

网络出版时间:2017-03-31 16:08

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2017.05.014

网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20170331.1608.028.html

3 种修剪方法对文冠果芽内源激素含量和 萌芽成枝的影响

苏曼琳^{1,2}, 吴尚^{1,2}, 马履一^{1,2}, 段劼², 荣贵纯^{1,2}, 苏淑钗^{1,2}, 敖妍^{1,2}

(1 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083;

2 国家能源非粮生物质原料研发中心, 北京 100083)

【摘要】【目的】研究拉枝、刻芽、短截对文冠果同一枝条不同部位芽内源激素含量和萌芽成枝的影响, 探讨促进文冠果花芽分化、提高产量的最佳修剪方式。【方法】对 60 株 4 年生文冠果样树的 1 年生枝条分别进行拉枝(角度分别为 45°, 60°, 90°)、短截(轻短截、中短截、重短截)、刻芽(单刻芽、环刻芽)处理, 以不拉枝枝条为对照 1(CK1), 以不刻芽和不短截枝条为对照 2(CK2), 研究各处理对文冠果 1 年生枝条顶部、上部、中部和下部芽的赤霉素(GA₃)、生长素(IAA)、脱落酸(ABA)和玉米素(ZT)含量, GA₃/ABA、ZT/IAA 值, 以及枝条生长发育和坐果的影响。【结果】(1)随着拉枝角度的增大, 顶部和上部芽的 GA₃、IAA、ZT 含量逐渐减少, ABA 含量则逐渐增加, 而中部和下部芽内源激素含量呈相反变化趋势。随着拉枝角度的增大, 顶部和上部芽的 GA₃/ABA 逐渐减小, 而中部和下部芽呈相反趋势; 顶部和中部芽的 ZT/IAA 逐渐减小, 下部芽逐渐增大。60°拉枝枝条萌芽率为 78.62%, 单支可孕花数为 28.44, 单支坐果数为 1.33, 均为最高。(2)刻芽枝条上、中、下部芽内 GA₃、IAA、ZT 含量增加, ABA 含量减少。单刻芽处理枝条下部芽的 GA₃、IAA、ZT 含量分别为 2 139.94, 323.82, 282.98 ng/g, 均明显高于 CK2 处理; ABA 含量最低, 为 183.12 ng/g, 明显低于 CK2 处理, GA₃/ABA 和 ZT/IAA 值分别达到 11.71, 0.87。单刻芽处理枝条的萌芽率达到 73.35%, 可孕花数达到 21.78, 单枝坐果数达到 1.44 个, 均为最高。(3)随着短截程度的增强, 枝条中部和下部芽的 GA₃、IAA、ZT 含量上升, ABA 含量降低。中短截枝条中部芽的 GA₃、IAA 和 ZT 含量分别为 2 580.53, 1 290.27, 269.55 ng/g, 均显著高于 CK2, ABA 含量为 112.75 ng/g, 显著低于 CK2 和轻短截处理; GA₃/ABA、ZT/IAA 分别为 22.89, 0.68, 显著高于其他处理。中短截的萌芽率为 64.07%, 单枝可孕花数、单枝坐果率分别为 19.11 和 1.22。【结论】拉枝 60°、单刻芽和中短截可以有效改变文冠果内源激素在枝条内的分布, 明显削弱顶端优势, 是适合文冠果的最佳修剪方式。

【关键词】 文冠果; 整形修剪; 内源激素; 新梢生长; 萌芽成枝

【中图分类号】 S759.3+3

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2017)05-0101-08

Effects of three pruning methods on endogenous hormone and shoot growth of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge buds

SU Manlin^{1,2}, WU Shang^{1,2}, MA Lüyi^{1,2}, DUAN Jie²,
RONG Guichun^{1,2}, SU Shuchai^{1,2}, AO Yan^{1,2}

(1 Key Laboratory of Silviculture and Conversation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2 National Energy R&D Center for Non-Food Biomass, Beijing 100083, China)

Abstract: 【Objective】 This experiment analyzed the effects of bending branch, notching buds and cutting back on endogenous hormone content and shoot growth to obtain the optimal pruning method for im-

【收稿日期】 2016-03-17

【基金项目】 国家国际科技合作专项“高效先进生物质原料林可持续经营技术合作研究”(2014DFA31140)

【作者简介】 苏曼琳(1992—), 女, 山西吕梁人, 硕士, 主要从事经济林栽培研究。E-mail: 627016726@qq.com

【通信作者】 段劼(1982—), 男, 山西大同人, 讲师, 主要从事能源林培育研究。E-mail: duanjiebfu@vip.qq.com

proving flower bud differentiation and yield. 【Method】 A total of 60 *Xanthoceras sorbifolia* Bunge plants were used to study effects of bending branch, notching bud and cutting back on budding rate, shoot growth, contents of endogenous hormones (GA_3 , IAA, ABA and ZT), GA_3 /ABA and ZT/IAA. The treatments include bending branch with angles of 45° , 60° , and 90° , single and ring notching, as well as light, middle and heavy cutting back. No bending was control 1 (CK1) and no notching and cutting back was control 2 (CK2). 【Result】 (1) The contents of GA_3 , IAA and ZT and GA_3 /ABA ratios of top and upper buds decreased while those of middle and basal buds increased with the increase of branch angle. The contents of ABA showed opposite trend. Budding rate, number of fertile florets and fruitlet with the branch bending angle of 60° were 78.62%, 28.44 and 1.33, respectively. (2) The contents of GA_3 , IAA and ZT of upper, middle and basal buds increased with notching bud treatment, while ABA contents decreased. Single notching bud was better than ring notching bud. The contents of GA_3 , IAA, ZT and ABA in the base part of single notching bud were 2 139.94, 323.82, 282.98, and 183.12 ng/g, significantly higher than other treatments. The trend of upper and central part was the same as the base part. Budding rate, number of fertile florets and fruitlet of single notching bud were 73.35%, 21.78 and 1.44, respectively. (3) The contents of GA_3 , IAA and ZT of middle and basal buds increased with the increase pruning cut length. The contents of GA_3 , IAA and ZT in the central part of branch middle cutting back were 2 580.53, 1 290.27, and 269.55 ng/g, significantly higher than other treatments. Budding rate of 64.07% was significantly higher than those of CK2 and other treatments. Number of fertile florets and fruitlet of middle cutting buds were 19.11 and 1.22, respectively. 【Conclusion】 For *Xanthoceras sorbifolia* Bunge, the distribution of endogenous hormone was changed and apical dominance was weakened by branch bending with angle of 60° , single notching and middle cutting back.

Key words: *Xanthoceras sorbifolia* Bunge; pruning; endogenous hormone; new shoot growth; shoot sprouting

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)是我国北方特有的木本油料植物^[1]。它的种子含油率高,是我国“林油一体化”重点发展的生物质能源树种之一^[2-3]。文冠果种子制备的生物柴油也符合现行的生物柴油指标,可以作为生物质能源的原料^[4]。但是目前我国文冠果坐果率极低,导致以文冠果种子作为原料的生物柴油成本太高,缺乏市场竞争力^[1]。

果树的萌芽生枝、花芽分化等过程与内源激素直接相关^[5-7]。极性是植物的共性,主要是因为生长激素的不均衡分布带来的营养和细胞差异形成的^[8]。整形修剪是调节树体枝组结构、促进果树生殖生长、提高坐果率的主要措施。拉枝可以改变果体内生长促进激素生长素(IAA)、赤霉素(GA_3)、玉米素(ZT)以及生长抑制激素脱落酸(ABA)等内源激素的含量,减弱顶端优势,促进芽的萌发和成花^[9-10]。刻芽是提高枝条萌芽率的主要措施^[11]。不同类型内源激素比例较单一激素的作用更重要^[12-14]。短截一定程度上可以通过改变内源激素含量削弱生长势,减弱顶端优势^[14-16]。

目前国内外对文冠果修剪的研究较少,一般采

用疏枝或回缩,剪去文冠果下垂枝、重叠枝、病虫害枝,夏修剪除条,冬剪选留各层主枝^[17-19]。对文冠果修剪研究大多集中在生物学特征上,对枝条不同部位芽修剪后的激素反应研究尚未见报道,而目前国内有大面积实生文冠果林急需通过整形修剪提高产量。本研究通过对文冠果进行拉枝、刻芽和短截等整形修剪,研究枝条不同部位的 IAA、ABA、 GA_3 、ZT 含量和 GA_3 /ABA、ZT/IAA 值变化及其与花芽分化的关系,以及整形修剪后枝条的生长发育和坐果情况,确定最佳的整形修剪方式和程度,为文冠果修剪技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及试验材料

试验地位于内蒙古自治区赤峰市的阿鲁科尔沁旗,地理坐标为 $43^\circ 21' 43'' \sim 45^\circ 24' 20''$ N, $119^\circ 02' 15'' \sim 121^\circ 01' E$ 。阿鲁科尔沁旗平均海拔 430 m,年平均气温 $5.5^\circ C$,年日照率 68%,年平均积温 $2\ 900 \sim 3\ 400^\circ C$,是典型的温带大陆型气候。年均降雨量 $300 \sim 400$ mm,夏季降水集中,湿润度为

0.32,冬春以西风、西北风为主,夏秋以南风、东南风为主,年可利用的风能 176 d。土壤以栗钙土为主,有机质平均含量为 2.9%,无霜期 95~140 d。试验对象为 2010 年栽植的实生文冠果苗,2014 年 3 月已进入结果期,林分平均胸径 9.6 cm,平均树高 1.61 m,平均冠幅 1.59 m(南北方向),整地方式为水平带状,株行距为 2 m×2 m。

1.2 试验设计

试验于 2014-12-01(文冠果休眠期)进行。选取同一试验地中生长势、生长方向、树冠位置、负载量、花型、果型一致,无病虫害的 4 年生文冠果树 60 株,拉枝、短截、刻芽每处理 20 株。其中拉枝是将长势、生长方向、与主干形成角度一致的 1 年生枝条从自然角度 30°进行侧拉,分别拉至 45°,60°,90°(与主干形成的角度),以不拉枝枝条为对照 1(CK1);刻芽设单刻芽(用芽接刀在每个芽体上方 5 mm 处横切,长为枝条粗的 1/3 左右,深度达木质部)、环刻芽(从下往上每 2 个芽环刻一圈,每个枝条共环刻 3 道)2 种处理;短截处理分为轻短截(截去枝条顶部至 1/4 处)、中短截(截去枝条顶部至 1/2 处)和重短截(截去枝条顶部至 2/3 处)。由于没有顶芽,轻短截和中短截处理只能取中部和下部芽,重短截只能取下部芽。以不刻芽和不短截枝条为对照 2(CK2)。采用完全随机区组设计,每处理 20 次重复,10 次重复用于取样测定内源激素含量,10 次重复用于调查新梢生长情况。

2015-04-01,芽刚开始膨大,从枝条顶端以下的第一个侧芽到最后一个侧芽平均分成 3 部分,分别为上、中、下部位的芽,采集顶芽以及 3 个部位的侧芽,先放入液氮速冻,使用冰盒带回实验室,再放入超低温冰箱保存,用于测定 IAA、ABA、GA₃、ZT 含量。

2015 年 5 月文冠果花期统计各处理枝条上的雌雄花数量,2015 年 8 月初文冠果果期统计各处理枝条上的坐果数,并调查各处理枝条的萌芽率和成枝力。

1.3 测定指标及方法

采用高效液相色谱 HPLC 法测定 IAA、ABA、GA₃、ZT 含量,根据文献[20-21]的方法对样品进行提取和分离,每个样品重复测定 3 次。

主要仪器:安捷伦高效液相色谱仪 Agilent 1100,包括真空脱气机、四元低压泵、二极管阵列检测器(DAD)、自动进样器。

色谱条件:色谱柱为安捷伦 SB-C18,250 mm×

4.60 mm,5 μm;流动相:梯度洗脱,起始洗脱液为 0.1 mol/L 的乙酸水溶液与甲醇混合(V(乙酸水溶液):V(甲醇)=97:3),40 min 后洗脱液为 0.1 mol/L 的乙酸水溶液与甲醇混合(V(乙酸水溶液):V(甲醇)=32.3:67.7);检测波长 260 nm;流速 1.0 mL/min;进样量 20 μL;柱温 30 °C。

1.4 数据分析

使用 Agilent 1100 软件对各处理内源激素含量的色谱图进行积分分析;采用 Spss18.0 软件对试验数据进行 One-way ANOVA 分析;同一因素不同水平之间的差异显著性经 Lecene 检验满足方差齐性等方差分析的前提条件后,采用 Duncan 检验(检验水平为 $P<0.05$)。采用 Excel 2010 软件进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 整形修剪对文冠果枝条各部位芽内源激素分布的影响

2.1.1 拉枝 文冠果不同拉枝处理枝条各部位芽内源激素含量的变化如表 1 所示。由表 1 可知,随着拉枝角度的增大,顶部和上部芽的生长促进激素(GA₃、IAA 和 ZT)含量逐渐减少,生长抑制激素(ABA)含量逐渐增多;下部芽总体呈相反趋势。60°拉枝枝条处理从顶部芽到下部芽的 GA₃、IAA 和 ZT 含量逐渐增加,但 ABA 含量逐渐减少。对比各处理和 CK1 后发现,60°拉枝枝条中部芽的 IAA 和 ZT 含量分别为 261.02,172.91 ng/g,显著高于 CK1($P<0.05$),ABA 含量为 124.06 ng/g,显著低于 45°拉枝枝条和 CK1($P<0.05$)。60°拉枝枝条下部芽 GA₃、IAA、ZT 含量分别为 1 858.33,312.17,181.84 ng/g,显著高于 45°拉枝枝条和 CK1($P<0.05$),ABA 含量为 122.16 ng/g,显著低于 45°拉枝枝条和 CK1($P<0.05$)。

2.1.2 刻芽 文冠果不同刻芽处理枝条各部位芽内源激素含量变化如表 2 所示。由表 2 可知,3 个刻芽处理中,单刻芽处理枝条的上、中、下部芽的生长促进激素(GA₃、IAA、ZT)最高,生长抑制激素(ABA)含量最低。4 个部位中,单刻芽和环刻芽处理枝条 GA₃、IAA 含量从大到小排序为上部>中部>下部>顶部,而 ABA 和 ZT 含量表现为顶部<上部<中部<下部。单刻芽处理枝条顶部芽 GA₃ 和 ZT 含量显著低于 CK2,但显著高于环刻芽处理;IAA 含量显著低于 CK2,但与环刻芽处理差异不显著;ABA 含量与 CK2 和环刻芽处理差异均不显著。

单刻芽处理枝条下部芽的 GA_3 、IAA、ZT 含量分别 ($P < 0.05$), ABA 含量最低, 为 183.12 ng/g, 显著为 2 139.94, 323.82, 282.98 ng/g, 均显著高于 CK2 低于 CK2 ($P < 0.05$)。

表 1 文冠果不同拉枝处理枝条各部位芽内源激素含量的变化

Table 1 Endogenous hormone contents in buds of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge under different bending branch treatments

部位 Position	拉枝角度/(°) Bending branch	GA_3 含量 Content of GA_3	IAA 含量 Content of IAA	ABA 含量 Content of ABA	ZT 含量 Content of ZT
顶部 Top	CK1	2 065.55±68.47 a	337.11±11.18 a	101.46±3.36 d	216.86±10.00 a
	45	1 766.85±74.25 b	281.56±11.83 b	118.91±5.00 c	183.33±10.47 b
	60	1 198.66±36.99 c	225.92±6.97 c	162.69±5.02 b	130.75±6.02 c
	90	907.09±35.73 d	173.13±6.82 d	188.50±7.43 a	90.87±5.73 d
上部 Upper part	CK1	1 759.41±87.10 a	310.36±15.36 a	113.73±5.63 c	207.21±13.29 a
	45	1 572.48±60.01 b	269.63±10.29 b	123.37±4.71 b	185.83±8.91 b
	60	1 230.23±66.74 c	230.32±12.50 c	152.37±8.27 a	162.52±10.49 c
	90	1 091.17±65.40 c	202.64±12.15 c	178.30±10.69 a	134.65±9.88 d
中部 Central part	CK1	1 441.28±112.50 a	212.07±16.55 b	176.83±13.80 a	151.16±15.01 c
	45	1 389.54±109.10 a	238.95±18.76 ab	158.48±12.44 a	164.53±16.53 bc
	60	1 283.92±97.21 a	261.02±19.76 a	124.06±9.39 b	172.91±18.82 ab
	90	1 237.53±82.75 a	282.38±18.88 a	103.34±6.91 b	180.67±17.50 a
下部 Base part	CK1	968.65±71.04 d	189.39±13.89 d	193.09±14.16 a	91.81±9.08 d
	45	1 347.06±110.65 c	253.47±20.82 c	166.60±13.68 a	129.82±14.28 c
	60	1 858.33±164.14 b	312.17±27.57 b	122.16±10.79 b	181.84±23.5 b
	90	2 154.56±110.91 a	362.53±18.66 a	101.10±5.20 b	231.40±17.21 a

注: 同列数据后标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 标不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下表同。

Note: Different lowercase letters in each column indicate significant difference ($P < 0.05$), and different capital letters indicate extremely significant difference ($P < 0.01$). The same below.

表 2 文冠果不同刻芽处理枝条各部位芽内源激素含量的变化

Table 2 Endogenous hormone contents in buds of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge under different notching bud treatments

部位 Position	刻芽处理 Notching bud	GA_3 含量 Content of GA_3	IAA 含量 Content of IAA	ABA 含量 Content of ABA	ZT 含量 Content of ZT
顶部 Top	CK2	2 379.23±84.12 a	356.57±12.61 a	115.11±4.07 b	154.56±5.46 a
	单刻芽 Single notching	1 664.59±84.78 b	309.89±15.78 b	136.37±6.95 ab	121.01±6.16 b
	环刻芽 Ring notching	1 421.02±104.69 c	273.09±20.12 b	165.65±17.54 a	104.00±7.66 c
上部 Upper part	CK2	1 897.18±178.38 b	315.43±29.66 b	211.44±19.88 a	145.49±13.68 b
	单刻芽 Single notching	3 010.73±349.38 a	508.61±59.02 a	151.12±24.50 a	234.31±27.19 a
	环刻芽 Ring notching	2 490.52±349.36 ab	441.31±61.90 ab	183.82±27.31 a	193.84±27.19 ab
中部 Central part	CK2	1 691.56±166.74 a	281.51±27.75 a	237.81±23.44 a	150.64±14.85 b
	单刻芽 Single notching	2 604.85±393.85 a	433.49±65.54 a	162.06±12.20 b	270.98±40.97 a
	环刻芽 Ring notching	2 150.74±408.49 a	361.31±68.62 a	193.46±25.79 b	222.65±42.29 ab
下部 Base part	CK2	1 412.79±115.70 b	204.20±16.72 b	255.32±20.91 a	161.55±13.23 b
	单刻芽 Single notching	2 139.94±319.14 a	323.82±48.29 a	183.12±36.74 b	282.98±42.20 a
	环刻芽 Ring notching	1 736.43±187.48 ab	283.90±30.65 ab	221.91±23.96 ab	232.23±25.07 ab

2.1.3 短截 文冠果不同短截处理 2 个部位芽内源激素含量的变化如表 3 所示。由表 3 可知, 随着短截强度增大, 生长促进激素 (GA_3 、IAA、ZT) 含量逐渐增加, 生长抑制激素 (ABA) 含量逐渐减少。各短截处理枝条从中部到下部芽的中短截枝条生长

促进激素 (GA_3 、IAA、ZT) 含量依次减少。中短截枝条中部芽的 GA_3 、IAA 和 ZT 含量分别为 2 580.53, 1 290.27 和 269.55 ng/g, 均显著高于 CK2; ABA 含量为 112.75 ng/g, 显著低于短截处理和 CK2 ($P < 0.05$)。中短截枝条下部芽的 GA_3 、

IAA 含量分别为 2 120.46, 1 060.23 ng/g, 均显著高于轻短截处理和 CK2; ZT 含量为 234.92 ng/g, 显著低于 CK2; ABA 含量为 133.51 ng/g, 显著低于轻短截处理和 CK2 ($P < 0.05$)。

表 3 文冠果不同短截处理枝条各部位芽内源激素含量的变化

Table 3 Endogenous hormone contents in buds of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge under different cutting back branch treatments

部位 Position	短截处理 Cutting back	GA ₃ 含量 Content of GA ₃	IAA 含量 Content of IAA	ABA 含量 Content of ABA	ZT 含量 Content of ZT
中部 Central part	CK2	1 691.56 ± 166.74 c	845.78 ± 8.41 b	167.58 ± 16.52 a	150.64 ± 14.85 c
	轻短截 Light cutting back	2 047.49 ± 60.19 b	1 023.75 ± 13.51 ab	140.47 ± 4.13 b	209.84 ± 6.17 b
	中短截 Middle cutting back	2 580.53 ± 104.63 a	1 290.27 ± 13.84 a	112.75 ± 4.57 c	269.55 ± 10.93 a
下部 Base part	CK2	1 412.79 ± 115.70 c	706.40 ± 7.32 b	181.86 ± 14.89 a	161.55 ± 13.23 c
	轻短截 Light cutting back	1 635.11 ± 64.08 c	817.55 ± 13.98 b	159.29 ± 6.24 b	209.27 ± 8.2 b
	中短截 Middle cutting back	2 120.46 ± 134.94 b	1 060.23 ± 12.53 a	133.51 ± 8.50 c	234.92 ± 14.95 b
	重短截 Heavy cutting back	2 655.46 ± 122.07 a	1 327.73 ± 19.42 a	105.19 ± 4.84 d	279.65 ± 12.86 a

2.2 整形修剪对文冠果枝条各部位芽内源激素平衡的影响

2.2.1 拉枝 文冠果不同拉枝处理不同部位芽的 GA₃/ABA 和 ZT/IAA 变化如表 4 所示。由表 4 可知,随着拉枝角度的增大,顶部和上部芽的 GA₃/ABA 逐渐减小,中部和下部芽则呈相反趋势;顶部和中部芽的 ZT/IAA 逐渐减小,下部芽的 ZT/IAA

值逐渐增大。对比发现,60°拉枝枝条中部和下部芽 GA₃/ABA 分别为 10.36, 15.22, 均显著高于 45°拉枝枝条和 CK1 ($P < 0.05$); 60°拉枝枝条中部芽 ZT/IAA 值为 0.66, 显著低于 45°拉枝枝条和 CK1 ($P < 0.05$), 下部芽的 ZT/IAA 值为 0.58, 显著高于 45°拉枝枝条和 CK1 ($P < 0.05$)。

表 4 文冠果不同拉枝处理枝条各部位芽 GA₃/ABA 和 ZT/IAA 的变化

Table 4 GA₃/ABA and ZT/IAA in buds of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge under different bending branch treatments

部位 Position	拉枝角度/(°) Bending branch	GA ₃ /ABA	ZT/IAA
顶部 Top	CK1	20.36 ± 0.08 a	0.64 ± 0.02 b
	45	14.86 ± 0.10 b	0.65 ± 0.01 a
	60	7.37 ± 0.08 c	0.58 ± 0.01 c
	90	4.81 ± 0.08 d	0.52 ± 0.00 d
上部 Upper part	CK1	15.47 ± 0.07 a	0.67 ± 0.00 b
	45	12.75 ± 0.09 b	0.69 ± 0.02 a
	60	8.08 ± 0.11 c	0.71 ± 0.00 a
	90	6.12 ± 0.10 d	0.66 ± 0.00 c
中部 Central part	CK1	8.16 ± 0.04 d	0.71 ± 0.02 a
	45	8.77 ± 0.07 c	0.69 ± 0.01 b
	60	10.36 ± 0.14 b	0.66 ± 0.00 c
	90	11.98 ± 0.14 a	0.64 ± 0.00 d
下部 Base part	CK1	5.02 ± 0.03 d	0.48 ± 0.00 d
	45	8.09 ± 0.07 c	0.51 ± 0.00 c
	60	15.22 ± 0.15 b	0.58 ± 0.00 b
	90	21.32 ± 0.15 a	0.64 ± 0.00 a

2.2.2 刻芽 文冠果不同刻芽处理枝条各部位芽 GA₃/ABA 和 ZT/IAA 值的变化如表 5 所示。由表 5 可知,单刻芽和环刻芽处理枝条芽 GA₃/ABA 值从大到小排序为上部 > 中部 > 顶部 > 下部,从顶部到下部芽的 ZT/IAA 值逐渐增大。单刻芽处理枝条顶部、上部、中部、下部芽的 GA₃/ABA 值分别为 12.21, 19.94, 16.09, 11.71, ZT/IAA 值分

别为 0.39, 0.46, 0.63, 0.87, 除顶部芽外均显著高于 CK2 和环刻芽处理 ($P < 0.05$)。

2.2.3 短截 文冠果不同短截处理枝条各部位芽 GA₃/ABA 和 ZT/IAA 值的变化如表 6 所示。由表 6 可知,从中部到下部,各短截处理芽的 GA₃/ABA 值逐渐减小, ZT/IAA 逐渐增大。中短截处理中部芽的 GA₃/ABA 和 ZT/IAA 值分别为 22.89,

0.68, 显著大于轻短截处理和 CK2 ($P < 0.05$)。中短截枝条下部芽的 GA_3/ABA 值为 15.89, 显著大于轻短截处理和 CK2, 但显著小于重短截处理 ($P < 0.05$)。

表 5 文冠果不同刻芽处理枝条各部位芽 GA_3/ABA 和 ZT/IAA 的变化

Table 5 GA_3/ABA and ZT/IAA in buds of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge under different notching branch treatments

部位 Position	刻芽处理 Notching bud	GA_3/ABA	ZT/IAA
顶部 Top	CK2	20.67±0.06 a	0.43±0.01 a
	单刻芽 Single notching	12.21±0.09 b	0.39±0.00 b
	环刻芽 Ring notching	8.59±0.10 c	0.38±0.00 c
上部 Upper part	CK2	8.98±0.09 c	0.46±0.01 a
	单刻芽 Single notching	19.94±0.19 a	0.46±0.01 a
	环刻芽 Ring notching	13.57±0.16 b	0.44±0.01 b
中部 Central part	CK2	7.12±0.08 c	0.54±0.02 c
	单刻芽 Single notching	16.09±0.21 a	0.63±0.02 a
	环刻芽 Ring notching	11.12±0.23 b	0.62±0.02 b
下部 Base part	CK2	5.53±0.07 c	0.79±0.02 c
	单刻芽 Single notching	11.71±0.20 a	0.87±0.03 a
	环刻芽 Ring notching	7.83±0.10 b	0.82±0.03 b

表 6 文冠果不同短截处理枝条各部位芽 GA_3/ABA 和 ZT/IAA 的变化

Table 6 GA_3/ABA and ZT/IAA in buds of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge under different notching branch treatments

部位 Position	短截处理 Cutting back	GA_3/ABA	ZT/IAA
中部 Central part	CK2	7.12±0.08 c	0.54±0.01 c
	轻短截 Light cutting back	14.58±0.04 b	0.64±0.02 b
	中短截 Middle cutting back	22.89±0.07 a	0.68±0.02 a
下部 Base part	CK2	5.53±0.07 d	0.79±0.03 a
	轻短截 Light cutting back	10.27±0.06 c	0.76±0.01 b
	中短截 Middle cutting back	15.89±0.10 b	0.71±0.02 c
	重短截 Heavy cutting back	25.25±0.07 a	0.69±0.02 d

2.3 整形修剪对文冠果枝条生长发育和坐果的影响

率、新梢长度、新梢顶端直径和基部直径、单枝可孕花数、单枝坐果数统计结果如表 7 所示。

文冠果 1 年生枝条拉枝、刻芽、短截处理的萌芽

表 7 拉枝、刻芽、短截对文冠果枝条生长发育和坐果的影响

Table 7 Effect of bending branch, bud notching and cutting back on branch growth and fruit setting of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge

处理 Treatment	萌芽率/% Germination rate	新梢长度/cm New shoot length	新梢顶端直径/mm New shoot top diameter	新梢基部直径/mm New shoot basal diameter	单枝可孕花数 Fertile florets number	单枝坐果数 Fruitlet number
CK1	65.37±2.39 b	17.56±2.26 a	3.37±0.08 b	4.32±0.16 b	19.33±2.49 b	0.56±0.18 b
拉枝 45° Branch-bending to 45°	65.90±2.49 b	21.78±3.51 a	3.42±0.18 b	4.15±0.36 b	21.56±1.80 b	0.56±0.18 b
拉枝 60° Branch-bending to 60°	78.62±3.12 a	18.89±2.10 a	4.19±0.15 a	5.37±0.33 a	28.44±2.03 a	1.33±0.17 a
拉枝 90° Branch-bending to 90°	77.91±3.59 a	17.44±2.00 a	3.93±0.24 a	4.81±0.22 ab	23.89±1.38 ab	0.89±0.20 ab
CK2	57.89±4.40 b	17.78±2.64 a	3.18±0.11 b	3.89±0.18 b	14.67±1.40 b	0.56±0.18 b
单刻芽 Single notching	73.35±2.07 a	24.67±2.53 a	3.94±0.13 a	4.97±0.24 a	21.78±2.39 a	1.44±0.24 a
环刻芽 Ring notching	60.30±2.95 b	17.78±2.64 a	3.18±0.16 b	4.40±0.38 ab	14.33±1.49 b	0.67±0.17 b
CK2	57.89±4.40 b	17.78±2.64 b	3.18±0.11 b	3.89±0.18 b	14.67±1.40 a	0.56±0.18 a
轻短截 Light cutting back	61.80±4.34 b	20.89±1.33 b	3.22±0.12 b	3.97±0.21 b	13.00±2.57 a	0.56±0.18 a
中短截 Middle cutting back	64.07±3.62 b	29.33±1.13 a	4.18±0.40 a	5.69±0.30 a	19.11±1.82 a	1.22±0.28 a
重短截 Heavy cutting back	85.19±5.86 a	29.56±3.93 a	4.40±0.39 a	5.26±0.35 a	17.33±2.09 a	0.78±0.22 a

由表 7 可知, 单刻芽处理枝条的萌芽率达到 73.35%, 单枝可孕花数达到 21.78, 单枝坐果数达

到 1.44, 都显著大于环刻芽处理和 CK2 ($P < 0.05$), 新梢基部直径达到 4.97 mm, 显著大于 CK2 ($P <$

0.05)。中短截处理新梢长度达到 29.33 cm,新梢顶端直径和基部直径分别达到 4.18,5.69 mm,均显著高于轻短截处理和 CK2($P < 0.05$),中短截处理与重短截处理的新梢长度、新梢顶端直径和基部直径均无显著差异($P > 0.05$)。60°拉枝枝条的萌芽率达到 78.62%,新梢顶端直径和基部直径分别达到 4.19,5.37 mm,单枝可孕花数达到 28.44,单枝坐果数达到 1.33,均显著高于 CK1 和 45°拉枝枝条($P < 0.05$),但与 90°拉枝枝条之间均无显著差异($P > 0.05$)。

3 结论与讨论

3.1 拉枝对内源激素含量及激素平衡的影响

本研究发现,拉枝处理对枝条各部位芽的内源激素有显著影响。通过拉枝,文冠果同一枝条不同部位芽的内源激素进行了重新分配,拉枝 60°和 90°均可以有效地削弱枝条的顶端优势,避免枝条基部光秃,并且两者之间没有显著差异,但通过实际试验发现,文冠果目前各种管理措施跟不上,但在拉枝 90°时,文冠果枝条木质部容易受损,枝条也易老化,不利于长期发展。鉴于以上结论,可确定文冠果的最佳拉枝角度是 60°。有研究发现,在苹果、核桃等果树上都可以通过拉枝来削弱顶端优势,调节内源激素的含量及分布;随着拉枝角度的增大,核桃上部芽的 GA_3 、IAA、ZT 含量逐渐减少,中部和基部芽的 GA_3 、IAA、ZT 含量逐渐增加,ABA 含量则呈相反趋势,中部和基部芽的 GA_3 /ABA、ZT/IAA 值逐渐增大;在同一部位,苹果随着拉枝角度的增大, GA_3 、IAA、ZT 含量逐渐增加,ABA 含量逐渐减少^[22-24]。以上结果和本试验的研究结果一致。这可能是由于拉枝使茎顶端组织合成的 IAA 和 GA_3 通过韧皮部筛管积累于枝条侧芽中,同时拉枝降低了枝条重力势,使根部合成的 ZT 随蒸腾流运输的速度减小,从而使这些促进生长的内源激素积累于侧芽,使枝条内源激素进行重新分配,削弱其顶端优势^[9,11]。

3.2 刻芽对内源激素含量及激素平衡的影响

本研究发现,刻芽处理对枝条各部位芽的内源激素有显著影响,刻芽使枝条内源激素重新分配,有效地削弱顶端优势,适合文冠果的最佳刻芽方式为单刻芽。有研究表明,刻芽可以有效提高核桃和甜櫻桃的生长促进激素含量以及 GA_3 /IAA、ZT/IAA 值^[5,24]。刻芽主要是通过改变芽体内 GA_3 /ABA 值来提高枝条萌芽率^[12]。 GA_3 还有利于 IAA 的积累,可促进枝条的快速生长^[14,25]。刻芽还可以打破

龙眼顶端优势,促进其侧芽萌发^[26]。本试验结果表明,刻芽处理后由于韧皮部受到损伤,阻断了内源激素的运输,使内源激素积累增加,为其侧芽提供更多的营养,提高了生长促进激素含量,降低了生长抑制激素含量,有效提高 GA_3 /ABA 值,从而提高了萌芽率和成枝力。

3.3 短截对内源激素含量及激素平衡的影响

本研究中,短截处理对枝条各部位芽的内源激素含量均有显著影响,短截处理促进枝条内源激素重新分配,削弱顶端优势。虽然随着短截程度的增强,生长促进激素含量逐渐增多,生长抑制激素含量逐渐减少,但是中短截与重短截处理对文冠果枝条生长和坐果的影响无显著差异,并且在生产上短截程度过重对母枝的削弱作用也就越大,这样容易造成剪口萌发旺枝,不易形成良好树形,也会导致进入结果时间较晚^[15,19]。所以中短截是文冠果最佳短截程度。前人通过对苹果枝条进行短截来抑制其顶端生长,且研究结果与本试验结论基本一致,即生长促进激素含量随着短截程度的增大逐渐增多^[27]。此外,前人发现短截也可以打破龙眼的顶端优势,促进侧芽萌发^[26,28]。

3.4 整形修剪对枝条生长发育和坐果的影响

本研究中,拉枝、刻芽、短截可以有效提高萌芽率、新梢长度、新梢顶端直径和基部直径。新梢长度是一个重要的指标,以上 3 种整形修剪方式可以改变 IAA 和 GA_3 含量,而这 2 种内源激素不仅可以促进枝条的加长生长和加粗生长^[29],还可以改变芽体内 GA_3 /ABA 值,进而提高萌芽率^[12]。单刻芽、拉枝 60°、中短截的 IAA 和 GA_3 含量都比较高,萌芽率、新梢长度、新梢顶端直径和基部直径也比较高,所以本试验结果表明,最佳刻芽方式是单刻芽,最佳拉枝角度为 60°,最佳短截程度为中短截。

本研究结果表明,拉枝、刻芽和短截都可以有效促进内源激素重新分配,打破原有的激素平衡,削弱顶端优势,促进侧芽的营养积累,这可以为文冠果的整形修剪提供理论依据。此外,本研究调查发现,由于长期疏于生长管理,目前我国文冠果顶端优势、大小年现象非常严重,绝大部分的枝条甚至只有顶芽结果,因此目前对文冠果进行整形修剪,消除顶端优势是急需解决的问题。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国商业部. 中国经济植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1961.

- Ministry of Commerce. Economic flora of China [M]. Beijing: Science Press, 1961.
- [2] 程 冉. 文冠果的引种、快繁及优质丰产栽培技术体系研究 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2004.
Cheng R. Studies on *Xanthoceras sorbifolia* Bunge for introduction and rapid propagation and high yield [D]. Tai'an, Shandong: Shandong Agriculture University, 2004.
- [3] 马利苹, 王力华, 阴黎明, 等. 乌丹地区文冠果生物学特性及物候观测 [J]. 应用生态学报, 2008(12): 2583-2587.
Ma L P, Wang L H, Yin L M, et al. Biology and phenology of *Xanthoceras sorbifolia* Wudan area [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008(12): 2583-2587.
- [4] 于海燕, 牟洪香. 文冠果: 理想的生物柴油木本原料 [J]. 中国石化, 2007(7): 34-35.
Yu H Y, Mou H X. *Xanthoceras sorbifolia* Bunge: ideal biodiesel woody raw [J]. Sinopec Monthly, 2007(7): 34-35.
- [5] 刘丙花. 甜樱桃 (*Prunus avium* L.) 果实发育和萌芽与内源激素关系研究 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2008.
Liu B H. Study on the relation of the fruit growth and development, germination of sweet cherry (*Prunus avium* L.) and the endogenous hormones [D]. Tai'an, Shandong: Shandong Agriculture University, 2008.
- [6] 曹尚银, 汤一卒, 江爱华. GA₃ 和 PP₃₃₃ 调控苹果花芽孕育机理的研究 [J]. 园艺学报, 2001, 28(4): 339-341.
Cao S Y, Tang Y Z, Jiang A H. Effects of GA₃ and PP₃₃₃ on the apple flower bud differentiation course and contents of endogenous hormone [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28(4): 339-341.
- [7] Kovaleva L V, Zakharova E V, Minkina Y V, et al. Germination and *in vitro* growth of petunia male gametophyte are affected by exogenous hormones and involve the changes in the endogenous hormone level [J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2005, 52(4): 521-526.
- [8] 辛培刚. 论果树整形修剪的改进与深化 [J]. 落叶果树, 2001(2): 12-15.
Xin P G. Improving and deepening of pruning of fruit trees [J]. Deciduous Fruits, 2001(2): 12-15.
- [9] Cameron R, Harrison-Murray R, Fordham M, et al. Rooting cuttings of *Syringa vulgaris* cv. Charles Joly and *Corylus avellana* cv. Aurea; the influence of stock plant pruning and shoot growth [J]. Trees, 2003, 17(5): 451-462.
- [10] 刘丙花, 姜远茂, 彭福田, 等. 甜樱桃果实发育过程中激素含量的变化 [J]. 园艺学报, 2007, 34(6): 1535-1538.
Liu B H, Jiang Y M, Peng F T, et al. The dynamic changes of endogenous hormones in sweet cherry (*Prunus avium* L.) Pulp [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34(6): 1535-1538.
- [11] 科贝尔. 果树栽培生理学基础 [M]. 北京: 科学出版社, 1966.
Ke B E. Physiology in fruit farming [M]. Beijing: Science Press, 1966.
- [12] 牛自勉, 陈敏克, 孙俊宝, 等. 刻芽对苹果枝条内源激素及萌芽成枝的影响 [J]. 果树科学, 1998(3): 198-202.
Niu Z M, Chen M K, Sun J B, et al. Effects of bud notching on the endogenous hormones contents and shoots sprouting of apple trees [J]. Journal of Fruit Science, 1998(3): 198-202.
- [13] 朱振家, 姜成英, 史艳虎, 等. 油橄榄成花诱导与花芽分化期间侧芽内源激素含量变化 [J]. 林业科学, 2015(11): 32-39.
Zhu Z J, Jiang C Y, Shi Y H, et al. Variations of endogenous hormones in lateral buds of olive trees (*Olea europaea*) during floral induction and flower-bud differentiation [J]. Sinentia Silvae Sinicae, 2015(11): 32-39.
- [14] 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, 2012, 25(3): 321-325.
- [15] 彭 磊, 高小俊, 龙雯虹, 等. 短截后芒果花芽分化期间 ABA 含量的变化 [J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2011, 26(3): 434-436.
Peng L, Gao X J, Long W H, et al. Changes of ABA contents in Mango during floral differentiation after heading-back [J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2011, 26(3): 434-436.
- [16] 艾沙江·买买提, 杨 清, 王晶晶, 等. 短截、拉枝、刻芽对苹果枝条不同部位芽激素含量的影响 [J]. 园艺学报, 2013(8): 1437-1444.
Maimaiti A S J, Yang Q, Wang J J, et al. Effects of cutting back, branch-bending and bud-notching treatments on endogenous hormones in the buds of Fuji apple [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2013(8): 1437-1444.
- [17] 蔡 龙. 提高中国特有能源树种文冠果座果率的技术研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
Cai L. The technological study for improving the fruit rate of *Xanthoceras sorbifolia*, a unique Chinese energy species [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2012.
- [18] 张 燕, 郭晋平, 张芸香. 文冠果落花落果成因及保花保果技术研究进展 [J]. 经济林研究, 2012(4): 180-184.
Zhang Y, Guo J P, Zhang Y X. Advances in research on drop cause and retention techniques in *Xanthoceras sorbifolia* [J]. Nonwood Forest Research, 2012(4): 180-184.
- [19] 郭冬梅, 郭军战, 张欣欣. 文冠果开花结实规律研究 [J]. 北方园艺, 2013(6): 21-23.
Guo D M, Guo J Z, Zhang X X. Study on the regularity of the blooming and seed bearing of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. Northern Horticulture, 2013(6): 21-23.
- [20] 陈雪梅, 王沙生. HPLC 法定量分析植物组织中 ABA, IAA 和 NAA [J]. 植物生理学通讯, 1992(5): 368-371.
Chen X M, Wang S S. Quantitative analysis of ABA, IAA and NAA in plant tissues by HPLC [J]. Plant Physiology Communications, 1992(5): 368-371.