

تأثیر اسید هیومیک و کاربرد نانوذرات آهن و سیلیکون بر عملکرد کمی و کیفی و مولفه‌های پر شدن بذر گندم در شرایط تنش شوری

ژیلا نظری^{۱*}، محمد صدقی^۲، حامد نریمانی^۳

۱. دانشجوی دکتری رشته اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳. دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر اسید هیومیک، نانوذرات آهن و سیلیکون بر عملکرد کمی و کیفی و مولفه پر شدن بذر گندم در شرایط شوری، آزمایشی با سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۰ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح شوری (عدم استفاده از شوری به عنوان شاهد، شوری ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار توسط NaCl)، محلول پاشی نانو ذرات در چهار سطح (عدم محلول پاشی به عنوان شاهد، محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید آهن، محلول پاشی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر نانو سیلیکون، کاربرد توأم نانو ذرات) و محلول پاشی اسید هیومیک (محلول پاشی با آب به عنوان شاهد و محلول پاشی ۳ گرم در لیتر) بودند. مولفه‌های پر شدن دانه و برخی از صفات کمی و کیفی مرتبط با عملکرد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد کاربرد توأم اسید هیومیک و محلول پاشی ۴۰ میلی‌گرم نانو ذرات در شرایط عدم اعمال شوری، طول سنبله، سرعت پر شدن بذر، وزن صد بذر، حداکثر وزن بذر، ارتفاع بوته، تعداد بذر در سنبله، طول دوره و دوره موثر پر شدن بذر، شاخص کلروفیل را (به ترتیب ۵۸/۵، ۱/۱۸۳، ۳۹/۵۳، ۵۶/۶۰، ۵۱/۲، ۷۰/۶، ۳۹، ۵۸/۴۵، ۵۷/۵۷) و وزن تک بوته را (۴۶/۹۷ درصد) نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک و نانو ذرات تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک افزایش داد. به نظر می‌رسد که کاربرد اسید هیومیک و نانو ذرات آهن و سیلیکون می‌تواند با بهبود سرعت و طول دوره پر شدن بذر، عملکرد بذر گندم را تحت شوری افزایش دهد.

واژگان کلیدی: تغذیه گیاه، عملکرد، گندم نان، محلول پاشی، نمک.

Effect of humic acid and application of nanoparticles (iron and silicon) on quantitative and qualitative yield and filling components of wheat seed under salinity conditions

Zh. Nazari^{1*}, M. Sedghei², H. Narimani³

1. Ph. D student, Crop Ecology, Department Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Ph. D student, Crop Physiology, Department Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
(Received: May. 16, 2022 – Accepted: Aug. 01, 2022)

Abstract

In order to investigate the effects of humic acid, iron and silicon nanoparticles on quantitative and qualitative yield and filling components of wheat seed under salinity conditions, a factorial layout was carried out based on a randomized complete block design with three replications in the research greenhouse of University of Mohaghegh Ardabili during 2021. Treatments included salinity levels (such as, salinity of 35 and 70 mM by NaCl and without salinity as a control), foliar application of nanoparticles at four levels (foliar application of 0.8 per liter of nano iron, 40 mg / l nanosilicon spraying, combined application of iron nanoparticles and silicon nanoparticles and no foliar application as a control) and humic acid spraying (spraying with water as a control and spraying 3 g/l. Seed filling parameters and some of qualitative and quantitative traits related to yield were measured. The results showed that combined application of humic acid and foliar application of 40 mg of iron and nanosilicon nanoparticles in the absence of salinity, increased maximum seed weight, seed filling rate, length and effective seed filling period, Spike length, 100-seed weight, plant height, number of seeds per spike, chlorophyll index (56.60, 1.183, 39, 58.45, 58.5, 39.53, 2.51, 70.6, and 57.57 respectively) and increased the yield of single plant (46.97%) compared to the conditions of non-application of humic acid and Iron nano-oxide and Silicone nano-oxide under the salinity of 70 mm of soil. Nanooxides (iron and silicon) can increase wheat seed yield of wheat under salinity stress conditions by improving seed filling components.

Keywords: bread wheat, foliar application, Plant nutrition, salt, yield.

* Email: gillanazary@gmail.com

مقدمه

جوانه‌زنی از حساس‌ترین مراحل رشدی گندم نسبت به تنش شوری است. این تنش با ایجاد اختلال در بسیاری از فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی موجب کاهش سرعت و طول دوره پر شدن بذر می‌شود، که از این طریق با کاهش وزن دانه، موجب کاهش جوانه‌زنی بذر گندم می‌شود (Khalilzadeh et al., 2017; EI Sabagh et al., 2021).

شوری آب و خاک در مناطق خشک و نیمه خشک از مهم‌ترین موانع افزایش عملکرد گیاهان می‌باشد (Munns et al., 2002). گیاهان در شرایط تنش شوری خاک، تنش خشکی را به دلیل پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک و سمیت یونی را به دلیل عدم تعادل یون ناشی از وجود یون‌های کلر و سدیم تجربه خواهند کرد (Ashraf and Ali, 2008). در شرایط شور افزایش بیش از اندازه نمک‌ها، به خصوص یون‌هایی مانند سدیم و کلر با ایجاد تنش اسمزی و کاهش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ضمن افزایش سطح هورمون اتیلن در گیاه، موجب کاهش رشد ریشه (Mayak et al., 2004)، کاهش غلظت کلروفیل، سرعت و طول دوره پر شدن بذر تریتیکاله (*Triticosecale wittmack*) شد (Kheirizadeh Arough, 2016).

کاربرد هیومیک اسید یکی از راه‌کارهایی است که می‌تواند اثر مخرب تنش شوری در گیاهان را تا حد زیادی تعدیل کرده و با بهبود مولفه‌های پر شدن بذر، عملکرد گیاهان تحت شرایط تنش شوری را بهبود بخشد (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021). اسید هیومیک، یک پلیمر طبیعی مربوط به عامل‌های اسیدی H^+ است که دارای گروه‌های کربوکسیل بنزوئیک و فنلی (مکان‌های تبادل کاتیونی) است (Sardashti and Mohammedan Moghadam, 2007). استفاده از کودهای آلی و از جمله اسید هیومیک بدون اثرات مخرب زیست

محیطی به‌خصوص در شرایط متغییر محیطی جهت بالا بردن عملکرد بذر در گندم می‌تواند موثر واقع شود (Samavat and Malakuti, 2005). اسید هیومیک از نظر مواد معدنی و آلی غنی است و این مواد برای رشد گیاه ضروری می‌باشند. در نتیجه، در اثر استفاده از اسید هیومیک عملکرد کیفی و کمی گیاه افزایش می‌یابد (Gad et al., 2012). اسید هیومیک می‌تواند ساخت رنگیزه‌ها را افزایش و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه با قدرت کلات‌کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر، تعرق و در نتیجه قرار دادن آب و مواد غذایی بیش‌تر و مناسب‌تر در اختیار گیاه آسان‌تر کند (Sabouri et al., 2017). از آثار اسید هیومیک می‌توان کمپلکس کردن یون‌های فلزی، افزایش نفوذ پذیری و ظرفیت نگه‌داری آب در خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، افزایش مقاومت گیاه به خشکی را نام برد که بر رشد گیاه می‌تواند به‌طور مستقیم و غیر مستقیم موثر باشد (Hayes and Chap, 2001).

از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در سویه‌های مختلف از جمله در بخش آب و خاک کشاورزی، استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان است (Davoody et al., 2013). از جمله نانو کودهایی که در صنعت کشاورزی اثرات مثبت آن بر تولید محصولات زراعی به اثبات رسیده است نانو کود آهن و منگنز است. در تحقیقاتی افزایش ۲۱ درصدی عملکرد در بذر گندم در اثر محلول‌پاشی آهن را گزارش دادند (Pahlavan Rad et al., 2007). عناصر ریزمغذی، نقش حیاتی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند و سهم مهمی در افزایش عملکرد محصول دارند (Dewal and Pareek, 2004). مظاهری‌نیا و همکاران (Mazaherinia et al., 2010) در بررسی گلخانه‌ای در یافتند که کاربرد نانو اکسید آهن موجب افزایش معنی‌داری در غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن بذر در سنبله، وزن خشک کاه و کلش گندم به علت بیش‌تر، سبک و کوچک بودن این ذرات نسبت به اکسید آهن معمولی گردید.

مقدار نمک مورد نیاز برای هر یک از سطوح شوری در خاک، با استفاده از برنامه Salt calc محاسبه شد. در این برنامه به استناد هدایت الکتریکی و درصد عصاره اشباع خاک، مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه شد (Hagh Bahari and Seyed Sharifi, 2014). شوری در خاک به منظور جلوگیری از ایجاد شوک در گیاه و افزایش تاثیر و کارایی تنش شوری در دو نوبت (مرحله بعد از کاشت و مرحله ۳-۴ برگه) اعمال شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، دوباره نمک های احتمالی وارد شده به زیرگلدانی، در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری های بعدی بسته به نیاز گیاه زراعی و شرایط محیطی انجام شد. خاک هر گلدان حاوی یک قسمت ماسه بادی، دو قسمت خاک معمولی و یک قسمت کود دامی بود. پس از تهیه خاک یکدست، حدود ۱۸ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان ها با قطر ۴۰ سانتی متر تا ارتفاع ۴۰ سانتی متری از خاک پر شدند. از گندم رقم کاسکوژن با تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم که ۴۰۰ بذر در متر مربع می باشد استفاده شد. از این رو ۵۰ بذر در هر گلدان کشت شد. با توجه به تراکم توصیه شده بذر رقم کاسکوژن (۴۰۰ بذر در متر مربع) و قطر گلدان ها، تراکم کاشت مطلوب برای گلدان ها محاسبه شد.

محلول پاشی اسید هیومیک در دو نوبت (در مراحل پنجاهمی و ساقه دهی) اعمال شد. و محلول پاشی نانو سیلیکون (SiO_2-Nano) و آهن در مراحل پنجاهمی و ساقه دهی (به ترتیب معادل با کد ۲۱ و ۳۰ از مقیاس BBCH) انجام شد. نانو اکسید آهن با میانگین اندازه ذره کمتر از ۳۰ نانومتر و خلوص ۹۹٪ تولید کشور چین بود که از شرکت آروم دانش ارومیه تهیه گردید. نانو سیلیکون (SiO_2-Nano) با اندازه ذرات ۲۰ الی ۳۰ نانومتر محصول شرکت Nanomaterial US Research بود که از شرکت

سیلیکون محدودیت های زیست محیطی نظیر تنش فلزات سنگین، شوری، خشکی، سرما و یخ زدگی را کاهش می دهد پس از اکسیژن، دومین عنصر فراوان در خاک است (Zare et al., 2015). استفاده از نانو ذرات سیلیکون، به دلیل سهولت ورود به درون سلول های گیاهی و تحت تاثیر قرار دادن رشد و نمو از طریق متابولیسم گیاهی، می تواند در بهبود عملکرد کمی و کیفی موثر عمل کند (Cui et al., 2017). لی و همکاران (Li et al., 2007) گزارش کردند کاربرد سیلیکون در شرایط تنش ضمن افزایش دوام برگ و دوره پر شدن بذر، در پایداری غشای سلول و کاهش نشت مواد سلولی و در نتیجه تداوم جریان مواد فتوسنتزی ذخیره شده به سمت بذر و افزایش محتوای نسبی آب موثر می باشد.

گسترش روز افزون اراضی شور و اهمیت کاربرد کودهای آلی و نانو اکسیدها در بهبود عملکرد گندم در شرایط شوری و بررسی های محدود انجام شده در خصوص برهم کنش توام این عوامل، موجب شد تا اثر این عوامل بر شاخص کلروفیل و مولفه های پر شدن بذر گندم مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش ها

این آزمایش گلدانی در سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح شوری (عدم استفاده از شوری به عنوان شاهد، شوری ۳۵ و ۷۰ میلی مولار تو وسط NaCl)، محلول پاشی نانو ذرات در چهار سطح (عدم محلول پاشی به عنوان شاهد، محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید آهن (Narimani et al., 2018)، محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر نانو سیلیکون، کاربرد توام نانو ذرات آهن و نانو ذرات سیلیکون) و محلول پاشی اسید هیومیک (محلول پاشی با آب به عنوان شاهد و محلول پاشی ۳ گرم در لیتر) بودند.

موثر پر شدن بذر از رابطه زیر استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992).

$$EFP = \frac{MGW}{b} \quad (2)$$

در این رابطه MGW حداکثر وزن بذر، EFP دوره موثر پر شدن بذر، و b سرعت پر شدن بذر است. شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن)، به فواصل زمانی چهار روز یکبار اندازه گیری شد. در زمان رسیدگی تعداد ۸ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه که به طور تصادفی در هر گلدان مشخص شده بود برداشت شد، سپس صفات مختلف مانند ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد بذر در سنبله و وزن تک بوته در این بوته‌ها اندازه گیری و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) و Excel (۲۰۰۳) استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مولفه‌های پر شدن بذر (حداکثر وزن بذر، سرعت پر شدن بذر، دوره موثر پر شدن بذر، دوره پر شدن بذر)
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون و اعمال شوری بر سرعت پر شدن بذر، حداکثر وزن بذر، طول دوره پر شدن بذر و دوره موثر پر شدن بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی روند تغییرات پر شدن بذر نشان داد که ابتدا وزن بذر به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی) پس از این مرحله وزن بذر از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی در آمد (شکل ۱). نتایج نشان داد که بذرها در ترکیب تیماری محلول پاشی توام اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و

پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز با دست انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای $20 \pm 1/30 \pm 1$ درجه سانتی‌گراد (روز/شب) با طول دوره روشنایی 16 ± 1 ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. به منظور تعیین مولفه‌های پر شدن بذر پس از پایان دوره گلدهی و شروع دوره پر شدن بذر، در فواصل زمانی هر چهار روز یکبار، دو بوته از بین بوته‌های رقابت‌کننده به طور تصادفی انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا بذرها از سنبله جدا و شمارش شدند. بعد به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای 70 ± 5 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (Ronanini et al., 2004). به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن بذر از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای بر اساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nline نرم افزار SAS به صورت زیر استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < t_0 \\ a + bt & t > t_0 \end{cases} \quad (1)$$

در این رابطه GW وزن بذر، b سرعت پر شدن بذر، t زمان، t_0 پایان دوره پر شدن بذر و a عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن بذر نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن بذر است، وزن بذر تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پر شدن بذر را نشان می‌دهد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با پردازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن بذر یعنی سرعت پر شدن بذر (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه قرار داده شد و GW که وزن بذر است محاسبه شد. برای تعیین دوره

گیاهی، انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه آسان تر کرده و با کاهش محدودیت منبع باعث بهبود تخصیص مواد پرورده به سمت بذر و افزایش وزن بذر شود (Khoram ghahfarokhi et al., 2018). در بررسی محمدی کله سرلو و همکاران (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021) کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی اسید هیومیک در شرایط تنش شوری با بهبود غلظت کلروفیل برگ پرچم موجب بهبود مولفه پر شدن بذر چاودم (*X Triticosecale wittmack*) شد.

طبق مطالعات نریمانی و همکاران (Narimani et al., 2018) بهبود مولفه های پر شدن بذر از طریق کاربرد نانو اکسید آهن حاصل شد. طاهری و همکاران (Taheri et al., 2000) بیان داشتند بر اثر تنش خشکی تعادل تغذیه ای گیاه بر هم می خورد ولی می توان این مواد را به سرعت، با محلول پاشی عناصر ریزمغذی در دسترس گیاه قرار داد و انجام فرآیند فتوسنتز و کارایی آن را افزایش و به واسطه افزایش طول دوره پر شدن بذرها میزان انتقال مواد به سمت بذرها را بهبود بخشید. طبق تحقیقات احمدی نورالدین وند و همکاران (Ahmadi Nouraldin vand et al., 2021) سرعت پر شدن بذر در محلول پاشی ۳۰ میلی گرم در لیتر نانو سیلیکون و تلقیح توام بذر با کنتری های محرک رشد و قارچ مایکوریزا در شرایط آبیاری کامل، از افزایش ۶۷ درصدی نسبت به عدم تلقیح بذر با کودهای زیستی و عدم محلول پاشی با سیلیکون در شرایط آبیاری در مرحله آبستنی برخوردار بود.

طول سنبله

تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون، تنش شوری و بر هم کنش توام این سه عامل بر طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که بیشترین طول سنبله (۱۳ سانتی متر) در کاربرد توام محلول پاشی اسید هیومیک، محلول پاشی نانو اکسید آهن

سیلیکون تحت شرایط عدم اعمال شوری، در ۴۸ روز پس از سنبله دهی به حداکثر وزن خود رسیدند که این ترکیب تیماری از افزایش ۵۰ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شرایط شوری ۷۰ میلی مولار برخوردار بود (شکل ۱). همچنین، کاربرد توام محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط عدم اعمال شوری، موجب افزایش به ترتیب ۵۶/۶۰، ۳۹ و ۵۸/۴۵ درصدی حداکثر وزن بذر، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن بذر نسبت به شرایط عدم کاربرد محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شرایط شوری ۷۰ میلی مولار شد (جدول ۲). همچنین ترکیب تیماری کاربرد توام محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شرایط عدم اعمال شوری، از بیشترین سرعت پر شدن بذر (۱/۱۸۳ گرم در روز) برخوردار بود (جدول ۲).

طبق تحقیقات مرادی و همکاران (Moradi et al., 2016) نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن بذر در بوته به طور معنی داری تحت تاثیر شوری کاهش یافت. بر اساس نتایج حق بهاری و همکاران (Hagh Bahari et al., 2013) سرعت پر شدن بذر در تمامی تیمارهای مورد بررسی با افزایش شوری، افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد با افزایش سطح شوری دوره مؤثر پر شدن و طول دوره پر شدن بذر کاهش یافت. کاهش وزن بذر در شرایط شوری با کاهش طول دوره پر شدن بذر قابل توجه است. پوستینی (Poustini, 1998) همبستگی معنی دار مشاهده شده بین وزن خشک بذر و طول دوره پر شدن بذر گندم را در شرایط شور به اهمیت و نقش مؤثر دوام پر شدن بذر در تحمل به شوری نسبت داد.

اسید هیومیک با کاهش تبخیر و تعرق و با قدرت کلات کنندگی عناصر غذایی در نتیجه، قرار دادن مواد غذایی و آب بیش تر و مناسب تر در اختیار گیاه، می تواند با افزایش ساخت رنگیزه ها و بهبود فتوسنتز و متابولیسم

و سیلیکون تحت شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد، که از افزایش ۵/۵ درصدی نسبت به عدم کاربرد اسید هیومیک و نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شوری ۷۰ میلی مولار خاک بر خوردار بود (جدول ۲).

علت کاهش طول سنبله در هنگام شوری بر طبق تحقیقات بنده حق و همکاران (Bandeh hagh et al., 2004) تاثیر سمیت یون های Na و Cl بر روی کلیه ویژگی های عملکردی می باشد زیرا افزایش جذب سدیم باعث کاهش تقسیمات سلولی و فتوسنتز شده و تاثیر آن بر روی ویژگی های عملکردی مشخص و بارز خواهد بود.

بیرانوند و خورکامی (Beiranvand and Khourgani, 2018)، افزایش طول سنبله به واسطه محلول پاشی اسید هیومیک را به افزایش توانایی گیاه در جهت دسترسی به عناصر غذایی و بهبود خصوصیات رشدی و غلظت سبزیگی و در نتیجه افزایش کارایی فتوسنتز نسبت داده اند. طبق تحقیقات محمدی کله سرلو و همکاران (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021) بیشترین طول سنبله در کاربرد توام ورمی کمپوست و فلاویاکتریوم با اسید هیومیک در شرایط عدم اعمال شوری به دست آمد. طبق تحقیقات نریمانی و همکاران (Narimani et al., 2018) بیشترین طول سنبله در شرایط محلول پاشی ۹/۰ گرم بر لیتر نانو اکسید آهن نسبت به شرایط بدون محلول پاشی به دست آمد. به نظر می رسد رشد گیاه با مصرف سیلیکون بالا می رود و منجر به افزایش ارتفاع گیاه می شود و از آنجایی که طول سنبله جزئی از اندازه گیری ارتفاع گیاه می باشد پس باعث افزایش طول سنبله شده است (Gong et al., 2003).

وزن صد بذر

تاثیر محلول پاشی اسید هیومیک، محلول پاشی نانو اکسید آهن و سیلیکون، تنش شوری و برهم کنش توام این عوامل بر وزن صد بذر در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین ها نشان داد که کاربرد توام محلول پاشی اسید هیومیک، محلول پاشی نانو

اکسید آهن و سیلیکون در شرایط عدم اعمال شوری، از بیشترین وزن صد بذر (۴/۸ گرم) برخوردار بود، طوری که این ترکیب تیماری از افزایش ۳۹/۵۳ درصدی وزن صد بذر نسبت به شرایط عدم کاربرد محلول پاشی اسید هیومیک، محلول پاشی نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شوری ۷۰ میلی مولار خاک برخوردار بود (جدول ۲).

طبق تحقیقات محمدی کله سرلو و همکاران (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021) بخشی از کاهش وزن صد بذر در شرایط تنش شوری می تواند ناشی از کاهش مولفه پر شدن بذر از جمله کاهش غلظت کلروفیل و طول دوره پر شدن بذر باشد. خلیلزاده و همکاران (Khalilzadeh et al., 2017) گزارش کردند که در شرایط شوری، افزایش میزان سدیم برگ و کاهش غلظت آب و کلروفیل a و b برگ موجب کاهش فتوسنتز و ساخت مواد پرورده و انتقال این مواد به بذر شده و به تبع از آن وزن بذر کاهش یافت.

نوریانی (Noriani, 2017) گزارش کرد که کاربرد اسید هیومیک با افزایش طول دوره رشدی و دوره موثر پر شدن بذر کنگد در اثر بهبود تغذیه ای و رطوبتی، و نیز سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به بذرها در حال رشد، موجب افزایش وزن هزار بذر شد. طبق تحقیقات محمدی کله سرلو و همکاران (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021) محلول پاشی اسید هیومیک باعث افزایش وزن صد بذر در هنگام تنش شوری شد.

حیدریان و همکاران (Heidarian et al., 2011) نتیجه گیری کردند وزن هزار بذر سویا به طور معنی داری در اثر کاربرد کود آهن نسبت به شاهد افزایش یافت. با توجه به نقش آهن در تجمع هیدرات کربن و فرآیندهای فتوسنتزی و نیز مشارکت آن در انتقال الکترون در فتوسنتز و ساخت کلروفیل، بدیهی است که منجر به افزایش وزن هزار بذر و به تبع آن عملکرد بذر و کل با تامین کافی آهن مورد نیاز گیاه می شود. برخی محققان اظهار داشتند که سیلیکون تحت شرایط تنش خشکی، موجب افزایش وزن

رشد گیاه از طریق اثر هورمونی و با قدرت کلات کنندگی و با تاثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش جذب عناصر غذایی می‌شود (Nardi et al., 2002).

گوس و جانسون (Goos and Johnson, 2000) بیان نمودند ارتفاع بوته نسبت به شاهد با کاربرد کود آهن، افزایش می‌یابد. هسن و همکاران (Hensen et al., 2003) گزارش کردند گیاهانی که از کمبود آهن رنج می‌برند نسبت به شرایط معمول رشد آهسته‌تر و نیز ارتفاع کم‌تری دارند. گانگ و همکاران (Gong et al., 2005) نشان دادند سیلیکون رشد و ارتفاع بوته را از طریق بهبود توانایی برگ‌ها در جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی را در گندم افزایش داد.

تعداد بذر در سنبله

تاثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک، محلول‌پاشی نانو اکسید آهن و سیلیکون، تنش شوری و برهم‌کنش توام این عوامل بر تعداد بذر در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توام محلول‌پاشی اسید هیومیک، محلول‌پاشی نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط عدم اعمال شوری، از بیش‌ترین تعداد بذر در سنبله (۶۵/۲ گرم) برخوردار بود، طوری که این ترکیب تیماری از افزایش ۷۰/۶ درصدی تعداد بذر در سنبله نسبت به شرایط عدم کاربرد محلول‌پاشی اسید هیومیک، محلول‌پاشی نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک برخوردار بود (جدول ۲).

طبق تحقیقات بابایی و همکاران (Babaie et al., 2019) تنش شوری با افزایش در طول دوره پر شدن بذر و تولید مواد فتوسنتزی کمتر باعث می‌شود گیاه بقاء خود را با هزینه کاهش تعداد بذر در سنبله که در نهایت به کاهش طول سنبله ختم می‌شود ضمانت نماید. مایاک و همکاران (Mayak et al., 2004) بیان نمودند در شرایط شوری شدید علت کاهش تعداد بذر در سنبله و طول سنبله تولید اتیلن بیش‌تر نسبت به شرایط معمول می‌باشد.

هزار بذر از طریق سرعت بخشیدن و تقویت انتقال مواد فتوسنتزی به اندام زایشی، می‌شود (Gong et al., 2003).

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون، تنش شوری و برهم‌کنش توام این سه عامل بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۳۲/۳ سانتی‌متر) در کاربرد توام محلول‌پاشی اسید هیومیک، محلول‌پاشی نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد، که از افزایش ۵۱/۲ درصدی نسبت به عدم کاربرد اسید هیومیک و نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک برخوردار بود (جدول ۲).

طبق تحقیقات انجام گرفته توسط مرادی و همکاران (Moradi et al., 2016) تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته کلزا شد به طوری که بیش‌ترین ارتفاع بوته در هر چهار رقم در سطح شاهد و کم‌ترین ارتفاع نیز در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. اشرف و علی (Ashraf and Ali, 2008) مشاهده نمودند تنش شوری سبب کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد برگ کلزا شد ایشان تاثیر توام تنش شوری و تنش اسمزی ناشی از شوری را در این میان موثر دانستند.

طبق تحقیقات محمدی کله‌سرلو و همکاران (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021) بیش‌ترین ارتفاع بوته در کاربرد توام ورمی کمپوست و فلاوباکتریوم با اسید هیومیک در شرایط عدم اعمال شوری به دست آمد. بخشی از بهبود ارتفاع بوته تحت شرایط تنش شوری به واسطه محلول‌پاشی اسید هیومیک را می‌توان به افزایش شاخص کلروفیل نسبت داد که در این راستا محمدی کله‌سرلو و همکاران (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021) اظهار داشتند که محلول‌پاشی اسید هیومیک تحت شرایط شوری با افزایش میزان کلروفیل موجب افزایش ارتفاع بوته تریتیکاله شد. اسید هیومیک موجب افزایش ارتفاع و

محلول پاشی اسید هیومیک باعث افزایش تعداد بذر در سنبله در هنگام تنش شوری می‌شود.

طبق تحقیقات نریمانی و همکاران (Narimani et al., 2018) تعداد بذر در سنبله با محلول پاشی ۹/۰ گرم بر لیتر نانو اکسید آهن نسبت به شرایط بدون محلول پاشی افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات همانترانجان و کرای (Hemantaranjan and Gray, 1988) نشان داد تعداد بذر در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح با مصرف آهن و روی افزایش معنی داری نشان دادند.

افزایش هورمون‌های سیتوکنین، اکسین و جیبرلین در گیاه در اثر کاربرد اسید هیومیک حاصل می‌شود (Abdel Mawgoud et al., 2007)، بنابراین در شرایط تنش با افزایش این هورمون‌ها، توزیع مواد پرورده به رشد رویشی کم‌تر شده و سهم بذرها از این مواد افزایش می‌یابد و تعداد بذر بیش‌تر خواهد شد (Sedaghat et al., 2016). در شرایط تنش کاربرد اسید هیومیک با جلوگیری از عقیم شدن یا ریزش گلچه‌ها در سنبله باعث افزایش تعداد بذر در سنبله می‌شود. طبق تحقیقات محمدی کله‌سرلو و همکاران (Mohammadi Kale Sarlou et al., 2021)

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر کاربرد اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون و شوری بر مولفه‌های پر شدن بذر، عملکرد و برخی صفات گندم

Table 1- Analysis of variance The effect of application of humic acid, iron and silicon nano oxide and salinity on grain filling components, yield and some traits of wheat

منابع تغییر S.O.V	df	میانگین مربعات Mean Square								
		ارتفاع بوته (plant height)	طول سنبله (Spike length)	تعداد بذر در سنبله (Number of seeds per spike)	وزن صد بذر (Weight of one hundred seeds)	حداکثر وزن بذر (Maximum seed weight)	سرعت پر شدن بذر (Grain filling rate)	طول دوره پر شدن بذر (The length of the seed filling period)	دوره موثر پر شدن بذر (Effective period of seed filling)	وزن تک بوته (Single plant weight)
تکرار Replication	2	12063.6**	114.21**	2677.4**	17.05**	0.0023**	0.00000268**	1335.1**	822.59**	5.585**
سطوح شوری (S) Salinity	2	969.8**	2.62**	398.9**	0.398**	0.00065**	0.000000000787**	182.14**	240.033**	0.847**
نانو اکسیدها (N) Nano oxides	3	2032.03**	10.88**	744.3**	1.146**	0.00042**	0.00000000104**	122.50**	160.71**	0.106**
اسید هیومیک (H) Humic acid	1	150.87**	0.318 ^{ns}	73.60**	1.832**	0.00022**	0.00000000151**	67.22**	90.97**	0.109 ^{ns}
S×N	6	483.1**	4.828**	109.1**	0.267**	0.000015**	0.000000000820**	6.055**	7.90**	0.118**
S×H	2	116.29**	4.029**	89.88*	0.299*	0.000004 ^{ns}	0.00000000173**	2.03*	3.018*	0.120*
N×H	3	206.63**	3.12**	79.57*	0.307**	0.000016**	0.000000000212**	4.935**	6.409**	0.285**
S×N×H	6	424.97**	11.91**	133.4**	0.434**	0.000011**	0.000000000137**	3.489**	4.756**	0.216**
خطا Error	46	13.79	0.166	9.50	0.029	0.0000017	0.0000000000932	0.507	0.669	0.0127
ضریب تغییرات CV (%) (درصد)		3.313	3.740	6.077	4.098	2.706	0.182	1.909	2.794	4.682

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are meaningless and significant at the five and one percent probability levels, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کاربرد اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون و شوری بر مولفه‌های پر شدن بذر، عملکرد و برخی صفات گندم

Table 2- Comparison of the average effect of humic acid, iron and silicon nano oxide treatment and salinity on seed filling components, yield and some wheat traits

تیمار (Treatments)	ارتفاع بوته (plant height) (cm)	طول سنبله (Spike length) (cm)	تعداد بذر در سنبله (Number of seeds per spike)	وزن صد بذر (Weight of one hundred seeds) (g)	حداکثر وزن بذر (Maximum seed weight) (g)	سرعت پر شدن بذر (Grain filling rate) (g per Day)	طول دوره پر شدن بذر (The length of the seed filling period) (Day)	دوره موثر پر شدن بذر (Effective period of seed filling) (Day)	وزن تک بوته (Single plant weight) (g per plant)	معادله برازش (Fitted equation)
S ₁ ×N ₁ ×H ₁	107.3 ^{hi}	10.4 ^{gh}	48.2 ^{hijk}	4.07 ^{ghi}	0.047 ^{ij}	0.00167 ^e	39.27 ^g	27.14 ^g	2.378 ^{ghij}	Y=0.00167x-0.0139
S ₁ ×N ₂ ×H ₁	115 ^{fg}	9.10 ^{klm}	52.4 ^{efgh}	4.31 ^{defg}	0.05 ^{fg}	0.00166 ^f	38.3 ^{de}	30.42 ^{de}	2.557 ^{defg}	Y=0.00166x-0.0133
S ₁ ×N ₃ ×H ₁	101.97 ^{ij}	11.45 ^{de}	46.6 ^{ijkl}	4.08 ^{ghi}	0.056 ^{ab}	0.00166 ^f	41.3 ^a	33.97 ^a	2.5 ^{afgh}	Y=0.00166x-0.0124
S ₁ ×N ₄ ×H ₁	129.7 ^{ab}	9.9 ^{hij}	65.2 ^a	3.85 ^{ijk}	0.056 ^{ab}	0.00168 ^d	41.33 ^a	33.86 ^a	2.65 ^{bode}	Y=0.00168x-0.0127
S ₁ ×N ₁ ×H ₂	120.8 ^{def}	8.5 ^{mn}	56.4 ^{cdef}	4.47 ^{bcd}	0.052 ^{de}	0.00167 ^e	39.36 ^{cd}	31.61 ^{cd}	2.22 ^{ijkl}	Y=0.00167x-0.0133
S ₁ ×N ₂ ×H ₂	99.6 ^{kl}	9.6 ^{ijk}	41.6 ^{lmn}	4.52 ^{abcd}	0.056 ^{ab}	0.00167 ^e	41.37 ^a	33.89 ^a	2.7 ^{abcd}	Y=0.00167x-0.0126
S ₁ ×N ₃ ×H ₂	129.7 ^{ab}	12.7 ^{ab}	63.2 ^{ab}	4.73 ^{ab}	0.056 ^{ab}	0.00168 ^d	41.39 ^a	33.89 ^a	2.79 ^{ab}	Y=0.00168x-0.0126
S ₁ ×N ₄ ×H ₂	132.2 ^a	13 ^a	63.2 ^{ab}	4.8 ^a	0.058 ^a	0.00169 ^c	41.74 ^a	34.37 ^a	2.84 ^a	Y=0.00169x-0.0127
S ₂ ×N ₁ ×H ₁	91.4 ^{lm}	11.8 ^{cde}	40.56 ^{mn}	3.6 ^{kl}	0.039 ^{op}	0.0017 ^b	32.08 ^{lm}	23.29 ^{lm}	2.55 ^{defg}	Y=0.00170x-0.0153
S ₂ ×N ₂ ×H ₁	128.7 ^{abc}	10.1 ^{ghi}	42.6 ^{lmn}	3.77 ^{klj}	0.042 ^{mn}	0.00168 ^d	33.65 ^{kl}	25.05 ^{kl}	2.02 ^{mn}	Y=0.00168x-0.0146
S ₂ ×N ₃ ×H ₁	104.6 ^{ij}	10.7 ^{fg}	50.2 ^{shij}	4.15 ^{fgh}	0.048 ^{hi}	0.00168 ^d	36.83 ^{fg}	28.69 ^{fg}	2.74 ^{abc}	Y=0.00168x-0.0138
S ₂ ×N ₄ ×H ₁	126.1 ^{bcd}	12.6 ^{ab}	60.40 ^{abc}	4.62 ^{abc}	0.055 ^{bc}	0.00166 ^f	40.71 ^{ab}	33.19 ^{ab}	2.6 ^{cdef}	Y=0.00166x-0.0126
S ₂ ×N ₁ ×H ₂	102.1 ^{ij}	8.8 ^{lmn}	45.8 ^{klj}	3.93 ^{hij}	0.044 ^{kl}	0.00167 ^e	35.06 ^{hi}	26.64 ^{hi}	2.26 ^{ijkl}	Y=0.00167x-0.0141
S ₂ ×N ₂ ×H ₂	117.6 ^{efg}	12.1 ^{bcd}	54.2 ^{defg}	4.39 ^{cdef}	0.051 ^{ef}	0.00165 ^g	38.97 ^{cd}	31.27 ^{cd}	2.79 ^{ab}	Y=0.00165x-0.0127
S ₂ ×N ₃ ×H ₂	118.1 ^{efg}	11.5 ^{de}	54.4 ^{defg}	4.40 ^{cdef}	0.051 ^{ef}	0.00165 ^g	38.87 ^d	31.27 ^{cd}	2.42 ^{fghi}	Y=0.00165x-0.0127
S ₂ ×N ₄ ×H ₂	126.1 ^{bcd}	9.6 ^{ijk}	60.6 ^{abc}	4.62 ^{abc}	0.055 ^{bc}	0.00166 ^f	40.77 ^{ab}	33.31 ^{ab}	2.128 ^{klm}	Y=0.00166x-0.0126
S ₃ ×N ₁ ×H ₁	87.5 ^m	8.2 ⁿ	38.2 ⁿ	3.54 ^l	0.037 ^q	0.00171 ^a	30.69 ⁿ	21.69 ⁿ	1.935 ⁿ	Y=0.00171x-0.0157
S ₃ ×N ₂ ×H ₁	94 ^{kl}	11.2 ^{ef}	56.57 ^{cde}	3.68 ^{klj}	0.04 ^{no}	0.00169 ^c	32.88 ^{kl}	24.14 ^{kl}	1.982 ^{mn}	Y=0.00169x-0.0149
S ₃ ×N ₃ ×H ₁	129.2 ^{ab}	12.24 ^{bc}	44.2 ^{klm}	4.73 ^{ab}	0.043 ^{lm}	0.00168 ^d	34.29 ^{ij}	25.77 ^{ij}	2.076 ^{lmn}	Y=0.00168x-0.0144
S ₃ ×N ₄ ×H ₁	112.4 ^{gh}	12.4 ^{abc}	51.4 ^{fghi}	4.23 ^{efg}	0.049 ^{gh}	0.00167 ^e	37.6 ^{ef}	29.52 ^{ef}	2.457 ^{fgh}	Y=0.00167x-0.0136
S ₃ ×N ₁ ×H ₂	88.6 ^{lm}	11.5 ^{de}	39.4 ^{mn}	3.52 ^l	0.038 ^{pq}	0.00169 ^c	31.53 ^{mn}	22.72 ^{mn}	2.486 ^{efgh}	Y=0.00169x-0.0152
S ₃ ×N ₂ ×H ₂	99.6 ^{kl}	12.7 ^{ab}	44.4 ^{klm}	4.7 ^{ab}	0.043 ^{lm}	0.00168 ^d	34.22 ^{ij}	25.77 ^{ij}	2.363 ^{hij}	Y=0.00168x-0.0144
S ₃ ×N ₃ ×H ₂	104.7 ^{ij}	9.3 ^{klj}	39.4 ^{mn}	3.85 ^{ijk}	0.045 ^{jk}	0.00166 ^f	35.74 ^{gh}	27.53 ^{gh}	2.143 ^{klm}	Y=0.00166x-0.0137
S ₃ ×N ₄ ×H ₂	123.5 ^{cde}	12.4 ^{abc}	58.2 ^{bcd}	4.55 ^{abcd}	0.053 ^{cd}	0.00166 ^f	40.1 ^{bc}	32.46 ^{bc}	2.237 ^{ijkl}	Y=0.00166x-0.0126
LSD	6.104	0.67	5.066	0.283	0.0022	0.00000502	1.1706	1.3444	0.185	

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری و شوری ۳۰ و ۷۰ میلی مولار.

N₁, N₂, N₃ و N₄ به ترتیب عدم محلول پاشی به عنوان شاهد، محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید آهن، محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر نانو سیلیکون، کاربرد توام نانو اکسید آهن و سیلیکون

H₁ و H₂ به ترتیب عدم محلول پاشی و محلول پاشی ۳ گرم در لیتر اسید هیومیک.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد ندارند.

S₁, S₂ and S₃ are salinity and salinity of 30 and 70 mm, respectively.

N₁, N₂, N₃ and N₄, respectively, non-spraying as a control, spraying 0.8 g / l nano-iron oxide, spraying 40 mg / l nano-silicon, combined application of nano-iron oxide and silicon.

H₁ and H₂, respectively, non-foliar spray and foliar spray 3 g / l humic acid.

The means with similar letters in each column did not have a statistically significant difference based on the LSD test at 5% probability level.

اپستین و بلوم (Epstein and Bloom, 2005) اظهار نمودند کاربرد سیلیکون تحت شرایط تنش خشکی با انتقال مواد فتوسنتزی بیش تر به اندام زایشی، موجب افزایش تعداد بذر در سنبله، وزن هزار بذر و در نهایت عملکرد بذر گندم می‌شود. فلاح و همکاران (Fallah et al., 2004) اظهار داشتند که سیلیکون از طریق کاهش اثر تنش خشکی، تعداد بذر در سنبله و تعداد سنبله در سنبله برنج را افزایش داد.

شاخص کلروفیل

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر هر سه فاکتور مورد بررسی (اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون و تنش شوری) در تمامی مراحل نمونه برداری بر شاخص کلروفیل برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). کاربرد محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شرایط عدم اعمال شوری از افزایش ۶۴/۷ درصدی نسبت به عدم محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شرایط شوری ۷۰ میلی مولار خاک در ۸۴ روز پس از کاشت برخوردار بود (جدول ۴).

کاردوویلا و همکاران (Cordovilla et al., 1995) بیان داشتند تحت تنش شوری عوامل غیر روزه‌ای مانند کارایی رایسکو و تولید مجدد آن و مقدار کلروفیل برگ کاهش می‌یابند. با توجه به این که هم‌بستگی زیادی بین عدد کلروفیل متر و نیتروژن برگ وجود دارد، از این رو در محیط شور کاهش مقدار نیتروژن در اندام‌های هوایی، در اثر ممانعت یون کلر از جذب نترات، می‌تواند کلروفیل برگ را کاهش دهد، که در نتیجه آن تخریب کلروپلاست اتفاق می‌افتد (Salehi et al., 2004).

اسید هیومیک جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم، آهن و منیزیم را با افزایش نفوذپذیری غشای سلولی و بهبود جذب عناصر غذایی افزایش می‌دهد (Asri et al., 2015). بنابراین اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر دخیل در ساخت کلروفیل، موجب افزایش کلروفیل و در نهایت

فتوسنتز شد. هم‌چنین، اسید هیومیک عملکرد گیاهان را از طریق تداوم بافت‌های فتوسنتز کننده افزایش می‌دهد و نیز از طریق تاثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد (Nardi et al., 2002).

در پژوهش‌های نریمان‌ی و همکاران (Narimani et al., 2018) آثار سوء تنش با محلول پاشی آهن کاهش یافت و با مقادیر زیاد آهن بیش‌ترین مقدار کلروفیل به دست آمد. کاربرد نانو اکسید آهن منجر به بهبود محتوای کلروفیل حتی در شرایط محدودیت آبی یا کشت دیم شد. با توجه به محدودیت رشد ریشه، با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک آهن در خاک کاهش یافته و گیاه به‌طور فزاینده‌ای با کمبود آهن مواجه می‌گردد. اگر چه آهن به مقدار کم برای گیاه نیاز است، ولی حضور آن لازم است چون بسیاری از ترکیبات مهم و فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند ساخت کلروفیل و فعالیت برخی آنزیم‌ها، دریافت انرژی نورانی و توسعه کلروپلاست در حضور آهن انجام می‌گیرد (Hadi et al., 2016).

طبق تحقیقات نظری و همکاران (Nazary et al., 2021) نشان داد در اثر کاربرد مایکوریزا، ورمی کمپوست و نانو سیلیکون، شاخص کلروفیل تغییرات کمتری نشان داد، به طوری که در تمامی تیمارهای مورد آزمایش حداکثر شاخص کلروفیل برگ پرچم (۴۰/۸) در کاربرد توام مایکوریزا، ورمی کمپوست و نانو سیلیکون در شرایط آبیاری کامل مشاهده شد. کاربرد سیلیکون در شرایط تنش با جلوگیری از آسیب فراساختار کلروپلاست‌ها بر افزایش کلروفیل موثر می‌باشد (Liang et al., 2006).

وزن تک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم کنش توام محلول پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون و شوری بر وزن تک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین وزن تک بوته (۲/۸۴۴)

اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش غلظت کلروفیل برگ و فتوسنتز می‌شود (Nardi et al., 2002).

بخشی از افزایش عملکرد بذر رقم چمران را می‌توان به افزایش شاخص سطح برگ در این تیمار به واسطه کاربرد محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی نسبت داد که به نظر می‌رسد این افزایش شاخص سطح برگ موجب بهبود عملکرد به دلیل افزایش فتوسنتز جاری شده است. فراهمی عناصر غذایی می‌تواند موجب افزایش عملکرد از طریق تأثیر بر فرآیندهای رشد گیاه زراعی گردد (Baghai and Maleki Farahani, 2014).

گرم در بوته) در کاربرد توام محلول‌پاشی اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون تحت شرایط عدم اعمال شوری به دست آمد، که از افزایش ۴۶/۹۷ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک و نانو اکسید آهن و سیلیکون در بالاترین سطح شوری (۷۰ میلی‌مولار) برخوردار بود (جدول ۲).

طبق مطالعات حق بهاری و همکاران (Hagh Bahari et al., 2013) با افزایش سطح شوری عملکرد بذر کاهش یافت. شوری با اثر بر مریستم انتهایی ساقه جو و تعداد برگ و سنبله در سنبله موجب کاهش عملکرد شد (Grive, 1993).

اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد گیاه از طریق

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر شوری و محلول‌پاشی اسید هیومیک و نانو اکسید آهن و سیلیکون بر شاخص کلروفیل

Table 3- Analysis of variance of the effect of salinity and foliar application of humic acid and iron and silicon nanoxide on chlorophyll index

منابع تغییر S.O.V	df	میانگین مربعات						
		شاخص کلروفیل (روز پس از کاشت) Chlorophyll Index (Days after planting)						
		54	64	74	84	94	104	114
تکرار Replication	2	2240.69**	2000.02**	1892.5**	1758.3**	1712.4**	1680.4**	1401.2**
سطوح شوری (S) Salinity	2	740.2**	481.1**	535.92**	596.1**	496.05**	227.49**	305.52**
نانو اکسیدها (N) Nano oxides	3	208.18**	332.4**	251.27**	192.6**	65.51**	29.337**	61.39**
اسید هیومیک (H) Humic acid	1	125.78**	288.7**	50.76**	135.4**	31.68**	180.59**	49.99**
S×N	6	41.35**	61.26**	43.46**	54.36**	38.23**	54.986**	27.71**
S×H	2	43.11**	11.98**	23.57*	3.323 ^{ns}	12.44*	86.89**	10.42**
N×H	3	92.36**	12.16**	5.058 ^{ns}	43.71**	29.44**	55.76**	2.008 ^{ns}
S×N×H	6	20.96**	70.83**	21.311**	59.06**	44.62**	24.56**	31.62**
Error خطا	46	4.899	1.8	5.172	4.068	2.683	6.209	1.192
ضرب تغییرات (درصد) CV (%)		4.581	2.86	5.108	4.713	3.863	6.055	2.86

ns, * and ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are meaningless and significant at the five and one percent probability levels, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین تاثیر اسید هیومیک، نانو اکسید آهن و سیلیکون و شوری بر شاخص کلروفیل

Table 4- Comparison of the mean effect of humic acid, iron and silicon nanooxide and salinity on chlorophyll index

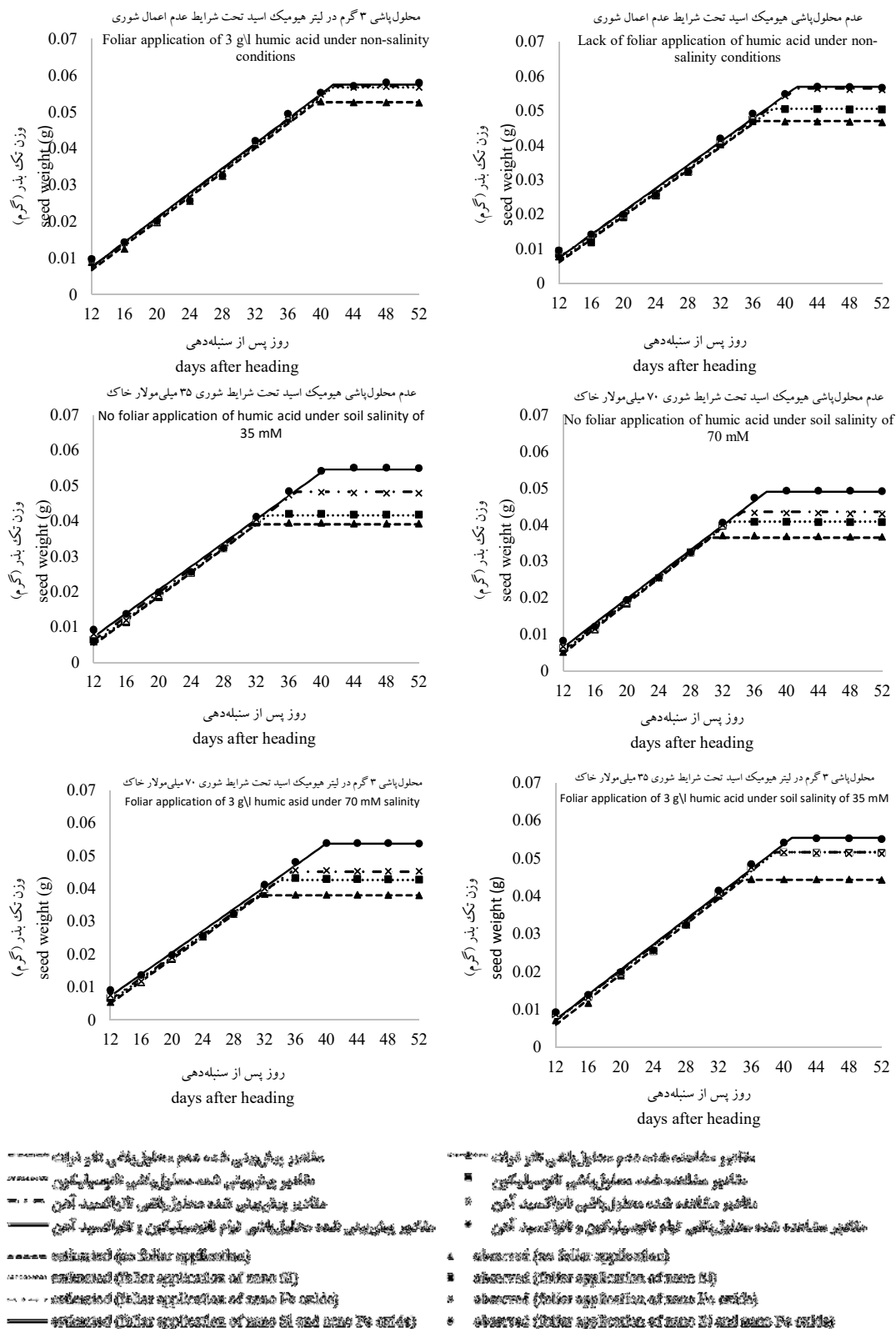
تیمار Treatments	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index						
	روز پس از کاشت Day after planting						
	54	64	74	84	94	104	114
	ظهور برگ (flag leaf appearance)	چکمه‌دهی (Booting)	چکمه‌دهی (Booting)	سینه‌دهی (Heading)	سینه‌دهی (Heading)	پر شدن بذر (Grain filling)	پر شدن بذر (Grain filling)
S ₁ ×N ₁ ×H ₁	53.66 ^{def}	42.32 ^{nop}	42.55 ^{ghij}	40.82 ^{fg}	40.99 ^{gh}	37.3 ^{hi}	35.99 ^{ijk}
S ₁ ×N ₂ ×H ₁	46.26 ^{kl}	45.59 ^{klm}	43.51 ^{fgh}	42.35 ^{efg}	41.67 ^{gh}	39.08 ^{fgh}	38.13 ^{fgh}
S ₁ ×N ₃ ×H ₁	49.28 ^{ghij}	50.45 ^{fgh}	50.4 ^{bcd}	49.35 ^{bc}	48.95 ^{ab}	45.95 ^{abcd}	43.05 ^{bc}
S ₁ ×N ₄ ×H ₁	58.54 ^{ab}	56.3 ^{ab}	53.9 ^{ab}	52.22 ^{ab}	49 ^{ab}	37.3 ^{hi}	44.75 ^{ab}
S ₁ ×N ₁ ×H ₂	51.45 ^{efgh}	57.39 ^a	46.65 ^{ef}	45.21 ^{de}	46.65 ^{bcd}	48.87 ^a	41.3 ^{cd}
S ₁ ×N ₂ ×H ₂	55.82 ^{bcd}	54.2 ^{bcd}	50.9 ^{bc}	49.4 ^{bc}	48.9 ^{abc}	46.47 ^{abc}	43 ^{bc}
S ₁ ×N ₃ ×H ₂	59.63 ^a	48.86 ^{hij}	55.15 ^a	53.62 ^a	49 ^{ab}	49.82 ^a	45.6 ^a
S ₁ ×N ₄ ×H ₂	57.45 ^{abc}	55.22 ^{abc}	52.65 ^{ab}	50.83 ^{ab}	46.6 ^{bcd}	44.7 ^{bcd}	43.96 ^{ab}
S ₂ ×N ₁ ×H ₁	39.09 ^o	38.05 ^{rst}	39.53 ^{ijklm}	35.31 ^{ij}	39.83 ^{hi}	34.85 ^{ij}	32.54 ^{mno}
S ₂ ×N ₂ ×H ₁	44.33 ^{klm}	43.41 ^{mno}	41.4 ^{hijkl}	39.6 ^{gh}	39.83 ^{hi}	44.06 ^{bcd}	36.88 ^{hij}
S ₂ ×N ₃ ×H ₁	47.62 ^{ijk}	46.68 ^{ijkl}	44.4 ^{efgh}	43.73 ^{def}	43.57 ^{efg}	41.63 ^{efg}	36.99 ^{ghi}
S ₂ ×N ₄ ×H ₁	52.53 ^{defg}	51.54 ^{efg}	47.9 ^{cde}	46.59 ^{cd}	50.12 ^a	43.56 ^{bcd}	41.03 ^d
S ₂ ×N ₁ ×H ₂	41.19 ^{mno}	39.05 ^{qrs}	38.4 ^{klmn}	35.41 ^{ij}	37.54 ^{ij}	39.08 ^{fgh}	34.29 ^{klm}
S ₂ ×N ₂ ×H ₂	54.77 ^{cde}	53.72 ^{cde}	45.4 ^{efg}	43.83 ^{def}	43.21 ^{fg}	42.54 ^{cdef}	38.7 ^{efg}
S ₂ ×N ₃ ×H ₂	50.33 ^{fghi}	49.36 ^{ghi}	43.26 ^{fghi}	43.83 ^{def}	45.48 ^{def}	42.54 ^{cdef}	40.4 ^{de}
S ₂ ×N ₄ ×H ₂	54.2 ^{cde}	54.72 ^{bcd}	52.15 ^{ab}	50.78 ^{ab}	46.25 ^{cde}	47.43 ^{ab}	40.71 ^d
S ₃ ×N ₁ ×H ₁	42.15 ^{mno}	41.23 ^{opq}	38.9 ^{ijklm}	43.77 ^{def}	40.94 ^{gh}	36.84 ^{hij}	36.94 ^{ghi}
S ₃ ×N ₂ ×H ₁	40.64 ^{no}	38.55 ^{rst}	37.9 ^{lmn}	35.36 ^{ij}	35.21 ^{kl}	42.08 ^{defg}	36.84 ^{hij}
S ₃ ×N ₃ ×H ₁	41.66 ^{mno}	36.8 ^t	38.9 ^{ijklm}	35.46 ^{ij}	37.49 ^{ij}	36.36 ^{hij}	34.24 ^{klm}
S ₃ ×N ₄ ×H ₁	48.12 ^{hij}	47.77 ^{ijk}	44.9 ^{efgh}	32.55 ^l	33.2 ^l	35.36 ^{hij}	30.84 ^o
S ₃ ×N ₁ ×H ₂	38.9 ^o	40.14 ^{pqr}	41.9 ^{ghijk}	33.93 ^{ij}	36.36 ^{jk}	39.24 ^{fgh}	33.39 ^{lmn}
S ₃ ×N ₂ ×H ₂	40.11 ^{no}	36.06 st	35 ⁿ	36.84 ^{hi}	39.54 ^{hi}	32.95 ^j	35.14 ^{kl}
S ₃ ×N ₃ ×H ₂	48.52 ^{hij}	44.5 ^{lmn}	36.13 ^{mn}	40.98 ^{fg}	34.08 ^{kl}	35.58 ^{hij}	31.94 ^{no}
S ₃ ×N ₄ ×H ₂	43.23 ^{lmn}	52.63 ^{def}	46.75 ^{def}	45.37 ^{de}	43.13 ^{fg}	43.56 ^{bcd}	39.77 ^{def}
LSD	3.637	2.205	3.738	3.315	2.692	4.095	1.795

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری و شوری ۳۰ و ۷۰ میلی مولار.N₁, N₂, N₃ و N₄ به ترتیب عدم محلول پاشی به عنوان شاهد، محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید آهن، محلول پاشی ۴۰ میلی گرم در لیتر نانو سیلیکون، کاربرد توام نانو اکسید آهن و سیلیکونH₁ و H₂ به ترتیب عدم محلول پاشی و محلول پاشی ۳ گرم در لیتر اسید هیومیک.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ با هم ندارند.

S₁, S₂ and S₃ are salinity and salinity of 30 and 70 mm, respectively.N₁, N₂, N₃ and N₄, respectively, non-spraying as a control, spraying 0.8 g / l nano-iron oxide, spraying 40 mg / l nano-silicon, combined application of nano-iron oxide and silicon.H₁ and H₂, respectively, non-foliar spray and foliar spray 3 g / l humic acid.

The means with similar letters in each column did not have a statistically significant difference based on the LSD test at 5% probability level.



شکل ۱- تاثیر تنش شوری، هیومیک اسید و نانو اکسید آهن و سیلیکون بر روند پرشدن بذر گندم

Figure 1- The effect of salinity stress, humic acid and iron and silicon nanoxide on the grain filling process of wheat

شاخص کلروفیل موجب افزایش ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد بذر در سنبله و وزن صد بذر گندم شد. این ترکیب تیماری با بهبود سرعت پرشدن بذر، طول دوره و دوره موثر پرشدن بذر موجب افزایش ۴۶/۹۷ درصدی وزن تک بوته نسبت به شرایط عدم محلول پاشی اسید هیومیک، محلول پاشی نانو ذرات آهن و سیلیکون تحت شرایط شوری ۷۰ میلی مولار شد. به نظر می رسد محلول پاشی اسید هیومیک و نانو ذرات آهن و سیلیکون با تعدیل اثر تنش شوری و بهبود شاخص کلروفیل و مولفه های پر شدن بذر (سرعت و طول دوره پر شدن بذر) می توانند در بهبود عملکرد موثر واقع شوند.

طبق تحقیقات نظری و همکاران (Nazary et al., 2021) بخشی از افزایش عملکرد بذر در محلول پاشی نانو سیلیکون تحت شرایط محدودیت آبی می تواند ناشی از اثر این عنصر بر بهبود شاخص سبزیبندی، حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و محتوای نسبی آب برگ باشد.

نتیجه گیری

محلول پاشی اسید هیومیک و نانو ذرات آهن و سیلیکون تحت شرایط عدم اعمال شوری، از طریق بهبود

Reference

منابع

- Abdel Mawgoud, A.M.R., N.H.M. El Greadly, Y.I. Helmy, and S. M. Singer. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. J. Appl. Sci. Res. 3(2): 169-174.
- Ahmadi Nouraldin, F., R. Seyed Sharifi, S.A. Siadat, and R. Khalilzadeh. 2021. Effects of Nano Silicon Concentrations and Bio-fertilizer on Yield and Grain Filling Components of Wheat in Different Irrigation Regimes. Iranian J. Field Crops Res. 19(1): 91-105. (In Persian)
- Ashraf, M., and Q. Ali. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environ. Exp. Bot. 63: 266 – 273.
- Ashraf, M., and T. McNeilly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Crit. Rev. Plant Sci. 23(2): 157-174.
- Babaie, K., H., R. Seyed Sharifi, and A.R. Pirzad. 2019. Effects of Biofertilizers, Nano Zn Oxide and Nano Fe Oxide on Quantum Yield and Variation of Grain Filling of wheat (*Triticum aestivum* L.) under Soil Salinity Condition. J. Agric. Sci. Sustainable Prod. 30(1): 73-94. (In Persian)
- Baghai, N., and S. Maleki Farahani. 2014. Comparison of Nano and micro Chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Saffron Res. 1(2): 156 -169.
- Bandeh Hagh, A., H. Kazemey, M. Valizadeh, and A. Javanshir. 2004. Resistance of *Triticum aestivum* (*spring cultivars*) to salinity stress in vegetative and generative stages. J. Agric. Sci. Iran. 35(1): 214-221.
- Beiranvand, H., and A. Khourgami. 2018. Effect of humic acid foliar application on quality and quantitative yield and agronomic characteristics of wheat plant (*Triticum aestivum* L.) in Beiranshahr region (Lorestan). Res. Agric. 10(3): 79-96. (In Persian)
- Cordovilla, M., P.A. Ocana, F. Ligerero, and C. Liuch. 1995. Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-rhizobium symbiosis. J. Plant Nutr. 18: 1596-1609
- Cui, J., T. Liu, F. Li, J. Yi, C. Liu, and H. Yu. 2017. Silica nanoparticles alleviate cadmium toxicity in rice cells: mechanisms and size effects. Environ. Pollut. 228: 363-369.
- Davoody, N., M.J. Seghatoleslami, S.G.H. Mousavi, and A. Nasrabad Azari. 2013. Foxtail millet responses to bulk and nano zinc oxide particles in waterstress conditions. Annu. Rev. Res. Biol. 3: 959-97.
- Dewal, G.S, and R.G. Pareek. 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*). Indian J. Agron. 49: 160 -162.

- EL Sabagh, A., M.S. Islam, M. Skalicky, M. Ali Raza, K. Singh, M. Anwar Hossain, A. Hossain, W. Mahboob, M.A. Iqbal, D. Ratnasekera, R.K. Singhal, S. Ahmed, A. Kumari, A. Wasaya, O. Sytar, M. Brestic, F. ÇIG, M. Erman, M. Habib Ur Rahman, N. Ullah, and A. Arshad. 2021. Salinity Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Changing Climate: Adaptation and Management Strategies. *Front. Agron.* 3. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.661932>
- Ellis, R. H., and C. Pieta-Filho. 1992. The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Sci Res.* 2: 19-25.
- Epstein, E., and A. Bloom. 2005. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.* 2nd ed. Sinecure Associates, Sunderland, Mass, U.S.
- Fallah, A., R.M. Visperas, and A.A. Alejar. 2004. The interactive effect of silicon and spikelet filling in rice (*Oryza sativa* L.). *Philippine Agric. Sci.* 87: 174-176.
- Gad, S.H., A.M. Ahmed, and Y. Moustafa. 2012. Effect of foliar application with two antioxidants and humic acid on growth, yield and yield components of peas (*Pisum sativum* L.). *J. Hortic. Sci. Ornamental Plants.* 4(3): 318-328
- Gong, H., K. Chen, G. Chen, S. Wang, and C.H. Zhang. 2003. Effects of silicon on growth of wheat under drought. *J. Plant Nutr.* 26: 1055-1063.
- Gong, H.Z., K. Chen, S. Wang, and C. Zang. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in post under drought. *Plant Sci.* 169: 313-321.
- Goos, R. J, and B. Johnson. 2000. A comparison of three methods for reducing iron deficiency chlorosis on soybean *Agric. J.* 92: 1135-1139.
- Grive, G.E. 1993. Leaf and spikelet primordia protein synthesis in barley roots. *Plant Physiol.* 183: 517-524.
- Nardi, S. D. Pizzeghello, A. Muscolo, and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 34(11): 1527-1536.
- Hadi, H., R. Seyed Sharifi, and A. Namvar. 2016. *Phytoprotectants and Abiotic Stresses.* Urmia University Press, Urmia, Iran. (In Persian)
- Hagh Bahari, M, and R. Seyed Sharifi. 2014. Effects of seed inoculation with growth promoting bacteria (PGPR) on yield, rate and grain filling at various levels of soil salinity. *Environ. Stresses Crop Sci.* 6(1): 65-75. (In Persian)
- Hagh Bahari, M., and R. Seyed Sharifi. 2013. Influence of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, grain filling rate and period of wheat in different levels of soil salinity. *Environ. Stresses Crop Sci.* 6(1): 65-75. (In Persian)
- Hayes, M., and C.E. Clap. 2001. Humic substances: consideration of composition, aspect of structure and environment influences. *Soil Sci.* 166: 723-737.
- Heidarian, A. R., H. Kord. K. Mostafavi. A. Parviz Lak, and F. Amini Mashhadi. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. *J. Agric. Biotechnol. Sustainable Dev.* 3: 189-197.
- Hemantaranjan, A., and O. K. Gray. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum*. L. *J. Plant Nutr.* 11: 1439-1450.
- Hensen. N. C., M. A. Schmitt, J. E. Anderson, and J.S. Strok. 2003. Iron deficiency of soybean in the upper Midwest and associated soil properties. *Agron. J.* 95:1595-1601
- Khalilzadeh, R., R. Seyed Sharifi, and J. Jalilian. 2017. Growth, physiological status, and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants affected by biofertilizer and cycocel applications. *Arid Land Res. Manage.* 32(1): 71-90.
- Khalilzadeh. R., R. Seyed Sharifi, and J. Jalilian. 2017. Growth, physiological status, and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants affected by biofertilizer and cycocel applications. *Arid Land Res. Manage.* 1: 71-90
- Kheirizadeh Arough, Y. 2016. Effects of nano zinc oxide foliar application, arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on yield and some physiological traits of Triticale under salinity and water limitation condition. Ph D thesis, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. (In Persian)

- Khoram Ghahfarokhi, A. A. Rahimi, B. Torabi, and S. Maddah Hosseini. 2018.** Effects of soil application of humic acid and foliar applications on yield, yield component and oil content of safflower (*Carthamus Tinctorius* L.). *J. Crop Prod.* 11(1): 37-49. (In Persian).
- Li, Q. F., C.C. Ma, and Q.L. Shang. 2007.** Effects of silicon on photosynthesis and anti-oxidative enzymes of maize under drought stress. *Ying Yong Shengtai Xue Bao.* 18: 531-536.
- Liang, Y.C., W.H. Zhang, Q. Chen, Y.L. Liu, and R.X. Ding. 2006.** Effect of exogenous silicon (Si) on H⁺-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of saltstressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environ. Exp. Bot.* 57: 3. 212-219.
- Mayak, S., T. Tirosch, and B. Glick. 2004.** Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiol. Biochem.* 42: 565-572.
- Mazaherinia, S., A.R. Astaraei, A. Fotovat, and A.A. Monshi. 2010.** Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. *World Appl. Sci. J.* 7: 36-40.
- Metwali, M. R., H. Ehab-Manal, E. Tarek, and Y. Bayoumi. 2010.** Agronomical traits and biochemical genetic markers associated with salt tolerance in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Aust J. Basic Appl. Sci.* 5(5): 174-183.
- Mohammadi Kale Sarlou, S., R. Seyed Sharifi, M. Sedghei, H. Narimani, and R. khalilzadeh. 2021.** Effects of Salinity, Vermicompost, Humic Acid and Seed Inoculation with Flavobacterim on Grain Filling of Triticale. *J. Agric. Sci. Sustainable Prod.* 31(2): 251-269. (In Persian)
- Moradi, M., A. Ebrahimi, and Q. Ghodrati. 2016.** Evolution effect of salt stress, growth, physiological characteristic and seed yield of spring canola cultivars (*Brassica napus* L.). *J. Plant Prod. Sci.* 2(6): 1-12. (In Persian)
- Munns, R., and A. Termaat. 2002.** Whole plant responses to salinity. *Plant Physiol.* 13: 143-160.
- Nardi, S. Pizzeghello, D., A. Muscolo, and A. Vianello. 2002.** Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 34(11): 1527-1536.
- Narimani, H. R. Seyed Sharifi, R. Khalilzadeh, and G. Aminzadeh. 2018.** Effects of nano iron oxide on yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain fed and supplementary irrigation conditions. *Iranian J. Plant Biol.* 3 (10): 21-40. (In Persian)
- Nazary, G., R. Seyed Sharifi, and H. Narimani. 2021.** Effect of Mycorrhiza, vermicompost and Nano silicon on agronomic and physiological traits of triticale under different intensities drought stress. *Crop Prod.* 14(4): 21-45.
- Noriani, H. 2017.** Effect of seed preparation on some growth physiological indices, yield and yield components of two cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.). *J. Crop Physiol.* 9(33): 35-51. (In Persian)
- Pahlavan Rad. M. R., G.H. Kikha, and M.R. Naaroyi Rad. 2007.** Application of zinc, iron and manganese on yield, yield components, nutrient concentration and uptake in wheat grain. *J. Res Dev.* 79: 150-142. (In Persian with English Abstract)
- Poustini, K. 1998.** Response of physiological two wheat cultivars to salinity stress. *J. Agric. Sci.* 16 (2): 65-67. (In Persian with English Abstract)
- Ronanini, D., R. Savin, and A.J. Hal. 2004.** Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crop Res.* 83: 79-90.
- Sabouri, F., A.R. Siroosmehr, and H. Gorgini Shabankareh. 2017.** Effect of irrigation regimes and humic acid solution on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Iranian J. Plant Biol.* 9(34): 13-24. (In Persian)
- Salehi, M., A. Koocheki, and M. Nasiri Mahalati. 2004.** Leaf nitrogen and chlorophyll as indicators for salt stres. *Iranian J. Field Crops Res.* 1(2): 25-34. (In Persian)
- Samavat, S., and M. Malakuti. 2005.** Important use of organic acid (*humic andfulvic*) for increase quantity and quality agriculture productions. *Water and Soil Researchers Technical Issue.* 463:1-13.

Sardashti, A.R., and S. Mohammadian Moghadam. 2007. Appointment the cation exchange capacity of humic acid produced from forest soils in Nahar Khoran, of Gorgan ions of cadmium, Plumb and nickel in the water container discontinuous method. Iranian J. Chem. Chemical Eng. 8: 3-17. (In Persian)

Sedaghat, M.E, and Y. Emam. 2016. Effect of Three Growth Regulators on Grain Yield of Wheat Cultivars under Different Moisture Regimes. J. Crop Prod. Processing. 6(21): 15-33. (In Persian)

Taheri, G., H. Ajam Norozi, and M. Nameni. 2000. Study of time and type of micronutrient on phenology, yield and yield components of soybean as the second crop in Golestan province. J. Plant physiol. 2: 56-46. (In Persian, with English Abstract)

Zare, H. R., Z. Ghanbarzadeh, A. Behdad, and S. Mohsenzadeh. 2015. Effect of silicon and nanosilicon on reduction of damage caused by salt stress in maize (*Zea mays*) seedlings. Iranian J. Plant Biol. 26(7): 59-74. (In Persian)

