

مقایسه روش‌های مختلف تعیین هدایت الکتریکی شیره سلولی گندم تحت تنش کمبود آب با دستگاه طیف‌سنج نوری

The Comparison of Different Methods, to Evaluate of Wheat Cell Sap Electrical Conductivity under Water Deficit Stress with Spectrophotometer Unit

محمد میرزاخانی^{۱*} و زهرا همتی^۲

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۰۲

چکیده

بروز تنش کمبود آب در سلول‌های گیاهی رشد و تقسیم سلولی را کاهش داده و یا متوقف می‌نماید و در نتیجه بر رشد و عملکرد گیاه موثر خواهد بود. جهت بررسی اثر تنش کمبود آب و مصرف مقادیر مختلف ژئولیت، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در مزرعه آموزشی- تحقیقاتی دانشگاه پیام نور اراک با سه تکرار اجرا شد. تنش کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح I_0 = آبیاری براساس نیاز آبی گیاه (شاهد)، I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب آبیاری به میزان ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه، در کرت‌های اصلی و مصرف مقادیر مختلف ژئولیت به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح Z_0 = عدم مصرف ژئولیت (شاهد)، Z_1 ، Z_2 و Z_3 مصرف ژئولیت به مقدار سه، شش و نه تن در هکتار در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمار تنش کمبود آب و مصرف ژئولیت بر صفاتی مانند عملکرد دانه، مقدار جذب طول موج ۵۲۵ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در نمونه‌های تیمارهای شاهد، متانول، استون، مانیتول، آب ۵۰ درجه و آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار شد. همچنین بیشترین و کمترین میزان جذب طول موج ۵۲۵ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج در تیمار آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۶۷/۹۰ و ۳۳/۶۷ درصد به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم مصرف ژئولیت و تیمار آبیاری براساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف نه تن در هکتار ژئولیت بود. بنابراین تنش کمبود آب می‌تواند باعث تخریب غشاء سلول‌های گیاهی شود و در نتیجه کنترل سلول بر ورود و خروج الکترولیت‌ها کاهش خواهد رفت.

واژه‌های کلیدی: الکترولیت، ژئولیت، عملکرد دانه، غشاء سلول

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فراهان، فراهان، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور اراک، اراک، ایران

* نویسنده مسئول Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

مقدمه

ایران به دلیل موقعیت مکانی، اقلیمی و ساختار طبیعی خود جزء مناطق خشک (۶۵ درصد) تا نیمه‌خشک (۲۵ درصد) محسوب می‌شود (جزایری نوش‌آبادی و رضایی، ۱۳۸۶). بنابراین خشکی یکی از مشکلاتی است که در بخش‌های زیادی از کشور ایران تولید محصولات زراعی را به خصوص در مراحل انتهایی رشد (مرحله‌ی زایشی) کاهش می‌دهد (موسوی‌فر و همکاران، ۲۰۰۹). با افزایش شدت تنش کمبود آب، شرایط جذب آب برای گیاهان مشکل‌تر خواهد شد و در نتیجه مقدار آب موجود در سلول‌های بافت گیاهی از حالت تورژسانس فاصله خواهد گرفت. کاهش محتوای آب برگ باعث تأثیر منفی بر تقسیم سلولی و رشد و نمو گیاه می‌شود. (میرزاخانی و سیبی، ۱۳۸۹). اعمال تنش کمبود آب در مرحله‌ی گرده‌افشانی موجب اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه می‌گردد که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در شرایط تحت تنش کمبود آب باشد. کاهش وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها به‌واسطه تنش خشکی ملایم و شدید، احتمالاً به دلیل دمای گرم‌تر طی روزهای پایانی دوره رشد و بنابراین کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه باشد. از آنجا که در شرایط گرما تفرق گیاه افزایش می‌یابد، احتمال رویارویی گیاه با تنش خشکی زیادتر می‌شود. در این صورت طول دوره رشد کاهش پیدا کرده و دانه‌ها کوچک‌تر می‌شوند. تعداد سنبله در مترمربع تا زمان گل‌دهی برای هر ژنوتیپ تعیین می‌شود و تنش خشکی بعد از آن تنها می‌تواند بر باروری سنبله‌های پنجه‌هایی که نسبتاً دیرتر به گل می‌روند، تأثیر گذاشته و باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح گردد (دستفال و همکاران، ۱۳۹۰). با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش کمبود آب وارده به گیاه افزایش یافت و در نتیجه غشاء سلول‌ها به‌شدت آسیب دید و باعث کاهش توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از غشاء سلولی شد. همچنین در همان آزمایش، مصرف زئولیت توانست مقدار پایداری غشای سلول‌ها را در برابر نشت الکتروولت‌های سلول افزایش دهد. به‌طوری‌که مصرف زئولیت از طریق فراهم نمودن مقادیر بیشتری از آب آبیاری برای ریشه‌ها، باعث ایجاد شرایط رشد و نمو بهتری برای گیاهان شده و تخریب غشاء سلول‌ها را کاهش داد (میرزاخانی و سیبی، ۱۳۸۹).

سایر محققان گزارش نمودند که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی قرار نگرفت. ولی میزان تجمع مواد خشک در دانه‌ها در هر دو رقم گندم مورد مطالعه در اثر وقوع تنش خشکی در مرحله بعد از گرده‌افشانی به‌شدت کاهش یافتند و میزان انتقال ماده خشک (کربوهیدرات‌های

غیرساختمانی) از اندام‌های رویشی به دانه‌ها در طول مدت وقوع تنش خشکی در بین ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان داد. همچنین وزن هزار دانه و وزن دانه در سنبله با وقوع تنش خشکی در مرحله بعد از گرده‌افشانی به‌شدت کاهش یافت (پلات^۱ و همکاران، ۲۰۰۴).

برای حفظ عملکرد و متابولیسم طبیعی در گیاهان زراعی و در نتیجه تولید محصول رضایت‌بخش می‌بایست در سلول‌ها به مقدار کافی آب وجود داشته باشد (لیو^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). مقدار آبی که اندام‌های مختلف گیاه در شرایط خشک از دست می‌دهند، بستگی به چگونگی عکس‌العمل سلول‌های آنها به کاهش پتانسیل آب دارد. به هنگام بروز خشکی اگر سلول‌ها در حالت تورژسانس قرار داشته باشند، معمول‌ترین عکس‌العملی که در برابر اتلاف آب از خود نشان می‌دهند، پتانسیل تورژسانس و پتانسیل اسمزی هر دو کاهش می‌یابند (مورگان^۳، ۱۹۹۲؛ مورگان و کاندون^۴، ۱۹۸۶). 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. عکس‌العمل دیگری که ممکن است در دیواره سلول‌های گیاهی بروز دهد، جبران اختلاف حاصل در پتانسیل آب است که خود می‌تواند باعث از دست رفتن آب سلول گردد که این امر با کاهش پتانسیل اسمزی در اثر افزایش مواد محلول موجود در پروتوپلاسم به‌دست می‌آید (مورگان^۵، ۱۹۹۱ و ۱۹۹۲). این عکس‌العمل که باعث می‌شود 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 می‌شود (کاشمن^۶، ۲۰۰۱؛ ورسلوس و برای^۷، ۲۰۰۴).

از جمله راهکارهای جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدر روی رطوبت و کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است، به‌کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های زئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد (پولات^۸ و همکاران، ۲۰۰۴). 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

1. Plaut
2. Liu
3. Morgan
4. Morgan and Condon
5. Morgan
6. Cushman
7. Verslues and Bray
8. Polat

مقدار آب هر کرت = $60 \div \{ \text{دبی آب ورودی} \} \div (\text{ارتفاع تبخیر از تشک} \times \text{حجم تشک تبخیر} \times \text{راندمان آبیاری} \times \text{مساحت کرت} \times \text{ضریب گیاهی} \times 1000)$

در این فرمول برای جای‌گذاری اعداد، از تشک تبخیر کلاس A و از آمارهای روزانه‌ی ایستگاه هواشناسی اراک استفاده گردید. دبی آب ورودی سیفون‌ها محاسبه شد و ضریب گیاهی (ضریب گیاهی گلرنگ ۱/۱) از جدول کتاب نیاز آبی گیاهان در ایران به‌دست آمد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶). هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط کاشت به طول ۵ متر و به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و مقدار بذر کاشته شده معادل ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و رقم مورد استفاده رقم بک کراس روشن بود. براساس نتایج آزمایش خاک کودهای نیتروژن و فسفر به‌ترتیب 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 به‌صورت سرک در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌دهی به گیاهان مزرعه داده شد. عمق کاشت بذور ۳ تا ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مبارزه با علف‌های هرز به موقع و به‌روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به‌طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی چون عملکرد دانه، جذب طیف‌سنج در تیمار شاهد، در تیمار متانول، در تیمار استون، در تیمار مانیتول، در تیمار آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد و در تیمار آب ۶۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری و ثبت شد.

در این آزمایش برای اندازه‌گیری جذب نور توسط دستگاه طیف‌سنج نوری، ابتدا به تعداد کرت‌های آزمایشی لوله آزمایش تهیه شد و داخل هر لوله آزمایش ۱۰ میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های آب مقطر، محلول متانول خالص (تمامی حلال‌های آلی مانند اتانول، کلروفرم و ... قدرت تخریب غشاء سلول‌های گیاهی را دارند)، محلول استون خالص و یا محلول اسمزی مانیتول با پتانسیل ۲- اتمسفر ریخته شد. سپس ده دیسک به قطر یک سانتی‌متر از پهنک برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته هر تیمار تهیه و در داخل لوله‌های آزمایش قرار داده شد. در تیمار آب ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد (لوله‌های آزمایش مورد نظر به‌طور هم‌زمان به‌مدت ۲ دقیقه) در داخل ظرف آب ۵۰ و یا ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت مقدار جذب نور محلول هر لوله آزمایش به‌طور جداگانه با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج ۵۲۵ نانومتر (به‌دلیل اینکه بیشترین میزان جذب نور در نمونه‌های گیاهی در این طول موج انجام می‌شود) اندازه‌گیری و ثبت شد. محلول هر لوله آزمایشی که جذب نور بیشتری را نشان دهد، بیانگر

هدر روی آب داشته باشند. زئولیت‌ها مواد متخلخلی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به‌دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه‌ی خود، اجازه‌ی عبور بعضی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند. البته مشکلاتی از قبیل هزینه خرید، لزوم مصرف مقادیر زیاد زئولیت در مزرعه جهت اثربخشی کافی، تأثیر بر اسیدیته، ساختمان و بافت خاک را به همراه خواهد داشت (مومپتون^۱، ۱۹۹۹). جذب انتخابی و 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 (پولات و همکاران، ۲۰۰۴). 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 (پوروتادز^۲ و همکاران، ۲۰۰۲). هدف از انجام این آزمایش مقایسه روش‌های مختلف تعیین هدایت الکتریکی شیره سلولی گندم تحت تنش کمبود آب در شرایط آب و هوایی شهرستان اراک با دستگاه طیف‌سنج نوری بود.

مواد و روش‌ها

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 به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی به تنش کمبود آب در چهار سطح I_0 = آبیاری براساس 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 به مصرف مقادیر مختلف زئولیت (با توجه به مقادیر مصرف زئولیت در آزمایشات متعددی که توسط سایر محققان انجام شده بود) 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 محاسبه نیاز آبی و اعمال سطوح تیمار تنش کمبود آب با استفاده از فرمول زیر انجام شد.

1. Mumpton
2. Urotadze

تخریب بیشتر غشای سلولی بافت‌های گیاهی و خارج شدن مقدار بیشتری از الکترولیت‌های موجود در سلول‌های آن است (قربانلی و کلانتری، ۱۳۷۳). همچنین برای تعیین عملکرد دانه، در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دوخط میانی مساحت ۴ 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 به وسیله نرم‌افزار MSTAT-C تعیین گردید.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب، مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف زئولیت قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۵۹۵۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری شاهد و مصرف شش تن در هکتار زئولیت و کمترین مقدار آن با میانگین ۳۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تنش شدید کمبود آب و مصرف سه تن در هکتار زئولیت بود. مشاهده شد که با کاهش مقدار آب آبیاری، تعداد دانه در سنبله به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه گندم تحت تأثیر قرار گرفت و کاهش محسوسی داشت. بدین ترتیب با کاهش برخی از اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه در هکتار نیز کاهش معادل ۳۵/۸۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) را 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.

یوسفوند و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که اثر تنش کمبود آب، مصرف زئولیت و سلنیوم بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که در بین سطوح مختلف تنش کمبود آب، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۰۰۹/۴ بود. محمدی و همکاران (۱۳۸۵) اظهار داشتند که عملکرد دانه تک بوته در شرایط نرمال و تنش کمبود آب تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. نتایج سایر محققان نیز نشان داد که بین سطوح مختلف تیمار تنش کمبود آب از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷). میرزاخانی و

سیبی (۱۳۹۰) بیان داشتند که در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت. سنجرى 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 به ترتیب از تیمارهای بدون تنش خشکی و تیمار اعمال تنش خشکی بعد از مرحله گرده‌افشانی به‌دست آمد. بخشنده و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی سه سطح آبیاری (شاهد، تنش ملایم کمبود آب و تنش شدید کمبود آب) گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه توسط رقم چمران در تیمار آبیاری نرمال به‌دست آمد. سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش کمبود آب و مصرف سوپر جاذب‌ها بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (خادم^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). صفائی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش نمودند که اثر مصرف زئولیت بر عملکرد دانه اختلاف آماری در سطح یک درصد بود و بیشترین عملکرد دانه در تیمار عدم کاربرد زئولیت به ترتیب توسط ارقام زرقام و اکاپی و همچنین در تیمار مصرف ۱۰ تن زئولیت بیشترین عملکرد دانه به ترتیب توسط ارقام زرقام و اکاپی به‌دست آمد.

جذب طیف‌سنج در تیمار شاهد (۴۸ ساعت)

در جدول تجزیه واریانس، اثر تنش کمبود آب، سطوح مختلف مصرف زئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف زئولیت بر صفت جذب دستگاه طیف‌سنج در طول موج ۵۲۵ نانومتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). بیشترین مقدار جذب توسط دستگاه طیف‌سنج با میانگین ۷۶/۳۳ درصد مربوط به تیمار تنش شدید کمبود آب و مصرف سه تن در هکتار زئولیت بود (جدول ۲). بنابراین می‌توان گفت که با افزایش شدت تنش کمبود آب، میزان تخریب غشاء سلول‌های گیاهی بیشتر شده و موجب خروج مقادیر بیشتری از الکترولیت‌های داخل سلول‌ها به فضای خارج سلولی شده است. پس در چنین وضعیتی به‌دلیل افزایش کدورت محلول قرار داده شده در مقابل طول موج ۵۲۵ نانومتر دستگاه طیف‌سنج نوری، میزان جذب طول موجها افزایش می‌یابد و این موضوع نشان‌دهنده تخریب بیشتر غشاء سلول‌ها می‌باشد. مصرف مقادیر بیشتر زئولیت می‌تواند مانع از تخریب بیشتر غشاء سلول‌های گیاهی گردد و در نتیجه مقدار جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری نیز کاهش خواهد یافت. زیرا زئولیت قادر است مقادیر قابل توجهی از آبی را که در خود نگهداری کرده است را

و سلول‌ها 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 آسیب‌دیدگی غشاء سلول‌ها و خروج الکترولیت‌های سلول، هدایت الکتریکی محلول حاوی بافت گیاهی افزایش خواهد یافت (میرزاخانی و سیبی، ۱۳۸۹).

جذب طیف‌سنج در تیمار استون (۴۸ ساعت)

صفت جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج ۵۲۵ نانومتر ناشی از اعمال تیمار استون تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب، مصرف سطوح مختلف ژئولیت و اثر متقابل نش آبی و مصرف ژئولیت قرار گرفت و به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱).

در جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل، بیشترین میزان جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج ۵۲۵ نانومتر ناشی از اعمال تیمار استون با میانگین ۳۲/۶۷ درصد مربوط به تیمار آبیاری شاهد و عدم مصرف ژئولیت و کمترین مقدار آن با میانگین ۱۲/۳۳ درصد مربوط به تیمار آبیاری شاهد و مصرف سه تن ر هکتار ژئولیت بود. قرار گرفتن سلول‌های گیاهی در موقعیت‌های مخربی مانند تنش کمبود آب و حلال استون باعث تخریب غشاء سلول‌های گیاهی و خارج شدن محتویات داخل سلول‌ها به فضای خارج سلولی خواهد شد. در چنین شرایطی میزان جذب نور توسط دستگاه طیف‌سنج نوری زیاد خواهد بود. که خود مبین تخریب غشاء سلولی است. به طوری که در بین سطوح مختلف تنش کمبود آب، حدود ۳۸/۴۵ درصد و در بین سطوح مختلف مصرف ژئولیت نیز ۱۵/۲۵ درصد افزایش جذب نور توسط دستگاه طیف‌سنج نوری را شاهد هستیم.

در اختیار گیاه قرار دهد و مانع از بیشتر غشاء سلول‌های گیاهی شود.

آقایی سربرزه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب گزارش نمودند که بیشترین مقدار خسارت غشاء سلولی با میانگین ۲۵/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۱۳ در تیمار تنش کمبود آب و کمترین آن نیز با میانگین ۴/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۹ در تیمار تنش کمبود آب به دست آمد. سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش کمبود آب و مصرف سوپرجاذب‌ها بر پایداری غشاء سلولی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار 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 میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس a بود (خادم و همکاران، ۲۰۱۰). در بین سطوح مختلف تیمار آبیاری، بیشترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۹۶۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۲۰۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری براساس 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 مواد جاذب رطوبت با میانگین ۷۲۳۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمترین نشت یونی سلول مربوط به تیمار کود دامی با میانگین ۵۷۵۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود (فرمهینی، ۱۳۹۰).

جذب طیف‌سنج در تیمار متانول (۴۸ ساعت)

اثر تیمار تنش کمبود آب، سطوح مختلف مصرف ژئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف ژئولیت بر صفت جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج ۵۲۵ نانومتر ناشی از اعمال تیمار متانول در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). در بین اثرات متقابل کمترین مقدار جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با میانگین ۲۵/۲۰ درصد مربوط به تیمار آبیاری شاهد و مصرف نه تن در هکتار ژئولیت بود. حلال‌های آلی می‌توانند لیپیدهای موجود در غشاء سلول‌های گیاهی را تخریب نمایند و همچنین قرار گرفتن سلول‌های گیاهی در شرایط تنش کمبود آب نیز باعث کاهش پایداری غشاء سلول‌ها خواهد شد. مجموع این دو عامل باعث تخریب بیشتر غشاء سلول‌ها خواهد شد. ولی با مصرف مقادیر کافی از ژئولیت از طریق افزایش میزان آب قابل دسترس می‌توان پایداری غشاء سلول‌ها را افزایش داد. سایر محققان گزارش نمودند که با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش کمبود آب وارده به گیاه افزایش می‌یابد

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس روش‌های مختلف تعیین هدایت الکتریکی شیره سلولی گندم تحت تنش کمبود آب

Table 1: Anova of different methods to evaluate of wheat cell sap electrical conductivity under water stress

جذب طیف‌سنج در تیمار آب ۶۰ درجه Absorbtion of spect. in water (60°C)	جذب طیف‌سنج در تیمار آب ۵۰ درجه Absorbtion of spect. in water (50°C)	سنج جذب طیف در تیمار مانیتول Absorbtion of spect. in manithol treatment	جذب طیف‌سنج در تیمار استون Absorbtion of spect. in acetone treatment	جذب طیف‌سنج در تیمار متانول Absorbtion of spect in methanol treatment	جذب طیف‌سنج در تیمار شاهد Absorbtion of spect. in control treatment	عملکرد دانه Grain yield	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
31.7 ^{ns}	153.3 ^{ns}	12.4 ^{ns}	1.9 ^{ns}	7.1 ^{ns}	32 ^{ns}	255780.646 ^{ns}	2	تکرار Replication
237.9*	338.3*	545.7**	122.9*	94.6**	561.5**	8350811.917**	3	تنش کمبود آب Water stress
41	41.7	13.9	17.9	7.6	9.9	100533.979	6	خطای (الف) Error (Ea)
377.7**	341.3**	219.3**	40.6*	129.1**	364.9**	1424599.806**	3	زئولیت Zeolite
746.4**	296.6**	450.5**	102.5**	134**	864.6**	1149573.787**	9	تنش کمبود آب × زئولیت (W.Z)
37.4	65.9	31.5	10.8	16.5	25.3	121114.729	24	خطای (ب) Error (Eb)
8.8	14.2	12.5	13.5	10.8	11.7	7.74		ضریب تغییرات (درصد) Cv (%)

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

بودند (سانوکا^۱ و همکاران، 2004). میرزاخانی و سببی (۱۳۸۹) اظهار داشتند که با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش کمبود آب وارده به گیاه افزایش می‌یابد و سلول‌ها به شدت آسیب خواهند دید و باعث کاهش توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از طریق غشاء سلولی خواهد شد. در چنین گیاهانی به دلیل آسیب‌دیدگی غشاء سلول‌ها و در نتیجه خروج الکترولیت‌های سلول، هدایت الکتریکی محلول حاوی بافت گیاهی افزایش خواهد یافت. فرم‌هینی (۱۳۹۰) اظهار نمود که بیشترین نشت یونی سلول ناشی از محلول مانیتول با پتانسیل اسمزی ۲- اتمسفر، در بین سطوح مختلف مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار عدم مصرف مواد جاذب رطوبت با میانگین ۷۲۳۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار با میانگین ۵۷۵۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود.

جذب طیف‌سنج در تیمار آب ۵۰ درجه (۴۸ ساعت)

صفت جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج ۵۲۵ نانومتر ناشی از اعمال تیمار آب ۵۰ درجه تحت تأثیر تنش کمبود آب در سطح آماری پنج درصد، مصرف سطوح مختلف ژئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف ژئولیت بر صفت جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری ناشی از اعمال تیمار آب ۵۰ درجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). از آنجایی که بخش اعظمی از غشاء سلول‌های گیاهی از پروتئین تشکیل شده است و پروتئین‌ها نیز در درجه حرارت بالا آسیب‌پذیر می‌باشند. بنابراین در این آزمایش قرار گرفتن سلول‌های گیاهی در حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد باعث آسیب رسیدن به آنها شد و در نتیجه آن خروج الکترولیت‌ها را از سلول‌ها شاهد بودیم. به طوری که در جدول مقایسه میانگین-های اثرات متقابل، بیشترین مقدار جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری ناشی از اعمال تیمار آب ۵۰ درجه با میانگین ۷۲/۳۳ درصد مربوط به تیمار تنش کمبود آب شدید و مصرف شش تن ژئولیت در هکتار بود (جدول ۲). فرم‌هینی (۱۳۹۰) گزارش نمود که 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 براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار آبیاری شاهد بود. سایر محققان بیان داشتند که سطوح مختلف مصرف ژئولیت بر صفت محتوای آب اولیه، آب نهایی برگ

آقای سربرزه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی ۲۰ ژئوتیپ گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب گزارش نمودند که بیشترین مقدار خسارت غشاء سلولی با میانگین ۲۵/۳ درصد توسط ژئوتیپ شماره ۱۳ در تیمار تنش کمبود آب و کمترین آن نیز با میانگین ۴/۳ درصد توسط ژئوتیپ شماره ۹ در تیمار تنش کمبود آب به دست آمد. فرم‌هینی (۱۳۹۰) گزارش نمود که در بین سطوح مختلف تیمار آبیاری، بیشترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۹۶۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمترین نشت یونی سلول با میانگین ۶۲۰۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری براساس 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 مواد جاذب رطوبت با میانگین ۷۲۳۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمترین نشت یونی سلول با میانگین ۵۷۵۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربوط به تیمار مصرف کود دامی بود. سببی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که سطوح مصرف ژئولیت بر صفت محتوای آب اولیه، آب نهایی برگ و ناپایداری غشاء سلولی در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

جذب طیف‌سنج در تیمار مانیتول (۴۸ ساعت)

اثر تنش کمبود آب، مصرف سطوح مختلف ژئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف ژئولیت بر صفت میزان جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج ۵۲۵ نانومتر ناشی از اعمال تیمار مانیتول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). محلول مانیتول با ایجاد پتانسیل اسمزی معادل ۲- اتمسفر باعث ایجاد حالت پلاسمولیز در سلول‌ها و تخریب غشاء سلول‌ها خواهد شد.

در نتیجه این تخریب و خسارت ناشی از وجود شرایط کمبود آب در طول رشد و نمو گیاه زراعی، پایداری غشاء سلول-های گیاهی کاهش یافته و در هنگام اندازه‌گیری میزان جذب نور توسط دستگاه طیف‌سنج نوری، مقدار نور جذب شده که مبین مقدار تخریب غشاء سلول‌هاست نیز افزایش می‌یابد. در بین مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل، کمترین مقدار جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری ناشی از اعمال تیمار مانیتول با میانگین ۲۴ درصد مربوط به تیمار آبیاری شاهد و مصرف نه تن در هکتار ژئولیت بود. بنابراین مصرف ژئولیت توانست از طریق فراهم نمودن مقادیر بیشتری از آب، تخریب غشاء سلول‌ها را کاهش دهد (جدول ۲). گندم‌هایی که در معرض تنش خشکی (عدم آبیاری) قرار داشتند، دارای دیواره‌های سلولی مقاوم‌تری

و ناپایداری غشاء سلولی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰).

جذب طیف‌سنج در تیمار آب ۶۰ درجه (۴۸ ساعت)

اثر تنش کمبود آب در سطح آماری پنج درصد، مصرف سطوح مختلف زئولیت و اثر متقابل تنش کمبود آب و مصرف زئولیت بر صفت جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری ناشی از اعمال تیمار آب ۶۰ درجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). تیمار آب ۶۰ درجه باعث دنا توره شدن پروتئین‌های موجود در غشاء سلول‌ها می‌شود و به واسطه این تخریب، الکترولیت‌های سلول از آن خارج می‌شوند. با خارج شدن مواد موجود در سلول‌ها، به دلیل افزایش کدورت محلول حاوی شیره سلولی دستگاه طیف‌سنج نوری میزان جذب طول موج را بیشتر نشان می‌دهد. با مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تنش کمبود آب، بیشترین مقدار جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری ناشی از اعمال تیمار آب ۶۰ درجه با میانگین ۹۰/۶۷ درصد مربوط به تیمار تنش متوسط کمبود آب و عدم مصرف زئولیت و کمترین مقدار آن به تیمار آبیاری شاهد + مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار بود (جدول ۲). به نظر 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 سلول‌ها اتفاق افتاده است.

آقایی سربرزه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب گزارش نمودند که بیشترین مقدار خسارت غشاء سلولی با میانگین ۲۵/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۱۳ در تیمار تنش کمبود آب و کمترین آن نیز با میانگین ۴/۳ درصد توسط ژنوتیپ شماره ۹ در تیمار تنش کمبود آب به‌دست آمد. سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش کمبود آب و مصرف سوپرجاذب‌ها بر پایداری غشاء سلولی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بودند. به‌طوری‌که در مرحله گل‌دهی، بیشترین و کمترین ناپایداری غشاء سلولی با میانگین ۸۵/۸۹ و ۷۹/۴۹ درصد به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری نرمال + عدم استفاده از پلیمر جاذب الرطوبت + کود دامی و تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس a + عدم استفاده از پلیمر جاذب الرطوبت + کود دامی بود (خادم و همکاران، ۲۰۱۰).

جدول ۲: مقایسه میانگین روش‌های مختلف تعیین هدایت الکتریکی شیره سلولی گندم تحت تنش کمبود آب

Table 2: Interaction effects of wheat electrical conductivity under water stress

جذب طیف سنج تیمار آب ۶۰ درجه (۴۸ ساعت) Absorbtion of spect. in water (60°C) (%)	جذب طیف سنج تیمار آب ۵۰ درجه (۴۸ ساعت) Absorbtion of spect. in water (50°C) (%)	جذب طیف سنج تیمار مانیتول (۴۸ ساعت) Absorbtion of spect. in manithol treatment (%)	جذب طیف سنج تیمار استون (۴۸ ساعت) Absorbtion of spect. in acetone treatment (%)	جذب طیف سنج تیمار متانول (۴۸ ساعت) Absorbtion of spect. in methanol treatment (%)	جذب طیف سنج تیمار شاهد (۴۸ ساعت) Absorbtion of spect. in control treatment (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	تیمار Teratment
Zeolite × Water stress				تنش آبی × زئولیت			
55.17f	55.33b-f	39.33d-f	32.67a	39.83b-d	53.00cd	4108ef	I ₀ Z ₀
66.57de	49.00d-g	25.33gh	12.33i	42.70b	25.33g	5018bc	I ₀ Z ₁
70.67c-e	50.67c-g	56.33a-c	18.00g-i	32.30d-f	34.67f	5527ab	I ₀ Z ₂
67.00de	44.67e-g	24.00h	16.67hi	25.20f	24.00g	6117a	I ₀ Z ₃
69.00c-e	70.67ab	56.00a-c	22.67e-h	42.47b	55.33bc	4492c-e	I ₁ Z ₀
86.63ab	65.00a-c	48.67b-d	27.00a-f	31.27ef	39.00ef	4572c-e	I ₁ Z ₁
80.33a-c	60.67a-d	33.67f-h	29.27a-c	32.33d-f	38.67ef	5959a	I ₁ Z ₂
33.67g	36.00g	31.67f-h	20.80f-h	35.57b-e	32.67fg	4932b-d	I ₁ Z ₃
90.67a	66.67ab	44.33de	21.57e-h	33.20c-e	46.00de	4315de	I ₂ Z ₀
60.67ef	60.00a-e	58.33ab	29.30a-c	36.63b-e	45.00de	4937b-d	I ₂ Z ₁
54.00f	42.67fg	35.33e-g	23.60c-g	42.37b	30.33fg	3630fg	I ₂ Z ₂
72.33c-e	60.33a-e	56.33a-c	25.10b-f	42.63b	61.67bc	4987bc	I ₂ Z ₃
79.07bc	56.33b-f	61.00a	31.13ab	52.60a	37.67ef	3397g	I ₃ Z ₀
75.17cd	64.00a-d	49.33b-d	27.30a-e	40.73bc	76.33a	3100g	I ₃ Z ₁
75.67b-d	72.33a	47.33cd	22.90d-h	34.07c-e	62.67b	3256g	I ₃ Z ₂
71.33c-e	58.33a-e	48.00b-d	29.00a-d	36.23b-e	24.67g	3568fg	I ₃ Z ₃

I₀, I₁, I₂, I₃ به ترتیب شامل: آبیاری شاهد، آبیاری براساس ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه

I₀, I₁, I₂, I₃ = (Control irrigation, Irrigation about 85, 70 and 55% plant requirement water, respectively)

Z₀, Z₁, Z₂, Z₃ به ترتیب شامل: عدم مصرف زئولیت و مصرف ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار زئولیت

Z₀, Z₁, Z₂, Z₃ = (without zeolite application. 3, 6 and 9 ton ha⁻¹, respectively)

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در آزمون چنددامنه‌ای 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

نتیجه‌گیری

درصد که کاهشی در حدود ۱۳/۸۸ درصد نسبت به شاهد را به همراه داشت، از تیمار آبیاری شاهد (آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) ثبت شد. مصرف سطوح مختلف زئولیت شرایط را برای رشد و نمو گیاه مساعدتر نمود. به طوری که مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت، توانست مقدار جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری ناشی از اعمال تیمار آب ۶۰ درجه را حدود ۱۶/۸۶ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف زئولیت) را کاهش دهد.

آسیب‌پذیری غشاء سلول‌های گیاهی با افزایش شدت عوامل نامساعد محیطی از جمله درجه حرارت افزایش می‌یابد. تنش درجه حرارت یکی از مهمترین عوامل نامساعد محیطی می‌باشد. از طرفی به دلیل اینکه بخش زیادی از غشاء سلول‌های گیاهی را پروتئین‌ها تشکیل داده‌اند، بنابراین آسیب ناشی از افزایش درجه حرارت محیط رشد و نمو گیاهان زیاد خواهد بود. در این آزمایش تیمار آب ۶۰ درجه بیشترین آسیب را به غشاء سلول‌های گیاهی وارد نمود. به طوری که بیشترین مقدار جذب طول موج توسط دستگاه طیف‌سنج نوری ناشی از اعمال تیمار آب ۶۰ درجه با میانگین ۷۵/۳۱ درصد از تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه (شدیدترین شدت تنش کمبود آب در این آزمایش) به دست آمد. کمترین مقدار نیز با میانگین ۶۴/۸۵

منابع

- آقای سربزره، م.، رجبی، ر.، حق‌دوست، ر. و محمدی، ر. ۱۳۸۷. بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی. *مجله نهال و بذر*، ۲۴ (۳): ۵۷۹-۶۰۱.
- بخشنده، ع. م.، فرد، س. و نادری، ا. ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد دانه، اجزای آن و برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط کم آبیاری در اهواز. *مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، ۶۱: ۶۵-۵۷.
- پاک‌نژاد، ف.، جامی‌الاحمدی، م.، پازوکی، ع. ر. و نصری، م. ۱۳۸۷. تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم. *مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی*، ۱ (۱): ۱-۱۵.
- جزایری‌نوش‌آبادی، م. ر. و رضایی، ا. م. ۱۳۸۶. ارزیابی ارتباط بین پارامترها در ارقام یولاف در شرایط تنش آبی و بدون تنش. *مجله علوم و فنون در کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۱ (۱): ۲۶۵-۲۷۸.
- دستفال، م.، براتی، و.، امام، ی.، حقیقت‌نیا، ح. و رمضان‌پور، م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. *مجله به زراعی نهال و بذر*، ۲۷-۲ (۲): ۲۱۷-۱۹۵.
- سنجری‌پیرایواتلو، ا. ق. و یزدان‌سپاس، ا. ۱۳۸۷. تنوع ژنتیکی اندوخته ساقه در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش خشکی پس از مرحله گل‌دهی. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۳۹ (۱): ۱۹۱-۱۸۱.
- سیبی، م.، میرزاخانی، م. و گماریان، م. 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.
- صفائی، ر.، شیرانی‌راد، 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 زیست‌بوم*، ۱۵: ۷۹-۶۳.
- علیزاده، ا. و کمالی، ق. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۲۷ صفحه.
- فرمهبینی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش کمبود آب و کاربرد مواد جاذب رطوبت بر صفات فیزیولوژیک گندم الوند. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک. ۱۷۲ صفحه.
- قربانلی، م. ل. و کلانتری، خ. ۱۳۷۸. آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی یک. انتشارات متون درسی دانشگاه پیام نور. چاپ دوم. ۱۵۸ صفحه.
- محمدی، ع.، مجیدی‌هروان، ا.، بی‌همتا، م. ر. و حیدری‌شریف‌آباد، ح. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات مرفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. *مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، ۷۳: ۱۹۲-۱۸۴.
- موسوی‌فر، ب.، بهدانی، م. ا. و جامی‌الاحمدی، م. ۱۳۸۸. پاسخ ارقام گلرنگ بهاره به فواصل آبیاری در منطقه بیرجند. *مجموعه مقالات همایش منطقه‌ای بحران آب و خشکی*. رشت. ایران. ۶۷۵-۶۷۰.
- میرزاخانی، م. و سیبی، م. ۱۳۸۹. پاسخ صفات فیزیولوژیکی گلرنگ به تنش آبی و مصرف زئولیت. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه‌ی پایدار، فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌رو، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، شیراز. صفحه‌ی ۲۱.
- میرزاخانی، م. و سیبی، م. 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.
- یوسفوند، پ.، ساجدی، ن. ع. و میرزاخانی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرات زئولیت و سلینیوم، تحت تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. *مجموعه مقالات اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار*. خرداد ماه ۱۳۹۰. دانشگاه پیام نور استان خوزستان.
- Cushman, J. C. 2001. Osmoregulation in plants. Implication for agriculture. *American Zoologist*, 41: 758-769.
- Khadem, S. A., Galavi, M., Ramrodi, M., Mousavi, S. R., Roustaa, M. J. and Rezvan-moghadam, P. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability leaf chlorophyll content under dry condition. *Australian Journal of Crop Science*, 4 (8): 642-647.
- Liu, H. P., Yu, B. J., Zhang, W. H. and Liu, Y. L. 2005. Effect of osmotic stress on the activity of Ht ATPase and the levels of covalently and non-covalently conjugated polyamines in plasma membrane preparation from wheat seeding roots. *Plant Sciences*, 168: 1599-1607.
- Morgan, J. M. and Condon, A. G. 1986. Water use, grain yield and osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 523-532.
- Morgan, J. M. 1991. Gene controlling differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 18: 249-257.
- Morgan, J. M. 1992. Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 19: 67-76.

- Mumpton, F. A. 1999. La roca magica: Uses of natural zeolite in agriculture and industry. National Academic Science, 96 (7): 3467-3470.
- Plaut, Z., Butow, B. J., Blumenthal, C. S. and Wrigley, C. W. 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.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Nacio Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit Ornamental and Plant Research, 12: 183-189.
- Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S. and Fujita, K. 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.
- Urotadze, S. L., Andronikashvili, T. A. and Tsitishvili, G. V. 2002. Output of a winter wheat grown on enriched by Aloumontite containing rock. Book of Zeolite Abstracts of 5th International Crop Science Congress and Exhibition, Korea. p 23.
- Verslues, P. E. and Bray, E. A. 2004. LWR1 and LWR2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in *Arabidopsis*. American Society of Plant Physiology, 136: 2831-2842.

The Comparison of Different Methods, to Evaluate of Wheat Cell Sap Electrical Conductivity under Water Deficit Stress With Spectrophotometer Unit

Mirzakhani^{1*}, M. and Hemmati², Z.

Abstract

In order to evaluate the comparison of different methods, to evaluate of wheat cell sap electrical conductivity under water deficit stress with spectrophotometer unit, this study was carried out in 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 , I_3 = Irrigation about 85, 70 and 55% plant requirement water, were assigned in the main plots and different levels of zeolite application (Z_0 = without zeolite application, Z_1 , Z_2 , Z_3 , 3, 6 and 9 ton ha⁻¹) in sub plots. Each sub plot consisted of 4 rows, 5 m long with 50 cm between rows space and 5 cm between plants on the rows. In this study characteristics such as: grain yield, absorption of spect in control treatment, absorption of spect in methanol treatment, absorption of spect in aseton treatment, absorption of spect in manithol treatment, absorption of spect in 50 degree water and absorption of spect in 60 degree water were assessed. Results indicated that (Irrigation about 70% of plant requirement water + without zeolite application) with average rate of absorbtion by spectrophotometer (67.90%) and (Irrigation about 85% of plant requirement water + 9 ton ha⁻¹ zeolite application) with average (33.67%) were significantly superior to the other treatments.

Keywords: Cell memberant, Eletrolite, Grain yield, Zeolite

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Farahan Branch Farahan, Iran

2. B.Sc. Student in Agricultural Sciences, Payam Noor University of Arak, Iran

*: Corresponding author

Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir