

تأثیر تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک بر عملکرد کمی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر معدنی دانه آفتابگردان

مصطفی حیدری^{۱*} و احمد پایدار^۲، مهدی برادران فیروزآباد^۱ و محمد عابدینی اسفهلانی^۳

۱-دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲-دانشجوی سابق دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود،

۳-استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود

(تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۲)

چکیده

در یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌های آلی همانند اسید هیومیک، کمترین آسیب را به محیط زیست وارد می‌کند و در عین حال با فعالیت شبه هورمونی خود، جذب آب، مواد معدنی و در نهایت عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد. به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد کمی و برخی خصوصیات کیفی آفتابگردان رقم هیبرید فرخ، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح: شاهد (اعمال ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، تنش ملایم (اعمال ۸۰ درصد نیاز آبی) و تنش زیاد (اعمال ۶۰ درصد نیاز آبی) به عنوان فاکتور اصلی و کاربرد اسید هیومیک در پنج سطح شامل: شاهد (عدم مصرف)، محلول‌پاشی با دو غلظت ۱/۵ و ۳ گرم اسید هیومیک در لیتر آب و مصرف خاکی با دو میزان ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور فرعی لحاظ شدند. نتایج نشان داد تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۴۵/۵ درصد، وزن هزار دانه (۲۶/۷ درصد)، قطر طبق (۲۳/۳ درصد)، قطر ساقه (۲۵/۹ درصد)، عملکرد بیولوژیکی (۴۴/۶ درصد)، درصد فسفر دانه (۱۶/۲)، مقادیر کلروفیل b (۵۰/۷) و کاروتنوئید در برگ به میزان ۲۹/۸ درصد شد. در این بین استفاده از اسید هیومیک در هر دو شکل محلول‌پاشی و خاک مصرف با تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته، قطر طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی درصد، مقادیر کلروفیل a و درصد عناصر فسفر و پتاسیم در دانه، سبب افزایش این صفات شد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که اسید هیومیک می‌تواند سبب کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر آفتابگردان شود. در وهله اول مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم در هکتار و در وهله دوم محلول‌پاشی ۱/۵ گرم اسید هیومیک در لیتر آب از بیشترین کارایی در بهبود عملکرد برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، اسید هیومیک، تنش خشکی، عناصر معدنی، پارامترهای فیزیولوژیکی

The Effect of drought stress and application of humic on quantitative yield, photosynthetic pigments, and mineral nutrients content in sunflower seeds

Mostafa Heidari^{1*}, Ahmad Paydar², Mehdi Baradarn Firozabad¹ and Mohammad Abedinin Esfahati³

¹ Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Shahrood University of Technology

² M.Sc. Student, Agricultural College, Shahrood University of Technology

³ Assistant Professor of Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center of Semnan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood

(Received: June 13, 2018 - Accepted: November 3, 2018)

ABSTRACT

In a sustainable agricultural system, the utilization of organic matters such as humic acid had the minimum damage to the environment and with its hormonal like activity; it can absorb water, mineral nutrients, and ultimately increase crop yields. To investigate the effect of humic acid on quantitative yield and some qualitative characteristics of sunflower (Var. Farrokh Hybrid) under drought stress, a split-plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at Shahrood Agricultural Research Center, Shahrood, Iran. Treatments were three levels of drought stress: control (irrigation by 100% water requirement), mild stress (irrigation by 80% water requirement) and high tension (irrigation by 60% water requirement) as the main plots and five levels of humic acid: control (no humic acid), two concentrations of foliar application (1.5 and 3 gr/ liter

of water), two levels of field application (15 and 30 kg/ha) as a subplots. Results showed that drought stress reduced grain yield (45.5%), 1000-seed weight (26.7%), head (23.3%) and stem diameters (25.9%), biological yield (44.6%), seed phosphorus (16.2%), and leaf chlorophyll "b" (50.7%) and carotenoids (29.8%). Foliar and soil applied humic acid had significant effects on plant height, head diameter, grain yield, biological yield, chlorophyll "a," and P and K percentages in seeds and increased them. According to the results, it can be concluded that the application of humic acid can reduce the effects of drought stress on sunflower. At first, the application of 30 kg/h of humic acid and next, 1.5 gr humic acid /liter of water had the highest efficiency in improving the sunflower yield under water stress conditions.

Keywords: Sunflower, humic acid, drought stress, nutrient elements, physiological parameters.

مقدمه

نتایج بررسی آنها نشان داد که در طی بروز تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها از عملکرد دانه، وزن دانه در طبق، وزن صد دانه و قطر طبق گیاه آفتابگردان کاسته شد. امروزه با توجه به ملاحظات زیست محیطی، استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج پیدا کرده است. اسید هیومیک یکی از این ترکیبات است. مقادیر بسیار کمی از این اسید اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و نیز بیولوژیکی خاک داشته، به سبب وجود ترکیبات شبه هورمونی در آن اثرات مفیدی در افزایش تولید محصولات کشاورزی دارد. باروری خاک به شدت به مواد آلی وابسته است. اسید هیومیک با کلات کردن عناصری از جمله فسفر و نیتروژن سبب افزایش جذب این عناصر غذایی شده و باروری خاک و تولید گیاهان را افزایش می‌دهد (Harper *et al.*, 2000).

Taher *et al.* (2011) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات سطوح مختلف اسید هیومیک بر روی گندم پرداختند. آنها گزارش کردند سطوح مختلف اسید هیومیک موجب اختلاف معنی‌داری در وزن ساقه، ارتفاع بوته و نیز میزان جذب نیتروژن در گندم شد. همچنین نتایج آنها نشان داد اسید هیومیک موجب بهبود افزایش عناصر مس و روی، فسفر، پتاسیم و منیزیم گردید. همچنین کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد در گیاهان سویا، بادام زمینی، ذرت و گلرنگ شده است (Kamsefidi & Arvin, 2011). مواد هیومیکی به سبب افزایش جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم موجب بهبود رشد و همچنین سبب کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان می‌شوند. لذا بر رشد آنها در شرایط تنش خشکی اثر گذار است (Taghadosi *et al.*, 2012). Ayas & Gulser (2005) گزارش کردند که هیومیک اسید از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد بیولوژیک در

کشور ما دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است و کمبود آب یکی از مشکلات اساسی در تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود، از اینرو وقوع تنش خشکی در دوره های مختلف رشد گیاهان امری اجتناب ناپذیر است (Babaeian *et al.*, 2009). واکنش گیاهان به تنش خشکی می‌تواند به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیکی متعددی باشد. از آن جمله می‌توان به تغییر در غلظت کلروفیل، میزان هدایت روزنه ای برگها و نیز تغییردر محتوای رطوبتی نسبی آب برگها اشاره کرد (Heidari, 2016).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گیاهی است یکساله از خانواده Asteraceae که بصورت بوته‌ای استوار رشد می‌کند. آفتابگردان پس از سویا، کلزا و بادام زمینی نقش مهمی در تولید روغن گیاهی دارد. Jafarzadeh-Kenadsari & Postini (1998) گزارش کردند که بروز تنش خشکی در مرحله گلدهی و گرده افشانی باعث کاهش عملکرد دانه آفتابگردان می‌شود. (Khomri (2004) گزارش کرد که محدودیت آب منجر به کاهش تعداد گلچه های بارور و به دنبال آن کاهش تعداد دانه‌های پر در طبق شده و در نهایت موجب کاهش عملکرد آفتابگردان می‌شود. بروز تنش خشکی باعث بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک می‌شود. این امر تا حدی موجب کاهش میزان جذب عناصر غذایی می‌شود (Grattan & Grieve, 1999). لذا با مصرف مقادیر مناسبی از عناصر غذایی چه از طریق خاک یا محلول‌پاشی می‌توان تا حدی شرایط رشد و نمو را بهبود بخشید و از بروز اثرات سوء تنش بر گیاهان کاست.

براساس مطالعات Flagella *et al.* (2002) مراحل گلدهی و پر شدن دانه در آفتابگردان بیشترین حساسیت به تنش خشکی را دارند. در این مراحل تعداد دانه، وزن صد دانه و کیفیت روغن تا حد زیادی تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرند.

طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۴۹ متر از سطح دریا اجرا گردید. از نظر اقلیمی شاهرود جزء مناطق گرم و خشک و با زمستانی سرد است. براساس آمار ایستگاه هواشناسی میانگین بارندگی سالانه آن بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی متر، که معمولا در فصل پاییز و بهار به وقوع می پیوندد. نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

این آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی در سه سطح شاهد ($W_1 = 100\%$ درصد نیاز آبی)، تنش ملایم ($W_2 = 80\%$ درصد نیاز آبی) و تنش شدید ($W_3 = 60\%$ درصد نیاز آبی) به عنوان عامل اصلی و کاربرد اسید هیومیک در پنج سطح شامل: H_1 = شاهد (عدم مصرف)، H_2 = مصرف به صورت محلول پاشی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر آب، H_3 = مصرف به صورت محلول پاشی با غلظت ۳ گرم در لیتر، H_4 = مصرف به صورت خاکی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار مطابق توصیه تولید کننده و H_5 = مصرف به صورت خاکی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار (دو برابر میزان توصیه شده) به عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. در این آزمایش از اسید هیومیک ۸۰ درصد با نام هیومکس، ساخت شرکت کشاورزی هامون استفاده شد.

مزرعه آزمایشی از سه سال قبل بصورت آیش بود، در زمان آماده سازی ابتدا توسط گاو آهن برگرداندار شخم و سپس برای نرم کردن کلوخه‌ها دوبار دیسک زده شد. در پایان توسط فارو، جوی و پشته‌هایی به فاصله ۶۰ سانتی متر در مزرعه ایجاد گردید. عملیات کاشت در ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۴ بصورت کپه ای انجام گرفت. جهت اطمینان از پوشش سبز مناسب، در هر کپه تعداد ۳ عدد بذر قرار داده شد. بعد از سبز شدن در مرحله چهار برگی تنک و به یک بوته در هر کپه رسانده شدند. ابعاد هر کرت ۳×۴ متر، فاصله روی ردیف‌ها ۲۰ سانتیمتر و فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتیمتر در نظر گرفته شدند. در این آزمایش رقم هیبرید فرخ مورد بررسی قرار گرفت. جهت اعمال تیمار اسید هیومیک بصورت خاک مصرف، مقادیر مورد نیاز براساس تیمارهای آزمایش برای هر کرت براساس نقشه طرح محاسبه و قبل از کاشت با خاک مخلوط شدند. اما برای محلول پاشی، اولین مرحله محلول پاشی در مرحله ۱۰-۸ برگی گیاه و دومین مرحله، ۴۵ روز.

اسفناج می‌شود. هیومیک اسید باعث افزایش جذب عناصر غذایی، نفوذپذیری سلولی و سرعت بخشیدن به فرآیندهای تنفس در بسیاری از گونه‌های گیاهان عالی می‌شود. همچنین جوانه‌زنی بسیاری از گونه‌های گیاهی به وسیله آن تحریک می‌شود (Shahsavani Markadeh & Chamani, 2014). اسید هیومیک می‌تواند بطور مستقیم اثرات مثبتی بر رشد گیاهان بگذارد. رشد بخش هوایی و ریشه گیاهان توسط اسید هیومیک تحریک می‌شود ولی اثر آن روی ریشه برجسته تر است. در مطالعه‌ای کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک منجر به اختلاف معنی‌داری در وزن ساقه و ارتفاع بوته در گیاه گندم شد (Bulent Asik et al., 2009). از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف همانند 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 نیز آغازش ریشه‌های جانبی می‌شود (Aiken et al., 1985). اسید هیومیک و اسید فولویک از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و غیره استخراج می‌شوند که در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت‌اند. اسید هیومیک سبب افزایش رشد، افزایش جذب عناصر، تولید ریشه، افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری و بهبود تنفس و نیز افزایش آنتی اکسیدانت‌ها می‌شود (Cacco et al., 2000).

اگرچه تاکنون تحقیقات وسیعی در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات موفولوژی، فیزیولوژیکی و نیز عملکرد گیاهان زراعی از جمله آفتابگردان صورت گرفته (Babaeian et al., 2009) اما رفتار آنها در شرایط تنش خشکی و در طی استفاده از مقادیر مختلف اسید هیومیک به دو صورت خاک مصرف و محلول پاشی بصورت همزمان تا حدی مشخص نیست. لذا هدف از این تحقیق، مطالعه تأثیر تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک به دو صورت محلول پاشی و خاک مصرف بر عملکرد کمی و برخی خصوصیات کیفی گیاه آفتابگردان، رقم هیبرید فرخ در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در خرداد ماه ۱۳۹۴ در مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود واقع در کیلومتر ۳ جاده شاهرود - بسطام با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتیمتری
Table 1. Some physico-chemical properties of the soil in the depth of 0-30 cm

Soil texture	Sand	Clay	Loam	Potassium	Phosphorus	Nitrogen	pH	Electrical Conductivity (dS/m)
	%			ppm		%		
Loam Sandy	45	23	32	150	16	0.05	7.9	1.4

104(mg chl. b)/227

$V =$ حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفوژ)

$A =$ جذب نور در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

$W =$ وزن تر نمونه بر حسب گرم

در پایان داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام و برای رسم نمودارها و جداول از برنامه EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد تنش خشکی و تیمار اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه آفتابگردان داشتند. اما اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، با بالا رفتن سطح تنش از W_1 به W_3 ، عملکرد دانه به میزان ۴۵/۵ درصد کاسته شد، بالاترین عملکرد به مقدار ۵۲۴۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد و مقادیر ۳۰۲۸/۵ و ۲۸۰۴/۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار W_2 و W_3 بودند (جدول ۳).

(Human *et al.* 1990) اعلام کردند بروز تنش خشکی در مراحل گلدهی، گرده‌افشانی و دانه بندی باعث بیشترین کاهش عملکرد دانه در آفتابگردان می‌شود. اعمال تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی با ایجاد اختلال در روند پر شدن دانه‌ها، سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود. (Gomes-Sanchez *et al.* 2000). گزارش کردند تنش خشکی در مراحل رشد رویشی منجر به کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز در آفتابگردان می‌شود اما عمده کاهش عملکرد در طی بروز تنش خشکی در مرحله گلدهی رخ می‌دهد. (Yegappan *et al.* 1996) گزارش کردند تنش خشکی سبب پیری زودرس برگها، کاهش

بعد از مرحله اول در اوایل صبح بین ساعت ۸-۶ صبح صورت گرفت. سیستم آبیاری در این پژوهش به روش قطره‌ای با نوارهای آبیاری تیپ (Tape) بود. لوله‌های تیپ با فاصله خروجی ۳۰ سانتی‌متر و آبدهی هر روزنه ۱/۵ لیتر در ساعت انتخاب شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از اتمام عملیات کاشت و همچنین اتمام شبکه آبیاری که مجموعاً سه روز به طول انجامید، صورت گرفت. پس از جوانه‌زدن بذر و استقرار گیاه در مرحله چهار برگی، تنک مزرعه انجام و با برآورد نیاز آبی گیاه و با توجه به پارامترهای مختلف و استفاده از نرم افزار OPTIWAT اندازه گیری مقدار آب آبیاری محاسبه گردید و با استفاده از کنتور حجمی و شیر فلکه های فرعی ابتدای خط کاشت، اعمال تنش انجام شد.

پس از رسیدگی نهایی و برداشت، برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و طبق، بوته های واقع در یک متر مربع وسط هر کرت برداشت و اندازه‌گیری های لازم بر روی آنها صورت گرفت. جهت تعیین درصد عناصر فسفر و پتاسیم دانه از روش خاکستری خشک استفاده شد. مقادیر پتاسیم (Edward, 1999) با استفاده از دستگاه فلم‌فتومتر و فسفر (Jackson, 1962) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند. درصد نیتروژن دانه نیز از روش کجلدال اندازه‌گیری شد. همچنین درصد روغن دانه با دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد.

جهت سنجش مقادیر کلروفیل برگ، در مرحله پایان دوره گلدهی، نمونه‌هایی از بافت سبز جوان‌ترین برگ‌ها برداشت و از روش (Arnon 1967) و با استفاده از روابط زیر مقادیر کلروفیل a و b و کارتنوئید محاسبه شدند.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A_{663} - 0.86 * A_{645}) / 100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A_{645} - 3.6 * A_{663}) / 100W$$

$$\text{Carotenoids} = 100(A_{470}) - 3.27(\text{mg chl. a}) -$$

بر گندم، بیان کردند با افزایش مقدار مصرف این ماده، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. به طوری که بیشترین مقدار این صفت با کاربرد ۳۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد.

Rahimi *et al.* (2016) در بررسی محلول پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا گزارش کردند که محلول پاشی اسید هیومیک تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر و در سه مرحله استقرار گیاه، ساقه رفتن و نیز شروع گلدهی با بهبود اجزای عملکرد دانه همانند تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و نیز میزان بیوماس تولیدی سبب افزایش عملکرد دانه شد.

تعداد برگ، قطر طبق، سطح برگ، وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد در دانه آفتابگردان می‌شود.

در این آزمایش تیمار اسید هیومیک نیز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. در این میان بالاترین عملکرد دانه در درجه اول از مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار و در درجه دوم از محلول پاشی ۱/۵ گرم اسید هیومیک در لیتر آب حاصل شد و به ترتیب از افزایشی معادل ۳۴/۲ و ۲۵/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد برخوردار بودند (جدول ۳). اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و نیز افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث بهبود فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Nardi *et al.*, 2002). Sabzevary *et al.* (2009) در بررسی اثر محلول پاشی مقادیر مختلف اسید هیومیک

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد، وزن هزار دانه، درصد روغن، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر غذایی در آفتابگردان تحت تنش خشکی و مصرف اسید هیومیک

Table 2. The Analysis of variance for grain yield, the thousand seed weight, essential oil, photosynthesis pigments and nutrient content in sunflower under drought stress and humic acid application

Treatment	df	Plant Height	Grain Yield	Biological Yield	1000 Seed Weight	Stem Diameter	Head Diameter	Essential Oil	Nutrient elements			Photosynthesis Pigments		
									Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Chlorophyll "a"	Chlorophyll "b"	Carotenoid
Replication	2	1409 ^{ns}	3076281*	20481715**	*194	5.6 ^{ns}	6.9 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.8 ^{ns}	0.008**	0.006 ^{ns}	0.047 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.21 ^{ns}
Water stress	2	3132.1 ^{ns}	27330774**	185448774**	**1356	**1093	65.2**	3.5*	0.79 ^{ns}	0.007**	0.144 ^{ns}	0.304 ^{ns}	0.45**	1.006*
Error a	4	872.7	313559	1241531	23	8.36	5.6	0.38	0.73	0.0005	0.008	0.126	0.02	0.11
Humic acid	4	**1361	2616810**	18807583**	^{ns} 15	5.1 ^{ns}	23.1**	49.9**	0.5 ^{ns}	0.412**	0.483**	1.1**	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Water stress*Humic acid	8	^{ns} 358.9	704881 ^{ns}	4146065 ^{ns}	48 ^{ns}	1.5 ^{ns}	3.1 ^{ns}	1.3*	0.6 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.121 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Error b	24	274.3	410445	3779624	26.1	2.7	1.6	0.54	0.65	0.007	0.008	0.0577	0.01	0.07
%CV		12.9	17.3	17.7	11.1	9.3	8.5	2.1	15.6	6.4	6.5	15.4	24.3	19.8

ns, * and **: Non- significant, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

بودند (جدول ۳).

Lebaschy & Sharifi Ashorabadi (2003) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاهان دارویی اسفرزه، بومادران، مریم گلی، همیشه بهار و بابونه گزارش کردند که با کاهش میزان قابلیت دسترسی این دسته از گیاهان به آب، از وزن اندام‌های هوایی، ارتفاع بوته‌ها و عملکرد دانه آنها کاسته می‌شود. (Sreevalli *et al.* (2001) نیز اظهار کردند کاهش میزان عملکرد تولیدی در طی بروز تنش خشکی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی باشد.

عملکرد بیولوژیکی

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تیمار تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی و وزن هزار دانه داشت. در این بین تیمار اسید هیومیک به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی داشت. در دو صفات مورد بررسی فوق، اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نبودند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، با افزایش سطح تنش از W₁ به W₃ از میزان عملکرد بیولوژیکی و وزن هزار دانه کاسته شد. این میزان کاهش در سطح W₃ نسبت به تیمار شاهد به ترتیب معادل ۴۴/۶ و ۲۶/۷ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد و وزن هزار دانه، درصد روغن، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر غذایی در آفتابگردان

Table 3. The Mean comparisons for the effects of drought stress and humic acid application on grain yield, the thousand seed weight, essential oil, photosynthesis pigments and nutrients content in the sunflower

Treatment	Plant Height (cm)	Grain Yield (Kg/ha)	Biological Yield (Kg/ha)	1000 Seed Weight (g)	Stem Diameter (cm)	Head Diameter (cm)	Essential Oil %	Nutrient elements			Photosynthesis Pigments		
								Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Chlorophyll "a"	Chlorophyll "b"	Carotenoid
								(%)			(mg/g Fresh Weight)		
Drought stress													
W ₁	144.6a	5246a	14918.7a	56.8a	20.4a	17.1a	35.8a	5.0327a	1.7140a	1.64667a	1.9511a	0.69a	1.64a
W ₂	118.7a	3028.5b	9620.7b	39.5b	17.3b	13.9b	36.5b	5.0720a	1.6720a	1.82133a	1.3289a	0.49b	1.25b
W ₃	120.5a	2804.5b	8265c	41.4b	15.1b	13.1b	35.5b	5.4507a	1.4353a	1.72200a	1.4616a	0.34b	1.15b
Humic acid													
H ₁	267.1b	2889.6c	9160.1c	46.9a	16.6b	12c	33.2e	5.3411a	1.15d	1.12c	1.23c	0.639a	1.45a
H ₂	127.7a	3816.3ab	10091.7bc	45.1a	17.5ab	15.08ab	33.9d	5.0711a	1.26c	1.41b	1.48b	0.56a	1.43a
H ₃	130.8a	3606.4b	11182.9ab	44.4a	18.5a	15.5ab	36.5c	5.5178a	1.39b	1.44b	2.15a	0.62a	1.516a
H ₄	138.6a	3760.1b	11211.7ab	45.6a	17.4ab	14.7b	37.7b	5.0533a	1.37b	1.38b	1.46b	0.55a	1.41a
H ₅	135.3a	4393.3a	13027.8a	47.7a	18.1a	16.1a	38.6a	4.9422a	1.72a	1.76a	1.45bc	0.54a	1.33a

Means, in each column and for each treatment, followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level- using LSD Test

کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه در آفتابگردان می‌شوند. محققان به کاهش وزن هزار دانه ناشی از تنش رطوبتی در گیاه آفتابگردان اشاره داشته‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Heidari & Karami, 2013).

ارتفاع بوته، قطر ساقه و طبق

تیمار تنش خشکی بجز ارتفاع بوته، تأثیر معنی‌داری بر قطر ساقه و قطر طبق داشت. در این بین، تیمار اسید هیومیک به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر قطر طبق داشت. اثر متقابل این دو تیمار نیز تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌کدام از صفات نداشت (جدول ۲). با افزایش سطح تنش از ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W₁) به ۶۰ درصد نیاز آبی (W₃) از میزان قطر ساقه و طبق کاسته شد. این میزان کاهش در سطح W₃ نسبت به تیمار شاهد به ترتیب معادل ۲۵/۹ و ۲۳/۳ درصد بودند (جدول ۳).

کاربرد اسید هیومیک در این آزمایش با تأثیر مثبت بر صفات ارتفاع بوته و قطر طبق، سبب افزایش آنها شد. در بین تیمار اسید هیومیک، بیشترین میزان افزایش در درجه اول مربوط به مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار و در درجه دوم محلول‌پاشی ۱/۵ گرم اسید هیومیک لیتر آب بود (جدول ۳).

استفاده از اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی باعث افزایش ظرفیت فتوسنتز و محتوای آب برگ و افزایش متابولیسم ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گندم می‌شود. این امر موجب بهبود رشد و افزایش ارتفاع بوته و نیز صفات مرتبط با رشد گیاه می‌شود (Fu Jiu et al., 1995)

کاربرد اسید هیومیک در این آزمایش با تأثیر مثبت بر عملکرد بیولوژیکی، سبب افزایش آن شد. در بین تیمار اسید هیومیک، بیشترین میزان افزایش در درجه اول مربوط به مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار و در درجه دوم محلول‌پاشی ۱/۵ گرم اسید هیومیک لیتر آب بود (جدول ۳). Ahmad & Jabeen (2009) گزارش کردند که کاربرد کود آلی باعث افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه و عملکرد بیولوژیکی آفتابگردان شد. Dursun et al. (2002) نشان دادند کاربرد اسید هیومیک به صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی قادر است عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی را به طور معنی‌داری افزایش دهد. (Ayas & Gulser (2005) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد بیولوژیکی اسفناج می‌شود. Ghorbani et al. (2010) نیز بیان کردند که با افزایش مصرف اسید هیومیک عملکرد بیولوژیکی ذرت افزایش می‌یابد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد در بن تیمارهای آزمایش، تنها تیمار تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت (جدول ۲)، با افزایش سطح تنش از W₁ به W₃ از وزن هزار دانه کاسته شد این میزان کاهش معادل ۲۶/۷ درصد بود (جدول ۳). Omid Ardali & Bahrani (2011) بیان کردند تنش خشکی با کوتاه کردن طول دوره پر شدن دانه، سبب

عناصر معدنی دانه

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۲ نشان داد، تیمار تنش خشکی بجز نیتروژن و پتاسیم تنها تأثیر معنی‌داری بر میزان فسفر دانه داشت و تیمار اسید هیومیک تنها، تأثیر معنی‌داری برای مقادیر پتاسیم و فسفر دانه داشت. اما عناصر معدنی دانه و اثر متقابل دو تیمار بر هیچکدام تأثیر معنی‌داری نداشتند.

مقایسه میانگین داده‌های فسفر دانه در سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد با افزایش سطح تنش از W_1 به W_3 ، از میزان فسفر دانه کاسته شد. اعمال تنش خشکی باعث کاهش فسفر دانه شد، به طوری که بالاترین مقدار $1/7140$ درصد متعلق به تیمار شاهد و کمترین آن به میزان $1/4353$ درصد مربوط به تیمار W_3 بود که از کاهش معادل $16/26$ درصد برخوردار بود.

مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، همانند جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به وسیله پدیده اسمز همگی، تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک است. در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر می‌شود (Taiz & Ezeiger, 1998). برخی از سیستم‌های انتقالی عناصر همانند انتشار، به مقدار رطوبت کمتری جهت جذب عناصر غذایی نیازمند بوده، حتی با کاهش رطوبت تا آستانه بحرانی نیز روند جذب و انتقال بعضی از عناصر غذایی در این سیستم می‌تواند ادامه یابد. اما مکانیسم‌های دیگر جذب از جمله جریان توده‌ای، وابستگی زیادی به مقدار رطوبت دارند. در صورت کاهش رطوبت، عناصری که به وسیله این جریان انتقال می‌یابند، روند جذب منفی خواهند داشت (Taiz & Ezeiger, 1998). در بررسی واکنش گیاه لوبیا به خشکی در شرایط تنش خشکی، مشخص شد توانایی جذب فسفر توسط ریشه‌های این گیاه کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش، کم شدن قابلیت تحرک فسفر در خاک‌هایی با محتوای پایین آب است (Hadidi, 1999). مقایسه میانگین داده‌های این آزمایش نشان داد با کاربرد اسید هیومیک مقادیر فسفر و پتاسیم دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). با افزایش مصرف اسید هیومیک در هر دو

صورت کاربرد آن، مقادیر فسفر و پتاسیم دانه افزایش یافت. در این بین بیشترین افزایش در مورد این دو عنصر از مصرف خاکی 30 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در درجه اول و محلول‌پاشی 3 گرم اسید هیومیک در لیتر آب در درجه دوم حاصل شد. میزان افزایش پتاسیم در مصرف خاکی 3 کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار نسبت به تیمار شاهد برای پتاسیم و فسفر به ترتیب معادل $36/6$ و $33/1$ درصد و در روش محلول‌پاشی 3 گرم اسید هیومیک در لیتر به ترتیب معادل $22/2$ و $20/8$ درصد بودند (جدول ۳).

پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای گیاه است که در بسیاری از فعالیت‌های گیاه همانند جذب آب و حفظ پتانسیل اسمزی سلول نقش دارد. مطالعات نشان از اثرات مثبت اسید هیومیک بر جذب عناصر غذایی و محتوای فسفر، منیزیم، آهن و پتاسیم در گیاهان دارد (Jones et al., 2004). (Laila & Elbordiny 2009). بیان کردند که جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاه و دانه گندم با محلول‌پاشی اسید هیومیک در مقایسه با شاهد افزایش یافت. براساس تحقیقات Osman et al. (2013). محلول‌پاشی اسیدهای آلی (اسید هیومیک و اسید فولویک) به طور قابل توجهی محتوای عناصر دانه برنج (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را افزایش داد. اسید هیومیک به دلیل اسیدی بودن مستقیماً می‌تواند عناصر مختلف را از مواد معدنی آزاد کرده، به خود جذب کرده و در زمان مناسب در اختیار ریشه قرار دهد. به علاوه اسید هیومیک محرک رشد میکروارگانیسم‌های مفید خاک نظیر قارچ‌ها نیز هست که قادر به هوادیده کردن فازهای معدنی و آزاد سازی عناصر غذایی از جمله پتاسیم هستند (Glowa et al., 2003). بنابراین به نظر می‌رسد در مصرف اسید هیومیک به علت افزایش سطح ریشه گیاه و همچنین افزایش پتاسیم محلول در خاک از طریق تحریک فعالیت‌های میکروبیولوژیکی به خاطر مصرف اسید هیومیک و ثانیاً افزایش طول ریشه، محتوای پتاسیم دانه افزایش یابد (Anderson et al., 1984).

Nardi et al. (2002) بیان کردند که اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش

تغییر در درصد روغن شد و این تغییر تا حدی با افزایش همراه بود، اما حضور اسید هیومیک نیز در شرایط تنش خشکی بر میزان و درصد آن افزود (شکل ۱). یکی از دلایل آن می‌تواند مربوط به نقش مثبت اسید هیومیک در بهبود جذب عناصر معدنی باشد (Glowa et al., 2003).

رنگدانه های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد تیمار تنش خشکی تأثیر معنی داری بر کلروفیل a نداشت در حالیکه مقادیر کلروفیل b و کارتنوئید تحت تأثیر معنی دار تنش خشکی قرار گرفتند. در این بین تیمار اسید هیومیک به تنهایی بر میزان کلروفیل a تأثیر معنی داری داشت. در این آزمایش، اثر متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک نیز بر مقادیر هیچکدام از رنگدانه های فتوسنتزی برگ، معنی دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش از W_1 به W_3 کلروفیل b و کارتنوئید به ترتیب به میزان $50/7$ و $29/8$ درصد کاسته شد (جدول ۳). (Zarco- Tejada et al. (2000). برگ را یکی از مهمترین شاخص های نشان دهنده تأثیر تنش های محیطی بر گیاه دانستند و معتقدند مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و باعث کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود. (Ward et al. (1992 گزارش کردند پس از تنش خشکی محتوای کلروفیل در برگهای ارقام حساس کلزا کاهش، اما در ارقام مقاوم افزایش یافت.

Agastian et al. (2000) کاهش در میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید تحت تنش خشکی و شوری را با توجه به کمبود آب و عمدتاً به دلیل آسیب به کلروپلاست توسط گونه های اکسیژن فعال می‌دانند. آنها بیان کردند در شرایط تنش خشکی گونه های فعال اکسیژن افزایش یافته، این امر سبب پراکسیداسیون و در نهایت تجزیه کلروفیل در برگها می‌شود. (Manivanna et al. (2008 در بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که خشکی بطور قابل ملاحظه ای از میزان رنگدانه های فتوسنتزی برگ (کلروفیل a و b) می‌کاهد.

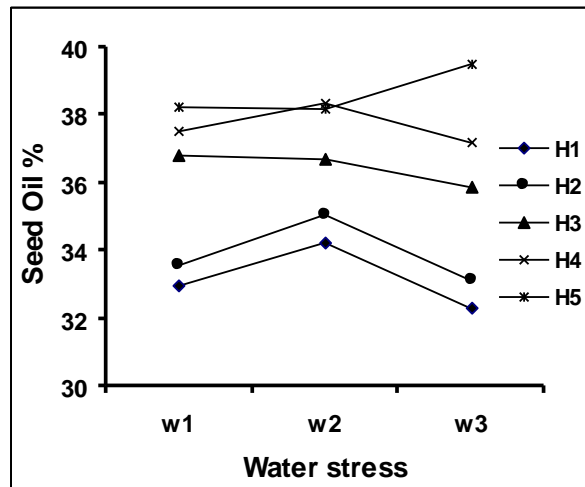
متابولیسم در درون سلولها و همچنین از طریق بالا بردن میزان کلروفیل در برگها سبب ماندگاری بیشتر برگها شده، از اینرو جذب عناصر غذایی را بهبود می‌دهند

درصد روغن دانه

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد، اثر متقابل تیمار تنش خشکی و اسید هیومیک تأثیر معنی داری بر درصد روغن دانه داشت. مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد (شکل ۱)، در شرایط تنش خشکی کاربرد اسید هیومیک به دو صورت مصرف خاکی و نیز محلول‌پاشی، سبب افزایش درصد روغن دانه شد. در این شرایط مصرف خاکی اسید هیومیک از تأثیر بالاتری برخوردار بوده و بیشترین درصد روغن در شرایط تنش خشکی، از مصرف ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار حاصل شد. اگر چه در بین سطوح مصرف خاکی اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی داری مشاهده نشد، اما بیشترین درصد روغن مربوط به تیمار مصرف خاکی ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار و اعمال ۶۰ درصد نیاز آبی (H_5W_3) بود (شکل ۱). در بین تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز به طور میانگین، سطح ۳ گرم اسید هیومیک در لیتر، از افزایشی معادل $2/55$ درصد نسبت به سطح سطح $1/5$ گرم اسید هیومیک در آب در زمان اعمال تنش خشکی ۶۰ درصد نیاز آبی (W_3) برخوردار بود.

اسیدهای چرب غیر اشباع لینولئیک و اولئیک حدود ۹۰ درصد از کل اسیدهای چرب روغن آفتابگردان را تشکیل و باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای آن می‌شوند. آفتابگردان با توجه به کیفیت مطلوب روغن و همچنین واکنش مطلوبی که در شرایط نامساعد محیطی مثل تنش خشکی از خود نشان می‌دهد، از جایگاه ویژه ای در تناوب های زراعی برخوردار است. در مورد تأثیر تنش خشکی بر درصد روغن گیاهان روغنی گزارش‌های متفاوتی ارائه شده است. برخی از محققان کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی را جزئی گزارش کردند (Johnston & Wax, 1978). (Farokhinia et al. (2011 نیز گزارش کردند درصد روغن تحت تأثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد.

در این آزمایش اعمال تنش خشکی هر چند سبب



شکل ۱- اثر متقابل خشکی و اسید هیومیک بر درصد روغن دانه

Figure 1. The Interaction between drought stress and humic acid application essential oil

$W_1 = 100\%$ درصد نیاز آبی، W_2 و $W_3 = 80\%$ و 60% درصد نیاز آبی

H_1 = شاهد، H_2 و H_3 = محلول پاشی $1/5$ و 3 گرم اسید هیومیک در لیتر یک آب، H_4 و H_5 = مصرف به صورت خاکی به میزان 15 و 30 کیلوگرم در هکتار

W_1 = Control, W_2 and W_3 = applying 80 and 60% water requirement

H_1 = Control, H_2 and H_3 : Foliar application with two concentrations of 1.5 and 3 g of humic acid per liter of water and H_4 and H_5 use in soil with two levels of 15 and 30 kg/ha

غلظت عناصر معدنی دانه و نیز رنگدانه های فتوسنتزی در برگ گیاه آفتابگردان رقم هیبرید فرخ در شرایط تنش خشکی داشته باشد. با مقایسه مصرف هر دو شکل اسید هیومیک (محلول پاشی و خاک مصرف) مشخص شد که کاربرد آنها سبب افزایش میزان روغن و همچنین مقادیر عناصر معدنی فسفر و پتاسیم دانه می شود. در این بین تنش خشکی به عنوان یک عامل محدود کننده، به غیر از درصد روغن، از میزان عملکرد دانه، اجزاء عملکرد دانه، مقادیر عناصر پتاسیم و فسفر دانه و نیز مقادیر کلروفیل b و کاروتنوئید برگها کاست. در مجموع می توان گفت که کاربرد هر دو شکل از اسید هیومیک در غلظت های مختلف تا حدودی اثرات سوء تنش خشکی را کاهش و عملکرد آفتابگردان را افزایش می دهد. اما کاربرد اسید هیومیک بصورت خاک مصرف آنهم به مقدار 30 کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار در وهله اول و محلول پاشی $1/5$ گرم اسید هیومیک در لیتر آب در وهله دوم از بیشترین تأثیر در این آزمایش در بالاترین سطح تنش خشکی یعنی اعمال 60% درصد نیاز آبی برخوردار بود.

در بین رنگدانه های فتوسنتزی، تیمار اسید هیومیک به تنهایی تأثیر معنی داری بر میزان کلروفیل a داشت و سبب افزایش آن شد (جدول ۲). نتایج نشان داد در بین تیمارهای اسید هیومیک، محلول پاشی 3 گرم اسید هیومیک در لیتر آب بیشترین تأثیر را بر میزان کلروفیل a نسبت به دیگر تیمارها داشت و سبب افزایش آن به میزان $42/7\%$ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. اسید هیومیک از راه تأثیر مثبت فیزیولوژیکی از جمله تأثیر بر سوخت و ساز (متابولیسم) سلولهای گیاهی و افزایش غلظت سبزینه (کلروفیل) برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می شود (Nardi et al., 2002). Abou-Aly & Mady (2009) افزایش 33% تا $38/6\%$ درصدی کلروفیل a را در اثر کاربرد اسید هیومیک در گندم گزارش کردند.

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد استفاده از اسید هیومیک به دو صورت محلول پاشی و خاک مصرف می تواند اثرات مثبتی بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه،

REFERENCES

1. Abou-Aly, H. E. & Mady, M. A. (2009). Complemented effect of humic acid and biofertilizers on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 47(1), 1-12.
2. Agastian, P., Kingsley, S. J. & Vivekanandan, M. (2000). Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38, 287-290.
3. Ahmad, R. & Jabeen, N. (2009). Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions, *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1373-1384.
4. Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L. & MacCarthy, P. (1985). *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water*. New York. USA: Wiley InterScience.
5. Anderson, E. L., Kamprath E. J. & Moll, R. H. (1984). Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization, and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy. *Agronomy Journal*, 76, 397-404.
6. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23:112-121.
7. Ayas, H. & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient content of spinach. *Journal of Biological Science*, 5(6), 801-804.
8. Babaeian, M., Haydari, M. & Ghanbari, A. (2009). Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower (Alster cultivar) under water stress at three stages. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(46), 119-129. [In Farsi].
9. Bulent Asik, B., Turan A., Celik H. & Vahap Katkat, A. (2009). Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* L.) under conditions of salinity. *Asian Journal of Crop Science*, 1, 87-95.
10. Cacco, G., Attina, E., Gelsomino, A. & Sidari, M. (2000). Effect of nitrate and humic substances of different molecular size on kinetic parameters of nitrate uptake in wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163: 313320.
11. Dursun, A., Guvenc, I. & Turan, M. (2002). Effects of different levels of humic acid on seeding growth and macro and micronutrient contents of tomato eggplant. *Acta Agrobotanica*, 56, 81-88.
12. Edward, A. H. (1999). *Handbook of reference method for plant analysis*. Soil and plant analysis Council, Inc.
13. Farokhinia, M., Roshdi, M., Pasban Eslam, B. & Sasandoost, R. (2011). Study of some physiological traits and yield in spring safflower under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(3), 545- 553. [In Farsi].
14. Flagella, Z. T., Rotunno, R., Dicatarina, R. & Di Curo A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*, 7, 221-230.
15. Fu Jiu, C., Dao, Y. & Quing Sheng, W. (1995). Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat (in Chinese). *Yingyong Shengtai Xuebao*, 6, 363-367.
16. Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M. & Bannayan Aval, M. (2010). Effects of humic acid application with irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Agroecology Journal*, 2(1), 111-118. [In Farsi].
17. Glowa, K. R., Arocena, J. M. & Massicote, H. B. (2003). Extraction of potassium and or magnesium form selected soil minerals by Piloderma. *Acta Biomaterialia* 7, 299-306.
18. Gomes-Sanchez, D., Vannozzi, G. P., Baldini, M., Tahamasebi-Enferadi, S. & Dellvedove, G. (2000). Effects of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. *Italian Journal of Agronomy*, 371-387.
19. Grattan, S. R. & Grieve, C. M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78,127-157.
20. Hadidi, N. (1999). Germination and early growth of two common bean cultivars as affected by water stress and seed size. *Journal of Agricultural Science*, 26(1), 23-35.
21. Harper, S. M., Kerven, G. L., Edwards, D.G. & Ostatek-Boczynski, Z. (2000). Characterization of fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus camaldulesis* and from decomposed hay. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1331-1336.
22. Heidri, M. (2016). *Physiological and mechanisms of resistance to environmental stress in crops*. Shahroud University of Technology Press. [In Farsi].

23. Heidari, M. & Karami, A. V. (2013). Effect of drought stress and strains of mycorrhiza on yield, photosynthetic pigments sunflower. *Journal of Environmental Stress on Crops*, 6 (1), 17-26. [In Farsi].
24. Human, J. J., Dutoit, D., Bezuidenhout, H. D. & Bruyn, L. P. (1990). The influence of plant water stress on net photosynthesis and yield of sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 164 (4), 231-241.
25. Jafarzadeh-Kenarsari, M. & Postini, K. (1998). Investigating the effect of drought stress at different growth stages on some morphological characteristics and yield components of sunflower (cv Record). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 29, 353-362. [In Farsi].
26. Jackson, M. L. (1962). *Soil chemical analysis*. Prentice Hall of India, New Delhi.
27. Johnston, R. R. & Wax, M. (1978). Relationship of soybean and vigour tests to field performance. *Agronomy Journal*, 70, 273-278.
28. Jones, C. A., Jacobsen, J. S. & Mugaas, A. (2004). Effect of humic acid on phosphorus availability and spring wheat yield. *Facts Fertilizeroff*, 32, 51-53.
29. Kamsefidi, H. & Arvin S. M. J. (2011). Effects of humic acid application on moisture preservation of some vegetative properties and fruit performance in melon cultivars. *Eleventh General Irrigation Seminar and Reduction of Evapotranspiration. Shahid Bahonar University of Kerman, Iran*. p. 1-8. [In Farsi].
30. Khomri, S. (2004). *Investigating the effect of water deficit on grain filling, yield components and yield of three sunflower cultivars*. M.Sc. Thesis. In Agronomy. Faculty of Agriculture, University of Tabriz. 94p. [In Farsi].
31. Lebaschy, M. & Sharifi Ashorabadi, A. (2003). Growth index of medical plants in different condition of water stress. *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, 20(3), 249-261. [In Farsi].
32. Laila, K. M. A. & Elbordiny, M. M. (2009). Response of wheat plants to potassium humate application. *Journal of Applied Sciences Research*, 5, 1202-1209.
33. Manivannan, P., Jaleel C. A., Somasundaram, R. & Panneerdelvam, R. (2008). Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed *Helianthus annuus* under triadimefon drenching. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 418-425.
34. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.
35. Nardi, S., Pizzeghello, D., Reniero, F. & Rascio, N. (2000). Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth. *The Soil Science Society of America Journal*, 64(2), 639-645.
36. Omidi Ardali, G. & Bahrani, M. J. (2011). The effects of drought, rates and times of nitrogen application on yield and yield components of sunflower at different growth stages. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 55, 199-207. [In Farsi].
37. Osman, E. A. M., EL-Masry, A. A. & Khatab, K. A. (2013). Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray of humic and/or fulvic acids on yield and quality of rice plants. *Advances in Applied Science Research*. 4(4), 174-183.
38. Rahimi, Z., Mozaffari, H. & Hassanpour Darvishi, H. (2016). Investigation the effect of humic acid in irrigation water on yield and yield components of rapeseed. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 12(1), 95-106.
39. Sabzevary, S., Khazaei, H. R. & Kafi, M. (2009). Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Water and Soil*, 23(2), 53-87. [In Farsi].
40. Shahsavan, M. & Chamani, E. (2014). Effects of various concentrations and time of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of cut stock flower (*Matthiola incana* 'Hanza'). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 5(3), 157-171. [In Farsi].
41. Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekhara, R. & Kuikkarni, R. (2001). Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in Petriwinkle. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology Journal*. 22, 356-358.
42. Taghadosi, M., Hasani, N. & Sinky, J. (2012). Disruption of irrigation and spraying stress with humic acid and algae extract on antioxidant enzymes and prolylene in forage sorghum. *Journal of Crop Production in Environmental Conditions*, 4(4), 1-12 [In Farsi].
43. Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K. & Kazmi, H.M. (2011). Lignite-driven humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere*. 21, 124-131.
44. Taiz, L. & Ezeiger, H. (1998). *Plant Physiology* (2nd ed). Sinaye Associates Inc. Publisher. Sonderland Massachusetts, pp 757.

45. Ward, K., Scarth, R., Daun, J. & Mcvetty, P. B. E. 1992. Effects of genotype and environment on seed chlorophyll degradation during ripening in four cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 72, 643-649.
46. Yegappan, T., Paton, M. D., Gates, C. T. & Muller, W. (1982). Water stress in sunflower (responses of cyptla size). *Annals of Botony*, 49, 63-68.
47. Zarco-Tejada, P. J., Miller, J. R., Mohammad, G. H., Noland, T. L. & Sampon P. H. (2000). Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 74, 596-608.