

修剪方式对核桃生理特性影响的研究

李美美^{1,2}, 马华冰^{1,2}, 任俊杰^{1,2}, 陈利英², 齐国辉^{1,2}, 张雪梅^{1,2}, 李保国^{1,2*}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省核桃工程技术研究中心, 河北 临城 053400)

摘 要:以 10 年生早实核桃‘绿岭’为对象,研究了重回缩、拉枝、重回缩结合拉枝,以及自然生长对树干液流速率、液流通量、水势、净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率及果实产量和品质的影响。结果表明,重回缩、拉枝、既重回缩又拉枝和放任生长 4 种修剪方式下树体整个生长季的液流通量分别为 0.58、1.04、0.64 L·h⁻¹和 0.95 L·h⁻¹,液流速率分别为 4.61、7.52、5.19 cm·h⁻¹和 7.35 cm·h⁻¹,液流速率和液流通量均以拉枝的最大;叶水势分别为 -1.153、-1.267、-1.068 MPa 和 -1.317 MPa,以既重回缩又拉枝的水势最高;净光合速率分别为 2.19、2.50、3.25 μmol·m⁻²·s⁻¹和 1.45 μmol·m⁻²·s⁻¹;株产分别为 2.94、3.51、3.53 kg 和 2.21 kg,以既重回缩又拉枝处理的产量最高;核桃脂肪含量分别为 65.43%、67.55%、68.52%和 64.77%,总蛋白含量分别为 20.68%、21.23%、21.77%和 19.83%,可溶性蛋白含量分别为 2.16%、2.23%、2.27%和 2.11%,3 项指标均以既重回缩又拉枝处理最高。

关键词:修剪;绿岭核桃;生理效应

中图分类号:S664.1 文献标志码:A 文章编号:1001-7461(2015)01-0108-08

Effects of Pruning Methods on Physiological Characteristics of Walnut

LI Mei-mei^{1,2}, MA Hua-bing^{1,2}, REN Jun-jie^{1,2}, CHEN Li-ying², QI Guo-hui^{1,2},
ZHANG Xue-mei^{1,2}, LI Bao-guo^{1,2*}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China;

2. The Center of Walnut Engineering Technology of Hebei, Lincheng, Hebei 054300, China)

Abstract: In order to determine an appropriate pruning method of adult precocious walnut trees, 10 a walnut trees of ‘Lvling’ were used as materials to study sap flow velocity, sap flow flux, leaf water potential, net photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency, yield and fruit quality of four pruning methods (heavy cutting-back, bending branch, heavy cutting-back with bending branch and natural pruning) in 2013. The results showed that the sap flow velocity of these four pruning methods were 4.61, 7.52, 5.19 cm·h⁻¹ and 7.35 cm·h⁻¹, respectively, and sap flow flux of them were 0.58, 1.04, 0.64, 0.95 L·h⁻¹, respectively, and sap flow velocity and flux of bending branch were the biggest among all the treatments; leaf water potential of these four pruning treatments were -1.153, -1.267, -1.068 MPa and -1.317 MPa, respectively, and that of heavy cutting-back with bending branch was the biggest; net photosynthetic rate of them were 2.19, 2.50, 3.25 μmol·m⁻²·s⁻¹ and 1.45 μmol·m⁻²·s⁻¹ respectively; the yield per plant of these four pruning methods were 2.94, 3.51, 3.53 kg, and 2.21 kg, respectively, and that of heavy cutting-back with bending branch was the highest; the walnut oil content of these four pruning methods were 65.43%, 67.55%, 68.52% and 64.77%, respectively, and the total protein content of them were 20.68%, 21.23%, 21.77% and 19.83% respectively, and soluble protein content of

收稿日期:2014-04-23 修回日期:2014-06-29

基金项目:国家自然科学基金(201004093);河北省科技支撑计划项目(11230115D)。

作者简介:李美美,女,硕士研究生,研究方向:经济林栽培生理。E-mail:824326077@qq.com

* 通信作者:李保国,男,教授,博士生导师,研究方向:经济林栽培生理、山区开发技术研究。E-mail:lbgs888@163.com

them were 2.16%, 2.23%, 2.27% and 2.11%, respectively, and these three indicators of heavy cutting-back with bending branch were all the highest ones among all the treatments.

Key words: pruning; Lvling walnut; physiological

核桃(*Juglans regia*)系胡桃科核桃属,是重要的木本油料树种,具有很高的经济价值,是中国北方最重要的营养价值极高的干果之一^[1-2]。早实薄皮核桃新品种‘绿岭’是河北农业大学和河北绿岭果业有限公司共同选育的优质早实薄皮核桃品种,个大皮薄、好吃好看备受消费者青睐。早实核桃如果放任生长,多数会因过量结果而出现早衰问题。水是植物生存的必要条件,植物的一切生理活动都必须在体内适宜的水分状况下才能正常进行^[3]。随着工业发展迅猛造成的农业用水资源量的减少及全球温室效应可能导致的干旱化趋势,节水农业已经成为农业可持续发展的重要途径^[4]。光合作用是植物生存的能量和物质基础^[5],蒸腾作用和光合作用作为植物重要的生理活动,影响着生长发育生殖等植物个体生理过程和生存竞争环境适应和演化等植物物种的发展过程。进行植物光合特性与水分代谢特性研究是揭示不同植物对环境生态适应机制的有效途径^[6-8]。修剪是调整树体结构和树冠光照条件的关键环节。对成龄早实核桃而言,找到高光效并节水的修剪措施是当前面临的主要问题之一。近年来,针对早实核桃的研究主要集中在光合特性^[9-10]生殖特性^[1]营养元素代谢^[11]抗逆性^[12-13]和叶绿素荧光特性^[14]等方面,从光合和水分生理角度出发研究其在特定环境背景下的生长及适应性的研究尚未见报

道。为此,研究了不同修剪方式下成龄‘绿岭’核桃树的光合与水分生理效应。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年在河北省临城县河北绿岭果业有限公司核桃示范基地进行。该试验地位于太行山南段东麓丘陵区,年均日照 2 653 h,年平均气温 13℃,极端最高气温 41.8℃,最低-23℃,无霜期 202 d,年均降水量 521 mm。主栽品种为‘绿岭’,授粉品种为‘上宋 6 号’和‘中林 5 号’等;株行距为 3 m×5 m;土壤为褐土性土,质地为壤土,常年施用有机肥。该树为 2003 年春季栽植,树形为单层高位开心形。

1.2 试验方法

1.2.1 修剪方式 试验为随机区组设计,设重回缩(将衰弱的 3 年生以上枝从距主干 15~20 cm 的部位锯掉)、拉枝(将 1 年生枝拉平)、既重回缩又拉枝(锯掉衰弱的 3 年生以上枝同时将 1 年生枝拉平)和对照 4 个处理。在具体的实践操作中,拉枝处理的树为了便于拉枝,根据情况将下层过多的遮挡枝疏除。单株小区,5 次重复,于 2013 年 3 月 8 日处理完成。修剪后各修剪处理树的树高、冠幅以及主枝留枝量等指标(5 重复平均值)如表 1 所示。

表 1 不同修剪方式下 10 年生绿岭核桃树的基本情况

Table 1 The basic conditions of 10 a Lvling walnut trees under different pruning treatments

| 处理 | 地径 /cm | 枝下高 /cm | 冠幅/m | | | | 树高 /m | 主枝留枝量 /条 |
|---------|-----------|------------|------|------|------|------|----------|-------------|
| | | | 东 | 南 | 西 | 北 | | |
| 重回缩 | 57.00 | 62.67 | 2.77 | 2.38 | 2.57 | 2.13 | 5.38 | 6.00 |
| 拉枝 | 53.80 | 63.80 | 2.71 | 2.46 | 2.87 | 2.38 | 4.13 | 9.00 |
| 既重回缩又拉枝 | 52.80 | 64.60 | 2.70 | 2.56 | 2.78 | 2.36 | 4.07 | 5.67 |
| 放任生长 | 53.20 | 70.20 | 2.42 | 2.25 | 2.82 | 2.38 | 5.82 | 9.33 |

1.2.2 生理指标测定

1.2.2.1 液流速率和液流通量 于 2013 年 5 月 6 日—2013 年 9 月 23 日从每个处理随机选择 3 棵树,用 Probe12 茎流计(美国 Dynamics 公司生产)连续测定茎流。在靠近树干底部距地面约 0.3 m 的树干向东的位置安装经过校正的监测液流的热脉冲探针。每月选取 3 个晴天的液流速率,全天 24 h 测定,选用 1 h 后热平衡稳定的同时段数据计算值进行比较分析。同时,在样地内安装自动气象站,与数据采集器连接,实现树干液流和气象因子数据(表

2)的同步自动采集,数据采集的间隔期为 30 min。利用生长锥测量各样本的边材面积^[15](表 3)。

表 2 2013 年试验地内生长季降雨量和土壤含水量

Table 2 The rainfall and soil moisture content of testsite in the whole growing season of the year 2013

| 月份 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 降雨量/mm | 20.0 | 166.4 | 188.4 | 36.0 | 28.5 |
| 土壤含水量/% | 20.87 | 21.86 | 22.86 | 21.84 | 21.81 |

1.2.2.2 叶水势 6 月 1 日,7 月 3 日和 8 月 5 日从每个处理中随机选取树冠中部朝南方向成熟核桃

叶片 5 片立即用兰州大学生产的 ZLZ-4 型植物水分状况测定仪测定核桃叶水势日进程,从 6:00 时到 18:00 时测定,每隔 2 h 测定 1 次,每次 20 个叶片。

表 3 试验样木边材面积

Table 3 The sapwood area of test trees

| 处理 | 心材/cm | 边材/cm | 边材面积/cm ² |
|---------|-------|-------|----------------------|
| 重回缩 | 0.7 | 8.0 | 199.523 |
| 拉枝 | 0.5 | 7.5 | 175.929 |
| 既重回缩又拉枝 | 0.7 | 7.8 | 189.595 |
| 放任生长 | 0.8 | 8.3 | 214.414 |

1.2.2.3 净光合速率、蒸腾速率和水分利用效率
6 月 29 日、7 月 15 日和 8 月 16 日从每个处理中随机选取树冠中部朝南方向核桃成熟叶片 3 片用 LCI 便携式光合分析仪测定成熟叶片的光合速率、蒸腾速率(Tr),测定时间为 6:00—18:00,每隔 2 h 测定

1 次,每次 12 个叶片。
1.2.3 果实性状测定 2013 年 9 月 16 日从所有处理每株核桃树的东南西北方向各随机摘 3 个核桃,用游标卡尺量取每个核桃的纵、横、侧径,砸碎核桃,剥出核桃仁用改良索氏法^[16]测每个核桃的脂肪含量,用凯氏定氮法^[17]测每个核桃的总蛋白含量和采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[16]测每个核桃的可溶性蛋白含量。
1.2.4 试验设计及统计分析 数据采用 Duncan 进行方差分析和新复极差法多重比较。

2 结果与分析

2.1 修剪方式对液流速率和液流通量的影响
不同修剪方式下整个生长季晴天核桃树干的液流速率和液流通量如图 1 所示。

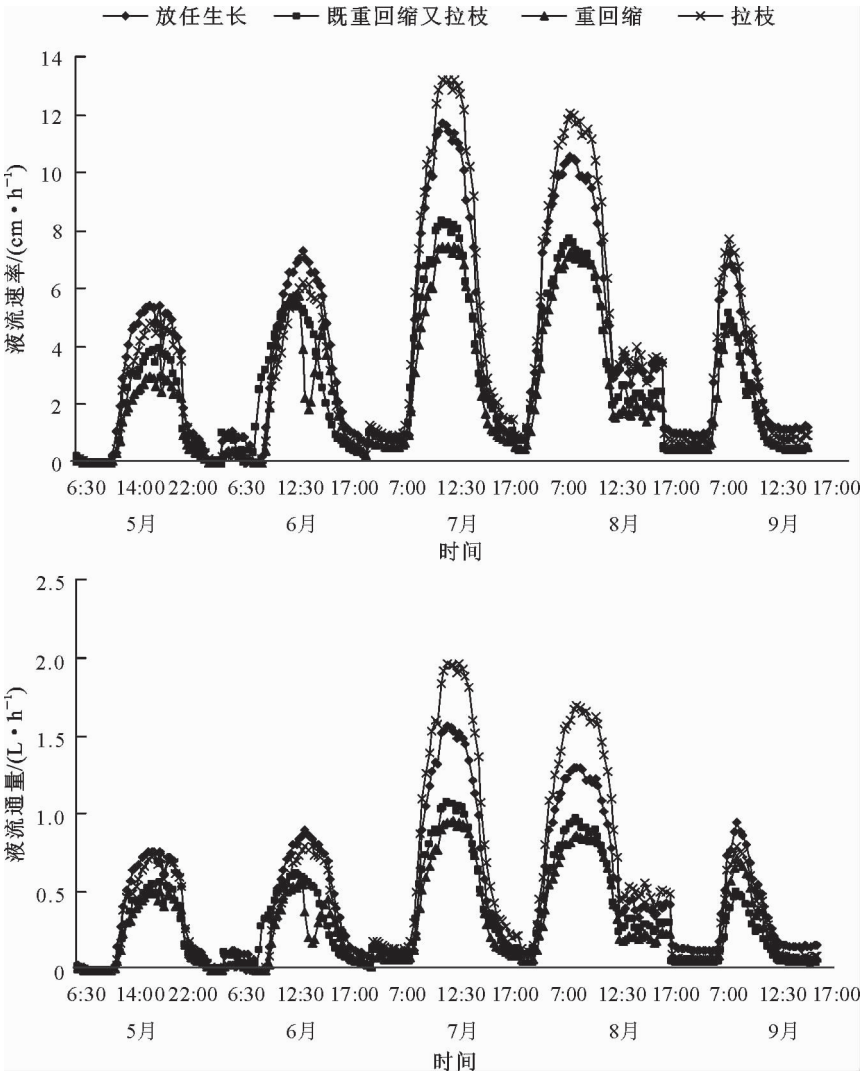


图 1 生长季晴天不同修剪处理核桃树干液流速率与液流通量日变化
Fig. 1 Daily variations of stem sap flow velocity and flux under different pruning treatments of walnut in sunny day of the whole growing season

由图 1 可见,拉枝与其他 3 个处理的树干液流速率和液流通量达到高峰的月份有所不同,拉枝在 7 月份达到高峰,而其他 3 个处理均在 8 月份才达到高峰。5 月份,一日中液流速率与液流通量的峰

值从高到低依次为放任生长>拉枝>重回缩>既重回缩又拉枝。这说明,在 5 月,既重回缩又拉枝的树体在白天最高温时的水分消耗量最小,放任生长树的水分消耗量最大,修剪程度越重,树体水分消耗量越少;修剪减少了树体枝叶量,从而减少了水分蒸腾量。不同处理液流高峰的出现时间不同,重回缩、既重回缩又拉枝和放任生长的树干液流速率与液流通量在 14:00 达到高峰,而拉枝的树干液流速率与液流通量提前到 13:00 就达到了高峰。这说明拉枝的比表面积增大,树体温度较高,达到最大蒸腾量的时间就提早。6—9 月份,一日中液流速率与液流通量的峰值从高到低依次为拉枝>放任生长>既重回缩又拉枝>重回缩。这是因为与放任生长相比,拉枝由于将一年生枝拉平而增大了整个树冠的蒸散面积,整个树冠的液流速率和液流通量也就增大。而既重回缩又拉枝与重回缩相比,前者比后者液流速率与液流通量高,同样是因为既重回缩又拉枝较重回缩多一道拉枝的工序,因此其比表面积要大于仅重回缩的处理,其液流速率也就高于仅重回缩处理。

2.2 修剪方式对叶水势的影响

5—8 月份不同修剪方式下核桃水势都呈现明显的变化规律(图 2),放任生长<拉枝<重回缩<既重回缩又拉枝。只有在 8 月,试验样木水势变化规律为拉枝<放任生长<重回缩<既重回缩又拉枝。既重回缩又拉枝处理树的叶水势始终都是最高的,说明该修剪方式下树木最不缺水。根据方差分析的结果,可以看出,5 月份,既重回缩又拉枝处理极显著高于拉枝和放任生长处理,显著高于重回缩处理,重回缩处理极显著高于放任生长处理,显著高于拉枝处理,拉枝处理极显著高于放任生长处理;6 月份,既重回缩又拉枝与重回缩处理极显著高于拉枝和放任生长处理,既重回缩又拉枝与重回缩处理之间没有显著差异,拉枝与放任生长处理之间没有显著差异;在 7 月份,4 种修剪方式的叶水势均无显著差异;8 月份,既重回缩又拉枝极显著高于其他 3 个处理,重回缩极显著高于拉枝处理,显著高于放任生长处理,放任生长处理显著高于拉枝处理。

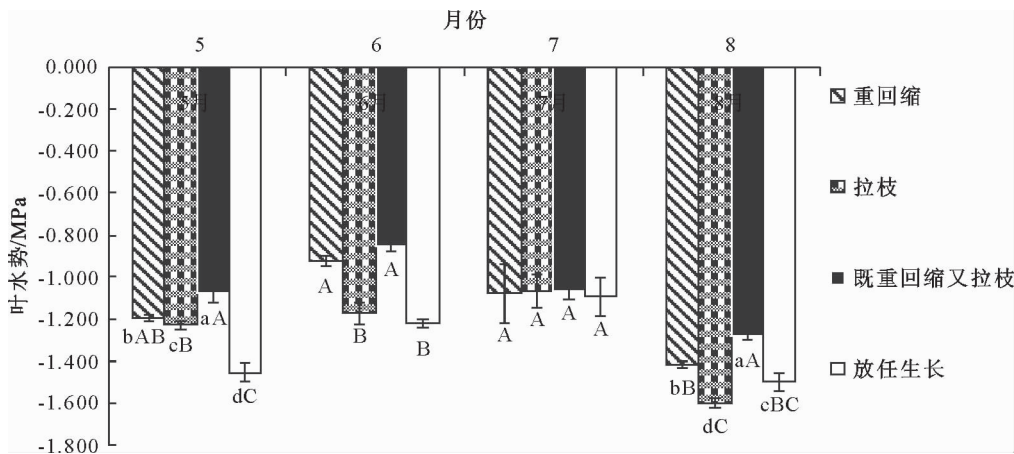


图 2 生长季内不同修剪措施下绿岭核桃叶水势

Fig. 2 Leaf water potential of Lvling walnut under different pruning treatments during growing season

2.3 修剪方式对光合速率的影响

由图 3 可知,在 6、7、8 这 3 个月份中,4 种修剪方式下的绿岭核桃树冠中部叶片净光合速率峰值和一日中平均值从高到低均依次为既重回缩又拉枝>拉枝>重回缩>放任生长。说明既重回缩又拉枝由于既剪去了过多的枝叶又将一年生枝拉平,显著改善了树冠内部的通风透光条件,增加了叶片的受光量,促进了叶绿素的合成(表 4),使得叶片的净光合速率显著高于其他处理。与重回缩相比,拉枝尽管主枝留枝量要多,但是该处理将一年生枝拉平,也显著改善了树冠内部的光照条件,其叶片的净光合速率要高于仅重回缩处理。与放任生长相比,重回缩

由于剪去了过多的枝叶,其净光合速率在 6 月份时显著高于对照,但是到了 7、8 月份时,由于其回缩部位长出的新梢上的叶片均已长大发育接近成熟,致使树冠内部光照条件变差,其内部叶片净光合速率有所降低,与放任生长无显著差异。

2.4 修剪方式对蒸腾速率的影响

由图 4 可知,在 6、7、8 这 3 个月份中,4 种修剪方式下的绿岭核桃蒸腾速率峰值和一日中平均值从高到低均依次为既重回缩又拉枝>拉枝>重回缩>放任生长。但是根据方差分析的结果来看,4 种修剪方式的蒸腾速率值之间的差异并未达到显著水平。

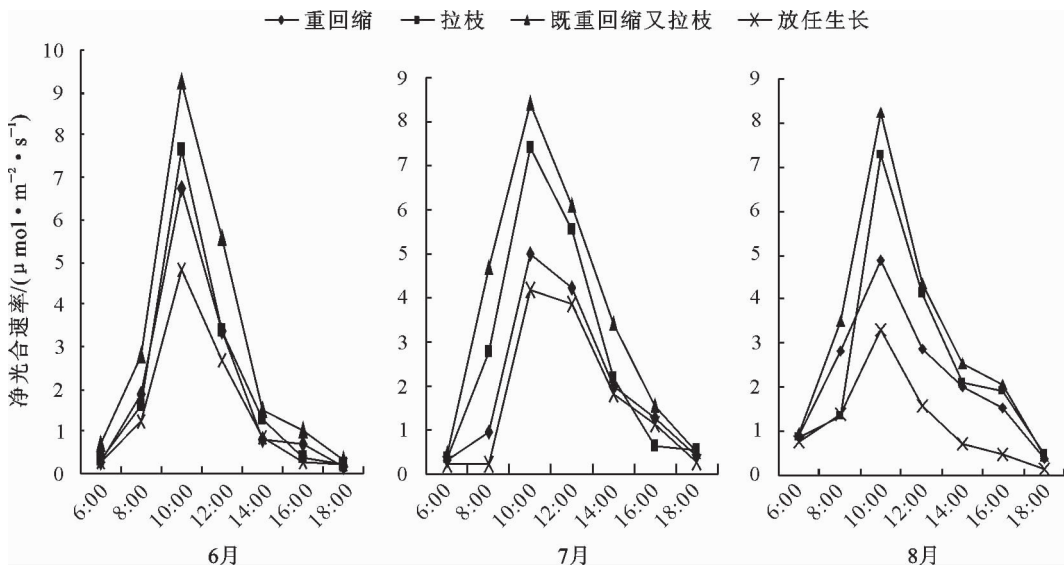


图 3 不同修剪方式对绿岭核桃中层叶片的净光合速率日变化的影响

Fig. 3 Daily variations of net photosynthetic rate under different pruning treatments of walnut middle leaf

表 4 绿岭核桃叶片叶绿素含量

Table 4 The leaf chlorophyll a content of lvling walnut

mg · g⁻¹

| 处理 | 叶绿素 a | | | 叶绿素 b | | | 叶绿素 a/b | | |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 6 月 29 日 | 7 月 23 日 | 8 月 20 日 | 6 月 29 日 | 7 月 23 日 | 8 月 20 日 | 6 月 29 日 | 7 月 23 日 | 8 月 20 日 |
| 重回缩 | 2.52ab | 2.62ab | 2.40B | 0.97A | 0.97A | 0.96A | 3.49A | 3.28A | |
| 拉枝 | 2.41b | 2.71a | 2.55AB | 1.04A | 1.02A | 0.97A | 3.45A | 3.72A | |
| 既重回缩又拉枝 | 2.79a | 2.71a | 3.15A | 1.02A | 1.13A | 1.08A | 3.83A | 3.84A | 4.22a |
| 放任生长 | 1.17c | 2.59b | 2.0AB | 0.49B | 1.00A | 0.90A | 1.66B | 3.60A | 2.90b |

注:大写英文字母表示显著水平 $p<0.01$,小写 $p<0.05$,表 5 同。

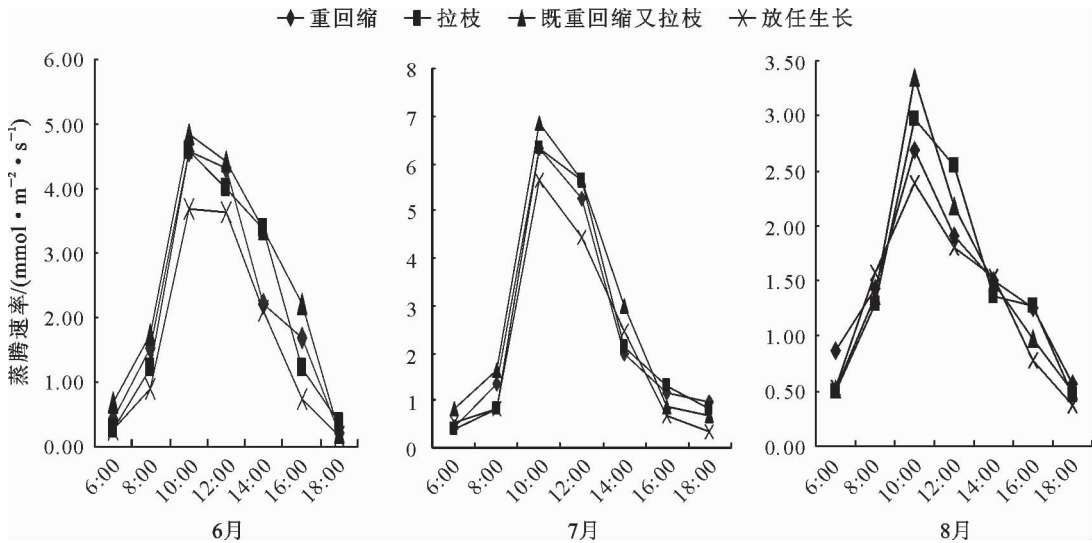


图 4 不同修剪方式对绿岭核桃中层叶片的蒸腾速率日变化的影响

Fig. 4 Daily variations of transpiration rate under different pruning treatments of walnut middle leaf

2.5 修剪方式对叶片水分利用效率的影响

由图 5 可知,4 种修剪方式在这 3 个月份中的水分利用效率变化趋势均不一致。6 月份,4 种修剪方式的水分利用效率日变化趋势均呈近似 Z 字形,从 6:00 时开始逐渐上升至 10:00 达到高峰,然后迅速下降,在 14:00—16:00 这段时间里趋于平缓,18:00 又略有上升。7 月份,4 种修剪方式的水分利

用效率日变化形状均不相同,重回缩的从 6:00—16:00 一直呈平稳地上升趋势,16:00 达到高峰然后下降。拉枝在 6:00—8:00 之间迅速上升然后又迅速下降,10:00—14:00 变化平缓,14:00—16:00 略有下降,16:00—18:00 又略有上升。既重回缩又拉枝的水分利用效率日变化性状近似于 M 形,分别在 8:00 和 16:00 达到高峰和次高峰。放任生长除了

在 16:00 时水分利用效率值较高外,其他时间均低于其他 3 个处理。8 月份,4 种修剪方式的水分利用效率的变化趋势同样不一致。重回缩是单峰型曲线,在 8:00 时达到高峰,拉枝呈不规则的波浪形,在 8:00 有个低谷,在 10:00 又有个高峰,既重回缩又拉枝的近似 M 形,在 8:00 和 16:00 各有一个高峰,放任生长处理的近似 W 形,在 8:00 和 14:00 有一个低谷,在 10:00 则有一个高峰。对 4 个处理的水分利用效率峰值和一日中平均值进行方差分析,发现该 4 个处理之间均有极显著差异,且从高到低依次为既重回缩又拉枝>拉枝>重回缩>放任生长。

2.6 修剪方式对绿岭核桃产量和果实品质的影响

表 5 可知,修剪提高了核桃每株的产量,既重回缩又拉枝与拉枝处理极显著高于重回缩和放任生长

处理,重回缩极显著高于放任生长处理,既重回缩又拉枝和拉枝处理之间没有显著差异;修剪提高了核桃的坚果纵、横、侧径,其中既重回缩又拉枝处理的,但各处理间均无显著差异;既重回缩又拉枝的核桃脂肪含量极显著高于其他 3 种修剪方式的,拉枝极显著高于重回缩和放任生长处理,重回缩显著高于放任生长处理;既重回缩又拉枝的核桃总蛋白含量极显著高于重回缩和放任生长处理,显著高于拉枝处理,拉枝极显著高于重回缩和放任生长处理,重回缩极显著高于放任生长处理;4 种修剪方式的核桃可溶性蛋白含量之间均有极显著差异,核桃的可溶性蛋白含量从高到低依次为既重回缩又拉枝>拉枝>重回缩>放任生长。

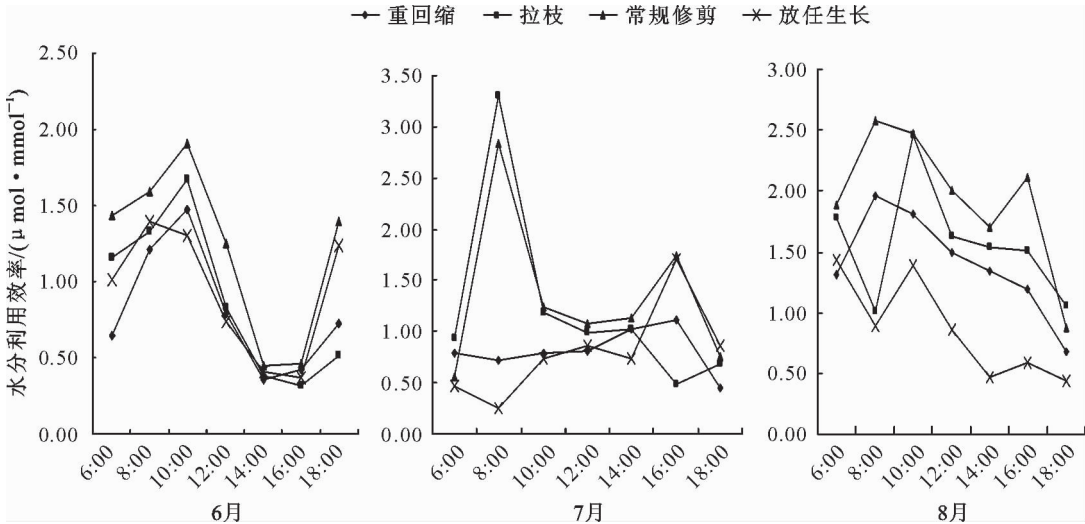


图 5 不同修剪方式下绿岭核桃叶片水分利用效率

Fig. 5 Leaf water use efficiency of Lvling walnut under different pruning treatments

表 5 不同修剪方式下绿岭核桃产量和果实品质

Table 5 The yield and fruit quality of Lvling walnut under different pruning treatments

| 处理 | 株产 | 坚果三径/cm | | | 脂肪含量/% | 总蛋白质含量/% | 可溶性蛋白含量/% |
|---------|-------|---------|------|------|---------------|---------------|------------|
| | | 纵径 | 横径 | 侧径 | | | |
| 重回缩 | 2.94B | 3.77 | 3.29 | 3.2 | 65.43±0.301cC | 20.68±0.168cB | 2.16±0.01C |
| 拉枝 | 3.51A | 3.85 | 3.36 | 3.34 | 67.55±0.059bB | 21.23±0.107bA | 2.23±0.01B |
| 既重回缩又拉枝 | 3.53A | 3.95 | 3.39 | 3.42 | 68.52±0.397aA | 21.77±0.193aA | 2.27±0.01A |
| 放任生长 | 2.21C | 3.62 | 3.19 | 3.17 | 64.77±0.162dC | 19.83±0.185dC | 2.11±0.01D |

3 结论与讨论

修剪改变了核桃整树的液流速率和液流量,5、6 月份主枝留枝量越少,整树的液流速率和液流量越低。结果与亓玉飞^[18]等在欧美杨 107 杨上的研究结果和马婧^[19]在枣树上的研究结果相同。但是此规律并不是一成不变的,本试验中,由于核桃经过重回缩后会从回缩部位的基部萌生大量的新梢,随着新梢上的叶片的长大成熟,整个树冠叶量的

不断增加,不同的修剪方式其叶量的增加不同,对整树的液流速率和液流量产生了极大的影响,在 7、8、9 月份,拉枝处理的液流速率和液流量显著高于放任生长处理是因为该处理的新梢生长量远远多于放任生长处理。

亓玉飞^[18]等研究结果认为,修枝能使树木的叶水势生理能力得到明显的提高,本试验结果与之相吻合:修剪提高了核桃单叶的叶水势,修剪程度越重,核桃单叶的叶水势越高,说明强度高的修剪剪去

了过多的枝叶使树木不亏缺水分的,但是本次研究发现此规律只适用于相对干旱的月份。

朱雪荣^[20]等在苹果上的研究表明,冬剪处理使夏季苹果叶片日均净光合速率和蒸腾速率升高,呈现为随修剪量增大日均净光合速率和蒸腾速率升高幅度增大的趋势。魏常燕^[21]等在富岗苹果上的研究表明,垂帘形的净光合速率最高,纺锤形次之,改良纺锤形最小。M. C. Victor^[22]等在松树上的研究表明,25%的根系修剪和50%的树冠修剪均提高了叶片的净光合速率。本试验中,修剪显著提高了核桃的叶片净光合速率和蒸腾速率的日变化幅度以及净光合速率的峰值和日平均值,但是不同修剪方式下的叶片蒸腾速率之间的差异却未达到显著水平。同时,在本试验中,修剪显著提高了叶片的水分利用效率,可见,修剪是通过提高叶片的净光合速率提高的水分利用效率。

有大量的研究证明合理的修剪能够提高果实的产量和品质。杜社妮^[23]等在富士苹果上的研究表明,更新修剪使单株质量和产量分别提高了23.61%和30.02%。牛军强^[24]等在温室油桃上的研究表明,长枝修剪处理单株结果数量、产量及果实可溶性固形物均明显大于短枝修剪处理。江才伦^[25]等在柑橘上的研究表明,产量和品质从高到低依次为精细修剪>开天窗回缩修剪>开门修剪>对照。Shaban和Haseeb^[26]在番石榴上的研究表明,修剪显著提高了番石榴的产量。M. R. Romelczyk^[27]在Carlos葡萄上的研究表明,重修剪能够提高Carlos葡萄的产量和品质。本试验中,不同的修剪方式下核桃的纵、横、侧径没有显著差异,但修剪显著提高了核桃的产量和内在品质,不同的修剪方式提高的程度不同,4种修剪方式中,以既重回缩又拉枝最优,拉枝和重回缩次之,放任生长处理最差,此结果与龙柳珍和江才伦的结果一致,但是也有不少研究证明重剪使第一年产量显著降低^[28]。本试验中,重回缩、拉枝和常规修剪处理显著提高了核桃的产量,这可能是由于重回缩和拉枝打破了树体原有的营养生长和生殖生长的平衡关系,通过改善树体的通风透光能力,提高叶片的光合作用效率,树体碳水化合物积累得到加强,使成花率和坐果率提高,进而提高了树体的产量和果实品质。

重回缩与拉枝处理均不同程度地提高了核桃的净光合速率、水分利用效率、叶水分生理能力和果实产量与品质,尤以将重回缩与拉枝结合起来的既重回缩又拉枝处理提高效果显著,重回缩和既重回缩又拉枝处理降低了整树的蒸腾耗水。综合起来考虑,既重回缩又拉枝的效果最优。因此,在核桃园施

行既重回缩又拉枝的修剪模式是实现核桃优质高效节水省力化栽培的重要措施,值得在各大核桃生产基地作进一步深入研究和推广。

参考文献:

[1] 张智英,李保国,张旺林.不同早实核桃品种的生殖特性研究[J].安徽农业科学,2009,37(8):3480-3481,3505.
ZHANG Z Y,LI B G,ZHANG W L. Study on reproductive characteristics of different varieties of early walnut[J]. Journal of Anhui Agri. Sci.,2009,37(8):3480-3481,3505. (in Chinese)

[2] DU R,ZHANG X M,WANG P, et al. Studies on quality of apomictic seeds and sexual seeds of walnut (*Juglans regia* L. cv'Lvling') [J]. Journal of Food, Agriculture & Environment,2013,11(3/4):1026-1028.

[3] 张俊,李建贵,杜研,等.清耕与覆盖措施对枣树叶水势的影响[J].西北农业学报,2012,21(5):155-162.
ZHANG J,LI J G,DU Y, et al. Influence on leaf water potential of cleaning tillage and covering straw on *Ziziphus jujuba* Mill [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,2012,21(5):155-162. (in Chinese)

[4] 李秧秧,王全九.几种基于植物生理活动的节水灌溉指标研究进展[J].节水灌溉,2009(2):32-35.
LI Y Y,WANG Q J. The research development of some kinds of indices on physiological activity of plant[J]. Water Saving Irrigation,2009(2):32-35. (in Chinese)

[5] 李亚藏,梁彦兰,王庆成.铅对山梨和山荆子光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J].西北林学院学报,2012,27(5):21-25.
LI Y C,LIANG Y L,WANG Q C. Influence of Pb on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics in *Pyrus ussuriensis* and *Malus baccata* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(5):21-25. (in Chinese)

[6] 石松利,王迎春,周红兵,等.濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较[J].生态学报,2012,32(4):1163-1173.
SHI S L,WANG Y C,ZHOU H B, et al. Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant *Tetraena mongolica* Maxim. and the closely related *Zygophyllum xanthoxylon* (Bunge) Maxim [J]. Acta Ecologica Sinica,2012,32(4):1163-1173. (in Chinese)

[7] 余龙江,刘彦,李为,等.不同地质背景下黄荆的光合蒸腾及水分利用效率比较[J].生态环境,2008,17(3):1100-1106.
YU L J,LIU Y,LI W, et al. Photosynthesis,transpiration and water use efficiency of *Vitex negundo* under different geological background[J]. Ecology and Environment,2008,17(3):1100-1106. (in Chinese)

[8] BULER Z,MILA A. The influence of canopy architecture on light interception and distribution in "Samon" apple trees[J]. Journal of Fruit and ornamental Plant Research,2009,17(2):45-52.

[9] 贺奇,王贵,常月梅,等.早实核桃光合特性的初步研究[J].山西农业大学学报,2010,30(3):197-200.
HE Q,WANG G,CHANG Y M, et al. Preliminary studies on

the photosynthetic characteristics of precocious walnut[J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2010, 30(3): 197-200. (in Chinese)

[10] 姚跃,潘存德,胡安鸿. 新疆早实核桃主栽品种光合特性[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(6): 981-987

YAO Y, PAN C D, HU A H. Study on photosynthesis characteristic of the leading varieties of early fruit walnut in Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48(6): 981-987. (in Chinese)

[11] WU J, SUN X N, HAO Y P. Metabolic rule study on main nutrient elements of precocious walnut leaf[J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 2013, 42(1): 45-47.

[12] 刘杜玲,张博勇,彭少兵,等. 基于早实核桃不同品种叶片组织结构的抗寒性划分[J]. 果树学报, 2012, 29(2): 205-211.

LIU D L, ZHANG B Y, PENG S B, *et al.* Cold resistance division based on leaf tissue structure of early-fruited walnut cultivars[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(2): 205-211. (in Chinese)

[13] 车凤斌,潘俨,张婷,等. 不同栽培措施对早实核桃温 185 一年生枝条抗寒力的影响[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(11): 1997-2007.

CHE F B, PAN Y, ZHANG T, *et al.* Effects of different cultivation on annual branch cold resistance of wen-185 early fruit walnut(*Juglans regia* L.)[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2012, 49(11): 1997-2007. (in Chinese)

[14] 白杰,潘存德,胡安鸿,等. 新疆 6 个核桃品种叶绿素荧光特征比较[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(6): 13-18.

BAI J, PAN C D, HU A H, *et al.* Comparison on chlorophyll fluorescence characters of six walnut varieties in Xinjiang[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(6): 13-18. (in Chinese)

[15] 杨素苗,李保国,齐国辉,等. 根系分区交替灌溉对苹果根系活力、树干液流和果实的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 73-79.

YANG S M, LI B G, QI G H, *et al.* Effects of alternate partial rootzone irrigation on roots activity, stem sap flow and fruit of apple[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(8): 73-79. (in Chinese)

[16] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000: 184-185.

[17] 中华人民共和国林业部技术司. 中国林业标准汇编:营造林卷 GB7888-87, 森林植物与森林枯枝落叶层全氮全磷全钾全钠全钙全镁的测定(硫酸-高氯酸消煮法)[S]. 北京:中国标准出版社, 1998.

[18] 亓玉飞,尹伟伦,夏新莉,等. 修枝对欧美杨 107 杨水分生理的影响[J]. 林业科学, 2011, 47(3): 33-38.

QI F, YIN W L, XIA X L, *et al.* Effects of pruning on water physiology of poplar clone *Populus × euramericana* cv. ‘74/76’[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 47(3): 33-38. (in Chinese)

[19] 马婧. 修剪对枣树冠层特性产量及蒸腾耗水的影响研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2011.

[20] 朱雪荣,张文,李丙智,等. 不同修剪量对盛果期苹果树光合能力及果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2013(15): 15-19.

ZHU X R, ZHANG W, LI B Z, *et al.* Effect of different pruning quantity on apple photosynthetic ability and fruit quality in full fruit period[J]. Northern Horticulture, 2013(15): 15-19. (in Chinese)

[21] 魏常燕,宋杰强,李保国,等. 苹果不同树形的树体结构及光能利用率[J]. 林业科技开发, 2013, 27(2): 22-25.

WEI C Y, SONG J Q, LI B G, *et al.* A study on tree crown structure and light utilization efficiency of apple trees[J]. China Forestry Science and Technology, 2013, 27(2): 22-25. (in Chinese)

[22] VICTOR M C, MARIA L O, VICTOR A C, *et al.* Photosynthesis and carbohydrate content of *Pinus greggii* Enyelm. as affected by pruning and irrigation intervals in the nursery[J]. Agrobiologia Volume, 2001, 35(6): 599-607.

[23] 杜社妮,白岗桢,李明霞,等. 更新修剪对衰老‘富士’苹果枝条生长及树冠结构的影响[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(3): 74-80.

DU S N, BAI G S, LI M X, *et al.* Effects of renewal pruning on shoot development and crown structure of the aging Fuji apple tree[J]. Journal of China Agricultural University, 2012, 17(3): 74-80. (in Chinese)

[24] 牛军强,马明,尹晓宁,等. 不同整形修剪方式对温室油桃光强分布及产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2011(11): 44-46.

NIU J Q, MA M, YIN X N, *et al.* Effects of different pruning methods on the light distribution and yield and quality of nectarine in greenhouse[J]. Northern Horticulture, 2011, (11): 44-46. (in Chinese)

[25] 江才伦,彭良志,曹立,等. 不同修剪方式对柑橘产量、品质的影响及效益研究[J]. 果树学报, 2012, 29(6): 1017-1021.

JIANG C L, PENG L Z, CAO L, *et al.* Effect of pruning methods on yield and quality of *Citrus* and its economic benefits analysis[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(6): 1017-1021. (in Chinese)

[26] SHABAN A E A, HASEEB G M M. Effect of pruning severity and spraying some chemical substances on growth and fruiting of guava trees[J]. Agricultural and Environmental Science, 2009, 5(6): 825-831.

[27] STEPHANIE M R. Effect of pruning severity on ‘Carlos’ muscuding grape(*Vitis rotundifolia*) yield, quality, and incidence[D]. Horticultural Science, 2008: 1-85.

[28] 宋凯,魏钦平,岳玉苓,等. 不同修剪方式对红富士苹果密植园树冠光分布特征与产量品质的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1224-1230.

SONG K, WEI Q P, YUE Y L, *et al.* Effects of different pruning modes on the light distribution characters and fruit yield and quality in densely planted ‘Red Fuji’ apple orchard[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(5): 1224-1230. (in Chinese)