



Analysis of the Analytical Model of Nigella Sativa Plant to Enhance Its Stress Resistance

Abbas Yarinezhad¹,* Parviz Shishehbor¹

¹ Department of Plant Medicine, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
E-mails: abbasyarinezhad94@gmail.com

*corresponding author

Abstract

Having a qualitative model of any system helps to analyze and examine it. Plants have different qualitative models to investigate the effects of different substances, including acids and nano-materials, on them. In this article, the effect of iron nano-chelate on the drought stress of Nigella sativa has been investigated. The experiment was carried out as a split factorial design in the form of a randomized complete block design with three treatments in 3 replications. The main plots include three levels of irrigation (50, 75 and 100), the percentage of available water and sub-factors of humic acid with three zero levels of 250 and 500 mg/liter in two times of stemming and the beginning of flowering in the form of foliar spraying and nano iron chelate solution with three zero levels. 1 and 2 grams per liter were applied at the stem and flowering stage. The results showed that drought stress led to a decrease in the average of the studied traits. Applying the treatment of 50% available water leads to a decrease in plant height (8%), the number of main branches (26%), the number of secondary branches (13%), the number of capsules (50%), the number of seeds in the capsule (34%), capsule weight. (21%), thousand seed weight (5%), dry and wet plant weight (41 and 40%), yield per hectare (24%), oil content (2%) and essential oil (31%). Both levels of humic acid led to the adjustment of the effects of stress in such a way that these two levels increased the yield by 16% and 21% compared to the control treatment. Regarding the iron nanochelate treatment, it was found that the levels of 1 and 2 grams per liter led to a 16% and 27% increase in yield compared to the control. In general, the results of the research showed that the combined application of 500 mg/L of humic acid and 2 g/L of iron nanochelate leads to the improve the vegetative and biochemical factors of black seed plant both in non-stressed and stressed conditions.

Keywords

Nigella Sativa, Tensile Strength, Qualitative Model.

بررسی مدل تحلیلی گیاه سیاه دانه به منظور افزایش استقامت تنشی آن

عباس یاری نژاد^{۱*}، پرویز شیشه بر^۱

^۱ گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

چکیده

داشتن مدل کیفی از هر سیستمی کمک شایانی به تحلیل و بررسی آن می‌کند. گیاهان دارای مدل‌های کیفی مختلف جهت بررسی اثرات مواد مختلف از جمله اسیدها و نانو موادها، روی آن‌ها هستند. در این مقاله، تاثیر نانو کلات آهن بر تنش خشکی سیاه دانه بررسی شده است. آزمایش به صورت طرح اسپلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و در ۳ تکرار صورت گرفت. کرت‌های اصلی شامل سه سطح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) درصد آب قابل دسترس و فاکتورهای فرعی شامل هیومیک اسید با سه سطح صفر ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در دو نوبت ساقه‌دهی و شروع گل‌دهی به صورت محلول‌پاشی و محلول نانو کلات آهن با سه سطح صفر ۱ و ۲ گرم در لیتر در مرحله ساقه‌دهی و شروع گل‌دهی انجام گرفت. نتایج نشان داد که تنش خشکی منجر به کاهش میانگین صفات مورد مطالعه گردید. اعمال تیمار ۵۰ درصد آب قابل دسترس منجر به کاهش ارتفاع گیاه (۸ درصدی)، تعداد شاخه اصلی (۲۶ درصد)، تعداد شاخه فرعی (۱۳ درصد)، تعداد کپسول (۵۰ درصد)، تعداد دانه در کپسول (۳۴ درصد)، وزن کپسول (۲۱ درصد)، وزن هزار دانه (۵ درصدی)، وزن خشک و تر بوته (۴۱ و ۴۰ درصد)، عملکرد در هکتار (۲۴ درصد)، میزان روغن (۲ درصد) و اسانس (۳۱ درصد) گردید. هر دو سطح هیومیک اسید منجر به تعدیل اثرات تنش گردید؛ به-نحوی که این دوسطح موجب افزایش ۱۶ و ۲۱ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد گردیدند. در رابطه با تیمار نانو کلات آهن نیز مشخص شد سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر منجر به افزایش ۱۶ و ۲۷ درصدی عملکرد نسبت به شاهد گردیدند. به‌طور کلی نتایج پژوهش نشان داد کاربرد توام ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن منجر بهبود فاکتورهای رویشی و بیوشیمیایی گیاه سیاه‌دانه هم در شرایط عدم تنش و هم در شرایط تنشی می‌گردد.

کلمات کلیدی

سیاه دانه، تنش استقامت، مدل کیفی.

نام نویسنده مسئول: عباس یاری نژاد

ایمیل نویسنده مسئول: abbasyarinezhad94@gmail.com

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

تاریخ(های) اصلاح مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۱۰

۱- مقدمه

نظر می‌رسد [۱]. یکی از مهم‌ترین تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش دسترسی و جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه می‌باشد و این عدم دسترسی به عناصر سبب می‌شود که کمبود عناصر غذایی در گیاه ایجاد گردد. این کمبود عناصر باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، تنفس و سنتز ترکیبات آلی سنگین‌تر، بی‌نظمی در تولید و فعالیت آنزیم‌ها و بطور کلی برهم‌زدن فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی شده و در نتیجه تغییراتی در کمیت و کیفیت مواد مؤثره می‌گردد [۲]. مدیریت تغذیه گیاهی در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید محصولات زراعی و باغی است [۳]. آهن از جمله عناصر ضروری برای رشد و تولید مثل گیاهان بوده و بنابراین برای بقا گیاهان لازم است. این عنصر در فرایند فتوسنتز، تنفس، جذب و ساخت نیتروژن و کلروفیل در گیاهان نقش دارد. کاهش در میزان کلروفیل برگ‌های جوان به دلیل نقش آهن در ساخت کلروفیل، آشکارترین نشانه کمبود آهن است که به صورت زردی بین رگبرگی در برگ‌های جوان نمایان می‌شود [۴]. ترکیبات نانو از منابعی هستند که توانایی جایگزینی کودهای شیمیایی را دارا می‌باشند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی استفاده از ترکیبات نانو در تغذیه گیاه است [۵]. استفاده از ترکیبات نانو با خصوصیات مطلوب مانند غلظت مؤثر، قابلیت حل‌پذیری مناسب، ثبات و تأثیرگذاری بالا و رهاش کنترل شده را دارند، سبب افزایش کارایی عناصر غذایی می‌شوند [۶]. جذب و انتقال ترکیبات نانو از طریق برگ به سهولت انجام می‌شود. با به کارگیری ترکیبات نانو به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی به تدریج و به

مصرف گیاهان دارویی و داروهای گیاهی در کشورهای مختلف روز به روز در حال افزایش است و این به دلیل به اثبات رسیدن اثر بخشی بسیاری از این مواد در مجامع علمی و مقبولیت آن در اکثر جو امع بشری است. به دلیل نگرانی روزافزون در مورد عوارض داروهای شیمیایی و بی‌اثر بودن تعدادی از آن‌ها در مصرف طولانی مدت، استفاده از ترکیبات طبیعی به صورت جایگزین یا مکمل درمان، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در این میان گیاه دارویی سیاه‌دانه با نام علمی *Nigella sativa* به عنوان داروی معرق، محرک، بادشکن، صفرابتر و هضم‌کننده غذا مصرف دارد که از بذر در خوراک نان، چاشنی و در شیرینی‌ها به عنوان تزئین نسبتاً سمی است. از بذر برای زیادکردن شیر استفاده شده و ملین بوده و دفع‌کننده کرم هم است. در پزشکی سنتی برای زیادکردن شیر، ملین، دفع‌کننده کرم و نیز به عنوان نفخ و قاعده‌آور توصیه شده است. ۳۰ درصد وزن دانه گیاه سیاه‌دانه را روغن تشکیل می‌دهد و P-cymen، اصلی‌ترین ترکیب آن است که تقریباً ۶۱/۴۸ درصد وزن روغن فرار آن را تشکیل می‌دهد، دانه گیاه ضمناً حاوی چربی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و پروتئین شامل هشت اسید آمینه ضروری و کربوهیدرات‌ها شامل مونوساکاریدها به شکل گلوکز، زیلوز، آرابینوز و رامنوز است. اما کمبود آب از معضلات کاشت این گیاه در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که مطالعه پاسخ گیاهان به کم آبیاری به منظور کاهش مصرف آب در کشاورزی به‌ویژه در مناطقی که آب یک عامل محدودکننده در تولید می‌باشد، بسیار مهم به

و ۵۵ دقیقه، دارای حداقل درجه حرارت منهای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۱ درصد و ارتفاع از سطح دریا ۲۳۴۲ متر می‌باشد. جهت وزش باد از جنوب‌غربی به شمال‌شرقی است. این آزمایش به صورت طرح اسپلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار در ۳ تکرار صورت می‌گیرد. کرت‌های اصلی شامل سه سطح آبیاری (W1, W2, W0)، آب (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) درصد آب قابل دسترس گیاه بوسیله دستگاه TDR مدل ۱۵۰ ساخت کمپانی آمریکا از نوع spectrum و فاکتورهای فرعی هیومیک اسید تولیدی شرکت ساخت شرکت داتیس با میزان (۱۵ درصد عصاره هیومیک و ۱۳ درصد هیومیک اسید و ۴۴ درصد مواد آلی ارگانیک) و نانو کلات آهن تولیدی (شرکت گلباران سبز با ۹ درصد آهن) با سه سطح صفر ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در دو نوبت ساقه‌دهی و شروع گل‌دهی به صورت محلول‌پاشی و محلول نانو کلات آهن با سه سطح صفر ۱ و ۲ گرم در لیتر در مرحله ساقه‌دهی و شروع گل‌دهی انجام می‌شود، زمین آزمایش به مساحت ۲۲۵۰ متر مربع در زمستان ۱۳۹۷ با گاوآهن شخم عمیق زده خواهد شد. در اول اسفندماه سال ۹۷ با عملیات دیسک‌زنی و کولتیواتورزنی جهت آماده‌سازی با بندکشی به سه بلوک تقسیم شد هر بلوک شامل ۲۷ کرت با فاصله یک متر در نظر گرفته خواهد شد و هر کرت شامل ۶ خط کشت به طول ۵ متر با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود و فاصله بلوک‌ها از یک دیگر ۳ متر و فاصله تکرارها از یک دیگر ۳ متر انجام خواهد گرفت سپس توسط فاروئر پشته‌هایی به عرض ۳۰ سانتی‌متر ایجاد گردید و زمین به صورت جوی و پشته آماده می‌شود. کرت‌ها با عرض ۲ متر و طول ۵ متر خواهد بود. نمونه‌برداری از خاک جهت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی قبل از انجام آزمایش صورت خواهد گرفت. سپس سیاه‌دانه (با حداکثر عمق ریشه ۳۰ سانتی‌متر در کرت‌های موردنظر) به‌صورت دستی و با مقدار ۱۲ گرم بذر برای هر کرت ۲۵ اردیبهشت ماه هر سال کشت گردید. تا مرحله ۴ برگی آبیاری همه کرت‌ها بدون کاربرد تیمارهای تنش انجام شد و حجم آب بکار رفته یادداشت گردید.

۲-۲- طرح و تیمارهای آزمایش

جهت اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت زراعی (f.c) و نقطه پژمردگی (pwp) از روش مزرعه‌ای و صفحات تحت فشار (آزمایشگاهی) استفاده گردید. لذا یک نمونه خاک مرکب جهت اندازه‌گیری رطوبت مزرعه‌ای و تعیین منحنی رطوبتی خاک به آزمایشگاه فیزیک خاک موسسه تحقیقات خاک و آب ارسال شد با داشتن FC و PWP و کم کردن آن‌ها از یکدیگر میزان آب قابل استفاده AW خاک مشخص گردد طبق فرمول (معادله ۱ و ۲) عمق خالص آب مورد لزوم حجم آبیاری با نصب کنتور حجمی محاسبه می‌گردد.

$$D = (FC - Mt)D \times \frac{b}{100} \quad (1)$$

$$V = D \times H \quad (2)$$

که D عمق آب آبیاری به میلی‌متر، FC رطوبت ظرفیت زراعی، Mt درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، d عمق ریشه به میلی‌متر و b جرم مخصوص ظاهری گرم بر سانتی‌متر مکعب. حال یا توجه به اعمال فاکتور آبیاری در سطوح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) میزان درصد رطوبت حجمی رطوبت خاک با دستگاه رطوبت‌سنج TDR مدل ۱۵۰ ساخت کمپانی آمریکا از نوع spectrum اندازه‌گیری شد و وقتی رطوبت حجمی خاک به ترتیب در سطح (۵۰ درصد آب قابل استفاده رطوبت حجمی به عدد ۶/۷۵) و (سطح ۷۵ درصد آب قابل دسترس رطوبت حجمی به عدد ۱۰/۱۲ درصد)، و در (سطح ۱۰۰ آب قابل استفاده درصد به رطوبت حجمی ۱۳/۵ درصد) رسید اقدام به آبیاری

صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند. استفاده از ترکیبات نانو منجر به افزایش کارایی مصرفی عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود [۶]. از دیگر مواردی که در راستای بهبود تغذیه‌ای گیاهان می‌توان استفاده نمود هیومیک اسید می‌باشد، هیومیک اسید یک محصول تجاری است که حاصل خیزی خاک و قابلیت دسترسی عناصر غذایی را بهبود بخشیده و در نتیجه رشد و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۷]. هیومیک اسید دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم در گیاهان می‌باشد. اثر غیرمستقیم آن عموماً به شکل تغییر در شرایط محیطی نظیر بهبود ساختمان خاک هواهی، زهکشی، ظرفیت نگهداری آب، دمای خاک و غیره می‌باشد. از طرف دیگر هیومیک اسید دارای اثرات مستقیم شامل افزایش زیست توده، جذب عناصر غذایی، فعالیت‌های ضدویروسی و غیر بر گیاه می‌باشد [۸]. همچنین مواد هیومیک باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد و کیفیت در تعدادی از گونه‌های گیاهی [۹]. از طریق افزایش جذب مواد غذایی می‌شود. از این‌رو این تحقیق به منظور بررسی تاثیر هیومیک اسید و نانو کلات آهن بر کاهش اثرات تنش خشکی گیاه دارویی سیاه‌دانه اجرا گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام پژوهش

ویژگی	شن	سیلت	رس	جرم مخصوص	EC	PH	کربن آلی
واحد	%	%	%	gr/cm3	ds/m	***	%
مقدار	۴۴	۳۴	۲۲	۱/۴۷	۰/۵۰۴	۷/۷۲	۰/۵

ادامه جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام پژوهش

ویژگی	فسفر	پتاسیم	ازت	مس	آهن	روی	منگنز
واحد	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
مقدار	۴۴	۳۴	۲۲	۱/۴۷	۰/۵۰۴	۷/۷۲	۰/۵

آمار هواشناسی

تبخیر	رطوبت	دما	بارندگی	ماه‌ها
۲۳۴۶	۳۷	۱۲،۴	۱۱،۳	فروردین
۱۸۹،۱	۴۶	۱۳،۳	۱۱۲	اردیبهشت
۳۱۶،۲	۲۸	۲۱،۴	۴،۲	خرداد
۴۳۵،۶	۱۷	۲۴	۰	تیر
۳۷۹،۸	۱۸	۲۴	۰	مرداد
۳۱۷	۲۱	۲۱،۸	۰	شهریور
۶۳	۴۲	۱۰،۷	۲۴۲،۵	فروردین
۲۵۴،۴	۳۴	۱۴،۸	۸،۹	اردیبهشت
۳۰۴،۴	۳۰	۲۱	۴،۲	خرداد
۴۲۲،۱	۲۱	۲۶،۲	۰	تیر
۳۷۸	۲۲	۲۴	۰	مرداد
۳۲۴	۲۰	۲۲	۰	شهریور

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- طرح و تیمارهای آزمایش

این آزمایش طی دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اقلید در ۳۰ کیلومتری شهر اقلید و ۱۰ کیلومتری دهستان شهرمیان انجام شد. از نظر شرایط آب و هوایی این منطقه معتدل متمایل به سرد بوده طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه

تعداد شاخه اصلی: مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۱۰/۲۵ عدد) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۸ و ۲۶ درصدی تعداد شاخه اصلی شدند و در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۴ و ۹ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند. مقایسه تعداد شاخه اصلی در پاسخ به کاربرد آبیاری هیومیک اسید نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۱/۶ عدد) به تیمار عدم کاربرد هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت، در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۱/۳ عدد) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۰/۶ عدد) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

تعداد شاخه فرعی: مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۴/۵۹) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۱۳ و ۳ درصدی تعداد شاخه فرعی شدند، در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار هیومیک اسید نشان داد که بالاترین میانگین (۵/۳۸) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید اختصاص داشت و اعمال تیمارهای صفر و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به ترتیب منجر به کاهش ۱۳ و ۳ درصدی تعداد شاخه اصلی شدند، در رابطه با سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن از افزایش ۷ و ۹ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند، قدرت تولید شاخه های فرعی در تولید و ساخت دانه، عامل مهمی در تثبیت میزان محصول به شمار می آید [۱۱]. نیلسن [۱۱] در آزمایش خود کاهش تعداد شاخه فرعی در شرایط تنش خشکی در زمان پر شدن دانه در بوته را یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه معرفی کرده است. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۴/۶۶) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۵/۴۴) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید نانوکلات آهن حاکی از آن بود بالاترین میانگین (۵/۲۲) تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر کاربرد هیومیک اسید با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود مقایسه تعداد شاخه فرعی در پاسخ به کاربرد آبیاری هیومیک اسید نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۴/۷) به تیمار کاربرد ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت، در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۶/۳) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۶/۷) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

تعداد کپسول: در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۱۲۰/۵۹) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۵۰ و ۲۱ درصدی تعداد کپسول شدند، در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار هیومیک اسید نشان داد که بالاترین میانگین (۱۱۲/۶۳) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید اختصاص داشت و اعمال تیمارهای صفر و

شد. با توجه به روش آبیاری انجام شده که به صورت نوار تیپ بود راندمان آب ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. لذا طبق فرم (۲) با توجه به مساحت هر کرت حجم مورد نیاز برای هر تیمار در هر دور آبیاری محاسبه و با نصب کنتور حجمی میزان آب مورد نیاز هر تیمار در هر دور آبیاری انجام گردید. گیاهان در ۴ تا ۶ برگگی تنگ گردیدند. محلول پاشی طی دو مرحله در سطوح مختلف هیومیک و نانو کلات آهن طی دو مرحله در (مرحله ساقه دهی و شروع گل دهی) انجام شد. بدلیل دارویی بودن گیاه سیاه دانه و احتمال اثر بر روی ترکیبات سیاه دانه هیچ علف کشی استفاده نگردید و جین با دست انجام شد. با فرا رسیدن مرحله رسیدگی کامل، زرد شدن بوته ها و خشک شدن کپسول ها، بعد از حذف اثر حاشیه ای، ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و عملکرد دانه اندازه گیری شد. وزن ها با ترازویی با دقت ۰/۱ اندازه گیری شد.

۳-۲- صفات فیزیولوژی، بیوشیمیایی و زراعی مورد ارزیابی

از ارتفاع گیاه (توسط خط کش)، تعداد انشعابات اصلی، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن کپسول، وزن هزار دانه، وزن خشک تک بوته، درصد اسانس، میزان روغن و عملکرد دانه ارزیابی به عمل آمد.

میزان و درصد اسانس: برای اندازه گیری درصد اسانس از روش تقطیر با استفاده از دستگاه کلونجر استفاده شد، بدین منظور از هر کرت یک نمونه ۳۰ گرمی از دانه ها که کاملاً پودر شد و همراه با ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر درون بالن ۱۰۰۰ سی سی قرار داده و سه ساعت حرارت داده شد در اثر حرارت و فشار بخار آب غده های حاوی اسانس شکسته و اسانس همراه با بخار آب وارد مبرد گردید. در مبرد عمل میعان صورت گرفته و قطرات اسانس درون آب به صورت دو فاز مشخص به طرف لوله مدرج حرکت می کند که به دلیل سبک تر بودن اسانس نسبت به آب، اسانس روی آب تجمع پیدا می کند و آب اضافی از طریق لوله رابط به بالن باز می گردد. سپس با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ اسانس اندازه گیری گردید. پس از محاسبه درصد وزنی اسانس در دانه ها، عملکرد آن در واحد سطح بر حسب (کیلوگرم در هکتار) تعیین شد.

میزان و درصد روغن: روغن سیاه دانه با استفاده از روش سوکسله و حلال اتر دوپترویل به میزان ۶ (V/W) درصد تهیه شد و با محلول متانولی پتاس ۵/۰ مولار و اسید سولفوریک ۹۸٪ استریفیه گردید روغن استر متیل شده و استاندارد متیل اولئات (۵ mg/ml) جهت اندازه گیری کمی و کیفی به دستگاه GC تزریق شد. سپس ۴/۵ گرم از بذور آسیاب شده از هر تیمار در کاغذ صافی در درون دستگاه جای داد. دستگاه نصب شده و نمونه ها به مدت ۶ ساعت سوکسله شد بالن های حاوی روغن به مدت ۱۲ ساعت با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد. درصد روغن نمونه با اندازه گیری وزن بالون قبل و بعد از روغن گیری مشخص شد [۱۰].

۳- نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: براساس تجزیه واریانس تیمارهای آزمایش بر این صفت تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۱)، مقایسه ارتفاع گیاه در پاسخ به کاربرد آبیاری هیومیک اسید نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۵۹/۳ سانتی متر) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت، در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۶۶/۴ سانتی متر) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۶۵ سانتی متر) به تیمار عدم کاربرد هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

کاربرد ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۱۱۵/۱) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار کاربرد ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین تعداد دانه در کپسول (۱۰۶/۱) را به همراه داشت مقایسه تعداد دانه در کپسول در پاسخ به کاربرد آبیاری «هیومیک اسید» نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۱۰) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت، در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۲۲ عدد) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۱۹ عدد) به تیمار کاربرد ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

وزن کپسول: براساس نتایج تجزیه واریانس مشخص گردید که اثرات ساده آبیاری و اثر متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید هیومیک اسید» نانوکلات آهن در سطح ۱ درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۱).

در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۰/۷۲) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۴ و ۲۱ درصدی وزن کپسول شدند. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۰/۷۸) به تیمار ۵۰ درصد آب قابل دسترس و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۰/۵۵) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن کپسول (۰/۷۲) را به همراه داشت مقایسه وزن کپسول در پاسخ به کاربرد آبیاری «هیومیک اسید» نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۰/۷۷) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت، در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۰/۹۴) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر کاربرد هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۰/۸۴) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر کاربرد هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

وزن هزار دانه: مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۲/۴۷ گرم) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۵ درصدی وزن هزار دانه شدند. براساس نتایج تنش خشکی موجب کاهش وزن هزاردانه در گیاه شد. این مسئله احتمالاً نتیجه اختلال در فتوسنتز، تنفس، تعرق و فرآیندهای متابولیکی گیاه است [۱۳]. کاهش وزن هزاردانه به دنبال قطع آب احتمالاً به دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و آسمیلاتها به دانه‌ها بوده است که در این شرایط گیاه حتی با انتقال مجدد ذخایر اندوخته شده خود نیز نتوانسته کاهش آسمیلات ناشی از قطع آب را جبران نماید و این وضعیت منجر به کاهش وزن دانه‌ها گردیده است. دانشمندان و همکاران [۱۴] نیز گزارشات مشابهی در این زمینه ارائه نمودند. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید نیز به ترتیب موجب افزایش ۴ و ۸ درصدی این صفت نسبت

۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به ترتیب منجر به کاهش ۲۵ و ۱۴ درصدی تعداد شاخه اصلی شدند، در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۱۱۴/۷۴) به تیمار ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و اعمال تیمارهای صفر و ۱ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به ترتیب منجر به کاهش ۱۸ و ۱۷ درصدی تعداد کپسول شدند، گزارش‌های دیگری نیز مبنی بر تأثیر منفی تنش خشکی در مرحله تشکیل کپسول بر تعداد کپسول در بوته ارائه شده است. به نظر می‌رسد کمبود عرضه مواد فتوسنتزی در شرایط تنش، باعث عدم تأمین مواد فتوسنتزی به میزان کافی برای کپسول و در نتیجه ریزش آن‌ها و در نهایت کاهش تعداد کپسول می‌شود. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۱۴۹/۴۴) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۱۲۷/۵۵) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین تعداد کپسول (۱۳۴ عدد) را به همراه داشت. مقایسه تعداد کپسول در پاسخ به کاربرد آبیاری «هیومیک اسید» نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۱۰۸ عدد) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت، در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۲۹ عدد) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱۷۶ عدد) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

تعداد دانه در کپسول: براساس نتایج تجزیه واریانس مشخص گردید اثر تیمارهای آزمایش بر این صفت معنی دار بود (جدول ۱). مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۱۲۰/۵۹ عدد) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۱۵ و ۳۴ درصدی تعداد دانه در کپسول شدند، به نظر می‌رسد که طی مرحله زایشی کمبود آب موجب کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل در افت تعداد گل‌های بارور در گیاه مؤثر می‌باشد. ما و همکاران [۱۲] اظهار داشتند که تعداد دانه در کپسول در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد. همچنین اثر سال بر سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۱۱۲) در سال دوم سطح آب ۷۵ درصد بود در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار هیومیک اسید نشان داد که بالاترین میانگین (۱۰۵) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید اختصاص داشت و اعمال تیمارهای صفر و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به ترتیب منجر به کاهش ۷ و ۱ درصدی تعداد دانه در کپسول شدند. همچنین اثر سال بر سطوح تیمار هیومیک اسید نشان داد که بالاترین میانگین (۱۰۸) در سال دوم سطح ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید بود. در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۱۰۸) به تیمار ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و اعمال تیمارهای صفر و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن به ترتیب منجر به کاهش ۱۲ و ۱۰ درصدی تعداد دانه در کپسول شدند. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۱۱۳) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و

بودند، همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۸۲/۱۶) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۸۱/۵۵) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن خشک بوته (۸۰/۸۸) را به همراه داشت. برهم کنش سه گانه آبیاری «هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن است که در تیمار ۵۰ درصد آبیاری قابل دسترس ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن خشک بوته (۴۸) را به همراه داشت، در تیمار ۷۵ درصد آبیاری قابل دسترس ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن خشک بوته (۷۵) را به همراه داشت در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری قابل دسترس ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن خشک بوته (۹۵) را به همراه داشت.

وزن تر بوته: مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۱۴۵/۳) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۱۱ و ۴۰ درصدی وزن تر بوته شدند. از مهم ترین دلایل کاهش در وزن گیاه در طول دوره تنش را می توان به اثرات سوء تنش بر رشد و فیزیولوژی گیاه شامل، رشد رویشی، سیستم فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و متابولیسم نیتروژن دانست. رشد و نمو یک گیاه به تقسیم سلولی، رشد و تمایز سلول ها وابسته است. رشد سلولی یکی از حساس ترین واکنش های گیاهی در برابر تنش خشکی می باشد. نتیجه کاهش اندازه سلول در رابطه با الگوی رشد گیاه به زمان وقوع کمبود آب از نظر فنولوژی گیاه بستگی دارد. اگر تنش آبی در ابتدای چرخه رشد گیاه اتفاق بیافتد، سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه تثبیت کربن در فصل رشد کاهش خواهد یافت. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید نیز به ترتیب موجب افزایش ۸ و ۲۴۲ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد گردیدند و در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۲۱ و ۲۷ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند، همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۱۶۹) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۱۶۵/۴) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن تر بوته (۱۵۶/۴) را به همراه داشت بر هم کنش سه گانه آبیاری «هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن است که در تیمار ۵۰ درصد آبیاری قابل دسترس ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن تر بوته (۱۴۰) را به همراه داشت، در تیمار ۷۵ درصد آبیاری قابل دسترس ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن تر بوته (۱۵۷) را به همراه داشت در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری قابل دسترس ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن تر بوته (۲۰۰) را به همراه داشت.

پروتئین دانه: بر اساس نتایج، بالاترین پروتئین دانه با آبیاری ۱۰۰ درصد آب موجود و آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد آب موجود منجر به کاهش ۲ و

به تیمار شاهد گردیدند مقایسه میانگین سطوح تیمار هیومیک اسید در سال نشان داد که بالاترین میانگین (۲/۴۷) گرم) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس در سال اول اختصاص داشت. کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش وزن هزارانه گندم می شود [۱۵] در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۵ و ۳ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند، مقایسه میانگین سطوح نانو کلات آهن در سال نشان داد که بالاترین میانگین (۲/۴۲) گرم) به تیمار ۱ گرم در لیتر درصد نانو کلات آهن در سال اول اختصاص داشت. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۲/۵۵) گرم) به تیمار ۵۰ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات سال متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۲/۶) گرم) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۲/۶۵) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. اثرات متقابل سال و دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۲/۶) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۲۵۰ کاربرد هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین وزن هزار دانه (۲/۴۸) را به همراه داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن در سال حاکی از آن بود که تیمار ۲۵۰ کاربرد هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن در سال اول بالاترین میانگین وزن هزار دانه (۲/۵۲) را به همراه داشت مقایسه وزن هزار دانه در پاسخ به کاربرد آبیاری «هیومیک اسید «نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۲/۶۵) گرم) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت، در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۲/۹) گرم) به تیمار عدم کاربرد هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۲/۹) به تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. مقایسه وزن هزار دانه در سال پاسخ به کاربرد آبیاری «هیومیک اسید «نانوکلات آهن نشان داد که سال اول در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس تیمار ۲۵۰ میلی گرم لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم آهن بالاترین میانگین (۲/۹۱) گرم) اختصاص داشت.

وزن خشک بوته: مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۷۴/۷۹) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۱۳ و ۴۱ درصدی وزن خشک بوته شدند، علت کاهش رشد ساقه در تنش خشکی اینطور بیان شده است که فعالیت انزیم ایندول استیک اسید اکسیداز (IAAO) در بافت های گیاهی که دارای رشد سریعی می باشند بسیار کم است ولی فعالیت این انزیم در شرایط تنش خشکی افزایش یافته و موجب تجزیه هورمون اکسین در گیاه می گردد. ماده خشک تولیدی با کاهش آب مصرفی نقصان یافته ولی افت عملکرد ناشی از کمبود آب بیش از کاهش ماده خشک تولیدی است. گیاه برای کاهش سیر فتوسنتزی خود در شرایط تنش از گسترش اندام های رویشی کاسته و انرژی و مواد فتوسنتزی خود را در جهت حفظ بقاء متوجه رشد زایشی می نماید [۱۶]. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید نیز به ترتیب موجب افزایش ۸ و ۲۰ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد گردیدند و در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۱۶ و ۲۵ درصدی نسبت به شاهد برخوردار

هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۳۶) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۴۰/۷۸) به تیمار ۵۰۰ میلی-گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

درصد اسانس: در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۱/۷۲ درصد) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۲۲ و ۳۱ درصد اسانس شدند. استرس خشکی درصد روغن های ضروری اکثر گیاهان دارویی را افزایش می دهد، چون در موارد استرس اکثر متابولیت های بیشتری تولید شده و این مواد باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می شوند. استرس خشکی هرچند که درصد روغن های ضروری اکثر گیاهان دارویی را افزایش می دهد، اما محتوی روغن ضروری تحت شرایط تنش خشکی کاهش می یابد؛ زیرا برهم کنش بین مقدار درصد روغن ضروری و عملکرد اندام گیاه دو مولفه مهم و تعیین کننده مقدار روغن ضروری می باشد. با افزایش استرس هرچند درصد روغن ضروری افزایش یافته اما همراه با استرس عملکرد اندام هوایی کاهش یافته و به نوبه خود باعث کاهش در محتوی روغن ضروری می گردد [۱۷]. در تحقیقی بر روی رقم جعفری رشد یافته در ۳۵ تا ۴۰ و ۴۵ تا ۶۰ درصد کمبود آب، نشان داده شد که استرس آبی باعث کاهش عملکرد روغن ضروری می شود. با انجام تحقیقی اثر استرس خشکی بر محتوی روغن ضروری و ترکیبات روغن در گیاه مرزه نشان داده شد که انباشتگی روغن در مرحله گلدهی بطور معنی داری تحت استرس آبی (هنگامی که پتانسیل اب برگ از -۵/۵ - مگاپاسکال می رسد) کاهش پیدا می کند. تنش خشکی شدید تاثیر بسیار زیادی در کیفیت روغن ضروری در مقایسه با تنش ملایم در مرحله رویشی و گل دهی داشت. علی آبادی و همکاران [۱۷] نیز نشان داده اند که تنش آبی سبب افزایش اسانس در بادرنجویه شده است. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید نیز به ترتیب موجب افزایش ۲۱ و ۴۰ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد گردیدند و در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۴ و ۱۳ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۱/۹۷ درصد) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۱/۸۴ درصد) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین درصد اسانس (۱/۷۹ درصد) را به همراه داشت. مقایسه درصد اسانس در پاسخ به کاربرد آبیاری «هیومیک اسید» نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱/۶۴ درصد) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. در شرایط ۷۵ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۱/۶۶ درصد) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت و در شرایط ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۲/۲ درصد) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی تاثیر تنش خشکی، هیومیک اسید و کود

۲۲٪ پروتئین برگ و ۱۰ و ۱۸٪ پروتئین دانه در مقایسه شد برای کنترل، به ترتیب. نتایج مطالعات پیش نمایش نشان می دهد که تنش خشکی باعث کاهش محتوی پروتئین لوبیای معمولی و Lovage شد. این کاهش ها با استفاده از اسید هیومیک و نانو کلات آهن تعدیل شد، بنابراین، استفاده از اسید هیومیک در سطح ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر ۲ و ۵ درصد پروتئین دانه در مقایسه شد برای کنترل و نانوکلات آهن ۱ و ۲ گرم در لیتر ۲ درصد پروتئین دانه را با مقایسه با شاهد نشان داد. کاملاً در ۵۰٪ آب موجود در بالاترین میانگین پروتئین دانه در زیر ۵۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک و ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن به ترتیب با ۴/۴۷ و ۲۰/۵ (میلی گرم در گرم وزن تازه) مشاهده شد.

عملکرد در هکتار: مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت، در رابطه با اثر دو سطح هیومیک اسید موجب افزایش ۱۶ و ۲۱ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد گردیدند. همچنین گزارشات مشابهی مبنی بر اینکه اسید هیومیک به صورت محلول پاشی در گندم موجب افزایش ۲۴ درصدی عملکرد در این گیاه می شود، وجود دارد [۹]. در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۱۶ و ۲۷ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند، همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۸۸۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۲۵۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین عملکرد (۶۵۰ کیلوگرم در هکتار) را به همراه داشت.

میزان روغن: در ادامه مقایسات میانگین سطوح تیمار آبیاری نشان داد که بالاترین میانگین (۳۹/۷۳ درصد) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب منجر به کاهش ۹ و ۲ درصدی میزان روغن شدند. در مقایسه با سطوح تیمار آبیاری در سال نشان داد که بالاترین میانگین (۴۰/۹۸ درصد) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد متعلق به سال دوم بوده است. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید نیز به ترتیب موجب افزایش ۴ و ۵ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد گردیدند و در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۲ و ۳ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثرات متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۴۰/۶۱) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود. همچنین مقایسات میانگین در رابطه با اثر سال بر رابطه متقابل دوگانه آبیاری «هیومیک اسید نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۴۰/۷۰) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید به سال دوم مربوط بود و اثرات متقابل دوگانه آبیاری «نانوکلات آهن نشان داد که بالاترین میانگین (۴۰،۴۹) به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت. برهم کنش هیومیک اسید «نانوکلات آهن حاکی از آن بود که تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک با ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بالاترین میانگین میزان روغن (۳۹/۴۲) را به همراه داشت مقایسه میزان روغن در پاسخ به کاربرد آبیاری «هیومیک اسید» نانوکلات آهن نشان داد که در شرایط ۵۰ درصد آب قابل دسترس بالاترین میانگین (۳۹/۵۷) به تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر

3. Mohammadkhani, N., and Heidari, R. (2007), Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. *Pakistan Journal of Biological Science*. 10(22): 4022-4028. doi: 10.3923/pjbs.2007.4022.4028
4. Marschner H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2ed. New York: Academic. Press. 1995, pp: 889.
5. Rezai R, Hoseyni S.M, Shabanali H and Safa L. Identify and analyze the barriers to the development of nanotechnology in the agricultural sector from the perspective of researchers. *J. Sci. Technol. Policy* 2010; 2 (1): 17 - 26. doi: 20.1001.1.20080840.1388.2.1.3.6
6. Naderi M, Danesh-Shahraki A and Naderi R. The role of nanotechnology in improving the use efficiency of nutrients and chemical fertilizers. *Mon Nanotechnol*. 2013; 11 (12): 16 - 32.
7. Hartwigson JA and Evans MR (2000) Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *Horticulture Science*. 35(7): 1231-1233.
8. Kaya M, Atak M, Khawar KM, Ciftci CY and Ozcan S (2005) Effect of presowing seed treatment with Zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*. 6: 875-878.
9. Delfine S, Tognetti R, Desiderio E and Alvino A (2005) Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*. 25: 183-191. doi: 10.1051/agro:2005017
10. Yaniv, Z., Shabelsky, E. and Schafferman, D., 1999. Colocynth: potential arid land oilseed from an ancient cucurbit. *Perspectives on New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, Virginia, pp.257-261
11. Nielsen, D.C. (1992). Water use and yield of canola under dryland condition in the Central Great Plains. *Journal of Production Agriculture*. 11:212-212. doi: 10.2134/jpa1997.0307
12. Ma, Q., S. R. Niknam. and D. W. Turner. (2112). Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Aust. J. of Agric Res.* 12(2): 221-222. doi: 10.1071/AR04283
13. Sarker, B.C., Hara, M., and Uemura, M. 2005. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Sci. Hort.* 103: 387-402. doi: 10.1016/j.scienta.2004.07.010
۱۴. دانشمند، ع. ر. شیرانی راد، ا. ح.، نورمحمدی، ق.، زارعی، ق. و دانشیان، ج (۱۳۸۷) اثر رژیم های آبیاری سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه و کیفیت دانه دو رقم کلزا. *مجله ی علوم زراعی*، ۱۰ (۳): ۲۴۴-۲۶۱. doi: 20.1001.1.15625540.1387.10.3.4.1
15. Abou-Aly, H.E. and M.A. Mady. 2009. Complemented effect of humic acid and biofertilizers on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity. *Annals of Agric. Sci., Moshtohor*, 47(1):1-12 doi: 10.1016/j.scienta.2004.07.010
۱۶. شیرانی راد، امیرحسین. ۱۳۹۰. تاثیر تنش خشکی بر صفات زراعی ارقام جدید کلزا. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.
17. Aliabadi-Farahani, H., Valadabadi, S.A., Daneshian, J., and Khalvati, M.A. 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit doi: 10.5897/JMPR.9000606
۱۸. حیدری م و میری آزادمنیانی ح ر (۱۳۹۲) فعالیت آنتی اکسیدان و ترکیبات بیوشیمیایی گیاه گاوزبان در واکنش به (*Borago officinalis* L.) اروپایی تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک ۶. ۱۷۰-۲:۱۵۹. doi: 10.22077/escs.2014.147

نانوآهن بر برخی صفات مورفولوژیک، بیوشیمیایی و عملکردی گیاه سیاهدانه پرداخته شد. کمبود آب از مهم ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیاست [۱۸]. تنش طولانی مدت رطوبتی بر تمام فرآیندهای متابولیسم گیاه اثر می گذارد و اغلب موجب کاهش تولید گیاه می شود [۱]. در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که بالاترین میانگین (۷۴۰ کیلوگرم) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس اختصاص داشت و اعمال تنش ۵۰ درصد از عملکرد گیاه بطور معنی داری کاست. با توجه به اینکه خشکی از ویژگی های بارز جغرافیای کشور ما است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و از طرفی مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به طور روز افزونی در جامعه افزایش می یابد. لذا اتخاذ روش هایی چون بهره برداری صحیح از آب موجود به همراه استفاده از مکمل های کودی همچون هیومیک اسید می تواند مثر ثمر باشد بطوری که این تحقیق نشان داد کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید نیز به ترتیب موجب افزایش ۳ و ۱۶ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد گردیدند و بالاترین میانگین (۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مربوط بود که این نشان دهنده کاهش اثرات تنش رطوبتی به وسیله هیومیک اسید بود. مولکول های هیومیک اسید با مینرال های خاک تشکیل پیوند داده و شبکه ای تور مانند ایجاد می کنند که مجموعاً قادرند حجم نسبتاً زیادی آب را در خود ذخیره نمایند. هرچه بافت خاک سبک تر باشد این تأثیر بیشتر است. بطوری که آزمایشات نشان داده است در خاک های شنی ماسه ای تا ۱۰۰ برابر معمول آب در خاک ذخیره می شود. به تازگی استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات قابل ملاحظه ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند. در این تحقیق در پاسخ به تیمار نانوکلات آهن، سطوح ۱ و ۲ گرم در لیتر از افزایش ۹ و ۳۲ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بودند و بالاترین میانگین (۸۹۱/۱ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۷۵ درصد آب قابل دسترس و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختصاص داشت که مبین تأثیر این کود بر کاهش اثرات تنش می باشد این عنصر در فرایند فتوسنتز، تنفس، جذب و ساخت نیتروژن و کلروفیل در گیاهان نقش دارد. کاهش در میزان کلروفیل برگ های جوان به دلیل نقش آهن در ساخت کلروفیل، آشکارترین نشانه کمبود آهن است که به صورت زردی بین رگبرگی در برگ های جوان نمایان می شود [۴]. نقش این عنصر در تثبیت ازت و فعالیت برخی از آنزیم ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است. با این وجود، افزایش مقدار این عنصر می تواند به ایجاد اکسیژن فعال و در نتیجه استرس اکسیداتیو منجر شود. در پایان استفاده از کود هیومیک اسید به میزان ۵۰۰ میلی گرم در لیتر و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن در راستای کاهش اثرات تنش بر گیاه سیاهدانه پیشنهاد می گردد.

مراجع

1. Abedi T and Pakniyat H (2010) Antioxidant enzyme changes in response to drought stress intensities in cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 46: 27-34.11: 100-105. doi: 10.17221/67/2009-CJGPB
2. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161(11): 1189-1202. doi: 10.1016/j.jplph.2004.01.013

پیوست

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در گیاه سیاه دانه

متغیرهای مورد بررسی	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد شاخه		تعداد کپسول	تعداد دانه در کپسول	وزن کپسول	وزن هزار دانه	وزن خشک بوته	وزن تر بوته	عملکرد در هکتار	
			اصلی	فرعی								
سال	۱	۹۴۳/۷۰**	۵۵ n.s	۹۸**	۱۱۸۴/۲۹ n.s	۱۳۸/۸۸ n.s	n.s	/۰۹**	۵۵/۸۱ **	۱۰۰۲/۵۲ n.s	۱۳۸۸۸/۸۸*	
سال * بلوک	۴	۷۸۶/۷۲**	۳۳/۶۲۹**	۹/۷۹**	۲۹۳۶/۳۰**	۲۵۴۳/۴۶**	/۰۱ n.s	/۰۱*	۴۸۹/۶۸ n.s	۳۶۷۲/۸۳*	۷۴۵۶/۷۹*	
فاکتور (A)	۲	۴۷۵/۶۵**	۱۵/۹۰۷*	۱۲/۱۱**	۲۲۲۲۵/۲۸**	۳۵۷۳/۰۱**	۳/۱۵**	۱/۴۹**	۱۳۲۳۰/۳۵**	۴۸۰۵۶/۳۲**	۹۷۶۷۸۹/۵**	
فاکتور a * در سال	۲	۸۳/۱۳*	۴۰/۷۹**	۲/۷۹ n.s	۸۰/۲۲ n.s	۸۲۱/۲۴*	/۰۰ n.s	۳/۱۵**	۴۲۵/۰۴ n.s	۶۷۵/۵۸ n.s	۱۳۷۷۲/۲**	
بلوک a * سال	۸	۱۰۵/۸۳**	۲/۳۷ n.s	۶۹ n.s	۱۶۴۸/۱۷*	۸۶/۳۷ n.s	۳/۳۶**	/۰۱۲*	۶۹۰/۲۸*	۳۰۰۱/۰۸*	۳۶۶۰/۴۹ n.s	
فاکتور (B)	۲	۱۱۳/۴۱**	۲۸/۰۷**	۵/۵۵*	۱۰۰۱۴/۵۴**	۶۶۲/۵۷*	n.s	/۰۰۵**	۱۵۷۵/۲۱**	۶۰۵۲/۶۱**	۲۱۳۰۰/۶۱**	
B * سال	۲	۶۴/۸۵*	۷/۶۲ n.s	۳/۲۹ n.s	۶۴/۲۹ n.s	۱۳۳۰/۱۲**	n.s	/۱۸۳*	۲۲/۸۶ n.s	۲۹۴/۲۶ n.s	۱۵۱۷۲/۲۲**	
فاکتور (C)	۲	۳۶/۳۰ n.s	۱۰/۹۰*	۱۱/۱۵**	۷۳۱۳/۰۶**	۵۲۳/۴۰*	/۰۲۵ n.s	/۰۹۲**	۲۸۳۲/۴۴**	۱۹۷۷/۵۸**	۲۹۸۹۳/۲۴**	
C	۲	۴۶/۲۲ n.s	۱۰/۱۲*	۳/۲۸ n.s	۶۴/۲۲ n.s	۲۸۶/۵۱ n.s	n.s	/۰۱۷*	۹۸/۰۷ n.s	۲۴۵/۵۰ n.s	۱۱۰۵۷/۱۰*	
* سال								/۰۰۷				
اثر متقابل A*B	۴	۴۷/۸۳*	۲/۵۶ n.s	۵۴ n.s	۲۷۹۴/۷۲*	۶۳۳/۴۵*	/۰۹**	/۱۱۸**	۳۷۴/۹۰ n.s	۳۷۹۷/۸۶*	۵۵۹۰۵/۲۴**	
اثر متقابل A*B	۴	۳۳/۸۱ n.s	۱/۶۲ n.s	۱/۸۱ n.s	۶۴/۲۹ n.s	۹۷/۲۸ n.s	n.s	/۰۱۹*	۵۹/۸۹ n.s	۳۴۴/۹۵ n.s	۵۸۳۶/۱۱*	
در سال								/۰۰۲				
اثر متقابل A*C	۴	۵/۳۰ n.s	۳/۶۴ n.s	۵/۳۳*	۲۰۱/۳۵ n.s	۲۹۱/۸۴ n.s	n.s	/۲۸۸**	۲۸۵/۹۰ n.s	۹۶۰/۹۱ n.s	۴۱۲۵۱۵۴**	
اثر متقابل A*C	۴	۹/۷۰ n.s	۱/۰۳ n.s	۷/۴ n.s	۶۴/۲۲ n.s	۳۲۸/۳۹ n.s	n.s	/۰۲۲**	۹۰/۱۳۸ n.s	۳۷۵/۷۲ n.s	۲۴۴۹/۰۷ n.s	
در سال								۰۰۹				
اثر متقابل B*C	۴	۶۷/۲۵ n.s	۷/۶۲*	۵/۱۳*	۴۲۰۸/۹۵**	۳۵۵/۴۸ n.s	/۱۱۹**	/۱۱۱**	۲۷۸۶/۰۱**	۱۰۳۷/۹۵**	۱۸۸۱۵/۴۳**	
اثر متقابل B*C	۴	۵۰/۴۸ n.s	۱/۲۳ n.s	۱/۸۵ n.s	۶۰/۵۱ n.s	۳۷۵/۵۹ n.s	n.s	/۰۲۰*	۲۷۳/۷۴ n.s	۲۵۳/۹۹ n.s	۳۶۹۰/۷۴ n.s	
در سال								/۰۰۹				
اثر متقابل A*B*C	۸	۲۰/۱۰ n.s	۴/۸۳ n.s	۷/۳۹**	۱۵۴۳/۴۱*	۳۹۴/۵۲*	/۰۱۵ n.s	/۱۲۸**	۴۷۲/۲۲*	۳۵۵۶**	۸۶۴۶/۴۵**	
اثر متقابل A*B*C	۸	۱۷/۲۸ n.s	۳/۰۹ n.s	۱/۰۲ n.s	۶۰/۵۱ n.s	n.s	n.s	/۰۱۳۵**	۱۱۹/۱۲ n.s	۱۸۸/۸۹ n.s	۳۲۵/۷۹ n.s	
در سال								/۰۰۲				
خطا	۴۸	۱۸/۳۲	۳/۶۵	۲/۲۹	۷۹۴/۴۴	۲۱۸/۰۳	/۱۱۳	/۰۰۶	۲۵۵/۲۹	۱۱۷۵/۸۶	۲۵۳۲/۸۷	
ضریب تغییرات		۷/۶۳	۱۹/۹۴	۲۹/۴۷	۲۷/۸۲	۱۴/۳۵	۱۷/۲۱	۳/۴۷	۲۶/۰۴	۲۷/۸۹	۸/۱۷۹	

ادامه جدول ۱

متغیرهای مورد بررسی	درجه آزادی	پروتین بندر	میزان روغن	درصد اسانس
سال	۱	۲۳/۴۲**	۲۷۳/۲۰۸**	/۰۰۱ n.s
سال * بلوک	۴	۴/۳۴۳**	۳/۱۷۱**	/۰۳۰ n.s
فاکتور (A)	۲	۲۵۰/۴۲۴**	۱۸۱/۱۱۳**	۳/۸۶۶**
فاکتور a * در سال	۲	/۲۹۱ n.s	/۴۹۱*	/۰۱۸ n.s
بلوک a * سال	۸	/۷۰۸ n.s	/۳۰۴*	/۰۳۶*
فاکتور (B)	۲	۱۵/۹۶۰**	۴۳/۲۲۱**	۳/۲۷۲**
B * سال	۲	/۵۷۶ n.s	/۰۳۶ n.s	/۰۱۵ n.s
فاکتور (C)	۲	۱/۷۶۸*	۱۲/۵۱۸**	/۴۰۱**
c * سال	۲	/۲۶۶ n.s	/۲۴ n.s	۰ n.s
اثر متقابل A*B	۴	/۳۴۰ n.s	۵/۹۵۷**	/۱۱۰**
اثر متقابل A*B در سال	۴	/۷۶۸ n.s	/۳۶۴*	/۰۱۱ n.s
اثر متقابل A*C	۴	/۸۷۶ n.s	۵/۷۳۲ n.s	/۰۰۸ n.s
اثر متقابل A*C در سال	۴	/۸۷۵ n.s	/۱۸۸ n.s	/۰۱۶ n.s
اثر متقابل B*C	۴	۱/۲۶۴ n.s	۳/۵۴۷**	/۰۶۹**
اثر متقابل B*C در سال	۴	۱/۰۹۴ n.s	/۰۹۲ n.s	n.s, ۰۱۳/
اثر متقابل A*B*C	۸	/۷۵۹ n.s	۴/۱۰ n.s	/۰۲۱ n.s
اثر متقابل A*B*C در سال	۸	/۷۳۹ n.s	/۱۸۱ n.s	/۰۵۱ n.s
خطا	۴۸	/۶۴۹	/۱۵۷	/۰۱۷
ضریب تغییرات		۳/۴۸۷	۱/۰۳۸	۲/۲۲۶

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات زراعی سیاه‌دانه در پاسخ به تیمارهای آزمایش

تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته		تعداد شاخه فرعی		تعداد شاخه اصلی		ارتفاع گیاه (سانتی متر)		کود نانو	هیومیک اسید	آبیاری	
	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد شاخه اصلی	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)						
88.7	cd	72.3	fg	3.7	ef	8	d	53	gh	0	0.0	50.0
83.0	ed	77.7	fg	3.7	ef	8	d	49	i	1		
92.0	a-d	66.7	fg	5.2	a-f	9	cd	51	hi	2		
101.3	bc	77.7	g	5.2	a-f	10	bc	53	gh	0	250.0	
103.8	a-d	69.7	fg	5.5	a-e	10	bc	52	ghi	1		
97.5	a-d	110.0	b-f	4.5	def	10	bc	54	fgh	2		
95.3	a-d	83.3	efg	5.0	c-f	9	cd	52	ghi	0	500.0	
84.8	e	72.0	fg	5.0	a-f	11	ab	54	fgh	1		
96.7	cd	95.0	d-g	4.0	f	9	cd	57	def	2		
101.5	a-d	81.7	efg	3.5	ef	8	d	57	def	0	0	75
92.0	cde	94.7	d-g	6.7	ab	8	d	55	efg	1		
107.3	a-d	108.0	b-f	5.5	a-f	11	ab	53	gh	2		
117.3	a-d	103.0	b-g	6.8	ab	12	a	61	ab	0	250	
98.3	cde	95.3	d-g	5.5	ef	10	bc	60	abc	1		
122.5	a	109.7	b-f	5.0	b-f	11	ab	60	abc	2		
112.2	a-d	107.7	b-f	5.2	df	10	bc	59	bcd	0	500	
112.5	a-d	98.0	c-g	6.2	def	11	ab	59	bcd	1		
115.5	a-d	130.7	bcd	6.3	a-e	10	bc	63	a	2		
92.0	ed	68.3	fg	3.5	ef	8	d	55	efg	0	0	100
114.0	a-d	128.3	cd	6.3	abc	9	cd	59	bcd	1		
119.2	ab	89.3	d-g	4.8	c-f	10	bc	58	cde	2		
110.5	a-d	123.3	b-e	4.3	ef	9	cd	57	def	0	250	
97.7	de	82.0	efg	5.2	b-f	9	cd	57	def	1		
98.7	b-d	145.7	ab	6.5	a-d	11	ab	58	cde	2		
110.2	a-d	140.0	abc	4.3	c-f	9	cd	58	cde	0	500	
110.0	a-d	130.7	bcd	4.2	ef	8	d	55	efg	1		
104.0	a-d	177.7	a	6.7	a	10	bc	59	bcd	2		

ادامه جدول ۲

عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر		وزن خشک		وزن هزار		وزن کیسول		کود نانو	هیومیک اسید		آبیاری
	بوته (گرم)	g	بوته (گرم)	hi	دانه (گرم)	fg	(گرم)	f-g		0	0.0	
444.7	72.7	g	37.2	hi	2.4	fg	0.5	f-g	0	0.0	50.0	
413.3	83.2	g	37.2	hi	2.4	fg	0.5	e-g	1			
490.0	73.5	g	38.5	hi	2.4	efg	0.5	g	2			
313.3	99.5	fg	49.8	e-l	2.4	fg	0.6	d-g	0	250.0		
446.7	72.8	g	33.5	l	2.4	fg	0.5	c-g	1			
516.7	139.5	c-f	65.8	c-g	2.4	efg	0.6	b-g	2			
493.3	76.0	g	41.5	hi	2.6	bc	0.7	abc	0	500.0		
536.7	75.2	g	42.5	hi	2.7	b	0.7	b-f	1			
546.7	108.7	efg	51.5	e-l	2.4	fg	0.5	efg	2			
606.7	109.8	efg	48.8	f-l	2.3	h	0.7	a-d	0	0	75	
583.3	134.8	def	67.8	c-g	2.2	hi	0.8	abc	1			
833.3	141.5	c-f	66.7	d-h	2.9	a	0.9	a	2			
530.0	120.8	efg	64.0	d-i	2.5	ef	0.8	abc	0	250		
713.3	101.5	fg	41.8	hi	2.6	cd	0.7	c-g	1			
803.3	157.5	c-f	78.7	bcd	2.6	bc	0.7	b-e	2			
730.0	140.5	c-f	55.8	d-i	2.3	g	0.7	b-f	0	500		
826.7	157.2	b-f	82.7	b-f	2.5	de	0.8	abc	1			
1036.7	145.8	b-e	79.5	b-e	2.5	ef	0.5	g	2			
556.7	99.0	gf	59.2	f-l	2.2	i-k	0.7	b-e	0	0	100	
556.7	198.8	ab	90.0	ab	2.4	efg	0.8	abc	1			
726.7	110.5	efg	57.5	g-i	2.1	o	0.7	a-d	2			
530.0	107.5	efg	64.8	d-i	2.1	hij	0.7	b-e	0	250		
616.7	112.8	efg	57.0	g-i	2.2	h	0.7	b-g	1			
653.3	171.7	a-c	98.2	a	2.0	l	0.7	ab	2			
586.7	172.3	a-c	78.7	a-e	2.1	kl	0.8	abc	0	500		
540.0	134.8	def	79.0	a-d	2.2	h	0.8	ab	1			
730.0	199.8	a	88.8	abc	2.1	i-k	0.6	b-g	2			

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی گیاه سیاهدانه در پاسخ به تیمارهای آزمایش

درصد اسانس	درصد روغن	درصد پروتئین بذر				
0.9 n	37.9 h	20.5 m	0	0.0	50.0	
0.9 n	38.0 h	20.6 lm	1			
0.9 n	38.1 gh	20.4 kl	2			
1.1 m	38.5 fg	20.8 klm	0	250.0		
1.2 klm	38.6 ef	21.0 j-m	1			
1.3 g-j	39.0 e	21.2 i-l	2			
1.5 fgh	39.4 d	21.7 ijk	0	500.0		
1.5 e	38.8 ef	21.5 jkl	1			
1.6 h-k	39.8 cd	21.8 hij	2			
1.2 m	35.5 m	22.5 ghi	0	0	75	
1.1 lmn	35.6 m	22.7 gh	1			
1.2 jkl	35.7 lm	22.5 ghi	2			
1.2 i-l	35.9 lm	22.6 gh	0	250		
1.3 gh	36.1 kl	22.9 fg	1			
1.5 ef	36.6 ij	23.0 fg	2			
1.5 ef	36.5 klm	23.2 efg	0	500		
1.6 cde	36.8 ij	23.3 efg	1			
1.7 c	36.9 i	23.7 ef	2			
1.4 fg	34.9 n	24.8 bc	0	0	100	
1.4 fg	39.5 d	24.9 bc	1			
1.5 cde	39.6 d	24.8 bc	2			
1.7 c	40.3 b	25.5 c	0	250		
1.8 b	40.6 ab	24.0 de	1			
1.9 ab	40.9 a	26.0 ab	2			
1.8 b	40.2 cb	25.6 cb	0	500		
1.9 ab	40.6 ab	26.0 ab	1			
2.2 a	41.0 a	26.6 a	2			