



# 瑞雪'苹果脱毒幼苗接穗采集区的研究

冯瑞芳, 闫雷玉, 孙建春, 孙鲁龙, 赵政阳

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 为探索'瑞雪'苹果脱毒幼苗的接穗最佳采集区,以1 a和2 a生'瑞雪'脱毒自根苗为试材,以带毒树体1 a生枝条中部采穗区为对照。采集不同采穗区1 a生枝上的叶片和单芽,叶片用于生理指标测定,比较不同采穗区叶片生理指标的差异;单芽嫁接至M26矮化自根砧上比较不同采穗区的芽接苗的生长量。结果表明:1 a、2 a生'瑞雪'自根苗的第3采穗区叶片的淀粉、可溶性糖、可溶性蛋白质、多胺、叶片厚度、叶片栅栏组织厚度测定结果显著高于其他采穗区;取1 a生自根苗第3采穗区接穗的芽接苗树高高于对照16.9%,干径高于对照9.2%,取2 a生自根苗第3采穗区接穗的芽接苗树高高于对照15.8%,干径高于对照8.7%。生产中从幼龄'瑞雪'脱毒自根苗采集接穗时,最佳采穗区域为1 a生树体第30~40节,对应树高为40~58 cm;2 a生树体的第60~70节,对应树高为117~139 cm。

**关键词** 苹果;脱毒自根苗;嫁接;接穗

中图分类号 S661.1

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2021)07-1028-09

苹果树体感染病毒是降低果实品质的重要因素之一<sup>[1]</sup>。苹果树体感染病毒后终生带毒且无有效的防治措施,感染病毒后的树体果实品质变劣,单株产量降低<sup>[2-3]</sup>,感病严重时还会导致树体整株死亡<sup>[4-5]</sup>。控制病毒病害蔓延最有效的措施是栽植脱毒苗木。'瑞雪'是西北农林科技大学选育的黄色晚熟苹果优质新品种<sup>[6]</sup>,具有丰产、大果、味美等特点,是晚熟品种中少有的黄色品种<sup>[7]</sup>。'瑞雪'苹果新品种推广过程中脱毒苗木的繁育非常重要,芽接技术可以提高接穗利用率、扩大繁殖系数以及加快'瑞雪'苹果的推广速度。此外,从幼龄脱毒苗上采集接穗降低嫁接苗感染病毒几率的同时还可实现采穗植株密植化,达到高效率苗木生产的目标。由于芽的异质性导致不同部位的芽体质量不同,使得苗木嫁接后表现也不同。核桃嫁接的研究表明,1 a生枝条中部芽的成活率较高,新梢长到30~50 cm 掐头后接穗的利用率高<sup>[8-9]</sup>。'光辉'海棠和'红肉'苹果芽接技术中发现,选择枝条中部的芽成活率显著高于其他部位的芽<sup>[10]</sup>。综上所述,单芽接穗的选择对于'瑞雪'嫁接繁殖具有重要的意义。

目前,关于接穗的选择主要集中在核桃的研究中,关于如何从脱毒苹果幼树上选择接穗的研究较少。由于从脱毒幼树上采集接穗有芽体营养不足、分化较差的风险,因此,有必要对不同节位的芽、叶以及采集接穗嫁接后的嫁接苗进行分析。本研究选择长势一致的1 a生和2 a生幼龄'瑞雪'脱毒自根苗为试验材料,从树体基部向上每10个芽为一个采穗区,共分为5个采穗,对照为带毒母树1 a生枝条中部的采穗区,采集各采穗区内1 a生枝上的叶片及单芽,采集的叶片用以比较叶面积、叶片厚度、叶片栅栏组织厚度、叶绿素、淀粉、可溶性糖、可溶性蛋白、多胺等生理指标的差异;采集的单芽嫁接至M26矮化自根砧上用以比较嫁接苗的长势。通过不同采穗区嫁接前叶片指标和嫁接后芽接苗长势的分析,筛选出最佳的接穗采集区,为'瑞雪'幼龄脱毒苗单芽接穗的选择提供科学参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料与amp;设计

1.1.1 试验材料 试验地点位于陕西省白水

收稿日期 2020-11-09 修回日期 2020-12-18

基金项目 财政部和农业农村部:国家现代农业(苹果)产业技术体系(CARS-27)。

第一作者 冯瑞芳,女,硕士研究生,研究方向为果树生理生态。E-mail:873676090@qq.com

通信作者 赵政阳,男,博士,教授,博士生导师,研究方向为苹果品质遗传改良。E-mail:zhaoyz@mwsuaf.edu.cn

西北农林科技大学白水苹果试验站(109°16'~109°45'E, 35°4'~35°27'N), 海拔 860 m 左右, 地处黄土高原沟壑丘陵区, 温带半湿润大陆性季风气候。

试验材料为 1 a 生和 2 a 生 '瑞雪' 脱毒自根苗, 脱毒自根苗来源于西北农林科技大学园艺学院实验室, 运用茎尖超低温和热处理技术脱除病毒, 经 RT-PCR 检测已脱除 APSV、ASGV、ACLSV 3 种潜隐性病毒, 在 2018 年 4 月和 2019 年 5 月炼苗 1 周后, 定植于西北农林科技大学白水苹果试验站, 定植前进行土壤改良和土壤消毒; 定植株距 0.6 m, 行距 3 m; M26 脱毒矮化自根砧木 2018 年 4 月定植于试验站, 株距 0.6 m, 行距 3 m。试验对照试材为带毒当年生枝条中部饱满节位。对试验所选试材进行常规幼苗管理措施, 试材生长一致。

1.1.2 试验设计 1 a 生树体从其基部向上每 10 个芽作为一个采穗区, 2 a 生树体基部 50 cm 向上每 10 个芽作为一个采穗区, 如表 1 所示, 将幼树分为 5 个采穗区, 采集当年生枝条上的单芽和叶片, 2019 年 9 月 1 日选取 1 a 和 2 a 年生幼树长势一致且健康的幼苗各 3 棵, 根据划分的采穗区, 每个采穗区采集 3 颗单芽接穗, 使用带木质嵌芽接方法嫁接到 M26 脱毒砧木, 嫁接口高度距地面 20 cm, 对成活后的嫁接苗进行常规管理。嫁接时采集各采穗区的叶片洗净后液氮冻存备用, 每个处理重复 3 次。

表 1 '瑞雪' 脱毒自根苗采穗分区

Table 1 Partition of scion cutting of 'Ruixue' free-virus self-root seedlings

苗龄/a Seedling age	采穗分区 Partition of scion cutting	节位 Node position	距地面高度/cm Height from ground
1	1	10~20	8~20
1	2	20~30	20~40
1	3	30~40	40~58
1	4	40~50	58~77
1	5	50~60	77~98
2	1	40~50	78~94
2	2	50~60	94~117
2	3	60~70	117~139
2	4	70~80	139~160
2	5	80~90	160~173

## 1.2 测定指标及方法

1.2.1 叶面积测定 运用托普云农 YMJ-D 型手

持活体叶面积测量仪测得。

1.2.2 叶片解剖结构测定 将新鲜叶片避开叶脉剪成 1 cm 的方块, 经固定、脱水、透明、浸蜡、包埋、切片、展片、脱蜡、番红固绿染色、封片后制成永久性切片; 奥斯巴林正置荧光显微镜拍得照片, 用奥斯巴林配套软件测得叶片厚度和栅栏组织厚度<sup>[11]</sup>。

1.2.3 叶片生理生化指标测定 叶绿素含量用丙酮法测定<sup>[12]</sup>; 淀粉含量用蒽酮比色法测定<sup>[13]</sup>; 可溶性糖含量用蒽酮比色法测得<sup>[13]</sup>; 可溶性蛋白质含量用考马斯亮蓝法测定<sup>[14]</sup>; 多胺含量测定方法, 参照刘俊等<sup>[15]</sup>的高效液相色谱法测进行多胺测定, 色谱条件为流动相: V(甲醇): V(乙腈): 水 = 58: 2.5: 39.5, 流速 1 mL/min, 波长 230 nm, 多胺标准品购于上海源叶生物有限公司官网, 多胺测定仪器使用日本岛津 LC-30A 超高效液相色谱仪。

1.2.4 脱毒嫁接苗树高、干径测定 2020 年 10 月初嫁接苗趋于停止状态测定嫁接苗树高和干径, 用卷尺由嫁接口处至最高生长点测定幼苗的高度, 干径取嫁接口上 10 cm 光滑部位, 用游标卡尺在东、西、南、北方向各测量一次后取平均值。

## 1.3 数据分析

利用 SPSS 19.0 软件进行方差分析, 多重比较采用 LSD 法 ( $P < 0.05$ ), Excel 2013 软件进行表格和图表制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同采穗区叶面积的变化

叶面积测定结果表明, 1 a 生 '瑞雪' (图 1-A) 随着节位增高叶面积有增大的趋势, 1 a 生第 3 采穗区叶面积最大, 为 5 841.76 mm<sup>2</sup>, 叶面积最小的是第 5 采穗区。2 a 生 '瑞雪' 叶面积 (图 1-B) 随着节位增高叶面积有先增后降的趋势, 第 3 采穗区的叶面积最大, 为 6 181.81 mm<sup>2</sup>, 高于对照 4.3%, 叶面积最低的是第 1 采穗区。

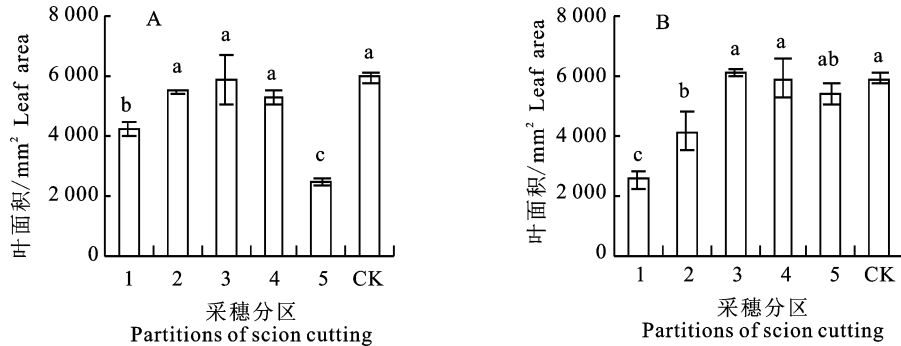
### 2.2 不同采穗区叶片解剖结构

叶片结构的变化与叶片质量正相关, 影响叶片活性和光合作用, 叶片通过光合作用产生的有机物为腋芽提供充足的营养物质<sup>[16-17]</sup>。叶片厚度的结果表明, 随着节位升高叶片厚度呈先升高后降低的趋势, 1 a 生和 2 a 生 '瑞雪' 在第 3 采穗区叶片厚度分别为 242.39 μm 和 244.07 μm; 1 a 生树体低于对照 6.1%, 2 a 生树体与对照相比没有

显著性差异(图2)。

叶片栅栏组织厚度(图3),1 a 生和 2 a 生‘瑞雪’叶片栅栏组织厚度随节位升高呈现先增加后降低趋势,1 a 生和 2 a 生‘瑞雪’第 3 采穗区栅栏

组织分别为 101.55  $\mu\text{m}$  和 105.46  $\mu\text{m}$ , 1 a 生树体第 3 采穗区显著低于对照 10.2%, 2 a 生‘瑞雪’第 3 采穗区的栅栏组织与对照无显著性差异。



图中小写字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著,CK 为对照,下同

Lowercase letters indicate significant differences at  $P < 0.05$  level, CK is control, the same below

图 1 1 a 生(A)和 2 a 生(B)‘瑞雪’不同采穗区的叶片面积

Fig.1 Leaf area from different scion cutting areas of one-year age seedlings(A) and two-year age seedlings(B) ‘Ruixue’

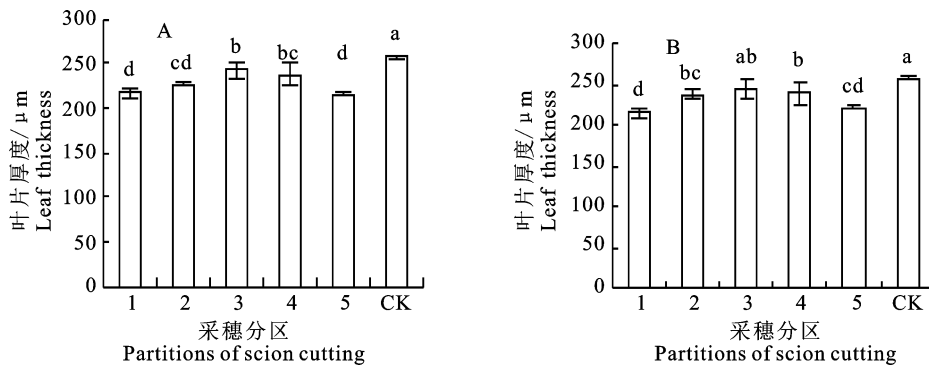


图 2 1 a 生(A)和 2 a 生(B)‘瑞雪’不同采穗区的叶片厚度

Fig.2 Leaves thickness from different scion cutting areas of one-year age seedlings(A) and two-year age seedlings(B) ‘Ruixue’

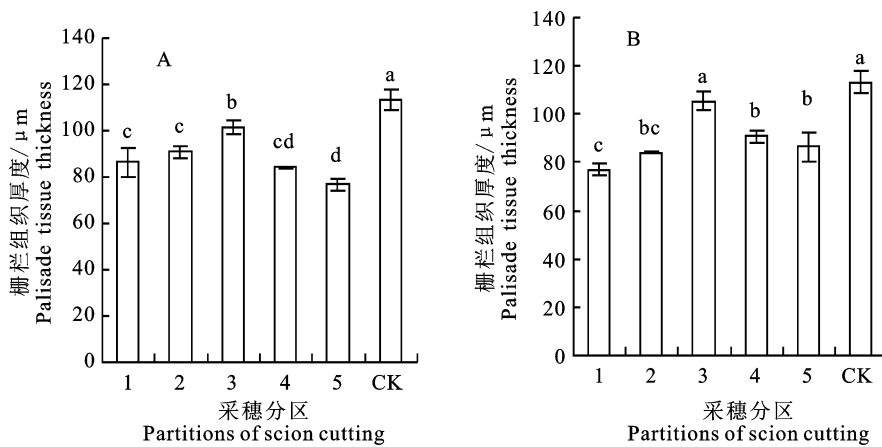


图 3 1 a 生(A)和 2 a 生(B)‘瑞雪’不同采穗区的叶片栅栏组织厚度

Fig.3 Palisade tissue thickness in leaves from different scion cutting areas of one year age seedlings(A) and two- year age seedlings(B) ‘Ruixue’

### 2.3 不同采穗区生理生化指标的变化

2.3.1 叶绿素含量 叶绿素在光合作用对于能量捕获和传递至关重要, 叶绿素的含量影响有机物质的积累<sup>[18]</sup>。图 4 中 1 a 生 '瑞雪' 5 个采穗区间叶绿素含量没有显著性差异并均低于对照。2 a 生 '瑞雪' 随着节位的升高叶绿素含量增加, 叶绿素含量最少的是第 1 采穗区, 第 3 采穗区叶绿素含量最高为 3.96 mg/g, 与对照在 0.05 水平上没有显著差异。

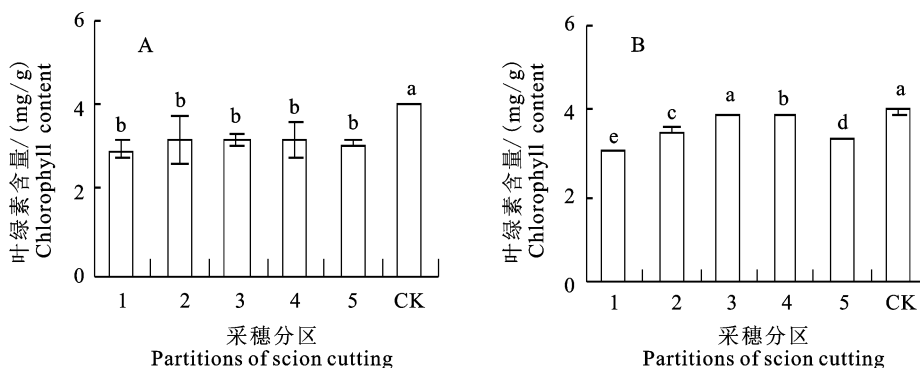


图 4 1 a 生(A)、2 a 生(B) '瑞雪' 不同采穗区的叶片叶绿素含量

Fig.4 Chlorophyll content in leaves from different scion cutting areas of one-year age seedlings(A) and two-year age seedlings(B) 'Ruixue'

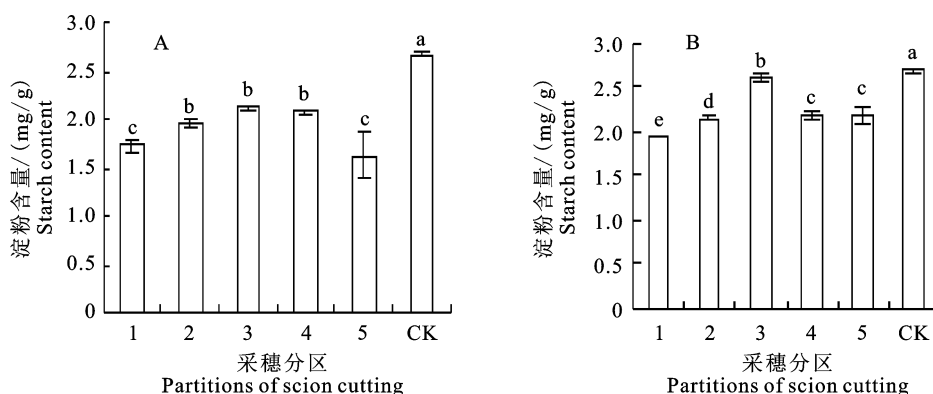


图 5 1 a 生(A)、2 a 生(B) '瑞雪' 不同采穗区的叶片淀粉含量

Fig.5 Starch content in leaves from different scion cutting areas of one-year age seedlings(A) and two-year age seedlings(B) 'Ruixue'

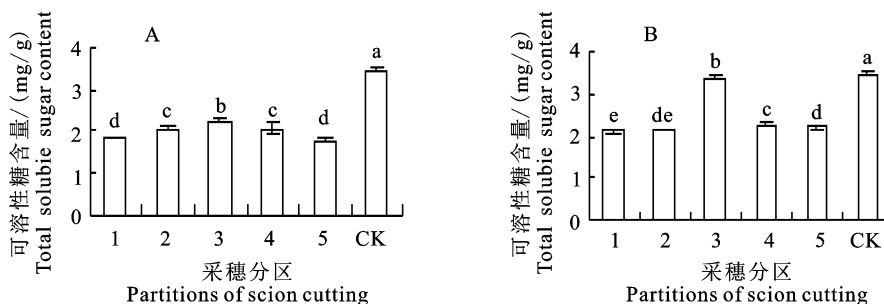


图 6 1 a 生(A)、2 a 生(B) '瑞雪' 不同采穗区的叶片可溶性糖含量

Fig.6 Soluble sugar content in leaves from different scion cutting areas of one-year age seedlings(A) and two-year age seedlings(B) 'Ruixue'

2.3.2 碳水化合物含量 碳水化合物的积累有利于腋芽的饱满程度, 是芽分化的重要物质基础<sup>[19]</sup>。1 a 生 '瑞雪' 淀粉含量为 2.12 mg/g, 显著低于对照 20.8% (图 5-A); 2 a 生 '瑞雪' 的第 3 采穗区淀粉含量最高, 为 2.61 mg/g, 显著低于对照 2.9% (图 5-B)。

1 a 生 '瑞雪' 可溶性糖含量呈先升高后降低趋势, 第 3 采穗区可溶性糖含量最高, 为 2.25 mg/g, 显著低于对照 34.8% (图 6-A)。2 a '瑞

雪’可溶性糖含量最高的是第 3 采穗区,含量为 3.36 mg/g,低于对照 2.6%(图 6-B)。

2.3.3 可溶性蛋白含量 蛋白质是细胞分裂、分化的主要物质基础,其含量变化与花芽分化也有

密切关系<sup>[20]</sup>。1 a 生和 2 a 生‘瑞雪’5 个采穗区中第 3 采穗区可溶性蛋白质含量最高,分别为 0.74%和 0.73%,分别低于对照 2.6%、3.9%(图 7)。

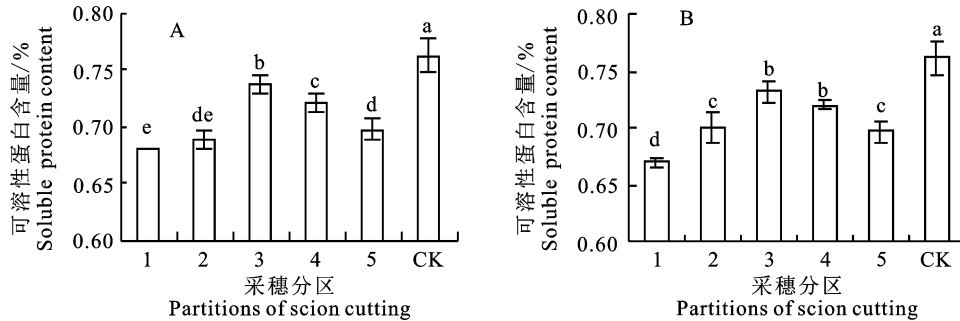


图 7 1 a 生(A)、2 a 生(B)‘瑞雪’不同采穗区的叶片可溶性蛋白含量

Fig.7 Soluble protein content in leaves from different scion cutting area of one-year age seedlings(A) and two-year age seedlings(B) ‘Ruixue’

2.3.4 多胺含量 多胺是细胞学中的重要调控物质,缺少多胺使细胞增殖分化困难,导致细胞生长缓慢。另外,多胺可显著促进果树花芽形成<sup>[21-22]</sup>。

1 a 生和 2 a 生‘瑞雪’叶片中亚精胺(Spd)含量最高,在第 3 采穗区处到达高峰(47.75 μmol/g)之后下降,与对照无显著性差异(表 2)。2 a 生树体第 3 采穗区含量最高,为 45.78 μmol/g,与对照无显著性差异。

异不显著,第 3 采穗区 Put 含量最高,为 26.83 μmol/g,显著低于对照 5.21%(表 2)。2 a 生‘瑞雪’第 3 采穗位 Put 含量为 29.59 μmol/g,与对照相比在 0.05 水平上有显著性差异(表 2)。

1 a 生和 2 a 生‘瑞雪’叶片中精胺(Spm)是 3 种多胺中含量最低的,1 a 生‘瑞雪’第 3 采穗区含量最高为 21.44 μmol/g,低于对照 14.37%。2 a 生树体第 3 采穗区 Spm 含量显著高于其他采穗区,为 22.56 μmol/g,与对照无显著差异。

1 a 生‘瑞雪’5 个采穗区中腐胺(Put)含量差

表 2 1 a 生和 2 a 生‘瑞雪’不同采穗区叶片中多胺含量( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Polyamine content in leaves from different scion cutting area of one-year age seedlings and two-year age seedlings ‘Ruixue’

树龄/a Tree age	采穗分区 Partitions of scion cutting	亚精胺/(μmol/g) Spermidine	腐胺/(μmol/g) Putrescine	精胺/(μmol/g) Spermine
1	1	41.32±1.78 b	24.34±4.14 b	21.01±1.63 b
1	2	41.61±2.33 b	25.61±1.68 b	20.3±0.03 b
1	3	47.75±0.21 a	26.83±6.54 b	21.44±0.77 b
1	4	44.38±0.79 ab	22.35±0.95 b	21.50±1.44 b
1	5	42.45±2.62 b	20.65±0.05 b	20.52±0.6 b
2	1	42.48±0.04 bc	24.34±0.26 b	21.33±1.47 b
2	2	45.45±1.83 ab	24.64±2.59 b	21.32±0.04 b
2	3	45.78±2.05 ab	29.59±4.12 ab	22.56±1.86 ab
2	4	43.05±1.06 bc	23.02±3.49 b	22.43±0.05 ab
2	5	42.04±1.06 c	22.84±0.86 b	20.85±0.71 b
对照 CK		48.06±0.34 a	28.23±2.17 a	25.04±1.34 a

注:小写字母表示不同种类多胺含量在  $P < 0.05$  水平上差异显著,CK 为对照。

Note: The lowercase letters indicate that the content of different types of polyamine is significantly different at  $P < 0.05$ , CK is control.

## 2.4 不同采穗区接穗的嫁接苗生长量

如表 3 所示, 选自 1 a 生自根苗第 3 采穗区的嫁接苗的生长量显著高于其他采穗区, 树高高于对照 16.9%, 干径高于对照 9.2%, 总节数高于对照 17.8%, 侧枝数与对照无显著差异; 选自 2 a 生自根苗第 3 采穗区的嫁接苗生长量高于其他 4

个采穗区, 树高显著高于对照 15.8%, 干径高于对照 8.7%, 总节数高于对照 9.6%, 侧枝数高于对照 6%。脱毒苗除 1 a 生第 1 采穗区的干径和 2 a 生第 1 采穗区嫁接苗的干径低于对照, 其他采穗区芽接苗的树高、干径、侧枝数和总节数均高于对照。

表 3 1 a 生和 2 a 生 '瑞雪' 不同采穗区芽接苗的生长量 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Grafted seedlings growth from different scion cutting areas of one-year age and two-year age of 'Ruixue'

树龄/a Tree age	采穗分区 Partitions of scion cutting	树高/cm Tree height	干径/mm Stem diameter	侧枝数 Branch number	总节数 Total node numbers
1	1	143.17±2.90 ab	11.86±1.08 c	5±1 a	65±8 b
1	2	142.00±14.59 ab	15.06±2.26 abc	0±0 b	79±10 ab
1	3	159.23±5.10 a	17.28±0.36 a	5±1 a	86±3 a
1	4	156.57±1.78 a	16.65±0.63 b	5±1 a	81±3 ab
1	5	143.13±12.67 ab	12.77±3.71 bc	3±2 a	75±9 ab
2	1	138.63±6.89 ab	14.66±0.54 b	2±2 cd	71±2 b
2	2	149.13±4.26 ab	15.60±1.78 ab	4±1 bc	76±3 ab
2	3	157.67±3.01 a	17.20±1.07 a	8±1 a	80±2 a
2	4	155.90±7.30 ab	16.90±1.01 a	7±1 ab	77±3 ab
2	5	149.23±17.46 ab	16.98±1.30 a	5±3 ab	76±5 ab
对照 CK		136.20±13.90 b	15.82±0.67 ab	5±1 d	73±5 b

注: 同列数据后不同小写字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著, CK 为对照。

Note: Different lowercase letters with in the same columns indicates significant difference at  $P < 0.05$  level, CK as control.

## 3 讨论

### 3.1 叶片质量对腋芽质量的影响

叶片质量可以体现树体的营养生长状态, 叶面积大接受光照射面积也大, 有利于制造有机物质<sup>[23]</sup>。研究表明叶片解剖结构与光合作用密切相关, 光合速率与叶片厚度、叶片栅栏组织正相关, 叶片栅栏组织厚度越厚越有利于光能捕捉, 此外叶片也有一定储存有机物质的能力<sup>[24-25]</sup>。源—库学说理论中, 树体的叶片为代谢源, 同节位的芽为代谢库, 代谢源的强度最先影响到离代谢源最近的代谢库<sup>[26]</sup>。本研究发现树体中部采穗区的叶片面积、叶片解剖结构测得结果优于基部和顶部, 30~40 节(1 a)、60~70 节(2 a)叶片中淀粉、可溶性糖、可溶性蛋白质、多胺等内含物高于其他节位, 此部分的叶片制造有机物质的能力高, 此外, 选用上述采穗区内芽作为接穗的芽接苗生长势优于其他节区, 基于源—库学说可以明确地解释这一现象, 处于此采穗区的腋芽内有机物质多、芽体饱满, 可为翌年嫁接苗的生长提供必要的物质基础。

### 3.2 芽质量对嫁接的影响

芽的异质性导致同一枝条不同部位的芽存在着大小、饱满程度等一些差异<sup>[27]</sup>。秋季芽接应选取枝条中段充实饱满的芽作为接芽<sup>[28]</sup>。桑娟萍等<sup>[29]</sup>在核桃芽接的研究中发现, 取同一枝条不同部位的芽子做接穗, 中部芽子的嫁接成活率为 78%, 基部的芽子嫁接成活率为 70%。赵辉等<sup>[30]</sup>在研究核桃不同部位芽对嫁接成活率的影响中发现中部芽子成活率最高, 上部次之, 且中部芽子较上部和下部的芽生长最快。这与本研究结果一致, 本研究中 1 a 生幼苗的中上部和 2 a 生树体的中部叶片结构和生理生化指标则处于较高的水平, 使得其腋芽饱满程度高于其他节位的腋芽。优质饱满的芽体有利于嫁接后成活率、愈合情况以及翌年的长势。

糖类作为植物主要的同化物质, 在植物的生长发育和形态建成中起着重要的作用<sup>[31]</sup>, 研究表明花芽分化进度和蔗糖、可溶性糖的含量正相关<sup>[32]</sup>。多胺作为具有活性的物质, 在植物成花转变中起调控作用<sup>[33]</sup>。Put、Spd 有利于龙眼的营养生长, Spm 有利于花芽分化<sup>[34]</sup>。奈李花芽分化

期间 Put 含量降低, Spd、Spm 出现高峰。Put 是 Spd 和 Spm 合成的底物、Put 含量直接影响到后两者的含量<sup>[35]</sup>。有研究表明, miR156 过量表达抑制植物开花时期, ‘寒富’离体试管苗中 miR156 的表达量显著高于田间苗<sup>[36]</sup>。由于试管苗中 miR156 的表达量高于田间苗,由试管苗获得的脱毒自根苗可能会出现开花延迟等现象,那么接穗的选择不光要考虑芽体的质量还需考虑果树不同节位花芽分化的问题。

本研究中 1 a 生树体 30~40 节(第 3 采穗区)、2 a 生树体 60~70(第 3 采穗区)节的可溶性糖、可溶性蛋白质含量、多胺总含量显著高于其他采穗区;1 a 生、2 a 生树体各节区 Spd 含量最高, Put 含量次之, Spm 含量最低。本研究发现 1 a 生‘瑞雪’30~40 节(第 3 采穗区)和 2 a 生‘瑞雪’60~70 节(第 3 采穗区)叶片中的叶面积、可溶性糖、淀粉、可溶性蛋白和多胺含量最高,使用此采穗区嫁接成活后苗木的营养生长优于其他节区并显著高于对照。

## 4 结论

通过对 1 a 生和 2 a 生‘瑞雪’脱毒自根苗各个采穗区叶片生理指标的分析比较,综合不同采穗区芽接苗成活后生长势的分析,初步得出以下结论:生产中使用幼龄‘瑞雪’脱毒自根苗采集接穗时,接穗的最佳采集区域为:1 a 生‘瑞雪’树体 30~40 节,对应树高 40~58 cm;2 a 生树体的 60~70 节,对应树高 117~139 cm。

### 参考文献 Reference:

- [1] 张健,袁嘉玮,王璐,等.苹果主要病毒脱除技术研究进展[J].黑龙江农业科学,2020(8):125-129.  
ZHANG J, YUAN J W, WANG L, et al. Research progress of apple main virus removal technology[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2020(8):125-129.
- [2] 齐荣胜.苹果病毒病的类型及危害特点[J].烟台果树,1993(3):42.  
QI R SH. Types and harm characteristics of apple virus disease[J]. *Yantai Fruits*, 1993(3):42.
- [3] 王选强.苹果病毒病的危害及防治技术[J].甘肃农业,2015(16):26-27.  
WANG X Q. The harm and prevention technology of apple virus disease[J]. *Gansu Agriculture*, 2015(16):26-27.
- [4] 郝璐,叶婷,陈善义,等.我国北方部分苹果主产区病毒病的发生与检测[J].植物保护,2015,41(2):158-161.  
HAO L, YE T, CHEN SH Y, et al. Occurrence and detection of virus diseases in some major apple-producing regions in northern China[J]. *Plant Protection*, 2015, 41(2):158-161.
- [5] 翁维义.潜隐病毒对苹果树生长及结果影响的研究近况[J].中国果树,1992(4):41-43.  
WENG W Y. Recent research on the effect of latent virus on the growth and fruiting of apple trees[J]. *China Fruits*, 1992(4):41-43.
- [6] 高华,赵政阳,王雷存,等.苹果新品种‘瑞雪’的选育[J].果树学报,2016,33(3):120-123.  
GAO H, ZHAO ZH Y, WANG L C, et al. Breeding report of a new apple cultivar ‘Ruixue’ [J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(4):57.
- [7] 郭瑶.‘瑞阳’、‘瑞雪’苹果果实特性评价及母树的病毒检测[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2016.  
GUO Y. Evaluation on fruit characteristics and detection on virus diseases in mother three of ‘Ruiyang’, ‘Ruixue’ [D]. Yangling Shaanxi, Northwest A&F University, 2016.
- [8] 马婷,陈宏伟,熊新武,等.砧木、接穗的选择对美国山核桃嫁接成活率及生长的影响[J].西北林学院学报,2012,27(4):141-143,148.  
MA T, CHEN H W, XIONG X W, et al. Effects of stock and scion on Graft survival rate and growth of *Carya illinoensis* [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2012, 27(4):141-143, 148.
- [9] 王贵,常月梅,张喜斌,等.核桃芽接接穗高效繁殖试验[J].山西林业科技,2002(1):1-2,32.  
WANG G, CHANG Y M, ZHANG X B, et al. Methods of high-effective propagation of walnut scions[J]. *Shanxi Forestry Science and Technology*, 2002(1):1-2, 32.
- [10] 杨锐.‘光辉’海棠与‘红肉’苹果芽接技术[J].北方园艺,2015(22):78-80.  
YANG R. Technology on bud grafting of ‘Guanghui’ crabapple and ‘Redlove’ apple[J]. *Northern Horticulture*, 2015(22):78-80.
- [11] 赵亚林,闫青地,冯佳佳,等.石蜡切片方法的改良[J].安徽农业科学,2017,45(32):6-8.  
ZHAO Y L, YAN Q D, FENG J J, et al. Method improvement of paraffin section[J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2017, 45(32):6-8.
- [12] 任红,罗丰,许彦,等.菜心叶绿素测定方法比较研究[J].安徽农业科学,2012(3):1455-1456.  
REN H, LUO F, XU Y, et al. Comparison on methods of chlorophyll extraction in flowering Chinese cabbage[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012(3):1455-1456.
- [13] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:5.  
GAO J F. Plant Physiology Experiment Guide[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006:5.
- [14] 曲春香,沈颂东,王雪峰,等.用考马斯亮蓝测定植物粗提液中可溶性蛋白质含量方法的研究[J].苏州大学学报(自然科学版),2006(2):82-85.  
QU CH X, SHEN S D, WANG X F, et al. Study on the method of measuring soluble protein content in crude plant extracts with coomassie brilliant blue[J]. *Journal of So-*

- chow University (Natural Science Edition), 2006(2): 82-85.
- [15] 刘俊, 吉晓佳, 刘友良. 检测植物组织中多胺含量的高效液相色谱法[J]. 植物生理学报, 2002, 38(6): 596-598.  
LIU J, JI X J, LIU Y L. High performance liquid chromatography method for measuring polyamine content in plant tissue[J]. *Plant Physiology Journal*, 2002, 38(6): 596-598.
- [16] 熊栋梁. 水稻叶片结构对水力导度与光合作用的影响及其机理[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.  
XIONG D L. Coordination of leaf morpho-anatomical trait photosynthesis and leaf hydraulic conductance in *Oryza* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016.
- [17] 曹永慧, 周本智, 王小明, 等. 冠层高度对毛竹叶片光合生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2016, 36(11): 2256-2266.  
CAO Y H, ZHOU B ZH, WANG X M, et al. Effects of canopy height on photosynthetic physiology characteristics of phyllostachys pubescens leaves[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2016, 36(11): 2256-2266.
- [18] 李佳佳, 于旭东, 蔡泽坪, 等. 高等植物叶绿素生物合成研究进展[J]. 分子植物育种, 2019, 17(18): 6013-6019.  
LI J J, YU X D, CAI Z P, et al. An overview of chlorophyll biosynthesis in higher plants[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2019, 17(18): 6013-6019.
- [19] 程华, 李琳玲, 王少斌, 等. 板栗八月红花芽分化期相关营养物质含量的变化[J]. 湖北农业科学, 2013(22): 5502-5505.  
CHENG H, LI L L, WANG SH B, et al. Changes of nutrient content in castanea mollissima 'Bayuehong' during the floral bud differentiation stage [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2013(22): 5502-5505.
- [20] 肖华山, 吕柳新, 陈志彤. 荔枝花芽分化过程中多胺、核酸和蛋白质的动态[J]. 应用与环境生物学报, 2006(5): 640-642.  
XIAO H SH, LÜ L X, CHEN ZH T. Dynamic changes in polyamine, nucleic acid and proteins during the differentiation of litchi (*Litchi chinensis* sonn.) floral bud [J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2006(5): 640-642.
- [21] 李润生, 左嘉客. 多胺与细胞生长及分化的关系[J]. 细胞生物学杂志, 1988(4): 145-150.  
LI R SH, ZUO J K. The relationship between polyamines and cell growth and differentiation [J]. *Chinese Journal of Cell Biology*, 1988(4): 145-150.
- [22] 刘春艳, 吴强盛. 多胺在植物生长发育中的作用[J]. 生物学教学, 2010, 35(10): 4-6.  
LIU CH Y, WU Q SH. The role of polyamines in plant growth and development [J]. *Biology Teaching*, 2010, 35(10): 4-6.
- [23] 肖恩星. 水稻高温叶尖黄化突变体 8272 的基因定位[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.  
XIAO E X. Gene mapping of a higher-temperature-yellowing mutant 8272 in rice (*Oryza sativa* L.) [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017.
- [24] 潘瑞焱. 植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 58.  
PAN R CH. *Plant Physiology* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2008: 58.
- [25] 郑国琦, 张磊, 郑国保. 不同灌水量对干旱区枸杞叶片结构、光合生理参数和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(11): 2806-2813.  
ZHENG G Q, ZHANG L, ZHENG G B. Effects of irrigation amount on leaf structure, photosynthetic physiology, and fruit yield of *Lycium barbarum* in arid area [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(11): 2806-2813.
- [26] 彭丽丽, 姜卫兵, 韩健. 源库关系变化对果树产量及果实品质的影响[J]. 经济林研究, 2012, 30(3): 134-140.  
PENG L L, JIANG W B, HAN J. Effects of source-sink relationship change on yield and quality in fruit tree [J]. *Non-wood Forest Research*, 2012, 30(3): 134-140.
- [27] 李承水. 园林树木栽培与养护 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 28.  
LI CH SH. *Garden Tree Cultivation and Maintenance* [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2007: 28.
- [28] 武兴宝. 苹果树“T”形芽嫁接试验[J]. 农业科技通讯, 2010(7): 86-87.  
WU X B. Grafting test of apple tree “T” shaped buds [J]. *Agricultural Science and Technology Newsletter*, 2010(7): 86-87.
- [29] 桑娟萍, 赵子忠. 核桃芽接技术研究[J]. 林业实用技术, 2002(4): 11-12.  
SANG J P, ZHAO Z ZH. Study on walnut budding technology [J]. *Forest Science and Technology*, 2002(4): 11-12.
- [30] 赵辉, 李保国, 齐国辉, 等. 不同部位芽片对核桃方块芽接成活及生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(6): 56-59.  
ZHAO H, LI B G, QI G H, et al. Effects of different bud on square budding survival rate and grafted seedlings growth of *Juglans regia* L [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2007, 22(6): 56-59.
- [31] 孙旭武, 李唯, 王力荣. 桃花芽分化期蛋白质、氨基酸和碳水化合物含量的变化[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(3): 295-299.  
SUN X W, LI W, WANG L R. Changes of protein, amino acid and carbohydrate during flower, bud differentiation of peach [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2004, 39(3): 295-299.
- [32] 张艳红, 杨东霞, 孙学东. 杜鹃花花芽分化期可溶性糖和叶绿素含量的变化[J]. 辽东学院学报(自然科学版), 2007(2): 64-66.  
ZHANG Y H, YANG D X, SUN X D. Changes of chlorophyll and soluble sugar content of rhododendron's floral bud during its differentiation [J]. *Journal of Eastern Liaoning University (Natural Science Edition)*, 2007(2): 64-66.
- [33] 曹敏. 多胺——一种植物内源生长调节物质[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 1989(4): 90-94.  
CAO M. Polyamine——a plant endogenous growth regulator [J]. *Journal of Hebei Normal University (Natural Science Edition)*, 1989(4): 90-94.

- tor[J]. *Journal of Hebei Normal University (Natural Science Edition)*, 1989(4): 90-94.
- [34] 郑家基, 谢厚钊. 龙眼越冬期叶片多胺含量的变化[J]. *园艺学报*, 1996(3): 89-90.  
ZHENG J J, XIE H CH. The content changes of polyamines in Longyan during wintering stage[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1996(3): 89-90.
- [35] GUO J E, LI T, SUN X, *et al.* Relationship between endogenous polyamines and floral bud differentiation in chrysanthemum morifolium under short-day conditions[J]. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 2015, 33(1): 31-38.
- [36] 邢利博. ‘长富2号’苹果花芽孕育基因表达模式分析与拉枝调控成花的分子机制[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2016.  
XING L B. Analysis of gene expression pattern of flower bud induction and molecular mechanism of promoting flowering with shoot bending in ‘Nagafu No.2’ apple variety[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2016.

## Study on Scion Cutting Area of Virus-free Seedlings of ‘Ruixue’ Apple

FENG Ruifang, YAN Leiyu, SUN Jianchun, SUN Lulong and ZHAO Zhengyang

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract** The aim of this study is to explore the optimal scion cutting area of virus-free seedlings of ‘Ruixue’ apple. Taking the one year age and two years age seedling of ‘Ruixue’ virus-free self-root seedlings as the test material, and poisonous of the annual branches in the middle node area was used as a control scion cutting area. The bud scion and leaves from the annual branches in each scion cutting area were collected. The leaves were used to measure the physiological index and compare the differences of the different indexes of the leaves in each scion cutting area. The single bud was used as a scion and grafted to the M26 dwarfing self-rootstock to compare the grafted seedlings growth of buds from different scion cutting areas. The results showed that the starch, soluble sugar, soluble protein, polyamine, leaf thickness, and leaf fence tissue thickness of the leaves in the third scion cutting area of the one year age seedlings and two years age seedlings of ‘Ruixue’ self-rooted seedlings were significantly higher than those in other scion cutting areas; for height of the budding seedlings from the third scion cutting area of the root seedlings, one year age seedlings were 16.9% higher than the control, and the stem diameter was 9.2% higher than the control. For height of budding seedlings from the third scion cutting area of root seedlings, two years age seedlings were 15.8% higher than the control, and the stem diameter was 8.7% higher than the control. For the optimal selection area of scion cutting for the sapling ‘Ruixue’ virus-free seedlings, one year age seedlings of ‘Ruixue’ were 30–40 nodes, corresponding to the height of 40–58 cm; two years age seedlings of the ‘Ruixue’ were 60–70 nodes, corresponding to the height 117–139 cm.

**Key words** Apple; Virus-free self-rooted seedling; Grafting; Scion

**Received** 2020-11-09

**Returned** 2020-12-18

**Foundation item** Supported by China Agriculture Research System of MOF and MARA (No. CARS-27).

**First author** FENG Ruifang, female, master student. Research area: apple virus-free seedling physiology. E-mail: 873676090@qq.com

**Corresponding author** ZHAO Zhengyang, male, Ph.D, professor, doctoral supervisor. Research area: genetic improvement of apple quality. E-mail: zhaozy@mwsuaf.edu.cn

(责任编辑: 潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)