نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۴، ص. ۱۸۳-۱۷۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 1, Spring. 2015, p. 173-183

پاسخ صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم پاییزه به تنش محدودیت رطوبتی و مصرف زئولیت

محمد میرزاخانی[۱*]- زهرا همتی[۲]- نورعلی ساجدی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

چکیده

با افزایش تنش کمبود آب در تولید محصولات کشاورزی، کمیت و کیفیت این محصولات تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. به منظور بررسی اثر تنش محدودیت رطوبتی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم پاییزه، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ به صورت کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان مرکزی اجرا شد. تنش محدودیت رطوبتی به عنوان عامل اصلی 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 در کرت های اصلی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت به عنوان عامل فرعی 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 در کرت های فرعی قرار داده شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی بر صفاتی مانند ارتفاع ساقه، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در متر مربع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی سنبله، هدایت الکتریکی تیمار مانیتول و نسبت کلروفیل a به b معنی دار شد. همچنین اثر سطوح مختلف مصرف زئولیت نیز بر صفاتی چون، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در متر مربع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی سنبله و هدایت الکتریکی تیمار مانیتول معنی دار شد. در بین سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی سنبله با میانگین ۳۶/۵۱ و ۲۲/۸۲ گرم در ۱۰ بوته به ترتیب متعلق به تیمار شاهد (آبیاری کامل) و تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه بود. در بین سطوح مصرف زئولیت نیز، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی سنبله با میانگین ۴۶/۰۲ و ۲۵/۳۹ گرم در ۱۰ بوته به ترتیب متعلق به تیمار مصرف ۹ تن در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود. مشخص گردید که مصرف زئولیت بر اکثر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم تأثیر مثبت دارد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، کلروفیل برگ، هدایت الکتریکی

مقدمه

ایران با میانگین نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی متر در سال بر طبق تعریف آمبرژه جزء مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می آید (۱۹). تنش خشکی تأثیر قابل توجهی بر صفات مرتبط با مرحله رشد زایشی گندم از جمله عملکرد دانه، اجزای عملکرد، شاخص برداشت، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و محتوای نسبی آب برگ (RWC) دارد (۱۵). عملکرد دانه تحت تنش خشکی همبستگی بالایی با زودرسی، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله دارد. رابطه سطح برگ پرچم و عملکرد دانه داشت (۳۲). تنش خشکی در مرحله سنبله دهی تا پر شدن دانه به دلیل کاهش سنبله های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب کاهش محصول گندم (*Triticum aestivum* L.) گردید (۵). همچنین تنش خشکی از مرحله گل دهی تا رسیدگی دانه، به ویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، پیری را تسریع و دوره پر شدن دانه را کاهش داده، بنابراین وزن دانه ها کاهش می یابد (۳۷). نتایج تحقیقات نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع گیاه و طول پدانکل دارد (۷).

نتایج تحقیقی با مصرف مقادیر صفر، ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار زئولیت نشان داد که با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش محدودیت رطوبتی وارده به گیاه گلرنگ(*Carthamus tinctorius* L.) افزایش

۱- استادیار گروه کشاورزی، واحد فراهان، دانشگاه آزاد اسلامی، فراهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir)
۲ – دانشجوی کارشناسی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور اراک
۳- استادیار گروه کشاورزی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

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. 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 های گلرنگ، باعث ایجاد شرایط رشد و نمو بهتری برای گیاهان شده و تخریب غشاء سلول ها را کاهش می دهد (۲۱). سایر محققان گزارش نمودند که تعداد دانه در سنبله گندم تحت تأثیر تنش خشکی بعد از گرده افشانی قرار نگرفت. ولی میزان تجمع مواد خشک در دانه های گندم پاییزه 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 (۳۳). کاهش در فتوسنتز به علت تنش خشکی بیشتر ناشی از کاهش هدایت روزنه ای می باشد (۴۰). هنگامی که گیاه گندم در معرض تنش خشکی قرار می گیرد، سرعت فتوسنتز به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد (۲۹). بیشترین تأثیر تنش خشکی در مرحله ی زایشی عبارتند از: انتقال مجدد نیتروژن و کربو هیدرات ها از برگ به دانه با افزایش سن برگ، تخریب ساختمان کلروفیل و کمپلکس های برداشت کننده ی نور، افزایش میزان مقاومت روزنه ای با افزایش سن برگ و کاهش فعالیت رابیسکو و احیای مجدد رابیسکو می شود (۲۸). به نظر می رسد 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 (۲۴). سایر نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت می تواند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ و در اختیار گیاه قرار دهد، بنابراین کاربرد زئولیت می تواند اثرات سوء تنش خشکی در گیاه زراعی را تعدیل بخشد (۱۱). از نظر سایر محققان مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار، توانست شاخص برداشت دانه را معادل ۵/۰۷ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت افزایش دهد و نقش مثبت آن در کاهش صدمات ناشی از تنش کمبود آب به اثبات رسید. همچنین افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه و افزایش مصرف زئولیت موجب افزایش ارتفاع گیاه شد (۲۱). نتایج سایر محققان نشان داد که مصرف زئولیت تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل دارد (۱۶). مصرف زئولیت در چغندر باعث افزایش سطح تولید، افزایش راندمان مصرف آب، افزایش سطح برگ و تأخیر تنش خشکی شد (۴). مصرف زئولیت باعث افزایش جذب ازت و پتاسیم، بالا بردن راندمان مصرف ازت و افزایش وزن هزار دانه برنج شد (۱۷). در بررسی تأثیر زئولیت بر ساختار شیمیایی خاک مشخص شد که مصرف زئولیت باعث کاهش شستشوی آلومینیوم، افزایش نگهداری آب در خاک و تأخیر در نیتریفیکاسیون می شود (۲).

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه آموزشی – تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان مرکزی واقع در شهرستان اراک با خاک زراعی شنی لومی، اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت های یکبار خرد شده بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت های اصلی به تنش محدودیت رطوبتی در چهار سطح I_0= آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه گندم (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 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. مقدار زئولیت توزین شده با ترازوی دقیق برای هر کرت آزمایشی یکنواخت در سطح هر کرت توزیع و به طور کامل با خاک مخلوط شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار پشته کاشت به طول پنج متر و به فاصله ۵۰ سانتیمتر و مقدار بذر کاشته شده (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم مورد استفاده (رقم بکراس روشن) بر اساس توصیه مراکز خدمات کشاورزی منطقه انتخاب شدند. براساس نتایج آزمایش خاک کود های نیتروژن و فسفر 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 موقع کاشت و دوسوم به صورت سرک در مراحل پنجه زنی و ساقه دهی به گیاهان داده شد. عمق کاشت بذور ۳ تا ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. مبارزه با علف های هرز در مرحله پنجه زنی گندم و به روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی از دو پشته میانی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه ای به طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی چون ارتفاع ساقه، طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله، عملکرد بیولوژیکی سنبله، هدایت الکتریکی تیمار مانیتول و نسبت کلروفیل a به b اندازه گیری و ثبت شد. برای تعیین نسبت کلروفیل a به b از بوته های هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ برگ پرچم جدا شد و بر اساس روش اشرف و همکاران (۲۶) از استون ۸۰ درصد برای استخراج کلروفیل استفاده شد و میزان جذب نور توسط عصاره با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Varian 300 Scan, USA) با طول موج های ۶۶۳ و ۶۴۵ اندازه گیری شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک

عمق خاک	اسیدیته اشباع	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت
۰-۳۰	۷/۸	۰/۰۵	۹	۲۲۰	۳۸	۳۷	۲۵	لومی

در این آزمایش برای اندازه گیری هدایت الکتریکی تیمار مانیتول (شاخص ناپایداری غشای سلول)، ابتدا ۱۵ گرم پودر مانیتول در یک لیتر آب مقطر به طور کامل حل شد تا محلول اسمزی با پتانسیل ۲- اتمسفر از مانیتول ساخته شود (۹). سپس داخل هر لوله آزمایش ۱۰ میلی لیتر از این محلول ریخته شد. ده دیسک به قطر یک سانتیمتر از پهنک برگ های گیاهان هر تیمار تهیه و به مدت ۲۴ ساعت در محلول مانیتول داخل لوله های آزمایش قرار داده شد. پس از گذشت مدت زمان لازم مقدار هدایت الکتریکی محلول هر لوله آزمایش بطور جداگانه با دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه گیری و ثبت شد. محلول هر لوله آزمایشی که هدایت الکتریکی بیشتری را نشان دهد، بیانگر تخریب بیشتر غشای سلولی بافت گیاهان موجود در آن است. همچنین برای تعیین تعداد دانه در متر مربع و عملکرد دانه در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دوخط میانی مساحت ۴ متر مربع برداشت و پس از کوبیدن و توزین و با در نظر گرفتن رطوبت حدود ۱۴ درصد عملکرد دانه هرکرت برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه و ثبت شد. پس از تجزیه داده ها بوسیله نرم افزار MSTAT-C، میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع ساقه

اثر تیمار تنش محدودیت رطوبتی بر ارتفاع ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۲). در جدول مقایسه میانگین ها، بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به تیمار آبیاری نرمال (کامل) و کمترین آن مربوط به تیمار تنش محدودیت رطوبتی شدید (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود. در این آزمایش با کاهش مقدار آب آبیاری روند کاهشی ارتفاع ساقه مشاهده شد. با کاهش میزان رطوبت قابل دسترس گیاه، معمولاً رشد رویشی گیاه کاهش خواهد یافت و با کاهش رشد رویشی گیاه، مقدار تولید مواد فتوسنتزی گیاه، تقسیم سلولی و رشد طولی میانگره های ساقه نیز کاهش خواهند یافت و در نتیجه گیاه ارتفاع ساقه کمتری خواهد داشت. به نظر می رسد که به دلیل توانایی بالایی که زئولیت در جذب و نگهداری رطوبت اضافی موجود در خاک دارد، می تواند مقدار قابل توجهی آب را پس از هر بار آبیاری مزرعه در داخل خلل و فرج خود جذب و نگهداری نماید و به مرور در روزهای بعد از آبیاری که رطوبت خاک مزرعه کاهش می یابد، آب جذب شده توسط زئولیت به مصرف ریشه گیاه می رسد (جدول۳).

وقوع تنش خشکی در مرحله ی پنجه زنی و طویل شدن ساقه های گندم، سبب کاهش معنی دار تعداد سنبله‌ی بارور در واحد سطح، گلدهی زود هنگام، کاهش ارتفاع بوته بر اثر کاهش طول میانگره ها، کاهش تعداد دانه در سنبله و در نهایت عملکرد دانه شد (۴۱). محققان گزارش نمودند که اثر تنش محدودیت رطوبتی، مصرف زئولیت و کود دامی بر صفت ارتفاع گیاه سیب زمینی در سطح آماری یک درصد معنی دار شد. به طوری که کمترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۰۱/۵۵ سانتیمتر مربوط به تیمار محدودیت شدید رطوبتی (هر ۱۰ روز یکبار آبیاری) بود. همچنین بیشترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۱۴/۳۵ سانتیمتر مربوط به تیمار مصرف ۲۰ تن کود دامی + ۴ تن زئولیت در هکتار بود (۲۴). نتایج آزمایشی روی گندم نشان داد که طول ساقه به شدت تحت تأثیر تنش خشکی کاهش پیدا کرد (۳۰).

طول سنبله

اثر تنش محدودیت رطوبتی، سطوح مختلف مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش محدودیت رطوبتی و مصرف زئولیت بر صفت طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در جدول مقایسه میانگین های اثرات متقابل، برتری تیمار (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف نه تن زئولیت در هکتار) نسبت به سایر تیمارها محسوس بود (جدول۴). با افزایش شدت تنش کمبود آب، به دلیل کاهشی که در میزان رشد رویشی و مقدار مواد فتوسنتزی گیاه پیش می آید، در نتیجه تأثیرات منفی زیادی در فاز زایشی گیاه بوجود خواهد آمد. از آن جمله می توان به کاهش تعداد سنبلچه در هر سنبله و کاهش طول سنبله اشاره نمود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت بیشترین مقدار طول سنبله را به خود اختصاص داد (جدول۳). بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق می توان گفت که مصرف مقادیر بیشتر زئولیت می تواند با ظرفیتی که در جذب و نگهداری رطوبت مازاد در خاک را دارد، دامنه نوسانات پرآبی خاک را پس از هر نوبت آبیاری و کم آبی خاک را پس از گذشت روزهای بعد از آبیاری را کاهش دهد و باعث فراهم شدن شرایط یکنواخت تری از نظر دسترسی ریشه گیاهان به رطوبت مطلوب شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم در شرایط تنش محدودیت رطوبتی و مصرف زئولیت میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	طول سنبله	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در متر مربع	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی سنبله	هدایت الکتریکی تیمار مانیتول (۲۴ ساعت)	نسبت کلروفیل a به b
تکرار	۲	۱۶۵/۹۱۶ n.s	۱/۲۶۶ n.s	۶/۷۱۹ *	۳۱۵۳۳۲/۷ n.s	۲۵۵۷۸۰/۶۴۶ n.s	۳/۶۷۴ n.s	۲۷۲۲/۳۱۳ n.s	۰/۰۱۴۶ n.s
تنش محدودیت رطوبتی	۳	۵۱۳/۱۳۸ **	۱۵/۸۴۲ **	۳۷/۶۶۴ **	۱۲۰۶۴۹۶۳۳/۷ **	۸۳۵۰۸۱۱/۹۱۷ **	۳۹۰/۲۳۰ **	۹۸۳۷۱/۳۳۳ **	۰/۰۷۲ ns
خطای (الف)	۶	۱۶/۶۱۷	۰/۵۸۷	۰/۸۱۶	۱۵۶۳۸۹۲/۸۲	۱۰۰۵۳۳/۹۷۹	۱۱/۹۲۱	۸۱۹۴/۲۲۹	۰/۰۸۷
زئولیت	۳	۷۷/۰۸۸ n.s	۱۱/۶۲۰ n.s	۳/۹۶۸ **	۱۶۵۱۶۱۰۲ **	۱۴۲۴۵۹۹/۸۰۶ **	۱۵۸/۱۱۵ **	۳۷۳۲۵/۷۲۲ *	۰/۰۳۴ ns
تنش محدودیت رطوبتی × زئولیت	۹	۳۲/۴۴۳ n.s	۱۲/۸۵۴ **	۰/۸۰۸ n.s	۷۱۴۰۳۶۴/۵۳ **	۱۱۴۹۵۷۳/۷۸۷ **	۱۵/۴۲۷ ns	۹۱۵۷/۳۸۹ ns	۰/۸۷۱ **
خطای (ب)	۲۴	۴۰/۶۴۳	۰/۸۶۲	۰/۸۳۰	۱۶۸۴۱۷۶/۸۴	۱۲۱۱۱۴/۷۲۹	۹/۴۴۶	۸۹۹۴/۸۸۹	۰/۱۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۸۰	۱۱/۲۶	۹/۳۱	۸/۸۳	۷/۷۴	۱۰/۳۰	۶/۰۱	۱۳/۸۳

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

در بررسی تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیکی ارقام گندم مشخص شد که بیشترین مقدار طول سنبله اصلی با میانگین ۷/۹ سانتیمتر متعلق به تیمار آبیاری نرمال بود. به طوری که تفاوت طول سنبله در تیمار آبیاری کامل ۵/۷۳- درصد بیشتر از تیمار تنش محدودیت رطوبتی بود (۲۰). نتایج مطالعات انجام شده نشان داد که کمترین طول سنبله میانگین ۹/۸۸ سانتیمتر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. بیشترین طول سنبله در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار مصرف (۴ تن زئولیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۱۰/۵۴ سانتیمتر و کمترین در تیمار عدم مصرف مواد جاذب رطوبت با میانگین ۹/۸۰ سانتیمتر بود (۱۷). تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله در سطح یک درصد در شرایط تنش محدودیت رطوبتی معنی دار بود (۲۲). نتایج بررسی آبیاری براساس ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گندم نشان داد که در شرایط آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آب گیاه، طول سنبله گندم ۱۷ درصد، وزن سنبله نزدیک به ۱۹درصد و وزن دانه ۲۱ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (۸).

تعداد سنبلچه در سنبله

اثر تیمار تنش محدودیت رطوبتی و سطوح مختلف مصرف زئولیت بر صفت تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول۲). نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین تعداد آن مربوط به تیمار تنش محدودیت رطوبتی شدید (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول۳).

به نظر می رسد که با کاهش مقدار رطوبت قابل دسترس گیاه، مقدار سبزینه و شاخص سطح برگ گیاه نیز کاهش می یابد و در پی آن مقدار کل کربوهیدرات تولید شده در گیاه نیز کاهش خواهد یافت و در مرحله تشکیل تعداد سنبلچه ها باعث کاهش تعداد سنبلچه در سنبله خواهد شد. در مقایسه میانگین بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۱۰/۴۳ عدد و تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۹/۰۲ عدد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد سنبلچه در سنبله را به خود اختصاص دادند (جدول-۳). نتایج مطالعات بررسی سه سطح آبیاری (کامل، تنش محدودیت رطوبتی ملایم و تنش محدودیت رطوبتی شدید) نشان داد که ارقام گندم فرنگ با میانگین ۱۹ و رقم گرین با میانگین ۱۶ عدد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد سنبلچه در هر سنبله را به خود اختصاص دادند (۶). در بررسی اثر تنش خشکی در گندم مشخص شد که تعداد سنبلچه در سنبله در سطح یک درصد در شرایط تنش محدودیت رطوبتی معنی دار بود (۲۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات گندم در شرایط تنش محدودیت رطوبتی و مصرف زئولیت

تیمار	ارتفاع ساقه (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در متر مربع	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی سنبله (گرم در ۱۰ بوته)	هدایت الکتریکی تیمار مانیتول (میکروزیمنس بر سانتیمتر)	نسبت کلروفیل a به b
تنش محدودیت رطوبتی								
I_0 (شاهد)	۷۳/۰۷ a	۹/۶۲ a	۱۱/۹۰ a	۱۷۹۸۰ a	۵۱۹۳ a	۳۶/۵۱ a	۱۴۸۲ c	۲/۲۴ a
I_1 (۸۵٪ نیاز آبی گیاه)	۶۶/۳۹ b	۸/۷۵ b	۱۰/۲۷ b	۱۵۹۸۰ b	۴۹۸۹ a	۳۱/۴۲ b	۱۵۴۳ bc	۲/۳۵ a
I_2 (۷۰٪ نیاز آبی گیاه)	۶۳/۲۶ b	۷/۴۸ c	۹/۳۱ c	۱۴۳۰۰ c	۴۴۶۷ b	۲۸/۶۷ b	۱۵۹۳ b	۲/۳۸ a
I_3 (۵۵٪ نیاز آبی گیاه)	۵۷/۳۷ c	۷/۱۲ c	۷/۶۶ d	۱۰۵۱۰ d	۳۳۳۰ c	۲۲/۸۲ c	۱۶۹۶ a	۲/۴۲ a
سطوح زئولیت								
Z_0 (عدم مصرف)	۶۲/۷۹ b	۷/۳۱ c	۹/۰۲ b	۱۳۷۱۰ b	۴۰۷۸ c	۲۵/۳۹ c	۱۶۰۰ ab	۲/۲۷ a
Z_1 (۳ تن در هکتار)	۶۴/۲۶ ab	۷/۶۵ c	۹/۸۸ a	۱۴۱۱۰ b	۴۴۰۷ b	۲۸/۹۴ b	۱۶۴۳ a	۲/۳۶ a
Z_2 (۶ تن در هکتار)	۶۴/۳۸ ab	۸/۵۰ b	۹/۸۱ a	۱۴۵۷۰ b	۴۵۹۳ b	۳۱/۰۷ b	۱۶۵۶ bc	۲/۴۰ a
Z_3 (۹ تن در هکتار)	۶۸/۶۷ a	۹/۵۱ a	۱۰/۴۳ a	۱۶۳۷۰ a	۴۹۰۱ a	۳۴/۰۲ a	۱۵۱۴ c	۲/۳۶ a

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نتایج مطالعه ای نشان داد که بالاترین تعداد سنبلچه در سنبله با میانگین ۱۵/۶۸ و کمترین تعداد آن با میانگین ۱۴/۹۷ عدد به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله در بین سطوح تیمار مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار مصرف (۲ تن بنتونیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۱۶/۱۰ و کمترین تعداد آن با میانگین ۱۳/۲۴ عدد مربوط به تیمار عدم مصرف مواد جاذب رطوبت بود (۱۷).

تعداد دانه در متر مربع

تعداد دانه در متر مربع یکی از اجزای بسیار مهم در محاسبه عملکرد دانه محسوب می شود. اثر تیمار تنش محدودیت رطوبتی، سطوح مختلف مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش محدودیت رطوبتی و سطوح زئولیت بر صفت تعداد دانه در متر مربع در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول۲). در جدول مقایسه میانگین های اثرات متقابل، بیشترین تعداد دانه در متر مربع مربوط به تیمار (آبیاری کامل + مصرف نه تن زئولیت در هکتار) بود. با افزایش شدت تنش محدودیت رطوبتی مقدار سبزینه گیاه و تولید کربوهیدرات های آن نیز کاهش می یابد و در نتیجه تعداد سنبله بارور در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله کاهش می یابد. در اینصورت تعداد دانه در متر مربع نیز کاهش می یابد. در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۱۳۷۱۰ عدد و تیمار مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۱۶۳۷۰ عدد به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد دانه در متر مربع را به خود اختصاص دادند (جدول۳).

نتایج محققان نشان داد که بیشترین تعداد دانه گندم در متر مربع با میانگین ۱۵۹۶۰ و کمترین تعداد دانه در متر مربع با میانگین ۱۴۱۰۰ به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. بیشترین تعداد دانه در متر مربع در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار مصرف (۱۵ تن کود دامی + ۲ تن بنتونیت + ۴ تن زئولیت در هکتار) با میانگین ۱۶۴۶۰ عدد و کمترین تعداد دانه در متر مربع با میانگین ۱۳۴۲۰ عدد مربوط به تیمار (۲ تن بنتونیت + ۱۵ تن کود دامی) بود (۱۶). اعمال تنش محدودیت رطوبتی در مرحله گرده افشانی موجب اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه می گردد که می تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در شرایط تحت تنش خشکی باشد (۱۰).

تنش خشکی در مرحله سنبله دهی به دلیل کاهش تعداد سنبله های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب کاهش محصول می شود. اعمال تنش محدودیت رطوبتی به ویژه پس از مرحله ی گل دهی جو، کاهش معنی دار شاخص برداشت را به دنبال داشت (۳۹). وقوع تنش خشکی در مرحله ی پنجه زنی، سبب کاهش معنی دار تعداد سنبله ها در واحد سطح، گلدهی زود هنگام، کاهش ارتفاع بوته بر اثر کاهش طول میانگره ها، کاهش تعداد دانه در سنبله و در نهایت کاهش عملکرد دانه می شود (۴۱). مطالعات انجام شده توسط سایر محققان نشان داد که در شرایط تنش محدودیت رطوبتی، عملکرد دانه بیشترین خسارت را نشان داد و مهمترین دلایل آن نیز کاهش تعداد سنبله در متر مربع، کاهش تعداد دانه در هر سنبله و کاهش وزن هزار دانه بود

(۳). تنش خشکی بعد از گرده افشانی، تأثیر زیادی بر تعداد دانه نداشته، ولی باعث کاهش معنی دار وزن دانه می شود. تنش خشکی، رشد گیاه زراعی، پنجه زنی، فتوسنتز برگ، پیری برگ، تعداد دانه و اندازه دانه را تحت تأثیر قرار داد (۵). یکی از اثرات مهم تنش محدودیت رطوبتی بر تعداد دانه در سنبله، افزایش عقیمی گلچه ها است . معمولاً در این مورد افزایش آبسیزیک اسید باعث جلوگیری از قدرت بقاء دانه های گرده می شود. کمبود آب در طی مرحله تقسیم میوزی سلول مادر دانه گرده باعث کاهش معنی دار تعداد دانه در سنبله و درصد دانه بندی (ضریب باروری سنبله) در مقایسه با (شاهد) شرایط بدون تنش محدودیت رطوبتی شد (۳۶). در آزمایشی که بر روی ارقام مختلف گندم در شرایط مطلوب و تنش محدودیت رطوبتی انجام شد، مشخص گردید که افت عملکرد تحت تنش محدودیت رطوبت در مراحل انتهایی رشد، عمدتاً ناشی از کاهش وزن هزار دانه بود و در مقام مقایسه تعداد دانه در سنبله از افت کمتری در این شرایط برخوردار بود (۳۴).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی، مصرف سطوح مختلف زئولیت و اثر متقابل تنش محدودیت رطوبتی و مصرف زئولیت قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول۲). در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار (آبیاری کامل + مصرف نه تن زئولیت در هکتار) و کمترین مقدار آن نیز به تیمار (تنش کمبود رطوبتی شدید + مصرف سه تن در هکتار زئولیت) تعلق داشت (جدول۴). در این تحقیق مشاهده شد که با کاهش مقدار آب آبیاری، تعداد دانه در سنبله به عنوان یکی مهم ترین اجزای عملکرد دانه گندم تحت تأثیر قرار گرفت و کاهش محسوسی داشت. بدین ترتیب با کاهش برخی از اجزای اصلی و مهم عملکرد دانه، عملکرد دانه در هکتار نیز کاهشی معادل ۳۵/۸۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) را به همراه داشت. مقدار نوسانات عملکرد دانه در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، معنی دار بود. به طوری که میانگین کاهش عملکرد دانه ناشی از تیمار عدم مصرف زئولیت، معادل ۱۶/۷۹ درصد نسبت به تیمار مصرف نه تن در هکتار زئولیت ثبت گردید. 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 (جدول۳).

نتایج سایر تحقیقات نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۵/۸ تن در هکتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۴/۰۳ تن در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار مصرف (۴ تن زئولیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۵/۱۴ تن در هکتار و کمترین مربوط به تیمار مصرف (۲ تن بنتونیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۴/۶۴ تن در هکتار بود (۱۷). در بین سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی، 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 محدودیت شدید رطوبتی (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 (۲۲).

نتایج تحقیقی نشان داد که در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد دانه آفتابگردان با میانگین ۲۵۸۱/۲۹ و ۲۲۰۷/۵ کیلوگرم به ترتیب مربوط به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود (۲۵). سایر نتایج نشان داد که اثر تنش محدودیت رطوبتی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی دار بود. در بین سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی، 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 محدودیت شدید رطوبتی (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 (۱۳). در بررسی سه سطح آبیاری (کامل، تنش محدودیت رطوبتی ملایم و تنش محدودیت رطوبتی شدید) نشان داد که اثر سطوح تیمار تنش محدودیت رطوبتی بر تعداد دانه در متر مربع معنی دار بود (۶).

عملکرد بیولوژیکی سنبله

اثر تنش محدودیت رطوبتی و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت عملکرد بیولوژیکی سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول-۲). گیاهان که در طول دوره رشد رویشی خود دسترسی قابل توجه ای به عوامل مساعد محیطی مانند رطوبت کافی، درجه حرارت مناسب، تهویه خوب محیط ریشه و عدم وجود شرایط غرقابی در محیط ریشه داشته باشند، با تولید مقادیر مطلوبی از کربوهیدرات ها وارد فاز زایشی می شوند و از نظر کمی و کیفی اجزاء زایشی قابل توجه ای تولید خواهند کرد. یکی از این اجزاء مهم زایشی در گندم، عملکرد بیولوژیکی سنبله می باشد. در جدول مقایسه میانگین های اثرات اصلی، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی سنبله مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار تنش محدودیت

کمبود رطوبتی شدید (تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، تیمار مصرف نه تن زئولیت در هکتار و تیمار عدم مصرف زئولیت بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی سنبله را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

نتایج محققان نشان داد که بیشترین عملکرد بیوماس سنبله با میانگین ۴۲/۶۶ گرم و کمترین عملکرد بیوماس سنبله با میانگین ۳۴/۸۹ گرم به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. بیشترین عملکرد بیوماس سنبله در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار مصرف (۴ تن زئولیت + ۱۵ تن کود دامی در هکتار) با میانگین ۴۰/۶۴ گرم و کمترین آن در تیمار (۱۵ تن کود دامی + ۴ تن زئولیت + ۲ تن بنتونیت در هکتار) با میانگین ۳۶/۱۷ گرم بود (۱۷). در ارزیابی تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی ارقام گندم گزارش شد که بین وزن سنبله اصلی در شرایط نرمال و تنش محدودیت رطوبتی تفاوت معنی داری وجود داشت، به طوری که بیشترین و کمترین مقدار آن با میانگین ۲/۱۵ و ۱/۵۴ گرم به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری نرمال و تنش محدودیت رطوبتی بود. به طوری که این تفاوت ۲۸/۵۷ درصد نسبت به شاهد بود (۲۰). در بررسی سه سطح آبیاری (کامل، تنش محدودیت رطوبتی ملایم و تنش محدودیت رطوبتی شدید) بر روی گندم گزارش شد که بیشترین عملکرد بیولوژیکی با میانگین ۱۵۹۲۰ کیلوگرم در هکتار توسط رقم چمران در تیمار آبیاری نرمال و کمترین آن با میانگین ۹۰۹۷ کیلوگرم در هکتار توسط رقم استورک در تیمار تنش محدودیت رطوبتی شدید بدست آمد (۶).

هدایت الکتریکی تیمار مانیتول (۲۴ ساعت)

غشاء سلول های گیاهی که نقش محافظت از محتویات سلول را بر عهده دارند، چنانچه دائما در معرض شرایط آبگیری و آبدهی (پلاسیدگی) شدید قرار گیرند، خاصیت تراوایی خود را از دست خواهند داد و کنترل آنها بر ورود و خروج الکترولیت های سلول کم و یا از بین خواهد رفت. در این بررسی، اثر تنش محدودیت رطوبتی و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت هدایت الکتریکی شیره سلولی تحت تیمار مانیتول به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شدند (جدول۲).

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات گندم در شرایط تنش محدودیت رطوبتی و مصرف زئولیت

تیمار	ارتفاع ساقه (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در متر مربع	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی سنبله (گرم در ۱۰ بوته)	هدایت الکتریکی تیمار مانیتول (میکرو زیمنس بر سانتیمتر)	نسبت کلروفیل a به b
تنش محدودیت رطوبتی × زئولیت								
$I_0 Z_0$	۶۸/۱۵ a-c	۷/۰۶۷ cd	۱۱/۳۸ ab	۱۵۷۰۰ b-d	۴۱۰۸ ef	۳۰/۹۰ b-e	۱۴۷۵ de	۱/۹۴ e-c
$I_0 Z_1$	۷۶/۴۸ a	۱۰/۱۸ ab	۱۲/۱۲ a	۱۷۷۱۰ bc	۵۰۱۸ bc	۳۳/۸۱ bc	۱۵۶۵ b-d	۲/۰۷ e-c
$I_0 Z_2$	۷۲/۱۳ ab	۱۰/۸۵ a	۱۱/۶۳ ab	۱۸۰۱۰ b	۵۵۲۷ ab	۳۶/۶۶ b	۱۵۱۵ c-e	۲/۵۶ bc
$I_0 Z_3$	۷۵/۵۲ a	۱۰/۳۸ ab	۱۲/۴۷ a	۲۰۵۱۰ a	۶۱۱۷ a	۴۴/۶۵ a	۱۳۷۲ e	۲/۴۰ d-b
$I_1 Z_0$	۶۴/۴۸ a-e	۶/۰۳ de	۸/۶۶ d-f	۱۳۵۹۰ d-f	۴۴۹۲ c-e	۲۷/۱۰ b-f	۱۵۲۲ c-e	۲/۲۸ e-c
$I_1 Z_1$	۶۲/۶۰ b-e	۸/۶۶ bc	۱۰/۰۳ b-d	۱۵۴۳۰ cd	۴۵۷۲ c-e	۳۱/۸۵ b-d	۱۶۱۰ a-d	۳/۰۱ ab
$I_1 Z_2$	۶۵/۵۰ a-d	۱۰/۳۸ ab	۱۱/۰۲ c-c	۱۷۶۴۰ bc	۵۹۵۹ a	۳۳/۶۲ bc	۱۴۸۴ c-e	۱/۹۳ e-c
$I_1 Z_3$	۷۲/۹۷ ab	۹/۹۱ ab	۱۱/۳۷ ab	۱۷۲۶۰ bc	۴۹۳۲ b-d	۳۳/۱۲ bc	۱۵۵۷ b-d	۲/۱۸ e-c
$I_2 Z_0$	۶۵/۷۲ a-d	۷/۱۵ cd	۹/۲۰ d-f	۱۵۸۱۰ b-d	۴۳۱۵ de	۲۵/۵۱ e-g	۱۶۱۷ a-d	۲/۴۴ d-b
$I_2 Z_1$	۶۲/۹۰ b-e	۴/۹۵ e	۹/۴۰ c-e	۱۴۱۱۰ de	۴۹۳۷ b-d	۲۸/۹۸ c-f	۱۶۶۳ a-c	۲/۴۴ b-d
$I_2 Z_2$	۶۱/۲۵ b-e	۶/۲۶ de	۹/۰۸ d-f	۱۱۶۹۰ f-h	۳۶۳۰ fg	۳۰/۴۰ c-e	۱۶۰۷ a-d	۲/۹۵ ab
$I_2 Z_3$	۶۳/۱۸ b-e	۱۱/۶۰ a	۹/۵۸ c-e	۱۵۵۸۰ b-d	۴۹۸۷ bc	۲۹/۷۸ c-e	۱۴۸۴ c-e	۱/۶۸ e
$I_3 Z_0$	۵۲/۸۰ e	۹/۰۰ b	۶/۸۶ g	۹۷۳۹ hi	۳۳۹۷ g	۱۸/۰۵ h	۱۷۸۷ a	۲/۴۴ b-d
$I_3 Z_1$	۵۵/۰۷ de	۶/۸۱ d	۸/۰۰ e-g	۹۲۰۹ i	۳۱۰۰ g	۲۱/۱۳ gh	۱۷۳۵ ab	۱/۹۰ de
$I_3 Z_2$	۵۸/۶۲ c-e	۶/۵۳ de	۷/۵۱ fg	۱۰۹۵۰ g-i	۳۲۵۶ g	۲۳/۵۹ fg	۱۶۱۹ a-d	۲/۱۶ c-e
$I_3 Z_3$	۶۳/۰۰ b-e	۶/۱۶ de	۸/۲۸ e-g	۱۲۱۴۰ e-g	۳۵۶۸ fg	۲۸/۵۱ c-f	۱۶۴۲ a-d	۳/۱۹ a

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

به طوری که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تیمار مانیتول مربوط به تیمار تنش کمبود آبی شدید (تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کمترین مقدار آن مربوط به آبیاری کامل بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، مصرف شش تن زئولیت در هکتار و تیمار مصرف نه تن زئولیت در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی توسط تیمار مانیتول را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). به نظر می رسد که زئولیت با حفظ و نگهداری مقادیر بیشتری از رطوبت در خاک، توانسته است شرایط رطوبتی متناسب تر و یکنواخت تری را برای حفظ پایداری غشای سلول های بافت گیاهی فراهم نماید و تخریب کمتری در تراوایی غشای سلول ها اتفاق افتاده است.

در تحقیقی گندم هایی که در معرض تنش خشکی (عدم آبیاری) قرار داشتند، دارای دیواره های سلولی مقاوم تری بودند (۳۸). در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش محدودیت رطوبتی مشخص شد که بیشترین مقدار خسارت غشاء سلولی با میانگین ۲۵/۳ دسی زیمنس بر سانتیمتر توسط ژنوتیپ شماره ۱۳ در تیمار تنش محدودیت رطوبتی و کمترین آن نیز با میانگین ۴/۳ دسی زیمنس بر سانتیمتر توسط ژنوتیپ شماره ۹ در تیمار تنش محدودیت رطوبتی بدست آمد (۱). سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی و مصرف سوپرجاذب ها بر پایداری غشاء سلولی ذرت (*Zea mays* L.) در سطح آماری یک درصد معنی دار بودند. به طوری که بیشترین و کمترین ناپایداری غشاء سلولی با میانگین ۸۲/۰۹ و ۸۰/۶۳ درصد به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ و ۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس a بود (۳۱). در مطالعه دیگری با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش محدودیت رطوبتی وارده به گلرنگ 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 (۲۱). در تحقیقی گندم هایی که در معرض تنش خشکی (عدم آبیاری) قرار داشتند، دارای دیوار ه های سلولی مقاوم تری بودند (۳۸). 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 (۲۱). در بین سطوح مختلف تیمار آبیاری، بیشترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۹۶۸ میکروزیمنس بر سانتیمتر و کمترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۲۰۸ به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار آبیاری کامل بود. بیشترین نشت یونی سلول در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار عدم مصرف مواد جاذب رطوبت با میانگین ۷۲۳۳ و کمترین نشت یونی سلول مربوط به تیمار کود دامی با میانگین ۵۷۵۹ بود (۱۷). سطوح مختلف مصرف زئولیت بر صفت محتوای آب اولیه، آب نهایی برگ و ناپایداری غشاء سلولی در سطح آماری یک درصد معنی دار شد (۱۲).

نسبت کلروفیل a به b

واکنش گیاه به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و می تواند به صورت پاسخ های فیزیولوژیک کوتاه مدت یا بلند مدت باشد. تغییرات در مقدار کلروفیل b و a محتوای رطوبتی برگ و غلظت کلروفیل یک واکنش کوتاه مدت به تنش محدودیت رطوبتی و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار می گیرد (۲۶). کاهش در فتوسنتز به علت تنش خشکی بیشتر ناشی از کاهش هدایت روزنه ای می باشد (۴۰). هنگامی که بوته های گندم در معرض تنش خشکی قرار می گیرند، کاهش چشمگیری در سرعت فتوسنتز پیدا می کنند (۲۹). بیشترین تأثیر تنش خشکی در مرحله ی زایشی عبارتند از: انتقال مجدد نیتروژن و کربو هیدرات ها از برگ به دانه با افزایش سن برگ، تخریب ساختمان کلروفیل و افزایش میزان مقاومت روزنه ای با افزایش سن برگ و کاهش فعالیت رابیسکو و احیای مجدد رابیسکو می شود (۲۸). در این آزمایش تنها اثر متقابل تنش محدودیت رطوبتی و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت نسبت کلروفیل a به b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در جدول مقایسه میانگین های اثرات متقابل، بیشترین نسبت کلروفیل a به b مربوط به تیمار تنش محدودیت رطوبتی بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار تنش محدودیت رطوبتی متوسط + مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار بود.

در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش سطح برگ پرچم، تجمع کلروفیل افزایش می یابد، اما به علت تعرق بالا گیاه آب بیشتری از دست می دهد و در نتیجه محتوای نسبی آب و به دنبال آن فتوسنتز نیز کاهش می یابد. با کاهش فتوسنتز و کلروفیل و محدود شدن مواد اختصاص یافته فتوسنتزی به دانه‌ها در شرایط تنش خشکی وزن آنها کاهش یافته که این امر منجر به کاهش عملکرد می شود (۱۴). نتایج سایر محققان نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه SPAD با میانگین ۲۱/۵۸ و کمترین مقدار کلروفیل با میانگین ۱۵/۶۸ به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل و آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. بیشترین مقدار کلروفیل در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار مصرف (۱۵ تن کود دامی + ۴ تن زئولیت در هکتار) با میانگین ۲۰/۱۶ و کمترین

مقدار کلروفیل مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۱۷/۲۹ بود (۱۷).

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش شدت تنش کمبود آب، شرایط برای رشد و نمو گیاه سخت تر می شود و کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه محسوس خواهد بود. به طوری که در این آزمایش بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی سنبله با میانگین ۳۶/۵۱ گرم در۱۰ سنبله از تیمار آبیاری کامل (آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) بدست آمد. کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی سنبله نیز با میانگین ۲۲/۸۲ گرم در۱۰ سنبله که کاهشی در حدود ۳۷/۴۹ درصد نسبت به شاهد را به همراه داشت، از تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه (تنش محدودیت رطوبتی شدید) ثبت شد. مصرف سطوح مختلف زئولیت باعث افزایش مقدار صفاتی چون، ارتفاع ساقه، طول سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی سنبله و نسبت کلروفیل a به b شد. به طوری که مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت، توانست افزایش عملکرد بیولوژیکی سنبله را نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف زئولیت) معادل ۳۳/۹۸ را ایجاد نماید و نقش مثبت آن در کاهش صدمات ناشی از تنش کمبود آب به اثبات رسید. با توجه به قیمت مناسب زئولیت، فراوانی معادن آن در کشور، عدم ایجاد تغییرات چشمگیر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین حفظ کارکرد (تداوم آبگیری و آبدهی) زئولیت برای چندین سال متوالی پس از مصرف در خاک زراعی مصرف آن قابل توصیه می باشد.

منابع

۱- آقایی سربرزه، م.، ر. رجبی، ر. حق دوست و ر. محمدی. ۱۳۸۷. بررسی و انتخاب ژنوتیپ های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص های تحمل به خشکی. مجله نهال و بذر. جلد (۳) ۲۴: ۶۰۱-۵۷۹.

۲- ابری، س. ع. و م. ا. کاوه. ۱۳۸۶. بررسی ساختار شیمیایی زئولیت و مزایای استفاده از آن به عنوان اصلاح کننده خاک های کشاورزی. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی. ۶۴ : ۱۸-۱۱.

۳- ابهری، ع.، س. گالشی، ن. لطیفی، و م. کلاته عربی. ۱۳۸۵ . اثر تنش خشکی انتهایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسید آمینه پرولین ژنوتیپ های گندم *(Triticum aestivum)*. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۲۰: ۵۷-۶۷.

۴- اکبری، م. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر زئولیت و پتاسیم بر رشد، مصرف آب و عملکرد چغندرقند. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اراک.

۵- امام، ی. ۱۳۸۴. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز. چاپ سوم. ۱۹۰ صفحه.

۶- بخشنده، ع. م.، س. فرد و ا. نادری. ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد دانه، اجزای آن و برخی صفات زراعی ژنوتیپ های گندم بهاره در شرایط کم آبیاری در اهواز. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۱ : ۶۵-۵۷.

۷- پاک نژاد. ف.، م، جامی الاحمدی، ع. پازوکی، و م، نصری. ۱۳۸۷. تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم. مجله تنش های محیطی در علوم گیاهی. (۱) ۱: ۱۵-۱.

۸- جیریایی، م.، ن، ساجدی.، ح، مدنی.، م، شیخی. ۱۳۸۹. اثر تنظیم کننده های رشد و تنش کم آبی بر خصوصیات زراعی گندم رقم شهریار. یافته های نوین کشاورزی. (۴) ۳: ۳۴۳-۳۳۳.

۹- حبیبی، د. ۱۳۷۲. انتخاب نتاج بر اساس تحمل به خشکی و شوری در مرحله جوانه زنی ارقام چغندرقند. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۱۰- دستفال، م.، م، و. براتی.، ی. امام، ح. حقیقت نیا، و م. رمضان پور .۱۳۹۰ . ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ های گندم تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲-۲۷(۱): ۲۱۷-۱۹۵.

۱۱- زمانیان، م. ۱۳۸۷. اثرات کاربرد سطوح مختلف زئولیت در نگهداری آب خاک. اولین همایش زئولیت ایران، دانشگاه امیر کبیر، ۲۴۸-۲۴۷.

۱۲- سیبی، م.، م. میرزاخانی و م. گماریان. الف ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر ناپایداری غشاء سلولی گلرنگ بهاره. مجموعه مقالات دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۲ لغایت ۱۴ شهریور ۱۳۹۰. دانشگاه تبریز.

۱۳- سیبی، م.، م. میرزاخانی و م. گماریان. ب ۱۳۹۰. اثر سطوح مختلف تنش آبی، زئولیت و سالیسیلیک اسید بر گلرنگ بهاره. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. آبان ماه ۱۳۹۰. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

۱۴- شمسی پور، م.، ر، فتوت. و ف، جباری. ۱۳۸۹. ارتباط بین شاخص محتوای کلروفیل و عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. (۱) ۲: ۱۶-۸.

۱۵- گل آبادی، م. ا. ارزانی، و س. ع. م. میرمحمدی میبدی. ۱۳۸۷. اثر تنش رطوبتی آخر فصل بر عملکرد وصفات مورفوفیزیولوژیک در خانواده F_3 گندم دروم. مجله پژوهش های زراعی ایران. (۲) ۶: ۴۱۸-۴۰۵.

۱۶- غلامحسینی، م. و م. آقاعلیخانی. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه کلزای پاییزه، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (ب ۴۵) ۱۲: ۵۴۸-۵۳۷.

۱۷- فرمهینی، م.، م. میرزاخانی، و ن. ع. ساجدی. ۱۳۹۰. اثر تنش کمبود آب و کاربرد مواد جاذب رطوبت بر صفات فیزیولوژیک گندم الوند. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ازاد اسلامی واحد اراک.

۱۸- کاوسی، م. و م. رحیمی.۱۳۸۱. موسسه تحقیقات برنج کشور. بررسی تأثیر زئولیت بر عملکرد برنج در دو خاک سبک و سنگین. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.

۱۹- کردوانی، پ. ۱۳۷۸. مناطق خشک، ویژگی‌های اقلیمی، علل خشکی، مسائل آب. (جلد اول). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۴۹ صفحه.

۲۰- محمدی، ع.، ا. مجیدی، م. ر. بی همتا و ح. حیدری شریف آباد. ۱۳۸۵. ازریابی تنش خشکی بر روی خصوصیات مرفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۳ : ۱۹۲-۱۸۴

۲۱- میرزاخانی، م و م. سیبی. ۱۳۸۹. پاسخ صفات فیزیولوژیکی گلرنگ به تنش آبی و مصرف زئولیت. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه ی پایدار، فرصت ها و چالش های پیش رو، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، شیراز. صفحه ۲۱.

۲۲- میرزاخانی، م و م. سیبی. ۱۳۹۰. تأثیر تنش آبی و مصرف زئولیت بر عملکرد گلرنگ پاییزه در منطقه اراک. مجموعه مقالات همایش ملی دستاورد های نوین در زراعت. ۲۶ – ۲۵ آبان ۱۳۹۰. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.

۲۳- ملکی، ع.، ا. مجیدی هروان.، ح. حیدری شریف آباد. و ق. نور محمدی. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بومی و اصلاح شده گندم نان در شرایط آبی و تنش خشکی. مجله دانش نوین کشاورزی. (۱۶) ۵ : ۹۱-۸۱.

۲۴- یار محمدی. و.، ن. ساجدی.، م. میرزاخانی. و م. سیبی. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و کود دامی بر سیب زمینی. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. دانشگاه پیام نور خوزستان.

۲۵- یوسفوند، پ.، ن. ع. ساجدی و م. میرزاخانی. ۱۳۹۰. بررسی اثرات زئولیت و سلنیوم، تحت تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. اولین همایش ملی راهبرد های دستیابی به کشاورزی پایدار. خرداد ماه ۱۳۹۰. دانشگاه پیام نور استان خوزستان.

26- Ahmadi, A., and A. Ceiocemardeh. 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and Proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. Iranian J. Agricultural Sciences. 35: 753-763.

27- Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan, and S. A. Ala., 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiology Planta. 16: 185-190.

28- Cabuslay, G. S., O. Ito, A. A. Alejar. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oriza sativa* L.) to water deficit. Plant Science. 163: 815-827.

29- Danko, J., M. Trakovicky, and Z. Zemtakova. 2001. Effect of N-nutrition on gas exchange characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta fytotechnica et zootechnica, Vol. 4. Proceedings of the international Science Conference on the Occasion of the 55th Anniversary of the Slovak, Agricultural University in Nitra.4 pages.

30- Dhanda, S. S., G. S. Sethi, and K. K. Behl. 2002. Inheritance of seedling traits under drought stress conditions in bread wheat. Cereal Res. Commun. 30(34): 293-300.

31- Khadem, S. A., M. Galavi, M. Ramrodi, S. R. Mousavi, J. M. Rousta, and P. Rezvan-moghadam. 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): 642-647.

32- Nachit, M. M., H. Ketata, and E. Acevedo. 1991. Selection of morphophysilogical traits for multiple abiotic stresses resistance in durum wheat. Physiology-Breeding of Winter Cereal for Stressed Mediternean Environments. Procceding of a Seminar. 391-400.

33- Plaut, Z., B. J. Butow, C. S. Blumenthal, and C. W. Wrigley. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and evaluated temperature. Field Crops Research. 86: 185-198.

34- Reynolds, M. P., B. Skovmand, R. M. Trethowan, R. P. Singh, and M. Van Ginkel. 2000. Applying physiological strategies to wheat breeding. Anonymous: Research Highlights of the CIMMYT Wheat Program. 1999-2000. pp. 49-56. International Wheat Improvement Center.

35- Richard, E., and J. Bergman. 1997. Safflower seed yield and oil content as affected by water and N fertilizer facts. Number 14.

36- Richards, R. A., A. G. Condon, and G. RebetzkeJ. 2001. Traits to improve yield in dry environments. In: Reynolds, M. P., J. I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab. (Eds.). Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F. CIMMYT. 240 pp.

37- Royo, C., M. Abaza, R. Blanco, and L. F. Garcia del Moral. 2000. Triticale grain growth and development as

affected by drougth stress, late sowing and simulated drought stress. Australian Journal of Plant Physiology. 27: 1051-1059.

38- Saneoka, H., R. E. A. Moghaieb, G. S. Premachandra, and K. Fujita. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in Agrostis palustris Huds. Environmental and Experimental Botany. 52:131–138.

39- Sterling, J. D. E., and H. G. Nass. 1981. Comparison of tests characterizing varieties of barley and wheat for moisture resistance. Canadian Journal of Plant Science. 61: 283-292.

40- Yordanov, I., V. Velikova, and T. Tsonev. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issue. 187-206.

41- Zarea-Fizabady, A., and M. Ghodsi. 2004. Evaluation of yield and yield components of Facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum*) under different irrigation regimes in Khorasan Province in Iran. Agronomy Journal. 3: 184-187.