

徐丽萍,喻方圆. 东京野茉莉花芽发育过程中的生理特性[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):120-123.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.032

# 东京野茉莉花芽发育过程中的生理特性

徐丽萍<sup>1,2</sup>, 喻方圆<sup>2</sup>

(1. 南通理工学院, 江苏南通 226001; 2. 南京林业大学林学院/南方现代林业协同创新中心, 江苏南京 210037)

**摘要:**对东京野茉莉花芽发育期间的生理特性进行了研究。研究结果,花芽发育期间,叶片内可溶性糖含量、有机碳含量变化不大,而淀粉、蛋白质、磷、钾含量总体下降,镁含量逐渐增加,ABA/GA<sub>3</sub> 比值明显高于 ABA/IAA、IAA/ZR、ABA/ZR 的比值,有利于花芽的分化。

**关键词:**东京野茉莉;内源激素;营养物质;花芽发育

**中图分类号:**S685.160.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)05-0120-04

东京野茉莉(*Styrax tonkinensis*)又名越南安息香、白花树等,属于安息香科安息香属,用途甚广。近年来,众多学者对该树种开展了研究,主要研究了花色<sup>[1]</sup>和花香的成分<sup>[2]</sup>、树脂成分<sup>[3]</sup>、苗木生长<sup>[4]</sup>、木材特性<sup>[5]</sup>等,但是对于其花芽发育过程中的生理生化变化的资料不多。为了解东京野茉莉花芽发育规律,以便进一步调控其开花质量、数量以及确定采收期,本试验以4年生东京野茉莉为对象,研究花芽发育过程中的植物体内复杂的生理变化,以期明确东京野茉莉花芽发育进程和机制。

## 1 材料与方

### 1.1 材料

供试材料为东京野茉莉,采自江苏国杏生物科技有限公司育苗基地,该基地位于南京市六合区马集镇河王坝水库边。母树4年生,已开始进入结实期。采样树高3~5 m,冠幅1~2 m,列植,长势良好。测定生理变化的样品从2013年4月12日开始,第1次取样,取花芽附近的叶片,以后每隔4 d取1次样品,直到5月14日第1朵花开放,共取9次样品。样品取完放在超低温冰箱保存。

### 1.2 方法

1.2.1 营养物质含量的测定 可溶性糖和淀粉含量,参照蒽酮比色法测定<sup>[6]</sup>;可溶性蛋白质含量,采用考马斯亮蓝 G250

比色法<sup>[6]</sup>。以上3种物质含量的测定都是在 Du800 Beckman 紫外分光光度计上完成。

1.2.2 大量元素碳(C)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、镁(Mg)、钙(Ca)的含量测定 总碳含量测定,采用重铬酸钾氧化-外加热法<sup>[7]</sup>;K、Mg、Ca、N、P 矿质元素的测定,样品制备称取0.1~0.5 g 烘干的样品于试管中先加9 mL 浓硫酸,再加1 mL 高氯酸,摇晃,然后高温消煮,直至溶液澄清,过滤定容100 mL。进行K、Mg、Ca元素的含量测定时,吸取上述提取液1 mL,水稀释10倍,在原子火焰吸收分光光度计 Uican 969 AA Spectrometer 上测定。进行N、P元素的含量测定时,采用酸消解总凯氮、磷测定,吸取上述提取液1 mL,4% 稀硫酸稀释2倍,在 AutoAnalyzer 3 High Resolution Digital Colorimeter 上测定。其中:C/N为有机碳含量/氮含量。

1.2.3 内源激素含量的测定 采用酶联免疫吸附法(ELISA)<sup>[8]</sup>测定内源激素含量。结果计算参照 Weiler 等的方法<sup>[9-10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 花芽发育过程中营养物质含量变化

2.1.1 可溶性糖淀粉含量 东京野茉莉在3—4月是花芽分化阶段,4—5月是花芽形态发育阶段,这期间叶片进一步长大成熟并行使自己的生理功能,其体内营养物质含量发生了复杂的变化。可溶性糖是植物直接利用和运输的养分主要形式,淀粉可作为能源物质,这些碳水化合物与花芽的生长发育有着密切的关系。从图1可以看出,可溶性糖随着叶片光合作用增强含量逐渐上升,4月20日升至最大值,然后随之下降,4月24日降至低谷;随后逐渐上升保持一个平稳的趋势,5月10日有所下降,然后临近开花含量又上升。从4月至5月,可溶性糖含量有波动,但变化不大,说明植物体中可溶性糖含量保持相对稳定,可为植物提供良好的碳素营养来

收稿日期:2016-10-23

基金项目:江苏省高等教育优势学科建设项目(编号:PAPD);江苏省农业三新工程(编号:SZX2014S0020)。

作者简介:徐丽萍(1970—),女,江苏南通人,博士,副教授,主要从事生物教学和植物生理、资源开发与利用研究。E-mail:xuliping70@126.com。

通信作者:喻方圆,博士,教授,主要从事林木种苗的研究。E-mail:fyyu@njfu.com.cn。

from two rose cultivars[J]. Euphytica,1993,66(3):235-241.

[30] Parton E, Vervaeke I, Delen R, et al. Viability and storage of bromeliad pollen[J]. Euphytica,2002,125(2):155-161.

[31] Honda K, Watanabe H, Tsutsui K. Cryopreservation of *Delphinium* pollen at -30 °C [J]. Euphytica,2002,126(3):315-320.

[32] 刘玉玲,潘文,张方秋,等. 杜鹃红山茶花粉保存及其生活力测定[J]. 广东林业科技,2010,26(2):1-6.

[33] 张洪伟,段一凡,李稚,等. 不同贮藏方法对桂花花粉活力影响的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(增刊1):7-12.

适应外界环境条件的变化。淀粉含量在4月24日之前一直处于上升状态,可能是可溶性糖转变为淀粉所致。此后是花芽发育快速生长的时期,消耗的营养多,所以转变为淀粉的量减少。

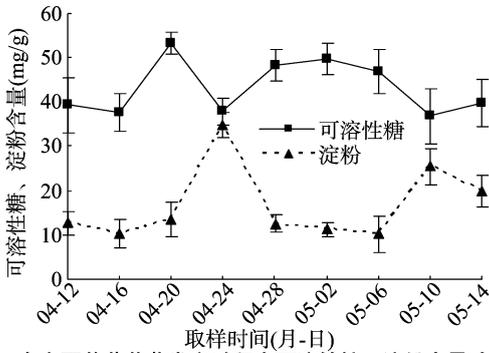


图1 东京野茉莉花芽发育过程中可溶性糖、淀粉含量动态变化

2.1.2 蛋白质含量 可溶性蛋白质参与构成细胞结构、调节生命活动,也是花器官形态建成的物质基础之一,在花芽分化时需求量很大。从图2可以看出,东京野茉莉的叶片中蛋白质含量在4月16日、5月6日出现2个峰值,原因是4月初是东京野茉莉的花芽生理分化期,这期间蛋白质含量积聚到最大值,之后由于形成花各部分原基而消耗的蛋白质较多,这段时间环境温度比较低,导致叶片中蛋白质含量下降。花各部分原基形成后开始发育,细胞内含叶绿素也能合成部分营养物质,以减轻叶片的负担,蛋白质含量又有所上升。形态分化末期,花器官生长速度加快,花部除了花萼是绿色外,其他都为白色,叶绿素含量降低,又需要叶片提供蛋白质,因而5月6日后蛋白质含量逐渐减少。可溶性糖及蛋白质在整个花芽发育过程中不断地产生又不断地被消耗,从而含量出现了波动现象。

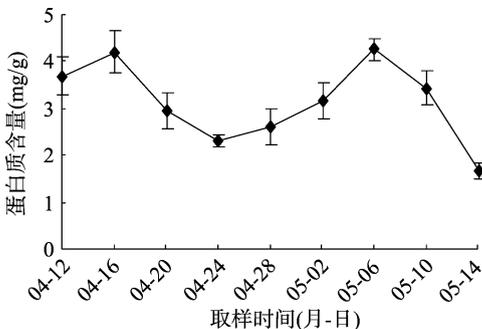


图2 东京野茉莉花芽发育过程中蛋白质含量动态变化

2.2 花芽发育过程中大量元素含量变化

2.2.1 有机碳含量及比值 花芽发育过程中叶片有机碳含量变化幅度不大,从46.25%上升至50.74%,在4月20日时达到最大值,为52.87%。C/N比值在这个过程中基本上是呈缓慢上升趋势,由22.36增加至36.29,有利于花芽的分化发育(图3)。

2.2.2 大量元素含量 N、P、K、Ca、Mg等5种元素的含量变化见图4。N元素是构成蛋白质、核酸的重要组成元素,对茎叶生长和果实发育有重要作用,是与产量最密切的营养元素。氮还是某些植物激素如生长素、维生素如B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>等的成分,它们对生命活动起重要的调节作用。此外,氮是叶绿素的

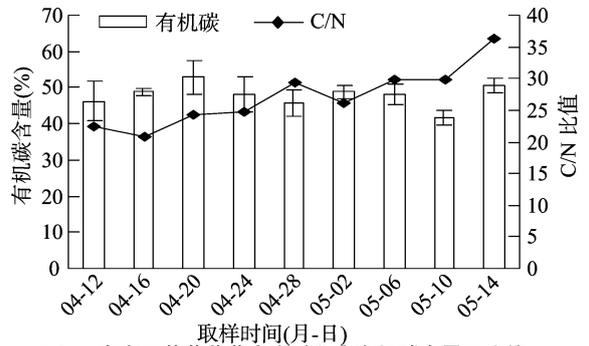


图3 东京野茉莉花芽发育过程中有机碳含量及比值

成分,与光合作用有密切关系。由于氮具有上述功能,所以氮的多寡会直接影响细胞的分裂和生长<sup>[11]</sup>。从图4可以看出,N元素在这几个元素中含量最高,4月16日出现峰值,含量为2.34%,为花芽生理建成和形态分化提供充足的氮元素,开花前需要合成大量的蛋白质,氮元素消耗多,至5月14日降到最低值1.39%。

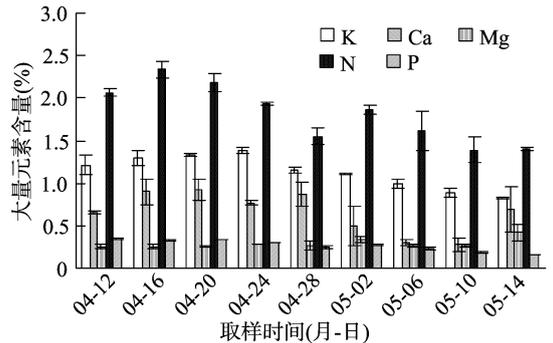


图4 东京野茉莉花芽发育过程中大量元素含量变化

钾元素是植物生长所必需的一种成分,植物体通过根系从土壤中选择性地吸收钾。钾元素含量在4月12日至5月2日期间变化不大,基本上在1.27%上下,5月14日降至最低值,为0.83%,钾元素是以离子形式存在的,可以自由移动到生命活动旺盛部位,可能是转移到附近的花芽里促进蛋白质的合成,或作为多种酶的活化剂。

磷是形成细胞核蛋白、卵磷脂等不可缺少的元素。磷元素能加速细胞分裂,促使根系和地上部加快生长,促进花芽分化<sup>[12]</sup>。磷元素含量在东京野茉莉花芽分化期间总体上是下降趋势,从4月12日0.35%至5月14日下降为0.15%,减少了57%,可能是转移到花芽里,从而利于花芽发育。

钙在植物体中能 and 果胶酸结合成果胶酸钙,是细胞壁的中胶层不可缺少的组成成分<sup>[13]</sup>。钙和氮的代谢有密切关系,氮还原时需要钙。钙元素含量在4月12日至4月20日处于上升阶段,最大值为0.92%,利于叶片的成熟,同时也为花芽分化储存了充足的钙源;随后花芽分化主要是形态分化,需要大量的营养物质,因此,叶片中钙元素含量减少。

镁是叶绿素的必要成分,是许多酶的活化剂,还能促进核糖体亚单位之间的结合,从而保持核糖体结构的稳定,保证蛋白质的合成<sup>[13]</sup>。在东京野茉莉的花芽分化过程中,镁元素含量在4月12日至5月10日期间总体上在0.26%上下,变化幅度不大,有利于叶片细胞内部的生理生化反应顺利进行,为花芽分化输送相应的营养物质,5月14日时又增加至

0.42%,可能是由于镁在植物体内能再度利用,能向新生组织转移。

从这些大量元素含量变化可知,它们能构成东京野茉莉植物体内有机物及某些活性物质,参与酶促反应或能量代谢及生理调节等多种生命活动。

### 2.3 花芽发育过程中内源激素含量变化

**2.3.1 内源激素含量** 花芽分化发育过程中不但需要营养物质作为物质基础,还需调控生命活动的物质,植物体内的植物激素对花芽分化起调控作用。从图5可以看出,4月12日至5月14日,生长素(IAA)、脱落酸(ABA)的含量比细胞分裂素(ZR)、赤霉素( $GA_3$ )含量高,IAA主要集中在正生长部位,所以幼叶中含量较高,随着花芽逐渐发育成熟,东京野茉莉的叶片中 IAA 含量逐渐减少,从 128.98 ng/g 减少至 89.11 ng/g,可能是叶片逐渐成熟所致。植物叶中也含有 ABA,能抑制茎和侧芽生长,有利于细胞体积增大,与赤霉素有拮抗作用,ABA 也能影响叶片气孔的开关,当保卫细胞受到干旱胁迫时,细胞内 ABA 含量增加,气孔就关闭,从而可减少蒸腾失水。ABA 含量总体上是呈下降趋势,从 128.89 ng/g 降至 108.66 ng/g,4 月底 5 月初有所增加,可能是这段时间较干燥,植株生长在湖边风大蒸发量大,ABA 含量增加可使气孔关闭,减少蒸发。

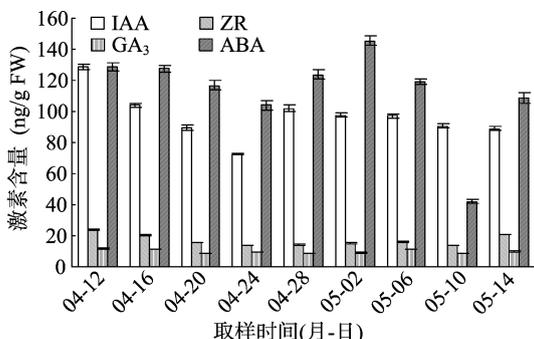


图5 东京野茉莉花芽发育过程中内源激素含量变化

$GA_3$  和 ZR 也普遍存在于植物各部分器官中,在植物体内运输时无极性。 $GA_3$  能促进细胞伸长,ZR 促进细胞分裂和防止叶片衰老,还可促进芽的分化。 $GA_3$ 、ZR 含量呈下降趋势,但变化幅度不大,采样初期和后期, $GA_3$  含量分别为 11.73、9.80 ng/g,ZR 含量分别为 23.59、20.78 ng/g。

**2.3.2 内源激素比值** 植物体内的激素种类多,其中 IAA、 $GA_3$ 、ZR 都对植物的生长起了促进作用,而 ABA 起了抑制作用,它们之间相互作用,相互影响。从图6可以看出,ABA/ $GA_3$  比值明显高于 ABA/IAA、IAA/ZR、ABA/ZR 的比值,这有利于花芽的分化。这几个比值基本上都是先升高后降低而后又升高随后再降低的趋势,5月10日时除了 IAA/ZR 比值都是最低的,5月14日时随之升高。其中 ABA/ $GA_3$  由4月12日的 10.98 增至5月2日的 15.77,5月10日再降至 4.91,5月14日后升至 11.09;IAA/ZR 由4月12日的 5.47 升至4月28日的 7.25,5月14日再降至 4.29;ABA/IAA 比值总体上是上升,由 0.99 升至 1.22;比较花芽发育前后 ABA/ZR 比值虽差别不大,但是花芽发育过程中也经历了由增加至减少的变化趋势,4月12日与5月2日的比值差距为 4.19。

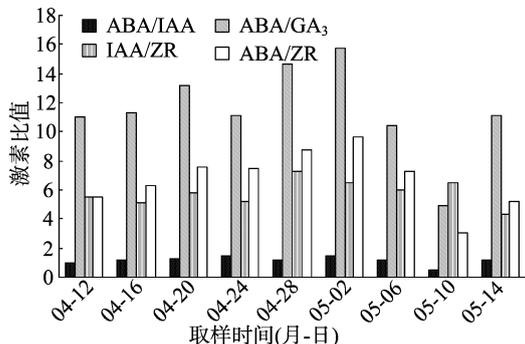


图6 东京野茉莉花芽发育过程中内源激素比值变化

## 3 讨论与结论

### 3.1 花芽发育与营养成分的关系

花芽发育过程中伴随着形态、结构和生理变化,此过程还受许多内外因素的影响。本研究发现,东京野茉莉冬芽在来分化长出新梢,后有营养枝和生殖枝之分,3—4月期间是花芽分化的生理分化阶段,4—5月是花芽的形态发育阶段。花芽分化发育受内外因素的影响,外因如温度,2014年3月六合地区温度较低,东京野茉莉花期比2013年延迟1周。温度变化在东京野茉莉花芽分化过程中有很大影响。内因如营养物质和激素等。花芽发育时需要消耗营养,营养物质是花芽分化、发育的物质基础。东京野茉莉花芽发育期间,可溶性糖含量有波动,但变化不大,可为植物提供良好的碳素营养状况,以适应外界环境条件的变化。而淀粉含量开始增加,可能是在花芽分化早期消耗的营养不多,有些可溶性糖转变为淀粉所致。此后是花芽发育快速生长的时期,消耗的营养多,淀粉的量减少。Hartman 等曾认为,碳水化合物含量可能限制花芽的形成<sup>[14]</sup>。本试验一定程度上说明了花芽分化与此物质的关系。蛋白质含量变化出现2个峰值,总体上表现出下降的趋势,说明花芽分化需要大量的蛋白质。相关学者认为,生理分化期花芽和花枝中蛋白质大量积累;形态分化期各花器原基形态分化需大量蛋白质用于器官建成,花原基、花萼、花瓣、雄蕊和雌蕊原基中都富含蛋白质,花枝中蛋白质含量持续下降<sup>[15]</sup>。本试验中如果仅比较可溶性糖、蛋白质含量,很明显前者远大于后者,这个现象符合 Kleb Hans 的看法,糖类化合物占优势时,有利于花芽分化。

大量元素含量变化也体现着东京野茉莉花芽发育过程中的生理变化规律。在此过程中叶片有机碳含量变化幅度不大,总体上是增加的,C/N 比值在这个过程中基本上是呈缓慢上升趋势,从 22.36 增加至 36.29,有利于花芽分化。磷元素含量在东京野茉莉花芽分化期间总体上是下降趋势,从4月12日的 0.35% 下降至5月14日的 0.15%,可能是转移到花芽里,从而有利于花芽分化。钙对蛋白质的合成和碳水化合物的运输,以及植物体内有机酸中和起着很大的作用<sup>[13]</sup>。钙还作为第二信使,参与生命活动调节。钙元素含量在4月12日至4月20日之间处于上升阶段,最大值为 0.92%,利于叶片的成熟,同时也为花芽分化储存了充足的钙源,随后花芽分化主要是形态发育,需要大量的营养物质,因此,叶片中钙元素含量减少。钾元素含量在4月12日至5月2日变化不大,基本上在 1.27% 左右,5月14日降至最低值,为 0.83%。

钾元素是以离子形式存在,可以自由移动到生命活动旺盛部位,可能是转移到附近花芽里促进蛋白质的合成,或作为多种酶的活化剂。钾可以提高光合作用的强度,促进作物体内淀粉和糖的形成,增强作物的抗逆性和抗病能力,还能提高作物对氮的吸收利用<sup>[12]</sup>。在东京野茉莉的花芽分化过程中,镁元素含量总体上在0.26%左右,变化幅度不大,有利于叶片细胞内部的生理生化反应顺利进行,为花芽分化输送相应的营养物质,在5月14日时又增加至0.42%,可能是由于镁在植物体内能再度利用,能向新生组织转移。

叶片中营养物质及元素含量在东京野茉莉花芽发育期间变化幅度有大有小,但总体上是下降的趋势,可能是向花芽转移则有利于花芽的起始发育。

### 3.2 花芽发育与内源激素的关系

植物在成花期间,营养物质由营养器官调运到生殖器官<sup>[16-17]</sup>,其中内源激素起了很重要的作用。何钟佩认为,内源激素可以使营养物质向生殖器官分配增多,向营养器官分配减少<sup>[18]</sup>。东京野茉莉从2013年4月12日至5月14日期间,叶片中IAA、ABA含量比ZR、GA<sub>3</sub>含量高,说明叶片中高水平的IAA、ABA与东京野茉莉花芽分化相关联。Kinet认为,花芽孕育需要一定浓度的IAA,叶片中内源ABA含量高利于花芽分化<sup>[19]</sup>。Harada等研究牵牛(*Pharbitis nil*)施用外源ABA利于花芽分化得到证明<sup>[20]</sup>。Naor等认为,GA<sub>3</sub>在花芽分化中有双重作用,能诱导花芽分化,促进花茎延长<sup>[21]</sup>。本试验中GA<sub>3</sub>含量偏低,变化不大,看来对花芽分化的作用不是很明显。从激素平衡来看,ABA/GA<sub>3</sub>比值明显高于ABA/IAA、IAA/ZR、ABA/ZR的比值,有利于花芽的分化发育。这几个比值基本上都是先升高后降低后又升高随后再降低。说明各种内源激素在东京野茉莉花芽分化的各个时期都存在,且有各自的变化规律,它们之间相互促进、拮抗,共同发挥调节作用。

东京野茉莉花芽孕育是一个耗能过程,所需的营养物质可由叶片甚至茎中提供,营养物质向花器官运转从而促进花器的分化和发育,则需要IAA、GA<sub>3</sub>、ZR、ABA内源激素相互配合。如Ulger等所说,许多生长调节因素参与了促进或抑制花芽诱导和分化<sup>[22]</sup>。

### 参考文献:

- [1]徐丽萍,喻方圆. 东京野茉莉花色成分的初步研究[J]. 江西农业大学学报,2016,38(5):935-939.
- [2]Xu L P, Yu F Y. Corolla structure and fragrance components in *Styrax tonkinensis*[J]. Trees,2015,29(4):1127-1134.
- [3]Wang F, Hua H M, Pei Y H, et al. Triterpenoids from the resin of *Styrax tonkinensis* and their antiproliferative and differentiation effects in human leukemia HL-60 cells[J]. Journal of Natural Product, 2006,69(5):807-810.
- [4]董如磊. 东京野茉莉幼苗耐荫性研究[D]. 南京:南京林业大

- 学,2010.
- [5]宋氏凤. 越南安息香木材性质与热处理改性研究[D]. 南京:南京林业大学,2011.
- [6]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:169-172.
- [7]中华人民共和国林业部. 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算:GB 7857-1987[S]. 北京:中国林业出版社,1987:163-165.
- [8]Yang J C, Zhang J H, Wang Z Q, et al. Hormonal changes in the grains of rice subjected to water stress during grain filling[J]. Plant Physiology,2001,127(1):315-323.
- [9>Weiler E W, Jourdan P S, Conrad W. Levels of indole-3-acetic acid in intact and decapitated coleoptiles as determined by a specific and highly sensitive solid-phase enzyme immunoassay[J]. Planta, 1981,153(6):561-571.
- [10]张菊平. 辣椒花药小孢子培养及其胚状体发生机理研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [11]张思伟. 丹江口库区柑橘园土壤-树木-径流系统中氮磷的迁移及其周年变化[D]. 武汉:华中农业大学,2012.
- [12]孙颖. 百子莲繁殖生物学研究[D]. 长春:东北林业大学,2009.
- [13]唐晓倩. 北方主要落叶栎类种子形态特征和养分含量的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2012.
- [14]Hartman H T, Uriu K, Lilleland O N, et al. Olive nutrition[M]// Childers N F. Temperate to tropical fruit nutrition. New Jersey: Horticultural Publications,1966.
- [15]郭金丽,张玉兰. 苹果梨花芽分化期蛋白质、淀粉代谢的研究[J]. 内蒙古农牧大学学报(自然科学版),1999,20(2):80-82.
- [16]赵琦,郭伟,王存国,等. 不同供硅条件下稗草生物量生殖分配及生殖分株数量特征[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):205-210.
- [17]石杜娟,安正弼,徐伟伟,等. 基于Ebb&Flow灌溉系统的不同浓度营养液对蝴蝶兰生长和开花的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):249-252.
- [18]何钟佩. 作物激素生理及化学控制[M]. 北京:中国农业大学出版社,1997:179-217.
- [19]Kinet J M. Environmental, chemical, and genetic control of flowering[M]// Horticultural Reviews: Volume 15. 2010:279-334.
- [20]Harada H, Bose T K, Cheruel J. Effects of four growth regulating chemicals on flowering in *Pharbitis nil* [J]. Zeitschrift Fur Pflanzenphysiologie,1971,64:267-269.
- [21]Naor V, Kigel J, Ziv M, et al. A developmental pattern of flowering in colored *Zantedeschia* spp.: effects of bud position and gibberellin [J]. Journal of Plant Growth Regulation,2004,23(4):269-279.
- [22]Ulger S, Sonmez S, Karkacier M, et al. Determination of endogenous hormones, sugars and mineral nutrition levels during the induction, initiation and differentiation stage and their effects on flower formation in olive [J]. Plant Growth Regulation,2004,42(1):89-95.