

耐盐海棠新品种盐星嫁接不同苹果品种的亲和性研究

宋爽, 郭文静, 孟捷, 胡爱双, 邢春强, 孙宇*

(河北省农林科学院滨海农业研究所·河北省盐碱地绿化技术创新中心·唐山市植物耐盐研究重点实验室, 河北唐山 063299)

摘要:【目的】解决盐碱地苹果无法正常生产的实际问题, 推广优质耐盐海棠砧木。【方法】以耐盐海棠新品种盐星组培苗为砧木, 探究其与不同苹果品种的嫁接亲和性。选取富士、维纳斯黄金、冀苹1号和玉冠等18个常用苹果生产品种和优质新品种为接穗, 根据嫁接成活率、嫁接口愈合程度、生长量和田间亲和力常数等指标, 探究盐星海棠作为苹果生产砧木的适用性。【结果】调查统计后发现, 18个品种接穗的嫁接成活率都在90%以上, 嫁接口愈合情况良好; 接穗和砧木生长量较均衡, 略有小脚现象但并不严重; 田间亲和力常数都接近于2, 砧木和接穗生长比较协调; 利用隶属函数值综合评价各个指标, 富士、维纳斯黄金、冀苹1号、昌苹8号和冀苹5号与盐星的嫁接亲和性最优, 冀苹2号和王林在生长量和植株状态上表现较差, 冀苹2号在嫁接第3年死亡。【结论】综上, 盐星海棠作为砧木与大多数苹果品种嫁接亲和性较好, 仅有个别品种不适配。研究结果为盐星海棠在苹果砧木方面的应用提供了有力的科学依据, 为进一步研究盐星海棠与苹果砧木互作机制奠定了理论基础, 同时也为盐碱地苹果产业发展提供了可行途径。

关键词: 盐星海棠; 耐盐苹果砧木; 嫁接成活率; 嫁接亲和性; 盐碱地苹果生产

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2025)02-0314-08

Study on the compatibility of a new salt-tolerant *Malus × robusta* ‘Yanxing’ rootstock with different apple cultivars

SONG Shuang, GUO Wenjing, MENG Jie, HU Aishuang, XING Chunqiang, SUN Yu*

(Institute of Coastal Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Saline-alkali Land Greening Technology Innovation Center of Hebei Province/Key Laboratory of Plant Salt Tolerance in Tangshan City, Tangshan 063299, Hebei, China)

Abstract: 【Objective】 Soil salinization leads to the inability of apples to grow normally, affecting the sustainable development of the apple industry. The salt tolerance of apple tree depends mainly on the rootstock. The grafting compatibility of the rootstock with scion variety is a prerequisite for normal growth. The graft survival rate is the most direct index to show the grafting compatibility in the short term. The study aimed to investigate the grafting compatibility of the salt-tolerant rootstock Yanxing with apple cultivars. 【Methods】 2-years old nursery trees propagated by tissue culture of the new salt-tolerant *Malus × robusta* ‘Yanxing’ were used as rootstocks. 18 apple cultivars were selected as scion varieties. The survival rate of the grafting units, the healing state of the grafting unions, the height and thickness of the scion part, the thickness of the rootstock and the ratio of the thickness of the rootstock and scion of each grafting combination were recorded in the end of the first growing season. The field compatibility constant (FCC) $>$ or $<$ 2.0 indicated that the diameter of rootstock was too thick or thin, the grafting compatibility was poor. The comprehensive evaluation of the grafting compatibility was represented by the average membership degree. A larger average value of membership indicated a stronger affinity. 【Results】 The survival rates of the grafting units of the 18 apple cultivars with the root-

收稿日期: 2024-10-25

接受日期: 2024-11-15

基金项目: 河北省农林科学院科技创新专项课题(2022KJCXZX-BHS-2); 河北省农林科学院科技创新人才队伍建设项目(C24R1601)

作者简介: 宋爽, 女, 助理研究员, 博士, 研究方向为耐盐果树选育、机制探究与应用。E-mail: shuangsong17@163.com

*通信作者 Author for correspondence. E-mail: 13703381235@163.com

stock were over 90%, and the healing of grafting unions were good. Among them, the survival rate of Fuji and Changping No. 8 was 98%. The survival rate of Jinzhou Red Fuji and 12-20 was relatively low (90%). The growth of scion and rootstock was relatively balanced, showing a slight phenomenon of small feet. In contrast, the grafting unions of Jinzhou Red Fuji and Orin with the rootstock was slightly uneven, with several nodules. Among the growth indexes, the thickness of the different scion varieties had great difference, and the thickest one was Changping No. 8 and the thinnest one was Orin was. The thickness ratios of the rootstock-scion of Venus Gold, Gala and Fuji were closest to 1, while those of Jiping No. 2 and Jinzhou Red Fuji were relatively far from 1. Fuji, Venus Gold, Jiping No.1, Changping No. 8 and Jiping No. 5 showed the best grafting affinity with Yanxing. According to the rank of average membership, Fuji had the best compatibility with Yanxing. Jiping No. 2 showed a short-term affinity phenomenon and died in the third year of growth. Orin showed the phenomenon of yellow leaves and slow plant growth in the third year after grafting. 【Conclusion】 Yanxing as rootstock had good grafting compatibility with most apple cultivars. The grafting compatibility of Fuji and Venus Gold with the rootstock was best. The grafting compatibility of Jiping No. 2, Jinzhou Red Fuji and Orin with Yanxing was slightly poor.

Key words: *Malus × robusta* ‘Yanxing’; Salt-tolerant apple rootstock; Graft survival rate; Graft compatibility; Apple production in saline-alkali land

中国盐渍化土壤面积约有1亿 hm^2 ,不仅阻碍生态环境建设,还严重制约着农业发展^[1]。土壤盐碱化导致苹果无法正常生长,威胁着苹果产业的可持续发展^[2]。苹果主要依靠砧木提高耐盐性^[3]。盐星海棠是河北省农林科学院滨海农业研究所历经15年选育出的耐盐海棠新品种,在全盐含量(w ,后同)0.6%的滨海盐碱地上能正常生长,耐盐性显著优于常用苹果砧木八棱海棠^[4]。因此,除了具有绿化树种的观赏价值外,盐星在苹果砧木方面的应用更值得探究。

作为砧木,其与接穗之间的嫁接亲和性是植株正常生长的必要前提条件^[5]。嫁接成活率、嫁接口愈合情况、砧木和接穗的生长量等都是衡量砧穗组合嫁接亲和性的形态学指标^[6-8]。其中,嫁接成活率是嫁接亲和性的直接体现,一般来说,嫁接成活率高的亲和性也高^[9-10]。嫁接口愈合处是否平滑、有无出现大小脚和瘤状突起情况,与接口处愈伤组织的形成和细胞学特征密切相关,与砧木接穗营养物质、酶活性和酚类物质等代谢物流通也有关系^[11-12]。嫁接成活后砧木和接穗的生长量指标表明了二者营养物质传递的情况,体现了砧穗组合的嫁接亲和性^[13]。嫁接亲和性是一个多指标性状,利用隶属函数值更能对其进行全面评价^[14]。

笔者在本研究中以耐盐海棠新品种盐星为砧木,嫁接18种不同来源的常用苹果品种和新品种

(系)。通过调查统计嫁接成活率、嫁接口愈合情况和砧木接穗生长指标,利用隶属函数值综合评价各砧穗组合的嫁接亲和性,以期展示盐星海棠作为苹果砧木的应用潜力,为盐碱地苹果产业的发展提供材料支撑。

1 材料和方法

1.1 材料

试验设置在河北省农林科学院滨海农业研究所曹妃甸试验基地,所用砧木为河北省农林科学院滨海农业研究所培育的2年生盐星海棠组培繁育苗。接穗为本地品种及河北省农林科学院石家庄果树研究所(简称石)和昌黎果树研究所(简称昌)提供的常用苹果生产品种和优质新品种(系),名称及来源见表1。

1.2 嫁接成活率和嫁接口愈合情况统计

在春季以“T”形芽接的方式将不同品种接穗嫁接到同时期移栽的2年生盐星海棠组培苗上。盐星海棠砧木粗度一致,0.8 cm左右;接穗选取粗度为0.5 cm芽饱满的一年生枝条。其中,石家庄果树研究所提供的7个品种接穗每个品种30株,于2021年嫁接;昌黎果树研究所提供的6个品种接穗每个品种50株,于2022年嫁接;本地的5个品种接穗每个品种30株,于2022年嫁接。

新梢停长后统计嫁接成活率和嫁接口愈合情

表 1 苹果接穗名称及来源

Table 1 The name and origin of apple scions

编号 No.	名称 Name	来源 Origin	编号 No.	名称 Name	来源 Origin
1	冀苹 1 号 Jiping No. 1	石家庄果树研究所 Shijiazhuang Institute of Fruit Trees	10	苹艳 Pingyan	昌黎果树研究所 Changli Institute of Fruit Trees
2	冀苹 2 号 Jiping No. 2	石家庄果树研究所 Shijiazhuang Institute of Fruit Trees	11	昌苹 8 号 Changping No. 8	昌黎果树研究所 Changli Institute of Fruit Trees
3	冀苹 5 号 Jiping No. 5	石家庄果树研究所 Shijiazhuang Institute of Fruit Trees	12	4-18E	昌黎果树研究所 Changli Institute of Fruit Trees
4	晋州红富士 Jinzhou Red Fuji	石家庄果树研究所 Shijiazhuang Institute of Fruit Trees	13	12-20	昌黎果树研究所 Changli Institute of Fruit Trees
5	华硕 Huashuo	石家庄果树研究所 Shijiazhuang Institute of Fruit Trees	14	富士(本地) Fuji (Local)	本地 Local
6	维纳斯黄金 Harlikar	石家庄果树研究所 Shijiazhuang Institute of Fruit Trees	15	红元帅 Red Delicious	本地 Local
7	嘎拉(石) Gala (Shi)	石家庄果树研究所 Shijiazhuang Institute of Fruit Trees	16	黄元帅 Golden Delicious	本地 Local
8	富士(昌) Fuji (Chang)	昌黎果树研究所 Changli Institute of Fruit Trees	17	嘎拉(本地) Gala (Local)	本地 Local
9	玉冠 Yuguan	昌黎果树研究所 Changli Institute of Fruit Trees	18	王林 Orin	本地 Local

况。嫁接口愈合情况分为2种:嫁接口较平滑,嫁接部位愈合度好为优;嫁接口粗糙,嫁接部位出现明显大小脚情况,有大量瘤状突起为差。

嫁接成活率/%=成活接穗数/嫁接接穗数×100。

1.3 生长量统计及苗木生长状态观察

嫁接第二年落叶后对各个砧穗组合进行生长量调查,包括接穗长度、接穗粗度、砧木粗度和砧穗比,并于嫁接第3年观察苗木生长状态。

接穗长度:嫁接口以上的苗高。

接穗粗度:嫁接口上方5 cm处直径。

砧木粗度:嫁接口下方5 cm处直径。

砧穗比:砧木粗度/接穗粗度。

1.4 田间亲和力常数(FCC)统计

参照前人方法计算田间亲和力常数(FCC)^[10]。其中,FCC在2.0左右,表示砧穗组合亲和性良好;FCC远大于2.0,表明砧木直径过大,嫁接部位生长不协调,砧穗组合亲和性较差;FCC远小于2.0,表明接穗直径过大,嫁接部位生长不协调,砧穗组合亲和性较差。 $FCC = C/A + (C + A)/2B$ 。其中A为嫁接口上方5 cm处直径;B为嫁接口处直径;C为嫁接口下方5 cm处直径。

1.5 数据统计分析与嫁接亲和性综合评价

采用Excel 2019对各试验数据进行整理和计算。

嫁接亲和性综合评价采用隶属函数值平均

值表示,隶属函数值平均值越大,表明亲和性越强。

若该指标与嫁接亲和性呈正相关,则隶属函数值计算公式为: $Z_i = (X_{ij} - X_{ij\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$ 。

若该指标与嫁接亲和性呈负相关,则隶属函数值计算公式为: $Z_i = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$ 。

式中, Z_i :隶属函数值; X_{ij} : i 组合 j 指标的测定值; $X_{j\min}$:所有组合 j 指标的最小值; $X_{j\max}$:所有组合 j 指标的最大值。

2 结果与分析

2.1 嫁接成活率和嫁接口愈合情况

不同砧穗组合嫁接成活率和嫁接口愈合情况如表2所示。试验的18种接穗嫁接成活率都较高,其中富士(昌)和昌苹8号嫁接成活率能达到98%,相对较低的是晋州红富士和12-20,成活率为90%。从嫁接口愈合情况来看,这18个接穗品种与盐星海棠嫁接口愈合情况大部分都比较优异,未出现明显瘤状突起和大小脚情况。相较而言,晋州红富士和王林这两个品种嫁接口略不平整,嫁接部位有少量瘤状突起。观察中发现,冀苹2号在嫁接成活后生长状况良好,嫁接口愈合情况为优,但在嫁接第3年苗木全部死亡;王林在嫁接第3年出现了叶片发黄和植株生长缓慢的现象;其他砧穗组合苗木生长状态良好。

表2 不同接穗嫁接成活率和嫁接口愈合情况

Table 2 The survival rate of different scion grafting and the healing of grafted union

品种 Cultivar	嫁接成活率 Survival rate/%	嫁接口愈合情况 Healing of grafted union	品种 Cultivar	嫁接成活率 Survival rate/%	嫁接口愈合情况 Healing of grafted union
冀苹1号 Jiping No. 1	96.7	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	苹艳 Pingyan	96.0	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
冀苹2号 Jiping No. 2	93.3	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	昌苹8号 Changping No. 8	98.0	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
冀苹5号 Jiping No. 5	93.3	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	4-18E	94.0	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
晋州红富士 Jinzhou Red Fuji	90.0	略有不平整,略有小脚和瘤状突起 Slightly out of flatness, slightly big or small foot and tuberculate	12-20	90.0	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
华硕 Huashuo	93.3	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	富士(本地) Fuji(Local)	96.7	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
维纳斯黄金 Harlikar	96.7	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	红元帅 Red Delicious	93.3	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
嘎拉(石) Gala(Shi)	93.3	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	黄元帅 Golden Delicious	93.3	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
富士(昌) Fuji(Chang)	98.0	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	嘎拉(本地) Gala(Local)	93.3	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate
玉冠 Yuguan	96.0	平滑,无明显大小脚和瘤状突起 Smooth, no obvious big or small foot and tuberculate	王林 Orin	93.3	略有不平整和小脚,少量瘤状突起 Slightly out of flatness, slightly big or small foot and tuberculate

2.2 生长量和田间亲和力常数统计

表3所示为不同砧穗组合嫁接第2年的接穗长度、粗度、砧木粗度和砧穗比等生长量统计数据和田间亲和力常数(FCC)值。可以看出,不同接穗品种的生长量存在差异,尤其是接穗粗度。昌苹8号在嫁接第二年的接穗粗度最大,其次为富士(昌),都接近5 cm;而最小的为王林,仅有2.57 cm。这些砧穗组合的砧穗比在0.87~0.94之间,普遍存在轻微小脚现象。维纳斯黄金、嘎拉(石)和富士(本地)最接近于1,冀苹2号和晋州红富士相对偏离于1。田间亲和力常数在不同组合中的表现也有差异。富士(本地)和维纳斯黄金的FCC值最接近2.0,表明这两个品种与盐星海棠的生长比较均衡,嫁接亲和性较好。FCC值较小的晋州红富士和华硕,接穗的生长速度超过了盐星海棠,相较于其他品种出现了略微明显的小脚现象。

2.3 嫁接亲和性综合评价

各个砧穗组合的隶属函数值由表4所示(由于冀苹2号已死亡,因此不在统计范围内),平均隶

属函数值在0.17~0.96之间。富士(本地)的平均隶属函数值最高,富士(昌)次之,隶属函数值最低的为晋州红富士。根据隶属函数值均值越大,嫁接亲和性越强的原则,这18对砧穗组合嫁接亲和性综合评价顺序为富士(本地)>富士(昌)>维纳斯黄金>冀苹1号>昌苹8号>冀苹5号>苹艳>玉冠>嘎拉(石)>红元帅>4-18E>12-20>黄元帅>嘎拉(本地)>华硕>王林>晋州红富士>冀苹2号。

3 讨论

土壤盐碱化严重制约着盐碱地苹果产业的发展,而砧木是决定苹果耐盐性的关键^[3]。目前,全国70%以上的乔化果园根系为八棱海棠^[15]。但八棱海棠不能满足如今盐碱地生产需要,急需繁育出更优质的砧木取代八棱海棠,保证苹果产业的可持续发展^[16]。盐星作为选育出的耐盐海棠新品种,在苹果砧木方面有着十分广阔的应用前景。嫁接亲和性是苹果繁殖和生产的先决条件,是苹果砧木选择的重要指标^[17]。笔者在本研究中以盐星海棠为砧木嫁接

表3 不同接穗的生长量
Table 3 The growth of different scions

品种 Cultivar	接穗长度 Scion length/m	接穗粗度 Scion thickness/cm	砧木粗度 Rootstock thickness/cm	砧穗比 Rootstock-scion ratio	田间亲和力常数 FCC
冀苹1号 Jiping No. 1	1.10	4.46	4.06	0.91	1.95
冀苹2号 Jiping No. 2	0.85	4.17	3.65	0.87	1.86
冀苹5号 Jiping No. 5	0.92	4.13	3.80	0.92	1.96
晋州红富士 Jinzhou Red Fuji	0.82	2.99	2.63	0.88	1.88
华硕 Huashuo	0.88	3.76	3.36	0.89	1.85
维纳斯黄金 Harlikar	1.02	4.73	4.46	0.94	1.97
嘎拉(石) Gala (Shi)	0.85	3.43	3.24	0.94	1.96
富士(昌) Fuji (Chang)	1.15	4.84	4.50	0.93	1.96
玉冠 Yuguan	1.01	4.44	4.06	0.91	1.90
苹艳 Pingyan	1.02	4.16	3.82	0.92	1.92
昌苹8号 Changping No. 8	0.98	4.96	4.56	0.92	1.91
4-18E	0.93	4.19	3.74	0.89	1.87
12-20	0.90	3.87	3.48	0.90	1.89
富士(本地) Fuji (Local)	1.08	4.83	4.56	0.94	1.98
红元帅 Red Delicious	1.01	3.47	3.21	0.93	1.91
黄元帅 Golden Delicious	0.97	3.34	3.00	0.90	1.91
嘎拉(本地) Gala (Local)	0.85	3.57	3.17	0.89	1.90
王林 Orin	0.75	2.57	2.35	0.92	1.91

苹果常用生产品种和新品种,探究其亲和性,以展示盐海棠作为苹果砧木的应用潜力。

嫁接成活率是最直观表现短期内砧穗组合嫁接亲和性的指标^[10-11]。在本研究中的18个接穗品种嫁接成活率都比较高,都能在90%以上。从嫁接口愈合情况来看,大部分品种嫁接口平滑,未见或少见瘤状突起,存在轻微的小脚现象,但不明显;少量品种出现了略微的小脚现象,可能是嫁接口结合部位愈合组织和输导组织形成较慢,代谢物流通不顺畅的原因,影响了砧穗之间的亲和性^[18-19]。之前有研究发现,以新疆野苹果做基础,以GM256做中间砧,嫁接蜜脆后成活率达86%,但由于嫁接口愈合情况较差,导致风折率高达33.7%^[20]。因此,嫁接成活率并不

能完全代表砧穗组合的亲和性。在本研究中,冀苹2号还出现了短期亲和现象,在生长至第3年死亡;王林在第3年出现了叶片发黄,植株生长缓慢的现象,具体原因可在后续研究中探究。这种可传递不亲和性一般都要在生长至5年甚至10年才有表现,严重影响苹果生产的经济效益^[17]。

嫁接成活后砧木与接穗的长度和粗度以及砧穗比等生长指标,是砧穗组合嫁接亲和性的直接体现^[21]。田间亲和力常数从侧面反映了砧木和接穗生长量的差异^[10,22]。笔者在本研究中分别比较了不同砧穗组合的生长量,发现富士和昌苹8号的生长量表现很突出,表明其与砧木盐系亲和性较好,营养物质传递通畅,生长迅速^[23]。

表4 嫁接亲和性指标的隶属函数分析

Table 4 Membership function analysis of graft compatibility indexes

品种 Cultivar	隶属函数值 Membership function value						排序 Sort
	接穗长度 Scion length	接穗粗度 Scion thickness	砧木粗度 Rootstock thickness	砧穗比 Rootstock-scion ratio	田间亲和力常数 FCC	均值 Mean value	
冀苹1号 Jiping No. 1	0.88	0.79	0.77	0.57	0.77	0.76	4
冀苹5号 Jiping No. 5	0.43	0.65	0.66	0.71	0.85	0.66	6
晋州红富士 Jinzhou Red Fuji	0.18	0.18	0.13	0.14	0.23	0.17	17
华硕 Huashuo	0.33	0.50	0.46	0.29	0.00	0.32	15
维纳斯黄金 Harlikar	0.68	0.90	0.95	1.00	0.92	0.89	3
嘎拉(石) Gala (Shi)	0.25	0.36	0.40	1.00	0.85	0.57	9
富士(昌) Fuji (Chang)	1.00	0.95	0.97	0.86	0.85	0.93	2
玉冠 Yuguan	0.65	0.78	0.77	0.57	0.38	0.63	8
苹艳 Pingyan	0.68	0.67	0.67	0.71	0.54	0.65	7
昌苹8号 Changping No. 8	0.58	1.00	1.00	0.71	0.46	0.75	5
4-18E	0.45	0.68	0.63	0.29	0.15	0.44	11
12-20	0.38	0.54	0.51	0.43	0.31	0.43	12
富士(本地) Fuji (Local)	0.83	0.95	1.00	1.00	1.00	0.96	1
红元帅 Red Delicious	0.65	0.38	0.39	0.86	0.46	0.55	10
黄元帅 Golden Delicious	0.55	0.32	0.29	0.43	0.46	0.41	13
嘎拉(本地) Gala (Local)	0.25	0.42	0.37	0.29	0.38	0.34	14
王林 Orin	0.00	0.00	0.00	0.71	0.46	0.23	16

隶属函数值在多指标和多性状评价植物某一特性方面得到了广泛的应用,如抗旱性、抗寒性和嫁接亲和性等^[9,24-25]。利用隶属函数值综合评价的方法,在黄瓜^[26]、西瓜^[27]、甜瓜^[28]和核桃^[9]等植物中筛选出了优质砧木。依据平均隶属函数值排序,富士是与盐星嫁接亲和性最好的品种,在嫁接成活率、嫁接口愈合情况和生长量方面表现最好。

嫁接亲和性涉及多个方面的影响,包括砧木接穗的亲缘关系、组织结构、生理机能和生化反应等^[17]。除了嫁接口愈合情况、植株生长量等表现特征,解剖学、物质合成传递以及激素等方面的研究更能精确地体现某一品种作为砧木的适用性及原理^[6,18,29-30]。果实产量和品质也可反映砧穗组合嫁接亲和性的优劣^[31],但在本研究中的苗木第一年结

果,结果量不足以完成果实相关指标的测定。后续可开展相关研究,进一步探究盐星海棠作为苹果砧木的应用潜力及对接穗品种耐盐性相关方面的影响。

4 结 论

通过对盐星海棠嫁接不同品种苹果后植株的成活率、嫁接口愈合情况、植株生长量进行比较并综合评价,大部分品种与盐星海棠嫁接亲和性都较好。富士和维纳斯黄金与盐星海棠嫁接亲和性最佳,冀苹2号、晋州红富士和王林的嫁接亲和性较差。盐星海棠在苹果砧木方面具有一定的应用潜力,其在盐碱地上的应用效果还有待进一步探究。

参考文献 References:

- [1] 张海欧, 孙小梅, 王迎国. 盐碱地的生态化治理研究进展[J]. 农技服务, 2022, 39(4): 88-91.
ZHANG Haiou, SUN Xiaomei, WANG Yingguo. Research progress on ecological management of saline-alkali land[J]. Agricultural Technology Service, 2022, 39(4): 88-91.
- [2] FANG S M, HOU X, LIANG X L. Response mechanisms of plants under saline-alkali stress[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12: 667458.
- [3] 邢丽敏, 槐心体, 张新忠, 王忆, 韩振海. 苹果实生砧木资源重要性状的遗传多样性分析[J]. 果树学报, 2013, 30(4): 516-525.
XING Limin, HUAI Xinti, ZHANG Xinzhong, WANG Yi, HAN Zhenhai. Genetic diversity in morphology, stress tolerance and graft-compatibility among species, ecotypes and their segregation within populations of apple rootstock resources[J]. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(4): 516-525.
- [4] 佚名. 耐盐观赏树新品种“盐星”海棠[J]. 现代农村科技, 2021(2): 53.
ANON. A new variety of salt-tolerant ornamental tree ‘Yanxing’ Begonia [J]. *Xiandai Nongcun Keji*, 2021(2): 53.
- [5] 郑妍纯, 李安生, 郑鹏, 刘少群, 谭新东, 方佳锋, 孙彬妹. 植物嫁接亲和力和影响因子研究进展[J]. 南方林业科学, 2024, 52(1): 67-73.
ZHENG Yanchun, LI Ansheng, ZHENG Peng, LIU Shaoqun, TAN Xindong, FANG Jiafeng, SUN Binmei. Review on influencing factors of plant grafting affinity[J]. *South China Forestry Science*, 2024, 52(1): 67-73.
- [6] 段元杰, 杨玉皎, 孟富宣, 刘海刚. 果树嫁接亲和性的早期鉴定研究进展[J]. 江西农业学报, 2018, 30(9): 43-48.
DUAN Yuanjie, YANG Yujiao, MENG Fuxuan, LIU Haigang. Research progress in early identification of grafting compatibility in fruit trees[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2018, 30(9): 43-48.
- [7] 张长坤, 刘娟, 王飞, 田红梅, 王朋成. 西瓜砧木新品种“徽砧 1 号”的选育研究[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(18): 54-56.
ZHANG Changkun, LIU Juan, WANG Fei, TIAN Hongmei, WANG Pengcheng. Breeding of a new pumpkin variety “Huizhen No. 1” for watermelon rootstocks[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2022, 50(18): 54-56.
- [8] 吴凤婵, 李安定, 蔡国俊, 郭春艳, 杨瑞, 谭仲廷. 百香果砧木苗培育及嫁接亲和性[J]. 分子植物育种, 2023, 21(21): 7300-7308.
WU Fengchan, LI Anding, CAI Guojun, GUO Chunyan, YANG Rui, TAN Zhongting. Cultivation and grafting compatibility of passionfruit rootstock seedlings[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2023, 21(21): 7300-7308.
- [9] 田小琴, 冷天凤. 不同核桃中间砧木芽接砧穗组合嫁接亲和性研究[J]. 黑龙江农业科学, 2024(4): 69-73.
TIAN Xiaoqin, LENG Tianfeng. Grafting compatibility of different walnut interstocks and scion combinations[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2024(4): 69-73.
- [10] 李冬波, 彭宏祥, 徐宁, 李鸿莉, 侯延杰, 邱宏业, 张树伟, 朱建华, 丁峰, 秦献泉, 李平. 35 个荔枝品种与‘怀枝’高接换种的亲和性及性状评价[J]. 西南农业学报, 2023, 36(2): 386-395.
LI Dongbo, PENG Hongxiang, XU Ning, LI Hongli, HOU Yanjie, QIU Hongye, ZHANG Shuwei, ZHU Jianhua, DING Feng, QIN Xianquan, LI Ping. Grafting compatibility and fruit characteristics of 35 litchi varieties top grafting on litchi cv. ‘Huazhi’ [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 36(2): 386-395.
- [11] 李娜, 朱培林, 丰采, 温敏学, 方升佐, 尚旭岚. 青钱柳嫁接愈合过程中砧穗生理特性及其与亲和性的关系[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2021, 45(1): 13-20.
LI Na, ZHU Peilin, FENG Cai, WEN Minxue, FANG Shengzuo, SHANG Xulan. Variations in physiological characteristics of rootstock-scion and its relationship to graft compatibility during the grafting union process of *Cyclocarya paliurus*[J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2021, 45(1): 13-20.
- [12] 方仁, 安振宇, 尧金燕, 龙兴, 周双云, 张继, 唐文忠, 黄伟雄. 不同砧木对凤梨释迦嫁接愈合及幼苗生长特性的影响[J]. 中国南方果树, 2022, 51(4): 74-77.
FANG Ren, AN Zhenyu, YAO Jinyan, LONG Xing, ZHOU Shuangyun, ZHANG Ji, TANG Wenzhong, HUANG Weixiong. Effects of different rootstocks on grafting healing and seedling growth characteristics of pineapple Sakyamuni[J]. *South China Fruits*, 2022, 51(4): 74-77.
- [13] 赵通, 程丽, 王城, 游继权, 朱燕芳, 王延秀. 不同苹果砧穗组合的生长及光合特性[J]. 西北植物学报, 2018, 38(9): 1707-1716.
ZHAO Tong, CHENG Li, WANG Cheng, YOU Jiquan, ZHU Yanfang, WANG Yanxiu. Effect of different apple scion-rootstock combinations on growth and photosynthesis characteristics[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2018, 38(9): 1707-1716.
- [14] 陶向新. 模糊数学在农业科学中的初步应用[J]. 沈阳农学院学报, 1982, 13(2): 96-107.
TAO Xiangxin. A preliminary application of fuzzy mathematics in agricultural science[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 1982, 13(2): 96-107.
- [15] 师占海, 王道瑛, 李爱华, 孙建设. 怀来八棱海棠产业现状与发展对策[J]. 北方果树, 2016(4): 47-48.
SHI Zhanhai, WANG Daoying, LI Aihua, SUN Jianshe. Current situation and development countermeasures of Huailai *Malus robusta* Rehd. industry[J]. *Northern Fruits*, 2016(4): 47-48.
- [16] 高彦, 杨新文, 白海霞, 周坤, 郭韩玲, 赵娅莉, 黄龙新. 八棱海棠实生砧木适宜性研究[J]. 陕西农业科学, 2022, 68(9): 62-65.
GAO Yan, YANG Xinwen, BAI Haixia, ZHOU Kun, GUO Hanning, ZHAO Yali, HUANG Longxin. Study on suitability of *M. micromalus* seedling rootstock[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural*

- Sciences, 2022, 68(9): 62-65.
- [17] 杜学梅, 杨廷桢, 高敬东, 王骞, 蔡华成, 李春燕. 苹果砧木对嫁接品种影响的研究进展[J]. 西北农业学报, 2020, 29(4): 487-495.
- DU Xuemei, YANG Tingzhen, GAO Jingdong, WANG Qian, CAI Huacheng, LI Chunyan. Advances of effect of apple rootstocks on grafted varieties[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2020, 29(4): 487-495.
- [18] 骆建霞, 郑鑫, 史燕山, 李首正, 王燕, 张志晓, 曾丽蓉. “绿宝”苹果与不同砧木嫁接的解剖学研究[J]. 北方园艺, 2017(14): 25-31.
- LUO Jianxia, ZHENG Xin, SHI Yanshan, LI Shouzheng, WANG Yan, ZHANG Zhixiao, ZENG Lirong. Anatomical study on graft trees of ‘Bramley’s Seedling’ apple and different rootstocks[J]. Northern Horticulture, 2017(14): 25-31.
- [19] 李开花, 刘香, 袁培红, 周龙. 新疆野苹果砧木嫁接亲和性试验研究[J]. 中国园艺文摘, 2015, 31(5): 22-24.
- LI Kaihua, LIU Xiang, YUAN Peihong, ZHOU Long. Study of graft compatibility on *Malus sieversii* Ledeb. rootstocks[J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2015, 31(5): 22-24.
- [20] 刁永强, 陈淑英, 尚振江, 卢磊, 王瑾, 刘君. 4个苹果新品种及矮化中间砧木嫁接亲和性[J]. 新疆农业科学, 2018, 55(6): 1011-1016.
- DIAO Yongqiang, CHEN Shuying, SHANG Zhenjiang, LU Lei, WANG Jin, LIU Jun. Study on grafting affinity of 4 new apple varieties and dwarfing intermediate stock[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2018, 55(6): 1011-1016.
- [21] 莫荣利, 张娜, 邱长玉, 韦伟, 张朝华, 黄胜, 朱光书, 李勇, 林强. 桑树广亲和性砧木筛选及不同砧穗组合嫁接试验[J]. 中国蚕业, 2024, 45(2): 1-6.
- MO Rongli, ZHANG Na, QIU Changyu, WEI Wei, ZHANG Chaohua, HUANG Sheng, ZHU Guangshu, LI Yong, LIN Qiang. Screening of mulberry rootstocks with wide affinity and grafting experiments of different anvil-ear combinations[J]. China Sericulture, 2024, 45(2): 1-6.
- [22] 陈哲, 胡福初, 范鸿雁, 赵杰堂, 王祥和, 胡桂兵. 荔枝品种间亲缘关系与嫁接亲和相关性分析[J]. 分子植物育种, 2018, 16(24): 8111-8120.
- CHEN Zhe, HU Fuchu, FAN Hongyan, ZHAO Jietang, WANG Xianghe, HU Guibing. The correlative analysis between genetic relationship and graft compatibilities in litchi cultivars[J]. Molecular Plant Breeding, 2018, 16(24): 8111-8120.
- [23] 史发超, 蓝翠珍, 陈洁珍, 林金利, 欧良喜, 严倩, 姜永华, 刘海伦, 蔡长河. 以‘桂味’‘妃子笑’为砧木嫁接不同荔枝品种亲和性研究[J]. 中国热带农业, 2022(6): 31-36.
- SHI Fachao, LAN Cuizhen, CHEN Jiezheng, LIN Jinli, OU Liangxi, YAN Qian, JIANG Yonghua, LIU Hailun, CAI Changhe. Study on the compatibility of different *Litchi* cultivars grafted with ‘Guiwei’ and ‘feizixiao’ as rootstocks[J]. China Tropical Agriculture, 2022(6): 31-36.
- [24] 张会丽, 许兴, 朱林. 利用隶属函数法对玉米成熟期抗旱性的综合评价[J]. 玉米科学, 2017, 25(4): 32-39.
- ZHANG Huili, XU Xing, ZHU Lin. Comprehensive evaluation on drought-resistance of maize in mature stage by subordinate function values analysis[J]. Journal of Maize Sciences, 2017, 25(4): 32-39.
- [25] 栗博文, 贾亚男, 周群, 王江波. 不同砧穗组合苹果枝条的抗寒性评价[J]. 北方园艺, 2023(19): 36-43.
- LI Bowen, JIA Yanan, ZHOU Qun, WANG Jiangbo. Evaluation of cold resistance of apple branches with different rootstock and spike combinations[J]. Northern Horticulture, 2023(19): 36-43.
- [26] 许庆. 基于蛋白质组学与转录组学解析黄瓜/南瓜嫁接亲和性机理[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- XU Qing. Mechanism ananlysis on grafting affinity between cucumber and pumpkin based on proteomics and transcriptomics[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016.
- [27] 陈文明, 鲍婉雪, 廖建杰, 阳燕娟, 于文进. 弱光胁迫对不同砧木西瓜嫁接苗生长及生理指标的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(3): 424-429.
- CHEN Wenming, BAO Wanxue, LIAO Jianjie, YANG Yanjuan, YU Wenjin. Effects of low light stress on growth and physiology of watermelon seedlings grafted onto different rootstocks[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(3): 424-429.
- [28] 黄金艳. 薄皮甜瓜嫁接优势的生理机制与蛋白质组学研究[D]. 南宁: 广西大学, 2020.
- HUANG Jinyan. Studies on the physiological mechanism and proteomics for grafting superiority in thin skinned melon[D]. Nanning: Guangxi University, 2020.
- [29] 赵德英, 袁继存, 徐锴, 程存刚, 闫帅. 不同砧穗组合对嘎啦苹果树体形态及养分分配的影响[J]. 上海农业学报, 2017, 33(1): 99-106.
- ZHAO Deying, YUAN Jicun, XU Kai, CHENG Cungang, YAN Shuai. Effects of different stock-scion combinations on morphology and distribution characteristics of mineral nutrient in Gala apple tree[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2017, 33(1): 99-106.
- [30] 赵国栋. 苹果砧穗互作的效应[J]. 河北果树, 2019(1): 18-19.
- ZHAO Guodong. Effect of anvil-ear interaction in apple[J]. Hebei Fruits, 2019(1): 18-19.
- [31] 吕天星, 沈淑荣, 姜孝军, 闫忠业, 刘志. 不同矮化自根砧对辽艳苹果树体生长、产量及品质的影响[J]. 果树学报, 2023, 40(7): 1354-1362.
- LÜ Tianxing, SHEN Shurong, JIANG Xiaojun, YAN Zhongye, LIU Zhi. Effects of different dwarfing rootstocks on growth, yield and quality of Liaoyan apple trees[J]. Journal of Fruit Science, 2023, 40(7): 1354-1362.