



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۸۳۰-۸۱۷

اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر برخی صفات آگرومورفولوژیک و رنگیزه‌های

فتوستنتزی دان‌سیاه تحت تنش خشکی

طاهره شاه‌میرزایی^۱، محمد رفیعی‌الحسینی^{۲*}، عبدالرزاق دانش شهرکی^۳، علی تدین^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران.

۲. استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران.

۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر اثرات تنش خشکی دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۵ انجام شد. فاکتور اصلی شامل چهار سطح تنش خشکی (۶۰ (شاهد)، ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و فاکتور فرعی شامل چهار سطح اسیدهیومیک (صفر، دو، چهار و شش لیتر در هکتار) بود. نتایج نشان داد سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در واحد سطح، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کلروفیل، کاروتنوئیدها و پرولین (در سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار بود. تنش خشکی باعث کاهش و اسیدهیومیک باعث افزایش تمامی صفات به‌جز پرولین گردید. اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات تعداد طبق در واحد سطح، عملکرد دانه، شاخص برداشت و پرولین (در سطح احتمال یک درصد) و بر ارتفاع بوته (در سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار شد. بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد طبق در واحد سطح، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار بدون تنش خشکی و شش لیتر در هکتار اسیدهیومیک به‌دست آمد و بیش‌ترین مقدار پرولین در تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و بدون اسیدهیومیک مشاهده شد. توصیه می‌شود جهت سود اقتصادی بیشتر، از رژیم تبخیری ۱۰۰ میلی‌متر و اسیدهیومیک با کاربرد ۴ لیتر در هکتار استفاده شود. این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایط تنش خشکی در طی دوره رشد گیاه، می‌تواند در کاهش خسارت ناشی از تنش مؤثر واقع گردد.

کلیدواژه‌ها: پرولین، شاخص برداشت، عملکرد دانه، کلروفیل، وزن هزاردانه.

مقدمه

با توجه به محدودیت منابع آب قابل استحصال کشور، وجود فشارها و تنگناهای روزافزون برای کاهش سهم آب کشاورزی در آینده، ضرورت بازننگری در مدیریت مصرف این ماده حیاتی به شکل کاملاً جدی مطرح شده و تولید محصول در این مناطق، مستلزم استفاده از گیاهان مقاوم به شرایط خشکی و کمبود رطوبت، جهت حصول عملکردهای قابل قبول می‌باشد (Grattan & Grieve, 1999). تغذیه مناسب تحت شرایط تنش می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل تنش‌های مختلف کمک کند (Alloway, 2004). نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که به‌کارگیری محلول‌پاشی عناصر باعث افزایش عملکرد، کیفیت، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و همچنین مقاومت به تنش خشکی می‌شود (Odoley et al., 2007).

دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass) از خانواده کاسنی (*Asteraceae*)، گیاهی یکساله، دولپه‌ای (Riley & Belayneh, 1989) چندمنظوره و غیربومی است که از گذشته دانه آن، به‌عنوان غذای پرند به کشور وارد شده است. دان‌سیاه گیاه دارویی روغنی، با عملکرد بالای روغن و قدرت سازگاری بالا و نیاز اقلیمی کم می‌باشد (Dvazdah Emami, 2009). روغن دان‌سیاه می‌تواند جانشینی برای روغن زیتون و روغن کنجد با هدف داروسازی باشد. البته این گیاه به‌عنوان یک گیاه روغنی در مناطق کمی از جهان کشت می‌شود (Getinet & Sharma, 1996). در سال‌های اخیر دان‌سیاه در استان اصفهان در سطح قابل‌ملاحظه‌ای کشت می‌شود و با توجه به قیمت مناسب آن کشت آن در منطقه رو به فزونی است (Vaseghi, 2011). ترکیبات اسید چرب روغن این گیاه مشابه روغن گلرنگ و آفتابگردان است. درصد اسید لینولئیک آن ممکن است به بالای ۸۵ درصد هم برسد. اسیدهیومیک در خاک دارای اثرات متعددی است که

می‌تواند سبب ارتقای خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شود. به‌طور مثال موجب افزایش نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک، کمپلکس کردن یون‌های فلزی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش مقاومت گیاه به خشکی می‌شود. بنابراین به‌طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند بر رشد گیاه مؤثر باشد (Hayes & Clap, 2001). اسیدهیومیک با افزایش جمعیت موجودات زنده خاک، اثرات هورمونی روی گیاه و افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش باعث بهبود رشد محصول از لحاظ کیفی و کمی می‌گردد (Cangi et al., 2006). اسیدهیومیک از طریق افزایش رشد ریشه‌ها، جذب عناصر غذایی، بیوماس و نفوذپذیری بافت‌های گیاهی، باعث افزایش رشد گیاه می‌شود زیرا موجب افزایش جذب عناصر غذایی از خاک و افزایش کارایی عناصر غذایی در گیاه می‌گردد (Ghasemi et al., 2012).

در مطالعه‌ای با تیمارهای قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه گلرنگ به‌همراه سطوح مختلف تغذیه گیاهی از جمله کاربرد کود آلی حاوی اسیدهیومیک، عملکرد دانه تحت تأثیر تغذیه گیاهی قرار گرفت و بالاترین عملکرد دانه در تیمار کاربرد اسیدهیومیک حاصل شد (Mohsennia & Jalilian, 2013). در آزمایش سلجوقی روی گیاه بالنگوی شهری، اثرات متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد و بیش‌ترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل با کاربرد ۱۵ لیتر اسیدهیومیک و کم‌ترین آن در شرایط تنش شدید و بدون اسیدهیومیک به‌دست آمد (Saljoughi, 2016). محلول‌پاشی اسیدهیومیک در گیاه دان‌سیاه باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد گردید. براساس مقایسه میانگین این صفت، بیشترین میزان عملکرد (۱۰۱۹ کیلوگرم در هکتار) با اعمال تیمار محلول‌پاشی ۶ لیتر در هکتار مشاهده شد (Tadayyon &

فاصله ردیف‌ها در هر کرت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر (۱۵۰ بوته در هر کرت) در نظر گرفته شد. کشت به صورت ردیفی و با دست انجام شد و پس از رسیدن به مرحله شش برگگی، فاصله بوته‌ها تنظیم گردید. تیمارهای تنش خشکی پس از استقرار کامل گیاه در مزرعه (یک ماه پس از کشت) تا آخر دوره رشد بر اساس آمار میزان تبخیر روزانه، اعمال شد. اسید هیومیک مصرفی دارای فاز مایع با نام تجاری Humic Acid شامل ۱۶ درصد اسید هیومیک، شش درصد اسید فولویک و سه درصد پتاسیم با pH حدود ۹ الی ۱۱ بود. به منظور افزایش جذب توسط گیاه و جلوگیری از سوختگی سطحی در غلظت‌های بالای اسید هیومیک، غلظت‌های مورد نظر (دو، چهار و شش لیتر در هکتار) به فاصله دو هفته در دو نوبت (۳۵ روز پس از کاشت مصادف با مرحله شش تا هشت برگگی گیاه و اوایل گلدهی) به صورت محلول پاشی توسط سم‌پاش دستی روی گیاه اسپری شد. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در واحد سطح، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت (Vaseghi, 2011)، کلروفیل a، b و کل، پرولین و کاروتنوئیدها بود. بوته‌های یک خط کاشت با در نظر گرفتن حاشیه، جهت تعیین عملکرد بیولوژیک مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل JENWAY-6320-D، ساخت انگلستان) و با استفاده از روابط زیر تعیین شد (Johnson et al., 1987).

از آنجایی که اسید هیومیک می‌تواند در تخفیف اثرات سوء تنش خشکی بر گیاه مؤثر باشد و تاکنون اثر این ماده در شرایط تنش بر گیاه دارویی روغنی دان سیاه بررسی نگردیده است، لذا این آزمایش به منظور بررسی عکس‌العمل گیاه دان‌سیاه به محلول پاشی اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۵ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عامل اصلی آزمایش شامل چهار سطح تنش خشکی (آبیاری پس از ۶۰ (شاهد)، ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشت تبخیر) و عامل فرعی آزمایش نیز شامل چهار سطح کاربرد اسید هیومیک (صفر، دو، چهار و شش لیتر در هکتار) به صورت محلول پاشی بر روی گیاه دان‌سیاه بود. پس از آماده‌سازی زمین بر اساس نتیجه آزمایش خاک صورت گرفته (جدول ۱) و نیاز گیاه، کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و در سه نوبت (قبل از کاشت، مرحله ساقه رفتن و در اوایل تکمه‌دهی گیاه) همراه با آب آبیاری و به میزان مساوی به خاک اضافه شد (Getinet & Sharma, 1996).

در این آزمایش مساحت کرت‌ها شش متر مربع (۳×۲ متر) بود به طوری که هر کرت دارای پنج خط کاشت و

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

B _{ava}	Cu _{ava}	Fe _{ava}	Mn _{ava}	Zn _{ava}	P _{ava}	K _{ava}	Total N (%)	T.N.V (%)	O.C (%)	pH	E.C (dS.m ⁻¹)	بافت
(mg.kg ⁻¹)												
۲	۱/۱	۴/۷۹	۸/۹۴	۰/۶۶	۲۳/۷	۳۲۰	۰/۰۸۵	۲۲/۴	۰/۸۵	۷/۸۹	۰/۶۱۰	لوم

نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته در شاهد (بدون تنش خشکی) و محلول‌پاشی شش و چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک بود و کمترین ارتفاع بوته در تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر بدون اسیدهیومیک مشاهده شد (شکل ۱). اولین اثر محسوس تنش خشکی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع گیاه تشخیص داد که این کاهش ارتفاع را به کاهش فعالیت سلول‌های مریستم و طول میان‌گره در شرایط تنش نسبت می‌دهند (Khalili & Roshdi, 2007). کاربرد اسیدهیومیک در شرایط رژیم آبیاری بر ارتفاع گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea L.*) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین ارتفاع بوته در تیمار بدون تنش خشکی و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با سایر سطوح اسیدهیومیک (صفر، ۲۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) حاصل شد (Mozaffari et al., 2016). در آزمایشی اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر ارتفاع گیاه کرچک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (Kaveh, 2015).

تعداد شاخه فرعی در بوته

تعداد شاخه فرعی در بوته در تیمارهای مختلف تنش خشکی و کاربرد اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. این در حالی است که اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی‌دار نگردید. بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی در تیمار شاهد و تنش ملایم بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر و کم‌ترین آن در تیمار تنش شدید مشاهده شد (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها مقدار کربن در بافت گیاه کاهش و رشد مختل می‌شود. تنش باعث کاهش ارتفاع بوته، کاهش عملکرد زیست‌توده، وزن هزاردانه، گلدهی و تعداد شاخه‌ی فرعی در گیاه کلزا شد (Delkhoush et al., 2006). بیش‌ترین تعداد

$$a = \text{کلروفیل } a = (12/7 \text{ OD}_{663} - 2/69 \text{ OD}_{645}) \frac{v}{1000w} \quad (۱)$$

$$b = \text{کلروفیل } b = \quad (۲)$$

$$(22/90 \text{ OD}_{645} - 42/68 \text{ OD}_{663}) \frac{v}{1000w}$$

$$= \text{کلروفیل کل} \quad (۳)$$

$$(20/20 \text{ OD}_{645} - 8/02 \text{ OD}_{663}) \frac{v}{1000w}$$

$$CX+C = \quad (۴)$$

$$[1000 (\text{OD } 470) - 1/8 (\text{chl}a) - 85/02 (\text{chl}b)]/198$$

V حجم نهایی عصاره در استون ۸۰ درصد و w وزن نمونه برحسب گرم می‌باشد. میزان کلروفیل بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تر محاسبه شد. میزان پروکلین نیز در این آزمایش تعیین گردید (Bates et al., 1973).

در پایان دوره رشد، هفت بوته (با در نظر گرفتن حاشیه) به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی آن محاسبه گردید. بعد از جدا نمودن طبق از بوته و شمارش آن، بوجاری بذور، شمارش و توزین آنها انجام شد. بوته‌های انتخابی ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک، توزین و سپس عملکرد دانه (GY)، عملکرد بیولوژیک (BY) و شاخص برداشت ($HI = \frac{GY}{BY} \times 100$) محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.0)، مقایسه میانگین‌ها به‌روش LSD در سطح احتمال پنج درصد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای مختلف تنش خشکی و اسیدهیومیک روی ارتفاع بوته

در اثر تنش خشکی و یا افزایش درصد پوکی دانه‌ها و یا اثر توأم هر دو حاصل می‌شود. به‌طورکلی تعداد دانه در طبق تحت تأثیر شرایط محیطی طی دوران رشد سریع طبق و شروع رشد مغز دانه قرار می‌گیرد و تعداد دانه در طبق می‌تواند از قبل از شروع گرده‌افشانی تا مدتی پس از آن تغییر کند (Villalobos *et al.*, 1996). براساس نتایج پژوهشی بر روی گلرنگ صفت تعداد دانه در طبق تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (Ferasat *et al.*, 2009).

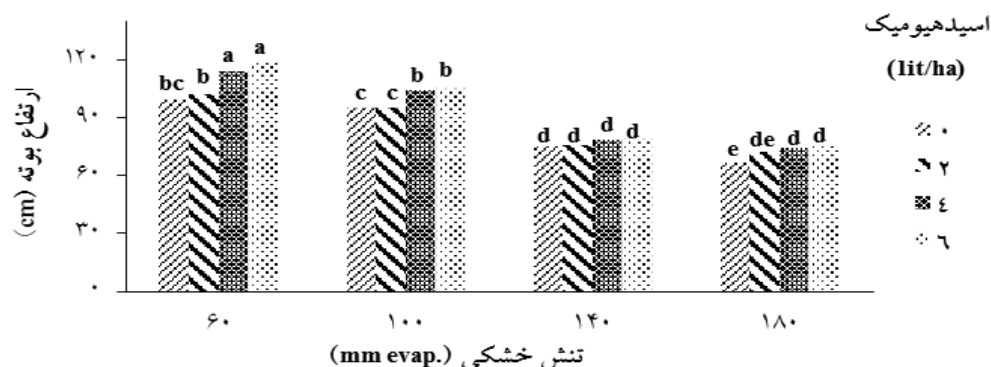
تعداد طبق در واحد سطح

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تنش خشکی و کاربرد غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر تعداد طبق در واحد سطح تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر تعداد طبق در واحد سطح معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر تعداد طبق در واحد سطح، نشان داد بیش‌ترین تعداد طبق در تیمار شاهد و محلول‌پاشی شش لیتر در هکتار مشاهده شد و تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و بدون محلول‌پاشی اسیدهیومیک کم‌ترین تعداد طبق در متر مربع را نشان داد (شکل ۲).

شاخه فرعی در تیمار شش لیتر اسیدهیومیک در هکتار با افزایش ۳۱ درصدی نسبت به شاهد و کم‌ترین آن در تیمار بدون محلول‌پاشی حاصل گردید (جدول ۳). اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست‌توده تولیدی می‌شود (Ayas & Gulser, 2005). در پژوهشی بر روی گیاه گلرنگ مشاهده شد با تیمارهای قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف تغذیه گیاهی (کود آلی حاوی اسیدهیومیک)، تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر تغذیه گیاهی قرار گرفته و بالاترین تعداد شاخه فرعی در تیمار کاربرد اسیدهیومیک حاصل شد (Mohsennia & Jalilian, 2013).

تعداد دانه در طبق

تعداد دانه در طبق به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت. تیمار اسیدهیومیک و اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر این صفت معنی‌دار نشد. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در طبق به‌ترتیب در تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر حاصل گردید (جدول ۲). کم شدن تعداد دانه در طبق از کاهش مساحت طبق



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدهیومیک بر ارتفاع گیاه دان‌سیاه. (میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه دان‌سیاه تحت تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک

عملکرد بیولوژیک (g/m ²)	وزن هزاردانه (g)	تعداد دانه در طبق	تعداد شاخه فرعی	سطوح تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)
۵۷۳/۰۲ab	۳/۴۷ a	۳۳/۲۳a	۱۰/۱۰a	شاهد ۶۰
۶۱۶/۴۷a	۳/۳۱ b	۳۰/۱۶ ab	۱۰/۳۵a	تنش ملایم ۱۰۰
۴۶۷/۱۷c	۲/۸۴ c	۲۸/۱۵b	۸/۵۲b	تنش متوسط ۱۴۰
۳۶۵/۲۵d	۲/۳۸ d	۲۷/۹۸b	۷/۳۹b	تنش شدید ۱۸۰
۴۹۹/۵۲b	۲/۸۹b	---	۷/۷۷c	شاهد
۴۹۵/۳۶b	۲/۹۵b	---	۸/۹۹b	۲ لیتر در هکتار
۵۰۹/۱۹ab	۳/۰۶a	---	۹/۳۹b	۴ لیتر در هکتار
۵۱۹/۱۳a	۳/۱ a	---	۱۰/۲۲a	۶ لیتر در هکتار

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش LSD می‌باشد.

برای دریافت مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه‌ها و همچنین تقاضا برای تنفس و نگهداری زیست‌توده، همزمان افزایش می‌یابد، لذا وقوع تنش در هنگام پر شدن دانه‌ها بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش وزن هزاردانه بر جای می‌گذارد (Sarmadnia & Kuochaki, 1997). نتایج این آزمایش با گزارش‌های محققین بر گلرنگ (Karimi, 2015) و بالنگوی شهری (Saljoughi, 2016) در خصوص کاهش وزن هزاردانه تحت تنش خشکی، مطابقت دارد. بیش‌ترین وزن هزاردانه در کاربرد ۶ لیتر درهکتار اسیدهیومیک حاصل شد (جدول ۲). اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه، تأثیر بر فتوسنتز و سبب افزایش ترکیبات ذخیره‌ای دانه شده است (Delfine et al., 2005). اسیدهیومیک تأثیر معنی‌داری بر صفت وزن هزاردانه گیاه چای ترش داشت (Heidari & Khalili, 2014).

عملکرد دانه

صفت عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای

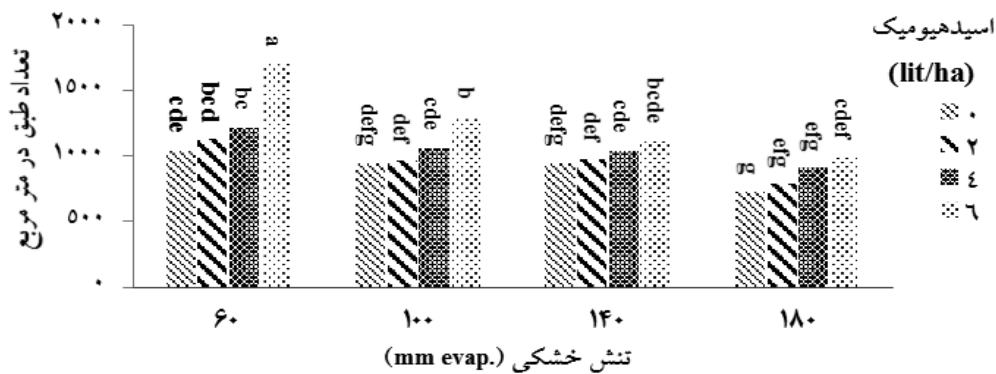
کاهش تعداد طبق را می‌توان به قدرت رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش نسبت داد. بیش‌ترین تعداد طبق در بوته گلرنگ در تیمار بدون تنش خشکی (۵۰ میلی‌متر تبخیر) و کم‌ترین آن در تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) ملاحظه شد و نیز با افزایش میزان اسیدهیومیک بر روی گلرنگ تعداد طبق در بوته به صورت معنی‌داری افزایش یافت (Karimi, 2015). کاربرد اسیدهیومیک به‌دلیل افزایش جذب عناصر مختلف غذایی باعث افزایش رشد اندام هوایی و در نتیجه افزایش تولید در گیاه می‌شود (Salehi et al., 2010).

وزن هزاردانه

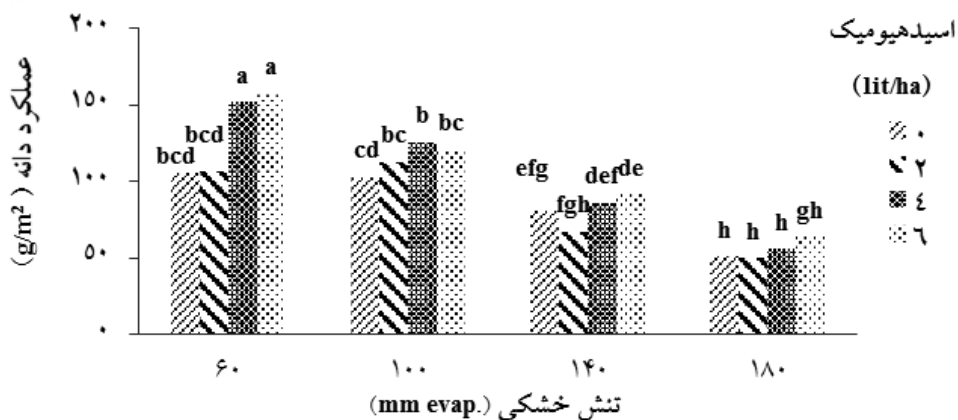
وزن هزاردانه تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثرات متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر این صفت معنی‌دار نبود. با افزایش تنش خشکی از وزن هزار دانه کاسته شد به‌نحوی‌که در تیمار ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۴/۶، ۱۸ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد کاهش وزن داشت (جدول ۲). در طول دوره رشد، تقاضا

به علت حساسیت توسعه گرده‌افشانی و لقاح منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sinaki et al., 2007). گزارش‌های دیگر بر گلرنگ نیز نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شده است (Palizdar et al., 2013; Karimi, 2015). اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد دانه لوبیا لیما معنی‌دار بود به نحوی که استفاده از اسیدهیومیک در شرایط تنش خشکی (۷۰ میلی‌متر تبخیر) باعث افزایش ۴۶ درصدی عملکرد دانه شد (Beheshti et al., 2016).

مختلف تنش خشکی، اسیدهیومیک و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. در مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک، بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) و کاربرد شش و چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک و کمترین عملکرد دانه در تنش ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و در همه سطوح اسیدهیومیک (بدون تفاوت معنی‌دار) به دست آمد (شکل ۳). گلدهی مرحله حساس به تنش آب است که احتمالاً



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدهیومیک بر تعداد طبق در متر مربع در گیاه دانسیاه. (میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه گیاه دانسیاه. (میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)

عملکرد بیولوژیک

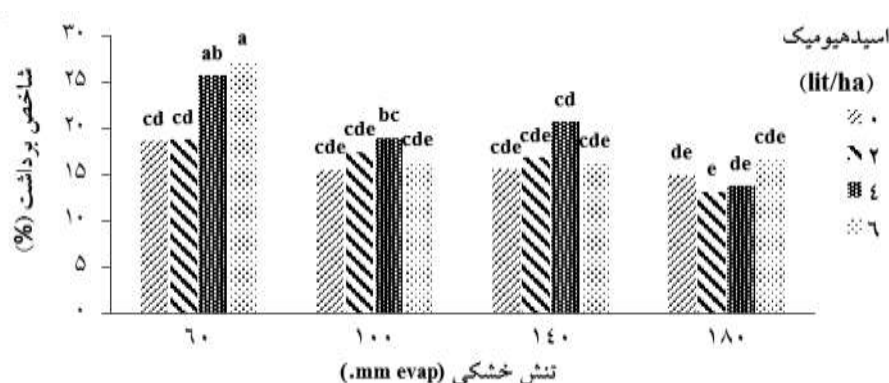
عملکرد بیولوژیک در تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر این صفت معنی‌دار نگردید. با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی، مشخص شد بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک گیاه به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ (بدون اختلاف معنی‌دار با شاهد) و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر با اختلاف ۴۵ درصدی بود (جدول ۲). تنش رطوبتی بر عملکرد بیولوژیک گیاه انیسون در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری شد (Mohammadi Alborzi, 2013).

بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ۶ لیتر در هکتار (بدون اختلاف معنی‌دار با ۴ لیتر) و کمترین آن در تیمار شاهد و ۲ لیتر در هکتار بود (جدول ۲). کل ماده خشک تولیدی معیاری از پتانسیل عملکرد است، لذا عملکرد بیولوژیک در تجزیه و تحلیل کمی رشد و نمو گیاه و همچنین تولید محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجایی‌که کشت گیاهان دارویی به منظور استخراج ماده مؤثره از این گیاهان صورت می‌پذیرد که در کل زیست‌توده گیاه ذخیره می‌گردد، لذا بررسی عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای مورد استفاده و در گیاهان

دارویی اهمیت بررسی این صفت را مضاعف می‌سازد. افزایش عملکرد بیولوژیک با افزایش غلظت اسیدهیومیک به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی برای رشد گیاه عنوان گردید (Ghorbani, 2014). افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک در آزمایش حاضر با نتایج تحقیق بر روی گیاه بابونه آلمانی (Golzadeh, 2012) و در بالنگوی شهری (Saljoughi, 2016) مطابقت دارد.

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و سطوح مختلف اسیدهیومیک و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. معنی‌دار شدن اثرات متقابل اسیدهیومیک و تنش خشکی بر شاخص برداشت نشان داد تأثیر کاربرد اسیدهیومیک بر شاخص برداشت در سطوح مختلف تنش خشکی یکسان نیست. بیش‌ترین شاخص برداشت در تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) با کاربرد شش لیتر در هکتار اسیدهیومیک و کم‌ترین شاخص برداشت (با اختلاف ۴۹ درصدی)، در تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد دو لیتر در هکتار اسیدهیومیک مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدهیومیک بر شاخص برداشت گیاه دان‌سیاه. (میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.)

a, b و کل به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر ملاحظه شد (جدول ۳). مطالعه انجام شده روی گیاه شوید نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a, b و کل داشت که حاکی از کاهش میزان هر سه نوع کلروفیل با کاهش پتانسیل آب بود. تنش خشکی باعث کوچک شدن برگ‌ها و کاهش تعداد پلاست‌های رنگی می‌شود که با طولانی‌تر شدن تنش، برگ‌ها زرد و تعداد برگ‌های موجود در بوته کاهش می‌یابد (Setayeshmehr & Ganjeali, 2013). مقایسه میانگین اثر اسیدهیومیک بر میزان کلروفیل a و کلروفیل کل نشان داد بالاترین غلظت کلروفیل a و کل در سطح شش لیتر در هکتار بود که با تیمار چهار لیتر در هکتار اسیدهیومیک در یک آماری قرار گرفتند و کم‌ترین میزان کلروفیل مربوط به تیمار شاهد (بدون استفاده از اسیدهیومیک) بود. مقدار کلروفیل b با افزایش اسیدهیومیک افزایش یافت، به‌نحوی که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b در تیمارهای چهار و شش لیتر در هکتار به ترتیب با افزایش ۳۳ و ۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد حاصل گردید (جدول ۳).

اسیدهیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Nardi, 2002). اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر روی گیاه بالنگوی شهری، در سطح یک درصد معنی‌دار شد و بیش‌ترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل با کاربرد ۱۵ لیتر اسیدهیومیک و کم‌ترین آن در شرایط تنش شدید و بدون اسیدهیومیک به دست آمد (Saljoughi, 2016).

کلروفیل a, b و کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی بر کلروفیل a, b و کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، تیمارهای مختلف اسیدهیومیک بر کلروفیل b و کل در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل a در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اما اثرات متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر هیچ‌کدام از صفات مذکور تأثیر معنی‌داری نداشت. نتایج مقایسه میانگین تیمار تنش خشکی نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل

جدول ۳. مقایسه میانگین رنگدانه‌های مورد بررسی در گیاه دان‌سیاه تحت تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک

سپوع تنش خشکی (میلی متر تبخیر)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	کاروتنوئیدها (mg/g)
شاهد ۶۰	۰/۳۸۶a	۰/۱۰۷a	۰/۴۹۷a	۳/۰۱a
تنش ملایم ۱۰۰	۰/۳۲۶b	۰/۱۰۳a	۰/۴۲۹b	۲/۲۳b
تنش متوسط ۱۴۰	۰/۲۲۴c	۰/۰۴۸b	۰/۲۷۱c	۲/۱۷b
تنش شدید ۱۸۰	۰/۱۹۲d	۰/۰۴۱b	۰/۲۳۴c	۱/۹۵c
محلول پاشی اسیدهیومیک				
شاهد	۰/۲۶۶b	۰/۰۶۵c	۰/۳۳۱b	۱/۶۲۲b
۲ لیتر در هکتار	۰/۲۷۲b	۰/۰۷bc	۰/۳۴۲b	۱/۶۲۸b
۴ لیتر در هکتار	۰/۲۹۰a	۰/۰۸۴a	۰/۳۷۵a	۲/۹۸a
۶ لیتر در هکتار	۰/۳۰۲a	۰/۰۸۱ab	۰/۳۸۳a	۳/۱۵a

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد به روش LSD می‌باشند.

نتایج آزمایشی روی گیاه همیشه‌بهار میزان کاروتنوئیدها در تیمارهای اسیدهیومیک در غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Allahvirdizadeh & Nazari Deljou, 2014).

پرولین

میزان پرولین به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی، اسیدهیومیک و اثر متقابل آن دو قرار گرفت. مطابق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل اسیدهیومیک و تنش خشکی، بیش‌ترین میزان پرولین در تیمار رطوبتی ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و بدون اسیدهیومیک و کم‌ترین میزان پرولین در تیمار رطوبتی شاهد و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد سطوح مختلف اسیدهیومیک مشاهده شد (شکل ۵).

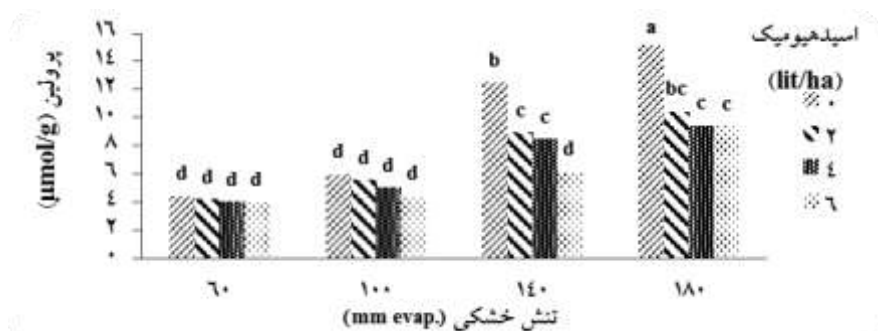
میزان پرولین در تیمار تنش شدید و بدون اسیدهیومیک افزایش ۷۰ درصدی نسبت به شاهد نشان داد. با بررسی اثر تنش خشکی بر میزان پرولین در گیاه دارویی بومادران گزارش شد که با افزایش تنش خشکی میزان پرولین در برگ گیاه افزایش یافته است (Gharibi et al., 2012). تنش‌های اسمزی در گیاهان باعث تولید رادیکال‌های آزاد شده و گیاه برای پاک‌سازی این رادیکال‌های سمی، راهبردهای گوناگونی را به‌کار می‌گیرد که از مهمترین آن‌ها تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه است (Gharibi et al., 2012). در گزارشی در بررسی اثر متقابل اسیدهیومیک و رژیم آبیاری بر میزان پرولین در گیاه دارویی خرفه بیش‌ترین میزان پرولین مربوط به ترکیب تیماری رژیم آبیاری در ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (نسبت به سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و کاربرد ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر (سایر سطوح صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود (Mozaffari et al., 2016). نتیجه این آزمایش با پژوهش‌های روی گیاه چای ترش (Heidari & Khalili, 2014) مطابقت دارد.

اسیدهیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوستترکننده می‌شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد و نیز از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد (Nardi et al., 2002). بیش‌ترین میزان کلروفیل کل بالنگوی شهری در تیمارهای ۱۰ و ۱۵ لیتر در هکتار اسیدهیومیک به‌ترتیب با افزایش ۲۴ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد (بدون اسیدهیومیک) مشاهده شد (Saljoughi, 2016). نتایج این تحقیق با نتایج بر روی گیاه فستوکا (*Festuca arundinacea*) (Rahi et al., 2012) و چای ترش (Heidari & Khalili, 2014) مبنی بر افزایش میزان کلروفیل a و b با استفاده از اسیدهیومیک مطابقت دارد.

کاروتنوئیدها

تأثیر تیمار تنش خشکی و اسیدهیومیک بر میزان کاروتنوئیدها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر میزان کاروتنوئیدها معنی‌دار نگردید. بیش‌ترین میزان کاروتنوئیدها در شاهد (بدون تنش خشکی) و کم‌ترین میزان کاروتنوئیدها در تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد (جدول ۳). در گزارشی کاهش کاروتنوئیدها در اثر تنش خشکی بر روی گیاه رازیانه مشاهده شد (Rezai, 2016). کاهش مقدار کاروتنوئیدها در شرایط تنش، احتمالاً به‌علت تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زآنتین در چرخه زانتوفیل می‌باشد (Kabiri et al., 2014). بیش‌ترین میزان کاروتنوئیدها در تیمار شش لیتر در هکتار اسیدهیومیک و کم‌ترین آن مربوط به تیمار بدون اسیدهیومیک بود (جدول ۳). تیمارهای شش و چهار لیتر در هکتار به‌ترتیب ۴۹ و ۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان دادند. در بررسی اثر اسیدهیومیک روی گیاه چای ترش مشخص شد افزایش اسیدهیومیک باعث افزایش محتوای کاروتنوئیدها گردید (Heidari & Khalili, 2014). براساس

اثر محلول پاشی اسیدهیومیک بر برخی صفات آگرومورفولوژیک و رنگی‌های فتوسنتزی دان‌سیاه تحت تنش خشکی



شکل ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدهیومیک بر میزان پرولین در گیاه دان‌سیاه. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

hydroponic system. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology*, 5(18), 133-142. (In Persian)

- Alloway, B. J. (2004). *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. International Zinc Association (IZA), Belgium.
- Ayas, H. & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Science*, 5(6), 801-804.
- Bates, I.S., Waldern, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- Beheshti, S., Tadayyon, A. & Fallah, S. (2016). Effect of humic acid on the yield and yield components of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 7(2), 175-187. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v7i2.46533>
- Cangi, R., Tarakcioglu, C. & Yasar, H. (2006). Effect of humic acid applications on yield, fruit characteristics and nutrient uptake in ercis grape (*Vitis vinifera* L.) cultivar. *Asian Journal of Chemistry*, 18, 1493-1499.
- Davazdahemami, S. (2009). Introducing the Niger Plant. *Promotional brochure for the media promotion planning office* [Brochure]. Esfahan. Iran.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acid on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Developmen*, Springer Verlag, 25, 183-191.
- Delkhouh, B., Shiranirad, A. H., Nourmohammadi, G. & Darvish, F. (2006). Effect of drought stress on grain yield and chlorophyll in rapese ed cultivars. *Journal of Agricultural sciences*, 12(2), 359-368. (In Persian)

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) و محلول پاشی اسیدهیومیک در سطح شش لیتر در هکتار نتیجه مطلوبی داشت. اگرچه تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گردید اما از سوی دیگر با مصرف اسیدهیومیک اثرات نامطلوب تنش تا حدودی تقلیل یافت. به‌نظر می‌رسد که مصرف اسیدهیومیک به‌صورت محلول پاشی در طی دو مرحله مهم از رشد دان‌سیاه (ورود گیاه به مرحله ساقه‌دهی و گلدهی) از طریق فراهمی رشد سریع‌تر برگ‌ها، افزایش رشد بوته، دوام و ماندگاری برگ‌ها و توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی می‌تواند به تولید بیش‌تر (چه در شرایط آبیاری نرمال و چه در شرایط تنش خشکی) و کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی کمک نماید. کاربرد اسیدهیومیک می‌تواند اثرات تنش خشکی را تخفیف داده و صفات عملکردی را بهبود بخشد، لذا با توجه به قیمت مناسب آن به‌نظر می‌رسد از لحاظ اقتصادی برای کشاورزان قابل توصیه باشد.

منابع

- Allahvirdizadeh, N. & Nazari Deljou, M. J. (2014). Effect of humic acid on morpho-physiological traits, nutrients uptake and postharvest vase life of pot marigold cut flower (*Calendula officinalis* cv. *Crysantho*) in

10. Ferasat, M., Sajedi, N. A. & Mirzakhani M. (2009). Response of agriculture traits to drought stress condition in four safflower genotypes. *New Finding in Agriculture*, 3(1), 67-81. (In Persian).
11. Getinet, A. & Sharma, S. M. (1996). *Niger (Guizotia Abyssinica (L.F.) Cass.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
12. Gharibi, SH., Sayed Tabatabaei, B. E., Saeidi GH., Goli, S. A. & Talebi, M. (2012). Effect of drought stress on some physiological properties and antioxidant activity of *Achillea tenuifolia* lam. *Quarterly Journal of Herbal Drugs*, 3(3), 181-189. (In Persian).
13. Ghasemi, E., Tavakkolo, M. R. & Zabihi, H. R. (2012). Effect of nitrogen, potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. *Agronomy and Plant Breeding*, 8(1), 39-56. (In Persian).
14. Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M., Banayan Aval, M. & Sadeghi Shoaie, M. (2014). Effect of foliar application of humic acid on yield, yield components and growth indices of Maize. *Quarterly Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses in Plant Sciences)*, 5(4), 325-337. (In Persian).
15. Golzadeh, H., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Fazeli, F., Qaderi, A. & Zarinpanjeh, N. (2012). Effect of bio-stimulators compounds on quantitative and qualitative yield of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 1(41), 195-207. (In Persian). <http://jmp.ir/article-1-491-fa.html>.
16. Grattan, S. R. & Grieve, C. M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78, 127-157.
17. Hayes, M. & Clap, C. E. (2001). Humic substances, consideration of composition, aspect of structure and environment influences. *Soil Science*, 166, 723-737.
18. Heidari, M. & Khalili, S. (2014). Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hisbiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(2), 191-199. (In Persian). <https://doi:10.22059/IJFCS.2014.51898>
19. Johnson, R. C., Ngoyen, H. T. & Croy, L. I. (1987). Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 24, 957-962.
20. Kabiri, R., Farahbakhsh, H. & Nasibi, F. (2014). Effect of drought stress on physiological and biochemical characteristic of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant*, 30(4), 600-610. (In Persian). <https://doi:10.22092/IJMAPR.2014.9841>.
21. Karimi, E. (2015). Effect of the humic acid on some of the quantitative and qualitative characteristics on spring types of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. M.Sc. Thesis in Agronomy. Shahrekord. Iran.
22. Kaveh, A. (2015). The interaction between humic acid and water stress on growth, yield components and some of physiological indices of castor bean (*Ricinus communis*). M.Sc. Thesis in Agronomy. Shahrekord. Iran.
23. Khalili Mahalleh, J. & Roshdi, M. (2008). A survey on the impacts of the leaf consumption micro nutrient elements on yield and yield components of 407 corn. *Journal of Agricultural Science*, 13(2), 453-465. (In Persian).
24. Mohammadi Alborzi, M., Safikhani, F., Sinaki, J. M. & Abbaszadeh, B. (2013). The effect of drought stress on dry matter yield and essential oils of Anisum (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Crop Production in Environmental Stress*, 5(1), 11-22. (In Persian).
25. Mohsennia, O. & Jalilian, J. (2013). The effect of plant nutrition on some morphological traits and protein content of safflower under different irrigation regimes. *Journal of Crop Production*, 6(3), 165-176. (In Persian).
26. Mozaffari, S., Khorasaninejad, S. & Gorgini Shabankareh, H. (2016). Effect of irrigation content based on field capacity percent and humic acid on morphophysiological traits on medicinal plant (*Portulaca oleracea* L.). *Journal of Crop Production*, 9(3), 153-175. (In Persian). <https://doi:10.22069/EJCP.2016.10754.1849>.
27. Nardi, S., Pizzoghcloo, D. A., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plant. *Soil Biological and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
28. Odoley, F. O., Odoley, M. O. & Animashaun, M. O. (2007). Effects of nutrient foliar spray on soybean (*Glycin max* L.) growth and yield in south west Nigeria. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35(2), 22-32.
29. Palizdar, M., Delkosh, B., Shiranirad, A. H. & Noormohammadi, G. (2013). Investigation on effects of irrigation regimes and potassium

- content on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(4), 628-645. (In Persian). <https://doi:10.22092/IJMAPR.2013.2915>
30. Rahi, A., Davoodifard, M., Azizi, F. & Habibi, D. (2012). The study examined the effects of different amounts of humic acid and response curves in the *Dactylis glomerata*. *Quarterly Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(3), 15-28. (In Persian).
31. Rezai, Z. (2016). The effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on quantitative and qualitative characteristic of fennel under drought stress conditions. M.Sc. Thesis in Agronomy. Shahrekord. Iran.
32. Riley, K.W. & Belayneh, H. (1989). Niger. In: Robbelen, G., Downey, R. K. & Ashri, A. (Eds), *Oil crops of the world*. New York, pp, 394-403.
33. Salehi, B., Bagherzade, A. & Ghasemi, M. (2010). Impact of humic acid on growth properties and component of three to tomato varieties (*Lycopersicon esculentum* L.). *Agroecology*, 2(4), 640-647. (In Persian). <https://doi:10.22067/jag.v2i4.8802>
34. Saljoughi, A. (2016). Effect of water deficit and different levels of humic acid on the quantitative and qualitative traits of *Lallemantia* (*Lallemantia iberica* L.). M.Sc. Thesis in Agronomy. Shahrekord. Iran.
35. Sarmadnia, GH. H. & Koocheki, A. (1997). *Physiology of stressed crops*. Translated. Mashhad. Iran. Academic Press.
36. Setayeshmehr, Z. & Ganjeali, A. (2013). Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). *Quarterly Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 27(1), 93-106. (In Persian).
37. Sinaki, M., Majidi Heravan, M., Shirani Rad, H., Noormohammadi, G. & Zarei, G. H. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.) American-Eurasian. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2, 417-422.
38. Tadayyon, A. & Beheshti, S. (2016). Effect of foliar applications of humic acid, Iron and Zinc on some characteristics of Niger (*Guizotia abyssinica* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(2), 283-296. (In Persian).
39. Vaseghi, A. (2011). Effects of planting date on quality and quantity characters of black cumin (*Nigella sativa* L.) and niger seed (*Guizotia abyssinica* cass.). M.Sc. Thesis in Agronomy. Zabol. Iran.
40. Villalobos, F. J., Hall, A. J., Ritchie, J. T. & Orgaz, F. (1996). Oil Crop-Sun A development, growth and yield model of sunflower crop. *Agronomy Journal*, 88, 403-415.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 4 ■ Winter 2019

The Effect of Foliar Application of Humic Acid on Some Agromorphological Traits and Photosynthetic Pigments of Niger under Drought Stress

Tahere Shahmirzaee¹, Mohammad Rafieiohossaini^{2*}, Abdolrazagh Danesh Shahraki², Ali Tadayyon³

1. M.Sc. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Received: March 15, 2018

Accepted: June 10, 2018

Abstract

In order to investigate the effect of foliar application of humic acid on Niger (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass) under drought stress, a split-plot experiment has been conducted, based on randomized complete block design with three replications at the research farm of the faculty of agriculture/ Shahrekord University, in 2016. The main factors involve four drought stress levels (60 (the control), 100, 140, and 180 mm evaporation from the evaporation pan) and the subfactor contains four humic acid levels (0, 2, 4, and 6 L.ha⁻¹). Results show that the influence of drought stress and humic acid have been significant on plant height, number of lateral branches, number of head per unit area, 1000 grain weight, grain yield, biological yield, harvest index, chlorophyll, carotenoids, and proline (at 1% level of probability). With the exception of proline, all of the mentioned traits are decreased by drought stress and increased by humic acid. The interaction effect of drought stress and humic acid on the number of head per unit area, crop grain yield, harvest index, proline (at 1% level of probability), and plant height (at 5% level of probability) has been significant. The maximum plant height, number of heads per unit area, grain yield, and harvest index have belonged to the control through the application of humic acid at six L.ha⁻¹, whereas the maximum rate of proline has been observed at the treatment of 180 mm evaporation without application of humic acid. It is recommended to use 100 mm evaporation regime with application of humic acid at 4 L.ha⁻¹ for more economic profit. The experiment shows that foliar application of humic acid under drought stress conditions could be effective in reducing stress-induced damages, during the plant growth period.

Keywords: Chlorophyll, grain yield, harvest index, proline, thousand grain weight