



پژوهشکده مرکبات و
میوه‌های نیمه گرمسیری



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

نشریه فنی

علل و روش‌های کنترل

ترکیدگی مرکبات



نگارندگان:

بابک عدولی ، یحیی تاجور

بسمه تعالی

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

نشریه فنی

علل و روش‌های کنترل ترکیدگی مرکبات

نگارندگان:

بابک عدولی، یحیی تاجور

۱۳۹۹



علل و روش‌های کنترل ترکیدگی مرکبات

نگارندگان: بابک عدولی، یحیی تاجور

ویراستاران: حامد حسن‌زاده خانکهدانی – هرمز عبادی – حسین طاهری

ناشر: موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری

شمارگان: محدود

تاریخ انتشار: ۱۳۹۹

مسئولیت درستی مطالب با نگارنده /نگارندگان است.

این نشریه با شماره. ۵۷۹۱۲. مورخ ۰۵-۰۵-۱۳۹۹ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری.

تلفن: ۰۱۱۵۵۲۲۲۰۸۱ - دورنگار: ۰۱۱۵۵۲۲۳۲۸۲ - کدپستی: - صندوق پستی:

icri.areeo.ac.ir

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- مقدمه
۱	۱-۱- تعاریف
۳	۱-۲- اهمیت اقتصادی و اجتماعی
۵	۲- علل ترکیدگی میوه مرکبات
۶	۲-۱- مراحل رشد میوه
۷	۲-۲- خصوصیات ژنتیکی درخت
۸	۲-۲-۱- شکل ظاهری و درشتی میوه
۹	۲-۲-۲- قابلیت انعطاف و ضخامت پوست
۱۱	۲-۲-۳- حضور ناف و بزرگی آن
۱۳	۲-۲-۴- تعداد بذر
۱۳	۲-۳- شرایط محیطی
۱۴	۲-۳-۱- دما
۱۵	۲-۳-۲- رطوبت نسبی هوا
۱۵	۲-۳-۳- محتوای رطوبتی خاک
۱۶	۲-۳-۴- خسارت نگرگ
۱۶	۲-۳-۵- حمله آفات
۱۶	۲-۳-۶- محلول پاشی های برگ
۱۷	۲-۴- عوامل تغذیه ای
۱۷	۲-۴-۱- کلسیم
۱۸	۲-۴-۲- پتاسیم

صفحه	عنوان
۱۹	۳-۴-۲- بر
۱۹	۴-۴-۲- فسفر
۱۹	۵-۲- توازن هورمونی نامناسب
۲۰	۶-۲- نوع پایه
۲۱	۷-۲- سطح بارآوری درخت
۲۱	۸-۲- ریزاقلیم های تاج
۲۲	۳- روش های کنترل ترکیدگی
۲۲	۱-۳- مدیریت آبیاری
۲۳	۲-۳- مدیریت تغذیه
۲۵	۱-۳-۲- کوددهی پتاسیمی
۲۵	۲-۳-۲- کودهای کلسیمی
۲۶	۳-۳-۲- عرضه بر
۲۶	۳-۳- استفاده از پایه مناسب
۲۷	۴-۳- کنترل تعداد میوه ها
۲۷	۵-۳- محلول پاشی با تنظیم کنندگان رشدی
۲۸	۱-۳-۵- اکسین ها
۲۹	۲-۳-۵- جیبرالین ها
۳۰	نتیجه گیری
۳۱	پیام نشریه
۳۲	منابع

۱- مقدمه

۱-۱- تعاریف

ترکیدگی قبل از برداشت میوه عارضه ای وابسته به فیزیولوژی رشد است که در طیف وسیعی از محصولات باغی از جمله مرکبات، گیلاس، انگور، آلو، زردآلو، هلو، گوجه فرنگی و خربزه (شکل ۱-۱) شایع می باشد (لینوس، ۱۹۹۷؛ لیپرت، ۲۰۱۱؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).



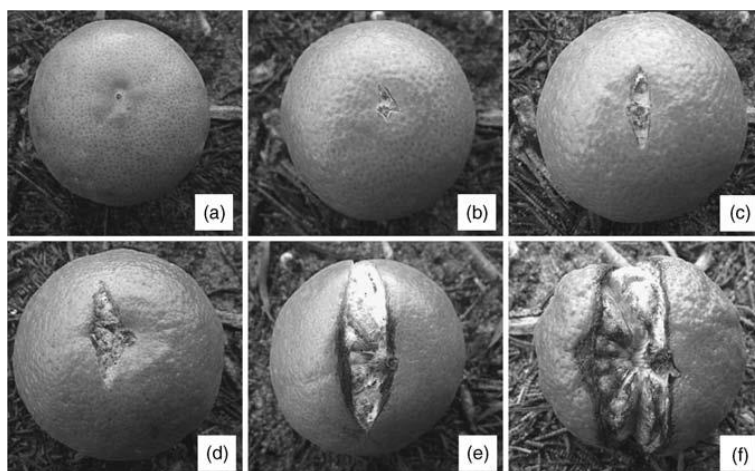
شکل ۱-۱- برخی از محصولات میوه ای مستعد ترکیدگی قبل از برداشت

اولین گزارش ثبت شده از ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات مربوط به سال ۱۹۱۳ و پرتقال رقم واشنگتن ناول است (لیپرت، ۲۰۱۱). ترک خوردن میوه های مرکبات ممکن است به یکی از سه حالت Creasing (چروکیدگی پوست در اثر ترک خوردن لایه اسفنجی پوست)، Cracking (ترکیدن لایه های چرمی و اسفنجی پوست) یا Splitting (قاج شدن پوست و گوشت) باشد که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷). این عارضه به هر شکلی که بروز کرده باشد، فرآیندی تدریجی است که از شکافی ظریف و میکروسکوپی در پوست میوه آغاز شده و همگام با رشد میوه بزرگ تر (شکل ۱-۳) و در نهایت به ترک برداشتن بارز میوه منجر می شود. این شکاف اولیه اغلب در گلگاه یا ناف میوه که ضخامت و استحکام مکانیکی پوست آن کمتر از سایر بخش هاست ظاهر

شده ولی ممکن است در بخش استوایی میوه، انتهای نزدیک به شاخه و یا شانه‌های میوه (لب‌ها) نیز ظاهر شود (بلمانس و کولمانس، ۱۹۹۶؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ خدیوی‌خوب، ۲۰۱۵؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).



شکل ۱-۲- انواع ترکیدگی از راست به چپ: **Cracking** (ترکیدگی پوست)، **Creasing** (ترکیدگی میان‌بر یا چروکیدگی) و **Splitting** (ترکیدگی پوست و گوشت)



شکل ۱-۳- روند پیشرفت ترکیدگی میوه مرکبات

در اغلب موارد، ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات در مرحله‌ای از رشد میوه‌ها که گسترش بخش پوست متوقف شده ولی گوشت میوه در حال آب‌گیری و افزایش حجم می‌باشد رخ می‌دهد. به این ترتیب، ترکیدگی را باید نتیجه‌ای طبیعی از الگوی رشد و نمو میوه‌ها دانست که در آن، پوست میوه در اثر فشار ناشی از افزایش حجم بخش گوشتی ترک برمی‌دارد. لازم به ذکر است که گاهی زخم شدن پوست میوه‌ها در مراحل اولیه نمو نیز می‌تواند عاملی محرک

برای شروع فرآیند ترکیدگی باشد (گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ کلارک و همکاران، ۲۰۱۰؛ سینگ، ۲۰۱۶؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

میوه های ترک خورده اغلب پیش از رسیده شدن ریزش می کنند که این ریزش غیرطبیعی از اواسط تابستان روندی افزایشی داشته و در اواخر تابستان تا اوایل پاییز به حد نهایی خود می رسد (آلملا و همکاران، ۱۹۹۴). لازم به ذکر است که ایجاد شرایط غرقابی در اثر بارش های سنگین اواخر تابستان و اوایل پاییز هم که موجب کاهش محتوای اکسیژن خاک در محیط ریشه ها می شود می تواند در تحریک ریشه به تولید پیش ماده هورمون مسئول ریزش (اتیلن) و افزایش شدت ریزش ها تأثیر مهمی داشته باشد (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۱- اهمیت اقتصادی و اجتماعی

حذف میوه های ترک خورده از چرخه تولید محصول، تولیدکنندگان مرکبات را در سال هایی که شدت ترکیدگی بالا باشد با زیان اقتصادی قابل توجهی مواجه می کند. این خسارت اغلب معادل ارزش اقتصادی ۱۰ تا ۳۵ درصد محصول باغ بوده و حتی می تواند در بعضی از سال ها و برای رقم های مستعد به بیش از نیمی از محصول باغ نیز برسد. از طرف دیگر چون ترکیدگی قبل از برداشت مربوط به مراحل نهایی نمو میوه هاست، بخش قابل توجهی از انرژی و مواد فتوسنتزی به کار رفته در تشکیل و رشد میوه هایی که در نهایت دچار ترکیدگی خواهند شد به هدر می رود (باری و باور، ۱۹۹۷؛ لیپرت و همکاران، ۲۰۱۱؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

در برخی موارد ممکن است میوه هایی به ظاهر سالم برداشت و روانه انبار شوند که شکافی نامشخص و جزئی روی پوست خود داشته باشند. بدیهی است که ورود چنین میوه هایی به انبار باعث پوسیدگی های انباری شدید شده و باغدار را با زیان اقتصادی قابل توجهی روبرو می کند. چنین میوه هایی حتی اگر پوسیدگی هم نداشته باشند به دلیل تسهیل خروج آب از محل ترک خوردگی پوست دچار چروکیدگی زودرس و کاهش کیفیت ظاهری و خوراکی شده و بازارپسندی خود را از دست می دهند (گلدشمیت و گالیلی، ۱۹۹۲؛ لینوس، ۱۹۹۷؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

یکی دیگر از زیان های اقتصادی ناشی از ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات عبارت از جذب حشرات و نفوذ عوامل قارچی به میوه های ترک خورده است (شکل ۱-۴) که میوه های ترکیده حاضر روی شاخه ها و یا ریزش کرده در پای درختان را به کانون هایی برای گسترش عوامل بیماری زا تبدیل می کند. به این ترتیب بهداشت باغ به شدت تهدید شده و سلامت درختان به خطر می افتد (لینوس، ۱۹۹۷؛ لیپرت، ۲۰۱۱).



شکل ۱-۴- میوه های ترکیده مکانی مناسب برای حشرات و نفوذ عوامل قارچی هستند

تولید هورمون اتیلن از محل زخمی که در اثر ترکیدگی ایجاد می شود موجب تسریع ریزش میوه های ترک خورده خواهد شد (شکل ۱-۵). میوه هایی که به این ترتیب ریزش می کنند به کانونی برای گسترش عوامل بیماری زا به ویژه قارچ ها تبدیل شده و بهداشت باغ را تهدید خواهند کرد. به همین دلیل لازم است میوه های ریزش کرده را به محض مشاهده جمع آوری و از باغ خارج کرد که البته مستلزم صرف وقت و هزینه است (اشپیگل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).



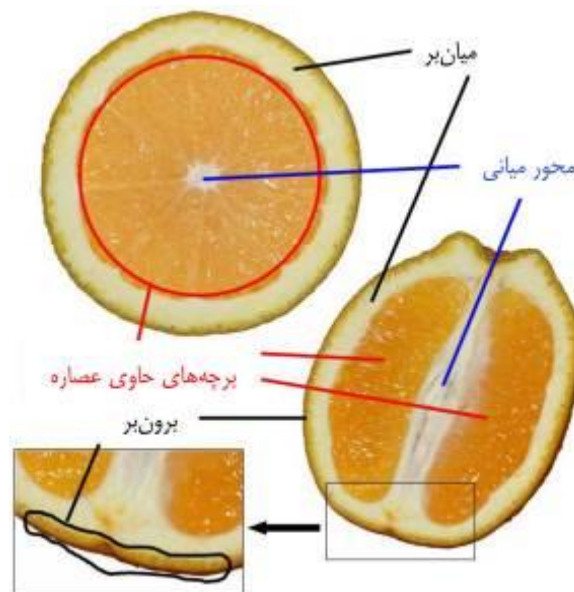
شکل ۱-۵- ریزش میوه های ترک خورده در زیر درخت (راست) و پوسیدگی آنها در سطح زمین (چپ)

نفوذ سموم شیمیایی، محلول های کودی یا مواد هورمونی پاشیده شده روی درخت و همچنین ورود واکس ها و انواع شوینده های به کار رفته در مرحله بعد از برداشت به درون میوه های ترک دار یکی دیگر از خسارت های ناشی از ترکیدگی محسوب می شود که مشکلات جدی برای بهداشت و سلامت جامعه به همراه دارد (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲- علل ترکیدگی میوه مرکبات

با بررسی منابع موجود می‌توان مهم‌ترین دلایل ترکیدگی میوه را در برخی از محصولات باغی به شرح زیر بیان کرد: سیب: زنگار پوست؛ زردآلو: کمبود بُر، بارندگی سنگین در دوره رشد میوه؛ گیلاس: عرضه بیش از حد آب در زمان قبل از برداشت؛ انگور: بارندگی سنگین در آغاز مرحله رسیده شدن جبه‌ها؛ شلیل: درشتی بیش از حد میوه در درختان کم‌بار؛ آلو: آبیاری زیاد بعد از تنش خشکی؛ گوجه‌فرنگی: عرضه آب فراوان بعد از یک دوره خشکی، رشد بیش از حد میوه در بوته‌های کم‌بار، برداشت دیر هنگام (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

موضوع ترکیدگی مرکبات به دلایل مختلف از جمله مرکب بودن پوست میوه (دو بخش چرمی (برون‌بر) و اسفنجی (میان‌بر))، امکان حضور یک میوه ثانویه (ناف) در محل گلگاه (شکل ۱-۲) و همچنین الگوی خاص رشد و نمو میوه پیچیدگی‌های خاصی نسبت به سایر میوه‌ها دارد. به این ترتیب، عوامل زیادی می‌توانند در ترکیدگی مرکبات نقش داشته باشند. از آنجایی که تاکنون همانندسازی کامل و دقیق همه این عوامل در پژوهش‌های صورت گرفته ممکن نشده است، دلایل فیزیولوژیک ترکیدگی مرکبات بطور کامل روشن نبوده و هنوز سؤالات زیادی بی‌پاسخ مانده است (گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ موپامبی، ۲۰۱۰؛ چیزانگ، ۲۰۱۷).



شکل ۱-۲- بخش‌های مختلف میوه مرکبات در برش عرضی و طولی

بطور خلاصه می‌توان اظهار داشت که دخالت چهارعامل اصلی در ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات شامل الگوی رشدی میوه‌ها، خصوصیات ژنتیکی درخت، متغیرهای اقلیمی محل تولید و عملیات باغداری اجرا شده (به‌ویژه تغذیه،

آبیاری، هرس، پایه انتخابی و تنظیم سطح باردهی) سبب شده است تا شدت ترکیدگی هر رقم در مناطق و سال های مختلف متفاوت باشد. ذیلاً به توضیح این عوامل پرداخته می شود.

۱-۲- الگوی رشدی میوه

میوه های مرکبات طی سه مرحله به رشد نهایی خود رسیده و آماده برداشت می شوند. در این میان، رشد غالب میوه در مراحل اول و دوم مربوط به پوست و در مرحله سوم مربوط به رشد و نمو گوشت میوه است (اشپیگل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶). اولین مرحله رشد میوه مرکبات که بلافاصله بعد از شکوفایی گل ها آغاز و تا ریزش جودرو ادامه دارد، حدود دو ماه است و شامل سه دوره مختلف گل دهی، تشکیل میوه و گسترش بافت های مختلف در میوه های جوان می باشد (گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰). در این مرحله، سرعت بالای تقسیمات سلولی در پوست سبب می شود تا بخش اعظم حجم میوه را پوست تشکیل دهد (اشپیگل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶). بررسی ها نشان داده اند که درشتی نهایی میوه مرکبات تا حد زیادی وابسته به بزرگی سلول های تشکیل شده در این مرحله دارد. از طرف دیگر، بخش قابل توجهی از استعداد ترک خوردگی پوست نیز در همین مرحله تعیین می شود و لذا هر گونه تنش محیطی در اولین مرحله رشد میوه مرکبات می تواند پتانسیل ترکیدگی را که در مرحله بعد اتفاق خواهد افتاد، افزایش دهد (ریب و همکاران، ۱۹۹۰؛ گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ کلارک و همکاران، ۲۰۱۰).

دومین مرحله رشد میوه حدود دو ماه پس از شکوفایی گل ها آغاز شده و چهار تا شش ماه ادامه دارد. طی این مرحله که سرعت رشد روزانه بالاتر از مرحله قبل است، آب گیری سلول های گوشتی موجب افزایش حجم میوه ها می شود (ربولدو و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، ضخامت پوست کاهش قابل توجهی یافته و تنها سهم اندکی از حجم میوه را شامل می شود و علاوه بر این، تغییرات نسبتاً سریع و بارزی در شکل میوه اتفاق افتاده و در نهایت، رنگ پوست از سبز به نارنجی یا زرد تغییر می کند (آنتوان و همکاران، ۲۰۱۶). جذب آب توسط سلول های گوشت میوه که در این مرحله انجام می شود موجب افزایش حجم گوشت شده و آن را به حجم نهایی خود می رساند. افزایش حجم گوشت موجب وارد آمدن فشاری بر پوست خواهد شد. این فشار که بخشی از آن توسط فضاهای بزرگ بین سلولی لایه اسفنجی پوست (میان بر) خنثی می شود موجب کشیده شدن و نازک تر شدن پوست می گردد. در صورتی که مقدار این فشار به دلیل افزایش بیش از حد حجم گوشت و یا توسعه ناکافی پوست از حد تحمل پوست فراتر باشد، ترکیدگی رخ خواهد داد. مرحله سوم رشد میوه مرکبات عمدتاً به فرآیندهای مربوط به رسیده شدن و بروز تغییرات محسوسی در محتوای ترکیبات درونی میوه اختصاص دارد. سرعت افزایش حجم میوه در این مرحله ناچیز و وابسته به شرایط اقلیمی منطقه است. در این مرحله سطح قند و ترکیبات آلی نیتروژن دار میوه به حداکثر خود رسیده و در عوض، محتوای اسیدهای آلی عصاره رو به کاهش می گذارد و میوه ها به طعم و عطر بازارپسند خود می رسند (اشپیگل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ ایگلسیاس و همکاران، ۲۰۰۷؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۲- خصوصیات ژنتیکی درخت

دخالت ژن‌ها در استعداد ترک‌خوردگی میوه‌ها در مورد برخی از محصولات مانند گوجه‌فرنگی ثابت شده و ژن‌های مقاومت به ترکیدهای میوه شناسایی شده‌اند. بررسی‌های انجام گرفته در گیاه گوجه‌فرنگی ثابت کرده است که بین ژن‌های مسئول ایجاد مقاومت به ترکیدهای میوه با ژن‌های مسئول تشکیل میوه‌های صورتی رنگ کشیده که برچه‌های کمتری دارند پیوند وجود دارد. در مورد مرکبات نیز اگرچه هنوز چنین ژن‌های شناسایی نشده‌اند اما معلوم شده است که شدت ترکیدهای قبل از برداشت برای همه ارقام یکسان نبوده و بروز این پدیده وابستگی زیادی به نوع رقم دارد (گلدشمیتو گالیلی، ۱۹۹۲؛ باری و باور، ۱۹۹۷؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ خدیوی‌خوب، ۲۰۱۵).

شواهد موجود نشان می‌دهد که حساسیت رقم‌های زودرس مرکبات به ترکیدهای غالباً بیشتر است ولی در برخی ارقام زودرس مانند نارنگی انشوی چنین حساسیتی دیده نمی‌شود. همچنین، پرتقال‌های ناف‌دار و ارقامی از نارنگی که گلگاه باز یا ناف دارند (شکل ۲-۲) مستعد ترکیدهای قبل از برداشت هستند (لیپرت، ۲۰۱۱؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).



پارنت‌ناول



واشنگتن‌ناول



شموطی



نوا



پیچ



تامسون‌ناول

شکل ۲-۲- تعدادی از ارقام مستعد ترکیدهای قبل از برداشت.

ترکیدگی میوه در انواع گریپ فروت (مارش، دانکن، تامپسون و ...)، تانجلوها (مینولا، ارلاندو و ...)، شدوک ها (دارابی) و همچنین در برخی ارقام پرتقال (پارسون براون، پاین اپل و ...) و گروهی از نارنگی ها (انشو، پونکن، دنسی، تمپل و مورکات) که در شکل ۲-۳ نشان داده شده اند به ندرت اتفاق می افتد (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۱-۲-۲- شکل ظاهری و درشتی میوه

درشتی و شکل میوه (نسبت طول به قطر) شاخص های مهمی برای تعیین استعداد یک رقم به ترکیدگی قبل از برداشت هستند. شکل میوه های مرکبات در دوره دوم رشد آنها با سرعتی که وابسته به رقم است تغییر کرده و با کاهش نسبت طول به قطر، از کروی به پخ تغییر شکل می دهد. به طور کلی، احتمال ترکیدگی با درشت تر شدن و کاهش میزان کشیدگی میوه ها (شکل ۲-۴) افزایش خواهد یافت. از طرف دیگر هرچقدر سرعت تغییرات ظاهری میوه ها بیشتر باشد، ترکیدگی شدیدتر می شود. بیشتر بودن سرعت رشد میوه های درشت یکی از دلایل حساسیت بیشتر آنها به ترکیدگی در مقایسه با میوه های ریز است. این موضوع می تواند تا حدودی استعداد بالای ترکیدگی را در ارقامی مانند پرتقال ناولینا و نارنگی های پیچ و نوآ توضیح دهد (ریب و همکاران، ۱۹۹۰؛ داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ لینوس، ۱۹۹۷؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).



مینولا تانجلو



دارابی



مارش



پاین اپل

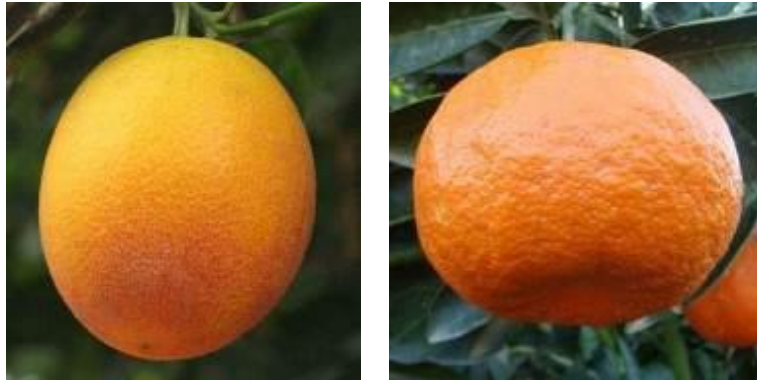


انشو (ساتسوما)



پونکن (یونسی)

شکل ۲-۳- برخی از رقم هایی که فاقد استعداد ژنتیکی برای ترکیدگی هستند.



شکل ۲-۴- میوه های پخ (راست) و کشیده (چپ) مرکبات

با کاهش نسبت طول به قطر میوه (پخ شدن)، فشاری که بر اثر افزایش حجم گوشت در دو سر میوه (گل گاه و انتهای نزدیک به دم میوه) بر پوست وارد می شود بیشتر شده و احتمال ترکیدگی افزایش می یابد. سالم بودن بخش قابل توجهی از میوه های پخ در یک درخت نشان دهنده نقش عواملی دیگر از جمله خصوصیات مربوط به پوست در ترک خوردن یا سالم ماندن میوه هاست (ریب و همکاران، ۱۹۹۰؛ گارسیالوئیس و همکاران، ۱۹۹۴؛ خدیوی خوب، ۲۰۱۵).

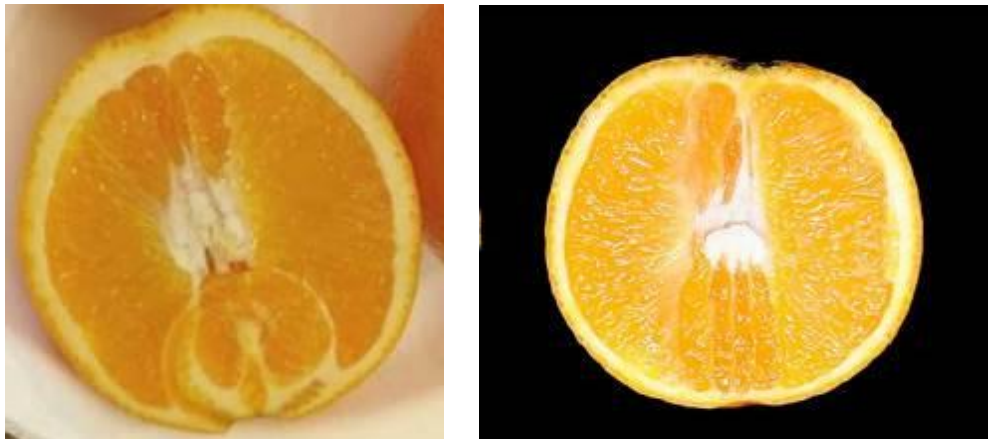
در پرتقال های ناف داری که شکل میوه پخ باشد (مانند واشنگتن ناول و بروهن)، سرعت بیشتر نازک شدن پوست در محل ناف نسبت به قسمت های استوایی و قاعده ای میوه باعث افزایش استعداد ترک خوردگی شده است. این در حالی است که در رقم ناف داری مانند نیو هال که میوه های کشیده یا کروی دارد، سرعت نازک شدن پوست در بخش های مختلف میوه یکسان و لذا شدت ترکیدگی کمتر از گروه قبلی می باشد (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

لازم به ذکر است که اگرچه شکل میوه صفتی وابسته به رقم محسوب شده و جنبه ژنتیکی دارد، اما برخی از عوامل اقلیمی مانند هوای گرم، رطوبت بالا و جذب سریع آب نیز می توانند ضمن تسریع روند رشد میوه باعث پخ شدن شکل میوه ها شده و شدت ترکیدگی را افزایش دهند (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۲-۲- قابلیت انعطاف و ضخامت پوست

میزان کلفتی و نرمی پوست میوه شاخص های مهمی در تعیین درجه استحکام پوست میوه بوده و رابطه مستقیمی با احتمال ترکیدگی قبل از برداشت دارند (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷). لازم به ذکر است که ضخامت پوست در ناحیه استوایی اهمیت چندانی در این زمینه نداشته و در عوض، ضخامت پوست ناحیه گل گاه عامل بسیار مهمی برای ترکیدگی است (لینوس، ۱۹۹۷؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳). به طور کلی هر چقدر پوست میوه نازک تر و بافت آن دارای تراکم کمتری باشد احتمال ترک خوردگی بیشتر می شود (عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۱۲؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷). بررسی های انجام گرفته نشان داده است که کمتر بودن شدت ترکیدگی پرتقال ناف دار نیو هال در مقایسه با سایر پرتقال های ناف دار ناشی از آن است که ضخامت پوست میوه این رقم در محل ناف کمتر از سایر قسمت های میوه نبوده و پوست همه بخش های

میوه از ضخامت یکسانی برخوردار است (شکل ۲-۵) ولی در سایر انواع ناف دار، ناف پوستی نازک تر از سایر بخش ها دارد که موجب افزایش حساسیت این ناحیه به ترکیدگی می شود (بلمانس و کولمانس، ۱۹۹۶؛ مورگان و همکاران، ۲۰۰۵؛ موپامبی، ۲۰۱۰).



شکل ۲-۷- مقایسه ضخامت پوست ناف در دو رقم پرتقال: نیوهال (راست) و ناولیت (چپ)

عوامل مختلفی از جمله شرایط محیطی و عملیات باغبانی قادرند از طریق تأثیر بر رشد و نمو پوست نقش مهمی در تعیین ضخامت و استحکام فیزیکی پوست میوه ها داشته و شدت ترکیدگی را تغییر دهند. این عوامل می توانند از اولین مرحله رشد میوه ها (تقسیم سلولی) بر ضخامت و استحکام پوست مؤثر باشند. به این دلیل، هرگونه تنش تغذیه ای، آبی، دمایی و یا فراوانی بیش از حد میوه ها می توانند با اختلال در تقسیم سلولی موجب کاهش ضخامت و مقاومت فیزیکی پوست و افزایش شدت ترکیدگی شوند (کلارک و همکاران، ۲۰۱۰؛ لیپرت، ۲۰۱۱؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

پایین بودن انعطاف پذیری پوست نیز مانند کم بودن استحکام فیزیکی آن می تواند یکی از دلایل شیوع ترکیدگی قبل از برداشت باشد (لینوس، ۱۹۹۷؛ لیپرت، ۲۰۱۱). تعداد لایه های سلولی تشکیل دهنده بخش بیرونی (چرمی) پوست و همچنین میزان درشتی غدد ترشحاتی سطح پوست تأثیر مهمی در تعیین شدت ترکیدگی دارند. هرچقدر این غده ها بزرگ تر باشند، میزان تحمل سلول های اطرافشان به فشار ناشی از رشد بخش گوشتی بیشتر شده و احتمال ترکیدگی کمتر می شود. از طرف دیگر، شدت ترکیدگی در ارقامی مانند پرتقال رقم نیوهال که تراکم غدد ترشحاتی پوست آنها بالاست کمتر خواهد بود (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

لایه زیرین (بخش اسفنجی) پوست نیز نقش مهمی در تعیین شدت ترکیدگی دارد. اسفنجی بودن بافت این لایه می تواند نقش مهمی در خنثی شدن بخشی از فشار حاصل از رشد بخش گوشتی داشته باشد. این در حالی است که لایه بیرونی (چرمی) پوست به دلیل انعطاف پذیری ناچیز فاقد چنین قابلیت می باشد (اشپیگل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ لینوس، ۱۹۹۷؛ گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰). اگر سلول های تشکیل دهنده لایه اسفنجی پوست دیواره هایی با الیاف

سلولزی متراکم و منظم داشته باشند، استحکام فیزیکی این لایه افزایش یافته و احتمال ترکیدگی کمتر خواهد شد. این در حالی است که این لایه از پوست در ارقام مستعد ترکیدگی به دلیل آنکه از لایه‌های سلولی نامنظم با فضا‌های بین سلولی بزرگی تشکیل شده است، فاقد چنین استحکامی می‌باشد (لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

گرم و مرطوب بودن هوا، بهینه نبودن نسبت موجود عناصر معدنی به‌ویژه پتاسیم و فسفر با یکدیگر، عدم توازن هورمونی ناشی از بی‌بذری، مدیریت غلط آبیاری و اختلال در روابط آبی خاک و گیاه همگی می‌توانند موجب نازکی و کاهش استحکام فیزیکی پوست مرکبات شده و درصد میوه‌های ترکیده را افزایش دهند. اجرای برخی از عملیات باغداری مثل محلول‌پاشی تاج با جبرالین یا ترکیبات آزادکننده این هورمون و همچنین حلقه‌زنی شاخه‌هایی تواند با تأثیری که در افزایش درصد تشکیل میوه و تشدید رقابت بین میوه‌ها برای کسب مواد فتوسنتزی و ترکیبات معدنی دارد منجر به تولید میوه‌هایی با پوست نازک‌تر و ضعیف‌تر شده و درصد ترکیدگی را افزایش دهد (ریب و رنسبورگ، ۱۹۹۶؛ عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۱۲؛ خهرا و بال، ۲۰۱۲).

۳-۲-۲- حضور ناف و بزرگی آن

از آنجایی که پوست میوه در محل ناف دارای نوعی ناهمگونی بافتی شده و ضخامت پوست در این ناحیه اغلب کمتر از سایر قسمت‌های میوه می‌باشد، استعداد ارقام ناف‌داری مانند پرتقال‌های تامسون‌ناول، واشنگتن‌ناول و پارت‌ناول برای ترکیدگی قبل از برداشت میوه بیشتر از انواع بدون ناف است. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که در بین رقم‌های ناف‌دار، افزایش اندازه ناف می‌تواند خطر ترک خوردن میوه را به شدت افزایش دهد. لازم به ذکر است که تجربه و نتایج تحقیقات انجام گرفته حاکی از آن است که درشتی نهایی میوه اثری در اندازه ناف نداشته است (اشپیگل‌روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ مویامبی، ۲۰۱۰؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

ترکیدگی در ارقامی مانند نارنگی‌های پیچ و نوآ که میوه‌هایی ناف‌دار و پخ دارند (شکل ۶-۲) شدیدتر از سایر ناف‌دارها یا ارقامی با میوه‌های پخ و بدون ناف است (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۲-۶- ناف در گل‌گاه نارنگی رقم پیچ محلی برای آغاز ترکیدگی میوه است.

حضور ناحیه ای شکاف خورده در گلگاه میوه (شکل ۷-۲) تأثیری مشابه ناف در تحریک ترکیدگی دارد (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳، لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).



شکل ۷-۲- شکاف پوست در ناحیه گلگاه

نارنگی رقم پیچ

شرایط اقلیمی بعد از تشکیل میوه می تواند در اندازه ناف مؤثر باشد. روزهای خیلی گرم به ویژه اگر همراه با وزش باد باشد می تواند در محل ناف که از دو بافت مختلف تشکیل شده است تأثیری دوگانه داشته و ضمن ایجاد خسارت به بافت بیرونی ناف، موجب تحریک رشد بخش داخلی آن شود (شکل ۸-۲). به این ترتیب، رشد بیشتر بخش درونی موجب باز شدن غیرمعمول ناف و افزایش احتمال ترکیدگی می شود (گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ موپامبی، ۲۰۱۰).



شکل ۸-۲- رشد زیاد بخش داخلی

ناف و تشکیل میوه ثانویه در

نارنگی رقم پیچ

موقعیت میوه در تاج درخت عامل دیگری است که می تواند در بزرگی ناف میوه مؤثر باشد. ناف میوه های بخش بالایی و جنوبی تاج نسبت به میوه های پایین و بخش شمالی درخت بزرگ تر و بازتر بوده و استعداد بیشتری برای ترکیدگی دارند. از دیگر عوامل مؤثر در تعیین بزرگی ناف مرکبات می توان به مدت زمانی که خامه به میوه اتصال دارد اشاره کرد. هرچقدر خامه زودتر از میوه جدا شده باشد احتمال بزرگ تر و بازتر بودن ناف و ترکیدگی میوه بیشتر می شود (گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۲-۲- تعداد بذر

بذرها مراکز مهمی برای ساخت هورمون اکسین هستند که در رشد پوست و افزایش انعطاف پذیری دیواره سلولی سلول های میوه نقش مثبتی دارد. به این ترتیب در رقم های بی بذر شدت ترکیدگی می تواند به دلیل پایین بودن سطح این هورمون بیشتر از ارقام بذردار باشد (ریب و همکاران، ۱۹۹۰؛ اشپیگل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ لینوس، ۱۹۹۷).

۳-۲- شرایط محیطی

تحریکات ناشی از شرایط نامساعد اقلیمی ممکن است منجر به بروز عوارض فیزیولوژیک از جمله ترکیدگی قبل از برداشت میوه ها شوند (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷). هر ساله با نزدیک شدن به شرایط آب و هوایی پاییزی (افزایش رطوبت نسبی هوا و محتوای آبی خاک)، شدت ترکیدگی به یکباره افزایش پیدا می کند. درحقیقت، شرایط اقلیمی (به ویژه دما، رطوبت نسبی هوا و محتوای آب خاک) می تواند به شکلی غیرمستقیم و با تأثیر بر ضخامت پوست و سرعت رشد میوه ها بر شدت ترکیدگی میوه مؤثر باشد. همین تأثیر موجب شده است تا درصد میوه های ترک خورده یک رقم واحد، از سالی به سال دیگر دچار تغییرات محسوسی شود (گلدشمیت و گالیلی، ۱۹۹۲؛ کلارک و همکاران، ۲۰۱۰؛ سینگ، ۲۰۱۶).

گرم و مرطوب بودن شرایط آب و هوایی در اولین مرحله رشد میوه مرکبات موجب تحریک درخت به تولید میوه های پوست نازک می شود که حساسیت زیادی به ترکیدگی پوست دارند. گرمای زیاد و تنش شدید خشکی نیز می تواند با کاهش انعطاف پذیری پوست موجب افزایش احتمال ترکیدگی میوه ها شود. تجربه نشان داده است که هرگاه در مرحله دوم رشد میوه های مرکبات (دوران آب گیری گوشت و رشد سریع میوه) وزش بادهای خشک و افزایش غیرمعمول دمای هوا موجب بروز تنش خشکی شود و پس از این تنش، حجم زیادی آب به شکل آبیاری یا بارندگی به درخت برسد، سرعت رشد میوه ها به یکباره افزایش یافته و ترکیدگی شدت خواهد گرفت. به این ترتیب، ترک خورده گی میوه در مناطقی با تابستان های گرم و خشک و بارش های سنگین اواخر تابستان اغلب از شدت بالایی برخوردار است (لینوس، ۱۹۹۷؛ لیپرت، ۲۰۱۱؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ سینگ، ۲۰۱۶).

۱-۳-۲- دما

در مناطق گرم، سرعت رشد میوه مرکبات در همه مراحل سه گانه بیشتر از نواحی خنک است. این موضوع به ویژه در مرحله دوم (رشد سریع بخش گوشتی) می تواند ضمن تأثیری که بر کاهش ضخامت پوست می گذارد، منجر به وارد آمدن فشار زیادی بر پوست شده و احتمال ترکیدگی را افزایش دهد. از طرف دیگر، گرمای بیش از حد (بالا تر از ۳۵ درجه سانتی گراد) می تواند منجر به کاهش نرخ رشد طبیعی میوه و افزایش سختی پوست شده و به این ترتیب قابلیت ترک خوردگی میوه ها را بیشتر کند. به این ترتیب می توان اظهار داشت که شدت ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات در اقلیم های گرم اغلب بیش تر از مناطق خنک می باشد. لازم به ذکر است که اگر افزایش دما همراه با کاهش بیش از حد رطوبت نسبی باشد، تأثیر گرم شدن هوا بر تشدید ترکیدگی به دلیل نقشی که خشکی هوا بر کاهش انعطاف پذیری پوست دارد بیشتر خواهد شد. گزارش های موجود نشان می دهد که حضور ترکیبی از گرمای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی پایین تر از ۶۰ درصد می تواند علاوه بر خطر آفتاب سوختگی میوه (شکل ۲-۹) موجب افزایش شدت ترکیدگی قبل از برداشت گردد (گلدشمیت و گالیلی، ۱۹۹۲؛ داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).



شکل ۲-۹- آفتاب سوختگی برگ و میوه مرکبات

برخلاف تأثیری که گرم شدن هوا بر تشدید ترکیدگی دارد، سرمای زیاد زمستان که در مناطق خنک تر معمول است می تواند منجر به افزایش ضخامت پوست میوه های سال بعد شده و درصد میوه های ترک خورده را کم کند لازم به یادآوری است که اگر هوا در زمان بعد از گل دهی به صورتی غیر معمول سرد شود، تراکم سلول های پوست میوه از حد طبیعی کمتر شده و به این ترتیب تحمل پوست به فشار داخلی ناشی از افزایش حجم گوشت کاهش می یابد که می تواند موجب افزایش شدت ترکیدگی شود (لینوس، ۱۹۹۷؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۳-۲- رطوبت نسبی هوا

پوست میوه مرکبات در شرایط مرطوب نازک تر شده و تحمل آن به فشار ناشی از رشد بخش گوشتی کاهش می یابد و به این ترتیب، احتمال ترکیدگی بیشتر می شود. بالا بودن بیش از حد رطوبت نسبی هوا می تواند مانند خشکی بیش از حد که موجب کاهش انعطاف پذیری پوست می شود، با کاستن از تبخیر و تعرق درخت موجب افزایش محتوای آبی میوه ها شده و ترکیدگی را تشدید کند، هر چند که این اثر در مقایسه با هوای خشک که در بالا به آن اشاره شد شدت کمتری دارد (لینوس، ۱۹۹۷؛ گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ سینگ، ۲۰۱۶).

ایجاد تنش خشکی در اواخر دوره نمو میوه ها می تواند با افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده دیواره سلولی موجب نرم شدن دیواره های سلولی و تشدید ترکیدگی شود. بیشترین خسارت ناشی از تغییرات رطوبت نسبی هوا مربوط به سال هایی است که هوا در فصل بهار خشک بوده ولی در مرحله دوم رشد میوه ها به شدت مرطوب باشد. در چنین وضعیتی رشد پوست در دوره خشک بهاری حداقل بوده و در عوض، آب گیری و رشد بخش گوشتی با سرعتی بالا انجام می شود. به این ترتیب فشار زیادی به پوستی که به دلیل خشکی هوا از رشد کافی برخوردار نبوده است وارد شده و احتمال ترکیدگی افزایش می یابد (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ لینوس، ۱۹۹۷؛ لیپرت، ۲۰۱۱؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۳-۳- محتوای رطوبتی خاک

خشکی خاک در عمق ۴۰ تا ۸۰ سانتی متری سطح زمین می تواند تأثیر زیادی بر افزایش درصد میوه های ترک خورده داشته باشد. در اراضی کم آب، دسترسی میوه ها به عناصر معدنی به ویژه کلسیم، بُر و آهن محدود شده و به این ترتیب استحکام فیزیکی پوست میوه کاهش یافته و ترکیدگی تشدید می شود. این موضوع برای کلسیم که جذبی غیرفعال و تابع جریان تعرقی دارد بیشتر از سایر عناصر اهمیت دارد (سینگ، ۲۰۱۶). از سوی دیگر، چون برگ های مرکبات آب مورد نیازشان را در شرایط کم آبی از میوه ها جذب می کنند، بروز چنین تنشی در مراحل اولیه نمو میوه می تواند با پایین آوردن سرعت تقسیمات سلولی موجب کاهش رشد پوست و افزایش احتمال ترکیدگی شود (بلمانس و کولمانس، ۱۹۹۶؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳). شرایط کم آبی در اواخر دوران نمو میوه ها نیز می تواند با کمک به تجزیه پکتین دیواره سلولی موجب افزایش درصد ترکیدگی شود (سینگ، ۲۰۱۶). از طرفی، چون تنش خشکی موجب افزایش توان رشدی میوه ها می شود، وقتی شرایط آبی درخت بعد از یک دوره کم آبی مساعد شود، میوه ها بیشتر از حد معمول رشد کرده و خطر ترکیدگی بیشتر می شود (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ سینگ، ۲۰۱۶).

مشابه آنچه که در مورد تأثیر کم آبی بر افزایش شدت ترکیدگی گفته شد، آبیاری یا بارندگی سنگین در دومین مرحله رشد میوه های مرکبات نیز می تواند با تأثیر مثبتی که در رشد بخش گوشتی و افزایش حجم میوه دارد موجب افزایش فشار بر پوست میوه و تشدید ترکیدگی قبل از برداشت شود. مشابه این وضعیت با بارش های شدید دوران رشد سریع میوه زردآلو، انگور و گوجه فرنگی و همچنین با بارش های سنگین زمان برداشت گیلان نیز گزارش شده است.

بنابراین، جلوگیری از نوسان شدید محتوای آبی خاک می‌تواند نقش مهمی در کاهش ترکیدگی قبل از برداشت میوه‌ها داشته باشد (بلمانس و کولمانس، ۱۹۹۶؛ کلارک و همکاران، ۲۰۱۰؛ سینگ، ۲۰۱۶).

۴-۳-۲- خسارت تگرگ

بارش تگرگ یا باران‌های شدید در مراحل اولیه رشد میوه مرکبات می‌تواند با لکه‌دار کردن پوست مانع از رشد طبیعی بخش‌های آسیب دیده شده و انعطاف‌پذیری پوست را کاهش دهد. به این ترتیب، فشار طبیعی ناشی از آب‌گیری گوشت که در مرحله دوم رشد میوه‌ها رخ می‌دهد می‌تواند باعث ترکیدگی شود (ابراهیمی، ۱۳۶۹).

۵-۳-۲- حمله آفات

تجربه نشان داده است که قسمت‌های آفت‌زده میوه به دلیل تغییرات بافتی ناشی از حمله آفت می‌تواند نقاط آغازی برای ترک خوردن میوه مرکبات باشد (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۶-۳-۲- محلول‌پاشی‌های برگ

ترکیدگی پوست می‌تواند از لکه‌هایی که به دلیل تماس پوست میوه با محلول‌های شیمیایی پاشیده شده روی تاج ایجاد شده‌اند (شکل ۲-۱۰) آغاز شود (لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).



شکل ۲-۱۰- سوختگی میوه ناشی از محلول‌پاشی با عناصر معدنی

استفاده از مواد خیس‌دارنده (سورفاکتانت‌ها) به دلیل تأثیری که در افزایش نفوذ محلول‌های پاششی به درون میوه‌ها دارند می‌تواند درصد میوه‌های ترک خورده را بیشتر کند (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۴-۲- عوامل تغذیه‌ای

میزان تحمل پوست به فشارهای داخلی ناشی از رشد گوشت که مقاومت میوه را به ترکیدهای معلوم می‌کند بستگی به مشخصات مکانیکی پوست دارد که تا حد زیادی تحت تأثیر محتوای عناصر غذایی پوست به‌ویژه پتاسیم، روی، بُر و کلسیم قرار دارد (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷). همانگونه که پیش از این اشاره شد، کمبودهای تغذیه‌ای یا نامناسب بودن نسبت موجود بین عناصر غذایی به‌ویژه در مراحل اولیه نمو میوه‌هایی تواندد در تشدید ترکیدهای اثری مانند نوسانات آبی داشته باشد (مکسود و همکاران، ۲۰۰۳؛ گلدشمیت و گالیلی، ۱۹۹۲؛ الشافی و همکاران، ۲۰۰۲؛ التانی و همکاران، ۲۰۱۱).

در بین عناصر معدنی، شش عنصر شامل کلسیم، پتاسیم، بُر، مس، روی و فسفر با تأثیر بر ضخامت و مقاومت فیزیکی پوست میوه دارای نقشی کلیدی در تعیین استعداد ترکیدهای قبل از برداشت میوه‌ها هستند (مورگان و همکاران، ۲۰۰۵؛ التانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ خهرا و بال، ۲۰۱۲). لازم به ذکر است که در بعضی از موارد ممکن است محتوای عناصر مذکور در بخش‌های مختلف میوه دستخوش نوسان‌های طبیعی فصلی شود. به عنوان مثال، با نزدیک شدن به زمان بلوغ میوه‌ها، غلظت پتاسیم و کلسیم پوست به ترتیب کاهش و افزایش داشته ولی در بخش گوشتی الگویی برعکس پوست دیده می‌شود (التانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۱۲؛ کرائز و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین باید دانست که نسبت موجود بین این عناصر اهمیت بسیار زیادی در تعیین قابلیت ترکیدهای میوه‌ها داشته و نباید هیچ عنصری را به صورت مجرد و جدا از سایر عناصر مورد بررسی و پایش قرار داد. به عنوان مثال، اگر نسبت پتاسیم به فسفر خاک بیش از حد زیاد یا کم باشد، پوست میوه نازک و استحکام فیزیکی آن کاهش یافته و احتمال ترکیدهای قبل از برداشت افزایش می‌یابد (آلوی و پاراماسیوم، ۲۰۰۱). بنابراین باید برنامه کوددهی به گونه‌ای تنظیم شود که غلظت فسفر و پتاسیم برگ به ترتیب در محدوده ۰/۱-۰/۱۶ درصد و ۱-۱/۵ درصد قرار داشته باشد (التانی و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۲-۱- کلسیم

کلسیم یکی از مهم‌ترین اجزای ساختمانی غشاءها و دیواره‌های سلولی بوده و در فرآیندهای تقسیم و رشد سلول نقش کلیدی دارد. حد بهینه این عنصر در برگ‌های مرکبات بین ۲/۵ تا ۵/۵ درصد تعیین شده است. کلسیم ضمن ایفای نقشی که در تشکیل دیواره سلولی سلول‌های میوه دارد می‌تواند فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده این دیواره‌ها را تنظیم نموده و به همین دلیل لازم است محتوای کلسیمی میوه‌ها همواره در حدی متعادل باشد تا پایداری دیواره سلولی سلول‌های میوه حفظ شده و پوست بتواند با تحمل فشارهای داخلی حاصل از رشد گوشت سالم مانده و دچار ترکیدهای نشود. به این ترتیب در شرایط کمبود کلسیم، نمو تیغه میانی و دیواره سلولی در پوست میوه‌ها وضعیت مطلوبی نداشته و منجر به افزایش ضخامت و کاهش انعطاف‌پذیری پوست می‌شود که مستعد ترکیدهای خواهد بود (الشافی و همکاران، ۲۰۰۲؛ چیاراویا و سدودی، ۲۰۰۵؛ التانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کرائز و همکاران، ۲۰۱۳).

کلسیم می تواند از طریق تشکیل پیوند با پکتین دیواره سلولی و تولید پلی مرهای مقاوم در برابر آنزیم های تجزیه کننده پکتین موجب افزایش استحکام و پایداری دیواره سلول های پوست شده و احتمال ترکیدگی میوه را کاهش دهد. این عنصر همچنین با افزایش فشار آماس سلولی سلول های پوست موجب بالا بردن تحمل پوست به فشارهای داخلی ناشی از بزرگ شدن حجم میوه شده و حضور غلظت مناسبی از آن در میوه ها از شدت ترکیدگی می کاهد (کیم و همکاران، ۲۰۰۴؛ التانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

بررسی های انجام شده نشان می دهد که میوه های ترک خورده مرکبات اغلب دارای محتوای کلسیمی پایین تری نسبت به میوه های سالم بوده و بین محتوای کلسیمی میوه های مرکبات و شدت ترکیدگی قبل از برداشت همبستگی منفی وجود دارد. به این ترتیب می توان گفت که کمبود این عنصر می تواند مانند برخی دیگر از محصولات میوه ای از قبیل گیلان به عنوان یکی از دلایل مهم ترکیدگی مرکبات مطرح باشد (الشافی و همکاران، ۲۰۰۲؛ چیاراپا و سدودی، ۲۰۰۵؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

از آنجایی که حرکت این عنصر از ریشه به طرف میوه ها غیرفعال بوده و تابع نیروی مکشی حاصل از تبخیر و تعرق گیاه است، محتوای کلسیمی میوه ها وابسته به سطح رطوبتی خاک می باشد. به عبارت دیگر کم آبی به ویژه در اوایل دوران نمو میوه (۱۵ تا ۳۰ روز بعد از شکوفایی گل ها) که بخش عمده انباشت کلسیم در میوه ها انجام می شود (التانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۱) می تواند منجر به کاهش قابل توجه حرکت کلسیم به طرف میوه ها شده و آنها را مستعد ترکیدگی کند. لازم به ذکر است که این عنصر می تواند به صورت یونی از طریق عدسک ها و روزنه ها به درون درخت نفوذ کرده و پس از انتشار در فضای بین سلولی به مصرف سلول ها برسد (الشافی و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۴-۲- پتاسیم

بیش از ۴۰٪ وزن خشک میوه مرکبات را پتاسیم تشکیل داده و برای کسب عملکردی مناسب از میوه های با کیفیت باید غلظت پتاسیم برگ در محدوده ۱/۵ تا ۱/۷ درصد باشد. پتاسیم عنصری کلیدی برای رشد و تقسیم سلول های گوشت و پوست است و می تواند با کمک به حفظ آماس سلولی و تنظیم فشار اسمزی، نیروی لازم برای نمو دیواره سلولی که لازمه افزایش سرعت رشد میوه و کاهش ترکیدگی می باشد را فراهم کند (بومان، ۲۰۰۲؛ گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰؛ چیاراپا و سدودی، ۲۰۰۵؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

در مرکبات مانند میوه های آب دار، با نزدیک تر شدن به مرحله بلوغ، محتوای پتاسیم میوه ها افزایش پیدا می کند. پتاسیم عنصری ضروری برای تولید میوه های مرغوب مرکبات است. بالا بودن غلظت این عنصر موجب تولید میوه هایی درشت با پوست ضخیم و صاف بوده و کمبود آن علاوه بر کاهش عملکرد و کیفیت محصول باعث تولید میوه هایی ریز با پوست نازک و نرم می شود که ضمن بالا بودن احتمال ترکیدگی، دارای انبارمانی ضعیفی نیز خواهند بود (آلوی و پاراماسیوم، ۲۰۰۱؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

در شرایط کمبود پتاسیم، فسفر به شکل رسوب فسفات کلسیم در میوه ها (به ویژه در پوست) انباشته می شود که با پایین آمدن غلظت کلسیم دیواره های سلولی سبب کاهش استحکام فیزیکی پوست و تشدید ترکیدگی می شود. در

جدول ۲-۱ وضعیت ضخامت پوست و شدت ترکیدگی میوه مرکبات برای سطوح مختلف پتاسیم برگ نشان داده شده است (آلوی و پاراماسیوم، ۲۰۰۱).

جدول ۲-۱- رابطه غلظت پتاسیم برگ در ضخامت پوست میوه و ترکیدگی قبل از برداشت

مقادیر پتاسیم برگ مرکبات (گرم در هر کیلوگرم وزن خشک)				عامل مورد بررسی
کم‌تر از ۷ (ناچیز)	۷-۱۱ (کمبود)	۱۲-۱۷ (بهینه)	۱۸-۲۳ (زیادبود)	
				شدت ترکیدگی میوه
				ضخامت پوست میوه

۳-۲-۴-۲ بُر

بُرمی‌تواند با نقشی که در تشکیل بافت آبکشی و انتقال قندها، سوخت‌وساز نیتروژن و فسفر، جذب نمک‌ها و قابلیت تنظیم‌کنندگی هورمون‌ها دارد، در تعیین درصد میوه‌های ترکیده تأثیر معنی‌داری داشته باشد (چیاراپیا و سدودی، ۲۰۰۵؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳). این عنصر نقش مهمی نیز در تشویق تقسیمات سلولی و ساخته شدن دیواره سلولی داشته و از طریق ایجاد پیوند با اجزای دیواره سلولی، به حفظ یکپارچگی و استحکام دیواره سلولی سلول‌های میوه کمک می‌کند و شدت ترکیدگی را کاهش می‌دهد (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷). این عنصر همچنین می‌تواند با ایجاد پیوند بین اجزای تشکیل دهنده دیواره سلولی موجب افزایش قابلیت انعطاف پوست شود و با افزایش استحکام تیغه میانی سلول‌ها موجب کاهش شدت ترکیدگی قبل از برداشت شود. بر اساس گزارش‌های موجود، کمبود بُر ضمن ایجاد اختلال در سوخت و ساز کلسیم دیواره سلولی موجب بروز تأثیر منفی بر تشکیل مواد پکتینی در پوست میوه‌ها و تضعیف مکانیکی این لایه شده و شدت ترکیدگی را افزایش می‌دهد (چیاراپیا و سدودی، ۲۰۰۵؛ خهرا و بال، ۲۰۱۲؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۴-۲-۴-۴ فسفر

گزارش‌های ضد و نقیضی از معنی‌دار بودن همبستگی محتوای فسفر درخت با شدت ترکیدگی داده شده است. نتایج برخی از تحقیقات انجام گرفته نشان داده است که بین سطح فسفر پوست میوه تعدادی از انواع ناف‌دار مرکبات با شدت ترکیدگی قبل از برداشت همبستگی مثبتی وجود دارد ولی در برخی دیگر از انواع مرکبات هیچگونه همبستگی معنی‌داری بین این دو موضوع ثابت نشده است. افزایش سطح فسفر درخت می‌تواند با نازک‌تر کردن پوست میوه سبب افزایش درصد میوه‌های ترک خورده شود. کمبود فسفر نیز ضمن تحریک ریزش میوه‌ها موجب کاهش لطافت پوست میوه خواهد شد و از بازارپسندی آنها می‌کاهد (هوانگ و همکاران، ۱۹۹۵؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

۵-۲- توازن هورمونی نامناسب

رشد و نمو میوه ها تا حدود زیادی وابسته به محتوای هورمون های موجود در بافت میوه است. بذرهاى حاصل از گرده افشانی می توانند در مراحل اولیه و بحرانی رشد میوه ها به عنوان منبعی مهم از هورمون ها عمل کنند. در این میان، دو هورمون جبریلین و سائیتوکاینین که از بذر تولید می شوند می توانند ضمن افزایش رشد میوه ها موجب بیشتر شدن ضخامت پوست میوه و کاهش شدت ترکیدگی شوند (آلملا و همکاران، ۱۹۹۴). فعالیت هورمون جبریلین با افزایش انعطاف پذیری دیواره سلولی و تأخیر در بروز علائم پیری می تواند باعث افزایش تحمل پوست به فشارهای حاصل از رشد گوشت و کاهش شدت ترکیدگی شود. نقش این هورمون ها سبب شده است که فقدان حضور بذر در میوه مرکبات که گاهی در ارقامی مثل پرتقال های ناف دار یا نارنگی انشوناشی از بکرباری طبیعی رقم و گاهی نیز در رقم هایی مانند نارنگی های نوآ و پیچ به دلیل خودگرده افشانی و کاشت رقم در قطعات ایزوله می باشد موجب تشکیل پوستی نازک شده و شدت ترکیدگی را افزایش دهد (عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۱۲). به همین دلیل، دگرگرده افشانی ممکن است در ارقامی مانند پرتقال شموطی و نارنگی پیچ که فاقد خاصیت بکرباری بوده و از طریق خودگشنی نیز تنها تعداد ناچیزی بذر در هر میوه تشکیل می شود شدت ترک خوردگی را با افزایش تعداد بذرها که موجب بالا رفتن غلظت هورمون های جبریلین و سائیتوکاینین میوه و افزایش ضخامت پوست و انعطاف پذیری دیواره سلول های پوست می شود کاهش دهد (گورن و همکاران، ۱۹۹۲؛ ریب و رنسیرگ، ۱۹۹۶؛ آگوستی و همکاران، ۲۰۰۲).

۶-۲- نوع پایه

پایه انتخابی اثری غیرمستقیم بر ترکیدگی میوه داشته و لذا درصد ترکیدگی یک رقم روی پایه های مختلف اغلب متفاوت است. پایه می تواند با تعیین ظرفیت جذب آب و مواد غذایی و اثرگذاری بر خصوصیات کیفی میوه ها نقش مؤثری بر شدت ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات داشته باشد (لی و چیزانگ، ۲۰۱۷). بدیهی است که هر چقدر توانایی پایه در جذب آب بیشتر باشد، شدت تنش رطوبتی در دوره های خشکی و به ویژه در خشکی های دوران گسترش پوست میوه کمتر شده و شدت ترکیدگی کمتر شود. در بین پایه های مرکبات انواع سه برگچه ای (شکل ۲-۱۱) به دلیل توان بالا در جذب آب و مواد غذایی می توانند درصد ترکیدگی قبل از برداشت میوه را تا حدود قابل توجهی کاهش دهند (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ اشپیگل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶).



شکل ۲-۱۱- انواع پایه های سه برگچه ای مرکبات

لازم به ذکر است که شدت ترکیدگی روی پایه های سه برگچه ای در مقایسه با پایه ای مانند رافلمون بیشتر است که بطور عمده ناشی از تأثیر پایه های سه برگچه ای در کاهش ضخامت پوست میوه و اثر رافلمون در افزایش این ضخامت است. مقایسه تأثیر هشت پایه مختلف شامل نارنج، پونسیروس، سیترنج، سیتروملو، کلثوپاتراماندارین، یوزو، شانگشا و بکرایی بر شدت ترکیدگی نارنگی رقم پیچ نشان داده است که پونسیروس، سیتروملو و سیترنج بهتر از نارنج بوده و کمترین ترکیدگی را داشته اند (حیاتبخش، ۱۳۸۳).

۲-۷- سطح بارآوری درختان

شدت ترکیدگی مرکبات وابستگی زیادی به تعداد گل، درصد تشکیل میوه و سطح بارآوری دارد. در درختان پربار مرکبات ترکیدگی درصد بالایی از میوه ها را شامل می شود ولی در سال های کم بار ترکیدگی رخ نداده و یا ناچیز است. این در حالی است که در گیاهان کم بار محصولاتی مثل گوجه فرنگی و شلیل، سرعت زیاد رشد میوه ها و ناتوانی پوست در تحمل فشار حاصل از این رشد، باعث می شود تا درصد بالایی از میوه ها دچار ترکیدگی شوند (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

از آنجایی که میوه ها مراکز اصلی مصرف مواد فتوسنتزی و عناصر معدنی درخت محسوب می شوند، سهم هر میوه از ترکیبات حیاتی و از جمله عناصر معدنی مانند پتاسیم و کلسیم درخت در سال های پربار به مراتب کمتر از سال های کم بار بوده و رشد میوه ها دچار کاهش می شود. این کاهش رشد به ویژه در مراحل اولیه نمو میوه ها که مربوط به توسعه پوست است می تواند نقش مهمی در افزایش شدت ترک خوردگی داشته باشد. بر همین اساس، حلقه زنی شاخه یا محلول پاشی جیبرلین در دوره گل دهی که سبب افزایش درصد تشکیل میوه بویژه در رقم هایی مانند نارنگی نوآ که قابلیت کمی برای بکرباری دارند می تواند موجب تشدید رقابت غذایی بین میوه چه ها و افزایش درصد میوه های ترک خورده شود (ریب و همکاران، ۱۹۹۰؛ اشپیکل روی و گلدشمیت، ۱۹۹۶؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۸- ریزاقلیم های تاج

درختان مرکبات تاجی متراکم از برگ ها دارند که موجب شکل گیری ریزاقلیم های مختلفی با وضعیت های متفاوتی از نظر درجه حرارت، رطوبت نسبی و شدت تابش نور می شود. از آنجایی که عوامل مختلف ریزاقلیم در حرکت آب، محتوای آبی بافت ها و همچنین فعالیت فتوسنتزی تأثیر دارند، وضعیت ترکیدگی قبل از برداشت را نیز تحت تأثیر خود قرار می دهند. میوه های بخش بیرونی تاج در در مقایسه با میوه های بخش های درونی در معرض شدت بالاتری از نور خورشید بوده و درجه حرارت بیشتری را دریافت می کنند که موجب سرعت رشد بیشتر و بالاتر رفتن محتوای قند عصاره خواهد شد (کرانز و همکاران، ۲۰۱۱؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

محتوای کلسیمی میوه در سطح بیرونی و قسمت های آفتاب گیر تاج بیشتر از بخش های داخلی و قسمت های سایه تاج است و همین امر می تواند یکی از دلایل بالاتر بودن شدت ترکیدگی در بخش های درونی و کم نور تاج باشد. حرارت بالایی که میوه های لایه بیرونی تاج از تابش نور خورشید دریافت می کنند می تواند با آفتاب سوختگی لایه چرمی پوست موجب خشک شدن و کاهش انعطاف پذیری پوست در بخش آسیب دیده شده و محلی برای شروع ترکیدگی فراهم کند. در بخش های سایه و کم نور تاج، فعالیت آنزیم تجزیه کننده دیواره سلولی (پکتین متیل استراز) بیشتر از قسمت های نورگیر است و لذا استحکام پوست در بخش های درونی و سایه تاج کمتر بوده و احتمال بیشتری برای ترکیدگی آنها وجود خواهد داشت. محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ ها و میوه های بخش های داخلی و کم نور تاج بیشتر از قسمت های بیرونی و پر نور است و در عوض، سطح کلسیم در برگ ها و میوه های بخش بیرونی تاج بالاتر از قسمت های داخلی است. بررسی های انجام گرفته نشان داده است که در میوه های بخش های بیرونی تاج، غلظت کلسیم و منیزیم موجود در لایه چرمی پوست مرکبات بیشتر از بخش های بیرونی تاج است ولی این موضوع در مورد عنصر پتاسیم برعکس است (کرانز و همکاران، ۲۰۱۱).

۳- راه های کنترل ترکیدگی

ایجاد شرایط بهینه رشد درختان با استفاده از عملیات باغبانی از جمله انتخاب نوع پایه، عرضه به موقع و کافی آب، مالچ کاری، تنظیم زمان برداشت، استفاده از کمپوست و کودهای کندرها و همچنین محلول پاشی برگی ریز مغذی ها در مناسب ترین زمان، تنک و هرس همگی می توانند در کاهش خسارت ترکیدگی قبل از برداشت مؤثر باشند. بدیهی است که موفقیت این عملیات مدیریتی که بر طبیعت رشد میوه مؤثرند وابسته به حساسیت رقم و شرایط رشدی درخت می باشد (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

به طور کلی، افزایش قدرت درخت و کاهش شدت تنش های میوه های ترکیدگی را کاهش دهد. از طرف دیگر چون بخش اعظم استعداد ترکیدگی هر میوه در اولین مرحله رشد آن (دوره نمو پوست) مشخص می شود باید اجرای عملیات مدیریتی برای کاهش این عارضه در همان مراحل اولیه رشد میوه ها صورت بگیرد. به عنوان مثال، حلقه زنی شاخه های اصلی در مرحله شکوفایی گل ها می تواند ضمن افزایش عملکرد محصول باعث کاهش قابل توجه درصد میوه های ترکیدگی شود (لینوس، ۱۹۹۷؛ گواردیولا و همکاران، ۲۰۰۰).

لازم به ذکر است که چون عوامل مختلف محیطی در ترکیدگی میوه دخالت دارند، میزان موفقیت حاصل از به کارگیری یافته های پژوهشی در باغ ها همواره کمتر از شرایط کنترل شده مربوط به این پژوهش هاست. از طرف دیگر، ارزش اقتصادی محصول اغلب نمی تواند پاسخگوی هزینه های لازم برای اجرای برخی از این نتایج در سطح باغ باشد. این موضوع باعث شده است تا اجرای فعالیت های تحقیقاتی با هدف یافتن راهکاری کاربردی و مؤثر در شرایط باغی برای کاهش عارضه ترکیدگی قبل از برداشت تاکنون در جریان باشد (لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

۱-۳- مدیریت آبیاری

مدیریت صحیح آبیاری مرکبات در دوره‌های مختلف رشد میوه می‌تواند با جلوگیری از بروز نوسان‌های شدید در محتوای آبی خاک نقش مهمی در کنترل ترکیدگی قبل از برداشت داشته باشد. تنظیم مقدار و زمان عرضه آب با نیازهای رشدی و سطح بارآوری درخت می‌تواند با کمک به توسعه بهینه پوست و رشد متعادل گوشت میوه موجب کاهش ترکیدگی میوه شود. تجربه نشان داده است که در دوره‌های گرم و خشک سال آبیاری سبک ولی با فواصل زمانی کوتاه می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش درصد میوه‌های ترک خورده داشته باشد. کم بودن فاصله زمانی بین دفعات آبیاری در دوران توسعه پوست میوه (مرحله اول رشد میوه) و افزایش این فاصله در مرحله رشد گوشت (دوره آب‌گیری میوه) سبب کمک به رشد بیشتر و بهتر پوست میوه شده و در عوض، سرعت افزایش حجم گوشت را در دوره آب‌گیری میوه‌ها (مرحله دوم رشد میوه) کاهش می‌دهد و به این ترتیب بدون ایجاد تأثیر منفی بر کیفیت محصول، احتمال ترکیدن میوه‌ها کمتر خواهد شد. این راهکار کم‌آبیاری که در مراحل پایانی نمو میوه انجام می‌شود، روشی پذیرفته شده برای افزایش املاح جامد محلول (قندها) در ارقام زودرس نیز هست (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

مالچ کاری یکی از راهکارهای قابل استفاده و در دسترس برای کاستن از شدت تبخیر از سطح خاک و کمک به حفظ رطوبت خاک است که می‌تواند با کاهش احتمال تنش آبی موجب پایین آمدن شدت ترکیدگی شود (شکل ۳-۱). با مالچ کاری رطوبت نسبی در تاج درخت (برگ و میوه) افزایش یافته و وضعیت مطلوبی برای افزایش دوره زمانی رشد پوست میوه‌ها فراهم می‌شود. به این ترتیب به رشد پوست میوه کمک شده و تحمل بیشتری به فشارهای وارد آمده از طرف گوشت پیدا می‌کند و درصد میوه‌های ترک خورده کاهش می‌یابد (داویس و آلبریکو، ۱۹۹۴؛ لینوس، ۱۹۹۷؛ کلارک و همکاران، ۲۰۱۰؛ سینگ، ۲۰۱۶).



شکل ۳-۱- مالچ کاری در باغ مرکبات

۲-۳- مدیریت تغذیه

شرایط تغذیه‌ای میوه‌ها که حتی بین میوه‌های یک درخت واحد نیز تا حد زیادی متفاوت است نقش مهمی در تعیین حساسیت میوه‌ها به ترکیدگی دارد. تنظیم برنامه کودی هر باغ بر اساس عملکرد پیش‌بینی شده درختان روشی است که مانع بروز کمبود یا زیادبود عناصر معدنی شده و می‌تواند با تضمین رشد و نمو بهینه میوه‌ها مانع از تشدید ترکیدگی شود. این برنامه باید به گونه‌ای تهیه شده باشد که غلظت مناسبی از عناصر کلیدی شامل پتاسیم، کلسیم، بُر و مس در محیط رشد ریشه‌ها (آب‌چکان درخت) وجود داشته باشد (شکل ۳-۲) تا استحکام فیزیکی و ضخامت پوست میوه‌ها در حد مناسبی بوده و عارضه ترکیدگی قابل کنترل گردد. بدیهی است که پایش مداوم غلظت این عناصر در محدوده آب‌چکان درخت به‌ویژه برای ارقام حساس به ترکیدگی شرط لازم برای انجام توصیه‌های کودی (عرضه خاکی یا برگ‌پاشی) و جلوگیری از بروز ترکیدگی محسوب می‌شود (مورگان و همکاران، ۲۰۰۵؛ التانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ خهرا و بال، ۲۰۱۲؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۳-۲ - ناحیه آب‌چکان یک درخت مرکبات

تجربه نشان داده است که بهترین بازه زمانی برای محلول‌پاشی برگی عناصر معدنی مؤثر در کاهش ترکیدگی مرکبات حدود ۱۰ هفته پیش از تمام‌گل تا شش هفته بعد از تمام‌گل است (لیپرت، ۲۰۱۱). برگ‌پاشی عناصر مذکور در ابتدای فصل ضمن تأثیر بیشتر در کاهش درصد میوه‌های ترکیده می‌تواند از نظر سطح بقایای ترکیبات شیمیایی به جا مانده از محلول کودی در حد ناچیز و غیرخطرناکی باشد زیرا از زمان برگ‌پاشی تا فصل برداشت، مدت زمان کافی برای تجزیه و هوازدهی این مواد وجود داشته و از طرفی، بخشی از این ترکیبات به مصرف رشد میوه‌ها خواهند رسید (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

در عملیات محلول‌پاشی برگی عناصر معدنی باید غلظت محلول‌های کودی استفاده شده و زمان برگ‌پاشی به گونه‌ای تنظیم شود که هیچگونه عوارض جانبی مانند سوختگی برگ و میوه را به دنبال نداشته باشد. یکی از راهکارهای

قابل استفاده برای نیل به این هدف عبارت از به‌کارگیری کلات‌های حاوی عناصر مورد نیاز است. به عنوان مثال، محلول‌پاشی درختان مرکبات با کلات‌های روی در ابتدای دوران نمو میوه می‌تواند با افزایش قابلیت بزرگ شدن سلول‌ها موجب تسریع رشد میوه و کاهش شدت ترکیدگی شده و در عین حال، عوارض جانبی نیز ندارد. موضوع دیگری که در مدیریت تغذیه باید در نظر گرفته شود این است که اگر در برنامه کوددهی غلظت یک عنصر بیش از حد زیاد شده باشد می‌تواند منجر به کاهش جذب عناصر دیگری شده و همین امر ممکن است منجر به افزایش شدت ترکیدگی شود. به عنوان مثال، مصرف بی‌رویه کودهای حاوی منگنز می‌تواند باعث بروز کمبود کلسیم، منیزیم و آهن شده و به این ترتیب، شدت ترکیدگی قبل از برداشت افزایش می‌یابد (عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۱۲؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

۱-۲-۳- کودهای پتاسیمی

محلول‌پاشی برگ‌های پتاسیم می‌تواند محتوای این عنصر را در برگ‌ها و میوه‌ها به حدود دو برابر رسانده و ضمن افزایش درشتی و ضخامت پوست میوه موجب کاهش شدت ترکیدگی قبل از برداشت شود. برگ‌پاشی درختان مرکبات در پایان ریزش جودرو با محلول ۴٪ نترات پتاسیم روشی کارآمد در کنترل ترکیدگی میوه است. تجربه نشان داده است که زودتر انجام دادن این محلول‌پاشی موجب افزایش درصد تشکیل میوه و بیشتر شدن رقابت بین میوه‌ها شده و به این ترتیب شدت ترکیدگی افزایش خواهد یافت (جهان‌بین و همکاران، ۱۳۸۷؛ مورگان و همکاران، ۲۰۰۵؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

تغذیه بهاره (اوایل دوره رشد میوه‌ها) با کودهای پتاسیمی می‌تواند با کمک به نمو پوست میوه‌ها موجب افزایش ضخامت و استحکام فیزیکی پوست شده و احتمال ترکیدگی میوه‌ها را کاهش دهد. این در حالی است که عرضه پاییزه این کودها (در اواخر نمو میوه) نمی‌تواند تأثیر چندانی بر کاهش ترکیدگی قبل از برداشت بگذارد (عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۱۲). برای پیش‌گیری از ترکیدگی میوه مرکبات باید تغذیه پتاسیمی در حدی انجام شود که غلظت این عنصر ۱ تا ۱/۵ درصد وزن خشک برگ باشد. بالا بودن بیش از حد غلظت این عنصر در محیط رشد ریشه‌ها ضمن کاهش حجم عصاره و افزایش محتوای اسید میوه‌ها باعث تشکیل میوه‌هایی با پوست ضخیم و زمخت خواهد شد (راتانیال و همکاران، ۲۰۰۸؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۲-۳- کودهای کلسیمی

انتقال بطنی و غیرفعال کلسیم از خاک به طرف میوه‌ها و وابستگی آن به جریان تبخیر و تعرق درخت موجب شده است که برگ‌پاشی کلسیم‌های مؤثر در کاهش عوارض ناشی از کمبود این عنصر از جمله ترکیدگی قبل از برداشت باشد. بخش اعظم کلسیم محلول‌پاشی شده روی درخت پس از نفوذ از لایه کوتیکول، روی دیواره‌های سلولی و غشاء پلاسمایی سلول‌ها متمرکز شده و ضمن ایجاد پیوندهایی با غشاء پلاسمایی موجب استحکام بیشتر دیواره

سلولی می گردد. افزایش محتوای کلسیمی میوه‌های می تواند مانع تجزیه پکتین، سلولز و همی سلولز دیواره سلولی سلول‌های پوست میوه شده و با افزایش پکتین محلول موجود در دیواره سلولی موجب کاهش درصد میوه‌های ترک خورده شود. تیمار کلسیم در درختان مرکبات می تواند موجب افزایش سطح این عنصر در دیواره سلولی سلول‌های پوست میوه شده و با افزایش محتوای کلسیم پیوندی موجود در پوست میوه موجب استحکام بیشتر پوست و کاهش شدت ترکیدگی میوه‌ها شود (الشافی و همکاران، ۲۰۰۲؛ لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

محلول پاشی ترکیبات کلسیمی در مرحله قبل از برداشت اثر بارزی بر ساختار غشاء سلولی میوه گذاشته و موجب کاهش سطح بیان آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی می شود. گزارش‌های موجود نشان می دهد که برگ پاشی نیترات کلسیم (۲٪) در زمان شکوفایی ۷۰ درصد گل‌ها و همچنین در پایان ریزش گلبرگ‌ها یا پایان جودروسبب کنترل عارضه ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات شده است. در نارنگی رقم شوگام، پاشیدن محلول نیترات کلسیم (۲٪) در زمان ریزش کامل گلبرگ‌ها توانسته است با افزایش محتوای پکتین دیواره سلولی پوست میوه موجب کنترل ترکیدگی شود (چیاراوپا و سدودی، ۲۰۰۵).

۳-۲-۳- کودهای حاوی بُر

اگرچه تفاوت معنی داری بین میوه‌های سالم و ترک خورده از نظر غلظت بُردر بافت گیاهی وجود ندارد اما شدت ترکیدگی قبل از برداشت در خاک‌هایی که دارای کمبود این عنصر هستند بالاست و افزایش غلظت این عنصر در برگ‌ها می تواند به کاهش ترک خوردگی میوه‌ها کمک کند (لی و چیزانگ، ۲۰۱۷). عنصر بُر در ترکیب با کلسیم کمپلکسی را تشکیل می دهد که موجب استحکام بخشیدن به تیغه میانی سلول‌ها شده و شدت بروز عوارضی مثل ترکیدگی را کاهش می دهد. بررسی‌های انجام شده نشان می دهد که عرضه خاکی این عنصر اثر زیادی بر کاهش ترکیدگی نداشته ولی سه تا چهار نوبت محلول پاشی تاج در زمان گل دهی و اوایل دوران نمو میوه و یا تزریق آن در تنه در اوایل بهار می تواند راهکاری مؤثر برای کنترل ترکیدگی باشد. محلول پاشی درخت با اسید بوریک باعث نرم تر شدن پوست میوه‌ها می شود ولی در مورد تأثیر آن بر ضخامت پوست گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد. برگ پاشی مرکبات با محلول بُراکس (۰/۴٪) روش موافقی برای کاهش ترکیدگی قبل از برداشت لیمو بوده است. محلول پاشی تاج با اسید بوریک (۰/۳ تا ۰/۵ درصد) نیز نقش مثبتی در کاهش شدت ترک خوردگی داشته است. نتایج یک تحقیق نشان داده است که محلول پاشی تاج نارنگی رقم فورچون در مرحله بزرگ شدن سلول‌های میوه با ترکیبی از نیترات کلسیم (۲٪) و اسید بوریک (۱/۵٪) روشی موفق برای کاهش ترکیدگی قبل از برداشت بوده است. در نارنگی رقم شوگام هر دو ماده کلرور کلسیم (۱٪) و اسید بوریک (۰/۸٪) و همچنین ترکیب آنها توانست درصد میوه‌های ترک خورده را تا حد قابل قبولی کاهش دهد (چیاراوپا و سدودی، ۲۰۰۵؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۳-۳- استفاده از پایه مناسب

استفاده از پایه هایی که قادر به جذب سطح مناسبی از آب و مواد غذایی به ویژه در دوره های کم آبی باشند و تنش آبی را به حداقل برسانند می تواند موجب کاهش شدت ترکیدگی شود. درصد ترکیدگی میوه روی پایه هایی مانند رافلمون که موجب افزایش ضخامت پوست می شوند، پایین تر از سایر پایه ها گزارش شده است (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴).

۴-۳- کنترل تعداد میوه ها

تجربه نشان داده است که میزان اثرگذاری عملیات مدیریتی باغ در کنترل ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات تا حدود زیادی به سطح بارآوری درخت وابسته بوده و کارایی این عملیات در شرایط مشابه، برای درختان پربار بیشتر از درختان کم بار است. با توجه به اثر افزایشی سطح بارآوری درخت بر شدت ترکیدگی می توان تنک گل و میوه (دستی، مکانیکی یا شیمیایی) و یا هرس بهاره شاخه های درختان پربار را روشی مناسب برای کاهش درصد میوه های ترک خورده عنوان کرد (ابراهیمی، ۱۳۶۹).

کاهش تراکم میوه های یک درخت پربار سهم هر میوه را از مواد فتوسنتزی درخت افزایش داده و ضمن کمک به درشت شدن میوه ها موجب بیشتر شدن ضخامت پوست و کاهش ترکیدگی می شود. لازم به ذکر است که شدت بیش از حد تنک میوه چه در مرحله دوم رشد میوه (دوره رشد سریع) می تواند با کاهش قابل توجه درصد تشکیل میوه و پایین آوردن تعداد میوه های درخت موجب افزایش سرعت رشد میوه و تشدید فشار حاصل از رشد گوشت بر پوست شده و از این طریق موجب افزایش شدت ترکیدگی شود. علاوه بر این، انجام عملیاتی مانند حلقه زنی شاخه ها یا محلول پاشی برگی با جیبرالین ها در زمان تمام گل نیز با افزایش درصد تشکیل میوه و بالا بردن سطح بارآوری درخت موجب افزایش درصد میوه های ترک خورده خواهد شد (ریب و رنسی بورگ، ۱۹۹۶؛ لینوس، ۱۹۹۷).

۵-۳- محلول پاشی با تنظیم کنندگان رشدی

از آنجایی که ترکیدن یک میوه حاصل فشار وارد شده از طرف گوشت بر پوست میوه است، دستکاری در روند رشد میوه ها با استفاده از مواد تنظیم کننده رشد می تواند تا حدودی در شدت این عارضه مؤثر باشد (آلملا و همکاران، ۱۹۹۴). ترکیبات اکسینیبه ویژه D-۲۴ و اسید جیبرلیک بیش از سایر تنظیم کنندگان رشدی در کنترل ترکیدگی مرکبات مؤثر بوده اند. در برخی از تحقیقات انجام گرفته، از تنظیم کنندگان رشدی به منظور افزایش استحکام مکانیکی پوست میوه چه ها و همچنین برای کاهش سرعت پیر شدن میوه مرکبات استفاده شده و در نهایت شدت ترکیدگی قبل از برداشت کاهش داده شده است. لازم به ذکر است که در برخی موارد، برگ پاشی درختان مرکبات با تنظیم کنندگان رشدی موجب بروز اثرات نامطلوبی در درشتی، رنگ و کیفیت خوراکی محصول شده است (لی و چیزانگ، ۲۰۱۷).

استفاده از تنظیم کنندگان رشدی اگرچه گاهی با نتایج ضد و نقیضی در کنترل ترکیدگی میوه همراه بوده است، اما در بسیاری از موارد تأثیر بهتری نسبت به تغذیه تکمیلی داشته است. همچنین باید گفت که تأثیر ترکیبات هورمونی در کاهش ترکیدگی وابسته به رقم، نوع ترکیب شیمیایی و زمان و غلظت مورد استفاده است. به عنوان مثال محلول پاشی

نارنگی رقم نوآ با اسید جیبرالیک (۲۰ میلی گرم در لیتر) در دو زمان گل دهی و اندکی پس از پایان ریزش جودرو به ترتیب باعث افزایش و کاهش ترکیدگی شده است. موضوع مهم دیگر آن است که افزودن عناصر معدنی پتاسیم و کلسیم به محلول های اکسینی یا جیبرلینی می تواند به دلیل تأثیر هم افزایی این ترکیبات با یکدیگر موجب کنترل بهتر ترکیدگی میوه ها شود. به عنوان مثال گزارش شده است که برگ پاشی نارنگی رقم نوآ با ترکیبی از ۲،۴-D (۲۰ میلی گرم در لیتر)، جیبرالین (۲۰ میلی گرم در لیتر) و نترات کلسیم (۲٪) ضمن بی اثر بودن بر ضخامت پوست میوه موجب افزایش استحکام فیزیکی پوست و کاهش درصد میوه های ترک خورده شده است. نتایج یک تحقیق دیگر نشان داده است که اجرای سه بار محلول پاشی تاج در درختانی که در دوره رشد سریع میوه با خشکی طولانی روبرو بوده اند با ترکیبی از اوره (۰/۳ درصد) و جیبرلین (۳۰ میلی گرم در لیتر) با فاصله زمانی یک هفته ای نقش مؤثری بر کاهش درصد میوه های ترک خورده داشته است (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

استفاده از ترکیبات اکسینی و جیبرلینی می تواند جایگزین خوبی برای بذر در ارقام بی بذر بوده و باعث افزایش توان فیزیکی پوست در تحمل فشارهای داخلی و کاهش احتمال ترکیدگی میوه شود. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که تغذیه خاکی ماده شبه هورمونی پاکلوبوترازول به میزان ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی گرم به ازای هر درخت نیز موجب کاهش قابل توجه تنش خشکی و گرمایی شده و از این طریق درصد میوه های ترک خورده را کاهش و سبب بهبود کیفیت محصول مرکبات شده است (کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

۱-۵-۳- اکسین ها

محلول پاشی برگ با ۲،۴-D و یا ۲،۴-DP در باغ هایی که وضعیت مطلوبی از نظر عناصر معدنی دارند می تواند با افزایش قابلیت کشیدگی پوست میوه درصد ترکیدگی را کاهش دهد. بهترین زمان برگ پاشی اکسین برای کنترل ترکیدگی مرکبات، پایان تقسیم سلولی و آغاز مرحله دوم رشد میوه ها است که قطر میوه ها به حدود دو سانتی متر رسیده باشد. استفاده از اکسین در این زمان هیچگونه اثر تنک کنندگی ندارد (آگوستی و همکاران، ۲۰۰۲). انجام محلول پاشی ۲،۴-D در رقم های پوست نازک و صاف می تواند بر اساس زمان برگ پاشی، افزایش ضخامت و زبری پوست را نیز در کنار کاهش شدت ترکیدگی به همراه داشته باشد. اگر در مرحله گل دهی محلولی از ۲،۴-D روی برگ ها پاشیده شود ضخامت پوست میوه ها افزایش یافته و ترکیدگی به صورتی مؤثر کاهش خواهد یافت. بر اساس برخی از گزارش ها برگ پاشی درختان با ترکیبی از ۲،۴-D و جیبرلین در دو زمان ۳۰ و ۶۰ روز قبل از آغاز ترکیدگی موجب کاهش شدت این عارضه شده است (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

محلول پاشی نارنگی رقم ماریسول با ۲،۴-D (۱۵ میلی گرم در لیتر) در پایان ریزش جودرو ضمن کاهش ترکیدگی موجب تولید میوه هایی با پوست لطیف و بازارپسند شده ولی همین عملیات در مراحل تمام گل یا پایان ریزش گلبرگ ها زبری پوست و ماندگاری خامه را به همراه داشته است. برگ پاشی مرکبات با محلول بسیار رقیقی از ۲،۴-D (حداکثر ۲۵ میلی گرم در لیتر) نیز ضمن افزایش درشتی میوه که حاصل بالا رفتن قدرت رقابتی آنها در جذب مواد فتوسنتزی است موجب رشد بیشتر پوست میوه و کاهش ترکیدگی شده است. استفاده از این ترکیب در پایان تقسیم سلولی میوه ضمن

بی‌اثر بودن بر ضخامت پوست میوه سبب متراکم‌تر شدن سلول‌های پوست میوه و افزایش تحمل پوست به فشار ناشی از رشد گوشت شده و شدت ترکیدگی را کاهش داده است. برگ‌پاشی ارقام ناف‌دار با محلولی از D-۲،۴ با غلظت ۱۵ تا ۴۵ میلی گرم در لیتر از مرحله تمام گل تا یک ماه پس از ریزش کامل گلبرگ‌ها ضمن کاهش اندازه ناف، کوتاه شدن شکاف گلگاه، افزایش فراوانی میوه‌های دارای ناف بسته و همچنین ضخیم‌تر شدن پوست گلگاه (در حدی برابر بابخش استوایی میوه) موجب کاهش شدت ترکیدگی قبل از برداشت نیز شده است (لینوس، ۱۹۹۷؛ مویامبی، ۲۰۱۰؛ کرانز و همکاران، ۲۰۱۳).

از گزارش‌های دیگر موجود در زمینه کاربرد اکسین‌ها در کاهش ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات می‌توان به اجرای دو و سه نوبت محلول‌پاشی درختان نارنگی رقم نوآ در ابتدای بهار با ترکیبی از D-۲،۴ (۱۵ میلی گرم در لیتر) و نیترات پتاسیم (۲٪) اشاره کرد که شدت ترکیدگی را از ۲۸٪ در درختان شاهد به ترتیب به ۱۵٪ و ۱۱٪ کاهش داد (مویامبی، ۲۰۱۰). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی برگ‌گی تعدادی از ارقام ناف‌دار در پایان ریزش جودرو با محلولی از NAA ضمن افزایش درصد تشکیل میوه و کمک به رشد میوه‌ها موجب کمک به نمو پوست و افزایش سختی بافت آن شده شدت ترکیدگی قبل از برداشت را کاهش داده است (لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

۲-۵-۳- جیبرلین‌ها

استفاده از جیبرلین‌ها می‌تواند در به تأخیر انداختن پیری میوه‌ها و کاهش شدت تنش‌های وارد شده به میوه‌چه‌ها نقش داشته و از این طریق به کاهش ترکیدگی کمک کند. استفاده از تیمار جیبرلین روی میوه‌های جوان می‌تواند با ممانعت از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین دیواره سلولی (از جمله پکتین‌متیل‌استراز) موجب افزایش استحکام پوست و کاهش شدت ترکیدگی شود. غلظت جیبرلین به کار رفته در آزمایشات مربوط به کنترل ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات، اغلب در محدوده ۱۰ تا ۲۰ میلی گرم در لیتر بوده ولی در برخی موارد از جمله در پرتقال‌های ناف‌دار از غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلین نیز برای افزایش عملکرد و کیفیت محصول و کاهش شدت ترکیدگی استفاده شده است (گورن و همکاران، ۱۹۹۲؛ عبدالرحمن، ۲۰۱۲).

از مجموع گزارش‌های موجود می‌توان دریافت که بهترین زمان محلول‌پاشی برگ‌گی جیبرلین برای تولید میوه‌های درشت‌تر، افزایش ضخامت پوست و کاهش شدت ترکیدگی، پایان ریزش جودرو و زمانی است که قطر متوسط میوه‌ها به حدود ۱/۵ سانتی متر رسیده باشد. این در حالی است که برگ‌پاشی جیبرلین در مرحله تمام گل ضمن افزایش درصد تشکیل میوه و تشدید رقابت بین میوه‌چه‌ها می‌تواند شدت ترکیدگی را افزایش دهد (داویس و آلبریگو، ۱۹۹۴؛ لی و چیژانگ، ۲۰۱۷).

نتیجه گیری

- ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات فرآیندی پیچیده و مرکب از عوامل مختلفی است که هنوز شناخت کامل و دقیقی از سازوکارها و عوامل تأثیرگذار بر آن وجود ندارد.
- ساختار داخلی منحصر به فرد میوه های مرکبات که بخش خوراکی آن با پوستی دولایه ای احاطه شده است، تفاوت قابل ملاحظه را در موضوع ترکیدگی میوه مرکبات با سایر میوه ها باعث شده است.
- در اولین مرحله نمو میوه مرکبات که به تقسیم سلولی اختصاص دارد، بخش عمده سلول های بخش چرمی پوست تشکیل شده و پس از این مرحله که تقسیم سلولی برون بر متوقف می شود، سلول های گوشت شروع به بزرگ شدن می کنند.
- فشار حاصل از بزرگ شدن سریع گوشت میوه بر پوست منجر به بروز ترک های ریز و میکروسکوپی پوست و آغاز ترکیدگی میوه می شود.
- ترکیدگی اغلب از گلگاه که پوست نازک تری از سایر بخش ها دارد آغاز می شود. در رقم های ناف دار، گلگاه ضمن نازکی پوست، به دلیل همجواری دو بافت مختلف (میوه اصلی و ناف) ساختاری ضعیف داشته و لذا ترکیدگی شدت بیشتری از ارقام بی ناف دارد.
- برخی عوامل محیطی و عملیات باغی سبب نازکی پوست و افزایش ترکیدگی می شوند.
- توازن نامناسب بین عناصر معدنی، شرایط اقلیمی گرم و مرطوب، نامنظم بودن برنامه آبیاری و باردهی بیش از حد از جمله مهم ترین عوامل تشدید ترکیدگی میوه مرکبات هستند.
- بروز تنش های محیطی در اولین مرحله نمو میوه از مهم ترین عوامل تعیین کننده شدت ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات است.
- به کار بردن روش های باغبانی مانند تنک دستی یا شیمیایی و یا حلقه زنی شاخه که با هدف تغییر سطح بارآوری درخت صورت می گیرند، همچنین اجرای برنامه های صحیح آبیاری و تغذیه تکمیلی به ویژه برای عناصر کلسیم، پتاسیم و فسفر، محلول پاشی برگی با مواد مولد اکسین و جیبرلین همگی می توانند احتمال ترکیدگی قبل از برداشت میوه را در باغ های مرکبات کاهش دهد.

ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات یکی از عوارض فیزیولوژیک و وابسته به رقم است که هر ساله خسارت اقتصادی قابل توجهی را به باغداران کشور وارد می کند. این پدیده به طور عمده ناشی از نامناسب بودن شرایط رشد و نموی درخت در مرحله توسعه پوست میوه ها است. آبیاری منظم به ویژه در مراحل اولیه تشکیل و رشد میوه ها و همچنین اجرای برنامه صحیح کوددهی، انتخاب پایه مناسب و تنظیم سطح بارآوری درخت می تواند شدت ترکیدگی را تا حد قابل توجهی کاهش دهد.

منابع

- ابراهیمی، ی.، اثنی عشری، م.ج.، درجانی، ر. ۱۳۵۹. نتایج بررسی های مقدماتی کیوی یا Chinese gooseberry در شمال ایران. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱۹ ص.
- جهان بین، ر.، یآوری، س.، عشقی، س. و تفضلی، ع. ۱۳۸۷. اثر توفوردی و سولفات پتاسیم بر ویژگی های کمی و کیفی میوه پرتقال نافی. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲ (۲): ۱۱۰-۱۱۲.
- حیاتبخش، ع. ۱۳۸۳. بررسی و مقایسه اثرات پایه های مختلف بر عملکرد کمی و کیفی نارنگی پیچ. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی پژوهشکده مرکبات و میوه های نیمه گرمسیری. ۴۶ ص.
- عدولی، ب.، حیاتبخش، ع.، تاجور، ی.، طاهری، ح.، مرادی، ب. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر ۲،۴-DP و نیترات پتاسیم در ترکیدگی قبل از برداشت پرتقال تامسون ناول و نارنگی پیچ روی دو پایه مختلف در شمال ایران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پژوهشکده مرکبات و میوه های نیمه گرمسیری. ۴۰ ص.
- Abd El-Rahman, G.F., Hoda, M.M. and A.H.T. Ensherah. (2012). Effect of GA3 and potassium nitrate in different dates on fruit set, yield and splitting of Washington Navel orange. *Nature and Science*, 10(1): 148-158.
- Agusti, M., Pons, J. and M. Otmani. (1992). The use of 2,4-DP to improve fruit size in citrus. *Proceeding of International Society of Citriculturae*, 1: 423-427.
- Agusti, M., Martinez-Fuentes, A. and C. Mesejo. (2002). Citrus fruit quality: Physiological basis and techniques of improvement. *Agrociencia*, 6(2): 1-16.
- Almela, S., Zaragoza, E. and M. Agusti. (1994). Hormonal control of splitting in 'Nova' mandarin fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 69(6): 969-974.
- Alvai, A.K. and S. Paramasivam. (2001). Role of potassium on sustainable citrus production. Florida University Press, pp. 43.
- Antoine, S., Pailly, O., Gibon, Y., Luro, F., Santini, J., Giannettini, J. and L. Berti. (2016). Short-and long-term effects of carbohydrate limitation on sugar and organic acid accumulation during mandarin fruit growth. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96: 3906-3914.
- Bar-Akiva, A. (1975). Effect of potassium nutrition on fruit splitting in Valencia orange. *Journal of Horticultural Science*, 50: 85-90.
- Barry, G.H. and J.P. Bower. (1997). Manipulation of fruit set and stylar-end fruit split in Nova mandarin hybrid. *Scientia Horticulturae*, 70: 243-250.
- Belmans, K. and J. Keulemans. (1996). A study of some fruit skin characteristics in relation to the susceptibility of cherry fruit to cracking. *Acta Horticulturae*, 410: 547-550.
- Boman, B.J. (2002). KNO₃ foliar application to 'Sunburst' tangerine. *Proceeding of Horticultural Society*, 115: 6-9.

- Bower, J.P., Gilfillan, J.P. and H. Skinner. (1992). Fruit splitting in Valencia and it's relationship to the pectin status of the rind. *Proceedings of 7th International Society for Citriculture*, 8-13 March. Acireale, Italy, pp. 511-514.
- Chiarawipa, R. and S. Sdoodii. (2005). Fruit splitting occurrence of Shogun mandarin (*Citrusreticulata* Blanco cv. Shogun) in southern Thailand and alleviation by calcium and boron sprays. *Journal of Science andTechnology*, 27(4):719-730.
- Clarke, S.J., Hardie, W.J. and S.Y. Rogiers. (2010). Changes in susceptibility of grape berries to splitting are related to impaired osmotic water uptake associated with losses in cell vitality. *Australian Journal of Grape Wine Research*, 16:469–476.
- Cronje, P. R., Barry, G.H. and M. Huysamer. (2011). Fruiting position during development of 'Nules Clementine' mandarin affects the concentration of K, Mg and Ca in the flavedo. *Scientia Horticulturae*, 130: 829–837.
- Cronje, P.J., Stander, O.P. and K.I. Theron. (2013). Fruit splitting in citrus. *Horticultural Review*, 41: 177–200.
- Davies, F. S. and L.G. Albrigo. (1994). Citrus. CAB International, axon. UK. P. 254.
- DeCicco, V., Intrigliolo, F., Ippolito, A., Vanadia, S. and A. Guiffrida. (1988). Factors in Navelina orange splitting. *Proceedings of the 6th.International Society of Citriculture*, 1: 535–540.
- El-Shafey, Y.H., El-Rahman, A.M.A. and A.M. EL-Azaze (2002). Effect of foliar application with calcium on yield and fruit quality of Valencia orange trees. *Bulletin of Faculty of Agriculture, Cairo Univiversity*, 53(2), 275-288.
- El-Tanany, M.M.; Abdel Messih, M.N. and M.A. Shama. (2011). Effect of foliar application with potassium, calcium and magnesium on yield, fruit quality and mineral composition of Washington Navel orange trees. *Alexandria Science Exchange Journal*, 32(1): 65-75.
- Garcia-Luis,A., Duarte, A., Porras, I., Garcia, L. and J.L. Guardiola. (1994). Fruit splitting in Nova hybrid mandarin in relation to the anatomy of the fruit and fruit set treatments. *Scientia Horticulturae*, 57 (3),215-231.
- Gill, P.S., Singh, S.N. and A.S. Dhatt. (2005). Effect of foliar application of K and N fertilizers on fruit quality of Kinnow mandarin. *Indian Journal of Horticulture*, 62(3): 282-284.
- Goldschmidt, E.E. and D. Galili. (1992). Fruit splitting in Murcott tangerines: control by reduced water supply. *Proceedings of 7th International Society for Citriculture*, 8-13 March. Acireale, Italy, pp. 657-660.
- Goren, R., Huberman, M. and J. Riov. (1992). Effects of gibberellin and girdling on the yield of Nova (Clementine × Orlando tangelo) and Niva (Clementine × Wilking). *Proceedings of 7thInternational Society for Citriculture*, 8-13 March. Acireale, Italy, pp. 493-499.
- Greenberg, J., Hertzano, Y. and G. Eshel. (1992). Effects of 2,4-DP, ethephon and NAA on fruit size and yield of Star Ruby Red grapefruit. *Proceedings of 7thInternational Society for Citriculture*, 8-13 March. Acireale, Italy, pp. 520-523.
- Greenberg, J., Kaplan, I., Fainzack, M., Egozi, Y. and B. Giladi. (2006). Effects of auxin sprays on yield, fruit size, splitting and the incidence of creasing of 'Nova' mandarin. *Acta Horticulturae*, 727: 249–254.
- Guardiola-Luis, A., Duarte, A.M.M. and M. Kanduser. (2000). The anatomy of the fruit in relation to the propensity of citrus species to split. *Scientia Horticulturae*, 87: 33-52.
- Hodgson, R.W. (1967). Horticultural varieties of citrus. In: Reuther, W., Webber, W. and L.D. Batchelor (Eds), *The Citrus Industry. Vol. 1: History, World Distribution, Botany and Varieties*. University of California, Division of Agricultural Science, Berkeley, California, 500-505.
- Huang, F.S., Zhang, H.S., Qian, H. M. and F. Yi. (1995). Study on the effects of organic manures and leaf spraying P and K on the fruit quality of extra-early Satsuma mandarin. *China Citrus*, 24(2): 31-32.

- Iglesias, D.J., Cercos, M., Colmenero-Flores, J.M., Naranjo, M.A., Rios, G., Carrera, E., Ruiz-Rivero, O., Liso, I., Morillon, R., Tadeo, F.R. and M. Talon. (2007). Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4): 333-362.
- Khadiji-Khub, A. (2015). Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. *Acta Physiology Plant*, 37: 17-18.
- Khehra, S. and J.S., Ball. (2012). Influence of foliar sprays on fruit cracking in lemon. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4: 124-128.
- Kim, Y.H., Moon, Y.E. and S.G. Han. (2004). Effect of calcium formulae foliar application on the water spot out break and fruit quality of Satsuma mandarin in the plastic house. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 22(1): 50-54.
- Li, J. and C. Jiezhong. (2017). Citrus fruit cracking: causes and occurrence. *Horticultural Plant Journal*, 3 (6): 255-260.
- Linus, U. (1997). Fruit skin cracking and splitting. *Horticultural Reviews*. John Wiley and Sons Inc. 19: 217-262.
- Lippert, T. (2011). Citrus Rind Splitting. California University Press. Available online by: www.ccmg.ucdavis.edu.
- Maksoud, M.A., Saleh, M.M.S., Haggag, L.F. and B.N. Boutros (2003). Effects of iron and potassium fertilization on Balady mandarin trees grown in calcareous soil. *Annals of Agricultural Science* (Cairo). 48 (2): 741-746.
- Morgan, K.T., Rouse, R.E., Roka, F.M., Futich, S.H. and M. Zekri. (2005). Leaf and fruit mineral content and peel thickness of 'Hamlin' orange. *Proceeding of Florida State Horticultural Society*. 118:19-21.
- Mupambi, G. (2010). Studies to reduce the size of the navel-end opening of navel oranges. Stellenbosch University, M.Sc. Dissertation.
- Rabe, E., Van Rensburg, P.J.J., Van Der Walt, H. and J. Bower. (1990). Factors influencing preharvest fruit splitting in Ellendale (*Citrus reticulata*). *HortScience*, 25(9): 34-39.
- Rabe, E. and P.J. Rensburg. (1996). Gibberellic acid sprays, girdling, flower thinning and potassium application affect fruit splitting and yield in the *Ellendale tangor*. *Journal of the Horticultural Science*, 71 (2): 195-203.
- Rattanpal, H.S., Rani, S. and H.S. Dhaliwal. (2008). Effect of potassium and 2,4-D on yield and fruit quality of Kinnow mandarin. *Environment and Ecology*, 26(2): 709-715.
- Rebolledo, A., García-Luis, A. and J.L. Guardiola. (2012). Effect of 2,4-D exogenous application on the abscission and fruit growth in sweet orange. var. Salustiana. *Agronomía Colombiana*, 30(1): 34-40.
- Singh, P. (2016). Studies on the effect of nutrients and soil moisture management to reduce fruit cracking in lemon (*Citrus limon* L. Burm). M. Sc. Thesis. Punjab Agricultural University, Pakistan. pp. 81.
- Spiegel-Roy, P. and E.E., Goldschmidt. (1996). Biology of Citrus. Cambridge University Press. p. 230-235.
- Stander, O.P.J. (2013). Fruit split and fruit size studies on citrus. M. Sc. Thesis, University of Stellenbosch, South Africa. pp.155.



