

宋放,覃伟,匡蓓,等.不同砧木靠接组合对伦晚脐橙树体营养、生长发育及果实品质的影响[J].华中农业大学学报,2022,41(5):116-121.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.05.015

不同砧木靠接组合对伦晚脐橙树体营养、 生长发育及果实品质的影响

宋放¹,覃伟²,匡蓓²,孙航²,陈啟行²,蒋迎春¹,刘继红³,吴黎明¹

1.湖北省农业科学院果树茶叶研究所,武汉 430064;

2.湖北省长阳土家族自治县农业技术推广中心,长阳 443500; 3.华中农业大学园艺林学学院,武汉 430070

摘要 为筛选适合伦晚脐橙的最佳砧木组合,以湖北清江流域的枳砧、红橘砧、香橙砧、枳+红橘砧和枳+香橙砧5种砧木靠接组合的10年生伦晚脐橙结果树为试验材料,分析和比较了不同砧木靠接组合对伦晚脐橙树体营养、生长发育以及果实品质的影响。结果表明:枳+香橙砧和香橙砧对铁、铜和锌的吸收效率高于其他的砧木组合,红橘砧和枳+红橘砧对钙和镁的吸收效率较高,枳砧对硼吸收效率最高;营养生长和树势方面,株高、冠幅和枝梢长度表现为红橘砧>枳+红橘砧>枳+香橙砧>香橙砧>枳砧;果实品质方面,果实大小、果皮厚度、可溶性固形物、可滴定酸、固酸比值表现为枳+红橘砧>枳砧>枳+香橙砧>红橘砧>香橙砧;另外,枳+红橘砧和枳+香橙砧伦晚脐橙果实枯水率和枯水指数显著低于其他砧木组合。综合来看,枳+红橘砧和枳+香橙砧伦晚脐橙的营养吸收效率较高,树势较强,果实综合品质最优,适宜在清江流域推广。

关键词 伦晚脐橙;靠接;砧木;果实品质;营养元素

中图分类号 S666 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)05-0116-06

柑橘是世界和我国南方第一大类水果^[1],其果实含有丰富的营养物质和功能性成分,如类黄酮、Vc、类胡萝卜素、有机酸及类柠檬苦素等^[2-3],深受广大人民的喜爱。我国是柑橘生产大国,柑橘栽培面积和产量均位居世界第一。伦晚脐橙(*Citrus sinensis* Osbeck Lane Late navel orange)是典型的晚熟脐橙,果实成熟于翌年3月份,可晚采至5月上旬,花果同树,需要越冬栽培。伦晚脐橙果实品质优良、汁多化渣、经济价值高,同时兼有晚熟特性,可填补夏季柑橘鲜果市场的空缺,对柑橘周年供应具有重要价值^[4-5]。我国三峡库区(秭归、兴山、奉节、巫山)和清江低山河谷区域气候温和、冬暖夏凉,属亚热带季风性湿润气候,全年306 d以上为无霜期,为伦晚脐橙种植提供了优越的自然条件^[6]。

柑橘在栽培生产中主要通过嫁接的方式繁殖,砧木能够提高柑橘的生长发育、果实产量、果实品质和对生物及非生物胁迫的耐受性^[7-8]。由于树体矮

化、果实品质优良、抗寒、抗衰老病和抗根结线虫等原因,枳长期以来一直是我国最常用的砧木品种^[9-10]。然而,枳砧也存在不耐贫瘠、抗旱性差等问题^[11-12]。同时,晚熟脐橙主要种植于长江及清江流域沿岸1.5 km内的小气候环境区域内,土壤条件较为瘠薄,导致枳砧伦晚脐橙面临树势弱和产量低等问题。

靠接在柑橘生产上有增强树势、挽救病树、提早结果和延长结果期等作用^[13]。本试验以不同砧木靠接组合的伦晚脐橙为材料,研究不同砧木靠接组合的伦晚脐橙营养吸收、生长发育和果实品质情况,筛选适合伦晚脐橙的最佳砧木组合,以期为我国晚熟柑橘优质生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取湖北省长阳土家族自治县渔峡口镇西坪村

收稿日期:2022-08-18

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFD1000102);湖北洪山实验室重大项目(2021hszd009);湖北省重点研发计划项目(2020BBA036);湖北省农业科技创新中心项目(2019-620-000-001-023);国家自然科学基金青年基金项目(32102309);湖北省农业科学院青年拔尖人才项目

宋放,E-mail:fsong_ray@163.com

通信作者:吴黎明,E-mail:wuliming2005@126.com

伦晚脐橙果园,东经 $110^{\circ}33'$,北纬 $30^{\circ}26'$,海拔高度322 m。接穗均为伦晚脐橙,设置5种砧木靠接组合:(1)枳+红橘:以枳为基础,靠接红橘砧木;(2)枳+香橙:以枳为基础,靠接香橙砧木;(3)香橙:以香橙为基础,靠接香橙砧木;(4)红橘:以红橘为基础,靠接红橘砧木;(5)枳砧:以枳为基础,靠接枳砧木。每个砧木靠接组合3棵树,作为3个生物学重复,进行同等条件水肥和枝梢管理,分别于2020年4月14日、2021年3月22日和2022年4月7日统计试验植株的长势,并采集叶片和果实样品,用于营养元素含量和果实品质检测。

1.2 树势的测定

株高测量根颈部到顶部之间的距离,以皮尺测量,3次重复,取平均值;冠幅以相互垂直东西-南北方向树冠直径(宽度)的平均值表示,3次重复。

1.3 营养元素含量检测

采集当年春梢的第3~4片叶用于营养元素含量检测。叶片经杀青和烘干后使用研磨仪研磨成粉末,使用电感耦合等离子光谱仪(ICP)测定P、K、Ca、Mg、B、Fe、Na、Zn等元素的含量,并使用靛酚蓝比色法测定N的含量。

1.4 果实品质分析

1)果实纵横径、果皮厚和单果质量测定。纵横径及果皮厚用游标卡尺测量,横径取果实中部最粗部位,每个果实重复3次;果皮厚在测量时,叠加10片测总厚度,精确读数,求平均值;单果质量用千分之一天平称量,称取10个果实的质量,求平均值。

2)可溶性固形物。在果实的不同方位取3~5瓣,剥去果皮,将果肉研磨成果汁,用手持糖酸仪测定,重复3次。

3)可滴定酸。用酸碱中和滴定法测定。平行试验3次,求平均值。

4)Vc含量。用2,6-二氯靛酚滴定法测定,平行试验3次,求平均值。

5)枯水率统计方法。分别取10个果实,沿赤道平面横切,以中轴为中心观察,果肉汁胞颜色异常、膨大变硬或者萎缩干瘪,中轴明显凹陷均为发生枯水。果实枯水率=枯水果实数/总果实数 $\times 100\%$ 。按粒化面积大小将果实枯水分4级。0级:没有枯水;1级:汁胞枯水范围 $\leq 1/3$ 瓣长;2级: $1/3$ 瓣长 $<$ 汁胞枯水范围 $\leq 1/2$ 瓣长;3级:汁胞枯水范围 $> 1/2$ 瓣长。汁胞枯水指数= \sum (汁胞枯水级数 \times 该级果瓣数)/总果瓣数。

2 结果与分析

2.1 不同砧木靠接组合对伦晚脐橙营养吸收的影响

如表1所示,2020年和2021年伦晚脐橙叶片的营养元素含量存在一定的波动,总体上,2020年叶片营养元素含量较高,而2021年叶片普遍存在氮、磷、钾、钙、镁等缺乏的问题,但不同砧木组合之间的营养吸收效率也存在差异。枳+香橙砧和香橙砧对铁、铜和锌吸收优于其他的砧木组合,红橘砧和枳+红橘砧对钙和镁的吸收效率最高,枳砧对硼吸收效率最高。其中,香橙砧对铁、锰、铜、锌的吸收效率均优于枳砧,而红橘砧对钙和镁的吸收效率均优于枳砧。另外,枳+红橘砧和枳+香橙砧对磷的吸收效率最高。说明靠接不同的砧木能够有效改善柑橘植株对部分营养的吸收。

2.2 不同砧木靠接组合对伦晚脐橙树体生长发育的影响

进一步调查不同砧木靠接组合的伦晚脐橙树体生长发育情况(表2),株高、冠幅和秋梢长度表现为红橘砧 $>$ 枳+红橘砧 $>$ 枳+香橙砧 $>$ 香橙砧 $>$ 枳砧。2020年、2021年和2022年红橘砧的伦晚脐橙树冠冠幅分别为3.32、3.40和3.88 m,株高分别为3.05、3.18和3.25 m,而枳砧的冠幅分别为2.12、2.32和2.33 m,株高分别为2.03、2.23和2.19 m。同时,秋梢长度在不同年份的变化较小,香橙砧和红橘砧的伦晚脐橙秋梢长度最长,其次为枳砧,枳+香橙砧和枳+红橘砧秋梢长度最短。

2.3 不同砧木靠接组合对伦晚脐橙果实品质的影响

如表3所示,伦晚脐橙的果实品质在不同砧木靠接组合之间存在显著性差异。在外在品质方面,相比于枳砧、红橘砧、枳+红橘砧和枳+香橙砧,香橙砧的伦晚脐橙果实最大(纵横径和单果质量3 a均为最高),且其果皮厚度也最厚(2020年第2,2021年和2022年均均为最厚),表现出粗皮大果的特点。

在内在品质方面,伦晚脐橙果实可溶性固形物含量在不同年份中波动较小,枳+红橘砧的伦晚脐橙果实在2020年、2021年和2022年的可溶性固形物含量和固酸比均为最高水平,其次为枳+香橙砧和枳砧,而香橙砧和红橘砧可溶性固形物含量和固酸比最低。另外,伦晚脐橙果实可滴定酸含量和Vc含量在不同年份波动较大,总体上,红橘砧和枳+香橙

表1 不同砧木组合的伦晚脐橙叶片营养元素含量

Table 1 The element contents in leaves of Lane Late navel orange with different rootstock combinations

| 年度 Year | 砧木 Rootstock | 氮/% N | 磷/% P | 钾/% K | 钙/% Ca | 镁/% Mg | 铁/% Fe | 锰/% Mn | 硼/ (mg/kg) B | 铜/ (mg/kg) Cu | 锌/ (mg/kg) Zn |
|------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 2020 | 枳砧 Pt | 2.68± 0.05a | 0.14± 0.02c | 0.88± 0.04b | 5.95± 0.19a | 0.14± 0.02b | 82.31± 2.66b | 29.31± 1.21a | 78.74± 6.65a | 6.51± 0.57a | 12.82± 0.81b |
| | 香橙砧 Cj | 2.79± 0.03a | 0.14± 0.01c | 1.17± 0.02a | 4.64± 0.15b | 0.24± 0.03a | 98.93± 0.29b | 27.27± 0.08a | 57.19± 4.71b | 7.64± 0.55a | 18.80± 0.71a |
| | 红橘砧 Rt | 2.44± 0.00b | 0.14± 0.02c | 0.59± 0.03d | 5.91± 0.04a | 0.27± 0.02a | 89.5± 2.56b | 30.49± 7.07a | 50.50± 5.43b | 8.60± 1.63a | 13.78± 0.53b |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 2.59± 0.08ab | 0.16± 0.02a | 0.74± 0.01c | 5.78± 0.13a | 0.21± 0.01a | 121.64± 7.54a | 30.81± 0.87a | 57.07± 3.90b | 7.01± 0.97a | 15.16± 1.48b |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 2.55± 0.04ab | 0.15± 0.03b | 0.61± 0.03d | 5.63± 0.23a | 0.26± 0.01a | 90.55± 8.22b | 32.89± 0.49a | 51.64± 5.74b | 7.69± 1.23a | 13.34± 0.57b |
| | 枳砧 Pt | 1.99± 0.06a | 0.08± 0.00b | 0.41± 0.01b | 4.57± 0.04c | 0.08± 0.00d | 75.14± 0.4d | 19.63± 0.90d | 40.83± 0.89a | 3.98± 0.08c | 8.17± 0.10d |
| 2021 | 香橙砧 Cj | 1.95± 0.02ab | 0.08± 0.00b | 0.45± 0.01a | 4.43± 0.06d | 0.14± 0.01b | 85.57± 0.73c | 30.73± 0.66b | 21.71± 0.34e | 4.82± 0.10a | 10.93± 0.47b |
| | 红橘砧 Rt | 1.94± 0.01ab | 0.08± 0.01b | 0.37± 0.01bc | 5.30± 0.02a | 0.17± 0.01a | 85.11± 1.64c | 43.49± 0.19a | 30.47± 0.33c | 4.33± 0.05b | 9.78± 0.14c |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 1.86± 0.02b | 0.09± 0.00a | 0.36± 0.01c | 4.11± 0.02e | 0.13± 0.00c | 113.61± 0.81a | 24.55± 0.76c | 27.76± 0.26d | 3.84± 0.10c | 11.95± 0.10a |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 1.97± 0.02a | 0.09± 0.01a | 0.38± 0.01b | 4.76± 0.04b | 0.14± 0.00b | 104.49± 0.65b | 30.95± 0.29b | 33.29± 0.39b | 2.99± 0.08d | 8.60± 0.21d |

注 Note: Pt: *Poncirus trifoliata*; Cj: *Citrus junos*; Rt: Red tangerine; Pt+Cj: *Poncirus trifoliata*+*Citrus junos*; Pt+Rt: *Poncirus trifoliata*+Red tangerine。同列中不同小写字母代表差异显著,下同。Different lowercase letters in the same column indicate significant difference. The same as below.

表2 不同砧木组合的伦晚脐橙树体生长发育情况

Table 2 The growth and development of Lane Late navel orange trees with different rootstock combinations

| 年度 Year | 砧木 Rootstock | 冠幅/m Crown width | 高度/m Height | 秋稍长/cm Autumn shoot length |
|------------|-----------------|---------------------|----------------|----------------------------------|
| 2020 | 枳砧 Pt | 2.13±0.02e | 2.03±0.04d | 26.63±0.28b |
| | 香橙砧 Cj | 2.44±0.04d | 2.64±0.02b | 28.41±0.40a |
| | 红橘砧 Rt | 3.32±0.04a | 3.05±0.06a | 29.09±0.48a |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 2.83±0.02c | 2.44±0.03c | 24.89±0.40c |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 3.12±0.04b | 2.96±0.04a | 24.29±0.39c |
| 2021 | 枳砧 Pt | 2.32±0.10d | 2.23±0.08d | 28.36±1.28b |
| | 香橙砧 Cj | 2.47±0.12d | 2.37±0.03d | 30.11±1.03a |
| | 红橘砧 Rt | 3.47±0.06a | 3.18±0.07a | 29.91±0.87a |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 2.77±0.06c | 2.68±0.06c | 25.74±1.14c |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 3.16±0.08b | 2.95±0.09b | 25.53±1.10c |
| 2022 | 枳砧 Pt | 2.33±0.04d | 2.19±0.06b | 28.00±1.45ab |
| | 香橙砧 Cj | 2.73±0.03c | 2.70±0.24ab | 29.44±1.37a |
| | 红橘砧 Rt | 3.88±0.21a | 3.25±0.35a | 29.33±1.39a |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 3.36±0.07b | 2.21±0.06b | 26.33±1.39ab |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 3.53±0.17b | 2.67±0.13ab | 24.89±1.09b |

砧的可滴定酸含量和Vc含量最高,其次为香橙砧,枳砧和枳+红橘砧的可滴定酸含量和Vc含量均显著低于香橙砧、枳+香橙砧和红橘砧。

综上,不同砧木靠接组合对伦晚脐橙果实品质存在显著性影响。按果实品质综合评价从高到低,依次为枳+红橘砧>枳砧>枳+香橙砧>红橘砧>香橙砧。

2.4 不同砧木靠接组合对伦晚脐橙果实枯水的影响

2021年冬季三峡库区出现较为严重的低温冻害,导致伦晚脐橙大面积发生枯水病害。对不同砧木靠接组合的伦晚脐橙果实进行检测,发现香橙砧木的伦晚脐橙果实枯水最为严重,枯水率达到80%以上,枯水指数达到1.5。其次为枳砧(53%,0.77)和红橘砧(37%,0.63)。枳+红橘砧(23%,0.17)和枳+香橙砧(13%,0.07)枯水最轻(图1)。说明以枳为基础,靠接红橘和香橙砧木能显著降低伦晚脐橙果实的枯水率和枯水指数。

表3 不同砧木靠接组合的伦晚脐橙果实品质
Table 3 The fruit quality of Lane Late navel orange with different rootstock combinations

| 年度 Year | 砧木 Rootstock | 横径/cm Horizontal diameter | 纵径/cm Vertical diameter | 单果质量/kg Fruit weigh | 果皮厚/mm Peel thickness | 可溶性 固形物/% TSS | 可滴 定酸/% TA | 维生素C/ (mg/100 g) V _C | 固酸比 Solid acid ratio |
|------------|-----------------|------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 枳砧 Pt | 7.85±0.18a | 8.31±0.21a | 0.25±0.01a | 3.03±0.2ab | 13.3±0.25ab | 0.59±0.01d | 39.7±1.24b | 22.43±0.12a |
| | 香橙砧 Cj | 7.74±0.28a | 8.22±0.26a | 0.25±0.02a | 3.23±0.09ab | 11.7±0.3c | 0.82±0.01a | 46.79±2.25a | 14.28±0.24d |
| | 红橘砧 Rt | 7.28±0.04ab | 7.95±0.07ab | 0.21±0.03ab | 3.62±0.26a | 12.53±0.13b | 0.76±0.02b | 49.91±2.05a | 16.46±0.62c |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 7.18±0.09b | 7.54±0.14b | 0.19±0.07b | 2.91±0.13b | 13.4±0.46ab | 0.69±0.02c | 46.23±1.13a | 19.35±0.10b |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 7.55±0.14ab | 7.97±0.14ab | 0.22±0.01ab | 3.09±0.28ab | 13.67±0.24a | 0.7±0.02c | 48.21±0.75a | 19.41±0.15b |
| 2021 | 枳砧 Pt | 8.27±0.06a | 8.66±0.02a | 0.29±0.01a | 3.13±0.38c | 11.67±0.19b | 0.53±0.01c | 38.29±0.49b | 21.84±0.58b |
| | 香橙砧 Cj | 8.32±0.18a | 8.70±0.36a | 0.29±0.02a | 4.35±0.23a | 10.50±0.55c | 0.60±0.02ab | 41.97±1.86b | 17.59±0.46c |
| | 红橘砧 Rt | 7.80±0.06bc | 7.97±0.21b | 0.24±0.01bc | 4.26±0.36a | 12.03±0.18b | 0.60±0.01ab | 46.23±0.75ab | 20.19±0.45b |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 7.99±0.14ab | 8.22±0.19ab | 0.26±0.02ab | 3.54±0.01b | 12.93±0.22ab | 0.61±0.02a | 47.08±0.57a | 21.23±0.59b |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 7.44±0.19c | 7.72±0.15b | 0.22±0.01c | 3.32±0.18bc | 13.63±0.09a | 0.56±0.02bc | 38.29±2.60c | 24.59±0.53a |
| 2022 | 枳砧 Pt | 6.62±0.07c | 6.59±0.03c | 0.15±0.00c | 4.21±0.29b | 13.03±0.19a | 0.60±0.02b | 54.35±0.14c | 21.90±0.43a |
| | 香橙砧 Cj | 8.65±0.16a | 8.79±0.17a | 0.33±0.01a | 5.19±0.15a | 10.70±0.1b | 0.60±0.01b | 61.18±0.36b | 17.70±0.34b |
| | 红橘砧 Rt | 7.45±0.16b | 7.46±0.15b | 0.22±0.01b | 4.30±0.09b | 13.30±0.31a | 0.78±0.02a | 65.96±1.25a | 17.14±0.58b |
| | 枳+香橙砧 Pt+Cj | 7.30±0.07b | 7.23±0.05b | 0.21±0.01b | 3.94±0.22b | 13.60±0.25a | 0.73±0.03a | 65.42±0.36a | 18.70±0.76b |
| | 枳+红橘砧 Pt+Rt | 7.61±0.02b | 7.63±0.18b | 0.23±0.01b | 4.15±0.04b | 13.47±0.07a | 0.62±0.01b | 54.49±1.18c | 21.59±0.38a |

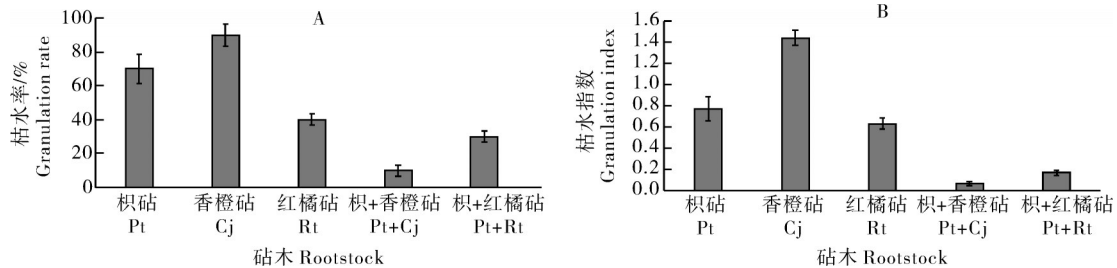


图1 不同砧木靠接组合的伦晚脐橙果实枯水率(A)和枯水指数(B)统计

Fig.1 The granulation rate and granulation index of Lane Late navel orange with different rootstock combinations

3 讨论

本研究以清江流域伦晚脐橙为试验材料,分析了不同砧木靠接组合对伦晚脐橙营养吸收、生长发育和果实品质等方面的影响。在田间试验中,香橙砧的伦晚脐橙对铁、锰、铜和锌的吸收较强,而红橘砧对钙和镁的吸收较强,与前人在伦晚脐橙盆栽试验和红橘水培试验的结果一致^[14-15]。枳砧靠接香橙砧显著提高了伦晚脐橙对铁、铜和锌吸收效率,而靠接红橘则增强了对钙和镁的吸收效率。Wang等^[16]研究发现,靠接香橙能够提高枳砧纽荷尔脐橙对硼的吸收,李若男等^[17]也发现靠接枳能够提高香橙砧木对锌的吸收,说明在生产上可以通过靠接相应的

砧木来改善柑橘树体对部分营养元素的吸收效率。另外,本研究中2021年度叶片的营养元素含量相对于2020年度存在整体下降的趋势,推测是因为试验株系在2021年1月份经历了1次低温冻害,虽然树体无明显冻伤,但树势相对较弱,相应地降低了营养吸收量。

营养生长和树势方面,株高、冠幅和秋梢长度表现为红橘砧>枳+红橘砧>枳+香橙砧>香橙砧>枳砧,与前人报道的枳砧华农本地早和国庆1号温州蜜柑比在枳橙砧、香橙砧、枳柚砧和红橘砧上弱的结果一致^[12]。同时,香橙砧和红橘砧伦晚脐橙的果实品质均低于枳,枳砧伦晚脐橙的果实可溶性固形物含量和固酸比较高^[9],说明枳作为我国柑橘产区最常

用的砧木,其树体矮化和品质高的优势在当前提倡的优质轻简高效栽培技术模式推广中具有重要意义。枳+香橙砧和枳+红橘砧的伦晚脐橙果实的酸度要高于枳砧,但其可溶性固形物含量高于香橙砧、红橘砧和枳砧。该结果与前人在茂谷柑靠接香橙、酸橘砧木^[18]和苹果靠接M9砧木上的结果相一致^[19],说明靠接砧木能够显著提高伦晚脐橙的果实品质。

伦晚脐橙生长周期长,需要越冬栽培。前期研究结果表明,冬季低温冻害会导致伦晚脐橙果实枯水,主要表现为果汁减少、糖酸物质丧失和营养物质流失^[6]。本试验中,2021年1月份经历了一8~-5℃的极端低温天气,导致伦晚脐橙大范围的枯水问题。前人研究发现,柑橘砧木品种能够影响接穗‘金诺橘(Kinnow)’的枯水率,且枯水率从高到低依次为: Sohsarkar > Karna Khatta > Troyer citrange^[20]。本研究也发现不同砧木的伦晚脐橙果实枯水情况存在显著差异,枳砧靠接红橘和香橙的伦晚脐橙果实枯水率和枯水指数均显著低于其他砧木组合,推测可能是由于靠接不同品种的砧木改善了伦晚脐橙植株的营养吸收,从而提高了伦晚脐橙果实对低温胁迫的抗性。

综上所述,枳砧靠接红橘砧和香橙砧能够促进伦晚脐橙树体对铁、锰、铜、锌、钙和镁等营养元素的吸收,增强伦晚脐橙的树势,进而提高果实的品质和耐枯水性。在三峡库区和清江流域伦晚脐橙种植区域,可以在枳砧伦晚脐橙旁30 cm位置种植1棵红橘或香橙砧木,并于当年秋季靠接于枳砧上,从而增强植株的树势,同时也有助于提高果实品质和对低温枯水的抗性,适宜在伦晚脐橙种植区域推广应用。

参考文献 References

- [1] 邓秀新. 柑橘产业发展趋势与桂林柑橘品种结构调整[J]. 南方园艺, 2020, 31(6): 1-4. DENG X X. The development trend of citrus industry and the adjustment of citrus variety structure in Guilin[J]. Southern horticulture, 2020, 31(6): 1-4 (in Chinese).
- [2] ZHANG H, XIE Y, LIU C, et al. Comprehensive comparative analysis of volatile compounds in citrus fruits of different species [J]. Food chemistry, 2017, 230: 316-326.
- [3] CHEN J, YUAN Z, ZHANG H, et al. Cit1, 2RhaT and two novel CitdGlcTs participate in flavonoid metabolism during citrus fruit development [J]. Journal of experimental botany, 2019, 70(10): 2759-2771.
- [4] 谢宗周, 邓秀新, 伊华林, 等. 晚熟脐橙新品种—伦晚脐橙的选育[J]. 果树学报, 2011, 28(4): 733-734. XIE Z Z, DENG X X, YI H L, et al. A new late-ripening navel orange variety lane late navel orange [J]. Journal of fruit science, 2011, 28(4): 733-734 (in Chinese with English abstract).
- [5] 吴黎明, 蒋迎春, 吴述勇, 等. 5个晚熟脐橙品种在湖北秭归栽培试验[J]. 中国果树, 2015(1): 53-56. WU L M, JIANG Y C, WU S Y, et al. Cultivation experiment of 5 late-maturing navel orange varieties in Zigui, Hubei Province [J]. China fruits, 2015(1): 53-56 (in Chinese).
- [6] 吴黎明, 何利刚, 王志静, 等. 湖北三峡库区晚熟脐橙不同海拔果实品质变化及枯水防控技术研究[J]. 中国南方果树, 2021, 50(1): 18-24. WU L M, HE L G, WANG Z J, et al. Study of fruit quality change and fruit granulation control techniques of late maturing navel orange planted at different altitudes in three gorges reservoir area of Hubei Province [J]. South China fruits, 2021, 50(1): 18-24 (in Chinese).
- [7] 朱世平, 江东, 洪棋斌, 等. 柑桔砧木育种研究进展[J]. 中国南方果树, 2013, 42(2): 30-34. ZHU S P, JIANG D, HONG QB, et al. Advances in citrus rootstock breeding [J]. South China fruits, 2013, 42(2): 30-34 (in Chinese with English abstract).
- [8] CANTUARIAS-AVILÉS T, MOURÃO FILHO F A A, STUCHI E S, et al. Tree performance and fruit yield and quality of ‘Okitsu’ satsuma mandarin grafted on 12 rootstocks [J]. Scientia horticulturae, 2010, 123(3): 318-322.
- [9] TAZIMA Z H, NEVES C S V J, YADA I F U, et al. Performance of Okitsu satsuma mandarin on nine rootstocks [J]. Scientia agricola, 2013, 70: 422-427.
- [10] GEORGIOU A, GREGORIOU C. Growth, yield and fruit quality of ‘Shamouti’ orange on fourteen rootstocks in Cyprus [J]. Scientia horticulturae, 1999, 80(1/2): 113-121.
- [11] 周开兵, 夏仁学. 中国柑桔砧木选择研究进展与展望[J]. 中国农学通报, 2006, 21(1): 213-218. ZHOU K B, XIA R X. Research progress and prospect of citrus rootstock selection in China [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2006, 21(1): 213-218 (in Chinese with English abstract).
- [12] 王蓉, 张露瑶, 谭丰全, 等. 5种砧木对“华农本地早”桔和“国庆1号”温州蜜柑营养生长及果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2019, 48(6): 12-16. WANG R, ZHANG L Y, TAN F Q, et al. Effects of five rootstocks on plant growth and fruit quality of ‘Guoqing NO. 1’ satsuma and ‘Huanong Bendizao’ tangerine [J]. South China fruits, 2019, 48(6): 12-16 (in Chinese).
- [13] DU W, HUSSAIN S B, JIN L F, et al. Characteristics of boron distribution in the ‘Newhall’ navel orange plant with two root systems [J]. Plant physiology and biochemistry, 2021, 167: 42-48.
- [14] 苏媚. 资阳香橙砧的耐碱性及对接穗生长和果实品质的影响研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2017. SU M. Study on alkaline tolerance of Ziyang orange anvil and its effect on scion growth and fruit quality [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2017 (in Chinese with English abstract).
- [15] 韩佳, 周高峰, 李峤虹, 等. 缺镁、铁、硼胁迫对4个柑橘砧木生长及养分吸收的影响[J]. 园艺学报, 2012, 39(11): 2105-2112. HAN J, ZHOU G F, LI Q H, et al. Effects of magnesium, iron, boron deficiency on the growth and nutrition absorption of four major citrus rootstocks [J]. Acta horticulturae sinica, 2012, 39(11): 2105-2112 (in Chinese with English abstract).
- [16] WANG N, YAN T, FU L, et al. Differences in boron distribution and forms in four citrus scion-rootstock combinations with con-

- trasting boron efficiency under boron-deficient conditions [J]. *Trees*, 2014, 28(6): 1589-1598.
- [17] 李若男, 杜威, 伍小萌, 等. 补锌对靠接枳砧的缺锌纽荷尔脐橙锌营养吸收的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2019, 38(6): 70-76. LI R N, DU W, WU X M, et al. Effects of zinc resupply on zinc nutrient absorption of zinc deficient Newhall navel orange in-arched with trifoliolate orange[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2019, 38(6): 70-76 (in Chinese with English abstract).
- [18] 李果果, 刘要鑫, 陈香玲, 等. 靠接在延缓茂谷柑衰退中的应用[J]. *中国南方果树*, 2016, 45(4): 144-146. LI G G, LIU Y X, CHEN X L, et al. Application of adjunctive in retarding the decline of Mogu orange[J]. *South China fruits*, 2016, 45(4): 144-146 (in Chinese).
- [19] 周陈平. 靠接对主干损伤苹果树生长发育及相关生理特性的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2018. ZHOU C P. Effects of adjacent grafting on growth and physiological characteristics of apple tree with trunk injury[D]. Beijing: China Agricultural University, 2018 (in Chinese with English abstract).
- [20] SHARMA R R, SAXENA S K. Rootstocks influence granulation in Kinnow mandarin (*Citrus nobilis* × *C. deliciosa*) [J]. *Scientia horticulturae*, 2004, 101(3): 235-242.

Effects of approach-grafting rootstock combinations on nutrition, growth and development, and fruit quality of Lane Late navel orange

SONG Fang¹, QIN Wei², KUANG Bei², SUN Hang², CHEN Qixing²,
JIANG Yingchun¹, LIU Jihong³, WU Liming¹

1. *Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China;*

2. *Agricultural Technology Promotion Center of Changyang Tujia Autonomous County, Hubei Province, Changyang 443500, China;*

3. *College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*

Abstract The Lane Late navel orange with five approach-grafting rootstock combinations including *Poncirus trifoliolate*, red tangerine, *Citrus junos*, *Poncirus trifoliolate*+red tangerine, and *Poncirus trifoliolate*+*Citrus junos* in Qingjiang River Basin of Hubei Province was used to study the effects of different rootstock combinations on the nutrition, growth, and fruit quality of Lane Late navel orange. Results showed that the uptake efficiency of iron, copper, and zinc of *Poncirus trifoliolate*+*Citrus junos* and *Citrus junos* were higher than that of other rootstock combinations. The same patterns were also observed in the uptake efficiency of calcium and magnesium of red tangerine and *Poncirus trifoliolate*+red tangerine and the uptake efficiency of boron of *Poncirus trifoliolate*. Comparing plant height, crown width and branch length, the growth and tree vigor of different rootstock combinations was in the decreasing order of red tangerine > *Poncirus trifoliolate*+red tangerine > *Poncirus trifoliolate*+*Citrus junos* > *Citrus junos* > *Poncirus trifoliolate*. Through the comprehensive comparison of fruit size, peel thickness, soluble solid matter, titratable acid, soluble solids and acid ratio and other indicators, the fruit quality of different rootstock combinations was in the decreasing order of *Poncirus trifoliolate*+red tangerine > *Poncirus trifoliolate* > *Poncirus trifoliolate*+*Citrus junos* > red tangerine > *Citrus junos*. The fruit granulation rate and granulation index of navel orange in *Poncirus trifoliolate*+red tangerine and *Poncirus trifoliolate*+*Citrus junos* were significantly lower than those in other rootstock combinations. On the whole, the nutrient uptake efficiency of navel orange in *Poncirus trifoliolate*+red tangerine and *Poncirus trifoliolate*+*Citrus junos* are higher, the tree vigor is stronger, and the comprehensive fruit quality is the best, which is suitable for promotion in the Qingjiang River Basin.

Keywords Lane Late navel orange; approach-grafting; rootstock; fruit quality; nutrient

(责任编辑:张志钰)