

تأثیر اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد و عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus*) در شرایط تنش شوری

محمودرضا تدین^{۱*}، علی تدین^۲ و سمیه اسماعیلی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر اسید هیومیک بر صفات رشدی و عملکرد آفتابگردان در شرایط خاک شور، آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳ در کاشان انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۳ سطح اسید هیومیک (۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار) در شرایط نیتروژن کافی خاک، بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی خاک، ۳ لیتر اسید هیومیک در هکتار و شاهد بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن ناکافی خاک بود. نتایج نشان داد تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بود. بیشترین افزایش در میزان درصد روغن، وزن هزاردانه، وزن طبق، عملکرد دانه، قطر طبق، قطر ساقه و تعداد برگ از تیمار ۳ لیتر اسید هیومیک در شرایط کافی نیتروژن، بیشترین افزایش در ارتفاع بوته و وزن بوته از تیمار ۶ لیتر اسید هیومیک در شرایط کافی نیتروژن و بیشترین درصد پروتئین از تیمار ۱ لیتر اسید هیومیک در هکتار در شرایط نیتروژن کافی خاک به دست آمد. نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در یک خاک شور می‌تواند موجب بهبود رشد و عملکرد آفتابگردان شود.

واژه‌های کلیدی: دانه روغنی، هدایت الکتریکی (EC)، نیتروژن خاک، مواد هورمونی، خاک شور

۱، ۲ و ۳. به ترتیب استاد، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mrtadayon@yahoo.com

مقدمه

شوری خاک تهدیدی جدی در کشاورزی در سراسر جهان است. تقریباً ۴۰۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی توسط فرایند شوری تحت تأثیر قرار گرفته است (۵). حدود ۱ تا ۲ درصد از مناطق آبیاری شده جهان، که در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، هر سال به‌واسطه شور شدن برای فعالیت‌های کشاورزی نامناسب می‌شوند (۱۱). با کمبود آب شیرین و کاهش شدید کیفیت آب توسعه پایدار کشاورزی، در برخی از مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود شده است. بنابراین، کم آبیاری و یا آبیاری با آب شور، راهکاری برای حفظ عملکرد گیاهان زراعی است (۱۴). آبیاری با آب شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک امری اجتناب ناپذیر است (۱). بر اساس برآوردهای به‌عمل آمده، ۳۴ میلیون هکتار و ۲۵/۵ میلیون هکتار به ۲۰ درصد از مساحت کشور شور است. ۲۵/۵ میلیون هکتار از زمین‌های زراعی دارای شوری متوسط تا کم و ۸/۵ میلیون هکتار دارای خاک‌های شدیداً شور هستند. خاک‌های شور به‌طور عمده در فلات مرکزی، جلگه‌های ساحلی جنوب، دشت خوزستان و دشت‌ها توزیع شده است. شوری زمین و آب در نتیجه رخدادهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی بوده است (۱۲).

مواد هیومیکی گروهی از ترکیبات آلی و طبیعی هستند که از تجزیه گیاهان، حیوانات و باقی‌مانده‌های میکروبی به‌وجود می‌آیند. این مواد جزء طبیعی خاک‌ها هستند اما مقادیر آنها در خاک متفاوت است و شواهد قابل توجهی وجود دارد که عملیات خاکورزی منجر به کاهش مقادیر آنها می‌شود (۲۲). بر اساس نظر ناردی و همکاران (۲۰) اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و نیز بالا بردن میزان کلروفیل در برگ‌ها سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها شده، در نتیجه، بر میزان عملکرد و زیست‌توده تولیدی گیاهان افزوده می‌شود. شواهد نشان می‌دهد کاربرد خارجی مواد هیومیکی می‌تواند به بهبود حاصلخیزی خاک کمک کند که در درجه اول، از طریق کمپلکس شیمیایی خود است که تعامل با انواع مواد معدنی و غیرمعدنی اجزای

آلی خاک را تسهیل می‌کند. برخی از فواید اصلاح خاک با مواد هیومیکی شامل بهبود دانه‌بندی و ساختار خاک، افزایش فعالیت بافری، pH و ظرفیت تبادل کاتیونی، افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش فراهمی زیستی مواد مغذی غیرمتحرک (مانند فسفر، آهن و روی)، است (۲۲).

آفتابگردان (*Helianthus annuus*) گیاه دانه روغنی مهمی است که در بسیاری از کشورها بیشتر برای تولید روغن و نیز برای مصرف مستقیم، به‌عنوان آجیل تولید می‌شود. این گیاه در مناطق گرمسیری و معتدل از هند تا فرانسه، از چین تا اوکراین و تانزانیا کشت می‌شود (۲۹). آفتابگردان گیاه بومی شمال آمریکا است. جنس *Helianthus* شامل ۵۱ گونه، ۱۴ گونه یک‌ساله و ۳۷ گونه چندساله است. اهداف عمده در کشت آفتابگردان، افزایش عملکرد دانه و روغن بالا، بهبود کیفیت روغن و همچنین مقاومت در برابر تنش‌های متفاوت است. سطح زیر کشت آفتابگردان در جهان ۲۳ میلیون هکتار و تولید آن ۳۰ میلیون تن است. آفتابگردان روغنی با کیفیت تولید می‌کند که به‌خوبی از سوی مصرف کنندگان پذیرفته شده، زیرا حاوی مقدار بالای اسیدهای چرب غیراشباع و نیز ویتامین E است (۱۵). رشد و عملکرد دانه آن در سطوح شوری، بالاتر از ۳ دسی‌زیمنس بر متر دچار کاهش می‌شود، چنانچه کاهش عملکرد دانه آن به‌میزان ۲۳/۵ درصد در سطوح شوری ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (۱۶). با این حال کاترینا و همکاران (۸) نشان دادند که آفتابگردان می‌تواند شوری خاک در سطح ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کند و با هر واحد افزایش شوری بالاتر از این حد عملکرد ۴/۵-۵ درصد کاهش می‌یابد.

کاربرد مواد هیومیکی در گیاهان پتانسیل رشد را بهبود می‌بخشد اما میزان افزایش رشد در گیاهان مختلف یکسان نیست و در مقایسه با کودهای غیرآلی به‌نسبت غیرقابل پیش‌بینی است. به‌طور کلی، متا آنالیز پاسخ گیاهان به کاربرد مواد هیومیکی افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به‌ترتیب برابر 22 ± 4 و 21 ± 6 درصد را نشان داده است (۲۲). با

توجه به اینکه بهبود عملکرد و کیفیت روغن آفتابگردان تحت تنش شوری اهمیت زیادی دارد، این پژوهش با هدف، بررسی مقادیر مختلف تأثیر اسید هیومیک و نیتروژن بر برخی صفات رشدی، عملکرد دانه و کیفیت روغن آن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر مقادیر متفاوت اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد، عملکرد آفتابگردان و روغن آن در شرایط خاک شور، آزمایشی مزرعه‌ای در کاشان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۲ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تیمار هیومیک اسید در سه سطح ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار (به ترتیب T_۴، T_۵ و T_۶) و بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی خاک (T_۲)، ۳ لیتر اسید هیومیک در هکتار (T_۳) و بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن ناکافی خاک بود (T_۱). هر کرت شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۵ متر و عرض ۳/۵ متر که فاصله ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری مزرعه طبق روال مرسوم منطقه و به‌طور غرقابی انجام گرفت. پس از آماده‌سازی زمین، بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه کودی آزمایشگاه، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم قبل از کاشت، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در چهار نوبت (۲۵ درصد در زمان آماده‌سازی زمین و ۲۵ درصد در زمان کاشت، ۲۵ درصد در زمان ظهور طبق‌ها، ۲۵ درصد در زمان گل‌دهی)، ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی قبل از کاشت، ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات منگنز قبل از کاشت، به خاک اضافه شد. مقادیر کودی متناسب با نوع تیمار واحدهای آزمایشی اعمال شد. منبع اسید هیومیک مورد استفاده دارای فاز مایع در بطری ۴ لیتری با نام تجاری Humic Acid محصول شرکت GROW MORE آمریکا با ترکیب شامل

۱۴ درصد اسید هیومیک بود که با توجه به راهنمای مصرف در بروشور آن مورد مصرف قرار گرفت (میزان مصرف اسید هیومیک با توجه به تیمار مورد نظر و غلظت‌های مورد ۱۱ ppm، ۱۱۰ اسید هیومیک)، ۳ (۳۳۰ ppm اسید هیومیک) و ۶ ppm (۶۶۰ اسید هیومیک) لیتر در هکتار) برای ۱۷/۵ مترمربع (مساحت هر واحد آزمایشی) محاسبه شد. قبل از انجام محلولپاشی، روی واحد آزمایشی شاهد با آب از میزان تخمینی اطمینان حاصل شد. عملیات محلولپاشی با محلولپاش ۲۰ لیتری پس از غروب خورشید (برای جلوگیری از تبخیر سریع محلول) و یک تا دو روز قبل از آبیاری (برای به حداکثر رسیدن جذب محلول توسط گیاه) صورت گرفت. لازم به ذکر است که محلول مخصوص هر کرت فقط با یکبار اسپری روی هر کرت اعمال شد. مقادیر اسید هیومیک ۱۵ روز قبل از گل‌دهی روی بوته‌های آفتابگردان محلولپاشی شد. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل: تعداد برگ، قطر طوقه، قطر ساقه، ارتفاع بوته، اندازه طبق، وزن طبق، وزن خشک بوته، وزن طبق، عملکرد دانه، وزن هزاردانه، درصد پروتئین و درصد روغن بود. قبل از اجرای آزمایش نمونه مرکبی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری شامل ۵ نقطه از خاک مزرعه تهیه و برای بررسی ویژگی‌های خاک به آزمایشگاه خاک و آب ارسال شد. خاک مزرعه دارای بافت شنی لومی، pH ۷/۸، هدایت الکتریکی ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر و هدایت الکتریکی آب آبیاری ۵/۲۸ دسی‌زیمنس بر متر با pH ۷/۱ بود (جدول ۱).

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، هنگامی که پشت طبق‌ها زرد و براکته‌ها قهوه‌ای شده بودند، از سه ردیف میانی هر کرت با حذف حاشیه‌ها تعداد پنج طبق به‌طور تصادفی برداشت شد. ابتدا تعداد برگ در هر گیاه شمارش شد سپس دانه‌ها توسط دست از طبق‌ها جدا شد، سپس وزن طبق، وزن هزاردانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین دانه به روش هضم گیاه، با دستگاه کج‌لدا (۱۷) گرهارد تمام اتوماتیک و درصد روغن پنبه دانه با دستگاه سوکسله (۲۵) مدل FER با استفاده از حلال پترولیوم اتر، توسط آزمایشگاه مرکز

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری

SP	EC	pH	T.N.V	O.C	N	K	P	S	Si	C	بافت
(%)	(dS/m)	-	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(%)	(%)	(%)	(%)	
۲۷/۹۵	۴/۹۱	۷/۹	۲۱	۰/۴۹	۰/۰۵	۲۳۲/۴	۱۰/۵	۷۳	۱۳	۱۴	S.L

تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد اندازه گیری شدند. داده ها توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین صفات بر اساس آزمون حداقل معنی داری (LSD) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر اسید هیومیک بر ارتفاع بوته معنی دار شد (جدول ۲). همان طور که مشاهده می شود (جدول ۳) با افزایش غلظت اسید هیومیک بر ارتفاع بوته افزوده شد به طوری که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار در شرایط نیتروژن کافی خاک (T۶) (۲۹۷ سانتی متر) و تیمار شاهد بدون اسید هیومیک در شرایط ناکافی نیتروژن خاک (T۱) (۱۵۷ سانتی متر) مشاهده شد. با توجه به این نتایج، کاربرد اسید هیومیک تأثیر بسزایی در افزایش ارتفاع بوته داشته، به طور کلی افزایش غلظت مواد هیومیکی باعث افزایش رشد رویشی در گیاه شده است که نتیجه آن، افزایش ارتفاع بوده است. کانلاس و همکاران (۷)، اظهار داشتند کودهای زیستی می توانند رشد گیاهان زراعی را افزایش دهند. این تحریک رشد، به دلیل مواد هورمونی، افزایش دسترسی به مواد مغذی خاک و کنترل شرایط نامساعد است. ثابت شده است که این مواد، منبع مؤثری از نیتروژن هستند که تا حدی می توانند جایگزین کود نیتروژنه شوند. در این آزمایش، در شرایط بدون کاربرد اسید هیومیک و نیتروژن کافی (T۲) ارتفاع بوته نسبت به تیمارهای اسید هیومیک با نیتروژن کافی کمتر بود. افزایش ارتفاع بوته، با مصرف اسید هیومیک توسط ایراگوبیل و همکاران (۱۰) در ذرت نیز گزارش شد.

کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک باعث افزایش معنی دار ($P < 0.01$) قطر ساقه، تعداد برگ، وزن بوته و قطر طبق شد

(جدول ۲). با مصرف اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی صفات قطر ساقه، تعداد برگ، وزن بوته و قطر طبق بهبود یافتند اما افزایش غلظت اسید هیومیک به غیر از صفت وزن بوته، تأثیر معنی داری ایجاد نکرد و مقادیر این صفات در تمام تیمارهای اسید هیومیک، در شرایط نیتروژن کافی، در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). بیشترین قطر ساقه (۳۲/۱۳ میلی متر) در تیمار ۳ لیتر اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی به دست آمد که ۶۱/۴۱ درصد نسبت به شاهد (بدون اسید هیومیک در شرایط ناکافی نیتروژن خاک) و ۲۲/۰۱ درصد نسبت به T۲ (بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی خاک) افزایش داشته است.

با توجه به مقایسه میانگین ها در جدول ۳، بیشترین قطر طبق (۲۸/۲ سانتی متر) و تعداد برگ (۳۸/۶۶) نیز در کاربرد ۳ لیتر اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی (T۵) مشاهده شد. گزارش شده است اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ ها و حفظ ماندگاری آنها، منجر به بهبود رشد، افزایش زیست توده تولیدی و ارتفاع بوته می شود (۴). همان طور که مشاهده می شود (جدول ۴) تیمار T۲ (بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی خاک) با وجود فراهمی عناصر غذایی، اختلاف معنی داری با تیمارهای اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی داشت. احتمالاً شوری خاک ($EC=4.91$ dS/m) و آب ($EC=5.28$ dS/m) مزرعه با تأثیر بر جذب عناصر غذایی و میزان دسترسی گیاه به عناصر، منجر به کاهش قطر طبق همانند وزن دانه در طبق و وزن طبق شده است. نویرز و همکاران (۲۱)، با بررسی اثر شوری آب آبیاری بر آفتابگردان اظهار داشتند شوری آب آبیاری، روی سطح برگ، ماده خشک هوایی و ریشه و عملکرد دانه تأثیر منفی داشته و با افزایش شوری آب آبیاری، صفات مذکور به صورت خطی کاهش یافته است. تروسوس و همکاران (۲۷)، در برزیل ۶ سطح شوری آب

جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده آفتابگردان در سطوح مختلف اسید هیومیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد برگ	وزن بوته	قطر طبق	وزن طبق	عملکرد دانه
تکرار	۲	۴۴۶	۳۷/۵۳	۴۴/۶۶	۱۱۲/۲۵	۵/۴۲	۷۵/۸۶	۷۲۷۴۸/۷۶
اسید هیومیک	۵	۷۲۷۹/۴۶**	۱۸۲/۶۷**	۵۵/۴۳**	۴۵۳۷۹/۹۸**	۳۲/۵۵**	۳۰۴۳/۴۲**	۵۹۷۲۷۹۸/۲۵**
خطا	۱۰	۲۴۵/۴۶	۱۰/۲۸	۱۰/۸۰	۵۱۰/۳۶	۳	۷۴/۰۹	۱۱۵۳۰۶/۰۸
درصد تغییرات (%)		۷/۰۵	۱۳	۹/۹۰	۹/۹۱	۷/۳۱	۱۲/۰۹	۱۰/۴۹

* و ** معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۲.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزاردانه	درصد روغن	درصد پروتئین	شاخص برداشت
تکرار	۲	۵۳/۵۵	۰/۷۲	۰/۰۸	۵/۵۸
اسید هیومیک	۵	۲۰۹۳/۱۵**	۳/۶۹**	۱/۱۱*	۵۹/۹۰*
خطا	۱۰	۲۸۹/۲۸	۰/۲۲	۰/۲۷	۳
درصد تغییرات (%)		۱۵/۵۸	۱/۵۲	۲/۴۷	۷/۵۹

* و ** معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین وزن بوته، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد برگ و قطر طبق در تیمارهای مختلف

تیمارها	ارتفاع ساقه (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد برگ	وزن بوته (g)	قطر طبق (cm)	شاخص برداشت (%)
T _۱	۱۵۷ ^d	۱۲/۴ ^d	۲۷/۳۳ ^c	۸۳/۶۰ ^d	۲۰/۶۳ ^{cd}	۲۸/۵۳ ^a
T _۲	۲۱۳/۳۳ ^c	۲۵/۰۶ ^b	۳۲/۳۳ ^{bc}	۲۳۰/۲۰ ^c	۲۳/۵ ^{bc}	۲۰/۹۹ ^c
T _۳	۱۸۳/۶۶ ^d	۱۸/۳۶ ^c	۲۹/۳۳ ^c	۹۴/۳۳ ^d	۱۹/۲۶ ^d	۲۳/۷۱ ^{bc}
T _۴	۲۴۵/۶۶ ^b	۲۹/۱۳ ^{ab}	۳۶ ^{ab}	۲۶۶/۲۱ ^{bc}	۲۵/۳۳ ^b	۲۲/۸۳ ^{bc}
T _۵	۲۳۵/۳۳ ^{bc}	۳۲/۱۳ ^a	۳۸/۶۶ ^a	۲۸۵/۷۲ ^b	۲۸/۲ ^a	۲۵/۴۳ ^{ab}
T _۶	۲۹۷ ^a	۳۰/۸۶ ^{ab}	۳۵/۳۳ ^{ab}	۴۰۷/۲۲ ^a	۲۵/۲ ^b	۱۵/۳۲ ^d

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون در هر تیمار، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (LSD).

اسید هیومیک در هکتار در شرایط نیتروژن کافی خاک) به‌دست آمد (جدول ۳)، به‌طوری که نسبت به تیمار T_۲ (بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی خاک) ۴۳/۴۷ درصد افزایش نشان داد. احتمالاً کاربرد اسید هیومیک در غلظت بالا موجب تعدیل اثرات تنش شوری در گیاه آفتابگردان و قابلیت دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی و همچنین سهولت جذب عناصر شده است که با افزایش می‌زان مصرف اسید هیومیک، افزایش

آبیاری (۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ دسی زیمنس بر متر) را بر یک رقم آفتابگردان مورد بررسی قرار دادند نتایج نشان داد شوری آب آبیاری، تأثیر معنی‌داری بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰ دانه و وزن کل دانه داشت به‌طوری که وزن کل دانه و تعداد دانه به‌ازای افزایش هر واحد شوری آب آبیاری ۱۱/۳۹ و ۹/۶۴ درصد کاهش یافته است.

بیشترین وزن بوته آفتابگردان (۴۰۷/۲۲ گرم) در تیمار T_۶ (۳ لیتر

جدول ۴. مقایسه میانگین وزن طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین در تیمارهای مختلف

تیمارها	وزن طبق (g)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg/ha)	درصد روغن (g)	درصد پروتئین (cm)
T _۱	۳۳ ^d	۸۲/۶۶ ^b	۱۵۷۵/۷۷ ^c	۲۹/۴۰ ^c	۲۰/۲۰ ^c
T _۲	۲۶/۶۶ ^c	۱۲۴/۶۶ ^a	۳۲۴۸ ^d	۳۱/۴۳ ^a	۲۰/۵۲ ^{bc}
T _۳	۲۶/۲۳ ^d	۸۴ ^b	۱۵۱۸/۲۲ ^c	۳۰/۸۵ ^b	۲۱/۵۴ ^a
T _۴	۹۸/۹ ^b	۱۲۵/۳۳ ^a	۴۰۹۵/۵۵ ^d	۳۱/۴۷ ^{ab}	۲۱/۶۴ ^a
T _۵	۱۲۴/۸ ^a	۱۴۶ ^a	۴۹۲۹/۰۶ ^b	۳۲/۲۵ ^a	۲۱/۴۱ ^{ab}
T _۶	۹۲/۷۶ ^b	۹۲ ^b	۴۰۳۷/۳۳ ^a	۲۹/۶۸ ^c	۲۱/۴۷ ^a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون در هر تیمار، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (LSD).

هیومیک در غلظت‌های متفاوت را به‌منظور تأثیر آن بر نمو بیولوژیکی خیار و گوجه‌فرنگی بررسی کردند. محلول‌های اسید هیومیک در خاک، برخی دیگر روی برگ و قبل از کاشت بذور استفاده شد. نتایج نشان داد در کاربردهای مستقیم، اسید هیومیک ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن خشک شاخه و ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد اما شدت اثر در این گیاهان متفاوت بود، همچنین مقادیر بسیار بالا باعث اثرات نامطلوب رشد گیاهی شده و رشد گیاهان را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. به‌طور کلی، رفتار مشابه هورمون‌های گیاهی که به اسید هیومیک نسبت داده شده تأیید شد.

تأثیر اسید هیومیک بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن هزاردانه در تیمار ۳ لیتر در هکتار اسید هیومیک با نیتروژن کافی (T_۵) مشاهده شد که تیمار شاهد ۴۳/۳۹ درصد و تیمار T_۲ (بدون اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی خاک) ۱۴/۶۲ درصد نسبت به این میزان کمتر بود. احتمالاً دلیل افزایش وزن هزاردانه می‌تواند اثرات تعدیل‌کنندگی اسید هیومیک، بهبود اثرات منفی شوری آب و خاک و افزایش جذب مواد غذایی باشد (جدول ۲). تحقیقات نشان می‌دهد تیمار اسید هیومیک در خاک‌های شور، با کاهش هدایت الکتریکی و کاهش نشت پرولین از گیاهان منجر به مقاومت گیاه در شرایط شور می‌شود (۶).

نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ بیانگر تأثیر معنی‌دار اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد بر درصد روغن است.

رشد رویشی و در پی آن، وزن خشک گیاه افزایش یافته است. در برخی مطالعات، مواد هیومیکی تحمل گیاهان در برابر تنش‌ها را افزایش داده و با افزایش جذب مواد غذایی، باعث بهبود رشد گیاه شده است (۲۶). کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش وزن خشک برگ، ساقه و وزن خشک کل لویا شده است (۲). شواهد زیادی نشان می‌دهد که اسیدهای فولیک و هیومیک می‌توانند با مواد مغذی خاک اثر متقابل داشته و باعث بهبود واکنش‌های فیزیولوژیکی در گیاهان شوند که منجر به افزایش رشد گیاه شده و در برخی موارد اثر تنش‌های غیرزنده را بهبود می‌بخشد (۶).

جدول ۲ نشان می‌دهد تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر وزن طبق و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. بیشترین وزن طبق و عملکرد دانه از تیمار ۳ لیتر اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی (T_۵) به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۱ لیتر اسید هیومیک در هکتار در شرایط نیتروژن کافی خاک (T_۴) به ترتیب ۱۸/۱۸ و ۱۶/۹۱ درصد و نسبت به تیمار ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار در شرایط نیتروژن کافی خاک (T_۶) به‌ترتیب ۲۰/۶ و ۱۸/۰۹ درصد افزایش نشان داد. به‌نظر می‌رسد با کاربرد اسید هیومیک در سطح ۱ لیتر در هکتار، رشد گیاه آفتابگردان تحریک شده و افزایش یافته است و گیاه در سطح ۳ لیتر در هکتار به بالاترین حد رشد رسیده است و در تیمار ۶ لیتر در هکتار میزان اثرگذاری مثبت آن نسبت به غلظت پایین‌تر کمتر شده است که نشان‌دهنده فعالیت شبه هورمونی اسید هیومیک است. آتیه و همکاران (۳) نیز اثر اسید

و درصد پروتئین نسبت به شاهد (T1) اختلاف معنی‌دار داشته است و کاربرد اسید هیومیک به‌تنهایی بر هیچ کدام از صفات دیگر تأثیر معنی‌داری نداشته است. به‌نظر می‌رسد کاربرد اسید هیومیک، بیشترین تأثیر را بر کیفیت دانه گذاشته است.

اثر اسید هیومیک در شرایط مختلف نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت تیمار شاهد (T1) مشاهده شد که تیمار (T5) ۱۴/۳۷ درصد نسبت به این میزان کمتر بود (جدول ۳). در بررسی اثر اسید هیومیک بر شاخص برداشت تیمار T5 بالاترین شاخص برداشت (۲۴/۴۳ درصد) را به‌دست آورد. کمترین شاخص برداشت (۱۵/۳۲ درصد) در تیمار ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط نیتروژن کافی (T6) بود. احتمالاً این نتیجه به‌دلیل رشد رویشی زیاد نسبت به عملکرد دانه به‌دست آمده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد اسید هیومیک در یک خاک شور سبب بهبود و افزایش صفات کمی و کیفی آفتابگردان شد. بیشترین افزایش در میزان درصد روغن، وزن هزاردانه، وزن طبق، قطر طبق، قطر ساقه، تعداد برگ و وزن بوته از کاربرد ۳ لیتر اسید هیومیک در شرایط کافی نیتروژن (T5) و بیشترین افزایش در ارتفاع بوته در تیمار (T6) ۶ لیتر اسید هیومیک در شرایط کافی نیتروژن) و نیز بیشترین درصد پروتئین از ۱ لیتر اسید هیومیک در هکتار در شرایط نیتروژن کافی خاک (T4) به‌دست آمد. به‌طور کلی، با توجه به نقش مؤثر اسید هیومیک در کاهش اثرات منفی شوری و افزایش بهره‌وری کودهای شیمیایی، استفاده از این ماده آلی در شرایط شور خاک و آب به‌خصوص در کاربرد ۳ لیتر اسید هیومیک در شرایط کافی نیتروژن قابل توصیه است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

بیشترین درصد روغن مربوط به تیمار ۳ لیتر اسید هیومیک در هکتار با ۳۲/۲۵ درصد و کمترین درصد روغن مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار بود. وایت فیلد (۲۸) اظهار داشته است میزان روغن دانه، صفتی ارثی با وراثت پذیری بالا است اما، تا حدودی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. در آزمایشات فلاگا و همکاران (۱۳)، افزایش میزان شوری آب آبیاری، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد روغن در هر طبق شده است. از آنجا که مواد هیومیکی، می‌توانند رشد گیاه را بهبود بخشند و جذب مواد غذایی را افزایش دهند (۲۳) علت کاهش درصد روغن دانه، در تیمار ۶ لیتر در هکتار می‌تواند ناشی از افزایش نیتروژن در دسترس گیاه باشد که باعث کاهش درصد روغن و افزایش درصد پروتئین می‌شود. به‌نظر می‌رسد مقادیر بالاتر نیتروژن، موجب کاهش میزان روغن دانه شده، که این موضوع در جدول ۴ مشاهده می‌شود و با نتایج لانیسته و همکاران (۱۸) مطابقت دارد. مرادی تلاوت و همکاران (۱۹) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن در کلزا، درصد روغن کاهش و درصد پروتئین افزایش می‌یابد.

درصد پروتئین دانه تحت تأثیر اسید هیومیک قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به تیمار ۱ لیتر اسید هیومیک در هکتار در شرایط نیتروژن کافی خاک بود. اگر چه، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اسید هیومیک (T3، T4، T5 و T6) با بیشترین درصد پروتئین و بقیه تیمارها با مقادیر کمتر پروتئین مشاهده شد اما تمام سطوح کاربردی اسید هیومیک در یک گروه قرار گرفتند. شریف و همکاران (۲۴)، نشان دادند که اسید هیومیک موجب افزایش تجمع نیتروژن در ذرت نسبت به شاهد شد اما بین سطوح مختلف اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. برخی پژوهشگران نیز گزارش کرده‌اند که محرک‌های زیستی می‌توانند حساسیت گیاهان زراعی را به‌علت تولید بیشتر آنتی‌اکسیدان‌ها در شرایط تنش کاهش دهند (۹). با توجه به جدول‌های ۳ و ۴ تیمار ۳ لیتر اسید هیومیک در هکتار در شرایط ناکافی نیتروژن خاک، تنها در سه صفت قطر ساقه، درصد روغن

منابع مورد استفاده

1. Assouline, S., M. Moller, S. Cohen, M. Ben-Hur, A. Grava, K. Narkis and A. Silber. 2006. Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: bell pepper case study. *Soil Science Society of America Journal* 70: 1556-1568.
2. Astaraei, A. R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition in cowpea plant. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 3: 352-356.
3. Atiyeh, R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon, J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.
4. Ayas, H. and F. Gulser. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Biological Sciences* 5(6): 801-804.
5. Bot, A. J., F. O. Nachtergaele and A. Young. 2000. Land resource potential and constraints at regional and country levels. In: World soil resources reports (FAO), no. 90/FAO, Rome (Italy). Land and Water Development Division.
6. Calvo, P., L. Nelson and J. W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 3-41.
7. Canellas, L. P., D. M. Balmori, L. O. Medici, N. O. Aguiar, E. Campostrini, R. C. C. Rosa, A. R. Facanha and F. L. Olivares. 2013. A combination of humic substances and *Herbaspirillum seropedicae* inoculation enhances the growth of maize (*Zea mays* L.). *Journal Plant and Soil* 366: 119-132.
8. Caterina, R. D., M. M. Giuliani, T. Rotunno, A. D. Caro and Z. Flagella. 2007. Influence of salt stress on seed yield and oil quality of two sunflower hybrids. *Annals of Applied Biology* 151(2): 145-154.
9. Ertani, A., O. Francioso, V. Tugnoli, V. Righi and S. Nardi. 2011. Effect of commercial lignosulfonate-humate on *Zea mays* L. metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 11940-11948.
10. Eyheraguibel, B., J. Silvestre and P. Morard. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology* 99(10): 4206-4212.
11. FAO. 2002. The salt of the earth: hazardous for food production. <http://www.fao.org/worldfoodsummit/english/newsroom/focus/focus1.htm>. Last accessed February 2015
12. FAO. 2009. Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture. Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26-29 November 2007. World Soil Resources Reports No. 104. FAO, Rome.
13. Flagella, Z., M. M. Giuliani, T. Rotunno, R. Dicaterina and A. Decaro. 2004. Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower hybrid. *European Journal of Agronomy* 21: 267-272.
14. Jiang, J., Z. Huo, S. Feng and C. Zhang. 2012. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. *Field Crops Research* 137: 78-88.
15. Kaya, Y., S. Jovic and D. Miladinovic. 2012. Sunflower. PP. 85-129. In: Gupta, S. K. (Eds.), Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1. Springer.
16. Khattoon, A., M. K. Hussain and M. Sadiq. 2000. Effect of salinity on some growth parameters of cultivated sunflower under saline conditions. *International Journal of Agriculture and Biology* 2(4): 210-213
17. Kjeldahl, J. 1883. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschreft fur Analytische Chemie* 22: 366-1883.
18. Laaniste, P., J. Joudu and V. Eremeev. 2004. Oil content of spring oilseed rape seeds according to fertilization. *Agronomy Research* 2(1): 83-86.
19. Moradi Telavat, M. R., S. A. Siadat, H. Nadian and G. Fathi. 2007. Response of canola grain and oil yields, oil and protein contents to different levels of nitrogen and boron fertilizers in Ahwaz region. *Iranian Journal of Crop Sciences* 9(3): 213-224. (In Farsi).
20. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527-1536.
21. Nobre, R. G., H. R. Gheyi, F. A. L. Soares and J. A. F. Cardoso. 2011. Sunflower production under saline stress and nitrogen fertilization. *Journal of Revista Brasilia*. 35: 929-937.
22. Rose, M. T., A. F. Patti, K. R. Little, A. L. Brown, W. R. Jackson and T. R. Cavagnaro. 2014. Chapter two-A Meta-Analysis and Review of Plant-Growth Response to Humic Substances: Practical Implications for Agriculture. Sparkers D. L. Advances in Agronomy. Department of Plant and Soil Sciences. University of Delaware. Newark. USA. pp. 37-89.
23. Sangeetha, M., P. Singaram, and R. D. Devi. 2006. Effect of lignite humic acid and fertilizers on the yield of onion and nutrient availability. Paper Presented at the 18th World Congress of Soil Science, July 9-15, Philadelphia, Pennsylvania.
24. Sharif, M., R. A. Khattak, and M. S. Sarir. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33: 3567-3580.
25. Soxhlet, F. 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Dingler's Polytechnisches Journal* 232: pp.

- 461-465. (in German).
26. Tan, K. H. 2003. Humic Matter in Soil and Environment: Principles and Controversies. New York: Marcel Dekker.
27. Travassos, K. D., F. A. L. Soares, H. R. Gheyi, D. R. S. Silva and A. K. Nascimento. 2011. Achene production of the sunflower irrigated with brackish water. *Revista Brasileira* 15: 371-376.
28. Whitfield, D. M. 1992. Effects of temperature and ageing on CO₂ exchange of pods of oilseed rape (*Brassica napus*). *Field Crop Research* 28: 271-280.
29. Winter, S. and K. Ravi. 2003. Sunflower. PP. 755-771. In: Loebenstein, G. and G. Thottappilly (Eds.), Virus and Virus-like Diseases of Major Crops in Developing Countries. Springer.

Effect of Humic Acid on Growth and Yield Indices of Sunflower (*Helianthus annuus*) in a Saline Soil

M. R. Tadayon^{1*}, A. Tadayon² and S. Esmaili³

(Received: January 23-2016; Accepted: April 11-2021)

Abstract

This field experiment was carried out in order to investigate the effects of humic acid on the growth and yield of sunflower in a saline soil, using a complete block design with three replications in Kashan, central Iran, in 2014. Treatments consisted of 3 levels of humic acid (1, 3 and 6 liters per ha), no humic acid in soil with sufficient nitrogen, three liters of humic acid per ha in soil without sufficient nitrogen, control of humic acid in soil without sufficient nitrogen. The results showed that the use of humic acid left significant effect on all measured traits. The greatest increase in oil content, 1000 seed weight, head weight, seed yield, head diameter, stem diameter and number of leaves were obtained by use of 3 liters of humic acid in soil with sufficient nitrogen. Maximum increase in plant height and plant weight were obtained by using 6 liters humic acid in soil with sufficient nitrogen and the highest protein content was achieved by using 1 liter of humic acid per ha in soil with adequate nitrogen. The results of this experiment showed that the application of humic acid in a saline soil improves the growth and yield of sunflower plants.

Keywords: Oil seed, electrical conductivity, soil nitrogen, hormones, saline soil

1, 2, 3. Professor, Associate Professor and MSc. Student, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: mrtadayon@yahoo.com