

اثرات تعدیلی اسید هیومیک روی جوانه‌زنی و رشد رویشی گیاه کلزا تحت تنش شوری

علی اصغر علیلو^{*}، زهرا شیری آذر^۱، شهریار دشتی^۱، صالح شهابی وند^۲ و علیرضا پورمحمد^۱

^۱ ایران، مراغه، دانشگاه مراغه، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی

^۲ ایران، مراغه، دانشگاه مراغه، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی

تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۵



چکیده

شوری تنش غیر زیستی موثر بر تولید گیاهان است که با کاربرد مناسب مواد آلی می‌توان از تبعات آن کاست. به همین منظور در این آزمایش، اثر تعدیلی تیمار اسید هیومیک (شاهد، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بر تنش شوری (شاهد، ۴، ۸ و ۱۲ دسی-زیمنس) روی صفات جوانه‌زنی بذر و برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کلزا در دو مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی بررسی شد. با توجه به نتایج، اثر بازدارندگی تنش شوری روی صفات جوانه‌زنی معنی‌دار بود. همچنین تیمار شوری، محتوی کلروفیل برگ و پایداری غشا آن را به شدت کاهش داد. تیمار اسید هیومیک باعث افزایش نسبی محتوی کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید برگ گیاه در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر شد. معنی‌دار شدن اثر متقابل تیمار شوری و اسید هیومیک روی صفات پایداری غشا، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه، حاکی از تعدیل تنش شوری توسط تیمار اسید هیومیک در این صفات بود، بطوری‌که تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک توانست در سطح ۴ دسی زیمنس تنش شوری، درصد جوانه‌زنی را بهبود دهد. همچنین این تیمار سرعت جوانه زنی را در سطح ۸ دسی زیمنس بر متر افزایش داد. اثرات تعدیلی تیمار اسید هیومیک بر پایداری غشاء در سطوح ۸ و ۱۲ دسی زیمنس نیز قابل توجه بود. به این ترتیب، پیشنهاد می‌گردد جهت تعدیل سطوح متوسط شوری، اسید هیومیک بصورت تیمار بذری بکار رود.

واژه‌های کلیدی: شوری، هیومیک، کلروفیل، جوانه‌زنی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۳۷۲۲۸۳۱، پست الکترونیکی: aliloo@maragheh.ac.ir

مقدمه

فلزات سنگین، غرقابی، تابش پرتوهای فرابنفش و آسیب‌های ناشی از کمبود یا بیش‌بود عناصر غذایی و مواد آلی خاک از مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌آیند (۴۲). در بین انواع تنش‌ها، شوری آب و خاک از معضلات جهانی به شمار آمده و بخش کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه خشک را تهدید می‌کند. جوانه‌زنی بذر یکی از اساسی‌ترین و حیاتی‌ترین مراحل رشد گیاه می‌باشد که عملکرد را تعیین می‌کند. با این حال تاثیر مضر تنش شوری روی جوانه زنی گیاهان مختلف، از جمله برنج (۵۱)، گندم (۱۶)، ذرت (۳۸)، خیار (۳۷) و کلزا (۳۱) ثابت شده است. تاثیر شوری روی جوانه‌زنی معمولاً از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و

گیاهان مهم‌ترین تامین کننده غذا، دارو و دیگر نیازهای انسان بوده و اهمیت آن‌ها با رشد روزافزون جمعیت جهان بیشتر می‌شود. کشور ایران با دارا بودن اقلیم‌های متفاوت، شرایط مناسبی را برای رشد انواع گیاهان زراعی بومی و غیربومی فراهم ساخته است که دانه‌های روغنی از جمله آنها می‌باشند. کلزا با نام علمی (*Brassica napus L.*) از خانواده شب بو (*Brassicaceae*)، بعد از سویا دومین مقام را در تامین دانه‌های روغنی به خود اختصاص داده است (۲۲). عموماً، رشد و نمو گیاهان تحت تاثیر تنش‌های زنده و غیرزنده قرار می‌گیرد که آفات و بیماری‌ها، علف‌های هرز، شوری آب و خاک، کم‌آبی، سرما، یخ‌زدگی، دمای بالا،

ریشه‌ها (۵۰)، افزایش جذب آهن (۴۷)، بهبود عملکرد غشاء سلولی (۴۹) افزایش سطوح فتوستنز و تنفس (۲۹)، بهبود کلروفیل (۵۲) و افزایش فعالیت آنزیم رویسکو (۲۱) در نتیجه‌ی کاربرد خارجی اسید هیومیک روی گیاهان گزارش شده است. همانطور که اشاره شد شوری عملکرد گیاهان را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد و بررسی اثر تعدیل‌کنندگی مواد هیومیکی در این شرایط می‌تواند سودمند باشد. بنابراین در این تحقیق سعی شد اثر اسید هیومیک در تعدیل تنش مذکور روی برخی صفات فیزیولوژیکی و جوانه زنی گیاه کلزا بررسی شود.

مواد و روشها

این آزمایش در پاییز ۱۳۹۶ در آزمایشگاه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه صورت گرفت. بذر گواهی شده هیبرید کلزا (دانوب) از اداره کشاورزی شهرستان بناب تهیه شد. روش کشت گلدانی (۲۳×۲۱/۵cm) و اطاقک کشت (دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، نور با شدت ۱۸۰۰ لوکس و رطوبت نسبی ۷۰ درصد) برای پرورش گیاهان استفاده شد. برای آزمایش از خاک لومی رسی (خاک مزرعه دانشگاه مراغه) با هدایت الکتریکی ۱/۹ دسی زیمنس بر متر و با ماده آلی کمتر از نیم درصد استفاده شد. فاکتورهای آزمایش شامل شوری در چهار سطح با هدایت الکتریکی (EC) ۰، ۴، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر از منبع NaCl و اسید هیومیک در سه سطح ۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بودند که به صورت آبیاری زیر-گلدانی همراه با محلول یک‌دوم هوگلند در اختیار گیاهان قرار می‌گرفتند. برای آزمایش سه تکرار و دوبار نمونه‌گیری بر هر تکرار (زیرنمونه) در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه در این آزمایش عبارتند بود از:

شاخص پایداری غشا (MSI): برای اندازه‌گیری شاخص پایداری غشا چند برگ از هر گلدان انتخاب شده و ۰/۵ گرم دور از محل رگبرگ را دیسک زده و در داخل لوله آزمایش ریخته و در داخل بنماری در دمای ۴۰ درجه

سمیت ایجاد می‌شود و فعالیت آنزیم‌های متابولیسم اسید نوکلئیک (۲۷) و متابولیسم پروتئین‌ها را تغییر می‌دهد (۱۹)، تعادل هورمونی را مختل می‌کند (۳۵ و ۳۶) و استفاده از ذخایر دانه‌ها کاهش پیدا می‌یابد (۴۴) که در نهایت سرعت و درصد جوانه زنی و قدرت رشد گیاهچه کاهش می‌یابد (۳۲).

از فاکتورهای مهم حفظ تولید در گیاهان، ظرفیت بالای فتوستنز در آنهاست است که این ظرفیت به دلیل کاهش پتانسیل آب و حضور غلظت بالای سدیم و کلر در کلروپلاست کاهش پیدا می‌کند (۵۳). باید توجه داشت که سیستم فتوستنزی در نتیجه‌ی تنش‌های محیطی مختل می‌شود (۲۵). معمولاً در اکثر گزارشات به کاهش محتوای کلروفیل بعنوان یک شاخص زیستی در تنش شوری اشاره شده است (۱۰). کاهش مقدار کلروفیل a و b برگ در حضور شوری در گیاهان برنج (۱۷ و ۱۸)، ماش (۴۳) و خیار (۳۷) گزارش شده است. کاهش میزان رنگدانه‌ها با کاهش ۱۶ درصدی فلورسانس کلروفیل همراه است و معمولاً در گیاهان غلظت کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b است که در تنش شوری مقادیر آنها به هم نزدیک می‌شود (۴۰). انتخاب صحیح گونه‌های گیاهی، مدیریت آب و خاک از جمله راه‌کارهای مقابله با تنش شوری است. در مدیریت خاک معمولاً استفاده از انواع کودها روشی مهم بشمار می‌رود که در این بین اثر کودهای آلی بیش از کود شیمیایی است، زیرا کودهای شیمیایی کارایی اندکی در تعدیل تنش شوری داشته و باعث تجمع مواد سمی در گیاهان می‌شوند و محیط زیست را با خطرات دیگری مواجه می‌سازند. به همین دلیل استفاده از کودهای آلی از جمله مواد هیومیکی که از تجزیه مواد گیاهی و حیوانی تشکیل می‌شوند توصیه می‌شود. مواد هومیکی (HS)، از مهمترین مواد آلی خاک می‌باشند که موضوع مطالعه‌ی در اصلاح خاک، حاصلخیزی (۴۸)، فیزیولوژی گیاهی و علوم زیست محیطی می‌باشد. زیرا به خاطر داشتن نقش‌های متعدد، می‌توانند به رشد گیاه کمک کنند. افزایش رشد

بار دیسک زده بلافاصله وزن تر (Fresh Weight) آن اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌ها را در داخل پتری ریخته و روی آن‌ها را با آب مقطر پر کرده و نمونه‌ها را پس از ۲۴ ساعت از آب خارج کرده و مجدداً وزن شد (Turgid Weight) و بعد از آن در داخل فویل آلومینیومی ریخته و در آن قرار داده و بعد از خشک شدن وزن خشک آن‌ها (Dry Weight) اندازه‌گیری شد. بعد از آن محتوای رطوبت نسبی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲۸).

$$RWC (\%) = (Fresh\ Weight - Dry\ Weight) / (Turgid\ Weight - Dry\ Weight) \times 100 \quad [2]$$

میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ و محلول رویی با استفاده از اسپکتروفوتومتر در طول موج ۶۶۳/۳ و ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و غلظت کلروفیل و کارتنوئید با استفاده از فرمول‌های زیر به دست آمد (۳۹).

$$Chl.a = 12.25 A663.2 - 2.79 A646.8 \quad \text{کلروفیل a} \quad [3]$$

$$Chl.b = 21.50 A646.8 - 5.10 A663.2 \quad \text{کلروفیل b} \quad [4]$$

$$c(x+c) = (1000 A470 - 1.82 Chl.a - 85.02 Chl.b) / 198 \quad \text{کارتنوئید} \quad [5]$$

تحلیل آماری: از نرم افزار SAS برای تجزیه های آماری استفاده شد. داده بعد از تست مفروضات تجزیه واریانس، بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه واریانس شد. برای مقایسات میانگین از روش چند دامنه‌ی دانکن در سطح احتمال آماری ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

رنگدانه‌های فتوسنتزی، پایداری غشاء و محتوی آب نسبی: کلروفیل a, b, (a+b) و نسبت a/b: نتایج به دست آمده نشان داد که اثر اسید هیومیک بر روی کلروفیل a در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد ولی تیمار شوری و ترکیب تیماری شوری و اسیدهیومیک تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند. همچنین با توجه به نتایج، اثر

سانتی گراد قرار داده شد و بعد از ۳۰ دقیقه از داخل بنماری خارج و EC آن با EC متر اندازه‌گیری شد (EC1)، و دوباره در بنماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفته و بعد از ۳۰ دقیقه دوباره EC آن را اندازه گرفته (EC2) و از روی فرمول زیر شاخص پایداری غشا را محاسبه گردید (۴۴).

$$MSI = [1 - EC1 / EC2] \times 100 \quad [1]$$

محتوی آب نسبی (RWC): برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی چند برگ از هر گلدان انتخاب کرده و از آن‌ها ۲۰

سنجش رنگدانه‌های فتوسنتزی: به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ ابتدا ۰/۵ گرم برگ تازه گیاه در هاون چینی کاملاً سائیده تا یک توده یکنواخت به دست آمد. مخلوط حاصل در داخل ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتر، با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید. سپس یک میلی‌لیتر از عصاره نمونه با ۹

آزمایش دیگری همزمان اثرات تیمارهای مذکور را در شرایط کنترل شده (ژرمیناتور) بر روی خصوصیات جوانه زنی و گیاهیچه با استفاده از آزمون استاندارد جوانه زنی و رشد گیاهیچه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد ارزیابی کرد. و صفات درصد و سرعت جوانه زنی، طول ریشه‌چه و ساقه-چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و تعداد گیاهیچه نرمال بررسی شد.

جهت اندازه‌گیری سرعت جوانه زنی (R) از فرمول زیر استفاده شد (۲۴):

$$R = \sum N / \sum (D \times ni) \quad [6]$$

در فرمول بالا، N- نشان دهنده ی کل بذور جوانه زده در دوره‌ی آزمایش، D- مشخص کننده روز و ni- تعداد بذر جوانه زده در همان روز را نشان می دهد.

معنی‌دار نشد. نتایج نشان داد که (جدول ۳) سطوح مختلف شوری نسبت به تیمار شاهد، میزان کلروفیل کل را کاهش داد که این کاهش فقط در سطح شوری ۸ و دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار شد. همچنین غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد کلروفیل کل را افزایش و غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک این صفت را نسبت به شاهد کاهش داد که این تغییرات غیرمعنی‌دار بودند ولی بین دو غلظت اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲).

تیمارها روی کلروفیل b و نسبت a/b معنی‌دار نبود (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) میزان کلروفیل a در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک افزایش یافت که این افزایش نسبت به شاهد معنی‌دار نبود ولی بین دو سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در مورد مجموع کلروفیل‌ها، اثر تیمارهای شوری و اسید هیومیک روی کلروفیل کل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد ولی ترکیب تیماری آن‌ها روی این صفت

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمار اسید هیومیک روی رنگدانه‌های فتوسنتزی، شاخص پایداری غشا و محتوای آب نسبی گیاه کلزا تحت تنش شوری.

میانگین مربعات									
منابع تغییر	درجه- آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتونوئید $(x+c)$	کلروفیل $a+b$	نسبت کلروفیل a/b	نسبت کلروفیل $(a+b)/(x+c)$	شاخص پایداری غشا	محتوای آب نسبی
تکرار	۲	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۱۶۶/۹ ^{ns}	۱۵/۳۸ ^{ns}	۲/۳۵۹ ^{ns}	۷۸/۵۸۲ ^{ns}
شوری	۳	۰/۲۲۹ ^{ns}	۰/۰۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۴۷۹*	۶۰/۰۷ ^{ns}	۴۴/۹۷ ^{ns}	۹۶/۶۸۷ ^{**}	۲۶۱/۲۰۰ ^{**}
اسید هیومیک	۲	۰/۵۳۸*	۰/۰۸۱ ^{ns}	۰/۰۵۲*	۰/۷۲۴*	۵۰/۴۹ ^{ns}	۷۷/۵۳ ^{ns}	۲/۸۱۵ ^{ns}	۱۲۶/۳۴۳ ^{ns}
ترکیب تیماری	۶	۰/۱۲۲ ^{ns}	۰/۰۷۲ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۱۵۳ ^{ns}	۲۱۹/۶ ^{ns}	۳۰/۹۴ ^{ns}	۱۵/۰۰۱*	۲۰/۲۵۵ ^{ns}
خطا	۲۲	۰/۱۱۲	۰/۰۵۹	۰/۰۱۱	۰/۱۷۷	۱۷۰/۵	۸۵/۷	۴/۸۹	۵۳/۹۹
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۲	۰/۸	۱/۲	۰/۲	۱/۴	۱/۱	۱/۴	۱۰/۶

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار اسید هیومیک بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، صفات جوانه زنی و گیاهچه‌ای کلزا.

تیمار اسید هیومیک (mg/l)	کلروفیل a (mg/g.Fw)	کارتونوئید $(x+c)$ (mg/g.Fw)	کلروفیل $(a+b)$ (mg/g.Fw)	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)
شاهد	۱/۴۷ ^{ab}	۰/۲۷ ^{ab}	۱/۶۴ ^{ab}	۸۱/۷۵ ^a	۱۱/۰۴ ^a	۶/۴۵ ^a	۰/۰۷۱۵ ^a
۵۰۰	۱/۲۳ ^b	۰/۲۱ ^b	۱/۵۴ ^b	۷۹/۸۷ ^{ab}	۱۱/۸۵ ^{ab}	۵/۸۳ ^{ab}	۰/۰۶۴۱ ^{ab}
۱۰۰۰	۱/۶۳ ^a	۰/۳۴ ^a	۱/۹۷ ^a	۷۷ ^b	۱۰/۰۷ ^b	۵/۹۹ ^b	۰/۰۶۲۵ ^b

حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند. مقادیر رنگدانه‌ها بر حسب وزن تر می‌باشد.

لیتر اسید هیومیک میزان کارتونوئید را بهبود بخشید و تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک این را صفت افزایش داد که این تغییرات نسبت به شاهد معنی‌دار نبود ولی بین دو تیمار اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) هیچکدام از تیمارهای شوری و اسید هیومیک و ترکیب

محتوی کارتونوئید و نسبت کلروفیل کل به کارتونوئید $(a+b)/(x+c)$: نتایج نشان داد (جدول ۱) که اثر اسید هیومیک روی کارتونوئید در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد ولی اثر تیمار شوری و ترکیب تیماری شوری و اسید هیومیک بر روی صفت مذکور معنی‌دار نشد. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر

تیماری آن‌ها تاثیر معنی‌داری روی نسبت کلروفیل به کاروتنوئید نداشتند.

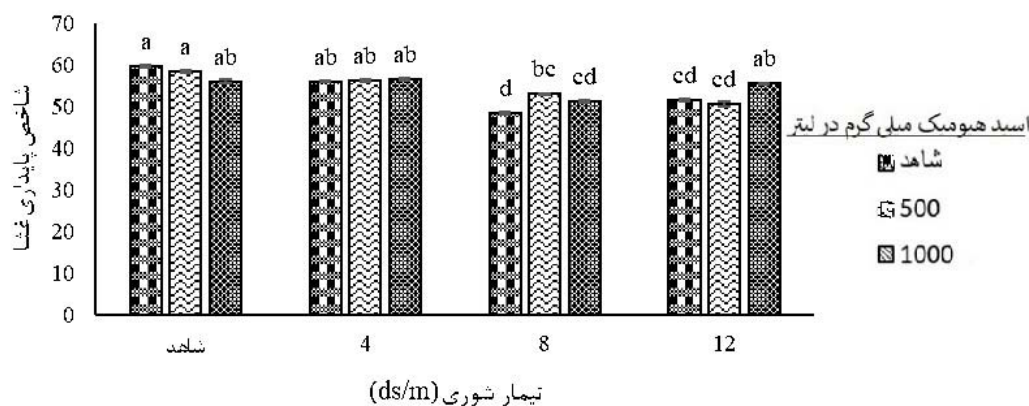
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری روی صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کلزا.

تیمار (ds/m)	شوری (mg/g)	کلروفیل (a+b)	شاخص پایداری غشا (درصد)	محتوای آب نسبی برگ (درصد)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)
شاهد	۲/۰۵ ^a	۵۸/۰ ^a	۶۱/۷۸ ^b	۸۸/۶۶ ^a	۲/۴۱ ^a	۱۲/۱۶ ^a	۶/۱ ^a	۰/۰۰۶۲ ^a	
۴	۱/۵۹ ^{ab}	۵۶/۳ ^a	۷۴/۸۱ ^a	۸۱/۶۶ ^b	۲/۳ ^a	۱۱/۴ ^{ab}	۶/۳ ^a	۰/۰۰۶۱ ^a	
۸	۱/۴۴ ^b	۵۰/۹ ^b	۷۰/۱۱ ^a	۷۵/۱۶ ^c	۲/۰۹ ^b	۱۰/۳ ^{bc}	۵/۵ ^b	۰/۰۰۵۵ ^{ab}	
۱۲	۱/۵۹ ^{ab}	۵۲/۶ ^b	۶۹/۲۴ ^a	۷۳/۳۳ ^c	۲/۰۵ ^b	۹/۱ ^c	۵/۱ ^b	۰/۰۰۴۴ ^b	

حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.

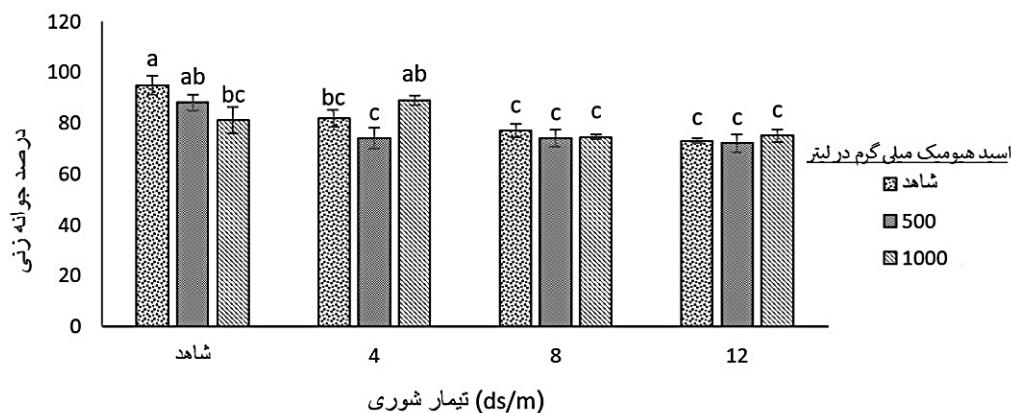
شاخص پایداری غشا در تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک بیشتر بود. در شوری چهار دسی زیمنس بر متر تیمارهای اسید هیومیک نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر تیمار ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک شاخص پایداری غشا را افزایش دادند که تاثیر تیمار ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک معنی‌دار بود. همچنین در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر تیمار ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد ولی تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به شاهد شاخص پایداری غشا را به طور معنی‌داری افزایش داد.

پایداری غشا: بر اساس جدول شماره یک نتایج نشان داد، اثر تیمار شوری بر روی شاخص پایداری غشا در گیاه کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، همچنین اثر ترکیب تیماری آن‌ها بر روی این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. ولی اثر تیمار اسید هیومیک بر صفت مذکور تاثیر معنی‌داری نداشت. بر اساس جدول شماره ۳، تیمار شوری ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد باعث تغییر معنی‌دار شاخص پایداری غشا شد و میزان این صفت را نسبت به شاهد کاهش دادند ولی تیمار چهار دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد تغییر معنی‌داری از خود نشان نداد. با توجه شکل یک، نتایج نشان داد که در تیمار شاهد شوری، هر دو غلظت اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش غیرمعنی‌دار



شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیب تیماری (شوری × اسید هیومیک) روی درصد شاخص پایداری غشای کلزا؛ حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (آزمون دانکن، $p \geq 0.05$ ؛ بدون تیمار (شاهد)؛ ds/m دسی زیمنس بر متر)

مشاهده شد (جدول ۳). همچنین غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک نیز نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش معنی‌دار این صفت شد (جدول ۲). با توجه شکل ۲، نتایج نشان داد که در تیمار شاهد شوری، هر دو غلظت اسید هیومیک باعث کاهش درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شدند که این کاهش فقط در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر معنی‌دار بود. در شوری چهار دسی زیمنس بر متر تیمار ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به شاهد درصد جوانه زنی را کاهش و غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر این صفت را افزایش داد که این تغییرات غیر معنی‌دار بود. در شوری ۸ و ۱۲ هیچ یک از غلظت‌های اسید هیومیک نتوانستند نسبت به شاهد تاثیری روی درصد جوانه‌زنی داشته باشند.



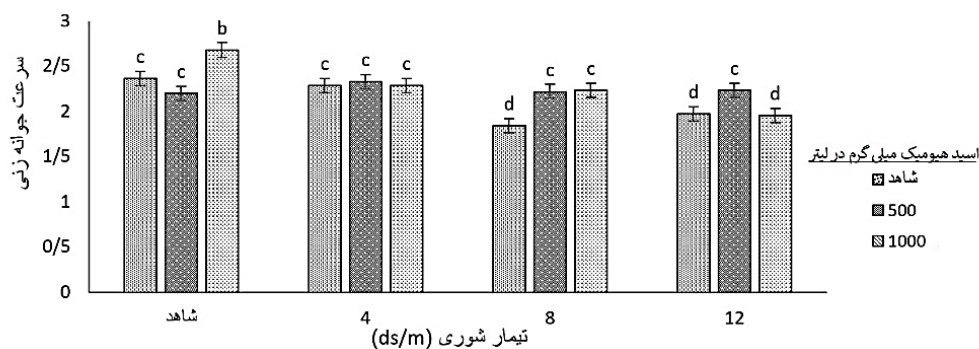
شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیب تیماری (شوری × اسید هیومیک) روی درصد جوانه‌زنی کلزا؛ حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (آزمون دانکن، $p \geq 0.05$ ؛ بدون تیمار (شاهد)؛ ds/m ، دسی زیمنس بر متر

سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد. در شوری ۴ دسی زیمنس بر متر هیچ یک از غلظت‌های اسید هیومیک نتوانستند نسبت به شاهد تاثیری روی سرعت جوانه‌زنی داشته باشند در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر هر دو غلظت اسید هیومیک به صورت معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر فقط غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر این صفت را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌دار افزایش داد.

محتوای آب نسبی: با توجه به جدول شماره یک، نتایج نشان داد تاثیر تیمار شوری بر روی محتوای آب نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اسید هیومیک و ترکیب تیماری آن با سطوح شوری بر روی این صفت تاثیر معنی‌داری نداشتند. بر اساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، محتوای آب نسبی برگ در تمامی تیمارهای شوری به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد می‌باشد. که بیشترین مقدار این صفت در تیمار چهار دسی زیمنس بر متر مشاهده شد.

درصد جوانه‌زنی: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر تیمار شوری و ترکیب تیماری شوری و اسید هیومیک بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. با افزایش سطوح شوری در صفت درصد جوانه زنی نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری

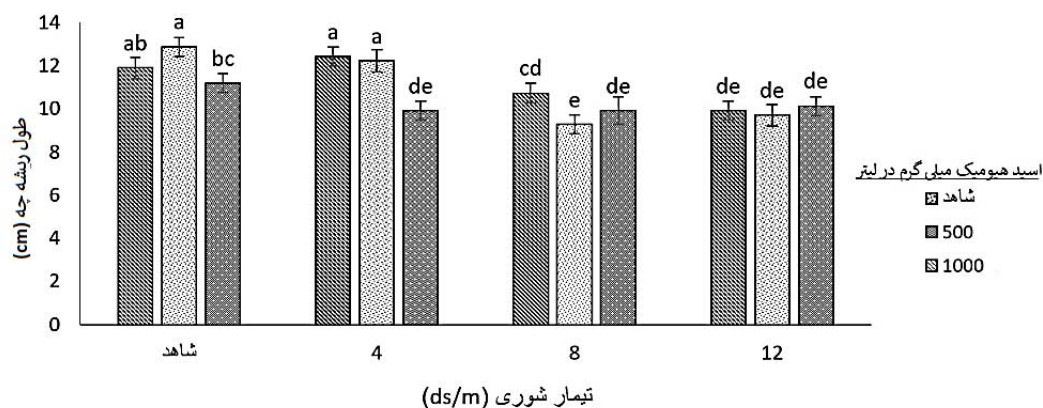
سرعت جوانه‌زنی: با توجه به تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر تیمار شوری و ترکیب تیماری شوری و اسید هیومیک بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. با افزایش سطوح شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت که این کاهش در سطوح ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد معنی‌داری شد (جدول ۳). با توجه شکل ۳، نتایج نشان داد که در تیمار شاهد شوری، غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث افزایش



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیب تیماری (شوری × اسید هیومیک) روی سرعت جوانه‌زنی کلزا؛ حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (آزمون دانکن، $p \geq 0.05$ ؛ بدون تیمار (شاهد)؛ ds/m ، دسی‌زیمنس بر متر

شد که این کاهش در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به شاهد معنی‌دار شد. در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌یک از غلظت‌های اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد روی صفت طول ریشه‌چه نداشتند.

طول ریشه‌چه و ساقچه: با توجه شکل ۴، شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه نسبت به شاهد شد. در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر هر دو غلظت اسید هیومیک باعث طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد



شکل ۴- مقایسه میانگین ترکیب تیماری (شوری × اسید هیومیک) روی طول ریشه‌چه کلزا؛ حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (آزمون دانکن، $p \geq 0.05$ ؛ بدون تیمار (شاهد)؛ ds/m ، دسی‌زیمنس بر متر

وزن خشک ریشه‌چه و ساقچه: با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۴)، اثر تیمار شوری روی وزن خشک ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش سطوح شوری وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت که این کاهش در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد معنی‌داری شد (جدول ۳). اما اثر تیمار اسید هیومیک روی وزن خشک ساقچه معنی‌دار

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۴)، اثر تیمار اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد و تیمار شوری در سطح احتمال ۵ درصد روی طول ساقچه معنی‌دار شدند با افزایش سطوح شوری صفت طول ساقچه کاهش یافت (جدول ۳). همچنین غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک نیز نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه شد (جدول ۲).

یافت که شدت کاهش با افزایش سطح شوری روند افزایشی را نشان می‌داد. نتایج مشابه اثر تنش شوری روی کاهش پایداری غشا در گیاهان گندم (۵)، گوجه فرنگی (۹)، کاهو (۱۱)، کلزا (۸ و ۱۰)، اسپرس (۶)، شنبلیله (۳) و چغندر قند (۱۴) گزارش شده است. عموماً شاخص پایداری غشاء با میزان نشت یونی از سلول که حاصل خسارت بر غشاء و بر هم خوردن پایداری آن است ناشی می‌شود (۸). تنش شوری باعث کاهش سنتز آنزیم رایبیسکو و احیا قندها می‌شود و در مقابل با تولید گونه‌های اکسیژن فعال باعث صدمه به لیپیدها و اسیدهای چرب غشا شده، و پایداری غشا را کاهش می‌دهد (۴۶). در این آزمایش محتوی آب نسبی برگ‌ها نیز در اثر تنش افزایش یافت. نتیجه مشابه از آزمایش لطف‌الهی و همکاران (۱۲) روی گیاه بابونه آلمانی گزارش شده است. این محققین افزایش انتقال املاح به برگ‌ها را که به عنوان عامل تعدیل کننده فشار اسمزی نقش ایفا می‌کند را دلیل این کار دانسته‌اند. در گیاه آتریپلکس نیز شوری باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ شد که همراه با افزایش فعالیت آنزیم فسفوآنول پیرووات کربوکسیلاز (آنزیم کربوکسیل اولیه) در گیاه مورد مطالعه بود (۲۰). بر خلاف گزارش اخیر مطالعات آذری و همکاران (۱) نشان دادند از محتوای نسبی آب گیاه کلزا تحت تنش شوری کاسته می‌شود. مشابه این نتایج نیز از گیاه شنبلیله گزارش شد (۳). با توجه به معنی دار شدن اثر ترکیب تیماری شوری و اسید هیومیک روی صفات پایداری غشا، درصد و سرعت جوانه زنی و طول ریشه‌چه نتایج حاکی از اثرات تعدیلی اسید هیومیک در شرایط تنش شوری در این صفات بجز طول ریشه‌چه بود. بطوریکه تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک توانست در سطح ۴ دسی زیمنس تنش شوری باعث بهبود درصد جوانه زنی شود. همچنین این تیمار سرعت جوانه زنی در سطح شاهد و ۸ دسی زیمنس بر متر تنش شوری افزایش داد. اثرات تعدیلی تیمار اسید هیومیک بر پایداری غشاء در سطوح ۸ و ۱۲ دسی زیمنس

بود بطوری که غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث کاهش وزن خشک ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲).

وزن تر ریشه چه ساقه چه و تعداد گیاهچه نرمال:
باتوجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۴)، هیچ کدام از تیمارها بر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و تعداد گیاهچه نرمال تاثیر معنی‌داری نداشتند.

بحث

شوری یکی از عوامل مهم در تغییر فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان عالی بشمار می‌رود که عمدتاً با کاهش رشد و عملکرد آنها همراه است. نتایج این آزمایش نشان داد که مقدار کلروفیل، پایداری غشا و صفات گیاهچه‌ای در اثر این تنش کاهش می‌یابد ولی شوری محتوی آب نسبی برگ را افزایش داد که موید همین تغییرات فیزیولوژیکی است. رنگدانه‌های فتوسنتزی یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند و عوامل تاثیرگذار بر این رنگدانه‌ها می‌تواند باعث تغییر کارایی فتوسنتز و در نهایت تغییر عملکرد گیاهان شود. در آزمایش اخیر میزان کلروفیل با شروع تنش کاهش یافت که شدت آن متناسب با سطح تنش بود. تنش‌های محیطی از عوامل بسیار مهم و موثر بر مقدار و ترکیب این رنگدانه‌ها بشمار می‌روند. در بین تنش‌های محیطی غیرزنده، تنش شوری توانایی کاهش محتوی کلروفیل a و b را در گیاهان حساس و نیمه‌حساس را از خود نشان می‌دهد (۴۵). عموماً تنش شوری با افزایش میزان اکسیژن فعال باعث کاهش میزان کلروفیل می‌شود (۲). همچنین میزان آبسزیک اسید و اتیلن در شرایط تنش شوری افزایش یافته که موجب فعالیت آنزیم کلروفیلاز شده که در نهایت موجب کاهش کلروفیل می‌شود (۲۳). نتایج مشابه از کاهش میزان کلروفیل در گیاهان گندم (۴)، پنبه (۷)، برنج (۱۳)، ماش (۲۶)، جو (۱۵ و ۴۱) نیز گزارش شده است. در این آزمایش شاخص پایداری غشا در اثر شوری کاهش

درصدی در محتوی کلروفیل در سطح شوری چهار دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد برای این صفت مشاهده شد که می‌تواند به عنوان یک شاخص حساس زیستی در این تنش استفاده شود. همچنین تغییرپذیری مثبت این صفت نسبت به تیمار اسید هیومیک نیز قابل توجه بود. نتایج نشان دهنده‌ی تعدیل تنش شوری با تیمار اسید هیومیک روی صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه زنی و شاخص پایداری غشا برگ گیاه کلزا در سطوح مختلف شوری بود. در کل اثرات تعدیلی بر روی صفات جوانه زنی بیش از صفات رویشی بود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد از این تیمار در غلظت ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر برای تیمارهای بذری کلزا استفاده شود.

تنش شوری نیز قابل توجه بود. نتایج مشابهی در مورد اثرات تعدیلی اسید هیومیک روی تنش شوری در مورد گیاهان ذرت (۳۳)، آرابیدوپسیس (۳۵) و بادام (۳۰) گزارش شده است. این محققان دلیل تعدیلی اثر هیومیک اسید را افزایش میزان پرولین، فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی، پایداری سنتز کلروفیل و پایداری غشا در شرایط تنش شوری اعلام کردند.

نتیجه گیری

در مطالعه اخیر تنش شوری باعث تغییر در فرآیندهای جوانه زنی، رشد گیاهچه و رشد رویشی گیاه کلزا شد. در اغلب موارد اثرات بازدارندگی در صفات مشخص بود. آزمایش حاکی از حساسیت بالای کلروفیل کل نسبت به تنش در مقایسه با سایر صفات بود. زیرا کاهش ۲۵

منابع

- آذری، آرمان. مدرس ثانوی، سید علی محمد. عسگری، حسین. قناتی، فائزه. ناجی، امیر محمد. و علیزاده، بهرام. (۱۳۹۱). اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus* and *B. rapa*). علوم زراعی ایران، ۱۴(۲)، ۱۲۱-۱۳۵.
- آروین، پویا. (۱۳۹۴). اثر جیبرلین بر روی برخی صفات رویشی، محتوای رنگبزه‌های فتوسنتزی و پرولین در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط تنش شوری، مجله پژوهش‌های به زراعی، ۷(۲)، ۸۹-۱۰۳.
- آروبی، حسین، ناصری، محبوبه، نعمتی، سید حسین. و کافی، محمد. (۱۳۹۳). تأثیر سیلیس در کاهش اثرات تنش شوری در گیاه شنبله *Trigonella foenum-graecum*. پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۷(۱۰۴)، ۱۶۵-۱۷۲.
- حاجی نیا، سمیه. زارع، محمد جواد. محمدی گل تپه، ابراهیم رجالی، فرهاد. (۱۳۹۰). بررسی سودمندی قارچ اندوفیت *Azospirillum* Sp. و باکتری *Piriformospora indica* در افزایش تحمل گندم رقم سرداری (*Triticum aestivum*) به تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۴(۱)، ۲۱-۳۱.
- داوودی‌فرد، مهدی. حبیبی، داوود. و داوودی‌فرد، فرهاد. (۱۳۹۱). بررسی اثر تنش شوری بر پایداری غشاء سیتوپلاسم، میزان
- کلروفیل، و اجزاء عملکرد در گندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸(۲)، ۷۱-۸۶.
- رامک، پروین. مهرنیا، محمد. و اسمعیل‌زاد بهابادی، صدیقه. (۱۳۹۳). اثر تنش آب بر برخی محلول‌های سازگارکننده و پایداری غشاء در دو گونه اسپرس (*Onobrychis radiata* و *Onobrychis viciifolia*). مجله فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهی ایران، ۱۱(۱)، ۱-۱۶.
- شریعتی‌نیا، فاطمه. کریمی گوغری، علیرضا، امیری جبالبازار، فرامرز. و سلطانی‌نژاد، نرگس. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر اسید هیومیک و شوری بر رشد رویشی و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی پنبه (رقم ورامین). سیزدهمین همایش علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر ایران، انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- شهبازی، مریم. کیانی علیرضا. و رئیس، سامیه. (۱۳۹۰). تعیین آستانه تحمل به شوری در دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم زراعی ایران، ۱۳(۱)، ۱۸-۳۱.
- طباطبائیان، جواد. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر کلسیم در بهبود آسیب‌های ناشی از تنش شوری در گیاه گوجه‌فرنگی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۱(۲)، ۱۲۵-۱۳۷.

- ۱۰- عموآقایی، ریحانه. قربان‌نژاد، هاجر. (۱۳۹۳). بررسی اثر شوری بر رشد گیاهچه، میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب و پایداری غشا در دو رقم کلزا. *مجله پژوهش‌های گیاهی*، ۲۷(۲)، ۲۵۹-۲۶۸.
- ۱۱- فتاحی، سجاد. صیدی، مهدی. زارع، محمد جواد. (۱۳۹۶). بررسی پاسخ‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه کاهو در تلقیح با قارچ *Piriformospora indica* تحت تنش شوری. به زراعی کشاورزی، ۱۹(۲)، ۲۴۳-۲۵۵.
- ۱۲- لطف الهی، لیلیا. ترابی گلسفیدی، حسین. و امیدی، حشمت. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر پرولین، رنگدانه‌های فتوستتزی و رطوبت نسبی برگ گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) در محیط آبکشت، نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۲(۱)، ۸۹-۱۰۳.
- effect of extra and internal factors. *Photsynth*. 30, 321-337.
- 24- Ellis, R. H., Covell, S., Roberts, E. H., & Summerfield, R. J. (1986). The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes: II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 37(10), 1503-1515.
- 25- Fan, Xingli., Zhang, Z., Gao, H., Yang, C., Liu, M., Li, Y., & Li, P. (2014). Photoinhibition-like damage to the photosynthetic apparatus in plant leaves induced by submergence treatment in the dark. *Plos one*, 9(2), e89067.
- 26- Ghassemi-Golezani, K., and Lotfi, R. (2015). The impact of salicylic acid and silicon on chlorophyll a fluorescence in mung bean under salt stress. *Russian journal of plant physiology*, 62(5), 611-616. 26
- 27- Gomes-Filho E, Machado Lima CRF, Costa JH, da Silva AC, da Guia Silva Lima M, de Lacerda CF, Prisco JT (2008) Cowpea ribonuclease: properties and effect of NaCl-salinity on its activation during seed germination and seedling establishment. *Plant Cell Rep* 27:147-157.
- 28- González, L., & González-Vilar, M. (2001). Determination of relative water content. In *Handbook of plant ecophysiology techniques* (pp. 207-212). Springer, Dordrecht.
- 29- Haghghi, M., Kafi, M., & Fang, P. (2012). Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid. *International Journal of Vegetable Science*, 18(2), 182-189.
- 30- Hatami, E., Shokouhian, A. A., Ghanbari, A. R., & Naseri, L. A. (2018). Alleviating salt stress in
- ۱۳- مجیدی‌مهر، احمد. امیری فهلیانی، رضا. (۱۳۹۵). تجزیه و تحلیل اثر شوری بر میزان کلروفیل، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه برخی ارقام برنج. *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۸(۱۸)، ۱۹۰-۱۸۳.
- ۱۴- محمدی چراغ‌آبادی، مریم. روشنفکر، حبیب‌اله. حسینی، پیمان. و مسکرباشی، موسی. (۱۳۹۴). تأثیر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی چغندرقد در شرایط تنش شوری. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۶(۴)، ۵۹۱-۶۰۴.
- ۱۵- یوسفی‌نیا، مهدی. و قاسمیان، علیرضا. (۱۳۹۴). ارزیابی اثرات تنش شوری بر فتوستتز و فلورسانس کلروفیل a در گیاه جو. *فصلنامه زیست‌شناسی تکوینی*، ۸(۱)، ۳۵-۴۴.
- 16- Akbarimoghaddam H, Galavi M, Ghanbari A, Panjehkeh N (2011) Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia J Sci* 9:43-50.
- 17- Amirjani, Mohammad R (2011) Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme activity of rice. *Int J Bot* 7:73-81.7
- 18- Chutipaijit, Sutee, Suriyan Cha-um, and Kanokporn Sompornpailin. (2011) High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in *Oryza sativa* L. spp. indica. *Aust J Crop Sci* 5:1191-1198.
- 19- Dantas BF, De Sa RL, Aragao CA (2007) Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. *Rev Bras de Sementes* 29:106-110.
- 20- De Araújo, S. A., Silveira, J. A., Almeida, T. D., Rocha, I., Morais, D. L., and Viégas, R. A. (2006). Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(4), 848-854.
- 21- Delfine, S., Loreto, F., Pinelli, P., Tognetti, R., and Alvino, A. (2005). Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under drought water stress. *Agric. Ecosystem Environ*. 106, 243-252. doi: 10.1016/j.agee.2004.10.012.
- 22- Diepenbrock, W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, 67(1), 35-49.
- 23- Draikewicz, M. (1994). Chlorophyllase occurrence functions, mechanism of action,

- almond rootstocks using of humic acid. *Scientia Horticulturae*, 237, 296-302.
- 31- Ibrar M, Jabeen M, Tabassum J, Hussain F, Ilahi I (2003) Salt tolerance potential of *Brassica juncea* Linn. *J Sci Tech Univ Peshawar* 27:79–84.
- 32- Kaveh H, Nemati H, Farsi M, Jartoodeh SV (2011) How salinity affect germination and emergence of tomato lines. *J Biol Environ Sci* 5: 159–163.
- 33- Kaya, C., Akram, N. A., Ashraf, M., & Sonmez, O. (2018). Exogenous application of humic acid mitigates salinity stress in maize (*Zea mays* L.) plants by improving some key physico-biochemical attributes. *Cereal Research Communications*, 46(1), 67-78.
- 34- Khaleda, L., Park, H. J., Yun, D. J., Jeon, J. R., Kim, M. G., Cha, J. Y., & Kim, W. Y. (2017). Humic Acid Confers high-affinity K⁺ transporter 1-Mediated Salinity Stress Tolerance in Arabidopsis. *Molecules and cells*, 40(12), 966.
- 35- Khan MA, Rizvi Y (1994) Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. Stocksii. *Can J Bot* 72:475–479.
- 36- Khan MA, Weber DJ (2008) *Ecophysiology of high salinity tolerant plants (tasks for vegetation science)*, 1st edn. Springer, Amsterdam.
- 37- Khan MM, Al-Mas'oudi RSM, Al-Said F, Khan I (2013) Salinity effects on growth, electrolyte leakage, chlorophyll content and lipid peroxidation in cucumber (*Cucumis sativus* L.) 2013 International. Conference on Food and Agricultural Sciences IPCBEE vol.55, IACSIT Press, Singapore doi:10.7763/PCBEE.2013.V55.6.
- 38- Khodarahmpour Z, Ifar M, Motamedi M (2012) Effects of NaCl salinity on maize (*Zea mays* L.) at germination and early seedling stage. *Afr J Biotechnol* 11:298–304.
- 39- Lichtenthaler, H. K., & Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, 1(1), F4-3.
- 40- Mane AV, Karadge BA, Samant JS (2010) Salinity induced changes in photosynthetic pigments and polyphenols of *Cymbopogon Nardus* (L.) Rendle. *J Chem Pharm Res* 2:338–347.
- 41- Othman Y, Al-Karaki G, Al-Tawaha AR, Al-Horani A (2006) Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. *World J Agric Sci* 2:11–15.
- 42- Rao, K. M., Raghavendra, A. S., & Reddy, K. J. (Eds.). (2006). *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants*. Springer Science & Business Media.
- 43- Saha, Papiya, Paramita Chatterjee, and Asok K. Biswas (2010) NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Indian J Exp Biol* 48:593–600.
- 44- Sairam, R. K., G. C. Srivastava, S. Agarwal, and R. C. Meena. "Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes." *Biologia Plantarum* 49, no. 1 (2005): 85.
- 45- Sairam, R. K., Rao, K. V., and Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, 163(5), 1037-1046.
- 46- Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., & Masia, A. (2004). Lipoxxygenase activity and proline accumulation in leaves and roots of olive trees in response to drought stress. *Physiologia plantarum*, 121(1), 58-65.
- 47- Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley and Sons. 48
- 48- Tan, K.H., 1998. Colloidal chemistry of organic soil constituents. In: Tan, K.H., (Ed.), *Principles of Soil Chemistry*, Marcel Dekker, New York, pp. 177–258.
- 49- Varanini, Z., and Pinton, R. (2000). Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. *The Rhizosphere*. Marcel Dekker, New York, 141-157.
- 50- Vaughan, D., and Malcolm, R. E. (1985). Influence of humic substances on growth and physiological processes. In *Soil organic matter and biological activity* (pp. 37-75). Springer, Dordrecht.
- 51- Xu S, Hu B, He Z, Ma F, Feng J, Shen W, Yan J (2011). Enhancement of salinity tolerance during rice seed germination by presoaking with hemoglobin. *Int J Mol Sci* 12:2488–2501.
- 52- Xu, Yan-Hong, Liu, R., Yan, L., Liu, Z.Q., Jiang, S.C., Shen, Y.Y., Wang, X.F., and Zhang,

D.P. (2012). Light-harvesting chlorophyll a/b-binding proteins are required for stomatal response to abscisic acid in Arabidopsis. *J. Exp. Bot.* 63:1095–1106.

53- Zhang, Minghua, Zhihao Qin, and Xue Liu, (2005). Remote sensed spectral imagery to detect late blight in field tomatoes. *Precision Agriculture* 6: 489–508.

Alleviating effects of humic acid on germination and vegetative growth of canola under salinity stress

Aliloo A.A.¹, Shiriazar Z.¹, Dashti Sh.¹, Shahabivand S.² and Pourmohammad A.R.¹

¹ Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture University of Maragheh, Maragheh, I.R. of Iran

² Dept. of Biology, Faculty of Science, University of Maragheh, Maragheh, I.R. of Iran

Abstract

Salinity is an effective abiotic stress on plants production that the application of suitable organic materials reduces its consequences. Thus, in this experiment, the mitigating effects of humic acid (0, 500 and 1000 mg.l⁻¹) on salinity (EC; 0, 4, 8 and 12 dS.m⁻¹) was evaluated at germination and vegetative stages of canola. According to the results, inhibitory effects of salinity on seed germination, germination rate, radicle and shoot length, and dry weights of radicle and shoot were significant. Also, salinity decreased the leaves chlorophylls contents and their membrane stabilities. Humic acid treatment increased chlorophyll (chl) a, total chl and carotenoid contents at 1000 mg l⁻¹ concentration. Regarding to significant interaction effects of humic acid and salinity on membrane stability, seed germination, germination rate and radicle length traits, results represent a mitigating effect of humic acid on mentioned traits under salinity condition. The humic acid at 1000 mg.l⁻¹ level alleviates seed germination percentage at EC 4 dS.m⁻¹, as well as improved germination rate under EC 8 dS m⁻¹. Likewise, mitigating effect of humic acid on membrane stability at EC 8 and 12 dS.m⁻¹ was noticeable. It was concluded that, under moderate levels of salinity, application of humic acid as seed treatments is recommended to alleviate the stress effects.

Key words: chlorophyll, humic, seed germination, salinity