

主要环境因素对油茶成花的影响

胡玉玲, 姚小华*, 任华东, 王开良, 曹永庆

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 为探究影响油茶(*Camellia oleifera*)成花的关键环境因素,以‘长林4号’为材料,对油茶成花过程的相关生理生化指标进行研究。结果表明,在不同环境因素下,花芽分化期(5月19日)的老叶、新叶及茎中的可溶性蛋白、可溶性糖和生长调节剂(生长素、赤霉素、细胞分裂素和脱落酸)含量差异显著,但与油茶能否开花没有相关性。氮素处理的油茶芽发育最为饱满、生长较快,开花时间也最早;光照和生长调节剂处理(除赤霉素外)的油茶都不开花;热及钾处理的油茶末花期明显推迟;养分(氮磷钾)处理的油茶成花率较高,其次是水热处理。可见良好的水肥热条件有利于油茶开花,施用生长素和细胞分裂素抑制油茶开花。

关键词: 油茶; 环境因素; 生理生化; 成花; 花期

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.02.014

Effects of Main Environment Factors on Flowering in *Camellia oleifera*

HU Yu-lin, YAO Xiao-hua*, REN Hua-dong, WANG Kai-liang, CAO Yong-qing

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China)

Abstract: In order to understand the key environment factors on flowering of *Camellia oleifera*, the physical and biochemical indexes in flowering process of *C. oleifera* ‘Changlin 4’ were studied. The results showed that under different environments, the contents of soluble protein, soluble sugar and growth regulators, including auxin, gibberellin, cytokinin and abscisic acid, in old leaves, new leaves and stems had significant differences in flower bud differentiation period (May 19), but had no direct relations with flowering. The buds were full and growth was fast, and flowering time was early too under N treatment. The light and growth regulators, except of GA, cannot promote *C. oleifera* blossoming. The flowering rate was the highest under nutrient treatments, and then was under water and heat treatments, but under hot and K treatments, the end stage of flowering significantly delayed. Therefore, the suitable conditions, such as heat, nutrient and water, are in favour of blossom in *C. oleifera*, but auxin and cytokinin inhibit its blossom.

Key words: *Camellia oleifera*; Environmental factor; Physiology and biochemistry; Flowering; Flower phase

油茶是我国南方特有的木本食用油料树种,是山茶科(Theaceae)中含油较高植物的统称,茶油富含的不饱和脂肪酸对人体具有重要的保健功能^[1-3]。普通油茶(*Camellia oleifera* Abel.)是我国目前栽培面积最广的物种,其产量居主导地位,因此习惯被称为“油茶”。从营养生长到生殖生长是植

物最重要的形态建成阶段,同时成花是植物产量形成的基础,直接决定植物生育周期的长短。油茶是典型的“抱子怀胎”植物,雌雄同花,花期一般在10月初到翌年2月,盛花期一般在11月左右^[4-7],油茶自交可育性低,花期遇到寒冷和阴雨天气会影响授粉受精,幼果树上过冬,因此与花量相比产量相对

收稿日期: 2014-05-27

接受日期: 2014-09-17

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2009BADB1B01); 油茶产业升级关键技术研究示范项目(2009BADB1B00); 浙江省农业新品种选育重大科技专项(2012C12908-16)资助

作者简介: 胡玉玲(1977~), 男, 博士, 从事经济林栽培和育种研究。E-mail: huyulin@126.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: yaoxh168@163.com

较低^[9-11]。油茶花开在当年生的春梢上,春梢生物量占全年生物量的88%以上,故春梢是油茶的重要结果枝,油茶花量非常大,一枝7张叶片的春梢上常常有30朵以上^[8],因此油茶春梢相关指标的变化对于花发育研究具有重要的意义。

植物成花诱导主要包括成花决定(营养生长到生殖生长)和花器官发育(花器官形成到完全开放)两个过程。目前,一般认为植物成花转变途径主要有光周期途径、春化途径、赤霉素途径、糖代谢途径和自主途径^[12-15],从以往的研究来看,植物成花主要是这5种途径之一,或是几条途径的综合。目前虽然对油茶在生殖生理方面的研究已有不少报道^[5-6],但对油茶的成花机制研究却鲜见报道,对油茶的开花途径的描述并不完全清楚。为探讨油茶成花转变机制和影响其成花进程的关键因素,通过研究不同环境因素对油茶成花的影响,明确油茶成花的主要途径及影响成花的关键环境因子,以期对油茶育种和花期管理,以及高效栽培提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

选择3年生油茶(*Camellia oleifera* Abel.)品种‘长林4号’(‘Changlin 4’)无性系嫁接苗及其半同胞家系实生苗为材料。种源来自于中国林业科学研究院亚热带林业研究中心,种苗由浙江金华东方红林场提供,种苗生长健壮、无病虫害、长势及大小相近。

1.2 环境因素设置

根据前期研究^[16],设置了12种环境因素(处理),以3年生实生苗(Seedling)及空白处理(Control)作对照,每处理6盆单株。设置3种养分处理:每株施用纯尿素(N)200 g、12%的过磷酸钙(P)500 g、纯硫酸钾(K)100 g;3种植物生长调节剂处理:5 mg L⁻¹生长素(IAA)、5 mg L⁻¹细胞分裂素(CTK)、5 mg L⁻¹赤霉素(GA);3种日照处理:14 h长日照(LDL),光强为2625 μmol m⁻²s⁻¹;8 h短日照(SDL),光强约为2625 μmol m⁻²s⁻¹;8 h强光照(SSDL),光强为5250 μmol m⁻²s⁻¹;水分(Water)和热(Hot)处理分别指足量水分和覆盖地膜。3年生的油茶苗在处理前一年栽植在装有黄泥土的40 cm×40 cm塑料盆中;养分1年内分4次施入(其中磷肥分2次);植

物生长调节剂每15 d喷施1次,每次在无雨天的下午5点左右进行,喷施标准为叶片滴水;光照处理在25℃温室内进行,时间为10月中旬至翌年5月底;水分处理从雨后第3天开始进行,无雨天每天浇灌1次,每次满灌;热处理采用覆盖地膜方式进行。

1.3 方法

在花芽分化期(2013年5月19日)选择20~30条发育接近一致的新梢,分别采取新叶、老叶及茎,用锡纸包好,置于液氮中带回实验室,存于-80℃冰箱中备用。测定前,将样品从冰箱中取出立即用机械方法将样品揉碎并混合均匀,然后称量,分别测定可溶性蛋白质、可溶性糖、蔗糖、果糖和生长调节剂等的含量,重复3次,取平均值。其中可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝比色法^[17];可溶性总糖含量采用蒽酮比色法;蔗糖及果糖含量的测定采用邻苯二酚比色法^[18];生长调节剂含量采用酶联吸附法(ELSA)测定^[19]。

1.4 数据统计和分析

采用DPS 12.1^[20]和Excel 2010对数据进行处理和分析,以 $P \leq 0.05$ 表示显著差异, $P \leq 0.01$ 表示极显著差异。

2 结果和分析

2.1 碳氮化合物含量的变化

可溶性蛋白质含量 方差分析表明,油茶不同部位的可溶性蛋白含量差异不显著,处理间的差异极显著($P=0.000$)。从表1可以看出,油茶新叶可溶性蛋白质含量以短日照处理的最高(10.58%),细胞分裂素处理的最低(6.54%);老叶中以赤霉素和热处理的较高,细胞分裂素处理的最低(6.46%);茎中以强光照处理的最高(9.82%),氮素处理的最低(6.88%)。

可溶性糖含量 方差分析表明,油茶不同部位的可溶性糖含量差异不显著,处理间差异极显著($P=0.000$)。从表1可以看出,油茶新叶可溶性糖含量以氮素和短日照处理的较高,磷钾处理的较低;老叶中以短日照的最高(10.83%),其次是磷处理,水分处理的最低(5.54%);茎中以短日照、长日照、磷钾处理和水分处理的较低,赤霉素处理的最高

(8.92%),生长素、实生苗及对照处理的居中。

蔗糖含量 方差分析表明,油茶不同部位和不同处理间的蔗糖含量差异极显著($P=0.000$)。从表 2 可以看出,油茶实生苗新叶的蔗糖含量最高,达到 3.80%,短日照和水分处理的最低;老叶中以赤霉素、氮处理和实生苗的较高,水处理的最低,仅

为 0.46%;茎中以赤霉素处理的最高(3.48%),其次是长日照和强光照处理,磷处理的最低(0.49%)。

果糖含量 方差分析表明,油茶不同处理间果糖含量差异极显著($P=0.008$),而不同部位的果糖含量差异不显著。从表 2 看出,油茶新叶和老叶的果糖含量以氮处理的最高,分别为 3.01% 和 3.14%,

表 1 环境因素对春梢可溶性蛋白质和可溶性糖含量的影响

Table 1 Effects of environment factors on soluble protein and soluble sugar contents in spring shoots

	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content (%)			可溶性糖含量 Soluble sugar content (%)		
	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem
SDL	10.58±0.37A	7.39±0.26CD	8.21±0.24BC	11.97±0.24A	10.83±0.19A	5.35±0.51E
SSDL	6.90±0.23E	6.95±0.28DEF	9.82±0.32A	6.43±0.32FG	6.70±0.31G	7.66±0.19B
LDL	7.07±0.18DE	6.76±0.19EF	8.11±0.34BC	7.13±0.22DE	9.20±0.25CD	5.80±0.41E
IAA	8.50±0.43BC	7.45±0.20CD	8.30±0.45B	7.71±0.27D	8.05±0.18E	7.91±0.30B
GA	7.12±0.23DE	8.40±0.28A	7.65±0.24CD	6.88±0.23EF	9.76±0.34BC	8.92±0.40A
CTK	6.54±0.41E	6.46±0.11F	8.12±0.23BC	9.00±0.21C	8.76±0.36D	6.66±0.32CD
N	8.72±0.40B	7.19±0.16DE	6.88±0.24E	10.93±0.52B	7.49±0.37EF	6.86±0.26C
P	7.88±0.24C	7.82±0.30BC	7.74±0.28BCD	5.97±0.26EF	9.92±0.20B	5.99±0.33DE
K	7.77±0.36CD	7.35±0.30CD	7.29±0.19DE	5.65±0.26EF	8.81±0.33D	5.53±0.36E
水 Water	8.05±0.30BC	7.88±0.35ABC	7.70±0.28BCD	7.51±0.36DE	5.60±0.37G	5.54±0.41E
热 Hot	8.76±0.49B	8.23±0.22AB	8.15±0.20BC	7.20±0.25DE	7.47±0.29EF	6.82±0.30C
实生苗 Seedling	7.12±0.23DE	7.43±0.22CD	7.44±0.21DE	6.89±0.23EF	7.23±0.25FG	7.66±0.13B
对照 Control	8.35±0.23BC	6.94±0.17DE	8.21±0.05BC	7.35±0.11DE	7.42±0.23EF	8.00±0.25B

同列数据后不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)(LSD 法多重比较)。下表同。

Data followed different capital letters indicate significant differences at 0.01 level by LSD multiple comparison, the same is following Tables.

表 2 环境因素对春梢蔗糖和果糖含量的影响

Table 2 Effects of environment factors on sucrose and fructose contents in spring shoots

	蔗糖含量 Sucrose content (%)			果糖含量 Fructose content (%)		
	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem
SDL	0.93±0.19F	1.59±0.19E	2.02±0.10C	0.75±0.11F	0.63±0.13H	1.89±0.10B
SSDL	3.32±0.13B	2.03±0.19E	2.80±0.18B	1.81±0.18C	1.86±0.10EF	1.76±0.11BC
LDL	2.75±0.20C	4.44±0.21B	3.10±0.11B	1.65±0.11CD	1.07±0.14G	1.56±0.09DE
IAA	3.06±0.17BC	4.07±0.14BC	1.29±0.16EF	2.19±0.13B	1.54±0.11G	1.43±0.12EF
GA	2.14±0.18DE	5.69±0.1A8	3.48±0.17A	2.38±0.07B	2.08±0.07BCD	2.22±0.13A
CTK	2.00±0.15E	4.41±0.13B	1.51±0.14DE	2.17±0.13B	2.30±0.06B	1.31±0.14F
N	2.19±0.12DE	5.58±0.39A	0.85±0.17G	3.01±0.14A	3.14±0.11A	1.68±0.10CD
P	1.24±0.11F	3.84±0.14C	0.49±0.22H	1.58±0.18CD	2.05±0.06CDE	1.43±0.13EF
K	2.33±0.13DE	3.66±0.12CD	0.74±0.21G	1.45±0.20D	1.75±0.12FG	1.02±0.11G
水 Water	0.95±0.19F	0.46±0.29F	1.04±0.09FG	1.45±0.10D	1.85±0.10EF	1.35±0.10F
热 Hot	2.23±0.12DE	3.34±0.08D	1.02±0.09FG	1.78±0.19CD	2.07±0.09CDE	1.37±0.07F
实生苗 Seedling	3.80±0.15A	5.27±0.04A	1.21±0.10EF	2.17±0.14B	2.27±0.07BC	1.82±0.16B
对照 Control	2.38±0.16D	1.95±0.1E6	1.72±0.14C	2.33±0.12B	2.04±0.09DE	2.33±0.08A

短日照处理的最低,分别为 0.75% 和 0.63%,茎中以对照和赤霉素处理的较高,钾处理最低(1.02%)。

2.2 生长调节剂含量的变化

生长素含量 方差分析表明,油茶不同部位的生长素(IAA)含量差异不显著,不同处理间的差异极显著($P=0.000$)。从表 3 可以看出,新叶的生长

素含量普遍较高,其次是老叶,茎的最低。新叶生长素含量受环境因子的影响较大,以赤霉素、细胞分裂素、水和热处理的较高,生长素、氮、磷、钾处理及对照的较低,光照处理及实生苗中的最低。老叶及茎生长素含量在不同处理间的变化较小,老叶以赤霉素处理和对照的较高,强光、细胞分裂素处理和实生苗的较低;茎中以赤霉素处理和对照的较低,

表 3 环境因素对春梢生长素和赤霉素含量影响

Table 3 Effects of environment factors on IAA and GA contents in spring shoots

	IAA (ng g ⁻¹ FW)			GA (ng g ⁻¹ FW)		
	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem
SDL	69.18±0.80G	74.41±0.69D	45.29±0.36G	8.73±0.10H	9.13±0.08G	10.15±0.12C
SSDL	58.09±0.34H	63.93±0.48F	43.95±0.12G	8.58±0.09H	9.94±0.10G	6.80±0.08F
LDL	63.76±0.82G	79.42±0.22C	55.50±0.69D	10.63±0.11G	10.91±0.04F	6.13±0.07G
IAA	114.12±0.68C	71.70±0.21E	57.86±0.52C	25.78±0.19AB	12.15±0.03E	7.62±0.06E
GA	140.04±1.00A	99.21±1.01A	35.84±0.10H	25.54±0.32AB	17.28±0.13B	11.13±0.14B
CTK	140.51±1.16A	61.39±0.45G	63.07±0.17B	25.38±0.20B	8.46±0.08G	5.97±0.09G
N	102.99±0.26E	81.14±0.61B	68.19±0.99A	14.09±0.06F	12.70±0.10D	7.69±0.06E
P	109.38±0.70D	82.09±0.52B	50.64±0.23F	21.94±0.28D	9.68±0.07G	6.80±0.07F
K	125.51±1.85B	61.43±0.57G	39.51±0.33G	18.54±0.17E	9.73±0.09G	9.62±0.03D
水 Water	140.10±0.79A	54.62±0.35H	51.02±0.34F	25.94±0.23A	20.70±0.06A	7.66±0.10E
热 Hot	139.82±1.23A	54.60±0.28H	54.20±0.25E	24.92±0.12C	12.57±0.11D	9.58±0.10D
实生苗 Seedling	53.01±0.51H	53.31±0.49H	39.25±0.09G	8.16±0.08H	9.55±0.06G	14.73±0.10A
对照 Control	92.23±0.16B	82.46±1.00B	35.14±0.27H	18.95±0.18E	14.83±0.09C	5.65±0.04G

细胞分裂素及氮处理的都较高,其他处理间相近。

赤霉素含量 方差分析表明,油茶不同部位和不同处理间的赤霉素(GA)含量差异极显著($P=0.000$)。从表 3 可以看出,油茶新叶中 GA 含量的变化较大,以生长调节剂和水热处理的较高,其次为磷、钾处理和对照,光照处理和实生苗中较低。老叶中赤霉素含量以水处理的最高,达 20.70 ng g⁻¹ FW,其次是赤霉素处理,其他处理的较低,差异均不显著。实生苗茎中赤霉素含量最高,其次是赤霉素和短日照处理,对照的含量最低,仅为 5.65 ng g⁻¹ FW,其他处理的含量接近。

细胞分裂素含量 方差分析表明,油茶不同部位和处理间的细胞分裂素(CTK)含量差异极显著($P=0.000$)。从表 4 可以看出,叶片细胞分裂素含量的变化较大,茎中的变化不大。新叶中细胞分裂素含量以光照处理及实生苗的较低,其他处理的都较

高。老叶中细胞分裂素含量以氮素处理和对照的较高,短日照、强光照、细胞分裂素、钾处理和实生苗的较低。茎中细胞分裂素含量以氮素处理的较高,达 11.38 ng g⁻¹ FW。

脱落酸含量 方差分析表明,油茶不同处理间脱落酸(ABA)含量的差异显著($P=0.000$);不同部位的差异不显著。从表 4 可以看出,新叶中脱落酸含量以生长素、细胞分裂素和水处理的较高,光照处理的较低,其中最低的是短日照处理最低,仅为 113.75 ng g⁻¹ FW;老叶中脱落酸以强光照处理的最低,仅有 111.77 ng g⁻¹ FW,氮素处理及实生苗中的较高;茎中以赤霉素和热处理的较高,强光照处理的最低,为 153.99 ng g⁻¹ FW。

2.3 不同处理对花芽发育的影响

油茶花芽发育的形态指标在不同处理间差异

极显著($P=0.00$),可见环境因素对油茶花芽发育影响极显著(表 5)。不同环境因素作用下花芽大小(直径和长度)的变化趋势一致,氮素处理的花芽发育最快,生长明显粗壮,其次是热和水处理,实生苗及光处理的花芽发育最小(芽长不超过 4.5 mm,芽直径不超过 3 mm)。从芽高径比来看,对照的最大,其次为细胞分裂素处理的,实生苗的最小。

2.4 不同处理对开花的影响

成花率与成花数 3年生油茶只在7种环境因素处理下完成了开花过程。氮处理的成花率达到了100%,其次是磷、钾及热处理,再次为赤霉素和水分处理,对照的最低;从开花量来看,氮素处理的最多,其次为热和水分处理,磷和钾处理的接近,再次为赤霉素处理,对照的最少。

表 4 环境因素对春梢细胞分裂素和脱落酸含量影响

Table 4 Effects of environment factors on CTK and ABA contents in spring shoots

	CTK (ng g ⁻¹ FW)			ABA (ng g ⁻¹ FW)		
	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem	新叶 New leaf	老叶 Old leaf	茎 Stem
SDL	10.41±0.04G	8.55±0.01H	10.25±0.12C	113.75±1.62H	129.00±1.69G	171.14±4.01FG
SSDL	12.19±0.20E	9.44±0.04H	9.31±0.09F	153.44±1.36G	111.77±1.80G	153.99±2.08G
LDL	11.02±0.07F	13.71±0.17E	10.23±0.10C	138.39±0.69H	195.62±2.30BC	185.95±4.24DE
IAA	20.37±0.13B	13.77±0.18E	9.69±0.12E	236.33±6.96BC	201.12±0.18AB	191.48±3.90CD
GA	19.39±0.21C	15.55±0.11D	11.05±0.10B	231.29±5.78C	183.69±4.46D	225.53±4.81A
CTK	21.26±0.38A	10.18±0.11G	8.87±0.07G	251.12±8.25A	154.88±1.90F	178.61±3.04EF
N	17.81±0.22D	18.36±0.12A	11.38±0.09A	181.63±2.93F	204.88±3.22A	182.39±2.44E
P	20.13±0.29B	16.16±0.17C	8.93±0.03G	229.81±7.08C	190.29±3.25C	170.82±5.25FG
K	19.63±0.02C	8.44±0.09H	7.63±0.11G	213.58±3.65D	164.91±1.35E	182.93±3.98DE
水 Water	20.90±0.13A	13.11±0.16F	9.98±0.11D	243.97±4.25AB	179.59±1.48D	199.95±5.46C
热 Hot	19.35±0.12C	13.49±0.13E	10.34±0.02C	211.12±6.24D	181.57±2.15D	214.40±4.07B
实生苗 Seedling	11.79±0.01E	10.54±0.12G	8.64±0.04G	195.38±3.85E	207.20±4.16A	164.49±2.80G
对照 Control	19.44±0.15C	16.84±0.14B	8.88±0.03G	212.97±1.89D	169.35±5.14E	164.69±0.09G

表 5 环境因素对花芽发育的影响

Table 5 Effects of environment factors on flower development

	横径 (mm)	纵径 (mm)	高 (mm)	高径比
	Transverse diameter	Vertical diameter	Height	Ratio of height to diameter
SDL	1.63±0.15F	1.80±0.17F	3.00±0.26F	1.75±0.12C
SSDL	1.97±0.21EF	2.77±0.67CDEF	4.37±1.52DEF	1.81±0.30C
LDL	1.83±0.06EF	1.90±0.10EF	3.73±0.57EF	2.00±0.28BC
IAA	3.40±0.35CD	3.47±1.46BCD	6.93±2.39BCDE	1.98±0.28BC
GA	2.57±0.93DEF	3.67±0.15BCD	5.70±1.47CDEF	1.81±0.18C
CTK	2.27±0.21EF	3.20±0.17BCDE	6.50±0.89BCDE	2.39±0.39AB
N	5.37±0.75A	5.90±0.70A	11.53±2.63A	2.03±0.22ABC
P	3.97±0.55BC	4.13±0.32BC	8.00±1.32BC	1.97±0.20BC
K	3.93±0.15BC	3.70±0.80BCD	7.17±1.26BCD	1.87±0.16BC
水 Water	5.20±0.26A	4.47±0.57B	9.17±1.61AB	1.89±0.19BC
热 Hot	4.70±1.06AB	4.53±0.45AB	9.83±1.61AB	2.13±0.05ABC
实生苗 Seedling	2.18±0.20EF	2.73±0.55DEF	4.13±1.52DEF	1.64±0.39C
对照 Control	2.90±0.10CDE	3.27±0.15BCDE	7.83±0.31BC	2.54±0.07A

花期差异 当年10月份,对不同处理油茶的开花情况进行观察,结果表明在不同环境因素作用下油茶花期变化非常大,以氮处理的始花期最早,10月25日就已完全开放,其次是磷、热、水、钾、赤霉素处理。同时还发现,经赤霉素处理的油茶花期较短,与对照接近,而热和钾素处理的花期较长可以延续到翌年2月份,末花期比对照分别推后了29 d和23 d。

3 结论和讨论

3.1 环境对花芽分化期油茶生理生化的影响

油茶的花芽分化期一般在5月中下旬,不同环境因素处理对油茶花芽分化的影响不同,除形态上具有明显差异外,春梢不同部位生理生化指标的变化也不同。可溶性蛋白质是植物生长和发育状态的重要指标^[20],本研究结果表明,春梢茎尖部位受强光处理的可溶性蛋白质含量较高,新叶经短日照处理的最高,老叶则是赤霉素处理的最高。糖是植物的重要能量物质,糖还具有植物成花的信号传导作用^[22-23],本研究结果表明,茎中可溶性糖含量以赤霉素处理的最高,对照的果糖含量最高;新叶和老叶中可溶性糖含量以短日照处理的最高,实生苗中蔗糖含量最高,氮素处理的果糖含量最高。

植物生长调节剂是重要的信号传导和调节因子,对植物形态建成和花的发育具有非常重要的作用^[24-27]。本研究结果表明,生长素含量在新叶中最高,茎中普遍比叶片低,茎中生长素含量以氮素处理的最高,新叶中以热处理的最高,老叶中以赤霉素处理的最高。茎中赤霉素含量在实生苗中最高,新叶中以生长素处理的最高,老叶中以水分处理的最高。茎中的细胞分裂素含量以氮素处理的最高,新叶中以细胞分裂素处理的最高,老叶中以氮素处理的最高。脱落酸含量在春梢的新叶、老叶和茎中的差异不显著,脱落酸含量比以上3种生长调节剂的含量要高,新叶中以细胞分裂素和水分处理的最高,老叶中以强光处理的最低。

本研究结果表明,油茶某一时刻的生理生化指标变化,并不会决定油茶能否开花,而经过一定幼年期的油茶,在环境因素持续影响下才能决定油茶能否开花及花期变化,因此为进一步了解油茶生理生化变化与成花的关系,需要对生理指标在一定时间内进行不间断的观测。

3.2 环境因素对普通油茶花发育的影响

环境因素和花发育进程的关系十分紧密,油茶花开放的早晚与授粉受精和坐果率等关系密切^[4,10],明确环境因素和花发育进程的关系,可以为农艺技术手段进行花期调控提供依据。本研究结果表明,氮素处理的油茶芽发育最饱满,且生长快速,短日照处理和实生苗的花芽外形变化不大。氮素处理的油茶花期最早,其次是磷处理,然后为热、水处理,再次为钾处理,而赤霉素处理的作用最不明显。油茶始花期、盛花期的变化趋势相近,但热及钾处理的油茶末花期明显比对照推迟许多。综合分析,我们认为喷施生长素和细胞分裂素对油茶的开花有抑制作用,赤霉素的喷施没有明显影响油茶开花;没有经过一定幼年期的油茶,不能完成开花,虽然经过了一定幼年期的油茶,如果没有经过一定的高温,也不能完成花芽分化。因此可以初步推断油茶成花途径是基于良好养分状态,以一定温度(高温)为诱导因子的自主过程,在油茶杂交育种过程中要实现杂交子代提早开花,就可以利用这一规律,以提高油茶育种效率。

综合分析,良好的水热及养分条件是促进油茶开花的基础,不同水热及养分条件下对油茶的花发育及花期影响明显。氮素处理油茶花芽生长较迅速,但是抗逆性较弱,只进行磷和钾处理的油茶花芽较小,钾处理花期较长;而进行水和热处理的花芽虽较健壮,但是后劲明显不足,经热处理花期明显变长,花芽发育明显不良。因此对油茶进行科学、合理的水热供应和养分管理在实现油茶高效育种及高产栽培中具有重要作用。要真正实现油茶高产目标,需在春季施入一定比例的氮磷钾,再用稻草等物进行覆盖,至花期完成前根据林地降雨情况进行合理的水灌溉。

参考文献

- [1] Zhuang R L. Chinese Oil-seed *Camellia* [M]. 2nd ed. Beijing: China Forestry University Press, 2008: 1-19.
庄瑞林. 中国油茶 [M]. 第2版. 北京: 中国林业出版社, 2008: 1-19.
- [2] Han N L, Zhao X M. Cultivation of High-yielding Cultivars of Oil-seed *Camellia* [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2009: 1-23.
韩宁林, 赵学民. 油茶高产品种栽培 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 1-23.
- [3] Wang W J, Chen C G, Cheng J. The positive role of camellia oil

- in medicine and health [J]. Food Nutr China, 2007(9): 48–51.
王文杰, 陈长庚, 程剑. 茶油在医药保健方面的积极作用 [J]. 中国食物与营养, 2007(9): 48–51.
- [4] Zeng Y R, Li Z J, Dai W S. Flowering habits in *Camellia oleifera* [J]. J Zhejiang For Coll, 2009, 26(6): 802–809.
曾燕如, 黎章矩, 戴文圣. 油茶开花习性的观察研究 [J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(6): 802–809.
- [5] Tang G X. Observation of *Camellia oleifera* flower bud differentiation and its relationship with external factors [J]. Jiangxi For Sci Techn, 1979(4): 6–11.
唐光旭. 油茶花芽分化及其与外因关系的观察 [J]. 江西林业科技, 1979(4): 6–11.
- [6] Yan X C. Flower bud differentiation of *Camellia oleifera* [J]. J S China Agri Coll, 1980, 1(2): 136–144.
严学成. 油茶的花芽分化 [J]. 华南农学院学报, 1980, 1(2): 136–144.
- [7] Zha X H, Jiang G Q, Dai Y, et al. Correlation between bearing branch and flower formation in *Camellia oleifera* [J]. Jiangxi For Sci Techn, 2012(2): 12–14.
查小华, 江国强, 戴义, 等. 油茶结果枝与成花相关性研究 [J]. 江西林业科技, 2012(2): 12–14.
- [8] Li Z J. Study on the relationship between yield and characteristics of *Camellia* blossom [J]. Econ For Res, 1983(1): 31–41.
黎章矩. 油茶开花习性与产量关系的研究 [J]. 经济林研究, 1983(1): 31–41.
- [9] Lin S H, Xu N H. A study on the ecological factor of blossoming period and fruiting ability of *Camellia oleifera* [J]. Sci Silv Sin, 1981, 17(2): 113–122.
林少韩, 徐乃焕. 油茶花期生态及结实力的研究 [J]. 林业科学, 1981, 17(2): 113–122.
- [10] Li Z J, Shi G S, Wu D Y. Study on the growth rule of *Camellia oleifera* and its influencing factors [J]. Econ For Res, 1992, 10(1): 21–26.
黎章矩, 施拱生, 吴德晔. 油茶生育规律及其影响因子研究 [J]. 经济林研究, 1992, 10(1): 21–26.
- [11] Gao B N. Preliminary study on the suitable flowering of *Camellia oleifera* [J]. J Jiangsu For Sci Techn, 1981, 12(4): 41–44.
高本年. 普通油茶适宜花期的初步探讨 [J]. 江苏林业科技, 1981, 12(4): 41–44.
- [12] Reeves P H, Coupland G. Analysis of flowering time control in *Arabidopsis* by comparison of double and triple mutant [J]. Plant Physiol, 2001, 126(3): 1085–1091.
- [13] Blázquez M A. Flower development pathways [J]. J Cell Sci, 2000, 113(20): 3547–3548.
- [14] Wang Z. Plant Physiology [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2009: 369–393.
王忠. 植物生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 369–393.
- [15] Jack T. Molecular and genetic mechanisms of floral control [J]. Plant Cell, 2004, 16(Suppl. 1): S1–S17.
- [16] Hu Y L. Study of growth impact about plant growth regulator mowasture and fertilization apply on *Camellia oleifera* [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2011: 11–43.
胡玉玲. 植物生长调节剂及水肥对油茶生长的影响研究 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2011: 11–43.
- [17] Chen J X, Wang X F. Experimental Guide of Physiology of Plant [M]. 2nd ed. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2006: 24–25.
陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导 [M]. 第2版. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 24–25.
- [18] Li H S. The Principle and Technology of Plant Physiology and Biochemistry Experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 182–199.
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: 182–199.
- [19] Wu S R, Chen W F, Zhou X. Enzyme linked immunosorbent assay for endogenous plant hormones [J]. Plant Physiol Comm, 1988(5): 53–57.
吴颂如, 陈婉芬, 周燮. 酶联免疫法(ELISA)测定内源植物激素 [J]. 植物生理学通讯, 1988(5): 53–57.
- [20] Tang Q Y, Feng M G. The Utility of Statistical Analysis and Data Processing System of DPS [M]. Beijing: Science Press, 2010: 74–114.
唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其DPS数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 74–114.
- [21] He S L, Deng L, Li Y Q, et al. Effect on floral promotion and inhibition on nitrogen and phenylalanine metabolism during flower initiation in Citrus [J]. J SW Agri Univ, 1995, 17(6): 501–504.
何绍兰, 邓烈, 李宜琴, 等. 促抑花处理对柑桔花芽分化期氮素和氨基酸代谢的影响 [J]. 西南农业大学学报, 1995, 17(6): 501–504.
- [22] Wu P, Chen K S. Development of Molecular Physiology in Plant [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2000: 133–139.
吴平, 陈昆松. 植物分子生理学进展 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000: 133–139.
- [23] Huang H. Study on flower bud differentiation of fruit trees II [J]. J Fruit Sci, 1987, 4(3): 41–47.
黄海. 关于果树花芽分化的研究(续) [J]. 果树科学, 1987, 4(3): 41–47.
- [24] Li H S. Modern Plant Physiology [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2006: 283–311.
李合生. 现代植物生理学 [M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 283–311.
- [25] Kinet J M. Environmental, chemical, and genetic control of flowering [M]// Janick J. Horticultural Reviews, Vol. 15. Oxford, UK: John Wiley & Sons, 1993: 234–279.
- [26] Yu H, Ito T, Zhao Y, et al. Floral homeotic genes are targets of gibberellin in flower development [J]. PNAS, 101(20): 7827–7832.
- [27] Hou X, Hu W W, Shen L, et al. Global identification of *DELLA* target genes during *Arabidopsis* flower development [J]. Plant Physiol, 2008, 147(3): 1126–1142.