

اثرات دگرآسیبی بقایای کینوا (*Chenopodium quinoa willd*) بر نشت الکترولیت‌ها، محتوای بیوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گندم (*Triticum aestivum L.*)

علی منصوری، نسیم امرایی و حشمت امیدی*

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳)

چکیده

گونه‌های مختلف خانواده اسفناجیان (*Chenopodium*) به واسطه دارا بودن ترکیبات فعال ترپنی و فنولی اثرات دگرآسیبی دارند. کینوا یکی از گیاهان متعلق به این خانواده است که محتوای مواد فنولی در قسمت‌های مختلف آن بسیار بالاست و می‌تواند دارای این ویژگی باشد. به همین منظور اثر دگرآسیبی عصاره آبی بقایای این گیاه بر نشت الکترولیت‌ها، محتوای بیوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه گندم نان مورد ارزیابی قرار گرفت. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. عصاره آبی اندام‌های گل‌آذین، برگ، ساقه و ریشه گیاه کینوا در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد عوامل آزمایشی بودند. صفات مورد مطالعه شامل میزان نشت الکترولیت‌ها، غلظت مالون دی‌آلدئید، محتوای کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئید، پروتئین، آنتوسیانین، سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز کل گیاهچه گندم بود. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر نوع اندام بر تمامی صفات مورد مطالعه بجز پروتئین کل معنی‌دار بود. همچنین غلظت عصاره و برهم‌کنش نوع اندام و غلظت عصاره بر تمامی صفات اثر معنی‌داری داشت. غلظت‌های بالای عصاره اندام‌های مختلف باعث افزایش نشت الکترولیت و مالون دی‌آلدئید شد. همچنین محتوای آنتوسیانین، سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز افزایش یافت. در این آزمایش محتوای کلروفیل a (۵۸ درصد)، کلروفیل b (۶۸ درصد)، کلروفیل کل (۶۷ درصد)، کاروتنوئید (۶۲ درصد) و پروتئین (۱۰ درصد) تحت تأثیر عصاره اندام‌های کینوا کاهش یافتند. لازم به ذکر است که اثر غلظت‌های پایین عصاره بر میزان نشت الکترولیت‌ها و کلروفیل a مثبت ارزیابی شد اما اثر غلظت‌های بالا منفی بود.

کلمات کلیدی: آللوپاتی، آنتوسیانین، پراکسیداز، پروتئین، سوپراکسید دسموتاز، کاتالاز، کلروفیل

مقدمه

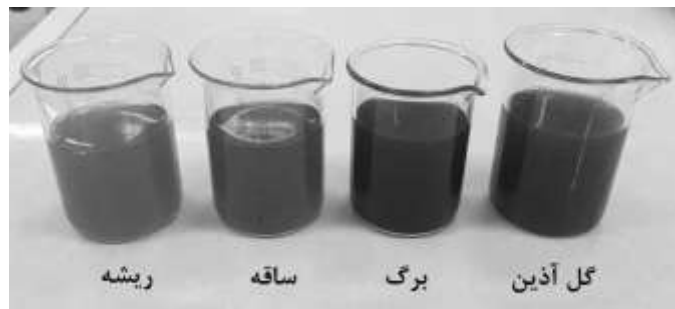
باشد (Gangopadhyay et al., 2009). کینوا از نظر تغذیه‌ای بسیار غنی است و دانه این گیاه تنها ماده غذایی است که می‌تواند تمامی آمینواسیدهای مورد نیاز بدن را تأمین نماید (Bhargava et al., 2006). بذر این گیاه ۱۶ تا ۲۲ درصد پروتئین، بیشتر از نوع آلبومین و گلوبولین، دارد و سرشار از لیزین و آمینواسیدهای سولفوردار است که در غلات بسیار

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa willd*) گیاهی شبه غله از خانواده اسفناج (*Chenopodiaceae*) و بومی منطقه آند در آمریکای جنوبی است (FAO, 2011). این گیاه دولپه‌ای، نشاسته‌ای، سه کرپنه و دارای ریشه بسیار قدرتمند است که باعث شده نسبت به طیف وسیعی از شرایط محیطی مقاوم

* نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: Omidi@shahed.ac.ir

مورفوفیزیولوژیک چغندر قند و دو علف هرز پیچک صحرایی و یولاف را نشان داد. همچنین تاکنون اثرات منفی گیاهان گاوپنبه، سلمه تره، تاج خروس، داتوره، ترشک و لباشیر بر گندم مشخص شده است (Beres and Kazinczi, 2000). اثرات آللوپاتیک برخی اعضای خانواده اسفناج در پژوهش‌های قبلی به اثبات رسیده است. عصاره اندام‌های گیاه تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) می‌تواند تنفس، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، وزن تر ریشه، تثبیت نیتروژن در گره‌ها، محتوای کلروفیل و تولید زیست‌توده در سویا را به میزان قابل توجهی کاهش دهد (Chaniago et al., 2006). همچنین گزارش شده که عصاره این گیاه تأثیر منفی بر جوانه‌زنی گندم، جو، ذرت، سویا، آفتابگردان، چغندر قند، کلزا، کاهو و سورگوم دارد (Costea et al., 2003). مشاهده شده که وجود باقیمانده‌های تاج خروس، عملکرد گل‌رنگ را از ۱۶ تا ۲۰ درصد در سال‌های بعد کاهش داد (Williams et al., 2005). عصاره اندام‌های گیاه سلمک (*Chenopodium album*) نیز باعث کاهش جوانه‌زنی چغندر قند، ذرت، سویا و گندم می‌شود (Szarnyas et al., 2000). از ترکیبات شیمیایی با خاصیت آللوپاتیک خانواده اسفناج می‌توان فنول‌ها را نام برد که از گسترش دیواره سلولی، نفوذپذیری غشا، جذب مواد غذایی، سنتز کلروفیل، فتوسنتز و فعالیت‌های آنزیمی جلوگیری می‌کند (انصوری و همکاران، ۱۳۹۱). تحقیقات نشان می‌دهد که محتوای مواد فنولی در قسمت‌های مختلف کینوا بسیار بالاست (۷۱ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم) که می‌تواند اثرات آللوپاتیک داشته باشد (Alvarez-Jubete et al., 2010). یکی از روش‌های زیست‌سنجی تهیه عصاره آبی برگ، ریشه یا سایر قسمت‌های گیاه و مطالعه تأثیر آن‌ها بر جوانه‌زنی بذر، رشد و صفات فیزیولوژیک گیاهچه‌ها است. از آنجایی که کینوا قبل از گندم کاشته می‌شود و در زمان کاشت گندم بقایای آن در زمین وجود دارند، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر عصاره آبی بقایای این گیاه بر صفات فیزیولوژیک گیاهچه گندم نان به اجرا در آمده است.

کمیاب است. کینوا دارای اسیدهای چرب غیراشباع است که اثرات مثبت تغذیه‌ای داشته و از بروز ناراحتی‌های قلبی و عروقی جلوگیری می‌کنند و در تقویت سیستم ایمنی بدن نقش مؤثر دارند (Abugoch and James, 2009). اهمیت این گیاه تا بدان جااست که سازمان خواروبار جهانی، سال ۲۰۱۳ را به نام کینوا نام‌گذاری کرده است. همواره بعد از ورود یک گیاه جدید به محیط نگرانی‌ها در مورد طغیان گیاه مذکور یا اثرات رقابتی و شیمیایی آن بر روی سایر موجودات محیط مورد توجه قرار می‌گیرد. در طبیعت بین گیاهان مختلف عمدتاً روابط رقابتی وجود دارد. این رقابت بر سر جذب منابع یا وارد کردن مواد شیمیایی به محیط که آللوپاتی نام دارد، رخ می‌دهد (Kabir et al., 2010). آللوپاتی نتیجه‌ی تولید مولکول‌های فعال بیولوژیکی توسط گیاهان در حال رشد یا بقایای آن‌ها است که ممکن است پس از تغییر شکل و ورود به محیط بر رشد و توسعه‌ی افراد همان‌گونه یا گونه‌های دیگر تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم مثبت یا منفی بگذارد (Machdo, 2007). ترکیبات بازدارنده مستقیماً از اندام‌های مختلف گیاهان مانند ریشه، ریزوم، ساقه، برگ، گل، گرده، بذر ترشح شده و یا در طی فرایند تجزیه بقایای گیاهی به محیط اطراف افزوده می‌گردد (RashedMohasel et al., 2009; Costea et al., 2003). روش‌های فراوانی برای ورود مواد آللوپاتیک به محیط وجود دارد که می‌توان به ترشح از ریشه‌ی زنده، آبخوبی از روی برگ‌ها، ساقه‌ها و میوه‌ها یا آزاد شدن گازهای سمی به اتمسفر اشاره کرد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). اثرات منفی یا مثبت مواد شیمیایی می‌تواند بر جوانه‌زنی، رشد، میزان رنگیزه‌ها، کربوهیدرات‌ها، ماده خشک و غیره اثرگذار باشد (مکی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). عصاره آبی اندام‌های خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه ارقام گندم را به طور معنی‌داری کاهش داد (رضوانی و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج مطالعه کاظمی و همکاران (۱۳۹۶) اثرات منفی شش گیاه دارویی سنبل‌الطیب، رزماری، افسنتین، بادرنجبویه، گردو و زرین‌گیاه بر صفات



شکل ۱- عصاره‌های تهیه‌شده از اندام‌های مختلف گیاه کینوا (غلظت ۱۰۰ درصد)

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل عصاره آبی اندام‌های مختلف گیاه کینوا، رقم Giza 1 (گل آذین، برگ، ساقه و ریشه) و عامل دوم شامل شش سطح غلظت عصاره آبی اندام‌های مختلف (صفر، ۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بود. جهت تهیه عصاره آبی، اندام‌های مختلف گیاه کینوا در مرحله رسیدگی برداشت از مزرعه پژوهشی دانشگاه شاهد تهران جمع‌آوری شد. مزرعه کینوا در محل مزارع پژوهشی دانشگاه شاهد تهران قرار دارد. بذر کاشته‌شده در این مزرعه از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده بود. بذر کینوا با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر، فاصله روی خط ۱۵ سانتی‌متر کشت شده بود. دور آبیاری هر هشت روز یکبار بود. این گیاه در اواسط آبان‌ماه به مرحله رسیدگی برداشت رسیده بود. اندام‌های مختلف کینوا در سایه، دمای اتاق، به مدت ۷۲ ساعت، کاملاً خشک شدند. پس از خشک‌شدن، اندام‌های مختلف توسط آسیاب کاملاً پودر شدند. سپس از پودر هر اندام مقدار ۲۰۰ گرم توزین شده و در یک لیتر آب مقطر کاملاً خیس‌انده شد. مخلوط به دست آمده به مدت ۲۴ ساعت در روشنایی و سپس ۲۴ ساعت در تاریکی روی شیکر قرار گرفت. سپس مخلوط از کاغذ صافی عبور داده شده و به عنوان عصاره با غلظت ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد و سایر غلظت‌های مورد نیاز از آن تهیه گردید (شکل ۱). محلول‌های تهیه‌شده تا پایان آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی نگهداری شدند.

آماده‌سازی گیاه‌چه: جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

گیاه‌چه گندم رقم پیش‌تاز (تهیه‌شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) تحت اثر عصاره آبی اندام‌های مختلف کینوا، تعداد ۵۰ عدد بذر بر روی محیط‌کشت کاغذ واتمن شماره یک در پتری‌دیش قرار گرفت. به هر پتری‌دیش میزان ۱۰ میلی‌لیتر عصاره اضافه شد. به منظور کاهش تبخیر آب، درب پتری‌ها با پارافیل کاملاً بسته شد. پتری‌ها به ژرمیناتور با دمای 22 ± 1 درجه سانتی‌گراد (محسن نسب و همکاران، ۱۳۸۹)، رطوبت نسبی ۷۰ درصد، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال داده شدند. جهت تولید بیوماس بیشتر برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، پس از گذشت چهار روز، گیاهچه‌های تشکیل‌شده از پتری‌دیش خارج شده و به مدت هفت روز (تا مرحله ۲ برگ) به ظروف حاوی محلول هوگلند (محیط‌کشت هیدروپونیک) انتقال داده شدند. گیاهچه‌ها به نحوی در محلول قرار گرفتند که ریشه آن‌ها در محلول هوگلند غوطه‌ور باشد و ساقچه بیرون از محلول قرار بگیرد. جهت تأمین اکسیژن برای ریشه، محلول هوگلند با پمپ هوا، هوادهی شد.

سنجش نشت الکترولیت‌ها: جهت سنجش میزان نشت

الکترولیت‌ها، ۰/۲ گرم برگ تازه از هر تکرار را به دقت شسته و در ظروف شیشه‌ای درپوش‌دار محتوی ۱۰ میلی‌لیتر آب یونیزه قرار داده شد. این ظروف به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و سپس هدایت الکتریکی (EC) آن‌ها با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد. سپس شیشه‌های محتوی نمونه برگ را به مدت ۱۵ دقیقه در حمام بن‌ماری، در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و برای بار دوم هدایت الکتریکی آن‌ها پس

پروتئین کل: جهت اندازه‌گیری میزان پروتئین مقدار کافی از بافت برگ گیاهچه گندم با بافر استخراج (بافر فسفات پتاسیم ۰/۵ مولار با اسیدیته ۷/۸) در داخل یخ کاملاً ساییده شد. مخلوط حاصل در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس محلول رویی جدا شده و میزان جذب نوری با استفاده از سرم آلبومین گاوی در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد (Bradford, 1976).

آنتوسیانین: جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین برگ، ۰/۱ گرم بافت برگ تازه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۹۹ میلی‌لیتر متانول خالص به علاوه یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک خالص) کاملاً ساییده و عصاره در لوله آزمایش سر پیچ‌دار ریخته شده و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و جذب محلول رویی در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت آنتوسیانین با استفاده از رابطه زیر و با در نظر گرفتن ضریب خاموشی (E) ۳۳۰۰ سانتی‌متر بر مول محاسبه شد (Tasgin et al., 2003).

رابطه (۶) $A = \epsilon bc$
در این رابطه A عدد جذب، b عرض کووت و C غلظت محلول مورد نظر است.

سوپراکسید دسموتاز: میزان جذب مخلوط EDTA ۱ میلی‌مولار، بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷/۸)، ال متیونین ۱۲ میلی‌مولار، NBT ۰/۷۵٪، کربنات سدیم ۵۰ میلی‌مولار، ریبولوین ۱ میکرومولار و ۳۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، به طوری که حجم نهایی محلول ۳ میلی‌لیتر باشد، در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد و فعالیت سوپراکسید دسموتاز به صورت میزان آنزیم مورد نیاز برای مهار ۵۰ درصد فعالیت NBT محاسبه شد (Giannopolitis and Reis, 1977).

پراکسیداز: مقدار ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۵۰۰ میکرولیتر گایاکول ۲۸ میلی‌مولار و ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات

از سرد شدن اندازه‌گیری گردید. درصد هدایت الکتریکی بیانگر میزان نشت الکتریکی مواد از غشا است که مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد. EC1 و EC2 هدایت الکتریکی محلول‌ها به ترتیب قبل و بعد از جوشیدن است (Sairam and Srivastava, 2001).

رابطه (۱) $EC\% = (EC1/EC2) \times 100$

سنجش غلظت مالون دی‌آلدئید: مقدار ۰/۵ گرم بافت برگ در محلول ۲۰ درصد تیوکلرو استیک اسید (حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیئوریک اسید) کاملاً ساییده شد. سپس به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه در درون سانتریفیوژ قرار گرفت و محلول صاف‌شده، جدا شده و به مدت ۲۵ دقیقه در حمام بن‌ماری با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از آن محلول توسط حمام یخ سرد شده و میزان جذب نوری در طول موج ۵۳۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد (Valentovic et al., 2006).

محتوای کلروفیل و کاروتنوئید: جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل a, b، کل و کاروتنوئید گیاهچه، ۰/۲ گرم بافت تازه برگ به همراه ۲۰ میلی‌لیتر متانول ۹۰٪ به طور کامل ساییده شد. مخلوط حاصل به منظور جداسازی بافت برگ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از آن محلول بالایی جدا شده و میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۵۲/۴، ۶۶۵/۲ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ توسط روابط زیر در واحد میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ محاسبه شد (Hartmat et al., 2001).

رابطه (۲) $Chla = 16.72B - 9.16A$

رابطه (۳) $Chlb = 34.09A - 15.28B$

رابطه (۴) $Chlt = Ca + Cb$

رابطه (۵) $Car = (1000C - 1.63Ca - 104.96Cb) / 221$

در این روابط، A میزان جذب نور در ۶۵۲/۴، B میزان جذب نور در ۶۶۵/۲، C میزان جذب نور در ۴۷۰ نانومتر، محتوای کلروفیل a، Chlb محتوای کلروفیل b و Chlt محتوای کلروفیل کل است.

اثرات منفی یا مثبت در گیاهان شود (Ebrahimi et al., 2017). یکی از مهم‌ترین اثرات مواد آللوپاتیک تولید گونه‌های فعال اکسیژن و بروز تنش اکسیداتیو در گیاهان است (Bohm et al., 2006). از اثرات بارز گونه‌های فعال اکسیژن می‌توان به کاهش سلامت سلول و تخریب غشای سلولی اشاره کرد (Farhoudi and Lee, 2013). تخریب غشای سلولی توسط گونه‌های فعال اکسیژن باعث نشت الکترولیت‌ها به خارج از سلول می‌گردد.

مالون دی‌آلدئید: اثر نوع اندام، غلظت و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای مالون دی‌آلدئید گیاهچه گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۲b). وجود عصاره‌های اندام‌های مختلف کینوا در محیط رشد گیاهچه‌های گندم موجب افزایش غلظت مالون دی‌آلدئید شد. اعمال عصاره‌های ۱۰۰ درصد گل‌آذین و برگ به ترتیب باعث افزایش ۳/۹ و ۴/۴ برابری و اعمال عصاره‌های ساقه و ریشه به ترتیب باعث افزایش ۲/۱ و ۱/۷ برابری محتوای مالون دی‌آلدئید شد. بیشترین افزایش مالون دی‌آلدئید با اعمال عصاره برگ به دست آمد. فرهودی (۱۳۹۴) گزارش کرده که اثرات آللوپاتی عصاره اکالیپتوس باعث افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید در گیاهچه توق شد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. مواد آللوپاتیک با ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن باعث تخریب غشای سلولی می‌شوند که منجر به افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید می‌گردد؛ زیرا این ترکیب بر اثر تخریب و پراکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی آزاد می‌شود (Valentovic et al., 2006).

کلروفیل و کاروتنوئید: اثر غلظت عصاره آبی، نوع اندام و برهم‌کنش آن‌ها بر کلروفیل‌های a و b و کل گیاهچه‌های گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اعمال غلظت‌های پایین عصاره ریشه و ساقه اثر مثبتی بر محتوای کلروفیل گیاهچه گندم داشت. اعمال غلظت‌های ۵ و ۲۵ درصد عصاره ریشه باعث افزایش کلروفیل a (۶۵ درصد)، کلروفیل b (۶ درصد) و کلروفیل کل (۷ درصد) شد. اعمال غلظت‌های ۵ و ۲۵ درصد ساقه نیز باعث افزایش کلروفیل a (۴۹ درصد)، کلروفیل b (۶ درصد) و کلروفیل کل (۷ درصد) شد. افزایش غلظت عصاره ساقه و ریشه از ۲۵ درصد باعث به‌وجود آمدن

پتاسیم با هم مخلوط شدند. در مرحله ۵۰۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید ۵ میلی‌مولار به محلول اضافه و میزان جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر، در مدت ۳ دقیقه هر ۱۰ ثانیه یک‌بار با دستگاه الیزا اندازه‌گیری شد (Ghanati et al., 2002).

کانالاز: مقادیر ۱/۵ سی‌سی بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۲۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۵۰۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید ۷۵ میلی‌مولار و با هم مخلوط شده و میزان جذب نوری در طول موج ۲۴۰ نانومتر توسط دستگاه الیزا خوانده شد (Aebi, 1984).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

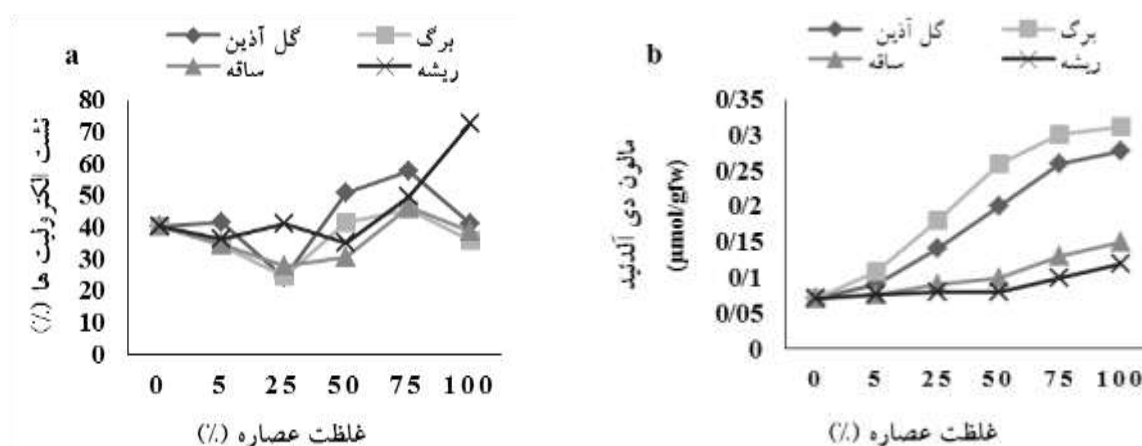
نتایج

نشت الکترولیت‌ها: اثر غلظت عصاره آبی، نوع اندام و برهم‌کنش آن‌ها بر درصد نشت الکترولیت‌ها از غشا سلولی گیاهچه‌های گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش غلظت تا سطح ۲۵ درصد، درصد نشت الکترولیت‌ها در گیاهچه‌های گندم کاهش یافت. اما با افزایش غلظت عصاره آبی میزان نشت الکترولیت‌ها نسبت به شاهد با اعمال عصاره آبی اندام ریشه (۳۲ درصد افزایش) و گل‌آذین (۳۰ درصد افزایش) به دست آمد. این نتیجه با نتایج پژوهش Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷) با موضوع بررسی اثر آللوپاتیک شبدر بر گیاه دارویی اسپند (*Peganum harmala*) همخوانی دارد. کاهش میزان نشت الکترولیت غشای سلولی می‌تواند به علت تقویت غشای سلولی در حضور مواد معدنی مفید موجود در عصاره آبی باشد. این در حالی است که عصاره‌های با غلظت بالا باعث افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها شدند. فرهودی (۱۳۸۴) گزارش کرد که مواد آللوپاتیک موجود در عصاره اکالیپتوس باعث افزایش میزان تخریب غشای سلولی در گیاهچه‌های توق شد. اثر مواد آللوپاتیک انتخابی بوده و به غلظت و نوع ماده آن بستگی دارد و ممکن است منجر به

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نوع اندام و غلظت مختلف عصاره آبی کینوا بر صفات فیزیولوژیک گیاهچه گندم

منابع تغییرات		میانگین مربعات						
درجه آزادی		نشست الکترولیت	مالون دی آلدئید	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پروتئین
اندام (A)	۳	۴۸۰/۵۰۲**	۰/۰۷۳**	۰/۳۰۹**	۲۹۶/۶۱۱**	۳۱۳/۹۶۱**	۵۶/۸۰۶**	۴۵۹/۹۰۱ ^{ns}
غلظت (B)	۵	۸۶۹/۸۶۲**	۰/۰۵۴**	۰/۲۳۲**	۶۶۹/۱۳۱**	۶۹۰/۸۵۱**	۱۲۹/۸۹۴**	۳۵۲/۷۰۲**
A × B	۱۵	۲۸۷/۴۹۷**	۰/۰۰۶**	۰/۰۷۷**	۰/۰۷۳**	۱۶/۶۹۹**	۲/۸۸۲**	۲۵۲/۱۰۲**
خطا	۷۲	۲۴۸۶/۲۶۱	۰/۰۰۱	۰/۱۴۲	۳۱۳/۰۰۹	۳۲۶/۶۲۴	۵۲/۰۰۱	۲۱۳۴/۳۰۱
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۵۲۱	۱۷/۴۲۱	۱۶/۲۸۷	۱۱/۲۳۸	۱۱/۳۰۱	۹/۳۲۸	۲۲/۴۱۱

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

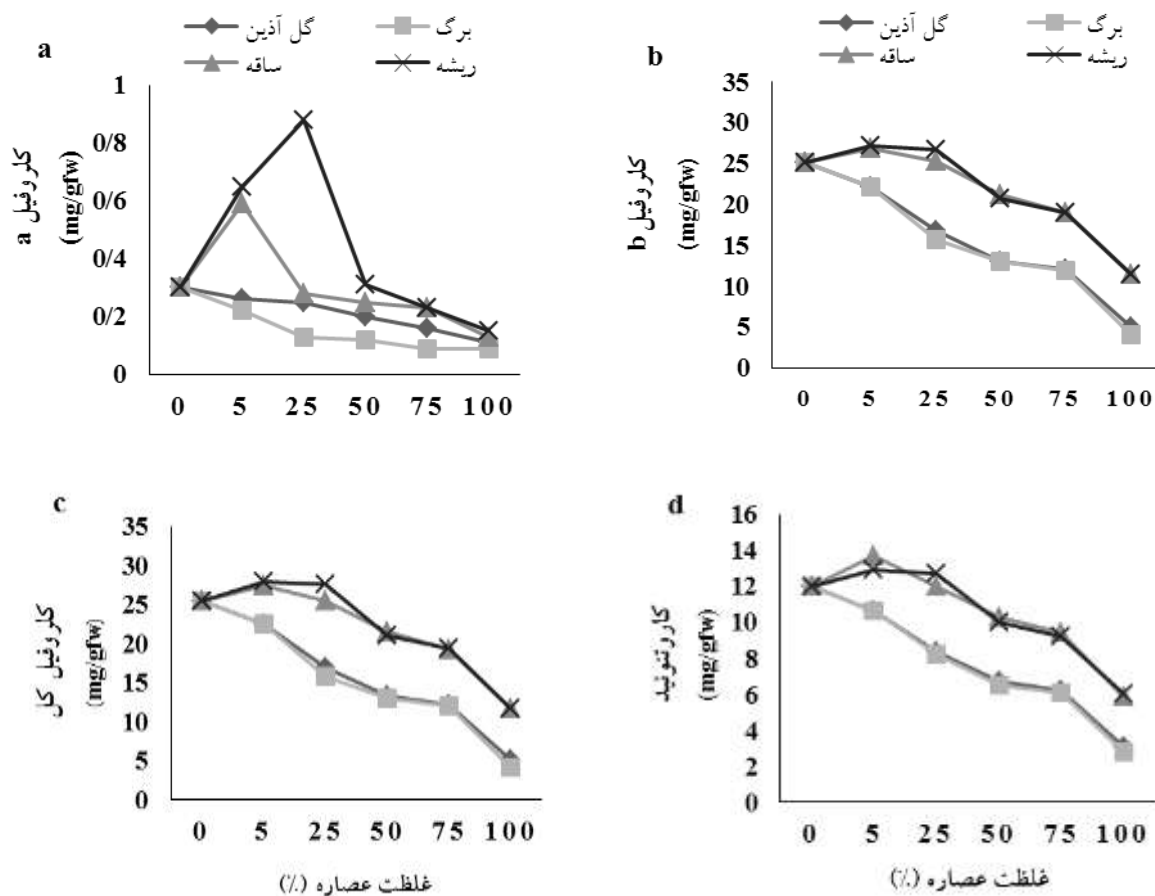


شکل ۲- اثر نوع اندام و غلظت عصاره آبی کینوا بر میزان نشست الکترولیت (a) و محتوای مالون دی آلدئید (b) گیاهچه گندم

شدند. همچنین غلظت‌های ۵ و ۲۵ درصد عصاره ساقه به ترتیب باعث افزایش ۱۴ و ۶ درصدی محتوای کاروتنوئید شدند. افزایش غلظت عصاره ریشه و ساقه از ۲۵ درصد باعث کاهش محتوای کاروتنوئید نسبت به شاهد شد. اعمال عصاره‌های گل آذین و برگ اثرات منفی بر محتوای کاروتنوئید گیاهچه داشتند به طوری که اعمال غلظت‌های ۱۰۰ درصد عصاره برگ و گل آذین، محتوای کاروتنوئید را به ترتیب ۷۷ و ۷۴ درصد کاهش دادند. غلظت‌های پایین عصاره کینوا باعث افزایش میزان رنگیزه‌های گیاهچه‌های گندم شد اما غلظت‌های بالای عصاره اثرات منفی را نشان داد. گیاهچه‌های گندم تیمار شده با عصاره بقایای زردینه (*Xanthium italicum*) کاهش معنی داری در محتوای کلروفیل برگ نشان دادند (Shao et al., 2013). افزایش غلظت عصاره آکاسیا باعث کاهش رنگیزه‌های

روند نزولی در محتوای کلروفیل گیاهچه گندم شد. اعمال عصاره گل آذین و برگ باعث کاهش محتوای کلروفیل شد. افزودن عصاره ۱۰۰ درصد گل آذین به محیط رشد گیاهچه گندم باعث کاهش ۶۳ درصدی کلروفیل a و کاهش ۸۰ درصدی کلروفیل b و کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد شد. اثرات عصاره برگ تا حدودی شدیدتر از عصاره گل آذین بود. اعمال عصاره ۱۰۰ درصد برگ باعث کاهش ۷۰ درصدی کلروفیل a، کاهش ۸۴ درصدی کلروفیل b و کاهش ۸۳ درصدی کلروفیل کل شد (شکل ۳).

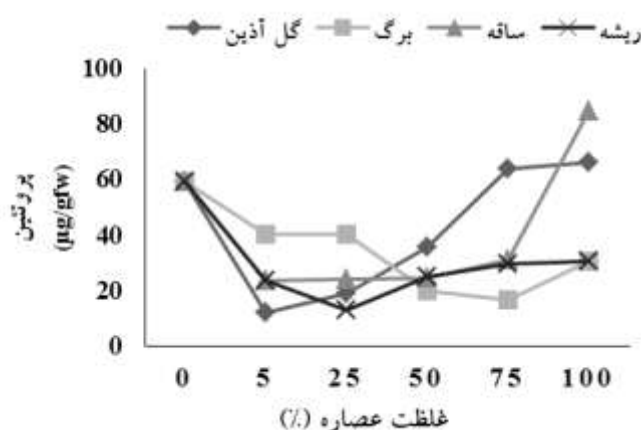
اثر نوع اندام و غلظت عصاره و برهم کنش آن‌ها بر محتوای کاروتنوئید گیاهچه گندم در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). غلظت‌های ۵ و ۲۵ درصد عصاره ریشه به ترتیب باعث افزایش ۸ و ۶ درصدی محتوای کاروتنوئید



شکل ۳- اثر نوع اندام و غلظت عصاره آبی کینوا بر میزان کلروفیل a (a)، b (b)، کل (c) و کاروتنوئید (d) گیاهچه گندم

هستند. در نتیجه اثرات آللوپاتیک بیشتری نسبت به سایر اندامها دارند (Ntombizanele, 2006). بررسی‌ها نشان داده که کاهش رشد گیاه در حضور مواد آللوپاتیک مرتبط با کاهش کلروفیل است و کاهش کلروفیل ممکن است یک اثر ثانویه باشد که در اثر پدیده آللوپاتی ایجاد می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). سازوکار دقیق کاهش کلروفیل در گیاهان تحت اثر آللوپاتی مشخص نیست اما دلیل این کاهش در غلظت‌های بالا ممکن است تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز یا کاهش سنتز آنها باشد (Shalinder and Batish, 2010). از دلایل کاهش سنتز کلروفیل می‌توان به تغییر متابولیسم نیتروژن اشاره کرد. گلوتامات پیش‌ساز مشترک کلروفیل و پرولین است. تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌توانند باعث کاهش تمایل گلوتامات برای حضور در مسیر سنتز کلروفیل شوند (Singh et al., 2009). نوع واکنش کلروفیل a به عصاره آبی اندام‌های مختلف

فتوستتزی در ۱۱ گونه مورد مطالعه شد (Lorenzo et al., 2011). عصاره آبی اکالیپتوس موجب کاهش میزان کلروفیل در دو گیاه سورگوم و لوبیا شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده از مواد آللوپاتیک موجب کاهش رنگیزه‌های فتوستتزی مانند کاروتنوئید در برگ خیار شد (Yu et al., 2003). در پژوهش حاضر مشاهده شد که شیب کاهش کلروفیل b بسیار بیشتر از کلروفیل a است. بهداد و همکاران (۱۳۹۴) نتایج مشابهی را ارائه دادند و معتقدند این پدیده می‌تواند به دلیل تبدیل کلروفیل b به a تحت اثر مواد آللوپاتیک باشد. در مطالعه حاضر مشاهده شد که اثرات کاهش‌دهنده عصاره آبی برگ نسبت به سایر اندام‌ها شدیدتر بود. در پدیده فتوستتزی که در برگ‌ها اتفاق می‌افتد پیش‌ماده‌های لازم برای ساخت بسیاری از ترکیبات گیاهی فراهم می‌گردد. بنابراین برگ‌ها جایگاه سنتز ترکیبات متنوع به‌خصوص متابولیت‌های ثانویه



شکل ۴- اثر نوع اندام و غلظت عصاره آبی کینوا بر محتوای پروتئین کل گیاهچه گندم

نسبت به سایر رنگیزه‌ها متفاوت بود و در واکنش به حضور عصاره‌های آبی ساقه و ریشه کینوا با غلظت پایین در محیط رشد، به میزان بالایی افزایش پیدا کرد. این مسأله می‌تواند به علت وجود ترکیبات خاص در ساقه و ریشه و تفاوت در حساسیت فتوسیستم‌های یک و دو و مسیرهای سنتز رنگیزه‌های مختلف به شرایط تنش‌های محیطی باشد. برای توجیح این نتیجه باید مطالعات دقیق‌تری بر روی ترکیبات موجود در اندام‌های مختلف کینوا صورت گیرد.

پروتئین: با توجه به نتایج جدول ۱، اثر نوع اندام بر محتوای پروتئین گیاهچه گندم معنی‌دار نبود اما اثر غلظت عصاره و برهم‌کنش آن با نوع اندام بر محتوای پروتئین گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تیمارهای اعمال شده به جز عصاره ۱۰۰ درصد ساقه و گل‌آذین، باعث کاهش میزان پروتئین نسبت به شاهد شدند (شکل ۴). ذکر این نکته لازم که غلظت‌های پایین عصاره اندام‌های مختلف، محتوای پروتئین را به میزان بیشتری کاهش دادند. عصاره آبی جو خودرو باعث کاهش محتوای پروتئین گندم شد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین گزارش شده عصاره گل‌محمدی باعث کاهش پروتئین گیاهچه گندم می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر منطبق است (محمدخانی و زاده‌مبارک، ۱۳۹۸). همان‌طور که گفته شد یکی از اثرات سو مواد آللوپاتیک تولید گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌ها است. افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن باعث تخریب ساختار پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها می‌شود.

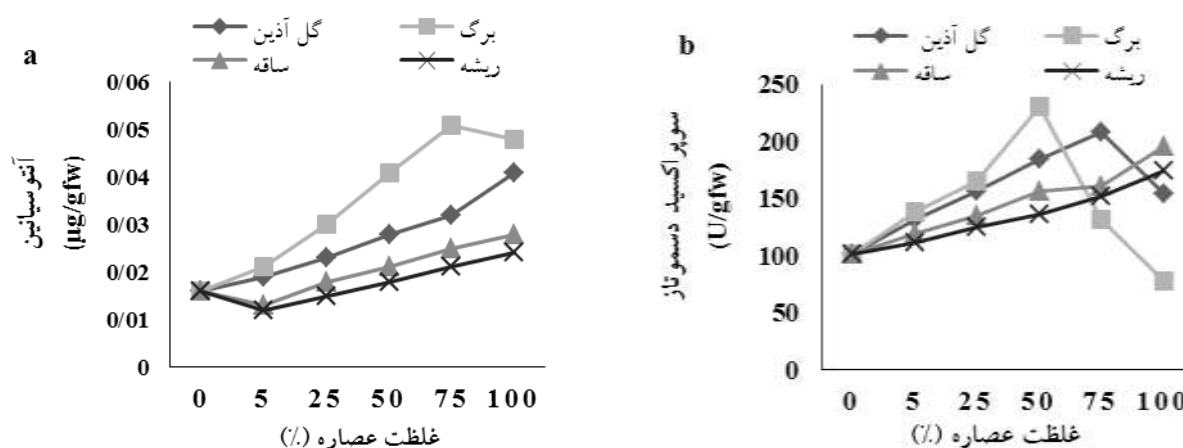
(Blokхина et al., 2003). ثابت شده که مواد فنولی موجود در ترکیبات آللوپاتیک از طریق جلوگیری از اتصال آمینواسیدها، مانع تولید پروتئین‌های جدید می‌شوند (Zhao-Hui et al., 2010). در پژوهش حاضر مشاهده شد که در غلظت‌های پایین عصاره، میزان پروتئین کاهش می‌یابد. اما این کاهش محتوا در غلظت‌های بالا به مراتب کمتر بود. این اتفاق می‌تواند به علت تولید پروتئین‌های جدید، مانند آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برای کاهش اثرات تنش به وجود آمده باشد (Yang et al., 2011).

آنتوسیانین: اثر غلظت عصاره آبی، نوع اندام و برهم‌کنش آن‌ها بر محتوای آنتوسیانین گیاهچه‌های گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). عصاره‌های اندام‌های مختلف کینوا باعث افزایش میزان آنتوسیانین در گیاهچه گندم شدند (شکل ۵a). عصاره برگ تا غلظت ۷۵ درصد باعث افزایش میزان آنتوسیانین نسبت به شاهد شد (۳/۱ برابر بیشتر) اما با افزایش غلظت روند نزولی پیدا کرد. عصاره‌های ریشه و ساقه در غلظت ۵ و ۲۵ درصد باعث کاهش محتوای آنتوسیانین در گیاهچه گندم شدند. اما با افزایش غلظت عصاره ساقه و ریشه میزان محتوای آنتوسیانین افزایش یافت. اثر افزایشی عصاره ساقه به نسبت عصاره ریشه بیشتر بود. آنتوسیانین یکی از مهم‌ترین متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانی تولیدشده در گیاه است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در شرایط نامساعد محیطی مانند بروز تنش‌ها میزان آنتوسیانین در گیاه افزایش می‌یابد (لطیفی و امیدی، ۱۳۹۸؛ مهدویان، ۱۳۹۶).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوع اندام و سطوح مختلف غلظت عصاره آبی کینوا بر محتوای آنتی‌اکسیدانی گیاهچه گندم

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
کاتالاز	پراکسیداز	سوپراکسید دسموتاز	آنتوسیانین	
۰/۵۳۴**	۱۰۳۹۳۷/۵۳**	۲۰۳۲/۴۷**	۰/۰۰۱۳**	اندام (A)
۱/۰۴۱**	۳۱۹۸۱۸/۸۴**	۱۱۲۲۱/۴۶**	۰/۰۰۱**	غلظت (B)
۰/۰۷۴**	۱۷۳۸۲/۰۳**	۴۲۹۲/۳۵**	۰/۰۰۰۱**	A × B
۰/۰۰۴	۱۳۱۸/۲۸	۳۶۲/۰۱	۰/۰۰۰۰۱	خطا
۱۱/۸۸۵	۱۴/۳۷	۱۳/۱۹	۱۶۷۷۴	ضریب تغییرات (%)

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

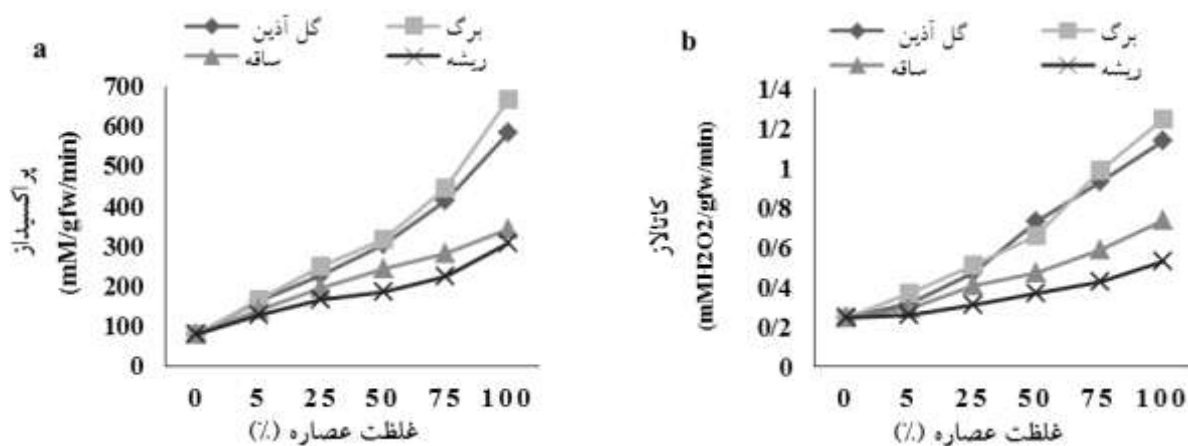


شکل ۵- اثر نوع اندام و غلظت عصاره آبی کینوا بر آنتوسیانین (a) و آنزیم سوپراکسید دسموتاز (b) گیاهچه گندم

آنزیم سوپراکسید دسموتاز با اعمال عصاره ۵۰ درصد برگ کینوا (۲/۲ برابر نسبت به شاهد) به دست آمد که می‌تواند به علت بالابودن میزان مواد آلوپاتیک در برگ کینوا باشد (Ntombizanele, 2006). با افزایش غلظت عصاره برگ میزان سوپراکسید دسموتاز کاهش یافت که می‌تواند به علت تخریب ساختار پروتئینی آنزیم بر اثر حضور مقدار بسیار بالای گونه‌های اکسیژن فعال حاصل از فعالیت مواد آلوپاتیک باشد (Blokhina et al., 2003). طاهری (۱۳۹۴) گزارش کرد که اعمال عصاره آبی کمای بینالودی باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز در گیاهچه‌های قدومه شد. همچنین گزارش شده که میزان این آنزیم در خیار در پاسخ به اثرات آلوپاتیک افزایش یافته است (Yu et al., 2003) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. تنش‌های مختلف باعث ایجاد

تحقیقات پیشین نشان می‌دهند که میزان آنتوسیانین در آویشن (*Thymus pannonicus*)، همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) و مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) تحت اثر مواد آلوپاتیک افزایش یافته است (Balah and Latif, 2013) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

سوپراکسید دسموتاز: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع اندام و غلظت عصاره بر تغییرات فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اضافه کردن عصاره اندام‌های مختلف کینوا باعث افزایش فعالیت این آنزیم شد. لازم به ذکر است که افزایش غلظت عصاره برگ کینوا از غلظت ۵۰ درصد و افزایش غلظت عصاره گل آذین کینوا از ۷۵ درصد باعث کاهش میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز شد (شکل ۵b). بیشترین فعالیت



شکل ۶- اثر نوع اندام و غلظت عصاره آبی کینوا بر آنزیم‌های پراکسیداز (a) و کاتالاز (b) گیاهچه گندم

گندم شد (شکل ۶b). عصاره برگ و گل آذین اثرات شدیدتری بر محتوای کاتالاز گیاهچه داشتند و به ترتیب باعث افزایش ۵ و ۴/۵۶ برابری کاتالاز نسبت به شاهد شدند. گزارش شده که عصاره آبی سورگوم و تلخه فعالیت آنزیم کاتالاز را در گندم، چغندر قند، سلمه تره و تاج خروس افزایش داد (حاتمی همپا و همکاران، ۱۳۹۷). تحقیقات Yu و همکاران (۲۰۰۳) بر روی خیار نیز نتایج مشابهی با پژوهش حاضر را نشان می‌دهند. افزایش میزان آنزیم کاتالاز در گیاهان به سبب به وجود آمدن گونه‌های فعال اکسیژن بر اثر بروز تنش‌های مختلف، اتفاق می‌افتد (Mahdavia et al., 2017). عدم فعالیت یا کمبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز سبب آسیب به رشته‌های DNA و لیپیدهای غشا توسط گونه‌های فعال اکسیژن شده و از هم‌پاشیدگی سلول را در پی خواهد داشت (Bais et al., 2003). هیدروژن پراکسید از مهم‌ترین گونه‌های فعال اکسیژن بوده و به‌عنوان علامت بروز تنش در گیاه تلقی می‌شود (Oracz et al., 2007). این ماده در پراکسی‌زوم سلول توسط آنزیم کاتالاز و در سیتوزول و کلروپلاست با آسکوربات پراکسیداز به آب تبدیل می‌شود (Anjum et al., 2010).

نتیجه‌گیری

اثر عصاره‌های آبی تهیه‌شده از بقایای برگ و گل آذین کینوا، اثرات منفی بر صفات مورد مطالعه در پژوهش حاضر داشت. بروز این نتایج می‌تواند به‌علت وجود مواد آللوپاتیک

گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاهی می‌شوند. در پیکره گیاهان مختلف، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش حفاظتی در گیاهان دارند و باعث افزایش مقاومت در آن‌ها می‌شوند (Mittler et al., 2004). آنزیم سوپراکسید دسموتاز مهم‌ترین عامل در حذف رادیکال‌های سوپراکسید در گیاهان است که سوپراکسید را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند و با این کار از آسیب به سلول‌ها جلوگیری می‌کند (singh et al., 2006).

پراکسیداز: اثر عصاره‌های تهیه‌شده بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) افزایش غلظت عصاره باعث افزایش آنزیم پراکسیداز در گیاهچه گندم شد. بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز (۸/۳ برابر شاهد) با اعمال عصاره ۱۰۰ درصد برگ به‌دست آمد (شکل ۶a). گزارش شده که عصاره جو باعث افزایش میزان آنزیم پراکسیداز در گیاهان چچم و یولاف وحشی شد (مکی‌زاده و فرهودی، ۱۳۹۶). فعالیت‌های آللوپاتیک باعث افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهچه می‌گردد. به‌دنبال آن گیاه برای حفاظت از خود میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد. پراکسیداز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است که H₂O₂ تولیدشده در گیاه را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند (Dixit et al., 2001).

کاتالاز: اثر عصاره‌های تهیه‌شده بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) افزایش غلظت عصاره آبی کینوا باعث افزایش آنزیم کاتالاز در گیاهچه

به خصوص فنول‌ها در ترکیب عصاره آبی کینوا باشد ذکر این مطلب لازم است که اثرات غلظت‌های پایین عصاره آبی اندام‌های مختلف، اثرات مثبتی داشتند که می‌تواند به علت وجود مواد غذایی و هورمون‌های رشد در عصاره آبی باشد.

منابع

- انصوری، ع.، شهقلی، ح.، اصغری، ح. ر. و آذرینیا، م. (۱۳۹۱) مطالعه اثرات آللوپاتیک ۷ گیاه، بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه دارویی - صنعتی و سمه (*Indigofera tinctoria*). فناوری تولیدات گیاهی ۱۲: ۷۴-۶۵.
- بهداد، آ.، ابریشم‌چی، پ. و جنگجو، م. (۱۳۹۴) ارتباط فنولوژی، محتوای ترکیبات فنولی و خاصیت آللوپاتی گیاه درمنه خراسانی (*Artemisia khorassanica Karshfha.*) و اثر آن بر رشد و فیزیولوژی گیاهچه بروموس کپه داغی (*Bromus kopetdaghensis* (Drobov). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۸: ۲۵۶-۲۴۳.
- حاتمی همپا، ا.، جوانمرد، ع.، آل‌ابراهیم، م. و سفالیان، ا. (۱۳۹۷) اثرات آللوپاتیک عصاره آبی سورگوم و تلخ بر رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گندم، چغندر قند، سلمه‌تره و تاج‌خروس. نشریه حفاظت گیاهان ۳۲: ۱۱۹-۱۰۱.
- حسین‌زاده، م.، کیارستمی، خ.، ایلخانی‌زاده، م. و صبورا، ع. (۱۳۸۸) بررسی اثر ترکیبات آللوپاتیک جو خودرو (*Hordeum spontaneum*) بر میزان پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و فعالیت برخی از آنزیم‌های گندم (*Triticum aestivum L.*). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۲: ۴۰۶-۳۹۲.
- رضوانی، ح.، اصغری، ج. و احتشامی، س. م. ر. (۱۳۹۳) ارزیابی توان دگرآسیبی علف هرز خردل وحشی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی چهار رقم گندم با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی (GC-MS). علوم و تحقیقات بذر ایران ۱: ۵۵-۳۸.
- طاهری، ق. (۱۳۹۴) بررسی مکانیزم آللوپاتیک عصاره آبی کمای بینالودی (*Ferula flabelliloba*) در بذور در حال جوانه‌زنی قدومه (*Alyssum szowitsianum*). نشریه حفاظت گیاهان ۲۹: ۱۴۳-۱۳۴.
- فرهودی، ر. (۱۳۹۴) بررسی اثر عصاره الکلی اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulesis*) بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فعالیت آنزیم ساکارز سنتتاز و تخریب غشاهای سلولی گیاهچه توق (*Xanthium strumarium*). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۸: ۱۰۸۷-۱۰۷۷.
- کاظمی، م.، روشندل، پ. و رفیعی‌الحسینی، م. (۱۳۹۶) ارزیابی تأثیر دگرآسیبی شش گیاه دارویی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی چغندر قند و دو علف هرز مهم آن. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۶: ۸۰-۶۵.
- لطیفی، س. ع. و امید، ح. (۱۳۹۸) اثر پرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و گیاهچه برنج رقم عنبر بو، تحت تنش کم آبی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۱: ۲۱-۵.
- محسن نسب، ف.، شرفی‌زاده، م. و سیادت، ع. (۱۳۸۹) بررسی اثر فرسودگی بذر (پیری تسریع‌شده) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم در شرایط آزمایشگاه. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۲: ۷۱-۵۹.
- محمدی، ف.، علیرضائزاد، ع. ر.، محمدی، س. ع.، الیاسی، ت. و آفریگان، آ. (۱۳۹۱) اثر آللوپاتیک عصاره برگ اکالیپتوس (*Eucalyptus globules Labill*) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه علف هرز خرفه (*Portulaca oleracea L.*). مجله علوم و تکنولوژی بذر ۲: ۶۳-۵۷.
- محمدخانی، ن. و زاده‌مبارک، م. (۱۳۹۷) بررسی اثر دگرآسیبی عصاره گل محمدی (*Rosa damascena Mill*) نمونه بوکان و خوانسار بر جوانه‌زنی بذر گندم رقم زرین. نشریه علوم و تحقیقات بذر ایران ۵: ۹۷-۸۷.

محمدی، ن.، رجایی، پ. و فهیمی، ح. (۱۳۹۱) بررسی اثر آلوپاتی عصاره برگ اکالیپتوس بر پارامترهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان تک‌لپه و دولپه. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۵: ۴۶۶-۴۵۴.

مکی‌زاده، م.، فرهودی، ر.، ربیعی، م. و راستی فر، م. (۱۳۹۱) تأثیر عصاره هیدروالکلی گیاه دارویی علف طلا (*Solidago canadensis* L.) بر جوانه‌زنی و رشد چهار گونه علف هرز. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۴: ۴۱-۲۹.

مکی‌زاده، م. و فرهودی، ر. (۱۳۹۶) بررسی اثر دگرآسیبی عصاره آبی جو بر رشد گیاهچه و پایداری غشا سلولی گیاهچه علف‌های هرز یولاف وحشی و چچم. فصلنامه علوم به زراعی گیاهی ۷: ۷۲-۶۶.

مهدویان، ک. (۱۳۹۶) اثر غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک‌اسید بر تحمل شوری گیاهچه جو (*Hordeum vulgare* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۹: ۱۳۶-۱۲۱.

- Abugoch, L. and James, L. E. (2009) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): Composition, chemistry, nutritional and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research* 58: 1-31.
- Aebi, H. (1984) Catalase in vitro. *Journal of Methods in enzymology* 105: 121-126.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K. and Gallagher, E. (2010) Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry* 119: 770-778.
- Anjum, N. A., Umar, S. and Chan, M. T. (2010) Ascorbate-Glutathione Pathway and Stress Tolerance in Plants. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York.
- Balah, M. A. and Latif, H. H. A. (2013) Biochemical alterations in wheat seedlings and some weeds related to allelopathic potential of some medicinal plants. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 19: 1236-1246.
- Bais, H. P., Epechedu, R. V., Gilroy, S., Callaway, R. M. and Vivanco, J. M. (2003) Allelopathy and exatrac palnt invasion: From molecules and genes to species interactions. *Science* 301: 1377-1380.
- Beres, I. and Kazinczi, G. (2000) Allelopathic effects of shoot extracts and residues of weeds on field crops. *Allelopathy Journal* 7: 93-98.
- Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. (2006) *Chenopodium quinoa* – An Indian perspective. *Industrial Crops and Products* 23: 73-87.
- Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K. V. (2003) Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. *Annals of Botany* 91: 179-194.
- Bohm, P. A. F., Zanardo, F. M. L. and Ferrarese, O. (2006) Peroxidase activity and lignification in soybean root growth-inhibition by juglone. *Biology Plantarum* 50: 315-317.
- Bradford, M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitative estimation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Annals of Clinical Biochemistry* 72: 248-54.
- Chaniago, I., Taji, A. and Jessop, R. (2006) Weed interference in soybean (*Glycine max*). In: *Proceedings of the Australian Agronomy Conference, Australia*
- Costea, M., Weaver, S. E. and Tardif, F. J. (2003) The biology of Canadian weeds. *Canadian Journal Plant Science*. 84: 631-668.
- Dixit, V., Pandey, V. and Shyam, R. (2001) Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum*). *Journal of Experimental Botany* 52: 1101-1109.
- Ebrahimi, M., Ricki Maryshany, A. and Shirmohammadi, E. (2017) Allelopathy effects of *Trifolium alexandrium* L. on germination and nutrient uptake in medicinal plant *Peganum harmala* L. *Journal of Medicinal Plants and By-products* 1: 71-79.
- FAO. (2011) Quinoa; an acient crop to contribute to world food security. Regional Office for Latin America and the Caribbean.
- Farhoudi, R. and Lee, D. (2013) Allelopatic effects of barley extract (*Hordeum vulgare*) on sucrose synthase activity, lipid peroxidation and antioxidant enzymatic activities of *Hordeum spontoneum* and *Avena ludoviciana*. *Proceedings of the National Academy of Science* 80: 213-220.
- Gangopadhyay, G., Das, S. and Mukherjee, K. K. (2009) Speciation in chenopodium in west Bengal, India. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49: 503-510.
- Ghanati, F., Morita, A. and Yokota, H. (2002) Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cell. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 357-364.
- Giannopolitis, C. and Ries, S. K. (1977) Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plant. *Journal of Plant Physiology* 59: 309-314.
- Hartmut, K., Lichtenthaler, L. and Buschmann, C. (2001) Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry Journal* 1: 31-38.

- Kabir, A. K. M. S., Karim, S. M. R., Begum, M. and Juraimi, A. S. (2010) Allelopathic potential of rice varieties against spinach (*Spinacia oleracea*). International Journal of Agriculture and Biology 12: 809-815.
- Lorenzo, P., Palomera-Pe rez, A., Reigosa, M. J. and Gonzalez, L. (2011) Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata* Link on the physiological parameters of native understory species. Plant Ecology Journal 212: 403-411.
- Machado, S. (2007) Allelopathic potential of various plant species on Downy Brome: Implications for weed control in wheat production. Agronomy Journal 99: 127-132.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M. and Van Breusegem, F. (2004) Reactive oxygen gene network of plants. Trends in Plant Science 9: 490-498.
- Mahdavikia, F., Saharkhiz, M. J. and Karami, A. (2017) Defensive response phenolic compounds of radish seedlings to the oxidative stress arising from in the extract of peppermint (*Mentha piperita* L.). Scientia Horticulturae 214: 133-140.
- Ntombizanele, P. M. (2006) Allelopathic interference of silver nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) with the early growth of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), MSc Thesis, University of Pretoria, South Africa.
- Oracz, K., Bailly, C. H., Gniazdowska, A., Come, D., Corbineau, F. and Bogatek, R. (2007) Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. Journal of Chemical Ecology 33: 251-264.
- RashedMohasel, M. H., Qarakhloo, J. and Rastgoo, M. (2009) Allelopathic effect of saffron (*Crocus sativus*) leaf extract on redroot pigweed and common goosefoot. Iranian Journal of Crop Research 7: 53-61.
- Sairam, R. K. and Srivastava, G. C. (2001) Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. Journal Agronomy and Crop Science 186: 63-70.
- Shalinder, K. and Batish, D. (2010) Assessment of allelopathic potential of *Artemisia scoparia* against some plants. The Bioscan Journal 5: 411-414.
- Shao, H., Huang, X., Wang, R., Eminniyaz, A., Wang, J. and Shuo, W. (2013) Potential allelopathic effects of *Xanthium italicum* Moretti on wheat. Journal of Medicinal Plants Research 7: 587-592.
- Singh, H. P., Batish, D. R., Kaur, S., Arora, K. and Kohli, R. K. (2006) A-pinene inhibits growth and induces oxidative stress in roots. Annals of Botany 98: 1261-1269.
- Singh, A., Singh, D. and Singh, N. B. (2009) Allelochemical stress produced by aqueous leachate of *Nicotiana plumbaginifolia* Viv. Plant Growth Regulation 58: 163-171.
- Szarnyas, I. (2000) Biology, damage and possibilities of protection of some summer annual weeds - annual mercury (*Mercurialis annua* L.), redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.), common lambs - quarters (*Chenopodium album* L.) - occurring in sugar beet. PhD thesis, University of Veszprem.
- Tasgin, E., Atici, O. and Nalbantoglu, B. (2003) Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regulation 41: 231-236.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovi, L. and Gasparikora, O. (2006) Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize cultivars. Plant, Soil and Environment 52: 186-191.
- Williams, R., Peal, L. and Bartholomew, P. (2005) Seed hydration dehydration in an allelochemical (coumarin) alters germination and seedling growth. Allelopathy Journal 15: 183-196.
- Yang, C. Y., Liu, S. J., Zhou, S. W., Wu, H. F., Yu, J. B. and Xia, C. H. (2011) Allelochemical ethyl 2-methyl acetoacetate (EMA) induces oxidative damage and antioxidant response in *Phaeodactylum tricorutum*. Pesticide Biochemistry and Physiology 100: 93-103.
- Yu, J. Q., Ye, S. F., Zhang, M. F. and Hu, W. H. (2003) Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber (*Cucumis sativus*), and allelochemicals on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. Biochemical, Systematics and Ecology 31: 129-139.
- Zhao-Hui, L., Qiang, W., Xiao, R., Cun, P. and De-An, J. (2010) Phenolics and plant allelopathy. Molecules 15: 8933-8952.

Allopathic effects of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) residues on electrolyte leakage, biochemical content, antioxidants and photosynthetic pigments of wheat (*Triticum aestivum* L.)

Ali Mansouri, Nasim Amraie and Heshmat Omid^{*}

Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran
(Received: 15/04/2020, Accepted: 23/06/2020)

Abstract

Different species of the Chenopodiaceae family have allopathic effects because they contain active terpene and phenolic compounds. Quinoa is one of the plants in this family that has a very high content of phenolic substances and it may have this feature. In order to investigate the allopathic effects of aqueous extract of this plant residue on electrolyte leakage, biochemical content, antioxidants and photosynthetic pigments of wheat seedlings, an experiment was carried out in a factorial arrangement based on a completely randomized design with 4 replications. The studied factors included the aqueous extract of the flowers, leaves, stems, and roots of quinoa at six concentrations 0 (control), 5, 25, 50, 75, and 100%. The measured traits were electrolyte leakage, malondialdehyde concentration, chlorophyll content a, b and total, carotenoids, anthocyanin protein, superoxide dismutase, peroxidase and catalase. The results showed that the type of organ had a significant effect on all the studied traits except the total protein. Also, the concentration of the extract and the interaction of the type of organ and the concentration of the extract had a significant effect on all of the traits of wheat seedlings. High concentrations of various organs extract increased electrolyte leakage and malondialdehyde concentration. Also, it increased the content of antioxidants such as anthocyanins, superoxide dismutase, peroxidase and catalase. In this experiment, the content of chlorophyll a (58%), chlorophyll b (68%), total chlorophyll (67%), carotenoids (62%) and protein (10%) decreased under the influence of quinoa organ extract. It should be noted that the effect of low concentrations of extracts prepared on the leakage rate of electrolytes and chlorophyll a was positive, but the effect of high concentrations was negative.

key words: Allopathy, Anthocyanins, Catalase, Chlorophyll, Peroxidase, Protein, Superoxide dismutase

Corresponding author, Email: omidi@shahed.ac.ir