



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴۰۴ آذر ۱۳ تا ۱۱



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بررسی اجمالی برخی عوامل تأثیرگذار بر عارضه ریزش میوه زیتون

محمد ماله میر چگینی^{۱*}، داود جوادی مجدد^۲، علی محبوب خمایی^۲، علی لاهیجی^۲، سید علی النقی معصومی^۳، سید ابراهیم رضوی^۳

۱- کارشناس تحقیقات حاصل خیزی خاک و تغذیه گیاه ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان (mohamadmc71@gmail.com)

۲- اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان

۳- محققین بخش باغبانی ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان

چکیده

ریزش میوه در زیتون (*Olea europaea* L.) پدیده‌ای پیچیده و چندعاملی است که حاصل تعامل میان فرآیندهای فیزیولوژیکی، تعادل هورمونی و تنش‌های محیطی است. این پدیده در نواحی تخصص‌یافته‌ای موسوم به نواحی ریزش (AZS) رخ می‌دهد که به واسطه تغییرات در ترکیب سلولی و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک، جداسازی اندام را ممکن می‌سازند. در درخت زیتون، سه ناحیه ریزش شناسایی شده است که هر یک بسته به رقم، مرحله رشد میوه و شرایط متابولیکی فعال می‌شوند. تعادل میان هورمون‌های کلیدی از جمله اکسین، جیبرلین، اتیلن و اسید آبسازیک (ABA) نقش تعیین‌کننده‌ای در فعال‌سازی این نواحی دارد؛ بدین‌صورت که افزایش اتیلن و ABA همراه با کاهش انتقال قطبی اکسین و سطح جیبرلین، سبب آغاز تخریب دیواره سلولی و ریزش میوه می‌شود. از سوی دیگر، تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، گرما و نوسانات دمایی از طریق ایجاد استرس اکسیداتیو، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و تحریک سنتز ABA و پیش‌ساز اتیلن (ACC) موجب تشدید ریزش میوه می‌گردند. همچنین، عدم تعادل تغذیه‌ای و اختلال در رابطه منبع-مخزن به کاهش کربوهیدرات در بافت‌های زایشی و تسریع فرآیند جداسازی می‌انجامد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که کنترل دقیق تغذیه، مدیریت آبیاری، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف (بور و روی) و استفاده هدفمند از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند متیل جاسمونات (MeJA) و 2,4-D می‌تواند پایداری میوه را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. این مرور با هدف تحلیل و بررسی عوامل فیزیولوژیکی، هورمونی و محیطی در ریزش میوه زیتون، چارچوبی یکپارچه برای درک عمیق‌تر مکانیسم‌های تنظیمی و ارائه برخی راهبردهای نوین مدیریتی ارائه می‌کند.

کلمات کلیدی: ناحیه ریزش، اکسین، رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS)، K^+/Na^+ ، رابطه منبع-مخزن

مقدمه

به طور جهانی، کشت درختان زیتون تقریباً بین مدارهای ۳۰ تا ۴۵ درجه شمالی و جنوبی که معمولاً دارای آب و هوای مدیترانه‌ای شامل زمستان‌های معتدل و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشند و تحت تأثیر عوامل نامطلوب محیطی مانند کمبود آب، گرما و تشعشعات شدید خورشیدی قرار دارند شامل مناطق خاصی از کشور ایران مانند شهرستان‌های رودبار و طارم محدود شده است (Kalfas et al., 2023; Moriondo et al., 2013; Therios, 2009). این مناطق با چالش‌های عمده‌ای مرتبط با فشار جمعیتی و تغییرات آب‌وهوایی روبه‌رو هستند که به طور قابل توجهی بر دسترسی و کیفیت آب تأثیر می‌گذارند. این وضعیت منجر به افزایش خطر شوری خاک و آب شده است که به‌ویژه تولیدات کشاورزی، از جمله زیتون و روغن زیتون را تهدید می‌کند (El yaman and Cordovilla, 2024; Fraga et al., 2020). طبق آمار ارائه شده توسط جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۲ سطح زیر کشت باغات زیتون کشور ۶۱,۱۵۳ هکتار و تولید زیتون ۹۴,۲۶۷ تن بوده است و هر ساله سطح زیر کشت و تولید زیتون در کشور روبه افزایش می‌باشد (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۲). حدود ۹۰٪ از تولید جهانی زیتون برای استخراج روغن و ۱۰٪ باقیمانده برای زیتون خوراکی استفاده می‌شود (Fao, 2018). با این حال، مشکل عمده‌ای که کشاورزان با آن مواجه هستند، ریزش قابل توجه گل‌ها و میوه‌ها از مرحله گلدهی تا برداشت است. اگرچه درختان زیتون در بهار به وفور شکوفه می‌دهند، اما تنها درصد کمی از گل‌ها به میوه‌های بالغ تبدیل می‌شوند. به عنوان مثال، در سالی با گلدهی طبیعی، یک درخت زیتون بالغ سالانه حدود ۵۰۰,۰۰۰ گل تولید می‌کند اما ۱ تا ۲ درصد تشکیل میوه برای برداشت تجاری کافی است. در سال‌های 'off' که گلدهی کم است، میزان تشکیل میوه ممکن است تا ۱۰ درصد افزایش یابد (Martin et al., 2005). یکی از دلایل اصلی درصد پایین تبدیل گل‌ها به میوه، از بین رفتن میوه‌ها در مراحل مختلف رشد و نمو است. ریزش میوه به‌عنوان یک عارضه فیزیولوژیکی به‌طور همزمان رخ نمی‌دهد، بلکه به صورت موجی است و دوره‌ها یا مراحل کم و بیش مشخصی دارد که در آنها ریزش قابل توجه اتفاق می‌افتد. هرچند که عوامل زیستی نظیر آفات (مانند شپشک سیاه و مگس زیتون) و بیماری‌ها (مانند آنتراکنوز و پژمردگی ورتیسیلیومی) در بروز خشکیدگی شاخه و ریزش میوه در طول فصل رشد مؤثر می‌باشند (Markakis et al., 2022; Mojdehi et al., 2022; Marouf et al., 2019)، اما شواهد نشان می‌دهد که شدت و گستره خسارات عمدتاً ناشی از اثرات عوامل غیرزیستی و عدم تعادل هورمونی است (Fraga et al., 2019). در پاسخ به این چالش، راهکارهای مدیریتی مختلفی شامل استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، عوامل بیولوژیک، مواد شیمیایی و اصلاح روش‌های زراعی در سراسر جهان توسعه یافته است (Sun et al., 2013; Estornell et al., 2013). هدف از این مقاله بررسی نواحی ریزش و عوامل موثر بر ریزش میوه زیتون می‌باشد.

مواد و روش

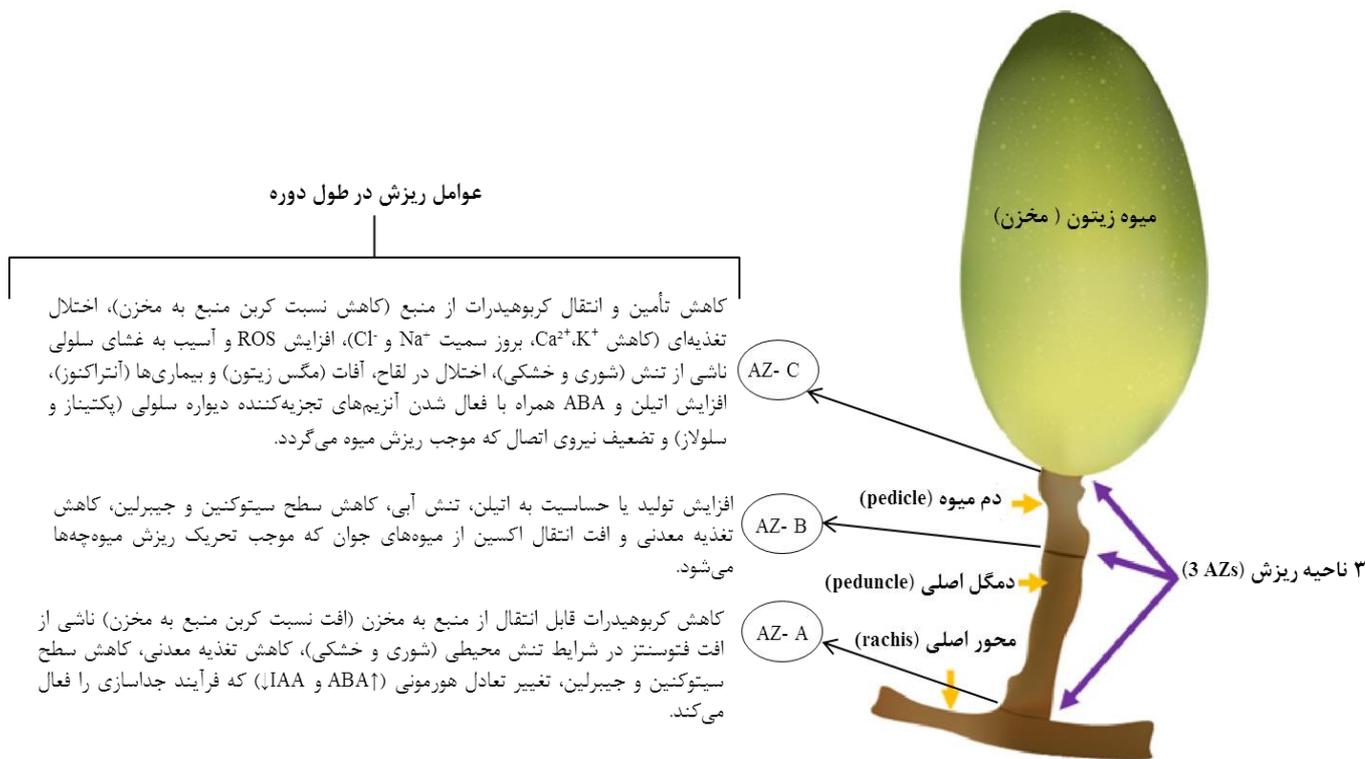
این مقاله بر پایه مرور نظام‌مند (Systematic Review) منابع علمی منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ در پایگاه‌های Web of Science، Scopus، ScienceDirect و Google Scholar تنظیم شد. جستجو با استفاده از کلیدواژه‌های ریزش میوه زیتون، هورمون‌های گیاهی، تنش خشکی، شوری و تغذیه معدنی و معادل‌های انگلیسی آنها انجام گرفت. در مجموع بیش از ۱۳۰ منبع بررسی شد که پس از پالایش و حذف موارد تکراری یا کم‌اعتبار، ۸۵ منبع علمی معتبر برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. داده‌ها در قالب محورهای مراحل فیزیولوژیک ریزش، نقش هورمون‌ها، تأثیر تنش‌های غیرزیستی و مدیریت تغذیه و آبیاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

مراحل ریزش میوه زیتون

پدیده ریزش در میوه‌های زیتون ابتدا به صورت تغییر رنگ پوست (اگزوکارپ) ظاهر می‌شود، سپس به تدریج خشک شدن دمگل و ایجاد نکروز روی پوست اتفاق می‌افتد و در نهایت منجر به ریزش میوه‌ها می‌شود (Fabbri and Rapoport, 2023). بر اساس پژوهش‌های علمی، ریزش میوه در گیاهان در مناطقی تخصص‌یافته به نام ناحیه ریزش^۱

¹ Abscission zone

(AZ) رخ می‌دهد که از نظر ریخت‌شناسی با سلول‌های کوچک، متراکم و کم‌لیگنین قابل تشخیص هستند. تعداد این مناطق در گونه‌های مختلف متغیر است (Tranbarger and Tadeo, 2020; Merelo et al., 2017)؛ به طوری که میوه‌های چوبی مانند لیچی و سیب دارای یک منطقه ریزش، مرکبات دارای دو منطقه و زیتون دارای سه منطقه ریزش مجزا برای میوه هستند شکل (۱) (Zhao et al., 2024; Zhao and Li, 2020). افزایش اتیلن و آبسزیک اسید (ABA) ناشی از کمبود کربوهیدرات، همراه با کاهش پیش‌ساز اکسین ایندول-۳-استیک اسید (IAA) و اختلال در انتقال قطبی اکسین^۱ (PAT)، در میوه‌ها به عنوان عوامل مهم ریزش میوه در محصولات میوه‌های چوبی در نظر گرفته شده‌اند (Ma et al., 2019; Iglesias et al., 2006).



شکل ۱- تعداد ناحیه ریزش (AZ) و عوامل مؤثر بر ریزش میوه زیتون در طول دوره

عارضه ریزش شامل چهار فرآیند اصلی است: (۱) تمایز و تشکیل ناحیه ریزش، (۲) درک سیگنال‌های ریزش توسط سلول‌های این منطقه، (۳) آغاز و تکمیل جداسازی سلولی و (۴) تشکیل یک لایه محافظ در سمت گیاه والد (Shi et al., 2023; Patterson, 2001). در گونه‌های درختی، دو مکانیسم اصلی برای القای ریزش پیشنهاد شده است: مدل "غلبه اولیه" که بر مهار انتقال قطبی اکسین از میوه‌های جانبی توسط میوه غالب تأکید دارد، و مدل "کمبود کربوهیدرات" که از طریق القای استرس اکسیداتیو و تولید اتیلن منجر به آسیب جنین و فعال‌سازی ناحیه ریزش می‌شود. در این تعامل پیچیده، اتیلن و آبسزیک اسید به عنوان محرک و اکسین به عنوان بازدارنده ریزش عمل می‌کنند. شواهد بین‌گونه‌ای نشان می‌دهد که اگرچه کانون تولید اتیلن در گونه‌های مختلف متفاوت است، اما تعامل نهایی بین وضعیت کربوهیدرات‌ها و هورمون‌های گیاهی تعیین‌کننده نهایی ریزش می‌باشد (Zhao et al., 2024; Bishnoi et al., 2023; Shi et al., 2023; Tranbarger and Tadeo, 2018). رشد میوه از یک الگوی سیگموئیدی پیروی می‌کند که شامل سه مرحله اصلی است: تقسیم سلولی (مرحله اول)، بزرگ‌شدن سلول (مرحله دوم) و رسیدن (مرحله سوم). در طول این

¹ Polar auxin transport

چرخه، دو موج اصلی ریزش رخ می‌دهد: ریزش گل‌ها و جوانه‌ها در آغاز مرحله اول، و ریزش میوه‌های کوچک در دوره "ریزش خردادماه" در آستانه ورود به مرحله دوم. مکانیسم ریزش در نواحی ریزش متفاوت عمل می‌کند. به‌طور کلی ریزش در ناحیه دمگل و دمگل (AZ- A) با کاهش سطح جیبرلین‌های فعال مانند GA₁ مرتبط است، در حالی که ریزش در ناحیه بین میوه و کاسه گل (AZ- C) عمدتاً تحت تأثیر کمبود کربوهیدرات‌ها رخ می‌دهد. این کمبود کربن، زنجیره‌ای از واکنش‌ها شامل تولید آبسزیک اسید (ABA) و پیش‌ساز اتیلن ACC (۱- آمینو سیکلوپروپان- ۱- کربوکسیلیک اسید) را فعال می‌کند که در نهایت با تولید اتیلن به فعال‌سازی ژن‌های ریزش و سقوط میوه منجر می‌شود (Dutta et al., 2023; Zhao et al., 2019; Sawicki et al., 2015; Iglesias et al., 2007). شواهد بین‌گونه‌ای (از جمله در آووکادو، هلو، خرمالو و مرکبات) نشان می‌دهد که کانون تولید اتیلن می‌تواند متفاوت باشد (دانه، کاسبرگ، خود AZ یا بافت‌های اطراف)، اما تعامل نهایی بین وضعیت کربوهیدرات، اتیلن، اکسین و آبسزیک اسید تعیین‌کننده نهایی ریزش است، همانطور که اثربخشی روش‌های باغبانی مانند حلقه‌زنی در تأمین کربوهیدرات و کاهش ریزش گواه آن می‌باشد (Zhao et al., 2024; Ma et al. 2021; Zhao et al., 2020; Botton et al., 2019; Xie et al., 2018; Giulia et al., 2013). مطالعات نشان می‌دهد که محل ریزش میوه زیتون و نیروی نگهدارنده میوه^۱ به‌طور قابل توجهی وابسته به رقم است. به عنوان مثال، ریزش در رقم مانزانایلا عمدتاً در ناحیه میوه- دم‌میوه (AZ- C) رخ می‌دهد، در حالی که در برخی ارقام مانند آریکین ریزش غالباً در محل اتصال دمگل- شاخه (AZ- A)، فرانتویو و لچینو جداسازی هم در محل دم‌میوه- شاخه (AZ- A) و هم در محل میوه-دم‌میوه (AZ- C) مشاهده شده است. این تفاوت‌های ذاتی بین ارقام، عاملی کلیدی در ارزیابی اثربخشی مواد شیمیایی کاهنده نیروی نگهدارنده میوه و توسعه روش‌های برداشت مکانیکی به شمار می‌آید، چرا که ناحیه جداسازی هدف را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد (Castillo-Llanque and Rapoport, 2009). در زیتون، همبستگی مشاهده‌شده‌ای بین افزایش محتوای پیش‌ساز اتیلن ACC در ناحیه C ریزش میوه بالغ (AZ- C) و کاهش نیروی مورد نیاز برای جدا شدن میوه از درخت وجود دارد (Parra-Lobato and Gomez-Jimenez, 2011). نتایج نشان داده است که الگوی ریزش گل و میوه زیتون در مرحله اول شامل: ریزش گل‌های تلقیح نشده، تحریک شده با گرده افشانی و گل‌های خوب بارور نشده را در برمی‌گیرد. در این مرحله مسئله تلقیح و عوامل مؤثر در آن تعیین‌کننده درصد تشکیل میوه می‌باشد، مرحله دوم ریزش از ۱۵ روز بعد از تمام گل شروع شده و تا ۵ الی ۷ هفته بعد از آن ادامه می‌یابد که در نتیجه عدم گرده‌افشانی مناسب، رقابت بین میوه- های جوان بر سر مواد غذایی و کربوهیدرات‌ها و تشدید عوامل غیرزیستی می‌باشد (Rosati et al., 2023; Kour et al., 2018; طاهری و همکاران، ۱۳۹۶؛ ارجی و همکاران، ۱۳۹۹؛ طلایی و همکاران، ۱۳۸۰). مرحله سوم (ریزش قبل از برداشت) میوه‌های تقریباً بالغ را تحت تأثیر قرار داده و به‌دلیل عوامل غیرزیستی، آفات و بیماری‌ها باعث جدا شدن میوه از ناحیه اتصال دم‌میوه می‌شود. این موج آخر به دلیل از دست دادن میوه‌های کاملاً رشد یافته، بیشترین خسارت اقتصادی را به همراه دارد (Bishnoi et al., 2023; Dutta et al., 2023).

هورمون‌های گیاهی و نقش آنها در ریزش میوه زیتون

هورمون‌های گیاهی نقش کلیدی در تنظیم ریزش میوه زیتون دارند. اکسین با مشتقاتی مانند ایندول-۳- استیک اسید (IAA) و مصنوعی مانند (2, 4-dichlorophenoxyacetic acid) 2,4-D و (2, 4-dichlorophenoxyacetic acid) 2,4,5-T نقش دوگانه‌ای ایفا می‌کند؛ در مراحل اولیه با مهار بیوسنتز و سیگنال‌دهی اتیلن، ریزش را به تأخیر می‌اندازد (Dutta et al., 2023; Xie et al., 2018)، اما با پیشرفت فرآیند، با افزایش سنتز اتیلن ریزش را تشویق می‌کند. همچنین اکسین مصنوعی در مراحل مختلف رشد، ریزش پیش از برداشت را کاهش و اندازه میوه را افزایش می‌دهد (Dutta et al., 2023; Nartvaranant, 2019; Sawicki et al., 2015). جیبرلین‌ها (مانند GA₃) نیز از طریق فعال‌سازی تقسیم سلولی و افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها ریزش را کاهش و کیفیت میوه را بهبود می‌بخشند، در حالی که مهار سنتز آن با

¹ Fruit retention force (FRF)

پاکلوبوتراژول ریزش را افزایش می‌دهد (Dutta et al., 2023; Shi et al., 2023; Qureshi et al., 2021; Sawicki et al., 2015). سطوح جیبرلین و آبسزیک اسید (ABA) روابط آنتاگونیستی در رشد میوه نشان می‌دهند (Mahouachi et al., 2005). اتیلن و پیش‌ساز آن (ACC) به‌عنوان هورمون کلیدی در ریزش با فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ و بیان ژن‌های آنزیم‌های جداسازی سلول (مانند سلولاز و پکتیناز) ریزش را تسریع می‌کند. این هورمون در ناحیه جدایی میوه تجمع یافته و برداشت مکانیکی را تسهیل می‌کند در مقابل، مهارکننده‌هایی مانند ۲-آمینواتوکسی وینیل گلیسین (AVG) برای جلوگیری از ریزش زودرس به کار می‌روند (Zhao et al., 2024; Dutta et al., 2023; Qureshi et al., 2021). مطالعات مولکولی اخیر نیز نشان داده‌اند که ژن‌های انتقال وزیکول‌ها در ریزش ناشی از اتیلن نقش دارند (Botton and Merelo et al., 2019). در نهایت، اتیلن با افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده موجب ریزش می‌شود (Dutta et al., 2019). آبسزیک اسید (ABA) یک تنظیم‌کننده کلیدی در ریزش میوه، به‌ویژه تحت تنش‌های محیطی مانند شوری و کم‌آبی، است. مکانیسم عمل آن شامل تجمع در ریشه‌ها و تحریک سنتز پیش‌ساز اتیلن (ACC) است. این ACC به شاخه‌ها منتقل شده و در برگ‌ها به اتیلن تبدیل می‌شود. اتیلن تولیدشده با القای آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی مانند سلولاز و پلی‌گالاکتوروناز ریزش میوه را تسریع می‌کند. علاوه بر این، کاهش دسترسی به کربوهیدرات‌ها (اختلال در وضعیت منبع-مخزن) اغلب همزمان با افزایش سطوح ABA و ACC رخ می‌دهد که این هورمون را به یک شاخص حساس از تعادل فیزیولوژیکی گیاه تبدیل می‌کند (Zhao et al., 2024; Shi et al., 2023; Dutta et al., 2023; Sawicki et al., 2015). نکته تعیین‌کننده در نهایت، نسبت ABA به سایر هورمون‌هاست، نه صرفاً غلظت مطلق آن، که سرنوشت ماندگاری یا ریزش میوه را مشخص می‌نماید (Dutta et al., 2023). متیل جاسمونات (MeJA) یکی از هورمون‌های مهم گیاهی است که در رشد، پاسخ به تنش، پیری و ریزش اندام‌ها نقش دارد. این ترکیب عمدتاً با تحریک تولید اتیلن درون‌زا، ریزش میوه و برگ را تسهیل می‌کند. مطالعات نشان می‌دهند که کاربرد خارجی MeJA روی ارقام مختلف پرتقال در غلظت‌های ۱ تا ۱۰۰ میلی‌مولار به صورت موضعی یا اسپری، موجب افزایش قابل توجه ریزش و تسهیل برداشت مکانیکی می‌شود. این اثر در ترکیب با پیرازول - CMN نیز مشاهده شده است. همچنین، کاربرد موفقیت‌آمیز MeJA در محصولات دیگری مانند گوجه‌فرنگی، بلوبری، زغال‌اخته و انگور گزارش شده است. با وجود پتانسیل بالای این ترکیب برای برداشت مکانیکی، توسعه فرمولاسیون‌های کارآمد و مواد کمکی مناسب برای کاربرد در سطح تجاری نیازمند پژوهش‌های بیشتر است (Dutta et al., 2023; Malladi et al., 2004). سیتوکینین‌ها از طریق مهار سنتز و عمل اتیلن، افزایش انتقال اکسین به ناحیه جداسازی، و تحریک تقسیم سلولی، دارای اثر ضد ریزش هستند. در زیتون، غلظت بالای سیتوکینین در مراحل اولیه رشد میوه موجب تداوم رشد و تاخیر در تشکیل لایه جداکننده می‌شود، اما در شرایط تنش شوری، کاهش سطح سیتوکینین همراه با افزایش ABA و اتیلن موجب از بین رفتن اثر حفاظتی آن و تشدید ریزش می‌گردد (Qureshi et al., 2021).

تأثیر عوامل غیرزیستی بر پدیده ریزش میوه زیتون

علت اصلی ریزش فیزیولوژیکی میوه ناشی از تولید اتیلن توسط گیاهان تحت شرایط تنش ناشی از عوامل غیرزیستی شامل، گرده افشانی تنش آبی، دمایی، شوری، خشکی و کمبود مواد مغذی می‌باشد (Bishnoi et al., 2023).

گرده افشانی

گرده‌افشانی به عنوان یک فرآیند حیاتی، پیش‌نیاز اساسی برای تشکیل، رشد و تولید میوه در گیاهان محسوب می‌شود. این فرآیند موفق، منجر به تسهیل لقاح، تشکیل میوه و تولید بذر می‌گردد. در مرکبات دانه‌دار، رشد میوه کاملاً وابسته به گرده‌افشانی و وقوع لقاح است؛ به طوری که گرده‌افشانی ناموفق، باعث توقف رشد مادگی، عدم شکوفایی کامل گل‌ها و در نهایت ریزش آن‌ها می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که توقف رشد در تخمدان‌های گرده‌افشانی نشده، ناشی از عدم فعال‌سازی مجدد چرخه تقسیم سلولی است (Yildiz and Kaplankiran, 2017; Ben-Cheikh et al., 1997). به‌عنوان مثال، در رقم دانه‌دار پرتقال شیرین «آناناس»، عدم گرده‌افشانی موجب توقف رشد و ریزش گل‌ها بلافاصله پس از دوره

گلدهی می‌شود. همچنین، ثابت شده است که گرده‌افشانی در مرکبات دانه‌دار، سطح هورمون جیبرلین (GA) را افزایش داده و به کاهش ریزش تخمدان کمک می‌کند. در نتیجه، به‌طور کلی می‌توان گفت که گرده‌افشانی ناکافی یا نامناسب در درختان میوه، می‌تواند به تشکیل نامناسب میوه و افزایش ریزش گل و میوه منجر شود (Dutta et al., 2023). گل‌های زیتون عمدتاً توسط باد گرده‌افشانی می‌شوند و گرده مثلثی شکل آن‌ها می‌تواند تا مسافت زیادی جابجا شود اما فاصله مؤثر گرده‌افشانی^۱ (EPD) در شرایط عادی ۳۰ متر گزارش شده است. این گل‌ها شهد تولید نمی‌کنند، اما حشرات مانند زنبور عسل ممکن با جمع‌آوری گرده در این فرآیند مشارکت داشته باشند (Seifi et al., 2015). موفقیت گرده‌افشانی و تشکیل میوه به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی است؛ تهویه خاک، بادهای شدید، باران و به‌ویژه دماهای بسیار بالا یا پایین می‌توانند جوانه‌زنی گرده، رشد لوله گرده و دوره پذیرش کلاله را مختل کنند. دوره مؤثر برای گرده‌افشانی موفق بین ۴ تا ۱۲ روز است و حضور حداقل ۱۰ درصد درختان گرده‌دهنده در باغ برای اطمینان از عملکرد خوب کافی است (Seifi et al., 2015). در دماهای بالای ۳۰ درجه سلسیوس، رشد تخمدان و کیسه گرده کاهش می‌یابد که تأثیر منفی بر توسعه گل‌آذین، گرده‌افشانی و لقاح دارد (Rojo, 2020). شرایط بیش‌ازحد گرم و خشک در طول گلدهی باعث خشک‌شدن شیارهای مادگی شده و مشکلاتی در چسبیدن دانه‌های گرده ایجاد می‌کند. دمای بالا قبل از گلدهی نیز اثر دوره رکود (دورمانسی) را از بین برده و منجر به تمایز ضعیف جوانه‌ها می‌شود (Fabbri, 2000). دمای بسیار بالا یا بسیار پایین و تغییرات ناگهانی دما در بازه زمانی کوتاه قبل از گلدهی (تا ۸ هفته) نیز تأثیر منفی بر تمایز جوانه‌های گل دارد (Bonfoglio, 2009). اگر درخت زیتون در طول دوره زمستانی (فاز رکود) به اندازه کافی در معرض دمای پایین قرار نگیرد، ممکن است در فصل بعد با عدم گلدهی یا دوره گلدهی بسیار کوتاه مواجه شود. در نتیجه، گیاه به سرعت گل داده و به سرعت دوره گلدهی را به پایان می‌رساند (Navas-Lopez, 2019). در بررسی دقیق‌تر میوه‌های آسیب‌دیده، آسیب‌هایی به هسته نیز دیده می‌شود که داخل آن شفاف یا نکروز شده است. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که در فرآیند لقاح اختلالی رخ داده است (Rosati et al., 2023).

تنش‌های محیطی مؤثر بر ریزش میوه زیتون

ریزش و تشکیل میوه یک فرآیند پیچیده است که توسط تعامل عوامل ژنتیکی، متابولیکی و به ویژه عوامل محیطی کنترل می‌شود. تنش‌های محیطی مانند دماهای شدید (گرما یا سرما)، تنش آبی، خشکسالی و باد می‌توانند به‌طور مستقیم به میوه آسیب برسانند یا به‌طور غیرمستقیم با اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند گرده‌افشانی و تعادل کربن، باعث ریزش میوه شوند. دما یک فاکتور حیاتی در رشد و تولیدمثل درخت زیتون است که بر تمام مراحل فیزیولوژیکی آن تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، در درختان زیتون دمای بالا می‌تواند منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش جذب CO₂ و در نتیجه ایجاد یک تعادل منفی کربن در میوه شود که در نهایت به ریزش آن می‌انجامد. دمای بالای ۳۰ درجه سلسیوس در مناطق کشت زیتون منجر به دمای بالای برگ و اختلاف فشار بخار برگ با هوا می‌شود؛ این تنش گرمایی منجر به کاهش جذب خالص CO₂، عملکرد میوه، رشد و کیفیت آن می‌شود (Nawaz et al., 2019; Otero et al., 2011). محلول‌پاشی کائولن علاوه بر مبارزه با آفت مگس زیتون برای کاهش اثرات ناشی از دمای بالا، تشعشعات خورشیدی و تنش آبی در سطح ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار و با غلظت ۳ تا ۵ درصد از اواسط خرداد تا انتهای دوره (دو مرتبه) توصیه شده است (Mojdehi et al., 2022; Cirillo et al., 2021; Brito et al., 2021; Nanos, 2015). تأثیر دمای بالاتر بر ریزش میوه‌ها توسط Benlloch-Gonzalez و همکاران (2018) مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق، محفظه‌های ویژه‌ای اطراف درختان زیتون قرار داده شد و گیاهان در معرض دمای ۴ درجه سلسیوس بالاتر از دمای محیط قرار گرفتند. نتایج نشان داد که درختان زیتون قرارگرفته در معرض دمای بالاتر، ریزش میوه بیشتری داشته و در نهایت محصول کمتری تولید کردند. در آزمایش دیگری که در گلخانه گرم انجام شد، درختان زیتونی که در معرض سرمای زمستانه قرار گرفته بودند، در بهار به‌صورت طبیعی گل داده و میوه دادند. در حالی که گیاهان رشدکرده در

¹ Effective pollination distance (EPD)

گلخانه گرم، گلدهی نکرده و در نتیجه بدون میوه باقی ماندند (Sosič, 2018). علاوه بر دما، سایر عوامل جوی مانند باد، رطوبت نسبی و تابش خورشیدی نیز به طور قابل توجهی بر بهره‌وری باغ‌های زیتون تأثیر می‌گذارند. تغییرات ناگهانی آب و هوا در ابتدای فصل رشد و زمان گل مانند بادهای سرد و مرطوب و گرم و خشک در مناطق طارم و رودبار می‌توانند لجاج را کاهش و موجب ریزش میوه در مرحله بعدی نیز شوند (Therios, 2009). ترکیب سرما و نور شدید با ایجاد پدیده‌ی نوربازدگی^۱، فرآیند فتوسنتز را مختل کرده و به گیاه در مراحل بعد نیز آسیب می‌رساند (Arias et al., 2019, Brito et al., 2021). چنین هوایی در بهار سال ۱۹۶۷ در کالیفرنیا رخ داد، زمانی که گلدهی چند هفته به تأخیر افتاد. بی‌نظمی‌هایی نیز در رشد گل رخ داد و در آن سال، عملکرد کمترین میزان در کل تاریخ کشت زیتون در کالیفرنیا (۱۴۰۰ تن) بود (Sibbett and Osgood., 2005). رطوبت نسبی بهینه برای پرورش زیتون نیز بین ۴۰ تا ۶۵ درصد گزارش شده است. با در نظر گرفتن این حساسیت بالا به شرایط جوی، رشد و تولید درخت زیتون در برابر تغییرات آب و هوایی بسیار آسیب‌پذیر است و ارزیابی دقیق این تأثیرات برای این محصول ضروری می‌باشد (Fraga et al., 2020; Therios, 2009).

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی محدودکننده رشد و عملکرد درخت زیتون محسوب می‌شود و اثرات عمیقی بر پایداری میوه و فرآیند نگهداری آن بر روی درخت دارد. تجمع بیش از حد یون‌های سدیم و کلر در بافت‌های هوایی منجر به کاهش پتانسیل آب سلولی، افت فشار تورژسانس و برهم خوردن تعادل یونی به‌ویژه در نسبت K^+/Na^+ می‌گردد که نتیجه آن اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی اساسی از جمله فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق است (El yamani and Cordovilla, 2024; Brito et al., 2019). کاهش فعالیت فتوسنتزی و محدودیت در تأمین کربوهیدرات‌ها و ترکیبات فتوسنتزی، موجب تضعیف رابطه منبع-مخزن شده و به دنبال آن، تغذیه ناکافی میوه‌ها و افزایش ریزش فیزیولوژیکی مشاهده می‌شود. علاوه بر این، کاهش جذب عناصر معدنی ضروری به‌ویژه پتاسیم و کلسیم در اثر رقابت یونی با سدیم، سبب تضعیف دیواره‌های سلولی و کاهش استحکام دم‌میوه می‌گردد که در نهایت فرآیند جدایی میوه را تسهیل می‌کند (Qureshi et al., 2021). تنش اسمزی ناشی از شوری نیز با کاهش محتوای نسبی آب برگ (RWC) و پتانسیل آب گیاه، منجر به بروز عدم تعادل آبی در درخت می‌شود که گیاه برای حفظ بقا از طریق ریزش برگ و میوه واکنش نشان می‌دهد. از سوی دیگر، افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و پراکسیداسیون لیپیدی در شرایط شور سبب تخریب غشاهای سلولی، کاهش یکپارچگی آوندی در دم‌میوه و در نهایت جدایی زودرس میوه از شاخه می‌شود (Pagán et al., 2022). تغییر در تعادل فیتوهورمون‌ها، به‌ویژه افزایش غلظت اسید آبسزیک (ABA) و کاهش سطح اکسین (IAA) تحت اثر شوری از دیگر عوامل مهم در فعال‌سازی لایه جداکننده و القای ریزش میوه است. همچنین، مرگ و زوال ریشه‌های ظریف و کاهش جذب آب و مواد معدنی در اثر تجمع نمک، موجب برهم خوردن تعادل میان رشد اندام هوایی و زیرزمینی و در نتیجه افزایش ریزش میوه می‌گردد. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که تنش شوری از طریق اثرات هم‌افزای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و هورمونی، نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش ریزش میوه در درخت زیتون دارد (Zhao et al., 2024; Dutta et al., 2023; Qureshi et al., 2021; Sawicki et al., 2015).

عامل اقلیمی بسیار مهم دیگر بارندگی است. حدود ۹۰٪ از درختان زیتون کشت شده در حوضه مدیترانه عمدتاً تحت شرایط دیم هستند. اگرچه درختان زیتون گونه‌های مقاوم به خشکی هستند، اما توزیع آنها در مناطق خشک توسط بارندگی سالانه کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر محدود می‌شود و در دسترس بودن آب هنوز به‌عنوان یک منبع مهم برای بهبود عملکرد نهایی در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل، باغداران زیتون از روش‌های مدیریتی مانند کشت پراکنده و هرس سنگین برای جلوگیری از تنش آبی شدید استفاده می‌کنند (Ponti et al., 2014). این موضوع نقش کلیدی بارندگی در امکان‌پذیری اقتصادی این محصول را برجسته می‌کند که با تابستان‌های معمولاً خشک در مناطق کشت تشدید

¹ Photoinhibition

می‌شود (Moriondo et al., 2015). بنابراین، باغداران به شدت به استفاده کارآمد از بارندگی زمستانه و بهاره برای بهره‌وری باغ خود وابسته هستند. با این حال، ویژگی‌های خاک مانند ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز نقش قابل توجهی در رشد درخت زیتون دارند. اگرچه درختان زیتون به خاک‌های کم عمق و فقیر با حاصلخیزی کم سازگار هستند، اما بهترین شرایط برای آنها خاک‌های عمیق و حاصلخیز با محتوای آب متوسط و زهکشی مناسب است (Therios, 2009).

تنش آبی تأثیر مخرب و پیچیده‌ای بر رشد و عملکرد درختان دارد. این تنش با ایجاد یک زنجیره سیگنال‌دهی هورمونی، از جمله تجمع آبسزیک اسید (ABA) و تجمع ACC در ریشه‌ها و انتقال آن به بخش‌های هوایی، منجر به تولید اتیلن و در نهایت ریزش برگ و میوه در مراحل مختلف فنولوژیکی رشد میوه می‌شود (Zhao et al., 2024; Dutta et al., 2023). حساسیت درخت به کم‌آبی به مرحله رشد آن وابسته است، به طوری که مراحل گلدهی و تشکیل میوه، حساسترین دوره‌ها هستند که کم‌آبی در این مراحل می‌تواند تا ۲۰ درصد از عملکرد را کاهش دهد. لذا حفظ رطوبت خاک برای جلوگیری از تنش و ریزش میوه ضروری است. اگرچه استراتژی‌هایی مانند کم‌آبیاری کنترل‌شده در مراحل خاص و استفاده از قارچ‌های میکوریزا برای بهبود مقاومت به خشکی و افزایش بهره‌وری مصرف آب توسعه یافته‌اند، اما مدیریت دقیق آبیاری برای به حداقل رساندن خسارت امری حیاتی است (Zhao et al., 2024; Dutta et al., 2023; Malambane et al., 2023; Ziogas et al., 2021; Sawicki et al., 2015). جدول (۱) دوره‌های رشد و واکنش‌های خاص به کم‌آبیاری را نشان می‌دهد (طاهری و همکاران ۱۳۹۸).

جدول ۱- رخدادهای رشد درخت زیتون و واکنش‌های خاص به کم‌آبیاری

دوره	رخداد‌های دوره رشد	آثار رطوبت کم خاک
اواخر اسفند تا اردیبهشت	۱- جوانه زنی	۱- کاهش تشکیل گل
	۲- شکوفه دهی	۲- گل‌های ناقص
	۳- تشکیل میوه	۳- تشکیل میوه ضعیف
	۴- رشد شاخه	۴- افزایش باردهی متناوب
		۵- کاهش رشد شاخه
خرداد تا تیر ماه	۱- مرحله اول رشد میوه در اثر تقسیم سلولی	۱- کوچک شدن اندازه میوه در اثر کاهش تقسیم سلولی
	۲- رشد شاخه	۲- میوه پلاسیده
		۳- کاهش رشد شاخه
شهریور ماه تا برداشت	۱- مرحله سوم رشد میوه در اثر بزرگ شدن سلول	۱- کوچک شدن اندازه میوه در اثر کاهش تورم
	۲- رشد شاخه	۲- میوه پلاسیده
		۳- کاهش رشد شاخه

تغذیه مناسب نقش محوری در جلوگیری از ریزش میوه و بهبود کیفیت آن در زیتون دارد. با وجود اینکه تجزیه برگ ابزار دقیقی برای تشخیص نیازهای تغذیه‌ای درختان محسوب می‌شود، در عمل بسیاری از باغداران همچنان از برنامه‌های کوددهی ثابت و اغلب بیش از حد استفاده می‌کنند. گرچه درختان زیتون حتی در خاک‌های فقیر، خشک، آهکی و سنگریزه‌ای نیز می‌توانند به خوبی رشد کنند، بهترین شرایط برای باردهی سالیانه زیتون، خاک‌های عمیق شنی-لومی است که به‌طور کافی ازت، فسفر، پتاسیم و آب داشته باشند، در حالی که مقادیر بهینه pH بین ۵/۵ و ۸/۵ است. این در حالی است که عدم تعادل‌های تغذیه‌ای شایع در زیتون شامل کمبود پتاسیم (به‌ویژه در مناطق خشک)، کمبود کلسیم (در خاک‌های اسیدی)، کمبود نیتروژن (آمینواسید و پروتئین)، فسفر (انرژی و انتقال)، ریزمغذی‌هایی مانند آهن (کلروفیل)، روی (محرك تولید IAA) و بور (لقاح و افزایش درصد تشکیل میوه) در خاک‌های آهکی است. از

سوی دیگر، مصرف بی‌رویه کودهای فسفره نیز با توجه به محدودیت ذخایر جهانی و نیاز بهینه درخت زیتون به این عنصر، نیازمند بازنگری است. این عدم تعادل‌های تغذیه‌ای نه تنها بر رشد درخت تأثیر می‌گذارد، بلکه می‌تواند پدیده باردهی متناوب را تشدید کند و منجر به ریزش گل و میوه شود که معمولاً در دو مرحله رخ می‌دهد: ابتدا ریزش ناشی از گرده‌افشانی ناموفق و سپس ریزش ناشی از رقابت بر سر منابع (Rosati et al., 2023). بنابراین، حرکت به سمت مدیریت تغذیه‌ای دقیق بر اساس آنالیز برگ و خاک، نه تنها پایداری تولید را افزایش می‌دهد، بلکه راهبردی کلیدی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی محسوب می‌شود (Rosati et al., 2023; Michalopoulos et al., 2020; Kour et al., 2016; Fernández-Escobar, 2016). تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد مواد مغذی، به ویژه از طریق محلول‌پاشی و اغلب در ترکیب با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، یک استراتژی مؤثر برای کاهش ریزش و افزایش عملکرد است. برای مثال، محلول‌پاشی ترکیباتی مانند بور، روی و پتاسیم همراه با اسید سالیسیلیک، یا استفاده از نیترات کلسیم و سولفات منگنز در مراحل حساس پس از گلدهی، به طور مستند ریزش میوه را تا ۳۰ درصد کاهش و وزن و کیفیت میوه را به طور قابل توجهی افزایش داده‌اند. این یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهند که یک برنامه تغذیه‌ای متعادل و به‌موقع، برای تأمین نیازهای درخت و حفظ میوه‌ها تا زمان برداشت ضروری است (Zheng et al., 2017; Ashraf et al., 2012).

باردهی متناوب (دوسالانه) یکی از جدی‌ترین چالش‌های فیزیولوژیک در باغات زیتون محسوب می‌شود که به تولید محصول سنگین در یک سال (پُربار) و کاهش شدید محصول در سال بعد (کم‌بار) منجر می‌گردد. مکانیسم این پدیده بر اساس تخصیص نامتوازن منابع غذایی شکل می‌گیرد؛ در سال پُربار، درختان تمام ذخایر کربوهیدراتی و مواد مغذی خود را صرف تشکیل و رشد میوه می‌کنند که این امر موجب تخلیه کامل ذخایر و مهار تمایز جوانه‌های گل برای سال بعد می‌شود. در این چرخه، مدیریت تغذیه نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کند، به طوری که کمبود عناصر کلیدی مانند نیتروژن، بور و روی (ضروری برای گلدهی و تشکیل میوه) و فسفر و پتاسیم (با تقاضای بالا در اندام‌های زایشی) می‌تواند باردهی متناوب را تشدید نماید. پایش منظم وضعیت تغذیه‌ای درختان از طریق تجزیه برگ و تأمین متعادل مواد مغذی بر اساس نیاز واقعی درخت، همراه با اجرای راهکارهای باغبانی مانند تنک کردن، حلقه‌زنی، هرس و آبیاری اصولی، می‌تواند این چرخه مضر را شکسته و به پایداری تولید کمک کند (de Sousa Ferreira et al., 2023; Rosati et al., 2021; Kour et al., 2018; Qureshi et al., 2021). در جدول (۲) و (۳) حدود کفایت عناصر غذایی در خاک و بافت زیتون نشان داده شده است.

جدول ۲- حدود بحرانی غلظت عناصر غذایی در خاک (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)

نام عنصر	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	بور
واحد اندازه‌گیری	درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم							
حدود بحرانی	> ۲	۰/۱ - ۰/۱۵	۱۵ - ۲۰	۲۵۰ - ۳۰۰	۱۰	۱	۸	۱	۱

جدول ۳- دامنه عناصر مهم در برگ‌های زیتون از تجزیه بافت (براساس وزن خشک) از خرداد تا اوایل مرداد، (طاهری و همکاران، ۱۳۹۶)

عنصر	واحد	کمبود	بهینه	سمیت
نیتروژن		< ۱/۴	۱/۵ - ۲	> ۲/۵۵
فسفر		< ۰/۰۵	۰/۱ - ۰/۳	> ۰/۳۴
پتاسیم	درصد	< ۰/۴	۰/۸ - ۱/۰	> ۱/۶۵
کلسیم		< ۰/۶	۱/۰ - ۱/۴۳	> ۳/۱۵
منیزیم		< ۰/۰۸	۰/۱ - ۰/۱۶	> ۰/۶۹

> ۰/۳۲	۰/۰۸ - ۰/۱۶	< ۰/۰۲	گوگرد
> ۴۶۰	۹۰ - ۱۲۴	< ۴۰	آهن
> ۸۴	۱۰ - ۲۴	< ۸	روی
> ۱۸۵	۱۹ - ۱۵۰	< ۱۴	میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک
> ۱۶۴	۲۰ - ۳۶	< ۵	(ppm)
> ۷۸	۴ - ۹	< ۱/۵	مس
-	۰/۰۴ - ۰/۰۹	-	مولیبدن
> ٪ ۰/۲	-	-	سدیم
> ٪ ۰/۵	۱۰۰ ppm	-	کلر

نتیجه‌گیری و چالش‌های آینده

ریزش میوه زیتون فرآیندی چندعاملی است که در آن تعامل هورمون‌های گیاهی با وضعیت کربوهیدرات، شرایط محیطی و تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش تعیین کننده دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش ABA و اتیلن، همراه با کاهش اکسین و جیبرلین، موجب فعال‌سازی ناحیه جداسازی میوه و در نهایت ریزش می‌شود. از سوی دیگر، تنش‌های اقلیمی مانند خشکی، گرما و شوری از طریق اختلال در تعادل آبی و تغذیه‌ای درخت، این فرآیند را تشدید می‌کنند. بهبود مدیریت تغذیه‌ای بر اساس آنالیز برگ و خاک، بهینه‌سازی آبیاری و استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد در مراحل بحرانی رشد میوه می‌تواند راهکاری مؤثر برای کاهش ریزش باشد. درک دقیق سازوکارهای مولکولی و هورمونی کنترل‌کننده نواحی ریزش در زیتون همچنان از چالش‌های اصلی پژوهش‌های آینده است. شناسایی مسیرهای تنظیمی میان اکسین، اتیلن، ABA و جیبرلین و بررسی تعامل آن‌ها تحت تنش‌های زیستی و غیرزیستی، می‌تواند پایه‌ای برای مدیریت فیزیولوژیکی ریزش و استفاده در برداشت مکانیکی را فراهم سازد. همچنین، توسعه تنظیم‌کننده‌های رشد زیست‌سازگار مانند اسید سالسیلیک، مدل‌سازی پیش‌بینی کننده بر اساس داده‌های اقلیمی، ارزیابی ژنوتیپ‌های مقاوم، بررسی نقش‌های سیگنال‌دهی اسفنگولیپید در پاسخ گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و بررسی نقش احتمالی آن‌ها در تنظیم ریزش میوه در ناحیه ریزش، استفاده از فناوری‌های ویرایش ژنوم (مانند CRISPR-Cas9) برای خاموش کردن یا تعدیل ژن‌های الفاکنده ریزش (مانند ژن‌های مرتبط با بیوسنتز اتیلن یا آنزیم‌های سلولاز و پکتیناز) از اولویت‌های آینده محسوب می‌شود. تلفیق نتایج مولکولی با راهکارهای مدیریتی در زمینه تغذیه و آبیاری دقیق، مسیر دستیابی به تولید پایدار و کاهش خسارت ناشی از ریزش میوه را هموار خواهد کرد.

تشکر و قدردانی

از ریاست محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان آقای دکتر محمدرضا عباسی مؤدبانه و ریاست محترم ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار جناب آقای دکتر داود جوادی مجدد و کلیه کارشناسان و پرسنل شاغل در این ایستگاه از جمله آقای مقصود مرادی زاده باغبان ایستگاه و سایر همکاران مرکز تحقیقات بخش آفات و بیماری‌های گیاهی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

ارجی، ع.، هوشمند، د. و غلامی، ر. (۱۳۹۹). بررسی فنولوژی و تعیین شاخص برداشت برخی از ارقام زیتون در منطقه سرپل‌ذهاب. دوفصلنامه فن‌آوری تولیدات گیاهی. ۶۳-۵۳ (۲)، ۱۲.

آمارنامه کشاورزی. (۱۴۰۲). وزارت جهاد کشاورزی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. قابل دسترس در <http://www.agri-jahad.ir>

- طاهری، م.، بصیرت، م.، خوش زمان، ت.، مستشاری، م. و شاکری، م.ع. (۱۳۹۶). مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در درختان زیتون. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب. طلایی، ع.، طاهری بادمحمود، م. و ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۰). اثر محلول پاشی با نیتروژن، بور و روی بر کمیت و کیفیت میوه زیتون. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۲(۴).
- Arias, N. S., Scholz, F. G., Goldstein, G., & Bucci, S. J. (2021). Low-temperature acclimation and legacy effects of summer water deficits in olive freezing resistance. *Tree Physiology*, 41(10), 1836-1847.
- Ashraf, M. Y., Yaqub, M., Akhtar, J., Khan, M. A., Ali-Khan, M., & Ebert, G. (2012). Control of excessive fruit drop and improvement in yield and juice quality of Kinnow (*Citrus deliciosa* x *Citrus nobilis*) through nutrient management. *Pak. J. Bot*, 44, 259-265.
- Ben-Cheikh, W., Perez-Botella, J., Tadeo, F. R., Talon, M., & Primo-Millo, E. (1997). Pollination increases gibberellin levels in developing ovaries of seeded varieties of citrus. *Plant Physiology*, 114(2), 557-564.
- Benlloch-González, M., Sánchez-Lucas, R., Benlloch, M., and Ricardo, F. E. (2018). An approach to global warming effects on flowering and fruit set of olive trees growing under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 240, 405-410.
- Beno-Moualem, D., Gusev, L., Dvir, O., Pesis, E., Meir, S., & Lichter, A. (2004). The effects of ethylene, methyl jasmonate and 1-MCP on abscission of cherry tomatoes from the bunch and expression of endo-1, 4- β -glucanases. *Plant Science*, 167(3), 499-507.
- Bishnoi, M., Parkash, J., & Khan, A. (2023). Citrus fruit drop: Causes and management. *Just Agriculture*, 3(10), 115-120.
- Bonofiglio, T., Orlandi, F., Sgromo, C., Romano, B., and Fornaciari, M. (2009). Evidences of olive pollination date variations in relation to spring temperature trends. *Aerobiologia*, 25(4), 227-237.
- Botton, A., & Ruperti, B. (2019). The yes and no of the ethylene involvement in abscission. *Plants*, 8(6), 187.
- Brito, C., Dinis, L. T., Moutinho-Pereira, J., and Correia, C. M. (2019). Drought stress effects and olive tree acclimation under a changing climate. *Plants*, 8(7), 232.
- Brito, C., Gonçalves, A., Silva, E., Martins, S., Pinto, L., Rocha, L., ... & Correia, C. M. (2021). Kaolin foliar spray improves olive tree performance and yield under sustained deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*, 277, 109795.
- Castillo-Llanque, F., & Rapoport, H. F. (2009). Identifying the location of olive fruit abscission. *Scientia horticulturae*, 120(2), 292-295.
- Cirillo, A., Conti, S., Graziani, G., El-Nakhel, C., Roupheal, Y., Ritieni, A., & Di Vaio, C. (2021). Mitigation of high-temperature damage by application of kaolin and pinolene on young olive trees (*Olea europaea* L.): A preliminary experiment to assess biometric, eco-physiological and nutraceutical parameters. *Agronomy*, 11(9), 1884.
- de Sousa Ferreira, L., de Souza Oliveira, V., de Paula Marchiori, J. J., Ferreira, T. C., Bernabé, A. C. B., Boone, G. T. F., ... & Carriço, E. (2023). The nutrient magnesium in soil and plant: a review. *Int. J. Plant Soil Sci*, 35(8), 136-144.
- Dutta, S. K., Gurung, G., Yadav, A., Laha, R., & Mishra, V. K. (2023). Factors associated with citrus fruit abscission and management strategies developed so far: A review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 51(4), 467-488.
- El yamani, M., and Cordovilla, M. D. P. (2024). Tolerance mechanisms of olive tree (*Olea europaea*) under saline conditions. *Plants*, 13(15), 2094.
- Estornell, L. H., Agustí, J., Merelo, P., Talón, M., & Tadeo, F. R. (2013). Elucidating mechanisms underlying organ abscission. *Plant Science*, 199, 48-60.

- Fabbri, A., & Rapoport, H. F. (2023). 2.1 Anatomy and Morphology. *The Olive: Botany and Production*, 33.
- Fabbri, A., and Benelli, C. (2000). Review Article Flower bud induction and differentiation in olive. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75(2), 131-141.
- Fao, F. A. O. S. T. A. T. (2018). Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, URL: <http://faostat.fao.org>, 403.
- Fernández-Escobar, R. (2016). Trends in olive nutrition. In VIII International Olive Symposium 1199 (pp. 215-224).
- Fraga, H., Moriondo, M., Leolini, L., and Santos, J. A. (2020). Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11(1), 56.
- Fraga, H., Pinto, J. G., and Santos, J. A. (2019). Climate change projections for chilling and heat forcing conditions in European vineyards and olive orchards: A multi-model assessment. *Climatic Change*, 152(1), 179-193.
- Giulia, E., Alessandro, B., Mariano, D., Andrea, B., Benedetto, R., & Angelo, R. (2013). Early induction of apple fruitlet abscission is characterized by an increase of both isoprene emission and abscisic acid content. *Plant Physiology*, 161(4), 1952-1969.
- Iglesias, D. J., Cercós, M., Colmenero-Flores, J. M., Naranjo, M. A., Ríos, G., Carrera, E., ... & Talon, M. (2007). Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 333-362.
- Iglesias, D. J., Tadeo, F. R., Primo-Millo, E., & Talon, M. (2006). Carbohydrate and ethylene levels related to fruitlet drop through abscission zone A in citrus. *Trees*, 20(3), 348-355.
- Kalfas, I., Anagnostopoulou, C., and Manios, E. M. (2023). The Impact of Climate Change on Olive Crop Production in Halkidiki, Greece. *Environmental Sciences Proceedings*, 26(1), 69.
- Kour, D., Bakshi, P., Wali, V. K., Sharma, N., Sharma, A., and Iqbal, M. (2018). Alternate bearing in olive-a review. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 7, 2281-2297.
- Ma, C., Jiang, C. Z., & Gao, J. (2021). Regulatory mechanisms underlying activation of organ abscission. *Annual Plant Reviews Online*, 4(1), 27-56.
- Ma, X., Li, C., Huang, X., Wang, H., Wu, H., Zhao, M., & Li, J. (2019). Involvement of HD-ZIP I transcription factors LcHB2 and LcHB3 in fruitlet abscission by promoting transcription of genes related to the biosynthesis of ethylene and ABA in litchi. *Tree physiology*, 39(9), 1600-1613.
- Mahouachi, J., Gómez-Cadenas, A., Primo-Millo, E., & Talon, M. (2005). Antagonistic changes between abscisic acid and gibberellins in citrus fruits subjected to a series of different water conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24(3).
- Malambane, G., Madumane, K., Sewelo, L. T., & Batlang, U. (2023). Drought stress tolerance mechanisms and their potential common indicators to salinity, insights from the wild watermelon (*Citrullus lanatus*): A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1074395.
- Malladi, A., Vashisth, T., & Johnson, L. K. (2012). Ethephon and methyl jasmonate affect fruit detachment in rabbiteye and southern highbush blueberry. *HortScience*, 47(12), 1745-1749.
- Markakis, E. A., Krasagakis, N., Manolikaki, I., Papadaki, A. A., Kostelenos, G., and Koubouris, G. (2022). Evaluation of olive varieties resistance for sustainable management of verticillium wilt. *Sustainability*, 14(15), 9342.
- Marouf, A., Kakhki, S. N., Najafi, S., Shafiei, S. E., and Abdollahi, A. (2019). Studying on possibility of simultaneous control of olive psyllid, *Euphyllura straminea* Loginova and olive soft scale, *Parlatoria oleae* Colvee in Tarom region of Zanjan Province.
- Martin, G. C., Ferguson, L. O. U. I. S. E., and Sibbett, G. S. (2005). Flowering, pollination, fruiting, alternate bearing, and abscission. *Olive production manual* (Sibbett GS, Ferguson L, Coviello JL, Lindstrand M, eds.). Univ California, Agr Nat Resour, Oakland, CA, USA, 49-54.

- Merelo, P., Agustí, J., Arbona, V., Costa, M. L., Estornell, L. H., Gómez-Cadenas, A., ... & Tadeo, F. R. (2017). Cell wall remodeling in abscission zone cells during ethylene-promoted fruit abscission in citrus. *Frontiers in plant science*, 8, 126.
- Merelo, P., Agustí, J., Ventimilla, D., Talón, M., & Tadeo, F. R. (2019). Vesicular trafficking in abscission zone cells during ethylene-promoted fruit abscission in citrus.
- Michalopoulos, G., Kasapi, K. A., Koubouris, G., Psarras, G., Arampatzis, G., Hatzigiannakis, E. and Kokkinos, G. (2020). Adaptation of Mediterranean olive groves to climate change through sustainable cultivation practices. *Climate*, 8(4), 54.
- Mojdehi, M. R. A., Keyhanian, A. A., and Rafiei, B. (2022). Application of oviposition deterrent compounds for the control of olive fruit fly, *Bactrocera oleae* Rossi.(Dip. Tephritidae) control. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), 63-70.
- Moriondo, M., Ferrise, R., Trombi, G., Brilli, L., Dibari, C., and Bindi, M. (2015). Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. *Environmental Modelling and Software*, 72, 387-401.
- Nanos, P. G. (2015). Leaf and fruit responses to kaolin particle film applied onto mature olive trees. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(7), 17-27.
- Nartvaranant, P. (2019). Fruit growth, fruit carbohydrate concentration and fruit nutrient concentration in dropped pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) fruit cv. Thong Dee. *International Journal of Fruit Science*, 19(1), 91-103.
- Navas-Lopez, J. F., León, L., Rapoport, H. F., Moreno-Alías, I., Lorite, I. J., and de la Rosa, R. (2019). Genotype, environment and their interaction effects on olive tree flowering phenology and flower quality. *Euphytica*, 215(11), 184.
- Nawaz, R., Abbasi, N. A., Hafiz, I. A., Khalid, A., Ahmad, T., & Aftab, M. (2019). Impact of climate change on kinnow fruit industry of Pakistan. *Agrotechnology*, 8(01).
- Otero, A., Goni, C., Jifon, J. L., & Syvertsen, J. P. (2008). High temperature effects on citrus orange leaf gas exchange, flowering, fruit quality and yield. In IX International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems 903 (pp. 1069-1075).
- Pagán, E., Robles, J. M., Temnani, A., Berríos, P., Botía, P., & Pérez-Pastor, A. (2022). Effects of water deficit and salinity stress on late mandarin trees. *Science of the Total Environment*, 803, 150109.
- Parra-Lobato, M. C., & Gomez-Jimenez, M. C. (2011). Polyamine-induced modulation of genes involved in ethylene biosynthesis and signalling pathways and nitric oxide production during olive mature fruit abscission. *Journal of Experimental Botany*, 62(13), 4447-4465.
- Patterson, S. E. (2001). Cutting loose. Abscission and dehiscence in *Arabidopsis*. *Plant physiology*, 126(2), 494-500.
- Ponti, L., Gutierrez, A. P., Basso, B., Neteler, M., Ruti, P. M., Dell'Aquila, A., and Iannetta, M. (2013). Olive agroecosystems in the Mediterranean Basin: multitrophic analysis of climate effects with process-based representation of soil water balance. *Procedia Environmental Sciences*, 19, 122-131.
- Qureshi, H. W. U. S. A., Waheed, U., Siddique, A. B., Ali, Z., Ahmed, R., Siddiquie, M., & Raza, N. (2021). Fruit drop in cotton: some causes. *J Agri Food*, 2(2), 36-62.
- Rojo, J., Orlandi, F., Ben Dhiab, A., Lara, B., Picornell, A., Oteros, J., and Pérez-Badia, R. (2020). Estimation of chilling and heat accumulation periods based on the timing of olive pollination. *Forests*, 11(8), 835.
- Rosati, A., Lodolini, E. M., and Famiani, F. (2023). From flower to fruit: fruit growth and development in olive (*Olea europaea* L.); a review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1276178.
- Sawicki, M., Ait Barka, E., Clément, C., Vaillant-Gaveau, N., & Jacquard, C. (2015). Cross-talk between environmental stresses and plant metabolism during reproductive organ abscission. *Journal of Experimental Botany*, 66(7), 1707-1719.
- Seifi, E., Guerin, J., Kaiser, B., and Sedgley, M. (2015). Flowering and fruit set in olive: a review. *Iran. J. Plant Physiol*, 5(2), 1263-1272.

- Shi, Y., Song, B., Liang, Q., Su, D., Lu, W., Liu, Y., & Li, Z. (2023). Molecular regulatory events of flower and fruit abscission in horticultural plants. *Horticultural Plant Journal*, 9(5), 867-883.
- Sibbett, G. S. and J. Osgood. (2005). 'Site selection and preparation, tree spacing and design, planting, and initial training'. p. 49-54. In: Sibbett, G.S., Ferguson, L., Coviello, J.L., and Lindstrand, M. (eds.). *Olive Production Manual*. University of California, Agriculture and Natural Resources, Oakland, California.
- Sosič, N. (2018). Opraševanje in oploditev oljke (*Olea europaea* L.): zaključna naloga (Doctoral dissertation, Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije).
- Sun, Y., Qiao, L., Shen, Y., Jiang, P., Chen, J., & Ye, X. (2013). Phytochemical profile and antioxidant activity of physiological drop of citrus fruits. *Journal of food science*, 78(1), C37-C42.
- Therios, I. N. (2009). *Olives* (No. 18). CABI.
- Tranbarger, T. J., & Tadeo, F. R. (2018). Diversity and functional dynamics of fleshy fruit abscission zones. *Annual Plant Reviews online*, 1-64.
- Xie, R., Ge, T., Zhang, J., Pan, X., Ma, Y., Yi, S., & Zheng, Y. (2018). The molecular events of IAA inhibiting citrus fruitlet abscission revealed by digital gene expression profiling. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130, 192-204.
- Yıldız, E., & Kaplankıran, M. (2017). The effect of cross-pollination on fruit set and quality in 'Robinson' and 'Fremont' mandarins. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 54(1), 107-112.
- Zhao, M., & Li, J. (2020). Molecular events involved in fruitlet abscission in litchi. *Plants*, 9(2), 151.
- Zhao, M., Shi, C. L., & Li, J. (2024). Abscission cues generated within the abscising organ and perceived by the abscission zone in woody fruit crops. *Fruit Research*, 4(1).
- Zhao, W., Baldwin, E. A., Bai, J., Plotto, A., & Irey, M. (2019). Comparative analysis of the transcriptomes of the calyx abscission zone of sweet orange insights into the huanglongbing-associated fruit abscission. *Horticulture research*, 6.
- Zheng, Y. Q., Qiong, Y. A. N. G., Lie, D. E. N. G., Rangjin, X. I. E., & Qiang, L. Ü. (2017). Ca (NO₃)₂ canopy spraying during physiological fruit drop period has a better influence on the tree character and fruit quality of Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Journal of integrative agriculture*, 16(7), 1513-1519.
- Ziogas, V., Tanou, G., Morianou, G., & Kourgialas, N. (2021). Drought and salinity in citriculture: Optimal practices to alleviate salinity and water stress. *Agronomy*, 11(7), 1283.

Overview of some factors affecting olive fruit drop

Mohammad malehmir chegini^{1*}, Davod javadi mojjaddad², Ali mahboub khomami², Ali Lahiji², Seyyed Ali Al-Naqi Masoumi³, Seyyed Ebrahim Razavi³

- 1- Soil fertility and plant nutrition research expert, rudbar olive research station, agricultural and natural resources research and education center of guilan province (mohamadmc71@gmail.com)
- 2- Faculty members of the agricultural and natural resources research and education center of guilan province
- 3- Researchers from the horticulture department of the rudbar olive research station, agricultural and natural resources research and education center of guilan province

Abstract

Fruit abscission in olive (*Olea europaea* L.) is a complex and multifactorial phenomenon resulting from the interaction between physiological processes, hormonal balance, and environmental stresses. This phenomenon occurs in specialized regions known as Abscission Zones (AZs), which facilitate organ separation through changes in cellular composition and the activity of hydrolytic enzymes. In the olive tree, three distinct abscission zones have been identified, each activated depending on the cultivar, fruit developmental stage, and metabolic conditions. The balance among key hormones, including auxin,

gibberellin, ethylene, and abscisic acid (ABA), plays a decisive role in activating these zones. Specifically, an increase in ethylene and ABA, coupled with a decrease in polar auxin transport and gibberellin levels, initiates cell wall degradation and fruit abscission. On the other hand, abiotic stresses such as drought, salinity, heat, and temperature fluctuations exacerbate fruit drop by inducing oxidative stress, increasing Reactive Oxygen Species (ROS), and stimulating the synthesis of ABA and the ethylene precursor (ACC). Furthermore, nutritional imbalances and disruptions in the source–sink relationship lead to reduced carbohydrates in reproductive tissues and accelerate the separation process. Recent studies have shown that precise nutritional control, irrigation management, foliar application of micronutrients (boron and zinc), and the targeted use of growth regulators like Methyl Jasmonate (MeJA) and 2,4-D can significantly enhance fruit retention. This review aims to analyze the physiological, hormonal, and environmental factors involved in olive fruit abscission, providing an integrated framework for a deeper understanding of the regulatory mechanisms and presenting some novel management strategies.

Keywords: Abscission Zone, Auxin, Reactive Oxygen Species (ROS), K^+/Na^+ Ratio, Source– Sink Relationship