جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

دستورالعمل مدیریت مقابله با عارضه دانه سفیدی انار

محمد سعید تدین

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

نشریه فنی: 631

1402

مشخصات اثر

عنوان: دستورالعمل مدیریت مقابله با عارضه دانه سفیدی انار

نگارنده: محمد سعید تدین

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور

ویراستار ادبی: زهرا محمدی

طراح جلد: راضیه محمدی

سال انتشار: 1402

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 64543 در تاریخ 1402/9/18 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

کد پستی: 3177993545 **صندوق پستی:** 311-31785

نمابر : 02636210121 **تلفن:** 026 -36201900

وب‌سایت: http://www.swri.ir **پست الکترونیکی:** info@swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارنده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

1- مقدمه 1
2- ویژگی‌های زایشی درختان انار 2
3- نیاز اقلیمی درختان انار 6
3-1- درجه حرارت 7
3-2- بارندگی 8
3-3- رطوبت نسبی 8
4- عارضه دانه سفیدی انار 9
5- نقش تنش‌های محیطی در ایجاد عارضه دانه سفیدی انار 11
6- عوامل و تیمارهای موثر بر کاهش عارضه دانه سفیدی انار 13
6-1- مدیریت عوامل تغذیه‌ای به همراه کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد 13
6-1-1- نقش نیتروژن در عارضه دانه سفیدی انار 17
6-1-2- نقش عنصر غذایی پتاسیم در عارضه دانه سفیدی انار 20
6-1-3- نقش عنصر غذایی کلسیم در عارضه دانه سفیدی انار 23
6-1-4- نقش عناصر کم مصرف روی و بور در عارضه دانه سفیدی انار 27
6-1-5- نقش محرک‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر بهبود عارضه دانه سفیدی انار 32
6-1-6- نقش مدیریت به‌باغی بر عارضه دانه سفیدی انار 39
7- نتیجه‌گیری و توصیه‌های ترویجی 43
منابع 49

1- مقدمه

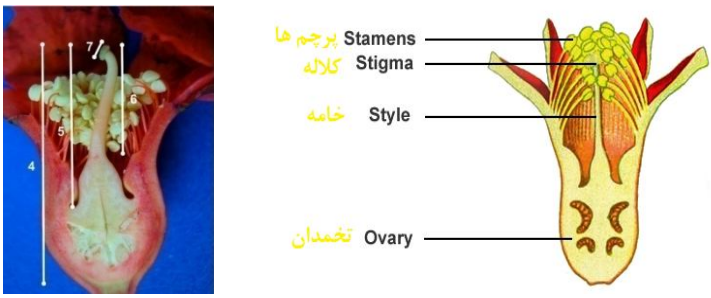
انار با نام علمی *Punica granatum* L. از خانواده Lythraceae (Punicaceae) با تعداد کرومزم n=8 بومی ایران، ترکمنستان و شمال هند است (مورتن، 1987؛ شیخ و منجولا، 2009). انار از میوه‌های گرمسیر و نیمه‌گرمسیر بوده و در مناطق خشک و نیمه خشک جهان کشت می‌شود. این درختچه بطور گسترده در ایران، هند و مناطق خشک جنوب شرق آسیا، مالایا، شرق هند و مناطق گرم و خشک ایالت متحده آمریکا و آمریکای لاتین گسترش یافته است (مارس، 1996؛ توس و فرگوسن، 1996).

پس از ایران با بیشترین میزان تنوع ارقام و میزان سطح زیر کشت (برابر 82000 هکتار با مقدار تولید 941000 تن با میانگین عملکرد 14500 کیلوگرم در هکتار)، بالاترین سطح زیرکشت و تنوع ارقام انار مربوط به هندوستان، ترکیه و اسپانیا است (بریکل و جویس، 2008؛ جلیلی، 2016). انار در ایران از تنوع بالای ارقام تجاری برخوردار است، بیش از760 رقم انار در کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی یزد نگه‌داری می‌شود (بهزادی شهربابکی، 1997؛ زمانی و همکاران، 2007). مهمترین ارقام تجاری ایران که حدود 35 درصد باغات انار و حدود 90 درصد میزان صادرات انار کشور را تشکیل می‌دهند شامل: ملس ساوه، رباب نی‌ریز، شیشه‌کپ‌فردوس، نادری‌بادرود، ملس‌یزدی، قجاق قم، اردستانی مه‌ولات، بجستانی گناباد و خزر بردسکن است. در ایران چهار استان مهم تولیدکننده انار شامل مرکزی، فارس، یزد و اصفهان و شهرستان‌های ساوه، نی‌ریز و فردوس به‌ترتیب بزرگ‌ترین تولیدکنندگان انار هستند. از مشخصات آشکار نواحی کشت انار در ایران می‌توان به وقوع تنش خشکی، رطوبت نسبی پایین، پایین بودن مقدار بارندگی و پراکنش نامنظم آن، کم بودن روزهای ابری، تابستان‌های بسیار گرم همراه با وزش بادهای گرم، گرد و غبار، پ‌اچ و آهک بالای خاک، اشاره کرد. مشکلات فیزیولوژیکی و ناهنجاری‌های ناشی از مسائل تغذیه‌ای و دیگر عوامل همچون تنش‌های محیطی بویژه تنش دمایی در مراحل رشد و نمو گل‌ها و میوه انار است. تغییرات آب و هوایی، گرم و خشک شدن هوا عامل مهم در نارسایی‌های انار است (سلوارجو و همکاران، 2005). در سال‌های اخیر بروز تغییرات اقلیمی موجب حساسیت ارقام بومی و غیربومی و بروز ناسازگاری های اقلیمی در برخی مناطق شده که از جمله آن‌ها می‌توان به تنش‌های محیطی (تنش دمایی، نوری، خشکی) و

تغییرات باروری اندام نر و ماده، ریزش گل و میوه و ناسازگاری‌های فیزیولوژیکی مانند عارضه دانه سفیدی انار[1] اشاره نمود که کمیت و کیفیت میوه را کاهش می‌دهد. سفید شدن دانه‌های انار هر ساله خسارت زیادی به باغداران وارد می‌کند. عارضه دانه سفیدی انار، به علت تخریب و تغییر در ترکیب آنتوسیانین موجود در دانه انار به وجود می‌آید. با بروز این عارضه، رنگ دانه از قرمز تیره به سفید کرمی تا قهوه‌ای سوخته تغییر می‌کند و شکاف و حفره‌هایی در غشاء و بافت آریل ایجاد می‌شود و کیفیت میوه و طعم آن را نامطلوب می‌کند. به همین دلیل به‌عنوان یک مسئله مهم مطرح و به تحقیقات برای جلوگیری از خسارت‌های وارده به باغداران و صادرکنندگان توجه جدی شده است. به دلیل اهمیت شناخت ویژگی‌های زایشی و عوامل اقلیمی در بروز نارسایی‌های میوه از جمله عارضه دانه-سفیدی انار در مقدمه به معرفی آن‌ها می‌پردازیم.

2- ویژگی‌های زایشی درختان انار

انار از راه قلمه 50-25 سانتی‌متری خشبی به صورت تجاری از ارقام مختلف تکثیر می‌شود. انار دارای گل‌های کامل با اندام نر و ماده قرمز روشن به قطر 3 سانتی‌متر به شکل استوانه‌ای با 7-3 گلبرگ و 8-5 کاسبرگ و 300 پرچم که معمولاً یک‌ماه پس از باز شدن جوانه‌های رویشی بر روی شاخه‌های فصل‌جاری درخت آشکار می‌شوند. گل‌های انار درشت و به قطر 3 سانتی متر و طول 3/5 تا 7/5 سانتی‌متر و به عرض 3/8 تا 5 سانتی‌متر است. گل‌های کامل به شکل گلدانی بوده و دارای اندام نر و ماده هستند (شکل 2-1).



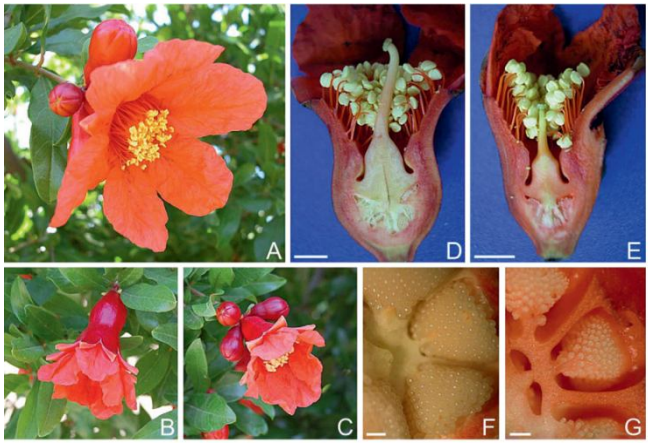
شکل 2-1- قسمت‌های مختلف گل انار

[1] 'Aril browning' or 'Aril paleness'

انار بیشتر خود گرده‌افشان است و دگرگرده‌افشانی توسط حشرات به ویژه زنبور نیز می‌تواند انجام شود. بین 28-8 درصد گرده‌ها بسته به رقم و فصل رشد نابارور هستند (مورتون، 1987). گل‌های انار دارای شهد بوده و شهد گل انار رقم واندرفول[1] دارای 27 درصد مواد جامد قابل حل است که به گرده‌افشانی آن توسط حشرات کمک می‌کند. گل‌های انار شامل دو نوع، گل‌های بارآور یا ثمری[2] که بزرگتر بوده و دارای خامه و پرچم بلند هستند که در آن بساک‌ها و کلاله‌ها کم وبیش هم قد هستند. این گل‌ها کشیده و قطرشان در محل اتصال بیشتر از قطرشان در گردن گل است. دسته دوم گل‌های نازا و به اصطلاح نر و یا علفی[3] هستند که اندازه آن‌ها کوچکتر با خامه و پرچم کوتاه بوده و در آن‌ها کلاله‌ها کوتاه تر و در زیر بساک‌ها قرار دارند. گل‌های نر انار زنگوله‌ای شکل بوده و این گل‌ها که قطرشان در محل اتصال کمتر از قطرشان در گردن است سپس ریزش می‌کنند. گاهی گل‌های حد واسط[4] به وجود می‌آیند که ممکن است دارای خامه‌هایی به بلندی گل‌های خامه بلند یا به کوتاهی گل‌های خامه کوتاه باشند. گل‌هایی که دارای خامه بلند هستند، گاهی تلقیح می‌شوند و تولید میوه می‌کنند ولی بندرت این چنین میوه‌هایی می‌رسند که در این حالت بیشترشان بدشکل و معیوب خواهند بود. گل‌ها با خامه کوتاه هرگز تلقیح نشده و بزودی ریزش می‌کنند. گلبرگ‌های گل‌های تلقیح نشده به رنگ سرخ تیره بوده و دانه‌های گرده آن ناقص است. معمولاً گل‌های خامه بلند بر روی شاخه‌های مسن‌تر رشد می‌کنند. در حالیکه گل‌های خامه کوتاه بر روی شاخه‌های جوانتر آشکار می‌شوند. تعداد گل‌های کامل تعیین کننده عملکرد انار است. کاسبرگ‌های گل انار به تعداد 4 تا 8 عدد و ضخیم هستند که پس از تلقیح و تشکیل میوه روی آن باقی می‌مانند و با میوه به رشد خود ادامه می‌دهند. گلبرگ‌های انار به تعداد 4 تا 8 عدد، به رنگ قرمز و به شکل نیزه و در میان لوب‌های کاسه گل (در قسمت داخلی نهنج گلدانی شکل فرو رفته) جای دارند. پرچم‌های گل انار پرتعداد و قائم تا قدری خمیده و در نوک به رنگ قرمز و دارای بساک‌های زردرنگ هستند. پرچم‌ها در قسمت داخل نهنج گلدانی شکل فرو رفته

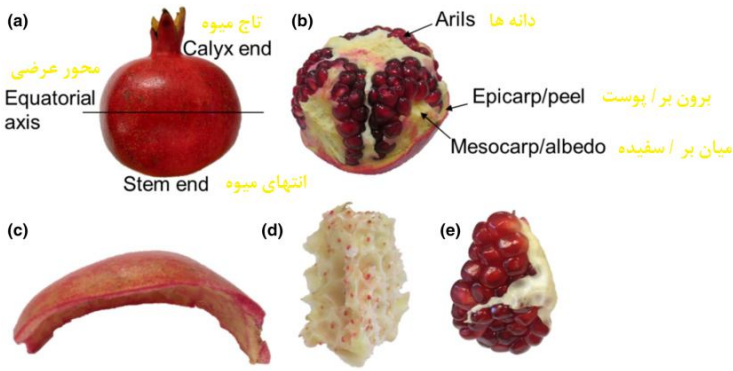
[1] Wonderful
[2] Fruitful
[3] Barren
[4] Intermediate

است. خامه مادگی گل انار قرمز مایل به زرد و طول آن معمولاً 1/5 سانتی‌متر است. کلاله تقریباً کروی و سبز مایل به زرد است. تخمدان انار ناشکوفا و دارای 8 تا 9 برچه است که نخست روی یک سطح قرار گرفته ولی بعد روی دو سطح فوقانی و تحتانی قرار می‌گیرند (شکل 2-2). در سطح تحتانی سه خانه وجود دارد که شکل قرار گرفتن تخمک‌ها در آن محوری است و در سطح فوقانی 5 خانه با تخمک‌های کناری وجود دارد در درون تخمدان دانه‌های بسیار زیادی وجود دارد.

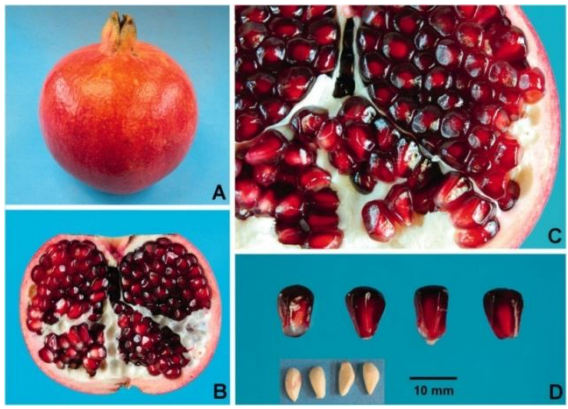


شکل 2-2- گل انتهایی کامل و بارده انار (A، B ، C و D) – گل ناقص و غیربارده انار (E) - قسمت‌های مختلف میوه در حال نمو شامل برچه ها و تخمک های انار (F و G) (وتستین و همکاران، 2011).

بر روی هر یک از دانه‌ها لایه گوشتی آبدار که همان قسمت خوراکی میوه را تشکیل می‌دهد قرار گرفته است، این دانه‌های گوشتی به صورت دسته جمعی در داخل پوست یا کیسه نازکی قرار دارند (شکل 2-3 و 2-4). روی شاخه‌های بارده انار ممکن است از یک تا چندین گل بر روی یک شاخه بوجود آید که یکی از آن‌ها انتهایی و بقیه جانبی و منفرد هستند.



شکل 2-3- قسمت‌های مختلف میوه انار a- نمای بیرونی میوه، b- نمای داخلی میوه، c- پوست میوه (برون بر)، d- میان بر سفیده یا پیه و e- برچه میوه (موکاما و همکاران، 2019)



شکل 2-4- قسمت‌های مختلف میوه انار A- نمای میوه، B و C- نمای داخلی میوه و برچه‌ها و D- دانه‌ها و هسته مرکزی آن‌ها

ما بین پوست بیرونی و حبه‌های آبدار انار لایه گوشتی نرمی بنام پیه و برنگ عمدتاً زرد روشن وجود دارد (شکل 2-3 و 2-4) (وتستین و همکاران، 2011).

در یک میوه انار میانگین نزدیک به 800 دانه وجود دارد، داخل دانه‌ها آب میوه انار با طعم ترش، شیرین و یا ملس و در مرکز دانه انار، هسته سختی وجود دارد. گل‌دهی و میوه‌بندی درخت انار یک ماه طول می‌کشد که در این فاصله سه موج گلدهی وجود

دارد. گل اول انار از نیمه فروردین پدیدار شده و به تدریج تا نیمه اردیبهشت افزایش می‌یابد، این گل‌ها به تعداد فراوان و بیشتر از نوع علفی و نر بوده و حدود 25 درصد از کل گل‌ها به میوه تبدیل و بقیه از درخت ریزش می‌کنند، همراه گل‌های علفی درصدی از گل‌های مثمر نیز ریزش می‌کنند، میوه بدست آمده از گل‌های اول بزرگ و بازار پسند هستند. گل دوم انار به تعداد محدود در اواخر بهار رویش و میوه حاصل از آن کوچک تا متوسط می‌باشد. گل‌های سوم در نیمه تابستان به میزان محدود می‌روید که میوه بدست آمده از آن ریز و ناقص بوده و قابلیت تجاری ندارد. محصول انار بسته به نوع رقم از نیمه تابستان تا انتهای پائیز آماده برداشت و عرضه به بازار است (شکل 2-5).

شکل 2-5- نمایی از میوه درخت انار رقم رباب نیریز

3- نیاز اقلیمی درختان انار

ارقام مختلف انار در دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی و خاکی انطباق یافته و کشت می‌شود (ویدوا- مارتوز و همکاران، 2010). آب و هوا، نخستین و مهمترین عامل تعیین‌کننده در انتخاب محل احداث باغ‌های میوه از جمله انار است. از این‌رو توصیه می‌شود پیش از هرگونه تصمیم‌گیری درباره تعیین محل احداث باغ، عوامل اقلیمی از جمله طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، پستی و بلندی زمین، میانگین و توزیع بارندگی، روزهای آفتابی، بیشترین و کمترین دما، تنش گرما، تنش سرما و یخبندان، رطوبت نسبی، زهکشی هوا مطالعه و تطابق اقلیمی ارقام بررسی شود.

3-1- درجه حرارت

دما و نورگاه، از عوامل اصلی موثر بر فنولوژی درختان محسوب می‌شوند. تخصیص ماده فتوسنتزی[1] در تابع رشد- درجه روز[2] به واسطه شناخت اکوفیزیولوژی گیاه امکان‌پذیر است. از آنجایی که انار بومی نواحی نیمه گرمسیری و حساس به تنش سرما و یخبندان هستند، توصیه می‌شود محلی برای احداث باغ انار انتخاب شود که بدون و یا احتمال رخداد تنش سرما و یخبندان در آن منطقه بسیار کم باشد. شروع فعالیت‌های رشد و نمو انار در محدوده دمای 10 درجه سلسیوس است که در فصل بهار با افزایش دما، گیاه وارد مرحله برگ و گل‌دهی می‌شود. مناطق نیمه گرمسیر با زمستان ملایم و کمینه دمای بالاتر از 12- درجه سانتی‌گراد و تابستان گرم و خشک با مدت زمان طولانی ساعت آفتابی و حداقل بارندگی و رطوبت نسبی بویژه در اواخر تابستان و پاییز در مراحل انتهایی رشد و نمو میوه بهترین شرایط را برای پرورش انار فراهم می‌آورد. در این شرایط میوه دارای بهترین کمیت و کیفیت از نظر اندازه، رنگ و تجمع قند بدون خطر ترک‌خوردگی است (لوین، 2006). سرمازدگی یکی از مشکلات اساسی و عمده در باغات انار محسوب می‌شود. بطوری که هر ساله با توجه به میزان سردی هوا بین 10 تا 100 درصد باغ‌ها را سرما می‌زند. سرمای زمستانه به تنه و شاخه‌های درختان آسیب وارد می‌سازد ولی سرمای زودرس بهاره به برگ و گل درختان انار خسارت وارد نموده و به نوبه خود باعث کاهش عملکرد می‌شود. درختان بالغ در زمان خواب و رکود سرمای (12- درجه سانتی‌گراد) را تحمل می‌کنند، اما در دوره نونهالی (سه سال اول) سرمازدگی اوایل یا اواخر زمستان را هنگامی که هنوز رشد سبزینه وجود دارد، تحمل نمی‌کند. در دشت‌های باز و مناطق پست خطر سرمازدگی زیاد است. بهترین دامنه حرارتی در طول رشد رویشی مابین 25 تا 37 درجه سانتی‌گراد، دامنه دمایی مناسب در زمان گلدهی 26/5 تا 29/5 درجه سانتی‌گراد، دمای مناسب در زمان رسیدن میوه و رنگ گرفتن مابین 20 تا 25 درجه سانتی‌گراد است. نیاز سرمایی آن با 200 تا 400 ساعت درجه حرارت بین صفر تا 7 درجه سانتی‌گراد تأمین می‌شود. تغییرات شدید

[1] Assimilate partitioning
[2] Degree day

دمایی و نیز دمای بالای 40 درجه و تابش شدید موجب خسارت آفتاب سوختگی میوه و تنه درخت می‌شود (شیتز، 2012). سرمای پایین تر از 15- درجه سانتی‌گراد درطی مدت کوتاه موجب یخزدگی و خسارت به تمام درخت می‌شود. ارقام شیرین انار به سرما حساس‌ترند. سرمای بهاره هم موجب ازبین رفتن گل، برگ و سرشاخه‌های جوان انار می‌شود. گرما و تنش خشکی و پس از آن بارندگی و نیز سرمای زودرس در زمان رسیدن میوه، به دلیل کاهش تقسیم سلولی بویژه در سطح پوست میوه همزمان با افزایش حجم میوه و تابش آفتاب، موجب نارسایی‌های اکوفیزیولوژیکی از جمله آفتاب-سوختگی و ترک‌خوردن میوه در ارقام حساس انار می‌شود. این نارسایی در مراحل حساس فیزیولوژیکی اواسط و اواخر بلوغ میوه در گونه‌ها و ارقام انار آشکار می‌شود و به شدت کیفیت و بازار پسندی میوه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چنانچه گرما با وزش باد همراه باشد شدت ترکیدگی و سوختگی انار بیشتر می‌شود و از مرغوبیت آن می‌کاهد.

3-2- بارندگی

درخت انار از گیاهان مقاوم به خشکی است و در مناطق با بارندگی سالانه به طور میانگین 50 میلی‌متر نیز خود را سازگار می‌کند. به طور میانگین نیاز آبی انار 300-250 میلی‌متر است. در ایران میانگین بارش باران در مناطق عمده کشت انار حدود 300-150 میلی‌متر با پراکنش مناسب است. مناطقی که میزان بارندگی سالیانه آن کمتر از این مقدار است در صورت استفاده نشدن از سیستم آبیاری مناسب، مساعد کاشت انار نیستند. انار در مناطق مرطوب حساس به بیماری‌های قارچی ریشه و زوال بوده و در این شرایط از شیرینی کمتر برخوردار و مستعد ترک‌خوردگی است. بارندگی و رطوبت نسبی بالا در این زمان موجب افزایش احتمال ترک‌خوردگی و نرمی میوه می‌شود.

3-3- رطوبت نسبی

به طورکلی دامنه رطوبت نسبی مناسب برای انار از حدود 25 تا 35 درصد است. پیش از انتخاب محل کاشت درخت، باید به رطوبت نسبی منطقه در مرحله رسیدن میوه و خشک شدن آن توجه شود. در آب و هوای مرطوب، میوه انار درشت و دم آن

طویل شده اما از مقدار شیرینی آن کم می‌شود. در آب و هوای خشک نیز دم میوه کوتاه شده و حتی به کلی از بین می‌رود ولی اندازه میوه کوچک و مقدار شیرینی آن زیاد است. رطوبت بالا و بارندگی در زمان رسیدن و خشک شدن میوه انار می‌تواند باعث کاهش کیفیت شود. با توجه به موارد بالا و اهمیت نقش عوامل اقلیمی بویژه دما در بروز عارضه دانه‌سفیدی انار، بر اساس مطالعات انجام شده گودا و همکاران (2018) جدول نیازهای اقلیمی انار مطابق با جدول 3-1 است.

جدول 3-1- نیازهای اقلیمی برای انار

نیاز اقلیمی انار						
کلاس، درجه محدودیت و مقیاس تناسب						ویژگی آب و هوایی
N2	N1	S3	S2	S1		
4		3	2	1	0	
0 25	40	60	85	95	100	
>45 <10	-	40-45 10-18	35-40 27-18	34-35 27-30	32-34 30-32	میانگین دمای فصل رشد (°C)
<-10	-	(-2)-(-10)	(2-)-6	6-10	>10	میانگین مطلق سردترین سه ماه (°C)
>35 <5	-	28-35 5-7	20-28 7-12	18-20 12-14	16-18 14-16	میانگین دمای در مرحله گلدهی (°C)
>400	600-800 <100	500-600	250-500	200-350	200-400	نیاز سرمایی (تعداد ساعت زیر دمای 7 °C)
-	-	-	10-20 >40	20-25 35-40	25-30 30-35	رطوبت نسبی در مرحله گلدهی(%)

4- عارضه دانه سفیدی انار

عارضه دانه سفیدی انار یکی از ناهنجاری‌های جدی فیزیولوژیکی و مهم در کاهش کیفیت میوه ارقام قرمز انار بویژه رقم رباب (Punica granatum cv. 'Rabab') در شرایط

تنش محیطی بویژه تنش حرارتی است که موجب میانگین هدر رفت50 تا 60 درصدی محصول می‌شود. این ناهنجاری‌های به صورت خارجی بر روی میوه قابل شناسایی نیست. نشانه‌های عارضه دانه‌سفیدی انار 90 روز پس از گلدهی آشکار می‌شود. این عارضه در دانه‌های آریل[1] از یک نقطه روی دانه شروع شده و سپس در تمام دانه ظاهر شکسته با خطوط سفید شعاعی از دانه‌ها پدیدار می‌شود (شیوا شانکار و همکاران، 2012). در عارضه دانه‌سفیدی انار بخشی و یا همه دانه‌های انار شروع به سفید شدن، کرمی و سرانجام قهوه‌ای شدن می‌کنند، بافت دانه‌ها نرم و بدشکل شده، مقدار اسید آن افزایش می‌یابد، شاخص بریکس کاهش یافته و میوه از نظر کیفی به شدت آسیب می‌بیند (جالیکوپ و همکاران، 2010؛ بابالار و همکاران، 2018؛ فائوله و همکاران، 2020) (شکل 4-1).

شکل 4-1- سفید شدن، کرمی و در نهایت قهوه‌ای شدن بافت دانه انار به همراه نرم و بدشکل شده و کاهش کیفیت میوه

در حال حاضر شواهد و نتایج نشان‌دهنده نقش مدیریت به‌باغی، کاربرد مواد محرک رشد و مدیریت تغذیه از جمله محلول‌پاشی عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم، روی و بور بر بهبود گلدهی، گرده افشانی و کیفیت میوه و نیز افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو، افزایش محافظت سلولی و تحریک بیوسنتز و جلوگیری از تجزیه آنتوسیانین است که بر این اساس می‌تواند نقش تعیین‌کننده در کاهش عارضه دانه سفیدی انار داشته باشند (تدین و همکاران، 1401؛ تدین، 2021). با توجه به تغییرات اقلیمی و بویژه بروز تنش‌های گرمایی در مناطق مختلف کشت ارقام انار بکارگیری روش‌های کاربردی

[1] Arils

در جلوگیری و کاهش اثرات این عارضه بسیار مهم است که در ادامه به تشریح و ارائه دستورالعمل در این زمینه پرداخته می‌شود.

5- نقش تنش های محیطی در ایجاد عارضه دانه سفیدی انار

تنش‌های غیرزنده[1] مانند خشکی، شوری، دماهای بالا و پایین، و شدت تابش نور نقش موثر در سقط اندام زایشی، عدم گرده افشانی موثر مادگی، اختلال در رشد و نمو میوه وکاهش عملکرد گیاهان دارند (اوزدمیر و همکاران، 2004؛ حسن و همکاران، 2008). در شرایط تنش سیستم دفاعی آنتی اکسیدانتی در مواجه با تنش‌های غیرزنده اکسیداتیو عمل نموده، اما این مسئله موجب کاهش فتوسنتز می‌شود (واردهینی و انجوم، 2015). این تنش‌ها موجب تولید گونه‌های اکسیژن فعال[2] می‌شوند که منجر به تجزیه غشاء و اکسیداسیون مستقیم ترکیبات فنولی می‌شوند که یکی از دلایل عمده دانه‌سفیدی و قهوه‌ای شدن بافت‌ها است (میقانی و همکاران، 2014؛ پترو و همکاران، 2015). همچنین در شرایط تنش، آنتوسیانین و ساختارهای اولیه o- دی فنیل[3] آن به‌راحتی توسط اکسیداسیون غیر آنزیمی تجزیه می‌شوند (هی و گیوستی، 2010؛ میقانی و همکاران، 2014).

آنتوسیانین به عنوان یک ترکیب فعال زیستی زیرگروه فلاونوئیدها بوده که رنگ قرمز انار را ایجاد می‌کند. غلظت آنتوسیانین در میوه تابع عوامل ژنتیکی، محیطی از جمله شرایط آب و هوایی و مدیریت باغ است (میردهقان و راحمی، 2007؛ سپولودا و همکاران، 2010؛ مازا و مینیاتی ، 2018). هی و گیوستی (2010) مشاهده نمودند که دماهای تنش‌زای بیش از 35 درجه سانتیگراد در زمان بلوغ میوه و رسیدن آن در ارتباط با تجزیه آنتوسیانین است. همچنین شدت نور بالا به همراه دمای زیاد موجب جلوگیری از توسعه رنگ میوه می‌شود (پارک و همکاران، 2007). بروخو-نئوری و همکاران (2011) گزارش نمودند که بلوغ و رسیدن میوه انار در شرایط دمای بیش از

[1] Abiotic stresses
[2] Reactive oxygen species (ROS)
[3] Anthocyanin's possessing o-diphenyl's structures

اندازه زیاد موجب کاهش رنگ داخلی و خارجی میوه شده و تجمع آنتوسیانین نسبت به شرایط دمایی پایین کمتر است. در انگور قرمز، دمای زیاد بویژه در شب در زمان رسیدن موجب کاهش تولید آنتوسیانین و افزایش تجزیه آنتوسیانین پیش از سنتز شده، می‌شود (موری و همکاران، 2007). بیان ژن‌های بیوسنتز آنتوسیانین توسط عوامل داخلی و خارجی گوناگون از جمله میزان قند، شدت نور، تنش آبی و اسمزی و وضعیت تغذیه‌ای گیاهان تنظیم می‌شود (لوتکوسکا و همکاران، 2015؛ زوو و همکاران، 2017؛ زی و همکاران، 2017).

تنش‌های محیطی (حرارتی، نوری، خشکی) در مراحل آغازین تشکیل گل و میوه موجب ناسازگاری‌های فیزیولوژیکی از جمله ناباروری اندام زایشی، گرده افشانی ضعیف، میوه‌بندی و نمو ناقص دانه‌های انار و در نتیجه عارضه دانه سفیدی انار می‌شوند. در عارضه دانه سفیدی انار فعالیت آنزیم های آمیلاز، دهیدروژناز و پلی‌فنول اکسیداز در هسته دانه‌های انار در مقایسه با هسته دانه‌های سالم افزایش می‌یابد. قدرت مخزن[1] ضعیف‌تر و عدم تعادل هورمونی هسته دانه‌های انار یکی دیگر از عوامل ایجاد عارضه دانه سفیدی انار بیان شده است (شیواشانکار و همکاران، 2012). در مراحل ابتدایی تشکیل و نمو میوه انار، تفاوت بوجود آمده در قدرت مخزن دانه‌های انار به دلیل گرده افشانی ناقص و توزیع نامتعادل عناصر غذایی و کربوهیدرات‌ها می‌تواند موجب تغییرات بیوشیمیایی شده که منجر به شروع عارضه دانه سفیدی انار می‌شود (سینگ و همکاران، 2016). این عارضه بیشتر در میوه‌های حاصل از گل‌های اول انار دیده می‌شود. این مسئله به‌ویژه در سال‌های پربار درختان انار در شرایط تناوب باردهی، به دلیل رقابت برای عناصر غذایی و کربوهیدرات‌ها، تشدید می‌شود. این عارضه ممکن است هیچگونه نشانه‌های ظاهری در سطح میوه نداشته باشد. تشکیل دانه‌های ضعیف و از دست دادن رطوبت از گوشت دانه آن‌ها موجب گسستگی غشایی و فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز[2] شده و اکسیداسیون ترکیبات فنولی باعث عارضه دانه سفیدی انار می‌شود (شیواشانکار و همکاران، 2012). در شرایط افزایش قدرت مخزن (میوه‌ها) با نمو و گرده‌افشانی مناسب، انتقال عناصر غذایی و کربوهیدرات‌ها به اندام زایشی افزایش می‌یابد (سا و همکاران، 2018). قسمت خوراکی

[1] Variable sink strengths
[2] Polyphenol oxidase (PPO) enzyme

انار 50 درصد میوه را شامل می‌شود که دارای 40 درصد دانه (بافت یا قسمت خوراکی دانه) و 10 درصد دانه انار است. قسمت مهم دانه آب میوه است که 85 درصد آن را تشکیل می‌دهد و همچنین دارای 10 درصد مواد قندی، 1/5 درصد پکتین و ترکیبات فنولی و اسید آسکوربیک است (ویودا- مارتوز و همکاران، 2010؛ همید و همکاران، 2018). میردهقان و راحمی (2007) مشاهده نمودند که میزان آنتوسیانین دانه در 10-50 روز پس از گلدهی افزایش و سپس تا زمان برداشت کاهش می‌یابد. با توجه به شناخت عوامل محیطی و فیزیولوژیکی موثر در ایجاد عارضه دانه سفیدی انار، دلایل تدوین تدابیر مدیریتی برای کاهش اثر این عارضه در این دستوالعمل روشن می‌شود.

6- عوامل موثر بر کاهش عارضه دانه سفیدی انار

با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام شده عوامل، تیمارها و راهکارهای اجرایی برای کاهش عارضه دانه سفیدی انار به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

6-1- مدیریت عوامل تغذیه‌ای به همراه کاربرد تنظیم کننده‌های رشد

مدیریت تغذیه یکی از مهمترین عوامل مؤثر در تعیین کمیت و کیفیت میوه است. نداشتن شناخت نیاز واقعی عناصر غذایی ارقام انار و نیز آگاهی نداشتن از ارتباط عوامل تغذیه‌ای و شرایط اکوفیزیولوژیکی مناطق پرورشی آن با ویژگی‌ها و نارسایی‌های رشد و نمو ارقام گوناگون انار موجب هدر رفت شدید میوه می‌شود. نیاز به مدیریت جامع برای شناخت مشکلات تغذیه‌ای در باغ‌ها، پایش حاصلخیزی خاک و برنامه مدیریت تغذیه درختان بر اساس آزمون خاک و نیاز غذایی درختان بویژه در شرایط تنش‌های محیطی وجود دارد.

اندازه مطلوب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و غلظت عناصر غذایی در خاک در جدول 6-1 آورده شده است.

جدول 6-1- استاندارد حدود عناصر غذایی خاک برای باغ‌ها (سالاتو و همکاران، 2018).

Excessive	Optimal	Low	Unit	Soil test
> 8.0	6.0 – 7.5	< 5.0	–	pH
> 4	< 2.6	–	mmhos/cm	E.C
> 200	–	–	ppm	Nitrate (NO_3_N)
> 50	15 – 40	< 10	ppm	Phosphorus (P)
> 300	150 – 250	< 120	ppm	Potassium (K)
	4.1 – 20	< 3.0	meq/100g	Calcium (Ca)
> 2.5	0.5 – 2.5	< 0.5	meq/100g	Magnesium (Mg)
> 0.5	< 0.5		meq/100g	Sodium (Na)
	10 – 40	< 5	meq/100g	CEC
> 1.5	1.0 – 1.5	< 1.0	mg/kg	Boron (B)
> 20	9 – 20	< 4	mg/kg	Sulfur (S)
	0.6 – 1.0	< 0.25	mg/kg	Zinc (Zn)
> 20	0.6 – 1.0	< 0.1	mg/kg	Copper (Cu)
> 50	1 – 5		mg/kg	Manganese (Mn)
–	–	> 4.5	mg/kg	Iron (Fe)

اندازه بهینه عناصر غذایی درختان انار در شرایط خاک‌های آهکی در جدول 6-1-2 آورده شده است.

جدول 6-2- اندازه بهینه عناصر غذایی برگ درختان انار در خاک‌های آهکی (ملکوتی و همکاران، 1384)

نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	منیزیم (درصد)	کلسیم (درصد)
2/25	0/15	1/7	0/5	1/9
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	**منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)**	**روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)**	**مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)**	**بور (میلی‌گرم در کیلوگرم)**
110	40	30	10	70

همچنین شاخص‌های عناصر غذایی برگ توسط سیستم تشخیص و توصیه جامع (DRIS) در باغ‌های انار برای عناصر نیتروژن 2/2-1/3 درصد، فسفر 0/24-0/18 درصد، پتاسیم 1/99-1/29 درصد، کلسیم 1/2-0/64 درصد، منیزیم 0/45-0/23 درصد، گوگرد 0/26-0/16 درصد، آهن 149/12 – 103/04 میلی‌گرم در کیلوگرم، منگنز 72/85 – 39/6 میلی‌گرم در کیلوگرم، روی 26/10 – 15/99 میلی‌گرم در کیلوگرم، مس 9/32 – 6/16 میلی‌گرم در کیلوگرم و بور 39/88 – 23/38 میلی‌گرم در کیلوگرم است (گوساووی و همکاران، 2017).

هدف مدیریت تغذیه، حفظ غلظت عناصر غذایی برگ در دامنه مطلوب است. اگر در تفسیر نتایج، غلظت یک عنصر خاص در دامنه مطلوب قرار ندارد، برای افزایش غلظت آن عنصر، روش‌های مختلفی می‌تواند استفاده شود (جدول 6-3).

جدول 6-3 - تنظیم برنامه کودی انار بر اساس نتایج تجزیه برگ

عنصر غذایی	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ کمتراز مقدار مطلوب باشد،	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ بیشتر از مقدار مطلوب باشد،
نیتروژن	▪ عملکرد کنترل شود. ▪ سلامت درختان کنترل شود. ▪ مدیریت آبیاری باغ بازنگری شود. ▪ مقدار مصرف کود نیتروژن بازنگری شود.	▪ مواد آلی خاک کنترل شود. ▪ مقدار مصرف کودهای نیتروژنی بازنگری شود.
فسفر	▪ کود فسفر بیشتری مصرف شود.	▪ هیچ اقدامی لازم نیست.
پتاسیم	▪ مصرف کود پتاسیمی افزایش یابد. ▪ محلول‌پاشی برگی انجام شود.	▪ مصرف کودهای پتاسیمی کاهش یابد.
کلسیم	▪ در خاک‌های آهکی، مانداب منطقه ریشه کنترل شود. ▪ pH خاک کنترل شود. ▪ در خاک‌های اسیدی، مقدار کلسیم خاک کنترل شود. ▪ با توجه به pH خاک، آهک (به روش خاکی) و کودهای محلول کلسیم (مانند نیترات کلسیم و کلرید کلسیم) به روش کود آبیاری در خاک‌های اسیدی مصرف شوند. محلول‌پاشی کودهای محلول کلسیم (مانند نیترات کلسیم یا کلات‌های آلی کلسیم) در خاک‌های آهکی انجام شود.	▪ هیچ اقدامی لازم نیست.

ادامه جدول 6-3 - تنظیم برنامه کودی انار بر اساس نتایج تجزیه برگ

عنصر غذایی	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ کمتراز مقدار مطلوب باشد.	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ بیشتر از مقدار مطلوب باشد.
منیزیم	▪ وضعیت منیزیم قابل تبادل خاک بررسی شود ▪ pH خاک کنترل شود. ▪ با توجه به pH خاک، می‌توان از دولومیت به روش مصرف خاکی و کودهای محلول منیزیم مانند سولفات منیزیم، نیترات منیزیم یا کلات‌های آلی منیزیم به روش مصرف خاکی، کودآبیاری یا محلول‌پاشی در خاک‌های اسیدی مصرف شوند. در خاک‌های آهکی، کودهای منیزیم محلول مانند سولفات منیزیم، نیترات منیزیم یا کلات‌های آلی منیزیم به روش خاکی، کودآبیاری یا محلول‌پاشی مصرف شوند.	▪ هیچ اقدامی لازم نیست.
عناصر غذایی کم مصرف	▪ pH خاک کنترل و در صورت نیاز تعدیل شود. ▪ محلول‌پاشی عناصر غذایی کم مصرف انجام شود. ▪ همراه با مصرف خاکی کودهای پرمصرف، از کودهای کم مصرف مناسب (مانند سکسترون آهن، سولفات روی، سولفات روی، سولفات مس، اسید بوریک و ...) به صورت کودآبیاری در باغ‌های با سیستم آبیاری تحت فشار در طی فصل رشد مصرف شود و در باغ‌های بدون سیستم آبیاری تحت فشار به صورت چالکود در شروع فصل رشد می‌توان استفاده کرد.	▪ باقی‌مانده محلول اسپری شده در سطح برگ‌ها کنترل شود. ▪ هیچ اقدامی لازم نیست.

مصرف نامتعادل عناصر غذایی و کنترل نکردن رشد رویشی و زایشی درختان به‌ویژه در زمان وقوع تنش‌های محیطی موجب کاهش مقاومت گیاه در برابر تنش‌ها می‌شود. مدیریت تغذیه انار برای تعادل تغذیه‌ای و افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده است (ابورن و همکاران، 2003). شناخت روابط تنش‌های غیر زنده و مسائل تغذیه‌ای بر فیزیولوژی رشد میوه درختان انار و نیز اثر این عوامل بر عارضه دانه‌سفیدی انار بسیار دارای اهمیت است.

بر اساس مطالعات انجام شده از بین عناصر غذایی شاخص که نقش تعیین‌کننده بر کاهش عارضه دانه‌سفیدی انار دارند می‌توان به پتاسیم، کلسیم، روی و بور اشاره نمود. تغذیه مکمل برگی با عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم، روی و بور می‌تواند نقش تعدیل کننده تنش‌های محیطی بواسطه نقش مستقیم در سنتز، بارگذاری و انتقال و تخصیص

مواد فتوسنتزی[1] بر اساس نیاز منبع و یا غیرمستقیم توسط دفاع از گیاهان در برابر آسیب ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن داشته باشد (واریش و همکاران، 2011؛ مسعود و همکاران، 2012؛ مارشنر، 2012؛ ویمر و همکاران، 2013). همچنین کارایی تغذیه گیاه برای رشد و افزایش عملکرد کمی و کیفی در کنار کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی[2] بهبود می‌یابد (ساوان و همکاران، 2009). همچنین این مواد می‌توانند موجب افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده شده و کیفیت محصول را بهبود بخشند (کولا و همکاران، 2015). مدیریت تغذیه بویژه نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، روی و بور و نیز کاربرد برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند عارضه دانه سفیدی انار را با کاهش اثرات تنش‌های محیطی در طول گلدهی، رشد و رسیدن میوه انار کاهش دهد. نقش هر یک از عوامل تغذیه‌ای و نیز تنظیم‌کننده‌های رشد به شکل کوتاه در ارتباط با این عارضه در ادامه بیان می‌شود.

6-1-1- نقش نیتروژن در عارضه دانه سفیدی انار

سنتز فلاونوئیدها و به ویژه آنتوسیانین‌ها، که مسئول تولید رنگ در گیاهان هستند، توسط کاهش دما، افزایش نور، افزایش قند میوه (نسبت کربن به نیتروژن) و محدود نمودن مصرف نیتروژن و فسفر تحریک می‌شود (شیبلی و همکاران، 2004؛ مورکوند و همکاران، 2007). همچنین شواهد آشکاری وجود دارد که نیترات مسیرهای متابولیک ثانویه، از جمله بخش‌هایی از متابولیسم فنیل پروپانوئید، فلاونوئید و آنتوسیانین را متوقف می‌کند (روبین و همکاران، 2009). محتوای آنتوسیانین در حبه‌های انگور با کاهش نیتروژن مصرفی افزایش می‌یابد و افزایش نیتروژن در گیاه بر کاهش بیان ژن‌های تنظیمی و ساختاری بیوسنتز آنتوسیانین تأثیر می‌گذارد (سوبیران و همکاران، 2014). مصرف بیش از اندازه‌ی نیتروژن و کمبود پتاسیم و کلسیم در باغات انار موجب افزایش گل‌های نر، ترک‌خوردگی میوه، دانه سفیدی انار (Ariel bleaching)، کاهش رنگ، و کیفیت میوه، نرمی و کاهش خاصیت انبارمانی میوه، شیوع بیماری‌های قارچی و زوال، آسیب آفتاب سوختگی و دیررسی میوه می‌شود (برونتتو و همکاران، 2015؛ بیکیر،

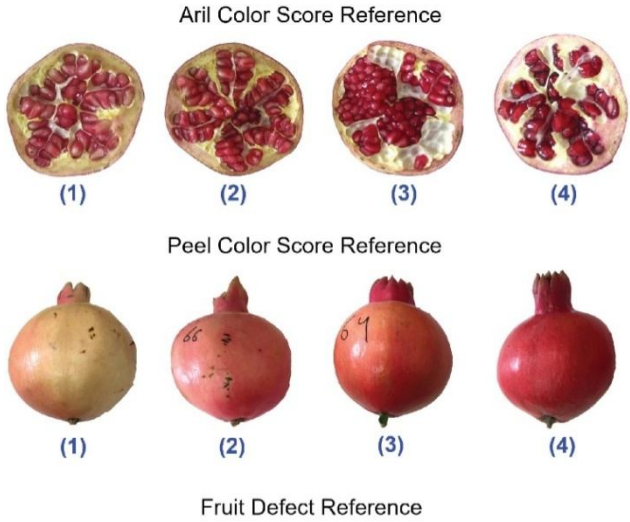
[1] Photo-assimilates
[2] Plant growth regulators (PGRs)

2016). مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنه بویژه در 50 روز اولیه تشکیل در آریل (میردهقان و راحمی، 2007) موجب کاهش سنتز آنتوسیانین آن و افزایش عارضه دانه سفیدی انار شود. همچنین مصرف زیاد و دیرهنگام نیتروژن در تابستان و در زمان رسیدن میوه موجب به تأخیر افتادن تغییر رنگ میوه و کاهش رنگ قرمز (جلوگیری از تبدیل پیش ماده و تجزیه آنتوسیانین) دانه‌ها انار می‌شود. هر عاملی که محرک رشد بیش از اندازه اندام‌های رویشی درخت باشد باعث کمبود کلسیم در اندام زایشی و میوه‌ها می‌شود. مصرف زیاد کودهای نیتروژنه و آبیاری بیش از اندازه، بویژه در شرایط گرم و خشک و چند هفته پیش از برداشت محصول انار، موجب افزایش نارسایی‌های ناشی از کمبود کلسیم از جمله عارضه دانه سفیدی انار می‌شود. از این‌رو کاهش مصرف نیتروژن به‌ویژه در زمان تغییر رنگ میوه تأثیر زیادی بر افزایش مقدار آنتوسیانین میوه و جلوگیری از عارضه دانه سفیدی انار دارد (شکل 6-1).

شکل 6-1- مصرف بیش از اندازه نیتروژن موجب افزایش رشد رویشی و کاهش میوه‌بندی، کاهش کیفیت رنگ و طعم میوه و افزایش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود (تدین، 1394).

از سوی دیگر نیتروژن ذخیره شده در بهار دوام و زنده‌مانی تخمدان‌ها را افزایش می‌دهد و در توسعه و کارایی دوره گرده افشانی موثر است و بیشترین تأثیر را در گل‌دهی، توسعه گل‌ها و تشکیل میوه دارد (توکی، 1985). دوره گلدهی و تشکیل میوه از مهم‌ترین مراحل توسعه درختان میوه است (کوررتی و همکاران، 2013)، و در این

مرحله بیشترین تقاضا برای نیتروژن وجود دارد در حالی که در این زمان، فعالیت متابولیک ریشه، حلالیت عناصر غذایی، جذب و انتقال آنها در گیاه بسیار کم است. مطالعه با نیتروژن نشاندار در گونه‌های مختلف درختان میوه نشان داده که تشکیل گل، میوه‌چه‌ها و رشد فلش‌های اولیه و بافت‌های رویشی به نیتروژن ذخیره درخت بستگی دارد، به طوری که تا دو هفته پس از گل‌دهی حدود 40 درصد و تا 4 هفته پس از گل‌دهی حدود 60 درصد از نیتروژن ذخیره شده توزیع مجدد یافته و به مصرف اندام‌های رویشی و زایشی جدید می‌رسد (سانچز و همکاران، 2006؛ تیتوس و کانگ، 2011). محلول‌پاشی اوره در اواخر فصل رشد پس از برداشت میوه در پاییز (در صورت وجود نداشتن خطر سرمازدگی منطقه‌ای)، در افزایش نیتروژن ذخیره و جلوگیری از ریزش و بهبود کیفیت میوه تشکیل شده موثر است (دانگ و همکاران، 2002) (شکل 6-2). راندمان جذب نیتروژن توسط برگ‌ها حدود 35 درصد بود و 63 درصد از این نیتروژن جذب شده به اندام‌های ذخیره انتقال یافت. ریشه‌ها و پوست مخازن عمده نیتروژن محلول‌پاشی شده بودند. از این‌رو محلول‌پاشی اوره پس از برداشت میوه در پاییز می‌تواند ذخیره نیتروژن، گلدهی، تشکیل میوه در فصل بعد را افزایش دهد.

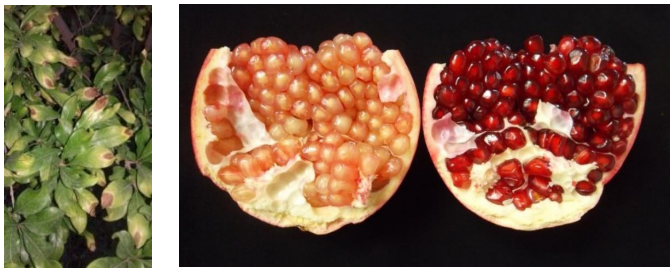


شکل 6-2 - اثر کمبود نیتروژن در کاهش رنگ دانه و پوست انار (سمت چپ)

6-1-2- نقش عنصر غذایی پتاسیم در عارضه دانه سفیدی انار

یکی از عناصر بسیار مهم در کنترل تنش‌های محیطی بویژه تنش‌های خشکی و دمایی، پتاسیم است که نقش فیزیولوژیکی مهمی در کیفیت و کمیت میوه انار دارد. احتمال کمبود پتاسیم هم در خاک‌های سبک، شنی و فقیر به دلیل شستشو و همچنین در خاک‌های سنگین دارای رس زیاد به علت تثبیت پتاسیم دسترسی نداشتن به آن وجود دارد. اندازه بهینه پتاسیم قابل استفاده در خاک حدود 250-200 میلی‌گرم در کیلوگرم است. با توجه به تحرک کم و تثبیت پتاسیم در خاک، بهتر است آن را در اواخر اسفند به همراه ماده آلی به صورت چالکود استفاده نمود. اندازه‌گیری غلظت پتاسیم برگ روش مناسب برای اطمینان از وضعیت تغذیه مطلوب آن است. غلظت مناسب پتاسیم در برگ در درختان انار حدود 2-1/2 درصد است. نسبت نیتروژن به پتاسیم برگ می‌بایستی در محدوده 1/5-1 باشد. مصرف بیش از اندازه نیتروژن نسبت به پتاسیم موجب کاهش کیفیت میوه انار می‌شود. در خاک سبک و متوسط مقادیر کود نیتروژن و پتاسیم پیشنهادی بر اساس نسبت 1:1 نیتروژن به پتاسیم توصیه می‌شود. اما براساس نوع بافت خاک، درصد کربن آلی در خاک و پ‌هاش قابل تغییر است. در خاک آهکی با پ‌هاش بالا و عملکرد زیاد نسبت 1/25-1 توصیه می‌شود (گلوزر و فرگوسن، 2008). پتاسیم یکی از عوامل اصلی مؤثر در بهبود سطح کمی و کیفی درختان انار است. کیفیت رنگ و اندازه میوه در ارتباط مستقیم با غلظت پتاسیم برگ است. استفاده از کودهای پتاسیمی باعث افزایش اندازه، وزن و کیفیت داخلی میوه انار می‌شود (شکل 6-3). به دلیل نیاز بیشتر میوه به پتاسیم نسبت به دیگر عناصر غذایی، مقدار جذب پتاسیم در زمان برداشت میوه انار در ارتباط نزدیک با عملکرد درخت است، اما زیادی پتاسیم موجب کاهش غلظت کلسیم میوه و نارسایی‌های ناشی از آن می‌شود (Cheng، 2013). توصیه می‌شود تا کل پتاسیم به نسبت تقسیط شده و در هر دور آبیاری از اوایل بهار تا اوایل تابستان توسط کودآبیاری استفاده شود. چنانچه درختان به کاربرد خاکی پتاسیم واکنش نشان ندادند، محلول‌پاشی پتاسیم به شکل کلرورپتاسیم، نیترات پتاسیم و یا فسفیت پتاسیم توصیه می‌شود. کاربرد ماده آلی و هیومیک اسید موجب افزایش معنی‌دار جذب و غلظت پتاسیم برگ می‌شود (اولیایی تورشیز و همکاران، 2017). کمبود پتاسیم

در خاک باعث ایجاد نشانه‌های کمبود در برگ‌ها می‌شود که آشکارترین آن حالت کلروز در حاشیه برگ‌ها است که در اثر پیشرفت به نکروز تبدیل می‌شود. پیچش برگ‌ها به سمت بالا و مواج شدن حاشیه برگ‌ها از جمله نشانه‌های کمبود پتاسیم است. کلروز برگ می‌تواند تبدیل به نکروز و از بین رفتن کلروفیل و تمایل تغییر رنگ برگ از سبز به برنزه شود. به دلیل قدرت تحرک بالا و تجمع پتاسیم در برگ‌های جوان، نشانه‌های کمبود آن در برگ‌های مسن دیده می‌شود (شکل 6-3).



شکل 6-3 – نشانه‌های کمبود پتاسیم در میوه و برگ درختان انار

پتاسیم موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی و محافظت در برابر آسیب‌های اکسیداتیو می‌شود (واریش و همکاران، 2011). کاربرد بهینه کودهای پتاسیم موجب تقویت سیستم دفاع آنتی اکسیدانی گیاهان در برابر تنش‌های مختلف محیطی می‌شود (حسن‌الزمان و همکاران، 2018). در بین مولکول‌های زیستی، کربوهیدرات‌ها ارتباط بیشتری با وضعیت تغذیه پتاسیمی گیاه دارند. پتاسیم نقش مهم در سوخت و ساز و جابجایی کربوهیدرات‌ها دارد (وانگ و همکاران، 2013؛ لو و همکاران، 2016) و از این راه به افزایش تحمل گیاهان به تنش دمایی، خشکی، شدت نور زیاد و تنظیم تعادل اسمزی کمک می‌نماید (ورایچ و همکاران، 2012). هنگامی که گیاهان پتاسیم کافی دریافت می‌کنند، غلظت ترکیبات فنلی آن‌ها افزایش می‌یابد و این ترکیبات به مقاومت گیاه در برابر تنش غیرزیستی کمک می‌کنند (پراساد و سینگ، 2010). کربوهیدرات‌ها به ویژه دی ساکاریدها (دوقندی‌ها) نقش مهم در نمو و رشد میوه داشته و فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها را در پاسخ به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهند (لی و شین،

2016). همچنین پتاسیم نقش مهم در سنتز و انتقال قندها به اندام زایشی دارد (لو و همکاران، 2016). از این‌رو پتاسیم می‌تواند تأثیر بسزایی بر بهبود کمی و کیفی انار و کاهش عارضه دانه سفیدی انار در شرایط تنش‌های محیطی داشته باشد. پتاسیم در سیستم انتقال آوند چوبی و آبکش نقش دارد و در شرایط کمبود پتاسیم، یون Ca^{2+} نمی‌تواند در آوند آبکش جابجا شود و رابطه منبع و مخزن قطع می‌شود (کاسکان و همکاران، 2017). در گیاهان دچار کمبود پتاسیم تخریب غشاهای سلولی و کلروفیل افزایش می‌یابد. همچنین پتاسیم در تنظیم بیان ژن‌های بیوسنتز جاسمونیک اسید و اکسین نقش دارد (وطن‌پرست و همکاران، 2013؛ دو و همکاران، 2013؛ وانگ و همکاران، 2021). هر دو تنظیم کننده رشد جاسمونیک اسید و اکسین نقش مهم در بیان ژن‌های بیوسنتز آنتوسیانین و جلوگیری از تجزیه آنتوسیانین در گیاهان از جمله انار بواسطه افزایش کل مواد جامد قابل حل و درصد آب میوه، دارند (شان و همکاران، 2009؛ میردهقان و قطبی، 2014؛ وانگ و همکاران، 2018). محلول‌پاشی کودهای پتاسیمی و متیل جاسمونات موجب کاهش ترک خوردگی میوه انار می‌شود (ابراهیم و همکاران، 2021). در میوه انار با کاهش اسید کل آب میوه[1] و افزایش پ‌هاش آن به بالاتر از 3/5، دانه‌های انار دچار یک تغییر ساختاری برگشت‌پذیر به کرومنول‌های بی‌رنگ و بی‌آب شده[2] و شدت رنگ دانه‌های انار (آریل‌ها) کاهش می‌یابد (شیواشانکار و همکاران، 2012). محلول‌پاشی 1/5 درصد سولفات پتاسیم پیش از رسیدن میوه در درختان انار موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی و کاهش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود (میردهقان و همکاران، 2012؛ وطن‌پرست و همکاران، 2013). افزایش غلظت پتاسیم همبستگی مثبت و معنی‌دار با کاهش عارضه دانه سفیدی انار به واسطه افزایش درصد آب میوه، کل مواد جامد قابل حل[3] و اسید کل آب میوه انار دارد (تدین و حسینی، 2021). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین افزایش کل مواد جامد قابل حل و اسید کل آب میوه انار و افزایش محتوای آنتوسیانین میوه وجود دارد (چمپا و همکاران، 2015؛ شیواشانکار و همکاران، 2012؛ تدین و حسینی، 2021). توانایی گیاه برای

[1] Fruit juice total acid
[2] The anhydroous base forming colorless chromenols
[3] Fruit total soluble solids (ºBrix)

تنظیم مسیر بیوسنتز آنتوسیانین به شدت به وضعیت مناسب مقادیر متابولیت‌های گیاه بستگی دارد که توسط میزان قند مشخص می‌شود و این اجماع وجود دارد که ساکارز در میوه به عنوان یک مولکول سیگنال‌دهنده[1] عمل می‌کند (الجونگ و همکاران، 2015). سیگنال‌های قندی مکانیسمی است که گیاه برای ادغام نشانه‌های مختلف داخلی و خارجی برای دستیابی به هموستازی مواد غذایی و تنظیم پاسخ‌ها به تنش‌های محیطی از آن استفاده می‌کند (لی و شین، 2016؛ ساکر و همکاران، 2018). افزایش دسترسی به ساکاروز مسیر بیوسنتز آنتوسیانین را از راه سیگنال قندی تحریک می‌کند (ساکر و همکاران، 2018). افزایش کل مواد جامد محلول آب میوه و در نتیجه سطوح قند می‌تواند به سنتز تانن‌های پلی‌فنلی و آنتوسیانین‌های دارای قند کمک کند (ژانگ و همکاران، 2016) و موجب کاهش معنی‌دار عارضه دانه سفیدی انار شود. کاربرد کودهای پتاسیمی به‌ویژه به صورت محلول‌پاشی پیش از زمان رسیدن فیزیولوژیکی میوه انار موجب افزایش درصد آب میوه، کل مواد جامد قابل حل و اسید کل آب میوه شده که این مسئله باعث افزایش میزان آنتوسیانین دانه‌های انار و کاهش عارضه دانه سفیدی می‌شود (وطن‌پرست و همکاران، 2013؛ تدین و حسینی، 2021).

6-1-3- نقش عنصر غذایی کلسیم در عارضه دانه سفیدی انار

کلسیم یک عنصر غذایی ضروری برای رشد و نمو گیاهان است. این عنصر به شکل یون Ca^{+2} از محلول خاک یا کمپلکس‌های رس جذب ریشه می‌شود. معمولاً بیشتر خاک‌ها از مقدار کافی این عنصر برای رشد رضایت بخش گیاه برخوردارند. افزون‌بر این در بسیاری از کودهای شیمیایی که به صورت دوره‌ای مصرف می‌شود کلسیم بصورت بخش ثانویه و بشکل ناخالص در آن‌ها وجود دارد، از این‌رو مصرف کودهای کلسیمی بشکل مستقل بندرت ضرورت می‌یابد. درختان انار در خاک‌های دارای بافت شنی بیشتر دچار کمبود کلسیم می‌شوند. کلسیم عنصر بسیار مهمی برای رشد و نمو و عملکرد ریشه‌ها و در نتیجه افزایش کارایی مصرف آب در درختان به‌ویژه انار است.

[1] Signaling molecule

فرایند تجمع کلسیم در میوه درختان تحت تأثیر عوامل بسیاری است. به دنبال افزایش اندازه و وزن میوه، غلظت عناصر در اثر رقت کاهش می‌یابد ولی در مجموع میزان کاهش کلسیم در مقایسه با دیگر عناصر مانند پتاسیم بسیار بیشتر است (چنگ و ربا، 2009). هراندازه دمای محیط افزایش یابد به علت شدت تبخیر - تعرق و تجمع کلسیم در پایان مسیر تعرق، نیاز میوه به کلسیم بیشتر می‌شود (ملکوتی و طباطبائی، 1377). هر عاملی که محرک رشد اندام‌های رویشی درخت باشد باعث دریافت نکردن کلسیم کافی توسط میوه می‌شود. در صورت مصرف زیاد کودهای نیتروژنه و آبیاری بیش از اندازه، جذب کلسیم در درختان میوه دچار مشکل شده و نارسایی‌های ناشی از کمبود کلسیم در میوه‌ها ایجاد می‌شود. کاربرد بیش از اندازه کودهای نیتروژنه و رشد زیاد درختان، هوای گرم و وقوع خشکی‌های ناگهانی به دلیل دیرآبیاری و کم آبیاری به‌ویژه چند هفته پیش از برداشت محصول انار موجب کمبود کلسیم در اندام زایشی و میوه‌ها می‌شود که شرایط را برای ایجاد عارضه دانه سفیدی انار آماده می‌نماید. در مناطق پرورش درختان انار به دلیل تنش گرما و خشکی و افزایش سطح تعرق تجمع کلسیم در برگ‌ها افزایش یافته و منتقل نشدن دوباره آن از برگ‌ها از راه آوندهای آبکش به اندام زایشی و کمبود آن در میوه‌ها به‌ویژه در زمان رشد و نمو آن‌ها، نیاز به محلول‌پاشی این عنصر را برای جذب مستقیم در اندام هدف (میوه‌ها) ضروری می‌نماید. محلول‌پاشی کلسیم توسط نیترات کلسیم 1 درصد، 2 تا 4 نوبت بویژه در مرحله رشد میوه‌ها و یا بورات کلسیم (کلبور) بویژه چندهفته پیش از برداشت میوه ضرورت دارد. محلول‌پاشی بور در انتقال کلسیم در گیاه اثر مثبت دارد و کمبود آن موجب کاهش حرکت کلسیم در گیاه می‌شود (خلیفه و همکاران، 2009). در هنگام رفع کمبود کلسیم باید نیاز گیاه به میزان لازم به دیگر عناصر بویژه پتاسیم در نظر گرفته شود. میزان قند و فروکتوز میوه همبستگی مثبت و معنی دار با نسبت کلسیم به پتاسیم خاک و کلسیم به بور برگ دارد (وانگ و همکاران، 2015). کاربرد کلسیم موجب افزایش کیفیت میوه و کاهش ترک خوردگی میوه در باغ‌های انار می‌شود. پس از برداشت و به منظور جلوگیری از کاهش آنتوسیانین دانه‌های انار و پدیده کرمی و سرانجام قهوه‌ای شدن بافت دانه‌ها و نیز جلوگیری از نرم و بدشکل شده و کاهش

شاخص بریکس میوه در انبار، می‌توان از فن پیش خنک‌سازی (Pre-cooling) سریع، و غوطه‌ور نمودن میوه‌ها در محلول سولفات یا کلرور کلسیم 2-1 درصد پیش از انتقال میوه به سردخانه کمک گرفت (جالیکوپ و همکاران، 2010؛ بابالار و همکاران، 2018؛ فاوول و همکاران، 2020). با کاهش سطح اکسیژن سردخانه و کاهش فرآیند اکسیداسیون سلولی توانایی نگهداری بلند مدت انار بدون خسارت اقتصادی در سردخانه ممکن می‌شود (وردیم، 2005). محلول‌پاشی بور و کلسیم موجب کاهش نابودی غشاء و دیواره‌های سلولی و ایجاد شکستگی و پیدایش خطوط سفید شعاعی در دانه‌های انار و جلوگیری از شروع و توسعه عارضه دانه سفیدی انار می‌شود (شیواشانکار و همکاران، 2012). نشت غشاءهای سلولی و نیز کاهش آب دانه‌های انار موجب افزایش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود. دانه‌های انار دچار عارضه دانه سفیدی انار دارای مقادیر کمتر کلسیم و مقادیر بیشتر رادیکال‌های آزاد و اکسیداسیون غشایی و فعالیت پلی‌فنول اکسیداز هستند. این مسئله نشان دهنده نشت غشایی ترکیبات فنولی ناشی از کمبود کلسیم و اکسیداسیون بیشتر آن‌ها موجب افزایش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود (شیواشانکارا و گیتا، 2020؛ میقانی و همکاران، 2014).

کلسیم در ارتباط با پکتین و اگزالات دارای نقش ساختاری در ایجاد و استحکام دیواره سلولی گیاهان است. در انار افزایش میزان کلسیم میوه ارتباط مستقیم با افزایش پایداری دانه‌های انار و نیز استحکام پوست آن به‌ویژه در برابر ترک خوردگی دارد. پایداری دیواره سلولی موجب تاخیر در فرآیند پیری، افزایش عمر انبارمانی و کاهش تولید اتیلن و میزان تنفس سلولی می‌شود (یان و همکاران، 2015؛ سیبولسکا و همکاران، 2012؛ هاکینگ و همکاران، 2016).

کلسیم نقش مهم در عملکرد و پایداری دانه گرده، قطبیت و هدایت رشد و طویل شدن لوله گرده در خامه دارد. توزیع نامتقارن کلسیم[1] در نوک لوله گرده و شیب غلظت کلسیم در خامه موجب هدایت مستمر محور رشد طولی لوله گرده به سمت تخمک و کیسه جنینی می‌شود (ژنگ و همکارن، 2019).

[1] The asymmetrical Ca^{2+} distribution

کلسیم به عنوان پیام‌رسان ثانویه در انتقال سیگنال رشد گیاه و مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده عمل می‌کند (لکوریوس و همکاران، 2016؛ نواز و همکاران، 2020؛ احمد و همکاران، 2021). کلسیم نقش موثر در سنتز پروتئین‌های وابسته به کلسیم دارد که در کنترل تنش‌های محیطی و سیگنال‌های هورمونی شرکت می‌کند (هندی و همکاران، 2017). همچنین کلسیم از گیاهان در برابر آسیب گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند (شولز و همکاران، 2013). کلسیم آنزیم غشای پلاسمایی ATPase را برای پمپاژ معکوس عناصر غذایی از دست رفته در هنگام آسیب غشای سلولی فعال می‌کند. همچنین کلسیم موجب تأخیر در پیری و اختلالات فیزیولوژیکی ناشی از اسفنجی و ژله‌ای شدن بافت میوه انبه می‌شود (مانه و همکاران، 2002). کلسیم تجمع آنتوسیانین را تحریک می‌کند و در تولید آنتی‌اکسیدان ناشی از قند نقش دارد (زو و همکاران، 2014). افزایش غلظت کلسیم سیتوپلاسم می‌تواند تجمع آنتوسیانین را با تحریک بیان ژن‌های ساختاری آنتوسیانین تحریک کند (پنگ و همکاران، 2016؛ زو و همکاران، 2017؛ ژانگ و همکاران، 2018). مطالعات نشان داده‌اند که افزایش در سطوح کلسیم داخلی می‌تواند جذب سلولی ساکاروز را افزایش و به تجمع آنتوسیانین و ایزوفلاوون‌ها کمک کند (تورز-اولیوار، 2014؛ زو و همکاران، 2014؛ جبائو و همکاران، 2016؛ هندی و همکاران، 2017). پیوند کلسیم به کالمودولین (CaM) (پروتئین مدوله‌شده با کلسیم)[1] برای فعال‌سازی آن ضروری است تا به تجمع آنتوسیانین در انگور و توت فرنگی از راه افزایش جذب ساکارز و فعال کردن ژن‌های مسیر فلاونوئید در پاسخ به سیگنال‌های محیطی کمک کند (لکوریوس و همکاران، 2016؛ پنگ و همکاران، 2016). جریان کلسیم به داخل سلول[2] می‌تواند جذب قند و تشکیل آنتوسیانین را در نهال‌های آرابیدوپسیس افزایش دهد. سیگنال‌های قندی مکانیسمی هستند که گیاهان برای دستیابی به هموستاز مواد غذایی و هماهنگ کردن پاسخ‌های تنشی بکار می‌برند (لی و شین، 2016؛ ژانگ و همکاران، 2017). افزایش و دسترسی به ساکارز مسیر بیوسنتز آنتوسیانین را از راه سیگنال قندی تحریک می‌کند (ساکر و همکاران، 2018). کمبود کلسیم و بور باعث

[1] Calmodulin (CaM) (calcium-modulated protein)
[2] Ca^{2+} influx

نشت قند و کاهش کیفی میوه و همچنین افزایش نیاز به دیگر مواد مغذی به‌ویژه پتاسیم می‌شود. با محلول‌پاشی کلرورکلسیم میزان غلظت کلسیم سیتوپلاسم و در نتیجه مقدار آنتوسیانین در پروتوپلاست تربچه افزایش نشان داده است (ژانگ و همکاران، 2018). همچنین محلول‌پاشی کلرورکلسیم پیش از برداشت با تحریک بیان ژن‌های ساختاری آنتوسیانین، تجمع آنتوسیانین را در میوه توت فرنگی افزایش داد (پنگ و همکاران، 2016). کاربرد کلرور کلسیم یک درصد بر روی دانه‌های انار رقم واندرفول موجب بهبود ویژگی‌های کیفی آن از جمله افزایش میزان آنتوسیانین و ویتامین ث، میزان اسیدیته، کل مواد جامد قابل حل، کیفیت رنگ، عطر و طعم و تأخیر در فرآیند قهوه‌ای شدن دانه‌های انار شد (شعراوی و همکاران، 2016).

6-1-4- نقش عناصر کم مصرف روی و بور در عارضه دانه سفیدی انار

روی و بور از عناصر غذایی مهم در نمو و میوه‌بندی گیاهان هستند (وسکونسلوس و همکاران، 2009). کمبود بور و روی به دلیل تحرک کم آن‌ها در گیاه و نقش موثر آن‌ها در رشد رویشی و زایشی از اهمیت زیادی برخوردار است (مسعود و همکاران، 2012؛ ویمر و همکاران، 2019). روی و بور در دفاع از غشاء سلولی در برابر آسیب‌های اکسیداتیو بواسطه سم‌زدایی رادیکال‌های سوپراکسیداز و شرکت در استحکام غشاء پلاسمایی سلول شرکت دارند (دورداس و براوون، 2005؛ براوون و همکاران، 2011؛ لادا و همکاران، 2013؛ سونگ و همکاران، 2015). محلول‌پاشی سولفات روی و اسیدبوریک در درختان انار موجب افزایش میزان کلروفیل، تعداد آریل در میوه، شاخص بریکس (Brix index)، عملکرد و اندازه میوه و وزن 100 دانه انار و همچنین تسریع در زمان رسیدن میوه می‌شود (میرزاپور و خوش‌گفتارمنش، 2013، یاداوو و همکاران، 2014؛ هامودا و همکاران، 2016؛ ماراد و همکاران، 2016). همچنین روی و بور نقش مهم در حفاظت سلولی در برابر تنش‌های محیطی و افزایش کیفیت میوه دارند. کمبود این دو عنصر به‌ویژه به دلیل تحرک کمتر آن‌ها در آوند آبکش بیشتر گونه‌های گیاهی و نقش آن‌ها در رشد مریستم‌های رویشی و زایشی مهم است

(مارشنر، 2012). بالاکریشنان و همکاران (1996) گزارش نمودند که محلول‌پاشی 0/25 درصد سولفات روی، در ترکیب با 0/15 درصد اسید بوریک موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و میزان آب میوه انار شد. این مسئله توسط طارق و همکاران (2007) نیز تأیید شد. کمبود روی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تولید و فیزیولوژی گرده، آناتومی گل و عملکرد داشته باشد (پندی و همکاران، 2009). روی نقش موثر در محافظت غشاء سلولی در برابر آسیب اکسیداسیونی، از راه سم‌زدایی رادیکال‌های سوپراکسیداز در گیاهان و مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده دارد (ککمک ، 2000؛ شولز و همکاران، 2013؛ سانگ و همکاران، 2015؛ اسدی و همکاران، 2019). نقص در غشاء سلولی توسط رادیکال‌های آزاد موجب نشت ترکیبات با وزن مولکولی کم می‌شود (گراهام و وب ، 1991؛ منگل و کیرکبی، 2010؛ مارشنر، 2012). کاربرد سولفات روی می‌تواند موجب کاهش فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز[1] شده و با افزایش بیان ژن‌های مسیر بیوسنتز مواد فنولی (تنگ و همکاران، 2015)، باعث جلوگیری از عارضه دانه سفیدی انار شود. محلول‌پاشی سولفات روی در زمان نمو و تشکیل گل و پس از گلدهی می‌تواند به افزایش غلظت آنتوسیانین کمک نماید (اسدی و همکاران، 2019). روی نقش مهم در تقسیم سلولی، متابولیسم اسید نوکلئیک، ساخت پروتئین و نشاسته دارد و غلظت کم روی موجب تجمع آمینواسیدها و قند احیاء در بافت گیاه می‌شود (سوایتلیک، 1999؛ مارشنر، 2012). روی در ساخت اسید آمینه تریپتوفان به‌عنوان پیش نیاز ساخت هورمون اکسین که یک محرک مهم در رشد گیاه است، شرکت می‌کند و یکی از اجزاء ضروری در دهیدروژنازهای الکل، دهیدروژناز گلوتامیک، دهیدروژناز لاکتیک، آنهیدراز کربونیک، تنظیم تعادل بین دی‌اکسید کربن، فسفاتاز قلیایی، کربوکسی پپتیداز، و دیگر آنزیم‌ها مانند دهیدرو پپتیداز و گلایسیل پپتیداز برای متابولیسم پروتئین است. همچنین تغییرات مورفولوژیکی مادگی و افزایش قدرت مخزن[2] جنین‌های در حال نمو به واسطه هورمون اکسین تحت تاثیر عنصر بور است (سانزول و هیرو، 2001، هونگ و جین، 2007؛ زند و همکاران، 2010). روی در تشکیل کلروفیل و فتوسنتز، تنظیم روابط آبی، بهبود پایداری غشاء سلولی و پایداری

[1] Polyphenol oxidase (PPO) enzyme
[2] Sink-strength

گروه‌های سولفهیدریل در پروتئین‌های غشایی که در انتقال یون‌ها شرکت می‌کند، نقش دارد. عنصر روی، میوه‌بندی و رشد درخت را تنظیم می‌کند و کمبود آن موجب ریزش تا 80 درصدی میوه انار می‌شود (بابالار و پیرمرادیان، 2009). شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد عنصر روی باعث تأخیر در پیری و کنترل نارسایی های فیزیولوژیک از جمله اسفنجی و ژله‌ای شدن بافت دانه‌های انار در شرایط تنش می‌شود (مانه و همکاران، 2002). مطالعات بسیاری نشان‌دهنده نقش عنصر روی در تحریک سنتز و تجمع آنتوسیانین است (هندی و همکاران، 2017؛ زو و همکاران، 2017). محلول‌پاشی سولفات روی موجب افزایش فتوسنتز، کل مواد جامد قابل حل، تانن، کل مواد فنولی، فلاونوئیدها و تجمع آنتوسیانین در میوه تحت تأثیر افزایش جذب ساکارز می‌شود (ال-رازک و همکاران، 2015؛ سونگ و همکاران، 2015؛ پنگ و همکاران، 2016). سیگنال‌های قندی مکانیسمی است که گیاه برای ادغام نشانه‌های مختلف داخلی و خارجی برای دستیابی به هموستاز عناصر غذایی و تنظیم پاسخ‌های تنش از آن استفاده می‌کند (لی و شین، 2016؛ ساکر و همکاران، 2018). افزایش دسترسی به ساکارز مسیر بیوسنتز آنتوسیانین را از راه سیگنال قندی تحریک می‌کند (ساکر و همکاران، 2018). کمبود روی به شکل معمول در باغ‌های انار ایران دیده می‌شود (تقوی، 2000). کمبود روی بویژه در شرایط خاک‌های آهکی موجب نارسایی‌های متابولیکی سنتز پروتئین‌های ضدتنش حرارتی[1] و قندها و در نتیجه کاهش کمیت و کیفیت میوه انار می‌شود (حسنی و همکاران، 2012؛ ثابت و مرتضایی‌نژاد، 2018). دسترسی بیولوژیکی روی به ازاء افزایش هر واحد پ‌هاش خاک در دامنه 9-4، صد برابر کاهش می‌یابد (لیندسی، 1972؛ رسولی-صادقیان و همکاران، 2002). در نتیجه‌ی نیاز زیاد به عنصر روی در بافت‌های در حال رشد در بهار، بسیاری از گونه‌ها در اوایل فصل رشد با کمبود روی مواجه می‌شوند. پاسخ بسیاری از گونه‌ها (شامل گردو، پسته، سیب، آووکادو، گردوی امریکایی، ماکادامیا) به عنصر روی در محلول‌پاشی برگی در بهار بیشتر می باشد (کشاورز و همکاران، 2011؛ ژانگ و براوون، 1999 الف؛ ژانگ و براوون، ب1999). در خاک‌های با پ‌هاش زیاد رابطه روی خاک با وضعیت روی درخت ضعیف

[1] Heat shock proteins

است، از این‌رو محلول‌پاشی منظم روی در خاک‌های آهکی با پ‌هاش زیاد توصیه می‌شود (سالاتو و همکاران، 2018). مقادیر زیادی فسفر خاک و یا کاربرد بیش از اندازه فسفر موجب کاهش جذب روی و دیگر عناصر کم مصرف می‌شود (ددهیش و سومانی، 2007؛ کیزیلگوز و ساکین، 2010).

درختان انار گیاهان بسیار حساس به کمبود بور هستند (براوون و هو، 1996). کمبود بور موجب ریزش میوه، لکه صمغی در پوست میوه، تجمع صمغ در مرکز میوه، و مناطق قهوه‌ای در سفیدی پوست[1] و محور مرکزی میوه می‌شود. نشانه‌های کمبود بور شامل لکه لکه شدن و نکروز درون پوستی[2]، مرگ مریستم انتهایی و مرگ سرشاخه‌ها، کوتاه شدن میانگره‌ها، برگ‌ها کوتاه، فردار، ضخیم و رگبرگ‌های زیرین برجسته شده و حاشیه برگ‌ها باریک و صاف می‌شود. همچنین کمبود بور موجب کاهش گلدهی و میوه‌بندی، میوه‌های کوچک و نامتقارن، نقاط خشک، ترک داخلی میوه، ترک خوردگی میوه و زنگار، بلوغ زودهنگام، ریزش میوه و کاهش دانه در میوه انار می‌شود. وجود غلظت بالای بور در کلروپلاست نشان‌دهنده نقش مهم بور در فتوسنتز است (گلدباخ، 1997). افزایش مقادیر بور در محلول غذایی به 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کربوهیدرات در برگ‌های انار شد و این افزایش همراه با افزایش مقدار کلروفیل a و b بود. همچنین اثر بور بر افزایش غلظت کربوهیدرات برگ انار می‌تواند به دلیل افزایش میزان فتوسنتز در غلظت بیشتر از یک میلی‌گرم در لیتر محلول غذایی بور نسبت داده شود (صرافی و همکاران 2017). کمبود بور موجب نشت و کاهش قند میوه و افزایش نیاز به پتاسیم می‌شود. کمبود بور اغلب در طول مدت فاز زایشی رخ می‌دهد، که می‌تواند سبب نابالغی و ریزش میوه شود (بیدی و همکاران، 2015). بور در سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها و مواد فنولی و انتقال آن‌ها به مریستم‌های زایشی، تقسیم سلولی، تشکیل دیواره سلولی، پیوستگی غشاءهای سلولی و همچنین جوانه زنی و طویل شدن لوله گرده شرکت دارد (آلوا و همکاران، 2015). تغذیه برگی مکمل می‌تواند موجب هماهنگی بین نیاز مخزن و کاهش عدم جبران دسترسی به عناصر غذایی بویژه عناصر غذایی کم تحرک در فاز زایشی درختان شود.

[1] Albedo
[2] Bark measles

با افزایش غلظت بیرونی بور در کلاله، نشت قندها از دانه گرده کاهش می‌یابد و تشکیل ترکیبات پیچیده بورات - کالوز برای غیر فعال کردن فیزیولوژیک کالوز در دیواره‌های لوله گرده افزایش می‌یابد. محلول‌پاشی برگی بور موجب افزایش جوانه‌زنی لوله‌ی گرده و تشکیل میوه در تعدادی از گونه‌های درختی از جمله بادام.*Prunus amygdalus* L (نیومورا و همکاران، 1999)، گلابی .*Pyrus communis* L (لی و همکاران، 2009)، زیتون .*Olea europea* L (پریکا و همکاران، 2001؛ سویرجین، 2010؛ عبد و همکاران 2013)، گیلاس.*Prunis avium* L (وجسیک و وجسیک، 2006) و سیب *Malus dimestica* Borkh. (پریبرا و همکاران، 2003) می‌شود. همچنین بور در سم‌زدایی تجمع رادیکال های آزاد[1] از راه فعال نمودن آنزیم‌های دیسموتاز[2] نقش دارد (نیومورا و همکاران، 2000؛ پریکا و همکاران، 2001؛ پرکاسم و جمجود، 2004؛ کریزی و کریزی، 2009؛ جیمنو و همکاران، 2012؛ گارسیا-سانچز و همکاران، 2020). بور برای ارتباط متقابل دو زنجیره رامنوگالاکترونانII [3] به عنوان پلی‌ساکارید پکتینی دیواره‌های سلولی برای نمو لوله گرده، میوه‌بندی و تشکیل دانه نیاز است (سوتومایور و همکاران، 2010؛ آلوا و همکاران، 2015). بور موجب افزایش سنتز و انتقال قند در آوندآبکش به اندام مریستمی از جمله مریستم‌های زایشی و تسهیل انتقال قندها از غشاءهای دولایه لیپیدی سلول، با کاهش قطبیت مولکولی آن‌ها و کاهش انرژی لازم برای عبور آن‌ها، می‌شود که اهمیت زیادی در مقابله با تنش‌های محیطی دارد (دورداس و براوون، 2005؛ هان و همکاران، 2008؛ آلوا و همکاران، 2015؛ پاسکویچ و همکاران، 2019). کمبود کربوهیدرات موجب مرگ اندام مریستمی و سرشاخه‌ها می‌شود (کامیسون و همکاران، 2019؛ ایمپا و همکاران، 2020). محلول‌پاشی بور می‌تواند به دلیل دخالت در سنتز و حرکت کربوهیدرات در آوند آبکش به سمت اندام مریستمی و جوانه‌های گل و فعالیت آنزیم سنتز نشاسته، موجب القاء تشکیل جوانه‌های گل در درختان شود (استنگولیس و گراهام، 2007؛ شیرین و همکاران، 2018). بور در ساخت فلاونوئیدها و ترکیبات فنولیک شرکت داشته که بخشی از سیستم دفاع بیوشیمیایی گیاه است

[1] Detoxification of accumulated free radicals
[2] Dismutases
[3] Rhamnogalacturonan II (RG-II) chains

(استنگولیس و گراهام ، 2007). میزان جذب برگی و تحرک بور در آوند آبکش وابسته به گونه است (براوون و باسیل، 2011). بور در آوندچوبی انتقال می‌یابد و در برگ رسوب می‌کند، و نداشتن تحرک دوباره آن قابل توجه است. تحرک دوباره بور از برگ‌های بالغ در گونه‌هایی که پلی‌اُل‌ها (الکل‌های قندی) را انتقال می‌دهند، اتفاق می‌افتد و محلول‌پاشی برگی بور به عنوان روشی مؤثر برای افزایش غلظت این عنصر در جوانه‌ها و گل توصیه می‌شود. جوانه‌های گل در مرحله تورم پیش از باز شدن نیاز مبرمی به عنصر بور دارند. در مرحله تورم جوانه‌ها غلظت عنصر بور در جوانه‌ها چندین برابر اندازه معمول است. کمبود بور موجب کوچک شدن میوه و کاهش کیفیت آب میوه شده و موجب ریزش میوه‌های نابالغ، مرگ مریستم‌های انتهایی رشد بر روی ساقه اصلی درختان می‌شود. محلول‌پاشی پاییزه درختان با ترکیبات بور برای تقویت اندام بارده گل و افزایش میزان گرده‌افشانی و تبدیل بیشتر گل به میوه انجام توصیه می‌شود. ترکیب اوره 46 درصد به میزان 5 در هزار، سولفات‌روی 34 درصد به میزان 2 در هزار و اسید بوریک 17 درصد به میزان 2 در هزار محلول‌پاشی می‌شود. نوبت اول محلول‌پاشی در پاییز پس از برداشت میوه و نوبت دوم در بهار پیش از تورم جوانه گل انجام می‌پذیرد. زمان محلول‌پاشی بایستی یک ماه پس از برداشت میوه و تا پیش از ریزش برگ‌ها (با حفظ سبزینگی برگ‌ها) صورت گیرد محلول‌پاشی پس از برداشت (در صورت نبودن خطر سرمازدگی برای درختان) در تغذیه اول فصل رشد سال آینده درخت موثر است.

6-1-5- نقش محرک‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر بهبود عارضه دانه سفیدی انار

شرایط گرمایی و خشکی به دلیل تنش اسمزی، نبودن تعادل یونی و تنش اکسیداتیو[1]، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (تستر و داونپورت، 2003)، گیاه ممکن است شرایط تنش را تحمل نماید اما میزان عملکرد و کیفیت آن کاهش می‌یابد. برای مقابله با این پدیده، تعدادی از محرک‌ها و هورمون‌های گیاهی که اثر مثبت بر افزایش توان مقابله درختان و بهبود عوارض ناشی از تنش‌های محیطی دارند، بررسی شدند (نادینی-چاکرابارتی و همکاران، 2002؛ چاکرابارتی و همکاران، 2003؛ حسین و

[1] Oxidative stress

همکاران، 2007؛ تونا و همکاران، 2008). افزون‌براین کاربرد همزمان تنظیم‌کننده‌های رشد (PGRs) با عناصر غذایی موجب افزایش عملکرد گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند (دپاسکاله و همکاران، 2018؛ پارادیکوویچ و همکاران، 2019). افزایش کارایی تغذیه‌ای گیاهان توسط تنظیم کننده‌های رشد به افزایش فعالیت ناقلین عناصر غذایی در غشاء سلولی و فعالیت آنزیم‌های آلی‌سازی عناصر غذایی در برگ‌ها نسبت داده می‌شود (De Pascale و همکاران، 2018). از این‌رو کاربرد تنظیم کننده‌های رشد به عنوان روش مناسب در افزایش کارایی، دسترسی و آلی‌سازی عناصر غذایی مطرح است (کولا و روفائل، 2015؛ روفائل و همکاران، 2018؛ دپاسکاله و همکاران، 2018؛ پارادیکوویچ و همکاران، 2019).

همانگونه که پیش‌تر مطرح شد، در مراحل نخست نمو دانه‌های انار، تفاوت در میزان هورمون‌های جنینی جیبرلین و اکسین موجب تشکیل دانه‌های انار با قدرت مخزن قوی و ضعیف می‌شود که دانه‌های انار با مخازن ضعیف از پایداری غشاء سلولی کمتری برخوردار بوده و فعال شدن آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و در نتیجه اکسیداسیون مواد فنولی در آن‌ها زمینه را برای ایجاد عارضه دانه سفیدی انار فراهم می‌آورد (شیواشانکار و همکاران، 2012). محلول‌پاشی 20 میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید، 2 درصد کلرور کلسیم و 0/2 درصد بور در زمان بزرگ شدن میوه و پیش از برداشت موجب کاهش ترک خوردگی میوه می‌شود. کاربرد کلسیم و پتاسیم کافی موجب افزایش آنتوسیانین دانه انار و همچنین کاهش ترک‌خوردگی میوه می‌شود (ساروج و کومار، 2019).

از بین دیگر محرک‌های رشد در حفظ و توسعه سیستم مقاومتی گیاه می‌توان به کاربرد هیومیک و فولویک اسید، عصاره جلبک دریایی، آمینواسیدها، ویتامین‌ها و برخی عناصر غذایی اشاره نمود (سوپیلسا، 2019). به‌شکل ویژه گروه ترکیبات براسینواستروئیدها[1]، سالسیلیک اسید، جاسمونیک اسید و پلی‌آمین‌ها (polyamines (PAs مورد توجه بسیاری از محققین در 30-20 سال اخیر بوده است (رائو و همکاران، 2002؛ آنورادها و رائو، 2003؛ میردهقان و قطبی، 2014؛ وانگ و همکاران، 2021). کاربرد

[1] Brassinosteriods (BRs)

برخی از این ترکیبات تأثیر زیادی بر بهبود کیفیت و کاهش عارضه دانه سفیدی انار داشته‌اند. این ترکیبات در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهی از جمله تنظیم فتوسنتز و سیستم‌های آنتی اکسیدانی مشارکت دارند که می‌تواند عملکرد گیاه را بهبود بخشد (فریدودین و همکاران، 2013).

محلول‌پاشی پیش از برداشت عصاره جلبک دریایی بر روی درختان سیب موجب افزایش رنگ قرمز سیب رقم جوناتان در شرایط مزرعه ای می‌شود. کل مواد فنولی و آنتوسیانین در میوه های تیمار شده افزایش نشان دادند، که نشان دهنده اثر این محرک رشد در مسیر سوخت و ساز فنیل‌پروپانوئید[1] است (سوپلسا، 2019).

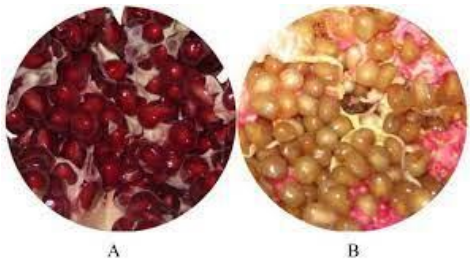
محلول‌پاشی آمینواسیدها به همراه عنصر روی موجب تأخیر در عارضه فیزیولوژیکی لکه قهوه‌ای سیب جوناتان می‌شود. آمینواسیدها به عنوان کلاتورهای ارزشمند فلزی و حامل عناصر کم مصرف در گیاه عمل می‌کنند. عنصر روی می‌تواند در سوخت و ساز کلسیم شرکت نماید و مکانیسم دفاع آنتی اکسیدانی گیاه را فعال کند و از بروز لکه قهوه‌ای جلوگیری نماید (سوپلسا، 2019).

اثر متقابل بین پلی‌آمین‌ها و نیتروژن به عنوان عامل کلیدی در پاسخ گیاهان به تنش‌های غیرزنده است. گلوتامیت، به عنوان یک مولکول حلقوی دارای نیتروژن[2] و مسئول بیوسنتز پرولین، آرژنین و اورنیتین، مسیر اصلی مشترکی برای هماهنگی بین پلی‌آمین‌ها و تنظیم نسبت نیتروژن به کربن C/N در برابر تنش‌های گوناگون است (پاسکالیدیس و همکاران، 2019). کاربرد پلی‌آمین‌ها از جمله اسپرمین spermin، پوترسین putrescine و اسپرمیدین spermidin به همراه عناصر غذایی می‌تواند شرایط لازم برای مقابله با تنش‌های محیطی و افزایش عملکرد گیاهان را فراهم آورد (حسن‌الزمان و همکاران، 2019). تیمار انار با پلی‌آمین‌های پوترسین و اسپرمین به میزان یک میلی‌مول موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و نیز افزایش آسکوربیک اسید، کل ترکیبات فنولی و کل آنتوسیانین در دانه های انار شد (میردهقان و همکاران، 2007)

[1] Phenylpropanoid pathway
[2] A pivotal N-containing molecule

سالیسیلیک اسید (2- هیدروکسی بنزونیک اسید) یک ترکیب فنلی طبیعی و از تنظیم کننده‌های رشد اندوژن در بیشتر گیاهان است که نقش موثر در مقابله با تنش‌های زنده و غیرزنده از جمله خشکی، شوری، غرقاب، تشعشع یو-وی و دمایی دارد (راسکین، 1992؛ وانگ و همکاران، 2021). محلول‌پاشی تابستانه سالسیلیک اسید[1] و نیتروپروساید سدیم[2] با غلظت 0/1 میلی مول موجب کاهش معنی‌دار دانه سفیدی انار می‌شود (شکل 6-4)، و موجب افزایش غلظت آنتوسیانین، آسکوربیک اسید و فعالیت آسکوربیت پراکسیداز[3] و آنزیم های SOD4 می‌شود (خدایی و همکاران، 2015). محلول‌پاشی سالسیلیک اسید و یا سالسیلات پتاسیم[5] به همراه دیگر عناصر غذایی به عنوان تحریک کننده سیستم دفاعی اکتسابی تغذیه‌ای[6] در کاهش اثرات تنش‌های محیطی می‌تواند موثر واقع شوند (سان و همکاران، 2021). این مقاومت به واسطه کاهش نشت الکترولیت و میزان مالون دی آلدئید[7] و افزایش سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی، پرولین و مقادیر هورمون‌های گیاهی است. مطالعات نشان دهنده نقش مهم کاربرد و محلول‌پاشی سالسیلیک اسید به میزان 10-1 میلی مول یا 1-0/5 درصد بر افزایش آسکوربیک اسید، کل ترکیبات فنول، میزان آنتوسیانین، استحکام دانه‌های انار، جلوگیری از نشت سلولی و بهبود عارضه قهوه‌ای شدن دانه انار با کاهش گونه‌های اکسیژن فعال[8]، که موجب پایداری پیوستگی غشاهای سلولی می‌شود، است (میردهقان و همکاران، 2012؛ کومار و همکاران، 2013، وطن‌پرست و همکاران، 2013؛ دخانیه و همکاران، 2016، شعراوی و همکاران، 2016؛ باتیا و اسری، 2018؛ گارسیا-پاستور و همکاران، 2020).

[1] Salicylic acid (SA)
[2] Sodium nitroprusside (SNP)
[3] Aascorbate peroxidase
[4] SOD enzymes
[5] Potassium salicylate
[6] Nutrient/systemic acquired resistance (SAR) inducer
[7] Malondialdehyde
[8] Reactive oxygen species (ROS)



شکل 6-1-4 – نقش محلول‌پاشی تابستانه سالسیلیک اسید و نیتروپروساید سدیم با غلظت 0/1 میلی مول بر کاهش دانه سفیدی انار؛ دانه‌های انار سالم (A) و دچار عارضه دانه سفیدی انار (B)

محلول‌پاشی ترکیب آلی مانند هیومیک اسید و مشتقات آن از جمله فولویک اسید موجب افزایش جذب عناصر غذایی همراه در محلول‌پاشی درختان انار می‌شود. هر مولکول فولویک اسید توانایی حمل تعداد 60 عدد یا بیشتر مولکول مواد معدنی و عناصر کم مصرف به درون گیاه را دارد که نقش مهمی در دسترسی و جذب عناصر غذایی و سلامت گیاه بازی می‌کنند (یوژانگ، 1996؛ هایس و گراهام، 2000). فو و همکاران (1994) مشاهده نمودند که فولویک اسید میزان کلروفیل، شدت فتوسنتز، نسبت ریشه به شاخه و میزان نسبی آب برگ را افزایش و نفوذپذیری غشاء سلولی، میزان تبخیر - تعرق و کمبود اشباع آبی را کاهش می‌دهد (زو، 1986). کاربرد مکمل‌های تغذیه‌ای، ترکیبات آلی و تنظیم کننده‌های رشد در تحریک مسیر سیستم مقاومت اکتسابی (در واکنش به تغذیه برگی)[1] در مقابله با تنش‌های محیطی موثر است (روزه و همکاران، 2012). محلول‌پاشی هیومیک اسید (به میزان 100 میلی‌گرم در لیتر) و نیز متیل جاسمونات (10 میلی‌گرم در لیتر) در سه مرحله پیش و پس از گلدهی و نیز پیش از رسیدن میوه در درختان انار موجب بهبود صفات کمی و کیفی از جمله افزایش آنتوسیانین و کاهش عارضه دانه سفیدی انار شد (سوپلسا، 2019؛ ابراهیم و همکاران، 2021).

تحقیقات اخیر نشان‌دهنده پتانسیل زیاد براسینواستروئیدها و ترکیبات آن در تنظیم بخش‌های سیستم دفاعی آنتی اکسیدانتی در مواجه با تنش‌های غیرزنده اکسیداتیو است

[1] Systematic aquire resistance SAR (foliar nutrition/SAR)

(واردهینی و انجوم، 2015). گیاهان به ویژه در مرحله زایشی به تنش‌های دمایی حساس هستند (زین و همکاران، 2010). کاربرد تیمار خارجی براسینواستروئیدها موجب افزایش معنی دار مقاومت گیاه به تنش‌های گرمایی و سرمایی می‌شود (دهودهادل و همکاران، 2012، کاگاله و همکاران، 2007، زیا و همکاران، 2009؛ دیوی و همکاران، 2010). براسینواستروئیدها فعالیت‌های بیولوژیکی گسترده‌ای را در گیاهان را از جمله گلدهی و نمو میوه در شرایط تنش‌های محیطی کنترل می‌کنند (کوکبایراک و انجین، 2018؛ نول-ویلسون و همکاران، 2010؛ اونترهولزنر و همکاران، 2015؛ نولان و همکاران، 2020). اپی‌براسینولید می‌تواند موجب بهبود نمو و میوه‌بندی شده و اثر عناصر غذایی موثر در این فرآیند را بهبود بخشند و در نتیجه باعث کاهش عارضه دانه سفیدی انار شود (تدین، 2021). سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها و تجمع بسیاری از آمینواسیدها به‌ویژه گلایسین و پرولین در ارتباط با عملکرد براسینواستروئیدها است، که نقش موثری در هماهنگی داخلی و خارجی برای تعادل تغذیه‌ای[1] و پاسخ‌های گیاه در شرایط تنش دارد (لی و شین، 2016؛ نولان و همکاران، 2020). نتایج نشان داده که کاربرد 0/2 میلی‌گرم در لیتر براسینولید موجب کاهش معنی‌دار میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای[2] و فعالیت مالون دی آلدهید در شرایط تنش خشکی می‌شود. میزان آب برگ[3] ، پتانسیل آب، میزان قند محلول، میزان پرولین آزاد، میزان فعالیت سوپراکسیددسموتاز و کاتالاز در دانهال‌های روبینیا تحت تنش با کاربرد 0/2 میلی‌گرم در لیتر براسینولید نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد (لی و همکاران، 2007). براسینواستروئیدها نقش مهم در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند رشد و نمو شاخه و ریشه، تمایز و نمو گل، پیری و مقاومت گیاه در برابر تنش‌های گوناگون زنده و غیرزنده دارند (باجگوز و حیات، 2009؛ مینا و همکاران، 2018). استرول‌ها و براسینواستروئیدها چندین صفت ساختاری و زمان گلدهی را کنترل می‌کنند (ورایت و همکاران، 2012). افزون‌بر این استرول‌ها و براسینواستروئیدها نمو بافت آوندی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مطالعات نشان دهنده نقش مهم براسینواستروئیدها در بیوسنتز جیبرلیک اسید است که در رشد و نمو گیاهان آوندی

[1] Nutrient homeostasis
[2] Stomatal conductance
[3] Leaf water content

نقش مهمی دارد (سیمونز و همکاران، 2006). براسینواستروئیدها، بیان ژن بیوسنتز جیبرلیک اسید را در برنج تنظیم می‌کند (تانگ و همکاران، 2014). بافت های آوندی، به دلیل ایجاد امکان حرکت آب، عناصر غذایی و مواد آلی فتوسنتزی، و نیز استحکام مکانیکی، در رشد و نمو گیاه ضروری هستند. براسینواستروئیدها موجب افزایش کارایی فتوسنتزی گیاهان می‌شوند (کوماتسو و همکاران، 2010). براسینواستروئیدها در تخصیص و حرکت ترکیبات آلی از منبع به مخزن نقش دارند که باعث بهبود اندام زایشی و بزرگ شدن دانه‌ها و میوه می‌شود (وو و همکاران، 2008). در حبه‌های انگور، دوره رسیدن در ارتباط با سطح استروئید است. افزون‌براین، کاربرد خارجی براسینواستروئید موجب افزایش میزان رسیدن حبه‌ها و تشکیل آنتوسیانین و رنگ‌پذیری آن‌ها می‌شود (سیمونز و همکاران، 2006). براسینواستروئیدها در رسیدن میوه گوجه فرنگی نیز شرکت دارند. کاربرد براسینواستروئیدها در گوجه فرنگی موجب افزایش میزان لیکوپن و کربوهیدرات می‌شود و میزان کلروفیل و آسکوربیک اسید را کاهش می‌دهد. این تحریک براسینواستروئیدی رسیدن میوه در ارتباط با تولید اتیلن است (واردهینی و رائو، 2002؛ لیسو و همکاران، 2006). تنظیم‌کننده‌های رشد استروئیدی نقش مهمی در فرآیند رسیدن میوه غیرفرازگرای[1] (بدون فرآیند تنفس در زمان رسیدن میوه) انگور دارد (سیمونز و همکاران ، 2006). محلول‌پاشی براسینواستروئیدها موجب تحریک سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی بویژه کاروتنوئید و بهبود کیفیت رنگ پوست میوه با افزایش مقادیر آنتوسیانین و ترکیبات فنولی می‌شود (رقبایی و پاکیش، 2014). لوان و همکاران (2013) نشان دادند که محلول‌پاشی براسینواستروئید به میزان 0/4 میلی گرم در لیتر موجب افزایش میزان آنتوسیانین در انگور بواسطه افزایش نسخه‌برداری ژن‌های بیوسنتز آنتوسیانین می‌شود. همچنین اثر هورمون‌های سیتوکنین و جاسمونیک اسید در تحریک تجمع آنتوسیانین در گیاه آرابیدوپسیس، به میزان قابل توجهی با کاربرد خارجی براسینواستروئید افزایش یافت (پنگ و همکاران، 2011؛ یوان و همکاران، 2015). دیده شده است که کاربرد اپی براسینواستروئیدها موجب تنظیم اسمزی سلولی و تنظیم سنتز آنزیم های آنتی‌اکسیدانت و کاهش آسیب ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و

[1] Non-climacteric

پراکسیداسیون لیپیدی توسط هیدروژن پراکسیداز می‌شود (زیا و همکاران، الف و ب 2009؛ وانگ و همکاران، 2012). گائو و همکاران (2015) مشاهده نمودند که کاربرد 10 میکرومول اپی براسینولید موجب کاهش قهوه‌ای شدن گوشت، آسیب ناشی از سرما و نشت الکترولیتی بادمجان شد. کاربرد براسینواستروئیدها موجب کاهش نرم و قهوه‌ای شدن بافت هلو با کاهش تنش‌های اکسیداتیو و افزایش سنتز ترکیبات فنولی و پرولین شد (گائو و همکاران، 2016). کاربرد براسینواستروئیدها به میزان 0/4-0/2 میلی‌گرم در لیتر بطور معنی‌دار موجب بهبود کیفیت میوه در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود. براسینواستروئیدها از پتانسیل بالایی برای جلوگیری از عارضه دانه سفیدی انار برخوردار است. براسینواستروئیدها فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیاک لیاز (PAL) و پلی فنل اکسیداز (PPO) که باعث کاهش میزان آنتوسیانین میوه در شرایط تنش گرمایی می‌شوند، را کاهش می‌دهد (میقانی و همکاران، 2014؛ گائو و همکاران، 2015). محلول‌پاشی همزمان 24- اپی براسینولید (EBR) در زمان نمو گل و میوه‌بندی و بلوغ فیزیولوژیکی میوه موجب افزایش مقادیر آنتوسیانین، فنول و فلاونوئیدها و کاهش عارضه دانه سفیدی انار رقم رباب می‌شود (تدین و حسینی، 2021).

6-1-6- نقش مدیریت به‌باغی بر عارضه دانه سفیدی انار

گرمایش و تغییر اقلیم موجب محدودیت منابع آبی و خشکسالی‌های پیاپی شده است. در این شرایط به درختان انار که از جمله گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی هستند توجه شده است از آنجایی که عارضه دانه سفیدی انار بیشتر در ارتباط با افزایش دما و تنش‌های محیطی بوجود می‌آید. پیش از احداث باغ انتخاب صحیح ارقام انار با توجه به ویژگی‌های منطقه‌ای و تناسب اراضی بسیار مهم است. در انتخاب و کشت ارقام غیربومی می‌بایستی به نیاز این ارقام و ویژگی‌های مناطق بومی آن‌ها و تحقیقات منطقه‌ای (کلکسیون باغ‌های سازگاری) توجه نمود (ولشنک، 2020). مدیریت به‌باغی یکی از روش‌های موثر در جلوگیری از عارضه دانه سفیدی انار است. با توجه به این که بر اساس آزمون تجزیه به مولفه‌های اولیه، نوع رقام انار 73/5 درصد تغییرات مشاهده شده در

میزان صفت دانه سفیدی انار را به خود اختصاص داده است، در انتخاب ارقام مقاوم به عارضه دانه سفیدی انار، مدل تابع زیر مطرح است (جالیکوپ و همکاران، 2010):

$$Y \text{ (شدت عارضه دانه سفیدی انار)} = 0.78 - 0.52\ X_1 \text{ (رنگ دانه)} + 0.23\ X_2\ (TSS/TA)$$

در رابطه بالا TSS کل مواد جامد قابل حل و TA درصد اسید کل است. انتخاب ارقام و اعمال تیمارهایی که منجر به افزایش رنگ دانه‌های انار (آنتوسیانین) و نیز با افزایش درصد اسید کل موجب کاهش نسبت کل مواد جامد قابل حل به اسید آن شود، می‌تواند در کنترل عارضه دانه سفیدی انار موثر باشد. همچنین از میان صفات و ویژگی‌های مختلف برای انتخاب ارقام میوه مقاوم به عارضه دانه سفیدی انار، بالاتر بودن میزان آنتوسیانین و رنگ دانه‌ها، اندازه میوه و درصد اسید کل از اهمیت بیشتری برخوردار است (کاوند و همکاران، 2020؛ تدین، 2021).

محلول‌پاشی کائولن 40 روز پس از گلدهی، کاربرد تورسایبان 30 درصد سایه‌دهی و آبیاری تکمیلی 80 روز پس از گلدهی، بر روی انار ملس ترش ساوه موجب کاهش عارضه دانه سفیدی انار شد. همچنین افزایش ماده آلی خاک، آبیاری منظم و کاهش فاصله آبیاری و محلول‌پاشی 2 درصد سولفات پتاسیم و نیترات کلسیم در مدت زمان نمو و رشد میوه موجب کاهش عارضه دانه سفیدی انار و افزایش کیفیت میوه می‌شود (کاوند و همکاران، 2017). اگرچه انار مناطق گرم و خشک و نیمه خشک را می‌پسندد، اما نیاز به آبیاری منظم در فصل رشد برای بالاترین میزان عملکرد و کیفیت میوه دارد (سولوخاناما و همکاران، 2006؛ لوین، 2006). جلوگیری از تنش آبی و آبیاری منظم موجب کاهش تنش حرارتی می‌شود (اینگل و دسوزا، 1989؛ آرپاییا و همکاران، 2004). در شرایط کم آبی و کاهش کیفیت آب آبیاری، توجه به روش آبیاری، نیاز آبی، کارایی مصرف و مدیریت آب در باغ‌های انار از اهمیت ویژه برخوردار است. در میان روش‌های مختلف آبیاری، آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش سنتی آبیاری غرقابی، مناسب‌ترین روش در باغ‌های انار می‌باشد. درباره عارضه دانه سفیدی بایستی گفت سیستم های غرقابی به دلیل اینکه در بین ردیف‌های درختان نیز آبیاری می‌شود از این‌رو همیشه یک پوشش سبز در بین ردیف های درختان وجود دارد که این مسئله

باعث کاهش 5 تا 6 درجه ای دمای باغ شده و در نتیجه آفتاب‌سوختگی و دانه‌سفیدی کاهش می‌یابد ولی آبیاری قطره‌ای این عوارض را تشدید می‌کند. کاربرد ماده آلی به منظور افزایش کارآیی استفاده از آب برای گیاه، ذخیره رطوبتی آب در خاک و بهبود شرایط فیزیکی و زیستی خاک، تعدیل درجه حرارت خاک و ریشه ضروری است. همچنین کاربرد انواع مالچ (زمین‌پوش یا خاکپوش) برای کاهش تبخیر آب ضروری است. خاکپوش لایه پوششی از مواد ارگانیک و یا غیر ارگانیک است که برای محافظت و ارتقاء کیفیت خاک، بر روی سطح خاک گسترده می‌شود تا در برابر تشعشع خورشید از تبخیر آب محافظت و ذخیره رطوبت خاک را افزایش دهد (شکل 6-5). کاربرد ماده آلی و خاکپوش به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک برای بهبود عملکرد و کیفیت میوه از جمله بهبود رنگ در میوه‌های قرمز به دلیل ذخیره و حفظ رطوبت خاک از راه افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و کاهش تبخیر سطحی و در نتیجه کاهش تنش رطوبتی خاک، کمک می‌کند (ای پی اس ار یو، 1995). کاربرد خاکپوش بویژه در درختان میوه، موجب توسعه منطقه گسترش ریشه و فعالیت آن می‌شود و موجب افزایش راندمان جذب عناصر غذایی می‌شود (لهمن، 2003).

شکل 6-5- کاربرد خاکپوش کمپوست و کاه و کلش و اثر آن بر حفظ رطوبت خاک

در سطح تاج پوشش یکسان، ارقام انار از جمله رقم واندرفول دارای ضریب گیاهی کمتر در مقایسه با انگور و دیگر درختان خزان‌کننده هستند. در شرایط محدودیت منابع آب، در برخی از ارقام انار کم آبیاری منظم و کم آبیاری در زمان گلدهی و میوه‌بندی و رسیدن میوه (کاهش 25 درصدی آب آبیاری بر اساس میزان تبخیر و تعرق گیاه) موجب افزایش کل مواد جامد قابل حل و آنتوسیانین دانه‌های انار و افزایش رنگ قرمز آن می‌شود (لاریبی و همکاران، 2013؛ ولشنک، 2020). تنک میوه درختان انار موجب افزایش شدت عارضه دانه سفیدی انار می‌شود (کاوند و همکاران، 2017). افزایش وزن میوه ارتباط مستقیم با افزایش عارضه دانه سفیدی انار دارد. میوه‌های بالغ نباید به مدت طولانی روی درخت باقی بماند بویژه در مناطقی که رطوبت هوا در زمان رسیدن بالاتر باشد. این عارضه در صورت برداشت دیرهنگام و باقی ماندن میوه‌های بالغ بر روی درخت تشدید می‌شود (شیواشانکارا و گیتا، 2020). در این شرایط برداشت میوه در زمان مناسب بلوغ برای پیشگیری از این عارضه توصیه می‌شود.

کاهش رطوبت و افزایش تابش آفتاب در تاج پوشش درختان با ایجاد سیستم کشت مناسب (فاصله و جهت کشت و نوع تربیت درختان) و نیز هرس مناسب سالانه می‌تواند بر کاهش عارضه دانه سفیدی انار موثر باشد. هرس فرم یا تربیت و هرس باروری درخت انار (هرس خشک و سبز) به همه عملیات حذف شاخه‌ها، پاجوش‌ها، نرک‌ها و شاخه‌های خشک و اضافی به منظور شکل دادن، افزایش استقامت، افزایش کمیت و کیفیت تولید و ایجاد تعادل بین قسمت‌های هوایی درخت و ریشه‌ها اطلاق می‌شود. در هنگام هرس درختان انار باید دقت نمود تا شاخه‌های بارده به‌طور نرمال در سطح جانبی درخت توزیع شود، این کار باعث می‌شود تا میوه‌ها ضمن استفاده از نور و چرخش هوای مناسب و کافی، از مواد غذایی یکنواخت در اطراف تاج نیز استفاده کنند. چرخش هوا در تاج‌پوشش درخت انار به گرده‌افشانی با باد و تنک شاخه‌ها به گرده‌افشانی توسط حشرات کمک می‌کند. گل‌ها روی شاخه‌های یک ساله و شاخه‌های چند ساله موسوم به سیخک یا اسپور که سه الی چهار سال متوالی گل تولید می‌کنند تشکیل می‌شوند. پس هنگام هرس حفظ اسپورها و شاخه‌های سال جاری به منظور باروری درخت در سال آینده بسیار مهم است. شدت هرس موجب کاهش دانه سفیدی انار در برخی از

ارقام حساس می‌شود (هیرمد و همکاران، 2018). افزایش شدت نور و کاهش رطوبت اطراف میوه نقش مهمی در کاهش عارضه دانه سفیدی انار دارد. پوشش میوه‌ها برای کاهش شدت نور و افزایش رطوبت اطراف میوه موجب افزایش عارضه دانه سفیدی انار در رقم گانش Ganesh شد (شیواشانکارا و گیتا، 2020). نور بیشتر و رطوبت کمتر در اطراف میوه ممکن است به حرکت بهتر کلسیم به سمت میوه و کاهش عارضه دانه سفیدی انار کمک کند، چنانکه دانه‌های انار دارای عارضه دانه سفیدی انار در رقم گانش بطور معنی‌دار کلسیم کمتری داشتند. کلسیم و بور کمتر در عارضه دانه‌های سفید انار رقم ملس ساوه نیز مشاهده شده است (میقانی و همکاران، 2014). از این‌رو، هرس (Thinning) شاخه‌ها برای افزایش نفوذ نور ممکن است به انتقال بهتر کلسیم و بور به میوه و کاهش عارضه دانه سفیدی انار کمک کند (شیواشانکارا و گیتا، 2020). همچنین محلول‌پاشی مستقیم کلسیم و بور (بورات کلسیم) روی میوه در مراحل اولیه رشد میوه و برداشت میوه در زمان بلوغ مناسب آن، به کاهش عارضه دانه سفیدی انار کمک می‌کند. در اثر وزش باد گرم (تش‌باد) آب بیشتری از درخت تبخیر شده، در نتیجه آب کافی به میوه نمی‌رسد و مشکل کمبود کلسیم میوه تشدید می‌شود. برای جلوگیری از صدمه وزش شدید باد گرم و مشکلات فیزیولوژیکی ناشی از آن می‌توان مبادرت به تغییر سیستم کشت درختان و احداث بادشکن، عمود بر باد غالب منطقه نمود (شیواشانکارا و گیتا، 2020).

7- نتیجه‌گیری و توصیه‌های ترویجی

با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام شده و نتایج حاصل می‌توان دستورالعمل و توصیه‌های ترویجی زیر را برای کاهش عارضه دانه سفیدی انار بکار گرفت.

1- از آنجایی که وقوع عارضه دانه سفیدی انار بیشتر در ارتباط با تغییرات اقلیمی و تنش‌های محیطی بوده، پیش از احداث باغ پایش کیفی خاک و آب و انتخاب صحیح ارقام انار بویژه ارقام دارای رنگ قرمز میوه مانند ارقام رباب، اشکفتو با توجه به ویژگی‌های منطقه‌ای و اقلیمی بسیار مهم است. انتخاب رقم یا ارقام مقاوم برای کاشت

در هر میکرواقلیم اهمیت زیادی دارد و در این راستا احداث باغ‌های سازگاری در مناطق مستعد توسعه کشت انار لازم است. شناخت ویژگی‌های اقلیمی در مراحل حساس رشد درختان انار، به جلوگیری از پیشامد نارسایی‌های فیزیولوژیکی از جمله عارضه دانه سفیدی انار کمک می‌کند.

2- هر عاملی که محرک رشد بیش از اندازه اندام‌های رویشی درخت باشد (مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه، آبیاری زیاد، هرس سربرداری و غیره) باعث کمبود کلسیم در اندام زایشی و میوه‌ها می‌شود. مصرف زیاد کودهای نیتروژنه و آبیاری بیش از اندازه، بویژه در شرایط گرم و خشک و چند هفته پیش از برداشت محصول انار، موجب افزایش نارسایی‌های ناشی از کمبود کلسیم از جمله عارضه دانه سفیدی انار می‌شود. از این‌رو کاهش مصرف نیتروژن و مدیریت آبیاری به‌ویژه در زمان تغییر رنگ میوه تأثیر زیادی بر افزایش مقدار آنتوسیانین میوه و جلوگیری از عارضه دانه سفیدی انار دارد.

3- به دلیل نیاز بیشتر میوه به پتاسیم نسبت به دیگر عناصر غذایی، مقدار جذب پتاسیم در زمان برداشت میوه انار در ارتباط نزدیک با میزان عملکرد درخت است، اما زیادی پتاسیم موجب کاهش غلظت کلسیم میوه و نارسایی‌های ناشی از آن می‌شود. توصیه می‌شود تا کل پتاسیم به نسبت تقسیط شده و در هر دور آبیاری از اوایل بهار تا اوایل تابستان توسط کودآبیاری استفاده شود. کاربرد ماده آلی و هیومیک اسید موجب افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم می‌شود. همچنین محلول‌پاشی پتاسیم به فرم کلرورپتاسیم و یا نیترات پتاسیم بویژه پیش از رسیدن میوه توصیه می‌شود. محلول‌پاشی کودهای پتاسیمی و متیل جاسمونات موجب کاهش ترک خوردگی میوه انار می‌شود. همچنین محلول‌پاشی 1/5 تا 2 درصد سولفات پتاسیم در درختان انار موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی و کاهش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود.

4- فرایند محلول‌پاشی کلسیم توسط کلرور یا نیترات کلسیم 1 تا 2 درصد، 2 تا 4 نوبت بویژه در مرحله رشد میوه‌ها و یا بورات کلسیم (کلبور) به‌ویژه چندهفته پیش از برداشت میوه ضرورت دارد. محلول‌پاشی بور و کلسیم (بورات کلسیم) موجب کاهش نابودی غشاء و دیواره‌های سلولی و ایجاد شکستگی و پیدایش خطوط سفید شعاعی

در آریل‌ها (بافت دانه‌های انار) و جلوگیری از شروع و توسعه عارضه دانه سفیدی انار می‌شود.

5- کاربرد بیش از حد کودهای فسفره نیز موجب کاهش جذب روی و دیگر عناصر کم مصرف در خاک‌های آهکی می‌شود. محلول‌پاشی 0/25 درصد سولفات روی، در ترکیب با 0/15 درصد اسید بوریک در درختان انار موجب افزایش میزان کلروفیل، تعداد دانه در میوه، شاخص بریکس[1] (اسیدیته آب میوه/ درصد مواد جامد محلول)، عملکرد و اندازه میوه و وزن 100 دانه انار و همچنین تسریع در زمان رسیدن میوه می‌شود.

6- در مراحل آغازین تشکیل گل و میوه، ناباروری اندام زایشی، گرده افشانی ضعیف، میوه‌بندی و نمو ناقص دانه‌های انار خود عاملی برای ایجاد عارضه دانه سفیدی انار است. تفاوت در قدرت مخزن دانه‌های انار به دلیل گرده‌افشانی ناقص و توزیع نامتعادل عناصر غذایی و کربوهیدرات‌ها منجر به شروع عارضه دانه سفیدی انار می‌شود. تشکیل دانه‌های ضعیف و از دست دادن رطوبت از گوشت دانه‌ها موجب گسستگی غشایی و اکسیداسیون ترکیبات فنولی و تشدید عارضه دانه سفیدی انار می‌شود. گرده‌افشانی مناسب و نمو مناسب هسته دانه‌های انار به دلیل کمک به تولید کافی هورمون‌های اکسین و جیبرلین به تولید آنتوسیانین کمک می‌کند. همانگونه که مطرح شد، میزان آنتوسیانین دانه ها در 50-10 روز پس از گلدهی افزایش می‌یابد و سپس تا زمان برداشت میوه کاهش می‌یابد.

7- محلول‌پاشی با ترکیب اوره 46 درصد به میزان 5 در هزار، سولفات‌روی 34 درصد به میزان 2 در هزار و اسید بوریک 17 درصد (یا ترکیبات بور مانند سولوبور یا بوراکس) به میزان 2 در هزار و کلات کلسیم یا نیترات کلسیم با غلظت 5 در هزار پیش از باز شدن و تورم جوانه‌های گل و یا در پاییز پس از برداشت و پیش از ریزش برگ‌ها نقش موثر بر نمو گل، گرده‌افشانی و میوه‌بندی انار و مهمتر از آن تشکیل دانه‌های قوی دارد. همچنین تغذیه مکمل برگی با عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم، روی،

[1] Brix index

بور در زمان نمو گل و میوه، نقش تعدیل‌کننده تنش‌های محیطی و کاهش عوارض فیزیولوژیکی از جمله دانه سفیدی انار داشته باشد.

8- کاربرد محلول‌پاشی 20 میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید، 2 درصد کلرور کلسیم و 0/2 درصد بور در زمان بزرگ شدن میوه و پیش از برداشت موجب کاهش عارضه دانه‌سفیدی و ترک‌خوردگی میوه انار می‌شود. محلول‌پاشی پیش از برداشت عصاره جلبک دریایی موجب افزایش کل مواد فنولی و آنتوسیانین میوه می‌شود. همچنین محلول‌پاشی درختان انار پیش از زمان رسیدن میوه با پلی‌آمین‌های پوترسین و اسپرمین به میزان یک میلی‌مول موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و نیز افزایش آسکوربیک اسید، کل ترکیبات فنولی و کل آنتوسیانین در دانه های انار و کاهش عارضه دانه سفیدی انار دارد.

9- محلول‌پاشی سالسیلیک اسید و یا سالیسیلات پتاسیم به همراه دیگر عناصر غذایی به عنوان تحریک‌کننده سیستم دفاعی اکتسابی تغذیه‌ای در کاهش اثرات تنش‌های محیطی هستند. محلول‌پاشی تابستانه تنظیم‌کننده رشد سالیسیلیک اسید و نیتروپروساید سدیم با غلظت 0/1 میلی مول موجب کاهش معنی‌دار دانه سفیدی انار می‌شود.

10- محلول‌پاشی ترکیب آلی مانند فولویک اسید موجب افزایش جذب عناصر غذایی همراه در محلول‌پاشی درختان انار می‌شود. محلول‌پاشی فولویک اسید (به میزان 100 میلی‌گرم در لیتر) و نیز متیل جاسمونات (10 میلی‌گرم در لیتر) در سه مرحله پیش و پس از گلدهی و نیز پیش از رسیدن میوه در درختان انار موجب بهبود صفات کمی و کیفی از جمله افزایش آنتوسیانین و کاهش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود.

11- محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد براسینواستروئید و ترکیبات آن به میزان 0/2-0/4 میلی‌گرم در لیتر موجب بهبود نمو و میوه‌بندی شده و اثر عناصر غذایی موثر در این فرآیند (میوه‌بندی) را بهبود می‌بخشند و در نتیجه باعث کاهش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود. همچنین محلوپاشی همزمان 24- اپی براسینولید (EBR) با عناصر غذایی موثر در میوه‌بندی انار (نیتروژن، روی، بور و کلسیم) در زمان نمو گل و میوه‌بندی و همچنین در زمان بلوغ فیزیولوژیکی میوه (روی، بور و کلسیم) و نیز کلرور

و یا نیترات پتاسیم، موجب افزایش مقادیر آنتوسیانین، فنول و فلاونوئیدها و کاهش عارضه دانه سفیدی انار می‌شود.

12- اعمال سیستم مناسب کشت درختان، کنترل چرخش هوا (گرده‌افشانی و رطوبت نسبی)، اعمال تغذیه بهینه و تلفیقی و مدیریت تغذیه و حاصلخیزی خاک، آبیاری و کم آبیاری، کنترل شدت تابش نور با هرس و تنک کردن شاخه‌ها و تنک کردن میوه، مدیریت زمان برداشت، غیره در کاهش این عارضه موثر هستند.

13- در اثر وزش باد گرم (تش‌باد) آب بیشتری از درخت تبخیر شده، در نتیجه آب کافی به میوه نمی‌رسد و مشکل کمبود کلسیم میوه تشدید می‌شود. برای جلوگیری از صدمه وزش شدید باد گرم و مشکلات فیزیولوژیکی ناشی از آن (نارسایی ترکیدگی، آفتاب‌سوختگی و دانه سفیدی انار) می‌توان با تغییر سیستم کشت درختان (فاصله، نوع تربیت، برای ردیف‌های کشت، و طرح کشت) و احداث بادشکن عمود بر باد غالب منطقه نمود. سیستم کشت مناسب و احداث بادشکن‌ها (بادشکن زنده و غیرزنده) افزون‌بر جلوگیری و تغییر جهت بادهای گرم، به کاهش و تعدیل دمای هوای باغ در زمان رسیدن میوه و جلوگیری از تجزیه آنتوسیانین و ایجاد عارضه دانه‌سفیدی انار کمک می‌نماید. تعدیل و کاهش دما موجب سنتز بیشتر آنتوسیانین در دانه های انار می‌شود. دمای زیاد به‌ویژه در شب در زمان رسیدن موجب کاهش تولید آنتوسیانین و افزایش تجزیه آنتوسیانین ازپیش سنتز شده، می‌شود.

14- جلوگیری از تنش آبی و آبیاری منظم موجب کاهش تنش حرارتی می‌شود. مدیریت بهینه آبیاری و جلوگیری از تنش گرمایی و کم‌آبی اهمیت زیادی در کنترل عارضه دانه سفیدی انار دارد. توجه به روش آبیاری، نیاز آبی، کارایی مصرف و مدیریت آب در باغ‌های انار از اهمیت ویژه برخوردار است. در میان روش‌های مختلف آبیاری، استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار (قطره‌ای یا بابلر) به جای سیستم آبیاری غرقابی مناسب‌ترین روش مدیریت آب باغ‌های انار است. افزایش ماده آلی خاک، آبیاری منظم و کاهش فاصله آبیاری در طول نمو و رشد میوه موجب کاهش عارضه دانه سفیدی انار و افزایش کیفیت میوه می‌شود. کاربرد ماده آلی به منظور افزایش کارآیی استفاده از آب برای گیاه، ذخیره رطوبتی آب در خاک و بهبود شرایط فیزیکی و زیستی خاک،

تعدیل درجه حرارت خاک و ریشه ضروری است. مدیریت صحیح استفاده از کودهای حیوانی از نظر نوع، مقدار مصرف، زمان مصرف و پرهیز از کودهای شور (مانند کودهای مرغی و گوسفندی تازه در مناطق شور) ضروری است. همچنین کاربرد انواع مالچ (زمین‌پوش یا خاکپوش) برای کاهش تبخیر آب ضروری است. کاربرد ماده آلی و خاکپوش به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک برای بهبود عملکرد و کیفیت میوه از جمله بهبود رنگ در میوه‌های قرمز به دلیل ذخیره و حفظ رطوبت خاک و کاهش تبخیر سطحی و در نتیجه کاهش تنش رطوبتی خاک، کمک می‌کند (ای پی اس ار یو، 1995). کاربرد خاکپوش بویژه در درختان میوه، موجب توسعه منطقه گسترش ریشه و فعالیت آن می‌شود و موجب افزایش راندمان جذب عناصر غذایی می‌شود. در شرایط محدودیت منابع آب، در برخی از ارقام انار کم آبیاری منظم و کم آبیاری مقطعی در زمان گلدهی و میوه‌بندی و زمان رسیدن میوه (کاهش 25 درصدی آب آبیاری بر اساس میزان تبخیر - تعرق گیاه) موجب افزایش آنتوسیانین دانه‌های انار و افزایش رنگ قرمز آن می‌شود.

15- همانگونه که مطرح شد، کاهش رطوبت و افزایش تابش آفتاب در تاج پوشش درختان با ایجاد سیستم کشت مناسب و نیز هرس مناسب سالانه و کاهش مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنه، می‌تواند بر کاهش عارضه دانه سفیدی انار موثر باشد. شدت هرس موجب کاهش دانه سفیدی انار در برخی از ارقام حساس می‌شود. همچنین میوه‌های بالغ، به‌ویژه در مناطقی که رطوبت هوا در زمان رسیدن زیاد باشد، نباید به مدت طولانی روی درخت باقی بماند. در صورت برداشت دیرهنگام و باقی ماندن میوه‌های بالغ بر روی درخت، افزایش بیش از اندازه نسبت قند به اسید میوه، با کاهش اسیدهای آلی، موجب تشدید عارضه دانه سفیدی انار می‌شود.

16- در مناطق با شدت نور و دمای بیش از اندازه و خطر تنش نوری و دمایی، در باغ‌های موجود و احداث شده، می‌توان از محلول‌پاشی کائولن 40 روز پس از گل‌دهی، کاربرد تور سایبان با 30 درصد سایه‌دهی در بازه زمانی که درجه حرارت در منطقه مورد نظر بیش از آستانه تحمل درخت باشد و آبیاری تکمیلی 80 روز پس از گل‌دهی برای کاهش عارضه دانه سفیدی انار بهره برد.

منابع

[۱]. تدین، م.س. 1394. دستورالعمل فنی تغذیه انار. دستنامه شماره 2، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس.

[۲]. تدین، م.س.، مشیری، ف.، کرمی، ی.ع. ، اسلامی، م.، فتح اله زاده، ع.ا. و زارع، ن. 1401. بررسی اثر روی و بور و کاربرد محرک رشد اپی براسینولید بر فنولوژی، باروری گل و عارضه دانه سفیدی انار رقم رباب. گزارش نهایی شماره فروست 61753. موسسه تحقیقات خاک و آب. 75 صفحه.

[۳]. ملکوتی، م.ج. و طباطبائی، س.ج. 1377. ضرورت محلول‌پاشی کلرور کلسیم برای بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی و حل مشکل لهیدگی سیب در کشور. نشریه فنی شماره 17. وزارت کشاورزی. شورای عالی سیاست‌گذاری کاهش مصرف سموم و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. نشر آموزش کشاورزی. 25 صفحه.

[4]. Abd Al, H.H.A.A. and Alrawi, R.M. 2013. The Effect of foliar application with Boric Acid, Zinc Sulfate and Iron Claw on fruits set, vegetative growth and fruit traits of Olive cv. Nibali Mohassan. Anbar J Agri Sci 11(2):56-73.

[5]. Ahmed, M., Fahad, S., Ali, M.A., Hussain, S., Tariq, M., Ilyas, F., Ahmad, S., Saud, S., Hammad, H.M., Nasim, W. and Wu, C. 2021. Hydrogen sulfide: a novel gaseous molecule for plant adaptation to stress. Journal of Plant Growth Regulation, pp.1-17.

[6]. Alva, O., Roa-Roco, R.N., Pérez-Díaz, R., Yáñe, M., Tapia, J., Moreno, Y., Ruiz-Lara, S. and González, E. 2015. Pollen morphology and boron concentration in floral tissues as factors triggering natural and GA-induced parthenocarpic fruit development in grapevine. PloS one 10:1395-1403.

[7]. APSRU (Agricultural Production System Research Unit). 1995. Data collection for crop simulation modeling. Queensland, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 43 pp.

[8]. Arpaia, M.L., Van Rooyen, Z., Bower, J.P., Hofman, P.J. and Woolf, A.B. 2004. Grower practices will influence postharvest fruit quality. 2nd Seminario Internacional De Paltos'. Chile, pp.1-9.

[9]. Asadi, E., Mohammadi Ghehsareh, A., Ganji Moghadam, E., Hoodaji, M. and Zabihi, H.R. 2019. Improvement of pomegranate colorless arils

using iron and zinc fertilization. Journal of Cleaner Production 234:392-399.

[10]. Babalar, M., Pirzad, F., Sarcheshmeh, M.A.A., Talaei, A. and Lessani, H. 2018. Arginine treatment attenuates chilling injury of pomegranate fruit during cold storage by enhancing antioxidant system activity. Postharvest Biology and Technology, 137, pp.31-37.

[11]. Bajguz, A. and Hayat, S. 2009. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. Plant Physiol. Biochem. 47: 1–8.

[12]. Bakeer, S.M. 2016. Effect of ammonium nitrate fertilizer and calcium chloride foliar spray on fruit cracking and sunburn of Manfalouty pomegranate trees. Scientia Horticulturae, 209, pp.300-308.

[13]. Balakrishnan, K., Venkatesan, K. and Sambandamurti, S. 1996. Effect of foliar application of Zn, Fe, Mn and B on yield and quality of pomegranate cv. Ganesh. Orissa Journal of Horticulture. 24 (1):33-35.

[14]. Beede, R.H. 2015. Developing a balanced nutrition program for pistachios. University of California, Cooperative Extension, Emeritus, http://cekings.ucdavis.edu.

[15]. Behzadi Shahrbabaki, H. 1997. Genetic diversity of pomegranate genotypes in Iran. Agr. Edu. Pub., Karaj, Iran.

[16]. Bhatia, K. and Asrey, R. 2018. Effect of Salicylic acid Pre-treatment on Functional and Sensory Quality of Minimally Processed Pomegranate (Punica granatum L) Arils. JSIR 77(2) 125-130.

[17]. Borochov-Neori, H., Judeinstein, S., Harari, M., Bar-Ya'akov, I., Patil, B.S., Lurie, S. and Holland, D. 2011. Climate effects on anthocyanin accumulation and composition in the pomegranate (Punica granatum L.) fruit arils. Journal of agricultural and food chemistry, 59(10), 5325-5334.

[18]. Brickell, C. and Joyce, D. 2008. The American Horticultural Society – Pruning and Training. The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences.

[19]. Brown, P.H. and Bassil, E. 2011. Overview of the acquisition and utilization of boron, chlorine, copper, manganese, molybdenum, and nickel by plants and prospects for improvement of micronutrient use efficiency. In The molecular and physiological basis of nutrient use efficiency in crops. M.J. Hawkesford and P.B. Barraclough, editors. Wiley-Blackwell. 377-429.

[20]. Brown, P.H. and Hu, H.N. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol rich species. Annuals of Botany. 77: 5, 497-505.

[21]. Brunetto, G., MELO, G.W.B.D., Toselli, M., Quartieri, M. and Tagliavini, M. 2015. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. Revista Brasileira de Fruticultura, 37, pp.1089-1104.

[22]. Cakmak, I.M. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species, New Phytol. 146:185–205.

[23]. Camisón, Á., Martín, M.Á., Dorado, F.J., Moreno, G. and Solla, A. 2019. Changes in carbohydrates induced by drought and waterlogging in Castanea sativa. Trees 1-13.

[24]. Chakrabarti, N. and Mukherji, S. 2003. Alleviation of NaCl stress by pre-treatment with phytohormones in Vigna radiata. Biology Plant 46:589-594.

[25]. Cheng, L. 2013. Optimizing Nitrogen and Potassium Management to Foster Apple Tree Growth and Cropping Without Getting 'Burned'. Department of Horticulture, Cornell University Ithaca, NY 14853. New York fruit Quarterly. volume 21. Number 1.

[26]. Cheng, L. and R. Raba. 2009. Nutrient Requirement of Gala/M.26 Apple tree for high yield and quality. Cornell University.

[27]. Colla, G., Rouphael, Y., Lucini, L., Canaguier, R., Stefanoni, W., Fiorillo, A. and Cardarelli, M. 2015, November. Protein hydrolysate-based biostimulants: Origin, biological activity and application methods. In II World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1148 (pp. 27-34).

[28]. Coskun, D., Britto, D.T. and Kronzucker, H.J. 2017. The nitrogen–potassium intersection: Membranes, metabolism, and mechanism. Plant Cell Environ. 2017, 40, 2029–2041.

[29]. Creasy, G.L. and Creasy, L.L. 2009. Grapes. Wallingford UK: CABI 295.

[30]. Curetti, M., Sánchez, E., Tagliavini, M. and Gioacchini, P. 2013. Foliar-applied urea at bloom improves early fruit growth and nitrogen status of spur leaves in pear trees, cv. Williams Bon Chretien. Scientia Horticulturae, 150, pp.16-21.

[31]. Cybulska, J., Pieczywek, P.M. and Zdunek, A. 2012. The effect of Ca2+ and cellular structure on apple firmness and acoustic emission. European Food Research and Technology, 235(1), pp.119-128.

[32]. Dadhich, S.K. and Somani, L.L. 2007. Effect of integrated nutrient management in Soybean-Wheat crop sequence on the yield, micronutrient uptake and post-harvest availability of micronutrients on Typic Ustochrepts soil. Acta Agronomica Hungarica, 55(2): 205–216.

[33]. De Pascale, S., Rouphael, Y., Gallardo, M. and Thompson, R.B. 2018. Water and fertilization management of vegetables: State of art and future challenges. Eur. J. Hortic. Sci, 83, pp.306-318.

[34]. Dhaubhadel, S., Chaudhary, S., Dobinson, K.F. and Krishna, P. 2012. Treatment with 24-epibrassinolide, a brassinosteroid, increases the basic thermotolerance of Brassica napus and tomato seedlings. Plant Molecular Biology 40:333-342.

[35]. Divi, U.K. and Krishna, P. 2010. Overexpression of the brassinosteroid biosynthetic gene AtDWF4 in Arabidopsis seeds overcomes abscisic acid-induced inhibition of germination and increases cold tolerance in transgenic seedlings. J. Plant Growth Regul. 29: 385–393.

[36]. Dokhanieh, A.Y., Aghdam, M.S. and Sarcheshmeh, M.A.A. 2016. Impact of postharvest hot salicylic acid treatment on aril browning and nutritional quality in fresh-cut pomegranate. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 57(4), pp.378-384.

[37]. Dong, S., Cheng, L., Scagel, C.F. and Fuchigami, L.H. 2002. Nitrogen absorption, translocation and distribution from urea applied in autumn to leaves of young potted apple (Malus domestica) trees. Tree physiology, 22(18), pp.1305-1310.

[38]. Dordas, C. and Brown, P.H. 2005. Boron deficiency affects cell viability, phenolic leakage and oxidative burst in rose cell cultures. Plant Soil 268:293–301.

[39]. Du, H., Liu, H. and Xiong, L. 2013. Endogenous auxin and jasmonic acid levels are differentially modulated by abiotic stresses in rice. Frontiers in plant science, 4, p.397.

[40]. El-Razek, E.A., Yousef, A.R. and Abdel-Hamed, N. 2015. Effect of chelated Fe, Zn and Mn soil application with spraying GA3 and ascorbic acid on growth, yield and fruit quality of flame seedless grapevines under calcareous soil conditions. International Journal of ChemTech Research 8:441e451.

[41]. Fariduddin, Q., Mir, BA., Yusuf, M. and Ahmad, A. 2013. Comparative roles of brassinosteroids and polyamines in salt stress tolerance. Acta physiologiae plantarum 35(7):2037-53.

[42]. Fu, Q.L., Meng, C.F. and Wu, W.Y. 1994. Effects of fulvic acid on the physiology and yield of rape (Brassica campestris L.). Oil Crops of China 16(2), 29-31.

[43]. Gao, H., Kang, L., Liu, Q., Cheng, N., Wang, B. and Cao, W. 2015. Effect of 24-epibrassinolide treatment on the metabolism of eggplant fruits

in relation to development of pulp browning under chilling stress. J Food Sci Technol 52:3394-3401.

[44]. Gao, H., Zhang, Z.K., Chai, H.K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D.N., Yang, T. and Cao, W. 2016. Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. Postharvest Biology and Technology, 118, pp.103-110.

[45]. García-Pastor, M.E., Zapata, P.J., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valero, D. and Serrano, M. 2020. The effects of salicylic acid and its derivatives on increasing pomegranate fruit quality and bioactive compounds at harvest and during storage. Frontiers in Plant Science, p.668.

[46]. García-Sánchez, F., Simón-Grao, S., Martínez-Nicolás, J.J., Alfosea-Simón, M., Liu, C., Chatzissavvidis, C., Pérez-Pérez, J.G. and Cámara-Zapata, J.M. 2020. Multiple stresses occurring with boron toxicity and deficiency in plants. J Hazard Mater p.122713.

[47]. Gimeno, V., Simón, I., Nieves, M., Martínez, V., Cámara-Zapata, J.M., García, A.L. and García-Sánchez, F. 2012. The physiological and nutritional responses to an excess of boron by Verna lemon trees that were grafted on four contrasting rootstocks. Trees 26:1513-1526.

[48]. Glozer, K. and L. Ferguson. 2008. Pomegranate Production in Afghanistan. U. C. Davis, Department of Plant Sciences, http://ip.ucdavis.edu.

[49]. Gökbayrak, Z. and Engin H. 2018. Effects of foliar-applied brassinosteroid on viability and in vitro germination of pollen collected from bisexual and functional male flowers of pomegranate. Int J Fruit Sci 18:226-230.

[50]. Goldbach, H. 1997. A critical review on current hypotheses concerning the role of boron in higher plants: Suggestions for further research and methodological requirements. Journal of Trace Microprobe Techniques 15:51–91.

[51]. Gosavi, A.B., Deshpande, A.N. and Maity, A. 2017. Identifying nutrient imbalances in pomegranate (Cv. Bhagwa) at different phonological stages by the diagnosis and recommendation integrated system. Journal of Plant Nutrition, 40(13), pp.1868-1876.

[52]. Gowda, J.V., Anilkumar, S.N., Sathish, A. and Parama, V.R. 2018. Soil fertility mapping, land suitability assessment for suggesting maize and pomegranate crops in Hosakere micro-watershed of Davanagere district, Karnataka. Journal of Soil and Water Conservation, 17(1), pp.75-82.

[53]. Graham, D.R. and Webb, M.J. 1991. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants, in: Mortvedt J.J., Cox F.R., Shuman

L.M., Welch R.M. (Eds.), Micronutrients in Agriculture, 2nd ed., Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA, pp. 329–370.

[54]. Hamouda, H., A1 Khalifa, R.K.M., El-Dahshouri, M.F., Zahran, N.G. 2016. Yield, fruit quality and nutrients content of pomegranate leaves and fruit as influenced by iron, manganese and zinc foliar spray. International Journal of Pharm Tech Research 9, 46e57.

[55]. Han, S., Chen, L.S., Jiang, H.X., Smith, B.R., Yang, L.T. and Xie, C.Y. 2008. Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. J Plant Physiol 165:1331-1341.

[56]. Handy, G., Taheri, M., White, J.A. and Borisyuk, A. 2017. Mathematical investigation of IP 3-dependent calcium dynamics in astrocytes. J Comput Neurosci 42:257-273.

[57]. Handy, G., Taheri, M., White, J.A. and Borisyuk, A. 2017. Mathematical investigation of IP3-dependent calcium dynamics in astrocytes. J Comput. Neurosci. 42, 257–273.

[58]. Hasan, S.A., Hayat, S., Ali, B.B. and Ahmad, A. 2008. 28-Homobrassinolide protects chickpea (Cicer arietinum) from cadmium toxicity by stimulating antioxidants. Environmental Pollution 151: 60- 66.

[59]. Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G. and Fatahi, R. 2012. Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. J. Soil Sci. Plant Nut. 12:471-480.

[60]. Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G. and Fatahi, R. 2012. Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. J. Soil Sci. Plant Nut. 12:471-480.

[61]. Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.H.M., Nahar, K., Hossain, M.D., Mahmud, J.A., Hossen, M., Masud, A.A.C. and Fujita, M. 2018. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. Agronomy, 8(3), p.31.

[62]. Hayes, M.H.B. and Graham, C.L. 2000. Procedures for the Isolation and Fractionation of Humic Substances. In: E.A. Ghabbour and G. Davies (eds.), Humic Substances: Versatile Components of Plants, Soil and Water. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.

[63]. He, J. and Giusti, M.M. 2010. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. Annual review of food science and technology, 1:163-187.

[64]. Hiremath, A., Patil, S.N., Hipparagi, K., Gandolkar, K. and Gollagi, S.G. 2018. Influence of pruning intensity on growth and yield of

pomegranate (Punica granatum L.) CV. super bhagwa under organic conditions. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(2), pp.1027-1031.

[65]. Hmid, I., Hanine, H., Elothmani, D. and Oukabli, A. 2018. The physico-chemical characteristics of Morrocan pomegranate and evaluation of the antioxidant activity for their juices. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 17:302e309.

[66]. Hocking, B., Tyerman, S.D., Burton, R.A. and Gilliham, M. 2016. Fruit calcium: transport and physiology. Frontiers in plant science, 7, p.569.

[67]. Hong, W. and Jin, J.Y. 2007. Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (Zea mays L.). Agric. Sci. China 6:988e995.

[68]. Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S. 2007. Salicylic Acid and Salinity effects on growth of Maize Plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3, 321-328.

[69]. Hussein, Z.F. and Hasan, A.M. 2020. Influence of spraying with copper element and growth regulator (floratone) on growth and yield of pomegranate trees (wonderful cultivar). Plant Archives, 20(2), pp.1447-1453.

[70]. Ibrahim, R.A., El-Mahdy, M.T., Taha, M.A.M. and Shaaban, M.M. 2021. Improving the quantitative and qualitative of Manfalouty pomegranate cultivar. SVU-International Journal of Agricultural Sciences, 3(1), pp.31-52.

[71]. Impa, S.M., Vennapusa, A.R., Bheemanahalli, R., Sabela, D., Boyle, D., Walia, H. and Jagadishm S.K. 2020. High night temperature induced changes in grain starch metabolism alters starch, protein, and lipid accumulation in winter wheat. Plant, Cell & Environment. 43(2):431-447.

[72]. Ingle, M. and D'souza, M.C. 1989. Fruit characteristics of Ṙed Delicious' apple strains during maturation and storage. Journal of the American Society for Horticultural Science.

[73]. Jalikop, S.H., Venugopalan, R. and Kumar, R. 2010. Association of fruit traits and aril browning in pomegranate (Punica granatum L.). Euphytica, 174(1), 137-141.

[74]. Jalikop, S.H., Venugopalan, R. and Kumar, R. 2010. Association of fruit traits and aril browning in pomegranate (Punica granatum L.). Euphytica, 174(1), pp.137-141.

[75]. Jalili, M.Z. 2016. A Complete Guide of Pomegranate Growing. Education and Promoting Agriculture Publication.

[76]. Jiao, C.F., Yang, R.Q. and Gu, Z.X. 2016. Cyclic ADP-ribose and IP3 mediate abscisic acid-induced isoflavone accumulation in soybean sprouts. Biochem. Biophys. Res. Commun. 479, 530–536.

[77]. Kagale, S., Divi, U.K., Krochko, J.E., Keller, W.A. and Krishna, P. 2007. Brassinosteroid confers tolerance in Arabidopsis thaliana and Brassica napus to a range of abiotic stresses. Planta 225: 353–364.

[78]. Kavand, M., Arzani, K., Barzegar, M. and Mirlatifi, M. 2017. September. Orchards management for reducing pomegranate aril browning disorder. In I International Conference and X National Horticultural Science Congress of Iran (IrHC2017) 1315 (pp. 503-512).

[79]. Kavand, M., Arzani, K., Barzegar, M. and Mirlatifi, M. 2017. Effects of sunscreen, kaolin application, fruit thinning and supplementary irrigation on the aril browning disorder of Pomegranate cv.“Malase Torshe Saveh”. Seed and Plant Production Journal, 33(1), pp.85-112.

[80]. Kavand, M., Arzani, K., Barzegar, M. and Mirlatifi, M. 2020. Pomegranate (Punica granatum L.) Fruit Quality Attributes in Relation to Aril Browning Disorder. Journal of Agricultural Science and Technology, 22(4), pp.1053-1065.

[81]. Keshavarz, K., Vandati, K., Samar, M., Azadegan, B. and Brown, P.H. 2011. Foliar application of zinc and boron improves walnut vegetative and reproductive growth. Horttechnology. 21:181-186.

[82]. Khalifa, R.K.M., Omania, M., Hafez, S. and Abd-El, H. 2009. Influence of foliar spraying with boron and calcium on productivity, fruit quality, nutritional status and controlling of blossom end rot disease of Anna apple trees. World J. Agr. Sci. 5:237-349.

[83]. Khodaei, M., Nahandi, F.Z., Motallebi-Azar, A. and Dadpour, M. 2015. July. Effect of salycilic acid and sodium nitro proside on the pomegranate aril browning disorder. In Biological Forum (Vol. 7, No. 2, p. 1014). Research Trend.

[84]. Kizilgoz, I. and Sakin, E. 2010. The effects of increased phosphorus application on shoot dry matter, shoot P and Zn concentrations in wheat (Triticum durum L.) and maize (Zea mays L.) grown in a calcareous soil. African Journal of Biotechnology, 9(36): 5893-5896.

[85]. Komatsu, T., et al. 2010. The chloroplast protein BPG2 functions in brassinosteroid-mediated post-transcriptional accumulation of chloroplast rRNA. Plant J. 61: 409–422.

[86]. Kumar, D., Mishra, D.S., Chakraborty, B. and Kumar, P. 2013. Pericarp browning and quality management of litchi fruit by antioxidants

and salicylic acid during ambient storage. Journal of food science and technology, 50(4), pp.797-802.

[87]. Laribi, A.I., Palou, L., Intrigliolo, D.S., Nortes, P.A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., Bartual, J. and Pérez-Gago, M.B. 2013. Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv.'Mollar de Elche'at harvest and during cold storage. Agricultural Water Management, 125, pp.61-70.

[88]. Latha, K., Dhanya, K.J. and Swapna, K.R. 2013 Isolation and Characterization of Polyphenol Oxidase from Phyllanthus emblica (Indian Gooseberry). Int J Sci Ind Today 2:311-318.

[89]. Lecourieux, F., Kappel, C., Lecourieux, D., Serrano, A., Torres, E., Arce-Johnson, P. and Delrot, S. 2016. An update on sugar transport and signaling in grapevine. J Exp Bot 65:821–32. https://doi.org/10.1093/jxb/ert394

[90]. Lehmann, J. 2003. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. Plant and Soil 225, 319–331.

[91]. Levin, G.M. 2006. Pomegranate roads: A Soviet botanist's exile from Eden. pp. 15–183. B.L. Baer (ed.), Floreat Press, Forestville, CA.

[92]. Li, F.L., Asami, T. Wu, X.Z., Tsang, E.W.T. and Cutler, A.J. 2007. A putative hydroxysteroid dehydrogenase involved in regulating plant growth and development, Plant Physiol. 145: 87–97.

[93]. Li, L. and Sheen, J. 2016. Dynamic and diverse sugar signaling. Current Opinion in Plant Biology. 33:116-125.

[94]. Lindsay, W.L. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. p. 41-57. In: Micronutrients in

[95]. Lisso, J., Altmann, T. and Mu¨ ssig, C. 2006. Metabolic changes in fruits of the tomato d x mutant. Phytochemistry 67: 2232–2238.

[96]. Ljung, K., Nemhauser, J.L. and Perata, P. 2015. New mechanistic links between sugar and hormone signalling networks. Curr Opin Plant Biol 25:130-137.

[97]. Lotkowska, M.E., Tohge, T., Fernie, A.R., Xue, G.P., Balazadeh, S. and Mueller-Roeber, B. 2015. The Arabidopsis transcription factor MYB112 promotes anthocyanin formation during salinity and under high light stress. Plant physiology, 169(3), 1862-1880.

[98]. Lu, Z., Lu, J., Pan, Y., Li, X., Cong, R. and Ren, T. 2016. Genotypic variation in photosynthetic limitation responses to K deficiency of Brassica napus is associated with potassium utilisation efficiency. Functional plant biology, 43(9), pp.880-891.

[99]. Luan, L.Y., Zhang, Z.W., Xi, Z.M., Huo, S.S. and Ma, L.N. 2013. Brassinosteroids regulate anthocyanin biosynthesis in the ripening of grape berries. South African J Enol Vitic 34:196-203.

[100]. Pirzad, F., Sarcheshmeh, M.A., Talaei, A. and Lessani, H. 2018. Arginine treatment attenuates chilling injury of pomegranate fruit during cold storage by enhancing antioxidant system activity. Postharvest Biol Technol 137:31-37.

[101]. Mane, A.V., Burondkar, M.M. and Jadhav, B.B. 2002. Effect of preharvest sprays of plant growth regulators, Ca EDTA and KNO3 on occurrence of spongy tissue disorder in "Alphonso" mango, in: 7th International Mango Symposium, Recife, Pernambuco State, Brazil, 2002, p.97.

[102]. Mane, A.V., Burondkar, M.M. and Jadhav, B.B. 2002. Effect of preharvest sprays of plant growth regulators, Ca EDTA and KNO3 on occurrence of spongy tissue disorder in "Alphonso" mango. In 7th International Mango Symposium, Recife Pernambuco State, Brazil pp 97

[103]. Marathe, R.A., Dhinesh Babu, K. and Shinde, Y.R. 2016. Soil and leaf nutritional constraints in major pomegranate growing states of India. Agric. Sci. Digest., 36 (1): 52-55.

[104]. Mars, M. 1996. Pomegranate genetic resources in the Mediterranean region. In: In: Proc. First Mesfin Plant Genet. Res. Meeting, Tenerife, Spain, 2-4 Oct. pp. 345-354.

[105]. Marschner, P. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, San Diego 651 pp.

[106]. Masood, A., Iqbal, N. and Khan, N.A. 2012. Role of ethylene in alleviation of cadmium-induced photosynthetic capacity inhibition by sulphur in mustard. Plant, Cell & Environment, 35(3), pp.524-533.

[107]. Mazza, G. and Miniati, E. 2018. Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains. CRC press.

[108]. Meena, N.K., Asrey, R., Singh, J., Parajapati, U., Chaudhary, K. and Mani, A. 2018. Effects of brassinosteroids application on quality and storage of fruits. Chapter pp 65-79.

[109]. Meighani, H., Ghasemnezhad, M. and Bakshi, D. 2014. Evaluation of biochemical composition and enzyme activities in browned arils of pomegranate fruits. International Journal of Horticultural Science and Technology, 1(1), 53-65.

[110]. Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D. and Valero, D. 2007. The application of polyamines by

pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007 Feb 7;55(3):755-60.

[111]. Mirdehghan, S.H. and Ghotbi, F. 2014. Effects of salicylic acid, jasmonic acid, and calcium chloride on reducing chilling injury of pomegranate (Punica granatum L.) fruit. Journal of Agricultural Science and Technology, 16(1), pp.163-173.

[112]. Mirdehghan, S.H. and Rahemi, M. 2007. Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (Punicagranatum L.) fruit. Sci. Hortic. 111, 120e127.

[113]. Mirdehghan, S.H., Vatanparast, G., Karim, H.R. and Vazifeshenas, M.H. 2012. Preharvest foliar application of methyl jasmonate, salicylic acid and potassium sulfate on improving the quality of pomegranate fruit. Options Méditerranéennes, 103, pp.183-189.

[114]. Mirzapour, M.H. and Khoshgoftarmanesh, A.H. 2013. Effect of soil and foliar application of iron and zinc on quantitative and qualitative yield of pomegranate. J. Plant Nutr. 36:55e66.

[115]. Morcuende, R., Bari, R., Gibon, Y., Zheng, W., Pant, B.D., Blasing, O., Usadel, B., Czechowski, T., Udvardi, M.K., Stitt, M. and Scheible, W.-R. 2007. Genome-wide reprogramming of metabolism and regulatory networks of Arabidopsis in response to phosphorus. Plant Cell Environ. 30 : 85–112.

[116]. Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M. and Hashizume, K. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. Journal of experimental botany, 58(8):1935-1945.

[117]. Morton, J.F. 1987. "Pomegranate, Punica granatum L". Fruits of Warm Climates. Purdue New Crops Profile. pp. 352–5. Archived from the original on 2012-06-21. Retrieved 2012-06-14.

[118]. Mukama, M., Ambaw, A. and Opara, U.L. 2019. Thermal properties of whole and tissue parts of pomegranate (Punica granatum) fruit. Journal of Food Measurement and Characterization, 13(2), pp.901-910.

[119]. Nandini-Chakrabarti, S., Mukherji, N. and Chakrabarti, K. 2002. Effect of phytohormone pretreatment on metabolic changes in Vigna proline under salt stress. Journal of Environmental Biology 23:295-300.

[120]. Nawaz, F., Shehzad, M.A., Majeed, S., Ahmad, K.S., Aqib, M., Usmani, M.M. and Shabbir, R.N. 2020. Role of mineral nutrition in improving drought and salinity tolerance in field crops. In Agronomic Crops (pp. 129-147). Springer, Singapore.

[121]. Nolan, T.M., Vukašinović, N., Liu, D., Russinova, E. and Yin, Y. 2020. Brassinosteroids: multidimensional regulators of plant growth, development, and stress responses. The Plant Cell, 32(2), pp.295-318.

[122]. Nole-Wilson, S., Rueschhoff, E.E., Bhatti, H. and Franks, R.G. 2010. Synergistic disruptions in seuss cyp85A2 double mutants reveal a role for brassinolide synthesis during gynoecium and ovule development. BMC Plant Biol. 10: 198.

[123]. Nyomora, A.M.S., Brown, P.H., Pinney, K. and Polito, V.S. 2000. Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. Journal of the American Society for Horticultural Science. 125:265-270.

[124]. Nyomora, A.M.S., Brown, P.H. and Krueger, B. 1999. Rate and time of boron application increase almond productivity and tissue boron concentration. Hortscience. 34:242-245.

[125]. O.A., Atukuri, J., Arendse, E. and Opara, U.O. 2020 Postharvest physiological responses of pomegranate fruit (cv. Wonderful) to exogenous putrescine treatment and effects on physico-chemical and phytochemical properties. Food Sci Hum Well 9:146-161.

[126]. Öborn, I., Edwards, A.C., Witter, E., Oenema, O., Ivarsson, K., Withers, P.J.A., Nilsson, S.I. and Stinzing, A.R. 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. European Journal of Agronomy, 20(1-2), pp.211-225.

[127]. Olyaie Torshiz, A., Goldansaz, S.H. Motesharezadeh, B. Asgari Sarcheshmeh, M.A. and Zarei, A. 2017. Effect of organic and biological fertilizers on pomegranate trees: yield, cracking, sunburning and infestation to pomegranate fruit moth Ectomyelois ceratoniae (Lepidoptera: Pyralidae). J. Crop Prot. 6 (3): 327-340.

[128]. Ozdemir, F., Bor, M. Demiral, T. and Turkan, I. 2004. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation Proline content and antioxidative system of rice (Oryza sativa L.) under salinity stress. Plant Growth Regulation 42:203-211.

[129]. Pandey, N., Pathak, G.C. and Sharma, C.P. 2009. Impairment in reproductive development is a major factor limiting yield of black gram under zinc deficiency. Biologia Plantarum. 53:723-727.

[130]. Parađiković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M. and Špoljarević, M. 2019. Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. Food and Energy Security, 8(2), p.e00162.

[131]. Park, J.S., Choung, M.G., Kim, J.B., Hahn, B.S., Kim, J.B., Bae, S.C., Roh, K.H.; Kim, Y.H., Cheon, C.I., Sung, M.K. and Cho, K.J. 2007. Genes up-regulated during red coloration in UV-B irradiated lettuce leaves. Plant cell reports, 26(4): 507-516.

[132]. Paschalidis, K., Tsaniklidis, G., Wang, B.Q., Delis, C., Trantas, E., Loulakakis, K., Makky, M., Sarris, P.F., Ververidis, F. and Liu, J.H. 2019. The interplay among polyamines and nitrogen in plant stress responses. Plants, 8(9), p.315.

[133]. Pasković, I., Soldo, B., Talhaoui, N., Palčić, I., Brkljača, M., Koprivnjak, O., Germek, V.M., Ban, D., Klanjac, J., Franić, M. and Žurga, P. 2019. Boron foliar application enhances oleuropein level and modulates volatile compound composition in olive leaves. Scientia Horticulturae 257, p.108688.

[134]. Peng, H., Yang, T., Whitaker, B.D., Shangguan, L. and Jinggui, F. 2016. Calcium/calmodulin alleviates substrate inhibition in a strawberry UDPglucosyltransferase involved in fruit anthocyanin biosynthesis. BMC Plant Biology (2016) 16:197-203.

[135]. Peng, Z., Han, C., Yuan, L., Zhang, K., Huang, H. and Ren, C. 2011. Brassinosteroid enhances jasmonate-induced anthocyanin accumulation in Arabidopsis seedlings. J Integr Plant Biol 53:632-640.

[136]. Perica, S., Brown, P.H., Connell, J.H., Nyomora, A.M.S., Dordas, C., Hu, H.N. and Stangoulis, J. 2001. Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. Hortscience. 36:714-716.

[137]. Peryea, F.J., Neilsen D. and Neilsen G. 2003. Boron maintenance sprays for apple: Earlyseason applications and tank-mixing with calcium chloride. Hortscience. 38:542-546.

[138]. Petrov, V., Hille, J., Mueller-Roeber, B. and Gechev, T.S. 2015. ROS-mediated abiotic stress-induced programmed cell death in plants. Frontiers in plant science, 6:69.

[139]. Prasad, D.; Singh, R.; Singh, A. 2010. Management of sheath blight of rice with integrated nutrients. Indian Phytol.2010, 63, 11–15.

[140]. Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual review of plant biology, 43(1), pp.439-463.

[141]. Rasouli-Sadeghiani, M.H., Malakouti, M.J. and Samar, S.M. 2002. The effectiveness of different application methods of zinc sulfate on nutritional conditions of apple in calcareous soil of Iran. 17 World Congress of Soil Science, Thailand, paper no, 2151.

[142]. Rerkasem, B. and Jamjod, S. 2004. Boron deficiency in wheat: A review. Field Crops Research. 89:173-186.

[143]. Roghabadi, M.A. and Pakkish, Z.A. 2014. Role of brassinosteroid on yield, fruit quality and postharvest storage of 'Tak Danehe Mashhad'sweet cherry (Prunus avium L.). Agric. Commun 2:49-56.

[144]. Rouphael, Y., Spíchal, L., Panzarová, K., Casa, R. and Colla, G. 2018. High-throughput plant phenotyping for developing novel biostimulants: from lab to field or from field to lab?. Frontiers in plant science, 9, p.1197.

[145]. Rouse, B., Irey, M., Gast, T., Boyd, M. and Willis, T. 2012. Fruit production in a southwest Florida citrus grove using the Boyd Nutrient/SAR foliar spray. Proc. Florida State Hortic. Soc. 125, 61–64.

[146]. Rubin, G., Tohge, T., Matsuda, F., Saito, K. and Scheible, W.R. 2009. Members of the LBD family of transcription factors repress anthocyanin synthesis and affect additional nitrogen responses in Arabidopsis. The Plant Cell, 21(11), pp.3567-3584.

[147]. Saa, S., Negron, C. and Brown, P. 2018. Foliar zinc applications in Prunus: From lab experience to orchard management. Scientia horticulturae, 233, pp.233-237.

[148]. Sabet, H. and Mortazaeinezhad, F. 2018. Yield, growth and Fe uptake of cumin (Cuminum cyminumL.) affected by Fe-nano, Fe-chelated and Fe-siderophore fertilization in the calcareous soils. J. Trace Elem. Med. Biol. 54: 154e160.

[149]. Sakr, S., Wang, M., Dédaldéchamp, F., Perez-Garcia, M.D., Ogé, L, Hamama, L. and Atanassova, R. 2018. The sugar-signaling hub: overview of regulators and interaction with the hormonal and metabolic network. Int J Mol Sci 19:2506-2511.

[150]. Sallato, B. 2018. Leaf Tissue Analysis. WSU Tree Fruit Extension Specialist. Originally published by Washington State Tree Fruit Extension at treefruit.wsu.edu.

[151]. Sanchez, E.E., Weinbaum, S.A. and Johnson, R.S. 2006. Comparative movement of labelled nitrogen and zinc in 1-year-old peach [Prunus persica (L.) Batsch] trees following late-season foliar application. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 81(5), pp.839-844.

[152]. Sanzol, J. and Herrero, M. 2001. The "effective pollination period" in fruit trees. Scientia Horticulturae. 90, 1-17.

[153]. Sarafi, E., Chatzissavvidis, C. and Therios, I. 2017. Response of two pomegranates (Punica granatum L.) cultivars to six boron concentrations: growth performance, nutrient status, gas exchange parameters, chlorophyll fluorescence, and proline and carbohydrate content. J Plant Nutr 40:983-994.

[154]. Saroj, P.L. and Kumar, R. 2019. Recent advances in pomegranate production in India-a review. Annals of Horticulture, 12(1), pp.1-10.

[155]. Sawan, Z.M., Fahmy, A.H. and Yousef, S.E. 2009. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. Acta Ecologica Sinica, 29(2), pp.116-123.

[156]. Scheible, W.R., Morcuende, R., Czechowski, T., Fritz, C., Osuna, D., Palacios-Rojas, N., Schindelasch, D., Thimm, O., Udvardi, M.K. and Stitt, M. 2004. Genome-wide reprogramming of primary and secondary metabolism, protein synthesis, cellular growth processes, and the regulatory infrastructure of Arabidopsis in response to nitrogen. Plant Physiol. 136 : 2483–2499.

[157]. Schulz, P., Herde, M. and Romeis, T. 2013. Calcium-dependent protein kinases: hubs in plant stress signaling and development. Plant physiol 163:523-530.

[158]. Selvaradjou, S.K., Montanarella, L. and Geetha, A. 2005. Computer program on DRIS, MDRIS and CND- Bivariate and multiple analyses tools for monitoring the soil and plant nutrient imbalances. EUR 21505 EN. European Communities, Reproduction is authorized provided the source is acknowledged Printed in Italy. Also available on (http://europa.eu.int).

[159]. Sepúlveda, E., Sáenz, C., Peña, Á., Robert, P., Bartolomé, B. and Gómez-Cordovés, C. 2010. Influence of the genotype on the anthocyanin composition, antioxidant capacity and color of Chilean pomegranate (Punica granatum L.) juices.

[160]. Shaarawi, S.A., Salem, A.S., Elmaghraby, I.M. and Abd El-Moniem, E.A. 2016. Effect of Salicylic Acid, Calcium Chloride and Calcium Lactate Applications on Quality Attributes of Minimally Processed' Wonderful' Pomegranate Arils. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 44(2), pp.508-517.

[161]. Shan, X., Zhang, Y., Peng, W., Wang, Z. and Xie, D. 2009. Molecular mechanism for jasmonate-induction of anthocyanin accumulation in Arabidopsis. Journal of experimental botany, 60(13), pp.3849-3860.

[162]. Sheets, M.D., former research assistant, M.L. DuBois, former research assistant, J.G. 2012. Williamson, professor, Horticultural Sciences Department, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida Gainesville FL 32611 -(2012). "The Pomegranate" Archived 2012-12-19 at the Wayback Machine.

[163]. Sheikh, M.K. and Manjula, N. 2009. Effect of split application of N and K on growth and fruiting in 'Ganesh' pomegranate (Punica granatum L.). Acta Hort. 818, 213-217.

[164]. Shireen, F., Nawaz, M.A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y. and Bie, Z. 2018. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. International Journal of Molecular Sciences, 19(7), p.1856.

[165]. Shivashankar, S., Hemlata, S. and Sumathi, M. 2012. Aril browning in pomegranate (Punica granatum L.) is caused by the seed. Current Science 103:26-28.

[166]. Shivashankar, S., Hemlata, S. and Sumathi, M. 2012. Aril browning in pomegranate (Punica granatum L.) is caused by the seed. Current Science, 103(1), pp.26-28.

[167]. Shivashankar, S., Hemlata, S. and Sumathi, M. 2012. Aril browning in pomegranate (Punica granatum L.) is caused by the seed. Current Science, 103(1), pp.26-28.

[168]. Shivashankara, K.S. and Geetha, G.A. 2020. 11 Physiological Disorders. The Pomegranate: Botany, Production and Uses, p.344.

[169]. Singh, H., Singh, N. and Dolui, S. 2016. Effect of inter-fruit competition on development of physiological disorder 'Aril browning' in pomegranate (Punica granatum L.). Journal of Applied and Natural Science, 8(4):1835-1838.

[170]. Song, C.Z., Liu, M.Y., Meng, J.F., Chi, M., Xi, Z.M. and Zhang, Z.W. 2015. Promoting effect of foliage sprayed zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolics in berries of Vitis vinifera cv. Merlot growing on zinc deficient soil. Molecules 20:2536e2554.

[171]. Soppelsa, S. 2019. The use of natural substances to improve fruit crop performances, quality and tolerance towards stress conditions (Doctoral dissertation, Free University of Bozen-Bolzano).

[172]. Sotomayor, C., Norambuena, P. and Ruiz, R. 2010. Boron dynamics related to fruit growth and seed production in kiwifruit (Actinidia deliciosa, cv. Hayward). Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de

ciencias de la agricultura 37:133-141. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202010000100013.

[173]. Soubeyrand, E., Basteau, C., Hilbert, G., van Leeuwen, C., Delrot, S. and Gomès, E. 2014. Nitrogen supply affects anthocyanin biosynthetic and regulatory genes in grapevine cv. Cabernet-Sauvignon berries. Phytochemistry, 103, pp.38-49.

[174]. Soyergin, S. 2010. Effects of soil and leaf treatments to eliminate boron deficiency in olives. Communications Soil Sci and Plant Analysis 41(16):2004-2010.

[175]. Stangoulis, J.C.R. and Graham, R.D. 2007. Boron and plant disease. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds.). Mineral nutrition and plant disease. APS Press, St. Paul, MN.

[176]. Sulochanamma, B.N., Yellamanda Reddy, T. and Subbi Reddy, G. 2005. Effect of basin and drip irrigation on growth, yield and water use efficiency in pomegranate cv. Ganesh. Acta Hort. 696:277–279.

[177]. Swietlik, D. 1999. Zinc nutrition in horticultural crops. Horticultural Reviews. John Wiley & Sons, Inc. New York. 23, 109-180.

[178]. Symons, G.M., Davies, C., Shavrukov, Y., Dry, I.B., Reid, J.B. and Thomas, M.R. 2006. Grapes on steroids. Brassinosteroids are involved in grape berry ripening. Plant Physiol. 140: 150–158.

[179]. Tadayon, M.S. and Hosseini, S.M. 2021. 24-Epibrassinolie Enhances the Effect of Calcium and Boron on Amelioration of Aril Browning Disorder in Pomegranate (Punica granatum cv.'Rabab'). Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(2), pp.1679-1688.

[180]. Tadayon, M.S. 2021. Effect of foliar nutrition with calcium, boron, and potassium on amelioration of aril browning in pomegranate (Punica granatum cv.'Rabab'). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 96(3), pp.372-382.

[181]. Taghavi, G.R. 2000. The effects of macronutrients and foliar application of zinc sulfate on the yield and quality of pomegranate. Proc of 2 National Conference on the Optimum Utilization of Chemical Fertilizer and Pesticides in Agriculture, Karaj, Iran, 230- 231.

[182]. Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P.X., Liu, R. and Tsao, R. 2015. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three Chenopodium quinoa Willd. genotypes. Food Chem. 166:380e 388.

[183]. Tariq, M., Sharif, M., Shah, Z. and Khan, R. 2007. Effect of foliar application of micronutrients on the yield and quality of sweet orange (Citrus sinensis L.). Pak. J. Biol. Sci. 10 (11), 1823- 1828.

[184]. Tester, M. and Davenport, R.J. 2003. Na+ transport and Na+ tolerance in higher plants. Annals of Botany 91, 503-27.

[185]. Titus, J.S. and Seong-Mo, Kang. 2011. Nitrogen Metabolism, Translocation, and Recycling in Apple Trees. Horticultural reviews 4:204 – 246.

[186]. Tong, H., Xiao, Y., Liu, D., Gao, S., Liu, L., Yin, Y., Jin, Y., Qian, Q. and Chu, C. 2014. Brassinosteroid regulates cell elongation by modulating gibberellin metabolism in rice. Plant Cell 26: 4376

[187]. Torres-Olivar V., Oscar Gabriel Villegas-Torres, Martha Lilia Domínguez-Patiño, Héctor Sotelo-Nava, Antonio Rodríguez-Martínez, Rosa María Melgoza-Alemán, Luis Alonso Valdez-Aguilar and Irán Alia-Tejacal. 2014. Role of Nitrogen and Nutrients in Crop Nutrition. Journal of Agricultural Science and Technology B4: 29-37.

[188]. Tous, J. and Ferguson, L. 1996. Mediterranean fruits. In: Janick J, editor. Progress in new crops, 416–430. ASHS Press.

[189]. Tukey, L.D. 1985. September. Cropping characteristics of bearing apple trees annually sprayed with paclobutrazol (PP333). In V International Symposium on Growth Regulators in Fruit Production 179 (pp. 481-488).

[190]. Tuna, A.L., Kaya, C., Dikilitas, M. and Higgs, D. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany 62:1-9.

[191]. Unterholzner, S.J., Rozhon, W., Papacek, M., Ciomas, J., Lange, T., Kugler, K.G., Mayer, K.F., Sieberer, T. and Poppenberger, B. 2015. Brassinosteroids are master regulators of gibberellin biosynthesis in Arabidopsis. The Plant Cell, 27(8), pp.2261-2272.

[192]. Vardhini, B.V. and Anjum, N.A. 2015. Brassinosteroids make plant life easier under abiotic stresses mainly by modulating major components of antioxidant defense system, Front. Environ. Sci. 2:1-16.

[193]. Vardhini, B.V. and Rao, S.S.R. 2002. Acceleration of ripening of tomato pericarp discs by brassinosteroids. Phytochemistry 61: 843–847.

[194]. Vasconcelos, M.C., Greven, M., Winefield, C.S., Trought, M.C. and Raw, V. 2009. The flowering process of Vitis vinifera: a review. Am J Enol Vitic 60:411-434.

[195]. Vatanparast, G., Mirdehghan, H., Karimi, H. and Vazifeshenas, M. 2013. Foliar application of salicylic acid, methyl jasmonate and potassium sulfate on photosynthetic characteristics and fruit quality of pomegranate. Iran Agricultural Research, 31(2), pp.23-34.

[196]. Viuda-Martos, M., Fernandez-Lopez, J. and Perez-Alvarez, J.A. 2010. Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 9, 635e654.

[197]. Volschenk, T. 2020. Water use and irrigation management of pomegranate trees-A review. Agricultural Water Management, 241, p.106375.

[198]. Vriet, C., Russinova, E. and Reuzeau, C. 2012. Boosting Crop Yields with Plant Steroids. The Plant Cell, Vol. 24: 842–857.

[199]. Wang, G., Zhang, K. Wang, Y. Xu, X. and Han, Z. 2015. Minerals influencing apple quality in Chinese orchard identified by nutritional diagnosis of leaf and soil analysis. Journal of Integrative Agriculture, Volume 14, Issue 5, May 2015, Pages 864-874. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60877-7Get rights and content

[200]. Wang, H., Nagegowda, D.A., Rawat, R., Bouvier-Nave, P., Guo, D., Bach, T.J. and Chye, M.-L. 2012. Overexpression of Brassica juncea wild-type and mutant HMG-CoA synthase 1 in Arabidopsis upregulates genes in sterol biosynthesis and enhances sterol production and stress tolerance. Plant Biotechnol. J. 10: 31–42.

[201]. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. and Guo, S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International journal of molecular sciences, 14(4), pp.7370-7390.

[202]. Wang, Y., Chen, Y.F. and Wu, W.H. 2021. Potassium and phosphorus transport and signaling in plants. Journal of Integrative Plant Biology, 63(1), pp.34-52.

[203]. Wang, Y.C., Wang, N., Xu, H.F., Jiang, S.H., Fang, H.C., Su, M.Y., Zhang, Z.Y., Zhang, T.L. and Chen, X.S. 2018. Auxin regulates anthocyanin biosynthesis through the Aux/IAA–ARF signaling pathway in apple. Horticulture research, 5.

[204]. Waraich, E.A., Ahmad, R. and Ashraf, M.Y. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian Journal of Crop Science, 5(6), pp.764-777.

[205]. Waraich, E.A., Ahmad, R. and Halim, A. 2012. Aziz, T. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: A review. J. Soil Sci. Plant Nutr. 2012, 12, 221–244.

[206]. Wertheim, S.J. 2005. Storage disorders and diseases. In: Tromp, J., Wertheim, S.J. (Eds.), Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 325–328.

[207]. Wetzstein, H.Y., Zhang, Z., Ravid, N. and Wetzstein, M.E. 2011. Characterization of attributes related to fruit size in pomegranate. HortScience 46:908-912.

[208]. Wimmer, M.A., Abreu, I., Bell, R.W., Bienert, M.D., Brown, P.H., Dell, B., Fujiwara, T., Goldbach, H.E., Lehto, T., Mock, H.P. and Wirén, N. 2019. Boron: an essential element for vascular plants. New Phytologist. pp. 230.

[209]. Wojcik, P. and Wojcik M. 2006. Effect of boron fertilization on sweet cherry tree yield and fruit quality. J. Plant Nutr. 29:1755-1766.

[210]. Wu, C.Y., et al. 2008. Brassinosteroids regulate grain filling in rice. Plant Cell 20: 2130–2145.

[211]. Xia, X.J., Huang, L.F., Zhou, Y.H., Mao, W.H., Shi, K., Wu, J.X., Asami, T., Chen, Z. and Yu, J.Q. 2009. Brassinosteroids promote photosynthesis and growth by enhancing activation of Rubisco and expression of photosynthetic genes in Cucumis sativus. Planta 230:1185.

[212]. Xia, X.-J., Huang, L.-F., Zhou, Y.-H., Mao, W.-H., Shi, K., Wu, J.-X., Asami, T., Chen, Z. and Yu, J.-Q. 2009a. Brassinosteroids promote photosynthesis and growth by enhancing activation of Rubisco and expression of photosynthetic genes in Cucumis sativus. Planta 230: 1185–1196.

[213]. Xie, Y., Chen, P., Yan, Y., Bao, C., Li, X., Wang, L., ... and Zhu, C. 2018. An atypical R2R3 MYB transcription factor increases cold hardiness by CBF-dependent and CBF-independent pathways in apple. New Phytologist, 218(1):201-218.

[214]. Xu, W.P., Peng, H., Yang, T.B., Whitaker, B., Huang, L.H. and Sun, J.H. 2014. Effect of calcium on strawberry fruit flavonoid pathway gene expression and anthocyanin accumulation. Plant Physiol Biochem 82:289–298. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.06.015

[215]. Xu, X.D. 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. Australian Journal of Agricultural Research 37(4), 343-350.

[216]. Xu, Z., Mahmood, K. and Rothstein, S.J. 2017. ROS induces anthocyanin production via late biosynthetic genes and anthocyanin deficiency confers the hypersensitivity to ROS-generating stresses in Arabidopsis. Plant and Cell Physiology, 58(8):1364-1377.

[217]. Yadav, V.K., Jain, M.C., Sharma, M.K., Gupta, N.K. and Singh, J. 2014. Effect of micronutrients foliar feeding on growth and yield of

pomegranate (Punica granatum L.) cv. Sindhuri. IJTA (Int. J. Trop. Agric.) 32:469e473.

[218]. Yan, J.W., Guan, L., Sun, Y., Zhu, Y., Liu, L. and Lu, R. 2015. Calcium and ZmCCaMK are involved in brassinosteroid-induced antioxidant defense in maize leaves. Plant Cell Physiol 56:883–896.

[219]. Yuan, L.B., Peng, Z.H., Zhi, T.T., Zho, Z., Liu, Y., Zhu, Q., Xiong, XY. and Ren, C.M. 2015. Brassinosteroid enhances cytokinin-induced anthocyanin biosynthesis in Arabidopsis seedlings. Biologia plantarum 59:99-105.

[220]. Yuzhong, L. 1996. Fulvica BioScience's Health ALERT. Agricultural Humic Substance Research. Agrometeorology Institute, CAAS, on drought mitigation project.

[221]. Zamani, Z., Sarkhosh, A. Fatahi, R. and Ebadi, A. 2007. Genetic relationships among pomegranate genotypes studied by fruit characteristics and RAPD markers. J. Hort. Sci. Biotech. 82:11–18.

[222]. Zand, B., Sorooshzadeh, A., Ghanati, F. and Moradi, F. 2010. Effect of zinc and auxin foliar application on some anti-oxidant enzymes activity in corn leaf. Iranian Journal of Seed and Plant Production Journal 4:431e448.

[223]. Zhang, Q.L. and Brown, P.H. 1999a. Distribution and transport of foliar applied zinc in pistachio. Journal of the American Society for Horticultural Science. 124:433-436.

[224]. Zhang, Q.L. and Brown, P.H. 1999b. The mechanism of foliar zinc absorption in pistachio and walnut. Journal of the American Society for Horticultural Science. 124:312-317.

[225]. Zhang, X., Wei, J., Huang, Y., Shen, W., Chen, X., Lu, C. and Cui, J. 2018. Increased cytosolic calcium contributes to hydrogen-rich water-promoted anthocyanin biosynthesis under UV-A irradiation in radish sprouts hypocotyls. Frontiers in plant science, 9:1020.

[226]. Zhang, X., Li, K., Xing, R., Liu, S. and Li, P. 2017. Metabolite profiling of wheat seedlings induced by chitosan: Revelation of the enhanced carbon and nitrogen metabolism. Front. Plant Sci., 8.

[227]. Zhang, Y., Yan, Y., Fu, C., Li, M. and Wang, Y.A. 2016. Zinc sulfate spray increases activity of carbohydrate metabolic enzymes and regulates endogenous hormone levels in apple fruit. Sci. Hortic. 211, 363e368.

[228]. Zheng, R.H., Su, S.D., Xiao, H. and Tian, H.Q. 2019. Calcium: a critical factor in pollen germination and tube elongation. International Journal of Molecular Sciences, 20(2), p.420.

[229]. Zinn, K.E., Tunc-Ozdemir, M. and Harper, J.F. 2010. Temperature stress and plant sexual reproduction: Uncovering the weakest links. J. Exp. Bot. 61: 1959-1968.