



## پاسخ ریشه‌ی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی

محمد سببی<sup>۱</sup>، حمیدرضا خزاعی<sup>۲</sup>، احمد نظامی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۸

### چکیده

به منظور بررسی پاسخ ریشه‌ی گلرنگ به غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی، در سال ۱۳۹۳ آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل آزمایش شامل غلظت‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در چهار سطح (عدم مصرف یا صفر، یک، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار)، زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در دو سطح (مرحله‌ی رویشی و مرحله‌ی زایشی) و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در دو سطح (محلول پاشی برگ‌ی و پای ریشه-ی گیاه) بودند. نتایج نشان داد که غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر صفات حجم ریشه، سطح ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد غوزه در بوته و عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی اثر معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) داشت. مراحل مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نیز حجم ریشه، سطح ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی را در سطح آماری یک درصد و تعداد غوزه در بوته را در سطح آماری پنج درصد تحت تأثیر قرار داد ولی اثر معنی‌داری بر قطر ساقه نداشت. همچنین، نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی توانست بر صفات حجم ریشه، سطح ریشه، قطر ساقه و عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی در سطح آماری یک درصد و بر صفات نسبت اندام هوایی به ریشه و ارتفاع بوته در سطح آماری پنج درصد مؤثر واقع شود ولی اثر معنی‌داری بر صفت تعداد غوزه در بوته نداشت. نتایج نشان داد که بیشترین حجم و سطح ریشه به ترتیب با میانگین‌های ۵۶ سانتی‌متر مکعب و ۱۸۱۷۶ سانتی‌متر مربع از تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه به دست آمد. در این آزمایش افزایش در غلظت‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در زمان‌های مختلف رشد و نمو، نسبت به تیمار عدم مصرف آن، باعث ایجاد اختلافی حدود ۷/۰۱ درصدی در حجم ریشه شد.

واژه‌های کلیدی: تعداد غوزه در بوته، حجم ریشه، سطح ریشه، قطر ساقه، وکوزیم مایع.

سببی، م. ح. ر. خزاعی و ا. نظامی. ۱۳۹۶. پاسخ ریشه‌ی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۱: ۱۴۰-۱۵۷.

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. نویسنده مسئول، پست الکترونیک: h.khazaei@um.ac.ir

۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

## مقدمه

مزایای استفاده از جلبک‌های دریایی به عنوان منابع مواد آلی و مواد مغذی کودی در سیستم‌های تهویه‌ی خاک قرن‌ها به اثبات رسیده و استفاده می‌شود (تمپلی و بوزان، ۲۰۰۸؛ مک‌نیل و همکاران، ۱۹۹۹؛ بلوندن و همکاران، ۱۹۸۶). سالانه حدود ۱۵ میلیون تُن محصولات مختلف از جلبک‌های دریایی تهیه می‌شود (فاگربا و بالیگار، ۲۰۰۵) که بخش قابل توجهی از آن به عنوان مکمل‌های غذایی و همچنین کودهای بیولوژیک (*Biostimulants*) برای رشد و توسعه‌ی گیاهان استفاده می‌شود. تعدادی از محصولات تجاری عصاره‌ی جلبک دریایی برای استفاده در کشاورزی و باغداری در دسترس می‌باشد. محصولات جلبک دریایی در فعالیت‌های رشدی مؤثر بوده و استفاده از فرمولاسیون جلبک دریایی به عنوان محرک‌های زیستی در تولید محصولاتی چون سویا (رائوری و همکاران، ۲۰۰۹)، برنج (سوناری و همکاران، ۲۰۱۰)، بادام زمینی (گاناپاتی سبلوام و سیواکومار، ۲۰۱۴) و آرابیدوپسیس (رایوراث و همکاران، ۲۰۰۸) به خوبی نشان داده شده است. محرک‌های زیستی به عنوان موادی به غیر از کود تعریف شده است. که توسعه‌ی رشد گیاه را که در مقادیر کم مورد استفاده قرار می‌گیرند موجب می‌شود. همچنین به عنوان موادی که در سوخت و ساز شرکت دارند تلقی می‌شوند (یاو، ۲۰۰۷). اجزای جلبک دریایی شامل مواد مغذی و عناصر ماکرو و میکرو، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، سایتوکینین، اکسین و آبسزیکاسید (*ABA*) می‌باشد. گیاهانی که تحت مصرف جلبک دریایی قرار می‌گیرند به دلیل وجود مواد محرک رشد متابولیسم‌های سلولی تحت تأثیر قرار گرفته و در نهایت موجب افزایش رشد و عملکرد در آن‌ها می‌شود (کرایچی، ۱۹۹۰؛ کروچ و وان‌استادن، ۱۹۹۲؛ رایوراث و همکاران، ۲۰۰۸؛ دوواری و همکاران، ۲۰۰۱؛ استمپار و همکاران، ۱۹۹۸؛ استریک و همکاران، ۲۰۰۳؛ اجالو، ۲۰۰۷).

از نظر اقتصادی زراعت گلرنگ پتانسیل زیادی برای رقابت با محصولات رایج در مناطق دیم مثل گندم، جو، عدس و نخود دارد. گلرنگ نسبت به خشکی متحمل است. بنابراین کشت بهاره یا پاییزه‌ی گلرنگ در شرایط دیم که عملکردی معادل یا حتی بیشتر از گندم دارد، می‌تواند در این مناطق در کنار محصولات (غلات) کاشته شود و یا در تناوب با گندم جایگزین گندم و جو گردد (حقیقتی ملکی و فری، ۱۳۸۶). گلرنگ یک گیاه روغنی مهم است که پتانسیل تولید خوبی در سیستم‌های کشت با مصرف کود کم

دارد، به ویژه در سیستم‌های کشت ارگانیک که با مصرف کم عناصر غذایی، تولید قابل قبولی دارد. اگرچه اطلاعات کمی در خصوص نیاز غذایی این گیاه وجود دارد (آبادی و همکاران، ۲۰۰۸) ولی با توجه به آنچه درباره‌ی اهمیت گلرنگ گفته شد و با عنایت به کمبود تولید روغن‌های گیاهی در کشور و همچنین بومی بودن آن در کشور ما، بررسی روند کشت گلرنگ و تحقیقات درباره‌ی آن امری اجتناب ناپذیر است.

برای جذب عناصر، ریشه‌ها اندام اولیه‌ی گیاه هستند که این نقش را به عهده دارند. وجود عاملی که دسترسی عناصر غذایی را در خاک محدود می‌کند استفاده‌ی مورد انتظار از کودها را کاهش می‌دهد. تحت این شرایط، عناصر غذایی برای گیاهان می‌تواند به وسیله‌ی استعمال برگی فراهم شود (آلتیندیشلی و همکاران، ۱۹۹۸). کوددهی برگی یا محلول پاشی در واقع اسپری کردن عناصر غذایی بر برگ‌ها و ساقه‌های گیاه و جذب آن‌ها از این مکان‌هاست (کوالسکی و همکاران، ۱۹۹۹). استعمال برگی می‌تواند دسترسی گیاهان به عناصر غذایی را برای به دست آمدن عملکرد بالا تضمین کند. از دید اکولوژیکی، کوددهی برگی قابل قبول‌تر است چون مقادیر کم‌تر عناصر غذایی برای مصرف سریع به وسیله‌ی گیاه، فراهم می‌شود (اسلاویک، ۲۰۰۵). بررسی صفاتی مانند طول، سطح، حجم ریشه و روابط بین آن‌ها به منظور تعیین ظرفیت جذب آب از طریق ریشه ضروری است (بانگال و همکاران، ۱۹۹۸؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۵). محرک‌های زیستی به طور کلی قادر به بهبود رشد و توسعه‌ی ریشه‌های جانبی (ورکلاچ، ۱۹۹۲، آتزمون و وان‌استادن، ۱۹۹۴) و افزایش حجم کل سیستم ریشه‌ای می‌شوند (ماکالا و همکاران، ۱۹۹۶؛ سینکلایر، ۱۹۹۸؛ تمپلی و بومکی، ۱۹۸۸). سیستم ریشه‌ای را می‌توان با اکسین و همچنین ترکیبات دیگری که در عصاره‌ی جلبک دریایی (*SWC*) وجود دارد تحت تأثیر قرار داد (کرایچی، ۱۹۹۰). عصاره‌ی جلبک دریایی موجب بهبود جذب عناصر غذایی توسط ریشه خواهد شد. در نتیجه سیستم ریشه با آب بهتر ارتباط برقرار کرده و مواد غذایی بهتر جذب گیاه شده و در نهایت موجب افزایش رشد عمومی گیاه می‌شود (کرایچی، ۱۹۹۰). عصاره‌ی *Ascophyllum nodosum* به عنوان جلبکی که حاوی بیشترین مقدار اکسین (*IAA*) شناسایی شده است، مقدار آن برابر با ۵۰ میلی گرم *IAA* در هر گرم عصاره‌ی خشک می‌باشد

جهت بررسی پاسخ ریشه‌ی گلرنگ به غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی *A. nodosum* در سال ۱۳۹۳، آزمایشی در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل آزمایش شامل غلظت‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D) در چهار سطح  $D_1$  = عدم مصرف (شاهد)،  $D_2$  = یک لیتر در هکتار،  $D_3$  = ۱/۵ لیتر در هکتار و  $D_4$  = ۲ لیتر در هکتار، زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (T) در دو سطح  $T_1$  = مصرف در مرحله‌ی رویشی و  $T_2$  = مصرف در مرحله‌ی زایشی و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (U) در دو سطح  $U_1$  = مصرف به صورت محلول پاشی برگ‌ی و  $U_2$  = مصرف در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف) بودند. غلظت‌های مصرف برای هر گلدان محاسبه، تبدیل و اعمال گردید، به نحوی که به ازای هر گلدان برای غلظت‌های یک، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار به ترتیب ۰/۰۰۳۸ سی سی (۳/۸ میکرولیتر)، ۰/۰۰۵۷ سی سی (۵/۷ میکرولیتر) و ۰/۰۰۷۶ سی سی (۷/۶ میکرولیتر) از عصاره‌ی جلبک دریایی مصرف شد. مرحله‌ی رویشی در دو زمان سه و شش هفته بعد از کاشت گیاه و مرحله‌ی زایشی، زمان گلدهی بوته در نظر گرفته شد. عصاره‌ی جلبک دریایی مصرف شده در این آزمایش با نام تجاری وکوزیم مایع بود و رقم گلرنگ مورد استفاده با نام گلدشت از مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر کرج تهیه گردید. گلدان‌های مورد استفاده در این آزمایش استوانه‌ای شکل با قطر ۲۲ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، حاوی خاک زراعی و ماسه‌ی نرم کاملاً شسته شده به نسبت ۱:۱ در نظر گرفته شد. برای اعمال غلظت‌های مختلف عصاره‌ی جلبک دریایی سطح دایره‌ای هر گلدان از رابطه‌ی زیر محاسبه و سطوح مربوط به غلظت عصاره‌ی جلبک دریایی اعمال گردید. که در آن  $\pi$  برابر با ۳/۱۴ و  $I$  برابر با شعاع دهانه‌ی گلدان بود.

$$= \pi I^2 = \text{سطح هر گلدان (سانتی‌متر مربع)}$$

گلخانه‌ی محل انجام آزمایش از نوع سازه‌ی شیشه‌ای-هلهندی با سیستم کنترل کامپیوتری بود که دما، رطوبت و نور مورد نیاز از طریق سنسورها توسط رایانه‌ی مرکزی قابل کنترل بودند. دمای مورد نیاز برای طول دوره‌ی رشد گیاهان در روز بین ۲۴ تا ۲۸ درجه‌ی سانتی‌گراد و در شب بین ۱۸ تا ۲۲ درجه‌ی سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. رطوبت مورد نیاز نیز تا زمان برداشت بین ۳۰ تا ۵۰ درصد تنظیم شد. به دلیل روز بلند بودن گیاه برای تأمین و جبران میزان نور مورد نیاز در طول دوره‌ی رشد و گل‌دهی گیاه از نور مصنوعی و از ساعت ۴ تا ۸ بعدازظهر از دو عدد لامپ بخار سدیم ۴۰۰ کیلوولت‌اگر نیز استفاده شد. در زمان کاشت (۱۳۹۳/۰۷/۱۱) در

(جیانگ و هوانگ، ۲۰۰۱). عصاره‌ی جلبک دریایی اِکلونیا<sup>۱</sup> موجب افزایش رشد قابل توجهی در ریشه‌ی ماش شده که مربوط به اثر اکسین بوده است (کروچ و همکاران، ۱۹۹۳).

استفاده از عصاره‌ی جلبک دریایی موجب افزایش حجم ریشه در گوجه‌فرنگی شده است (کروچ و وان استادن، ۱۹۹۲). رشد ریشه و نسبت ساقه به وزن خشک گیاه در نهال‌های گوجه‌فرنگی که با عصاره‌ی جلبک دریایی تیمار شده‌اند افزایش نشان داده است (کروچ و وان استادن، ۱۹۹۲). نتایج مشابهی نیز در مورد گل و گیاه گندم که با عصاره‌ی جلبک دریایی کلپاک<sup>۲</sup> تیمار شده بودند به دست آمد. پس از استفاده از عصاره‌ی جلبک دریایی کلپاک به صورت محلول پاشی روی گیاه لوبیا، عملکرد آن ۲۴٪ افزایش نشان داد (نایدو و همکاران، ۲۰۰۲).

در پژوهشی محلول پاشی در زمان‌های ساقه‌روی و گل‌دهی گلرنگ تعداد غوزه‌ی بارور در بوته را تحت تأثیر قرار داده است (باقری و همکاران، ۱۳۹۱). در مطالعه‌ی میرزاخانی (۱۳۹۱) تعداد غوزه در گیاه دارای همبستگی ( $r=0/96^{**}$ ) مثبت و معنی‌دار با تعداد شاخه‌های فرعی بود. کاهش یا افزایش تعداد غوزه در گیاه را می‌توان مربوط به تغییر تعداد شاخه‌های جانبی دانست. که این موضوع توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (پیتتر و همکاران، ۱۹۹۰؛ باقری، ۱۳۷۴). تعداد شاخه‌ی فرعی و تعداد غوزه در بوته اهمیت زیادی در افزایش عملکرد گلرنگ در مقایسه با تعداد دانه در هر غوزه دارد، زیرا هر غوزه در برگ‌برنده‌ی تعداد زیادی دانه می‌باشد (باسیل و همکاران، ۲۰۰۲). در تحقیقی عنوان شده است که مصرف مواد مغذی تفاوت معنی‌داری را از طریق تغذیه‌ی بهتر بوته‌ها و در نتیجه تولید مرستم‌های زایشی بیشتر در بوته به وجود آورده است که منجر به تولید تعداد غوزه در هر بوته شده است (میرزاخانی، ۱۳۹۱). استفاده از کودهای بیولوژیک در گیاه گلرنگ منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، عملکرد دانه و ماده‌ی خشک کل شد (اجاقلو، ۲۰۰۷). هدف از این آزمایش بررسی پاسخ ریشه‌ی گیاه گلرنگ به مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* در زمان‌های مختلف رشد و نمو به صورت محلول پاشی برگ‌ی و استفاده در پای ریشه‌ی گیاه می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

- 1 - Ecklonia
- 2 - SWC kelpak

حجم ریشه تحت تأثیر معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) اثرات ساده‌ی غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و همچنین اثر دوگانه‌ی غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی قرار گرفت. اثر دوگانه‌ی غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و همچنین اثر دوگانه‌ی زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی حجم ریشه را تحت تأثیر قرار داد و در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد. ولی اثرات سه‌گانه‌ی غلظت، زمان و نحوه‌ی استفاده‌ی عصاره‌ی جلبک دریایی نتوانست اثر معنی‌داری از نظر آماری روی حجم ریشه داشته باشد (جدول ۱). نتایج اثرات دوگانه‌ی زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نشان داد که حجم ریشه تحت تأثیر این دو عامل قرار گرفت به طوری که بیشترین حجم ریشه با میانگین  $0.54/0.75$  سانتی‌متر مکعب مربوط به مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رویشی گیاه به صورت مصرف در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف) بود. کمترین حجم ریشه نیز از تیمار مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی زایشی گیاه به صورت محلول‌پاشی با متوسط  $0.52/0.50$  سانتی‌متر مکعب به دست آمد که این اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار حجم ریشه در حدود  $0.4/0.28$ % بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد که زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی اثر بسزایی در حجم ریشه دارند به طوری که در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه و نحوه‌ی استفاده به صورت مصرف در پای ریشه ریشه توانسته است نسبت به مرحله‌ی زایشی گیاه و استفاده به صورت محلول‌پاشی موجب توسعه‌ی ریشه‌های گیاه گلرنگ شود و همین امر موجب افزایش حجم ریشه‌ها شده است. برهم کنش غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی موجب تغییراتی در حجم ریشه‌ی گیاه شد به نحوی که بیشترین حجم ریشه با میانگین  $0.55/0.66$  سانتی‌متر مکعب مربوط به تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی به صورت استفاده در پای ریشه‌ی گیاه و کمترین حجم ریشه با متوسط  $0.52/0.33$  سانتی‌متر مکعب متعلق به تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی به صورت محلول‌پاشی بود (شکل ۲).

هر گلدان پنج عدد بذر در عمق پنج سانتی‌متری کاشته و بعد از استقرار گیاهان، یک بوته که سالم‌تر و قوی‌تر بود نگهداری و مابقی گیاهان حذف شدند. آبیاری گیاهان از روز کاشت تا زمان استقرار گیاهان هر چهار روز یک بار و بعد از آن تا پایان مرحله‌ی رشد هر هفت روز یک بار انجام گرفت. زمان برداشت گیاهان ( $1393/10/28$ ) یک هفته بعد از گل‌دهی بود و صفاتی که مورد بررسی قرار گرفت شامل حجم ریشه، سطح ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد غوزه در بوته و عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی بود. در زمان برداشت، بوته‌ها از سطح خاک گلدان برای اندازه‌گیری صفات مربوط به ریشه و اندام هوایی جدا شدند. جهت اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به ریشه ابتدا هر گلدان درون تشتک پر از آب جداگانه خیس‌انده شد تا خاک‌های اطراف ریشه نرم شده و جدا گردد، سپس ریشه‌ها را روی الک ریز قرار داده و با استفاده از آب شسته شدند. حجم ریشه از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن ریشه در حجم مشخصی از آب درون استوانه‌ی مدرج با دقت  $0.1$  میلی‌لیتر محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری سطح ریشه‌ها از رابطه‌ی زیر بر حسب سانتی‌متر مربع استفاده شد (بوهم، ۱۹۷۹).

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{طول ریشه (سانتی‌متر)} \\ \text{متر مکعب} \end{array} \right\} \times \frac{3}{14} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{حجم ریشه (سانتی-} \\ \text{متر مکعب)} \end{array} \right\} = 2 \times \left\{ \begin{array}{l} \text{سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)} \end{array} \right\}$$

برای تعیین وزن خشک ریشه و اندام هوایی به صورت جداگانه پس از قرار گرفتن در آون با دمای  $75$  درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت  $48$  ساعت با ترازوی دقیق ( $0.001$  گرم) توزین و ثبت شد و جهت تعیین نسبت اندام هوایی به ریشه از رابطه‌ی تقسیم وزن خشک اندام هوایی بر وزن خشک ریشه استفاده گردید.

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. آنالیز داده‌ها با نرم افزار آماری SAS، مقایسات میانگین داده‌ها در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD، رسم نمودارها توسط صفحه گسترده‌ی Excel و ضرایب همبستگی صفات نیز توسط نرم افزار SPSS انجام شد.

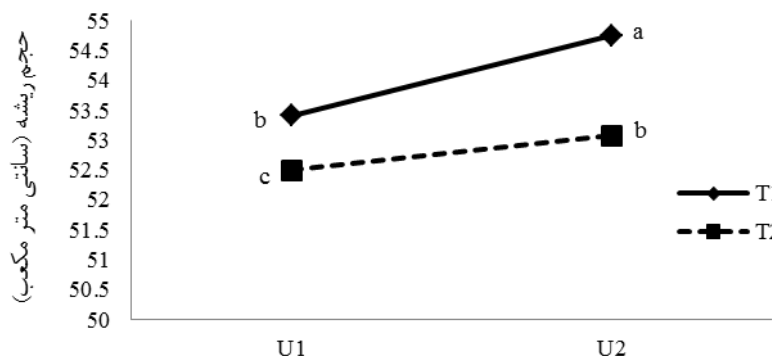
## نتایج و بحث

### حجم ریشه

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات ریشه و اندام هوایی گیاه گلرنگ تحت غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم ریشه	سطح ریشه	نسبت اندام هوایی به ریشه	میانگین مربعات			عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی
					ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد غوزه در بوته	
غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D)	۳	۱۲/۳۵ **	۱۱۸۳۵۱۹۱۰/۶ **	۲۱/۴۴ **	۷۳۷/۳۱ **	۰/۰۶ **	۴/۳۵ **	۲/۰۸ **
زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (T)	۱	۲۰/۰۲ **	۳۹۶۲۵۱۳۶/۳ **	۴۸/۲۶ **	۸۰/۰۸ **	۰/۰۰۳ n.s	۱/۰۲ *	۱/۹۴ **
نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (U)	۱	۱۱/۰۲ **	۹۰۴۲۸۲۴/۱ **	۱/۲۱ *	۶۳/۰۲ *	۰/۰۲ **	۰/۱۸ n.s	۰/۱۳ **
غلظت مصرف × زمان مصرف (D×T)	۳	۳/۸۵ **	۳۷۶۷۶۳۰/۰ **	۵/۰۵ **	۳۳/۹۸ *	۰/۰۰۱ n.s	۰/۴۰ n.s	۰/۶۶ **
غلظت مصرف × نحوه‌ی مصرف (D×U)	۳	۱/۴۰ *	۵۰۳۲۲۴/۳ *	۱/۱۰ *	۳۱/۵۹ *	۰/۰۰۵ n.s	۰/۲۴ n.s	۰/۰۴۲ *
زمان مصرف × نحوه‌ی مصرف (T×U)	۱	۱/۶۸ *	۱۳۹۷۵۲/۱ n.s	۱/۰۶ *	۸/۳۳ n.s	۰/۰۰۷ n.s	۰/۵۲ n.s	۰/۰۲۹ n.s
غلظت مصرف × زمان مصرف × نحوه‌ی مصرف	۳	۰/۵۲ n.s	۳۱۴۰۲۱/۹ n.s	۰/۹۲ *	۲۴/۹۰ n.s	۰/۰۰۴ n.s	۰/۰۲۰ n.s	۰/۰۱ n.s
خطا	۳۲	۰/۳۹	۱۴۰۲۰۰/۹	۰/۲۷	۱۰/۲۹	۰/۰۰۲	۰/۲۵	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات (/.)		۱/۱۷	۲/۹۶	۱۱/۰۷	۳/۸۰	۸/۶۲	۱۲/۶۹	۱۰/۰۱

n.S, \*\*, \* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



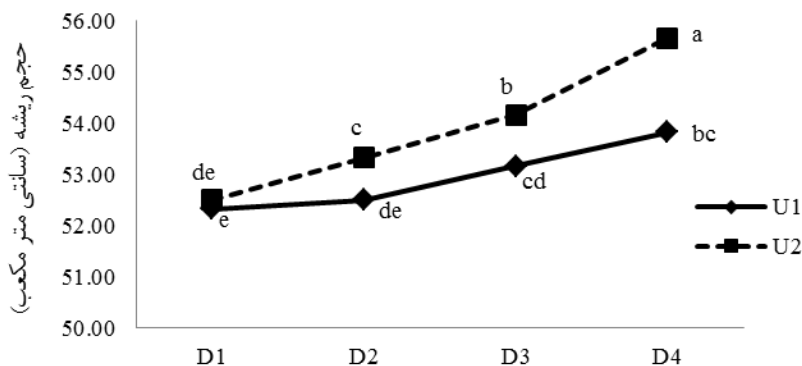
شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات دوگانه‌ی زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی

جلبک دریایی بر حجم ریشه

زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (T): T<sub>1</sub> = مرحله رویشی، T<sub>2</sub> = مرحله زایشی، نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (U): U<sub>1</sub> = محلول پاشی برگ‌ی، U<sub>2</sub> = مصرف در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف).

دریایی در زمان‌های مختلف رشد و نمو باعث ایجاد اختلافی حدود ۷/۰۱ درصدی در حجم ریشه نسبت به تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در زمان‌های مختلف رشدی گردید (شکل ۳). در پژوهشی اخوان و همکاران (۱۳۹۰) که به بررسی اثر تراکم و بافت خاک بر رشد ریشه و اندام هوایی گندم پرداختند، اظهار داشتند که بیشترین حجم ریشه با میانگین ۴/۲۵ سانتی‌متر مکعب از تیمار بدون تراکم حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای تراکم شده داشت.

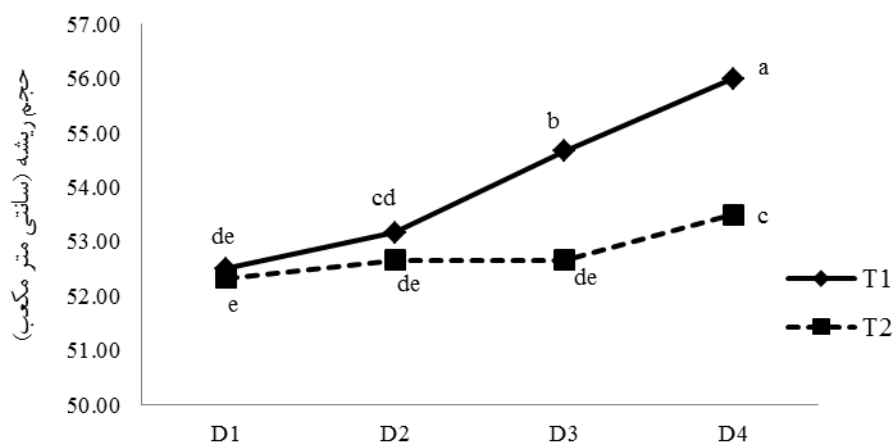
با افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در زمان‌های مختلف رشدی حجم ریشه تحت تأثیر قرار گرفت به طوری که روندی افزایشی داشت. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین حجم ریشه از تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه با میانگین ۵۶/۰۰ سانتی‌متر مکعب به دست آمد. کمترین حجم ریشه نیز با متوسط ۵۲/۳۳ سانتی‌متر مکعب متعلق به تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و مرحله‌ی زایشی گیاه بود که این افزایش در غلظت‌های مصرف عصاره‌ی جلبک



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات دوگانه‌ی غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی

جلبک دریایی بر حجم ریشه

غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub> = شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub> = مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub> = مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub> = مصرف ۲ لیتر در هکتار، نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (U): U<sub>1</sub> = محلول پاشی برگ‌ی، U<sub>2</sub> = مصرف در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات دوگانه ی غلظت و زمان مصرف عصاره ی جلبک دریایی بر حجم ریشه

غلظت مصرف عصاره ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub>= شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub>= مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub>= مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub>= مصرف ۲ لیتر در هکتار، زمان مصرف عصاره ی جلبک دریایی (T): T<sub>1</sub>= مرحله رویشی، T<sub>2</sub>= مرحله زایشی.

حاکی از آن است که هرچه حجم ریشه افزایش یابد به تناسب آن نیز سطح ریشه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد غوزه در بوته نیز افزایش می یابند ولی با صفت نسبت اندام هوایی به ریشه در مقابل همدیگر قرار گرفته و با افزایش حجم ریشه نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش می یابد (جدول ۲).

کروج و واناستادن (۱۹۹۲) نیز اثر استفاده از عصاره ی جلبک دریایی روی حجم ریشه در گیاه گوجه فرنگی را مثبت ارزیابی کردند. با توجه به تعیین ضرایب همبستگی صفات مشاهده شد که حجم ریشه با سطح ریشه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد غوزه در بوته همبستگی مثبت و معنی دار و با نسبت اندام هوایی به ریشه همبستگی منفی و معنی داری در سطح یک درصد داشت. این نتایج

جدول ۲- ضرایب همبستگی صفات ریشه و اندام هوایی گیاه گلرنگ تحت غلظت، زمان و نحوه ی مصرف عصاره ی جلبک دریایی

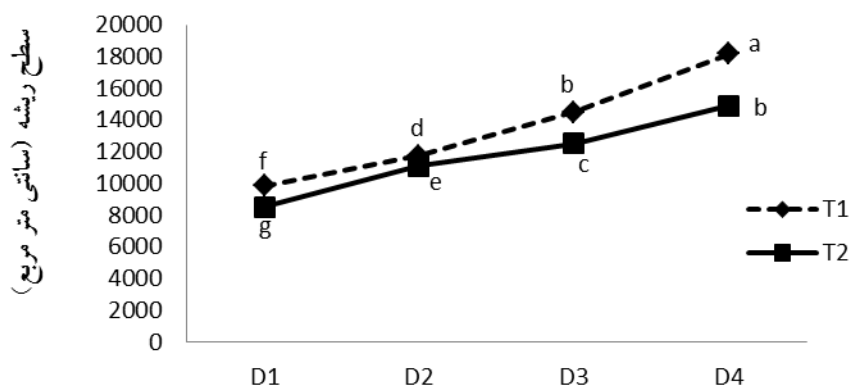
صفات مورد بررسی	حجم ریشه	سطح ریشه	نسبت اندام هوایی به ریشه	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد غوزه در بوته	عملکرد بیولوژیک غوزه ی فرعی
حجم ریشه	۱						
سطح ریشه	۰/۸۲۲**	۱					
نسبت اندام هوایی به ریشه	-۰/۶۱۹**	-۰/۷۸۲**	۱				
ارتفاع بوته	۰/۶۰۱**	۰/۸۳۴**	-۰/۶۳۶**	۱			
قطر ساقه	۰/۴۸۷**	۰/۶۴۰**	-۰/۳۷۵**	۰/۵۴۹**	۱		
تعداد غوزه در بوته	۰/۶۰۹**	۰/۶۴۹**	-۰/۳۳۱*	۰/۶۳۲**	۰/۴۳۳**	۱	
عملکرد بیولوژیک غوزه ی فرعی	۰/۱۴۵	۰/۴۸۷**	-۰/۲۱۷	۰/۶۱۳**	۰/۵۵۷**	۰/۴۳۶**	۱

\*\*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

## سطح ریشه

سطح ریشه نیز دچار تغییراتی شد که بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین سطح ریشه با میانگین  $18176/00$  سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه و کمترین سطح ریشه نیز با میانگین  $8489/7$  سانتی‌متر مربع متعلق به تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد زایشی گیاه بود (شکل ۴). به نظر می‌رسد که نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی به صورت استفاده در پای ریشه‌ی گیاه به دلیل این‌که سریع‌تر در اختیار ریشه‌ها قرار می‌گیرد و ریشه‌های گیاه آن را سریع‌تر جذب می‌نمایند، اثرگذاری بیشتری نسبت به روش محلول‌پاشی برگی در افزایش سطح ریشه‌ها داشته است. زمان‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نیز می‌تواند اثرات مختلفی را بر رشد و نمو گیاه بگذارد.

اثرات ساده‌ی غلظت، زمان و نحوه‌ی استفاده‌ی عصاره‌ی جلبک دریایی و همچنین اثر دوگانه‌ی غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر سطح ریشه داشتند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات اثر دوگانه‌ی غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نیز توانست سطح ریشه را تحت تأثیر قرار دهد و در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد ولی اثر دوگانه‌ی زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و اثر سه‌گانه‌ی غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بر سطح ریشه نداشتند (جدول ۱). اثر متقابل غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی توانست بر سطح ریشه اثر گذار باشد، به این صورت که با افزایش غلظت مصرف در زمان‌های مختلف رشد و نمو گیاه،



شکل ۴. مقایسه میانگین اثرات دوگانه‌ی غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی

## جلبک دریایی بر سطح ریشه

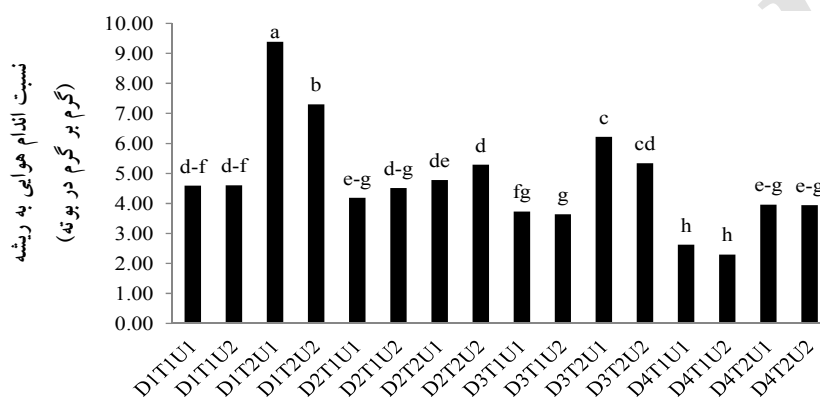
غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub> = شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub> = مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub> = مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub> = مصرف ۲ لیتر در هکتار. زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (T): T<sub>1</sub> = مرحله رویشی، T<sub>2</sub> = مرحله زایشی.

همان‌طور که از نتایج این آزمایش مشاهده می‌شود مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه نسبت به مرحله‌ی زایشی توانسته است موجب افزایش حجم ریشه شود و به تبعیت از آن سطح ریشه نیز افزایش یابد. در تحقیقی روی گیاه چمن پوآ عنوان شد که اثر مصرف تنظیم‌کننده‌های رشد روی سطح ریشه معنی‌دار بود به طوری که اختلاف  $80/73$  درصدی با تیمار شاهد داشتند (روح‌الطی و کافی، ۱۳۸۹). در پژوهش دیگری که بر روی گیاه گندم انجام شد، سطح ریشه در تراکم ۲۰ درصدی خاک اختلاف  $124/30$  درصدی با تیمار شاهد داشت (اخوان و همکاران، ۱۳۹۱). در این آزمایش همبستگی سطح ریشه با ارتفاع بوته ( $r=0/834^{**}$ )، قطر ساقه ( $r=0/764^{**}$ )، تعداد غوزه در بوته ( $r=0/649^{**}$ ) و عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی ( $r=0/487^{**}$ ) مثبت و معنی‌دار و با صفت نسبت اندام هوایی به ریشه ( $r=0/782^{**}$ ) منفی و معنی‌دار بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد که هر چه سطح ریشه افزایش یابد، سایر اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شده در این آزمایش نیز افزایش می‌یابند ولی صفت نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش پیدا می‌کند.

همان‌طور که از نتایج این آزمایش مشاهده می‌شود مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه نسبت به مرحله‌ی زایشی توانسته است موجب افزایش حجم ریشه شود و به تبعیت از آن سطح ریشه نیز افزایش یابد. در تحقیقی روی گیاه چمن پوآ عنوان شد که اثر مصرف تنظیم‌کننده‌های رشد روی سطح ریشه معنی‌دار بود به طوری که اختلاف  $80/73$  درصدی با تیمار شاهد داشتند (روح‌الطی و کافی، ۱۳۸۹). در پژوهش دیگری که بر روی گیاه گندم انجام شد، سطح ریشه در تراکم ۲۰ درصدی خاک اختلاف  $124/30$  درصدی با تیمار شاهد داشت (اخوان و



به ریشه روند کاهشی نشان داد که زمان‌های مصرف و نحوه استفاده‌ی عصاره‌ی جلبک دریایی نیز توانست تغییراتی را در نسبت اندام هوایی به ریشه به وجود آورد به طوری که بیشترین مقدار آن با متوسط ۹/۳۹ گرم بر گرم در بوته مربوط به تیمار (عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی + مرحله‌ی زایشی + محلول پاشی) و کمترین آن با میانگین ۲/۲۹ گرم بر گرم در بوته متعلق به تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه به صورت استفاده در پای ریشه بود (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثرات سه گانه ی غلظت، زمان و نحوه ی استفاده ی عصاره ی جلبک دریایی بر نسبت اندام هوایی به ریشه

غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub> = شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub> = مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub> = مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub> = مصرف ۲ لیتر در هکتار، زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (T): T<sub>1</sub> = مرحله رویشی، T<sub>2</sub> = مرحله زایشی، نحوه مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (U): U<sub>1</sub> = محلول پاشی برگ، U<sub>2</sub> = مصرف در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف).

رشد رویشی اختلافی حدود ۳۱۰ درصدی با عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در زمان رشد زایشی گیاه و به صورت محلول پاشی داشته است. از آنجایی که نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی باعث بهبود توان گیاه برای افزایش تحمل به شرایط نامساعد می‌شود، از این رو اغلب فیزیولوژیست‌ها این نسبت را معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط نامساعد معرفی می‌نمایند (سینگ و همکاران، ۲۰۰۵). در تأیید این موضوع نیز ضرایب همبستگی صفات نشان داد که نسبت اندام هوایی به ریشه با صفات حجم و سطح ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است (جدول ۲). در پژوهشی روی گیاه نخود عنوان شد که در مرحله‌ی گلدهی و تشکیل غلاف‌ها تنش خشکی

### نسبت اندام هوایی به ریشه

نسبت اندام هوایی به ریشه تحت تأثیر معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) اثرات ساده و دوگانه‌ی غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی قرار گرفت. همچنین اثر ساده‌ی نحوه مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی، اثر دوگانه‌ی غلظت و نحوه مصرف، زمان و نحوه مصرف و همچنین اثر سه‌گانه‌ی غلظت، زمان و نحوه مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر نسبت اندام هوایی به ریشه اثر گذار بوده و در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نسبت اندام هوایی

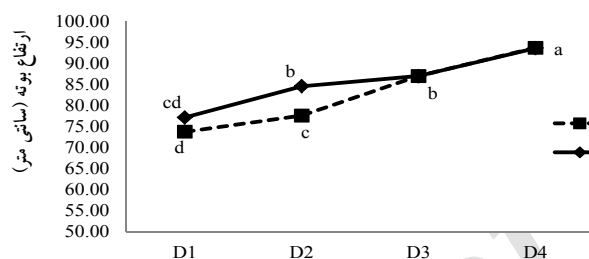
در این بررسی هرچه غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی افزایش یافت برخلاف آن نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش یافت و این می‌تواند نشان دهنده‌ی این موضوع باشد که مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر رشد و نمو ریشه‌ها اثرگذاری نسبتاً بیشتری داشته است. این موضوع باعث شده است که نسبت ریشه‌ها به اندام هوایی بیشتر شود که نتایج به دست آمده از حجم و سطح ریشه در این آزمایش بیانگر این موضوع است. لازم به ذکر است که زمان و نحوه مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در کنار غلظت‌های مصرف آن توانسته است این اثر گذاری را بیشتر نموده به طوری که نسبت اندام هوایی به ریشه با مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی به صورت خاک مصرف (در پای ریشه‌ی گیاه) در مرحله‌ی

معنی‌دار بود (جدول ۱). برهم کنش غلظت و زمان‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی باعث ایجاد تغییراتی در ارتفاع بوته شد به نحوی که با افزایش غلظت عصاره‌ی جلبک دریایی ارتفاع بوته نیز افزایش یافت و زمان‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نیز باعث ایجاد تفاوت‌هایی در نتایج به دست آمده شد. بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۹۳/۷۵ سانتی‌متر مربوط به تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی زایشی گیاه و کمترین ارتفاع بوته با متوسط ۷۳/۷۵ سانتی‌متر متعلق به تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی زایشی گیاه بود (شکل ۶).

به صورت معنی‌داری ( $p < 0/01$ ) نسبت اندام هوایی به ریشه را کاهش داد (گنجعلی و همکاران، ۱۳۸۹).

### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در سطح آماری یک درصد و تحت تأثیر اثر ساده‌ی نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و اثرات متقابل غلظت و زمان مصرف، همچنین غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در سطح آماری پنج درصد

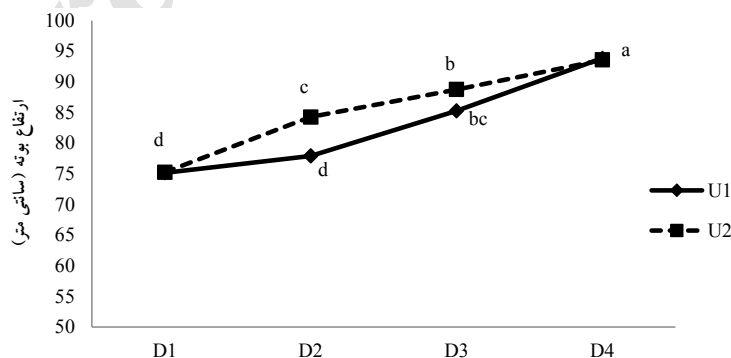


شکل ۶. مقایسه میانگین اثرات دوگانه‌ی غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر ارتفاع بوته

غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub> = شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub> = مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub> = مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub> = مصرف ۲ لیتر در هکتار، زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (T): T<sub>1</sub> = مرحله‌ی رویشی، T<sub>2</sub> = مرحله‌ی زایشی.

ارتفاع بوته با متوسط ۷۵/۱۶ سانتی‌متر از تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی به صورت محلول‌پاشی با میانگین ۹۳/۸۳ سانتی‌متر به بیشترین مقدار خود رسید و این در حالی است که کمترین

ارتفاع بوته تحت تأثیر مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی به صورت محلول‌پاشی با میانگین ۹۳/۸۳ سانتی‌متر به بیشترین مقدار خود رسید و این در حالی است که کمترین



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه‌ی غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی

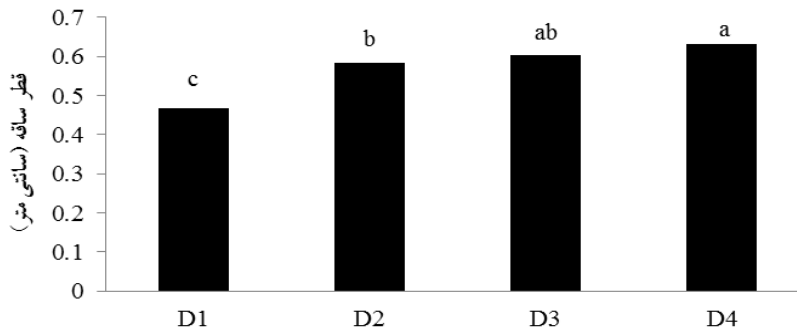
غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub> = شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub> = مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub> = مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub> = مصرف ۲ لیتر در هکتار، نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (U): U<sub>1</sub> = محلول‌پاشی برگ، U<sub>2</sub> = مصرف در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف).

مرحله‌ی گلدهی سبب حفظ توان گیاه در رشد اندام‌های رویشی از جمله ارتفاع گیاه می‌شود.

#### قطر ساقه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات اثرات ساده‌ی غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر قطر ساقه داشتند ولی اثر ساده‌ی زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و اثرات دوگانه و سه‌گانه‌ی تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری از نظر آماری بر قطر ساقه نداشتند (جدول ۱). با مصرف غلظت‌های مختلف عصاره‌ی جلبک دریایی قطر ساقه تحت تأثیر قرار گرفت به نحوی که با افزایش غلظت مصرف، قطر ساقه نیز روندی افزایشی را نشان داد. بیشترین قطر ساقه با متوسط  $0/632$  سانتی‌متر از تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی و کمترین آن با میانگین  $0/468$  سانتی‌متر از تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (شاهد) به دست آمد (شکل ۸).

با توجه به اثر تحریک‌کنندگی عصاره‌ی جلبک دریایی بر رشد و نمو گیاهان (رایوراث و همکاران، ۲۰۰۸)، در این آزمایش با افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی ارتفاع گیاه گلرنگ نیز افزایش داشته است که مصرف آن به صورت محلول-پاشی برگی توانسته است این افزایش ارتفاع در گیاه را بهبود بخشد. این موضوع می‌تواند به دلیل جذب برگی بهتر و در نهایت اثر تحریک‌کنندگی آن بر رشد اندام‌های رویشی گیاه باشد که در نهایت باعث افزایش ارتفاع بوته شده است. در تحقیقی عنوان کردند که مصرف ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم موجب افزایش  $3/97$  درصدی ارتفاع بوته‌ی آفتابگردان شد (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۰). در پژوهشی بیشترین ارتفاع بوته‌ی گیاه گلرنگ با میانگین  $68/65$  سانتی‌متر از تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید به دست آمد (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰). یوسفوند و همکاران (۱۳۹۰) در یک بررسی عنوان کردند که بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین ارتفاع بوته‌ی آفتابگردان به ترتیب با میانگین‌های  $173/54$  و  $91/56$  سانتی‌متر مربوط به تیمار شاهد و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. همچنین اظهار داشتند که تأمین رطوبت کافی تا



غلظت‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی

#### شکل ۸- مقایسه میانگین غلظت‌های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر قطر ساقه

غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub>=شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub>=مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub>=مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub>=مصرف ۲ لیتر در هکتار.

به استفاده به صورت محلول‌پاشی افزایشی در حدود ۸٪ داشته باشد که مقدار آن برابر با  $0/594$  سانتی‌متر بود (شکل ۹).

نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نیز توانست اثر معنی-داری بر قطر ساقه ایجاد نماید به طوری که نحوه‌ی مصرف عصاره-ی جلبک دریایی در پای ریشه‌ی گیاه باعث شد که قطر ساقه نسبت



شکل ۹- مقایسه میانگین نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر قطر ساقه

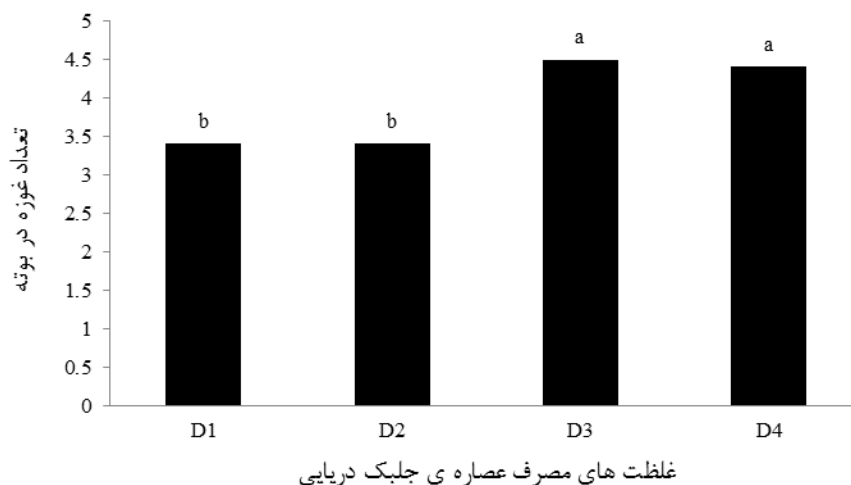
نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (U): U<sub>1</sub>= محلول پاشی برگ، U<sub>2</sub>= مصرف در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف).

داری ( $P < 0.05$ ) روی تعداد غوزه در بوته داشته باشد ولی اثر ساده‌ی نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و اثرات دوگانه و سه‌گانه‌ی تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری روی تعداد غوزه در بوته از نظر آماری نداشتند (جدول ۱). از آن‌جایی که در گیاه گلرنگ در انتهای هر شاخه یک غوزه صرف نظر از بارور یا نابارور بودن آن تشکیل خواهد شد، از این رو تعداد غوزه در بوته نیز تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره‌ی جلبک دریایی با افزایش مصرف آن تعداد غوزه در بوته نیز افزایش یافت به طوری که بیشترین تعداد آن با میانگین ۴/۵۰ عدد مربوط به تیمار مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی بود که با تیمار مصرف دو لیتر در هکتار اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نداشتند. کمترین تعداد غوزه در بوته نیز از تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی با متوسط ۳/۴۱ عدد حاصل شد که با تیمار مصرف یک لیتر در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت. این افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (۱/۵ لیتر در هکتار) باعث افزایش حدود ۳۱/۹۶ درصدی تعداد غوزه در بوته نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی) شد (شکل ۱۰). در تحقیقی روی گیاه گلرنگ بیشترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ۶/۵۹ عدد مربوط به تیمار مصرف عناصر غذایی و کمترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ۵/۰۳ عدد مربوط به عدم مصرف عناصر غذایی گزارش شد (میرزاخانی، ۱۳۹۱). در یک بررسی روی گلرنگ عنوان شد که بیشترین تعداد غوزه در بوته متعلق به تیمار مصرف کودهای بیولوژیک بود (اجاقلو، ۲۰۰۷).

قطر ساقه نشان دهنده‌ی حجم فیزیکی گیاه است یعنی هرچه قطر ساقه بیشتر باشد آن گیاه از نظر جثه بزرگتر و حجیم‌تر است که مسلماً گیاهان بزرگتر، قوی‌تر نیز می‌باشند (سببی، ۱۳۹۰). در یک بررسی مصرف ۱۸ گرم در هکتار سلنیوم موجب افزایش ۲۹/۷۲ درصدی قطر ساقه‌ی آفتابگردان نسبت به عدم مصرف سلنیوم شد (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۰). به نظر می‌رسد که افزایش قطر ساقه بستگی به تغذیه و رشد اندام‌های هوایی دارد، یعنی هرچه تغذیه بهتر صورت گیرد در نتیجه رشد ریشه‌ها بیشتر بوده که این موضوع نیز می‌تواند در جذب و انتقال آب و مواد غذایی از ریشه‌ها به سایر اندام‌های هوایی مؤثر واقع شود و ساقه‌ی گیاه که کار اصلی انتقال این مواد را از خاک به اندام‌های هوایی بر عهده دارد، هر چقدر قوی‌تر و بزرگتر باشد در این امر موفقیت بیشتری دارد (سببی، ۱۳۹۰). در تأیید این موضوع نتایج این آزمایش نشان می‌دهند که حجم و سطح ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با قطر ساقه دارند (جدول ۲). یعنی با افزایش مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی حجم و سطح ریشه افزایش یافته‌اند و به تبع آن قطر ساقه نیز روندی صعودی داشته است.

#### تعداد غوزه در بوته

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس صفات تعداد غوزه در بوته تحت تأثیر غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی قرار گرفت و در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی توانست اثر معنی-



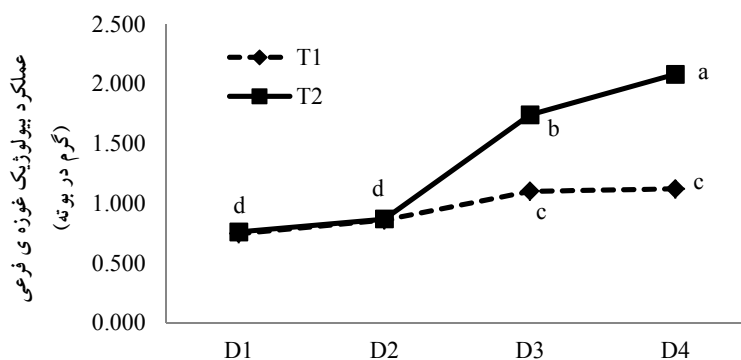
شکل ۱۰. مقایسه میانگین غلظت های مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر تعداد غوزه در بوته

غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub> = شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub> = مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub> = مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub> = مصرف ۲ لیتر در هکتار

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثرات ساده‌ی غلظت، زمان و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی و همچنین اثر دوگانه‌ی غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی، عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی را تحت تأثیر قرار دادند و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر دوگانه‌ی غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی توانست اثر معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بر عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی داشته باشد ولی سایر اثرات دوگانه و سه‌گانه‌ی تیمارهای آزمایشی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی نداشتند (جدول ۱). با افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی روندی افزایشی را نشان داد که برهم کنش آن با زمان‌های مختلف مصرف نیز توانست عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی را دچار تغییراتی نماید به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی با میانگین ۲/۰۸ گرم در بوته از تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی زایشی گیاه به دست آمد. کمترین عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی نیز با متوسط ۰/۷۴۵ گرم در بوته مربوط به تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه بود (شکل ۱۱).

نتایج ضرایب همبستگی صفات نشان داد که تعداد غوزه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) با صفات حجم ریشه، سطح ریشه، ارتفاع بوته و قطر ساقه دارد. یعنی هرچه میزان صفات مذکور افزایش یابد تعداد غوزه در بوته نیز افزایش خواهد یافت ولی نسبت اندام هوایی به ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری ( $r = -0/331^*$ ) با صفت تعداد غوزه در بوته داشت (جدول ۲). سببی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی روی گیاه گلرنگ اظهار داشتند که با تأمین نیاز رطوبتی گیاه و کاهش تبخیر و تعرق در گیاه، گیاه توانایی تولید و رشد بهتری دارد و تعداد غوزه نیز افزایش می‌یابد. در بررسی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ، بیشترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ۲۵/۷ عدد توسط رقم اصفهان، در تیمار قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی و کمترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ۱۷/۶ عدد توسط رقم اراک ۲۸۱۱، در تیمار قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی گزارش شده است (نبی پور و همکاران، ۲۰۰۷).

#### عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی

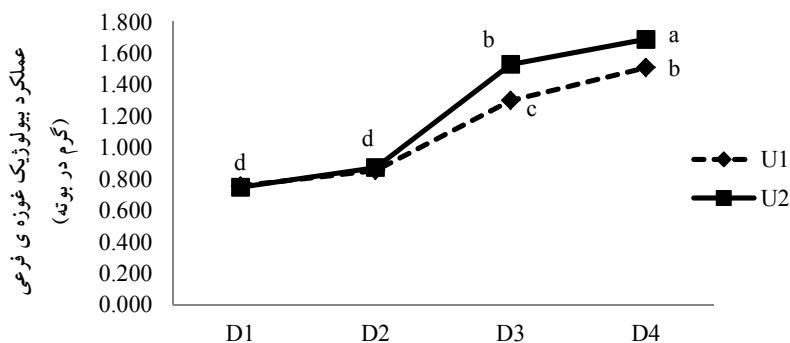


شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثرات دوگانه‌ی غلظت و زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی بر عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی

غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub> = شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub> = مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub> = مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub> = مصرف ۲ لیتر در هکتار، زمان مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی (T): T<sub>1</sub> = مرحله‌ی رویشی، T<sub>2</sub> = مرحله‌ی زایشی.

جلبک دریایی و نحوه‌ی استفاده در پای ریشه‌ی گیاه موجب بهبود رشد ریشه‌ها و سایر اندام‌های هوایی گیاه شده است که با جذب و انتقال مواد از ریشه‌ها به سایر اندام‌های هوایی تعداد غوزه در بوته نیز افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی نیز شده است. نتایج حاصله از ضرایب همبستگی صفات در این آزمایش نشان دهنده‌ی همبستگی مثبت و معنی دار ( $P < 0/01$ ) سطح ریشه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد غوزه در بوته با عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی می‌باشد (جدول ۲). در آزمایشی با مصرف سالیسیلیک‌اسید به صورت محلول‌پاشی، عملکرد بیولوژیک غوزه‌های فرعی در گیاه گلرنگ برابر با ۴/۹۷ گرم در بوته گزارش شده است که نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت و اختلاف آن حدود ۳/۰۱٪ بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰).

در بین اثرات دوگانه‌ی غلظت و نحوه‌ی مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک غوزه‌ی فرعی متعلق به تیمار مصرف دو لیتر در هکتار عصاره‌ی جلبک دریایی در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف) با متوسط ۱/۶۹ گرم در بوته بود. کمترین مقدار آن نیز با میانگین ۰/۷۴۸ گرم در بوته از تیمار عدم مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی به صورت استفاده در پای ریشه‌ی گیاه (خاک مصرف) حاصل شد (شکل ۱۲). در مرحله‌ی رشد زایشی گیاه که سوخت و ساز برگ‌ها و همچنین مواد جذب شده از ریشه-ها به مخازن (غوزه‌ها) انتقال می‌یابد اگر بتوان این عمل را بهینه کرد در نهایت گیاه عملکرد مطلوبی را تولید می‌نماید. به نظر می‌رسد که با افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی در این آزمایش این امر تحقق یافته است و نحوه‌ی استفاده به صورت خاک مصرف (در پای ریشه‌ی گیاه) موفق‌تر از محلول‌پاشی برگی بوده است. زیرا با توجه به نتایج به دست آمده افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی



شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثرات دوگانه ی غلظت و نحوه ی مصرف عصاره ی جلبک دریایی بر عملکرد بیولوژیک غوزه ی فرعی

غلظت مصرف عصاره ی جلبک دریایی (D): D<sub>1</sub>= شاهد (عدم مصرف)، D<sub>2</sub>= مصرف یک لیتر در هکتار، D<sub>3</sub>= مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار، D<sub>4</sub>= مصرف ۲ لیتر در هکتار، نحوه ی مصرف عصاره ی جلبک دریایی (U): U<sub>1</sub>= محلول پاشی برگ، U<sub>2</sub>= مصرف در پای ریشه ی گیاه (خاک مصرف).

#### نتیجه گیری

دریایی مشاهده شد بیانگر این موضوع می باشد. تأثیر بهتر عصاره ی جلبک دریایی در این آزمایش به صورت خاک مصرف در مقایسه با محلول پاشی برگ، در سایر صفات مانند قطر ساقه و عملکرد بیولوژیک غوزه ی فرعی نیز مشاهده می شود. به دلیل این که مراحل رشد و نمو گیاه نیازهای رشدی و تغذیه ای متفاوتی از یکدیگر دارند، اگر بتوان این مراحل را مدیریت نمود، می توان از رابطه و وابستگی مراحل رشد و نمو و اندام های مختلف گیاه به خوبی استفاده کرد و با بهبود رشد یک مرحله از نمو گیاه و یک اندام مشخصی از آن، به سایر مراحل نمو و اندام های دیگر کمک نمود. همان طور که در این آزمایش از طریق افزایش غلظت مصرف عصاره ی جلبک دریایی در مرحله ی رشد رویشی گیاه بر رشد و توسعه ی ریشه های گیاه گلرنگ اثر مثبت گذاشته و مراحل و اندام های رویشی دیگر نیز تحت تأثیر قرار گرفته و افزایش یافتند.

با افزایش غلظت های مصرف عصاره ی جلبک دریایی در این آزمایش اکثر صفات مورد بررسی نیز تحت تأثیر تحریک کنندگی رشدی آن قرار گرفتند و افزایش پیدا کردند. زمان های مصرف عصاره ی جلبک دریایی نیز به نوبه ی خود تغییراتی در رشد و نمو اندام های زیر زمینی و هوایی گیاه گلرنگ ایجاد نمود به طوری که در مرحله ی رشد رویشی که گیاه دوره ی طولانی تری از مراحل رشد و نمو خود را در این مرحله می گذراند، استفاده از عصاره ی جلبک دریایی به صورت خاک مصرف نیز توانسته است به آن کمک نموده و در بهبود رشد پارامترهای اندازه گیری شده مؤثر واقع شود. اختلاف ۴/۲۸ درصدی حجم ریشه و ۷/۰۱ درصدی در سطح ریشه که بین تیمارهای مصرف دو لیتر در هکتار عصاره ی جلبک دریایی در پای ریشه ی گیاه و عدم مصرف عصاره ی جلبک

#### منابع

- اخوان، س.، م. شعبانپور و م. اصفهانی. ۱۳۹۱. اثر تراکم و بافت خاک بر رشد ریشه و اندام های هوایی گندم. نشریه ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۶، شماره ۳: ۷۳۵-۷۲۷.
- امیدی، ا. ح. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهار. مجله ی به زراعی نهال و بذر. جلد ۲-۲۵، شماره ۱: ۳۱-۱۵.

- باقری، م. ۱۳۷۴. اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گلرنگ، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۲۵ صفحه.
- باقری، ح.، ب. عندلیبی و م.ر. عظیمی مقدم. ۱۳۹۱. اثر کاربرد ماده‌ی ضد تعرق آنترازین بر بهبود صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط دیم. مجله‌ی به زراعی کشاورزی، جلد ۱۴، شماره ۱۲: ۱۶-۱.
- حقیقتی ملکی، ا. و ف. فری ۱۳۸۶. بررسی اثر کودهای نیتروژن و فسفر در عملکرد و درصد روغن ارقام مختلف گلرنگ دیم. مجموعه مقالات دهمین کنگره‌ی علوم خاک ایران. کرج- پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۶-۴ شهریور ۱۳۸۶. کرج، ایران. ۷۵-۷۰ روح اللهی، ا. و م. کافی. ۱۳۸۹. ارزیابی دو روش اندازه‌گیری اندام زیر زمینی چمن پوآ (*Poa pratensis cv. Barimpala*) تحت تأثیر تنظیم کننده‌های رشد و تیمارهای آبیاری. نشریه‌ی علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴، شماره ۲: ۱۵۸-۱۵۴.
- سببی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، ژنولیت و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی گلرنگ بهاره. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک. ۲۱۳ صفحه.
- سببی، م.، م. میرزاخانی و م. گماریان. ۱۳۹۱. اثر تنش آبی، مصرف ژنولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره. فصلنامه-ی یافته‌های نوین کشاورزی. جلد ۵، شماره ۳: ۲۹۰-۲۷۵.
- میرزاخانی، م. ۱۳۹۱. واکنش اجزاء عملکرد گلرنگ به تلقیح با قارچ میکوریزا، باکتری ازتوباکتر و مصرف حاصلخیزکننده‌های شیمیایی. فصلنامه‌ی پژوهش‌های علوم گیاهی. جلد ۷، شماره ۲: ۵۱-۳۷.
- یوسفوند، پ.، ن. ع. ساجدی، و م. میرزاخانی، ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی، مصرف ژنولیت و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. فصلنامه‌ی یافته‌های نوین کشاورزی، سال ۵، شماره ۳: ۳۳۹-۳۲۵.
- Abbadi, J., J. Gerendás and B. Sattelmacher. 2008. Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower. *Plant and soil* J. 306: 167-180.
- Altındaşlı, A., M.E. İrget, H. Kalkan, S. Kara and M. Oktay. 1998. Effect of foliar applied KNO<sub>3</sub> on yield, quality and leaf nutrients of Carignane and Colombard wine grapes. In: Anac, D. and P. Martin- Prével, Improved Crop Quality by Nutrient Management. Pp: 103-106.
- Atzmon, N. and J. Van Staden. 1994. The effect of seaweed concentrate on the growth of *Pinus pinea* seedlings. *New For.* 8:279-288.
- Bangal, D.B., B.M. Birari and K.G. Patil. 1988. Root characters the important criteria for drought resistance in wheat. *J. Maharashtra Agric. Univ.* 13: 242-243.
- Bassil, E.S., S.R. Kaffka and R.A. Hutmacher. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) to residual soil N following cotton (*Gossypium spp.*) in rotation in the San Joaquin Valley of California. *J. Agric. Sci.* 138: 395-402.
- Blunden, G., A.L. Cripps, S.M. Gordon, T.G. Mason and C.H. Turner. 1986. The characterisation and quantitative estimation of betaines in commercial seaweed extracts. *Bot. Mar.* 29:155-160.
- Bohm, W. 1979. Methods of studying root system. *Ecological studies Analysis and Synthesis.* Springer-verlag, Berlin Heidelberg New York. 33: 201p.
- Craigie, J.S. 1990. Cell walls. In: Cole KM, Sheath RG (eds) *Biology of the red algae.* Cambridge University Press, Cambridge. pp 221-257.
- Crouch, I.J. and J. Van Staden. 1991. Evidence for rooting factors in a seaweed concentrate prepared from *Ecklonia maxima*. *J. Plant Physiol.* 137:319-322.
- Crouch, I.J. and J. Van Staden. 1992. Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *J. Appl. Phycol.* 4:291-296.
- Crouch, I.J. and J. Van Staden. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regul.* 13:21-29.
- Duarte, M.E.R., M.A. Cardoso, M.D. Nosedo and A.S. Cerezo. 2001. Structural studies on fucoidan from brown seaweed *Sargassum stenophyllum*. *Carbohydrate Res.* 333:281-293.
- Ganapathy Selvam, G and K. Sivakumar. 2014. Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of *Arachis hypogea L.* and their elemental composition using SEM-Energy Dispersive Spectroscopic analysis. *Asi. Pac. J. of Rep.* 3(1): 18-22.



- Jiang, Y. and B. Huang. 2001. Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning-enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 41:1168-1173.
- Kowalski, B., A.K. Jager and J. Van Staden. 1999. The effect of a seaweed concentrate on the in vitro growth and acclimatization of potato plantlets. *Potato Res.* 42:131-139.
- Makela, P., P. Peltonensainio, K. Jokinen, E. Pehu, H. Setaälä, R. Hinkkanen and S. Somersalo. 1996. Uptake and translocation of foliar-applied glycinebetaine in crop plants. *Plant Sci.* 121: 221-234.
- McNeil, S.D., M.L. Nuccio and A.D. Hanson. 1999. Betaines and related osmoprotectants: Targets for metabolic engineering of stress resistance. *Plant Physiol.* 120: 945 - 949.
- Nabipour, M., M. Meskarbasheh and H. Yousefpour. 2007. The effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pakistan Journ of Bio Sci.* 10(3):421-426.
- Naidu, B.P., D.F. Cameron and S.V. Konduri. 2002. Improving drought tolerance of cotton by Glycine betaine application and selection. CSIRO, Tropical Agriculture, Cunningham Laboratory, St Lucia, Qld. 4067. Australian, Agronomy Conference. Papers.
- Ojaglu, F. 2007. The effect of bio-fertilizer inoculation on grain yield and its components of safflower. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University of Tabriz. 89 pp.
- Pinter, J.P., J. Gzipoli, R.J. Reginato, R.D. Jackson and S.B. Idso. 1990. Canopy temperature as indicator of different water use and yield performance among wheat cultivars. *Agricul. Water Manag.* 18: 35- 48.
- Rathore, S.S., D.R. Chaudhary, G.N. Boricha, A. Ghosh, B.P. Bhatt, S.T. Zodape and J.S. Patolia. 2009. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *Sou. Afri. J. of Bot.* 75: 351-355.
- Rayorath, P., M.N. Jithesh, A. Farid, W. Khan, R. Palanisamy, S.D. Hankins, A.T. Critchley and B. Prithviraj. 2008. Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *J. Appl. Phycol.* 20:423-429.
- Sinclair, T.R. 1998. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation. *Agron J.* 38: 638-643.
- Singh, G., H.S. Sekhon and J.S. Kolar. 2005. Pulses. Agrotech Publishing Academy, Udaipur, India.
- Slaˆvik, M. 2005. Production of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings on substrate mixes using growth stimulants. *J. For. Sci.* 51:15-23.
- Stampar, F., M. Hudina, K. Dolenc and V. Usenik. 1998. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica* borkh.). In: Anac, D. and P. Martin- Prével. Improved crop quality by nutrient management. Pp: 91-94.
- Stirk, W.A., M.S. Novak and J. Van Staden. 2003. Cytokinins in macroalgae. *Plant Gro. Reg.* 41:13-24.
- Sunarpi, A. Jupri, R. Kurnianingsih, N.I. Julisaniah and A. Nikmatullah. 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nus. Biosci.* 2(2):73-77.
- Temelli, F. and B. Bozan. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bio. Tech.* 99: 6354-6359.
- Temple, W.D. and A.A. Bomke. 1988. Effects of kelp (*Macrocystis integrifolia*) on soil chemical properties and crop responses. *Plant Soil.* 105:213-222.
- Verkleij, F.N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Bio Agri and Hort.* 8:309-324.
- Yau, S.K. 2007. Winter versus spring sowing of rainfed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. *Eur. J. Agron.* 26: 249-256.

## Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) root response to seaweed extract concentrations, time and method of application

M. Sibi<sup>1</sup>, H.R. khazaie<sup>2</sup>, A. Nezami<sup>2</sup>

Received: 2015-11-18 Accepted: 2016-2-17

### Abstract

In order to safflower root response to seaweed extract concentrations, time and method of application, a factorial experiment in a completely randomized design with three replications was carried out under greenhouse condition at the Agricultural Faculty of Ferdowsi University of Mashhad in 2014. Factors included concentration of seaweed extract on four levels (0, 1, 1.5 and 2 liters ha<sup>-1</sup>), stages of using seaweed extract in two levels (vegetative and reproductive stages) and the application method of seaweed extract on two levels (foliar spray and soil application). The results showed that the different concentrations of seaweed extract on root volume, root surface, shoot to root ratio, plant height, stem diameter, number of bolls per plant and biological yield of un-direct boll were significant ( $p < 0.01$ ). In addition, application time was significant on root volume, root surface, shoot to root ratio, plant height, number of bolls per plant and biological yield of un-direct boll. It should be noted that stem diameter was not affected by time of application. Results revealed that method of application significantly affected root volume, root surface, stem diameter, shoot to root ratio, plant height and biological yield of un-direct boll. Number of bolls per plant was not affected by method of application. The maximum root volume (56 cm<sup>3</sup>) and root surface area (18176 cm<sup>2</sup>) were obtained when 2 liters per hectare seaweed extract was applied during vegetative growth stage. In this study, increase in extract concentration, irrespective of application time, could increase root volume by 7.01% compared with control treatment.

**Keywords:** Number of bolls per plant, root volume, stem diameter, surface root, wokozi liquid

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy and plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor Department of Agronomy and plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran