

پاسخ اجزای عملکرد گندم به تنش آبی و مصرف زئولیت در منطقه فراهان Response of wheat yield components to water stress and zeolite application in Farahan region

محمد میرزاخانی

استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فراهان، فراهان، ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۳۰

چکیده

جهت بررسی اثر تنش آبی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی - تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فراهان به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش آبی به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح I_0 = آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه (شاهد)، I_1 = آبیاری به‌میزان ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه، I_2 = آبیاری به‌میزان ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه، I_3 = آبیاری به‌میزان ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه در کرت‌های اصلی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح Z_0 = عدم مصرف زئولیت (شاهد)، Z_1 = مصرف زئولیت به‌مقدار سه تن در هکتار، Z_2 = مصرف زئولیت به‌مقدار شش تن در هکتار، Z_3 = مصرف زئولیت به‌مقدار نه تن در هکتار در کرت‌های فرعی قرار داده شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش آبی بر صفاتی مانند ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، روز تا رسیدگی، هدایت الکتریکی تیمار شاهد و هدایت الکتریکی آب در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر سطوح مختلف مصرف زئولیت نیز بر صفاتی چون، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، روز تا رسیدگی، هدایت الکتریکی تیمار شاهد و هدایت الکتریکی آب در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۵۱۹۳ و ۳۳۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب متعلق به تیمار شاهد (آبیاری معمول) و تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه بود. در بین سطوح مصرف زئولیت نیز، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۴۰۷۸ و ۴۹۰۱ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب متعلق به تیمار مصرف نه تن در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود. در این آزمایش مصرف زئولیت توانست مقدار پایداری غشای سلولی را در برابر نشت الکترولیت‌های سلول افزایش دهد، به‌طوری‌که مصرف نه تن در هکتار زئولیت باعث کاهش هدایت الکتریکی (با میانگین ۱۱۹۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) عصاره سلولی نسبت به هدایت الکتریکی (با میانگین ۱۷۴۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) عصاره سلولی در تیمار عدم مصرف زئولیت شد.

واژگان کلیدی: تنش آبی، زئولیت، عملکرد دانه، گندم پاییزه

مقدمه

گندم گیاهی است از خانواده Poaceae، از جنس *Triticum* که هزاران سال است در تأمین غذای بشر نقش حیاتی ایفا می‌کند (عفیفی، ۱۳۸۸). در غلات حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی حدفاصل سنبله رفتن تا گل‌دهی است و وارپته‌هایی که قبل از گل‌دهی بتوانند بیوماس بالایی تولید و ذخیره آسیمیلات در ساقه را افزایش دهند، جزو وارپته‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند (نیکنام، ۱۳۸۴). به‌طور کلی بیش از سه چهارم انرژی و نیمی از پروتئین مورد نیاز بشر از غلات تأمین می‌شود (امام، ۱۳۸۴). گندم از نظر میزان و سطح زیر کشت جهانی نسبت به دیگر غلات دانه‌ای رتبه‌ی اول را دارا می‌باشد (Oleson, 1994). ایران با میانگین نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال بر طبق تعریف آمبرژه جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید (Kardavani, 1999).

خشکی مهم‌ترین تنش محیطی است که تولید گیاهان زراعی را شدیداً کاهش می‌دهد. با توجه به کاهش بارندگی سالیانه و افزایش خشکی و دمای هوا استفاده از گونه‌های گیاهی مناسب و ارقام اصلاح شده‌ای که دارای عملکرد مطلوب و همچنین متحمل به شرایط تنش آبی باشند، امکان استفاده بهتر از منابع آب موجود را میسر نموده و موجب توسعه سطح زیر کشت این گیاهان و افزایش بازده تولید می‌گردد (Richard and bergman, 1997). 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 (RWC) دارد (گل‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷). 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 در مطالعات مختلف مورد تأکید قرار گرفته است (Nachit et al., 1991). در شرایط تنش آبی، یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند، غشای پلاسمایی سلول‌هاست (Levitt, 1980). در اثر تنش آبی، تراوایی غشای سلول افزایش

می‌یابد و باعث می‌شود که الکترولیت‌های موجود در داخل سلول به سمت بیرون از سلول نشت کنند (Blum and Ebercom, 1980). یکی از استراتژی‌های مهم در اصلاح و افزایش تحمل به خشکی در گیاهان این است که غشای سلول پس از مواجه شدن با تنش کمبود آب، انسجام خود را حفظ نماید. آزمایش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری پایداری غشای سلولی (Cell Membrane Stability) مورد استفاده قرار می‌گیرند (Venkateswarlu (Bandurska, 2000) and Ramesh, 1993) و تا حدودی تحمل به خشکی را در گیاهان مشخص می‌نمایند. تنش خشکی در مرحله سنبله‌دهی تا پر شدن دانه به دلیل کاهش سنبله‌های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب کاهش محصول می‌گردد (Emam, 2007). همچنین تنش خشکی از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه، به‌ویژه اگر با دمای زیاد هوا همراه باشد، پیری را تسریع و دوره پر شدن دانه را کاهش داده و بنابراین وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد (Royo et al., 2000).

یکی از علل استفاده از ژئولیت در تولیدات کشاورزی و بهره‌وری خاک، خاصیت جذب رطوبت و نگهداری آن برای مدت طولانی و صرفه‌جویی در مصرف کودشیمیایی و جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد (Huang and petrovic, 1995). از جمله راه‌کارهای جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدرروی رطوبت و کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته به‌کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های ژئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد (Polat et al., 2004). استفاده از این ترکیبات در اراضی کشاورزی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آن‌ها برای جذب و نگهداری رطوبت، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش هدرروی آب داشته باشند. ژئولیت‌ها مواد متخلخلی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه‌ی خود، اجازه‌ی عبور بعضی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند (Mumpton, 1999). جذب انتخابی و

یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل 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 کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف مصرف 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. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر و به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و مقدار بذر کاشته شده معادل ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و رقم مورد استفاده رقم بکراس روشن بود. براساس نتایج آزمایش خاک کودهای نیتروژن و فسفر به ترتیب به مقدار ۲۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منابع کودی اوره و سوپرفسفات‌تریپل در اختیار گیاهان قرار گرفت. کود اوره در سه نوبت، یک‌سوم آن در موقع کاشت و دوسوم به‌صورت سرک در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌دهی مصرف شد. عمق کاشت بذور سه تا پنج سانتی‌متر بود. مبارزه با علف‌های هرز به‌روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی چون ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، روز تا رسیدگی، هدایت الکتریکی تیمار شاهد و هدایت الکتریکی آب پنجه درجه اندازه‌گیری و ثبت شد. در این آزمایش برای اندازه‌گیری صفت هدایت الکتریکی تیمار شاهد، ابتدا به تعداد کرت‌های آزمایشی لوله آزمایش تهیه شد و داخل هر لوله آزمایش ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد. سپس ده دیسک به قطر یک سانتی‌متر از پهنک برگ‌های سبز جوان کاملاً توسعه یافته هر تیمار تهیه و به مدت هشت ساعت در داخل لوله‌های آزمایش قرار داده شد. پس از گذشت مدت زمان لازم مقدار هدایت الکتریکی محلول هر لوله آزمایش به‌طور جداگانه با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری و ثبت شد. محلول هر لوله آزمایشی که هدایت الکتریکی

آزادسازی کنترل شده‌ی عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی هنگامی که به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت رطوبت و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کند (Polat *et al.*, 2004). در سال‌های اخیر توسعه‌ی سیستم‌های کشاورزی پایدار مورد توجه بوده و در این راستا کاربرد مواد معدنی طبیعی به‌منظور بهبود باروری، اصلاح ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک که منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نیز می‌شود، توصیه شده است. زئولیت‌ها (بلورهای آلومینوسیلیکات هیدراته با خلل و فرج ریز) دارای کاتیون‌های قلیایی قابل تبادل با ساختمان سه بعدی نامحدود هستند و فرمول کلی اکسید زئولیت به‌صورت زیر تعیین شده است: $AL_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot YH_2O$. هر یک از انواع زئولیت‌ها دارای ساختمان بلوری واحد خاص خود هستند و بدین جهت از خواص فیزیکی و شیمیایی مجزایی برخوردار بوده و به‌طور برگشت‌پذیر آب را جذب می‌کنند. وجود ساختمان کریستالی ویژه و منفذدار که در حضور آب سخت باقی می‌ماند باعث شده زئولیت‌ها برای کاربردهای متفاوتی سازگار شوند (Andrews and kimi, 1996; Mumpton, 1996).

کاربرد زئولیت عملکرد محصول گندم را نزدیک به ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد بدون کود و نزدیک به ۴۰ درصد در مقایسه با شاهد همراه کود افزایش داد (Urotadze *et al.*, 2002). با استفاده از زئولیت به‌عنوان یک همراه خاک در گیاهان علوفه‌ای مرتعی، غلات، سبزیجات و میوه‌ها عملکرد به‌طور معنی‌داری بیش از ۶۳ درصد نشان داد. (Ibrahim *et al.*, 2001).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فراهان واقع در ۴۵ کیلومتری شمال شهرستان اراک با ارتفاع ۱۸۷۸ متر از سطح دریا با خاک زراعی شنی لومی، اجرا گردید. از خصوصیات آب و هوایی این منطقه، داشتن تابستان‌های نسبتاً ملایم و زمستان‌های سرد است. آزمایش به‌صورت کرت‌های

بیش‌تری را نشان دهد، بیانگر تخریب بیش‌تر غشای سلولی بافت گیاهان موجود در آن است. همچنین برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب پنجاه درجه، مانند روش قبلی ده دیسک به قطر یک سانتی‌متر از پهنک برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته هر تیمار تهیه و به مدت دو دقیقه تمام لوله‌های آزمایش به‌طور هم‌زمان داخل آب پنجاه درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از آن هدایت الکتریکی محلول هر لوله آزمایش به‌طور جداگانه با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری و ثبت شد. برای تعیین عملکرد دانه، در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دوخط میانی مساحت چهار مترمربع 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 داده‌ها، میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. همچنین کلیه ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، محاسبه و معنی‌دار بودن آن‌ها به‌وسیله نرم افزار Mstat-c تعیین گردید.

نتایج و بحث ارتفاع گیاه

اثر تیمار مصرف سطوح مختلف زئولیت بر صفت ارتفاع بوته معنی‌دارنشده، ولی اثر تیمار تنش کم آبی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین ارتفاع گیاه با میانگین ۸۴/۷۰ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری بدون تنش (شاهد) و کم‌ترین آن با میانگین ۶۸/۴۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار تنش آبی شدید (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول دو). در این آزمایش با کاهش مقدار آب آبیاری روند کاهشی ارتفاع بوته 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 سلول‌های ساقه نیز کاهش نشان داد و در نتیجه ارتفاع گیاه کم‌تر می‌شود. بسیاری از محققان

معتقدند که طولی شدن برگ و ساقه، حساس‌ترین فرآیند گیاه در تنش کمبود آب در طول دوره رویشی است. مشخص شده است که تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود که هرچه اعمال تنش به انتهای فصل رشد نزدیک‌تر باشد تأثیر کم‌تری بر ارتفاع گیاه دارد (رستمی، ۱۳۸۳). بیش‌ترین ارتفاع گیاه با میانگین ۷۹/۸۵ سانتی‌متر با مصرف نه تن در هکتار و کم‌ترین آن با میانگین ۷۳/۱۱ سانتی‌متر از تیمار عدم مصرف زئولیت به‌دست آمد (جدول دو). به دلیل توانایی بالایی که زئولیت در جذب و نگهداری رطوبت اضافی موجود در خاک دارد، می‌تواند 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 می‌یابد، آب جذب شده توسط زئولیت به مصرف ریشه گیاه برسد. یارمحمدی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و کود دامی بر صفت ارتفاع گیاه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) در ارزیابی تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی ارقام گندم اظهار داشتند که ارتفاع گیاه در شرایط معمول و تنش آبی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت و بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع گیاه با میانگین ۷۲/۱ و ۵۶/۵ سانتی‌متر به‌ترتیب متعلق به تیمار آبیاری معمول و تنش آبی بود. به‌طوری‌که این تفاوت ۲۱/۷۱- درصد نسبت به شاهد می‌باشد که با نتایج پاک‌نژاد و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت دارد. آقایی سربرزه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری معمول و تنش آبی گزارش نمودند که بیش‌ترین ارتفاع گیاه با میانگین ۸۴/۸ سانتی‌متر توسط ژنوتیپ شماره ۱۹ در تیمار آبیاری معمول و کم‌ترین آن با میانگین ۵۹/۴ سانتی‌متر توسط ژنوتیپ شماره ۱۷ در تیمار تنش آبی به‌دست آمد.

تعداد دانه در هر سنبله

اثر تنش آبی، سطوح مختلف مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت بر صفت تعداد

دستفال و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر تنش خشکی شدید و ملایم در ژنوتیپ‌های گندم گزارش نمودند که تیمار شاهد و تنش شدید با میانگین ۳۴/۳۱ و ۲۶/۷۴ عدد به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله را به خود اختصاص دادند. به طوری که کاهش تعداد دانه در سنبله در تنش شدید و ملایم نسبت به تیمار شاهد ۹/۹ و ۲۲/۱ درصد بوده است. در ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های جدید گندم از نظر تعداد دانه در هر سنبله در بین تیمار آبیاری کامل و تنش رطوبتی اختلاف آماری در سطح پنج درصد مشاهده گردید (کمیلی و همکاران، ۱۳۸۵).

میرزاخانی و سببی (ب) (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر تنش آبی و مصرف زئولیت بر عملکرد دانه گلرنگ بیان داشتند که در بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۲۵/۱۵ و ۱۷۶/۴۹ عدد به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری معمول (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 تعداد دانه در غوزه با میانگین ۲۱/۶۱ و ۱۸/۹۴ عدد به ترتیب مربوط به تیمار مصرف نه تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود. آقای سربرزه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری معمول و تنش آبی گزارش نمودند که بیش‌ترین تعداد دانه در هر سنبله با میانگین ۶۳/۳۳ عدد توسط ژنوتیپ شماره نه در تیمار تنش آبی و کم‌ترین آن نیز با میانگین ۲۸/۸۹ عدد توسط ژنوتیپ شماره ۲۰ در تیمار تنش آبی به دست آمد. بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی از نظر تعداد دانه در هر سنبله اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده شد. به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله با میانگین ۲۴/۹ و ۱۶/۴ عدد به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری شاهد و تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد بود (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

محمدی و همکاران (۱۳۸۵) در ارزیابی تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیکی ارقام گندم اظهار

دانه در هر سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول یک). در جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله با میانگین ۳۴/۶۳ عدد مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله با میانگین ۲۵/۸۷ عدد مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول دو). با افزایش شدت تنش کمبود آب، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت و در میزان رشد رویشی و مقدار مواد فتوسنتزی گیاه روند کاهشی مشاهده شد و در نتیجه آن تأثیرات منفی چشم‌گیری در فاز زایشی گیاه به وجود آمد. از آن جمله می‌توان به کاهش تعداد سنبلچه در هر سنبله و کاهش تعداد گلچه در هر سنبلچه اشاره نمود. ضمن این‌که تنش آبی گرده‌افشانی گل‌های موجود در هر غوزه را نیز تحت الشعاع خود قرار داده و این امکان وجود دارد که تمام گل‌ها به دانه تبدیل نشوند. همچنین اگر همه‌ی گل‌ها نیز تلقیح شوند، چون در اثر تنش شدید آبی، مقدار آسیمیلات تولید شده در گیاه کاهش شدیدی یافته است، بنابراین برخی از گل‌های تلقیح شده موفق به دریافت کربوهیدرات کافی، برای توسعه و پر نمودن دانه نخواهند شد و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله کم‌تر می‌گردد.

همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۳۲/۵۸ عدد و تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۲۹/۲۴ عدد به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در هر سنبله را به خود اختصاص دادند (جدول دو). مصرف مقادیر بیش‌تر زئولیت می‌تواند با توانایی که در جذب و نگهداری رطوبت مازاد در خاک دارد، دامنه نوسانات پرایبی خاک (۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از هر بار آبیاری مزرعه که شرایط غرقابی و کمبود اکسیژن در محیط ریشه گیاه حاکم است) و کم‌آبی (با توجه به بافت خاک، درجه حرارت، نحوه کاشت و مقدار ماده آلی موجود در خاک ۵-۶ روز پس از هر آبیاری) که هر دو حالت برای رشد و نمو گیاه شرایط نامطلوبی هستند، را کاهش می‌دهد و باعث فراهم شدن شرایط یکنواخت‌تری از نظر دسترسی گیاه به رطوبت مطلوب در خاک می‌شود.

اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کمترین وزن هزار دانه با میانگین ۲۸/۷۰ گرم مربوط به تیمار آبیاری شاهد بود. با کاهش مقدار رطوبت قابل دسترس گیاه، مقدار سبزینه و شاخص سطح برگ گیاه نیز کاهش یافت و در پی آن مقدار کل کربوهیدرات تولید شده در واحد زمان نیز کاهش نشان داد. در نتیجه توان ارسال مواد غذایی از منابع (اندام‌های سبز گیاه) به مخازن (دانه‌ها) کم شده در نتیجه متوسط وزن دانه کاهش یافت. در این آزمایش با افزایش شدت تنش کمبود آب، وزن هزار دانه بیش‌تر شده است. که دلیل این امر کاهش تعداد دانه در سنبله هم‌زمان با افزایش شدت تنش بود و در نتیجه سهم کربوهیدرات منتقل شده به هر دانه افزایش و منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است. در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۳۰/۲۵ گرم و تیمار مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۲۹/۸۸ گرم به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول دو).

دستفاله و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر تنش خشکی شدید و ملایم در ژنوتیپ‌های گندم گزارش نمودند که تیمار شاهد و تنش شدید با میانگین ۳۵/۷۴ و ۲۹/۹۲ گرم به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند. به طوری که کاهش وزن هزار دانه در تنش شدید و ملایم نسبت به تیمار شاهد ۸/۴ و ۱۶/۳ درصد بوده است. بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی از نظر وزن هزار دانه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۸ و ۲۷/۱۲ گرم به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از تخلیه ۸۰ درصدی رطوبت در زمان گلدهی و تیمار قطع آبیاری در طول دوره پر شدن دانه بود (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

داشتند که تعداد دانه در سنبله اصلی در شرایط معمول و تنش آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد داشت و بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله اصلی با میانگین ۴۱ و ۳۰ عدد به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری معمول و تنش آبی بود. به طوری که این تفاوت ۲۶/۴۸- درصد نسبت به شاهد می‌باشد. اثر تنش خشکی و ارقام گندم نان بر صفت تعداد دانه در هر سنبله در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (مقصودی و مقصودی‌مود، ۱۳۸۷). سنجری پیرایواتلو و یزدان‌سپاس (۱۳۸۷) در بررسی تنش خشکی بعد از مرحله گل‌دهی در ۲۰ ژنوتیپ گندم اعلام نمودند که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله با میانگین ۴۶ ، ۳۲ و ۴۷ ، ۲۹ عدد به ترتیب از تیمارهای بدون تنش خشکی و تیمار اعمال تنش خشکی بعد از مرحله گرده افشانی به دست آمد. بخشنده و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی سه سطح آبیاری (شاهد، تنش آبی ملایم و تنش شدید) گزارش نمودند که رقم استار با میانگین ۲۷ و رقم گرین با میانگین ۱۸/۵ عدد به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در هر سنبله را به خود اختصاص دادند. صفائی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش نمودند که اثر مصرف زئولیت بر تعداد دانه در خورجین اختلاف آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در خورجین با میانگین ۲۳/۲۰ و ۲۱/۶۲ عدد در تیمار عدم کاربرد زئولیت به ترتیب توسط ارقام اکاپی و زرقام و همچنین در تیمار مصرف ۱۰ تن زئولیت بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در خورجین با میانگین ۲۵/۲۰ و ۲۴/۳۷ عدد به ترتیب توسط ارقام اکاپی و زرقام به دست آمد.

وزن هزار دانه

بر طبق جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی، بیش‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۲/۰۰ گرم مربوط به تیمار تنش آبی شدید (آبیاری بر

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مهم

Table 1. ANOVA of some important traits

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain Yield	وزن هزار دانه 1000 Grain Weight	تعداد دانه در هر سنبله No. of Grain spike ⁻¹	ارتفاع گیاه Plant Height
Replication	تکرار	2	255780.646 ^{n.s}	8.470 ^{n.s}	1.414 ^{n.s}	176.759 ^{n.s}
Water stress	تنش آبی	3	8350811.917 ^{**}	24.414 ^{n.s}	176.077 ^{**}	578.021 ^{**}
Error (Ea)	خطای (الف)	6	100533.979	9.274	12.112	20.509
Zeolite	زئولیت	3	1424599.806 ^{**}	7.753 ^{n.s}	26.814 ^{**}	91.746 ^{n.s}
(W.Z)	تنش آبی × زئولیت	9	1149573.787 ^{**}	25.167 ^{n.s}	20.834 ^{**}	42.447 ^{n.s}
Error (Eb)	خطای (ب)	24	121114.729	12.015	5.328	35.777
Cv (%)	ضریب تغییرات (درصد)		7.74	11.28	7.60	7.80

ns, *, **, ns: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively.

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱-

میانگین مربعات Ms

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	هدایت الکتریکی آب پنجاه درجه (۴۸ ساعت) Electrical conductivity of 50 degree water	هدایت الکتریکی تیمار شاهد (۸ ساعت) Electrical conductivity of control treatment	روز تا رسیدگی Day To Maturity
Replication	تکرار	2	10923.250 ^{n.s}	762.938 ^{n.s}	20.083 ^{n.s}
Water stress	تنش آبی	3	381870.910 ^{**}	75828.299 [*]	294.500 ^{**}
Error (Ea)	خطای (الف)	6	30389.306	14150.715	5.917
Zeolite	زئولیت	3	669329.076 ^{**}	27626.743 [*]	82.722 ^{**}
(W.Z)	تنش آبی × زئولیت	9	26529.576 ^{n.s}	64340.706 ^{**}	4.519 ^{n.s}
Error (Eb)	خطای (ب)	24	19544.181	8906.465	4.736
Cv (%)	ضریب تغییرات (درصد)		9.98	11.86	1.03

ns, *, **, ns: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

Ns * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively.

Table 2. Mean comparison of main effects

تیما	هدایت الکتریکی آب پنجاه درجه (۴۸ ساعت) EC of 50 degree water ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	هدایت الکتریکی تیمار شاهد (۸ ساعت) EC of control treatment ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	روز تا رسیدگی day to Maturity (Day)	عملکرد دانه Grain Yield (kg ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 Grain Weight (g)	تعداد دانه در هر سنبله Grain spike ⁻¹ Per Per (N.O)	ارتفاع گیاه Plant Height (cm)
تنش آبی							
I ₀ (شاهد)	1151 ^b	695.7 ^b	216.3 ^a	5193 ^a	28.70 ^b	34.63 ^a	84.70 ^a
I ₁ (۸۵٪ نیاز آبی گیاه)	1403 ^a	785.6 ^{ab}	214.7 ^a	4989 ^a	30.92 ^{ab}	32.18 ^{ab}	79.28 ^b
I ₂ (۷۰٪ نیاز آبی گیاه)	1495 ^a	814.7 ^{ab}	209.3 ^b	4467 ^b	31.33 ^{ab}	28.84 ^{bc}	74.37 ^c
I ₃ (۵۵٪ نیاز آبی گیاه)	1556 ^a	887.8 ^a	205.5 ^c	3330 ^c	32.00 ^a	25.87 ^c	68.43 ^d
سطوح زئولیت							
Z ₀ (عدم مصرف)	1741 ^a	820.0 ^a	210.2 ^{bc}	4078 ^c	30.25 ^a	29.24 ^b	73.11 ^b
Z ₁ (۳ تن در هکتار)	1337 ^b	840.6 ^a	208.9 ^c	4407 ^b	31.58 ^a	29.74 ^b	76.76 ^{ab}
Z ₂ (۶ تن در هکتار)	1334 ^b	793.0 ^{ab}	211.6 ^b	4593 ^b	31.24 ^a	29.97 ^b	77.04 ^b
Z ₃ (۹ تن در هکتار)	1192 ^c	730.2 ^b	215.0 ^a	4901 ^a	29.88 ^a	32.58 ^a	79.85 ^a

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT

درصد معنی‌دار شد (مقصودی و مقصودی‌مود، ۱۳۸۷).

نتایج آزمایش مشابه سیبی و همکاران (ب) ۱۳۹۰ نشان داد که اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. در ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های جدید گندم از نظر وزن هزار دانه در بین تیمار آبیاری کامل و تنش رطوبتی اختلاف آماری در سطح یک درصد مشاهده گردید (کمیلی و همکاران، ۱۳۸۵).

بخشنده و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی سه سطح آبیاری (شاهد، تنش آبی ملایم و تنش شدید) گزارش نمودند که رقم شوا با میانگین ۴۷ و رقم چمران با میانگین ۳۷ گرم به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند. آقایی‌سربوزه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری معمول و تنش آبی گزارش نمودند که بیش‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۵۰/۹ گرم توسط ژنوتیپ شماره ۱۴ در تیمار آبیاری معمول و کم‌ترین آن با میانگین ۲۴/۳۳ گرم توسط ژنوتیپ شماره ۱۷ در تیمار تنش آبی به دست آمد. صفائی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش نمودند که اثر مصرف زئولیت بر تعداد در خورجین معنی‌دار نبود ولی بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه

سیبی و همکاران (الف ۱۳۹۰) اظهار داشتند که اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر وزن هزار دانه غوزه اصلی معنی‌دار نبود ولی مصرف سالیسیلیک اسید در سطح آماری یک‌درصد معنی‌دار شد. در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۵/۹۹ و ۳۵/۶۸ گرم به ترتیب مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و آبیاری معمول (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۶/۳۶ و ۳۵/۲۵ گرم به ترتیب مربوط به تیمار مصرف هشت تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) در ارزیابی تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیکی ارقام گندم اظهار داشتند که وزن هزار دانه در شرایط معمول و تنش آبی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد داشت و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۳۶/۹ و ۳۴/۲ گرم به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری معمول و تنش آبی بود. به طوری که این تفاوت ۷/۴۴- درصد نسبت به شاهد می‌باشد. اثر تنش خشکی و ارقام گندم نان بر صفت وزن هزار دانه در سطح آماری یک

آبی و مصرف سوپرچادها بر وزن هزار دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بودند. به‌طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۵۳/۷۷ و ۳۲۴/۲۱ گرم به‌ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود.

با میانگین ۵/۵۱ و ۵/۱۳ گرم در تیمار عدم کاربرد زئولیت به‌ترتیب توسط ارقام زرفام و اکاپی و همچنین در تیمار مصرف ۱۰ تن زئولیت بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه با میانگین ۵/۶۸ و ۵/۲۸ گرم به‌ترتیب توسط ارقام زرفام و اکاپی به‌دست آمد. سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات

Table 3. Mean comparison of Interaction effects of characters

تیمار Treatment	هدایت الکتریکی آب هدایت الکتریکی (۴۸ ساعت) Ec of 50 degree water ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	هدایت الکتریکی تیمار شاهد (۸ ساعت) ECof control treatment ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	روز تا رسیدگی day to Maturity (Day)	عملکرد دانه Grain Yield (kg ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 Grain Weight (gr)	تعداد دانه در هر سنبله Grain spike ⁻¹ Per (N.O)	ارتفاع گیاه Plant Height (cm)
تنش آبی × زئولیت							
I ₀ Z ₀	1408 ^{c-e}	537.0 ^f	214.7 ^{b-e}	4108 ^{ef}	25.98 ^d	34.90 ^{a-c}	80.30 ^{a-c}
I ₀ Z ₁	1150 ^{e-g}	682.0 ^{d-f}	214.0 ^{b-f}	5018 ^{bc}	28.40 ^{b-d}	31.37 ^{cd}	89.63 ^a
I ₀ Z ₂	1110 ^{fg}	979.3 ^a	217.0 ^{a-c}	5527 ^{ab}	30.79 ^{a-d}	37.35 ^a	82.10 ^{a-c}
I ₀ Z ₃	935.0 ^g	584.3 ^{ef}	219.3 ^a	6117 ^a	29.65 ^{a-d}	34.90 ^{a-c}	86.75 ^{ab}
I ₁ Z ₀	1729 ^b	865.3 ^{a-c}	213.7 ^{b-f}	4492 ^{c-e}	32.32 ^{a-d}	28.60 ^{de}	73.63 ^{c-e}
I ₁ Z ₁	1273 ^{d-f}	927.3 ^{ab}	212.3 ^{d-f}	4572 ^{c-e}	29.54 ^{a-d}	31.17 ^{cd}	76.25 ^{b-d}
I ₁ Z ₂	1423 ^{cd}	587.3 ^{ef}	215.3 ^{b-d}	5959 ^a	33.37 ^{a-c}	32.43 ^{b-d}	80.78 ^{a-c}
I ₁ Z ₃	1185 ^{d-g}	762.3 ^{b-d}	217.3 ^{ab}	4932 ^{b-d}	28.45 ^{b-d}	36.53 ^{ab}	86.45 ^{ab}
I ₂ Z ₀	1810 ^{ab}	886.3 ^{a-c}	208.0 ^{gh}	4315 ^{de}	27.34 ^{cd}	30.22 ^{de}	76.07 ^{b-d}
I ₂ Z ₁	1354 ^{c-f}	879.3 ^{a-c}	205.3 ^{hi}	4937 ^{b-d}	34.90 ^{ab}	30.10 ^{de}	74.05 ^{cd}
I ₂ Z ₂	1437 ^{cd}	778.7 ^{b-d}	210.7 ^{e-g}	3630 ^{fg}	31.05 ^{a-d}	26.12 ^{ef}	74.07 ^{cd}
I ₂ Z ₃	1377 ^{c-f}	714.3 ^{c-e}	213.0 ^{c-f}	4987 ^{bc}	32.03 ^{a-d}	28.92 ^{de}	73.28 ^{c-e}
I ₃ Z ₀	2015 ^a	991.3 ^a	204.3 ^{hi}	3397 ^g	35.37 ^a	23.23 ^f	62.45 ^e
I ₃ Z ₁	1571 ^{bc}	873.7 ^{a-c}	204.0 ⁱ	3100 ^g	33.46 ^{a-c}	26.32 ^{ef}	67.12 ^{de}
I ₃ Z ₂	1367 ^{c-f}	826.7 ^{a-d}	203.3 ⁱ	3256 ^g	29.77 ^{a-d}	23.98 ^f	71.20 ^{c-e}
I ₃ Z ₃	1272 ^{d-f}	859.7 ^{a-d}	210.3 ^{fg}	3568 ^{fg}	29.39 ^{a-d}	29.95 ^{de}	72.93 ^{c-e}

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT

زئولیت قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). در جدول مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۵۱۹۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۳۳۳۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود. مشاهده شد که با کاهش مقدار آب آبیاری، تعداد دانه در سنبله به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه گندم تحت تأثیر قرار گرفت و کاهش محسوسی داشت.

همچنین در بین سطوح مختلف مصرف پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی، بیش‌ترین و کم‌ترین وزن‌هزاردانه با میانگین ۳۵۵/۱۱ و ۳۲۷/۰۷ به‌ترتیب متعلق به تیمار (مصرف ۱۰۰ درصد پلیمر جاذب رطوبت) و تیمار (عدم مصرف پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی) بود (Khadem *et al.*, 2010).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی، مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش آبی و مصرف

تنش آبی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۱۰/۱ و ۵ گرم به‌ترتیب متعلق به تیمار آبیاری معمول و تنش آبی بود. به‌طوری‌که این تفاوت ۵۰/۳۷- درصد نسبت به شاهد می‌باشد.

دستفاله و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر تنش خشکی شدید و ملایم بر ژنوتیپ‌های گندم گزارش نمودند که تیمار شاهد و تنش شدید با میانگین ۴۸۷۵ و ۲۸۹۲ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند.

به‌طوری‌که کاهش عملکرد دانه در تنش شدید و ملایم نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب معادل ۲۱/۸ و ۴۰/۷ درصد بوده است. نتایج سایر محققان نیز نشان داد که بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. به‌طوری‌که 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 (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

سنجری پیرایواتلو و یزدان سپاس (۱۳۸۷) در بررسی تنش خشکی بعد از مرحله گل‌دهی در ۲۰ ژنوتیپ گندم اعلام نمودند که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۸۷۳۰، ۵۹۰۰ و ۷۱۳۰، ۵۲۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب از تیمارهای بدون تنش خشکی و تیمار اعمال تنش خشکی بعد از مرحله گرده افشانی به‌دست آمد.

در ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های جدید گندم از نظر عملکرد دانه در بین تیمار آبیاری کامل و تنش رطوبتی اختلاف آماری در سطح پنج درصد مشاهده گردید (کمیلی و همکاران، ۱۳۸۵). آقای سربرزه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری معمول و تنش آبی گزارش نمودند که بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۴۳۵۰ کیلوگرم در هکتار توسط ژنوتیپ شماره ۱۹ در تیمار آبیاری معمول و کم‌ترین آن با میانگین ۳۱۴۱ کیلوگرم در هکتار توسط ژنوتیپ شماره شش در تیمار تنش آبی به‌دست آمد. نتایج بررسی اثر

بدین ترتیب با کاهش برخی از اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه در هکتار نیز کاهش معادل ۳۵/۸۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) داشت. مقدار نوسانات عملکرد دانه، در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، شدید نبود. به‌طوری‌که میانگین کاهش عملکرد دانه ناشی از تیمار عدم مصرف زئولیت، معادل ۱۶/۷۹- درصد تیمار مصرف نه تن در هکتار زئولیت بود. به طوری‌که مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۴۹۰۱ و تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۴۰۷۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند (جدول دو).

در آزمایش مشابهی میرزاخانی و سببی (ب) (۱۳۹۰) بیان داشتند که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۲۰۴۰ و ۱۵۶۶ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری معمول (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 به‌ترتیب مربوط به تیمار مصرف نه تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود. یوسفوند و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سلنیوم بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۳۰۰۹/۴ و ۱۷۴۱/۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری معمول (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۲۵۸۱/۲۹ و ۲۲۰۷/۵ کیلوگرم به‌ترتیب مربوط به تیمار مصرف هشت تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود.

محمدی و همکاران (۱۳۸۵) در ارزیابی تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیکی ارقام گندم اظهار داشتند که عملکرد دانه تک بوته در شرایط معمول و

با میانگین ۹۵۴/۷۵ و ۴۵۵/۲۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری معمول (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 به‌ترتیب مربوط به تیمار مصرف هشت تن زئولیت در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود.

تعداد روز تا رسیدگی

اثر تنش آبی و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت روز تا رسیدگی در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول یک). در جدول مقایسه میانگین، بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی با میانگین ۲۱۶/۳ روز مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کم‌ترین تعداد روز تا رسیدگی با میانگین ۲۰۵/۵ روز مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود. معمولاً با کاهش مقدار مصرف آب رشد رویشی (رشد طولی و تقسیم سلول‌ها) اکثر گیاهان زراعی کاهش می‌یابد، از این رو باعث کاهش طول دوره رشد و نمو گیاهان خواهد شد. مقدار نوسانات تعداد روز تا رسیدگی، در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، شدید نبود. میانگین کاهش تعداد روز تا رسیدگی ناشی از تیمار مصرف نه تن در هکتار زئولیت، معادل ۲/۳۲ درصد تیمار عدم مصرف زئولیت بود. به‌طوری‌که مصرف نه تن در هکتار زئولیت با میانگین ۲۱۵ روز و تیمار عدم مصرف زئولیت با میانگین ۲۱۰/۲ روز به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد روز تا رسیدگی را به خود اختصاص دادند (جدول دو).

سنجری پیرایواتلو و یزدان‌سپاس (۱۳۸۷) در بررسی تنش خشکی بعد از مرحله گل‌دهی در ۲۰ ژنوتیپ گندم اعلام نمودند که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد روز تا رسیدگی با میانگین ۱۹۵، ۱۹۱ و ۱۹۴، ۱۸۹ روز به‌ترتیب از تیمارهای بدون تنش خشکی و تیمار اعمال تنش خشکی بعد از مرحله گرده‌افشانی به‌دست آمد. سیبی و همکاران (د ۱۳۹۰) اظهار داشتند که اثر تنش آبی بر صفت

تنش خشکی بر ارقام گندم نان نشان داد که رقم آذر ۲ و رقم شیراز با میانگین ۸۴۳۷ و ۲۳۰۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش خشکی، رقم روشن و نوید با میانگین ۳۳۳۸ و ۵۹۸ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد دانه را داشتند (مقصودی و مقصودی-مود، ۱۳۸۷). بخشنده و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی سه سطح آبیاری (شاهد، تنش آبی ملایم و تنش شدید) گزارش نمودند که بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۶۰۲۱ کیلوگرم در هکتار توسط رقم چمران در تیمار آبیاری معمول و کم‌ترین آن با میانگین ۳۱۷۸ کیلوگرم در هکتار توسط رقم فونگ در تیمار تنش آبی شدید به‌دست آمد.

صفائی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش نمودند که اثر مصرف زئولیت بر عملکرد دانه اختلاف آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۲۶۶۷ و ۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم کاربرد زئولیت به‌ترتیب توسط ارقام زرفام و اکاپی و همچنین در تیمار مصرف ۱۰ تن زئولیت بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۴۲۱۹ و ۴۰۳۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب توسط ارقام زرفام و اکاپی به‌دست آمد. سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش آبی و مصرف سوپرجاذب‌ها بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۲/۴۳ و ۱۱/۰۳ تن در هکتار به‌ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۲/۴۹ و ۱۰/۷۷ به‌ترتیب 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 (Khadem et al., 2010). سیبی و همکاران (ب ۱۳۹۰) اظهار داشتند که اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه

میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربوط به تیمار تنش کمبود آبی شدید (تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کم‌ترین مقدار ناپایداری غشای سلول با میانگین ۶۹۵/۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربوط به آبیاری شاهد بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، عدم مصرف زئولیت با میانگین ۸۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و تیمار مصرف نه تن زئولیت در هکتار با میانگین ۷۳۰/۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی سلول را به خود اختصاص دادند (جدول دو).

پورداد و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی‌های خود در مناطق مختلف کشور اظهار داشتند که در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی، پایداری غشای سلولی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. به طوری که ژنوتیپ‌های S-541 و Kino-76 به ترتیب با میانگین ۰/۵۶۵۶ و ۰/۹۷۳۴ بیش‌ترین و کم‌ترین هدایت الکتریکی سلولی را به خود اختصاص دادند. عظیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی تحمل به خشکی ۱۶ ژنوتیپ اظهار داشتند که، ژنوتیپ LRV-51-51 با میانگین ۱۱۲۸ میکروموس بر سانتی‌متر کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی را به خود اختصاص داد، که در بین همه ژنوتیپ‌ها بیش‌ترین تحمل به خشکی را داشت. میرزاخانی و سیبی (الف ۱۳۸۹) در آزمایش مشابهی اظهار داشتند که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین هدایت الکتریکی سلول با میانگین ۳۲۷۹ و ۲۷۶۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) و آبیاری معمول (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی سلول با میانگین ۳۲۳۹ و ۲۹۱۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب مربوط به تیمار عدم مصرف و مصرف نه تن زئولیت در هکتار بود.

اثر سطوح مختلف تنش آبی و مصرف سوپرجاذب‌ها بر پایداری غشای سلولی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. به طوری که در مرحله

تعداد روز تا رسیدگی در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد. ولی اثر مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید معنی‌دار نبود. در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد روز تا رسیدگی با میانگین ۱۰۶/۵۴ و ۹۸/۱۶ روز به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری معمول (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) در ارزیابی تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیکی ارقام گندم اظهار داشتند که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد روز تا خوشه‌دهی با میانگین ۱۸۲ و ۱۷۸ روز به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری معمول و تنش آبی بود. به طوری که این تفاوت ۲/۱۴- درصد نسبت به شاهد می‌باشد.

هدایت الکتریکی تیمار شاهد

اثر تنش آبی و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل تنش آبی و مصرف زئولیت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول یک). تغییرات دائمی سطح تورژسانس آب سلول‌های گیاهی در اثر نوسانات شدید رطوبت خاک، باعث ایجاد اختلال در کار تراوایی غشای سلول‌ها شد. به طوری که این‌گونه سلول‌ها قابلیت کنترلی خود را بر روی الکترولیت‌های موجود در سلول از دست داده و یا این‌که سطح کنترل کاهش شدیدی می‌یابد، در نتیجه‌ی اختلال در فرآیند کنترل غشای سلولی، نشت و برون رفت الکترولیت‌های سلول به فضای خارج را به همراه دارد. بر پایه آزمایش اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی، محلول محتوای بافت گیاهی که دارای هدایت الکتریکی بیش‌تری باشد، در واقع دلالت بر تخریب بیش‌تر خاصیت تراوایی غشای سلول‌های آن دارد. معمولاً با افزایش شدت تنش کمبود آب، میزان تخریب و ناپایداری غشای سلولی نیز افزایش می‌یابد. جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی نشان داد که، بیش‌ترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی با میانگین ۸۸۷/۸

سالیسیلیک اسید بر ناپایداری غشای سلولی سلول‌ها اتفاق افتاده است. سیبی و همکاران (ج ۱۳۹۰) در بررسی اثر تنش آبی، مصرف اظهار داشتند که هر سه تیمار، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد داشتند و در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیش‌ترین و کم‌ترین ناپایداری غشای سلولی با میانگین ۲۷۱۲/۸۸ و ۲۴۶۹/۱۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و آبیاری معمول (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیش‌ترین و کم‌ترین ناپایداری غشای سلولی با میانگین ۲۶۱۷/۸۳ و ۲۵۰۳۱/۰۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به تیمار عدم مصرف و مصرف هشت تن زئولیت در هکتار بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف سالیسیلیک اسید نیز بیش‌ترین و کم‌ترین ناپایداری غشای سلولی با میانگین ۲۶۱۹/۳۱ و ۲۵۱۹/۸۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی بود. سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش آبی و مصرف سوپرجاذب‌ها بر پایداری غشای سلولی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بودند. به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین ناپایداری غشای سلولی با میانگین ۸۲/۰۹ و ۸۰/۶۳ درصد به‌ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ و ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود (Khadem et al., 2010).

نتیجه‌گیری

با افزایش شدت تنش کمبود آب، شرایط برای رشد و نمو گیاه سخت‌تر می‌شود و کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه محسوس خواهد بود. به‌طوری‌که در این آزمایش بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه با میانگین ۵۱۹۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری شاهد (آبیاری به‌مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار عملکرد دانه نیز با میانگین ۳۳۳۰ کیلوگرم در هکتار که کاهش در حدود ۳۵/۸۸ درصد نسبت به شاهد را نشان داد، از تیمار آبیاری براساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه (شدیدترین شدت تنش در این آزمایش)، ثبت شد.

گل‌دهی، بیش‌ترین و کم‌ترین ناپایداری غشای سلولی با میانگین ۸۵/۸۹ و ۷۹/۴۹ درصد به‌ترتیب متعلق به تیمار (آبیاری معمول + عدم استفاده از پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی) و تیمار (آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + عدم استفاده از پلیمر جاذب رطوبت و کود دامی) بود (Khadem et al., 2010).

هدایت الکتریکی تیمار آب ۵۰ درجه

اثر تنش آبی و مصرف سطوح مختلف زئولیت، بر صفت هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی توسط تیمار آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). از آن‌جایی‌که بخش اعظمی از غشای سلول‌های گیاهی را پروتئین‌ها و لیپیدها تشکیل داده اند، افزایش درجه حرارت محیط رشد سلول‌ها، به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد باعث اختلال در ساختار پروتئین‌ها و خروج از حالت طبیعی آن‌ها می‌شود و در نتیجه غشای سلول دچار آسیب‌دیدگی جدی در کنترل ورود و خروج الکترولیت‌ها می‌شود. در جدول مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی، بیش‌ترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی توسط تیمار آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۱۵۵۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربوط به تیمار تنش آبی شدید (تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۱۱۵۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربوط به آبیاری شاهد بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، عدم مصرف زئولیت با میانگین ۱۷۴۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و تیمار مصرف نه تن زئولیت در هکتار با میانگین ۱۱۹۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی توسط تیمار آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد را به‌خود اختصاص دادند (جدول دو). به‌نظر می‌رسد که زئولیت با حفظ و نگهداری مقادیر بیش‌تری از رطوبت در خاک، توانسته است شرایط رطوبتی متناسب‌تر و یکنواخت‌تری برای حفظ پایداری غشای سلول‌های بافت گیاهی فراهم نماید و تخریب کم‌تری در تراوایی غشای زئولیت و

کاهش صدمات ناشی از تنش کمبود آب به اثبات رسید. البته فواید دیگری چون کاهش آبخسویی کودهای شیمیایی، کاهش درجه حرارت خاک (از طریق حفظ بیش تر آب در خاک)، افزایش تبادلات یونی خاک و غیره را برای زئولیت می توان در نظر گرفت..

مصرف سطوح مختلف زئولیت باعث افزایش مقدار صفاتی چون، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، تعداد روز تا رسیدگی و کاهش هدایت الکتریکی ناشی از تخریب غشای سلولی شد. به طوری که مصرف نه تن در هکتار زئولیت، توانست افزایش عملکردی معادل ۱۶/۷۹ تیمار شاهد (عدم مصرف زئولیت) را ایجاد نماید و نقش مثبت آن در

References

منابع

- آقای سربرزه، م.، رجبی، ر.، حق دوست ر.، و محمدی، ر. ۱۳۸۷. بررسی و انتخاب ژنوتیپ های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص های تحمل به خشکی. مجله نهال و بذر. جلد ۲۴، شماره ۳، صفحات ۵۷۹-۶۰۱.
- امام، ی. ۱۳۸۴. زراعت غلات. چاپ سوم. ۱۳۸۴. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ صفحه.
- بخشنده، ع. م.، فرد، س.، و نادری، ا. 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. شماره ۶۱، صفحات ۵۷-۶۵.
- پاک نژاد، ف.، جامی الاحمدی، م.، پازوکی، ع. ر.، و نصری، م. ۱۳۸۷. تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم. مجله تنش های محیطی در علوم کشاورزی. جلد اول، شماره اول، صفحات ۱۵-۱.
- پورداد، س. س.، علیزاده، خ.، عزیز نژاد، ر.، شریعتی، ع.، اسکندری، م.، خیاوی، م. و نباتی، ع. ۱۳۸۷. بررسی مقاومت به خشکی گلرنگ های بهاره در مناطق مختلف. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازده، شماره چهل و پنج (ب)، صفحات ۴۰۳-۴۱۵.
- دستفال، م.، براتی، و.، امام، ی.، حقیقت نیا، ح. و رمضان پور، م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲-۲۷، شماره ۲، صفحات ۲۱۷-۱۹۵.
- رستمی، م. ۱۳۸۳. اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- سنجری پیرایواتلو، ا. ق.، و یزدان سپاس، ا. ۱۳۸۷. تنوع ژنتیکی اندوخته ساقه در ژنوتیپ های گندم نان تحت شرایط تنش خشکی پس از مرحله گل دهی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۳۹، شماره ۱، صفحات ۱۹۱-۱۸۱.
- سیبی، م.، میرزاخانی، م.، گماریان، م. و بابکر، الف. ع. ۱۳۹۰. بررسی محتوای آب اولیه گلرنگ تحت تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید. مجموعه مقالات اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. خرداد ماه ۱۳۹۰. دانشگاه پیام نور استان خوزستان.
- سیبی، م.، میرزاخانی، م. و گماریان، م. 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.
- سیبی، م.، میرزاخانی، م. و گماریان، م. ج. 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.

سیبی، م.، میرزاخانی، م. و گماریان، م. د ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر صفات زراعی گلرنگ بهاره. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت کشاورزی. ۵ خرداد ۱۳۹۰. دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم.

صفائی، ر.، شیرانی راد، ا.ح.، میرهادی، م.ج. و دلخوش، ب. ۱۳۸۷. تأثیر زئولیت بر صفات زراعی دو رقم کلزا تحت شرایط تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. شماره پانزدهم، صفحات ۶۳-۷۹.

عظیم زاده، س.م.، نیستانی، ا. و رفیعی، م. ۱۳۸۵. بررسی مقاومت به خشکی ۱۶ ژنوتیپ گلرنگ. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان. صفحه ۲۹۵.

عفیقی، م.م. ۱۳۸۸. چگونه می‌توان جهان را از گرسنگی نجات داد؟ نوشته شده در وبسایت صفر بیست- علم را با لذت بیاموزید.

کمیلی، ح. ر.، راشد محصل، م.ح.، قدسی، م. و زارع فیض‌آبادی، ا. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های جدید گندم در شرایط تنش رطوبتی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۴، شماره ۲، صفحات ۱-۱۴.

گل‌آبادی، م. و زمانی، ا. ۱۳۸۷. اثر تنش رطوبتی آخر فصل بر عملکرد و صفات مرفوفیزیولوژیک در خانواده F_3 گندم دوروم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۶، شماره ۲، ص ۴۰۵.

مقصودی، ک. و مقصودی مود، ع. ا. ۱۳۸۷. برآورد توانایی تنظیم اسمزی بر اساس پاسخ دانه‌های گرده به تنش خشکی در ارقام گندم نان. مجله علوم زراعی ایران. جلد دهم، شماره ۱، صفحات ۱-۱۴.

محمدی، ع.، مجیدی، ا.، بی‌همتا، م.ر.، و حیدری شریف‌آباد، ح. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات مرفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۳، صفحات ۱۹۲-۱۸۴.

میرزاخانی، م. و سیبی، م. الف ۱۳۹۰. پاسخ صفات فیزیولوژیکی گلرنگ به تنش آبی و مصرف زئولیت. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار، فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو. ۱۲-۱۱ اسفند ماه ۱۳۸۹. دانشگاه آزاد اسلامی شیراز.

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

نیک‌نام، ن. ۱۳۸۴. اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد دانه و برخی خصوصیات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم. شرکت تولید گودرز.

یارمحمدی، و. ا.، ساجدی، ن. ع.، میرزاخانی، م.، و سیبی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و کود دامی بر سبزمینی. مجموعه مقالات اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. خرداد ماه ۱۳۹۰. دانشگاه پیام نور استان خوزستان.

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

- Andrews, R. D., and Kimi, S.B. 1996.** Improvements in yield and quality of crops with zeoponic fertilizer delivery systems: Turf, flower, vegwtables, and Grain. Malaysian Agricultural Research
- 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.
- Blum, A., and Ebercon, A. 1980.** Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Sci. 21: 43-47.

- Emam, Y. 2007.** Cereal production. Shiraz University Press. 190 pages. (In Persian).
- Ibrahim, K.M., Ghrir, A.M., and Khoury, H.N. 2001.** Influence of Jordanian chabazite philipsite tuffon nutrient concentration and yield of strawberry. Department of geology, University of Jordan, Amman, Jordan.
- Levitt, J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Vol. II. Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Academic Press., New Yourk.
- Huang, Z.T., and Petrovic, A.M. 1995.** Physical properties of sand a affected by clinoptilolite zeolite particle size and quantity. J. Turfgrass management. 1(1):1-15.
- Kardavani, P. 1999.** Arid zone I. Climatic characteristics, causes of aridity, water problem, etc. Tehran University Press. 349 pages. (In Persian).
- Khadem, S.A., Galavi, M., Ramrodi, M., Mousavi, S.R., Roustai, 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.
- Mumpton, F.A. 1996.** Mineralogy and geology of natural Zeolite. Department of the Earth Science. University of New York, U S A.
- Mumpton, F. A. 1999.** La roca magica: Uses of natural zeolite in agriculture and industry. National Acad. Sci. 96:3467-3470.
- Nachit, M.M., Ketata, H., and Acevedo, E. 1991.** Selection of morphophysiological traits for multiple abiotic stresses resistance in durum wheat. Physiology-Breeding of Winter Cereal for Stressed Mediternean Environments. Proc. of a Seminar, pp: 391-400.
- Oleson, B.T. 1994.** World wheat production, utilization and trade. P.1-11. In: W. Bushuk, and V.F. Rasper (eds.) Wheat, Production, Properties and Quality. Blackie Academic and Professional, London.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H., and Nacio Onus, A. 2004.** Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. J. Fruit Ornam. Plant Res.12:183-189.
- Richard, E., and Bergman, J. 1997.** Safflower seed yield and oil content as affected by water and N fertilizer facts. Number 14.
- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., and Garcia del Moral, L.F. 2000.** Triticale grain growth and development as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Australian Journal of Plant Physiology, 27, pp: 1051-1059.
- Urotadze, S.L., Andronikashvili, T.A., and Tsitishvili, G.V. 2002.** Output of a winter wealth grown on enriched by Aloumontite containing rock. Book of Zeolite Abstracts.
- Venkateswarlu, B., and Ramesh, K. 1993.** Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of groundnut under polyethylene glycol-induced water stress. Plant Sci. 90: 179-185.