نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

ارزیابی برخی ویژگی های فیزیولوژیک گندم تحت شرایط تنش آبی و مصرف زئولیت

- محمد میرزاخانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فراهان، استادیارگروه کشاورزی، فراهان، ایران (نویسنده مسئول)
- غلامرضا ملکی، مدرس دانشگاه پیام نور مرکز شازند

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۹۳

تلفن تماس نویسنده مسئول: ---------

پست الکترونیک نویسنده مسئول: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

چکیده

بروز و تداوم شرایط تنش آبی در سلول های گیاهی، پایداری غشاء این سلول ها را کاهش خواهد داد و باعث نشت الکترولیت های سلول می شود. جهت بررسی اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر برخی صفات فیزیولوژیکی گندم، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ به صورت کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه کرت های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش آبی به عنوان عامل اصلی در چهار سطح: آبیاری بر اساس نیاز آبی (شاهد)، ۸۵ ، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه در کرت های اصلی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت به عنوان عامل فرعی در چهار سطح: عدم مصرف زئولیت (شاهد)، مصرف ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار در کرت های فرعی قرار داده شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش آبی بر صفاتی مانند شاخص برداشت گیاه، مساحت برگ پرچم، غلظت کلروفیل a و b، عملکرد دانه، هدایت الکتریکی تیمار شاهد، آب ۶۰ درجه سانتی گراد، تیمار متانول و تیمار استون معنی دار بود. همچنین اثر سطوح مختلف مصرف زئولیت نیز بر مساحت برگ پرچم، عملکرد دانه، هدایت الکتریکی تیمار شاهد، تیمار آب ۶۰ درجه سانتی گراد و تیمار استون معنی دار بود. بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۵۱۹۳ و ۳۳۳۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری نرمال و تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه بود. همچنین در بین سطوح مصرف زئولیت تیمار مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۴۹۰۱ و تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۴۰۷۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند.

کلمات کلیدی: تنش آبی، زئولیت، شاخص برداشت، کلروفیل a+b ، هدایت الکتریکی

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 58-66

Evaluation of some physiological characteristics of wheat under water stress and zeolite application

By:

- *M. Mirzakhani, (Corresponding Author), Assistant Professor of , Farahan Branch, Islamic Azad University, Farahan, Iran*
- *G. R. Maleki,M.Sc in Agriculture, Payam Noor University, Shazand Branch*

Received: April 2012 **Accepted: June 2014**

Out break and duration of water stress condition in plant cells, will decrease the cells membrane stability and causes the electrolytes leakage of cell. In order to evaluate the some physiological characteristics of wheat under water stress and zeolite application, this study was carried out in research field of Arak Payam Noor University in 2009. A split-plot arrangement of treatment in a randomized complete block design with three replications was used. Water stress (I_0= Control irrigation, I_1, I_2 and I_3= Irrigation about 85, 70 and 55% of plant requirement water) were assigned in the main plots and different levels of zeolite application (Z_0= without zeolite application, Z_1, Z_2, and Z_3= 3, 6 and 9 ton ha^{-1}) in sub plots. Results indicated that different levels of water stress had significant effect on characteristics such as: harvest index, flag leaf area, Concentration of chlorophyll a+b, electrical conductivity of control treatment, electrical conductivity of 60 degree water, electrical conductivity of methanol treatment and electrical conductivity of aseton treatment. The effect of different levels of zeolite application on leaf area, yield, conductivity of control treatment, conductivity of 60 degree water, conductivity of methanol treatment were significant, too. Results indicated that sever water stress (%55 of water requirement) with average grain yield of 5193 kg ha^{-1} and control with average grain yield of 3330 kg ha^{-1} had hightest and lowest grain yield, respectively. Application of 9 ton ha^{-1} zeolite with average grain yield of 4901 kg ha^{-1} and without zeolite application treatment with average of 4078 kg ha^{-1} producted the maximum and minimum grain yield, respectively.

key Words: Chlorophyll, Electrical Conductivity, Harvest Index, Water stress, Zeolite.

مقدمه

برای حفظ عملکرد و متابولیسم طبیعی در گیاهان زراعی و در نتیجه تولید محصول رضایت بخش باید در سلول ها به مقدار کافی آب وجود داشته باشد (۱۷). مقدار آبی که اندام های مختلف گیاه در شرایط خشک از دست می دهند، به چگونگی واکنش سلول های آنها به کاهش پتانسیل آب بستگی دارد. واکنشی که باعث می شود تورژسانس سلول به میزان کمتری تحت تأثیر خشکی ایجاد شده قرار گیرد و در نتیجه آب سلول را حفظ کند، اصطلاحاً تنظیم اسمزی (Osmotic Adjustment) نامیده می شود (۷، ۳۴). به هنگام بروز خشکی اگر سلول ها در حالت تورژسانس قرار داشته باشند، کاهش پتانسیل تورژسانس و پتانسیل اسمزی معمول ترین واکنشی که در برابر اتلاف آب از خود نشان می دهند (۲۲، ۲۴). واکنش دیگری که ممکن است در دیواره سلول های گیاهی بروز یابد، جبران اختلاف پتانسیل آب است که خود می تواند باعث از دست رفتن آب سلول گردد که این امر با کاهش پتانسیل اسمزی در اثر افزایش مواد محلول موجود در پروتوپلاسم بدست می آید. میزان تغییرات در حجم نسبی یا تغییر در مقدار آب موجود در سلول و در نتیجه تغییر در پتانسیل آب آن بستگی به میزان قابلیت ارتجاع دیواره سلول و همچنین پتانسیل اولیه آن دارد (۲۳، ۲۴). فرآیند تنظیم اسمزی به عنوان یک صفت برای تحمل به تنش خشکی شناخته می شود (۳۰). بنابراین، تنظیم اسمزی در برگ پرچم و دانه گرده می تواند به عنوان یک شاخص در برنامه های به نژادی گندم برای افزایش تحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد (۱۸، ۹). تنش خشکی تأثیر قابل توجهی بر صفات مرتبط با مرحله رشد زایشی گیاه از جمله عملکرد دانه، اجزای عملکرد، شاخص برداشت، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و محتوای نسبی آب برگ دارد (۱۱). در شرایط تنش آبی، یکی از اولین بخش های گیاهی که آسیب می بیند، غشای پلاسمایی سلول هاست (۱۶). در اثر تنش آبی، تراوایی غشای سلول افزایش می یابد و باعث می شود که الکترولیت های موجود در داخل سلول به سمت بیرون از سلول نشت کنند (۶). با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش آبی وارده به گیاه افزایش می یابد و در نتیجه غشاء سلول ها به شدت آسیب خواهند دید و باعث کاهش توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از غشاء سلولی خواهد شد. بر اساس گزارشات زئولیت توانست،

مقدار پایداری غشای سلول ها را در برابر نشت الکترولیت های سلول افزایش دهد. به نظر می رسد که مصرف زئولیت از طریق فراهم نمودن مقادیر بیشتری از آب آبیاری برای ریشه ها، باعث ایجاد شرایط رشد و نمو بهتری برای گیاهان شده و تخریب غشاء سلول ها را کاهش می دهد (۲۰). یکی از استراتژی های مهم در اصلاح و افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان این است که غشای سلول پس از مواجه شدن با تنش کمبود آبی، انسجام خود را حفظ نماید و متلاشی نشود. آزمایش های گوناگونی برای اندازه گیری پایداری غشای سلولی (Cell Membrance Stability) مورد استفاده قرار می گیرند و تا حدودی تحمل به خشکی را در گیاهان مشخص می نمایند (۵، ۳۱).

در غلات حساس ترین مرحله به تنش خشکی حدفاصل سنبله رفتن تا گلدهی است و واریته هایی که قبل از گلدهی بتوانند بیوماس بالایی تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی در ساقه را افزایش دهند، جزء واریته های متحمل به خشکی محسوب می شوند (۲۵). محققان گزارش نمودند که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تنش خشکی بعد از گرده افشانی قرار نگرفت. ولی میزان تجمع مواد خشک در دانه ها در هر دو رقم گندم مورد مطالعه در اثر وقوع تنش خشکی در مرحله بعد از گرده افشانی به شدت کاهش یافتند و میزان انتقال ماده خشک (کربوهیدرات های غیر ساختمانی) از اندام های رویشی به دانه ها در طول مدت وقوع تنش خشکی در بین ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی داری را نشان داد. همچنین وزن هزار دانه و وزن دانه در سنبله با وقوع تنش خشکی در مرحله بعد از گرده افشانی به شدت کاهش یافت (۲۷). یکی از علل استفاده از زئولیت در کشاورزی و بهبود خاک، خاصیت جذب رطوبت و نگهداری آن برای مدت طولانی و صرفه جویی در مصرف کود شیمیایی و جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی می باشد (۱۴). جذب انتخابی و آزاد سازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می شود در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت رطوبت و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کند (۲۸). محققان گزارش نمودند که با استفاده از کود دامی و زئولیت، شرایط مناسبی برای حفظ رطوبت محیط اطراف ریشه بوجود می آید و ضمن بهبود و توسعه ریشه، شرایط لازم برای جذب آب و مواد غذایی بیشتری فراهم می شود (۳۵). نتایج آزمایشی نشان داد که مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت، باعث افزایش حدود ۵/۰۷ درصدی شاخص برداشت دانه شد (۲۰). نتایج به دست آمده از تحقیقی نشان داد که مصرف پنج درصد زئولیت، تحت آبیاری با آب شور با غلظت های مختلف باعث افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، وزن تر و وزن خشک گیاه شد (۲). نتایج مطالعه دیگری نشان داد که مصرف زئولیت تأثیر معنی داری بر میزان کلروفیل دارد (۱۲). هدف از انجام این آزمایش، بررسی اثر تنش آبی بر واکنش برخی از صفات فیزیولوژیکی گندم نان در شرایط مصرف مقادیر مختلف زئولیت در شرایط آب و هوایی شهرستان اراک بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان مرکزی واقع در شهرستان اراک اجراء گردید. آزمایش به صورت کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در خاک زراعی با بافت شنی لومی انجام شد. کرت های اصلی به تیمار تنش آبی در چهار سطح I_0= آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه (شاهد)، I_1= آبیاری به میزان ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه، I_2= آبیاری به میزان ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه، I_3= آبیاری به میزان ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه و کرت های فرعی به تیمار مصرف مقادیر مختلف زئولیت در چهار سطح Z_0= عدم مصرف زئولیت (شاهد)، Z_1= مصرف زئولیت به مقدار سه تن در هکتار، Z_2= مصرف زئولیت به مقدار شش تن در هکتار، Z_3= مصرف زئولیت به مقدار نه تن در هکتار اختصاص یافتند. نحوه ی اعمال تنش (حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۳).

۶۰÷{(دبی آب ورودی)÷ (ارتفاع تبخیر از تشتک× حجم تشتک تبخیر× راندمان آبیاری× مساحت کرت× ضریب گیاهی× ۱۰۰۰}

در این فرمول برای جایگذاری اعداد، از تشتک تبخیر کلاس A و از آمارهای روزانه ایستگاه هواشناسی اراک استفاده گردید. دبی آب ورودی سیفون ها محاسبه شد و ضریب گیاهی از جدول کتاب نیاز آبی گیاهان در ایران به دست آمد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶). سپس با توجه به اعداد حاصل شده و میزان اعمال تنش، اقدام به آبیاری ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاهان گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۴ پشته به طول ۶ متر و عرض ۲متر بود، که روی هر پشته سه ردیف گندم کاشته شد. بر اساس نتایج آزمایش خاک، کود های نیتروژنی و فسفری به ترتیب به مقدار ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منابع کودی اوره و سوپر فسفات تریپل در اختیار گیاهان قرار گرفت. کود اوره در سه نوبت، یک سوم آن در زمان کاشت (۱۵ مهرماه) و دو سوم به صورت سرک در مراحل پنجه زنی و ساقه دهی به گیاهان مزرعه داده شد. مقدار بذر کاشته شده معادل ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و رقم مورد استفاده بک کراس روشن بود. عمق کاشت بذور ۳ سانتی متر در نظر گرفته شد. مبارزه با علف های هرز به موقع و به روش دستی انجام شد. در مرحله شروع پرشدن دانه ها تعداد ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه ای به طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند. با استفاده از کاغذ میلیمتری مساحت دقیق تعداد زیادی از برگ ها اندازه گیری و مقدار دقیق ضریب راسل (۰/۷۵) برای این آزمایش بدست آمد و از رابطه (طول × عرض برگ × ۰/۷۵) مساحت برگ پرچم ثبت گردید. غلظت کلروفیل $a+b$ پس از استخراج و تهیه عصاره کلروفیل برگ توسط استن ۸۰٪، با استفاده از دستگاه طیف سنج نوری در طول موج های ۶۴۵، ۶۵۲ و ۶۶۳ نانومتر، در مرحله پر شدن دانه ها اندازه گیری و ثبت شد (۱۳). در این آزمایش برای اندازه گیری صفت هدایت الکتریکی تیمار شاهد، آب ۶۰ درجه سانتی گراد، حلال های متانول و استون، ابتدا ۴ سری لوله آزمایش به تعداد کرت های آزمایشی تهیه شد و داخل هر لوله آزمایش (دو سری اول) به ترتیب ۱۰ میلی لیتر آب مقطر، ۱۰ میلی لیتر متانول و ۱۰ میلی لیتر استون ریخته شد. سپس ده دیسک به قطر یک سانتی متر از پهنک برگ های جوان توسعه یافته (در مرحله پر شدن دانه های سنبله) هر تیمار تهیه گردید. در تیمار آب ۶۰ درجه سانتی گراد لوله های آزمایش به طور همزمان به مدت ۲ دقیقه در داخل ظرف آب ۶۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. به همین ترتیب داخل لوله هایی که در آنها ۱۰ میلی متر متانول و لوله هایی که

در آنها ۱۰ میلی لیتر استون بود، هر کدام ده دیسک به قطر یک سانتی متر از پهنک برگ های جوان توسعه یافته (در مرحله پر شدن دانه های سنبله) هر تیمار قرار داده شد و پس از گذشت ۴۸ ساعت هدایت الکتریکی محلول هر لوله آزمایش به طور جداگانه با دستگاه هدایت سنج الکتریکی در طول موج ۵۲۵ نانومتر اندازه گیری و ثبت شد (۱۳). پس از رسیدن محصول، برای تعیین عملکرد دانه، در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای تمامی بوته های دو پشته میانی به مساحت ۴ متر مربع برداشت و پس از کوبیدن و توزین و با در نظر گرفتن رطوبت حدود ۱۴ درصد عملکرد دانه هر کرت برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه و ثبت شد. پس از تجزیه داده ها، میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. همچنین کلیه ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، محاسبه و معنی دار بودن آنها بوسیله نرم افزار MSTAT-C آزمون گردید.

نتایج و بحث

شاخص برداشت

اثر تنش آبی و اثر متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت بر شاخص برداشت به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین ها بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۴۴/۸۰ درصد مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی و کمترین مقدار آن با میانگین ۳۸/۵۶ درصد مربوط به تیمار آبیاری بدون تنش (شاهد) بود (جدول۲). هرگاه گیاه در مراحل رشد و نمو خود با تنش آبی مواجه نگردد، معمولا مقدار رشد رویشی زیادی خواهد داشت و ممکن است که به نسبت افزایش رشد رویشی نتواند تعداد زیادی واحد زایشی را نیز تشکیل دهد و در ارسال مواد فتوسنتزی به واحد های زایشی نیز موفقیت کمتری داشته باشد و در نتیجه مقدار شاخص برداشت دانه کاهش خواهد یافت.

در بررسی اثر تنش خشکی شدید و ملایم بر ژنوتیپ های گندم، گزارش شد که در بین سطوح مختلف تنش خشکی، تیمار شاهد و تنش شدید با میانگین ۳۹/۵۵ و ۳۴/۴۴ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت دانه را به خود اختصاص دادند. به طوری که کاهش شاخص برداشت دانه در تنش شدید و ملایم نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۶/۷ و ۱۲/۹ درصد بوده است (۸). نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر ارقام گندم نان نشان داد که رقم هامون با میانگین ۴۸/۵۵ و ۲۱/۶۲ درصد در شرایط نرمال و تنش خشکی، رقم شیرودی با میانگین ۱۷/۲۸ و ۱۷/۳۴ درصد در شرایط نرمال و تنش خشکی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت را داشتند (۱۹). نتایج سایر محققان نشان داد که بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی از نظر شاخص برداشت دانه اختلاف آماری معنی داری مشاهده شد. به طوری که بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت دانه با میانگین ۵۲/۴۸ و ۲۸/۲۶ درصد به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از تخلیه ۸۰ درصدی رطوبت از ابتدای مرحله طویل شدن ساقه ها تا پایان دوره رشد و تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد بود (۲۶).

مساحت برگ پرچم

اثر تنش آبی، سطوح مختلف مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت بر صفت مساحت برگ پرچم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۱). بیشترین مساحت سطح برگ پرچم با میانگین ۳۰/۶۱ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف نه تن زئولیت در هکتار و کمترین مقدار مساحت آن با میانگین ۱۹/۳۵ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف نه تن زئولیت در هکتار بود (جدول۳). با افزایش شدت تنش کمبود آب، تولید کلروفیل و وسعت سطح برگ های سبز گیاه کاهش خواهد یافت و به دنبال آن کاهش قابل توجهی در تولید کربوهیدرات ها شاهد خواهیم بود. در چنین شرایطی به دلیل اینکه برگ پرچم آخرین برگی در گیاه است که به وجود می آید و آخرین برگی نیز هست که از بین می رود، بنابراین تا آخرین لحظه عمر گیاه فتوسنتز کرده و در تولید کربوهیدرات ها نقش مهمی دارد. در چنین شرایطی مساحت برگ پرچم از اهمیت ویژه ای در تولید مواد فتوسنتزی و پر شدن مخازن برخوردار است. در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت با میانگین ۲۵/۴۵ سانتی متر و تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۲۲/۲۷ سانتی متر به ترتیب بیشترین و کمترین وسعت سطح برگ پرچم را به خود اختصاص دادند (جدول۲). مصرف مقادیر بیشتر زئولیت با توانایی که در جذب و نگهداری رطوبت در خاک دارد، از طریق تولید برگ های جدید و افزایش وسعت سطح برگ باعث ایجاد سطح سبز بیشتر می شود و با افزایش سطح برگ گیاه، تولید مواد فتوسنتزی نیز بیشتر خواهد شد.

غلظت کلروفیل a+b

اثر تیمار تنش آبی و اثر متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت بر صفت غلظت کلروفیل a+b در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین مقدار غلظت کلروفیل a+b با میانگین ۲/۰۹ میلی گرم بر گرم مربوط به تیمار آبیاری شاهد + مصرف نه تن زئولیت در هکتار و کمترین مقدار آن با میانگین ۱/۴۴ میلی گرم برگرم مربوط به تیمار تنش آبی شدید + مصرف نه تن زئولیت در هکتار بود (جدول۲).

با کاهش مقدار رطوبت قابل دسترس گیاه، به منظور کاهش میزان جذب تشعشع خورشید و افزایش حفظ رطوبت موجود در گیاه، مقدار سبزینه و غلظت کلروفیل قسمت های سبز گیاه نیز کاهش می یابد و در پی آن درجه حرارت گیاه در سطح پایین تری حفظ خواهد شد و در نتیجه گیاه می تواند خسارت ناشی از کمبود آب در بافت های خود را کاهش دهد و شرایط تنش کمبود آب را برای مدت بیشتری تحمل نماید.

کاهش در فتوسنتز به علت تنش خشکی بیشتر ناشی از کاهش هدایت روزنه ای می باشد (۳۶). گزارش شده است که اثر سطوح مختلف تنش آبی و مصرف سوپرجاذب ها بر شاخص کلروفیل برگ ذرت معنی دار بودند. به طوری که بیشترین و کمترین شاخص کلروفیل برگ با میانگین ۴۴/۵۸ و ۳۸/۸۱ به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ و ۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس a بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی، بیشترین و کمترین شاخص کلروفیل برگ با میانگین ۴۴/۱۷ و ۴۰/۲۸ به ترتیب متعلق به تیمار مصرف ۳۵ درصد پلیمر جاذب رطوبت + مصرف ۶۵ درصد کود دامی و تیمار عدم مصرف پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی بود (۱۵).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی، مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۶۱۱۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری شاهد + مصرف نه تن زئولیت در هکتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۳۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تنش شدید آبی + مصرف سه تن زئولیت در هکتار بود (جدول۳). عدم دسترسی ریشه ها به مقدار کافی آب، باعث کاهش مقدار رشد و توسعه سطح سبز گیاه از طریق کاهش تقسیم و رشد سلولی در مرحله رشد رویشی شده و در نتیجه مقدار کربوهیدرات های فتوسنتزی نیز کاهش می یابد و در نهایت اجزاء عملکرد کمتری در گیاه تشکیل می گردد. در این آزمایش نیز مشاهده گردید که با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه در هکتار نیز کاهشی معادل ۳۵/۸۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) داشت. مقدار نوسانات عملکرد دانه، در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، شدید نبود. به طوری که میانگین کاهش عملکرد دانه ناشی از تیمار عدم مصرف زئولیت، معادل ۱۶/۷۹ درصد تیمار مصرف نه تن در هکتار زئولیت بود. به طوری که مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۴۹۰۱ و تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۴۰۷۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی گندم تحت شرایط تنش آبی و مصرف زئولیت

		میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص برداشت	مساحت برگ پرچم	غلظت کلروفیل a+b	عملکرد دانه	هدایت الکتریکی تیمار شاهد (۴۸ساعت)	هدایت الکتریکی آب ۶۰ درجه (۴۸ساعت)	هدایت الکتریکی تیمار متانول (۴۸ساعت)	هدایت الکتریکی تیمار استون (۴۸ ساعت)
تکرار	۲	۲۰۲/۴۷ *	۱۰/۹۶ n.s	۰/۰۰۴ n.s	۲۵۵۷۸۰/۶۴ n.s	۲۸۶۵۴۰/۲۷ *	۱۳۳۸۴/۱۴ n.s	۷۷۹۴/۰۸ n.s	۱۳۹۰/۱۴ n.s
تنش آبی	۳	۱۸۰/۲۲ **	۷۶/۶۰ *	۰/۰۸۱ **	۸۳۵۰۸۱۱/۹۱ **	۱۱۲۴۲۲۷/۵۰ **	۳۰۱۱۸۱/۰۵ **	۷۹۶۸۳/۸۶ **	۱۲۴۹۶۸/۸۹ **
خطای (الف)	۶	۱۲/۱۴	۱۲/۹۵	۰/۰۰۸	۱۰۰۵۳۳/۹۷	۴۰۱۵۷/۰۲	۸۸۱۸/۶۱	۲۱۷۷/۸۶	۱۵۱۷/۱۶
زئولیت	۳	۱۶/۸۶ ns	۲۰/۵۲ *	۰/۰۱۰ n.s	۱۴۲۴۵۹۹/۸۰ **	۲۰۳۷۹۷/۳۸ **	۷۳۶۴۰۴/۱۶ **	۸۴۸/۵۸ ns	۲۰۰۲۱/۳۵ **
تنش آبی × زئولیت	۹	۸۱/۴۱ *	۱۶/۰۳ *	۰/۱۰۶ **	۱۱۴۹۵۷۳/۷۸ **	۱۴۱۶۴۱/۴۰ **	۱۵۱۰۵۵/۷۰ **	۹۷۹۳/۲۵ *	۴۰۶۴/۵۷ **
خطای (ب)	۲۴	۳۰/۷۲	۶/۱۳	۰/۰۲۳	۱۲۱۱۱۴/۷۲	۳۳۵۰۸/۵۶	۱۸۲۷۴/۳۶	۳۰۲۱/۳۳	۸۴۷/۴۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۲۱	۱۰/۳۳	۸/۴۷	۷/۷۴	۸/۴۶	۶/۵۱	۱۱/۷۸	۷/۷۹

ns ,*, ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گندم

تیمار	شاخص برداشت (%)	مساحت برگ پرچم (cm)	غلظت کلروفیل a+b ($mg\ g^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	هدایت الکتریکی تیمار شاهد (۴۸ساعت) ($\mu s\ cm^{-1}$)	هدایت الکتریکی آب ۶۰ درجه (۴۸ساعت) ($\mu s\ cm^{-1}$)	هدایت الکتریکی تیمار متانول (۴۸ساعت) ($\mu s\ cm^{-1}$)	هدایت الکتریکی تیمار استون (۴۸ ساعت) ($\mu s\ cm^{-1}$)
تنش آبی								
I_0 (شاهد)	۳۸/۵۶ b	۲۶/۴۵ a	۱/۸۹ a	۵۱۹۳ a	۱۷۸۹ c	۱۹۱۳ c	۳۹۷/۱ c	۲۸۶/۵ c
I_1 (۸۵٪ نیاز آبی گیاه)	۳۸/۶۸ b	۲۵/۶۸ ab	۱/۷۹ b	۴۹۸۹ a	۲۱۲۹ b	۱۹۹۰ c	۴۰۹/۱ c	۳۰۴/۱ c
I_2 (۷۰٪ نیاز آبی گیاه)	۴۵/۷۹ a	۲۲/۷۳ bc	۱/۷۷ bc	۴۴۶۷ b	۲۲۰۲ b	۲۱۳۹ b	۴۸۶/۸ b	۳۹۴/۵ b
I_3 (۵۵٪ نیاز آبی گیاه)	۴۴/۸۰ a	۲۱/۰۵ c	۱/۶۹ c	۳۳۳۰ c	۲۵۳۵ a	۲۲۶۹ a	۵۷۳/۳ a	۵۰۹/۲ a
سطوح زئولیت								
Z_0 (عدم مصرف)	۴۳/۷۳ a	۲۲/۲۷ b	۱/۷۴ a	۴۰۷۸ c	۲۳۰۰ a	۲۳۹۷ a	۴۷۳/۳ a	۴۲۴/۴ a
Z_1 (۳ تن در هکتار)	۴۱/۲۸ a	۲۴/۰۰ ab	۱/۸۰ a	۴۴۰۷ b	۲۲۲۱ a	۱۹۳۵ c	۴۷۳/۹ a	۳۸۵/۶ b
Z_2 (۶ تن در هکتار)	۴۱/۳۸ a	۲۴/۱۸ ab	۱/۷۹ a	۴۵۹۳ b	۲۱۳۹ ab	۲۱۴۲ b	۴۵۷/۱ a	۳۵۴/۲ c
Z_3 (۹ تن در هکتار)	۴۱/۴۴ a	۲۵/۴۵ a	۱/۸۱ a	۴۹۰۱ a	۱۹۹۵ b	۱۸۳۷ c	۴۶۱/۸ a	۳۳۰/۰ c

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

در آزمایش مشابهی در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۲۰۴۰ و ۱۵۶۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری نرمال (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۸۷۹ و ۱۶۴۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود (۲۱). مطالعه سایر محققان نیز نشان داد که بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۶۴۵۰ و ۲۲۹۶ کیلوگرم به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری شاهد و تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا پایان دوره پر شدن دانه بود (۲۶). در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۹۵۴/۷۵ و ۴۵۵/۲۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری نرمال (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۸۲۳/۵۸ و ۵۸۹/۳۳ کیلوگرم به ترتیب مربوط به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود (۳۳).

هدایت الکتریکی تیمار شاهد

اثر تنش کمبود آب، مصرف سطوح مختلف زئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف سطوح مختلف زئولیت بر صفت هدایت الکتریکی تیمار شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین مقدار هدایت الکتریکی با میانگین ۲۷۰۹ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه + عدم مصرف زئولیت و کمترین مقدار آن با میانگین ۱۵۸۱ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری نرمال + عدم مصرف زئولیت بود (جدول۳). معمولاً به دلیل کاهش مقدار آب قابل دسترس ریشه ها، سلول های گیاهی از حال تورژسانس ایده آل فاصله می گیرند و شرایط لازم برای رشد، تقسیم سلولی و همچنین پایداری غشاء آنها کاهش یافته و یا از بین می رود. در چنین شرایطی دفعات پلاسمولیز سلول ها افزایش یافته و به دنبال آن در اثر تورژسانس و پلاسمولیز مکرر، غشاء سلول های گیاهی دچار آسیب دیدگی خواهند شد. با بروز آسیب دیدگی غشاء سلول ها شرایط برای نشت و برون ریز الکترولیت های سلول به فضای خارج سلولی فراهم می شود. در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی با میانگین ۲۳۰۰ و ۱۹۹۵ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت و مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار بود (جدول۲). در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی گزارش شد که بیشترین مقدار خسارت غشاء سلولی با میانگین ۲۵/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۱۳ در تیمار تنش آبی و کمترین آن نیز با میانگین ۴/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۹ در تیمار تنش آبی بدست آمد (۱). در بررسی اثر سطوح مختلف تیمار آبیاری در گندم، بیشترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۹۶۸ میکروزیمنس بر سانتی متر و کمترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۲۰۸ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار آبیاری شاهد بود. بیشترین نشت یونی سلول در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار عدم مصرف

جدول۳ - مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گندم

تیمار	شاخص برداشت (%)	سطح برگ پرچم (cm)	غلظت کلروفیل a+b (mg g^{-1})	عملکرد دانه (kg ha^{-1})	هدایت الکتریکی تیمار شاهد (۴۸ساعت) (µs cm^{-1})	هدایت الکتریکی آب ۶۰ درجه (۴۸ساعت) (µs cm^{-1})	هدایت الکتریکی تیمار متانول (۴۸ساعت) (µs cm^{-1})	هدایت الکتریکی تیمار استون (۴۸ ساعت) (µs cm^{-1})
تنش آبی × زئولیت								
I_0 Z_0	۴۳/۳۰ a-e	۲۵/۲۳ b-e	۱/۸۰ a-d	۴۱۰۸ ef	۱۵۸۱ g	۲۲۴۴ b-e	۴۸۴/۳ b-d	۳۵۲/۰ ef
I_0 Z_1	۳۳/۳۳ e	۲۶/۷۹ a-c	۱/۸۷ a-c	۵۰۱۸ bc	۱۸۷۱ e-g	۱۷۱۹ h	۳۸۸/۳ d-g	۲۷۹/۵ g
I_0 Z_2	۴۲/۱۰ a-c	۲۵/۵۸ b-d	۱/۸۱ a-d	۵۵۲۷ ab	۱۸۶۴ e-g	۱۸۸۵ f-h	۳۴۴/۰ fg	۲۲۴/۰ h
I_0 Z_3	۳۵/۵۰ e	۲۸/۲۱ ab	۲/۰۹ a	۶۱۱۷ a	۱۸۴۰ e-g	۱۸۰۳ gh	۳۷۱/۷ e-g	۲۹۰/۳ g
I_1 Z_0	۳۹/۵۳ c-e	۲۱/۵۰ d-f	۱/۷۶ b-d	۴۴۹۲ c-e	۲۴۲۳ a-c	۲۴۰۸ bc	۳۳۳/۰ g	۳۸۲/۷ de
I_1 Z_1	۴۰/۱۷ b-e	۲۵/۶۶ b-d	۱/۶۰ c-e	۴۵۷۲ c-e	۲۱۲۹ c-f	۱۷۵۷ gh	۴۳۹/۷ c-f	۳۱۴/۶ fg
I_1 Z_2	۳۹/۱۷ c-e	۲۴/۹۵ b-e	۱/۸۲ a-d	۵۹۵۹ a	۲۱۷۸ b-e	۲۰۰۶ e-g	۴۳۳/۷ c-f	۳۱۴/۷ fg
I_1 Z_3	۳۵/۸۷ e	۳۰/۶۱ a	۱/۹۷ ab	۴۹۳۲ b-d	۱۷۸۶ fg	۱۷۸۸ gh	۴۴۰/۰ c-f	۲۰۴/۳ h
I_2 Z_0	۴۳/۴۰ a-e	۲۱/۵۲ d-f	۱/۸۸ a-c	۴۳۱۵ de	۲۴۸۹ ab	۲۰۹۱ d-f	۵۱۰/۰ bc	۴۱۱/۳ cd
I_2 Z_1	۴۰/۹۷ a-e	۲۰/۴۸ ef	۱/۷۵ b-d	۴۹۳۷ b-d	۲۴۰۲ a-c	۲۳۱۲ b-d	۴۴۷/۳ c-f	۴۰۳/۷ c-e
I_2 Z_2	۴۷/۳۷ a-d	۲۵/۲۶ b-e	۱/۷۱ b-e	۳۶۳۰ fg	۱۸۵۹ e-g	۲۲۰۱ c-e	۴۶۹/۳ c-e	۳۸۹/۷ de
I_2 Z_3	۵۱/۴۳ a	۲۳/۶۴ b-f	۱/۷۳ b-d	۴۹۸۷ bc	۲۰۵۷ d-f	۱۹۵۱ f-h	۵۲۰/۳ a-c	۳۷۳/۳ de
I_3 Z_0	۴۸/۷۰ a-c	۲۰/۸۳ d-f	۱/۵۴ de	۳۳۹۷ g	۲۷۰۹ a	۲۸۴۳ a	۵۷۶/۰ ab	۵۵۱/۷ a
I_3 Z_1	۵۰/۶۳ ab	۲۳/۰۹ c-f	۱/۹۸ ab	۳۱۰۰ g	۲۴۸۲ ab	۱۹۵۰ f-h	۶۲۰/۳ a	۵۴۴/۷ a
I_3 Z_2	۳۶/۹۰ de	۲۰/۹۴ d-f	۱/۸۲ a-d	۳۲۵۶ g	۲۶۵۴ a	۲۴۷۶ b	۵۸۱/۳ ab	۴۸۸/۳ b
I_3 Z_3	۴۲/۹۷ a-e	۱۹/۳۵ f	۱/۴۴ e	۳۵۶۸ fg	۲۲۹۷ b-d	۱۸۰۷ gh	۵۱۵/۳ bc	۴۵۲/۰ bc

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

مواد جاذب رطوبت با میانگین ۷۲۳۳ میکروزیمنس بر سانتی متر و کمترین نشت یونی سلول مربوط به تیمار کود دامی با میانگین ۵۷۵۹ میکروزیمنس بر سانتی متر بود (۱۰). در آزمایش انجام شده توسط Sibi و همکاران (۲۰۱۱) سطوح مختلف مصرف زئولیت بر صفت محتوای آب اولیه، آب نهایی برگ و ناپایداری غشاء سلولی در سطح آماری یک درصد معنی دار شد.

هدایت الکتریکی آب ۶۰ درجه

اثر تنش کمبود آب، مصرف سطوح مختلف زئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت هدایت الکتریکی تیمار آب ۶۰ درجه سانتی گراد در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول۱). با توجه به اینکه قسمت اعظم غشاء سلول های گیاهی از پروتئین تشکیل شده است و دامنه تحمل پروتئین ها به درجه حرارت کمتر از ۴۰ درجه سانتی گراد می باشد، بنابراین قرار گرفتن سلول های گیاهی در معرض دمای ۶۰ درجه سانتی گراد باعث دناتوره شدن آنها و در نتیجه تخریب غشاء سلول های گیاهی و افزایش شدید نشت محتویات داخلی سلول ها به فضای خارج سلولی خواهد شد. می توان گفت که درجه حرارت یکی از عوامل آسیب رسان و مخرب در پایداری غشاء سلول های گیاهی خواهد بود. در این آزمایش، بیشترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی با میانگین ۲۸۴۳ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه + عدم مصرف زئولیت و کمترین مقدار ناپایداری غشای سلول با میانگین ۱۷۱۹ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری نرمال + مصرف سه تن زئولیت در هکتار بود (جدول۳). همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، عدم مصرف زئولیت با میانگین ۲۳۹۷ میکروزیمنس بر سانتی متر و تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار با میانگین ۱۸۳۷ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی سلول را به خود اختصاص دادند (جدول۲). در بررسی تحمل به خشکی ارقام بهاره گلرنگ در مناطق مختلف کشور گزارش شد که در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی، پایداری غشاء سلولی ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار بود. به طوری که ژنوتیپ های S-541 و Kino-76 به ترتیب با میانگین ۰/۹۷۳۴ و ۰/۵۶۵۶ بیشترین و کمترین هدایت الکتریکی سلولی را به خود اختصاص دادند (۲۹). در بررسی مقاومت به خشکی ۱۶ ژنوتیپ گلرنگ گزارش شد که ژنوتیپ LRV-51-51 در بین همه ژنوتیپ ها بیشترین تحمل به خشکی را داشت (۴). با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش آبی وارده به گیاه افزایش می یابد و سلول ها به شدت آسیب خواهند دید و باعث کاهش توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از غشاء سلولی خواهد شد. در چنین گیاهانی به دلیل آسیب دیدگی غشاء سلول و خروج الکترولیت های سلول، هدایت الکتریکی محلول حاوی بافت گیاهی افزایش خواهد یافت (۲۰).

هدایت الکتریکی تیمار متانول

اثر تنش آبی و اثر متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت بر هدایت الکتریکی تیمار متانول به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۱). بیشترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی توسط تیمار متانول پس از مدت زمان ۴۸ ساعت با میانگین ۶۲۰/۳ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف ۳ تن زئولیت در هکتار و کمترین مقدار آن با میانگین ۳۹۷/۱ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه + عدم مصرف زئولیت در هکتار بود (جدول۳).

نتایج تحقیقی نشان داد که بیشترین مقدار خسارت غشاء سلولی با میانگین ۲۵/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۱۳ گندم در تیمار تنش آبی و کمترین آن نیز با میانگین ۴/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۹ در تیمار تنش آبی بدست آمد (۱). در آزمایش مشابهی، در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین هدایت الکتریکی سلول با میانگین ۳۲۷۹ و ۲۷۶۸ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) و آبیاری نرمال (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین هدایت الکتریکی سلول با میانگین ۳۲۳۹ و ۲۹۱۱ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمار عدم مصرف و مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار بود (۲۰). در بررسی اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر ناپایداری غشاء سلولی گلرنگ بهاره، گزارش شد که هر سه تیمار اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشتند و در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین ناپایداری غشاء سلولی با میانگین ۲۷۱۲/۸۸ و ۲۴۶۹/۱۳ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و آبیاری نرمال (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین ناپایداری غشاء سلولی با میانگین ۲۶۱۷/۸۳ و ۲۵۰۳۱/۰۴ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمار عدم مصرف و مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار بود (۳۳).

هدایت الکتریکی تیمار استون

اثر تنش کمبود آب، مصرف سطوح مختلف زئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت هدایت الکتریکی تیمار استون پس از مدت زمان ۴۸ ساعت در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول۱). با توجه به اینکه قسمت اعظم غشاء سلول های گیاهی از پروتئین و چربی ها ساخته شده است و تحمل آنها به حلال های آلی زیاد نیست، بنابراین قرار گرفتن سلول های گیاهی در معرض این حلال ها باعث تخریب غشاء سلول های گیاهی و افزایش نشت محتویات داخلی سلول ها به فضای خارج سلولی و باعث متلاشی شدن غشاء سلول ها خواهد شد. در این آزمایش، بیشترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی تیمار استون با میانگین ۵۵۱/۷ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه + عدم مصرف زئولیت و کمترین مقدار ناپایداری غشای سلول با میانگین ۲۰۴/۳ میکروزیمنس بر سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار بود (جدول۳). همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، عدم مصرف زئولیت با میانگین ۴۲۴/۴ میکروزیمنس بر سانتی متر و تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار با میانگین ۳۳۰ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی سلول

را به خود اختصاص دادند (جدول۲). محققان گزارش نمودند که در گیاه گندم در بین سطوح مختلف تیمار آبیاری، بیشترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۹۶۸ میکروزیمنس بر سانتی متر و کمترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۲۰۸ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار آبیاری شاهد بود. بیشترین نشت یونی سلول در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت (زئولیت + بنتولیت + کود دامی) مربوط به تیمار عدم مصرف مواد جاذب رطوبت با میانگین ۷۲۳۳ میکروزیمنس بر سانتی متر و کمترین نشت یونی سلول مربوط به تیمار کود دامی با میانگین ۵۷۵۹ میکروزیمنس بر سانتی متر بود (۱۰). با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش آبی وارده به گیاه افزایش می یابد و سلول ها به شدت آسیب خواهند دید و باعث کاهش توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از غشاء سلولی خواهد شد. در چنین گیاهانی به دلیل آسیب دیدگی غشاء سلول ها و خروج الکترولیت های سلول، هدایت الکتریکی محلول حاوی بافت گیاهی افزایش خواهد یافت (۲۰). گزارش شده است که گندم هایی که در معرض تنش خشکی (عدم آبیاری) قرار داشتند، دارای دیواره های سلولی مقاوم تری بودند (۳۱).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش کمبود آب، اکثر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم مانند شاخص برداشت گیاه، مساحت برگ پرچم، غلظت کلروفیل a+b، عملکرد دانه، هدایت الکتریکی تیمار شاهد و هدایت الکتریکی آب ۶۰ درجه سانتی گراد، هدایت الکتریکی تیمار متانول و هدایت الکتریکی تیمار استون تحت تأثیر قرار می گیرند. اما افزایش مصرف زئولیت به مقدار ۹ تن در هکتار باعث بهبود وضعیت رشد و نمو گیاه شد و صفات مساحت برگ پرچم، عملکرد دانه، هدایت الکتریکی تیمار شاهد و هدایت الکتریکی آب ۶۰ درجه سانتی گراد و هدایت الکتریکی تیمار استون تأثیر معنی دار داشت. بیشترین مقدار عملکرد دانه از تیمار آبیاری شاهد + مصرف نه تن زئولیت در هکتار و کمترین مقدار آن از تیمار تنش شدید آبی + مصرف ۳ تن زئولیت در هکتار به دست آمد.

منابع مورد استفاده

1. Aghaee-sarbarzeh, M. Rajabi, R. Haghdoust, R. and Mohammadi, R. (2008) Study and select of bread wheat genotypes with physiological traits and tolerance indices to drought stress. *Journal of seed and plant*, 24 (3), pp: 579-601. (In Persian).
2. Al-Busaidi, A., Yamamoto, T. and Irshad, M. (2007) The Ameliorative Effect of Artificial zeolite on Barley under Saline Conditions, *Jornal of Applied Sciences,* 7(16): 2272-2276.
3. Alizadeh, A and Kamali, GH. (2007) Crops water requirement in Iran. Astan Ghodse Razavi Publisher. 227 Pages.
4. Azim-Zadeh, S.M. Neyestani, A. and Rafiee, M. (2006) Study of tolerance to drought stress in genotypes of safflower. The Proceedings of 9th Iranian Crop Sciences and Plant Breeding Congress. Aboureyhan Campus – University of Tehran. (In Persian).
5. Bandurska, H. (2000) Does proline accumulated in leaves of water stressed barley plants confine cell membrane injury? I. Free proline accumulation and membrane injury index in drought and osmotically stressed plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 22: 409-415.
6. Blum, A. and Ebercon, A. (1980) Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sciences.* 21: 43-47.
7. Cushman, J. C. (2001) Osmoregulation in plants. Implication for agriculture. *Amer. Zool*. 41: 758-769.
8. Dastfal, M. Barati, V. Emam, Y. Hagigat-nia, H. and Ramezan-pour, M. (2011) Evaluate of yield and component yield in wheat genotype in drought stress in Darab region. *Journal of seed and plant*, 27 (2), pp:195-217. (In Persian).
9. Delperee, C., Kinter, J. M. and Lutts, S. (2003) Low irradiance modifies the effect of water on survival and growth related parameter during the early development stages of buck wheat. *Physiology Plantareum*, 119: 211-220.
10. Farmahini, M. Mirzakhani, M. and Sajedi, N.A. (2011) Effect of water deficit stress and application of material humidity absorbent on physiological and agronomy traits of Alvand wheat. Thesis of M.Sc in Agronomy. Faculty of Agriculture & Natural Resources, Islamic Azad University Arak Branch. (In Persian).
11. Gol-Abadi, M. and Zamani, A. (2008) Effect of water stress in terminal of growth season on yield and morphophysiological traites in F3 familiy of durum wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(2). (In Persian).

12. Golamhoseyni, M. Aghaalikhani, M. and Malakouti, M.J. (2008) Effect of nitrogen different levels and zeolite on quality and quantity yield of winter rape seed. *Journal of Sciences and Technology in Agricultural and Natural Resources,* 12th year, 45(b), pp: 537-548. (In Persian).
13. Ghorbanli, M. and Kalantari, Kh. (2003) Laboratory in plant physiology (2). Payaam noor university press. 122 pages.
14. Huang, Z. T and. Petrovic, A.M (1995) Physical properties of sand a affected by clinoptilolite zeolite particle size and quantity. *Journal of Turfgrass management*, 1(1):1-15.
15. Khadem, S. A., Galavi, M. Ramrodi, M. Mousavi, S. R. Rousta, M. J. and Rezvan-moghadam, P. (2010) Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell memberane stability leaf chlorophyll content under dry condition. *Australian Journal of Crop Science*, 4(8), pp: 642-647.
16. Levitt, J. (1980) Responses of plants to environmental stresses. Vol. II. Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Academic Press., New Yourk.
17. Liu, H. P., B. J. Yu, W. H. Zhang and Liu, Y. L. (2005) Effect of osmotic stress on the activity of Ht ATPase and the levels of covalently and non-covalenty conjugated polyamines in plasma membrance preparation from wheat seeding roots. *Plant Sciences*, 168: 1599-1607.
18. Maghsoudi Moud, A. A. and Yamagishi, T. (2005). Application of projected pollen area response to drought stress to determine osmoregulation capability of different wheat *(Triticum aestivum L.)* cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4: 604-605.
19. Maghsoudi, K. and Maghsoudi Moud, A.A. (2008) Estimate of osmoregulation capability by projected pollen area response to drought stress in wheat *(Triticum aestivum L.)* cultivars. *Iranian Journal of Crops Sciences*, 10(1), pp: 1-14.
20. Mirzakhan, M. and Sibi, M. (2010) Response of safflower physiological traits to water stress and zeolite application. The Proceedings of 2nd Iranian National Congress on Agricultural and Sustainable Development. Islamic Azad University, Shiraz Branch. (In Persian).
21. Mirzakhan, M. and Sibi, M. (2011) Effect of water stress and zeolite application on yield of winter safflower in Arak zone. The Proceedings of National Congress on New Founded in Agricultural Development. Islamic Azad University, Ghods city Branch. (In Persian).
22. Morgan, J. M. and Condon, A. (1986) Water use, grain yield and osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Pysiology*, 13: 523-532.
23. Morgan, J. M. (1991) Gene controlling differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Pysiology*, 18: 249-257.
24. Morgan, J. M. (1992) Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Pysiology*, 19: 67-76.
25. Niknam, N. (2005) Effect of water stress on grain yield and some of morphological characteristics in wheat genotypes. Goodarz Product Company. (In Persian).
26. Paknejad, F. Jami-Alahmadi, M. Pazouki, A.R. and Nasri, M. (2008) Effect of water stress on yield and component yield of wheat cultivares. *Journal of Environment Stress in Plant Sciences*, 1(1), pp:1-15. (In Persian).
27. Richards, R. A. (2004) Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water scarce environments. In New directions for a diverse plant. Proceedings of the 4th International Crop Sciences congress. 26 Sep. to 1 Oct, 2004. Brisban, Australia.
28. Sibi, M. Mirzakhani, M. and Gomarian, M. (2011 b) Effect of different levels of water stress, application zeolite and salicylic acid on spring safflower. The Proceedings of 1st National Congress on New Concepts in Agricultural. Islamic Azad University, Saveh Branch. (In Persian).
29. Verslues, P. E. and Bray, E. A. (2004) $LWRI_1$ and LWR_2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in Arabidopsis. *American Society of Plant Physiology*, 136: 2831-2842.
30. Yarmohammadi, V.A. Sajedi, N.A. Mirzakhan, M. and Sibi, M. (2011) Effect of water stress and application of zeolite and animal manure on potatos. The Proceedings of National Congress on Sterategy of Obtain to Sustainable Agriculture. Payam noor University, Khouzestan Branch. (In Persian).
31. Yordanov, I., Velikova, V., and Tsonev, T. (2003) Plant response to drought and stress tolerance. *Bulgarian Journal of Plant Physiology,* Special Issue. pp:187-206.