

## اثر محلول پاشی کاراجینان روی برخی صفات رویشی و زایشی پسته رقم اوحدی

مریم سلطانی<sup>۱</sup>، زهرا پاک کیش<sup>۱</sup> و سهیلا محمدرضاخانی<sup>۲\*</sup>

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

### چکیده

در این مطالعه، اثر محلول پاشی کاراجینان (Carrageenan)، بعنوان یک ترکیبات فعال زیستی، بر صفات مورفوفیزیولوژیک و زایشی پسته رقم اوحدی بررسی شد. محلول پاشی‌ها در چهار غلظت (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و در دو زمان ۱۰ و ۲۰ روز پس از مرحله تمام گل انجام شد و طرح آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی طراحی گردید. نتایج نشان داد که کاراجینان توانست رشد رویشی و زایشی پسته را به شکل قابل توجهی تحریک کند؛ به گونه‌ای که محلول پاشی با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر در ۲۰ روز پس از تمام گل سطح برگ را تا ۴۹ درصد و شاخص کلروفیل را تا ۴۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. این افزایش‌ها به دلیل تقویت تقسیم سلولی، بهبود فتوسنتز و افزایش تولید مواد پرورده در گیاه رخ داد. همچنین، درصد پوکی و میوه‌های بدشکل کاهش چشمگیری داشت و درصد خندانی تا ۸۹ درصد ارتقا یافت، در حالی که درصد ناخندانی و میوه‌های نامطلوب به شکل قابل توجهی کاهش یافت. از سوی دیگر، وزن خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن میوه، انس میوه و عملکرد نهایی نیز افزایش چشمگیری نشان دادند؛ به طوری که عملکرد نهایی تا ۵۰ درصد نسبت به شاهد بهبود یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهند که کاراجینان با تنظیم تعادل هورمونی، افزایش جذب مواد مغذی و کاهش تنش‌های فیزیولوژیک، می‌تواند کیفیت و کمیت پسته را به شکل مؤثری ارتقا دهد. بنابراین، غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر کاراجینان در ۲۰ روز پس از تمام گل به عنوان نقطه بهینه برای افزایش صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد اقتصادی پسته پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پسته، کاراجینان، کلروفیل.

<sup>۱</sup> بخش مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

<sup>۲</sup> محقق، بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، جیرفت، ایران.

\* نویسنده مسئول: smohammadrezakhani@yahoo.com

## مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) از خانواده سماق (Anacardiaceae) یکی از محصولات استراتژیک و ارزشمند کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. این میوه نه تنها به دلیل ارزش غذایی بالا و فواید سلامت محور شناخته شده است، بلکه با قابلیت ذخیره‌سازی طولانی و بازار صادراتی گسترده، نقش مهمی در تقویت اقتصاد غیرنفتی کشورها ایفا می‌کند. اهمیت پسته در صنعت کشاورزی و اقتصاد صادراتی، آن را به یک محصول کلیدی برای بهبود درآمد باغداران و توسعه پایدار کشاورزی تبدیل کرده است (Mohammadi *et al.*, 2016).

کودهای زیستی به مجموعه‌ای از مواد نگهدارنده یا فرآورده‌های متابولیکی ریزجانداران مفید گفته می‌شود که عمدتاً برای تأمین عناصر غذایی گیاه و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک به منظور رشد و نمو بهینه آن به کار می‌روند. یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین انواع این کودها، عصاره‌های جلبک دریایی هستند. این عصاره‌ها حاوی مجموعه‌ای از فیتوهورمون‌ها شامل اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها، اسید آبسزیک و براسینواستروئیدها بوده و می‌توانند رشد و توسعه گیاهان را به شکل قابل توجهی تحریک کنند (MacKinnon *et al.*, 2010). تیمار گیاهان با کاراجینان و مشتقات آن منجر

به تجمع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، فعال‌سازی مسیره‌های سیگنالینگ سالیسیلات، جاسمونات، اتیلن و افزایش بیان پروتئین‌های مرتبط با دفاع گیاهی و آنزیم‌های محافظتی می‌شود. این فرآیند در نهایت موجب افزایش سنتز ترپن‌ها، ترپنوئیدها، فنیل پروپانوئیدها و آلکالوئیدها شده و توان گیاه در مقابله با تنش‌ها و بیماری‌ها را ارتقا می‌دهد (Khan *et al.*, 2009). در سال‌های اخیر، عصاره‌های جلبک دریایی به عنوان جایگزینی پایدار برای کودهای شیمیایی در کشاورزی مدرن به کار گرفته شده‌اند و نقش مهمی در بهبود عملکرد، افزایش کیفیت محصول و حفظ سلامت خاک ایفا می‌کنند (MacKinnon *et al.*, 2010).

استفاده از کودهای جلبک دریایی در کشاورزی دارای مزایای متعددی است که موجب ارتقای عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود. از جمله اثرات مثبت این کودها می‌توان به تقویت رشد و گسترش ریشه‌ها، بهبود جوانه‌زنی و سرعت رشد بذرها، به تأخیر انداختن پیری میوه‌ها و افزایش عمر پس از برداشت اشاره کرد. علاوه بر این، جلبک‌ها با افزایش توان و مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده و ارتقای کمیت و کیفیت میوه‌ها، نقش مهمی در بهبود بهره‌وری کشاورزی ایفا می‌کنند (Hernandez-Herrera *et al.*, 2014). جلبک‌ها همچنین به عنوان یک عامل محافظ طبیعی در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی شناخته می‌شوند؛ آن‌ها با افزایش تخلخل

خاک، ظرفیت نگهداری آب و کاهش شوری خاک، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود می‌بخشند (Sridhar et al., 2011). علاوه بر این، ترکیبات موجود در جلبک‌ها شامل اسیدهای چرب، آمینواسیدها، پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، مونوساکاریدها، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند که اثرات زیستی ارزشمندی دارند و برخی از آن‌ها دارای خواص آنتی‌بیوتیکی، ضدویروسی، ضدقارچی و حتی ضدسرطانی می‌باشند (Sridhar et al., 2011). این ویژگی‌ها باعث می‌شوند که عصاره جلبک دریایی نه تنها به عنوان یک محرک زیستی رشد گیاه طبیعی بلکه به عنوان یک ابزار پایدار و دوستدار محیط زیست برای افزایش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی، از جمله پسته، مورد استفاده قرار گیرد.

استفاده از عصاره جلبک دریایی به عنوان یک محرک زیستی طبیعی، در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است و اثرات مثبت آن بر رشد، توسعه مورفولوژیکی، فتوسنتز و عملکرد محصولات مختلف به اثبات رسیده است. این عصاره‌ها حاوی مجموعه‌ای از فیتوهورمون‌ها شامل اکسین، سیتوکینین، جیبرلین، اسید آبسازیک و براسینواسترئوئیدها هستند که می‌توانند رشد رویشی و زایشی گیاهان را به طور همزمان تحریک کنند (MacKinnon et al., 2010).

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی می‌تواند اندازه، وزن و عملکرد میوه‌ها را در گیاهان مختلف افزایش دهد. به عنوان نمونه، انگور (Norrie & Keathley, 2006)، توت‌فرنگی (Alam et al., 2013) و زیتون (Houliaras et al., 2009C). پس از تیمار با عصاره جلبک دریایی بهبود قابل توجهی در عملکرد میوه و کیفیت محصول نشان داده‌اند. در گیاه گوجه‌فرنگی، محلول پاشی برگ‌گی عصاره جلبک طی رشد رویشی موجب افزایش اندازه، وزن و عملکرد میوه شده است که این اثرات عمدتاً به وجود هورمون‌های رشد مانند اکسین، جیبرلین، کینتین و زآتین نسبت داده می‌شود (Crouch & Van Staden, 1993; Perez et al., 2007).

همچنین، تیمار گیاهان با عصاره جلبک دریایی می‌تواند موجب فعال‌سازی مسیرهای دفاعی و آنتی‌اکسیدانی شود و در نتیجه مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش دهد (Khan et al., 2009). در مطالعات اخیر نشان داده شده است که استفاده از عصاره‌های جلبک دریایی می‌تواند جوانه‌زنی بذر را بهبود بخشد، رشد ریشه و شاخساره را تحریک کند، پیری میوه‌ها را به تأخیر اندازد و عمر پس از برداشت محصولات را افزایش دهد (Hernandez-Herrera et al., 2014).

هدف این مطالعه بررسی اثرات محلول‌پاشی کاراجینان بر صفات رویشی و زایشی پسته رقم اوحدی و تعیین بهینه‌ترین غلظت و زمان مصرف برای ارتقای کیفیت و عملکرد محصول بود. این پژوهش تلاش می‌کند تا نشان دهد که استفاده از زیست محرکه های طبیعی می‌تواند با تقویت فتوسنتز، بهبود سطح برگ و شاخص کلروفیل، تنظیم تعادل هورمونی و افزایش تولید مواد پرورده، به عنوان یک ابزار پایدار و دوستدار محیط زیست، عملکرد اقتصادی پسته را به شکل قابل توجهی افزایش دهد و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی ارائه دهد. در نهایت، هدف، ارائه راهبردی علمی و عملی برای بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک و افزایش کمیت و کیفیت پسته در باغات تجاری است.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۰ در یک باغ تجاری پسته واقع در فاصله ۷۰ کیلومتری استان کرمان، حومه شهرستان زرنند، با طول و عرض جغرافیایی "۴۶' ۴۸' ۳۰° شمالی و "۵۰' ۳۳' ۵۶° شرقی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار در دو زمان اجرا گردید. مطالعه بر روی درختان ۱۵ ساله پسته رقم اوحدی در یک باغ تجاری در شهرستان زرنند در استان کرمان، انجام شد که در سال مورد بررسی، درختان سال پر باری را تجربه کردند. برای

از جنبه خاکشناسی، جلبک‌ها با افزایش تخلخل خاک، ظرفیت نگهداری آب و کاهش شوری، شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب‌تری برای رشد گیاهان فراهم می‌کنند (Sridhar *et al.*, 2011). علاوه بر این، عصاره‌های جلبک دریایی حاوی اسیدهای چرب، آمینواسیدها، پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، مونوساکاریدها، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند که علاوه بر اثرات رشدزا، دارای خواص آنتی‌بیوتیکی، ضدویروسی و ضدقارچی می‌باشند (Sridhar *et al.*, 2011).

مطالعات نشان داده‌اند که عصاره جلبک دریایی می‌تواند به بهبود فتوسنتز، افزایش سطح برگ، افزایش شاخص کلروفیل، وزن میوه و عملکرد نهایی محصولات کمک کند و این اثرات با بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش تولید مواد پرورده و تنظیم هورمون‌های گیاهی توجیه می‌شوند (Ali *et al.*, 2021; Mohamed *et al.*, 2016; Shukla *et al.*, 2025). این ویژگی‌ها باعث شده است که عصاره جلبک دریایی به عنوان جایگزینی پایدار و دوستدار محیط زیست برای کودهای شیمیایی در کشاورزی مدرن شناخته شود و کاربرد آن در افزایش کیفیت و کمیت محصولات اقتصادی مانند انگور، زیتون، گوجه‌فرنگی و سبزیجات برگ‌دار مورد توجه قرار گیرد (Mamede *et al.*, 2024; Khan *et al.*, 2009).

گردید. از میانگین صد عدد پسته تعداد میوه‌هایی که فاقد مغز بودند، شمارش و درصد پوکی گزارش گردید (Pakkish *et al.*, 2018).

#### تعیین درصد خندانی ناخندانی

برای اندازه‌گیری درصد خندانی در زمان مطلوب برداشت محصول، از هر تکرار در هر تیمار چهار خوشه در چهار جهت درخت انتخاب و تعداد ۱۰۰ عدد پسته با پوست تازه و به صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری شد سپس پوست سبز رویی جدا گردید. از میانگین صد عدد پسته تعداد میوه‌هایی که خندان بود شمارش و درصد خندانی گزارش گردید (Pakkish *et al.*, 2018).

#### تعیین درصد میوه‌های بدشکل

برای اندازه‌گیری درصد میوه‌های بدشکل در زمان مناسب برداشت محصول، از هر تکرار در هر تیمار چهار خوشه انتخاب و تعداد ۱۰۰ عدد پسته با پوست تازه و به صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری شد سپس پوست سبز رویی جدا گردید. از میان آنها تعداد میوه‌هایی که بدشکل بودند، شمارش و درصد میوه‌های بدشکل گزارش گردید (Pakkish *et al.*, 2018).

#### سطح برگ

بدین منظور از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰ برگ از ارتفاع وسط درخت و اطراف آن جمع‌آوری شد و سطح برگ‌ها توسط دستگاه سطح برگ سنج اندازه‌گیری

کاهش خطا و افزایش دقت، درختانی با قدرت رشد و اندازه یکنواخت و تحت شرایط یکسان آبیاری و مدیریت انتخاب شدند. تیمارهای مورد استفاده شامل محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی کاراجینان با غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. عصاره جلبک دریایی مورد استفاده از شرکت Merck تهیه شده است؛ این شرکت با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، عصاره‌های طبیعی جلبک‌های قهوه‌ای بومی سواحل برتون در فرانسه را توسعه داده و ارائه می‌کند (تراب احمدی و همکاران، ۱۳۹۸ (Chouliaras *et al.*, 2009;

محلول‌پاشی‌ها در دو مرحله زمانی اجرا شد: نخست ۱۰ روز پس از تمام گل (اوایل فروردین ماه) و دوم ۲۰ روز پس از تمام گل (۲۰ فروردین ماه). پس از آن، ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و زایشی شامل سطح برگ، شاخص کلروفیل، درصد پوکی، درصد خندانی، درصد میوه‌های بدشکل و عملکرد نهایی اندازه‌گیری شد تا اثرات تیمارها بر رشد، کیفیت و عملکرد پسته به طور دقیق ارزیابی شود.

#### تعیین درصد پوکی

برای اندازه‌گیری درصد پوکی در زمان مطلوب برداشت محصول، از هر تکرار در هر تیمار چهار خوشه انتخاب و تعداد ۱۰۰ عدد پسته با پوست تازه و به صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری شد، سپس پوست سبز رویی جدا

به منظور تعیین تعداد دانه در هر خوشه در زمان برداشت بهینه محصول، در هر تکرار و برای هر تیمار، تعداد سه تا پنج خوشه به صورت تصادفی از شاخه‌های سمت شمالی و نیز سه تا پنج خوشه از شاخه‌های سمت جنوبی درختان برداشت شد. پس از جداسازی نمونه‌ها، تعداد دانه‌های موجود در هر خوشه به دقت شمارش گردید. سپس با محاسبه میانگین داده‌های حاصل، تعداد متوسط دانه در هر خوشه تعیین و ثبت شد (Pakkish *et al.*, 2018).

#### وزن پسته

به منظور اندازه‌گیری وزن میوه پسته در زمان برداشت بهینه محصول، در هر تکرار و برای هر تیمار، به طور تصادفی ۱۰۰ عدد میوه پسته با پوست از شاخه‌های شمالی و ۱۰۰ عدد میوه پسته با پوست از شاخه‌های جنوبی جمع‌آوری گردید. وزن نمونه‌های تازه با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری و میانگین وزن هر نمونه بر حسب گرم محاسبه و گزارش شد و بر حسب گرم بیان شد (Pakkish *et al.*, 2018).

#### تعداد خشک میوه در انس

جهت تعیین تعداد میوه خشک در انس، در هر تکرار و برای هر تیمار، نمونه‌ای شامل تعداد مشخصی از میوه‌های پسته به صورت تصادفی جمع‌آوری شد. وزن نمونه‌ها با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم

و میانگین برای هر نمونه محاسبه شد (Pakkish *et al.*, 2018).

#### شاخص کلروفیل برگ

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل، از هر تکرار در هر تیمار به طور تصادفی ۱۰ برگ از ارتفاع میانی درخت و اطراف آن جمع‌آوری شد. شاخص کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه SPAD-502 Plus (شرکت Konica Minolta، ژاپن) تعیین گردید و میانگین مقادیر برای هر نمونه محاسبه شد. این دستگاه با دقت بالا امکان اندازه‌گیری غیرمخرب و سریع غلظت کلروفیل برگ را فراهم می‌کند و داده‌های قابل اعتمادی برای مقایسه تیمارها ارائه می‌دهد (Pakkish *et al.*, 2018).

#### وزن خوشه

برای تعیین وزن خوشه در زمان برداشت بهینه محصول، از هر تکرار و هر تیمار به صورت تصادفی بین سه تا پنج خوشه از شاخه‌های بخش شمالی و همچنین سه تا پنج خوشه از شاخه‌های بخش جنوبی جمع‌آوری شد. سپس، میانگین وزن خوشه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال دقیق با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید تا مقادیری دقیق و قابل اعتماد برای ارزیابی وزن خوشه ارائه شود (Pakkish *et al.*, 2018).

#### تعداد دانه در خوشه

اندازه‌گیری گردید تا مشخص شود در وزن استاندارد انس (۲۸/۳ گرم) چه تعداد میوه خشک وجود دارد. سپس تعداد میوه‌های موجود در این وزن شمارش شده و میانگین تعداد میوه خشک در انس گزارش شد (Pakkish *et al.*, 2018).

### عملکرد

در زمان مناسب برداشت، میوه‌ها از درخت جمع‌آوری شده و سپس وزن تر آنها با ترازو اندازه‌گیری و بر حسب کیلوگرم در هر درخت گزارش گردید (Pakkish *et al.*, 2018).

### تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و مقایسه میانگین اثرات متقابل توسط نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت. نمودارها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

### نتایج

#### درصد پوکی میوه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی درصد پوکی، معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج حاصل از بررسی نشان داد که محلول‌پاشی کاراجینان اثر معنی‌داری بر کاهش درصد پوکی در پسته رقم اوحدی داشت و این کاهش در مقایسه

با تیمار شاهد به‌ویژه در غلظت‌های پایین‌تر بسیار چشمگیر بود. در شاهد، درصد پوکی به‌ترتیب در ۱۰ و ۲۰ روز پس از تمام گل ۲۸ و ۲۹ درصد بود، در حالی‌که استفاده از کاراجینان به‌طور قابل‌توجهی این مقدار را کاهش داد. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، درصد پوکی به ۱۵ و ۱۰ درصد رسید که به معنای کاهش تقریباً ۴۶ درصدی در ۱۰ روز و ۶۵ درصدی در ۲۰ روز نسبت به شاهد است. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، اثر کاهشی حتی شدیدتر بود و درصد پوکی به هفت و پنج درصد کاهش یافت که بیانگر کاهش حدود ۷۵ درصدی در ۱۰ روز و ۸۳ درصدی در ۲۰ روز نسبت به شاهد است. این تیمار بهترین کارایی را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، درصد پوکی به ۱۲ و ۱۰ درصد رسید که کاهش قابل ملاحظه‌ای نسبت به شاهد نشان داد (حدود ۵۷ درصد در ۱۰ روز و ۶۵ درصد در ۲۰ روز)، هرچند در مقایسه با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر کارایی کمتری داشت. به‌طور کلی، الگوی پاسخ گیاه به کاراجینان نشان داد که غلظت بهینه در این آزمایش یک میلی‌گرم بر لیتر بوده است؛ به‌گونه‌ای که کارایی آن در کاهش پوکی تقریباً دو برابر غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و به‌طور واضح بهتر از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. این روند احتمالاً به اثر غلظت و پاسخ کاراجینان مربوط می‌شود، به‌طوری‌که در غلظت بهینه بیشترین تحریک فرآیندهای

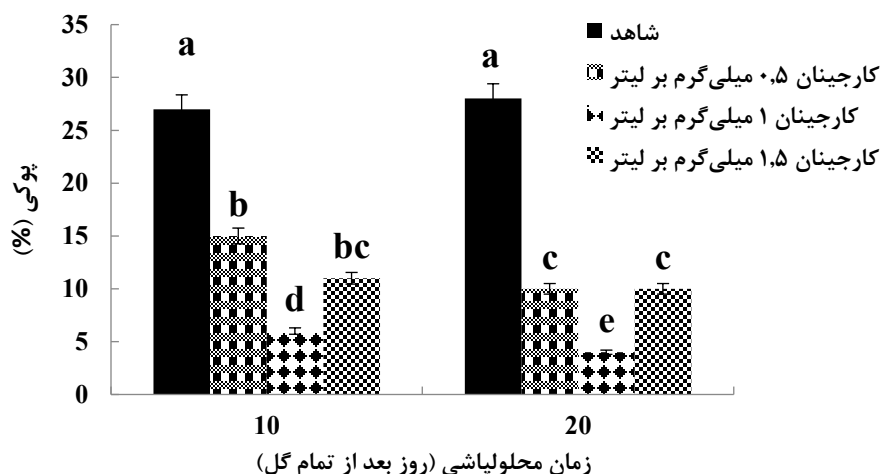
زیستی‌ها در کاهش پوکی و بهبود تشکیل میوه در درختان میوه است. محلول پاشی محرک زیستی به‌ویژه در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را در کاهش درصد پوکی پسته رقم اوحدی در زمان محلول پاشی ۲۰ روز بعد از تمام گل داشت و این امر نشان می‌دهد که استفاده از این ترکیب می‌تواند یک راهکار مدیریتی مؤثر برای کاهش ریزش و پوکی میوه و در نتیجه ارتقای عملکرد نهایی محصول باشد (شکل ۱).

فیزیولوژیکی و بهبود رشد زایشی رخ می‌دهد، اما در غلظت بالاتر (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) احتمالاً به‌علت القای تنش اسمزی یا تغییر در تعادل متابولیکی، بخشی از اثرات مثبت کاهش یافته است. از نظر فیزیولوژیکی، کاراجینان به‌عنوان یک محرک زیستی طبیعی می‌تواند از طریق بهبود جذب مواد غذایی، افزایش فتوسنتز، تحریک متابولیسم کربوهیدرات‌ها و افزایش تخصیص مواد پرورده به اندام‌های زایشی در کاهش پوکی نقش داشته باشد. این یافته‌ها همسو با گزارش‌های پیشین درباره تأثیر محرک

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مربوط به تأثیر زمان و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک کاراجینان روی ویژگی‌های رویشی و زایشی پسته رقم اوحدی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد پوکی	درصد خندانی	درصد ناخندانی	درصد میوه‌های بدشکل	سطح برگ	شاخص کلروفیل
بلوک	۳	۱۰۸/۲**	۱۵۲۱**	۲۱/۰۲**	۱۰/۱۳**	۱۸/۰۸**	۲۱/۰۲**
تیمار	۳	۳۱۸/۴۱**	۱۱۰۱/۲۵**	۱۸۷/۲۰**	۷۴/۰۶**	۳۲۱/۰۱**	۱۸۱/۰۰**
زمان	۱	۱۴۷/۱۸**	۱۴۲۰/۱۴**	۱۳۸/۱۲**	۲۱/۲۳**	۲۱۰/۱۶**	۵۱/۶۳**
زمان × تیمار	۳	۱/۰۴**	۳۹/۱۸**	۶/۰۲**	۰/۷۸**	۴/۰۱**	۲/۲۱**
خطا	۲۱	۸/۰۴	۱۳/۴۷	۲/۷۹	۰/۰۸	۱/۰۹	۰/۹۵
ضریب تغییرات	-	۸/۰۵	۱۱/۰۸	۸/۴۵	۹/۲۸	۹/۳۹	۷/۰۱

\* و \*\* به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و <sup>ns</sup> عدم اختلاف معنی دار را نشان می‌دهند.



شکل ۱- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر درصد پوکی پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

#### درصد خندانی

پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۸/۱ درصد در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل بود. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، درصد خندانی به شکل چشمگیری افزایش یافت و به ۷۸/۱ و ۸۹ درصد رسید. این میزان نشان‌دهنده افزایش ۲۲ درصدی زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۹ درصد زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است و نشان می‌دهد که این غلظت بیشترین کارایی را در بهبود خندانی داشته است. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر نیز درصد خندانی به ۶۹/۹۵ و ۷۸ درصد رسید. این تغییر معادل افزایش ۹/۶ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۲۲ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از

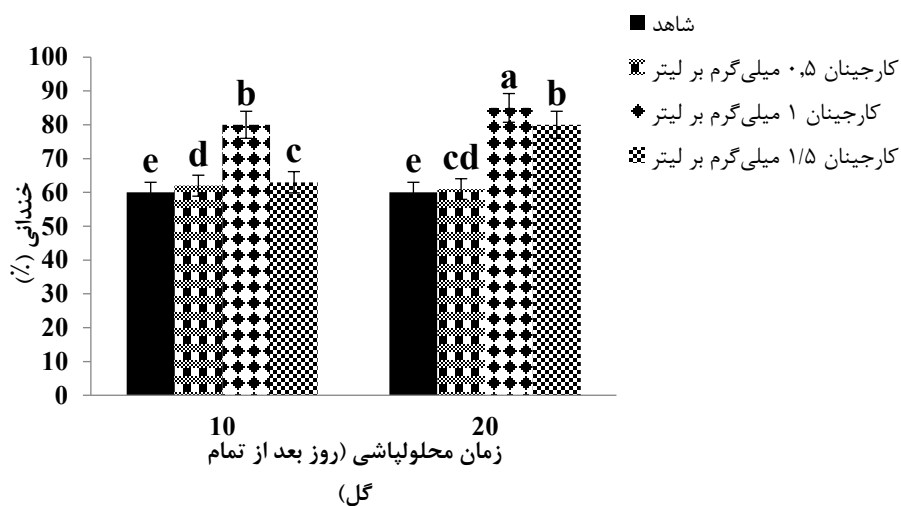
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی درصد خندانی، معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که محلول پاشی کاراجینان تأثیر بارزی بر افزایش درصد خندانی در پسته رقم اوحدی داشت و این اثر به‌طور معنی‌دار در مقایسه با شاهد قابل مشاهده بود. در تیمار شاهد، درصد خندانی در هر دو زمان نمونه‌برداری ۶۳/۸ درصد بود، در حالی که تیمارهای مختلف کاراجینان موجب ارتقای قابل توجه این شاخص شدند. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، درصد خندانی به ترتیب به ۶۶/۹۱ و ۶۸/۹۹ درصد افزایش یافت. این تغییر در مقایسه با شاهد برابر با افزایش حدود ۴/۹ درصدی در زمان محلول

مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود که گرچه نسبت به غلظت ۰/۵ میلی گرم بر لیتر بیشتر است، اما همچنان از غلظت یک میلی گرم بر لیتر پایین تر بود. به طور کلی، نتایج نشان داد که اثر کاراجینان بر درصد خندانی وابسته به غلظت است و بهترین پاسخ در غلظت یک میلی گرم بر لیتر حاصل شد. افزایش درصد خندانی احتمالاً به دلیل بهبود فتوسنتز، افزایش تجمع و انتقال قندها و بهبود پرشدگی مغز در اثر محلول پاشی کاراجینان بوده است. در غلظت‌های بالاتر (۵۱ میلی گرم بر لیتر)، احتمالاً اثرات بازدارنده جزئی به علت افزایش فشار اسمزی محلول یا برهم خوردن تعادل متابولیک سبب شد که پاسخ مثبت نسبت به غلظت یک میلی گرم بر لیتر کاهش یابد. محلول پاشی کاراجینان توانست درصد خندانی پسته رقم اوحدی را به طور قابل توجهی افزایش دهد، به طوری که تیمار یک میلی گرم بر لیتر با ثبت مقادیر ۷۸/۱ و ۸۹ درصدی در دو زمان محلول پاشی، بهترین تیمار بود. این نتایج نشان می دهد که کاراجینان می تواند به عنوان یک ترکیب طبیعی و کارآمد در بهبود کیفیت نهایی محصول و ارتقای بازارپسندی پسته نقش آفرین باشد (شکل ۲).

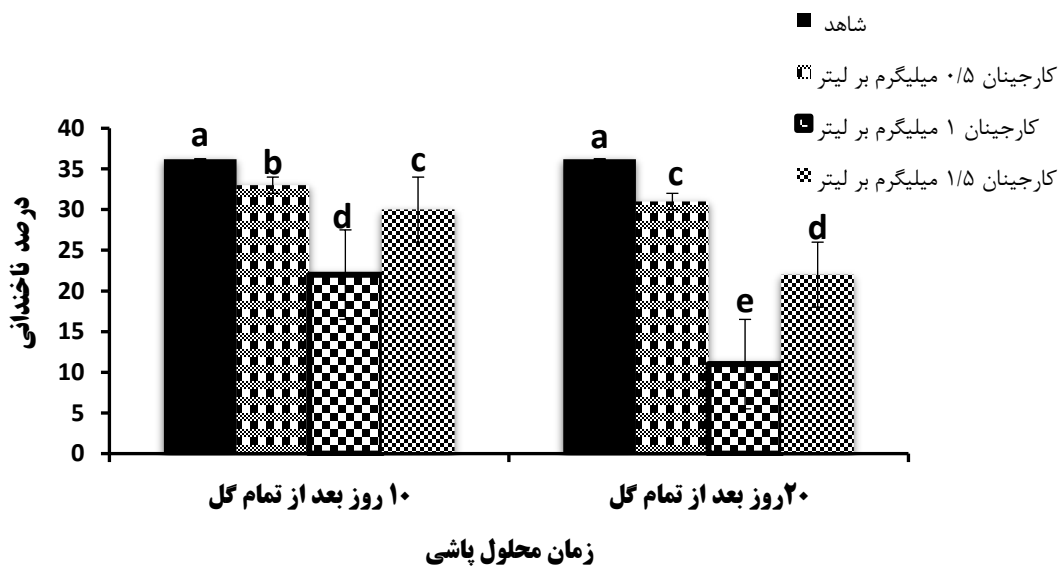
### درصد ناخندانی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی درصد ناخندانی، معنی دار بوده است (جدول ۱). نتایج نشان داد که

محلول پاشی کاراجینان موجب کاهش معنی دار درصد ناخندانی در پسته رقم اوحدی شد. در تیمار شاهد، درصد ناخندانی ثابت و برابر با ۳۶/۲ درصد بود، اما تیمارهای مختلف کاراجینان کاهش قابل ملاحظه‌ای در این شاخص ایجاد کردند. در غلظت ۰/۵ میلی گرم بر لیتر، درصد ناخندانی به ۳۳ و ۳۱ درصد رسید که به ترتیب معادل کاهش ۸/۸ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۱۴/۴ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود. در غلظت یک میلی گرم بر لیتر، بیشترین کاهش مشاهده شد و درصد ناخندانی به ۲۲ و ۱۱ درصد رسید. این ارقام به ترتیب معادل کاهش ۳۹ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۷۰ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بودند. در غلظت ۱/۵ میلی گرم بر لیتر نیز درصد ناخندانی به ۳۰ و ۲۲ درصد کاهش یافت که بیانگر کاهش ۱۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۹ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. به طور کلی، غلظت یک میلی گرم بر لیتر بهترین اثربخشی را در کاهش درصد ناخندانی نشان داد و حتی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل توانست این شاخص را تقریباً به یک سوم مقدار شاهد کاهش دهد (شکل ۳).



شکل ۲- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر درصد خندانی پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



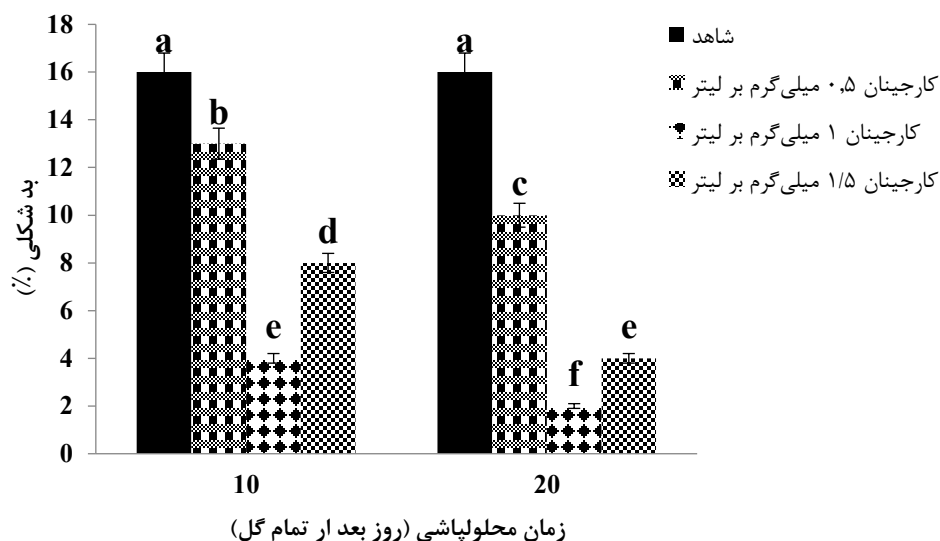
شکل ۳- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر درصد ناخندانی پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

## درصد بدشکلی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی درصد بدشکلی، معنی‌دار بوده است (جدول ۱). داده‌ها نشان داد که محلول پاشی کاراجینان نقش چشمگیری در کاهش درصد میوه‌های بدشکل در پسته رقم اوحدی داشت. در شرایط شاهد، درصد میوه‌های بدشکل در هر دو زمان نمونه‌برداری ۱۶/۲ درصد بود. با استفاده از کاراجینان، این مقدار به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و اختلاف قابل توجهی با شاهد مشاهده شد. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، درصد میوه‌های بدشکل به ترتیب ۱۳ و ۱۱ درصد بود که بیانگر کاهش حدود ۲۰ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۲ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، کمترین میزان میوه‌های بدشکل ثبت شد؛ به طوری که این شاخص به چهار درصد در ۱۰ روز و صفر درصد در ۲۰ روز رسید. این یافته نشان‌دهنده کاهش ۷۵ درصدی در زمان محلول

پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و حذف کامل میوه‌های بدشکل در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل شده است. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر نیز درصد میوه‌های بدشکل به هشت و چهار درصد کاهش یافت که به ترتیب معادل کاهش ۵۱ و ۷۵ درصدی نسبت به شاهد بود.

این نتایج نشان داد که اثر مثبت کاراجینان در کاهش بدشکلی میوه به غلظت و زمان وابسته بوده است. به‌ویژه، غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر بالاترین اثربخشی را داشت و توانست عملاً پدیده بدشکلی را در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل حذف کند. محلول پاشی کاراجینان به‌ویژه در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، به‌طور بارزی درصد میوه‌های بدشکل پسته رقم اوحدی را کاهش داد و حتی در مرحله دوم محلول پاشی، این عارضه را به‌طور کامل حذف نمود. بنابراین، می‌توان کاراجینان را یک ابزار مدیریتی بسیار مؤثر برای ارتقای کیفیت میوه و افزایش بازارپسندی محصول معرفی کرد (شکل ۴).



شکل ۴- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر درصد بدشکلی پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

#### سطح برگ و شاخص کلروفیل

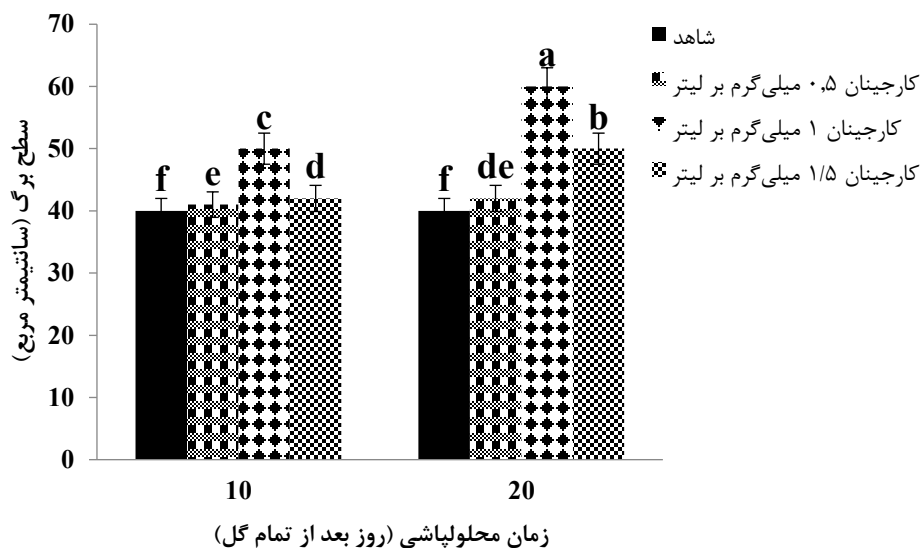
تمام گل و ۱۲/۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل را نشان داد. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین سطح برگ ثبت شد و مقادیر آن به ۵۰/۱ و ۶۱ سانتی‌متر مربع رسید. این تغییرات معادل افزایش ۲۲/۶ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۴۵/۵ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود و نشان داد که این غلظت بهترین کارایی را در بهبود رشد برگ‌ها داشته است. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر نیز سطح برگ به ۴۵/۹۵ و ۵۵ سانتی‌متر مربع رسید که افزایش ۱۵/۱ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۴/۸ درصدی در

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی سطح برگ و شاخص کلروفیل، معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج نشان داد که محلول پاشی کاراجینان اثر معنی‌داری بر افزایش سطح برگ در پسته رقم اوحدی داشت. در تیمار شاهد، سطح برگ ثابت و برابر با ۴۰/۸ سانتی‌متر مربع در هر دو زمان اندازه‌گیری بود، در حالی‌که محلول پاشی با کاراجینان سبب بهبود قابل توجه این شاخص گردید. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، سطح برگ به ۴۳/۹۱ و ۴۵/۹۹ سانتی‌متر مربع رسید که نسبت به شاهد افزایش ۷/۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله

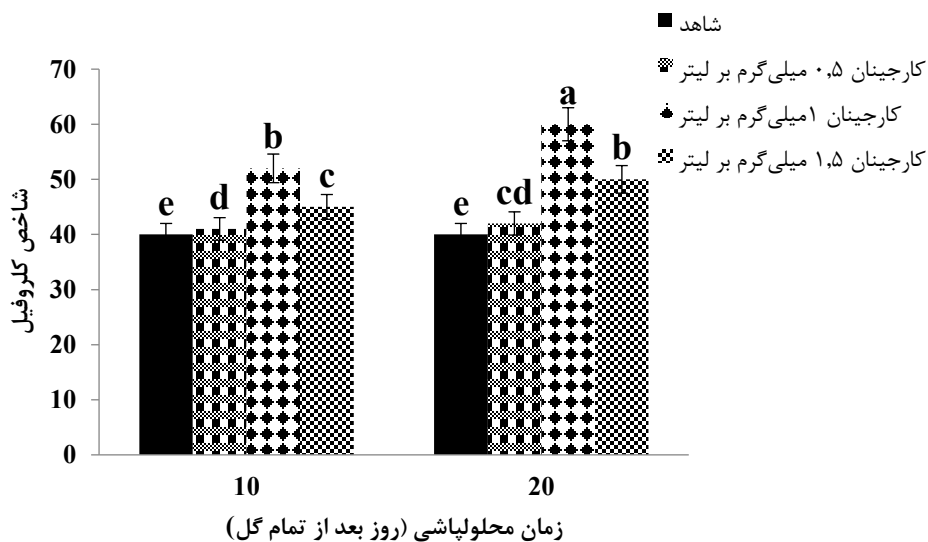
زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۵۸/۱ و ۶۴ که معادل افزایش ۳۲/۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۴۶ درصدی در ۲۰ روز نسبت به شاهد بود. این نتایج نشان داد که این غلظت بیشترین کارایی را در بهبود وضعیت فیزیولوژیکی برگ‌ها داشته است. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، شاخص کلروفیل به ۴۵/۹۵ و ۵۸ واحد رسید که افزایش ۱۴ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۲ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد را نشان داد. هرچند این غلظت نیز اثر مثبتی داشت، اما پاسخ آن نسبت به غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر کمتر بود. این روند نشان می‌دهد که پاسخ شاخص کلروفیل به کاراجینان وابسته به غلظت است و نقطه بهینه در این آزمایش یک میلی‌گرم بر لیتر بوده است. کاراجینان به‌عنوان یک محرک زیستی طبیعی توانست شاخص کلروفیل برگ پسته رقم اوحدی را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد و بهترین اثر در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. این افزایش شاخص کلروفیل به‌طور غیرمستقیم موجب ارتقای توان فتوسنتزی و بهبود کیفیت میوه‌ها گردید (شکل ۶).

زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد را نشان داد. هرچند این غلظت نیز اثر مثبتی بر رشد سطح برگ داشت، اما در مقایسه با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، پاسخ ضعیف‌تری نشان داد. به‌طور کلی، نتایج نشان دادند که پاسخ سطح برگ به کاراجینان وابسته به غلظت و زمان محلول پاشی است و یک میلی‌گرم بر لیتر نقطه بهینه برای افزایش رشد برگ‌ها محسوب می‌شود (شکل ۵).

نتایج نشان داد که محلول پاشی کاراجینان اثر معنی‌داری بر افزایش شاخص کلروفیل داشت و مقادیر آن به‌طور واضحی در مقایسه با شاهد بالاتر بود. در تیمار شاهد، شاخص کلروفیل در هر دو زمان اندازه‌گیری ۴۳/۸ واحد ثابت ماند، در حالی که تیمارهای کاراجینان سبب افزایش قابل توجه این شاخص شدند. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، شاخص کلروفیل به ۴۶/۹۱ و ۴۸/۹۹ رسید که نشان‌دهنده افزایش ۷/۱ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۱۱/۸ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین مقدار شاخص کلروفیل ثبت شد؛ به‌ترتیب



شکل ۵- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر میانگین سطح برگ پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



شکل ۶- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر شاخص کلروفیل برگ پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

**عملکرد**

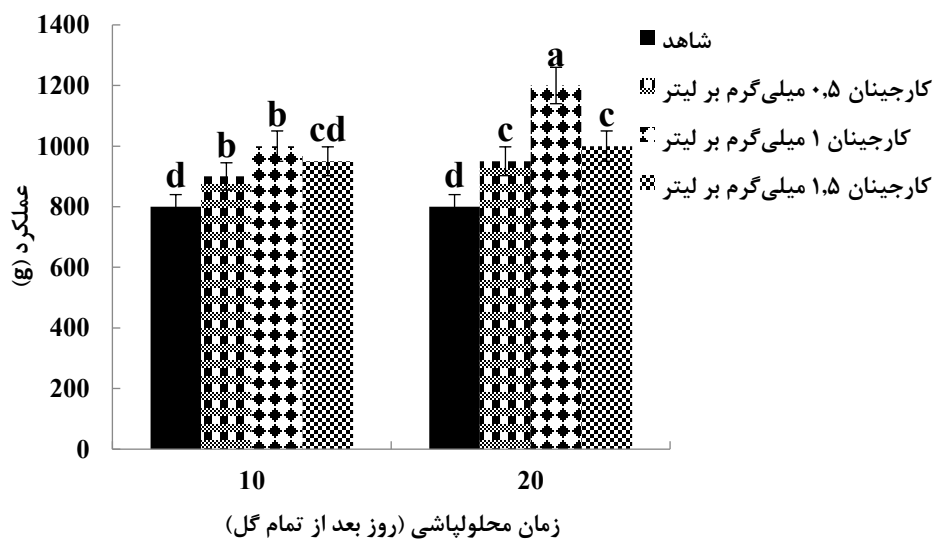
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی سطح برگ و شاخص کلروفیل معنی‌دار بوده است (جدول ۲). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی کاراجینان توانست به‌طور معنی‌داری عملکرد پسته رقم اوحدی را در هر دو زمان نمونه‌برداری افزایش دهد. در تیمار شاهد، عملکرد ثابت و برابر با ۸۰۰ گرم در هر درخت بود، در حالی که تیمارهای کاراجینان سبب افزایش چشمگیر این شاخص شدند. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، عملکرد به ۹۱۰ و ۹۹۰ گرم رسید که بیانگر افزایش ۱۳/۸ در زمان محلول‌پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۲۳/۷ درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین میزان عملکرد به‌دست آمد؛ به‌ترتیب ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ گرم، که معادل افزایش ۲۵ درصد در زمان محلول‌پاشی در ۱۰

روز بعد از مرحله تمام گل و ۵۰ درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۲۰۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، عملکرد ۹۵۰ و ۱۰۸۰ گرم ثبت شد. این مقادیر معادل افزایش ۱۸/۷ درصد در زمان محلول‌پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۵ درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بودند به‌طور کلی، روند تغییرات نشان داد که غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر بهترین اثربخشی را در افزایش عملکرد داشت و غلظت‌های پایین‌تر یا بالاتر اثرات کمتری داشتند. محلول‌پاشی کاراجینان به‌ویژه در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین اثر را بر بهبود عملکرد پسته رقم اوحدی داشت و سبب افزایش ۵۰ درصدی محصول در مقایسه با شاهد گردید. این یافته‌ها نشان می‌دهند که کاراجینان می‌تواند یک راهکار مدیریتی نوین، کارآمد و پایدار برای افزایش کمیت و کیفیت تولید پسته باشد (شکل ۷).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به تاثیر زمان و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک کاراجینان روی ویژگی‌های رویشی و زایشی پسته رقم اوحدی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	وزن میوه	انس	وزن خوشه	تعداد میوه در خوشه
بلوک	۳	۹/۳۹**	۱۴۱/۲۸**	۱۰۵/۰۱**	۴/۷۴**	۱۴۷/۱۱**
تیمار	۳	۱۷۱/۰۲**	۱۰۰۴/۰۱**	۲۰۵/۰۶**	۰/۵۷**	۲۴/۵۸**
زمان	۱	۳۹/۲۷**	۶۹/۲۶**	۱۰۸/۰۲**	۲/۱۸**	۱۵۸/۰۷**
زمان × تیمار	۳	۹/۳۹**	۳۱/۰۱**	۸/۱۸**	۱/۰۸**	۱۴/۵۰**
خطا	۲۱	۱/۸۲	۷/۱۷	۲/۸۵	۰/۰۰۹	۳۷/۲۸
ضریب تغییرات	-	۱۲/۱۰	۸/۰۷	۷/۲۸	۴/۵۶	۶/۱۱

\* و \*\* به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و NS عدم اختلاف معنی دار را نشان می دهند.

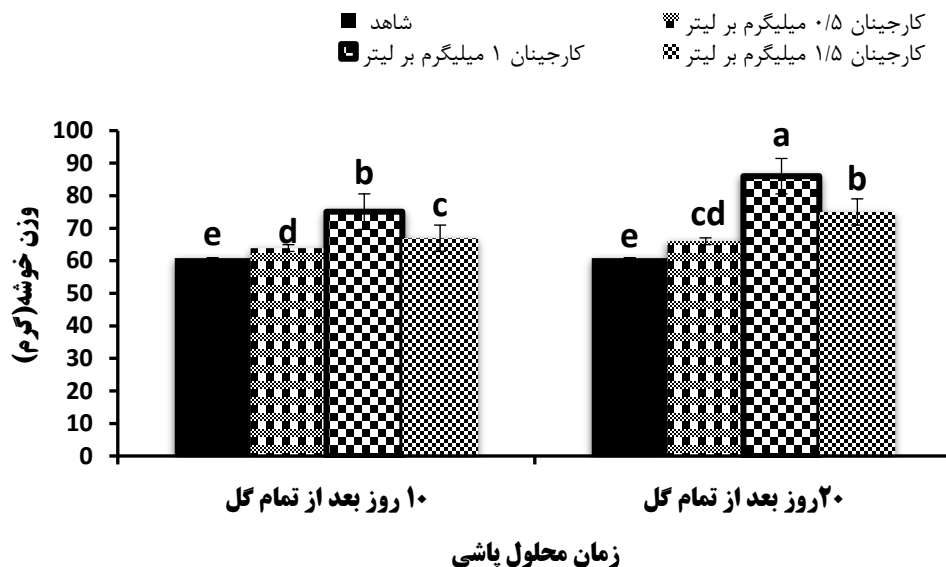


شکل ۷- تاثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر میزان عملکرد پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

## وزن خوشه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی وزن خوشه، معنی‌دار بوده است (جدول ۲). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی کاراجینان اثر معنی‌داری بر افزایش وزن خوشه در پسته رقم اوحدی داشت. در تیمار شاهد، وزن خوشه در هر دو زمان ثابت و برابر با ۶۰/۸ گرم بود، در حالی که تمام تیمارهای کاراجینان موجب افزایش این شاخص شدند. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، وزن خوشه به ۶۳/۹۱ و ۶۵/۹۹ گرم رسید که نشان‌دهنده افزایش پنج درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۸/۵ درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین افزایش ثبت شد؛ مقادیر ۷۵/۱ و ۸۶ گرم معادل افزایش ۲۳/۵ درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۴۱/۴ درصد

در زمان محلول‌پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بودند. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، وزن خوشه به ۶۶/۹۵ و ۷۵ گرم رسید که معادل افزایش ۱۰/۱ درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۲۳/۴ درصدی در زمان محلول‌پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. این نتایج نشان دادند که پاسخ وزن خوشه به کاراجینان وابسته به غلظت و زمان مصرف بوده و نقطه بهینه در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر قرار داشت. کاراجینان توانست وزن خوشه پسته رقم اوحدی را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. تیمار یک میلی‌گرم بر لیتر با افزایش حدود ۴۱ درصدی نسبت به شاهد بهترین کارایی را داشت. این یافته‌ها در کنار نتایج عملکرد، به‌خوبی نشان می‌دهند که کاراجینان می‌تواند یک عامل کلیدی در بهبود کمیت و کیفیت محصول باشد (شکل ۸).



شکل ۸- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر میزان وزن خوشه پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

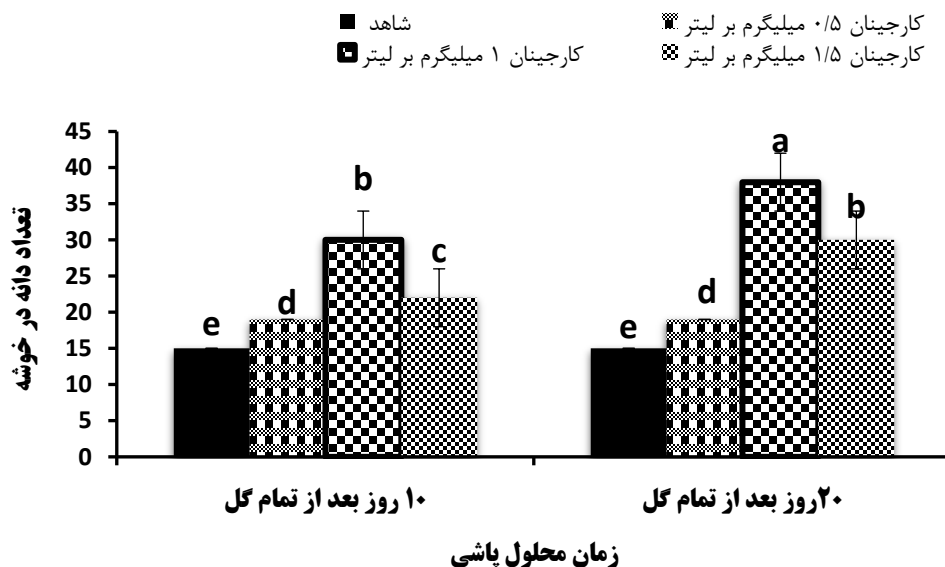
تعداد دانه در خوشه

که بیانگر افزایش ۱۰۰ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۱۵۳ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. این تیمار بالاترین کارایی را در بهبود تشکیل دانه نشان داد. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر نیز تعداد دانه در خوشه به ۲۲ و ۳۰ عدد رسید که به ترتیب معادل افزایش ۴۶/۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۱۰۰ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود. این روند نشان داد که کاراجینان اثر مثبت وابسته به غلظت و زمان محلول پاشی بر تشکیل دانه دارد و غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر نقطه بهینه محسوب می‌شود.

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی تعداد دانه در خوشه، معنی‌دار بوده است (جدول ۲). نتایج نشان داد که محلول پاشی کاراجینان تأثیر بسیار معنی‌داری بر افزایش تعداد دانه در خوشه داشت. در تیمار شاهد، تعداد دانه در خوشه در هر دو زمان برابر با ۱۵ عدد بود، در حالی که استفاده از کاراجینان به‌طور چشمگیری این مقدار را افزایش داد. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، تعداد دانه به ۱۹ عدد در هر دو زمان رسید که معادل افزایش ۲۶/۷ درصدی نسبت به شاهد بود. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین مقدار مشاهده شد؛ به ترتیب ۳۰ و ۳۸ عدد

به شاهد شد. این یافته‌ها در کنار افزایش وزن خوشه و عملکرد نهایی، نشان می‌دهند که کاراجینان می‌تواند یک راهکار بسیار کارآمد در ارتقای کمی و کیفی تولید پسته باشد (شکل ۹).

محلول پاشی کاراجینان به‌ویژه در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل، بیشترین اثر را بر افزایش تعداد دانه در خوشه پسته رقم اوحدی داشت و موجب افزایش بیش از دو برابر نسبت



شکل ۹- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر میزان تعداد دانه در خوشه پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

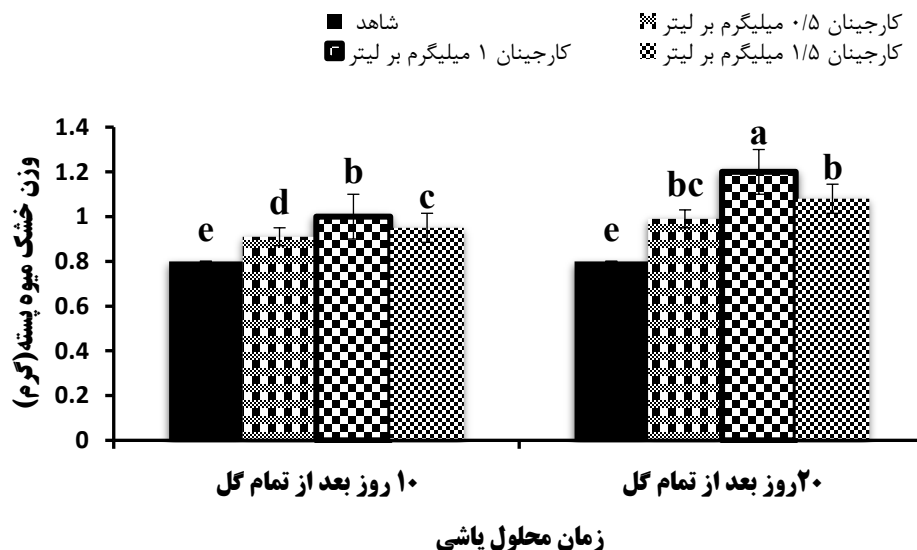
لیتر، وزن میوه به ۰/۹۱ و ۰/۹۹ گرم رسید که معادل افزایش ۱۳/۸ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۲۳/۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین وزن میوه مشاهده شد؛ به ترتیب ۱ و ۲/۱ گرم که بیانگر افزایش ۲۵ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۵۰ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز

#### وزن میوه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی وزن میوه، معنی‌دار بوده است (جدول ۲). نتایج نشان داد که محلول پاشی کاراجینان اثر معنی‌داری بر افزایش وزن میوه در پسته رقم اوحدی دارد. در تیمار شاهد، وزن میوه ثابت و برابر با ۰/۸ گرم بود، در حالی که تیمارهای مختلف کاراجینان باعث افزایش وزن میوه شدند. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر

به غلظت و زمان محلول پاشی است. محلول پاشی کاراجینان، به ویژه در غلظت یک میلی گرم بر لیتر، بیشترین اثر را بر افزایش وزن میوه پسته رقم اوحدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از تمام گل داشت و موجب افزایش ۵۰ درصدی نسبت به شاهد شد. این یافته‌ها همراه با سایر نتایج نشان می‌دهند که کاراجینان می‌تواند یک ترکیب مؤثر برای بهبود کمیت و کیفیت محصول باشد (شکل ۱۰).

بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد بود. در غلظت ۱/۵ میلی گرم بر لیتر، وزن میوه به ۰/۹۵ و ۱/۰۸ گرم رسید که معادل افزایش ۱۸/۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۵ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. به طور کلی، روند داده‌ها نشان داد که غلظت یک میلی گرم بر لیتر بیشترین اثربخشی را بر افزایش وزن میوه دارد و پاسخ افزایش وزن میوه به کاراجینان وابسته



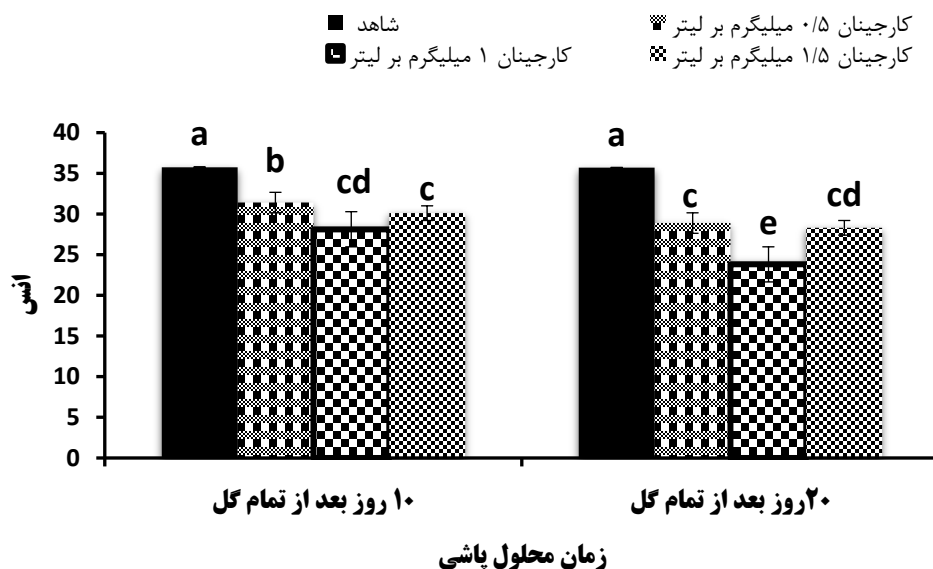
شکل ۱۰- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر وزن خشک میوه پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

کاراجینان تأثیر معنی‌داری بر انس میوه داشت و تعداد دانه در وزن ثابت ۲۸/۳ گرم به طور قابل توجهی کاهش یافت. کاهش تعداد دانه در واحد وزن به معنای افزایش اندازه و پرشدگی مغز میوه است که یک شاخص کیفیت مهم به شمار می‌رود. در تیمار شاهد، انس میوه ثابت و

انس  
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان و تیمار کاراجینان روی انس، معنی‌دار بوده است (جدول ۲). نتایج نشان داد که محلول پاشی

محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۲۰/۷ درصدی در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد را نشان داد. این نتایج نشان می‌دهند که اثر کاراجینان بر انس میوه نیز وابسته به غلظت و زمان محلول پاشی است و بهترین اثر در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر در زمان محلول پاشی در ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل مشاهده شد. محلول پاشی کاراجینان، به‌ویژه در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، انس میوه پسته رقم اوحدی را به‌طور چشمگیر بهبود داد و موجب کاهش ۳۳ درصدی تعداد دانه در ۲۸/۳ گرم شد. این یافته‌ها در کنار افزایش وزن میوه و تعداد دانه در خوشه نشان می‌دهند که کاراجینان توانسته کیفیت و پرشدگی مغز میوه را به شکل قابل توجهی ارتقا دهد (شکل ۱۱).

برابر با ۳۵/۷۵ و ۳۵/۷۰ بود. در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، تعداد دانه در ۲۸/۳ گرم به ۳۱/۴ و ۲۸/۸۸ کاهش یافت که نشان‌دهنده کاهش حدود ۱۲/۲ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۱۹/۱ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین کاهش مشاهده شد؛ به ترتیب ۲۸/۱۲ و ۲۳/۸ که معادل کاهش ۲۱/۴ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۳۳/۴ درصدی در زمان محلول پاشی در ۱۰ روز بعد از مرحله تمام گل نسبت به شاهد است. این تیمار نشان داد که غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر بهبود اندازه مغز و کیفیت میوه داشته است. در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، تعداد دانه در ۲۸/۳ گرم به ۳۰/۱ و ۲۸/۳۱ رسید که کاهش حدود ۱۵/۷ درصدی در زمان



شکل ۱۱- تأثیر زمان محلول پاشی و غلظت کاراجینان بر میزان انس پسته رقم اوحدی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۰.۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

#### بحث

باعث افزایش تقسیم سلولی و توسعه بافت برگ می‌شوند

(Ali, Ramsubhag, & Jayaraman, 2021). برگ‌های

بزرگ‌تر تعداد سلول‌های فتوسنتزی فعال بیشتری دارند که

موجب بهبود جذب نور و افزایش کارایی فتوسنتز می‌شود

و نهایتاً تولید مواد پرورده در گیاه و رشد کلی آن را ارتقا

می‌دهد (Mohamed et al., 2025; Ali et al., 2019).

مطالعات مشابه در *Ocimum basilicum* نشان داده‌اند که

عصاره‌های جلبکی با افزایش تولید سلول‌های برگ، بهبود

فتوسنتز و افزایش وزن تر گیاه، عملکرد کلی گیاه را ارتقا

می‌دهند (Ali et al., 2016; Shukla et al., 2016).

بنابراین افزایش سطح برگ در پسته رقم اوحدی با نتایج

مطالعات پیشین کاملاً همخوانی دارد. افزایش سطح برگ

طبق نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر کاربرد تیمار

کاراجینان در غلظت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی گرم بر لیتر در

دو زمان ۱۰ و ۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل سبب، بهبود

صفات رویشی و زایشی در پسته رقم اوحدی گردید و با

شاهد تفاوت معنی داری نشان دادند.

افزایش سطح برگ یکی از بارزترین اثرات محلول‌پاشی

عصاره جلبک کاراجینان بر پسته رقم اوحدی بود. نتایج

نشان داد که در هر دو زمان ۱۰ و ۲۰ روز پس از تمام گل،

تیمارهای کاراجینان سطح برگ بیشتری نسبت به شاهد

داشتند. این افزایش می‌تواند ناشی از تحریک تولید

هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکینین باشد که

یکی از برجسته‌ترین اثرات محلول‌پاشی کاراجینان است. مکانیسم اصلی این افزایش ناشی از تحریک تقسیم و طول‌شدگی سلولی است که به واسطه ترکیبات هورمونی موجود در عصاره جلبک، از جمله اکسین و سیتوکینین، انجام می‌شود (Ali et al., 2021; Shukla et al., 2016). بزرگ‌تر شدن برگ‌ها ظرفیت فتوسنتزی گیاه را افزایش داده و تولید مواد پرورده بیشتری را فراهم می‌کند. این مواد پرورده سپس به میوه‌ها منتقل شده و باعث بهبود پرشدگی مغز و کاهش پوکی و بدشکلی میوه‌ها می‌شود. علاوه بر این، افزایش سطح برگ به جذب نور مؤثرتر کمک کرده و کارایی کلی فتوسنتز را بهبود می‌بخشد (Ertani et al., 2018; Di Stasio et al., 2017).

در تیمارهای کاراجینان، درصد پوکی میوه کاهش معنی‌داری داشت. کاهش پوکی می‌تواند ناشی از بهبود تغذیه گیاه، تحریک تقسیم سلولی در میوه و افزایش دسترسی به عناصر غذایی باشد (Hossain et al., 2024). کاراجینان با فراهم آوردن عناصر ماکرو و میکرو و کاهش رقابت سلولی، باعث توسعه یکنواخت میوه و بهبود کیفیت آن می‌شود (Rathore et al., 2009). این اثر با یافته‌های مشابه در پسته رقم احمدآقایی و سایر گیاهان میوه‌ای همخوانی دارد (تراب احمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

افزایش درصد خندانی در میوه‌های پسته نشان‌دهنده بهبود فرآیندهای زایشی و افزایش باروری گل‌ها بود. کاراجینان با تحریک تولید هورمون‌های رشد و بهبود شرایط فیزیولوژیکی گل‌ها، موجب افزایش تعداد میوه‌های

محلول‌پاشی عصاره جلبک کاراجینان باعث افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل شد. این افزایش می‌تواند به دلیل تحریک سنتز کلروفیل، افزایش تعداد کلروپلاست‌ها و بهبود فرآیندهای فتوسنتزی باشد (Mohamed et al., 2025). افزایش کلروفیل به ارتقای ظرفیت تولید انرژی در گیاه و در نتیجه رشد بهتر آن منجر می‌شود و مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی مانند کم‌آبی و نوسانات دما را افزایش می‌دهد (Hossain et al., 2024). یافته‌های مشابه در مطالعات روی *Brassica* و *Ocimum basilicum* گزارش شده است که عصاره جلبک باعث افزایش محتوای کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی می‌شود (Di Stasio

می‌تواند عملکرد نهایی محصول را بهبود دهد. محلول پاشی کاراجینان موجب کاهش قابل توجه درصد پوکی و بدشکلی و افزایش درصد خندانی میوه‌ها شد. این اثر را می‌توان با چندین فرآیند فیزیولوژیک مرتبط دانست: بهبود تقسیم سلولی و توسعه مغز میوه، بهینه‌سازی تعادل هورمونی و افزایش فعالیت محرک‌های زیستی، ارتقای انتقال مواد پرورده به میوه و کاهش رقابت بین دانه‌ها و میوه‌ها (Hossain *et al.*, 2024; Singh *et al.*, 2025) این تغییرات نشان می‌دهند که کاراجینان علاوه بر افزایش کمیت، کیفیت بازاری پسند محصول را نیز بهبود می‌بخشد. افزایش تعداد دانه در خوشه در تیمارهای کاراجینان نشان‌دهنده تقویت فرآیندهای زایشی و افزایش باروری گل‌ها است (Sunarpi *et al.*, 2010; Koyama *et al.*, 2012). این اثر می‌تواند با تحریک هورمون‌های رشد و بهبود تقسیم سلولی مرتبط باشد و باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول نهایی شود. وزن میوه در تیمارهای کاراجینان افزایش یافت. این افزایش به دلیل بهبود فعالیت فتوسنتزی، افزایش ذخیره مواد غذایی و انتقال عناصر مغذی است (Nanda *et al.*, 2022; Mishra *et al.*, 2020; Rayorath *et al.*, 2008). عصاره جلبک با فراهم کردن هورمون‌های رشد، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه موجب افزایش وزن میوه و کیفیت آن می‌شود (Haghparsat *et al.*, 2012).

سالم و رشد بهتر آن‌ها می‌شود (Singh *et al.*, 2025). این اثر به طور مستقیم با افزایش عملکرد و کیفیت محصول نهایی مرتبط است و با مطالعات مشابه در گیاهان زراعی و باغی همخوانی دارد.

استفاده از کاراجینان منجر به کاهش معنی‌دار درصد میوه‌های بدشکل شد. این اثر به دلیل تنظیم بهتر هورمون‌های رشد، تقسیم سلولی یکنواخت و بهبود فرآیندهای مورفولوژیکی میوه است (Shukla *et al.*, 2016). بافت‌های میوه در تیمارهای کاراجینان رشد یکنواخت داشتند که منجر به بهبود شکل و کیفیت نهایی میوه‌ها شد. نتایج مشابه در سایر گونه‌ها مانند *Ocimum basilicum* و *Eucalyptus globulus* نیز گزارش شده است (González *et al.*, 2013b, 2014a).

عملکرد میوه‌های پسته با محلول پاشی کاراجینان افزایش معنی‌داری نشان داد. این افزایش به دلیل بهبود جذب و انتقال عناصر غذایی، افزایش فعالیت فتوسنتزی و ارتقای فرآیندهای زایشی است (Mamede *et al.*, 2024). افزایش تعداد دانه در خوشه، وزن میوه و انس میوه نیز در این تیمارها مشاهده شد که با نتایج مشابه در گیاهان زراعی مانند هلوی رقم آلبرتا و *Ocimum basilicum* همخوانی دارد (ایرانمنش و پاک کیش، ۱۴۰۰، Mohamed *et al.*, 2025) این یافته‌ها نشان می‌دهند که عصاره جلبک کاراجینان به عنوان یک محرک زیستی مؤثر

محیطی، تقویت مسیرهای دفاعی و بهبود سلامت کلی گیاه (Shukla *et al.*, 2016; Hossain *et al.*, 2024). افزایش باروری گل‌ها، درصد خندانی و کاهش درصد پوکی و میوه بدشکل از طریق تنظیم هورمون‌ها و بهبود فرآیندهای مورفولوژیکی (Rathore *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2025). نتایج این مطالعه به وضوح نشان می‌دهد که محلول پاشی عصاره جلبک کاراجینان اثرات مثبت چندگانه‌ای بر پسته رقم اوحدی داشت و می‌تواند یک راهکار کارآمد و پایدار برای بهبود کیفیت و کمیت محصول باشد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های پیشین در گونه‌های مختلف گیاهی همخوانی دارند و نشان می‌دهد که استفاده از کاراجینان می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و مکمل رشد طبیعی در کشاورزی پایدار باشد (Ali *et al.*, 2021; Shukla *et al.*, 2016; Mamede *et al.*, 2024). افزایش وزن میوه و خوشه و همچنین تعداد دانه‌ها در خوشه با چندین مکانیسم فیزیولوژیک توجیه می‌شود: افزایش سطح برگ و شاخص کلروفیل → ارتقای فتوسنتز و تولید مواد پرورده بیشتر، کاهش پوکی و بدشکلی در نتیجه افزایش تعداد میوه‌های سالم، توزیع بهینه مواد پرورده بین دانه‌ها و خوشه‌ها، کاهش اثرات تنش‌های محیطی از طریق خاصیت بیواستیمولانت کاراجینان (Mamede *et al.*, 2024; Nanda *et al.*, 2022). بنابراین، کاراجینان موجب توزیع بهتر مواد مغذی و افزایش وزن

افزایش انس میوه (تعداد دانه در ۲۸/۳ گرم) پس از محلول پاشی کاراجینان نشان‌دهنده بهبود تراکم و کیفیت میوه است. این اثر می‌تواند ناشی از افزایش تراکم سلولی، ذخیره مواد غذایی و تنظیم هورمون‌های رشد باشد (Ahmadi *et al.*, 2015; Bi *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2012; Campo *et al.*, 2009; de Jesus Raposo *et al.*, 2015; González *et al.*, 2013a, 2013b, 2014a, 2014c). انس بالاتر میوه نشان‌دهنده کیفیت بالاتر و قابلیت نگهداری بهتر محصول است.

عصاره جلبک کاراجینان به عنوان یک محرک زیستی چندوجهی عمل می‌کند که شامل مکانیسم‌های زیر است: تحریک تولید هورمون‌های رشد (اکسین و سیتوکینین) و افزایش تقسیم سلولی (Shukla *et al.*, 2016; Ali *et al.*, 2021).

افزایش فتوسنتز، سنتز کلروفیل و کارایی نور که رشد برگ و میوه را بهبود می‌دهد (Mohamed *et al.*, 2025; Ali *et al.*, 2019). بهبود جذب و انتقال عناصر غذایی ماکرو و میکرو مانند Fe, Cu, Zn و N, P, K, Ca, Mn, S که باعث رشد بهتر اندام‌های رویشی و زایشی می‌شود (Khan *et al.*, 2010; Sunarpi *et al.*, 2009). افزایش وزن و کیفیت میوه، انس و عملکرد نهایی با بهبود ذخیره مواد غذایی و تحریک تقسیم سلولی در میوه‌ها (González *et al.*, 2014a; Rayorath *et al.*, 2008). کاهش تنش‌های

شدند تا محلول پاشی کاراجینان در غلظت یک میلی گرم بر لیتر و ۲۰ روز پس از تمام گل بیشترین تأثیر را بر تمام صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد نهایی پسته رقم اوحدی داشته باشد.

### نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه به وضوح نشان داد که محلول پاشی عصاره جلبک کاراجینان بر پسته رقم اوحدی تأثیرات چندجانبه و شگفت‌انگیزی بر ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاه دارد. این عصاره دریایی، همانند یک محرک طبیعی و هوشمند رشد گیاه عمل کرده و توانست در هر دو زمان محلول پاشی (۱۰ و ۲۰ روز پس از تمام گل) سطح برگ، شاخص کلروفیل، وزن میوه، تعداد دانه در خوشه، انس میوه و عملکرد نهایی را به شکل معنی داری افزایش دهد. به‌ویژه، تیمار با غلظت یک میلی گرم بر لیتر بیشترین اثرات مثبت را نسبت به شاهد نشان داد و زمان محلول پاشی نیز نقش موثر در تأثیر تیمار دارد بطوریکه محلول پاشی در ۲۰ روز مرحله تمام گل سبب بهبود بیشتر این ماده گردید، به طوری که نشان‌دهنده یک تعادل بهینه بین تحریک رشد و بهبود فرآیندهای زایشی و فتوسنتزی است. کاهش قابل توجه درصد پوکی و میوه‌های بدشکل نیز بیانگر ارتقای کیفیت مورفولوژیکی و عملکردی میوه‌ها و تثبیت فرآیندهای فیزیولوژیکی در میوه‌ها بود. این

نهایی خوشه می‌شود، که مستقیماً بر عملکرد اقتصادی باغ تأثیرگذار است. زایش عملکرد اقتصادی پسته نتیجه مجموعه‌ای از تغییرات مثبت در صفات مورفوفیزیولوژیک است: افزایش سطح برگ و شاخص کلروفیل در نتیجه تولید مواد پرورده بیشتر، کاهش پوکی و بدشکلی در نتیجه افزایش تعداد میوه‌های قابل برداشت، افزایش درصد خندانی در نتیجه بهبود کیفیت محصول، تنظیم تعادل هورمونی و کاهش تنش‌های فیزیولوژیک در نتیجه افزایش کارایی پرشدگی مغز (Ali et al., 2021; Shukla et al., 2016; Mamede et al., 2024).

به این ترتیب، کاراجینان نه تنها باعث بهبود شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک شد، بلکه این تغییرات مستقیماً منجر به ارتقای عملکرد اقتصادی و کیفیت بازارپسند محصول گردید.

اثر کاراجینان را می‌توان به عنوان یک محرک زسیتی طبیعی جامع توضیح داد که:

تقسیم و توسعه سلولی را تحریک می‌کند، سنتز کلروفیل و ظرفیت فتوسنتزی را افزایش می‌دهد، جذب و انتقال مواد مغذی به میوه و خوشه را بهبود می‌بخشد، تعادل هورمونی را تنظیم می‌کند، و تنش‌های محیطی و فیزیولوژیک را کاهش می‌دهد (Shukla et al., 2016; Singh et al., 2025; Mohamed et al., 2025; Hossain et al., 2024; Ali et al., 2021). این مکانیسم‌ها باعث

جلبک دریایی. نشریه دانش کشاورزی و تولید

پایدار، ۹۳، ۱۹۸-۲۰۴.

۳. مرادی، فاطمه، نجفی، شهلا و اسمعیل زاده بهابادی،

صدیقه. (۱۳۹۸). تأثیر عصاره جلبک سبزبر

شاخص‌های رشد و فیزیولوژیکی گیاه کنجد. فرآیند

و کارکرد گیاهی، ۸، ۱-۱۶.

1. Ali, N., Farrell, A., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2016). The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. *Journal of Applied Phycology*, 28, 1353–1362.
2. Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Phytoelicitor activity of *Sargassum vulgare* and *Acanthophora spicifera* extracts and their prospects for use in vegetable crops for sustainable crop production. *Journal of Applied Phycology*, 33(1), 639-651.
3. Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*, 10(3), 531.
4. Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2019). Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLOS ONE*, 14, e0216710.
5. Alam, M. Z., Braun, G., Norrie, J., & Hodges, D. M. (2013). Effect of *Ascophyllum* extract application on plant

یافته‌ها تأییدی بر توانایی کاراجینان در القای مکانیسم‌های حفاظتی گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی است و نشان می‌دهد که این بیوستیمولاتور طبیعی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار پایدار و دوستدار محیط زیست در کشاورزی مدرن استفاده شود. به طور کلی، این تحقیق نه تنها نشان‌دهنده اثربخشی عصاره جلبک کاراجینان بر افزایش کمیت و کیفیت محصول پسته است، بلکه پتانسیل فوق‌العاده آن در بهبود سلامت گیاه، افزایش بهره‌وری و ارتقای عملکرد اقتصادی باغات پسته را نیز آشکار می‌سازد. این یافته‌ها، افق تازه‌ای برای استفاده از بیوستیمولاتورهای دریایی در کشاورزی پایدار و افزایش توانمندی تولید محصولات با کیفیت بالا و مقاوم در برابر تنش‌ها پیش روی پژوهشگران و باغداران می‌گذارد.

## منابع

۱. ایرانمنش، عبدالرضا و پاک کیش، زهرا. (۱۴۰۰). تاثیر تیمار کاراجینان روی ویژگی‌های کمی میوه هلو (*Prunus persica* L). چهارمین کنگره بین المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار.
۲. تراب احمدی، صابر، عابدی، بهرام و صابری، فرهاد. (۱۳۹۸). ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی گیاه پسته در پاسخ به ترکیبات آمینواسیدی و عصاره

- products. *Journal of Plant Growth Regulation*, 13, 21–29.
11. de Jesus Raposo, M. F., de Morais, A. M. B., & de Morais, R. M. S. C. (2015). Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications. *Marine Drugs*, 13, 2967–3028.
  12. Di Stasio, E., Roupheal, Y., Colla, G., Raimondi, G., Giordano, M., Pannico, A., El-Nakhel, C., & De Pascale, S. (2017). The influence of *Ecklonia maxima* seaweed extract on growth, photosynthetic activity and mineral composition of *Brassica rapa* L. ssp. *sylvestris* under nutrient stress conditions. *European Journal of Horticultural Science*. 286-293.
  13. Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., Schiavon, M., Pizzeghello, D., & Nardi, S. (2018). Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Frontiers in plant science*, 9, 428.
  14. González, A., Castro, J., Vera, J., & Moenne, A. (2013a). Seaweed oligosaccharides stimulate plant growth by enhancing carbon and nitrogen assimilation, basal metabolism, and cell division. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32, 443–448.
  15. González, A., Contreras, R. A., & Moenne, A. (2013b). Oligo-carrageenans enhance growth and contents of cellulose, growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Canadian Journal of Plant Science*, 93, 23–36.
  6. Bi, F., Iqbal, S., Arman, M., Ali, A., & Hassan, M. U. (2011). Carrageenan as an elicitor of induced secondary metabolites and its effects on various growth characters of chickpea and maize plants. *Journal of the Saudi Chemical Society*, 15, 269–273.
  7. Campo, V. L., Kawano, D. F., da Silva Jr, D. B., & Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymers*, 77, 167–180.
  8. Castro, J., Vera, J., González, A., & Moenne, A. (2012). Oligo-carrageenans stimulate growth by enhancing photosynthesis, basal metabolism and cell cycle in tobacco plants (var. Burley). *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 173–185.
  9. Chouliaras, V., Tasioula, M., Chatzissavvidis, C., Therios, I., & Tsabolatidou, E. (2009). The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 89, 984–988.
  10. Crouch, I., & Van Staden, J. (1993). Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed

- of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*, 26, 619–628.
21. Hossain, M. M., Sultana, F., Khan, S., Nayeema, J., Mostafa, M., Ferdus, H., Tran, L.-S. P., & Mostofa, M. G. (2024). Carrageenans as biostimulants and bio-elicitors: Plant growth and defense responses. *Stress Biology*, 4(1), 3.
22. Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386–399.
23. Koyama, R., Bettoni, M. M., Roder, C., de Assis, A. M., Roberto, S. R., & Mogor, A. F. (2012). Seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* (L.) on tomato yield and vegetable development. *Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 55, 282–287.
24. MacKinnon, S. A., Craft, C. A., Hiltz, D., & Ugarte, R. (2010). Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. *Journal of Applied Phycology*, 22, 489–494.
25. Mamede, M., Cotas, J., Pereira, L., & Bahcevandziev, K. (2024). Seaweed polysaccharides as potential biostimulants in turnip greens production. *Horticulturae*, 10(2), 130.
26. Mishra, A., Sahni, S., Kumar, S., & Prasad, B. D. (2020). Seaweed—An eco-essential oils and polyphenolic compounds in *Eucalyptus globulus* trees. *Molecules*, 18, 8740–8751.
16. González, A., Moenne, F., Gómez, M., Sáez, C. A., Contreras, R. A., & Moenne, A. (2014a). Oligo-carrageenan kappa increases NADPH, ascorbate and glutathione syntheses and TRR/TRX activities enhancing photosynthesis, basal metabolism, and growth in *Eucalyptus* trees. *Frontiers in Plant Science*, 5, 512.
17. González, A., Contreras, R. A., Zúñiga, G., & Moenne, A. (2014b). Oligo-carrageenan kappa-induced reducing redox status and activation of TRR/TRX system increase the level of indole-3-acetic acid, gibberellin A3 and trans-zeatin in *Eucalyptus globulus* trees. *Molecules*, 19, 12690–12698.
18. González, A., Gutiérrez-Cutiño, M., & Moenne, A. (2014c). Oligo-carrageenan kappa-induced reducing redox status and increase in TRR/TRX activities promote activation and reprogramming of terpenoid metabolism in *Eucalyptus* trees. *Molecules*, 19, 7356–7367.
19. Haghparast, M., Maleki-Farahani, S., Sinaki, J. M., & Zarei, G. (2012). Mitigation of drought stress in chickpea through application of humic acid and seaweed extract. *Crop Production and Environmental Stress*, 4, 59–71.
20. Hernandez-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth

- reproductive growth of pistachio trees cv. Owhadi. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94, 1–5.
32. Parađiković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., & Špoljarević, M. (2019). Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food and Energy Security*, 8(2), e00162.
33. Perez, J. G., Syvertsen, J. P., Botia, P., & Garcia-Sanchez, F. (2007). Leaf water relations and net gas exchange responses of salinized *Carrizo citrange* seedlings during drought stress and recovery. *Annals of Botany*, 100, 335–345.
34. Rathore, S., Chaudhary, D., Boricha, G., Ghosh, A., Bhatt, B., Zodape, S., & Patolia, J. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*, 75, 351–355.
35. Rayorath, P., Jithesh, M. N., Farid, A., Khan, W., Palanisamy, R., Hankins, S. D., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2008). Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Journal of Applied Phycology*, 20, 423–429.
36. Rayorath, P., Khan, W., Palanisamy, R., Mackinnon, S. L., Stefanova, R., Hankins, S. D., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2008). Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA<sub>3</sub>)-independent friendly alternative of agrochemicals in sustainable agriculture. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 39, 71–78.
27. Mohamed, M. H., Abdelhamid, A. N., Ali, M. A. A., Abd-Elhalim, B. T., Kandeel, A. M., & Hassan, K. M. (2025). Influence of exogenously applied k-carrageenan at various concentrations on plant growth, phytochemical content, macronutrients, and essential oils of *Ocimum basilicum*. *Scientific Reports*, 15, 11124.
28. Mohammadi, H., DavariNezhad, G. H., & Khezri, M. (2016). The effect of combined calcium compounds and polyamines at different growth times on some physiological problems and pistachio performance of Ahmad Aghaei. *Journal of Horticulture*, 30(4), 733–742.
29. Nanda, S., Kumar, G., & Hussain, S. (2022). Utilization of seaweed-based biostimulants in improving plant and soil health: Current updates and future prospective. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19, 12839–12852.
30. Norrie, J., & Keathley, J. (2006). Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to ‘Thompson Seedless’ grape production. *Acta Horticulturae*, 727, 243–245.
31. Pakkish, Z., Hossienpoor, M. A., Akbar Nasab, & Asghari, H. (2019). Brassinolides have a small effect on vegetative growth and increase

- management. *Frontiers in plant science*, 10, 462648.
40. Singh, A., Sharma, K., Chahal, H. S., Kaur, H., & Hasanain, M. (2025). Seaweed-derived plant boosters: revolutionizing sustainable farming and soil health. *Frontiers in Soil Science*, 5, 1504045.
41. Sridhar, S., & Rengasamy, R. (2011). Potential of seaweed liquid fertilizers (SLFs) on some agricultural crop with special reference to protein profile of seedlings. *International Journal of Developmental Research*, 7, 55–57.
42. Sungari, Jupri, A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N. I., & Nikmatullah, A. (2010). Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nusantara Bioscience*, 2(2), 73–77.
37. Senthuran, S., Balasooriya, B. L. W. K., Arasakesary, S. J., & Gnanavelrajah, N. (2019). Effect of seaweed extract (*Kappaphycus alvarezii*) on the growth, yield and nutrient uptake of leafy vegetable *Amaranthus polygamous*. *Tropical Agricultural Research*, 30(3).
38. Shukla, P. S., Borza, T., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2016). Carrageenans from red seaweeds as promoters of growth and elicitors of defense response in plants. *Frontiers in Marine Science*, 3, 81.
39. Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease

## Effect of Carrageenan Foliar Application on Vegetative and Reproductive Traits of Pistachio cv. Owhadi

Maryam Soltani<sup>1</sup>, Zahra Pakkish<sup>1</sup>, Soheila Mohammad Rezakani<sup>2\*</sup>

### Abstract

In this study, the effect of foliar application of carrageenan, a natural biostimulant containing bioactive compounds, on the morpho-physiological and reproductive traits of *pistachio* cv. *Owhadi* was investigated. Foliar sprays were applied at four concentrations (0, 0.5, 1, and 1.5 mg L<sup>-1</sup>) at two stages, 10 and 20 days after full bloom, in a factorial experiment based on a randomized complete block design. The results indicated that carrageenan significantly promoted both vegetative and reproductive growth. Foliar application of 1 mg L<sup>-1</sup> at 20 days after full bloom increased leaf area by 49% and chlorophyll index by 46% compared to the control. These increases were attributed to enhanced cell division, improved photosynthesis, and increased assimilate production. In addition, the percentage of blank and deformed nuts was markedly reduced, while the percentage of split nuts increased to 89%, accompanied by a significant reduction in unsplit and undesirable fruits. Furthermore, cluster weight, number of nuts per cluster, nut weight, nut size, and final yield also showed significant improvements, with the final yield improving by up to 50% compared to the control. These findings suggest that carrageenan enhances pistachio performance by regulating hormonal balance, improving nutrient uptake, and alleviating physiological stress, thereby effectively improving both yield and quality. Therefore, foliar application of 1 mg L<sup>-1</sup> carrageenan at 20 days after full bloom is recommended as the optimum treatment to enhance morpho-physiological traits and economic yield of pistachio.

**Key word:** Carrageenan, Chlorophyll, Pistachio

---

<sup>1</sup> Department of Horticultural Sciences, Agricultural College, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

<sup>2</sup> Researcher, Department of Crop and Horticultural Science Research, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran.

\* Corresponding author: smohammadrezakhani@yahoo.com.