

## عارضه لکه پوست استخوانی درختان پسته ( فیزیولوژی و راه‌های مقابله )



نگارندگان:

سمیه صدرو ماریه نادی

**وزارت جهاد کشاورزی**  
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**  
**موسسه تحقیقات علوم باغبانی**  
**پژوهشکده پسته**

**عارضه لکه پوست استخوانی درختان پسته**  
**( فیزیولوژی و راههای مقابله )**

**نگارندگان:**

**سمیه صدرو ماریه نادی**

۱۴۰۵

---

## عارضه لکه پوست استخوانی میوه پسته (فیزیولوژی و راه‌های مقابله)

---

نگارندگان: سمیه صدرو ماریه نادی

ویراستاران: بهمن پناهی، سیدجواد حسینی فرد، ناصر صداقتی و امیرحسین محمدی

ناشر: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته

شماره نشریه: ۱۲۱

شمارگان: محدود

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵

مسئولیت درستی مطالب با نویسنده/ نویسندگان است.

---

این نشریه با شماره ۶۹۶۷ مورخ ۱۴۰۵/۴/۲۳ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

---

نشانی: پژوهشکده پسته رفسنجان

شماره تلفن: ۰۳۴۳۴۳۲۵۲۰۱ دورنگار: ۰۳۴۳۴۳۲۵۲۰۸ نشانی سایت: [www. http://pri.hsri.ac.ir](http://pri.hsri.ac.ir)

## فهرست مطالب

| عناوین.....                                                    | صفحه..... |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| چکیده.....                                                     | ۵.....    |
| مقدمه.....                                                     | ۵.....    |
| علائم عارضه لکه پوست استخوانی.....                             | ۷.....    |
| بررسی زمان وقوع عارضه لکه پوست استخوانی.....                   | ۹.....    |
| بررسی نقش عوامل زنده در ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی.....     | ۹.....    |
| بررسی نقش عوامل تغذیه‌ای در ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی..... | ۱۰.....   |
| کلسیم.....                                                     | ۱۱.....   |
| نسبت کلسیم به منیزیم.....                                      | ۱۲.....   |
| مس.....                                                        | ۱۲.....   |
| شوری.....                                                      | ۱۳.....   |
| بررسی نقش رطوبت در ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی.....          | ۱۴.....   |
| راهکارهای کاهش خسارات ناشی از لکه پوست استخوانی.....           | ۱۵.....   |
| منابع.....                                                     | ۱۹.....   |

## چکیده

عارضه لکه پوست استخوانی یکی از مهم‌ترین ناهنجاری‌هایی است که طی سال‌های اخیر در مناطق پسته‌کاری ایران به‌خصوص استان کرمان شیوع پیدا کرده و باعث بروز خسارت‌های اقتصادی زیادی به کشاورزان شده است. براساس نتایج مطالعات انجام شده تا کنون، بروز عارضه لکه پوست استخوانی، تحت تأثیر عوامل متعددی مانند خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، عوامل مدیریتی، شرایط آب و هوایی و آبیاری ایجاد می‌گردد که از این میان برخی خصوصیات تغذیه‌ای و تعادل عناصر غذایی مانند غلظت کلسیم، منیزیم، مس و شوری خاک اثر بیشتری بر ایجاد این عارضه داشته است. پیشگیری از این عارضه قطعاً مؤثرتر از درمان است بنابراین، توصیه می‌شود هر سال پیش از آغاز فصل، آزمایش‌های دوره‌ای خاک، آب و گیاه در هر باغ انجام شود تا بر اساس نتایج و نظر کارشناسی، عناصر مورد نیاز برای حفظ تعادل تغذیه‌ای در اختیار گیاه قرار گیرند؛ به این ترتیب، در مرحله‌ی سخت شدن پوست استخوانی پسته، هیچ‌گونه کمبود یا بیش‌بود عناصر، روند طبیعی این فرآیند را مختل نخواهد کرد. مدیریت شوری خاک با توجه به افت شدید کیفیت و کمیت آب آبیاری در بسیاری از مناطق پسته‌کاری یکی از مهمترین اقدامات بازدارنده در جهت کاهش خسارات ناشی از لکه پوست استخوانی است.

**کلمات کلیدی:** پسته، شوری، کلسیم، مس، منیزیم

## مقدمه

درختان پسته نیز مانند سایر محصولات باغی، با عوارض فیزیولوژیکی مختلفی مواجه هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به ریزش جوانه‌های گل، ریزش میوه‌ها، پوکی، ناخندانی و بدشکلی میوه‌ها اشاره کرد (Ferguson et al., 2005). از جمله عوارضی که طی دهه‌های اخیر عملکرد این محصول در واحد سطح را کاهش داده است، می‌توان به سرخشکیدگی درختان پسته، ریزبرگی یا قرمز و ایجاد لکه‌های تیره بر پوست استخوانی پسته، که معمولاً تحت تأثیر تنش‌های محیطی حاصل می‌شود، اشاره کرد.

یکی از عواملی که باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی پسته می‌گردد، عارضه لکه پوست استخوانی است که در اصطلاح محلی به آن (قارچو) یا (داغو) نیز گفته می‌شود، این عارضه طی چند سال اخیر در مناطق پسته‌کاری ایران شیوع پیدا کرده است و در برخی باغ‌ها به گواه برخی کارشناسان و کشاورزان، خسارت‌های بالای ۵۰ درصد نیز داشته است.

در بسیاری از موارد، خسارت‌هایی به باغ‌های پسته وارد می‌گردد که به طور شفاف در ارتباط با یک مورد خاص نظیر اختلالات تغذیه‌ای، بیماری، آفت، شرایط آب و هوایی و غیره نمی‌باشند. از آنجا که عوامل مختلفی در ایجاد آن نقش دارند، این موارد را تحت عنوان عارضه می‌نامند. بنابراین باید توجه داشت که بروز لکه‌های تیره بر پوست استخوانی پسته می‌تواند تحت تأثیر عواملی از جمله تنش‌های محیطی مانند گرمادگی و آفتاب‌سوختگی (شکل ۱)، ضربات ناشی از تگرگ (شکل ۲) و شن (شکل ۳) و همچنین حمله حشرات (شکل ۴) باشد.

برخی از تیرگی ها و لکه ها پس از تشکیل پوست استخوانی و حتی پس از رسیدگی میوه و به علت ترک خوردن پوست نرم میوه و قرار گرفتن میوه در معرض هوا بر روی پوست استخوانی ایجاد می شود که موارد اخیر را نمی توان به عارضه لکه پوست استخوانی نسبت داد. مطالب ارائه شده در این نشریه حاصل جمع آوری اطلاعات پژوهش هایی است که طی سال های اخیر، محققان مختلف بر روی این عارضه انجام داده اند و همچنین پیشنهادات مدیریتی ارائه شده جهت کاهش خسارات ناشی از این عارضه می باشد.



شکل ۱- علائم مربوط به گرمزدگی و آفتاب سوختگی بر روی خوشه های پسته



شکل ۲- علائم مربوط به ضربات تگرگ بر روی خوشه های پسته





شکل ۳- علائم مربوط به ضربات شن بر روی خوشه‌های پسته



شکل ۴- علائم مربوط به نیش آفات بر روی خوشه‌های پسته

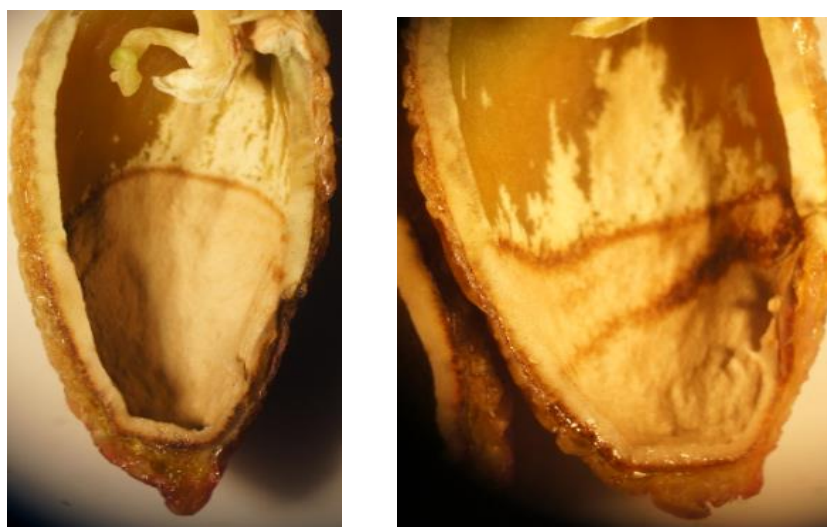
### علائم عارضه لکه پوست استخوانی

همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، علائم عارضه لکه پوست استخوانی با علائم مربوط به تنش‌های محیطی مانند گرمادگی، تگرگ و طوفان‌های شن متفاوت است. ضمن اینکه زمان و محل ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی بر روی میوه نیز با عوارض مذکور تفاوت دارد. شایع‌ترین علامت مربوط به لکه پوست استخوانی، سیاه شدن پوست استخوانی از قسمت رأس به سمت قاعده میوه است که به تبع آن پوست سبز رویی دانه نیز مضمحل شده و تیره می‌گردد. اما گاهی تیرگی‌ها از قسمت‌های حاشیه میوه شروع شده و گسترش پیدا می‌کنند. شکل ۵ انواع مدل‌های تیرگی و لکه پوست استخوانی را نشان می‌دهد. با پیشرفت تیرگی‌ها در برخی موارد، منطقه تیره شده کمی فرورفته شده و به واسطه خشکی ایجاد شده، صمغ غلیظی از یک نقطه از پوست دانه بیرون می‌زند اما اثری از جای نیش حشره دیده نمی‌شود. یکی دیگر از علائمی که می‌تواند در شناسایی این عارضه کمک کند وجود بخش‌های سفید رنگ در قسمت‌های

داخلی پوست استخوانی است که با باز کردن و شکافتن میوه قابل مشاهده است (شکل ۶) و بسیار شبیه خسارت آفت سن می‌باشد پوسته استخوانی پسته اغلب در زیر قسمت دارای لکه، نرم و قابل انعطاف می‌گردد که باعث شکسته شدن و بدشکلی این قسمت در فرآیند برداشت و فرآوری پسته می‌شود. البته درصد بالایی از دانه‌های دارای این شرایط وارد مرحله پر شدن مغز نمی‌شوند.



شکل ۵- انواع تیره شدگی دانه‌های پسته (Sadr et al., 2020)



شکل ۶ لکه‌های داخلی پوست استخوانی مربوط به عارضه لکه پوست استخوانی پسته (صدر و همکاران، ۱۳۹۷)



### بررسی زمان وقوع عارضه لکه پوست استخوانی

بعد از طی مراحل گرده‌افشانی، مراحل شکل‌گیری دانه‌های پسته آغاز و تا تشکیل و توسعه کامل میوه ادامه می‌یابد و سپس مرحله سخت‌شدن پوست استخوانی آغاز می‌گردد. این عارضه از مرحله شروع تشکیل پوست استخوانی (در شرایط آب و هوایی استان کرمان تقریباً اواسط اردیبهشت) آغاز و بسیاری از میوه‌های آسیب‌دیده تا اواخر خرداد دچار ریزش می‌شوند. شکل ۷ تصاویر مربوط به خوشه‌های دارای علائم عارضه لکه پوست استخوانی را نشان می‌دهد.



شکل ۷. علائم مربوط به عارضه لکه پوست استخوانی بر روی خوشه‌های پسته

### بررسی نقش عوامل زنده در ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی

در سال‌های اولیه بروز این عارضه، برخی پژوهشگران آن را ناشی از حمله آفت سن (*Leptoglossus clypealis*) دانسته و آنزیم‌های مترشحه از نیش این آفت را باعث ایجاد تیرگی بر پوست پسته معرفی کردند (Bolkan et al., 1984). در پژوهش‌های انجام شده، علائم ناشی از این عارضه، با علائم ناشی از جمله انواع سن‌ها مقایسه شد و مدرکی مبنی بر تأثیر این حشرات در ایجاد این عارضه به‌دست نیامده است (هاشمی‌راد، ۱۳۸۵).

بررسی‌های مقدماتی نشان می‌دهد که تاکنون باکتری‌های بیماری‌زا نقشی در ایجاد این عارضه نداشته‌اند (صدر و همکاران، ۱۳۹۷). بسیاری از کارشناسان و کشاورزان بومی مناطق مورد بررسی، بر این عقیده هستند که این علائم، به‌خصوص تیره و سیاه‌شدگی‌هایی که از رأس و کناره‌ها آغاز شده و باعث ایجاد نرمی در قسمت تیره می‌شود، وابسته به

فعالیت قارچی است به‌طوری که در اصطلاح محلی در برخی مناطق این عارضه را "قارچو" می‌نامند و برای پیش‌گیری از گسترش آن از قارچ کش استفاده می‌کنند.

به همین دلیل در مطالعه‌ای تعدادی از گونه‌های قارچی از روی خوشه‌های دارای علائم شدید لکه پوست استخوانی جداسازی شدند و پس از بررسی‌های بیماری‌شناسی، مشخص شد که هیچکدام از این گونه‌ها نتوانستند علائم مشابه با عارضه لکه پوست استخوانی را بر روی خوشه‌های سالم پسته ایجاد کنند. این گونه‌ها اغلب ساپروفیت بوده و به‌وفور در هوا، خاک، گرد و غبار و بقایای موجودات وجود دارند و در تمام باغ‌ها و مزارع دنیا که حاوی کمی رطوبت و مواد آلی هستند، امکان فعالیت دارند (Doster and Michailides, 1999). از این‌رو به علت استفاده از کودهای دامی و وجود بقایای گیاهی، بدون شک گونه‌های مختلف این قارچ‌ها در خاک وجود دارند و به دنبال انجام فعالیت‌های خاک‌ورزی، پاشش ذرات خاک در اثر بارش باران و وزش باد می‌توانند به اندام‌های هوایی و خوشه‌های جوان منتقل شوند (Sadr et al. 2020) و نمی‌توانند عامل ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی باشند و استفاده از قارچ کش برای پیشگیری، رفع یا کاهش این عارضه لازم نیست.

### بررسی نقش عوامل تغذیه‌ای در ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی

محققین اختلالات تغذیه‌ای از جمله کمبود کلسیم را یکی از دلایل ایجاد این عارضه معرفی نموده‌اند و آن را در گروهی از عواض فیزیولوژیک ناشی از کمبود کلسیم، مانند لکه تلخی سیب دسته‌بندی کردند (هاشمی راد، ۱۳۸۵).

نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از کودهای کلسیم در شروع فصل رشد می‌تواند از شدت عارضه لکه پوست استخوانی بکاهد (Adibfar et al., 2012 ; Sajadian and Hokmabadi, 2011)، اما بسیاری از کشاورزان و کارشناسان دیگر معتقدند که استفاده از کودهای مختلف کلسیم تأثیر چندانی بر کاهش خسارات این عارضه نداشته است. این عدم موفقیت را می‌توان به دخالت عوامل متعددی علاوه بر غلظت کلسیم بر ایجاد و گسترش این عارضه نسبت داد. صدر و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقات خود نشان دادند که به‌طور کلی عارضه لکه پوست استخوانی پسته، تحت تأثیر مجموعه‌ای از ویژگی‌های تغذیه‌ای شامل عدم تعادل برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در خاک و گیاه و همچنین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مانند شوری و بافت خاک ایجاد می‌گردد. اما در رأس همه این عوامل برخی ویژگی‌های تغذیه‌ای هستند که ارتباط نزدیکی با عارضه لکه پوست استخوانی پسته دارند. این ویژگی‌ها شامل غلظت کلسیم، نسبت کلسیم به منیزیم، غلظت مس و شوری خاک هستند که بیشترین تأثیر را بر شدت علائم این عارضه نشان داده است (Sadr et al., 2019). در باغ‌های پسته ممکن است یک یا چند مورد از این ویژگی‌ها در شرایط مناسب نباشد و در نتیجه این موضوع دستیابی به نتیجه مطلوب را ناممکن خواهد کرد. در اینجا لازم است به صورت مختصر توضیحاتی برای چگونگی تأثیر هر کدام از عوامل ذکر شده بر ایجاد این عارضه ذکر کرد.

## کلسیم

غلظت کلسیم هم به صورت مستقل و هم در تناسب با منیزیم، در خاک و گیاه از جمله عواملی است که تأثیر آن بر عارضه لکه پوست استخوانی گزارش شده است (Sadr et al., 2019a, Sadr et al., 2019b). اهمیت کلسیم در گیاه به علت نقش‌های ویژه این عنصر است. برخلاف سایر عناصر پرمصرف، بخش زیادی از کلسیم (حدود ۶۰ درصد کلسیم گیاه) در دیواره سلولی بافت‌های گیاهی قرار دارد و با استقرار در دیواره یاخته‌ای، به عنوان اتصال‌دهنده بین مولکولی، به ترکیب‌های تیغه میانی ثبات بخشیده و ساختمان دیواره یاخته‌ای را حفظ می‌کند. کمبود کلسیم نیز با تأثیر بر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوپوروناز و تولید بیش‌تر اتیلن (تحریک‌کننده فعالیت آنزیم‌های آبکافت‌کننده دیواره یاخته‌ای)، باعث تخریب ساختار پکتین موجود در دیواره سلولی می‌شود که این امر موجب از هم پاشیدگی دیواره سلولی، به خصوص در بخش‌هایی از گیاه که نیاز بیشتری به کلسیم دارند (مانند پوست استخوانی پسته) می‌گردد (Marschner, 1995). این موضوع می‌تواند علت نرم و شکننده شدن پوست استخوانی در میوه‌های پسته با علائم عارضه لکه پوست استخوانی را توجیه کند.

در مطالعات انجام شده در ۹۰ باغ آزمایشی مناطق پسته‌کاری شهرستان‌های رفسنجان و انار در سال ۱۳۹۷ که علائم لکه پوست استخوانی را نشان دادند، گزارش شد که کلسیم تبادلی خاک به طور متوسط حدود ۲۱ میلی‌اکی‌والان بر لیتر است (صدر و همکاران، ۱۳۹۷) که این مقدار از نظر بسیاری از محققان تغذیه گیاهی در حد مطلوب است (Havlin et al., 2016). بنابراین این سؤال مطرح است چرا با وجود آهک فراوان در خاک‌های مناطق پسته‌کاری ایران، کمبود کلسیم در باغ‌های پسته مشاهده می‌شود؟

اگرچه خاک‌های مناطق پسته‌کاری ایران به‌ویژه استان کرمان معمولاً دارای مقادیر زیادی آهک (کربنات کلسیم) هستند، اما این موضوع به معنای تأمین کامل نیاز گیاه به کلسیم نیست. زیرا آهک خاک حلالیت بسیار کمی داشته و مشکل اصلی در اغلب موارد کمبود کلسیم قابل جذب یا محدودیت در انتقال آن در داخل گیاه است، نه کمبود مطلق کلسیم در خاک. کلسیم در گیاه عمدتاً از طریق آوند چوبی (زایلیم) و به روش آپوپلاستی منتقل می‌شود و در مقایسه با سایر عناصر غذایی، یکی از کم‌تحرک‌ترین عناصر در آوند آبکش (فلوئم) است. به همین دلیل، جابه‌جایی مجدد کلسیم از برگ‌های پیر به اندام‌های در حال رشد تقریباً غیرممکن است. این ویژگی کلسیم باعث می‌شود که مقدار تبخیر و تعرق از سطح اندام‌های هوایی نظیر برگ و میوه، تعیین‌کننده مقدار جذب و حرکت یون کلسیم، به طرف اندام مورد نیاز گیاه باشد. نظر به این که میزان تعرق از سطح برگ شدیدتر از سطح میوه است، لذا مقدار کلسیمی که در اختیار میوه قرار می‌گیرد به مراتب کمتر از مقدار کلسیمی است که در اختیار برگ قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، رشد زیاد اندام‌ها با میزان تعرق کم، خطر کاهش غلظت کلسیم بافتی را افزایش می‌دهد و در نتیجه ممکن است علائم کمبود کلسیم در برگ‌ها مشاهده نشود، در حالی که میوه و به خصوص پوست آن به شدت دچار کمبود کلسیم باشد این در حالی است که میوه‌ها بیش از سایر قسمت‌های گیاه به کلسیم نیاز دارند.

بالا بودن pH، حضور آنیون فسفات و کاتیون کلسیم در شیر آوند آبکش، باعث تشکیل نمک های کم محلول فسفات می شود. این نوع نمک ها، عامل کند کننده حرکت کلسیم در آوند آبکش هستند. از طرفی، واکنش یون های کلسیم با اسید های آلی موجود در واکوئل های سلول، می تواند رسوب های کم محلولی را ایجاد کند که امکان حرکت کلسیم را در بین سلول ها از بین می برد. بنابراین کمبود این عنصر بیش تر در اندام های جوان مانند گل ها و میوه ها مشاهده می شود (De Freitas et al., 2015).

### نسبت کلسیم به منیزیم

یکی دیگر از ویژگی هایی که در مطالعات (صدر و همکاران، ۱۳۹۷) به عنوان عامل مؤثر بر ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی معرفی گردید، نسبت دو عنصر کلسیم به منیزیم بود. در تغذیه گیاه پسته، کلسیم نه تنها به صورت مستقل بلکه در تناسب با سایر عناصر از جمله منیزیم نیز باید مورد توجه قرار گیرد. منیزیم دارای اثر دو گانه در سلامت دیواره سلولی بافت های گیاهی است. این عنصر به صورت غیر مستقیم در تشکیل دیواره سلولی نقش دارد این کار را با تأمین انرژی برای سنتز دیواره سلولی انجام می دهد. منیزیم همچنین کوفاکتور آنزیم های سلولز سنتاز (برای تولید سلولز) و آنزیم های تولید همی سلولز و پکتین است و کاهش استحکام، تخریب و عدم تشکیل پوست استخوانی پسته در کمبود منیزیم امکان پذیر است (McFarlane et al., 2014; Cakmak and Engels, 2024).

وقتی غلظت منیزیم در تناسب با کلسیم بالاتر باشد می تواند در مولکول های پکتین جایگزین کلسیم شده و از تشکیل پیوندهای مستحکم پکتات-کلسیم جلوگیری نماید و استحکام این ساختار را کاهش دهد (Prasad, 2010). بنابراین نسبت کلسیم به منیزیم خاک در استحکام دیواره سلولی بسیار مهم است. این عدد اگر کمتر از ۲ باشد باعث اشغال تعداد بیشتری از محل های جذب توسط منیزیم در روی ریشه و جذب بیشتر این عنصر می شود و علائم کمبود کلسیم بروز خواهد نمود و در نسبت های بالاتر از ۵ نیز علائم کمبود منیزیم باعث ایجاد خسارت خواهد شد (Liang & Zhang, 2020).

در بررسی عوامل مؤثر بر عارضه لکه پوست استخوانی در منطقه رفسنجان و انار (صدر و همکاران، ۱۳۹۷)، گزارش شد که میانگین نسبت کلسیم به منیزیم خاک این مناطق، در عمق های ۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۸۰ سانتی متر به ترتیب ۱/۳۷ و ۱/۶۵ می باشد. کم بودن نسبت کلسیم به منیزیم خاک در لایه سطحی به علت تأثیر پذیری از ترکیب یونی آب آبیاری است. نسبت کلسیم به منیزیم خاک در بهترین شرایط بیش از ۲ است و زمانی که این پارامتر کم تر از ۲ شود، گیاه با کمبود کلسیم روبه رو می شود. صدر و همکاران (۱۳۹۷) این شرایط را در اثر افزایش منیزیم از طریق آب آبیاری گزارش کردند و اضافه کردند که، ۷۴ درصد درختان مورد مطالعه در منطقه رفسنجان و انار، با آب دارای نسبت کلسیم به منیزیم کم تر از یک آبیاری می شوند. خشکسالی های مکرر و بهره برداری زیاد از منابع آب های زیر زمینی موجب افت شدید سطح آب و کیفیت آن، از جمله افزایش شدید شوری و در برخی موارد، افزایش نسبی غلظت یون منیزیم شده است (Hosseinifard et al., 2008).

## مس

در میان عناصر کم‌مصرف مؤثر بر عارضه لکه پوست استخوانی، نقش عنصر مس بارزتر گزارش شده است (صدر و همکاران، ۱۳۹۷). جذب مس به وسیله گیاهان تحت تأثیر فاکتورهایی مثل pH، ترکیب شیمیایی و تراکم آن در خاک قرار می‌گیرد. تحرک مس در گیاه در حد متوسط است و به راحتی از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان منتقل نمی‌شود. از این رو علائم اولیه کمبود ابتدا در اندام‌های جوان مانند میوه‌های نورسته دیده می‌شود. غلظت‌های بالای مس در بافت‌های گیاهی می‌تواند به عنوان یک عنصر سمی در نظر گرفته شود که منجر به مهار رشد گیاهان می‌گردد و می‌تواند موجب تغییر در نفوذپذیری غشاء، ساختار کروماتین، فعالیت‌های آنزیمی فرآیندهای تنفس و فتوسنتز و القاء پیری گردد (Tewari et al., 2006).

غلظت مس قابل استفاده گیاهی با افزایش pH و افزایش جذب سطحی آن به وسیله کربنات‌ها کاهش می‌یابد (Mir et al., 2021) از این رو اسیدیته بالا و درصد بالای کربنات موجود در خاک مناطق پسته کاری، شرایط مساعدی را برای عدم جذب کافی این عنصر توسط گیاه فراهم می‌کند. یکی از آشکارترین تغییرات ساختمانی که با کمبود مس تحریک می‌شود، اختلال در فرآیند چوبی شدن دیواره سلولی است (Marschner, 1995). جلوگیری از چوبی شدن در بافتی که کمبود مس دارد، به نقش آنزیم‌های فنولاز و لاکاز مربوط می‌شود که دارای چند اتم مس هستند و در اکسیداسیون فنول‌ها مانند پارا اسید کوماریک که یکی از ترکیبات نخستین برای ساختن لیگنین است، شرکت می‌کنند (Marschner, 1995). در گیاهانی که کمبود مس دارند، ممکن است از جابه‌جایی کلسیم به محل‌های رشد تازه، جلوگیری شود (Brown, 1979; Shahbaz et al., 2015; Printz et al. 2016).

## شوری

شوری از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد و تولید را در بیش‌تر مناطق خشک و نیمه‌خشک در سرتاسر دنیا تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنا به نظر پژوهشگران، شوری خاک، با افزایش غلظت نمک‌ها در خاک پتانسیل اسمزی خاک را کاهش داده و در نتیجه شرایطی مشابه با وضعیت کم‌آبی برای گیاه ایجاد می‌کند. این شرایط باعث محدودتر شدن جذب آب در ریشه‌ها می‌گردد. همچنین گیاه برای حفظ تعادل رطوبتی اقدام به بستن روزنه‌ها و کاهش تعرق می‌کند (Zhou et al., 2024). در این میان، عناصری که از طریق آوندهای چوبی به میوه می‌رسند بیش از سایر عناصر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بالا بودن شوری باعث غیرفعال شدن فیزیولوژیکی برخی عناصر غذایی ضروری شده و در نتیجه موجب افزایش میزان نیاز درونی گیاه به آن عنصر می‌گردد. عدم تعادل عناصر غذایی در شرایط شور، باعث بالا رفتن غلظت سدیم و رقابت آن با جذب پتاسیم و کلسیم می‌شود و گیاه کمبود این دو عنصر را نشان می‌دهد (Munns and Tester, 2008). سدیم اتصال کلسیم با غشاء پلاسمایی را کاهش داده و ورود کلسیم به سلول را کم می‌کند. تنش آبی در گیاه باعث کاهش فشار ریشه‌ای و افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در بافت میوه و آسیب دیدن غشای پلاسمایی می‌شود (De Freitas and Mitcham, 2012).



نتایج مشاهدات اخیر و گزارش‌های رسیده نشان می‌دهد که طولانی‌تر شدن دوره‌های آبیاری در سال‌های اخیر – که در برخی مناطق به بیش از ۷۵ روز نیز رسیده است – همراه با فقدان آب‌شویی کافی در لایه‌های عمقی خاک، موجب افزایش شوری در این لایه‌ها شده است. همچنین کاهش حدود ۵۰ درصدی میانگین بارندگی سالیانه و افزایش دمای هوا به میزان تقریبی دو درجه سلسیوس طی دو دهه گذشته (بر اساس داده‌های اداره هواشناسی شهرستان رفسنجان) این روند را تشدید کرده و در نتیجه، خسارات ناشی از شوری در سال‌های اخیر به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است.

### بررسی نقش رطوبت در ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی

بر اساس گزارش‌ها و تجربیات کشاورزان و کارشناسان و تحقیقات انجام شده (محمدی و همکاران، ۱۴۰۰) رطوبت خاک و محیط بر بروز علائم لکه پوست استخوانی مؤثر است. بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده که پیش از این نیز به آن اشاره شد، جذب کلسیم که یکی از پارامترهای مؤثر بر این عارضه معرفی شده است، به شدت وابسته به میزان تعرق گیاه است. ارتباط رطوبت محیط با تعرق گیاه یک رابطه‌ی مستقیم و بسیار حساس است. وقتی رطوبت هوا کم باشد (مثلاً در هوای خشک یا بادخیز)، اختلاف فشار بخار بین داخل برگ (که بسیار مرطوب است) و محیط زیاد می‌شود. در این حالت تعرق افزایش می‌یابد، چون آب با شدت بیشتری از سلول‌های برگ به هوای خشک اطراف منتقل می‌شود. وقتی رطوبت هوا زیاد باشد (مثلاً در هوای مرطوب یا بارانی)، اختلاف فشار بخار آب بین داخل برگ و محیط اطراف کاهش می‌یابد. از آنجا که تعرق بر پایه‌ی این اختلاف فشار بخار کار می‌کند، در رطوبت بالا، میزان تعرق کاهش پیدا می‌کند (Zhang et al., 2024; Driesen et al., 2020). بنابراین در رطوبت‌های بالا که میزان تعرق کاهش پیدا می‌کند جذب آب توسط ریشه گیاه نیز کم شده و متعاقب آن جذب کلسیم نیز کاهش می‌یابد. اگر این شرایط در زمانی که درخت به کلسیم زیادی نیاز دارد مثلاً در زمان سخت شدن پوست استخوانی، اتفاق افتد امکان ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی افزایش پیدا می‌کند. این شرایط در مورد آبیاری باغ‌ها نیز صدق می‌کند. بسته به نوع خاک و شرایط اقلیمی، اثر آبیاری بر کاهش تعرق معمولاً بین چند ساعت تا چند روز باقی می‌ماند (Allen et al., 1998). در خاک‌های شنی با ظرفیت نگهداری کم، رطوبت سریع‌تر کاهش یافته و تعرق زودتر بالا می‌رود در حالی که در خاک‌های رسی یا دارای مواد آلی بیشتر، نگهداری آب بیشتر بوده و تعرق تا چند روز می‌تواند پایین باقی بماند. اگر رطوبت فقط در لایه‌های سطحی تأمین شود، زودتر از حالت اشباع خارج شده و تعرق افزایش می‌یابد ولی آبیاری عمیق‌تر که ریشه‌های فعال را هدف بگیرد، زمان بیشتری تعرق را کنترل می‌کند.

محمدی و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی اثر آبیاری در مراحل شکل‌گیری میوه پسته از مرحله ارزنی شدن میوه تا سخت شدن پوست استخوانی بر ایجاد عارضه لکه پوست استخوانی به این نتیجه رسیدند که زمانی که دانه پسته به مرحله رشد ۵۰ درصد می‌رسد، پس از آبیاری، به این عارضه بسیار آسیب‌پذیرتر می‌شود. مرحله ارزنی شدن در رده بعدی حساسیت قرار دارد و زمانی که دانه به حداکثر رشد خود می‌رسد کمترین حساسیت به آبیاری را خواهد داشت هر چند که نمی‌توان از حجم خسارتی که در اثر آبیاری و بروز علائم لکه پوست استخوانی ایجاد می‌شود چشم‌پوشی کرد. محلول‌پاشی بر

روی درختان نیز می‌تواند رطوبت تاج پوشش را به‌طور موقت افزایش دهد. محلول‌پاشی می‌تواند رطوبت نسبی اطراف تاج پوشش را به صورت موقت افزایش دهد، اما این اثر پس از ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در شرایط معمولی باد و دمای متوسط از بین می‌رود. وقتی آب روی برگ‌ها و شاخه‌ها پاشیده می‌شود، تبخیر آن رطوبت موضعی را در اطراف تاج پوشش افزایش می‌دهد همچنین خنک‌سازی تبخیری ناشی از محلول‌پاشی می‌تواند دمای برگ را کاهش داده و در نتیجه منجر به کاهش تعرق می‌شود (Jones, 2014). بنابراین رطوبت بالای ناشی از محلول‌پاشی ممکن است به‌طور موقت باعث بسته شدن جزئی روزنه‌ها و کاهش تعرق گردد و شرایط برای ایجاد علائم عارضه لکه پوست استخوانی هر چند به صورت کوتاه مدت، فراهم گردد.

### راهکارهای کاهش خسارات ناشی از لکه پوست استخوانی

به طور کلی روش مدیریت تغذیه هر باغ برای کاهش عارضه لکه پوست استخوانی منحصر به خودش است و نمی‌توان برای باغ دیگر مورد استفاده قرار گیرد. توصیه می‌گردد جهت تنظیم و تأمین تعادل عناصر غذایی، هر سال خصوصیات شیمیایی آب آبیاری و وضعیت عناصر غذایی خاک و برگ درخت مورد آزمون قرار گیرد. پس از این آزمون مشخص خواهد شد که کدامیک از عناصر مذکور در شرایط نامتعادل هستند و می‌توان توصیه‌های کودی مناسب و اقتصادی را در مسیر کاهش خسارت عارضه لکه پوست استخوانی با کمترین هزینه و کمترین مصرف کود ارائه داد.

در شرایطی که نسبت کلسیم به منیزیم در خاک و آب آبیاری کمتر از ۲ است و یا غلظت کلسیم قابل جذب خاک کمتر از حد استاندارد است و نیاز به کوددهی در باغ وجود دارد، بهتر است این کوددهی به صورت خاکی از اسفند تا اردیبهشت ماه انجام گیرد تا در زمان نیاز پسته به کلسیم (اردیبهشت و خرداد)، این عنصر به اندازه کافی در دسترس ریشه قرار گیرد.

شواهد زیادی وجود دارد که تنها محلول‌پاشی کودهای حاوی کلسیم در باغ‌های دارای عارضه لکه پوست در زمان سخت شدن پوست استخوانی پسته نتوانسته تأثیر معنی‌داری بر کاهش عارضه لکه پوست استخوانی بگذارد چرا که محلول‌پاشی کلسیم در زمانی انجام می‌گیرد که محل‌های رقابت‌کننده برای جذب کلسیم نظیر برگ‌ها، میوه‌ها و سلول‌های مریستمی، هر سه در حال رشد هستند و نیاز زیادی به کلسیم دارند بنابراین هر کدام جداگانه بر حرکت کلسیم اثر می‌گذارند و بخش زیادی از کلسیم جذب شده از طریق محلول‌پاشی برگ به مصرف اندام‌هایی که مصرف‌کننده‌های قوی‌تری (نظیر جوانه انتهایی) هستند، می‌رسد. از آنجا که حرکت کلسیم از برگ به میوه بسیار کند و ناچیز است بنابراین کلسمی که در اثر محلول‌پاشی ترکیبات محتوی کلسیم توسط برگ جذب می‌شود، قبل از آنکه در اختیار میوه قرار گیرد، احتمالاً در برگ و شاخه سال جاری به مصرف می‌رسد و نقش قابل توجهی در برطرف کردن کمبود کلسیم میوه نخواهد داشت (شرافتی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین تأکید بر آن است که در شرایط کمبود کلسیم تغذیه خاکی و تأمین کلسیم از اسفند ماه مورد توجه قرار گیرد. لازم به یادآوری است که محلول‌پاشی به واسطه بالا بردن رطوبت نسبی تاج پوشش گیاهی، ممکن است مدت کوتاهی باعث کاهش جذب کلسیم از ریشه گردد لذا توصیه می‌گردد که اگر ضرورت به انجام محلول‌پاشی کلسیم در باغ وجود دارد این امر در صبح زود و زمانی انجام شود که

درخت بعد از آن در معرض نور آفتاب قرار گیرد و رطوبت هوا سریعتر کاهش یابد تا فرآیند جذب ریشه‌ای کلسیم مختل نشود و همچنین محلولپاشی بر روی خوشه در اولویت قرار گیرد چرا که انتقال کلسیم از برگ به میوه بسیار اندک است.

تأخذ ممکن باید سعی شود که از زمانی که میوه پسته به ۵۰ درصد رشد خود می‌رسد (اصطلاحاً نخودی شدن) تا سخت شدن پوست استخوانی از آبیاری و محلولپاشی درختان اجتناب شود. این اقدامات در این مرحله رطوبت نسبی باغ را کاهش داده و باعث بالا رفتن تعرق تاج پوشش و افزایش جذب عنصر کلسیم از خاک می‌گردد که در این مرحله از رشد پسته بسیار پرنیاز است. خوشبختانه تحقیقات انجام شده در مورد حساسترین زمان آبیاری در مراحل مختلف رشد درختان پسته (از فروردین تا مهر) بر روی میزان عملکرد نشان می‌دهد که روش کم‌آبیاری تنظیم‌شده، اعمال تنش خشکی در مرحله دوم رشد درختان پسته (سخت شدن پوست استخوانی) که معمولاً اواخر اردیبهشت تا اواخر خرداد ماه می‌باشد، کمترین تأثیر منفی را بر میزان محصول درختان پسته دارد (Goldhamer et al., 2004).

برای اغلب کشاورزان که مالک ۶ دانگ یک چاه نیستند یا دوره‌های آبیاری طولانی دارند و در صورت از دست دادن یک دور آبیاری باغشان در معرض کم‌آبی طولانی مدت قرار می‌گیرد، اجرای روش کم‌آبیاری تنظیم‌شده مقدور نیست بنابراین پیشنهاد می‌گردد در این زمان، از آبیاری سبک استفاده شود و تا حد ممکن برنامه آبیاری را به گونه‌ای طراحی کنند که در این زمان رقم‌های مقاوم‌تر به لکه پوست استخوانی آبیاری شوند. این توصیه برای باغ‌هایی که در سال‌های قبل این عارضه را مشاهده کرده‌اند و کمبود کلسیم و نسبت پایین کلسیم به منیزیم در باغ آنها پس از انجام آزمایش‌های خاک و آب محرز شده است، باید جدی‌تر مورد توجه قرار گیرد.

عملیات خاک‌ورزی و بالا رفتن نفوذ پذیری خاک در خاک‌های سنگین نیز می‌تواند در کاهش سریعتر رطوبت خاک پس از آبیاری به حد ظرفیت زراعی و بازگشت جذب کلسیم به حالت عادی مؤثر باشد بنابراین غفلت از خاک‌ورزی بخصوص در خاک‌های با بافت سنگین می‌تواند خسارت عارضه را بالاتر ببرد.

همانطور که بالا رفتن رطوبت به طور مستقیم باعث کاهش تعرق می‌گردد، افت رطوبت خاک و خشکی بیش از حد نیز باعث عکس‌العمل گیاه و بستن روزنه‌ها برای مقابله با از دست دادن آب می‌شود و این امر نیز جذب کلسیم از ریشه را متوقف می‌کند. بنابراین کم‌آبی نیز مانند کیفیت پایین آب آبیاری می‌تواند بروز و خسارات این عارضه را افزایش دهد. متأسفانه طی سال‌های اخیر مشکل شوری آب و خاک بیش از پیش گریبان اراضی پسته‌کاری، بخصوص استان کرمان و منطقه رفسنجان را گرفته است، از این رو در طولانی مدت با اجرای راهکارهای علمی و عملی در باغات پسته می‌توان از خسارات ناشی از شوری و به تبع آن عارضه لکه پوست استخوانی کاست.

توصیه این است که از زمان نخودی شدن دانه پسته تا تکمیل پوست استخوانی از مصرف کودهای ازت دار اجتناب شود، زیرا کودهای ازته به هر شکلی که باشند اولین تأثیر خود را بر بالا بردن تاج پوشش گیاه خواهند گذاشت و این امر باعث افزایش تعرق برگ‌ها شده و کلسیم جذب شده بیش از پیش به سمت برگ‌ها حرکت کرده و میوه‌ها که در این زمان به کلسیم بیشتری نیاز دارند دچار کمبود کلسیم می‌گردند.

در خاک‌های آهکی که معمولاً غنی از کلسیم هستند، نسبت کلسیم به منیزیم گاه بیش از ۵ نیز مشاهده می‌شود (Demattê, 2011). در چنین شرایطی، مصرف کودهای حاوی منیزیم تنها در صورتی توصیه می‌گردد که کمبود واقعی منیزیم در خاک یا گیاه تأیید شده باشد و یا نسبت کلسیم به منیزیم در خاک بیش از ۵ و در آب آبیاری بیش از ۴ باشد. استفاده هدفمند از این کودها می‌تواند به حفظ تعادل بین این دو عنصر و بهبود جذب آنها توسط درخت کمک کند. با این حال، تعیین میزان بهینه مصرف ترکیبات منیزیم‌دار در اراضی پسته کاری نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر و پژوهش‌های تکمیلی است.

مس یک عنصر ضروری برای پسته است، اما مدیریت دقیق آن بر اساس آزمون خاک و برگ ضروری است. از این رو، به‌ویژه در شرایطی که آزمون خاک یا برگ کمبود مس را نشان می‌دهد، استفاده از کودهای کلات مس گزینه‌ای برتر نسبت به سولفات مس است. کلات مس با محافظت از یون مس در مقابل رسوب و تثبیت، امکان انتقال آن به نزدیکی ریشه را افزایش می‌دهد و احتمال هدررفت مس را کاهش می‌دهد (Flaten et al., 2004) اگرچه هزینه اولیه کلات مس ممکن است بیشتر باشد، اما در خاک‌های با چالش‌های شدید شیمیایی، بازده واقعی و مؤثر آن اغلب بالاتر خواهد بود. در مقابل، مصرف نامتناسب سولفات مس ممکن است بخش قابل توجهی از مس مصرفی را به شکل نامحلول در خاک ذخیره کند و در عین حال با ایجاد رقابت منفی، جذب عناصری مانند آهن و روی را مختل نماید (Kumar et al., 2021). از سوی دیگر، مصرف بیش از حد سولفات مس می‌تواند باعث سمیت گردد و منجر به اختلالات در رشد گیاه و کاهش جمعیت میکروبی خاک شود. همین ویژگی سمی در کاربردهای کشاورزی باعث شده است که سولفات مس و ترکیبات مسی به‌عنوان عوامل قارچ‌کش استفاده شوند (Elhawat et al., 2013). بنابراین، توصیه می‌شود در باغ‌های پسته‌ای با خاک‌های آهکی و pH بالا، مدیریت تغذیه مس با تکیه بر آزمون دقیق خاک و برگ انجام شود، و در صورت کمبود، استفاده از کودهای کلات مس با دوز بهینه و متعادل ترجیح یابد تا هم کارایی مصرف بالا رود و هم خطرات سمیت و تداخل عناصر کاهش یابد.

## نتیجه‌گیری

عارضه لکه پوست استخوانی، تحت تأثیر مجموعه‌ای از ویژگی‌های تغذیه‌ای و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک ایجاد می‌گردد و نمی‌توان تنها یک ویژگی را به‌عنوان عامل این پدیده معرفی کرد اما غالب عوامل مؤثر در ایجاد این پدیده، آبیاری و خصوصیات تغذیه‌ای هستند. از خصوصیات تغذیه‌ای، غلظت کلسیم، منیزیم، مس و همچنین شوری از اهمیت بالاتری برخوردار هستند، هر چند این مطلب نقش سایر خصوصیات تغذیه‌ای مانند غلظت فسفر، درصد ماده آلی و بافت خاک را نقض نمی‌کند. آنچه اهمیت دارد این است که غلظت بهینه عناصر غذایی برای کاهش این پدیده ضروری است. بنابراین می‌توان علاوه بر مدیریت کودی با کنترل عوامل محیطی مانند رطوبت نسبی باغ تا حدی شرایط را برای حفظ جذب بهینه عناصر غذایی فراهم نمود. از آنجا که عوامل مختلفی به صورت مستقیم و غیر مستقیم می‌توانند شدت این عارضه را تحت تأثیر قرار دهند بنابراین مدیریت کودی واحدی را برای کنترل این عارضه نمی‌توان پیشنهاد داد.

**مهمترین پیام نشریه:**

عواملی نظیر، غلظت کلسیم، منیزیم، مس و شوری آب و خاک، در شدت عارضه لکه پوست استخوانی درختان پسته موثر است. بهترین راهکار برای کاهش عارضه لکه پوست استخوانی پیشگیری از وقوع این عارضه است. بررسی‌های کارشناسی آزمون‌های سالانه خاک و آب و توصیه‌های کودی که بنا بر شرایط هر باغ متفاوت از باغ دیگر است در زمان مناسب، می‌تواند از خسارات این عارضه بکاهد.



## منابع

- صدر، س.، مظفری، و.، شیرانی، ح.، علایی، ح. و تاج آبادی پور، ا. ۱۳۹۷. سبب‌شناسی عارضه‌ی لکه پوست استخوانی میوه‌ی پسته و شناسایی عوامل مؤثر بر آن با روشهای نوین مدلسازی. پایان نامه مقطع دکتری، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان. ۱۰۴ صفحه.
- محمدی محمدآبادی، ا.، حسینی فرد، س. ح.، تاج آبادی پور، ع. و صداقتی، ن. ۱۴۰۰. بررسی اثر آبیاری مراحل اولیه رشد و توسعه میوه بر عارضه لکه پوست استخوانی در میوه پسته. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پژوهشکده پسته کشور. ۴۳ صفحه.
- هاشمی‌راد، ح.، حیدری نژاد، ع.، محمدی محمدآبادی، ا. و ابوسعیدی، د. ۱۳۸۵. شناسایی و بررسی عوامل ایجاد کننده عارضه اضمحلال پوست استخوانی (Lesion Endocarp) در میوه پسته. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پژوهشکده پسته کشور. ۴۰ صفحه.
- Adibfar, S., Mostafavi, M., and S.J. Hoseinifard. (2012). Does foliar CaCl<sub>2</sub> application control pistachio endocarp lesion. *Thai Journal of Agricultural Science*, 45(4), 233-239
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and M. Smith. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.
- Bolkan, H.A., Ogawa, J.M., Rice, R., Bostock, R.M. and J.C. Crane. (1984). Leaf-footed bug implicated in pistachio epicarp lesion. *California Agriculture*, 38, 16-17.
- Brown, J.C. (1979). Role of calcium in micronutrient stresses of plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 10, 459-472.
- Cakmak, I., and C. Engels. (2024). Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In *Mineral nutrition of crops* (pp. 141-168). CRC Press.
- Demattê, J.L.I. (2011). Ação do gesso e do calcário na relação cálcio: magnésio do solo e na produtividade da cana-de-açúcar. *Informações agrônomicas*, 136, 10-16.
- De Freitas, S.T., Amarante, C.V.T. and E.J. Mitcham. (2015). Mechanisms regulating apple cultivar susceptibility to bitter pit. *Scientia Horticulturae*, 186, 54-60.
- De Freitas, S.T., and E. Mitcham. (2012). Factors involved in fruit calcium deficiency disorders. *Horticultural Reviews*, 40, 107-146.
- Doster, M.A. and T.J. Michailides. (1999). Relationship between shell discoloration of pistachio nuts and incidence of fungal decay and insect infestation. *Plant Disease*, 83, 259-264.
- Driesen, E., Van den Ende, W., De Proft, M., and W. Saeys. (2020). Influence of environmental factors light, CO<sub>2</sub>, temperature, and relative humidity on stomatal opening and development: A review. *Agronomy*, 10(12), 1975.
- Elhawat, N., Alshaal, T.A., Kratz, S., Domokos-Szabolcsy, É., El-Ramady, H.R., Prokisch, J., ... and M.G. Fári. (2013). Ecotoxicology of copper in horticultural soils: a review.
- Ferguson, L., Beede, R., Freeman, M., Haviland, D., Holtz, B. and C. Kallsen. (2005). *Pistachio Production Manual*. Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, California.
- Flaten, P.L., Karamanos, R.E., and F.L. Walley. (2004). Mobility of copper from sulphate and chelate fertilizers in soils. *Canadian journal of soil science*, 84(3), 283-290.
- Goldhamer, D.A., and R.H. Beede. (2004). Regulated deficit irrigation effects on yield, nut quality and water-use efficiency of mature pistachio trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4), 538–545. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511802>
- Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and J.D. Beaton. (2016). *Soil Fertility and Fertilizers*. Pearson Education India.
- Hosseini-fard, J., Salehi, M.H., Esfandiarpour, I. and J. Mohammadi. (2008). Spatial variability of groundwater quality and its relationship with pistachio yield in Anar region, Iran. *Journal Applied Sciences*, 8(20), 3697-3702.
- Kumar, V., Pandita, S., Sidhu, G. P. S., Sharma, A., Khanna, K., Kaur, P., ... and R. Setia. (2021). Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: A comprehensive review. *Chemosphere*, 262, 127810.

- Liang, M., and S. Zhang. (2020). Why Are Crops Prone to Show Symptoms of Calcium Deficiency in *Abnormal Weather*. 1(1), 17–23. <https://doi.org/10.36956/RWAE.V1I1.164>
- Jones, H.G. (2014). *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*. Cambridge university press.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press London
- McFarlane, H.E., Döring, A., and S. Persson (2014). The cell biology of cellulose synthesis. *Annual review of plant biology*, 65(1), 69-94.
- Mir, A.R., Pichtel, J. and Hayat, S. (2021). Copper: uptake, toxicity and tolerance in plants and management of Cu-contaminated soil. *Biometals*, 34, 737–759. <https://doi.org/10.1007/s10534-021-00306-z>
- Munns, R., and M. Tester. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. . *Annual review of plant biology*, 59(1), 651-681.
- Prasad, R. (2010). Calcium/magnesium ratio and water potential effects on forage quality and pectin concentration. <https://doi.org/10.33915/ETD.3015>
- Printz, B., Guerriero, G., Sergeant, K., Audinot, J.N., Guignard, C., Renaut, J., Lutts, S., and J.F. Hausman. (2016). Combining -Omics to Unravel the Impact of Copper Nutrition on Alfalfa (*Medicago sativa*) Stem Metabolism. *Plant and Cell Physiology*, 57(2), 407–422. <https://doi.org/10.1093/PCP/PCW001>
- Sadr, S., Mozafari, V., Shirani, H., Alaei, H., and A.TagabadiPour. (2019a). Selection of the most important features affecting pistachio endocarp lesion problem using artificial intelligence techniques. *Scientia horticulturae*, 246, 797-804.
- Sadr, S., Mozafari, V., Alaei, H., Shirani, H., and A. Tajabadi Pour. (2020). Etiology and incidence of pistachio endocarp lesion disorder in pistachio orchards of Kerman province, Iran. *Journal of Crop Protection*, 9(1), 115-127.
- Sadr, S., Mozafari, V., Shirani, H., Alaei, H., TagaadiPour, A., and A. Rajabi Behjat. (2019b). Control of pistachio endocarp lesion by optimizing the concentration of some nutrients using taguchi method, *Scientia horticulturae*, 256, 108575
- Sajadian, H. and H. Hokmabadi. (2011). Investigation on Effects of Calcium Nitrate, Calcium Sulfate (soil application) and Calcium chelate as foliar spray on endocarp lesion disorder and some qualitative characteristics of pistachio nut Cv. Akbari. *International Journal of Nuts and Related Sciences (IJNRS)*, 2: 23-28.
- Shahbaz, M., Ravet, K., Peers, G., and M. Pilon. (2015). Prioritization of copper for the use in photosynthetic electron transport in developing leaves of hybrid poplar. *Frontiers in Plant Science*, 6, 407. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2015.00407>
- Tewari, R.K., Kumar, P. and P.N. Sharma. (2006). Antioxidant responses to enhanced generation of superoxide anion radical and hydrogen peroxide in the copper-stressed mulberry plants. *Planta*, 223, 1145-1153.
- Zhang, J., Chen, X., Song, Y., and Z. Gong. (2024). Integrative regulatory mechanisms of stomatal movements under changing climate. *Journal of Integrative Plant Biology*, 66(3), 368-393.
- Zhou, H., Shi, H., Yang, Y., Feng, X., Chen, X., Xiao, F., ... and Y. Guo. (2024). Insights into plant salt stress signaling and tolerance. *Journal of Genetics and Genomics*, 51(1), 16-34.

# Pistachio Endocarp Lesion (Physiology and Coping Strategies)

By:

S. Sadr

M. Nadi

پژوهشکده پسته

رفسنجان: میدان شهید حسینی

تلفن: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۴

دورنگار: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۸

Web: <http://pri.ir>

