تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.3977.1947

مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خرفه (*Portulaca oleracea*) تحت تأثیر تنش خشکی

رقیه بام‌شاد [۱]، علیرضا سیروس‌مهر [۲*]، علی‌اکبر محمودی [۱]، نورالله حیدری صادق [۱]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پرولین
رنگیزه‌های فتوسنتزی
کود آلی
کم‌آبیاری

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۲/۱۱

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۱

۱۵(۳): ۶۶۹-۶۸۰

چکیده

به دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است و به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند. به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خرفه، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش خشکی در سه سطح: (۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و اسید هیومیک در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر) اجرا گردید. نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار اثر تنش خشکی، اسید هیومیک و برهمکنش آن‌ها بر اکثر صفات موردبررسی بود. صفاتی از قبیل ارتفاع و طول ریشه در تنش خشکی به ترتیب (۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. وزن تر و خشک ریشه در شرایط تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد و محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) تحت تنش خشکی سبب بهبود این صفات نسبت به تیمار شاهد گردید. افزایش مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی در تنش (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) اسید هیومیک مشاهده شد. بالاترین میزان کربوهیدرات و پرولین در گیاه حاصل از محلول‌پاشی به ترتیب (۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) تحت تنش ملایم خشکی مشاهده شد؛ بنابراین با توجه به افزایش مقادیر اکثر صفات موردبررسی در شرایط تنش ملایم و شدید می‌توان اظهار داشت که مقدار (۵۰ تا ۷۵ میلی‌گرم در لیتر) محلول‌پاشی اسید هیومیک در شرایط کمبود آب موجود برای خرفه به‌خصوص تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) می‌تواند تا حدودی مفید باشد.

مقدمه

تنش‌های محیطی عامل اصلی کاهش رشد و نمو و عملکرد گیاهان بوده و موجب اختلالات متابولیسمی در سلول‌های گیاهی می‌شوند. یکی از بارزترین تنش‌های غیرزنده، تنش خشکی است که باعث کاهش عملکرد محصولات و افزایش هزینه‌های اقتصادی در کل جهان می‌شود (Saito and Nakabayashi, 2015) تنش خشکی نه‌تنها از نامساعدترین عوامل رشد و بهره‌وری است، بلکه تهدیدی جدی برای تولید محصولات پایدار و امنیت مواد غذایی در برابر تغییرات آب و هوایی است (Anjum et al., 2011). برای استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی باید تمهیدات مناسبی اندیشیده شود. تغییر الگوی کاشت و استفاده از گونه‌های جایگزین ازجمله گیاهان دارویی متحمل به تنش خشکی می‌تواند امکان استفاده بهینه از منابع محدود آبی را فراهم سازد (Jami Al-Ahmadi et al., 2004).

گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea* L.) از خانواده (Portulacaceae) گیاهی یک‌ساله است که عمدتاً در شرایط گرم و خشک گسترش می‌یابد. گیاهی کم‌توقع و یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی است. با توجه

* نگارنده پاسخگو: علیرضا سیروس مهر. پست الکترونیک: asirousmehr@uoz.ac.ir

به شرایط آب و هوایی ایران، کشت خرفه در مناطق خشک و نیمه‌خشک در مقایسه با سایر محصولات زراعی، از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار است. به علت اینکه خرفه عمدتاً علف هرز تلقی شده و به‌عنوان یک گیاه زراعی در ترکیب الگوی کشت مطرح نیست، اطلاعات موجود در رابطه با این گیاه، پیرامون تأثیر تنش خشکی و کود بر عملکرد کمی و کیفی آن بسیار اندک است. همچنین علاوه بر عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی و مدیریت زراعی نیز تعیین‌کننده عملکرد کمی و کیفی گیاهان است (Kamkar et al., 2011).

تغذیه مطلوب و متعادل کودها به‌ویژه کودهای آلی، می‌تواند محصول باکیفیت تولید کرده و اثرات نامطلوب فشارهای محیطی را کاهش دهد (Jaberzadeh et al., 2010). اسید هیومیک با اصلاح فیزیکی و بهبود، دانه‌بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد نموده و مولکول‌های اسید هیومیک با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع تبخیر آب می‌شود (Mirhajian, 2011). از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به کلات-کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد که سبب افزایش طول و وزن ریشه و آغازش ریشه‌های جانبی می‌شود (Abedi and Pakniyat, 2010). اسید هیومیک می‌تواند وزن خشک کل گیاه را مستقیماً افزایش داده و کارایی استفاده از کود و کاهش تراکم خاک را به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر قرار دهد (Muscolo, 2013). انحلال فسفات نامحلول در خاک توسط باکتری‌های موجود در این کودها و تولید هورمون‌های محرک رشد برای گیاه، سبب گسترش ریشه‌ها، جذب بیشتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شوند (Esitken et al., 2010).

پژوهش‌های زیادی درباره تأثیر متعدد اسید هیومیک بر گیاهان صورت گرفته است. در تحقیقی روی اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*)، مشخص گردید که اسید هیومیک می‌تواند سبب افزایش میزان کاروتنوئید گردد که این اثر را می‌توان به افزایش جذب عناصر ماکرو و میکرو تحت تأثیر اسید هیومیک نسبت داد. همچنین نتایج مطالعه اثر اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی بر گیاه خرفه نشان داد که میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر پرولین در بالاترین سطح تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک به میزان ۱/۵ تا ۳ لیتر در هزار لیتر آب بیشترین مقدار را داشت (Mozaffari et al., 2017). بررسی‌های گوناگون نشان‌دهنده افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی در گیاهان مختلف ازجمله گیاه مارچوبه (Dalvand et al., 2018)، گیاه داوودی (*Chrysanthemum*) است (Fan et al., 2014). محلول‌پاشی اسید هیومیک روی گیاه چای ترش سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن تر و خشک برگ و شاخه و وزن تر و خشک کاسبرگ‌ها گردید (Hosseinian et al., 2019). استفاده از کود آلی اسید هیومیک باعث افزایش ارتفاع، شاخه فرعی، میزان عملکرد دانه و همچنین شاخص برداشت در گیاه زیره سبز گردید (Sargazi et al., 2013). طی تحقیق انجام‌شده توسط (Rahie et al., 2012)، مصرف اسید هیومیک موجب افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه در گونه مرتعی (*Dactylis glomerata*) شد. (Heidari and Minaei, 2014)، طی پژوهشی دریافتند که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد گل، زیست‌توده و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه گاوزبان گردید. با توجه به اینکه در زمینه گیاهان زراعی تاکنون پژوهش‌های گسترده‌ای در رابطه با تأثیر تنش خشکی و کاربرد منابع کودی مختلف صورت گرفته است ولی در مورد گیاهان دارویی تحقیق اندکی صورت گرفته است؛ بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خرفه، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل (واقع در سد سیستان) با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی در ارتفاع ۴۸۰ متری از سطح دریا، در سال زراعی۱۳۹۶-۱۳۹۵، به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آب‌وهوای منطقه موردنظر بر اساس طبقه‌بندی کوپن در آب‌وهوای خشک بسیار گرم، با تابستان‌های گرم و خشک است و بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه نیز یکی از مناطق گرم و خشک است. برای آگاهی از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک موردنظر، قبل از کاشت یک نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری زمین تهیه که نتایج آن در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil experimental

پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N Total	ماده آلی Organic matter	قابلیت هدایت الکتریکی EC	واکنش خاک pH	بافت خاک Soil texture
-------ppm-------		----------%----------		$dS.m^{-1}$		
39.54	3.20	0.05	0.56	1.87	7.98	Sandy loam

جدول۲. داده‌های هواشناسی مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل (واقع در سد سیستان) سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

Table 2. Meteorological data of Zabol University Research Farm (located in Sistan Dam), 2016-2017 Crop Year

ماه Month	میانگین دمای حداقل Average Minimum temperature	میانگین دمای حداکثر Average Maximum temperature	میانگین دما Average Temperature	میانگین رطوبت نسبی Average Relative humidity	تعداد روز یخبندان number of days Ice	میزان بارندگی Rainfall
	---------- °C ----------			%		mm
فروردین April	14.95	33.5	24.26	34	0	0
اردیبهشت May	22.79	36.31	29.55	23	0	0
خرداد June	25.7	41.4	33.5	21	0	0

در این بررسی عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح شامل: ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد)، ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش ملایم) و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید) و محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر که در دو مرحله رشد رویشی و ابتدای گلدهی بر روی گیاهان محلول‌پاشی شد. اسید هیومیک مورداستفاده در این آزمایش به‌صورت محلول حاوی (هیومیک اسید و فولیک اسید ٪۳۷) ساخت شرکت مورگان اسپانیا استفاده شد. پس از محاسبه مقدار موردنیاز اسید هیومیک برای هر کرت، محلول‌پاشی به هنگام غروب آفتاب اعمال گردید. عملیات کاشت بذر در اوایل فروردین‌ماه ۱۳۹۶- ۱۳۹۵ انجام گرفت. مساحت هر کرت ۶ مترمربع در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌های کاشت از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر و فاصله گیاهان از یکدیگر روی هر ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین قطعات فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین قطعات اصلی ۱۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. کاشت به‌صورت دستی انجام شد. تنک کردن بوته‌ها در مرحله ۶- ۴ برگی صورت گرفت و تنش خشکی پس از استقرار کامل گیاه در مرحله ۸ برگ حقیقی اعمال شد. برای مقیاس رطوبت خاک در طول آزمایش از دستگاه تی دی آر[1] استفاده شد.

به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی در هر بوته، تعداد ۵ بوته از هر کرت برداشت و اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن ریشه‌ها، ۵ نمونه گیاهی انتخاب و با کمترین آسیب از خاک خارج شدند سپس با آب مقطر به‌دقت شسته شدند. بدین منظور هر بوته در یک تشتک آبی حاوی ماده تمیز کننده جداگانه خیسانده شد به‌طوری‌که ذرات خاک چسبیده به ریشه‌ها به‌طور کامل از آن جدا شد. سپس جهت تعیین وزن تر توزین شدند. همچنین وزن خشک‌ریشه‌ها با قرار دادن در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شدند (Wang et al., 2016).

بررسی مقدار سبزینگی (شاخص کلروفیل برگ) با استفاده از روش غیرتخریبی (دستگاه کلروفیل سنج) صورت گرفت. برای این منظور قبل از نمونه‌برداری، شاخص کلروفیل برگ در مرحله گلدهی کامل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج دستی[2] (ساخت کارخانه Minolta ژاپن) انجام گرفت. اندازه‌گیری‌ها یک نوبت و در مرحله گلدهی انجام گرفت (Monajem et al., 2011).

جهت تعیین مقادیر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات و پرولین در مرحله گلدهی نمونه‌هایی از برگ‌های تازه (جوان) تهیه و پارامترهای موردنظر اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها مقدار

[1] TDR

[2] SPAD 502

۰/۱ گرم بافت تازه گیاهی (برگ‌های جوان) در هاون چینی پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن ساییده شد و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت۸۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ گردید و جذب محلول بالایی در طول‌موج‌های ۶۶۲ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و به‌وسیله روابط زیر براساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه گردید (Arnon, 1967).

$$Chlorophyll\ a = (11.75 \times A_{662} - 2.350 \times A_{645})V/100W \quad [1]$$

$$Chlorophyll\ b = (18.61x\ A_{645} - 3.960 \times A_{662})\ V/100W \quad [2]$$

$$Carotenoides = (1000(A_{470}) - 2.270\ (mg\ chl.\ a) - 81.4\ (mg\ chl.\ b)/227 \quad [3]$$

که در آین روابط، V= حجم محلول سانتریفیوژ شده برحسب میلی‌لیتر ، A= جذب نور در طول‌موج‌ها ۶۶۲، ۶۴۵ و۴۷۰ نانومتر، W=وزن تر نمونه برحسب گرم هستند.

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ از روش بیتس (Bates, 1973) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم بافت زنده گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفو سالیسیلیک در هاون چینی ساییده، سپس مخلوط را با کاغذ صافی تصفیه و ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصله را در لوله‌آزمایش ریخته، ۲ میلی‌لیتر معرف اسید ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتراسیداستیک گلاسیال به آن اضافه گردید. در مرحله بعد لوله‌ها به مدت یک ساعت در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از خروج، نمونه‌ها در حمام یخ به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محتوای هر لوله اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه به‌وسیله ورتکس مخلوط شد. لوله‌ها مدتی در دمای اتاق ثابت قرار گرفتند. در این مرحله دولایه مجزا ایجاد و سرانجام جذب نوری لایه فوقانی در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از تولوئن خالص به‌عنوان شاهد به‌وسیله دستگاه اسپکترو فتومتر قرائت و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر تعیین گردید.

میزان کربوهیدرات با روش اسچیگل (Schlegel, 1956) صورت پذیرفت. میزان نور جذبی در ۴۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. میزان کربوهیدرات استخراجی بر اساس میلی‌گرم برگرم وزن تر از جدول استاندارد به دست آمد. برای تجزیه تحلیل آماری داده‌ها از برنامه نرم‌افزاری SAS، نسخه ۹/۱ استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

رشد رویشی

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تنش خشکی و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما اثرات متقابل ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار نداد ولی باعث معنی‌داری تعداد شاخه جانبی در بوته شد (جدول۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خرفه تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک

Table 3 .Analysis of variance of morphophysiological and biochemical properties of portulaca underthe influence of drought stress and humic acid Sparying

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته lateral Number of branche	طول ریشه Root length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
Repeat	تکرار	2	38.77^{ns}	3.00^{ns}	2.19^{ns}	0.29^{**}	0.002^{ns}
Drough (S)	تنش خشکی	2	380.52^{**}	523.00^{**}	154.19^{**}	42.66^{**}	1.13^{**}
Error a	خطای a	4	10.27^{ns}	0.75^{ns}	0.8^{ns}	0.05^{ns}	0.002^{ns}
Humic acid Spary (M)	محلول‌پاشی اسید هیومیک	3	428.66^{**}	51.95^{**}	15.36^{**}	2.84^{**}	0.07^{**}
S × M		6	12.63^{ns}	7.25^{**}	0.41^{ns}	0.24^{ns}	0.001^{ns}
Error b	خطای b	18	10.03	0.68	0.87	0.05	0.001
CV(%)	ضریب تغییرات	-	*7.32*	*5.87*	*6.98*	*6.97*	*6.29*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل SPAD	کربوهیدرات Carbohydrat	پرولین Proline	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoides
Repeat تکرار	2	0.80*	7.57ns	0.00002ns	0.0004ns	0.0003ns	0.00001ns
Drough (S) تنش خشکی	2	58.98**	5050.04**	0.12**	0.37**	0.45**	0.02**
Error a خطای a	4	0.10ns	8.19ns	0.00007ns	0.0005ns	0.0006ns	0.00003ns
humic acid Spary(M) محلول‌پاشی اسید هیومیک	3	6.27**	657.01**	0.007**	0.04**	0.05**	0.0006**
M × S	6	0.40ns	54.60**	0.001**	0.14**	0.01**	0.0007**
Error b خطای b	18	0.09	5.12	0.00005	0.0003	0.0004	0.00003
CV(٪) ضریب تغییرات	-	3.97	6.34	5.26	5.97	5.88	3.94

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال۵ و۱ درصد و ns: غیرمعنی‌داری

*, ** Statistically significant at the probability levels of 5% and 1%, respectively

در بررسی اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته مشخص گردید که افزایش تنش خشکی از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد) به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی سبب افزایش ۲۹ درصدی ارتفاع نسبت به شاهد شد (جدول ۴). ازآنجایی‌که خرفه گیاهی مقاوم به خشکی است به نظر می‌رسد آبیاری زیاد همانند تنش غرقاب عمل نموده و با کاهش رشد، فتوسنتز و انتقال کربوهیدرات توانسته باعث کاهش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی گردد. که از دلایل آن می‌توان به کاهش مواد فتوسنتزی تحت شرایط تنش و نیز افزایش فعالیت هورمون اسید آبسیزیک در طی تنش غرقاب اشاره کرد (Rasoulli, 2011). اسید آبسیزیک با ممانعت از فعالیت ایندول استیک اسید، از افزایش ارتفاع گیاه جلوگیری می‌کند. همچنین کاهش اکسیژن خاک که ناشی از تنش غرقاب است ممکن است باعث کاهش جذب آب و مواد غذایی شود که این امر منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Li et al., 2011). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین ارتفاع، از تیمار (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) اسید هیومیک به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی خرفه تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک

Table 4.Compare the average of simple effects of morphophysiological properties of portulaca under the influence of drought stress and humic acid Sparying.

تیمارها Treatments	سطوح Levels	ارتفاع بوته height Plant	طول ریشه Root length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	شاخص کلروفیل SPAD
		----------cm----------		----------g plant^{-1}----------		
تنش خشکی Drought	90% FC	45.00^{b}	9.83^{c}	5.30^{a}	0.81^{a}	10.06^{a}
	70% FC	47.57^{a}	13.25^{b}	3.52^{b}	0.49^{b}	7.46^{b}
	50% FC	36.91^{c}	17.00^{a}	1.53^{c}	0.20^{c}	5.65^{c}
محلول‌پاشی	contorol	34.88^{d}	11.88^{c}	2.78^{d}	0.38^{d}	6.69^{d}
اسید هیومیک	25 mg L^{-1}	41.22^{c}	12.77^{c}	3.24^{c}	0.48^{c}	7.50^{c}
humic acid	50 mg L^{-1}	45.55^{b}	14.88^{a}	3.70^{b}	0.53^{b}	8.65^{a}
Spraying	75 mg L^{-1}	51.22^{a}	13.88^{b}	4.07^{a}	0.60^{a}	8.06^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

In each column, means with same letters are not significantly different at 5% probability level.

طی پژوهش‌های متعدد (Turkmen et al., 2005; Ouni et al., 2014; Ghorbani et al., 2010)، کاربرد اسید هیومیک اثری مثبت بر رشد و عملکرد گیاه در شرایط تنش گذاشته و مواد موجود در خاک را تحت تأثیر قرار داده

و از طریق ایجاد حالت‌های پیچیده و یا عامل‌های واکنشی ماده هیومیک با کاتیون‌های فلزی، حلالیت بسیاری از عناصر غذایی را افزایش داده که این تغییرها تأثیر مثبتی بر طول یا ارتفاع گیاه دارد. کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) سبب افزایش ارتفاع، عملکرد تازه گل، تعداد گل در بوته، عملکرد دانه، عملکرد گلبرگ، وزن هزار دانه نسبت به شاهد گردید (Abedini et al., 2015). برهمکنش تنش خشکی و اسید هیومیک نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی از تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی توأم با کاربرد (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) اسید هیومیک حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۵. اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشدی و بیوشیمیایی خرفه

Table 5. Interaction effect of drought stress and humic acid spraying on growth and biochemical properties of *Portulaca oleracea*.

تنش خشکی Drought	محلول‌پاشی اسید هیومیک Spraying acid humic	تعداد شاخه‌های جانبی Number of lateral branches	کربوهیدرات Carbohydrate	پرولین Proline
			---------- mg.g^{-1} ----------	
90% FC	contorol	11.00^{gh}	1.71^{k}	0.06^{i}
	25 mg L^{-1}	12.00^{g-f}	30.61^{h}	0.06^{hi}
	50 mg L^{-1}	12.66^{f}	17.23^{i}	0.07^{gh}
	75 mg L^{-1}	15.33^{e}	8.76^{j}	0.07^{hi}
70% FC	contorol	17.33^{d}	32.28^{gh}	0.08^{gh}
	25 mg L^{-1}	19.00^{c}	35.08^{g-f}	0.08^{g}
	50 mg L^{-1}	22.00^{b}	38.33^{ef}	0.15^{e}
	75 mg L^{-1}	26.66^{a}	41.80^{d}	0.10^{f}
50% FC	contorol	6.33^{g}	44.61^{d}	0.20^{d}
	25 mg L^{-1}	8.33^{i}	66.28^{a}	0.25^{c}
	50 mg L^{-1}	8.66^{i}	58.57^{b}	0.30^{a}
	75 mg L^{-1}	9.66^{ih}	52.76^{c}	0.28^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

In each column, means with same letters are not significantly different at 5% probability level.

استفاده از کود آلی اسید هیومیک باعث جذب بهتر آب و انتقال مواد غذایی توسط گیاه شده و از این طریق باعث افزایش رشد ریشه و ساقه می‌گردد (Moghbeli and Arvin, 2014) و به علت افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس باعث افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه می‌شود (Yuan et al., 2017). در گیاه دارویی سیاه‌دانه (Nigella Sativa) محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت (۶ میلی‌گرم در لیتر) بر ارتفاع، وزن خشک و تعداد شاخه‌فرعی تأثیر معنی‌داری داشت (Azizi and Safaei., 2017).

طول ریشه

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه داشت (جدول۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی، طول ریشه نیز افزایش یافت (جدول۴). در تنش خشکی عمق ریشه به دلیل قدرت جذب آب از قسمت‌های پایین خاک که نسبت به سطح خاک دارای رطوبت بیشتری است دارای اهمیت بسزایی است. در شرایط تنش خشکی اگر مقدار رطوبت در لایه‌های زیرین خاک بیشتر باشد، به‌طورمعمول ریشه‌ها عمیق‌تر می‌شوند و سرعت رشد ریشه افزایش می‌یابد، بنابراین با افزایش تنش خشکی طول ریشه برای جذب آب از اعماق خاک افزایش می‌یابد (Tuberosa, 2011).در مطالعه سایر پژوهشگران در رابطه با اثر تنش خشکی بر گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*)، با افزایش تنش خشکی طول ریشه نیز افزایش یافت (Jafarzadeh et al., 2014). نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن بود که غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش طول ریشه در گیاه خرفه شد این در حالی است که غلظت‌های بالاتر تأثیر معنی‌داری نداشتند. نتایج مشابهی در رابطه با افزایش طول ریشه در اثر کاربرد اسید هیومیک گزارش شده است (Ervin et al., 2008).

وزن تر و خشک ریشه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و

خشک ریشه داشت ولی برهمکنش تنش خشکی و کود معنی‌دار نشد (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی وزن تر و خشک ریشه به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بیشترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار شاهد و کمترین میزان آن در آبیاری بعد از رسیدن رطوبت به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (جدول ۴). کاهش سطح ریشه با افزایش تنش خشکی به کاهش تولید ریشه‌های اصلی و ریشه‌های جانبی مربوط می‌شود در شرایط تنش خشکی اگرچه ممکن است طول ریشه، افزایش پیدا کند اما کاهش تولید ریشه سبب کاهش سطح ریشه خواهد شد به‌طوری‌که مقدار صفت موردنظر، در شرایط بدون تنش نسبت به تنش شدید حدود دو برابر افزایش می‌یابد (Morad et al., 2011)، بیشترین وزن تر و خشک ریشه از تیمار (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) اسید هیومیک حاصل شد (جدول ۴) افزایش وزن تر و خشک ریشه توسط اسید هیومیک شاخصی مطلوب در جهت استفاده از منابع محدود محیطی در شرایط تنش، توسط گیاه به شمار می‌رود، بنابراین می‌توان استنباط کرد که با افزایش غلظت اسید هیومیک زیست‌توده ریشه نیز افزایش معنی‌داری می‌یابد. در بررسی کوچکی (Koucheki et al., 2016)، اثرات مثبت استفاده از اسید هیومیک بر تعداد گل، وزن تر و خشک کلاله زعفران (*Crocus sativus*) گزارش شد. در تحقیقی که روی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperata* L.) صورت گرفت مشاهدات حاکی از افزایش معنی‌داری صفاتی همچون ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و اندام هوایی و عملکرد تر و خشک ماده تحت تأثیر استفاده از اسید هیومیک بود (Askari et al., 2012).

شاخص کلروفیل (SPAD)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی و کود تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل داشتند (جدول ۳)، به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی از میزان شاخص کلروفیل کاسته و بالاترین میزان کلروفیل در شرایط ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۴). در مرحله مواجه‌شدن گیاه با تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، به نظر می‌رسد در این شرایط کاهش در میزان شاخص کلروفیل، ناشی از کاهش در میزان سنتز، به دلیل تجزیه کلروفیل در اثر افزایش میزان کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی باشد. همچنین در شرایط مواجهه با تنش، غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن افزایش می‌یابد که منجر به تحریک آنزیم کلروفیلاز و به‌موجب آن کلروفیل تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شود (Orabi et al., 2010). در محلول‌پاشی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بیشترین میزان شاخص کلروفیل به دست آمد (جدول ۴). افزایش در میزان کلروفیل می‌تواند به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه درنتیجه افزایش رشد رویشی گیاه و درنتیجه افزایش غلظت کلروفیل در مقایسه با شاهد باشد.

اسیدآمینه پرولین و کربوهیدرات‌های محلول

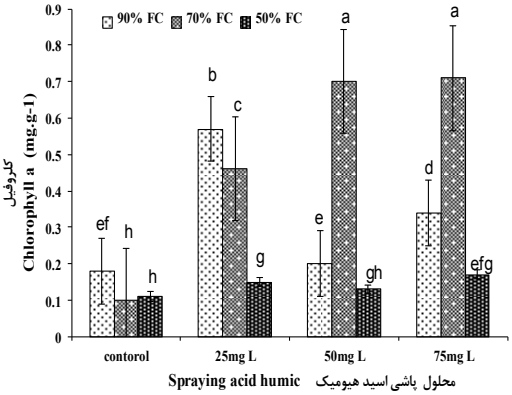
با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، در این آزمایش تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان تجمع کربوهیدرات و پرولین داشت (جدول ۴). برهمکنش متقابل داده‌ها نیز نشان داد که با افزایش تنش خشکی از شاهد به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، بر میزان تجمع پرولین افزوده شد. این افزایش برای کربوهیدرات تنها تا سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۵). تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم‌های مؤثر برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی در مواجهه گیاه با تنش خشکی است. پتانسیل اسمزی بافت‌هایی که تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند، در اثر تجمع یک سری مواد اسمزی ازجمله کربوهیدرات و پرولین در سلول‌ها کاهش می‌یابد. به‌گونه‌ای که فشار تورگر سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری می‌شود (Omidi, 2010). نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از پژوهش (Jafarzadeh et al., 2014) مطابقت دارد. پرولین در تمام اندام‌های گیاهی در طی تنش تجمع می‌یابد (تنظیم اسمزی)، این اسیدآمینه که در سیتوپلاسم ذخیره‌شده، برای حفاظت از ساختمان ماکروملکول‌ها استفاده می‌شود و هیدروکسی پرولین نیز در سنتز دیواره سلولی نقش دارد (Hu et al., 2014). افزایش پرولین در تنش خشکی در ژنوتیپ‌های بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) توسط (Ranganayakulu et al., 2015) و در گیاهان دارویی آویشن (*Thymus vulgaris*)، بابونه (*Matricaria chamomilla*) و گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) نیز گزارش شده است (Mirhajian, 2011). نتایج پژوهش (Mohsenzade et al., 2006) بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum*) نیز نشان داد که با افزایش اعمال تنش خشکی، بر میزان قندهای محلول نیز افزوده می‌شود که با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق مطابقت دارد. استفاده از اسید هیومیک در این آزمایش تأثیر قابل‌توجهی بر تجمع

کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در بافت سبزرنگ گیاه خرفه داشت و سبب افزایش آن‌ها گردید. این افزایش برای کربوهیدرات محلول تنها تا تیمار ۲۵ میلی‌گرم در لیتر و برای پرولین تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار اسید هیومیک ادامه داشت (جدول ۴). به‌طور مستقیم توزیع ترکیبات هیدروکربنی تحت تأثیر تنش کمبود آب و به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرد. اسید هیومیک با دارا بودن فعالیت شبه هورمونی موجب افزایش جذب عناصر معدنی توسط گیاه می‌گردد که به‌موجب این امر سبب بهبود فتوسنتز و افزایش مقدار قند تولیدی خواهد شد (Sanjary-Mijani et al., 2015). در این رابطه نتایج مشابهی در پژوهش‌های (Fan et al., 2015) بر روی گل داوودی (Chrysanthemum) به دست آمده است.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

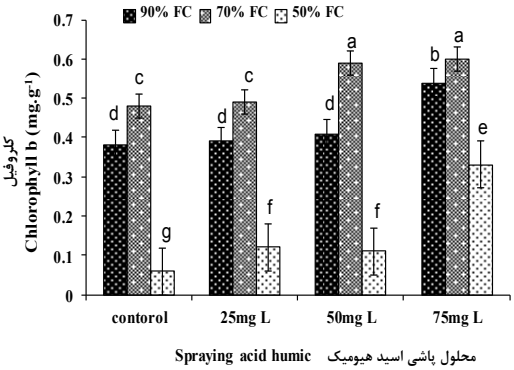
براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌داری تنش خشکی، کود و برهمکنش آن‌ها بر رنگیزه‌های فتوسنتزی است (جدول ۳). براساس مشاهدات حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش داده‌ها، بیشترین مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی از تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه توأم با کاربرد بالاترین سطح اسید هیومیک (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) به دست آمد که با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در همین سطح تنش، اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقادیر از تنش شدید ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود حاصل شد (شکل۱،۲،۳).

با افزایش تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک و رسیدن به سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی افزایش نشان داد و با بیشتر شدن تنش خشکی در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به کمترین مقدار خود در سطوح تنش رسید و کاربرد اسید هیومیک هم نتوانست کاهش رنگیزه‌ها در اثر تنش خشکی را جبران نماید. تغییرات در رنگدانه‌های فتوسنتزی در مواجهه با شرایط تنش در گیاهان مختلف، متنوع است. پایین بودن مقدار کلروفیل در این پژوهش می‌تواند به علت کاهش سنتز کلروفیل و افزایش تخریب آن باشد. تقلیل رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، براثر خشکی ممکن است درنتیجه کاهش سنتز مجموعه رنگدانه‌های اصلی کلروفیل، تخریب نوری مجتمع‌های پروتئینی رنگدانه‌های a و b باشد که از دستگاه فتوسنتزی محافظت می‌کند.



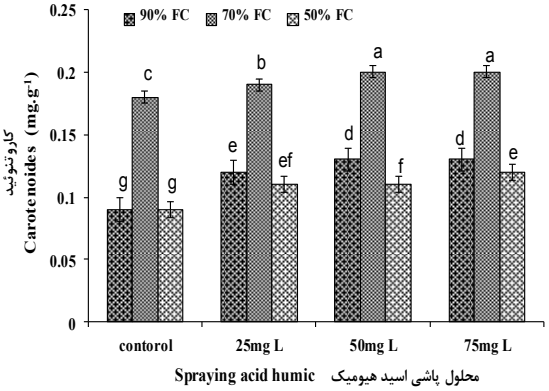
شکل۱. اثرات متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر مقدار کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) در خرفه

Fig.ure 1. Interaction effect of drought stress and humic acid on Chlorophyll a (mg g^{-1}) in Purslane



شکل۲. اثرات متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر مقدار کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) در خرفه

Fig. 2. Interaction effect of drought stress and humic acid on Chlorophyll b (mg g^{-1}) in Purslane



شکل۳. اثرات متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر مقدار کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم) در خرفه

Fig. 3. Interaction effect of drought stress and humic acid on Carotenoids (mg g-1) in Purslane

همچنین آسیب اکسیداتیو لیپیدهای کلروپلاست، رنگ‌دانه‌ها و پروتئین‌ها یا افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز نیز باشد (Sanjary-Mijani et al., ۲۰۱۵). طی گزارش طاهری (Taheri, 2014)، در گیاه زنیان (*Trachyspermum*) با افزایش شدت تنش خشکی، میزان کلروفیلa کاهش پیدا کرد. به نظر می‌رسد غلظت کلروفیل با عملکرد آنزیم‌های کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و درنتیجه تخریب کلروفیل کاهش یابد. همچنین کاهش شاخص کلروفیل با افزایش تنش خشکی می‌تواند به تخریب کلروفیل براثر آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی نسبت داده شود (Kim et al., 2015).

در این آزمایش افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش متوسط آبیاری در اثر محلول‌پاشی با بالاترین سطح اسید هیومیک (۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک) چشمگیر بوده و علت افزایش احتمالی رنگیزه‌های فتوسنتزی به علت بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه از طریق محلول‌پاشی اسید هیومیک در مقایسه با شاهد (عدم محلول‌پاشی) است، به‌گونه‌ای که توانست از اثرات ناشی از تنش بکاهد. با توجه به نتایج، افزایش قابل‌توجه جذب نیتروژن در حضور اسید هیومیک، می‌توان استنباط کرد که اسید هیومیک قادر به جذب عناصر است که درنتیجه آن باعث افزایش کلروفیل گیاه می‌شود. افزایش محتوای کلروفیل برگ ممکن است به دلیل تسریع جذب نیتروژن، متابولیسم بهتر نیتروژن و تولید پروتئین‌های محافظت‌کننده به دلیل استفاده از اسید هیومیک باشد (Haghighi et al., 2012). طبق پژوهش‌های انجام شده، تنش‌های محیطی تأثیرات متفاوتی بر گونه‌های مختلف گیاهی می‌گذارند. داوودی فرد و همکاران (Davoodi fard et al., 2012) بیان داشتند که اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه، توانسته است میزان ساخت رنگیزه‌ها را افزایش داده و انتقال مواد فتوسنتزی را به‌صورت راحت‌تری در اختیار گیاه قرار دهد. نتایج پژوهشگران نشان می‌دهد که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش جذب آهن، روی، مس و منگنز در خیار و آهن و روی در گندم دوروم شده است، که افزایش جذب آهن و منگنز می‌تواند دلیل مناسبی برای افزایش غلظت کلروفیل برگ باشد.(Rutan and Schnitzer, 2011).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که خرفه نسبت به تنش خشکی واکنش فیزیولوژیک نشان می‌دهد به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین و کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش ملایم و شدید افزوده شد و این حاکی از نوعی سازگاری گیاه با شرایط تنش محسوب می‌شود، همچنین کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش منجر به افزایش مقدار تنظیم‌کننده‌های اسمزی همانند پرولین و کربوهیدرات در گیاه شده و تا حدودی توانسته از اثرات سوء تنش خشکی بکاهد. به نظر می‌رسد که مصرف اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی در دو مرحله (رویشی و ابتدای گلدهی) از طریق فراهم شدن رشد سریع برگ‌ها، دوام و ماندگاری برگ‌ها و توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی می‌تواند به تولید بیشتر و کاهش خسارت ناشی از تنش کمک کند؛ بنابراین در راستای کاهش اثرات مضر کودهای شیمیایی و بهبود کمیت و کیفیت تولید محصول و رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار می‌توان بخش زیادی از اثرات تنش خشکی بر گیاه خرفه را با کاربرد اسید هیومیک تعدیل نموده و با توجه به قیمت مقرون‌به‌صرفه آن ازلحاظ اقتصادی، برای کشاورزان می‌تواند قابل توصیه باشد.

تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبار پژوهانه IR-UOZ-GR 2904 دانشگاه زابل تأمین شده است.

منابع

Abedini, T., Moradi, P., Hani, A., 2015. Effect of organic fertilizer and foliar application of humic acid on some quantitative and qualitative yield of Pot marigold. Journal of Novel Applied Sciences. 4(10), 1100-1103.

Abedi, T., Pakniyat, H., 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 4,. 27-34.

Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M., Man, F.C., Lei. W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research. 9(6), 2026-2032.

Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 112, 121-123.

Askari, M., Habibi, D., Naderi Boroujerdi, J., 2012. Effects of vermicompost, plant growth, rhizobacterium and humic acid on *Mentha piperita*. Journal of Agriculture and Plant Breeding. 4, 41-54. [In Persian with English summary].

Azizi, M., Safaei, Z., 2017. Effect of using humic acid and Formax nano fertilizer on Morphological Traits, Yield, Essential Content and (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Sciences. 30(4), 671-680. [In Persian with English summary].

Bates, S., Waldern, R.P., Teare, E.D., 1973. Rapide determination of free proline for water stress studies, Plant and Soli. 39, 205-207.

Dalvand, M., Solgi, M., Khaleghi, A.R., 2018. Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (*Taget erecta*). Soil and Plant Interactions (Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture). 2(34), 67 - 79. [In Persian with English summary].

Davoodi fard, M., Habibi, D., Davoodi fard, F., 2012. Effects of salinity stress on membrane stability, chlorophyll Content and yield components of Wheat inoculated with plant growth promoting bacteria and humic acid. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding. 2(8), 76-81. [In Persian with English summary].

Ervin, E.H., Zhang, X., Roberts, J.C., 2008. Improving root development with foliar humic acid applications during Kentucky bluegrass sod establishment on sand. Acta Horticulturae. 783, 317-322

Esitken, A., Hilal, Y., Ercisli, S., Figen Donmez, M., Tyran, M. and Gunes, A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. Scientia Horticulturae. 124, 62-66.

Fan, H. X., Wang, W., Sun, X., Li, Y., Sun, X., Zheng, C., 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. Scientia Horticultura. 177, 118-123.

Fan, H.M., Li, T., Sun, X., Sun, X.Zh., and Zheng, C.Sh., 2015. Effects of humic acid derived from sediments on the postharvest vase life extension in cut chrysanthemum flowers. Postharvest Biology and Technology. 101, 82-87.

Ghorbani, S., Khazaei, H., Kafi, M., Banayan Awal, M., 2010. The effect of humic acid in water irrigation on corn yield and yield components. Journal of Agricultural Ecology. 1(2), 123-131. [In Persian with English summary].

Haghighi, M., Kafi, M., Fang, P., 2012. Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid. International Journal of Vegetable Science. 18, 182-189. [In Persian with English summary].

Hosseinian, S.H., Ebrahimi Pak, N.A., Yousefi, A., Agdarnejad, A., 2019. The effect of moisture stress and humic acid foliar application on morphophysiological characteristics of safflower. Journal of Soil and Water Conservation Research. 26(1), 219-232.

Hu, Y.Y., Zhang, Y.L., Yi, X.P., Zhan, D.X., Luo, H.H., Chow, W.S., Zhang, W.F., 2014. The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. Journal of Integrative Agriculture. 13, 975-989.

Jaberzadeh, A., Moaveni-Tohidi, P., Moghadam, H., Moradi, O., 2010. The effect of titanium dioxide nanoparticle spraying on some agricultural characteristics in wheat under drought stress conditions. Journal of Crop Ecophysiology. 2, 295-301. [In Persian with English summary].

Jafarzadeh, L., Omidi, H., Bostani, A.A., 2014. Investigation of drought stress and nitrogen biofertilizer on some biochemical traits of medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Biology. 27(2), 180-193[In Persian with English summary].

Jami Al-Ahmadi, M., Kafi, M., Nasiri Mahallati, M., 2004. Investigation of the germination characteristics of broom seeds (Kpbt a, *Kochia scoparia*) in response to different salinity levels in the controlled environment. Iranian Journal of Agricultural Research. 2, 151-159. [In Persian with English summary].

Kamkar, B., Daneshmand, A.R., Ghooshchi, F., Shiranirad, A.H., Safahani Langeroudi, A.R.,

2011. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. Agricultural Water Management. 2(98),1005-1012.

Kim, S.G., Lee, J.S., Kim, J.T., Kwon, Y.S., Bae, D.W., Bae, H.H., Son, B.Y., Baek, S.B., Li, F., Li, Y.Z., Qin, H.Y., Xie, Y.H., 2015. Plant distribution can be reflected by the different growth and morphological responses to water level and shade in two emergent macrophyte seedlings in the Sanjiang Plain. Aquatic Ecology. 45, 89 –97.

Kouchaki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., Ahyaei, H.R., 2016. Effect of humic acid application on the quantity and quality of agricultural products. Bulletin Technology. Senna Publications, Tehran. 463. [In Persian].

Li, F., Li, Y.Z., Qin, H.Y., Xie, Y.H., 2011. Plant distribution can be reflected by the different growth and morphological responses to water level and shade in two emergent macrophyte seedlings in the Sanjiang Plain. Aquatic Ecology. 45, 89 –97.

Mirhajian, A., 2012. What is humic acids? News, Analysis, Training and Agricultural Engineering of Monthly. 33, 7-16. [In Persian].

Moghbeli, T., Arvin, M.J., 2014. Effect of seed preparation with application of growth regulators on germination, growth and yield melon fruit. Journal Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products. 4(14), 23-33. [In Persian with English summary].

Mohsenzade, S., Malboobi, M.A., Razavi, K., Aschtiani, S., 2006. Physiological and molecular responses of Aeluropus lagopoides (poaceas) to water deficit, Environmental and Experimental Botany. 56, 374- 322.

Monajem, S., Ahmadi, A., Mohammadi, W.A., 2011. Effect of drought stress on photosynthesis, nutrient distribution and grain yield of rapeseed cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences. 13(3), 533-547.

Morad, SH.S., Mansouri, F., Ghobadi, M., Ashrffei parchin, R., 2011. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer primer on characteristics roots and yield of four pea genotypes. Seed and plant production Journal. 27(4), 470-451. [In Persian with English summary].

Mozaffari, S., Khorasani Nejad, S., Gorgini Shabankareh, H., 2017. The effect of irrigation regimes and application of humic acid on some physiological and biochemical characteristics of *Portulaca oleracea* under greenhouse conditions. Journal of Agriculture and Food Research. 19(2), 401- 416.

Muscolo, A., Sidari, M., Nardi, S., 2013. Humic substance: relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. Journal of Geochemical Exploration. 129, 57-63.

Nakabayashi, R., Saito, K., 2015. Integrated metabolomics for abiotic stress responses in plants. Current Opinion in Plant Biology. 2, 6-10.

Omidi, H., 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two canola .genotype under drought stress. American Journal of Plant Physiology. 6(5), 338-349.

Orabi, S.A., Salman, S.R., Shalaby M.A., 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. Journal of Agricultural Sciences. 3(6), 252-259.

Ouni, Y., Ghnaya, T., Montemurro, F., Abdelly, C.H., Lakhdar, A., 2014. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. International Journal of Plant Production. 8(3), 353-374.

Rahie, A.R., Davoodifard, M., Azizi, F., Habibi, d., 2012. Investigation of the effects of different amounts of humic acid and study of the trend of response curves in species, Journal of Agriculture and Plant Breeding. 8(3). 28-15. [In Persian with English summary].

Ranganayakulu, G.S., Chinta, S., Sivakumar Reddy, P., 2015. Effect of water stress on proline metabolism and leaf relative water content in two high yielding genotypes of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with contrasting drought tolerance. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 1(3), 97-103.

Rasoulli, F., 2011. Investigation of The effect waterlogging stress on physiological characteristics, yield and yield components on canola (*Brassica napuse*). Master Thesis of University of Agricultural Sciences and Natural Resources Gorgan. 120p. [In Persian].

Rutan, B.S., Schnitzer, M., 2011. Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Curcumas sativus*) plants. Plant and Soil. 3(63), 491-495.

Sanjary-Mijani, M., Syrosmehr, A., Fakhery, B., 2015. Effect of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of hibiscus (*Hibiscus sabdarifa*). Crops Improvement. 2, 403-414. [In Persian with English summary].

Sargazi, W., Sirus Mehr, A., Gholam Alizadeh Ahangar, A., 2013. Effects of humic acid levels on growth and yield of three masses of cumin (*Cuminum cyminum*). Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. 6p. [In Persian].

Schlegel, H.G., 1956. Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Planta. 47, 510–526

Taheri, F., 2014. Effect of chitosan application on quantitative and qualitative traits of xenon (*Trachyspermum*)in drought stress conditions. Master Thesis of Medicinal Plants. University of Zabol. [In Persian].

Tuberosa, R., 2011. Phenotyping for drought tolerance of cropin the genomics era: Key concepts, issues and approaches. Frontiers in Physiology. 3, 1-26.

Wang, Y., Janz, B., Engedal, T., de Neergaard, A., 2016. Effect of irrigation regimes and nitrogen rates on water use efficiency and nitrogen uptake in maize. Agricultural Water Management. 179, 271-276.

Yuan, T., Wang, J., Sun, X., Yan, J., Wang, Z., Niu, J., 2017. Effect of combined application of humic acid and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake, utilization and yield of winter wheat. Chinese Journal of Eco-Agriculture. 3, 74-82.

Turkmen,O., Demir,S., Sensoy,S., Dursun, A., 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humicacid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. Journal of Biological Sciences. 5, 565-574.