پژوهش‌های علوم کشاورزی پایدار/جلد ۲/شماره ۱/بهار ۱٤۰۱/ ص ۱۸-۱
https://www.sarj.iauk.ac.ir

اثر محلول‌پاشی هیومیک اسید بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی خاکشیر در شرایط تنش خشکی

احمد رضا کلانتری [۱]، محمد رسولی [۲*]

۱- کارشناس ارشد، گروه زراعت، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرقدس، ایران

۲- استادیار، گروه اصلاح نباتات، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: rasooli1387@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۱/۲۰- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۳/۳۰)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر هیومیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی خاکشیر تحت شرایط مختلف تنش خشکی آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی واحد شهر قدس انجام شد. عامل اصلی آبیاری در ۳ سطح شامل: آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید در کرت‌های اصلی و عامل فرعی هیومیک اسید در ۳ سطح شامل: عدم مصرف، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی با هیومیک اسید در کرت‌های فرعی بود. تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی سطوح آبیاری و هیومیک اسید و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار بودند. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در شرایط آبیاری نرمال اتفاق افتاد. نتایج بیانگر این بود که در کلیه سطوح آبیاری افزایش مصرف هیومیک اسید منجر به افزایش عملکرد دانه گردید، به‌طوری‌که در شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم کمترین اختلاف بین سطوح هیومیک اسید و در شرایط تنش شدید بیشترین اختلاف بین سطوح هیومیک اسید قابل‌مشاهده بود. بدین معنی که هیومیک اسید در کاهش اثرات تنش خشکی بیشترین تأثیر را نسبت به سطوح دیگر آبیاری (تنش ملایم و آبیاری نرمال) نشان داد.

واژه‌های کلیدی: خاکشیر، تنش کم‌آبی، هیومیک اسید، درصد پرولین، موسیلاژ

مقدمه

با پیشرفت علم توجه جهانیان به تأثیر زیان‌آور استفاده از ترکیب‌های شیمیایی و مواد سانتتیک، جهان دوباره به استفاده از فرآورده‌های گیاهی روی آورده است (Amanzadeh *et al.*, 2011). خاکشیر بانام علمی(Descurainia sophia L.) متعلق به خانواده شب بو (Brassicaceae) گیاهی است علفی یک‌ساله یا دوساله که ارتفاع ساقه آن گاهی به یک متر می‌رسد(Barnes *et al.*, 2007). این گیاه در زراعت به عنوان علف هرز شناخته می‌شود. علاوه بر خواص دارویی، بذر این گیاه به‌عنوان یک گیاه روغنی که بذور آن حاوی۳۳-۴۰ درصد روغن می‌باشد نیز معرفی‌شده است. خاکشیر دارای اسیدهای چرب مانند اسیدلینوئیک، اسیدلینولنیک، اسیداولئیک، اسیداستئاریک و اسیدپالمتیک می‌باشد. ضمناً در خاکشیر اسانس روغن فرّاری وجود دارد که دارای مواد بنزیل و ایزوسیانات است (Pasalar *et al*,. 2013). روی دانه‌های خاکشیر را لایه‌ای از موسیلاژ (لعاب) پوشانیده است. با قرار گرفتن خاکشیر در آب و جذب رطوبت، این لایه حجیم‌شده و آب را در خود نگه می‌دارد. به همین دلیل از قدیم خاکشیر به‌صورت شربتی برای رفع عطش و گرمازدگی به‌خصوص در مناطق گرم و خشک مورد استفاده بوده است (DadKhah & kafi, 2012). عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی به دلیل افزایش و تقاضای روزافزون صنایع داروسازی افزایش جمعیت و مواد اولیه دارویی از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از راه‌های افزایش عملکرد، افزایش تولید ماده خشک در واحد سطح است (Lee *et al*., 2013). اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیب‌های هورمونی، اثرات قابل‌ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Sabzevari & Khazaei, 2009). ترکیب‌های مواد آلی هوموسی، دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های هیومیک اسید و اسیدفولیک و جزء هیومین هستند که از منابع مختلف مانند خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسیدشده و زغال‌سنگ استخراج می‌شوند و در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت هستند (Sebahattin & Necdet, 2005). اسید هیومیک با اثر بر روی میزان فتوسنتز می‌تواند تولید اسمیلاتها و درنتیجه رشد گیاه را افزایش دهد الگوی بارش نامنظم در نواحی مختلف کشور، محصولات مختلف را در معرض شدت‌های مختلف تنش خشکی قرار می دهد. بیشتر اوقات دمای زیاد و تغذیه‌ای نامناسب، اثرهای تنش خشکی را وضعیت پیچیده‌تر می‌کند گیاهی که خوب تغذیه‌شده و با مقدار کافی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی دارد (Rashno *et al.*, 2012). در پژوهشی بررسی تیمارهای مختلف آبیاری ۲۵،۵۰ ،۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه بر روی گیاه دارویی اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه گزارش کردند که با کاه می‌توان قابلیت دسترسی به آب (تشدید تنش) از وزن اندام هوایی، ارتفاع بوته‌ها و عملکرد دانه کاسته می شود (Lebaschy & Sharifi, 2003).

مشابه همین آزمایش، (Hassani *et al*., 2003) با پژوهش روی گیاه دارویی ریحان اعلام کردند که تنش

خشکی منجر به کاهش ارتفاع بوته، قطرساقه، تعداد و طول شاخه‌های جانبی، وعملکرد دانه و اسانس می‌شود. بروز تنش کم آبی در مراحل مختلف نمو گیاه مخصوصاً مرحله زایشی به علت کاهش طول دوره فتوسنتزی و انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه است که این امر ناشی از پیری زودرس برگ‌ها و کاه سطح برگ و یا کاهش سطح انتقال دوباره مواد ذخیره‌شده در ساقه به دانه و موجب کاهش عملکرد به دلیل کاهش وزن دانه‌ها می شود (Bannayan *et al.*, 2008). با توجه به اینکه بخش اعظم اراضی ایران از اقلیم خشک و نیمه‌خشک برخوردار است و تولید گیاهان زراعی و دارویی با کمبود آب مواجه می‌شود، هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر هیومیک اسید بر صفات زراعی و کیفی گیاه دارویی خاکشیردر شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه آزاد شهر قدس با طول جغرافیایی ۲۱ وعرض جغرافیایی۳۸، ۲۷ شمالی، ارتفاع۱٤۱۷ متر از سطح دریا، طی سال زراعی ۱۳۹۸- ۱۳۹۷ به‌صورت کرت‌های خردشده برپایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. فاکتور اصلی آزمایش شامل ۳ سطح تنش خشکی آبیاری پس از۵۰ (شاهد)، ۱۰۰(تنش ملایم) و ۱۵۰ (تنش شدید) میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاسA و فاکتور فرعی آزمایش نیز شامل سه سطح محلول‌پاشی اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰و۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر درمترمربع) بر روی گیاه بود. نتایج فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد آزمایش در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱ – نتایج فیزیکی نمونه خاک مزرعه مورد مطالعه

بافت Texture	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	اشباع (درصد) Saturation (%)	**شوری(دسی زیمنس بر متر** EC (dS.m-1)
سیلتی رسی	۳۵	٤۰	۲۵	٤۲	۰/۸۳

جدول ۲ – نتایج شیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد مطالعه

واکنش گل اشباع pH	مواد خنثی شونده (درصد) (%) T.N.V	**نیتروژن (درصد)** N (%)	**کربن آلی (درصد)** organic carbon (%)	فسفر قابل‌جذب (p.p.m) P	پتاسیم قابل‌جذب (p.p.m) K
۷/٦۱	۱۰	/۰۵	۰/۸۳	۷	۲۵۵

جهت آماده‌سازی زمین پس از شخم، دیسک و لولر جهت تسطیح زمین انجام شد. جهت ایجاد فارو با فاروئی به فاصله ۵۰ cm و عملیات کودپاشی پس از انجام آزمون خاک بر اساس توصیه کودی انجام شد. عملیات کشت درتاریخ ۲۰فروردین به صورت‌دستی و با تراکم مطلوب ٤۰ بوته در مترمربع ۵ ردیف

کاشت به فاصله ۲۵ cm و به طول ۵ m انجام شد. هیومیک اسید مورداستفاده در این تحقیق، کود مایع هوموسی گوگرددار (سولفور هیومیک اسید (Sulfur Humic Acid). محصولی از شرکت اکسین که دارای ۵/۱۵٪ هیومیک اسید، ۵٪ فولیک اسید، ۸-۱۰ ٪ نیتروژن، ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر، ٤٪ پتاسیم، ٤/۷K2O ٪ ۳٪ سولفور، ۱۵٦۰ قسمت در میلیون آهن و ۱۰/٤۸ درجه اسیدیته آن می‌باشد محلول‌پاشی هیومیک اسید در دو مرحله (مرحله رشد سریع ساقه و مرحله گلدهی) انجام گرفت ودر هر متر مربع ۱۰و ۲۰ میلی گرم در لیتر محلول پاشی صورت گرفت و مقدار آب مصرفی دریک متر مربع ۵۰ استفاده گردید. اعمال دور آبیاری با محاسبه تبخیر تجمعی با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A پس از استقرار سی سی و از سمپاش نوع پشتی محلول پاشی با فشار ۲بار کامل گیاه و نفوذ کافی ریشه در عمق خاک انجام گرفت. پس از رسیدگی و در یک هفته قبل از برداشت صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری و درنهایت صفات عملکردی در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی انجام گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری: ارتفاع گیاه با خط کش،قطر ساقه با کولیس ورنیه، طول خورجین از میانگین طول خورجین اصلی و فرعی، تعداد خورجین از میانگین تعداد دانه درخورجین اصلی و فرعی و تعداد دانه در بوته از حاصل‌ضرب تعداد دانه در هر بوته و تعداد خورجین در هر گیاه، از میانگین ٦ بوته به دست آمدند.

وزن موسیلاژ

با استفاده از روش کالیاسوندرام یک گرم بذر خشک با ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال جوشانده و سپس محلول موسیلاژ اولیه را صاف‌کرده و سپس ٦۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۹٦ درصد اضافه نموده و به مدت ۵ ساعت در یخچال نگهداری شد رسوب حاصل پس از صاف کردن و به مدت ۲۲ ساعت در آون ٥٤ درجه قرار گرفت. پس‌ازاین مراحل ماده جداشده (موسیلاژ) وزن شد.

درصد پروتئین دانه

برای استخراج عصاره پروتئینی ۰/۰۵ گرم از ماده خشک گیاهی و ٤ سی‌سی بافر تریس اسید کلریدریک مخلوط و سپس نمونه‌ها روی شیکر ورتکس و سپس سانتریفیوژ گردیدند و از فاز بالایی حاوی پروتئین کل به روش برادفورد به ۰/۱ سی‌سی عصاره پروتئینی از هر نمونه ۵ سی‌سی محلول برادفورد اضافه شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه ورتکس گردیده و مقدار جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر با اسپکتوفتومتر خوانده و مقدار پروتئین با نمودار استاندارد به دست آمد.

اندازه‌گیری میزان پرولین

برای اندازه‌گیری مقدار پرولین از روش (Bates *et al.*, 1973) استفاده شد. در این روش ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد سولفوسالیسیلیک اسید ساییده شد. از مخلوط همگن حاصل پس از صاف کردن، ۲ میلی‌لیتر برداشته شد. پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین اسید و ۲ میلی لیتراستیک اسید خالص به آن، در بن ماری با دمای ۱۰۰درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ٦۰ دقیقه در حمام و سپس آب یخ قرار داده شد.پس از افزودن ٤ میلی لیترتولوئن مقدار جذب در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر به کمک اسپکتروفتومتر خوانده شد و مقدار پرولین با نمودار استاندارد آن به دست آمد. به‌منظور

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، نمونه‌برداری با حذف اثر حاشیه از سطحی معادل یک مترمربع انجام شد. سپس صفاتی از قبیل: تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه درخورجین، تعداد دانه در بوته، طول خورجین در گیاه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری و تعیین شد. شاخص برداشت بذر از نسبت عملکرد بذر به عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. بعد از آزمون نرمالیته داده ها با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف (K.S)، تجزیه واریانس آزمایش اجرا شده از طریق کرتهای خرد شده برپایه بلوک کامل تصادفی و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با نرم‌افزار SAS 9.1 و SPSS تجزیه و تحلیل گردیدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

صفت ارتفاع بوته در تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول۳). ارتفاع بوته ۳٦ درصد درتیمار تنش شدید نسبت به تیمار شاهد بدون تنش کاهش یافت. این صفت درتیمار تنش ملایم (۱۰۰میلی‌متر تبخیر) ۱٦/٤ درصد بیشتر از تنش خشکی(۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) بود (جدول ۳). ارتفاع بوته نشانه‌ای از میزان رشد رویشی است که می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی تحت تنش کم‌آبی قرارگرفته و کاهش یابد (Gomes *et al*., 2000) وقوع تنش خشکی در گل‌رنگ با کاهش میزان فتوسنتز و کمبود مواد پرورده، کاهش ارتفاع بوته و عملکرد دانه را به دنبال دارد (Rasti *et al*., 2014). بلندترین ارتفاع بوته درتیمار محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به میزان ۹ درصد ارتفاع بوته را افزایش داده است (جدول ٤). محلول‌پاشی هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گیاهان نعنا فلفلی، فلفل و بادمجان گردید (Asgari *et al*., 2011). محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۲ لیتر در هکتار در شرایط آزمایشگاهی ارتفاع بوته سیب‌زمینی را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد (Ghasemi *et al*., 2012). هیومیک اسید با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین باقدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می شود (Nardi *et al*., 2002). هیومیک اسید از طریق افزایش محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد(Ayas & Gulser, 2005). نتایج حاصل از این آزمایش مبنی بر تأثیر مثبت هیومیک اسید برافزایش ارتفاع بوته در خاکشیر با نتایج ارائه‌شده سایر محققین مطابقت دارد. اثر متقابل تنش خشکی و هیومیک اسید بر صفت ارتفاع بوته در این آزمایش معنی‌دار نگردید (جدول۳). لذا تغییرات ارتفاع بوته در هر دو تیمار تنش خشکی و هیومیک اسید به طور مستقل عمل نموده است.

تعداد شاخه فرعی در بوته

صفت تعداد شاخه فرعی در بوته، در تیمارهای مختلف تنش خشکی و کاربرد هیومیک اسید در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). تیمارهای تنش ملایم و شدید به ترتیب با ۲۱ و ۳۸ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد، تعداد شاخه فرعی کمتری را دارا بودند (جدول ٤). تعداد

شاخه‌های فرعی به‌طور غیرمستقیم و از طریق تعداد خورجین‌ها که یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در خاکشیر است، بر عملکرد دانه اثر می‌گذارد نتایج آزمایش دیگری با تیمارهای تنش خشکی به روش قطع آبیاری روی سه رقم گل‌رنگ بهاره نشان داد، تعداد شاخه‌های فرعی تحت تأثیر تنش خشکی قرارگرفته و در تمامی مراحل اعمال تنش نسبت به آبیاری شاهد، کاهش معنی‌داری داشت (Farjam *et al.*, 2014). طبق جدول٤مقدار محلول‌پاشی از ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم لیتر هیومیک اسید اثر یکنواختی بر تعداد شاخه‌های فرعی دارد، با این‌حال کلیه تیمارهای محلول‌پاشی هیومیک اسید نسبت به شاهد دارای ختلاف معنی‌داری بوده و مقادیر بیشتری را دارا بودند. محلول‌پاشی تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به ترتیب سبب افزایش ٦ و ۱۰درصدی تعداد شاخه‌های فرعی بوته نسبت به تیمار شاهد شده است. بر اساس مطالعه‌هایی که بر روی گل‌رنگ با تیمارهای قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف تغذیه گیاهی ازجمله کاربرد هیومکس (کود آلی حاوی اسید هیومیک) صورت گرفت، تعداد شاخه فرعی در بوته، تحت تأثیر تغذیه گیاهی قرارگرفته و بالاترین تعداد شاخه فرعی، درتیمار هیومکس حاصل شد (Mohsennia & Jalilian, 2009).

هیومیک اسید باعث افزایش جذب نیتروژن،فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیوم می‌گردد (Taghadosi *et al.*, 2012). هیومیک اسید می‌تواند منجر به جذب بهتر آب و انتقال مواد غذائی شده و از این طریق سبب افزایش رشد ریشه و ساقه می‌گردد (Moghbeli & Arvin, 2014). اثر متقابل تنش خشکی و هیومیک اسید بر صفت تعداد شاخه فرعی در بوته در این آزمایش معنی‌دار نگردید.

قطر ساقه

صفت قطر ساقه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال۵ درصد تحت تأثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی هیومیک اسید قرار گرفت(جدول ۳). قطر ساقه با افزایش تنش خشکی، کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد، بیشترین قطر ساقه درتیمار خشکی شاهد (بدون تنش) و کمترین آن درتیمار تنش شدید مشاهده گردید. تیمارهای آبیاری پس از۱۰۰و ۲۰۰میلی‌متر تبخیر، به ترتیب با ۲۷ و٤۱ درصد کاهش در قطر ساقه، اختلاف معنی‌داری را در این صفت در مقایسه با تیمار شاهد نشان می‌دهند (جدول٤). قطر ساقه ازجمله صفاتی است که افزایش آن باعث استحکام بیشتر گیاه در مقابل ورس می‌شود.(Khaninejad *et al.*, 2013) مطالعه‌ای جهت ارزیابی معیار تحمل به خشکی در گیاه آفتابگردان مشخص گردید، قطر ساقه در شرایط آبیاری محدود، آسیب کمتری را نسبت به سایر صفات متحمل می‌شود(Rafiei *et al.*, 2005) در آزمایش دیگری روی گیاه گلرنگ با اعمال تنش خشکی (آبیاری کامل، آبیاری تا مراحل تکمه‌دهی، گلدهی و دانه‌بندی) سطوح آبیاری اثر معنی‌داری بر قطر ساقه داشتند؛ در این گزارش آمده است، کاهش قطر ساقه در گیاه می‌تواند به دلایل مختلف ازجمله تراکم، ژنوتیپ، شرایط محیطی (نظیر تنش خشکی و گرما و درنتیجه کاهش آب قابل‌دسترس برای گیاه باشد (Mousavifar *et al.*, 2011). مقایسه میانگین صفت قطر ساقه در این آزمایش نشان داد، محلول‌پاشی هیومیک اسید روی گیاه خاکشیر تأثیر معنی‌داری بر

صفت قطر ساقه داشته است با افزایش میزان محلول‌پاشی هیومیک اسید روی گیاه، قطر ساقه به‌صورت معنی‌داری افزایش‌یافته است. بیشترین قطر ساقه درتیمار۲۰۰ لیتر به دست آمد که با تیمار۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید.درمجموع محلول‌پاشی ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در هکتار به ترتیب باعث افزایش ۱۱و ۱٤درصدی قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۵). صفت قطر ساقه در تیمارهای محلول‌پاشی هیومیک اسید روی گیاه منداب نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد؛ دلیل این امر افزایش رشد و تجمع ماده خشک عنوان شده است (Ghorbani *et al*., 2013). همچنین قطر ساقه با کاربرد هیومیک اسید در گیاهچه‌های فلفل و بادمجان افزایش‌یافته است. (Padem *et al*., 1999). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش مبنی برافزایش قطر ساقه با کاربرد هیومیک اسید، با نتایج حاصل‌شده توسط سایر محققین مطابقت دارد. در این مطالعه، اثر متقابل تیمار تنش خشکی و محلول‌پاشی هیومیک اسید روی صفت قطر ساقه معنی‌دار نگردید.

تعداد خورجین در گیاه

صفت تعداد خورجین در گیاه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد تحت تأثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی هیومیک اسید قرار گرفت (جدول ۳) تعداد خورجین در گیاه با افزایش تنش خشکی، کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد. بیشترین تعداد خورجین درتیمار خشکی شاهد (بدون تنش) و کمترین آن درتیمار تنش شدید مشاهده گردید. تیمارهای آبیاری پس از۱۰۰و ۲۰۰میلی‌متر تبخیر، به ترتیب با ۱٤ و ۲۲درصد کاهش در تعداد خورجین، اختلاف معنی‌داری را در این صفت در مقایسه با تیمار شاهد نشان می‌دهند (جدول٤). محلول‌پاشی هیومیک اسید روی گیاه خاکشیر تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد خورجین داشته است با افزایش میزان محلول‌پاشی هیومیک اسید روی گیاه، تعداد خورجین به‌صورت معنی‌داری افزایش‌یافته است. بیشترین تعداد خورجین درتیمار۲۰۰ لیتر به دست آمد که با تیمار۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید). در مجموع محلول‌پاشی ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در هکتار به ترتیب باعث افزایش ۸ و ۱۱ درصدی تعداد خورجین در گیاه نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۵).کمبود رطوبت در مرحله گلدهی خاکشیر باعث عقیمی گل‌ها و در نتیجه کاهش قابلیت گیاه برای تولید خورجین و دانه گردید (Dehganzadeh, 2019)

عملکرد دانه

عملکرد دانه درتیمار تنش خشکی و اثر متقابل در سطح احتمال ۵ درصد و درتیمار محلول‌پاشی هیومیک اسید در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۳) بیشترین عملکرد دانه درتیمار خشکی شاهد (بدون تنش) و کمترین آن درتیمار تنش شدید مشاهده گردید. تیمارهای آبیاری پس از۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌متر تبخیر، به ترتیب با ۱۸ و ۳۳ درصد کاهش در عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند (جدول ٤). تنش کمبود آب در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی

آفتابگردان، باعث کاهش شدید عملکرد دانه در این گیاه می‌شود (Jafarzadeh Kenarsari & Poostini, 1998). در آزمایش ارزیابی معیار تحمل به خشکی در گیاه آفتابگردان مشخص شد در شرایط آبیاری محدود، عملکرد دانه بیشترین کاهش رانشان می‌دهد، این موضوع بیانگر این نکته است که صفات مرتبط با مرحله زایشی گیاه بیشتر تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرند (Rafiei *et al.*, 2005). کمبود آب در مراحل مختلف رشد،فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه (نظیر تشکیل و پر شدن دانه) را کاهش داده و از این طریق عملکرد دردانه را می کاهد (Jabari & Ebadi, 2011). آزمایشی با تیمارهای مختلف تنش خشکی بر اساس قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه روی ۳ رقم گل‌رنگ، تیمار تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه بر جای گذاشته است. در این آزمایش، کاهش عملکرد دانه در تیمارهای تنش خشکی، به کاهش محتوای آب نسبی برگ در مقایسه با تیمار شاهد نسبت داده شده است. طبق این گزارش، تنش خشکی باعث کاهش نسبی آماس سلول‌های محافظ روزنه و نتیجتاً کاهش جذب دی‌اکسیدکربن از طریق برگ و از طریق کاهش فتوسنتز سبب کاهش عملکرد دانه شده است (Baghkhani & Farahbakhsh, 2008) محلول‌پاشی هیومیک اسید، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته است . بین تیمارهای هیومیک اسید، بیشترین عملکرد دانه درتیمار ۲۰میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که با تیمار ۱۰میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری نداشت، همچنین بین تیمارهای محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌گرم در لیتر با تیمار شاهد،اختلاف معنی‌داری وجود مشاهده نشد. محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش ۵ و۳ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری × هیومیک اسید بر عملکرد دانه‌نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در شرایط آبیاری نرمال (۵۰ میلی‌متر تبخیر) اتفاق افتاد (جدول ۵). این نتایج بیانگر این بود که در کلیه سطوح آبیاری افزایش مصرف هیومیک اسید منجر به افزایش عملکرد دانه گردید، به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم کمترین اختلاف بین سطوح هیومیک اسید و در شرایط تنش شدید بیشترین اختلاف بین سطوح هیومیک اسید قابل‌مشاهده بود. بدین معنی که هیومیک اسید در کاهش اثرات تنش خشکی بیشترین تأثیر را نسبت به سطوح دیگر آبیاری (تنش ملایم و بدون تنش) نشان داد. مواد هیومیکی رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند به‌عنوان نمونه هیومیک اسید باعث افزایش جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم و همچنین کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه می‌گردد، لذا بر رشد گیاه در شرایط تنش اثرگذار است (Taghadosi *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای بر روی گیاه لوبیا، محلول‌پاشی هیومیک اسید روی عملکرد دانه موجب افزایش ۱۶درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد که علت آن، افزایش فراهم عناصر غذایی برای گیاه در تیمارهای اسید هیومیک بیان گردید(Jahan *et al.*, 2013) در آزمایشی روی ذرت، عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری در تیمارهای محلول‌پاشی اسید هیومیک نسبت به شاهد، افزایش یافت که دلیل آن حصول زود هنگام حداکثر سطح برگ، افزایش دوام سطح برگ و درنتیجه طولانی‌تر

شدن تجمع ماده خشک معرفی شده است (Ghorbani *et al.*, 2013).

عملکرد بیولوژیکی

عملکرد بیولوژیکی درتیمار تنش خشکی در سطح احتمال۵ درصد و درتیمار محلول‌پاشی هیومیک اسید در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در تیمار تنش خشکی شاهد (بدون تنش) و کمترین آن درتیمار تنش شدید مشاهده گردید تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ و۱۵۰میلی‌متر تبخیر، به ترتیب با ۸و ۲۲درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک، اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند (جدول ٤). گزارش‌ها نشان دادند که کاهش عملکرد بیولوژیکی خاکشیر در اثر تنش رطوبتی ایجادشده است. (Khazali & Thani, 2011) در شرایط محلول‌پاشی هیومیک اسید ، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشته است بین تیمارهای هیومیک اسید ، بیشترین عملکرد دانه درتیمار ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۲۰۰ و۱۰۰میلی‌گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش ۷و۵ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۵). (Thi & Bohme., 2001) گزارش کردند که هیومیک اسید از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و عملکرد بیولوژیک می‌شود.

درصد پرولین

درصد پرولین تیمار تنش خشکی، هیومیک اسید و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین درصد پرولین به ترتیب متعلق به تیمارهای تنش شدید و بدون تنش بود تیمارهای آبیاری پس از،۱۰۰ و۱۵۰میلی‌متر تبخیر، به ترتیب با ۱۱و ۱۸درصد افزایش در پرولین، اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند(جدول٤). محلول‌پاشی هیومیک اسید ، تأثیر معنی‌داری بر درصد پرولین داشته است بر اساس این جدول، بین تیمارهای هیومیک اسید ، بیشترین درصد پرولین درتیمار بدون تنش حاصل شد محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۲۰۰ و۱۰۰میلی‌گرم در لیتر به ترتیب باعث کاهش ۹ و٤ درصدی پرولین نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۵) نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری × هیومیک اسید بر درصد پرولین نشان داد که کمترین میزان پرولین متعلق به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط بدون تنش بود بیشترین مقدار آن درتیمار عدم مصرف پرولین در شرایط تنش شدید مشاهده شد (جدول ۵). در برخی از گیاهان ثابت‌شده است ؛تغییرات میزان پرولین با توانایی آن‌ها برای تحمل یا سازش به شرایط تنش خشکی مرتبط است. و شاخصی برای انتخاب گیاهان مقاوم به تنش خشکی است (Abbaszadeh *et al* ., 2007).هنگامی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، تجزیهٔ پروتئین‌ها و درنتیجه، افزایش آمینواسیدها و آمیدها تسریع می‌شود که یکی از این آمینواسیدها پرولین است (El-Khateeb *et al*., 2011)، همچنین هنگامی‌که گیاه در معرض تنش ها قرار می‌گیرد، غلظت اسمولیت هایش را افزایش می‌دهد تا جذب آب در شرایط تنش ادامه یابد (تنظیم اسمزی) بین اسمولیت های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل‌شده سازگاراست که تجمع می‌یابد (Sabzevari *et al*., 2010). افزایش پرولین

در تنش خشکی در ژنوتیپ های بادام‌زمینی نیز گزارش‌شده است (Ranganayakulu *et al*., 2015).

صفات دانه در بوته و وزن موسیلاژ

صفات تعداد دانه در بوته سطح ۱ و وزن موسیلاژ۵ درصددرتیمار تنش خشکی معنی‌دار بود بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته به ترتیب متعلق به تیمارهای بدون تنش و تنش شدید بود تیمارهای آبیاری پس از،۱۰۰ و۱۵۰میلی‌متر تبخیر، به ترتیب با ۱۱و۲۰ درصد کاهش تعداد دانه در بوته، اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند و همچنین بیشترین و کمترین وزن موسیلاژ به ترتیب متعلق به تیمارهای تنش شدید و بدون تنش بود مطابق این جدول، تیمارهای آبیاری پس از،۱۰۰ و۱۵۰میلی‌متر تبخیر، به ترتیب با ٦و ۱۷درصد کاهش وزن موسیلاژ در بوته، اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند (جداول ۳ و٤). مواد مؤثره اگرچه اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما سنتز آن‌ها به‌طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها می‌شود(Omidbaigi *et al*., 2003). علت افزایش موسیلاژ در شرایط تنش کم‌آبی در پوسته بذر، ناشی از سازگاری اکولوژیک گیاه به تنش خشکی برای حفظ جنین نوباروربذر در برابر خشکی شدید می‌باشد. از آنجا که یک شکل ویژه از ذخیره آب، پیوند یافتن آب با کربوهیدرات‌های آب‌دوست نظیر موسیلاژ های موجود در سلول‌ها، بافت هادی و فضای بین سلولی و سطح بذر برخی گونه‌ها می‌باشد، این سازگاری منجر به توانایی بالای این‌گونه در حفظ پتانسیل آب درون‌سلولی می‌شود (Moradi *et al*., 2010) با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد موسیلاژ دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت. علت کاهش عملکرد موسیلاژ می‌تواند احتمالاً به دلیل تجمع املاح نمک در اثر آبیاری دیرهنگام باشد که سبب اختلال در جذب و انتقال عناصر غذایی به اندام‌های هوایی و درنهایت کاهش سنتز مواد مؤثره در گیاه می‌شود. (Ahmadian *et al*., 2011) گیاه برای مقابله با کم‌آبی بخشی از مواد پرورده را به ریشه برای توسعه سیستم ریشه منتقل نموده و درنتیجه سهم اختصاص‌یافته به تولید دانه کاسته می‌شود. هنگامی‌که خشکی در هر مرحله از رشد و نمو گیاه حادث شود، عملکرد کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد، بیشترین کاهش زمانی است که خشکی در زمان شروع گلدهی اتفاق می‌افتد (Richards *et al*., 2002).محققان زیادی نتایج مشابهی را در مورد کاهش عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی گزارش کرده‌اند (Erdem *et al*., ؛ Goksoy *et al*., 2004 2006.

صفات وزن هزاردانه و درصد پروتئین

محلول‌پاشی اسید هیومیک، تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه و درصد پروتئین داشته است (جدول ۳) بین تیمارهای هیومیک اسید، بیشترین وزن هزاردانه درتیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش ٦ و۳ درصدی وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد گردیدند همچنین درصد پروتئین بر اساس این جدول، بین تیمارهای هیومیک اسید ،بیشترین درصد پروتئین در

تیمار ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش ۵ و ۹ درصدی پروتئین نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۵). نتایج آزمایشی بر روی گیاه لوبیا با محلول‌پاشی هیومیک اسید گویای تأثیرات معنی‌دار هیومیک اسید بر وزن هزاردانه بود به طوریکه انجام محلول‌پاشی هیومیک اسید به میزان ۳ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ۱۵ درصدی این صفت گردید (Jahan *et al*., 2013) نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج سایر محققین مبنی برافزایش وزن هزاردانه با کاربرد محلول‌پاشی هیومیک اسید مطابقت دارد ضمناً اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی هیومیک اسید روی صفت وزن هزاردانه معنی‌دار نگردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس و میانگین مربعات صفات مورد مطالعه گیاه دارویی خاکشیر تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و هیومیک اسید

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	ارتفاع گیاه	تعداد خورجین در گیاه	تعداد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	وزن موسیلاژ	درصد پروتئین دانه	درصد پرولین
تکرار	۲	۰/۰۷	۰/۰۲	۹٤/٤۲	۸۵۸/۲۸**	۱۱٦۱۸٦۷/۷۷**	٤۵۷۸/۸	۱۵۲۳۹/۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
آبیاری	۲	۱٦/٦**	۰/۰۷*	۲۹۰۸/۲۷**	٤۹٤/۱۵**	۵۳۹۷۷۳/٤۹**	۷۳۹۹۵۷/۹*	۳٤۳۷۳/۸*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۲*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۷**
خطا	٤	۰/٤٦	۰/۰۱	٦٦/٤۷	٤٦۰/۲۸	۹٤٦۰/۹٤	۵۰۸٤۷/۲	٤۳۹۱/۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
هیومیک اسید	۲	۰/۷٤**	۰/۰۱**	۱۳۰/٦۲**	۷۱۷/۲٤**	۳۰٦۰۵۲/۹۳^{ns}	۵۹٦۳۸/٤**	٦۳۱/۳**	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱**	۰/۰۱٦**
آبیاری × هیومیک اسید	٤	۰/۰^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۳/٦۵^{ns}	۹۷۰ /۲^{ns}	۱٤۹٤۸۰/۷٦^{ns}	۸۸۹۵/۲^{ns}	٦۵/۹*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۵**
خطا	۱۲	۰/۰۹	۰/۰۰۱	۳/۲۵	۳۹۰/۳۱	۹۸٦۷۲/۵۹	۳۳٤۵/۷	۱٦/۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۵/۳۹	۸/۳۷	۲/۱۸	٦۸/۵	۱٤/۰۵	۷/٤٦	٦/۱۳	۳/۷۱	٤/۸٤	۳/۵۰	۲/۱۷

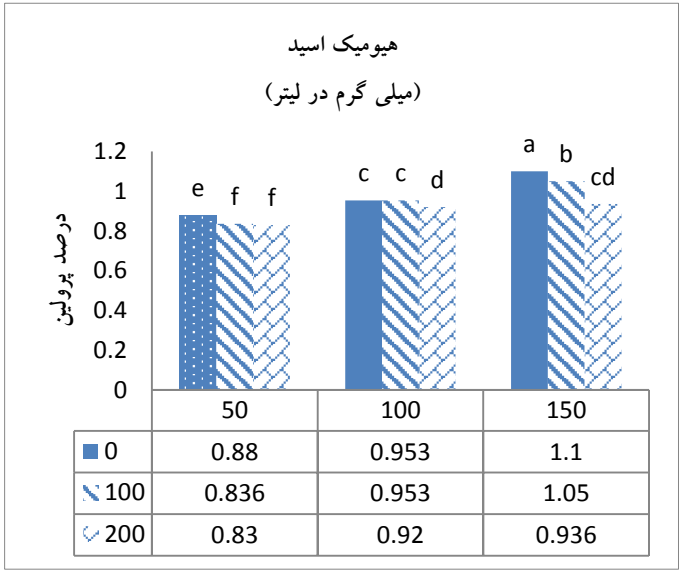
Ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

جدول٤- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی خاکشیر

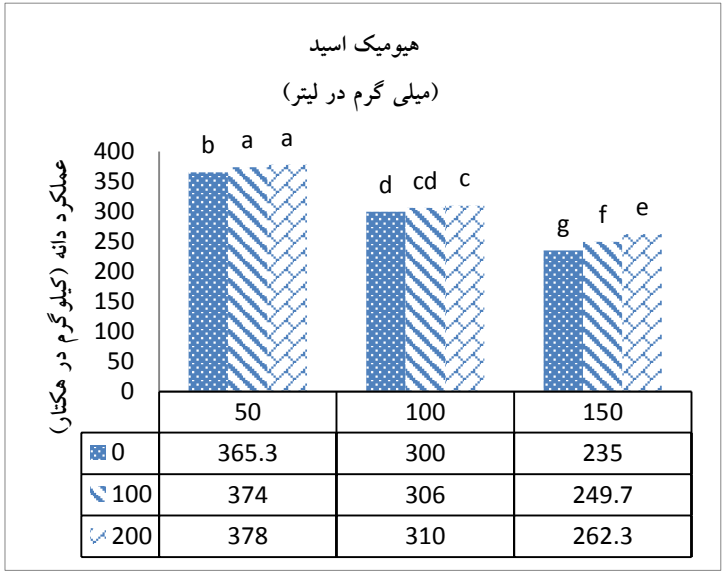
تنش	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه (میلی متر)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	تعداد خورجین در گیاه	تعداد دانه در بوته	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن موسیلاژ (گرم)	درصد پرولین
۵۰	۷a	۰/٤٤a	۱۰۰a	۱۱۲a	۲٤۹۱a	۲٦۱۱a	۳۷۲/٤a	۰/۵۹a	۰/۸٤c
۱۰۰	۵/۵٦b	۰/۳۲b	۸۳/۷b	۹٦b	۲۲۱۳b	۲۳۹۵b	۳۰۵/۳b	۰/۵٦ab	۰/۹٤b
۱۵۰	٤/۳۵c	۰/۲٦c	٦٤/۳c	۸۷/۱c	۲۰۰۳c	۲۰٤۳c	۲٤۹c	۰/٤۹b	۱/۰۳a

جدول۵- **مقایسه میانگین اثر هیومیک اسید بر صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی خاکشیر**

هیومیک اسید	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	ارتفاع گیاه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	درصد پروتئین دانه	درصد پرولین
۰	۵/۳۵c	۰/۳۱c	۷۸/۶c	۲۲۶۰c	۳۰۰/۱c	۰/۱۶۱a	۰/۱۹c	۰/۹۸a
۱۰۰	۵/۷۱b	۰/۳۵b	۸۳/٤b	۲۳۷٤b	۳۰۹/۸b	۰/۱٦٦ab	۰/۲b	۰/۹٤b
۲۰۰	۵/۹۲a	۰/۳٦a	۸٦/۲a	۲٤۱٦a	۳۱٦/۷a	۰/۱۷۱a	۰/۲۱a	۰/۸۹c



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و هیومیک اسید بر درصد پرولین خاکشیر



شکل۲- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و هیومیک اسید بر عملکرد دانه خاکشیر

نتیجه‌گیری

اعمال تنش خشکی سبب کاهش و محلول‌پاشی اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار غالب صفات مورد ارزیابی در این آزمایش گردید. افزایش ارتفاع بوته و به‌موازات آن افزایش تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه در تیمارهای هیومیک اسید سبب افزایش رشد رویشی در گیاه گردیده است. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در شرایط بدون تنش اتفاق افتاد. هیومیک اسید در کاهش اثرات تنش خشکی بیشترین تأثیر را نسبت به سطوح دیگر آبیاری (تنش ملایم و بدون تنش) نشان داد. تیمار بودن تنش با میانگین ۰/۵۹٪ بیشترین وزن موسیلاژ دانه را تشکیل داد با افزایش مصرف هیومیک اسید، میزان پروتئین دانه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین درتیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۰/۲۱ درصد مشاهده شد.محلول‌پاشی هیومیک اسید ضمن حفظ عملکرد محصول مانع آلودگی محیط‌زیست می‌گردد با توجه به عدم مشاهده اثرات سوء هیومیک اسید بر گیاه و افزایش اجزاء عملکرد به نظر می‌رسد بهتر است درصورتی‌که برخورد گیاه با شرایط تنش در طول دوره رشد محتمل است جهت افزایش عملکرد در گیاه خاکشیر محلول‌پاشی هیومیک اسید روی این گیاه انجام گیرد لذا با توجه بـه شرایط آب و هوایی و کمبود آب در منطقه، توسـعه کشت این گیاه می‌تواند مزایای اقتصادی بالایی برای بهبود وضعیت اقتصادی و معیشت کشاورزان منطقه بـه دنبـال داشـته باشـد.

REFRENCES

Abbaszadeh, B., Sharifi Ashurabadi, E., Lebaschi, M. H., Naderi Hajibagher, M. and Moghadami, F. 2007. Effect of drought stress on proline, soluble sugar, chlorophyll and relative water content (RWC) lemon balm (*Melicinal officinalis* L.). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 23(4): 504-513 (in Farsi).

Ahmadian, A., Tavassoli, A. and Amiri, E., 2011. The interaction effect of water stress and manure on yield components, essential oil and chemical compositions of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 6(10):2309-2315.

Asgari, M. Habibi, D. and Naderi Boroujerdi, Gh. 2011. Study of application of vermicompost, growth stimulating bacteria and humic acid on growth parameters of peppermint (*Mentha piperita* L.) in Markazi province. J*ournal of Agronomy and Plant Breeding*. 7(4):41-54 (in Farsi).

Amanzadeh, Y., Khosravi dehaghi, N., Ghorbani,A.R., Monsef-Esfahani, H.R. and Sadat-Ebrahimi, S.E., 2011. Antioxidant activity of essential oil of *Lallemantia iberica* in flowering stage and post flowering stage. *Biological Sciences*, 6(3): 114-117.

Ayas, H. and Gulser, F. 2005. The Effect of sulfur and humic on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences*. 5(6):801-804.

Baghkhani, F. and Farahbakhsh, H. 2008. Effects of drought stress on yield and some physiological traits of three spring safflower cultivars. *Agriculture Journal: Water, Soil and Plant in Agriculture*. (8) 2(:45-57.) (In Farsi).

Barnes, J., Anderson, L. A. and Phillipson, J. D. 2007. *Herbal medicines*. Third edition. London: Published by the Pharmaceutical Press.

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

Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L. and Rastgoo, M., 2008. Yield and seed quality of Plantago ovata and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Indian Journal of Crops Production*, 27: 11-16.

Dadkhah, A. S. and Kafi, M. 2012. Effect of salt stress on germination and seedling growth of four medicinal plants. *Iranian Journal of Applied Research*, 10(1), 25-32.

Dehghanzadeh, H., 2019. Evaluation of some physiological growth indices effective on growth and grain yield of hree wheat cultivars under drought stress. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(2): 365-375.

El-khateeb, M. A., El-Leithy, A. S. and Aljemaa, B. A. 2011. Effect of mycorrhiza fungi inoculation and humic acid on vegetative growth and chemical composition of *Acacia saligna* Labill. seedlings under different irrigation intervals. Journal of *Horticultural Science and Ornamental Plants* 3(3):283-289.

Erdem, T., Erdem, Y., Orta, A.H. and Okursoy, H., 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Heliantus annuse* L). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30: 11-20

Farjam, S. Rakhzadi, A. Mohammadi, H. and Ghale shakhani, S. 2014. Effect of irrigation and salicylic acid spraying stress on growth, yield and yield components of three spring safflower cultivars. *Scientific Journal of Physiology of Crops*. (6) 23 (99-112) (In Farsi).

Ghasemi, A. Tookalloo, M. and Zabihi, H. 2012. Effect of Nitrogen, Potassium and Humic Acid on Vegetative Growth, Nitrogen and Potassium Uptake of Potato Minituber in Greenhouse Conditions. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(1):39-56. (In Farsi).

Ghorbani, S. Khazaei, H. Kafi, M. Banayan aval, M. and Sadeghi shoghagh, M. 2013. Effect of different levels of humic acid levels on yield, yield components and corn growth indices. *Journal of Crop Research*. 5(4):325-337. (In Farsi).

Hassani, A., Omidbaigi, R. and Heidari Sharief Abad,H., 2003. Effect of different soil moisture levels ongrowth, yield and metabolite adaptate accumulation in Basil. *Journal Soil Water Sciences*, 17(2): 67-76.

Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Dagusta, N. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*, 87: 167-178.

Jabari, M. and Ebadi, Gh. 2011. Effect of supplemental irrigation on the absorption of elements, water relations and assessment of marsh infestation in safflower under Ardebil conditions. *Journal of Environmental Tensions in Crop Sciences*. (3) 2 (115-127) (In Farsi).

Jafarzadeh Kenarsari, M. and Poostini, K. 1998. Effect of drought stress indifferent growth stages on some morphological characteristics and sunflower (Record Cultivar) yield components. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*. (29) 2: 353-361. (In Farsi).

Jahan, M. Sohrabi, R. Doaei, F. and Amiri, M.B. 2013. The Effect of hydrogel superabsorbent adsorption on soil and humic acid spraying on some agro ecological features of bean) Phaseolus *vulgaris* L. (in mashhad condition. Ecological Agriculture Magazine. 3)2(:71-90.) *Physiology of Crops*. (6) 23: 99-112. (In Farsi).

Khaninejad, S. Kafi, M. Khazaei, H. Shabahang, J. and Nabati, J. 2013. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on characteristics and forage yield of Kochia) Kochia *Scoparia*) in irrigation with two salinity levels. *Iranian Journal of Agricultural Research.* 11(2): 275-284. doi: 10.22067/gsc. v11i2.26139. (In Farsi).

Khazali, M. and Thani, B., 2011. Effect of different irrigation regimes on yield and its components in ash medical plants in Qods area. Journal of Ecophysiology, 3(4): 324-335.

Lebaschy, M. and Sharifi Ashorabadi, A., 2003.Growth index of medical plants in different condition of water stress. *Iranian Journal Medicinal and Aromatic Plant*, 20 (3): 249-261.

Lee, Y. J., Kim, N. S., Kim, H., Yi, J. M., Oh, S. M. and Bang, O. S. 2013. Cytotoxic and antiinflammatory constituents from the seeds of Descurainia Sophia. *Archives of Pharmacal Research*, 36: 536-541.

MacCarthy, P., 2001. The principles of humic substances. *Soil Science*, 166 (11): 738-751

Moghbeli, T. and Arvin M.J. 2014. Effect of seed preparation with growth regulators on germination, growth and yield of Melon fruit. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*. 4(14):23-33. (In Farsi).

Mohsennia, A. and Jalilian, J. 2012. Effect of plant nutrition on some morphological traits and safflower protein under different irrigation regimes. *Journal of Crop Production.* 6(3):165-176. (In Farsi).

Moosavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Alahmadi, M., and Hosaini Bojd, M.S. 2009. The effect of irrigation disruption in different reproductive growth stages on yield, yield components and oil content in three spring safflower cultivars. *Journal of Agro Ecology* 1(1): 41-51. (In Farsi).

Moradi, K., Hamdi Shangari, A., Shahrajabian, M.H., Gharineh, M.H. and Madandost, M., 2010. Isabgol (Plantago ovata Forsk.) response to irrigation intervals and different nitrogen levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 26 (2):196-204.

Nardi, S. Pizzeghello, D. Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effect of humic substances on higher plants. *Soil biology and Biochemistry*. 34 (11):1527- 1536.

Padem, H. Ocal, A. and Alan, R. 1999. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. ISHS *Acta Horticulture* 491.

Paknejad, F., Bayat, V., Ardakani, M. R. and Vazan, S. 2012. Effect of methanol foliar application on seed yield and its quality of soybean (*Glycine max* L.) under water deficit conditions. *Annals of Biological Research*, 3(5): 2108-2117.

Pasalar, M., Bagheri lankarani, K., Mehrabani, D., Tolide-I, H. R. and Naseri, M. 2013. The effect of *descureania sophia* l. and prunus domestic l. in prevention of constipation among Iranian hajj pilgrims, Saudi Arabia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4(2), 1195-1203.

Rafiei, F. Kashani, A. Mamghani, R. and Golchin, A. 2005. Effect of irrigation steps and nitrogen application on yield and some morphological characteristics of sunflower golshid hybrid. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*. 7(1):44-54.) (In Farsi).

Ranganayakulu, G. S., Chinta, S. and 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* 3(1): 97-103.

Rashno, M.H., Tahmasebi Servestani, Z.A., Heidari Sharifabad, H. Modares Sanavi, S.A.M. and Tavakol Afshari, R., 2012. The effect of drought stress and irrigation of iron and zinc on qualitative and quantitative characteristics of two species of annual G alfalfa. *Prod. Crops*., 6 (1):125-148.

Rasti, S., 2012. The effect of planting date and drought on quality and quantity characteristics BalanguShirazi (*Lallemantia royleana* (wall) Benth.). *Master Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture,Shahed University*.

Patil, R., 2011. Effect of potassium humate and deproteinised Juice (DPJ) on seed germination and seedling growth of wheat and jowar. *Annual of Biology Research*, 2(2): 26-29.

Richards, R., Rebetzke, G.J., Condon, A.G. and van Herwaarden, A.F., 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science*, 42: 111-121.

Sabzevari, S., Khazaii, H. and Kafi, M. 2010. The effect of humic acid on the growth of roots and aerial parts Sayvnz and Sabalan cultivars of wheat (*Triticuma estivum* L.). *Journal of Soil Water Conservation* 94: 23-87 (In Farsi).

Sebahattin. A., Necdet. C. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage Turnip (*Brassica rapa* L.). *Agronomy. J.* 4, 130-133.

Taghadosi, M. Hasani, N. and sinky, J. 2012. Disruption of irrigation and spraying stress with humic acid and algae extract on antioxidant enzymes and propylene in forage sorghum. *Journal of Crop Production in Environmental Conditions*. 4(4):1-12. (In Farsi).

Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 2/No. 1/Spring 2022/P: 1-18

https://www.sarj.iauk.ac.ir

The Effect of Humic Acid Spraying on Quantitative and Qualitative Traits of Flixweed Plant under Drought Stress Conditions

Ahmad Reza Kalantari [1], Mohammad Rasoli [*2]

[1] Graduate student, Department of Agriculture, Ghods Branch, Islamic Azad University, Ghods, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Plant Breeding Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
Corresponding Author's Email: rasooli1387@gmail.com
(Received: April. 9, 2022– Accepted: June. 20, 2022)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of humic acid on the quantitative and qualitative yield of flixweed under different drought stress conditions in the form of split plots based on randomized complete blocks with four replications in the research farm of the Faculty of Agriculture, Ghods Branch. The main factor of irrigation in 3 levels includes: normal irrigation, mild stress and severe stress in the main plots and the secondary factor of humic acid in 3 levels including: non-consumption, 100 mg/L, 200 mg/L spraying with humic acid was present in the subplots. The results of analysis of variance showed that the effect of irrigation levels at 5% and humic acid at 1% and the interaction between irrigation and humic acid at 5% were significant. The highest grain yield was related to the treatment of 200 mg/L humic acid under normal irrigation conditions. The results showed that in all irrigation levels, increasing humic acid consumption led to increased grain yield, so that in normal irrigation and mild stress conditions the least difference between humic acid levels and in severe stress conditions the highest difference between humic acid levels was observed. This means that humic acid showed the greatest effect in reducing the effects of drought stress compared to other levels of irrigation (mild stress and normal irrigation).

Keywords: Flixweed, Dehydration, Humic acid, Proline percentage, Mucilage