



پژوهشکده مرکبات و
میوه‌های نیمه گرمسیری



موسسه تحقیقات علوم باغبانی
آموزش و ترویج کشاورزی

نشریه فنی

انتخاب پایه برای مرکبات



نگارندگان:

بابک عدولی، سیده نجمه بنی‌هاشمیان، سمیه شاهنظری

شماره ۶۶

بسمه تعالی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری

نشریه فنی
انتخاب پایه برای مرکبات

نگارندگان:
بابک عدولی، سیده نجمه بنی‌هاشمیان، سمیه شاهنظری



انتخاب پایه برای مرکبات

نگارندگان: بابک عدولی، سیده نجمه بنی‌هاشمیان، سمیه شاهنظری

ویراستاران: یحیی تاجور، مسعود فیاضی، علی اسدی کنگر شاهی، سیروس آقاچانزاده

ناشر: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری

شمارگان: محدود

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳

مسئولیت درستی مطالب با نگارنده/نگارندگان است.

این نشریه با شماره ۶۶۶۶۲ مورخ ۱۴۰۳/۱۱/۱ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری.

تلفن: ۰۱۱۵۵۲۲۲۰۸۱ - **دورنگار:** ۰۱۱۵۵۲۲۳۲۸۲ - **کد پستی:** ۴۶۹۱۷۳۳۱۱۳ صندوق پستی:

icri.areeo.ac.ir

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	- مقدمه
۳	- ضرورت استفاده از پایه
۵	- راهبردهای به‌نژادی در پایه‌های مرکبات
۶	- سیستم ریشه‌ای پایه‌ها
۹	- استحکام فیزیکی درخت پیوندی
۹	- چندجینی در پایه‌ها
۱۱	- سازگاری پایه و پیوندک
۱۳	- نقش پایه در تولید مواد حیاتی درخت
۱۳	- عوامل مؤثر در انتخاب نوع پایه
۱۴	- رقم پیوندی
۱۶	- تراکم کشت
۱۷	- عوامل خاکی
۱۷	- بافت خاک
۱۸	- ساختمان خاک
۱۸	- تراکم خاک
۱۹	- پی‌اچ بستر
۲۱	- شوری
۲۳	- آهکی بودن
۲۴	- آب
۲۴	- کم‌آبی
۲۷	- غرقاب
۲۸	- آب و هوا
۲۸	- تنش یخبندان
۲۹	- تنش گرمایی
۳۰	- بیماری‌ها
۳۰	- تریتزا
۳۱	- پوسیدگی طوقه و ریشه
۳۲	- نماتد
۳۲	- گرینینگ
۳۳	- جاروک لیموترش
۳۳	- اگزوکر تیس
۳۴	- کاکسیا
۳۵	- نتیجه‌گیری
۳۶	- پیام نشریه
۳۷	- منابع

۱- مقدمه

مرکبات شامل گروهی از محصولات میوه‌ای هستند که از نظر گیاه‌شناسی به راسته شمعدانی‌سانان (ژرانیالس^۱)، زیرراسته ژرانیه^۲ و تیره سداب (روتاسه^۳) تعلق دارند. در این تیره شش زیرتیره وجود دارد که آورانثیوئیده^۴ پرجمعیت‌ترین و تجاری‌ترین آنهاست (خان، ۲۰۰۷). این زیرتیره بر مبنای مشخصات ظاهری به دو قبیله^۵ به نام‌های کلاوسنه^۶ و سیتره^۷ تقسیم شده و قبیله اخیر نیز به سه زیرقبیله از جمله سیتینه^۸ تقسیم می‌شود که از ۱۳ جنس تشکیل شده و شامل درختان میوه مرکبات است. جنس‌های مذکور به سه دسته مختلف شامل دسته مرکبات حقیقی^۹ با شش جنس (از جمله جنس‌های تجاری سیتروس^{۱۰}، فورچونلا^{۱۱} و پونسیروس^{۱۲})، دسته نزدیک به مرکبات^{۱۳} با دو جنس و دسته مرکبات اولیه^{۱۴} با پنج جنس طبقه‌بندی شده‌اند. در این طبقه‌بندی برای جنس سیتروس تعداد ۱۶ گونه در زیرگروه‌های پرتقال، نارنگی، گریپ‌فروت، لایم، لمون، پوملو (شادوک) و کامکوات در نظر گرفته شده است (سوئینگل ۱۵، ۱۹۶۷؛ داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴). در طبقه‌بندی دیگری که تاناکا^{۱۶} پیشنهاد داده است، برای جنس سیتروس تعداد ۱۶۲ گونه معرفی شده است. به هر حال، امروزه می‌توان بر اساس مطالعات گیاه‌شناختی اخیر، منشأ مرکبات را سه گونه *Citrus medica*، *Citrus reticulata* و *Citrus grandis* دانست (جَنیک و مور، ۱۹۹۶).

میوه مرکبات علاوه بر ارزش تغذیه‌ای ناشی از حضور مقدار قابل توجهی از فیبرها، ویتامین‌ها و املاح معدنی مورد نیاز برای رشد و سلامت بدن، کاربردهای تجاری زیادی نیز در تولید اسانس‌های گیاهی و مواد معطر با کاربردهای دارویی یا آرایشی و بهداشتی داشته و در طعم دادن به غذاها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (گورا و همکاران، ۲۰۲۲).

بررسی روند تکاملی مرکبات نشان می‌دهد که این درختان در سطح جهانی به مدت صدها سال تنها از طریق کشت بذر تکثیر شده‌اند. سهولت ازدیاد بذری و کم‌هزینه بودن انتقال بذور مرکبات به مناطق دوردست را می‌توان از دلایل اصلی گسترش وسیع این محصول در سطح جهانی دانست. علاوه بر این، حضور جنین‌های غیرجنسی در بذر برخی از انواع مرکبات (پدیده چندجینی)، این امکان را به تولیدکنندگان داده است تا از بین نتاج بذری، گیاهانی شبیه به والد را گزینش کرده و به این ترتیب ژنوتیپ‌های موردنظرشان را حفظ کنند. در کنار این مزایا، ازدیاد بذری مرکبات محدودیت‌های مهمی برای تکثیرکنندگان این محصول دارد که از جمله می‌توان به طولانی شدن دوره جوانی که سبب تأخیر در شروع باردهی می‌شود،

¹ Geraniales

² Geraniineae

³ Rutaceae

⁴ Aurantioideae

⁵ Tribe

⁶ Clauseneae

⁷ Citreae

⁸ Citrinae

⁹ True citrus

¹⁰ Citrus

¹¹ Fortunella

¹² Poncirus

¹³ Near citrus

¹⁴ Primitive citrus

¹⁵ Swingle

¹⁶ Tanaka

پرورشده‌ی بیش از حد درختان، ارتفاع زیاد تاج و همچنین خاردار بودن شاخه‌ها اشاره کرد (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ ماخوپاده‌یای، ۲۰۰۴).

اگرچه سابقه انجام پیوند مرکبات به قرن پنجم میلادی بازمی‌گردد، اما توجه جدی به این شیوه تکثیر مربوط به سال ۱۸۴۲ میلادی و زمانی می‌شود که شیوع بیماری قارچی پوسیدگی طوقه و ریشه (گموز) در کشور ایتالیا بخش زیادی از درختان بذری پرتقال را از بین برد. از حدود سال ۱۹۳۵ نیز با گسترش این بیماری به بخش قابل توجهی از مناطق مدیترانه‌ای، درختان بذری مرکبات در اغلب کشورهای تولیدکننده این محصول به تدریج به درختان پیوندی روی پایه تبدیل شدند. به این ترتیب، به تدریج روش ازدیاد بذری مرکبات منسوخ شد و تولیدکنندگان نهال اقدام به عرضه نهال‌های پیوندی روی پایه نارنج که به این بیماری مقاوم است کردند. (اشپیگل‌روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶).

در سال ۱۹۴۶ و متعاقب زوال تعداد زیادی از درختان پیوندی روی پایه نارنج که به‌ویژه در آفریقای جنوبی، استرالیا و آمریکای جنوبی دیده شده بود، معلوم شد که حضور یک عامل بیماری‌زای ویروسی به نام تریستزا و انتقال آن از محل پیوند به پایه حساس (نارنج) موجب زوال این گروه از درختان شده است. به این ترتیب در تمام کشورهای مرکبات‌خیز جهان تلاش‌های مستمری برای یافتن پایه‌ای متحمل به این بیماری صورت گرفت. نتایج این تحقیقات منجر به جایگزینی نارنج با پایه‌های دیگری از جمله رافلمون، رنگپورلایم و انواع پایه‌های سه‌برگچه‌ای شد (کستل، ۱۹۸۷؛ اشپیگل‌روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶). به این ترتیب، از قرن نوزدهم میلادی، پیوندزنی ضمن مبارزه با پوسیدگی‌های قارچی، روشی کارآمد برای کوتاه کردن دوره نونهالی (جوانی) درختان مرکبات و تسریع در باردهی آنها بود و مورد پذیرش اغلب باغداران قرار گرفت. روش پیوند همچنین به ابزاری کارآمد برای مقابله با برخی مشکلات باغداری مرکبات از جمله کاهش خسارت‌های ناشی از تنش‌های زنده و غیرزنده و ارتقاء کمی و کیفی محصول تبدیل شد. به عنوان مثال معرفی پایه‌های پونسیروس و رافلمون به ترتیب در دو کشور ژاپن و آمریکا توانست خسارت‌های ناشی از سرما و شنی بودن خاک را در باغ‌های مرکبات کاهش داده و به توسعه صنعت مرکبات کمک شایانی نماید. نخستین مقاله مروری در زمینه پایه‌های مرکبات در سال ۱۹۴۸ و دومین گزارش از این دست در سال ۱۹۷۹ به چاپ رسید. در هر دو این گزارش‌ها که برگرفته از نتایج تحقیقاتی جامع بودند، تأکید شده بود که پایه‌ها به دلیل تأثیری که در بروز بیش از بیست صفت درختان پیوندی، به‌ویژه صفات باغبانی و بیماری‌شناسی دارند، دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای برای صنعت مرکبات کشورها هستند (ماخوپاده‌یای، ۲۰۰۴؛ شانکر، ۲۰۱۶).

امروزه استفاده از پایه‌های مناسب در هر یک از مناطق تولید مرکبات توانسته است ضمن غلبه بر تعدادی از عوامل محدودکننده تولید شامل اقلیم، شرایط خاکی و بیماری‌ها موجب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول شود. بدیهی است که تأثیر مثبت استفاده از تکثیر پیوندی در کاهش دوره جوانی (تسریع باردهی) و کنترل رشد تاج را نیز باید به این اثرات مثبت اضافه کرد (شانکر، ۲۰۱۶). سابقه ازدیاد پیوندی ارقام مرکبات در ایران نیز به سال ۱۲۹۷ هجری شمسی بازمی‌گردد که به دلیل نابودی تعداد زیادی از درختان پرتقال با پوسیدگی طوقه و ریشه (گموز)، عمل پیوند روی نارنج انجام شد. در سال ۱۳۰۹ نیز نخستین گروه پیوندک مرکبات از کشورهای ترکیه، لبنان و ایتالیا شامل چهار رقم پرتقال، سه رقم نارنگی، دو رقم گریپ‌فروت و یک رقم نارنج زینتی به شمال کشور معرفی گردید و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رامسر (پژوهشکده مرکبات و میوه‌های

نیمه گرسیری فعلی) روی پایه نارنج پیوند شدند. در ادامه این روند، جایگزینی باغ‌های بذری مرکبات کشور با درختان پیوندی از سال ۱۳۴۷ آغاز شده است (ابراهیمی، ۱۳۵۹).

۲- ضرورت استفاده از پایه

بروز تنش‌های محیطی گوناگون که به دلیل تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر شدت بیشتری پیدا کرده‌اند می‌تواند برای صنعت جهانی مرکبات تهدیدی مهم بوده و با کاهش بارآوری و کیفیت میوه موجب زیان اقتصادی هنگفتی به تولیدکنندگان این محصول شود. استفاده از پایه‌هایی که ضمن تحمل بالا به این تنش‌ها، اثرات مثبتی بر کمیت و کیفیت محصول نیز داشته باشند می‌تواند تا حد زیادی موجب کاهش اثرات منفی عوامل نامساعد محیطی بر تولید مرکبات شود (گورا و همکاران، ۲۰۲۲). از آنجایی که شرایط خاکی و آب و هوایی مناطق مرکبات خیز کشور در طیف وسیعی قرار داشته و در هر یک از این مناطق نیز امکان بروز انواع مختلفی از آفات و بیماری‌ها وجود دارد، لازم است بر اساس شرایط هر منطقه، پایه‌هایی را در اولویت استفاده قرار داد که در مجموع به تنش‌های عمده منطقه سازش بهتری داشته باشند. از طرف دیگر باید هماهنگی خوبی از نظر شاخص‌های مربوط به رشد و باردهی درخت و کیفیت میوه‌ها وجود داشته باشد. به عنوان مثال برای نارنگی رقم یونسی که رشد افراشته‌ای دارد، استفاده از پایه‌های پررشد قابل توصیه نیست. به این ترتیب پایه انتخاب شده می‌تواند پیامدهای قابل توجهی در عملکرد درختان و کیفیت میوه‌های تولیدی داشته باشد (بیترز، ۱۹۸۶؛ کاستل و همکاران، ۲۰۱۶؛ داویس و آلبریکو، ۱۹۹۴؛ اشیگل و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ مونی، ۲۰۰۱؛ ماخوپادهای، ۲۰۰۴؛ مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶؛ بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰؛ گنجی مقدم و همکاران، ۱۴۰۲). بر این اساس، در جدول ۱ فهرستی از ارقام و پایه‌های توصیه شده برای مناطق مختلف مرکبات خیز کشور آورده شده است. ذیلاً دلایل اصلی مهم بودن نقش انتخاب پایه در مدیریت بهینه باغ‌های مرکبات عنوان می‌شود (عبادی و همکاران، ۱۳۹۷؛ گنجی مقدم و همکاران، ۱۴۰۲):

- پایه تأمین‌کننده سیستم ریشه‌ای درخت پیوندی بوده و وظایف مهمی شامل استقرار درخت در زمین، جذب آب و املاح معدنی، ذخیره ترکیبات کربوهیدراتی تولید شده در برگ‌ها، ساخت برخی از تنظیم‌کننده‌های رشدی را به عهده دارد.
- تراکم تیغ روی شاخه‌ها و همچنین ارتفاع تاج در درختان پیوندی کمتر از درختان بذری است. از طرف دیگر با پیوند یک جوانه بالغ روی نهال بذری، طول دوره نونهالی کوتاه‌تر شده و درخت زودتر به بار خواهد نشست. از آنجایی که کیفیت میوه‌ها تا حدودی تحت تأثیر پایه خواهد بود، می‌توان با انتخاب پایه مناسب به میوه‌هایی با کیفیت بالا رسید.
- با انتخاب پایه متحمل یا مقاوم به تنش‌های محیطی غالب در هر منطقه از جمله یخبندان، شوری، خشکی، ماندابی، پی‌اچ بالای خاک و آب و همچنین بیماری‌های مختلف می‌توان خسارت این عوامل تنش‌زا را کاهش داده و بازدهی اقتصادی را افزایش داد.

- برهمکنش پایه، رقم پیوندی و شرایط محیطی بر روابط آبی، وضعیت تغذیه‌ای، الگوی رشد رویشی، درصد بارآوری جوانه‌ها و وضعیت رشد و نمو میوه‌ها می‌تواند اثر مهمی بر عملکرد درختان و خصوصیات کمی و کیفی میوه‌ها (ابعاد و وزن میوه، ضخامت و بافت پوست، درصد و کیفیت عصاره) داشته و درآمد باغدار را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ۱- ارقام و پایه‌های سازگار قابل توصیه برای هر یک از مناطق مرکبات خیز ایران

مناطق	ارقام تجاری	پایه‌های قابل توصیه
مازندران و گیلان	<u>پرتقال</u> : نیوهای، ناولینا، تامسون، واشنگتن، فوکوموتو، هاملین، مارس، خونی، سالوستیانا. <u>نارنگی</u> : پیچ، یونسی، کادوکس، ماریسول، نولز، کلن رویی، هاشیموتو، میاگاوا، اکتسو، سوجی، یاما، ایشی کاوا، کلوزلینا، کاوازاکی، نوشین، شاهین	نارنج، پونسیروس، تروریر، کاریزو، سیتروملو، فلاینگ دراگون، کلثوپاترا
جیرفت و کهنوج	<u>پرتقال (دشت)</u> : والنسیا، مارس، سالوستیانا، محلی، هاملین، پارسون براون، ناولیت. <u>پرتقال (کوهپایه)</u> : محلی، واشنگتن، نیوهای، ناولینا، ناولیت، اسپرینگ، مارس. <u>نارنگی</u> : اورلاندو، مینولا، کینو، کارا، دنسی، اورتانیک. <u>گریپ فروت</u> : روبی استار، ردبلاش، مارش. <u>لیمو</u> : مکزیکن لایم، لیسبون، لیموشیرین	نارنج، ولکامریانا، رافلمون
چهرم	<u>پرتقال (معتدل)</u> : ناولها، هاملین، مارس. <u>پرتقال (گرمسیر)</u> : والنسیا، مارس، محلی. <u>نارنگی (معتدل)</u> : اورلاندو، کلمانتین، پیچ، یونسی، یاشار، پرنا، ورا. <u>نارنگی (گرمسیر)</u> : کینو، اورلاندو، مینولا. <u>لیموها</u> : لیمو شیرین، پرشین، مکزیکن لایم، لیسبون	نارنج، مکزیکن لایم، تروریر، کاریزو، ولکامریانا، رنگپورلایم
حاجی آباد	<u>پرتقال</u> : محلی، واشنگتن، تامسون، اسپرینگ، والنسیا. <u>نارنگی</u> : سیاهو، اورلاندو، مینولا. <u>گریپ فروت</u> : مارش، ردبلاش. <u>لیمو</u> : مکزیکن لایم، پرشین لایم، لیسبون، میر	نارنج
میناب	<u>پرتقال</u> : محلی. <u>نارنگی</u> : کینو؛ <u>گریپ فروت</u> : روبی رد، ردبلاش، مارش؛ <u>لیمو</u> : مکزیکن لایم	ماکروفیلا، مکزیکن لایم، نارنج، کلثوپاترا
داراب	<u>پرتقال (معتدل)</u> : هاملین، واشنگتن، تامسون، ناولیت، والنسیا، مورو، سانگین، مارس؛ <u>پرتقال (گرمسیر)</u> : والنسیا، مارس. <u>نارنگی (گرم)</u> : کینو، ارلاندو، مینولا. <u>نارنگی (خنک)</u> : کلمانتین. <u>گریپ فروت</u> : ردبلاش، تامسون، روبی استار. <u>لیمو</u> : مکزیکن لایم، لیسبون، پرشین، اورکا	مکزیکن لایم، نارنج، ولکامریانا
دزفول	<u>پرتقال</u> : مارس، والنسیا، محلی، هاملین، واشنگتن، ناولیت. <u>نارنگی</u> : کینو، ارلاندو، مینولا. <u>گریپ فروت</u> : روبی رد، ردبلاش، مارش. <u>لیمو</u> : مکزیکن لایم، پرشین لایم، لیسبون	نارنج، ولکامریانا

دخالت شرایط اقلیمی بر الگوی رشد و باردهی درختان مرکبات باعث شده است تا از مناطق مختلف مرکبات خیز جهان گزارش‌های ضد و نقیضی در مورد رفتار یک پایه مشخص بر صفات رویشی و زایشی ارقام پیوند شده منتشر شود (کاستل و همکاران، ۲۰۱۶). دخالت همین شرایط در رفتار درختان پیوندی باعث می‌شود تا نتوان هیچ پایه‌ای را در همه مناطق مرکبات خیز و برای تمام ارقام مرکبات به عنوان بهترین پایه معرفی کرد. به عنوان مثال، پونسیروس پایه‌ای متحمل به یخبندان و پوسیدگی ریشه و طوقه (گموز) است ولی در عین حال به شدت به پی‌اچ بالای خاک حساس است و در مقابل، رافلمون بسیار حساس به یخبندان ولی متحمل به زمین‌های با پی‌اچ بالاست. از طرف دیگر، نارنج به‌رغم آنکه از نظر قدرت رشد رویشی درختان پیوندی و همچنین کمیت و کیفیت میوه‌های پیوند شده روی آن یکی از مناسب‌ترین پایه‌های مرکبات به حساب می‌آید، اما در مناطقی که خطر بیماری ویروسی تریتزا وجود داشته باشد باید از به کار بردن آن خودداری کرد. به عبارت دیگر باید بر اساس شرایط محیطی منطقه تولید و نوع رقم موردنظر، یک یا چند پایه مناسب‌تر را به تولیدکنندگان پیشنهاد کنیم. لازمه چنین کاری، انجام

تحقیقات لازم در زمینه اقلیم‌پذیری و بررسی اثرات متقابل انواع مختلف ترکیب‌های پایه و پیوندک در مناطق مختلف است. اینگونه تحقیقات در کشورمان از سال ۱۳۳۹ آغاز شده و تاکنون بیش از ۳۰ پایه خارجی و داخلی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در جدول ۲ فهرستی از مناسب‌ترین پایه‌های مرکبات برای استان‌های مرکبات‌خیز کشور ذکر شده است که بر اساس نتایج پژوهش‌های میدانی صورت گرفته در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری می‌باشد (ابراهیمی، ۱۳۵۹؛ ماخوپادهای، ۲۰۰۴؛ عبادی و همکاران، ۱۳۹۳؛ گنجی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۲):

جدول ۲- پایه‌های قابل توصیه برای استان‌های مرکبات‌خیز ایران

منطقه	پایه‌های مناسب
مازندران	نارنج، پونسیروس، سیترنج، سیتروملو، فلائینگ‌دراگون، کلئوپاتراماندarin
گیلان	نارنج، پونسیروس، سیترنج، سیتروملو، فلائینگ‌دراگون
جیرفت/کهنوج	نارنج، ولکامریانا، رافلمون،
جهرم	مکزیکن لایم، نارنج، سیترنج، ولکامریانا، رنگپورلایم، رافلمون
حاجی‌آباد	نارنج
میناب	ماکروفیل، مکزیکن لایم، نارنج، کلئوپاتراماندarin
داراب	مکزیکن لایم، رافلمون، ولکامریانا، نارنج
دزفول	نارنج، ولکامریانا

۳- راهبردهای به‌نژادی در پایه‌های مرکبات

شرایط اقلیمی، ترکیب خاک، وضعیت سلامت و همچنین وجود ناسازگاری‌های فیزیولوژیک همگی در رفتار پایه‌ها مؤثرند. به همین دلیل ممکن است پایه‌ای که در یک منطقه خاص برای رقم‌های پیوند شده نتایج مطلوبی به همراه نداشته است، در ناحیه‌ای دیگر بسیار کارآمد باشند. نیاز باغداران به پایه‌های جدید و قابل اطمینان، همواره به عنوان یکی از دغدغه‌های مهم برای صنعت مرکبات جهان مطرح بوده است. برنامه‌های به‌نژادی پایه‌های مرکبات در جهت ایجاد ارقامی از پایه هدف‌گیری شده‌اند که ضمن طولانی کردن عمر اقتصادی درخت، کاهش اندازه تاج و ایجاد اثرات مثبت بر عملکرد و صفات کیفی محصول، دارای درجه مناسبی از تحمل یا مقاومت به ترکیبی از تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) و غیرزنده (شوری و پی‌اچ بستر، کمبود ریزمغذی‌ها، یخبندان، گرما، خشکی، غرقاب و ...) نیز باشند (جنیک و مور، ۱۹۹۶).

وجود صفات ارزشمندی از جمله مقاومت به دماهای بالا یا پایین، پوسیدگی ریشه، بیماری‌های ویروسی و شبه‌ویروسی، نماتدها، شوری و خشکی، اهمیت ویژه‌ای در معرفی پایه‌های جدید مرکبات دارند. بررسی تاریخچه اصلاح مرکبات در جهان نشان می‌دهد که میزان موفقیت‌های حاصله از روش‌های به‌نژادی که با هدف تولید ارقام متحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده انجام گرفته‌اند بسیار محدودتر از نتایجی است که با هدف معرفی ارقام پربارتر انجام شده‌اند (خان و خان، ۲۰۲۱).

موضوع دیگری که در به‌نژادی پایه‌ها باید مدنظر داشت این است که یک پایه تجاری باید میوه‌هایی پربزر داشته و درصد بالایی از بذره‌های آن دارای جنین غیرجنسی باشند. به این ترتیب، از هر میوه می‌توان تعداد زیادی گیاهچه بذری تولید کرد و

درصد بالایی از آنها از نظر مشخصات ژنتیکی شبیه به یکدیگر و همانند والد مادری خود هستند. در چنین شرایطی می‌توان خزانه‌ای یک دست از نهال‌های بذری پایه در اختیار داشت که اثرات مشابهی بر رشد و باردهی رقم پیوندی خواهند داشت. از سوی دیگر، رشد رویشی سریع نهال‌های بذری یک پایه و همچنین حداقل بودن تعداد انشعابات فرعی ایجاد شده از تنه را می‌توان دو ویژگی مهم دیگر برای پایه‌های معرفی شده دانست (جنیک و مور، ۱۹۹۶؛ خان و خان، ۲۰۲۱).

متخصصان به‌نژادی معتقدند که استفاده از روش‌های سنتی در اصلاح مرکبات که از طریق دورگ‌گیری‌های کنترل شده انجام می‌شوند، اغلب به دلایلی از جمله بالا بودن سطح ناخالصی ژنتیکی سلول‌ها^۱، طولانی بودن دوره جوانی گیاهان بذری و همچنین وجود پدیده چندجینی در بذرها، فرآیندی طولانی مدت بوده و حداقل به حدود ۱۵ سال زمان نیاز دارد. مشکل دیگری که در فرآیند دورگ‌گیری وجود دارد، غیرقابل تشخیص بودن نتاج جنسی از غیرجنسی (نوسلار) در مراحل اولیه رشد گیاهچه‌های بذری می‌باشد. استفاده از پایه سه‌برگچه‌ای پونسیروس به عنوان والد پدری در تلاقی‌ها می‌تواند این مشکل را رفع کند. صفت سه‌برگچه‌ای بودن برگ‌ها نسبت به تک‌برگچه‌ای بودن غالب است و لذا حضور آن در هر یک از نتاج به عنوان یک نشانگر مرفولوژیک عمل نموده و نشان‌دهنده جنسی بودن آن خواهد بود. در مواردی که امکان استفاده از والد سه‌برگچه‌ای وجود نداشته باشد، غربال‌گری نتاج به دو گروه جنسی و غیرجنسی از طریق نشانگرهای مولکولی اس‌اس‌آر^۲ و رپید^۳ قابل انجام است (خان و خان، ۲۰۲۱).

۴- سیستم ریشه‌ای پایه‌ها

میزان موفقیت هر یک از پایه‌های مرکبات تا حدود زیادی وابسته به سیستم ریشه‌ای آن است. بعد از آنکه ریشه اصلی از بذر خارج می‌شود، ریشه‌های فرعی و موین ظاهر می‌شوند. مرکبات اغلب از گروه گیاهان راست‌ریشه‌ها هستند. در هنگام جوانه‌زنی بذرها، ابتدا ریشه‌چه ظاهر می‌شود و با رشد سریعی که به سمت پایین دارد، موجب تشکیل محور اصلی ریشه می‌شود. ریشه اصلی از طریق ریشه‌های جانبی که از آن منشعب شده و خود نیز به شکلی نامنظم به رشته‌های فرعی دیگری منشعب می‌شوند و تشکیل توده‌ای انبوه از ریشه‌ها را در لایه‌های سطحی خاک می‌دهند مورد حمایت قرار می‌گیرد. در درختان بالغ مرکبات، بزرگ‌ترین توده از ریشه‌های فیبری در ۴۰ سانتی‌متری بالای نیمرخ خاک تشکیل می‌شود ولی عمق نفوذ ریشه‌های اصلی می‌تواند تا ۱/۵ متری سطح خاک نیز باشد (کریدمان و بارس، ۱۹۸۱).

بدیهی است که میزان گسترش عمقی و عرضی ریشه‌های یک درخت پیوندی علاوه بر نوع پایه وابسته به مشخصات فیزیکی بستر و ژنوتیپ رقم پیوند شده نیز خواهد بود (کار، ۲۰۱۲). کاریزوسیترنج و سیتروملو، دو نمونه از پایه‌هایی هستند که در پایین‌تر از عمق ۷۰ سانتی‌متری خاک دارای ریشه‌های فیبری کم و گسترده‌گی پایینی از ریشه‌های جانبی هستند (کستل و کرزدام، ۱۹۷۵) و لذا به خوبی می‌توان از آنها برای کشت متراکم استفاده کرد (کستل، ۱۹۷۸). مقایسه چگونگی توزیع ریشه‌های فیبری درختان پرتقال هاملین روی دو پایه سیتروملو و کاریزوسیترنج نشان داد که اگرچه تراکم ریشه‌های فیبری در

¹ Heterozygosity

² Simple Sequence Repeat

³ Random Amplified Polymorphic DNA

عمق ۱۵ سانتی متری نیمرخ خاک برای پایه سیتروملو بیشتر از کاریزوسیترنج بوده است، اما در عمق ۱۵ تا ۷۵ سانتی متری خاک، تراکم ریشه‌های فیبری پایه کاریزوسیترنج بیشتر از سیتروملو بوده است (مورگان و همکاران، ۲۰۰۷). مشاهدات انجام گرفته نشان داده است که گسترش دامنه ریشه‌های فیبری دارای دو وجه و الگوی متمایز است. در الگوی نخست که مربوط به منطقه‌ای درست زیر سطح خاک می‌باشد، ریشه‌های اندکی در فاصله ۱.۵ متری از تنه درخت به عمق بیشتر از ۰.۵ متری نفوذ می‌کنند. وقتی این ریشه‌ها به خوبی توسعه پیدا کنند، الگوی دیگری از توسعه ریشه‌ها شکل می‌گیرد که مربوط به عمقی بیشتر از ۳۰ سانتی متری سطح خاک و زمانی است که درخت به سن حدود پنج تا ۱۰ سال رسیده باشد. به این ترتیب، زمانی که تاج به اندازه نهایی خود می‌رسد (سنین ۱۰ تا ۱۵ سال)، این توسعه دووجهی ریشه‌ها به تکامل نهایی خود رسیده‌اند (مورگان و همکاران، ۲۰۰۷).

مطلع بودن از الگوی توسعه ریشه‌ها و سرعت گسترش سیستم ریشه‌ای یکی از نیازهای مهم برای مدیریت بهینه باغ مرکبات است. در بسیاری از موارد، دامنه گسترش ریشه‌های جانبی منشأ گرفته از ریشه‌های اصلی می‌تواند به دو تا سه برابر قطر تاج هم رسیده و در تمام این طول، قطر خود را حفظ کند. ریشه‌های فیبری در یک سیستم ریشه‌ای وظیفه اصلی تغذیه درخت را به عهده دارند. این الگوی توسعه ریشه‌های مرکبات می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف تغییر پیدا کند. به عنوان مثال در زمین‌های عمیق شنی، پایه‌های پررشد تولید سیستم ریشه‌ای گسترده‌ای می‌کنند که بخش اعظم آن شامل ریشه‌های تغذیه کننده فیبری پراکنده شده در نزدیکی سطح زمین است. همچنین ریشه‌ها در زمین‌های سبک به شرط آنکه لایه‌هایی از رس در زیر ماسه وجود نداشته باشد، گسترش بیشتری خواهند داشت (ماخوپاده‌ای، ۲۰۰۴؛ بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰).

ریشه‌ها جاذب آب و عناصر تغذیه‌ای هستند و بسیاری از عملیات باغداری از جمله کوددهی و آبیاری، ریشه‌ها را بطور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین در عمل، بخش اعظم عملیات مربوط به اداره باغ به مدیریت سیستم ریشه‌ای درختان مربوط می‌شود. هر درخت مرکبات بطور متوسط بین ۸ تا ۱۲ ریشه بزرگ (اسکلتنی) دارد که بطور یکنواختی در اطراف طوقه پراکنده شده‌اند. این انشعابات اصلی پس از نفوذ تا عمق ۱۵ تا ۴۵ سانتی متری شروع به توسعه عرضی کرده و تا فاصله یک و نیم تا دو متری از طوقه رشد می‌کنند (شکل ۱). به این ترتیب، سیستم ریشه‌ای شامل شبکه‌ای گسترده از ریشه‌های بلند و باریک است که به دسته‌هایی از ریشه‌های فیبری و متراکم ختم می‌شوند. زیادی عمق نفوذ ریشه اصلی در پایه‌های پررشد از قبیل رافلمون که گاهی به ۱۰ متر هم می‌رسد می‌تواند عامل مهمی برای تحمل بالای درختان پیوندی روی این پایه‌ها به تنش‌های خشکی باشد (کاستل و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۱- نمونه‌ای از الگوی گسترش عرضی ریشه مرکبات

در برخی از پایه‌ها، سیستم ریشه‌ای عمق کمتری داشته و در عوض، توسعه عرضی زیادی در لایه‌های سطحی خاک دارد. الگوی گسترش عرضی سیستم ریشه‌ای نهال‌های بذری مرکبات وابسته به ژنوتیپ پایه است. به عنوان مثال ریشه‌های گیاهچه‌های بذری سیترنج، ماکروفیلا و رافلمون انشعابات فرعی کمتری از نارنج دارند (بیترز، ۱۹۸۶). لازم به ذکر است که اگر گسترش ریشه‌ها حالت سطحی داشته باشد و به طور مثال حدود ۷۵ درصد حجم ریشه در عمق ۱۵ سانتی متری سطح خاک، ۱۵ تا ۲۰ درصد در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی متری و مابقی ریشه‌ها نیز در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی متری خاک پراکنده باشند، حضور بخش عمده ریشه‌ها (حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد) در ۳۰ سانتی متری بالای خاک سبب می‌شود که سیستم ریشه‌ای تنها با حجم کوچکی از خاک در تماس باشد. چنین وضعیتی می‌تواند درخت را به شدت در برابر خشکسالی و سایر تنش‌های محیطی آسیب‌پذیر کند (کاستل و همکاران، ۲۰۱۶).

با توجه به اهمیت فوق‌العاده سیستم ریشه‌ای در رشد و باردهی درختان پیوندی لازم است در خزانه‌های بذری، عملیات باغداری را به نحو شایسته‌ای انجام دهیم تا هر گیاهچه بذری در مدتی کوتاه دارای ساقه‌ای قطور و سیستم ریشه‌ای کارآمدی شود که از یک محور اصلی پررشد و عمیق با انشعابات فرعی فراوان تشکیل شده باشد. بدیهی است که تسریع در افزایش قطر ساقه نهال‌های بذری ضمن کاهش نیاز به قیم‌گذاری می‌تواند موجب تسریع در آماده شدن گیاهان بذری برای پیوند شود. مدیریت بهینه تولید گیاهان بذری همچنین می‌تواند درصد تلفات مواد گیاهی را در مرحله انتقال گیاهچه‌ها به خزانه انتظار به حداقل ممکن برساند. لازم به ذکر است که این تلفات تا حدودی وابسته به ژنوتیپ گیاه و درجه سازش آن با شرایط اقلیمی منطقه نیز دارد. به عنوان مثال، گیاهچه‌های بذری کلثوپار تا ماندارین بطور ژنتیکی به جابه‌جایی حساس هستند و تلفات بالایی دارند. از طرفی در اغلب موارد، درصد بالایی از تلفات در پایه‌های گروه لیمو دیده می‌شود و از این نظر، پایه‌های نارنج، پونسیروس، سیترنج و سیتروملو به ترتیب بعد از لیموها قرار دارند (بیترز، ۱۹۸۶).

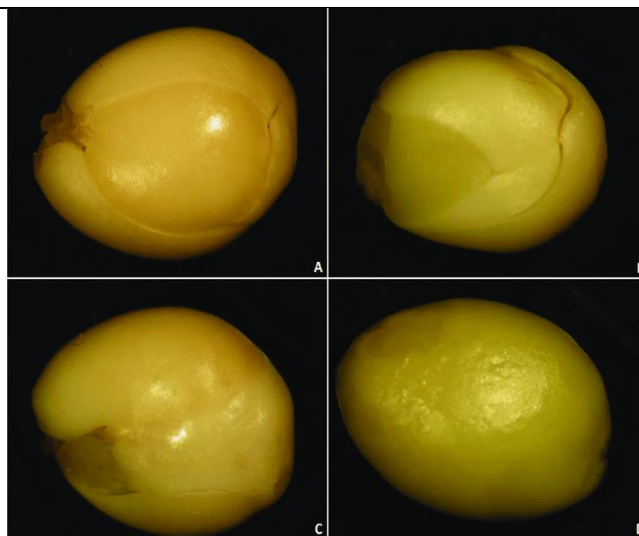
۵- استحکام فیزیکی درخت پیوندی

استحکام فیزیکی مناسب یک درخت پیوندی در زمین به‌ویژه در مناطق بادخیز نقش مهمی در پایداری و سلامت باغ دارد. عمق ریشه‌دوانی و گسترش عرضی سیستم ریشه‌ای پایه‌ها که تابعی از خصوصیات بستر، سلامت درخت و الگوی آبیاری و تغذیه است می‌تواند در تعیین استحکام درخت در زمین نقش مهمی داشته باشد. بررسی‌ها نشان داده است که حتی در خاک‌های عمیق و در درختانی که حداقل آلودگی به بیماری‌ها و آفات را نشان می‌دهند، ریشه‌ها به‌طور عمده در لایه بالایی خاک توسعه پیدا می‌کنند. به این ترتیب، پایه‌هایی که سیستم ریشه‌ای عمیق‌تر و گسترده‌تری داشته باشند بهتر از پایه‌هایی با ریشه‌های کم‌عمق و با تراکم کمتر می‌توانند در شرایط بحرانی مانند بروز تندبادها، درخت پیوندی را در زمین حفظ کنند. در زمین‌هایی که سطح ایستایی بالا باشد، حدود ۷۵ درصد ریشه‌های تغذیه‌کننده فیبری در نزدیکی سطح زمین متمرکز می‌شوند. با توجه به گسترش سطحی ریشه‌ها در زمین‌های ماسه‌ای، در یک خاک لومی در مقایسه با اراضی ماسه‌ای، مقدار کمتری از ریشه برای حفظ استحکام درخت در زمین کافی خواهد بود (ماخوپادهای، ۲۰۰۴؛ بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰).

۶- چندجینی در پایه‌ها

در بسیاری از گونه‌ها و ارقام مرکبات از جمله پایه‌های تجاری، قابلیت تولید بذرهایی با جنین رویشی (غیرجنسی) وجود دارد. این پدیده که به چندجینی معروف است، مرکبات را از بسیاری دیگر از محصولات باغی متمایز می‌کند. حضور بیش از یک جنین در هر بذر (شکل ۲) موجب می‌شود تا از کاشت یک بذر، بیشتر از یک گیاهچه بذری تولید شود. چندجینی مرکبات حاصل نوع خاصی از فرآیند بکرباری می‌باشد که در آن، سلول‌های بدنی (غیرجنسی) بافت تغذیه‌کننده جنین (خورش) موجود در تخمدان منشأ جنین‌های دیگری می‌شود که به جنین‌های نوسلار معروف هستند (ویلگاس و همکاران، ۲۰۲۰). به این ترتیب، جنین‌های غیرجنسی به گیاهانی که کاملاً شبیه به یکدیگر هستند تبدیل می‌شوند و با داشتن کلیه اطلاعات ژنتیکی گیاه مادری بذر، تولید نتاجی شبیه به اصل می‌کنند. این گیاهچه‌های نوسلار اغلب دارای تفاوت‌های ظاهری قابل تشخیص از گیاهچه‌های حاصل از جنین جنسی نیز هستند (شکل ۳).

در مرکبات، تشکیل جنین‌های نوسلار نیازمند لقاح، ایجاد جنین جنسی و تشکیل بافت داندرون بوده و لذا همزمان با تشکیل جنین جنسی اتفاق می‌افتد. به این ترتیب، وقتی کیسه جنینی توسعه پیدا می‌کند، سلول‌های جنین‌زای بافت خورش وارد داندورن شده و رقابتی بین جنین‌های جنسی و غیرجنسی برای کسب مواد غذایی و فضای کافی برای رشد ایجاد می‌شود. بدیهی است که فقط جنین‌هایی می‌توانند به مرحله نهایی نمو خود برسند که در این رقابت پیروز شده باشند (ویلگاس و همکاران، ۲۰۲۰). درصد چندجینی در پایه‌های مرکبات از نزدیک ۱۰۰ درصد تا کمتر از ۵۰ درصد در نوسان است (جدول ۳) و ممکن است در برخی موارد، تعداد جنین یک بذر به بیش از ۱۰ مورد هم برسد. از جمله پایه‌هایی که درصد بالایی از چندجینی دارند می‌توان به کلثوپاتراماندارین، رافلمون و سیترنج‌ها اشاره کرد. در مواردی که درصد جنین‌های جنسی زیاد باشد لازم است گیاهچه‌های جنسی (گیاهچه‌های بذری ناجور) را حذف کرد تا نهال‌های بذری یک‌دستی در اختیار داشت (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ کاستل و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۲- مقایسه بذرهای چندجنین (A, B, C) و تک‌جنین (D) در مرکبات



شکل ۳- تفاوت ظاهری گیاهچه بذری (نوک پیکان) با گیاهچه‌های نوسلار مرکبات

لازم به ذکر است که تک‌جنین بودن یا پایین بودن درصد چندجنینی در یک پایه می‌تواند موجب تنوع زیاد گیاهچه‌های بذری شده و ارزش تجاری پایه را کاهش دهد. به این ترتیب می‌توان بالا بودن درصد چندجنینی بذور را در کنار صفت پربذری میوه‌ها به عنوان دو شاخص مهم در تعیین ارزش تجاری یک پایه عنوان نمود. لازم به ذکر است که در موارد نادر این امکان وجود دارد که در یک بذر، جنین جنسی به شکل دو قلو یا سه قلو وجود داشته باشد و از کاشت یک بذر، تعدادی گیاهچه بذری جنسی (با ساختارهای ژنتیکی متفاوت) ایجاد شود (اشپیگل‌روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ ویلگاس و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۳- درصد چندجینی و متوسط تعداد جنین در هر بذری از برخی پایه‌های مرکبات

پایه تجاری	درصد چندجینی	تعداد جنین در هر بذری
کلئوپاتراماندارین	۹۷.۱	۸.۰۱
رافلمون	۹۶.۲	۴.۸۹
ترویرسیترنج	۹۵.۱	۶.۹۵
راسک‌سیترنج	۹۲.۳	۵.۰۵
مورتون‌سیترنج	۸۶.۸	۵.۸۷
سی ۳۵	۸۶.۵	۳.۹۵
ولکامریانا	۸۵.۵	۳.۱۵
سیتروملو	۶۵	۲.۹۶
رنگپورلایم	۴۳.۳	۱.۸۷
فلانینگ‌دراگون	۴۰	۱.۷
اسموس‌فلت‌سویل	۲۹	۲.۷

اگر درصد بالایی از بذور یک پایه دارای جنین‌های غیرجنسی باشد، می‌توان با حذف دانه‌های جنسی در مراحل اولیه رشد، گیاهچه‌های بذری یک دست و نوسلاری را به دست آورد که از نظر ژنتیکی مشابه والد مادری بذری بوده و ضمن همگونی در وضعیت رشدی، دارای اثرات مشابهی بر رشد و باردهی رقم پیوندک باشند. بنابراین بهتر است که رقم انتخاب شده به عنوان پایه دارای درصد بالایی از جنین‌های نوسلار باشد. از جمله این ارقام می‌توان به رافلمون، پرتقال، ماکروفیل و سیترنج اشاره کرد.

۷- سازگاری پایه و پیوندک

هر درخت پیوندی از نظر ژنتیکی شامل دو بخش متفاوت به نام پایه و پیوندک است. ایجاد ارتباط موفق فیزیولوژیک بین این دو بخش را قرابت یا سازگاری رقم و پایه می‌گویند. در یک تعریف دیگر، هرگاه بافت‌های پایه و پیوندک با یکدیگر متحد شده و درخت بتواند بعد از پیوند به خوبی رشد و نمو کند، پیوند را سازگار می‌دانند. سازگاری را می‌توان از طریق تعیین میزان صاف بودن محل پیوند و عدم حضور ناهنجاری‌های ظاهری یا درونی و همچنین رضایتبخش بودن قدرت رویشی درخت پیوندی ارزیابی کرد (اشپیکل‌روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶). بر اساس یک قاعده کلی، همه گیاهانی که امکان تلاقی جنسی با یکدیگر را داشته باشند را می‌توان با موفقیت به یکدیگر پیوند زد. به هر حال، درجه سازگاری تا حدود زیادی وابسته به روابط ژنتیکی موجود بین اجزاء است (مونی، ۲۰۰۱). تجربه نشان داده است که ارقام تجاری مرکبات با اغلب پایه‌های معرفی شده سازگاری داشته و حتی برخی ارقام را می‌توان به راحتی روی جنس‌هایی هم که قرابت ژنتیکی زیادی با جنس *Citrus* دارند پیوند کرد. به عنوان مثال پیوند بسیاری از ارقام تجاری متعلق به جنس *Citrus* روی پایه‌هایی از جنس *Poncirus* یا دورگ‌های حاصل از تلاقی این دو جنس (از جمله سیتروملو و سیترنج‌ها) به راحتی ممکن بوده و نتایج رضایتبخشی حاصل می‌شود. این در حالی است که در پیوند برخی گونه‌های جنس *Citrus* روی سایر جنس‌های خانواده مرکبات نیز می‌توان درجاتی از

ناسازگاری را مشاهده کرد. به عنوان نمونه، پیوند کامکوات (جنس *Fortunella*) روی پایه سیتروملو همراه با بروز نشانه‌های ناسازگاری خواهد بود (آلبریچ و همکاران، ۲۰۱۹).

درختان پیوندی در اغلب موارد دارای ناحیه پیوندی صاف و همواری بوده و برای سال‌های متمادی از رشد و باردهی خوبی برخوردارند. این در حالی است که در برخی از موارد مانند پیوند رقم مورکات روی پایه کاریزوسیترنج، درخت پیوندی قبل از رسیدن به سن ده سالگی دچار زوال شده و ناحیه پیوندی آن دچار چروکیدگی مشخصی روی خط پیوند می‌شود. برای انواع لمون‌ها در صورتی که از پایه پونسیروس و دورگ‌های آن استفاده شده باشد علائم ناسازگاری ظاهر شده و منجر به زوال درختان خواهد شد. به عنوان مثال، پیوند لیموی رقم اورکا روی پایه‌های پونسیروس، ترویرسیترنج، کاریزوسیترنج و یا سیتروملو منجر به بروز نشانه‌های ناسازگاری به شکل یک خط زرد رنگ در محل پیوند می‌شود. چنین علائمی را می‌توان در محل اتصال پیوندک پرتقال رقم ناولینا روی سیتروملو نیز مشاهده کرد (شکل ۴). مشکلات ناشی از ناسازگاری ممکن است در پیوند کامکوات، لایمکوات و کالاماندین روی پایه‌های سه‌برگچه‌ای نیز قابل مشاهده باشد (آلبریچ و همکاران، ۲۰۱۹).



شکل ۱-۴- خط ناسازگاری در محل پیوند لیموی اورکا روی پایه سی ۳۵ (راست) و ناولینا (چپ) روی پایه سیتروملو

از آنجایی که در اغلب موارد، بسیاری از مشکلات ناشی از ناسازگاری بعد از گذشت چند سال از عمر درخت پیوندی بروز می‌کند، لازم است تنها زمانی اقدام به کشت یک ترکیب پیوندی در سطح وسیع شود که از سازگاری رقم و پایه موردنظر اطمینان کافی وجود داشته باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه برخی از ناسازگاری‌ها به دلیل وجود عوامل ویروسی و شبه‌ویروسی ایجاد می‌شوند، لازم است مواد گیاهی کشت شده دارای گواهی سلامت باشند (کاستل و همکاران، ۲۰۱۶).

در پایان این مبحث باید به این نکته نیز توجه کرد که پیوند ارقامی از جنس *Citrus* روی پایه پونسیروس یا دورگ‌های آن به دلیل آنکه رشد قطری تنه در جنس پونسیروس بیشتر از ارقام سیتروس است، منجر به ایجاد نوعی ناهمگونی شکلی در محل پیوند می‌شود که ناشی از تفاوت رشد قطری پایه و پیوندک است (شکل ۵). این وضعیت نیز می‌تواند به عنوان نشانه‌ای از ناسازگاری پایه و پیوندک باشد ولی منجر به زوال درخت پیوندی نمی‌شود (کاستل و همکاران، ۲۰۱۶؛ مونی، ۲۰۰۱).



شکل ۵- رشد قطری بیشتر پایه سیتروملو نسبت به جنس سیتروس

۸- نقش پایه در تولید مواد حیاتی درخت

متفاوت بودن مقدار جرم زنده یک رقم مرکبات روی پایه‌های مختلف در شرایط محیطی یکسان ناشی از اختلاف اثر پایه‌ها بر قابلیت فتوسنتزی رقم پیوندی (توانایی تبدیل دی‌اکسید کربن هوا به مواد کربوهیدراتی) می‌باشد. این اختلاف پایه‌ها در واقع حاصل تفاوت آنها در الگوی توزیع محصولات فتوسنتزی و روابط فیزیولوژیک بین مراکز تولید و مصرف این محصولات است. پایه‌هایی که در بالا بردن استعداد فتوسنتزی رقم تأثیر بیشتری داشته باشند موجب تولید ماده خشک بیشتری در رقم پیوندی شده و لذا درخت را پررشدتر می‌کنند. افزایش جرم زنده برگ‌ها منجر به انتقال مواد کربوهیدراتی بیشتری (عمدتاً به شکل ساکارز و نشاسته) از شاخه‌ها به سمت ریشه می‌شود. در فرآیند توزیع مواد فتوسنتزی، رقابتی تنگاتنگ بین اندام‌های رویشی با گل‌ها و میوه‌های در حال نمو ایجاد می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که میزان ذخیره‌سازی قندها در برگ مرکبات می‌تواند به منزله پیامی باشد که موجب تنظیم سازوکار لازم برای افزایش ماده‌سازی در برگ‌ها می‌شود و در عوض، غلظت نشاسته موجود در پوست ریشه‌ها شاخص مهمی برای تعیین قابلیت رقابتی ریشه با بخش هوایی و میوه‌ها در کسب مواد فتوسنتزی است. به این ترتیب برخی از پایه‌ها موجب القای پررشدی و گروهی نیز باعث کم‌رشدی رقم پیوندی می‌شوند (گونزالس و همکاران، ۲۰۰۹؛ ژاور و همکاران، ۲۰۱۲؛ مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶).

۹- عوامل مؤثر در انتخاب نوع پایه

انتخاب نوع پایه یکی از مهم‌ترین تصمیم‌های یک باغدار مرکبات است. واضح است که تعیین مناسب‌ترین پایه برای هر رقم تجاری، بستگی زیادی به شرایط اقلیمی و خاکی منطقه دارد. (شانکر، ۲۰۱۶). به رغم اهمیت پایه‌ها در تولید پایدار و اقتصادی مرکبات، در طول صدها سالی که از تولید این محصول می‌گذرد، اگرچه همواره وسواس لازم برای گزینش رقم بر اساس نیاز بازار و درآمد تولیدکننده انجام شده است، اما انتخاب پایه موضوعی با سابقه کمتر از دویست سال است. به هر حال امروزه می‌دانیم که گزینش نوع پایه که تشکیل‌دهنده سیستم ریشه‌ای و بخش‌های قاعده‌ای تنه درخت پیوندی خواهد بود،

نقشی اساسی در موفقیت عملیات باغداری دارد. سیستم ریشه‌ای علاوه بر حفظ استحکام درخت، عاملی برای جذب آب و عناصر معدنی بوده و ذخیره‌گاه مهمی برای ترکیبات کربوهیدراتی تولید شده توسط برگ‌هاست و از طرفی، تولیدکننده برخی از هورمون‌های رشدی بوده و در ایجاد تحمل به تنش‌زای محیطی نقش دارد.

نتایج بررسی‌های انجام گرفته نشان داده است که بیش از ۲۰ صفت باغبانی از درختان پیوندی تحت تأثیر نوع پایه هستند که از آن جمله می‌توان به قدرت رشدی و اندازه نهایی تاج درخت، عمق ریشه‌دوانی، مقدار عملکرد، درشتی و وزن میوه، کیفیت ظاهری و دورنی میوه‌ها، زمان رسیدن محصول، تحمل به یخ‌زدگی، سازگاری به برخی شرایط خاکی مانند شوری یا قلیایی بودن، تحمل به زیادی آب، تحمل به نماتدها و بیماری‌هایی مانند پوسیدگی فیتوفترایی طوقه (گموز) و بلایت اشاره کرد. به این ترتیب معلوم می‌شود که تصمیم‌گیری در مورد نوع پایه استفاده شده می‌تواند اثرات درازمدتی بر پتانسیل رشد و باردهی درخت، طول عمر اقتصادی باغ و بازگشت سرمایه باغدار داشته باشد (ووتشر، ۱۹۷۹؛ داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴).

از آنجایی که هیچکدام از پایه‌های مرکبات حتی برای یک موقعیت واحد نمی‌توانند از نظر همه موارد، کامل و بی‌نقص باشند، لازم است در انتخاب نوع پایه به مهم‌ترین عوامل محدودکننده شامل نوع رقم تجاری موردنظر، شرایط اقلیمی و خاکی منطقه (به‌ویژه از نظر کم‌آبی، پی‌اچ، شوری و درجه آهکی بودن خاک و آب)، تراکم کاشت مورد انتظار (بزرگی تاج)، نوع مصرف محصول (تازه‌خوری یا فرآوری شده) و درجه حساسیت یا تحمل پایه‌ها به بیماری‌های شایع در منطقه توجه کافی داشت. به این ترتیب در مناطقی که خطر بروز بیماری ویروسی تریسترا وجود دارد نباید از پایه نارنج که به آن حساس است استفاده کرد. همچنین در مناطقی که احتمال سرمازدگی مرکبات زیاد باشد نباید از پایه‌های پررشد مانند رافلمون یا لیموشیرین استفاده شود. مثال دیگر، خودداری از بکار بردن پایه‌های سه‌برگچه‌ای در خاک‌هایی با پی‌اچ بالای خاک است. در مجموع می‌توان پایه‌ای را موفق دانست که ضمن انطباق و هماهنگی بالا با شرایط رقم پیوندی بتواند تحمل بالایی به تنش‌های شایع در منطقه داشته و عملکردی بالا از میوه‌های بازارپسند را در طول سالیان متمادی تضمین کند (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ مونی، ۲۰۰۱).

قبل از توضیح درباره عوامل مؤثر در تعیین کارآمدی پایه‌های مرکبات باید به این نکته توجه داشت که محکم بودن اتصال بین پایه و پیوندک، شرط اولیه موفقیت هر پیوند است. این امر موجب برقراری ارتباطی کامل و پایدار بین پایه و پیوندک و تشکیل ساختاری کارآمد از بافت‌های آوندی برای انتقال آب، مواد غذایی و تنظیم‌کنندگان رشدی در ناحیه پیوند خواهد شد. بدیهی است که ضعیف بودن این اتصال می‌تواند منجر به جدایی پیوندک از پایه شده و یا زوال زود هنگام یا دیر هنگام بافت‌های پیوندی را در پی داشته باشد (بیترز، ۱۹۸۶). در زیر، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرآیند انتخاب نوع پایه توضیح داده می‌شود:

۹-۱- رقم پیوندی

به‌طور کلی برای هر یک از ارقام مرکبات باید اولویت را به پایه‌هایی داد که عملکردی بالا از میوه‌هایی با کیفیت مطلوب از نظر درشتی، شکل، رنگ، بافت پوست، درصد عصاره، طعم و عطر گوشت و استعداد پایین برای گرانوله شدن، ترکیدگی قبل از برداشت و چروکیدگی میان‌بر داشته باشند. از آنجایی که هر دو بخش یک درخت پیوندی (پایه و پیوندک) در یک همزیستی به سر می‌برند، برای تأمین نیازهای حیاتی خود وابسته به دیگری بوده و بنابراین، سازگاری فیزیولوژیک پایه و

پیوندک یکی از ضروریات اولیه است. به عبارت دیگر، نتیجه نهایی الگوی رشد و باردهی درختان پیوندی مرکبات وابسته به موضوع سازگاری فیزیولوژیک و چگونگی اثرات متقابل رقم پیوندی با پایه است (بیترز، ۱۹۸۶) که در هر کشوری توسط محققین مورد بررسی قرار می گیرد. ذیلاً برخی از نتایج چنین بررسی هایی که در مناطق مختلف مرکبات خیز کشور انجام شده است آورده می شود:

در استان های مرکبات خیز جنوب کشور، شاکرزاده (۱۳۷۳)، بالاترین عملکرد پرتقال محلی سیاورز تولید شده در منطقه صفی آباد دزفول را روی پایه ولکامریانا گزارش کرد. همچنین شفیع زرگر (۱۳۸۱a) با مقایسه اثرات هشت پایه مختلف در باردهی و دو رقم گریپ فروت روبی رد و مارش سیدلس در منطقه دزفول نشان داد که پایه های ولکامریانا و کاریزوسیترنج بیشترین عملکرد و بهترین کیفیت عصاره را در این ارقام باعث شده اند. گزارش های دیگری از شهرستان دزفول نشان داده است که بالاترین عملکرد، درشتی میوه و درصد عصاره لیمو شیرین مربوط به پایه های ولکامریانا و ترویرسیترنج بوده و بهترین وضعیت باردهی لیمو های لیسبون و اورکا با پایه های رنگپور لایم، ولکاملمون، ماکروفیلا و نارنج به دست آمده است (شفیع زرگر، ۱۳۸۱b و ۱۳۸۳). در شهرستان داراب نیز بیشترین مقدار عملکرد پرتقال های والنسیا، فراست ناول، واشنگتن ناول، مورو و هامیلن مربوط به پایه رافلمون بوده ولی از نظر کیفیت میوه، پایه های ولکاملمون و نارنج بهتر بوده اند (توکلی، ۱۳۸۴). بر اساس اطلاعات موجود می توان پایه ولکاملمون را یکی از مناسب ترین پایه های موجود برای دستیابی به عملکردی بالا از میوه های با کیفیت در ارقام تجاری مرکبات به ویژه انواع لایم ها و لمون ها دانست (حسن زاده خانکهدانی و همکاران، ۱۳۹۸). مناسب ترین پایه برای تولید پرتقال های ناف دار نیو هال و اسپرینگ ناول در مناطق کوهستانی جنوب کرمان ولکامریانا تشخیص داده شده است (احمد پور جلگه، ۱۳۹۹)

نتایج تحقیقات انجام شده در استان های مرکبات خیز نوار شمالی کشور نشان دهنده برتری گروه دیگری از پایه ها از جمله نارنج و انواع سه برگچه ای می باشد. به عنوان مثال، در گزارش عابدی قشلاقی و جوادی مجدد (۱۳۸۴)، بالاترین عملکرد پرتقال رقم تامسون ناول در شرایط اقلیمی شهرستان آستارا (شرق گیلان) به ترتیب مربوط به درختان پیوندی روی پایه های سیتروملو، پونسیروس و ترویرسیترنج بوده ولی از نظر شاخص های کیفی میوه (درصد قند و اسیدهای آلی)، پایه های سیترنج و پونسیروس بهتر از سیتروملو بوده اند. همچنین در شرایط غرب استان مازندران (تنکابن و رامسر)، استفاده از پایه های نارنج و سیتروملو برای پنج رقم پرتقال شامل تامسون ناول، واشنگتن ناول، مورو، سالوستیانا و ایتالیایی نتایج خوبی داشته و قابل توصیه هستند (داداش زاده، ۱۳۸۶). نتایج یک بررسی دیگر در شهرستان رامسر نشان داد که سیتروملو و نارنج بهترین پایه های بررسی شده برای پرتقال های ناف دار و زودرس اسپرینگ ناول و نیو هال بوده اند (حیاتبخش، ۱۳۹۴).

بر اساس مطالب فوق می توان اظهار داشت که رقم تجاری و حتی نوع مصرف میوه (تازه خوری یا آب گیری) نیز می تواند نقش مهمی در انتخاب پایه داشته باشد. به این ترتیب، حتی وقتی پایه انتخابی انطباق بسیار خوبی با شرایط اقلیمی و خاکی منطقه دارد، باز هم نمی توان استفاده از آن را برای همه رقم های موجود مناسب دانست. به عنوان مثال، اگرچه بسیاری از ارقام و دورگ های نارنگی روی پایه کلثوپا تراماندارین از باردهی خوبی برخوردارند، پیوند انواع پرتقال و گریپ فروت روی این پایه نتایج رضایت بخشی نداشته و میوه هایی ریز و تا حدودی میان رس را در پی خواهد داشت (داویس و آلبریکو، ۱۹۹۴). تجربه

نشان داده است که پیوند رقم‌های کم‌رشد از قبیل انواع کامکوات یا برخی ارقام نارنگی انشو روی پایه‌های پاکوتاه‌کننده نمی‌تواند نتایج رضایت‌بخشی را از نظر رشد و بارآوری درختان داشته باشد. همچنین، استفاده از پایه‌های بسیار پررشد مانند رافلمون، ولکامریانا و لیموشیرین اگرچه موجب تولید درختانی بزرگ و پر محصول می‌شود اما کیفیت خوراکی میوه‌ها از حیث درصد مواد جامد محلول (قندها) و غلظت اسیدهای آلی پایین بوده و پوست میوه‌ها نیز لطافت کمتری داشته و تا حدودی سطح زبری خواهند داشت. افزایش حجم عصاره در ارقام پیوندی روی اینگونه پایه‌ها می‌تواند یکی از دلایل پایین بودن درجه بریکس (درصد املاح جامد محلول عصاره) و درصد اسیدهای آلی عصاره باشد. این موضوع سبب شده است تا محصول ارقام پیوندی روی این پایه‌های پررشد بیشتر برای صنایع آب‌گیری مقرون به صرفه باشد. از طرفی، پیوند ارقام پرتقال و گریپ‌فروت روی نارنج، سیترنج‌ها و سیتروملو به شرط آنکه با شرایط عمومی منطقه سازگار باشند می‌تواند تضمین‌کننده تولید میوه‌هایی با کیفیت ظاهری و خوراکی بالا و مناسب برای مصرف تازه‌خوری باشد (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ آلبریچ و همکاران، ۲۰۱۹).

۹-۲- تراکم کشت

مؤثر بودن پایه بر رشد رویشی (ارتفاع و گسترش عرضی تاج) یک رقم پیوندی می‌تواند نقش مهمی در تعیین فاصله کشت درختان داشته باشد. به عبارت دیگر، نوع پایه انتخاب شده تا حد زیادی تراکم کشت درختان را معلوم می‌کند. در گذشته، باغداران اغلب از درختان پرمحصولی که تاجی بزرگ و پررشد داشته و با فاصله زیادی از هم کاشته شده بودند استقبال می‌کردند. امروزه همگام با افزایش هزینه نهاده‌های تولیدی به‌ویژه قیمت زمین، تولیدکنندگان درختان میوه و از جمله مرکبات علاقمندی بیشتری به کاهش فاصله کشت درختان و بالا بردن تراکم درخت در واحد سطح زمین دارند. از گزارش‌های موجود چنین برمی‌آید که با استفاده از شیوه کشت متراکم می‌توان عملکرد بالاتری را از واحد سطح زمین و به‌ویژه در سال‌های اولیه احداث باغ برداشت کرد. گذشته از این، درختان کوچک‌تر و کم‌رشدتر که کارایی بالایی در تولید میوه دارند را می‌توان در سیستم‌های کشت متراکم به نحو شایسته‌تری نسبت به روش‌های سنتی مدیریت کرده و صرفه‌جویی قابل توجهی در انجام عملیاتی مانند هرس، محلول‌پاشی‌ها و برداشت میوه داشت (ووتشر، ۱۹۷۹؛ کاستل و همکاران، ۲۰۱۶؛ مارتینز‌کونکا و همکاران، ۲۰۱۶).

استفاده از پایه‌های تتراپلوئید، پایه‌های نیمه‌پاکوتاه‌کننده مانند دورگ رنگپورلایم و ترویرسیترنج و یا به کار بردن یگانه پایه تجاری پاکوتاه‌کننده مرکبات به نام فلائینگ‌دراگون^۱ (*Poncirus trifoliata* L. Raf. var. *Monstrosa*) که از جهش پایه پونسیروس به دست آمده است می‌تواند موجب افزایش تراکم کشت شود. دیده می‌شود که مرکبات از نظر تنوع پایه‌های پاکوتاه‌کننده در سطح بسیار پایین‌تری از میوه‌هایی مانند سیب قرار دارند و ژنوتیپ‌های پاکوتاه‌کننده کمی را برای این محصول می‌توان به تولیدکنندگان معرفی کرد. به هر حال با استفاده از پایه فلائینگ‌دراگون می‌توان ارتفاع درخت را به حدود یک سوم پایه‌های معمول کاهش داده و ضمن بالا بردن کارایی عملکرد درختان و تولید میوه‌هایی با کیفیت بالا شد. در عین حال باید توجه داشت که اگرچه این پایه به تریستزا و پوسیدگی طوقه و ریشه متحمل است ولی حساس به کلروز آهن بوده و نباید در

¹ Flying Dragon

مناطق با پی‌اچ قلیایی خاک مورد استفاده قرار بگیرد. از طرف دیگر، ترکیب این پایه با ارقام کم‌رشدی مانند کامکوات‌ها نتایج موفقیت‌آمیزی از نظر وضعیت باردهی درختان به دنبال ندارد (اشپیگل‌روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶). خوشبختانه در چند سال اخیر، تعدادی از سلکسیون‌های پایه‌ای جدید به نام فورنر آلکاید^۱ معرفی شده‌اند که تا حدودی قابلیت پاکوتاهی و افزایش کارایی عملکرد رقم پیوندی را داشته و از طرفی قابل استفاده در زمین‌های آهکی نیز هستند (مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶). بررسی‌ها نشان داده است که کاهش رشد حاصل از پایه‌های پاکوتاه‌کننده با کمتر بودن پتانسیل آبی برگ و ساقه رقم پیوندی در مقایسه با پایه‌های پررشد ارتباط دارد. این موضوع ممکن است به دلیل بالا بودن مقاومت هدایت هیدرولیکی این پایه‌ها باشد که سبب بروز کم‌آبی برگ‌ها در زمان‌هایی که به دلیل نیاز تعرقی بالا و روزنه‌ها بسته هستند می‌شود. به این ترتیب، پایه‌های پاکوتاه‌کننده از نظر هدایت آب از خاک به طرف ساقه ضعیف عمل می‌کنند. لازم به ذکر است که مقاومت ناحیه پیوندی به انتقال آب و مشخصات ساختمانی آوندهای چوبی به‌ویژه از نظر تعداد و قطر آوندها نیز می‌تواند در محدود کردن رشد و توزیع کربوهیدرات‌ها مهم باشد. در این پایه‌ها، محدود شدن انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به طرف ریشه نیز موجب کاهش توسعه سیستم ریشه‌ای درخت شده و سهم بخش هوایی را از این مواد بیشتر می‌کند. به این ترتیب مواد کربنی بیشتری به سمت میوه‌ها حرکت می‌کند که سبب افزایش کارایی عملکرد در واحد حجم تاج و بهبود کیفیت میوه‌ها می‌شود. در پایان این مبحث باید اضافه کرد که قدرت رشدی رقم پیوندی نیز می‌تواند بر وضعیت رشد پایه مؤثر باشد. به عبارت دیگر اگر یک رقم پیوندی پررشد بر روی پایه‌ای کم‌رشد پیوند شده باشد، پایه به رشد بیشتری تحریک شده و در مقایسه با همان پایه که پیوندی روی آن انجام نشده باشد، پررشدتر خواهد بود. بر عکس، اگر یک رقم پیوندک کم‌رشد بر روی پایه‌ای پررشد پیوند شود، شدت رشد پایه در مقایسه با زمانی که پیوند نشده باشد کمتر می‌شود (مارتینز آلکانتارا و همکاران، ۲۰۱۳؛ مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶).

۹-۳- عوامل خاکی

تفاوت‌های خاکی مناطق مختلف از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از جمله عمق خاک، سطح ایستابی، ساختمان، بافت، ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت تبادل کاتیونی، درجه شوری و پی‌اچ همگی نقش مهمی بر ظاهر و رفتار درختان پیوندی دارند. پایه انتخاب شده باید به شرایط خاکی منطقه سازگار باشد. از طرفی، در طیف گسترده انواع خاک، میزان حاصلخیزی متغیر بوده و ممکن است درجاتی از کمبود یا زیاده‌بود عناصر معدنی بر حسب وضعیت حاصلخیزی در یک درخت پیوندی دیده شود. موفقیت صنعت مرکبات در هر کشور نیاز به پایه‌هایی دارد که با شرایط نامساعد خاکی از قبیل کمبود ریزمغذی‌ها سازگاری خوبی داشته باشند.

۹-۳-۱- بافت خاک

بافت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک و نشان‌دهنده مقدار نسبی ذرات معدنی (شن، سیلت و رس) موجود در خاک است. قطر این سه ذره به ترتیب معادل دو میلی‌متر تا ۵۰ میکرون، دو تا ۵۰ میکرون و کمتر از دو میکرون است. به این

¹ Forner-Alcaide

ترتیب با افزایش درصد شن، میزان تهویه، زهکشی و نفوذپذیری خاک بیشتر و خاک سبک تر می شود. از طرفی، هرچقدر درصد رس بیشتر شود، تهویه، زهکشی و نفوذپذیری خاک کاهش می یابد و خاک را سنگین تر می کند. خاک هایی که بافت لومی دارند، مناسب ترین بستر برای رشد و باردهی مرکبات هستند. این بافت از ترکیب حدود ۴۰ درصد شن، ۴۰ درصد سیلت و ۲۰ درصد رس و مواد هوموسی تشکیل شده است. به این ترتیب، خاک لومی می تواند ضمن نگهداری آب و مواد مغذی مورد نیاز ریشه ها، تهویه و زهکشی مناسبی را برای تنفس و جذب بهینه عناصر غذایی فراهم کرده و محیطی مناسب برای رشد و گسترش ریشه ها فراهم کند. لازم به ذکر است که در زمین های سبک تر به دلیل پایین بودن ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک باید تعداد دفعات آبیاری و کوددهی بیشتر از اراضی سنگین باشد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۴).

۹-۳-۲- ساختمان خاک

منظور از ساختمان خاک، وضعیت قرار گرفتن ذرات شن، سیلت و رس در کنار هم و تشکیل ذرات ثانویه خاک است. در اغلب موارد، این ذرات توسط ترکیباتی مانند کربنات کلسیم، مواد آلی، ذرات رس و اکسیدهای آهن و آلومینیوم در کنار هم مجتمع می شوند. اگر شرایط لازم برای به هم پیوستن ذرات خاک توسط عوامل سیمانی ایجاد شده و خاک ساختمانی خاکدانه ای پیدا کرده باشد، میزان تخلخل و نفوذپذیری خاک در حد مناسبی برای رشد و توسعه ریشه ها فراهم خواهد شد. مدیریت فیزیکی خاک نیز می تواند نقش مهمی در تعیین ساختمان خاک داشته باشد. باید توجه داشت که چگونگی رشد و گسترش ریشه ها در خاک تا حدود زیادی تحت تاثیر ساختمان خاک است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۳).

۹-۳-۳- تراکم خاک

تراکم یا فشردگی خاک یکی از عوامل محدود کننده برای رشد ریشه و عملکرد درختان مرکبات است. توانایی ریشه درختان مرکبات برای رشد در نیمرخ خاک وابسته به اندازه منافذ، جرم مخصوص ظاهری توده خاک و استحکام فیزیکی خاک است. بهترین وزن مخصوص ظاهری خاک برای تولید مرکبات حدود ۱/۱ تا ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب است. وزن مخصوص بالاتر از ۱/۶ گرم بر سانتی متر مکعب برای کاشت درختان مرکبات مناسب نیست. حداکثر فشاری که ریشه مرکبات برای نفوذ در خاک وارد می کند حدود ۱۵۰۰ کیلو پاسکال است و لذا اگر فشردگی خاک زیاد باشد، رشد ریشه ها کاهش خواهد یافت. لازم به ذکر است که در برخی باغ ها، لایه متراکم و فشرده ای در عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی متری خاک تشکیل می شود که حاصل استفاده مداوم از ماشین آلات سنگین و همچنین ثابت بودن عمق شخم در سال های متمادی است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۴).

روشن است که در کنار این ویژگی های خاکی، قدرت و توان ریشه های مرکبات در جذب عناصر معدنی از خاک می تواند نیز نقش تعیین کننده ای در وضعیت رشد و باردهی درخت پیوندی داشته باشد. بنابراین، واکنش پایه های مختلف در شرایط خاکی مشابه ممکن است اختلاف های قابل ملاحظه ای با یکدیگر داشته باشد. در جدول ۴ مقایسه ای از این لحاظ بین پایه های مختلف مرکبات انجام شده است. به نظر می رسد که بخش مهمی از تفاوت پایه ها در رشد رویشی و باردهی ناشی از تفاوت ریشه ها در جذب عناصر باشد. به عنوان مثال، پایه های پررشد رافلمون و لیموشیرین توانایی بیشتری از پایه کم رشد پونسیروس

برای جذب نیتروژن که از مهم‌ترین عناصر لازم برای رشد رویشی می‌باشد دارند. باید توجه داشت که غلظت عناصر معدنی در برگ لزوماً نمی‌تواند معیار خوبی برای نشان دادن سرعت جذب ریشه‌ای باشد زیرا گاهی ریشه‌ها ضمن توان بالادر جذب این عناصر، بخش زیادی را در خود ذخیره کرده و با سرعت‌های متفاوت به بخش هوایی می‌فرستند (گل‌عین و عدولی، ۱۳۹۰).

جدول ۴- قابلیت پایه‌ها برای جذب تعدادی از عناصر معدنی

عنصر معدنی	پایه‌های با قابلیت بالای جذب	پایه‌های با قابلیت پایین جذب
نیتروژن	رافلمون، پرتقال، سیترنج، ماکروفیلا، رنگپورلایم	نارنج، پونسیروس، کلئوپاتراماندارین
فسفر	پرتقال، پونسیروس، رافلمون، سیتروملو	کلئوپاتراماندارین، سیترنج، نارنج
پتاسیم	گریپ‌فروت، سیتروملو	کلئوپاتراماندارین، رافلمون، سیترنج
کلسیم	کلئوپاتراماندارین، رافلمون، ترویر، نارنج	پرتقال، گریپ‌فروت، آلیمو
منیزیم	پونسیروس، سیترنج، کلئوپاتراماندارین	نارنج، رنگپورلایم
سدیم	سیترنج، یوزو، رافلمون	نارنج، پرتقال، سیترنج
گوگرد	رافلمون	کلئوپاتراماندارین، پونسیروس
آهن	رافلمون، یوزو، سیترنج، نارنج	پونسیروس، تایوانیکا، سیتروملو
منگنز	رافلمون، آلیمو، یوزو	نارنج، پرتقال، سیتروملو
روی	گریپ‌فروت، رافلمون، کلئوپاتراماندارین	نارنج، پرتقال، سیترنج، پونسیروس
کلسیم	راسک، پرتقال، سیتروملو	نارنج، رافلمون، سیترنج، کلئوپاتراماندارین
کلر	سیترنج، لیمو شیرین، پونسیروس	کلئوپاتراماندارین، نارنج
بُر	کلئوپاتراماندارین، لیمو شیرین، پونسیروس	ماکروفیلا، نارنج، سیترنج

در یک توصیه کلی می‌توان گفت که برای مناطقی که خاک سبک، عمیق و زهکش‌دار، پایه‌های پررشد با ریشه‌های گسترده و عمیق مانند رافلمون وضعیت بهتری از پایه‌های کم‌رشد با ریشه‌دهی ضعیف مانند پونسیروس خواهند داشت. علت آن است که در خاک‌های سبک، تنش خشکی می‌تواند شدیدتر باشد و ضعف سیستم ریشه‌دهی، خسارت این تنش را افزایش می‌دهد (ووتشر، ۱۹۷۹؛ کاستل و همکاران، ۲۰۱۶؛ داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴).

۹-۳-۴- پی‌اچ بستر

پی‌اچ، شاخصی از میزان اسیدی یا قلیائی بودن خاک است و به باغدار در تصمیم‌گیری برای عرضه کودهای گوگردی یا آهک کمک می‌کند. در جدول ۵ انواع مختلف خاک بر اساس پی‌اچ آمده است. مقدار پی‌اچ بستر نقش مهمی در قابلیت استفاده عناصر غذایی مختلف از جمله فسفر، کلسیم، منیزیم و عناصر کم‌مصرف دارد. مناسب‌ترین دامنه پی‌اچ بستر برای درختان مرکبات بین شش تا هفت است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۳).

جدول ۵- گروه‌بندی انواع خاک بر اساس پی‌اچ

کلاس خاک	دامنه پی‌اچ
قلیایی شدید	> 8.5
قلیایی متوسط	7.9 تا 8.5
قلیایی ضعیف	7.3 تا 7.9
خنثی	6.7 تا 7.3
اسیدی ضعیف	6.2 تا 6.7
اسیدی متوسط	5.5 تا 6.2
اسیدی شدید	3 تا 5.5

بالا بودن پی‌اچ بستر یکی از مشکلات تولیدکنندگان مرکبات در بسیاری از مناطق جهان است. غلظت زیاد یون بی‌کربنات در محلول خاک می‌تواند یکی از علل رایج برای قلیایی شدن خاک باشد. در شرایط پی‌اچ بالای خاک، قابلیت جذب بسیاری از ریزمغذی‌ها از جمله آهن کاهش یافته و با توجه به حضور آهن در ساختمان چندین آنزیم گیاهی و فعالیت آن در ساخته شدن مواد سبزینه‌ای (کلروفیل)، این کمبود ضمن اختلال در رشد و نمو طبیعی درخت موجب زردی برگ‌ها می‌شود که به کلروز ناشی از آهک نیز معروف است. بررسی‌ها نشان داده است که فعالیت آهن در محلول خاک با افزایش یک واحد پی‌اچ بستر به میزان هزار برابر کاهش یافته و در محدوده پی‌اچ 7.4 تا 8.5 به حداقل خود می‌رسد. کمبود شدیدتر آهن که می‌تواند زندگی درخت را به خطر بیندازد اغلب در مناطق نیمه‌خشکی دیده می‌شود که غلظت یون بی‌کربنات در آب آبیاری بالا و درصد ماده آلی خاک پایین باشد. اطلاعات موجود نشان می‌دهد که در مناطق مدیترانه‌ای، حدود 20 تا 50 درصد مرکبات به دلیل غلظت بالای یون بی‌کربنات خاک‌های آهکی (تا بیش از 30 درصد) و بالا بودن پی‌اچ بستر (محدوده 7.5 تا 8.5) دچار کمبود آهن با شدت‌های مختلف هستند (شانکر، ۲۰۱۶؛ مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶). برای تنظیم پی‌اچ خاک‌های اسیدی می‌توان از عرضه آهک، دولومیت و برخی کودهای شیمیایی با خاصیت قلیایی استفاده کرد ولی برای خاک‌های آهکی افزودن گوگرد، کودهای گوگردی و مواد آلی در مرحله احداث باغ می‌تواند فقط تا حدودی پی‌اچ خاک را تعدیل کند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۳).

استفاده از پایه‌های متحمل به خاک‌های قلیایی را می‌توان مناسب‌ترین راهکار برای کاهش اثرات منفی قلیایی بودن خاک بر تولید محصول و کیفیت میوه‌های تولیدی مرکبات دانست. جدول ۶ پایه‌های مختلف مرکبات را از نظر تحمل به شرایط قلیایی بستر مورد مقایسه قرار داده است. هرچقدر پایه انتخابی قابلیت بیشتری برای جذب آهن از خاک‌های قلیایی داشته باشد، کاهش رشد و باردهی درخت پیوندی در زمین آهکی کمتر خواهد بود. انجام یک بررسی مقایسه‌ای نشان داد که نارنج، رافلمون، ولکامریانا، گوتو، اسموس فلت‌سویل، ماکروفیلا و رتگپورلایم متحمل‌ترین پایه‌ها به قلیایی بودن خاک و آب آبیاری بوده و از این نظر ترویرسیترنج، کاریزوسیترنج و کلئوپاترامانداین تحملی در حد متوسط داشته ولی پونسیروس، سی ۳۵ و سیتروملو حساس بوده‌اند (بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰).

جدول ۶ - وضعیت پایه‌های تجاری مرکبات از نظر تحمل پی‌اچ قلیایی بستر

نارنج	گروغ	اسموس فلت سویل	ناونیکا	پونسیروس	فلاتینگ دراگون	سیتروملو	تروبرسیترنج	کاریز و سیترنج	سی ۳۵	رافلون	ولکامرلمون	مکزیک لایم	رنگپور لایم	کلواتر اندارین	ماکروفیلا (آلیمو)	یوزو	فورن آکاید
ب.ج.	ب.ج.	ب.ج.	متوسط	ضعیف	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف	ب.ج.	ب.ج.	ب.ج.	ب.ج.	ب.ج.	ب.ج.	ب.ج.	متوسط

۹-۳-۵- شوری

مرکبات در گروه گیاهان حساس به شوری طبقه‌بندی شده‌اند، به گونه‌ای که سطوح پایین تا متوسط شوری بستر می‌تواند با ایجاد اختلال در برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی درخت موجب کاهش رشد و بارآوری شود. این در حالی است که بخش قابل توجهی از باغ‌های مرکبات جهان در مناطق نیمه‌خشکی قرار گرفته‌اند که خاکی شور (با هدایت الکتریکی برابر چهار دسی‌زیمنس بر متر یا بیشتر) یا در معرض خطر شور شدن دارند (کاستل و همکاران، ۲۰۱۶؛ مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶). حد آستانه شوری عصاره اشباع خاک برای مرکبات ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر است. برخی ژنوتیپ‌های مرکبات می‌توانند تا حد پنج دسی‌زیمنس بر متر، شوری بستر به شرط مدیریت مناسب باغداری تحمل کنند. به هر حال، به ازای هر واحد افزایش درجه شوری از حد آستانه، پتانسیل باردهی درخت حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد کاهش می‌یابد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۳). اثرات شور بودن بستر در رشد و باردهی این درختان تابعی از شدت شوری (غلظت نمک‌های موجود در ناحیه ریشه‌ای)، ترکیب شیمیایی نمک‌ها، زمان بروز و طول دوره زمانی تنش شوری، ژنوتیپ پایه و رقم و همچنین شرایط آب و هوایی منطقه است (شانکر، ۲۰۱۶). این تنش که اغلب ناشی از زیادی غلظت نمک‌های سدیمی و به‌ویژه کلرید سدیم می‌باشد، می‌تواند ضمن کاهش پتانسیل آب در ناحیه ریشه‌دوانی (اثر اسمزی)، غلظت یون‌های سمی را در سلول‌ها افزایش داده و رقابت شدیدی را بین دو یون سدیم و کلر با تعدادی از یون‌های معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات که نقش تغذیه‌ای مهمی دارند ایجاد کند. انباشت یون‌های نمکی در بافت گیاهی و ایجاد چنین رقابتی می‌تواند نسبت‌های یونی سدیم به کلر؛ سدیم به پتاسیم؛ کلسیم به منیزیم و همچنین کلر به نیترات را در بافت‌های گیاهی تغییر داده و اثراتی منفی بر پتانسیل اسمزی سلول‌ها، ضریب هدایت روزنه‌ای برگ‌ها، قابلیت دسترسی به دی‌اکسید کربن، توازن بین عناصر معدنی و وضعیت سوخت‌وساز سلولی داشته باشد. این پدیده‌ها منجر به عوارضی مانند کاهش سطح برگ، کلروز یا برنزه شدن پهنک و سوختگی حاشیه برگ‌ها و کاهش عملکرد خواهد شد (شانکر، ۲۰۱۶؛ اتحادپور و همکاران، ۲۰۲۰؛ پرزخیمنز و پرزتورنرو، ۲۰۲۰؛ گورا و همکاران، ۲۰۲۲).

جذب و یا انتقال یون‌های نمکی به طرف رقم پیوندی در کنترل پایه‌هاست و همین قابلیت است که می‌تواند غلظت یون‌های سدیم و کلر را در برگ‌های درخت پیوندی تعیین کند. عوارض منفی شوری بیش از آنکه به انباشت یون سدیم در بافت‌های گیاهی مربوط باشد، حاصل بالا رفتن غلظت یون کلر در سلول‌هاست. از آنجایی که بیشترین خسارت شوری مربوط به یون کلر است، قابلیت تحمل شوری در پایه‌های مرکبات نیز اغلب بر اساس ظرفیتی که برای ممانعت از ورود این یون به برگ‌ها دارند تعریف شده است. بر اساس گزارش‌های موجود، عوارض برگ‌گی تنش شوری در درختان مرکبات مربوط به زمانی است

که غلظت یون کلر به حدود یک درصد وزن خشک برگ رسیده باشد (مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶؛ اتحادپور و همکاران، ۲۰۲۰).

برای درجه بندی میزان تحمل ژنوتیپ های مختلف مرکبات به شوری خاک یا آب آبیاری می توان از شاخص های گوناگونی استفاده کرد. از جمله این معیارها می توان به درصد و سرعت جوانه زنی بذر، رشد نهال بذری، درصد زوال در نهال های تولیدی، وزن کل گیاه، وزن بخش هوایی، وزن ریشه، طول ریشه های فیبری، وزن خشک ریشه های فیبری در هر واحد از حجم خاک، میزان افزایش طول ساقه، قطر تنه، ارتفاع درخت، گسترش عرضی و حجم تاج، تعداد شاخه ها، درصد سوختگی برگ ها، درصد ریزش برگ ها، سرعت تولید و رشد برگ ها، مقدار محصول و خصوصیات فیزیکی میوه ها اشاره کرد. تحمل به شوری با توانایی ریشه ها در جذب و انتقال یون های نمکی به بخش هوایی در ارتباط است. بر این اساس، پایه ها که سیستم ریشه ای و بخشی از تنه درخت پیوندی را تشکیل می دهند، نقش کلیدی را در تعیین تحمل به شوری بازی می کنند (داویس و آلبریکو، ۱۹۹۴؛ شانکر، ۲۰۱۶؛ گلچین و عدولی، ۱۳۹۷). در جدول ۷ پایه های مختلف مرکبات از نظر تحمل شوری درجه بندی شده اند.

جدول ۷ - درجه سازگاری پایه های تجاری مرکبات به شوری

نارنج	گوتو	اسموس فلت سوبیل	تاپانیکا	پونسیروس	فلائینگ دراگون	سیتروملو	نرو سیترنج	کاریز سیترنج	سی ۲۵	رافلمون	ولکاملون	مکزیکن لایم	رنگپور لایم	کلئوپاتراماندارین	ماکروفیل (آلیمو)	پوزو	فورن آکاید
متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف	ضعیف	ضعیف تا متوسط	ضعیف	ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف تا متوسط	ضعیف	خبر	خبر	خبر	ضعیف	خبر

اثر پایه در افزایش تحمل به شوری می تواند تا حدودی ناشی از توانایی آن در جلوگیری از انباشت یون های سمی سدیم و کلر در بافت های هوایی درخت باشد. کارایی پایه های مرکبات در جذب و هدایت یون های نمکی (کلر و سدیم) به بخش هوایی تفاوت قابل ملاحظه ای با یکدیگر دارد. این تفاوت در مورد یون های کلر بسیار وسیع تر از سدیم بوده و می تواند بین پایه هایی کارآمد و ناکارآمد تا بیش از ۱۰ برابر اختلاف داشته باشد. بررسی ها نشان داده است که نارنج، کلئوپاتراماندارین و رنگپور لایم توانایی بالایی در حذف یون های نمکی دارند و لذا جزء پایه های متحمل به شوری هستند. این در حالی است که مکزیکن لایم، پایه ای با قابلیت بالا در انباشت یون های سدیم و کلر بوده و تحمل پایینی به شوری برای درخت پیوندی ایجاد می کند. همچنین پایه سورینیا (*Severinia buxifolia*) با توانایی زیادی که در دفع عناصر کلر و بُر دارد یکی از پایه های متحمل و در نقطه مقابل پونسیروس است که در جلوگیری از ورود یون کلر به بخش هوایی درخت ضعیف است. لازم به ذکر است که پونسیروس در سطوح پایین شوری می تواند تا حدودی انتقال یون سدیم به طرف شاخه ها را محدود کند (شانکر، ۲۰۱۶؛ کاستل و همکاران، ۲۰۱۶؛ بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰).

در جدیدترین تحقیقات صورت گرفته در زمینه تولید پایه‌های متحمل به شوری، پایه‌ای دورگ به نام فورنرالکاید ۵ نیز معرفی شده است. علاوه بر این تعدادی از سلکسیون‌های همگروهی پونسیروس که از چین به استرالیا معرفی شده‌اند می‌توانند تحمل به شوری را در درخت پیوندی افزایش دهند زیرا برخلاف سایر همگروه‌های پونسیروس توانایی بالایی در حذف یون‌های نمکی دارند (کاستل و همکاران، ۲۰۱۶؛ استوری و واکر، ۱۹۹۹؛ بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰). به هر حال باید بدانیم که تفاوت‌های مشاهده شده در نتایج آزمایش‌های مربوط به ارزیابی تحمل به شوری در پایه‌های مرکبات وابستگی زیادی به نوع رقم پیوندی و سایر شرایط اقلیمی و خاکی دارد (بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰).

۹-۳-۶- آهکی بودن

در اصطلاح خاکشناسی، خاک‌هایی را که حاوی بیش از ۱۵ درصد کربنات کلسیم (آهک) باشند را خاک آهکی تعریف می‌کنند. بر این اساس، بیش از ۳۰ درصد اراضی جهان دارای خاک آهکی هستند. زیادی آهک در خاک می‌تواند در جذب آهن ایجاد اختلال کرده و موجب زردی (کلروز) برگ‌ها شود. کمبود آهن در خاک‌های آهکی را می‌توان نتیجه‌ای از فراوانی یون‌های کربنات (CO_3^{2-}) و بی‌کربنات (HCO_3^-) و همچنین پی‌اچ بالای محلول خاک دانست. آهکی بودن خاک می‌تواند به حدی بحرانی باشد که ضمن کاهش رشد رویشی موجب کاهش یا توقف کامل باردهی درخت، پایین آمدن کیفیت محصول و دیررسی میوه‌ها شده و به این ترتیب خسارت زیادی را متوجه باغدار کند. از آنجایی که درجه تحمل پایه‌های مختلف مرکبات به زیادی آهک خاک متفاوت بوده و در عین حال، روش‌های شیمیایی افزایش مقدار آهن قابل جذب ریشه‌ها گران قیمت هستند، انتخاب مناسب‌ترین پایه‌ای که ضمن هماهنگی با رقم پیوندی و شرایط خاکی و اقلیمی منطقه بتواند تحمل بالایی به زیادی آهک خاک نیز داشته باشد، بهترین روش برای جلوگیری از عوارض ناشی از کمبود آهن است که باید در مرحله احداث باغ به ویژه در مناطق نیمه‌خشک مورد توجه قرار بگیرد (کستل و نونالی، ۲۰۰۹؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی‌امیری، ۱۴۰۱).

مقایسه پایه‌های مختلف مرکبات از این نظر نشان داده است که پایه‌های تجاری موجود را می‌توان در قالب چهار گروه مشخص شامل بسیار مقاوم (رافلمون و ماکروفیلا)؛ نیمه مقاوم (ولکامریانا، نارنج، کلثوپاترامانداین و رنگپورلایم)؛ نسبتاً مقاوم (تایوانیکا، پرتقال، ترویرسیترنج و کاریزوسیترنج) و غیرمقاوم یا حساس (پونسیروس و سیتروملو) طبقه‌بندی کرد (جدول ۸). پایه‌های حساس به آهک به دلیل ناتوانی در جذب مقدار کافی از برخی یون‌های معدنی مانند آهن که در اراضی آهکی قابلیت جذب پایین‌تری دارند سبب ایجاد مشکلاتی در رشد و باردهی درختان پیوندی می‌شوند (کستل و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج آزمایشات انجام گرفته در محیط‌های کشت بدون خاک نشان داده است که پایه‌های متحمل و حساس به آهکی بودن خاک در شرایط بالا بودن غلظت یون بی‌کربنات به ترتیب دارای جذب بیشتری از یون‌های کلسیم و پتاسیم هستند. به این ترتیب، نسبت پتاسیم به کلسیم در پایه‌های متحمل به آهک پایین‌تر از پایه‌های حساس است. از طرف دیگر، در ارقام مقاوم به آهک، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر بوده ولی استری شدن غشاءهای سلولی در ریشه شدت کمتری دارد (حمزه و همکاران، ۱۹۸۶).

جدول ۸ - وضعیت پایه‌های تجاری مرکبات نسبت به خاک‌های آهکی

فوزر آکاید	یوزو	ماکروفیل (آلیمو)	کلونپاتر اماندارین	رنگور لایم	مکزیک لایم	ولکان لیمون	رافلمون	سی ۲۵	کاریزو سترنج	تروبر سترنج	سیتروملو	فلائینگ دراگون	پونسیروس	تاپوینکا	اسموس فلت سوبیل	گوتو	نارنج
خف	خف	خف	متوسط	خف	خف	خف	خف	متوسط	ضعیف تا متوسط	ضعیف تا متوسط	ضعیف	ضعیف	ضعیف	خف	خف	متوسط	خف

۹-۴-آب

۹-۴-۱-کم آبی

تنش کم آبی (خشکی) زمانی رخ می‌دهد که میزان خروج آب از گیاه بیشتر از جذب آن توسط ریشه باشد. در این شرایط به ویژه اگر شدت تشعشع آفتاب زیاد باشد، بسته شدن روزنه‌ها در واکنش به کم آبی یا گرما موجب کاهش دی‌اکسید کربن جذب شده در برگ‌ها و انباشت گونه‌های فعال اکسیژن شده و به این ترتیب، تجزیه ترکیبات سلولی شامل چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک اتفاق می‌افتد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۳). نزدیک به یک سوم مناطق مرکبات کاری جهان به صورت دیم مدیریت می‌شوند و آب مورد نیاز درختان فقط از طریق بارندگی‌ها که اغلب پراکنش نامناسبی هم در طول سال دارند تأمین می‌شود. به این ترتیب، در بسیاری از مناطق مرکبات خیز جهان، هر سال را می‌توان به دو دوره خشک و مرطوب تقسیم کرد. در مرکبات نیز مانند سایر گیاهان، رشد ریشه‌ها وابسته به قابلیت دسترسی به آب است. در خاک‌هایی که آبیاری شده و رطوبت کافی داشته باشند، ریشه مرکبات توزیع و گسترش بهتری از خاک‌هایی با رطوبت ناکافی خواهد داشت (خان و خان، ۲۰۲۱).

کم آبی که با شاخص‌هایی مانند پتانسیل آبی برگ‌ها و غلظت اسید ابسایزیک^۱ (ABA) موجود در برگ‌ها قابل بیان می‌باشد، می‌تواند ناشی از کافی نبودن آب عرضه شده برای رفع نیازهای آبی درخت یا زیادی شدت تبخیر و تعرق گیاه باشد. کم آبی یکی از عوامل اصلی مؤثر در کاهش رشد و باردهی و پایین بودن کیفیت میوه درختان مرکبات است که به دلیل تغییرات اقلیمی سال‌های اخیر، به شکل فزاینده‌ای مناطق مرکبات خیز جهان را تحت تأثیر خود قرار داده است (بیترز، ۱۹۶۸؛ مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶؛ خان و خان، ۲۰۲۱). بسیاری از کشورهای ناحیه مدیترانه‌ای که اهمیت زیادی در تولید مرکبات جهان دارد، از جمله مراکش، تونس و مصر بطور جدی با مشکل کم آبی روبرو هستند. خشکی برخلاف تنش‌های دیگری مانند گرما می‌تواند برای مدتی طولانی‌تر در یک منطقه ماندگار شده و بر کمیت و کیفیت تولید اثر بگذارد. در شرایط خشکی، علاوه بر کم بودن مقدار آب قابل دسترس ریشه‌ها، غلظت املاح نمکی نیز به دلیل شدت بالای تبخیر از سطح خاک افزایش می‌یابد. با توجه به خسارت‌های شدید ناشی از خشکی در باغ‌های مرکبات، اطلاع داشتن از انواع پایه‌هایی که کارایی

¹ Absciscic acid

بالایی در جذب و انتقال آب داشته باشند و موجب حفظ درخت پیوندی از تنش خشکی شوند می تواند اهمیت فوق العاده ای در رونق صنعت مرکبات داشته باشد (شانکر، ۲۰۱۶؛ فیفای و تاجور، ۱۳۹۹؛ گورا و همکاران، ۲۰۲۲).

تنش های مختلف و از جمله تنش خشکی موجب فعال شدن ژن های خاصی می شوند که تولید ترکیبات بیوشیمیایی گوناگونی از جمله قندها، پروتئین ها، آمینو اسیدها و آمین ها را تنظیم می کنند (خان و خان، ۲۰۲۱). سازوکارهای مؤثر در تعیین سطح تحمل به خشکی وابسته به ویژگی هایی هستند که از جمله مهم ترین آنها می توان قابلیت تنظیم فشار اسمزی سلول ها، درجه پایداری غشاء های سلولی، وضعیت مومی شدن پوشش سلول، چگونگی جزء بندی مواد حیاتی و همچنین الگوی تحرک اندوخته های فتوسنتزی در گیاه را نام برد. بر این اساس، تحمل به خشکی صفتی ترکیبی به حساب می آید که شامل سازگاری های مختلف گیاه با محیط است و در این میان، توانایی برای جذب حداکثری آب از خاک همزمان با دفع حداقلی آب از بخش هوایی دارای نقشی اساسی در ایجاد این تحمل است (شانکر، ۲۰۱۶). در درختان مرکباتی که تحت تنش خشکی قرار گرفته باشند، تولید و انباشت هورمون هایی مانند اسید ابرسازیک و اسید جاسمونیک افزایش قابل توجهی پیدا می کند. اسید ابرسازیک تولید شده در ریشه های چنین درختانی در اثر جریان تعرقی وارد برگ ها می شود. در طول دوره کم آبی غلظت قندهای احیاء (فروکتوز و گلوکز) و غیر احیاء (ساکارز) افزایش و در عوض، غلظت سوربیتول دچار کاهش می شود. علاوه بر این همگام با بالا رفتن شدت خشکی، غلظت پرولین سلول ها نیز که یک عامل تنظیم کننده فشار اسمزی محسوب می شود، افزایش می یابد. بررسی ها نشان می دهد که افزایش غلظت پرولین در پایه های حساس به خشکی به دلیل آنکه با شدت بیشتری تحت تنش قرار دارند، بیشتر از پایه های متحمل است. افزایش غلظت فنل ها و پروتئین سلولی نیز از نتایج دیگر تنش خشکی به حساب می آید. غلظت پروتئین های محلول در ریشه و برگ پایه های متحمل به کم آبی از قبیل کاریزوسیترنج بیشتر از پایه های حساس به خشکی است که ناشی از نقش آنها در تغییر مسیرهای سوخت و سازی سلول و تأثیر آنها در فعال شدن سازوکارهای دفاعی سلول ها در شرایط تنش خشکی است (خان و خان، ۲۰۲۱).

یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در تعیین وضعیت مصرف آب توسط یک درخت مرکبات، نوع پایه است. مقدار ریشه ها، الگوی توزیع سیستم ریشه ای و همچنین کارایی ریشه ها برای جذب آب از خاک و انتقال آن به بخش های هوایی درخت همگی در این مورد دخیل هستند. اندازه قطر آوندهای چوبی که به هدایت هیدرولیکی ریشه ها مربوط است می تواند با نقشی که بر جذب و انتقال آب دارد، بر سرعت تعرق برگ ها نیز مؤثر باشد. نتایج به دست آمده از تحقیق سیوراشتاين (۱۹۸۱) در مورد هدایت هیدرولیکی ریشه چهار نوع پایه مرکبات نشان داد که هدایت هیدرولیکی ریشه رافلمون و کاریزوسیترنج بالاتر از نارنج و کلثوپارتماندارین بوده و لذا، دو پایه اخیر از نظر جذب آب از بستر و انتقال آن به بخش های دیگر درخت در حد پایین تری از رافلمون و کاریزوسیترنج بوده اند (رودریگز-گامیر و همکاران، ۲۰۱۰). تفاوت پایه ها از نظر میزان تحمل به تنش خشکی در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹ - درجه سازش پایه‌های تجاری مرکبات به شرایط کم‌آبی

فوزنر آلکاید	یوزو	ماکروفیلا (آلیمو)	کلثوپاتراماندارین	رنگپورلایم	مکزیکن لایم	ولکاملمون	رافلمون	سی ۳۵	کاریزوسیترنج	ترویزوسیترنج	سیتروملو	فلاتینگ دراگون	پونسیروس	تاپوانیکا	اسموس فلت سویل	گرتو	نارنج
میانگین	ب.ر.	ب.ر.	متوسط	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	متوسط	ب.ر.	ضعیف	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط تا خور.

از برخی خصوصیات ژنتیکی پایه‌ها که در تعیین درجه تحمل به خشکی مؤثر هستند می‌توان به عمق ریشه‌دوانی و گسترش افقی سیستم ریشه‌ای، کارایی جذب آب و املاح معدنی، آناتومی عناصر آوندی و قابلیت دستیابی به مواد کربوهیدراتی را نام برد (مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶). تجربه نشان می‌دهد که ارقام پیوندی روی پایه‌های پاکوتاه‌کننده تحمل کمی به شرایط کم‌آبی دارند. بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که توانایی رشد پایه‌ها تا حدود زیادی تحت تأثیر برخی ویژگی‌های مربوط به آوندهای چوبی و نسبت آوندهای چوبی به آبکش و همچنین اندازه و تراکم سلول‌های آوند چوبی است. حضور تعداد کمتری عناصر آوندی کوچک می‌تواند از طریق کاهش هدایت هیدرولیکی موجب رشد کمتر و کاهش ارتفاع تاج شود (خان و خان، ۲۰۲۱).

پایه‌ها می‌توانند در شرایط تنش آبی با ایجاد تغییر در هدایت هیدرولیکی گیاه، پتانسیل آب برگ و ضریب هدایت روزنه‌ای موجب تغییراتی در وضعیت فزیولوژیکی ارقام پیوندی شوند (شانکر، ۲۰۱۶). نقش تعیین‌کننده پایه‌ها در فرآیندهای جذب آب و عناصر غذایی تأثیر مهمی در وضعیت رشد و باردهی درختان پیوندی دارد. به همین دلیل، هر رقم تجاری می‌تواند بر حسب نوع پایه، درجات مختلفی از سازگاری و تحمل به تنش کم‌آبی را بروز دهد. به عنوان مثال پونسیروس و سیتروملو تحمل اندکی به تنش خشکی داشته ولی رنگپورلایم پایه‌ای متحمل به خشکی است و کاریزوسیترنج از این نظر در حد وسط قرار دارد. همچنین در پایه فوزنر آلکاید ۵ که دورگی از کلثوپاتراماندارین و پونسیروس است، تحمل به خشکی بیشتر از هر دو والد آن است (بومن و زوپرت، ۲۰۲۰). مثال دیگر در این زمینه، بالاتر بودن پتانسیل آب برگ ارقام پیوندی روی رافلمون و لیموشیرین نسبت به پایه‌های نارنج و کلثوپاتراماندارین است که تحمل بیشتر رافلمون و لیموشیرین به تنش خشکی را در مقایسه با نارنج و کلثوپاتراماندارین نشان می‌دهد. موضوع تأثیر پایه‌هایی مثل رافلمون در بالا نگه‌داشتن پتانسیل آب برگ می‌تواند توضیح خوبی برای آب‌دارتر بودن میوه‌های پیوندی روی اینگونه پایه‌ها باشد. علاوه بر این، پرآبی میوه‌های پیوند شده روی این پایه‌ها دلیل خوبی برای پایین بودن غلظت قندها (بریکس) و اسیدهای آلی عصاره در مقایسه با پایه‌هایی مثل نارنج یا کلثوپاتراماندارین است (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴).

اختلافی که بین پایه‌ها از نظر پتانسیل آب برگ رقم پیوندی دیده می‌شود می‌تواند علاوه بر تفاوت آنها در عمق ریشه‌دوانی، ناشی از اختلافشان در ضریب هدایت هیدرولیکی ریشه نیز باشد. به این ترتیب، در پایه‌هایی مانند رافلمون که ضریب هدایت

هیدرولیکی ریشه بالاست، آب بیشتری از واحد حجم ریشه قابل جذب است. بیشتر بودن ضریب هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها در پایه رافلمون می‌تواند توضیح خوبی برای زیاد بودن شدت رشد رقم پیوندی روی این پایه هم باشد که البته در اغلب موارد، بین پررشدی رقم پیوندی و میزان تحمل به سرما و یخ‌زدگی، همبستگی منفی وجود دارد (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴).

در بسیاری از مناطق مرکبات‌خیز، تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای ایجاد ساختارهای زهکشی بستر و یا انتخاب سیستم آبیاری می‌تواند موجب کاهش خطر غرقاب یا بروز تنش خشکی شود. بر اساس مشاهدات باغی، نارنج و پونسیروس از جمله پایه‌های متحمل به خاک‌های مرطوب و شرایط ماندابی هستند در حالی که کلئوپاترامانداین تحمل بسیار کمی به چنین شرایطی از خود نشان می‌دهد (بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰).

۹-۴-۲- غرقاب

تنش غرقابی به وضعیتی گفته می‌شود که زیاد شدن آب بستر در حدی باشد که باعث ایجاد شرایط بی‌هوازی در بخش زیرزمینی درخت و خفگی ریشه‌ها شود. این تنش اغلب که سبب تغییرات مخرب شیمیایی، بیوشیمیایی و الکتروشیمیایی در محلول خاک می‌شود، اغلب در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا باشد رخ می‌دهد. شرایط غرقابی شدن بستر اغلب در باغ‌های واقع در دشت‌های مسطح و پست و نزدیک برکه‌ها که خاک سنگین داشته باشند مهیا می‌شود. غرقابی شدن خاک می‌تواند ضمن کاهش پیش‌رونده غلظت اکسیژن بستر موجب احیاء برخی ترکیبات شیمیایی و بیوشیمیایی خاک شده و تنفس ریشه‌ها را مختل نماید (اسدی کنگرشاهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ تاجور و همکاران، ۱۳۹۸).

در اغلب موارد، پس از حدود ۲۴ ساعت از ماندگاری شرایط غرقابی، تمام اکسیژن قابل استفاده ریشه‌ها توسط ریشه‌های درختان و میکروارگانیسم‌های خاک مصرف می‌شود. بنابراین اگر ماندابی شدن خاک بیشتر از یک روز ادامه داشته باشد، بخش زیادی از ریشه‌های مرکبات صدمه خواهند دید. علاوه بر این، در خاکی که اشباع از آب باشد، تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها به صورت ناقص انجام شده و ترکیباتی مانند نیتريت، سولفید هیدروژن و آهن و منگنز دو ظرفیتی تولید می‌شود که برای سلامت و فعالیت ریشه‌ها مضر هستند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری ۱۳۹۳).

مرکبات در گروه گونه‌های حساس به غرقاب طبقه‌بندی شده و فاقد هرگونه قابلیت‌های ساختمانی برای مقابله با چنین تنشی هستند. در شرایط تنش غرقابی، بالا رفتن غلظت یک هورمون بازدارنده رشد به نام اسید ابسایزیک در برگ‌ها سبب بسته شدن روزنه‌های هوایی و کاهش ضریب هدایت روزنه‌ای برگ‌ها شده و از این طریق موجب کاهش خروج آب از گیاه می‌شود. به این ترتیب، تولید مواد فتوسنتزی در برگ‌ها کمتر شده و روند طبیعی توزیع کربوهیدرات‌ها در پیکره درخت از بین می‌رود. با ادامه‌دار شدن این شرایط، کاهش ضریب هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها موجب اختلال در جذب آب شده و به این ترتیب، برگ‌ها دچار پژمردگی، زرد شدن (کاهش کلروفیل) و در نهایت، ریزش می‌شوند و رشد عمومی درخت نیز کاهش می‌یابد. امروزه از شاخص پایداری کلروفیل برگ‌ها به عنوان معیاری قابل اطمینان برای رتبه‌بندی ارقام مختلف مرکبات در تحمل تنش غرقابی استفاده می‌شود. از طرف دیگر، مختل شدن وضعیت فیزیولوژیک ریشه‌ها موجب کاهش جذب عناصر غذایی شده و توازن طبیعی غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در سلول‌ها و همچنین جزءبندی این عناصر در درخت تغییر خواهد کرد. به عنوان نمونه، تنش غرقابی باعث کاهش جذب پتاسیم و پایین آمدن غلظت این عنصر در برگ‌ها می‌شود. با توجه به نقش

پتاسیم در جذب ریشه‌ای برخی از عناصر دیگر از قبیل مس و منگنز، کمبود این عناصر نیز مشاهده خواهد شد. شرایط احیایی ایجاد شده برای یون‌های سه ظرفیتی آهن و تبدیل شدن آنها به یون‌های دوظرفیتی نیز می‌تواند نتیجه دیگری از غرقابی شدن بستر باشد که در نهایت به دلیل جذب بیش از حد یون‌های دوظرفیتی، رشد ریشه‌ها کاهش خواهد یافت (اسدی کنگرشاهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ بوسال و همکاران، ۲۰۰۲؛ مارتینز کونکا و همکاران، ۲۰۱۶). تحمل یک درخت مرکبات به شرایط غرقاب تا حدود زیادی به مدیریت باغداری و از جمله انتخاب نوع پایه بستگی دارد. در جدول ۱۰، مقایسه‌ای بین پایه‌های تجاری مرکبات از نظر تحمل به تنش خشکی انجام گرفته است. مقایسه تحمل هفت پایه مختلف به تنش غرقابی در شرایط گلخانه‌ای نیز نشان داده است که پایه گوتو متحمل‌ترین پایه بوده و پس از آن به ترتیب سی ۳۵، سیتروملو، ترویرسیترنج، اسموس فلت سویل، کاریزوسیترنج و نارنج قرار داشته‌اند (اسدی کنگرشاهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ تاجور و همکاران ۱۳۹۸).

جدول ۱۰ - درجه سازش پایه‌های تجاری مرکبات به شرایط غرقاب

فورن آکاید	یوزو	ماکروفیلا (آلیمو)	کلوتاپاترا ماندارین	رنگپور لایم	مکریکن لایم	ولکا رملون	رافلمون	سی ۳۵	کاریز و سترینج	ترویر سترینج	سیتروملو	فلائینگ دراگون	پونسیروس	تاپوانیکا	اسموس فلت سویل	گوتو	نارنج
ضعیف	خوب	ضعیف تا متوسط	متوسط	ضعیف	خوب	خوب	متوسط	ضعیف	متوسط	خوب	خوب	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط تا خوب	ضعیف تا متوسط	

۹-۵- آب و هوا

شرایط اقلیمی منطقه را می‌توان در کنار وضعیت کلی خاک، یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده نوع پایه انتخابی دانست. به همین دلیل نوع پایه‌های معمول مرکبات از کشوری به کشور دیگر متفاوت بوده و حتی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای نیز از این نظر بین مناطق اقلیمی مختلف یک کشور دیده می‌شود (بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰). از نظر شرایط دمایی، دو تنش یخبندان و تنش گرمایی می‌توانند اهمیت زیادی در موفقیت تولید مرکبات و انتخاب نوع پایه داشته باشند. اطلاعات موجود نشان می‌دهد که پایه‌های مرکبات از نظر تحمل به تنش‌های یخبندان و گرما تنوع بالایی داشته و در طیف وسیعی قابل طبقه‌بندی هستند.

۹-۵-۱- تنش یخبندان

این تنش زمانی رخ می‌دهد دمای محیط به حد پایین‌تر از نقطه انجماد آب کاهش یافته باشد. لازم به ذکر است که غلظت مواد جامد موجود در بافت‌ها نقش زیادی در شدت تنش یخبندان دارد و به همین دلیل، شدت این خسارت بر حسب نوع اندام گیاهی و دوره‌های مختلف رشدی متغیر است. مرکبات بومی مناطق نیمه‌گرمسیری و گرمسیری جهان هستند و لذا کاهش شدید دما در دوران رشد فعال، خسارت زیادی به درخت وارد می‌کند. ارقام مختلف مرکبات حساسیت‌های متفاوتی به تنش یخبندان داشته و اندام‌های مختلف هر درخت نیز تحمل‌های متفاوتی به یخ زدگی دارند. به عنوان مثال حساسیت میوه‌ها به

یخزدگی بیشتر از برگ‌ها و شاخه‌هاست. برای میوه‌ها، عواملی از قبیل مدت پایدار ماندن هوای سرد، قدرت رشدی درخت، شرایط آب و هوایی قبل از بروز سرمای شدید، درجه بلوغ میوه و سرعت کاهش دما همگی بر میزان آسیب دیدن میوه اثر دارند. بررسی‌های میدانی در استان مازندران نشان داده است که اگرچه تحمل پایه پونسیروس به یخزدگی بیشتر از سایر پایه‌ها بوده است، اما نقش پایه کمتر از نوع رقم پیوندی و به ویژه زودرسی و دیررسی رقم بوده است (هاشم‌پور و تاجور، ۱۴۰۰). پایه پونسیروس که رقمی خزان‌دار و متحمل به یخبندان است می‌تواند خطر سرمازدگی درختان پیوندی را به شدت کاهش دهد. به همین دلیل در مناطق سردسیر ژاپن و مناطق مرکزی چین و همچنین در نوار شمالی کشورمان استفاده از این پایه به شرط اسیدی یا خنثی بودن پی‌اچ خاک می‌تواند تضمین‌کننده کاهش خطر سرمازدگی درختان و دستیابی به تولید اقتصادی پایدار باشد. در مقابل، رافلمون و ولکامریانا از حساس‌ترین پایه‌ها به یخبندان هستند. نارنج و انواع سیترنج نیز از این نظر در حد وسط قرار دارند. در جدول ۱۰ پایه‌های مختلف مرکبات از نظر تحمل تنش سرمایی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند (ووتشر، ۱۹۷۹؛ داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ عدولی، ۱۳۸۷؛ بومن و ژوپرت، ۲۰۲۰). در جدول ۱۱ پایه‌های تجاری مرکبات از نظر تحمل به تنش یخبندان مقایسه شده‌اند.

جدول ۱۱ - مقایسه تحمل پایه‌های تجاری مرکبات نسبت به تنش سرما

نارنج	چونو	اسموس فلت سویل	ناپونیکا	پونسیروس	فلاتینگ دراگرن	سیتروملو	ترویز سیترنج	کاریز و سیترنج	سی ۲۵	رافلمون	ولکامریون	مکزیکن لایم	رنگور لایم	کلوپاترا ماندارین	ماکروفیلا (آلیو)	یوزو	فوزن آکاید
ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	م.ر.س	م.ر.س	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.	ب.ر.

۹-۵-۲- تنش گرمایی

درختان مرکبات بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری بوده و به طور طبیعی برای رشد و باردهی مناسب نیاز گرمایی بالایی داشته و تحمل خوبی به گرما دارند. اگر درجه حرارت محیط حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای بهینه برای مرکبات (۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) باشد، تنش گرمایی آغاز می‌شود. گرمای بیشتر از ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد در صورتی که همراه با شرایط رطوبت نسبی پایین هوا باشد وضعیتی بحرانی را برای درخت ایجاد کرده و خسارت زیادی به درختان وارد می‌آورد. بررسی تاجور و همکاران (۱۳۹۵) نشان داده است که بالا رفتن دمای هوا در حد ۴۲ درجه سانتی‌گراد در شرایط رطوبت نسبی ۲۳ درصد و وزش باد با سرعت ۶۰ کیلومتر در ساعت موجب بروز نشانه‌های بارزی از تنش گرمایی و خسارت‌هایی در برگ و میوه‌چه‌های ارقام مختلف می‌شود. نشانه‌های ظاهری تنش گرمایی در مرکبات با توجه به نوع اندام و سن متفاوت است. به عنوان مثال، تنش گرمایی در مرحله گل‌دهی (اواسط فصل بهار) می‌تواند منجر به تشدید ریزش گل و کاهش عملکرد ناشی از این ریزش‌ها شود ولی همین تنش در دوره تشکیل میوه‌چه‌ها سبب سوختگی و زرد شدن میوه‌چه‌ها در ارقام حساس شود. همچنین، لوله‌ای شدن و زردی برگ‌ها هم از نشانه‌های معمول تنش گرمایی هستند (تاجور ۱۳۹۵؛ ویوس

پریس و همکاران ۲۰۲۴). واضح است که خسارت تنش گرمایی در درختان جوان و همچنین در زمان ظهور جست‌های رشدی، دوران گل‌دهی، تشکیل میوه و رشد میوه‌ها شدیدتر بوده و گاهی می‌تواند سبب خشکیدگی شاخه‌ها یا کل درخت شود. پایه‌ها از نظر تحمل تنش گرمایی دارای تنوع زیادی هستند (جدول ۱۲). بر این اساس، انتخاب درست نوع پایه می‌تواند راهکاری مهم برای کنترل واکنش ارقام پیوندی به تنش گرمایی باشد. به عنوان مثال اگر از رافلمون، ولکامریان، رنگپورلایم، لیمو عمانی و ماکروفیلا که عمق ریشه‌دهی زیادی دارند به عنوان پایه استفاده شده باشد، تحمل رقم پیوندی به گرما بیشتر از رقم مشابه پیوندی روی یک پایه سه‌برگچه‌ای با عمق کم ریشه‌دهی است (خان و خان، ۲۰۲۱؛ نعیم و همکاران ۲۰۲۴).

جدول ۱۲- تأثیر پایه‌های تجاری مرکبات در تحمل درختان پیوندی به تنش گرمایی

نارنج	گوته	اسموس فلت سویل	تاپوکا	پونسیروس	فلائیگ دراگون	سپروملو	تروپرسینج	کارنیزو سترنج	سی ۲۵	رافلمون	ولکامریون	میکریکن لایم	رنگپورلایم	کلونپاترماندارین	ماکروفیلا (آلیو)	پوزو	فورنر آکاید
د.ج	د.ج	د.ج	د.ج	ضعیف	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	د.ج	د.ج	د.ج	د.ج	متوسط	د.ج	متوسط	متوسط

۹-۶- بیماری‌ها

صنعت مرکبات جهان علاوه بر تنش‌های غیرزنده‌ای مانند کم‌آبی و شوری، همواره تحت تأثیر چندین عامل بیماری‌زای قارچی، باکتریایی، ویروسی و شبه‌ویروسی قرار دارد. بنابراین، اگرچه پایه‌ها بر عملکرد و کیفیت میوه‌های تولیدی اثر دارند، اما سودمندی نهایی حاصل از پرورش این محصولات وابستگی زیادی به مقاومت پایه نسبت به بیماری‌های مذکور داشته و حتی می‌تواند نقش پایه بر صفات باغبانی را تحت‌الشعاع خود قرار دهد (ووشر، ۱۹۷۹؛ بیترز، ۱۹۸۶؛ پاتریک، ۲۰۱۳؛ غایب‌زمهریر و همکاران، ۱۴۰۱).

۹-۶-۱- تریتز

تریتز به عنوان یکی از بیماری‌های ویروسی مرکبات می‌تواند مثال خوبی برای نشان دادن اهمیت گزینش درست پایه‌ها در موفقیت باغداری باشد. این ویروس، به وسیله مواد گیاهی آلوده و چند گونه شته منتقل می‌شود. امروزه بیماری تقریباً در تمام مناطق مرکبات خیز دنیا وجود دارد (مورنو و همکاران، ۲۰۰۸). توانایی کنترل بیماری به میزان گسترش ویروس، جدایه‌های آن و نوع پایه و پیوندک مرکبات در هر منطقه بستگی دارد (مورنو و همکاران، ۲۰۰۸). این بیماری که تهدید بسیار مهمی برای صنعت مرکبات جهان محسوب می‌شود توانست در نخستین شیوع جهانی خود در دهه ۱۹۴۰ میلادی تنها در آمریکای جنوبی موجب از بین رفتن بیش از یکصد میلیون درخت مرکبات شده و در حال حاضر نیز بیش از چهارصد میلیون درخت مرکبات پیوندی روی پایه نارنج که به این بیماری حساس است، در معرض خطر زوال قرار دارند (گورا و همکاران، ۲۰۲۲). مقاومت به اکثر جدایه‌های ویروس در *Poncirus trifoliata* گزارش شده است (رائی، ۲۰۰۶). بنابراین لازم است در مناطقی که احتمال بروز تریتز وجود دارد به جای نارنج از پایه‌های متحمل به این بیماری از قبیل پونسیروس و دورگ‌های آن استفاده کرد.

عموماً نارنگی‌ها نسبت به آلودگی ویروس متحمل هستند (کامبرا، ۲۰۰۰؛ غایب‌زمهریر و همکاران، ۱۴۰۱). وقوع تریتزا در ایران ابتدا در سال ۱۳۵۰ توسط ابراهیمی از نمونه‌های نارنگی انشو از ساری گزارش شد (ابراهیم‌نسبت و نینهوس، ۱۹۷۸). گزارش آلودگی از دو استان دیگر شمالی، گیلان و گلستان (ظفری و همکاران، ۱۳۹۲؛ نصرالله‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۲)، مناطق مرکبات خیز جنوب کشور (احمدی و همکاران، ۲۰۰۷) و وقوع گسترده زوال درختان مرکبات روی پایه نارنج از اوایل سال ۱۳۹۱ در مناطق ساری، قائمشهر و بابل (بنی‌هاشمیان و همکاران، ۱۳۹۲)، بیانگر اهمیت موضوع در ایران است. به صورتی غیردقیق و کلی می‌توان اظهار داشت که پایه‌های نارنج و ماکروفیل به تریتزا بسیار حساس بوده و پایه‌های رافلمون و کلثوپار تاماندارین از نظر حساسیت در سطح پایین‌تری از آنها قرار گرفته‌اند. همچنین، پایه‌های پونسیروس، انواع سیترنج‌ها، سیتروملو و همچنین ولکامریانا در گروه پایه‌های متحمل به تریتزا قرار می‌گیرند (گل‌عین و عدولی، ۱۳۹۷).

۹-۶-۲- پوسیدگی طوقه و ریشه

بیماری گموز فیتوفتورائی طوقه و ریشه از مهم‌ترین بیماری‌های قارچی درخت‌های مرکبات است که هر ساله خسارت قابل توجهی به باغداران وارد می‌کند (محمدعلیان و همکاران، ۱۳۹۵). شرایط آب و هوایی منطقه، نوع خاک و مدیریت آبیاری می‌تواند تأثیر زیادی در میزان خسارت وارد شده از حمله قارچ فیتوفترا داشته باشد. رطوبت بیش از حد و فقدان تهویه مناسب باعث توسعه پوسیدگی‌های قارچی طوقه و ریشه می‌شود. از طرفی، خسارت‌های فیزیکی وارد شده به ریشه‌ها که ممکن است ناشی از عملیات باغداری، تغذیه نماتدها و یا حمله حشراتی مانند انواع سرخرطومی (*Diaprepes weevil*) باشد موجب تضعیف سازوکارهای دفاعی گیاه شده و باعث تشدید خسارت‌های ناشی از حمله قارچ فیتوفترا شود (کونتا و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی‌ها نشان داده‌اند که میزان تحمل یک پایه به گونه‌های مختلف عوامل بیماری‌زا می‌تواند تا حد زیادی متفاوت باشد (گراهام و همکاران، ۲۰۰۳؛ گراهام و فایتنبرگر، ۲۰۱۵). به عنوان مثال، پایه‌های سیتروملو و همچنین اغلب کلون‌های پونسیروس اگرچه نسبت به گونه *P. nicotianae* بسیار متحمل هستند ولی نسبت به گونه *P. palmivora* حساسیت بالایی دارند (بومن و همکاران، ۲۰۰۲؛ غایب‌زمهریر و همکاران، ۱۴۰۱).

همچنین در مناطقی که احتمال پوسیدگی‌های قارچی از جمله پوسیدگی‌های ریشه و طوقه ناشی از قارچ فیتوفترا (*Phytophthora* sp.) زیاد باشد لازم است از به کار بردن پایه‌هایی مانند مکزیکن‌لایم، ماکروفیل و ولکامریانا خودداری کرد (پاتریک، ۲۰۱۳؛ گراهام و فیچتنبرگر، ۲۰۱۵؛ گورا و همکاران، ۲۰۲۲). گونه‌های *P. citrophthora*، *P. palmivora* و همچنین *P. nicotianae* می‌توانند موجب آسیب‌های جدی به طوقه و سیستم ریشه‌ای درختان جوان مرکبات شوند. یکی از اجزای کلیدی برای به حداقل رساندن آسیب بیماری، استفاده از پایه‌ای است که در برابر آلودگی مقاوم یا متحمل باشد (بوآوا و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین، استفاده از پایه‌های متحمل یکی از مهم‌ترین روش‌های مبارزه با بیماری فوق می‌باشد. بر اساس برخی گزارش‌ها، پایه‌های پونسیروس و نارنج نسبت به پوسیدگی طوقه متحمل بوده ولی رافلمون حساس می‌باشد. هستند. در بررسی دیگری، پونسیروس و بکرایی نسبت به پوسیدگی ریشه از نظر ارزیابی شاخص‌های وزن ریشه و ساقه متحمل بوده ولی نارنج نسبتاً حساس و رافلمون حساس تشخیص داده شد. همچنین گزارش شده است که انواع سیترنج‌ها و همچنین ماکروفیل

نسبت به پوسیدگی طوقه و ریشه متحمل بوده، ولکامریانا به آن حساس است و پایه‌های سیتروملو و ولکامریانا نیز از نظر حساسیت به این بیماری در حد متوسط قرار دارند (محمدعلیان و همکاران، ۱۳۹۵؛ غایب‌زمهریر و همکاران، ۱۴۰۱؛ گل‌عین و عدولی، ۱۳۹۷).

۹-۶-۳- نماتد (*Tylenchulus semipenetrans*)

نماتد مرکبات به صورت گسترده‌ای در باغ‌های مرکبات دنیا گسترش داشته و باعث زوال تدریجی درختان و کاهش محصول می‌شود. عارضه زوال و سرخشکیدگی درختان، یکی دیگر از مشکلات رایج در بسیاری از باغ‌های مرکبات است که می‌تواند ناشی از حمله انواع نماتدها باشد. از اینرو توجه جدی به موضوع گزینش پایه‌های متحمل به نماتدها یکی از مسائل مهم در مدیریت باغ‌های مرکبات است. نخستین گزارش از تفاوت درجه تحمل پایه‌ها به نماتد مرکبات مربوط به یک محقق آرژانتینی می‌باشد که پونسیروس را به عنوان پایه‌ای متحمل معرفی کرد. بر اساس نتایج گزارش شده از تحقیقی هم که در باغ‌های مرکبات شمال ایران به انجام رسیده است، نارنج یکی از پایه‌های حساس به نماتد بوده و در مقابل، پونسیروس و سیتروملو متحمل‌ترین پایه‌ها به نماتد شناخته شده‌اند. در این تحقیق، بکرایی و رافلمون از این نظر در محدوده نسبتاً حساس طبقه‌بندی شده‌اند (محمدعلیان و همکاران، ۱۳۹۶؛ غایب‌زمهریر و همکاران، ۱۴۰۱).

۹-۶-۴- گرینینگ (*Candidatus Liberibacter asiaticus*)

بیماری باکتریایی میوه‌سبز (گرینینگ^۱) مرکبات که به نام هوانگ‌لانگ‌بینگ^۲ (HBL) در جهان شهرت دارد به دلیل پراکندگی بالای ناقل این بیماری که نوعی پسیل آسیایی (*Diaphorina citri*) می‌باشد از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است (بوه، ۲۰۰۶؛ آرناس و همکاران، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹). این بیماری یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های مرکبات در اغلب ارقام تجاری مرکبات مانند پرتقال، لیمو، گریپ فروت و ... می‌باشد. خسارت آن عمدتاً به صورت سرخشکیدگی و زوال، کاهش شدید محصول و مرگ درختان میزبان می‌باشد. این بیماری توسط باکتری *Liberibacter* که یک باکتری محدود به آوند آبکش است، ایجاد می‌شود. خسارت این بیماری عمدتاً بصورت سرخشکیدگی و زوال، زردی سرشاخه، لکه‌های سبز زرد روی برگ‌ها، عدم تقارن میوه و کاهش شدید محصول و مرگ درختان میزبان می‌باشد (لی و همکاران، ۲۰۱۵). این باکتری بر اساس پراکنش جغرافیایی، نوع ناقل، حساسیت به درجه حرارت و ویژگی‌های مولکولی، دارای سه گونه به نام‌های *Candidatus Liberibacter asiaticus* (عامل تیپ آسیایی) و *Candidatus Liberibacter africanus* (عامل تیپ آفریقایی) و *Candidatus Liberibacter americanus* (عامل تیپ آمریکایی) می‌باشد (کولتافیلهو و همکاران، ۲۰۰۵). تیپ آسیایی گرینینگ در مناطقی از استان‌های جنوبی کشور گزارش شده است (کولبرت، ۲۰۰۵).

علاوه بر این، با توجه به تحمل بالای برخی از پایه‌های مرکبات از جمله پونسیروس و تعدادی از دورگ‌های آن لازم است در مناطقی که احتمال بروز این بیماری وجود دارد از چنین پایه‌هایی استفاده شود (آلبرچت و بومن، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲).

1 Greening

2 Huanglongbing

۹-۶-۵- جاروک لیموترش (*Candidatus Phytoplasma aurantifolia*)

بیماری جاروک لیموترش که عامل آن نوعی فیتوپلازما می‌باشد (*Candidatus Phytoplasma aurantifolia*) یکی از مهمترین بیماری‌های باغ‌های مرکبات به ویژه لیموترش در ایران و برخی کشورهای دیگر است که منجر به از دست رفتن بیش از یک میلیون درخت لیمو در نقاط مختلف کشت این محصول شده است (برتاچینی و دادوک، ۲۰۰۹؛ آل-یحیایی و همکاران، ۲۰۱۰). باکتری مذکور اکثر گونه‌های مختلف مرکبات را در شرایط کنترل شده آلوده می‌سازد که در میان آن‌ها لیموترش یکی از میزبان‌های تجاری مرکبات است. با این حال، عواملی که می‌توانند در ایجاد علائم بیماری جاروک موثر باشد، غلظت فیتوپلازما و واکنش متفاوت گیاه در دو شرایط دمایی مختلف گرم و خنک می‌باشد که در مجموع برآیند تأثیر دما روی بیمارگر و میزبان و در نهایت برهمکنش آن‌ها منجر به ظهور یا عدم ظهور علائم در گیاه می‌شود. در واقع، بالا رفتن دما ممکن است میزان حساسیت برخی از گونه‌های مرکبات را به بیماری جاروک لیموترش افزایش دهد و باعث ظهور و پیشرفت علائم بیماری در آن‌ها شود. در گزارش صالحی و همکاران علائم ظاهری بیماری جاروک لیموترش را در مکزیکن لایم و بکرایی مشاهده کردند ولی علائم ظاهری در دانهال‌های مایه‌زنی‌شده نارنج، ولکاملمون و پرشین لایم مشاهده نشد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۶). در گزارشی دیگر، حسن‌زاده‌خانکهدانی و همکاران، علائم جاروک فقط در دانهال‌های مکزیکن لایم، بکرایی و نارنج مشاهده شد ولی در ولکاملمون تا پایان آزمایش هیچ علائمی مشاهده نشد. بنابراین، انتخاب پایه باید با توجه به شرایط آب و هوایی هر منطقه صورت گیرد (حسن‌زاده‌خانکهدانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ غایب‌زمهریر و همکاران، ۱۴۰۱).

۹-۶-۶- اگزوکورتیس (*Citrus exocortis viroid, CEVd*)

این بیماری در پونسیروس و بیشتر هیبریدهای آن بخصوص سیترنج، لیمو رنگپور، بالنگ اتراگ، لیمو شیرین فلسطینی و لمون اهمیت دارد و در بعضی از گونه‌های مرکبات مثل پرتقال و نارنج، گریپ‌فروت، ماندارین و راف‌لمون بدون علائم است. علائم اگزوکورتیس در ارقام حساس شامل کوتولگی درخت، شکاف بر روی پوست و بخش‌هایی از پایه می‌باشد (بوه، ۱۹۹۵). در ساقه و برگ برخی از ارقام مرکبات، روخمش را همراه شکاف خوردگی و سیاه شدن رگبرگ‌ها و دمبرگ‌ها مشاهده می‌شود (حدیدی و همکاران، ۲۰۱۷). در درختان چهار تا هشت ساله‌ی آلوده، با ایجاد شکاف‌های عمودی روی پوست و طوقه، نوارهای نازک و باریکی از پوست خارجی درخت جدا می‌شود که به پوست، ظاهری ترک خورده و پوسته پوسته می‌دهد. علائم اگزوکورتیس روی بالنگ اتراگ به صورت کوتولگی شدید، روخمش و ناهمواری برگ، نکروز رگبرگ میانی، چین و چروک و نکروز دمبرگ و قهوه‌ای شدن نوک برگ می‌باشد (حدیدی و همکاران، ۲۰۱۷؛ دوران ویلا و سمانچک، ۲۰۰۳). اثرات هم‌افزایی (سینرژیستی) CEVd با سایر ویروئیدهای مرکبات منجر به افزایش پوسته‌پوسته شدن پوست یا کاهش رشد و عملکرد درختان مرکبات تجاری مانند نارنگی کلمانتین روی پایه پونسیروس (ورنیر و همکاران، ۲۰۰۶)، لیمو روی پایه نارنج (کیریاکو و همکاران، ۲۰۰۵)، نارنگی کلمانتین، پرتقال شیرین و تانجور روی پایه کاریزو سیترنج شده است (بنی‌هاشیان و همکاران، ۲۰۰۹؛ ۲۰۱۰).

۹-۷- کاکسیا (*Hop stunt viroid, HSVd*)

ویروئید کاکسیا در بین سایر ویروئیدها بیشترین دامنه‌ی میزبانی را دارد و علایم متفاوتی را در گیاهان مختلف ایجاد می‌کند. علایم بیماری کاکسیا در مرکبات شامل: کوتولگی، ترشح صمغ، روخمش‌ی و زردی برگ‌ها، ناسازگاری در محل پایه و پیوندک، ساقه آبله‌ای و زوال می‌باشد. ارقام نارنگی شامل؛ نارنگی کلمانتین، نارنگی انشو و نارنگی‌های دیگر، دورگ-های نارنگی مانند تانجلو از میزبان‌های شناخته‌شده بیماری کاکسیا به شمار می‌روند. بیماری کاکسیا از درختان نارنگی انشو و کلمانتین شمال ایران که علایم کوتولگی، صمغ زیر پوست، زردی و ضعف درختان و ساقه آبله‌ای را نشان می‌دادند، گزارش شده است (علوی و همکاران، ۲۰۰۷). علایم کاکسیا همچنین در آلیمو، لیمو رنگپور و کامکوآت هم مشاهده شده است (روستاگر، ۲۰۰۴). نتایج بررسی‌های محققین از آلودگی وسیع ارقام مرکبات کشور حکایت دارد (بنی‌هاشمیان و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین واریانت HSVd-IIb مولد زوال ویروئید کوتولگی رازک از درختان نارنگی تانجلو در منطقه جیرفت نیز گزارش شده است (بنی‌هاشمیان و همکاران، ۲۰۱۶).

نتیجه گیری

واکنش درختان مرکبات به شرایط بستر کشت و عوامل اقلیمی تا حدود زیادی تحت تأثیر نوع پایه قرار دارد. شدت رشد رویشی، ارتفاع تاج و سطح باردهی درخت تابع روابط متقابل پایه و رقم پیوندی است. علاوه بر این، زمان رسیدن محصول و برخی صفات ظاهری میوه از قبیل درشتی، وضعیت پوست (بافت، ضخامت و رنگ) و همچنین مشخصات گوشت (درصد عصاره، طعم، عطر و رنگ) می تواند تابع نوع پایه باشد. گذشته از این، پایه ها می توانند نقش مهمی را در تحمل تنش های زنده (عوامل بیماری زا) و غیرزنده (خشکی، غرقاب، شوری، پی اچ بستر و آب، گرما و یخبندان) ایفا کنند. بنابراین انتخاب پایه یکی از مهم ترین تصمیمات هر تولید کننده مرکبات در مرحله احداث باغ به حساب می آید. باغداری که این انتخاب را به درستی گرفته باشد می تواند بدون افزایش هزینه ها، تولید خود را اقتصادی تر کرده و رقابت بهتری با سایر تولید کنندگان منطقه در بازارهای داخلی و خارجی خواهد داشت.

شرایط اقلیمی و خاکی مناطق تولید مرکبات در ایران بسیار متنوع است. ویژگی های نارنج به عنوان نخستین پایه استفاده شده در صنعت مرکبات جهان به گونه ای است که می تواند در تمام استان های مرکبات خیز کشور پایه قابل قبولی باشد. در مقابل، طیف جغرافیایی قابل توصیه برای پونسیروس که ضمن تحمل یخبندان می تواند رشد تاج را نیز به خوبی کنترل کند بسیار محدود و تنها شامل بخش هایی از استان های مرکبات خیز شمال ایران است پی اچ بستر خنثی تا کمی اسیدی باشد. در سایر بخش های نوار شمالی می توان نارنج، سیترنج ها، سیتروملو و کلثوپاترماندارین را توصیه کرد. برای مرکبات کشت شده در استان های مرکزی و جنوبی کشور استفاده از نارنج یا پایه هایی که در گروه مرکبات گرمسیری (لیموها و لایم ها) قرار دارند قابل توصیه است. پایه های اخیر اغلب ضمن تحمل شرایط قلیایی و شوری می توانند به واسطه عمیق و گسترده بودن سیستم ریشه ای، کارایی بالایی نیز در جذب آب و عناصر معدنی داشته و شرایط کم آبی و گرما را تحمل کنند.

تجربه نشان داده است که انتخاب نوع پایه برای ارقام تحت کشت، یکی از مهم‌ترین تصمیم‌های هر تولیدکننده مرکبات در مرحله احداث باغ است. پایه‌ها بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام پیوندی نقش بارزی دارند. روابط متقابل رشد و نمو موجود بین رقم پیوندی و پایه می‌تواند نقش مهمی در تعیین سطح عناصر معدنی و ترکیبات آلی قابل جذب برای بخش هوایی درخت داشته و از این راه تأثیر زیادی بر مقدار محصول و کیفیت میوه‌ها بگذارد. پیوند ارقام مرکبات روی پایه‌های توصیه شده در هر منطقه می‌تواند ضمن کاهش خسارت تنش‌های زنده و غیرزنده موجب برداشت عملکرد بالاتری از میوه‌های مرغوب شده و درآمد اقتصادی تولیدکننده را افزایش دهد. در این نشریه سعی شده است تا ضمن بررسی عوامل مختلف مؤثر بر انتخاب نوع پایه، وضعیت تحمل یا حساسیت پایه‌ها به تنش‌های محیطی (زنده و غیرزنده) نشان داده شود. نویسندگان این نشریه امیدوارند که باغداران عزیز و زحمتکش با بهره گرفتن از مطالب کاربردی این نشریه تصمیم درستی را برای انتخاب نوع پایه گرفته و گام مهمی در راه افزایش تولید و ارتقاء کیفیت محصول بردارند. موفقیت در این مسیر می‌تواند تولیدکنندگان را به سود بیشتری رسانده و صنعت مرکبات کشور را تقویت نماید. به امید آن روز.

منابع:

- آمارنامه کشاورزی. ۱۴۰۰. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی مرکز فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات مرکز فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.
- ابراهیمی، ی. ۱۳۵۹. سیر تکاملی مرکبات در ایران. نشریه تحقیقات نهال و بذر. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱ (۱): ۳۸-۵۳.
- اسدی کنگرشاهی، ع.، ثواقبی، غ.، سمر، س.م. و اخلاقی‌امیری، ن. ۱۳۹۲. اثر تنش غرقاب بر فعالیت آنزیم کاتالاز و روند تغییرات کلروفیل برگ نارنگی انشو با پایه‌های مختلف در خاک‌های شرق مازندران. مجله تحقیقات خاک و آب ایران. دوره ۴۴ (۳): ۲۹۹-۳۰۹.
- اسدی کنگرشاهی، ع.، اخلاقی‌امیری، ن. ۱۳۹۴. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات (جلد اول). مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۱۲ ص.
- اسدی کنگرشاهی، ع.، اخلاقی‌امیری، ن. و سمر، م. ۱۳۹۴. شاخص درجه زردی و آهن فعال برای ارزیابی تحمل برخی پایه‌های مرکبات به آهک خاک. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، الف، جلد دوم (۳): ۲۸۴-۲۶۹.
- احمدپورجلگه، ا. ۱۳۹۹. بررسی و مقایسه عملکرد دو رقم پرتقال ناول جدید با رقم واشنگتن ناول روی پایه‌های مختلف مرکبات در منطقه جیرفت. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۳۷ ص.
- اسدی کنگرشاهی، ع.، اخلاقی‌امیری، ن. ۱۴۰۱. پایه سوئینگلسیتروملو (مرکبات) در خاک‌های آهکی استان مازندران (حساسیت، تحمل و بسترسازی). انتشارات مرسه تحقیقات خاک و آب. ۵۱ ص.
- اخلاقی‌امیری، ن. و اسدی کنگرشاهی، ع. ۱۴۰۱. تأثیر پایه سیترنج C35 بر ویژگی‌های رویشی و زایشی نارنگی انشو میاگاوا در کوهپایه و دشت شرق مازندران. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۲۳ (۱): ۷۹-۸۸.
- بنی‌هاشمیان، س.م.، ب. بحری، ع. زاغی، م. ت. شکوهی، م. گل محمدی، ی. محمد علیان، م. قاسمی و ب. گلچین. ۱۳۹۲. بروز زوال درختان مرکبات در باغات مناطق شهری و حاشیه شهرستان ساری. دومین همایش ملی بهار نارنج و فضای سبز شهری، ۱۹ و ۲۰ اردیبهشت، ساری. صفحات ۱۸۵-۱۸۶.
- تاجور، ی. ۱۳۹۵. تنش گرمایی در مرکبات (نشریه فنی). انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۱۸ ص.
- تاجور، ی. ۱۳۹۵. راهکارهای مدیریتی قبل و بعد از تنش یخبندان در مرکبات (نشریه فنی). انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۲۴ ص.
- تاجور، ی.، حیاتبخش، ع. و رفعت، ف. ۱۳۹۵. تحلیل ارتباطی برخی شاخص‌های هواشناسی و باغبانی در واکنش مرکبات به تنش گرما (مطالعه موردی استان مازندران). همایش ملی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تولیدات گیاهی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- تاجور، ی.، فیفای، ر.، گل محمدی، م. و ایزدی‌امیری، ه. ۱۳۹۸. سیلاب و تنش غرقابی در مرکبات. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی. ۱۷ ص.
- تاجور یحیی، رضا فیفای، مرتضی گل محمدی، هادی ایزدی‌امیری. ۱۳۹۸. سیلاب و تنش غرقابی در مرکبات. انتشارات مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی. نشریه فنی. ۱۷ ص.
- تاجور، ی.، ۱۴۰۳ فیفای، ر.، عدولی، ب. و عبادی، ه. ۱۴۰۲. ارزیابی کارایی ترکیب کائولین بر کاهش تنش خشکی در نارنگی پیچ. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۴۱ ص.
- توکلی، امیررضا. ۱۳۸۴. گزارش پژوهشی مرکبات ایستگاه تحقیقات داراب فارس. انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۸۷ صفحه.
- توکلی، ا. ۱۳۸۹. بررسی اثر پایه‌های مختلف بر خواص کمی و کیفی سه رقم لایم جدید در داراب. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۱۷ ص.
- حاجی‌وند، ش.، کرم‌پور، ف. و حسینی، ی. ۱۳۸۲. مقایسه چهار پایه مرکبات جهت انتخاب مناسب‌ترین آن برای لایم در سواحل خلیج فارس و بحر عمان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، ۱۶ ص.
- حاجی‌وند، ش. ۱۴۰۰. ارزیابی بهترین ترکیب پایه و پیوندک لایم (*C. aurantifolia*) در شرایط اقلیمی منطقه میناب. مجله پژوهش‌های میوه‌کاری. ۶ (۲): ۵۱-۶۱.

- حسن‌زاده خانکهدانی، ح. و بهرامی، ح. ۱۳۸۷. بررسی و مقایسه عملکرد ارقام رودان لایم (لایم بی‌تیغ)، لایم معمول میناب (لایم تیغ‌دار) و پرشین لایم روی پایه مکزیکن لایم. مجموعه مقالات همایش منطقه‌ای کشاورزی، محور رشد و توسعه. ۵۴-۶۳.
- حسن‌زاده خانکهدانی، ح. ۱۳۹۶. بررسی اثر پایه بر شاخص‌های رویشی، عناصر معدنی و واکنش به فیتوپلاسمای عامل بیماری جاروک لیموترش در پیوندک ژنوتیپ‌های مختلف پرشین لایم (*Citrus latifolia*) رساله دکترا، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان. ۲۷۱ ص.
- حسن‌زاده خانکهدانی، ح.، گل‌عین، ب. و گل‌محمدی، م. ۱۳۹۸. استفاده از پایه ولکامرلمون در تولید نهال مرکبات در جنوب کشور. انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۱۹ ص.
- داداش‌زاده، ب. ۱۳۸۶. اثرات کمی و کیفی پایه‌های جدید روی ارقام پرتقال در شمال ایران. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۱۶ ص.
- راهب، س. ۱۳۹۲. تنش خشکی در مرکبات. انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۱۵ ص.
- شاکرزاده، ا. ۱۳۷۳. بررسی تطابق پرتقال محلی (سیاورز) با پایه‌های مختلف مرکبات در خوزستان (دزفول) و معرفی پایه‌های مناسب برای پرتقال در منطقه. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۳۳ ص.
- شفیعی‌زرگر، ع. ۱۳۸۳. اثرات پایه‌های مختلف روی صفات کمی و کیفی ارقام لمون و انتخاب مناسب‌ترین پایه‌ها. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۲۲ ص.
- شفیعی‌زرگر، ع. ۱۳۸۱. انتخاب مناسب‌ترین پایه برای دو رقم گریپ‌فروت تجاری در منطقه دزفول پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۲۳ ص.
- شفیعی‌زرگر، ع. ۱۳۸۱. انتخاب مناسب‌ترین پایه برای لیموشیرین. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۱۶ ص.
- صالحی، م.، نجات، ن.، توکلی، ا.، ایزدپناه، ک. ۱۳۸۴. واکنش ارقام مرکبات به فیتوپلاسمای عامل جاروک لیموترش در ایران. مجله بیماری‌های گیاهی. ۴۱: ۳۶۳-۳۷۶.
- ظفری، ه.، س. م.، بنی‌هاشمیان، ا.، روحی بخش و ب. بحری. ۱۳۹۲. ردیابی ویروس تریستزای مرکبات در استان گیلان. بیماری‌های گیاهی ۴۹: ۴۶۴-۴۶۳.
- عابدی‌قشلاقی، ا. و جوادی‌مجدد، د. ۱۳۸۴. اثرهای سه نوع پایه روی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال تامسون ناول. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. جلد ۶: (۴): ۲۲۳-۲۳۲.
- عبادی، ه.، عدولی، ب.، غلامیان، ا.، فتاحی‌مقدم، ج.، گل‌محمدی، م.، مرادی، ب. و محمدعلیان، ی. ۱۳۹۳. راهنمای کشت و کار مرکبات. انتشارات مرکز نشر آموزش کشاورزی. ۳۲۸ ص.
- عبادی، ه.، غلامیان، ا.، فتاحی‌مقدم، ج.، گل‌عین، ب.، گل‌محمدی، م. و مرادی، ب. ۱۳۹۷. راهنمای کاشت، داشت، برداشت و عرضه مرکبات. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۴۰۳ ص.
- عدولی، ب. ۱۳۸۷. پایه‌های متحمل به سرما در مرکبات. انتشارات مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی مازندران. ۱۲ ص.
- غایب زمهریر، م.، ابراهیمی، ن. و صمدانی، ب. ۱۴۰۱. دستنامه گیاه‌پزشکی مرکبات. انتشارات مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. ۱۱۵ ص.
- فیفاپی رضا و یحیی تاجور. ۱۳۹۹. مقابله با آسیب‌های ناشی از خشکی در مرکبات. نشر آموزش کشاورزی. نشریه - شابک ۶-۸۱۵-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸ گل‌عین، ب.، عدولی، ب. ۱۳۹۰. مرکبات (کاشت). انتشارات نوین پویا. ۱۶۰ ص.
- گل‌عین، ب. و عدولی، ب. ۱۳۹۷. کاربرد رقم‌ها و پایه‌های مناسب در کشت و توسعه مرکبات. نشر آموزش کشاورزی. ۴۰ ص.
- گنجی‌مقدم، ا.، ایمانی، ع.، بوذری، ن.، پیرخضری، م.، تراهی، ع.، حسنی، د.، حکم‌آبادی، ح.، دژم‌پور، ج.، رهنمون، ح.، زارع، ح.، زینالو، ع.، عبدالحی، ح.، عدولی، ب.، قره‌شیخیات، ر.، کاووسی، ب.، کرمی، ف.، مختاریان، ع.، نجاتیان، م. و وظیفه‌شناس، م. ۱۴۰۲. میوه‌کاری در ایران. انتشارات تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی. ۹۴۵ ص.
- محمد علیان، ی.، بنی‌هاشمیان، س. م.، طاهری، ح. و مرادی، ب. ۱۳۹۵. بررسی تحمل بیوتیپ‌های بکرایی و آفت‌تایپ نارنج نسبت به پوسیدگی فیتوفتورایی طوقه و ریشه مرکبات. انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری. ۳۴ ص.

محمدعلیان، ی.؛ بنی‌هاشمیان، ن.، گل محمدی، م.؛ بنی‌هاشمیان، س.م. و بشیری، س. ۱۳۹۶. ارزیابی تحمل برخی پایه‌های مرکبات به نماتد مرکبات در گلخانه (*Tylenchulus semipenetrans*). نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۱ (۴): ۷۰۰-۷۰۵

هاشم پور ابوذر و یحیی تاجور. ۱۴۰۰. تنش سرما و یخ زدگی در مرکبات و کیوی و راهکارهای کاهش خسارت آن. انتشارات موسسه تحقیقات علوم باغبانی. نشریه فنی. ۳۷ ص.

- Ahmadi, S., Afsharifar, A. Niazi, A. and Izadpanah, K. (2007). Distribution and genetic diversity of *Citrus tristeza virus* (CTV) isolates in Kerman province. Iranian Joral Plant Pathology. 351-371.
- Ahmad, P., Wani, M.R., Azooz, M.M., Tran, L.-S.P. 2013. Improvement of crops in the Era of climatic changes. Springer-Verlag New York.
- Alavi, S.M., Ahounmanesh, A. and Rahimian, H.A. (2007). Nucleotide Sequence of Hop Stunt Viroid cDNA from Cachexia infected Citrus Plants in Mazandaran Province Advance Access published 2007.
- Albrecht, U.; M. Dutt, and J. Grosser. (2019). Citrus Nursery Production Guide, Chapter 6: Citrus Rootstock Propagation: Traditional Techniques and Recent Advances. The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) University of Florida Extension Service: HS 1329.
- Al-Yahyai, R., Khan, I., Al-Said, F., Al-Sadi, A., Al-Wahaibi, A. and Deadman, M. (2010). Status of *Citrus aurantifolia* Infected with witches'broom disease of lime in oman. 375-381.
- Anonymous. (1972). Rootstocks for desert citrus. Citrograph, 58(4): 124-125.
- Anonymous. (2012). *Citrus aurantifolia*. Campus Arboretum. University of Arizona Press. Available online by: <https://apps.cals.arizona.edu › arboretum>
- Anonymous. (2005). Yuzu Ichandrin. USDA Germplasm Resources Information Network page for Yuzu. Available online by: <https://citrusvariety.ucr.edu/>
- Asadi Kangarshahi, A. and N. Akhlaghi Amiri. (2020). Evaluation of growth rate and vegetative and physiological characteristics of Satsuma mandarin on C -35 rootstock in some calcareous soils. J. Soil Res. 34(2): 215 -234. (In Persian)
- Balfagón, D., Zandalinas, S. I., Baliño, P., Muriach, M., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Involvement of ascorbate peroxidase and heat shock proteins on citrus tolerance to combined conditions of drought and high temperatures.
- Bani-Hashemian, S.M., Serra, P., Barbosa, C.J., Juárez, J., Aleza, P., Corvera, J.M., Lluch, A., Pina, J A. and Duran-Vila, N. (2009). Effect of a field-source mixture of citrus viroids on the performance of “nules” clementine and “navelina” sweet orange trees grafted on carrizo citrange. Plant Disease. 93(7):699–707.
- Bani-Hashemian, S.M., Murcia, N., Trenor, I. and Duran-Vila, N. (2010). Low performance of citrus trees grafted on Carrizo citrange is associated with viroid infection. Journal of Plant Pathology Advance Access published 2010.
- Bani-Hashemian, S.M., Taheri, H., Mohammad Alian, Y., Bové, J.M. and Duran-Vila, N. (2013). Complex mixtures of viroids identified in the two main citrus growing areas of Iran. Journal of Plant Pathology. 95(3):647–654.
- Bani-Hashemian, S.N., Bani Hashemian, S.M. and Ashkan, S.M. (2016). Determination of the dominant variants of Hop stunt viroid in two different cachexia isolates from North and South of Iran. Journal of Agricultural Science and Technology. 18(5):1431–1440.
- Bassal, M.A. (2009). Growth, yield and fruit quality of Marisol clementine grown on four rootstocks in Egypt. Scientia Horticulturae. Vol. 119 (2). 132-137
- Bertaccini, A. and Duduk, B. (2009). Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. Phytopathologia mediterranea. 48:355-378
- Bitters, W.P. (1986). Citrus Rootstocks: Their Characters and Reactions. University of California. pp. 236
- Bové, J.M. (1995). Virus and virus-like diseases of citrus in the Near East region Advance Access published 1995.
- Bowman, K.D. and Joubert, J. (2020). Citrus Rootstocks. In: Talon, M., Caruso, M. and Gmitter, F.G. (Eds), The Genus Citrus. Woodhead Publishing. pp. 105-126
- Bhusal, R.C.; Mizutani, F. and Rutto, L. (2002). Selection of rootstocks for flooding and drought tolerance in citrus species. Pakistan Journal of Biological Sciences. 5(5): 509-512.
- Cambra, M., Gorris, M.T., Marroquín, C., Román, M. P., Olmos, A., Martínez, M.C., Hermoso de Mendoza, A., López, A. and Navarro, L. (2000). Incidence and epidemiology of *Citrus tristeza virus* in the Valencian Community of Spain. Virus Research. 71:85-95.
- Cameron, J. W. and R. K. Soost. (1986). C35 and C32: citrange rootstocks for citrus. Hortscience 21(1): 157-158.
- Carr, M.K.V. 2012 The water relations and irrigation requirements of citrus (*Citrus* spp.): a review. Experimental Agriculture 48 (3) 347-377.

- Castle, W.S. and Krezdorn, A.H. (1975). Effect of citrus rootstocks on root distribution and leaf mineral content of 'Orlando' tangelo trees. *Journal American Society for Horticultural Science* 100 1-4.
- Castle, W.S. (1978). Citrus root systems: their structure, function, growth, and relationship to tree performance. In *Proc. Proceedings of the International Society of Citriculture*, Sydney (15-23 August), 62-69.
- Castle, W.S. (1987). Citrus Rootstocks. In: Rom, R.C. and Carlson, R.F. (Eds), *Rootstocks for Fruit Crops*. Wiley, New York. pp. 361-395
- Castel, W.S., Pelosi, R.R., Youtsey, C.O., Gmitter, F.G., Lee, J.R.F. and Hu, X. (1992). Rootstocks similar to sour orange for Florida citrus trees. *Proceeding of Florida State Horticultural Society*. 105:56-60
- Castle, W.S., Bowman, K., Graham, J.H., Tucker, D.P.H. (2006). Florida citrus rootstock selection guide. UF/IFAS, SP248, University of Florida, Gainesville
- Castle, W.S. and Nunnallee, J. (2009). Screening citrus rootstocks and related selections in soil and solution culture for tolerance to low-iron stress. *HortScience*. 44(3): 638-645
- Castel, W.S., D.P.H. Tucker; A.H. Krezdorn and Youtsey, C.H. (2016). *Rootstocks for Florida Citrus* (4th edition). University of Florida, Ministry of Food and Agricultural Science. pp. 93
- Choularas, V., Dimassi, K., Therios, I., Mollassiotis, A. and Diamantidis, G. (2004). Root-reducing capacity, rhizosphere acidification, peroxidase and catalase activities and nutrient levels of *Citrus taiwanica* and *C. volkameriana* seedlings, under Fe deprivation conditions. *Agronomie* 24: 1-6
- Coletta-Filho, H.D., Takita, M.A., Targon, M.L.P.N. and Machado, M.A. (2005). Analysis of 16S rDNA Sequences from Citrus huanglongbing Bacteria Reveal a Different *Ca. Liberibacter* strain Associated with Citrus Disease in Sao Paulo. *Plant Disease*. 89:848-852.
- Culbert, D. (2005). Citrus greening—Another threat to agriculture. IFAS Extension, University of Florida. Available from URL: [http://okeechobee.ifas.ufl.edu/News %20 columns/Citrus%20Greening%20 Disease.htm](http://okeechobee.ifas.ufl.edu/News%20columns/Citrus%20Greening%20Disease.htm).
- Davies, F.S. and Albrigo, L.G. (1994). *Citrus*. CAB International, axon. UK. pp. 254
- Duran-Vila, N. and Semancik, J.S. (2003). Citrus viroids. *Viroids Advance Access published* 2003.
- Ebrahimi-Nesbat, F. and Nienhaus, F. (1978). Occurrence of *Citrus tristsza virus* in Iran. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 85:308-312.
- Etehadpour, M., Fatahi, R., Zamani, Z., Golein, B., Naghavia, M. and Gmitter, F. (2020). Evaluation of the salinity tolerance of Iranian citrus rootstocks using morphophysiological and molecular methods. *Scientia Horticulturae*, vol. 261, In press
- Forner, J.B., M.A. Forner-Ginger and A. Alcaide. (2003). Forner-Alcaide 5 and Forner-Alcaide 13: Two new citrus rootstocks released in Spain. *Hort Science*. 38(4):629-630
- Golein, B., Bigonahb, M., Azadvar, M. and Golmohammadi, M. (2012). Analysis of genetic relationship between 'Bakraee' *Citrus* sp.) and some known Citrus genotypes through SSR and PCR-RFLP markers. *Scientia Horticulturae*. 148: 147-153.
- Gonzalez-Mas, M.C., Liosa, M.J., Quijano, A. and Forner-Giner, M.A. (2009). Rootstock effects on leaf photosynthesis in 'Navelina' trees grown in calcareous soil. *HortScience*. 44:208–283.
- Gora, J.S., Ram, C., Poonia, P.K., Choudhary, M. and Haldhar, S.M. 2022. Polyploid rootstocks in citrus for mitigation of biotic and abiotic stresses: A review. *Journal of Agriculture and Ecology*. Vol. 13:1-19
- Hadidi, A., Flores, R., Randles, J.W. and Palukaitis, P. (2017). *Viroids and satellites*. Academic Press.
- Hamze, M., Ryan, J. and Zaabout, M. (2008). Screening of citrus rootstocks for lime-induced chlorosis tolerance. *Journal of Plant Nutrition*. Vol. 9: 459-469.
- Hassanzadeh Khankahdania, H., Rastegara, S., Golein, B., Golmohammadi, M. and Aboutalebi Jahromi. (2019). Effect of rootstock on vegetative growth and mineral elements in scion of different Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) genotypes. *Scientia Horticulturae*. 246, 136–145.
- Hodgson, R.W. (1967). Horticultural varieties of Citrus. In: Reuther, W., Webber, H.J. and Batchelor, L.D. (eds.). *The Citrus industry*, Vol. 1: History, World Distribution, Botany and Varieties. university of California, Division of Agricultural Science, Berkeley, California Press. pp. 431-588.
- Jacomien, K. (2019). Citrus Plant Propagation (Learner Guide), Module 3: Citrus Rootstocks. Citrus Academy Press. pp. 1-16.
- Janick, J. and Moore, J. N. (1996). Fruit Breeding. In: J. Janick and J. N. Moore (Ed), *Tree and Tropical Fruits*. John Wiley and Sons, Inc
- Jover, S., Martinez-Alcántara, B., Rodríguez-Gamir, J., Legaz, F., Primo-Millo, E., Forner, J. and Forner-Giner, M.A. (2012). Influence of rootstocks on photosynthesis in navel orange leaves: effects on growth, yield and carbohydrate distribution. *Crop Science*, 52:836–848

- Kriedemann, P.E. and Barrs, H.D. (1981) Citrus orchards. In Kozlowski TTs (ed) Water Deficits and Plant Growth, Academic Press, New York, pp. 325-417.
- Khan, I. A. 2007. Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology. CAB International, UK. pp. 381.
- Khan, M.S. and Khan, I.A. 2021. Citrus Research, Development and Biotechnology (eBook). Available online by: <https://www.intechopen.com/books>.
- Kyriakou, A., Ioannou, M., Hadjinicolis, A., Hoffman, R., Antoniou, E., Papayiannis, L., Kapari-Isaia, T. and Ioannou, N. (2005). *Citrus Exocortis* and *Cachexia Viroids* Affect Growth, Yield and Fruit Quality of Lapithou Lemon on Sour Orange Rootstock in Cyprus. In International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010).
- Lee, J., Susan A., Halbert, E., William Dawson, O., Cecile Robertson, J., James Keesling, E. and Burton Singer, H. (2015). Asymptomatic spread of huanglongbing and implications for disease control. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1508253112.
- Legua, P., Bellver, R., Forner, J. and Forner-Giner, M.A. (2011). Plant growth, yield and fruit quality of 'Lane Late' navel orange on four citrus rootstocks. *Journal of Agricultural Research* .9(1): 271-279
- Mademba-Sy, F.; Lemerre-Desprez, Z. and Lebegin, S. (2012). Use of Flying Dragon trifoliate orange as dwarfing rootstock for citrus under tropical climatic conditions. *HortScience*, 47(1):11-17.
- Martinez-Fuentes, A., Mesejo, C., Reig, C. and Agustia, M. (2010). Timing of the inhibitory effect of fruit on return bloom of 'Valencia' sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Journal of Science for Food and Agriculture*. 90, 1936-1943
- Martínez-Alcántara, B., Rodríguez-Gamir, J., Martínez-Cuenca, M.R., Iglesias, D.J., Primo-Millo, E. and Forner-Giner, M.A. (2013). Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. *monstruosa*) Trees. 27:629–638
- Martinez-Cuenca, M.; Primo –Capella, A. and Forner Giner, M.A. (2016). Influence of Rootstock on Citrus Tree Growth: Effects on Photosynthesis and Carbohydrate Distribution, Plant Size, Yield, Fruit Quality, and Dwarfing Genotypes. In: E. Rigobelo (Ed), *Plant Growth*. (pp. 107-129). Available online by: <https://www.intechopen.com>
- Mazhar, M. S., Anwar, R. and Maqbool, M. (2007). A review of alternate bearing in citrus. In: *Proceeding of International Symposium on Prospects of Horticultural Industry in Pakistan*, 28-30 March. Faisalabad, Pakistan. pp. 143-150.
- Monselise, S. P., Goldschmidt, E. E. and Golomb, A. (1981). Alternate bearing in Citrus and ways to control. In: *Proceedings of 4th. International Society for Citriculture*, 9-12 November. Tokyo, Japan. pp. 239-242
- Mooney, P. (2001). *Growing Citrus in New Zealand a Practical Guide*. HOrt Research & NZ Citrus Growers. pp. 8-26.
- Moreno, J.; Piquer, J.; Pina, J.A.; Juarez, J.; Carbonell, E. and Navarro, L. (1993). Preliminary data on tolerance of Gou Tou orange to tristeza in Spain. In: *Proceedings of 12th. International Organization of Citrus Virologists Conference*. University of California, Riverside, pp. 78-83
- Moreno, P., Ambrós, S., Albiach-Martí, M.R., Guerri, J. and Peña, L. (2008). *Citrus tristeza virus*: a pathogen that changed the course of the citrus industry. *Molecular Plant Pathology*. 9(2):251–268.
- Morgan, K.T., Obreza, T.A. and Scholberg, J.M.S. (2007) Orange tree fibrous root length distribution in space and time. *Journal American Society of Horticultural Science* 132 262- 269.
- Mukhopadhyay, S. (2004). *Citrus Production, Postharvest, Disease and Pest Management*. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. pp: 25-34.
- Naeem, S., Sami, A., Haider, M.Z., Ali, M.H., Khaliq, A., Akram, M.I., Mudasar, M., Ali, Q., Junaid, M.D. (2024) Heat stress in citrus: A molecular functional and biochemical perception. *Bull. Biol. All. Sci. Res*. 9: 69. doi: <https://doi.org/10.54112/bbasr.v2024i1.69>
- Nasrollanejad, S., Ziyarat, M. and Fakhrabad, F. (2012). The determination of *Citrus tristeza virus* strains in the North of Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4: 1714-1719
- Nishikawa, F., Iwasaki, M., Fukamachi, H., Nonaka, K., Imai, A., Takishita, F., Yano, T. and Endo, T. (2012). Fruit bearing suppresses citrus flowering locus T expression in vegetative shoots of Satsuma mandarin. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 81(1), 48-53
- Ordúz-Rodríguez, J. O. and Garzon, D. L. (2012). Alternate bearing and phenology of 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) in the lowland wet tropics of Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 13(2), 136-144.
- Parsoners, J.M. (2023). Changsha tangerine. Available online by: <http://www.plantanswers.com/changsha.htm>.
- Patrick, O. (2013). Citrus breeding for biotic and abiotic tolerances; new tools and strategies for biodiversity mobilization. In: *Proceedings of Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants: The Challenge for the 21st Century*, 6-8 November. Bahia, Brazil, pp. 922-928.

- Pérez-Jiménez, M. and Pérez-Tornero, O. (2020). Improved salt-tolerance in *Citrus macrophylla* mutant rootstocks. *Scientia Horticulturae*, vol. 259.
- Pérez-Jiménez, M. and Perez-Tornero, O. (2021). Short term waterlogging in citrus rootstocks. *Plants*. Available online by: . <https://doi.org>.
- Pestana, M., Varrenes, A., Abadia, J. and Faria, E.A. (2005). Differential tolerance of iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. *Scientia Horticulturae*, 104: 25-36.
- Rai, M. (2006). Refinement of the *Citrus tristeza virus* resistance gene (CTV) positional map in poncirus trifoliata and generation of transgenic grapefruit (*Citrus paradise*) plant lines with candidate resistance genes in this region. *Plant Mol. Biol.* 61:399-414.
- Rodriguez-Gamir, J., Intrigoliolo, D.S., Primo-Millo, E. and Forner-Ginger, M.A. (2010) Relationships between xylem anatomy, root hydraulic conductivity, leaf/root ratio and transpiration in citrus trees on different rootstocks. *Physiologia Plantarum* 139 (2) 159-169.
- Roistacher, C.N. 2004. Diagnosis and management of virus and virus like diseases of citrus. In *Diseases of Fruits and Vegetables Volume I*, pp. 109–189. Springer.
- Salibe, A.A. and Cereda, E. (1984). Limitations on the use of Volkamer lemon as rootstock for citrus. *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*. University of California. pp. 371-374.
- Sanderson, G. and Skewes, M.A. (2017). C35 Citrus Rootstock: A complicated story. *Australian Citrus News*. pp. 16-17.
- Shalom, L., Samuels, S., Zur, N., Shlizerman, L., Zemach, H., Weissberg, M., Ophir, R., Blumwald, E. and Sadka, A. (2012). Alternate bearing in citrus: Changes in the expression of flowering control genes and in global gene expression in ON-versus OFF- crop Trees. From <http://www.plosone.org>.
- Shalom, L., Samuels, S., Zur, N., Shlizerman, L., Doron-Faigenboim, A., Blumwald, E. and Sadka, A. (2014). Fruit load induces changes in global gene expression and in abscisic acid (ABA) and indole acetic acid (IAA) homeostasis. Retrieved November, 13, 2014, *Journal of Experimental Botany*. from www.jxb.oxfordjournals.
- Shanker, A. (2016). Abiotic and biotic stress in plants, Recent advances and future perspectives. In: B. Cimen and T. Yesiloglu (Ed), *Rootstock breeding for abiotic stress tolerance in citrus*. (pp. 527-564). BOOK METRICS OVERVIEW.
- Singh, A., Saini, M.L. and Behl, R.K. (2003). Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates – A review. *Tropics*, Vol. 13(1). 53-66.
- Spiegel-Roy, P. and Goldschmidt, E. E. (1996). *Biology of Citrus*. Cambridge University Press. pp. 230.
- Storey, R. and R.R. Walker. (1999). Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae*. 78:39-81.
- Stover, E.D. and Castle, W. (2002). Citrus rootstock usage, characteristics and selection in the Florida Indian River Region. *Horticultural Technology*. 12 (1): 143-147.
- Swingle, W. T. (1967). The botany of Citrus and its wild relatives. In: Reuther, W., Batchelor, L.D. and Webber, H.J. (Eds), *The Citrus Industry*. Vol.1. History, World Distribution, Botany, and Varieties. University of California Division of Agricultural Science. Berkeley, pp: 190 – 422.
- Syvertsen, J.P. (1981) Hydraulic conductivity of four commercial citrus rootstocks. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106 (3) 378-381.
- Vernière, C., Perrier, X., Dubois, C., Dubois, A., Botella, L., Chabrier, C., Bové, J.M. and Vila, N.D. (2006). Interactions between citrus viroids affect symptom expression and field performance of clementine trees grafted on trifoliata orange. *Phytopathology*. 96(4):356–368.
- Villegas-Monter, A., Matínez-Ochoa, E.D.C., Andrade-Rodríguez, M. and Villegas-Velázquez, I. (2020). Citrus polyembryony. In: Pereira, M., Gonzatto, P. and Scherer Santos, J. (Eds), *Advances in Citrus Production and Research*. Available online by: <https://cdn.intechopen.com/pdfs/82707>.
- Vives-Peris V., R. M. Pérez-Clemente, A. Gómez-Cadenas and M. F. López-Climent. 2024. Involvement of citrus shoots in response and tolerance to abiotic stress. *Horticulture Advances*. 2:3(1-11).
- Vuuren, S.P.; Grech, N.M. and Collins, R.P. (1991). Reaction of Gou Tou to the citrus nematode, *Phytophthora* and citrus tristeza virus. In: *Proceedings of 11th International Organization of Citrus Virologists Conference*. University of California, Riverside, pp. 128-134.
- Wutsher, H.K. (1979). Citrus rootstocks. In: J. Janick (Ed), *Horticultural Review*. 1: 237-258.
- Yeşilöğlu, T., Yılmaz, B., Cimen, B. and İncesu, M. (2014). Influences of rootstocks on fruit quality of ‘Henderson’ grapefruit. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. Vol. 1: 1322-1325.
- Yildiz, E., Kaplankiran, M., Hakan Demirkaser, T., Toplu, C. and UysalKamiloglu, M. (2014). Performance of ‘Rio Red’ Grapefruit on Seven Rootstocks in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Agricultural Science Technology*. Vol. 16: 897-908.