

# 不同修剪措施对薄壳山核桃枝条生长及枝条和叶片碳氮代谢物积累的影响

张翔<sup>1</sup>, 翟敏<sup>2</sup>, 徐迎春<sup>1,①</sup>, 李永荣<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095; 2. 南京绿宙薄壳山核桃科技有限公司, 江苏 南京 210007)

**摘要:**以薄壳山核桃品种‘马罕’(*Carya illinoensis* ‘Mahan’)的5年生嫁接苗为实验材料,研究枝条短截(1/4、1/3和1/2短截)以及枝条和主干的环剥和环割对其枝条生长及枝条和叶片中碳氮代谢物积累的影响。结果显示:经不同程度短截处理后,枝条萌芽率均显著高于对照(未经任何修剪),新枝的数量、长度和直径也均不同程度高于对照,而比叶质量及叶绿素含量总体上与对照无显著差异;经1/2和1/3短截处理后,长度0~10 cm和30 cm以上的新枝比例明显提高;枝条和叶片中可溶性糖含量和C/N比均高于对照、全N含量均低于对照,枝条中淀粉含量低于对照而叶片中淀粉含量高于对照。经枝条环剥和环割处理后,枝条萌芽率和比叶质量均高于对照但无显著差异,枝条平均长度增长量和叶绿素含量均显著低于对照、枝条平均直径增长量均显著高于对照;枝条和叶片中可溶性糖和淀粉含量以及C/N比均高于对照,全N含量均低于对照。经主干环剥和环割处理后,枝条的萌芽率和平均直径增长量以及比叶质量均显著高于对照,枝条平均长度增长量和叶绿素含量均显著低于对照;枝条和叶片中可溶性糖和淀粉含量以及C/N比均高于对照,枝条中全N含量高于对照而叶片中全N含量则低于对照。此外,品种‘马罕’的结果枝长度为0~30 cm,其中长度0~10 cm的结果枝数量最多。研究结果表明:不同短截措施均能提高薄壳山核桃的萌芽率、促进新枝伸长和增粗;而枝条和主干的环剥和环割处理对枝条萌芽率无明显促进作用,但有利于枝条增粗;不同修剪措施总体上有利于其叶片及枝条中碳水化合物的合成和积累。总体上,1/3短截及枝条和主干的适度环剥可促进品种‘马罕’结果枝的形成。

**关键词:**薄壳山核桃;修剪措施;萌芽率;结果枝生长;比叶质量;碳氮代谢物积累

中图分类号: S605+.1; S664.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2014)03-0086-08

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.03.12

**Effect of different pruning measures on branch growth and carbon-nitrogen metabolite accumulation in branch and leaf of *Carya illinoensis*** ZHANG Xiang<sup>1</sup>, ZHAI Min<sup>2</sup>, XU Yingchun<sup>1,①</sup>, LI Yongrong<sup>2</sup> (1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Nanjing Green Universe Pecan Science & Technology Co., Ltd., Nanjing 210007, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2014, 23(3): 86-93

**Abstract:** Taking 5-year-old grafted seedling of *Carya illinoensis* ‘Mahan’ as experimental materials, effects of short-cutting (1/4, 1/3 and 1/2 short-cuttings), girdling and ringing of branch and trunk on branch growth and carbon-nitrogen metabolite accumulation in branch and leaf were researched. The results show that after short-cutting treatment with different degrees, sprouting rate of branch is significantly higher than that of the control (no pruning), number, length and diameter of new branch are higher than those of the control with different degrees, while there is generally no significant difference in specific leaf weight and chlorophyll content between short-cutting treatment and the control. After 1/2 and 1/3 short-cuttings, proportion of new branch with length of 0-10 cm and over 30 cm obviously increases, soluble sugar content and C/N ratio in branch and leaf are higher and total N content is lower than those of the control, and starch content in branch is lower and that in leaf is higher than that

收稿日期: 2014-01-24

基金项目: 中央财政林业科技推广示范基金项目([2012]TK28)

作者简介: 张翔(1989—),男,安徽六安人,硕士研究生,主要研究方向为园林植物栽培生理。

①通信作者 E-mail: xyc@njau.edu.cn

of the control. After girdling and ringing treatments of branch, sprouting rate of branch and specific leaf weight are higher than those of the control with no significant difference, average length increment of branch and chlorophyll content are significantly lower and average diameter increment of branch is significantly higher than those of the control, soluble sugar and starch contents and C/N ratio in branch and leaf are higher and total N content is lower than those of the control. After girdling and ringing treatments of trunk, sprouting rate and average diameter increment of branch and specific leaf weight are significantly higher while average length increment of branch and chlorophyll content are significantly lower than those of the control, soluble sugar and starch contents and C/N ratio in branch and leaf are higher than those of the control, and total N content in branch is higher while that in leaf is lower than that of the control. Moreover, length of fruiting branch of cultivar 'Mahan' is 0–30 cm, in which number of fruiting branch with length of 0–10 cm is the most. It is suggested that different short-cutting measures all can enhance sprouting rate, promote new branch elongation and its diameter increasing, while girdling and ringing treatments of branch and trunk have no obvious promotion effect on branch sprouting rate but are benefit to its diameter increasing. Different short-cutting measures are generally benefit to synthesis and accumulation of carbohydrate in branch and leaf. In general, 1/3 short-cutting and proper girdling of branch and trunk can promote fruiting branch formation of cultivar 'Mahan'.

**Key words:** *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch; pruning measure; sprouting rate; fruiting branch growth; specific leaf weight; carbon-nitrogen metabolite accumulation

薄壳山核桃[*Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch]又名美国山核桃、长山核桃,是胡桃科(Juglandaceae)山核桃属(*Carya* Nutt.)落叶乔木;为世界著名的高档干果、食用油料、木材和庭园绿化树种;其果仁富含不饱和脂肪酸,具有很高的营养价值,是理想的保健食品和糖果副食品添加材料,经济价值较高、市场前景广阔。薄壳山核桃引入中国已有100多年的历史,目前其主要产区在长江流域,其中,江苏(主要集中在南京周边地区)、云南和浙江都有数百公顷的种植面积。长期以来,在薄壳山核桃的种植过程中多采用粗放管理,导致结果晚和产量低等问题<sup>[1]</sup>。

作者的田间观察结果表明:薄壳山核桃树体的顶端优势十分明显,营养枝的伸长生长占优势,下部侧芽萌发率较低,常造成幼树营养枝下部光秃;只有当营养枝生长至一定长度后由于自然下垂的作用使其丧失顶端优势,营养枝上部的侧芽才能萌发成短枝,进而由短枝上的顶芽发育形成雌花芽并结果。在果树种植过程中,枝条短截以及枝条和主干的环剥、环割等修剪措施均可调节果树的营养生长与生殖生长平衡、促进侧芽萌发、控制树体过旺生长、提高中短枝的数量和质量,从而促进树体养分积累及花芽形成,使果树提早开花结果<sup>[2]</sup>。但是目前有关薄壳山核桃修剪技术的研究较少;而在原产地多采用机械进行短截修剪,十分粗放<sup>[3]</sup>,缺乏根据树体枝条发育特点及结果枝习性进行精细修剪措施的研究。因此,迫切需要研究适合中国引种区薄壳山核桃早实丰产的修剪

技术。

作者以薄壳山核桃品种‘马罕’(‘Mahan’)为实验材料,采用短截、环剥和环割等修剪手段,结合结果枝生物学特性的观察结果,对薄壳山核桃枝条的生长状况进行研究,并测定了叶片中碳氮代谢物含量,摸索出有利于薄壳山核桃结果枝形成的修剪措施,为其早实丰产修剪技术体系的建立提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试薄壳山核桃品种‘马罕’5年生植株均为嫁接苗,砧木为自然混杂结实的种子培育出的实生苗,由南京绿宙薄壳山核桃科技有限公司提供;实验于2012年12月至2013年10月在该公司的南京六合区山北村生产基地进行。

### 1.2 方法

1.2.1 短截处理方法 选取12棵高度长势相近的植株,采用单株小区法,于2012年12月底对全株所有中长枝(长度50~110 cm)分别进行短截1/4、1/3、1/2和不短截(对照)4种处理,编号挂牌。每处理3株,视为3次重复。于2013年4月统计萌芽数并计算萌芽率,5月统计新萌发枝条的数量并测量其长度和直径;于10月下旬采集剪口下枝条及顶芽以下第2至第4节位之间羽状复叶的第3对叶片,以单株为单位混合取样。所有枝条样品于105℃杀青0.5 h,然

后在 80 °C 条件下干燥至恒质量;叶片样品分为 2 部分,一部分鲜样直接用于叶绿素含量测定,其余叶片与枝条样品同样干燥处理至恒质量。枝条及叶片烘干后粉碎成粉末,分别用于测定枝条及叶片的可溶性糖、淀粉和全 N 含量,并计算 C/N 比。

**1.2.2 环剥和环割处理方法** 于 2013 年 3 月进行环剥和环割处理。共设置 4 个处理。1) 枝条环剥处理:选植株中上部角度较直立的 10 个旺枝进行环剥,环剥宽度为 2 mm,深度达木质部但不伤及木质部,单株小区,共处理 5 株。2) 枝条环割处理:选植株中上部角度较直立的 10 个旺枝进行环割,环割部位位于枝条基部,刻伤枝条一圈,深度达木质部但不伤及木质部,单株小区,共处理 5 株。3) 主干环剥处理:环剥部位距地面 25 cm,环剥宽度为主干直径的 1/10,深度达木质部但不伤及木质部,单株小区,共处理 10 株。4) 主干环割处理:环割部位距地面 25 cm,刻伤主干一圈,深度达木质部但不伤及木质部,单株小区,共处理 10 株。另外选择 5 株不作任何处理的植株作为对照。每株视为 1 次重复。

在枝条环剥和环割处理前先测量处理枝条的长度和直径;主干环剥和环割处理前选择树体中上部 10 支长势相近的枝条,测量枝条的长度和直径,处理后在 5 月份统计以上枝条的萌芽数并计算萌芽率,10 月份新梢停止伸长后测量枝条的长度和直径。采集树冠中上部东、西、南、北 4 个方向上长势相近的枝条及顶芽以下第 2 至第 4 节位之间羽状复叶的第 3 对叶片,以单株为单位混合取样;所有枝条样品于 105 °C 杀青 0.5 h,然后在 80 °C 条件下干燥至恒质量;叶片样品分为 2 部分,一部分鲜样直接用于叶绿素含量测定,其余叶片与枝条样品同样干燥处理至恒质量。枝条及叶片烘干后粉碎成粉末,分别用于测定枝条和叶片的可溶性糖、淀粉和全 N 含量,并计算 C/N 比。

**1.2.3 结果枝形态指标调查** 选取 10 株高度长势相近的 6 年生植株,于 2013 年 5 月上旬进行结果枝形态特征调查。在每一样株树冠的东、南、西、北 4 个方位随机选取 4 支结果枝,调查结果枝长度、直径和雌花芽着生的位置以及结果枝角度,并调查结果枝所在母枝的长度、直径和雌花枝所处的位置以及母枝的角度等指标。

**1.2.4 生长指标及营养成分测定方法** 枝条长度即为枝条的全长,用卷尺测量。用电子游标卡尺测量枝条基部的直径,即为枝条直径。用电子游标卡尺测量

枝条 2 个节点之间的长度,即为节间长。用量角器测量枝条与水平面的夹角,即为枝条角度。取新鲜叶片,用直径 0.7 cm 打孔器取叶圆片 15 片,置于 105 °C 杀青 0.5 h,并在 80 °C 条件下干燥至恒质量,称量干质量,然后根据 15 个叶圆片的总面积计算比叶质量 (SLW, specific leaf weight)。采用体积分数 95% 乙醇提取法<sup>[4]134-137</sup> 测定叶绿素含量;采用蒽酮比色法<sup>[4]195-197</sup>测定可溶性糖和淀粉含量;参照文献<sup>[5]</sup>的方法测定全 N 含量,取待测样品粉末,用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮,用 ICP-AES 流动分析仪(美国 Thermo Elemental 公司)测定全 N 含量。

### 1.3 数据分析

按照下列公式计算萌芽率、枝条平均长度增长量、枝条平均直径增长量、比叶质量和叶片 C/N 比:萌芽率 = (处理枝条的萌芽数/整株枝条总芽数) × 100%;枝条平均长度增长量 = 处理后枝条平均长度 - 处理前枝条平均长度;枝条平均直径增长量 = 处理后枝条平均直径 - 处理前枝条平均直径;比叶质量 = 叶片总干质量/叶片总面积;C/N 比 = (可溶性糖含量 + 淀粉含量)/全 N 含量。

采用 SPSS 20.0 统计分析软件对测定数据进行方差分析,采用 EXCEL 2010 软件作图。

## 2 结果和分析

### 2.1 枝条短截对薄壳山核桃生长及碳氮代谢物积累的影响

**2.1.1 对新枝生长及叶片特性的影响** 经不同短截处理后薄壳山核桃的枝条萌芽率、新枝生长指标以及叶片比叶质量和叶绿素含量见表 1。

由表 1 可知:采用不同程度的短截处理后,薄壳山核桃枝条萌芽率均显著高于对照,其中经 1/2 短截处理后枝条萌芽率最高,经 1/3 短截和 1/4 短截处理后枝条萌芽率间无显著差异。随着短截程度的增加,新枝平均长度逐渐增长;新枝平均直径以 1/2 短截处理组最大,明显大于 1/4 短截和 1/3 短截处理组及对照组;新枝平均数量以 1/3 短截处理组最多,其后 1/4 短截处理组、1/2 短截处理组、对照组依次递减。实验结果表明:短截处理可明显提高薄壳山核桃枝条萌芽率,使新枝数量增多,并促进新枝伸长和增粗;轻短截(1/4 短截和 1/3 短截)处理有利于新枝数量增加,而重短截(1/2 短截)处理则有利于新枝生长。

表1 不同短截处理对薄壳山核桃枝条萌芽率、新枝生长指标和叶片性状的影响( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>Table 1 Effect of different short-cutting treatments on sprouting rate of branch, growth index of new branch and leaf trait of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>

处理 Treatment	枝条萌芽率/% Sprouting rate of branch	新枝生长指标 Growth index of new branch			比叶质量/ $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ Specific leaf weight	叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Chlorophyll content
		平均长度/cm Average length	平均直径/mm Average diameter	平均数量 Average number		
		不短截 No short-cutting(CK)	61.7±2.1c	35.9±21.0		
1/4 短截 1/4 short-cutting	70.0±6.5b	41.8±32.1	7.3±2.1	3.8	7.80±0.31b	1.66±0.05a
1/3 短截 1/3 short-cutting	74.9±3.8ab	44.7±42.7	7.2±4.6	4.1	8.30±0.57b	1.77±0.08a
1/2 短截 1/2 short-cutting	80.5±2.4a	53.5±47.3	9.0±4.0	3.4	10.86±0.89a	1.75±0.20a

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ).

由表1还可以看出:经1/2短截处理后薄壳山核桃新枝叶片的比叶质量显著高于其他处理,而其他处理组(包括对照组)间的比叶质量差异不显著;各处理组叶片的叶绿素含量均高于对照,但各处理组间以及各处理组与对照组间均无显著差异。实验结果表明:采取短截处理措施总体上能提高叶片的比叶质量和叶绿素含量,其中重短截(1/2短截)处理的效果最佳。

2.1.2 对不同长度新枝比例及平均直径的影响 经不同短截处理后薄壳山核桃不同长度新枝比例和平均直径见表2。由表2可知:经1/2短截和1/3短截处理后,新枝中0~10 cm极短枝和30 cm以上的中长枝所占比例明显高于对照和1/4短截处理组,且平均直径也较大。经1/4短截处理后新枝中10~30 cm中短枝所占比例最高,虽然与对照组差异不明显,但明显高于1/3短截和1/2短截处理组,且经1/4短截处理后10~30 cm中短枝的平均直径也最大。经1/2短截处理后新枝中30 cm以上的中长枝比例最高,其后依次为1/3短截处理组、1/4短截处理组、对照组;经1/3短截处理后30 cm以上中长枝的平均直径最大。实验结果表明:1/2短截和1/3短截处理有利于新枝生长,表现为新枝中30 cm以上中长枝的比例增

加、直径增大。

2.1.3 对枝条及叶片碳氮代谢物含量的影响 经不同短截处理后薄壳山核桃剪口下枝条及叶片中可溶性糖、淀粉和全N含量以及C/N比见表3。

由表3可知:经不同程度短截处理后,剪口下枝条的淀粉和全N含量均低于对照,可溶性糖含量和C/N比均高于对照,且各处理组的可溶性糖和全N含量随短截程度增加逐渐降低。其中,1/4短截处理组枝条的可溶性糖含量显著高于对照,淀粉和全N含量显著低于对照;1/3短截和1/2短截处理组枝条的可溶性糖和淀粉含量与对照无显著差异,但全N含量显著低于对照。随短截程度增加,枝条的C/N比依次增大,其中,经1/2短截和1/3短截处理后枝条的C/N比较高,分别达到20.07和19.71,明显高于对照(11.84)。

经不同程度短截处理后,叶片中可溶性糖和淀粉含量以及C/N比均高于对照,而全N含量均低于对照。其中,各处理组的可溶性糖含量与对照无显著差异,淀粉含量则显著高于对照;1/4短截和1/2短截处理组叶片的全N含量与对照无显著差异,而1/3短截处理组的全N含量均显著低于对照。各处理组叶片的C/N比均大幅高于对照(2.96),其中,1/3短截处

表2 不同短截处理对薄壳山核桃不同长度新枝的比例及平均直径的影响

Table 2 Effect of different short-cutting treatments on proportion and average diameter of new branch with different lengths of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch

处理 Treatment	不同长度新枝所占比例/% Proportion of new branch with different lengths			不同长度新枝的平均直径/mm Average diameter of new branch with different lengths		
	0-10 cm	10-30 cm	>30 cm	0-10 cm	10-30 cm	>30 cm
	不短截 No short-cutting(CK)	24.3	38.6	37.1	4.1	6.1
1/4 短截 1/4 short-cutting	20.0	40.0	40.0	4.2	6.7	10.4
1/3 短截 1/3 short-cutting	32.6	24.3	43.1	4.6	6.3	14.2
1/2 短截 1/2 short-cutting	33.8	15.0	51.3	4.7	6.2	12.1

表 3 不同短截处理对薄壳山核桃修剪口下枝条及叶片碳氮代谢物含量的影响 ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>Table 3 Effect of different short-cutting treatments on content of carbon-nitrogen metabolite in branch below pruning and leaf of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>

处理 <sup>2)</sup> Treatment <sup>2)</sup>	可溶性糖含量/mg · g <sup>-1</sup> Soluble sugar content		淀粉含量/mg · g <sup>-1</sup> Starch content		全 N 含量/mg · g <sup>-1</sup> Total N content		C/N 比 C/N ratio	
	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf
CK	23.15±1.00b	28.31±2.39a	43.89±3.70a	20.83±0.05c	5.66±0.06a	16.62±0.41a	11.84	2.96
T1	30.88±2.69a	31.32±0.98a	33.15±0.19b	38.39±0.95a	4.38±0.17b	16.18±0.35ab	14.62	4.31
T2	28.59±1.37ab	31.09±0.99a	43.15±0.93a	39.54±0.56a	3.64±0.24b	13.61±1.88b	19.71	5.19
T3	27.09±1.54ab	29.67±2.55a	40.74±4.17a	32.94±1.92b	3.38±0.14c	14.36±1.03ab	20.07	4.36

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ).

<sup>2)</sup> CK: 不短截 No short-cutting; T1: 1/4 短截 1/4 short-cutting; T2: 1/3 短截 1/3 short-cutting; T3: 1/2 短截 1/2 short-cutting.

理组叶片 C/N 比最高,达 5.19。

实验结果表明:短截处理促进了枝条中可溶性糖以及叶片中可溶性糖和淀粉的积累,但导致枝条和叶片中全 N 含量降低、C/N 比增大。表明短截处理有利于薄壳山核桃枝条及叶片中碳水化合物的合成及积累,但对其氮代谢产物积累不利。

## 2.2 枝条的环剥和环割处理对薄壳山核桃生长及碳氮代谢物积累的影响

### 2.2.1 对枝条生长及叶片特性的影响

经枝条的环剥和环割处理后薄壳山核桃的枝条萌芽率、枝条生长增量以及叶片比叶质量和叶绿素含量见表 4。

由表 4 可知:经枝条环剥和环割处理后薄壳山核桃枝条的萌芽率均高于对照但无显著差异;各处理组枝条平均长度的增长量均显著低于对照,其中枝条环剥处理后平均长度的增长量最小,且显著低于枝条环割处理组;各处理组枝条平均直径增长量均显著高于对照,其中枝条环剥处理后平均直径增长量最大,且显著高于枝条环割处理组。

由表 4 还可知:经枝条环剥和环割处理后,薄壳山核桃叶片的比叶质量均高于对照但无显著差异,而叶绿素含量均显著低于对照但 2 个处理组间差异不显著。

表 4 枝条环剥和环割处理对薄壳山核桃枝条萌芽率和增长量及叶片性状的影响 ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>Table 4 Effect of branch's girdling and ringing treatments on sprouting rate and increment of branch and leaf trait of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>

处理 Treatment	萌芽率/% Sprouting rate	枝条平均长度增长量/cm Average length increment of branch	枝条平均直径增长量/mm Average diameter increment of branch	比叶质量/mg · cm <sup>-2</sup> Specific leaf weight	叶绿素含量/mg · g <sup>-1</sup> Chlorophyll content
对照 Control	61.7±2.1a	25.2a	2.6c	8.10±0.37a	2.94±0.07a
枝条环剥 Girdling of branch	63.5±2.1a	18.5c	3.6a	9.18±0.68a	2.18±0.04b
枝条环割 Ringing of branch	62.1±2.3a	21.5b	2.9b	8.71±0.57a	2.20±0.05b

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ).

### 2.2.2 对枝条及叶片碳氮代谢物含量的影响

经枝条的环剥和环割处理后薄壳山核桃枝条及叶片中可溶性糖、淀粉和全 N 含量以及 C/N 比见表 5。

由表 5 可知:枝条环剥和环割处理后薄壳山核桃枝条中可溶性糖和淀粉含量均高于对照,全 N 含量均低于对照;其中,对照及 2 个处理组间的可溶性糖和全 N 含量均无显著差异,而对照组和枝条环割处理组的淀粉含量则显著低于枝条环剥处理组。2 个处理组枝条的 C/N 比均大幅高于对照,枝条环剥和环割处理组枝条 C/N 比分别为对照的 1.76 和 1.34 倍。

经枝条环剥和环割处理后叶片中可溶性糖和淀粉含量均高于对照;其中,枝条环剥处理组叶片的可溶性糖和淀粉含量均最高且与对照差异显著,而枝条环割处理组叶片的可溶性糖含量显著高于对照但其淀粉含量与对照无显著差异。2 个处理组叶片的全 N 含量均低于对照,且对照及 2 个处理组间全 N 含量无显著差异。2 个处理组叶片的 C/N 比均高于对照但差异不明显,枝条环剥和环割处理组叶片 C/N 比分别为对照的 1.24 和 1.13 倍。

综合分析结果表明:枝条环剥和环割处理对薄壳

表5 枝条环剥和环割处理对薄壳山核桃枝条及叶片碳氮代谢物含量的影响( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>Table 5 Effect of branch's girdling and ringing treatments on content of carbon-nitrogen metabolite in branch and leaf of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>

处理 <sup>2)</sup> Treatment <sup>2)</sup>	可溶性糖含量/mg·g <sup>-1</sup> Soluble sugar content		淀粉含量/mg·g <sup>-1</sup> Starch content		全N含量/mg·g <sup>-1</sup> Total N content		C/N比 C/N ratio	
	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf
CK	39.93±1.12a	98.35±1.93b	49.72±1.02b	65.31±0.71b	4.13±0.35a	16.26±0.61a	21.71	10.07
GB	44.75±1.11a	119.84±1.44a	96.94±4.72a	81.20±3.61a	3.70±0.21a	16.04±0.30a	38.30	12.53
RB	42.07±2.73a	117.75±2.15a	53.06±6.94b	65.37±3.15b	3.26±0.16a	16.15±0.19a	29.18	11.33

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ).

<sup>2)</sup> CK: 对照 Control; GB: 枝条环剥 Girdling of branch; RB: 枝条环割 Ringing of branch.

山核桃枝条萌芽率无明显促进作用,对枝条的伸长生长不利但有利于其增粗生长,且可增加叶片的比叶质量,使其叶片光合能力增强、促进碳水化合物的积累,但其体内的氮素营养成分积累无促进作用。相比较而言,枝条环剥处理的效果优于枝条环割处理。

### 2.3 主干的环剥和环割处理对薄壳山核桃生长及碳氮代谢物积累的影响

2.3.1 对枝条生长及叶片特性的影响 经主干的环剥和环割处理后薄壳山核桃的枝条萌芽率、枝条生长增量以及叶片比叶质量和叶绿素含量见表6。

由表6可知:经主干环剥和环割处理后薄壳山核

桃枝条的萌芽率和枝条平均直径增长量均显著高于对照,而枝条平均长度增长量显著低于对照;主干环割处理后萌芽率和枝条平均长度增长量均高于主干环剥处理组,而枝条平均直径增长量则低于后者,但2个处理组间枝条的萌芽率、平均直径增长量和平均长度增长量无显著差异。

由表6还可知:经主干环剥和环割处理后薄壳山核桃叶片比叶质量均显著高于对照,而叶绿素含量均显著低于对照;其中,主干环割处理后比叶质量最大且显著高于主干环剥处理组,而其叶绿素含量虽高于主干环剥处理组但无显著差异。

表6 主干环剥和环割处理对薄壳山核桃枝条萌芽率和增长量及叶片性状的影响( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>Table 6 Effect of trunk's girdling and ringing treatments on sprouting rate and increment of branch and leaf trait of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch ( $\bar{X}\pm SE$ )<sup>1)</sup>

处理 Treatment	萌芽率/% Sprouting rate	枝条平均长度增长量/cm Average length increment of branch	枝条平均直径增长量/mm Average diameter increment of branch	比叶质量/mg·cm <sup>-2</sup> Specific leaf weight	叶绿素含量/mg·g <sup>-1</sup> Chlorophyll content
对照 Control	64.6±2.6b	22.1a	2.2b	6.13±0.26c	2.88±0.05a
主干环剥 Girdling of trunk	74.3±4.2a	19.5b	2.6a	8.70±0.22b	2.33±0.09b
主干环割 Ringing of trunk	77.4±2.3a	20.6b	2.4a	9.46±0.18a	2.43±0.06b

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ).

2.3.2 对枝条及叶片碳氮代谢物含量的影响 经主干的环剥和环割处理后薄壳山核桃枝条及叶片中可溶性糖、淀粉和全N含量以及C/N比见表7。

由表7可知:经主干环剥和环割处理后薄壳山核桃枝条的可溶性糖、淀粉和全N含量以及C/N比均高于对照。其中,对照与2个处理组间枝条可溶性糖含量差异不显著;2个处理组间枝条的淀粉和全N含量无显著差异,但均与对照有显著差异。

由表7还可知:经主干环剥和环割处理后薄壳山核桃叶片中可溶性糖和淀粉含量以及C/N比均高于对照,而全N含量则低于对照;其中,主干环割处理组

叶片中可溶性糖和淀粉含量以及C/N比均最高、全N含量则最低。2个处理组叶片中可溶性糖和淀粉含量与对照有显著差异;主干环割处理组的叶片全N含量与对照差异显著,而主干环剥处理组叶片全N含量与对照无差异显著。

综合分析结果表明:主干环剥和环割均能不同程度增加薄壳山核桃枝条的萌芽率、有利于枝条增粗及枝条中碳水化合物和氮素营养成分积累,并可增强叶片的光合能力以及叶片中碳水化合物的合成和积累,但对其枝条的伸长生长有一定抑制作用。相比较而言,主干环剥处理的效果优于主干环割处理。

表7 主干环剥和环割处理对薄壳山核桃枝条及叶片碳氮代谢物含量的影响( $\bar{X} \pm SE$ )<sup>1)</sup>Table 7 Effect of trunk's girdling and ringing treatments on content of carbon-nitrogen metabolite in branch and leaf of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch ( $\bar{X} \pm SE$ )<sup>1)</sup>

处理 <sup>2)</sup> Treatment <sup>2)</sup>	可溶性糖含量/mg · g <sup>-1</sup> Soluble sugar content		淀粉含量/mg · g <sup>-1</sup> Starch content		全 N 含量/mg · g <sup>-1</sup> Total N content		C/N 比 C/N ratio	
	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf	枝条 Branch	叶片 Leaf
CK	43.52±3.54a	101.40±3.14b	78.21±3.27b	74.38±4.69c	3.19±0.04b	16.31±0.73a	38.16	10.78
GT	45.82±0.65a	119.25±3.86a	106.20±3.24a	100.83±9.17b	3.52±0.05a	15.32±0.20a	43.19	14.37
RT	44.48±3.95a	121.50±0.16a	100.83±0.09a	150.83±6.02a	3.52±0.08a	13.28±0.12b	41.28	20.51

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P < 0.05$ ).

<sup>2)</sup> CK: 对照 Control; GT: 主干环剥 Girdling of trunk; RT: 主干环割 Ringing of trunk.

## 2.4 薄壳山核桃结果枝的生物学特性调查

观察及统计结果表明:薄壳山核桃品种‘马罕’的结果枝长度为0~30 cm,平均长度为11.2 cm,平均直径为5.1 mm,平均节间长为22.4 mm;每个结果枝基本只有1个顶芽(雌花芽)能萌发出雌花序,每个雌花序平均包含5朵雌花;结果枝角度为40°~70°。

进一步的统计结果(表8)表明:在品种‘马罕’的结果枝中,0~10 cm长的结果枝数量最多,占结果枝总数的60.0%,但这类结果枝最细,平均直径仅为4.8 mm。而20~30 cm长的结果枝数量最少,仅占13.3%,但这类结果枝最粗,平均直径达到5.9 mm。

表8 薄壳山核桃结果枝特征比较

Table 8 Comparison of fruiting branch characteristics of *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch

结果枝长度/cm Length of fruiting branch	比例/% Percentage	平均直径/mm Average diameter
0-10	60.0	4.8
10-20	26.7	5.4
20-30	13.3	5.9

## 3 讨论和结论

### 3.1 枝条短截措施对薄壳山核桃结果枝形成的作用

采用短截措施可打破芽的顶端优势、增加新梢数量,且短截修剪的程度不同其效果也有差异。吴开志等<sup>[6]</sup>的研究结果显示:不同修剪强度均能提高早实核桃(*Juglans regia* Linn.)枝条的长度、粗度和萌芽率,其中重度修剪最有利于枝条长度和粗度的增加;高书宝等<sup>[7]</sup>认为:重度短截对增强早实核桃的树势有明显作用;艾沙江·买买提等<sup>[8]</sup>对苹果(*Malus pumila* Mill.)3年生幼树的1年生枝条进行1/2短截处理,使剪口下芽的萌芽成枝率显著提高,且抽长枝比率也明显增多。作者的研究结果显示:3种不同程度的短截处理

均可显著提高薄壳山核桃品种‘马罕’幼树剪口下侧芽的萌芽率,促进剪口下新枝的伸长生长和增粗生长;其中,重度短截(1/2短截)处理后其萌芽率显著高于其他处理,而轻度短截(1/4短截和1/3短截)处理后萌发的新枝数量多于重度短截处理。因此,为增加薄壳山核桃幼树的枝量、扩大树冠,应采用轻短截措施对薄壳山核桃幼树进行修剪。

研究结果显示:1/3短截处理后,长度0~10 cm的新枝占32.6%,新枝平均直径达到4.6 mm;1/2短截处理后,长度为0~10 cm的新枝占33.8%,且新枝平均直径达到4.7 mm。由于长度0~10 cm的结果枝占多数,因此可以推断,通过1/2短截和1/3短截处理均能促使品种‘马罕’具有结果潜力的枝条数量增加。但是,经过1/2短截处理后长枝数量也较多,如果不能及时控制枝条旺长,可能导致对营养的竞争及过度消耗,最终可使结果枝数量减少。因此,采用1/3短截更有利于薄壳山核桃结果枝的形成。

此外,经不同程度短截处理后薄壳山核桃新枝叶片的比叶质量和叶绿素含量均有不同程度的提高,而高小俊等<sup>[9]</sup>对芒果(*Mangifera indica* Linn.)植株短截处理后得出了类似的结果。另外,短截处理还使薄壳山核桃枝条和叶片中可溶性糖和淀粉含量以及C/N比提高,且以1/2短截和1/3短截处理效果较为明显。C/N比对植物的开花具有调控作用,特别是对长日照植物,C/N比大可促进植物开花。因此,从短截形成的新枝和叶片的C、N营养状况也可说明,适度的短截处理有利于薄壳山核桃成花。

### 3.2 枝条和主干环剥和环割措施对薄壳山核桃结果枝形成的作用

采取枝条和主干环剥和环割,可中断光合产物向根系运输,提高树体地上部对C、N营养物质的积累,从而促进花芽分化并具有明显的促果效应。因此,采

取环剥和环割处理均具有抑制营养生长、促进生殖生长的作用。

前人的研究表明:新梢环剥可强烈抑制荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)枝梢生长和新梢发生<sup>[10]</sup>;枝条环割能增加金水柑(*Citrus reticulata* ‘Jinshuigan’)枝条粗度,抑制枝条生长,提高结果枝比例<sup>[11]</sup>。作者的研究结果显示:枝条和主干环剥和环割处理对薄壳山核桃品种‘马罕’枝条的萌芽率无明显影响,但可抑制枝条的伸长生长却可促进枝条的增粗生长,有利于形成短粗枝条;而品种‘马罕’的结果枝一般为长度0~30 cm的中短枝条,因此,通过环剥和环割处理形成的短粗枝条发育成为结果枝的潜力很大。

本研究中,枝条和主干环剥和环割处理后薄壳山核桃枝条和叶片中可溶性糖和淀粉含量均增加,而且主干环剥和环割处理后枝条中全N含量也高于对照;但枝条环剥和环割处理后枝条和叶片的全N含量以及主干环剥和环割处理后叶片的全N含量均低于对照,导致枝条和主干环剥和环割处理后枝条和叶片中C/N比均高于对照。这与吴定尧等<sup>[12]</sup>和金磊<sup>[13]</sup>的研究结果一致。罗海波等<sup>[14]</sup>认为,烟草(*Nicotiana tabacum* Linn.)叶片中叶绿素含量与N含量呈极显著正相关。本研究中,经枝条和主干环剥和环割处理后薄壳山核桃叶片中叶绿素含量均显著降低,推测与环剥和环割处理后叶片全N含量的降低有关。

综上所述,对于薄壳山核桃品种‘马罕’来说,经枝条的1/3短截处理后产生0~10 cm长的极短枝比例较高,由于‘马罕’结果枝的长度主要集中在0~10 cm,并且经1/3短截处理后枝条不会过旺生长,因而,1/3短截处理可有利于薄壳山核桃品种‘马罕’结果枝的形成,对提早开花结果有重要作用。枝条环剥和主干环剥均可抑制‘马罕’枝条的伸长生长、促进枝条粗生长,提高枝条和叶片的C/N比,并能使更多的侧芽萌芽发育成符合‘马罕’结果枝标准的短粗枝条,因此,对枝条和主干进行适度的环剥可促进品种‘马罕’结果枝的形成。但是修剪后必须加强肥水管理及

病虫害防治,才能促进这些中短枝发育成为结果枝,达到薄壳山核桃早实丰产的目的。另外,本研究为小区域单品种实验,所得结果有一定的局限性,尚需扩大品种数和植株数量进行进一步的研究和验证。

#### 参考文献:

- [1] 李永荣, 吴文龙, 刘永芝. 薄壳山核桃种质资源的开发利用[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(27): 13306-13308, 13316.
- [2] WAREING P F, NASR T A A. Gravimorphism in trees: 1. Effects of gravity on growth and apical dominance in fruit trees[J]. Annals of Botany, 1961, 25: 321-340.
- [3] LOMBARDINI L. One-time pruning of pecan trees induced limited and short-term benefits in canopy light penetration, yield, and nut quality[J]. HortScience, 2006, 41: 1469-1473.
- [4] 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.
- [5] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [6] 吴开志, 肖千文, 唐礼贵, 等. 修剪强度对早实核桃萌芽率和枝力的影响[J]. 北方园艺, 2007(4): 47-49.
- [7] 高书宝, 张河济. 扶风早实核桃枝条短截试验初报[J]. 经济林研究, 2005, 23(4): 54-56.
- [8] 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, 40(8): 1437-1444.
- [9] 高小俊, 吴兴恩, 程永生, 等. 芒果花芽调控后叶绿素和蔗糖含量的动态变化[J]. 江西农业学报, 2009, 21(8): 80-81.
- [10] 莫伟平, 周琳耀, 张静逸, 等. 遮荫和环剥对荔枝枝梢生长和光合生理的影响[J]. 园艺学报, 2013, 40(1): 117-124.
- [11] 吴黎明, 蒋迎春, 周民生, 等. 环割对金水柑树体生长、树体营养及果实品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(11): 2762-2766.
- [12] 吴定尧, 邱金淡, 张海岚, 等. 环割促进龙眼成花的研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(6): 40-43.
- [13] 金磊. 环割、环剥对杨梅树体生长、营养、光合特性及品质的影响[D]. 福州: 福建农林大学园艺学院, 2007: 42-50.
- [14] 罗海波, 钱晓刚, 何腾兵, 等. 增施氮肥和环割对烤烟光合速率的影响[J]. 土壤, 2003, 35(3): 256-261.

(责任编辑: 张明霞)