

# ‘岳阳红’/‘77-34’/山定子砧穗组合的苹果 树体结构、果实产量和品质形成特点

李宏建, 王 宏\*, 刘 志, 于年文, 宋 哲, 张秀美, 里程辉

(辽宁省果树科学研究所, 辽宁熊岳 115009)

**摘要:**【目的】掌握高纺锤形‘岳阳红’/‘77-34’/山定子苹果幼树至结果树树体结构参数、枝类组成比例、产量、果实品质形成的动态规律,为该自主知识产权良种良砧组合的优质高效生产提供理论依据。【方法】以山定子作砧木、分别嫁接‘77-34’和‘GM256’矮化中间砧并嫁接‘岳阳红’苹果品种为试材,调查2种砧穗组合树体在栽植后第2~7 a(年)的树体生长量、枝类比例、产量、果实品质的年生长动态变化。【结果】‘77-34’和‘GM256’中间砧对‘岳阳红’苹果树体生长、果实品质和产量的影响存在差异。2010—2016年‘77-34’中间砧树高、冠径、覆盖率和主枝数量增长速率高于‘GM256’中间砧;‘77-34’中间砧品种/矮化砧木干周粗度比值高于‘GM256’中间砧。与‘GM256’中间砧相比,‘77-34’中间砧总枝量增长速度高于‘GM256’中间砧,2015年(7 a生)‘77-34’中间砧总枝量与2016年(8 a生)‘GM256’中间砧总枝量相近;2种砧穗组合苹果树均在2012年开始结果,‘77-34’中间砧连续5 a的产量均高于‘GM256’中间砧,不同冠层高度内果实品质存在差异,上层果实单果质量、果形指数、固酸比、色差值等指标优于下层,相同冠层高度内,‘77-34’中间砧单果质量、硬度、固酸比、色差值等指标高于‘GM256’中间砧。【结论】‘77-34’中间砧致矮性弱于‘GM256’中间砧,总枝量和短枝比例高于‘GM256’中间砧,早果性与‘GM256’中间砧相当,但丰产性和果品质量优于‘GM256’中间砧。综合各性状指标,认为高纺锤形‘岳阳红’/‘77-34’/山定子砧穗组合综合表现优于‘岳阳红’/‘GM256’/山定子。

**关键词:** 苹果; ‘岳阳红’; ‘77-34’; 矮化中间砧; 枝类组成; 产量; 品质

中图分类号: S661.1 文献标志码: A 文章编号: 1009-9980(2019)01-0056-11

## Formation characteristics of tree structure, fruit yield and quality in the apple stock-scion combination of ‘Yue Yanghong’ with ‘77-34’ interstock and *Malus baccata* Borkh. rootstock

LI Hongjian, WANG Hong\*, LIU Zhi, YU Nianwen, SONG Zhe, ZHANG Xiumei, LI Chenghui

(Liaoning Institute of Pomology, Xiongyue 115009, Liaoning, China)

**Abstract:**【Objective】The new ‘77-34’ rootstock and cold resistant ‘Yue Yanghong’ apple cultivar were independently selected and bred by Liaoning Institute of Pomology. Up to now, there have been no reports on the growth, yield and quality formation of ‘Yue Yanghong’ with interstock of ‘77-34’. The goal of this study was to understand the change patterns of tree structure parameters, branch type proportion, yield and fruit quality in tall spindle shaped ‘Yue Yanghong’ with interstock of ‘77-34’ and rootstock of *Malus baccata* Borkh from juvenility to fruiting stage.【Methods】The materials were ‘Yue Yanghong’ trees with interstock of ‘77-34’ or ‘GM256’ and rootstock of *Malus baccata* Borkh. Annual tree growth, dynamic changes of the growth, branch type proportion, yield and fruit quality were mea-

收稿日期: 2018-06-06 接受日期: 2018-07-27

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-27); 辽宁省果树产业技术体系(LNGSCYTX-13/14-3); 辽宁省中央引导地方科技发展专项-地方科技创新项目示范(2016-2018); 辽宁省科学事业公益研究基金(GY-2017-0043)

作者简介: 李宏建, 男, 助理研究员, 硕士, 从事苹果栽培生理研究工作。Tel: 13840758126, E-mail: 5lihongjian@163.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel: 13940725660, E-mail: wanghong3034@163.com

sured from 2 to 7 after the trees were planted. In 2016, the trees were divided into 4 groups according to different canopy heights, and fruit yield and quality in different groups were compared. Measured parameters included fruit mass, fruit shape index, firmness, soluble solids, TSS/TA ratio, color difference value, etc.【Results】Interstock of ‘77-34’ and ‘GM256’ showed differences in growth, fruit quality, the tree yield and fruit components. From 2010 to 2016, the growth rate of tree height, coverage rate and bough number in ‘77-34’ interstocked trees were all higher than in ‘GM256’ interstocked trees. The canopy diameter of ‘77-34’ trees was higher than ‘GM256’ trees. The crown diameter in East-West direction was greater than in North-South direction. The ratio of variety/interstock trunk circumference with ‘77-34’ interstock was significantly higher. The rootstock has a better graft compatibility with the interstock of ‘77-34’ than with ‘GM256’. Compared with ‘GM256’, the total number branches was larger, the spur shoot proportion was higher; and the growth rate of total branches was higher in ‘77-34’. The total branch amount of ‘77-34’ in 2015 (7 years) was similar to that of ‘GM256’ in 2016 (8 years). The higher spur shoot proportion and the total number of branches provided guarantees for the high yield and stable yield in trees with ‘77-34’ interstock. In 2012, the trees with ‘GM256’ and ‘77-34’ interstocks began to bear fruit. The fruit number and yield in trees with both interstocks increased rapidly from 2012 to 2015. The growth rate became stable from 2015 to 2016, and the output in ‘77-34’ trees was higher than ‘GM256’ trees for five consecutive years. The output of ‘77-34’ and ‘GM256’ was 54 147.06 kg·hm<sup>-2</sup> and 43 444.67 kg·hm<sup>-2</sup> in 2016, being 16.29% and 26.80% higher than that in 2015, respectively. The yield stability in trees with ‘77-34’ interstock was better than those with ‘GM256’. The fruit mass and firmness in trees with both interstocks increased year by year in 2013—2016, the firmness of ‘77-34’ was higher than ‘GM256’. The soluble total sugar content of ‘77-34’ fruit was higher than that in ‘GM256’ fruit from 2012 to 2015. There were differences in fruit intrinsic quality and color values of ‘77-34’ and ‘GM256’ between different years. The L value in ‘77-34’ fruit was higher than in ‘GM256’ fruit from 2012 to 2016; the a was higher in 2013—2016. b value was higher in ‘GM256’ in 2013 but in other years it was lower in ‘GM256’. In a word, the color of surface of ‘77-34’ fruit was better than that of ‘GM256’ fruit, with gorgeously red, better background color and higher brightness. There were differences in fruit quality in trees with different height canopy. The fruit mass, fruit shape index, TSS/TA ratio and color difference value in trees with higher canopy of both interstocks were better than those with lower canopy. Because of the poor light intensity in the lower canopy, and the fruit development was poor with poor inner quality. Within the same tree group, fruit mass, hardness, TSS/TA ratio and color values of ‘77-34’ fruit were higher than those of ‘GM256’. The canopy part 2.0 to 3.0m in height was the part with concentrated distribution of fruit, contributing 43.48% and 38.05% of the total yield in ‘77-34’ and ‘GM256’ trees, respectively. The canopy below 1.0 m height was with the lowest fruit contribution, accounting for 13.68% and 12.20%, respectively.

【Conclusion】‘Yue Yanghong’ trees with the interstock of ‘77-34’ and rootstock of *Malus baccata* Borkh. were less dwarfed than those in interstock of ‘GM256’, which had lower total branch number and proportion of spur shoots. The two interstocks had similar early bearing trait, but the yield and quality of fruit were better in trees with ‘77-34’ than with ‘GM256’. Taking into account various traits, ‘Yue Yanghong’ with the interstock of ‘77-34’ and rootstock of *Malus baccata* Borkh. was better than those with the interstock of ‘GM256’.

**Key words:** Apple; ‘Yue Yanghong’; ‘77-34’; Dwarf interstock; Branch composition; Fruit yield; Fruit quality

矮砧栽培是苹果生产发展的一个必然趋势,人们通过矮砧栽培可以降低果园用工成本、提早结果、稳定产量,实现果园机械化作业,欧美等国家苹果矮砧栽培比例达90%以上,而中国不足10%<sup>[1-6]</sup>。中国作为世界苹果生产大国,栽培面积和产量分别占世界的43.78%和47.86%,发展矮砧栽培是中国苹果产业发展的需要和方向<sup>[7-9]</sup>。近几年辽宁苹果矮化栽培面积不断扩大,目前大部分采用中间砧矮化栽培模式,矮化中间砧木主要有‘GM256’‘77-34’等<sup>[10]</sup>。矮化砧木‘77-34’是辽宁省果树科学研究所1977年以M9为母本,小黄海棠为父本杂交育成的优良的半矮化类型砧木。该砧木表现对低温、高热、干旱等不良自然环境具有很强的适应能力,应用该砧木嫁接的苹果树易成花、结果早、丰产性强<sup>[11]</sup>,作为中间砧木在东北地区被广泛应用。以往关于‘77-34’砧木的研究多集中于品种适应性和抗寒性的评价等,秦立者等<sup>[12]</sup>通过引进‘77-34’等多个苹果砧木在河北省中南部地区开展适应性评价,认为‘77-34’与‘富士’亲和力好、水分利用效率高、抗寒性强;赵同生等<sup>[13]</sup>认为‘77-34’作为矮化中间砧嫁接短枝‘富士’苹果树在河北燕山地区早花性较弱,表现不够理想,但果实单果质量和果实品质表现较好;隗晓雯等<sup>[14]</sup>提出‘77-34’可作为矮砧杂交育种适宜的母本,杂交后代早花性表现好、短枝和叶丛枝比例高;杨凤秋等<sup>[15]</sup>对多个矮化砧木抗寒性比较分析,提出‘77-34’抗寒性大于‘SH6’‘SH38’和‘Mark’等矮化砧木。‘岳阳红’苹果是辽宁省果树科学研究所1992年,以‘富士’为母本,‘东光’为父本杂交育成的中晚熟抗寒苹果新品种。该品种因其抗寒性强,近年来辽宁省、吉林省吉林市、集安市和黑龙江省林口等区域大面积栽植,表现丰产性好、结果早、抗性强和果实品质优良等特点<sup>[16-18]</sup>。闫忠业等<sup>[18]</sup>研究‘岳阳红’低温下抗性生理酶活性变化,提出‘岳阳红’低温下脯氨酸含量高,抗寒力强与果实成熟期早、营养回流好有关;张秀美等<sup>[19]</sup>研究‘岳阳红’改良主干形主枝数量与相对光照强度、果实品质的关系,认为改良主干形‘岳阳红’主枝数17个时树体最佳相对光强区域最大,果实品质好。‘77-34’砧木和‘岳阳红’苹果均为辽宁省果树科学研究所自主选育的砧木和抗寒苹果新品种,迄今为止,关于‘77-34’作为中间砧嫁接‘岳阳红’苹果树体生长发育、产量、品质形成规律等研究未见报道,缺少详备的参考资料。为此,笔者以‘岳阳红’/‘77-

34’/山定子苹果树为试材,系统性地掌握该砧穗组合幼树至结果初期树体生长、枝类结构、产量、品质形成的动态变化规律,为寒地采用‘岳阳红’/‘77-34’/山定子良种良砧组合的推广应用提供数据参考和理论依据。

## 1 材料和方法

试验于2010—2016年进行。试验区果园地势平坦,灌溉条件良好,土壤为轻砂壤土,土壤有机质含量(*w*,后同)1.33%,全氮含量0.64%,速效磷含量70.3 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾含量107 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤孔隙度43.6%,田间持水量13.53%。年平均气温9.0℃,1月平均气温-9.2℃,7月平均气温24.6℃,极端最低气温-31.7℃,年降水686 mm,无霜期178 d。

### 1.1 试验材料

试验设2个处理,供试苹果品种为‘岳阳红’,中间砧木分别为‘77-34’和‘GM256’,砧木长度30 cm,基砧为山定子。2009年春季栽植1 a生矮化中间砧单干苗木(中间砧和品种分别嫁接于2007年8月和2008年6月,嫁接方式均为芽接),株行距为2.5 m×4.0 m,栽植后按照“高纺锤形”树形整形(干高90 cm,主枝拉枝角度110°~120°,冬季修剪严格控制树高不超过3.5 m,主枝和中心干单轴延伸、不短截,保留主枝:中心干比例<0.3的主枝);果园采取常规管理,疏果按照15~20 cm距离保留中心果,果实套双层纸袋,分2次摘袋处理,果园每年每666.7 m<sup>2</sup>施腐熟有机肥2 500~3 000 kg,果园行间采取自然生草,灌溉采用微喷管灌系统,正常水分管理。

### 1.2 试验方法

试验选择生长势基本一致、无病害的试验树20株,2010—2016年每年9月下旬用钢卷尺测定树体高度、主枝长、新梢长、冠径,计算覆盖率;用游标卡尺测定矮化中间砧嫁接口上和下5 cm处的干粗直径,计算干周粗度,具体参照张强等<sup>[7]</sup>的方法。10月上旬调查树体枝类组成结构,包括树冠内短枝(长度<5 cm,叶片数<4片、4片≤叶片数≤6片、叶片数>6片)、中枝(5 cm≤长度<15 cm、15 cm≤长度<30 cm)、长枝(30 cm≤长度<60 cm、长度≥60 cm)的数量,计算总枝数量和枝类比例,具体参照尚志华等<sup>[20]</sup>和张强等<sup>[21]</sup>的方法。

2012年试验树开始结果,2012—2016年果实成熟期调查单株果实数量,并称量单株产量,折合公顷

产量;在每株树冠的中上部东南方向随机采摘大小均匀、成熟度一致的5个果实,共100个,用于测定果实相关指标。果实单果质量用百分之一天平测量;果实的纵径、横径用游标卡尺测量,计算果形指数;果实硬度和可溶性固形物含量分别用GY-1型硬度计和DR-103型电子糖量仪测定;果实可滴定酸、可溶性糖和维生素C含量分别采用酸碱滴定法、蒽酮比色法和2,6-二氯靛酚滴定法测定;果皮色差参数采用色差计(Konica Minolta CR-400, USA)测定果实赤道部位阳面的色差值,具体参照马瑞娟等<sup>[22]</sup>的方法。

2016年将试验树按照冠层分格方法<sup>[7]</sup>,将树体从地面到顶部分成4个冠层,分别为距地面高度<1.0 m、距地面高度1.0~2.0 m、距地面高度2.0~3.0 m和距离地面高度>3.0 m(以下分别简写为<1.0 m、1.0~2.0 m、2.0~3.0 m和>3.0 m),分别调查每个冠层内的果实数量和产量,测定冠层内果实单果质量、果形指数、硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、固酸比和果实色差值等(测定方法同上)。

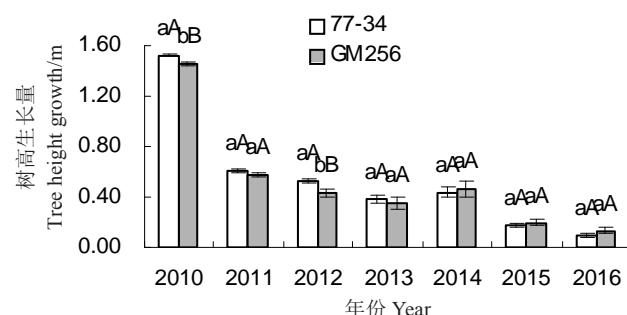
### 1.3 数据处理与分析

数据统计采用Excel软件,数据处理采用DPS数据分析软件,差异显著性分析采用配对样本T检验法。

## 2 结果与分析

### 2.1 树体生长发育的动态变化

2.1.1 树体高度、冠径和覆盖率的生长动态变化  
由图1可见,2010—2013年‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’苹果树高年生长量呈现“下降-升高-下降”的变化趋势,2010—2013年‘77-34’树高年生长量高于‘GM256’,2014—2016年‘77-34’树高年生长量低于‘GM256’,方差分析表明,2010年、



图表中同列数据后不同字母表示差异显著(小写字母表示  $p < 0.05$ ,大写字母表示  $p < 0.01$ )。下同。

Different small and capital letters with in the same column indicate significant difference at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively. The same below.

图1 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树  
树高年生长量的差异

Fig. 1 Differences in tree height growth of  
'Yue Yanghong' grafted on different dwarfing  
interstocks every year

2012年‘77-34’和‘GM256’差异极显著,其他年份差异不显著。由表1可见,2016年‘77-34’和‘GM256’树高分别为3.77 m和3.62 m,两者间差异极显著。

表1 2016年不同矮化中间砧‘岳阳红’  
苹果树高、冠径和覆盖率差异

Table 1 Differences in bough and new branches in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks in 2016

矮化砧 木类型 Dwarfing interstock	树高 Tree height growth/m	冠径 Canopy width/m		覆盖率 Coverage rate/%	
		东西 East-west	南北 South-north		
77-34	3.77±0.05 aA	2.82±0.04 aA	2.44±0.06 aA	70.48±0.93 aA	
GM256	3.62±0.09 bB	2.55±0.07 bB	2.29±0.06 bB	63.83±1.65 bB	

由图2可见,‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’苹果树冠径年生长量在不同年份间存在差异,2011—2014年‘77-34’东西方向冠径的年生长量高

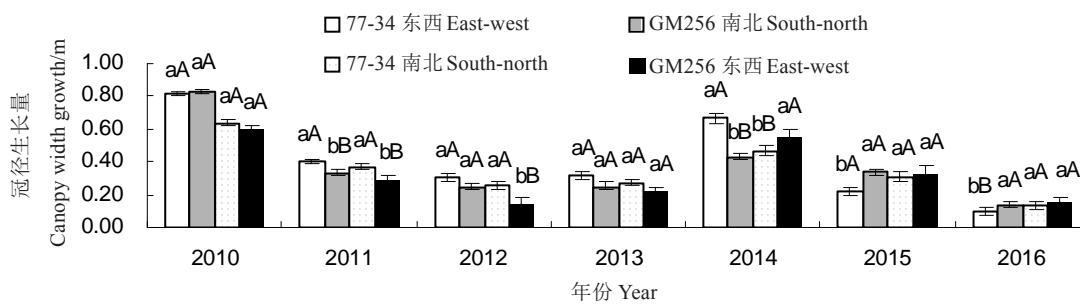


图2 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树冠径年生长量的差异

Fig. 2 Differences in canopy with growth of ‘Yue Yanghong’ grafted on different dwarfing interstocks every year

于‘GM256’、其他年份低于‘GM256’，方差分析表明，2011年、2014年、2016年两者间差异极显著、2015年差异显著；2010—2013年‘77-34’南北方向冠径的年生长量高于‘GM256’，2014—2016年低于‘GM256’，方差分析表明，2011年、2012年、2014年两者间差异极显著，其他年份两者间差异不显著。2016年‘77-34’和‘GM256’中间砧东西方向冠径的总生长量分别为2.82 m和2.55 m，而南北方向分别为2.44 m和2.29 m，两者间差异极显著。

由图3可见，2010—2016年‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’树冠覆盖率年生长量呈现“下降—升高—下降”的变化趋势。‘77-34’树冠覆盖率2011—2014年生长量高于‘GM256’，其他年份低于‘GM256’，二者分别在2010年、2012年、2013年差异不显著，其他年份差异极显著。由表1可见，2016年‘77-34’和‘GM256’树冠覆盖率分别为70.48%和63.83%，两者间差异极显著。

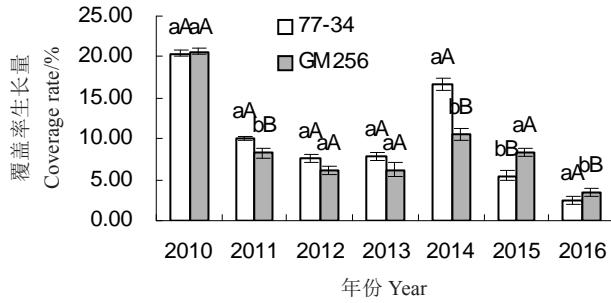


图3 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树树冠覆盖率年生长量的差异

Fig. 3 Differences in coverage rate of ‘Yue Yanghong’ drafted on different dwarfing interstocks every year

综上所述，‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’树高、冠径和覆盖率年生长量在2010—2016年间均存在不同的差异，但总体均表现为前期年生长量较快，随着树体产量的增加，后期生长量渐缓的变化趋势。综合比较发现，‘77-34’树高、冠径和覆盖率等总生长量均高于‘GM256’。

**2.1.2 树体主枝数、主枝长度和新梢长度的生长动态变化** 由表2可见，2010—2016年‘77-34’中间砧‘岳阳红’主枝数量和增长速度均高于‘GM256’，2016年‘77-34’和‘GM256’主枝数分别为34 517个·hm<sup>-2</sup>和31 530个·hm<sup>-2</sup>，两者间差异极显著。‘77-34’和‘GM256’树体主枝长随树龄增长逐年增加，‘77-34’主枝长高于‘GM256’，2011—2016年两者间差异极显著。2016年‘77-34’和‘GM256’新梢长差

表2 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树体主枝和新梢生长动态差异

Table 2 Differences in the bough and new branches in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks

矮化砧 年份 Year	木类型 Dwarfing interstock	主枝数 Bough number/ (No.·hm <sup>-2</sup> )	主枝长 Bough length/cm	新梢长 New branches Length/cm
2010	77-34	3 002±218.91 aA	34.65±1.49 aA	28.43±2.18 aA
	GM256	2 724±92.39 bB	31.17±1.29 aA	28.21±1.57 aA
2011	77-34	7 504±435.38 aA	68.05±1.46 aA	36.85±2.70 aA
	GM256	5 969±620.66 bB	61.32±1.80 bB	32.88±1.38 bB
2012	77-34	13 507±683.11 aA	82.15±1.53 aA	45.12±1.54 aA
	GM256	8 954±2 810.94 bB	75.64±1.87 bB	38.36±0.76 bB
2013	77-34	23 262±1 944.22 aA	108.26±5.83 aA	54.06±6.13 aA
	GM256	19 813±1 861.14 bA	94.45±2.32 bB	43.03±1.37 bB
2014	77-34	32 267±1 468.10 aA	139.00±3.49 aA	53.00±6.56 aA
	GM256	27 347±1 542.97 bB	113.91±5.26 bB	50.05±3.06 aA
2015	77-34	31 516±1 739.10 aA	152.00±10.73 aA	51.00±4.13 aA
	GM256	30 084±807.89 aA	135.61±3.78 bB	52.45±1.49 aA
2016	77-34	34 517±1 280.09 aA	162.26±10.88 aA	58.55±6.85 aA
	GM256	31 530±662.32 bB	144.01±5.47 bB	55.16±2.12 bA

异显著，2011—2013年两者间差异极显著，其他年份差异不显著。综上所述，2013—2016年树体新梢生长量较大且趋于稳定，新梢生长量的稳定表明树势生长良好；‘77-34’主枝数量增长速率显著高于‘GM256’，主枝数量的快速增长为树体总枝量的形成提供了保障。

**2.1.3 树体中间砧木和品种接口处干周的生长动态变化** 由表3可见，‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳

表3 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树干周生长动态差异

Table 3 Differences in the trunk circumference of ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks

矮化砧 年份 Year	木类型 Dwarfing interstock	干周粗度 Trunk circumference		
		品种 Variety/cm	矮化砧木 Interstock/cm	品种/矮化砧木 Variety/Interstock
2010	77-34	4.85±0.10 aA	6.36±6.36 aA	0.76±0.02 aA
	GM256	4.41±0.35 aA	6.91±0.29 aA	0.64±0.07 bB
2011	77-34	9.57±0.19 aA	12.14±0.12 aA	0.79±0.01 aA
	GM256	8.82±0.20 bB	13.00±0.09 aA	0.68±0.02 bB
2012	77-34	12.83±0.19 aA	16.30±0.14 aA	0.79±0.01 aA
	GM256	11.86±0.20 bB	17.33±0.30 aA	0.68±0.02 bB
2013	77-34	16.45±0.11 aA	20.43±0.08 aA	0.81±0.01 aA
	GM256	14.59±0.30 bB	23.21±0.62 aA	0.63±0.03 bB
2014	77-34	21.39±0.12 aA	26.83±1.21 aA	0.80±0.04 aA
	GM256	19.46±0.39 bB	31.80±1.67 aA	0.61±0.03 bB
2015	77-34	22.36±0.37 aA	31.63±0.70 aA	0.71±0.02 aA
	GM256	21.03±0.27 bB	33.57±0.99 aA	0.63±0.02 bB
2016	77-34	26.64±0.40 aA	36.57±0.97 bA	0.73±0.01 aA
	GM256	24.17±1.77 bB	37.84±1.14 aA	0.64±0.04 bB

阳红’品种和矮化砧木干周粗度逐年增加,矮化砧木干周粗度高于品种,均表现大脚现象;2011—2016年‘77-34’的品种干周粗度高于‘GM256’,两者间差异极显著;2010—2016年‘77-34’品种/矮化砧木干周粗度比值高于‘GM256’,两者间差异极显著。综上所述,‘77-34’砧穗组合表现亲和力较好,而‘GM256’组合表现大脚现象明显。

## 2.2 树体枝类组成数量和比例的生长动态变化

由表4可见,2010—2016年‘77-34’和‘GM256’

中间砧‘岳阳红’树体总枝量逐年增加,‘77-34’的总枝量增长速度高于‘GM256’。2011—2015年‘77-34’和‘GM256’的总枝量成倍增长,2015年与2014年相比,分别增加了2.96倍和2.62倍,至试验结束时,2016年‘77-34’和‘GM256’的总枝量分别为 $110.35 \times 10^4$ 条·hm<sup>-2</sup>和 $87.53 \times 10^4$ 条·hm<sup>-2</sup>,两者间相差1.26倍,差异极显著。‘77-34’和‘GM256’长枝比例逐年递减、短枝比例逐年递增的变化趋势,2010—2015年‘77-34’长度≥60 cm和30~60 cm的长枝比

表4 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树体枝类组成差异

Table 4 Differences in the branch types and proportions in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstock

年份 Year	矮化砧木 类型 Dwarf interstock	不同枝类组成比例 The proportion of different branch types/%						总枝量 Total branches/ ( $\times 10^4$ No·hm <sup>-2</sup> )	
		短枝 Spur shoots			中枝 Medium shoots		长枝 Long shoots		
		<4片 <4 Leaf	4~6片 4-6 Leaf	>6片 >6 Leaf	5~15 cm	15~30 cm	30~60 cm	≥60 cm	
2010	77-34	21.05±1.04 bA	10.53±1.23 aA	26.32±1.27 aA	5.26±1.28 aA	10.53±1.13 aA	10.53±1.15 aA	15.79±0.97 bA	1.90±0.20 aA
	GM256	26.23±2.71 aA	6.56±1.27 bA	20.49±1.77 bB	6.56±0.86 aA	9.84±0.75 aA	12.30±0.97 aA	18.03±1.64 aA	1.22±0.06 bB
2011	77-34	17.86±0.26 aA	7.14±0.61 aA	10.71±0.77 aA	10.71±1.24 aA	14.29±0.58 aA	17.86±0.46 bB	21.43±1.72 bA	2.80±0.65 aA
	GM256	15.69±0.82 bA	5.10±0.55 bB	10.98±1.13 aA	8.63±0.76 bB	12.55±0.58 bA	20.39±1.05 aA	26.67±1.93 aA	2.55±0.12 bB
2012	77-34	14.49±1.24 bB	8.70±0.78 aA	17.39±0.75 aA	13.04±0.19 aA	23.19±1.01 aA	8.70±0.59 bB	14.49±1.18 aA	6.90±0.98 aA
	GM256	18.27±0.33 aA	5.87±0.53 bB	13.87±0.43 bB	10.60±0.26 bB	24.14±0.81 aA	12.23±0.48 aA	15.01±0.83 aA	6.13±0.22 bB
2013	77-34	13.64±0.62 bB	15.58±0.47 aA	25.32±0.26 aA	17.53±0.22 aA	15.58±0.23 aA	6.49±0.16 bB	5.84±0.26 bB	15.40±2.83 aA
	GM256	14.96±0.54 aA	13.58±0.23 bB	23.04±0.31 bB	17.62±0.39 aA	15.84±0.27 aA	7.19±0.16 aA	7.76±0.53 aA	12.37±0.16 bB
2014	77-34	15.70±0.28 aA	17.06±0.20 aA	22.53±0.28 aA	17.06±0.18 aA	16.72±0.46 bB	5.12±0.24 bB	5.80±0.19 bB	29.30±4.59 aA
	GM256	14.85±0.41 bA	15.62±0.20 bB	16.35±0.35 bB	16.47±0.26 bA	24.09±0.25 aA	5.50±0.16 aA	7.12±0.21 aA	25.99±0.38 bB
2015	77-34	13.38±0.23 bB	50.17±0.43 aA	6.69±0.17 aA	20.07±0.18 aA	5.65±0.23 bB	2.42±0.13 bB	1.61±0.03 bB	86.74±7.23 aA
	GM256	14.16±0.32 aA	39.14±1.11 bB	6.49±0.14 bA	18.29±0.44 bB	11.12±0.22 aA	6.72±0.05 aA	4.08±0.05 aA	68.14±1.25 bB
2016	77-34	17.14±0.27 bB	47.25±0.48 aA	7.70±0.08 aA	17.68±0.27 bB	5.07±0.09 bB	2.99±0.06 bB	2.17±0.04 bB	110.30±9.86 aA
	GM256	19.97±0.49 aA	32.77±0.66 bB	6.91±0.07 bB	21.19±0.44 aA	9.09±0.10 aA	5.66±0.11 aA	4.41±0.05 aA	87.53±0.94 bB

例分别从15.79%和10.53%下降到1.61%和2.42%,2016年‘77-34’和‘GM256’短枝、中枝、长枝比例分别为72.08%、22.75%、5.17%和59.65%、30.29%、10.06%。综上所述,与‘GM256’中间砧相比较,‘77-34’中间砧‘岳阳红’树体表现为总枝数量大,短枝比例高、长枝比例低的特点,较高的短枝比例和总枝数量为树体的丰产和稳产提供保障。

## 2.3 果实产量和品质的动态变化

由图4和图5可见,‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’苹果树2012年开始结果,2012—2016年果实数量和产量均呈逐年增加的变化趋势,2013—2015年增长速度较快,2015—2016年增长速度趋于稳定。2012—2016年‘77-34’果实数量和产量均高于‘GM256’,2012—2013年‘77-34’和‘GM256’果实产量差异不显著,其他年份两者间差异极显著。综上所述,从稳产性来看,‘77-34’中间砧的产量稳

定性要优于‘GM256’,而且能提高早期产量,利于早期树体丰产。

由表5可见,2012—2016年‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’果实硬度逐年增加,‘77-34’果实硬度高于‘GM256’;2014—2016年‘77-34’单果质量高于‘GM256’,2014和2016年两者间差异极显著;‘77-34’和‘GM256’果形指数2015年差异极显著,其他年份差异不显著;2012—2015年‘77-34’果实可溶性糖含量高于‘GM256’、2013年差异极显著、2012年差异显著;‘77-34’和‘GM256’果实可滴定酸含量2014年差异极显著,2016年差异显著,其他年份差异不显著。

由表6可见,2012—2016年‘77-34’中间砧果实色差L值高于‘GM256’,2012年、2013年和2016年两者间差异极显著,其他年份差异显著;2013—2016年‘77-34’果实色差a值高于‘GM256’,2013年‘77-

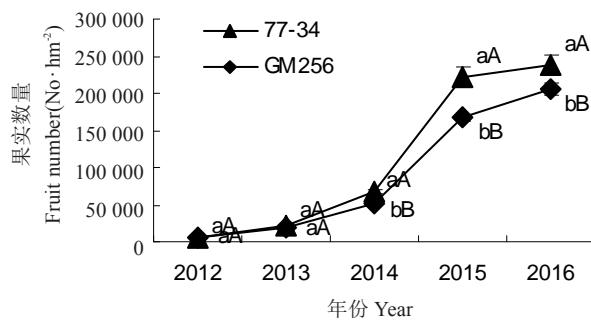


图4 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树体果实数量差异  
Fig. 4 Differences in the fruit number of ‘Yue Yanghong’ drafted on different dwarfing interstock

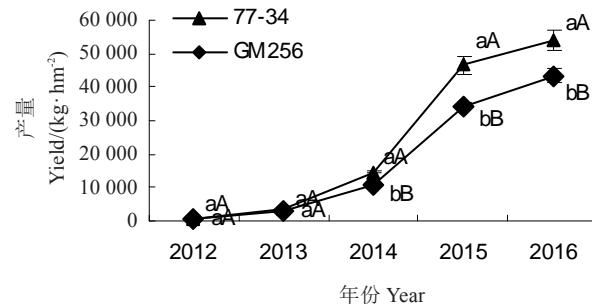


图5 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树体果实产量差异  
Fig. 5 Differences in the yield of ‘Yue Yanghong’ drafted on different dwarfing interstock

表5 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树果实内在品质差异

Table 5 Differences in the fruit intrinsic quality in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks

年份 Year	矮化砧木类型 Dwarfing interstock	单果质量 Fruit mass/g	果形指数 Fruit figure index	硬度 Firmness/(kg·cm⁻²)	w(可溶性固形物) Soluble solids/%	w(可溶性糖) Soluble total sugar/%	w(可滴定酸) Titratable acidity/%
2012	77-34	168.26±7.39 aA	0.91±0.01 aA	9.52±0.23 aA	14.02±1.30 aA	11.28±0.56 aA	0.48±0.02 aA
	GM256	167.78±4.32 aA	0.90±0.01 aA	8.55±2.85 aA	13.37±0.34 aA	10.80±0.26 bA	0.46±0.02 aA
2013	77-34	148.50±11.08 aA	0.90±0.01 aA	9.65±0.27 aA	13.65±1.06 aA	11.88±0.30 aA	0.46±0.01 aA
	GM256	152.95±5.23 aA	0.91±0.01 aA	9.45±0.22 aA	13.57±0.31 aA	10.86±0.20 bB	0.47±0.03 aA
2014	77-34	216.40±11.34 aA	0.93±0.01 aA	10.17±0.38 aA	14.12±1.16 aA	11.07±0.51 aA	0.57±0.01 aA
	GM256	200.25±5.43 bB	0.92±0.01 aA	9.91±0.15 bA	13.87±0.45 aA	10.90±0.34 aA	0.50±0.03 bB
2015	77-34	209.30±7.73 aA	0.90±0.01 bB	10.27±0.45 aA	14.98±0.87 aA	11.32±0.51 aA	0.56±0.01 aA
	GM256	206.01±4.04 aA	0.92±0.01 aA	10.12±0.19 aA	14.32±0.39 aA	11.16±0.42 aA	0.56±0.01 aA
2016	77-34	226.85±13.17 aA	0.92±0.01 aA	10.46±0.44 aA	14.65±0.94 aA	11.05±0.48 aA	0.51±0.02 bA
	GM256	211.54±5.66 bB	0.93±0.01 aA	10.16±0.30 aA	14.53±0.33 aA	11.25±0.34 aA	0.53±0.01 aA

表6 不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树果实色差值差异

Table 6 Differences in the fruit color values in ‘Yue Yanghong’ grafted on different dwarfing interstocks

年份 Year	矮化砧木类型 Dwarfing interstock	色差值 Color difference value		
		L	a	b
2012	77-34	62.45±0.67 aA	20.48±1.17 aA	22.46±0.47 aA
	GM256	60.80±1.00 bB	20.64±1.17 aA	21.76±0.81 bA
2013	77-34	54.68±0.67 aA	28.43±1.51 aA	20.45±0.63 aA
	GM256	52.21±1.40 bB	25.75±1.67 bA	20.85±0.40 aA
2014	77-34	58.77±1.52 aA	24.79±1.17 aA	21.84±0.77 aA
	GM256	56.92±1.07 bA	24.43±1.09 aA	18.57±0.80 bB
2015	77-34	52.81±2.02 aA	27.28±1.13 aA	24.48±1.08 aA
	GM256	50.55±1.59 bA	26.89±1.20 aA	22.37±1.22 bB
2016	77-34	56.25±0.66 aA	25.48±1.27 aA	20.06±0.97 aA
	GM256	53.74±1.43 bB	23.87±1.13 bA	19.18±0.82 bA

‘77-34’果实色差b值低于‘GM256’，其他年份高于‘GM256’。综上所述，果实果面色差值在不同年份间存在差异，综合比较各年份果实色差值，认为‘77-34’中间砧果实果面色泽优于‘GM256’，‘77-34’果实不仅红色艳丽，而且果面底色较好、光亮程度高。

#### 2.4 树体不同冠层内果实产量和品质的差异分布

由表7可见，‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’单果质量和果形指数随冠层高度的增加呈递增趋势，相同冠层高度内‘77-34’果实时单果质量高于‘GM256’，两者间差异极显著；冠层高度>3.0 m 内

表7 2016年不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树不同冠层果实质量差异

Table 7 Differences in the fruit quality in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks at different crown parts in 2016

冠层高度 Crown height/m	矮化砧木类型 Dwarfing interstock	单果质量 Fruit mass/g	果形指数 Fruit figure index	硬度 Firmness/(kg·cm⁻²)
<1.0	77-34	198.50±1.71 aA	0.88±0.02 bA	10.86±0.38 aA
	GM256	196.26±1.00 bB	0.89±0.02 aA	10.55±0.16 bA
1.0~2.0	77-34	215.25±6.11 aA	0.89±0.03 bA	10.35±0.41 aA
	GM256	208.42±3.02 bB	0.92±0.01 aA	10.28±0.20 aA
2.0~3.0	77-34	228.25±2.84 aA	0.93±0.01 bA	10.08±0.56 aA
	GM256	216.03±4.17 bB	0.94±0.01 aA	10.02±0.12 aA
>3.0	77-34	240.08±9.66 aA	0.95±0.01 aA	10.28±0.29 aA
	GM256	226.45±3.42 bB	0.95±0.01 aA	9.78±0.17 bB

的‘77-34’和‘GM256’果实果形指数差异不显著,其他冠层高度差异显著。‘GM256’果实硬度随冠层高度的增加呈下降趋势,相同冠层高度内‘77-34’果实硬度高于‘GM256’,冠层高度 $>3.0\text{ m}$ 内的‘77-34’和‘GM256’果实硬度差异极显著, $<1.0\text{ m}$ 内的果实硬度两者间差异显著、其他冠层高度差异不显著。综上所述,树冠上层光照充足,叶片光合效率高,结果枝多为垂帘式结果枝组,果实单果质量和果形指数均优于下层和内膛果实,并且‘77-34’中间砧果实单果质量和硬度均高于‘GM256’。

由表8可见,冠层高度 $<1.0\text{ m}$ 、 $1.0\sim2.0\text{ m}$ 、 $2.0\sim3.0\text{ m}$ 内的‘77-34’果实可滴定酸含量低于‘GM256’。‘77-34’和‘GM256’果实可溶性固形物、可溶性糖、固酸比的变化趋势相似,随冠层高度的增加呈增长趋势,冠层高度 $1.0\sim2.0\text{ m}$ 的果实可溶性固形物含量差异极显著;冠层高度 $1.0\sim2.0\text{ m}$ 、 $2.0\sim3.0\text{ m}$ 、 $>3.0\text{ m}$ 内的‘77-34’果实可溶性糖含量高于‘GM256’,其中,冠层高度 $2.0\sim3.0\text{ m}$ 果实可溶性糖含量差异极显著;相同冠层高度的‘77-34’果实固酸比高于‘GM256’,冠层高度 $1.0\sim2.0\text{ m}$ 、 $2.0\sim3.0\text{ m}$ 的‘77-34’和‘GM256’果实固酸比差异极显著。综上所述,综合比较果实可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸、固酸比等内在品质指标,发现树冠上层的果实

表8 2016年不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树

不同冠层果实内在品质差异

Table 8 Differences in the fruit intrinsic quality in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks at different crown parts in 2016

冠层高度 Crown height/m	矮化砧 木类型 Dwarfing interstock	w(可溶性 固形物) Soluble solids/%	w(可溶性糖) Soluble total sugar/%	w(可滴 定酸) Titratable TSS/TAA acidity/%	固酸比 TSS/TA acidity/%
<1.0	77-34	12.38± 0.53 aA	10.05± 0.24 aA	0.55± 0.02 aA	22.51± 0.94 aA
	GM256	12.48± 0.34 aA	10.28± 0.298 aA	0.56± 0.02 aA	22.29± 0.80 aA
1.0~2.0	77-34	14.27± 0.63 aA	11.26± 0.49 aA	0.52± 0.02 aA	27.44± 1.75 aA
	GM256	12.64± 0.32 bB	11.06± 0.15 aA	0.54± 0.01 aA	23.41± 0.82 bB
2.0~3.0	77-34	14.55± 0.44 aA	12.07± 0.33 aA	0.48± 0.03 bA	30.31± 1.95 aA
	GM256	14.02± 0.18 bA	11.45± 0.37 bB	0.51± 0.02 aA	27.51± 0.88 bB
>3.0	77-34	15.88± 0.79 aA	12.55± 0.46 aA	0.49± 0.03 aA	32.41± 2.39 aA
	GM256	15.61± 0.45 aA	12.22± 0.18 bA	0.49± 0.01 aA	31.87± 1.30 aA

内在品质要优于下层,产生这种原因可能是树冠下层光照强度差、树冠郁闭,果实发育不良,影响果实内在品质。

由表9可见,‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳红’果实色差L值、a值、b值随冠层高度增加呈现递增趋势,说明树冠上层果实色泽较好,由于受到光照条件充足,果面底色光亮程度高;相同冠层高度内的‘77-34’果实色差L值、a值和b值均高于‘GM256’。其中,冠层高度 $1.0\sim2.0\text{ m}$ 内的‘77-34’和‘GM256’果实色差a值差异极显著,冠层高度 $<1.0\text{ m}$ 、 $1.0\sim2.0\text{ m}$ 和 $>3.0\text{ m}$ 内的‘77-34’和‘GM256’果实色差b值差异极显著。由此可见,相同冠层高度内‘77-34’果实色泽表现要优于‘GM256’。

表9 2016年不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树  
不同冠层果实色差值差异

Table 9 Differences in the fruit color values in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks and at different crown parts in 2016

冠层高度 Crown height/m	矮化砧 木类型 Dwarfing interstock	色差值 Color difference value		
		L	a	b
<1.0	77-34	48.58±2.62 aA	21.05±2.09 aA	18.46±1.62 aA
	GM256	46.85±2.90 aA	20.80±1.00 aA	16.86±0.66 bB
1.0~2.0	77-34	54.05±2.08 aA	24.45±2.38 aA	22.43±1.82 aA
	GM256	51.49±1.79 bA	21.05±1.27 bB	18.47±0.95 bB
2.0~3.0	77-34	56.35±3.97 aA	27.58±2.19 aA	21.18±1.59 aA
	GM256	55.24±2.90 aA	25.18±2.43 aA	20.35±0.58 bA
>3.0	77-34	62.48±3.12 aA	30.85±2.19 aA	25.85±1.61 aA
	GM256	61.37±0.46 aA	28.45±1.31 bA	21.05±0.98 bB

由表10可见,‘77-34’和‘GM256’中间砧‘岳阳

表10 2016年不同矮化中间砧‘岳阳红’苹果树  
不同冠层果实产量空间分布差异

Table 10 Differences in spatial distribution of fruit yield in ‘Yue Yanghong’ trees grafted on different dwarfing interstocks and at different crown parts in 2016

冠层高度 Crown height/m	矮化砧 木类型 Dwarfing interstock	每株果实数量 Fruit number per plant	产量组成 Yield composition	
			每株产量 Yield per plant	比例 Proportion/%
<1.0	77-34	32.00±7.07 aA	7.07±0.96 aA	13.68±1.10 aA
	GM256	25.00±3.06 bB	5.30±0.65 bB	12.20±1.49 bA
1.0~2.0	77-34	62.40±7.81 bB	13.73±1.10 bB	26.58±4.50 bB
	GM256	72.00±2.49 aA	15.26±0.53 aA	35.12±1.22 aA
2.0~3.0	77-34	101.70±9.21 aA	22.46±1.78 aA	43.48±5.04 aA
	GM256	78.00±6.80 bB	16.54±1.44 bB	38.05±3.32 bA
>3.0	77-34	38.10±6.33 aA	8.40±0.87 aA	16.26±3.49 aA
	GM256	30.00±2.31 bB	6.36±0.49 bB	14.63±1.13 aA

红'果实数量和产量分布集中区域均为2.0~3.0 m冠层高度内,产量组成比例分别为43.48%和38.05%,冠层高度<1.0 m内的产量组成比例最低,分别为13.68%和12.20%,两者均差异显著;冠层高度1.0~2.0 m内的'77-34'和'GM256'产量组成比例差异极显著;相同冠层高度内的'77-34'和'GM256'果实数量和产量均差异极显著。

### 3 讨 论

#### 3.1 '岳阳红'/'77-34'/山定子砧穗组合的苹果树体形成

维持合理的群体结构和适当的枝叶量是苹果树丰产、优质的基础<sup>[23]</sup>,本研究中,'77-34'中间砧'岳阳红'树体无论是树高、冠径、覆盖率,还是主枝长度和主枝数等指标增长速度均高于'GM256'中间砧。'77-34'中间砧总枝量在2011—2015年呈现成倍增长的趋势,增长速度明显高于'GM256'中间砧,强健的树势和总枝量的快速增长为高纺锤形树形的培养和后期产量的形成提供保障。2016年(8 a生)'77-34'和'GM256'中间砧总枝量分别为 $110.35 \times 10^4$ 条·hm<sup>-2</sup>和 $87.53 \times 10^4$ 条·hm<sup>-2</sup>。董建波<sup>[24]</sup>提出优质、丰产的矮化砧木密植苹果园枝芽量为 $90 \times 10^4$ 条·hm<sup>-2</sup>;梁海忠等<sup>[25]</sup>认为9 a生高纺锤形苹果树冠内合理的总枝芽量为 $119.4 \times 10^4$ 条·hm<sup>-2</sup>;高登涛等<sup>[26]</sup>研究认为高纺锤形苹果树总枝量为 $81 \times 10^4$ 条·hm<sup>-2</sup>时,需要增加留枝量。本研究结果中'77-34'中间砧总枝量与前人提出的矮化砧木苹果栽培优质丰产的总枝量要求基本一致<sup>[24-27]</sup>,而'GM256'中间砧总枝量略少于前人研究结果,2016年(8 a生)'GM256'中间砧总枝量与2015年(7 a生)'77-34'中间砧总枝量相近。

苹果树枝类组成比例和数量直接影响树体生长势、果实产量和品质。本研究中,'77-34'和'GM256'中间砧树体均表现为长枝比例逐年递减,短枝比例逐年递增的变化趋势,'77-34'中间砧短枝比例高于'GM256'中间砧,而长枝比例低于'GM256'中间砧。由此可见,'77-34'中间砧高比例短枝数量为该砧穗组合实现高产提供了保障。与'77-34'中间砧相比,'GM256'中间砧的中心干和主枝临近中心干的末端部位萌芽率低、成枝力差,更容易出现"光秃带"现象。在生产中我们对中心干"光秃带"部位进行刻伤和主枝拉枝处理,'GM256'中

间砧中心干表现萌芽率低、成枝力差,"光秃带"现象依然明显,而'77-34'中间砧萌芽率较高、成枝力较强,"光秃带"现象得到改善。'GM256'中间砧拉枝后,临近中心干末端的主枝"光秃带"部位仅在背上部抽生数条长枝,中、短枝抽生数量极少,而'77-34'中间砧临近中心干末端的主枝部位两侧会抽生大量的中、短枝。由此可见,'GM256'中间砧的"光秃带"现象影响总枝数量和枝类组成比例。

'77-34'幼树期树体表现生长量大、树势旺,在栽培管理中,对主枝应及时进行拉枝,缓和树势,促进提早成花,提高幼树期产量。进入结果期后,由于'77-34'树体高比例的短枝数量,容易削弱主枝的生长势,为了避免树势早衰现象的发生,树体的管理中应加强肥水管理。冬季整形修剪时,及时疏除不饱满的花芽、适当回缩细弱的果台枝和结果枝组,疏除结果能力下降和基部加粗生长过旺的主枝,对主枝进行及时更新培养。

#### 3.2 '岳阳红'/'77-34'/山定子砧穗组合的苹果产量和品质的形成

苹果是以中、短果枝结果为主的树种,合理的生长节奏和中庸的树势是树体丰产的前提<sup>[6]</sup>,从产量上分析,高纺锤树形'77-34'和'GM256'中间砧'岳阳红'苹果树2012年开始结果,2014—2016年'77-34'中间砧树体产量增长速度显著高于'GM256'中间砧,2016年(8 a生)'GM256'中间砧的产量仅相当于2015年(7 a生)'77-34'中间砧的产量。'77-34'和'GM256'中间砧连续5 a的累计产量分别为119 499.83 kg·hm<sup>-2</sup>和92 040.38 kg·hm<sup>-2</sup>,由此可见,'77-34'中间砧能提高'岳阳红'苹果树早期产量,产量稳定性较好。与'GM256'中间砧相比,'77-34'中间砧幼树期树体生长量较大,但通过拉枝等处理可以使树势缓和,较高的总枝数量,能够为稳定树体结构的快速构建和产量形成提供保障。树体合理的果实分布和枝类结构影响苹果树的果实品质和产量构成<sup>[21,28-29]</sup>。本研究中,'77-34'和'GM256'中间砧果实产量和品质冠层分布存在差异,但是两者树体产量分布集中区域均为2.0~3.0 m冠层高度内,树冠上层果实单果质量、果形指数、可溶性固形物和固酸比等指标优于下层和内膛果实。树冠上层光照充足,叶片光合效率高,而树冠下层光照强度差、树冠郁闭,果实发育不良,影响果实内在品质。相同冠层高度内,'77-34'中间砧果实单果质量、硬度、固酸比、

果实色差值等内在和外观品质均优于‘GM256’。分析原因认为‘77-34’枝芽量大,叶片光合积累养分充足,营养和生殖生长均衡协调,果实发育可以获得更多的养分供应,因此果品质优于‘GM256’。

## 4 结 论

‘77-34’中间砧嫁接‘岳阳红’与‘GM256’中间砧相比,具有树体生长量大、覆盖率高,总枝量大、短枝比例高,果品质量好、产量高等优势。因此,在生产中,可结合实际推广应用高纺锤形‘岳阳红’/‘77-34’/山定子砧穗组合。

## 参考文献 References:

- [1] 韩明玉. 苹果矮砧集约高效栽培模式[J]. 果农之友, 2009(9): 12.  
HAN Mingyu. Intensive apple orchard systems[J]. Fruit Grower's Friend, 2009(9): 12.
- [2] CLAUDIO D V, CHIARA C, MARINA B, FRANCESCO L. Effect of interstock (M.9 and M.27) on vegetative growth and yield of apple trees[J]. Scientia Horticulturae, 2009, 119 (3): 270-274.
- [3] MARIA L M. Influence of planting and training systems on fruit yield in apple orchard[J]. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 2004, 12(6): 97-104.
- [4] 翟衡,赵政阳,王志强,束怀瑞. 世界苹果产业发展趋势分析[J]. 果树学报, 2005, 22(1): 44-50.  
ZHAI Heng, ZHAO Zhengyang, WANG Zhiqiang, SHU Huairui. Analysis of the development trend of the world apple industry[J]. Journal of Fruit Science, 2005, 22(1): 44-50.
- [5] 韩明玉. 苹果矮砧集约栽培技术模式刍议[J]. 中国果树, 2015 (3): 76-79.  
HAN Mingyu. Discussion on intensive cultivation technology model of apple anvil[J]. China Fruit, 2015(3): 76-79.
- [6] 马宝焜,徐继忠,孙建设. 关于我国苹果矮砧密植栽培的思考[J]. 果树学报, 2010, 27(1): 105-109.  
MA Baokun, XU Jizhong, SUN Jianshe. Consideration for high density planting with dwarf rootstocks in apple in China[J]. Journal of Fruit Science, 2010, 27(1): 105-109.
- [7] 张强,魏钦平,刘松忠,王小伟,尚志华,路瑾瑾. SH6 矮化中间砧富士苹果幼树至结果初期树冠结构、产量和品质的形成[J]. 中国农业科学, 2013, 46(9): 1874-1880.  
ZHANG Qiang, WEI Qinping, LIU Songzhong, WANG Xiaowei, SHANG Zhihua, LU Jinjin. Formation of canopy structure yield and fruit quality of‘Fuji’apple with SH6 dwarf interstock from juvenility to fruiting early stage[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(9): 1874-1880.
- [8] 李丙智,韩明玉,张林森,张满让,郭鹏. 我国苹果矮化砧木应用现状及适应性调查[J]. 果农之友, 2010(2): 35-36.  
LI Bingzhi, HAN Mingyu, ZHANG Linsen, ZHANG Manrang, GUO Peng. The application status and adaptability investigation of apple dwarf rootstock in China[J]. Fruit Grower's Friend, 2010(2): 35-36.
- [9] 李丙智,韩明玉,张林森. 我国矮砧苹果生产现状与发展缓慢的原因分析及建议[J]. 烟台果树, 2010(2): 1-4.  
LI Bingzhi, HAN Mingyu, ZHANG Linsen. The suggestion and analysis of the causes of slow development on short anvil apple production in China present situation[J]. Yantai Fruits, 2010(2): 1-4.
- [10] 赵德英,程存刚,宣景宏,袁继存,徐锴,张彦昌. 辽宁省苹果矮化砧木利用现状及发展建议[J]. 北方果树, 2013(4): 54-55.  
ZHAO Deying, CHENG Cungang, XUAN Jinghong, YUAN Jicun, XU Kai, ZHANG Yanchang. The present situation and development proposal of apple dwarf rootstock in liaoning province[J]. Northern Fruits, 2013(4): 54-55.
- [11] 李喜森,荣志祥,李恩生,谷大军,王家民,王景元,张同喜,郁香荷. 苹果矮化砧木‘77-34’选育研究[J]. 北方果树, 2000(4): 4-8.  
LI Xisen, RONG Zhixiang, LI Ensheng, GU Dajun, WANG Jiamin, WANG Jingyuan, ZHANG Tongxi, YU Xianghe. Research on the breeding of‘77-34’apple rootstock[J]. Northern Fruits, 2000(4): 4-8.
- [12] 秦立者,石海强,杜纪壮,于学睿. 几种苹果矮化砧在河北省中南部地区的适应性研究初报[J]. 河北农业科学, 2013, 17(3): 23-25.  
QIN Lizhe, SHI Haiqiang, DU Jizhuang, YU Xuerui. Preliminary report on the suitability of several apple dwarf rootstocks in Central and Southern of Hebei Province[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2013, 17 (3): 23-25.
- [13] 赵同生,赵国栋,张朝红,张新生,杨凤秋,陈东政,赵永波. 不同矮化中间砧对‘宫崎短枝富士’树体生长、产量和品质的影响[J]. 果树学报, 2016, 33(11): 1379-1387.  
ZHAO Tongsheng, ZHAO Guodong, ZHANG Chaohong, ZHANG Xinsheng, YANG Fengqiu, CHEN Dongmei, ZHAO Yongbo. Effect of dwarfing interstocks on tree growth yields and fruit quality of‘Miyazakifujii’apple[J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(11): 1379-1387.
- [14] 隋晓雯,郭静,史娟,郭兴科,张学英,徐继忠. 几种苹果砧木杂交后代对红富士苹果树体生长及早花特性的影响[J]. 河北农业大学学报, 2015, 5(9): 44-47.  
WEI Xiaowen, GUO Jing, SHI Juan, GUO Xingke, ZHANG Xueying, XU Jizhong. Effects of different apple rootstock hybrids on the growth and early flowering of Fuji apple tree[J]. Journal of Hebei Agricultural University, 2015, 5(9): 44-47.
- [15] 杨凤秋,陈东政,赵永波,张新生,徐金涛. 苹果矮化砧木抗寒性比较研究[J]. 河北农业科学, 2011, 15(4): 8-9.  
YANG Fengqiu, CHEN Dongmei, ZHAO Yongbo, ZHANG Xinsheng, XU Jintao. Comparative study on cold resistance of apple stock anvil[J]. Hebei Agricultural Science, 2011, 15(4): 8-9.

- [16] 王冬梅,刘志,张景娥,伊凯,闫忠业,吕天星. 苹果中晚熟新品种‘岳阳红’的选育[J]. 中国果树,2013(3):1-3.  
WANG Dongmei, LIU Zhi, ZHANG Jing'e, YI Kai, YAN Zhongye, LÜ Tianxing. The selection and breeding of the new variety ‘Yue Yanghong’ apple[J]. China Fruits, 2013(3): 1-3.
- [17] 刘志,王冬梅,张景娥,伊凯,杨锋,闫忠业,吕天星. 中晚熟苹果新品种‘岳阳红’[J]. 园艺学报,2009,36(10):1545-1546.  
LIU Zhi, WANG Dongmei, ZHANG Jing'e, YI Kai, YANG Feng, YAN Zhongye, LÜ Tianxing. Middle-late ripening apple cultivar ‘Yue Yanghong’[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36 (10): 1545-1546.
- [18] 闫忠业,吕天星,王冬梅,刘志,伊凯. 低温下六个苹果新品种抗性生理指标的比较[J]. 植物生理学报,2015,51 (1):93-96.  
YAN Zhongye, LÜ Tianxing, WANG Dongmei, LIU Zhi, YI Kai. Comparison of resistant physiological index among six new apple cultivars after low temperature treatment[J]. Plant Physiology Journal, 2015, 51 (1): 93-96.
- [19] 张秀美,刘志,王宏,于年文,里程辉,张广仁,陈雪. ‘岳阳红’苹果改良主干形光照分布与产量和品质的关系研究[J]. 西南农业学报,2014,27(1):248-252.  
ZHANG Xiumei, LIU Zhi, WANG Hong, YU Nianwen, LI Chenghui, ZHANG Guangren, CHEN Xue. Relationships between distribution of relative light intensity and yield and quality in different tree canopy shapes of ‘YueYanghong’ apple[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2014, 27 (1): 248-252.
- [20] 尚志华,魏钦平,孙丽珠,王小伟,张强,付立华. 乔砧富士苹果改良高干开心形树冠郁闭的评判参数[J]. 中国农业科学,2010,43(1):132-139.  
SHANG Zhihua, WEI Qinping, SUN Lizhu, WANG Xiaowei, ZHANG Qiang, FU Lihua. Judgement parameters of canopy overcrowded for reformative high trunk open centre shape of Fuji apple with standard rootstock[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010,43(1): 132-139.
- [21] 张强,魏钦平,王小伟,尚志华,刘军,刘松忠,孙志鸿. 乔砧富士苹果树冠枝梢数量和分布对产量与品质的影响[J]. 园艺学报,2010,37(8):1205-1212.  
ZHANG Qiang, WEI Qinping, WANG Xiaowei, SHANG Zhihua, LIU Jun, LIU Songzhong, SUN Zhihong. Effects of shoot numbers and distribution in canopy on yields and qualities of Fuji apple with standard rootstock[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2010,37(8): 1205-1212.
- [22] 马瑞娟,张斌斌,张春华,蔡志翔,颜志梅. 采前除袋铺设反光膜对桃果着实色及相关基因表达的影响[J]. 园艺学报,2015, 42(11):2123-2132.  
MA Ruijuan , ZHANG Binbin , ZHANG Chunhua , CAI Zhi-xiang, YAN Zhimei. Effect of bag removing with reflective film mulching before harvest on fruit coloration and expression of anthocyanin related genes in peach[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2015,42(11): 2123-2132.
- [23] 梁海忠,范崇辉,王琰,曲俊贤,韩明玉. 苹果高纺锤形树体枝量、果实产量与品质的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):123-128.  
LIANG Haizhong, FAN Chonghui, WANG Yan, QU Junxian, HAN Mingyu. Study on the volume,yield and quality of high spindle tree[J]. Journal of northwest A & F University (Natural Science Edition), 2010, 38(7): 123-128.
- [24] 董建波. 苹果矮砧密植园个体与群体参数研究[M]. 保定:河北农业大学,2010.  
DONG Jianbo. Research on individual and group parameters of apple orchard with intensive planting on dwarf rootstock[M]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2010.
- [25] 梁海忠,范崇辉,江道伟. 不同树龄苹果高纺锤形树体结构及产量的研究[J]. 西北林学院学报,2011,26(4):152-154.  
LIANG Haizhong, FAN Chonghui, JIANG Daowei. Structure and yield of Tall-spindle shaped apple trees with different ages [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(4): 152-154.
- [26] 高登涛,郭景南,魏志峰,范庆锦,杨朝选. 中部地区两类矮砧密植苹果园生产效率及光照质量评价[J]. 中国农业科学, 2012,45(5):909-916.  
GAO Dengtao, GUO Jingnan, WEI Zhifeng, FAN Qingjin, YANG Chaoxuan. Evaluation of productivity and light quality in two high density dwarf rootstock apple orchards in central China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012,45(5): 909-916.
- [27] 张林森,马锋旺,李丙智,韩明玉. 国外苹果高纺锤形整形技术与应用[J]. 中国果树,2007(6):69-70.  
ZHANG Linsen, MA Fengwang, LI Bingzhi, HAN Mingyu. Foreign apple high spindle shaping technology and application[J]. China Fruits, 2007(6): 69-70.
- [28] 路超,王金政,薛晓敏. 苹果树冠不同区位果实产量和品质特征及其与枝叶空间分布的关系[J]. 山东农业科学,2009,7(4): 45-52.  
LU Chao, WANG Jinzheng, XUE Xiaomin. Fruit yield and quality characters at different locations of apple crown and their relationships with spatial distribution of branches and leaves[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2009, 7(4): 45- 52.
- [29] 王少敏,张勇. 不同负载量对套袋新红星苹果果实品质的影响[J]. 山东农业科学,2008,4(4):41-44.  
WANG Shaomin, ZHANG Yong. Effects of different fruit loads on quality of bagging Starkrimson apple[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2008, 4(4): 41-44.