的正相关性。

关键词: 杉木; 品系; 侧枝形态; 侧枝发育; 生长量

Comparative study on growth and development of lateral branches of different types of *Cunninghamia lanceolata*

Huang Lina, Jiang Yu, Zeng Yaling, Wang Xiaohu, Wu Xiaojian, Ma Xiangqing

(1.College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 2.Chinese fir engineering technology research center of national forestry and grassland bureau, Fuzhou, Fujian 350002, China;)

Abstract: In order to select the seedlings of *Cunninghamia lanceolata* with good plant type and excellent conditions of lateral branch, A plantation with three different strains of annual seedlings of *Cunninghamia lanceolata* (tissue culture seedling of yang-020 clones, yang-061 clones and *Cunninghamia lanceolata* cv. Luotian) were planted in the greenhouse of Fujian agricultural and Forestry University. The seedling growth and lateral branch growth index were measured, and compare the differences of Lateral branch development of different strains of *Cunninghamia lanceolata*, to analyze the correlation between the growth of lateral branches of three *Cunninghamia lanceolata*. The study indicated that: (1) the seedlings among three different strains of *Cunninghamia lanceolata* has significant differences on ground diameter growth, tree height and height/diameter ratio. Among them, Yang-020 provide more nutrients for high growth and *Cunninghamia lanceolata* cv. Luotian provide more nutrients for ground diameter growth; (2) There are significant differences in the number of rounds, number, length and angle of lateral branches among the three different strains of *Cunninghamia lanceolata*, but there is no significant difference in the basal diameter of lateral branches. (3) There is a very significant positive correlation between the length of lateral branches of three different strains of *Cunninghamia lanceolata* and its seedling height. There is a very significant positive correlation between the basal diameter of lateral branches and its ground diameter of Yang-020 and *Cunninghamia lanceolata* cv. Luotian, while the basal diameter of lateral branches of Yang-061 has a very significant positive correlation with its seedling height.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; Different strains; Lateral branch morphology; Lateral branch development; growth

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 是我国南方林区主要造林树种, 具有生长快、产量高、材质好、耐腐蚀、易加工等特点^[1], 被广泛应用于我国人民生活的各个方面, 是建筑、器具、桥梁、板材等理想用材。

作者简介: 黄丽娜 (1996—), 女, 硕士研究生, 从事森林培育研究, E-mail: 512994658@qq.com。 **通讯作者:** 马祥庆 (19

66—), 男, 教授, 博士生导师, 从事森林培育研究, E-mail: lxymxq@126.com。

在杉木制品得到广泛运用的过程中, 对木材质量和产量的要求不断提高, 然而, 由于杉木侧枝生长会导致木材中节疤的形成, 部分节疤包裹在木质部中已经腐烂且失活, 形成中空或是硬质的有机质层, 破坏木材

的整体结构,大大降低木材的质量^[2]。同时,还会因木材上有节疤现象的出现,其出材量也会发生变化,不利于木材的加工和利用。因此,寻找干形通直、少节甚至无节的杉木优质大径材成为森林经营者和研究者共同关注的问题。由于杉木幼苗株型对于杉木生长发育过程中的侧枝生长、自然整枝情况有重要的影响^[3],因此,培育出株型良好、侧枝条件优良的杉木幼苗是当前杉木培育的重要课题。

目前,国内外学者对于植物侧枝生长进行了大量的研究,其研究主要集中在侧枝的发生机制,调控侧枝发育的基因、激素及信号物质,侧枝发育对林分空间结构的影响等方面的研究^[4-10]。同时,也有部分学者对杉木侧枝展开了研究,研究主要是有关侧枝生长与树冠结构之间关系、影响杉木侧枝发育的环境因子、杉木侧枝发育对光合作用影响等^[11-14]。但对于不同类型杉木的侧枝发育之间的比较研究相对较少。鉴于此,本研究对温室种植的三个不同品系杉木苗(洋 020、洋 061、湖北垂枝杉)的侧枝发育情况进行比较,通过对比其侧枝长度、侧枝基径、侧枝角度等生长指标的差异,来探究不同品系杉木幼苗的侧枝发育情况,为选择出株型良好、侧枝条件优良的杉木幼苗提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择 3 个不同品系的一年生杉木幼苗,其中包括在福建省生产应用较多的 2 个杉木良种苗木和侧枝角度差异较大的湖北垂枝杉,分别为福建洋 020 无性系组培苗、福建洋 061 无性系组培苗(洋 020 和洋 061 均为福建省洋口林场筛选的优良无性系组培苗)和湖北罗田垂枝杉实生苗。

1.2 试验设计

于 2021 年 2 月底种植于福建农林大学温室大棚,采用塑料盆栽种植,盆栽内径为 23cm*23cm,高为 25cm。土壤条件为泥炭土与沙体积 1:1 混合。

采用完全随机区组设计,3 个不同品系杉木为 3 个处理,每个处理重复 3 次,共 9 个小区,每个小区为 50 株。

1.3 调查方法

于 2021 年 6 月底对福建农林大学大棚内的杉木苗进行形态调查。杉木苗的地径与侧枝基径采用数显游标卡尺测量,树高与侧枝长度采用卷尺测量,侧枝角度采用数显量角器测定。

1.4 数据统计分析

采用断面积加权方法计算各重复组的平均苗高和平均地径。采用 Excel2016 计算苗高、地径、侧枝长度、侧枝基径、侧枝角度的均值,采用 SPSS 23.0 软件对不同处理的各生长量数据的平均值进行方差分析和 Duncan 比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同品系杉木苗木生长的比较

在杉木苗发育的幼树阶段,地径和苗高能够最佳反映出杉木的生长量^[15-16]。三种不同品系杉木苗的平均苗高、地径、高径比见表 1。洋 020 的平均苗高、地径、高径比分别是 54.43cm、5.09mm、10.73;洋 061 的平均苗高、地径、高径比分别是 38.70cm、6.04mm、36.39;垂枝杉的平均苗高、地径、高径比分别是 36.39cm、6.87mm、5.52;平均苗高、地径、高径比在三种不同品系杉木幼苗间均有显著差异。根据表格中的数据可以推测,杉木苗洋 020 在这个阶段苗高最大,地径最小,高径比也最大,由此推测洋 020 在此生长阶段的营养供给主要集中在苗高生长,而较少分配给地径生长量,导致了洋 020 在幼龄时期呈现出又高又细的状态,同样也说明了洋 020 这一品系具有速生的特征^[17];垂枝杉在这个阶段中地径显著的大于其他

两种品系，并且苗高较小于其他两个品系杉木苗，可以看出垂枝杉幼苗时期较壮，其生长能力较强，营养供给地径生长较多。

从标准差可以看出，在苗高方面，垂枝杉的标准差较其他两个品系大，而在地径和高径比方面则是洋 020 最大，说明在洋 020 这个品系中，不同个体间的地径和高径比差异较大，垂枝杉中不同个体间的苗高差异较大，而洋 061 则整体上长势较为稳定。

表 1 不同品系杉木的苗高地径分析

Table 1 Analysis of seedling height diameter of different strains of *Cunninghamia lanceolata*

品系	苗高/cm	地径/mm	高径比
洋 020	54.43±1.15A	5.09±0.25C	10.73±0.48A
洋 061	38.70±1.02B	6.04±0.19B	6.47±0.25B
垂枝杉	36.39±5.27B	6.87±0.20A	5.52±0.10C

注：不同大写字母为不同品系间差异显著（P<0.05）；

2.2 不同品系杉木侧枝发育的比较

表 2 列出了三种不同品系杉木侧枝平均生长情况。从表 2 可知，侧枝轮数、数目、长度、角度在三个不同品系杉木间均存在显著差异，而侧枝基径则差异不显著。

杉木侧枝轮数、数目在三个不同品系杉木间均表现为：垂枝杉>洋 061>洋 020，其中，垂枝杉最大，侧枝轮数、数目分别为 2.53、4.21，比最小的洋 020 高出约 49.01%、52.97%，这说明垂枝杉的侧枝密度显著高于其他两种杉木品系，可能会影响林分内阳光的吸收。

侧枝长度方面，洋 020、洋 061、垂枝杉分别为 12.91cm、9.11cm、9.19cm，分析数据可以得出洋 020 的侧枝长度高于其他两个品系约 29%，而洋 020 的侧枝轮数、数目显著小于其他两个品系，这可能是由于洋 020 的侧枝密度小从而使林木获得更多的阳光，侧枝的长势要好于洋 061 和垂枝杉，并且此时的养分供给可能都提供给侧枝长度发育，因此，洋 020 的侧枝长度显著的高于其他两个品系。

侧枝基径方面，洋 020、洋 061、垂枝杉分别为 1.88mm、2.57mm、2.09mm，三种品系间存在差异，但差异均不显著，整体呈现洋 061>垂枝杉>洋 020 的趋势，说明三种品系杉木之间节疤的大小均没有显著性的差异。根据侧枝长度的对比，长度最大的洋 020 基径最小，而侧枝长度最小的洋 061 基径最大，可以推测，侧枝基径可能会对侧枝长度造成一定的影响。

侧枝角度方面，洋 020、洋 061、垂枝杉分别为 81.02°、69.11°、87.57°，三种品系之间均具有显著性的差异。整体呈现垂枝杉>洋 020>洋 061，其中垂枝杉的角度最大，为 87.57，且作为平均角度，处于 80°~90° 之间，从幼龄的垂枝杉形态特征来看，这一现象符合罗田垂枝杉的侧枝形态特征^[18]。

表 2 不同品系杉木侧枝平均生长情况

Table 2 Average growth of lateral branches of different strains of *Cunninghamia lanceolata*

品系	侧枝轮数	侧枝数目	侧枝长度/cm	侧枝基径/mm	侧枝角度/°
洋 020	1.29±0.08C	1.98±0.26B	12.91±2.75A	1.88±0.22A	81.02±5.14B
洋 061	2.11±0.21B	3.85±0.18A	9.11±2.73B	2.57±1.43A	69.11±5.88C
垂枝杉	2.53±0.29A	4.21±0.40A	9.19±1.18B	2.09±0.18A	87.57±4.72A

注：不同大写字母为不同品系间差异显著（P<0.05）；

2.3 杉木侧枝形态性状与生长特性的相关性分析

2.3.1 洋 020 侧枝形态性状与生长特性的相关性

由表 3 得出,侧枝长度与苗高、地径均呈现极显著的正相关关系,其中与苗高相关系数更高,为 0.441。侧枝基径与苗高、地径均有极显著的正相关关系,与苗高的相关系数更高,为 0.526。侧枝角度与苗高、地径则是存在负相关关系,但这一关系并不显著,这说明侧枝角度可能是相对独立的性状,而苗高和地径的增大同样会引起侧枝长度以及基径的增大,并且侧枝长度和侧枝基径与苗高的相关系数都更大,这说明苗高更能够间接性的影响侧枝长度以及侧枝基径发育^[13],因此,在日后进行洋 020 苗木培育时,在保证苗木地径生长的前提下,更应该主要苗木的高度生长,从而间接的促进侧枝长度、基径的生长发育。在侧枝形态方面,仅有侧枝角度与侧枝基径存在极显著的负相关关系,随着基径的增大,侧枝角度会减小,这一机制可能是由于基径的增大,从而增强了侧枝的受压能力,因此导致侧枝的角度减小。

表 3 洋 020 性状相关系数
Table 3 Correlation coefficient of Yang-020

	地径	侧枝平均长度	侧枝平均基径	侧枝平均角度
苗高	0.644**	0.441**	0.526**	-0.076
地径		0.318**	0.437**	-0.153
侧枝平均长度			0.317	0.092
侧枝平均基径				-0.334**

注: **表示两者间相关性极显著 (P<0.01); *表示两者间相关性显著 (P<0.05);

2.3.2 洋 061 侧枝形态性状与生长特性的相关性

表 4 看出,侧枝长度与苗高存在极显著的正相关关系,与地径存在正相关关系,但这一关系并不显著,这说明苗高会间接影响到侧枝的长度发育,而地径则不会影响侧枝长度发育。侧枝基径与地径存在极显著的正相关关系,与苗高存在正相关关系,但这一关系并不显著,说明苗高不会影响侧枝基径的发育,而地径则会间接的影响侧枝基径的生长。侧枝角度与苗高、地径的相关系数均没有显著性,这说明侧枝角度可能是相对独立的一项性状。因此,在之后进行洋 061 苗木培育时,可以进行选择性培育,如果需要侧枝长度发育,则应该在保证地径生长的基础上,更加注重杉木苗的高度生长,就可以获得侧枝长度发育良好的苗木;如果需要侧枝基径发育,则应该在保证苗高发育的基础上,更主要苗木的地径生长,这一就可以获得侧枝基径这一性状良好的苗木。侧枝长度、侧枝基径、侧枝角度之间的相关系数均不显著,这说明侧枝的形态发育之间影响不大。

表 4 洋 061 性状相关系数
Table 4 Correlation coefficient of Yang- 061

	地径	侧枝平均长度	侧枝平均基径	侧枝平均角度
苗高	0.451**	0.224**	0.161	0.164
地径		0.134	0.421**	0.039
侧枝平均长度			0.027	0.157
侧枝平均基径				-0.054

注: **表示两者间相关性极显著 (P<0.01); *表示两者间相关性显著 (P<0.05);

2.3.3 罗田垂枝杉侧枝形态性状与生长特性的相关性

表 5 可知,侧枝长度与苗高存在极显著的正相关关系,与地径存在负相关关系,但这一关系并不显著,说明苗高更能间接的影响侧枝长度发育。侧枝基径与苗高存在极显著的正相关关系,与地径存在负相关关系,但这一关系并不显著,说明苗木的高度发育更能间接的影响侧枝基径的生长。侧枝角度与苗高、地径均存在着极显著的正相关关系,其中与苗高的相关系数更大,为 0.284。这说明在垂枝杉的侧枝形态中,并没有哪一种性状相对独立,均会受到苗高、地径的影响。因此,在进行培育优良垂枝杉时,需要保证在地径生长的前提下,更加注重苗木高度的生长,从而间接促进侧枝角度的增加,获得侧枝角度更优秀的苗木。侧枝基径与侧枝长度之间存在极显著的正相关关系,侧枝角度与侧枝长度之间存在着显著的负相关关系,侧枝角度与侧枝基径存在负相关关系,但这一关系并不显著,这说明侧枝长度会对侧枝基径、角度具有不同程度上的影响,侧枝基径对侧枝角度产生影响较小。

表 5 罗田垂枝杉性状相关系数

Table 5 Correlation coefficient of *Cunninghamia Lanceolata* cv. Luotian

	地径	侧枝平均长度	侧枝平均基径	侧枝平均角度
苗高	0.077	0.373**	0.292**	0.284**
地径		-0.022	-0.048	0.173*
侧枝平均长度			0.572**	-0.167*
侧枝平均基径				-0.084

注: **表示两者间相关性极显著 (P<0.01); *表示两者间相关性显著 (P<0.05);

3 讨论

在本次试验中,分别选取了杉木侧枝轮数、侧枝数目、侧枝长度、侧枝基径、侧枝角度作为不同品系杉木侧枝生长的形态指标。侧枝轮数、数目、长度和角度的大小直接影响林木对于林分内光的吸收、对于林分空间资源的利用,常作为林木生长的重要因子;而侧枝基径的大小影响着树干节疤的大小,从而影响着木材的品质和价值。

通过杉木幼苗侧枝生长发育的比较研究,研究结果表明垂枝杉的侧枝密度远大于其他两种品系,这可能会导致林分内的阳光减少,从而影响苗木的生长;而洋 020 的侧枝密度较稀疏,且苗高显著高于其他两种品系,这可能是因为获得更多阳光,从而长势更好。

通过研究不同杉木侧枝生长发育情况,表明在不同品系中,通过对比不同品系的侧枝形态,发现侧枝形态特征方面同样都具有不同程度的差异,这说明不同的品系具有不同的基因型,这与周天相^[19]、何贵平^[20]等的研究结果一致。黄国伟^[21]的研究表明,成熟垂枝杉的冠幅与杉木冠幅之间存在极显著的关系,并且远小于杉木。本研究主要针对幼龄时期的垂枝杉与杉木,但这一冠幅差异特性并没有完全表现出来,这一显著差异可能是在杉木的速生期中体现出来,对于这个差异还要进行进一步的探究。Tingfa Dong^[22]等的研究表面,杉木的树体生长不仅受当地的光照条件影响,还会受到树冠的相对影响。从本文的研究中来看,侧枝长度从大到小排列是洋 020>垂枝杉>洋 061,侧枝基径大小排序是洋 061>垂枝杉>洋 020,地径排列是垂枝杉>洋 020>洋 061,基本与前人的研究结果相似,Stoll 和 Schmid^[18]认为这一特征可能是由于较大的比分枝长度潜在地降低了芽内遮光,从而导致的杉木生长的变化。

从苗木性状相关系数分析的结果来看,三种品系的杉木侧枝长度都与苗高具有极显著的相关性,并且这一关系为正相关关系,而三个品系都是经过筛选的优良杉木品系,因此可以推测,在良种杉木苗中,具有优秀的苗木高一般也会具有优秀的冠幅。三种品系杉木中,只有垂枝杉在侧枝角度方面与苗高、地径具有显著的相关性,这也印证了垂枝杉在侧枝角度上具有较大的变异。

4 结论

本次实验选取的是幼龄时期的杉木苗,从幼龄时期看,洋 061 的侧枝长度均值是 9.11 洋 061 的苗高,地径都处于三种品系中间的位置,但是侧枝级数多,枝条较多,侧枝密度大,可以将幼龄时期的无性系 061 定义为以生长量优秀,冠幅较窄,枝条浓密型的杉木。洋 020 苗高远大于另外两种品系,并且侧枝长度均

值为 12.91, 是三种品系中侧枝长度最大的品系, 并且侧枝轮数少, 侧枝数目较少, 可以将幼龄时期的无性系 020 定义为地径小, 苗高大, 冠幅大, 枝条稀疏型的杉木。垂枝杉侧枝长度均值为 9.19, 侧枝角度为 87.57° , 角度相比其他两个品系的杉木更大, 符合罗田垂枝杉的变异特性, 垂枝杉的地径相比其他两个品系大, 并且具有显著性的差异, 苗高则处于基础水平, 侧枝轮级多, 枝条数量大, 可以将幼龄时期的垂枝杉定义为以胸径生长为主, 冠幅较窄, 侧枝角度大, 枝条浓密型的杉木。

通过比较不同品系杉木侧枝的发育状况, 表明洋 020 幼龄时期速生的特性可能是由于冠幅小, 枝条稀疏, 使得苗木能够充分吸收阳光所造成的。不仅如此, 同样也说明侧枝基径可能会对侧枝长度造成一定的影响。

通过杉木侧枝形态性状与生长特性对比, 洋 061 和洋 020 侧枝角度与苗高、地径之间的相关系数均没有显著性, 这表明侧枝角度可能是相对独立的一项性状。而洋 061 的侧枝长度、基径、角度之间相关系数均不显著, 这表明洋 061 侧枝的形态发育之间的影响不大。研究垂枝杉, 发现侧枝长度会对侧枝基径、角度具有不同程度上的影响, 而侧枝基径不会对侧枝角度产生影响。不仅如此, Kazuhisa Hiraoka^[23]认为侧枝生长的调节因子不只有唯一关键因子, 而是有多重因子。在此基础上, 需要对内皮层及木质部细胞做进一步的探究, 以至于能够更好的掌握侧枝发育的调控机制。为更好的改变侧枝形态, 建造美观的侧枝形状, 改造优良品种的杉木奠定基础^[24-26]。

参考文献

- [1] 俞新妥. 中国杉木研究[J]. 福建林学院学报, 1988(03): 203-220.
- [2] 王春胜. 西南桦人工中幼林密度效应和修枝研究[D]. 中国林业科学研究院, 2015.
- [3] 戴承志. 蒙古栎次生林密度效应及节疤特性的研究[D]. 沈阳农业大学, 2019.
- [4] 李春俭. 植物激素在顶端优势中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1995(06): 401-406.
- [5] 袁进成, 刘颖慧. 高等植物侧芽、侧枝的发生及调控[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2007(05): 18-23.
- [6] 覃莲菊. 高等植物侧生器官形态发育的分子机理初步研究[D]. 中国科学院研究生院(上海生命科学研究院), 2004.
- [7] 巩鹏涛, 李迪. 植物分枝发育的遗传控制[J]. 分子植物育种, 2005(02): 151-162.
- [8] 郭孝玉. 长白落叶松人工林树冠结构及生长模型研究[D]. 北京林业大学, 2013.
- [9] 姜立春, 张锐, 李凤日. 基于线性混合模型的落叶松枝条长度和角度模型[J]. 林业科学, 2012, 48(05): 53-60.
- [10] 孙倩. 独脚金内酯调控番茄侧枝生长的功能研究[D]. 浙江大学, 2020.
- [11] 郭艳荣, 吴保国, 郑小贤, 郑德祥, 刘洋, 董晨, 张慕博. 杉木不同龄组树冠形态模拟模型研究[J]. 北京林业大学学报, 2015, 37(02): 40-47.
- [12] 江华. 秃杉人工林树冠结构及单木生长模型研究[D]. 福建农林大学, 2015.
- [13] 吴明钦. 福建杉木人工林树冠结构研究[D]. 北京林业大学, 2014.
- [14] 黄国伟, 杜超群, 马林江, 徐向阳, 晏绍良, 许业洲. 罗田垂枝杉不同年龄侧枝光合生理及形态特征[J]. 森林与环境学报, 2015, 35(03): 236-242.
- [15] 徐俊森. 台湾优良用材和观赏树种引进与繁育技术研究. 福建省, 福建省林业科学研究院, 2006- 01- 10.
- [16] 郭从俭, 张新胜, 赵北林, 王华荣, 楚福民, 杨留成. 楸树自然变异与良种选择[J]. 河南农业大学学报, 1994(04): 292- 297.
- [17] 李霞. 杉木分枝发育关键基因的克隆与功能鉴定[D]. 南京林业大学, 2010.
- [18] 许业洲, 吴楚, 杜超群. 罗田垂枝杉单木生长规律及其生物量测定[J]. 东北林业大学学报, 2020, 48(05): 1-6.
- [19] 谢汝根. 红心杉木种子园良种苗木生长分析[J]. 安徽农学通报, 2020, 26 (07): 58- 59+ 68.
- [20] 周天相, 马常耕. 杉木无性系选育(开天系列)[J]. 林业科学, 2000(03): 40- 45.
- [21] 何贵平, 陈益泰, 关志山, 封剑文, 蔡宏明, 伊加生. 杉木无性系生长及分枝习性的遗传变异[J]. 林业科学研究, 1997(05): 107-110.
- [22] 黄国伟, 杜超群, 马林江, 徐向阳, 晏绍良, 许业洲. 罗田垂枝杉不同年龄侧枝光合生理及形态特征[J]. 森林与环境学报, 2015, 35(03): 236-242.
- [23] Hiraoka Kazuhisa, Yamaguchi Ayako, Abe Mitsutomo, Araki Takashi. The florigen genes FT and TSF modulate lateral shoot outgrowth in *Arabidopsis thaliana*[J]. Plant & cell physiology, 2013, 54(3).

- [24] Morris Suzanne E, Cox Marjolein C.H , Ross John J , Krisantini Santi, Beveridge Christine A. Auxin Dynamics after Decapitation Are Not Correlated with the Initial Growth of Axillary Buds[J]. *Plant Physiology*, 2005, 138(3).
- [25] O New Lee, Yusuke Uchida, Keisuke Nemoto, Yoko Mine, Nobuo Sugiyama. Quantitative trait loci analysis of lateral shoot growth in tomato[J]. *Scientia Horticulturae*, 2015, 192.
- [26] Tomáš Werner, Václav Motyka, Miroslav Strnad, Thomas Schmülling. Regulation of plant growth by cytokinin[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2001, 98(18).