Archive of SID

بررسی اثر مقادیر زئولیت در شرایط تنش آبی بر صفات فیزیولوژیک گلرنگ

محمد میرزاخانی*[۱]، زهرا همتی[۲] و غلامرضا ملکی[۳]

۱) استادیار گروه زراعت، واحد فراهان، دانشگاه آزاد اسلامی، فراهان، ایران.
۲) دانشجوی کارشناسی، دانشگاه پیام نور، ایران.
۳) مربی گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، ایران.

* نویسنده مسئول: Mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۲۶

چکیده

کمبود آب یکی از مهم‌ترین تنشهای محیطی می‌باشد که تولید محصولات زراعی را تحت اثر قرار داده و باعث کاهش کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی می‌شود. به منظور بررسی اثر تنش آبی و کاربرد مقادیر مختلف زئولیت، دو آزمایش در سالهای زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در دانشگاه پیام نور استان مرکزی به‌صورت کرتهای یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شدند. تنش آبی به عنوان عامل اصلی در چهار سطح شامل: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری به میزان ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه در کرتهای اصلی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت به عنوان عامل فرعی در چهار سطح شامل: عدم مصرف زئولیت (شاهد)، مصرف سه، شش و نه تن در هکتار زئولیت در کرتهای فرعی قرار داده شد. نتایج نشان داد که اثر تیمار تنش آبی بر صفات عملکرد بیولوژیکی، تعداد غوزه نابارور، کمبود آب اشباع، ارتفاع بوته، قطر ساقه و آب نهایی برگ معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر مصرف زئولیت نیز بر صفات تعداد غوزه نابارور، کمبود آب اشباع، ارتفاع بوته، قطر ساقه و آب نهایی برگ معنی‌دار بود. عملکرد بیولوژیکی گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیکی ۸۱۸۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کم‌ترین مقدار آن ۶۷۵۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تنش آبی شدید (آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه) بود. به‌طورکلی افزایش شدت تنش آبی، باعث کاهش مقدار عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع بوته، قطر ساقه و آب نهایی برگ‌های گلرنگ شد. اما با افزایش سطوح مصرف زئولیت، اثر سوء ناشی از تیمار تنش آبی بر صفات ذکر شده کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: بیوماس خشک، غوزه نابارور و نیاز آبی.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

روغن یکی از مواد غذایی اصلی مورد نیاز بشر است و حدود ۲۰ درصد کالری مورد نیاز انسان بسته به رژیمهای غذایی متفاوت، توسط روغن تأمین می‌شود، افزایش تقاضای روغن گیاهی در بازارهای جهانی و به دنبال افزایش قیمت آن، باعث فشارهای اقتصادی به کشورهای وارد کننده روغن از جمله ایران گردیده است. بنابراین با توجه به افزایش جمعیت و مصرف سرانه روغن، افزایش سطح زیر کشت دانههای روغنی و افزایش عملکرد آن‌ها برای کاهش وابستگی به کشورهای دیگر ضروری است. در حال حاضر از کل روغن مصرفی کشور فقط حدود هفت درصد آن در داخل تولید و ۹۳ درصد آن از خارج وارد می‌شود (توکلی، ۱۳۸۱). اگرچه گلرنگ گیاهی متحمل به خشکی است، ولی تنش خشکی بر کمیت و کیفیت دانه‌های آن و هم‌چنین مراحل فنولوژیکی آن اثرگذار است (Yardanov *et al*., 2003). 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 Na_3K_3 $(Al_6Si_30O_{72})$, $24H_2o$ تعیین شده است. 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, 2001). با توجه به ویژگی منحصر به فرد زئولیتها از قبیل تبادل کاتیونی بالا (۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰گرم)، ثبات چارچوب ساختمانی در دراز مدت، برخلاف کانی‌های معمول رسی، وفور قابل توجه زئولیتهای طبیعی در کشور، استخراج آسان و سرانجام قیمت اقتصادی مناسب، به کارگیری این ترکیبات را بیش‌تر کرده و باعث مصرف بهینهی این دسته از نهادهها میشود (Shaw and Andrews, 2001; Mumpton, 1999; Kazemian, 2000). جذب انتخابی و آزاد سازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث میشود درصورت انتخاب صحیح 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). میرزاخانی و سیبی (۱۳۸۹) اظهار داشتند که اثر تنش آبی و مصرف سطوح مختلف زئولیت به ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار شدند. در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیش‌ترین مقدار کمبود آب اشباع در برگهای گیاه ۶۵/۹۹ درصد از تیمار عدم مصرف زئولیت و کم‌ترین مقدار آن ۵۳/۳۸ درصد از تیمار مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد. نتایج تحقیق سیبی (۱۳۹۰) نشان داد که در بین سطوح مختلف زئولیت با افزایش مقدار مصرف آن، آب نهایی برگ نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آب نهایی برگ ۲۳/۰۰ و ۲۰/۴۰ درصد به ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف ۸ و ۴ تن زئولیت در هکتار بود. گلرنگ در مرحله رشد رویشی نسبت به مراحل بعدی نسبت به کمبود آب متحمل تر است و عدم

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری در این مرحله باعث گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و افزایش تحمل گیاه نسبت به شرایط گرم و خشک در مراحل بعدی می‌شود، بنابراین توصیه می‌شود که پس از جوانه زدن و استقرار گلرنگ یک دوره خشکی کوتاه مدت به گیاه داده شود. بروز تنش آبی در طول مراحل نهایی نمو زایشی موجب تسریع پیری و کاهش مدت پر شدن دانه گلرنگ می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۷۷). وقوع تنش آبی در مرحله گل‌دهی و حساسیت این مرحله به کم‌آبی میتواند موجب کاهش تعداد غوزه در گیاه گردد. وقوع تنش در هنگام پر شدن دانه بیش‌ترین اثر را بر وزن دانه دارد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۹). تنش آبی بر برخی از معیارهای فیزیولوژیک گلرنگ مانند عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزاردانه، درصد پروتئین دانه و درصد روغن دانه اثر گذاشته و باعث کاهش آنها میشود (اشکانی و همکاران، ۱۳۸۶). در بررسی دیگری اثر تنش خشکی روی گلرنگ نشان داد که سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و تعداد غوزه در اثر خشکی کاهش یافت و علی‌رغم کاهش ماده خشک ساقه و ریشه، نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت (Hashemi-Dezfooli, 1994). کمبود آب در مراحل مختلف رشد گلرنگ مثل مرحله‌ی گل‌دهی، رسیدگی کامل و غیره اثر منفی روی صفات گیاه مانند وزن هزاردانه، تعداد دانه در غوزه، تعداد غوزه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد روغن گذاشته و باعث کاهش آن‌ها می شود (Nabipour *et al*., 2007). در تحقیق دیگری مشخص شد که تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد مؤثر است. در این بررسی بین تنش و وزن هزاردانه و تعداد دانه در غوزه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد در این تحقیق اثر ارقام گلرنگ بر میزان روغن دانه و عملکرد روغن دانه نیز معنی‌دار شد که رقم Montola2000 در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای کم‌ترین مقدار روغن بود. ولی در شرایط بدون تنش رقم Dincer با ۳۱/۸۸ درصد روغن و در شرایط تنش رقم C9305 با ۳۱/۴۵ درصد روغن دارای بیش‌ترین درصد روغن در دانه بودند (Ozturk *et al*., 2008). جمشیدمقدم و پورداد (۱۳۸۵) با بررسی ۱۵ ژنوتیپ ایرانی و خارجی گلرنگ در تنش رطوبتی اعلام کردند که در شرایط تنش ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال طول ریشه‌چه افزایش یافته و با کاهش رطوبت، ساقه چه حساسیت بیش‌تری نسبت به ریشه‌چه نشان داد. محققان گزارش نمودند که گندم‌هایی که در معرض تنش خشکی (عدم آبیاری) قرار داشتند، دارای دیواره‌های سلولی مقاوم‌تری بودند (Saneoka *et al*., 2004). سایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف تنش آبی و مصرف سوپرجاذب‌ها بر پایداری غشاء سلولی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بودند. به‌طوری‌که بیش‌ترین ناپایداری غشاء سلولی با میانگین ۸۲/۰۹ درصد متعلق به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس a بود (Khadem *et al*., 2010). نتایج مطالعه کافی و رستمی (۱۳۸۶) نشان داد که تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزاردانه، عملکرد و درصد روغن و میزان کلروفیل برگ شد. بر این اساس در شرایط بدون تنش رقم اراک- ۲۸۱۱ نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

ارقام دیگر برتری داشت. هدف از انجام این تحقیق بررسی ویژگی‌های زراعی گلرنگ تحت تنش آبی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت در شرایط آب و هوایی شهرستان اراک بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت یک آزمایش دوساله در مزرعه آموزشی- تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان مرکزی، شهرستان اراک انجام شد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۷۵۷ متر و بافت خاک مزرعه شنی لومی بود. آزمایش به‌صورت کرتهای یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرتهای اصلی به 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 اختصاص یافتند. نحوه محاسبه نیاز آبی و اعمال سطوح تیمار تنش کمبود آب با استفاده از فرمول زیر انجام شد. در این فرمول برای جای‌گذاری اعداد، از تشتک تبخیر کلاس A و از آمارهای روزانهی ایستگاه هواشناسی اراک استفاده گردید. دبی آب ورودی سیفونها و ضریب گیاهی از رابطه ۱ محاسبه شد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶).

رابطه ۱:

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

پس از مشخص شدن مقدار آب مورد نیاز جهت کرت شاهد، با استفاده از زمان‌سنج و دبی آب ورودی به کرتها نسبت‌های ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد به راحتی قابل اعمال می‌باشد. سطوح مختلف زئولیت نیز 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 کرتهای فرعی قرار داده شدند. مهم‌ترین زئولیت طبیعی که کاربرد کشاورزی آن نیز در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، کلینوپتیلولیت با فرمول شیمیایی $Na_3K_3\ (Al_6Si_30O_{72}),\ 24H_2o$ می‌باشد. در زئولیت نوع کلینوپتیلولیت ظرفیت تبادل کاتیونی درحدود ۲۵/۲ میلی‌اکی‌والان در هر گرم) است. سایر ویژگی‌های زئولیت مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است (Andrews and Kimi, 2001).

جدول ۱: درصد ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی زئولیت

رنگ	اسیدیته	SiO_2 (درصد)	Al_2O_3 (درصد)	K_2O (درصد)	NaO_2 (درصد)	MgO (درصد)	CaO (درصد)	Fe_2O_3 (درصد)	MnO (درصد)	TiO_3 (درصد)	P_2O_5 (درصد)	اندازه (میکرومتر)	غلظت (گرم بر مترمکعب)	رطوبت (درصد)
سفید	۶/۸	۶۶	۱۱/۵	۲/۹۵	۱/۱۴	۰/۱	۲/۲۸	۱/۴۲	۱/۱۵	۱/۰۲	۰/۰۲	۶۰-۱۴۰	۴۵/۱	۴/۵

در این طرح از رقم پاییزه گلرنگ بنام LRV-51-51 که بر اساس توصیه مرکز تحقیقات و تول ید نهال و بذر کرج مناسب برای مناطق سرد و معتدل سرد است، استفاده شد. رقمی، خاردار، دیررس با طول دوره رشدی حدود ۲۷۰ تا ۳۰۰ روز (مهرماه تا تیرماه)، متوسط ارتفاع آن حدود ۱۱۰ تا ۱۲۵ سانتی‌متر با رشد رویشی و شاخه‌دهی زیاد، به‌طور متوسط

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد شاخه تولیدی آن ۶ تا ۸ عدد در هر بوته، وزن هزاردانه حدود ۳۲ گرم و عملکرد دانه آن بین ۲/۵ تا ۳ تن در هکتار می‌باشد، استفاده شد. بر اساس نتایج آزمایش خاک جدول ۲، کودهای نیتروژن و فسفر به ترتیب به مقدار ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منابع کودی اوره و سوپرفسفات‌تریپل در اختیار گیاهان قرار گرفت. کود اوره در سه نوبت، یک سوم آن در موقع کاشت و دوسوم به‌صورت سرک در مراحل ساقه‌دهی و غوزه‌دهی به گیاهان مزرعه داده شد.

جدول ۲: نتایج آنالیز خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک (سانتی‌متر)	اسیدیته اشباع	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (پی پی ام)	پتاسیم قابل جذب (پی پی ام)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک	چگالی ظاهری	چگالی حقیقی	تخلخل (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۰-۳۰	۷/۶	۰/۰۴	۹/۲	۲۰۵	۳۶	۳۸	۲۶	لوم	۱/۴۰	۲/۶۲	۴۵/۵	۴/۲۵

عمق کاشت بذور سه سانتی‌متر بود. کاشت با تراکم ۸۰ تا ۱۰۰ بذر در مترمربع انجام شد و در مرحله شش تا هشت برگی برای رسیدن به تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بوتههای اضافی حذف شدند. مبارزه با علفهای هرز به موقع و به روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای به‌طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی چون ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیکی، تعداد غوزه نابارور، قطر ساقه، کمبود آب اشباع از رابطه ۲ و آب نهایی برگ از رابطه ۳ محاسبه و ثبت شدند (اشکانی و همکاران، ۱۳۸۶).

رابطه ۲: ۱۰۰×(وزن خشک برگ-وزن برگ اشباع از آب)/(وزن تر برگ—وزن برگ اشباع از آب)= کمبود آب اشباع (SWD)

رابطه ۳: ۱۰۰× وزن تر برگ / (وزن تر برگ، بعد از ۳ ساعت جدا شدن از گیاه – وزن تر برگ تازه)= درصد آب نهایی

برای تعیین عملکرد دانه، در هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای از دو خط میانی مساحت چهار مترمربع برداشت و پس از کوبیدن و توزین و با در نظر گرفتن رطوبت حدود ۱۴ درصد عملکرد دانه هرکرت بر حسب 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 معنی دار بودن آن‌ها بموسیله نرم‌افزار Mstat-c تعیین گردید.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیکی

اثر سطوح رژیم آبیاری، برهمکنش سال × زئولیت، سال × تنش آبی × زئولیت بر صفت عملکرد بیولوژیکی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). در بین برهمکنش سه‌گانه، بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیکی ۹۱۶۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار (سال اول × تنش آبی ملایم × مصرف سه تن زئولیت در هکتار) و کم‌ترین مقدار آن ۵۶۵۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار (سال دوم × تنش آبی شدید × عدم مصرف زئولیت) بود (جدول ۵). به نظر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌رسد به دلیل وقوع تنش آبی و به دنبال آن کاهش شدید جذب آب توسط ریشهها، گیاه قادر به توسعه مطلوب سطح سبزینگی خود نخواهد بود. این موضوع منجر به کاهش جذب تابش خورشید و در نتیجه از طریق کاهش مقدار فتوسنتز، تجمع ماده خشک در گیاه نیز کم‌تر می‌شود و عملکرد بیولوژیکی آن کاهش خواهد یافت. این در حالی است که مصرف ۳ تن در هکتار زئولیت در شرایط تنش ملایم آبی، توانسته است با جذب، نگهداری رطوبت مازاد خاک و عرضه به موقع آن، شرایط مطلوبتری را برای گیاه فراهم سازد و از شدت خسارت وارد بر گیاه بکاهد. به‌طوری‌که مصرف زئولیت موجب کاهش نوسانات پرآبی و کم‌آبی خاک می‌شود و در نتیجه جذب آب توسط ریشه گیاه تداوم بیش‌تری خواهد داشت. در پژوهشی بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با ۳۶۱۵ کیلوگرم بر هکتار به ثبت رسید (فراست، ۱۳۸۹). سیروس‌مهر و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که زمان اعمال رژیم آبیاری بر صفت عملکرد بیولوژیکی غیرمعنی‌دار بود.

تعداد غوزه نابارور در بوته

در گلرنگ هرگاه غوزه تشکیل شود ولی به دلیل عدم گرده‌افشانی و یا عدم انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن، دانه‌ای در غوزه تشکیل نگردد، اصطلاح غوزه نابارور به کار می‌رود. اثر تیمار سال در سطح آماری یک درصد و اثر اصلی تنش آبی و مصرف سطوح مصرف زئولیت بر صفت تعداد غوزه نابارور در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). در جدول مقایسه میانگین اثر اصلی، بیش‌ترین تعداد غوزه نابارور ۲/۸۱ عدد مربوط به تیمار تنش آبی ملایم (آبیاری بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کم‌ترین مقدار آن ۲/۰۸ عدد مربوط به تیمار تنش آبی متوسط (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول ۴). تعداد غوزه نابارور در گیاه می‌تواند معیار خوبی برای تعیین توانایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و وضعیت انتقال این مواد به مخازن (غوزهها) می‌باشد. به‌طوری‌که افزایش تعداد غوزه نابارور در بوته نشان‌دهنده عدم توانایی کافی گیاه برای انتقال مقدار کافی از آسیمیلاتها به دانهها می‌باشد و با کاهش انتقال این مواد به گل‌ها، احتمال عقیم ماندن تعداد بیش‌تری از آن‌ها افزایش می‌یابد. از طرفی تداوم تنش آبی و محدودیت جذب آب در طول دوره رشد رویشی و زایشی گیاه موجب کاهش موفقیت گیاه در گرده‌افشانی مناسب خواهد شد. در بین برهمکنش سه‌گانه، بیش‌ترین تعداد غوزه نابارور ۴/۳۷ عدد مربوط به تیمار (سال اول × تنش آبی ملایم × عدم مصرف زئولیت) و کم‌ترین تعداد آن ۱/۱۶ عدد مربوط به تیمار (سال اول × تنش آبی شدید × مصرف نه تن زئولیت در هکتار) بود (جدول ۵). فراست (۱۳۸۹) گزارش نمود که تعداد غوزه نابارور در بوته یک عامل منفی در عملکرد دانه گلرنگ محسوب میشود و با افزایش آن از تعداد غوزه‌های بارور یک گیاه کاسته میشود. نتایج تحقیق سیبی (۱۳۹۰) اظهار داشت که بیش‌ترین تعداد غوزه نابارور ۰/۶۱

www.SID.ir

Archive of SID

عدد متعلق به تیمار تنش آبی شدید (آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. میرزاخانی (۱۳۸۸) گزارش نمود که بیش‌ترین تعداد غوزه نابارور در بوته ۰/۶۳ عدد متعلق به نتایج سال اول بود.

کمبود آب اشباع

در جدول تجزیه واریانس صفات، صفت کمبود آب اشباع تحت اثر تیمار سال، اثر سطوح رژیم آبیاری و سطوح مصرف زئولیت قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در جدول مقایسه میانگین برهمکنش سه‌گانه، بیش‌ترین مقدار کمبود آب اشباع ۶۳/۱۰ درصد مربوط به تیمار (سال دوم + آبیاری بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه + عدم مصرف زئولیت) و کم‌ترین مقدار آن ۱۸/۳۰ درصد مربوط به تیمار (سال اول + عدم تنش آبی + عدم مصرف زئولیت) بود (جدول ۴). بنابراین با افزایش شدت تنش آبی، آب موجود در بافتهای گیاهی کاهش و در نتیجه مقدار کمبود آب اشباع، افزایش خواهد یافت. سلولهای گیاهی زمانی به حداکثر اشباع آبی خواهند رسید، که ریشههای گیاه هیچ گونه محدودیتی برای جذب آب از زمین نداشته باشند. در نتیجه انتظار میرود که کم‌ترین مقدار کمبود آب اشباع از تیمار تنش آبی شدید به‌دست آید. هم‌چنین با افزایش مقادیر مصرف زئولیت مقدار کمبود آب اشباع کاهش پیدا کرد . زیرا زئولیت قادر است در مواقع پرآبی خاک، آب مازاد در خاک را در فضاهای خالی خود نگهداری کرده و با ادامه روند کاهش رطوبت خاک، آب ذخیره شده را به خاک پس دهد. به‌طوری‌که بیش‌ترین وکم‌ترین کمبود آب اشباع ۱۶/۹۵ و ۱۴/۴۵ درصد به ترتیب مربوط به تیمار عدم مصرف و مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت بود. میرزاخانی و سیبی (۱۳۸۹) اظهار داشتند که بیش‌ترین مقدار کمبود آب اشباع ۵۹/۳۰ درصد مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه بود. هم‌چنین در بین سطوح مصرف زئولیت، بیش‌ترین مقدار کمبود آب اشباع در برگهای گیاه ۶۵/۹۹ درصد از تیمار عدم مصرف زئولیت به‌دست آمد.

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات گلرنگ در پاسخ به مصرف سطوح زئولیت تحت رژیمهای مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد بیولوژیکی	تعداد غوزه نابارور	کمبود آب اشباع	ارتفاع بوته	قطر ساقه	آب نهایی برگ
سال	۱	۳۵۸۹۴۲۶/۷۶ ns	۸/۴۳۱ *	۲۱۴۶۸/۵۳۱ **	۱۳۹۷۵/۱۳۰ **	۱۵۵/۶۵۲ **	۷۵۲۹۹/۵۱۰ **
خطای (الف)	۴	۱۰۲۳۷۵۰/۵۴	۰/۴۶۲	۱۴/۷۱۶	۸۶/۱۶۱	۰/۶۹۰	۴/۲۰۷
تنش آبی	۳	۱۱۴۵۲۸۳۲/۲۶ **	۲/۵۰۰ **	۲۹۳/۵۰۱ **	۴۵۱/۹۴۸ **	۱/۹۶۵ **	۱۷۱/۶۰۰ **
سال × تنش آبی	۳	۹۷۰۷۴۵/۸۷ ns	۱/۸۸۸ **	۲۲/۴۷۳ ns	۱۸۴/۱۴۴ ns	۰/۸۷۳ *	۲۶/۸۱۶ **
خطای (ب)	۱۲	۴۴۳۰۵۸/۹۷	۰/۱۴۰	۸/۸۹	۵۶/۷۴۷	۰/۱۵۲	۳/۵۸۵
زئولیت	۳	۱۳۲۶۹۷۹/۷۸ ns	۲/۴۱۸ **	۵۵/۶۲۹ **	۷۷/۷۴۹ *	۲/۲۶۹ **	۱۸۷/۶۹۹ **
سال × زئولیت	۳	۶۴۹۶۷/۸۴ ns	۰/۲۴۳ *	۱۷/۴۶۱ ns	۹۴/۶۳۹ **	۰/۷۸۷ ns	۱۶/۳۹۸ ns
تنش آبی × زئولیت	۹	۲۳۵۰۲۱۰/۹۷ **	۱/۳۲۰ **	۶۶/۶۸۶ **	۶۷/۹۷۶ **	۰/۷۰۵ ns	۳۰/۱۶۷ **
سال × تنش آبی × زئولیت	۹	۴۵۱۵۶۰۲/۷۳ **	۱/۵۰۴ **	۴۶/۸۱۸ **	۶۳/۷۵۰ **	۱/۵۱۰ **	۶۱/۸۶۰ **
خطای کل	۴۸	۴۹۷۶۷۴/۷۴	۰/۰۶۸	۸/۵۷۸	۲۲/۱۶۱	۰/۳۸۴	۶/۵۷۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۵۱	۱۰/۸۰	۷/۳۵	۵/۸۲	۷/۶۵	۵/۲۲

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنیدار و اختلاف معنیدار در سطوح احتمال پنج و یک درصد میباشند .

www.SID.ir

Archive of SID

ارتفاع بوته

صفت ارتفاع گیاه تحت تأثیر تیمار سال، تنش آبی در سطح آماری یک درصد و سطوح مصرف زئولیت در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طوری‌که در جدول مقایسه میانگین برهمکنش سه‌گانه، بیش‌ترین مقدار ارتفاع گیاه ۱۰۵/۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار (سال دوم + آبیاری شاهد + مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت) و کم‌ترین مقدار آن ۶۲/۷۱ سانتی‌متر مربوط به تیمار (سال اول + آبیاری بر اساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت) بود. بروز شرایط محدودیت جذب آب ناشی از اعمال تنش در گیاه باعث کاهش رشد و توسعه س ئینه گیاه می‌شود و به دنبال آن میزان تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و از طریق کاهش تقسیم سلولی و اندازه سلول ها، ارتفاع گیاه کم‌تر خواهد شد. میرزاخانی و سیبی (۱۳۸۹) گزارش کردند که افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه میشود و افزایش مصرف زئولیت موجب افزایش ارتفاع گیاه شد. سیروس‌مهر و همکاران (۱۳۸۷) اظهار داشتند که اثر رژیمهای مختلف آبیاری بر صفت ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. نادری‌درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۳) اعلام نمودند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، کاهش سطح برگ و کاهش عملکرد دانه گردید. فراست و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که بیش‌ترین ارتفاع گیاه ۴۹/۹۹ سانتی‌متر مربوط به تیمار عدم تنش آبی (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. نتایج تحقیق سیبی (۱۳۹۰) نشان داد که در بین سطوح مصرف زئولیت، بیش‌ترین ارتفاع گیاه ۶۹/۸۶ سانتی‌متر مربوط به تیمارهای مصرف هشت تن در هکتار زئولیت بود. سایر محققان گزارش نمودند که تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد مؤثر بود (Ozturk *et al*., 2008).

جدول ۴: مقایسه میانگین صفات گلرنگ در پاسخ به سطوح زئولیت تحت رژیمهای مختلف آبیاری

تیمارها	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	تعداد غوزه نابارور	کمبود آب اشباع (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	آب نهایی برگ (درصد)
سال						
سال اول	۷۶۰۹a	۲/۷۰a	۲۴/۸۷b	۶۸/۸۷b	۰/۶۸b	۷۷/۱۳a
سال دوم	۷۲۲۲a	۲/۱۱b	۵۴/۷۸a	۹۳/۰۰a	۰/۹۳a	۲۱/۱۱b
سطوح تنش آبی						
شاهد	۸۱۸۶a	۲/۲۲c	۳۵/۰۴c	۸۶/۶۹a	۰/۸۴a	۵۱/۶۹a
۸۵ درصد نیاز آبی گیاه	۷۸۰۶a	۲/۸۱a	۳۹/۸۶b	۸۱/۸۷b	۰/۸۰bc	۵۰/۸۵a
۷۰ درصد نیاز آبی گیاه	۶۹۱۴b	۲/۰۸c	۴۱/۰۷b	۷۷/۸۲b	۰/۸۱b	۴۸/۱۳b
۵۵ درصد نیاز آبی گیاه	۶۷۵۶b	۲/۵۰b	۴۳/۳۲a	۷۷/۳۶b	۰/۷۷c	۴۵/۸۲c
سطوح مصرف زئولیت						
عدم مصرف زئولیت	۷۱۸۸b	۲/۸۶a	۴۱/۲۵a	۸۰/۷۹ab	۰/۷۷b	۴۶/۰۵b
سه تن در هکتار	۷۲۸۶b	۲/۳۷b	۴۰/۸۸a	۸۰/۶۹ab	۰/۷۹b	۴۷/۴۶b
شش تن در هکتار	۷۴۶۴ab	۲/۱۸c	۳۹/۱۵b	۷۸/۹۵b	۰/۸۱a	۵۱/۲۳a
نه تن در هکتار	۷۷۲۴a	۲/۲۰c	۳۸/۰۰b	۸۳/۳۲a	۰/۸۵a	۵۱/۷۳a

میانگینهای با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنهای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنیداری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

قطر ساقه

اثر تیمار سال، سطوح رژیم آبیاری و مصرف سطوح زئولیت بر صفت قطر ساقه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). در بین برهمکنش سه‌گانه، بیش‌ترین مقدار قطر ساقه ۱/۳۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار (سال دوم × آبیاری نرمال × مصرف سه تن زئولیت در هکتار) و کم‌ترین آن ۰/۵۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار (سال اول × تنش آبی ملایم × عدم مصرف زئولیت) بود (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه گلرنگ به مصرف زئولیت تحت رژیمهای مختلف آبیاری

تیمار	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	تعداد غوزه نابارور	کمبود آب اشباع (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	آب نهایی برگ (درصد)
$Y_1 I_0 Z_0$	۹۱۴۰a	۳/۹۵a	۱۸/۳۰lm	۸۲/۴۱d	۰/۷۲e-i	۷۳/۸۱e-g
$Y_1I_0 Z_1$	۸۲۳۳a-f	۲/۵۰e-g	۲۴/۳۸i-k	۷۴/۴۲e	۰/۷۲ e-i	۷۸/۵۹b-e
$Y_1I_0 Z_2$	۷۷۳۳b-i	۲/۱۲gh	۲۱/۵۷k-m	۷۲/۵۴ef	۰/۷۱e-i	۸۱/۶۹a-c
$Y_1I_0 Z_3$	۸۳۰۰a-e	۲/۴۹e-g	۱۸/۳۲lm	۷۴/۰۴e	۰/۷۷d-f	۸۲/۹۶ab
$Y_1I_1 Z_0$	۶۸۶۷f-m	۴/۳۷a	۲۴/۶۹ i-k	۶۳/۷۳fg	۰/۵۳k	۷۶/۸۹c-f
$Y_1I_1 Z_1$	۹۱۶۷a	۳/۰۸b-d	۲۹/۲۳hi	۷۲/۳۹ef	۰/۷۳ei	۶۶/۷۰h
$Y_1I_1 Z_2$	۶۰۶۷k-m	۱/۸۷h-j	۱۶/۹۸m	۵۳/۹۵h	۰/۵۶jk	۸۱/۰۰bc
$Y_1I_1 Z_3$	۸۸۰۰a-c	۳/۰۸b-d	۲۶/۳۸h-k	۷۲/۵۶ef	۰/۷۵e-g	۸۵/۸۹a
$Y_1I_2 Z_0$	۶۲۳۳k-m	۱/۷۹h-j	۲۷/۲۲h-j	۶۸/۸۷e-g	۰/۷۲e-i	۷۲/۳۰fg
$Y_1I_2 Z_1$	۶۲۰۰k-m	۱/۹۱hi	۳۱/۵۷h	۶۴/۷۱fg	۰/۶۱h-k	۷۷/۵۷c-e
$Y_1I_2 Z_2$	۸۴۶۷a-d	۳/۴۹b	۲۷/۶۲h-j	۶۶/۱۶e-g	۰/۷۳e-h	۷۹/۵۹b-d
$Y_1I_2 Z_3$	۸۱۶۷a-g	۲/۹۱c-e	۲۲/۲۴j-m	۶۸/۵۰e-g	۰/۷۲e-i	۷۶/۹۶c-f
$Y_1I_3 Z_0$	۷۳۰۰d-l	۲/۹۱c-e	۳۱/۸۳h	۶۷/۲۹e-g	۰/۶۱i-k	۷۱/۶۸g
$Y_1I_3 Z_1$	۶۶۰۰h-m	۲/۸۳de	۲۳/۲۳j-l	۶۹/۲۹e-g	۰/۶۸f-i	۷۵/۵۱d-g
$Y_1I_3 Z_2$	۸۲۶۷a-e	۲/۷۵de	۳۰/۷۸h	۶۸/۳۷e-g	۰/۶۳h-k	۷۵/۵۵d-g
$Y_1I_3 Z_3$	۶۲۰۰k-m	۱/۱۶k	۲۳/۵۳j-l	۶۲/۷۱g	۰/۶۵g-j	۷۷/۳۳c-e
$Y_2 I_0 Z_0$	۷۸۶۳a-i	۱/۸۶h-j	۴۸/۶۸fg	۹۰/۷۷b-d	۰/۸۸b-d	۲۱/۱۸j-l
$Y_2I_0 Z_1$	۶۹۲۵e-m	۱/۴۰jk	۴۷/۱۲g	۹۹/۴۳ab	۰/۹۱bc	۲۵/۳۱ij
$Y_2I_0 Z_2$	۸۹۳۹ab	۱/۷۳h-j	۵۳/۶۷c-f	۹۶/۷۰ab	۱/۰۰ab	۲۵/۹۸i
$Y_2I_0 Z_3$	۸۳۵۲a-d	۱/۷۰h-j	۴۸/۲۶fg	۱۰۳/۲a	۱/۳۳a	۲۳/۹۸i-k
$Y_2I_1 Z_0$	۷۹۴۸a-h	۲/۸۶de	۵۵/۸۳b-d	۹۷/۶۷ab	۱/۰۰ab	۲۰/۲۰kl
$Y_2I_1 Z_1$	۸۵۳۰a-d	۲/۹۰c-e	۶۱/۷۹a	۹۲/۵۳bc	۰/۹۳a-c	۲۷/۸۵i
$Y_2I_1 Z_2$	۸۲۲۵a-f	۲/۲۰f-h	۵۲/۱۲d-g	۹۶/۸۷ab	۰/۹۹ab	۱۹/۹۵kl
$Y_2I_1 Z_3$	۶۸۴۲g-m	۲/۱۳gh	۵۱/۸۵d-g	۱۰۵/۳a	۰/۸۸b-d	۲۸/۲۹i
$Y_2I_2 Z_0$	۶۵۰۱i-m	۱/۸۰h-j	۶۳/۱۰a	۹۰/۷۳b-d	۰/۹۲a-c	۱۷/۷۷lm
$Y_2I_2 Z_1$	۶۲۶۳k-m	۱/۷۳h-j	۵۱/۶۶d-g	۸۵/۶۰cd	۰/۸۸b-d	۱۷/۰۴lm
$Y_2I_2 Z_2$	۶۰۳۵lm	۱/۵۰i-k	۴۸/۸۹e-g	۸۵/۱۰cd	۰/۹۵ab	۲۵/۳۷ij
$Y_2I_2 Z_3$	۷۴۴۸c-k	۱/۵۳i-k	۵۵/۲۴b-e	۹۲/۹۰bc	۰/۹۶ab	۱۸/۴۲lm
$Y_2I_3 Z_0$	۵۶۵۱m	۳/۳۶bc	۶۰/۳۶ab	۸۴/۸۳cd	۰/۸۲c-e	۱۴/۶۱mn
$Y_2I_3 Z_1$	۶۳۶۹j-m	۲/۶۰d-g	۵۸/۰۹a-c	۸۷/۱۳cd	۰/۹۰bc	۱۱/۱۰n
$Y_2I_3 Z_2$	۵۹۸۰lm	۱/۸۰h-j	۶۰/۶۱ab	۹۱/۹۰bc	۰/۹۱bc	۲۰/۷۳j-l
$Y_2I_3 Z_3$	۷۶۸۰b-j	۲/۶۳d-f	۵۸/۱۵a-c	۸۷/۳۷cd	۰/۹۹ab	۲۰/۰۴kl

Y_1, Y_2 به ترتیب شامل: سال اول و دوم آزمایش

I_0, I_1, I_2, I_3 به ترتیب شامل: آبیاری شاهد، آبیاری بر اساس ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه

Z_0, Z_1, Z_2, Z_3 به ترتیب شامل: عدم مصرف زئولیت و مصرف ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار زئولیت

www.SID.ir

Archive of SID

عدم وجود محدودیت آبی موجب افزایش اندازه و تقسیم سلول‌ها خواهد شد. درحالی‌که با بروز شرایط تنش آبی، سرعت تقسیمات سلولی کاهش می‌یابد و کاهش حجم کنوپی گیاه را به دنبال دارد. از طرفی هم، در صورت عدم توسعه مناسب اندام‌های هوایی گیاه و کم شدن وزن آن‌ها، برای برافراشته نگه داشتن اندامهای هوایی نیازی به افزایش قطر ساقه گیاه نیست، بنابراین ادامه این روند کاهش قطر ساقه را به دنبال خواهد داشت . سیروس‌مهر و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که به دلیل عدم حساسیت قطر ساقه، اثر تنش آبی و تراکم بوته بر قطر ساقه معنی‌دار نشد. سیبی (۱۳۹۰) بیان داشت که در بین سطوح مصرف زئولیت بیش‌ترین قطر ساقه ۰/۵۷ سانتی‌متر مربوط به تیمار مصرف ۴ تن در هکتار زئولیت بود. فراست (۱۳۸۹) گزارش کرد که اثر تنش آبی بر صفت قطر ساقه غیرمعنی‌دار بود.

آب نهایی برگ

در جدول تجزیه واریانس صفات، اثر تیمار سال، سطوح رژیم آبیاری و سطوح مصرف زئولیت بر صفت فیزیولوژیکی آب نهایی برگ در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). با ادامه روند کاهش عرضه آب در خاک، موجب بروز شرایط عدم توازن بین مقدار آب ورودی به گیاه نسبت به مقدار آب خروجی گیاه خواهد شد و در نتیجه بافت‌ها و سلول‌های گیاهی نمی توانند فشار تورژسانس خود را حفظ نمایند و همواره با کاهش محتوای آب مواجه خواهند بود. محدودیت بوجود آمده از این موضوع، کاهش آب نهایی برگ گیاه را به همراه خواهد داشت. هر چقدر که تنش آبی وارده به گیاه بیش‌تر باشد، کاهش مقدار آب نهایی برگ نیز بیش‌تر خواهد شد. به‌طوری‌که در بین برهمکنش سه‌گانه، بیش‌ترین مقدار آب نهایی برگ ۸۵/۸۹ درصد مربوط به تیمار (سال اول × تنش آبی ملایم × مصرف شش تن زئولیت در هکتار) و کم‌ترین مقدار آن ۱۱/۱۰ درصد مربوط به تیمار (سال دوم × تنش آبی شدید × مصرف سه تن در هکتار زئولیت) بود (جدول ۵). نتایج تحقیق سیبی (۱۳۹۰) نشان داد که بیش‌ترین مقدار آب نهایی برگ ۲۳/۲۹ درصد در تیمار آبیاری شاهد به‌دست آمد. در بین سطوح زئولیت نیز بیش‌ترین مقدار آب نهایی برگ ۲۳/۰۰ درصد مربوط به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار بود.

نتیجه‌گیری

در صورت بروز شرایط کم‌آبی، مقدار آب جذب شده توسط ریشههای گیاه کاهش خواهد یافت و شرایط برای تولید مواد فتوسنتزی و تجمع ماده خشک نیز، کم‌تر می‌شود. البته عملکرد بیولوژیکی در تیمار آبیاری شاهد ۸۱۸۶ کیلوگرم در هکتار و آبیاری بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه ۷۸۰۶ کیلوگرم در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری نداشت، بنابراین با توجه به اهمیت صرفه جویی در مصرف آب، استفاده از تیمار آبیاری بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه توصیه میگردد . مصرف سطوح زئولیت باعث افزایش صفات عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، آب نهایی برگ و کاهش صفات تعداد

www.SID.ir

Archive of SID

غوزه نابارور، کمبود آب اشباع در گیاه شد. هم‌چنین تیمار مصرف نه تن زئولیت در هکتار توانست عملکرد بیولوژیکی گیاه را نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت معادل ۶/۹۳ درصد افزایش دهد. بنابراین با توجه به اینکه زئولیت می‌تواند به‌طور متوسط تا ۱۰ سال کارکرد خود را در خاک حفظ نماید، بنابراین در بلند مدت اثر مثبت خود را بیش‌تر نشان خواهد داد.

منابع

اشکانی، ج.، پاک نیت، ح.، امام، ی.، اسد، م.ط. و بهرامی، م.ج. ۱۳۸۶. ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی در گلرنگ بهاره تحت شرایط عدم تنش و رژیم‌های آبیاری. نشریه علوم و فنون کشاورزی. ۹ : ۲۷۷-۲۶۷.

توکلی، ا. ۱۳۸۱. بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. ۱۰۸ ص.

جمشیدمقدم، م. و پورداد، س.س. ۱۳۸۵. ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تنش رطوبتی در شرایط کنترل شده و مزرعه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۲): ۱۶۸-۱۵۵.

خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۷۷. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۳۷ ص.

سیروس‌مهر، ع. ر.، شکیبا، م.ر. ، آلیاری، ه.، تورچی، م. و دباغ‌محمدی‌نسب، ع. ۱۳۸۷. اثر تنش کمبود آب و تراکم بوته بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک ارقام گلرنگ پاییزه. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۸ : ۸۷-۸۰.

سیبی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، زئولیت و محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی گلرنگ بهاره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک. ۲۱۳ ص.

علیزاده، ا. و کمالی، غ. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان. انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۲۷ ص.

فراست، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک. ۱۳۴ ص.

فراست، م.، ساجدی، ن.ع. و میرزاخانی، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰ (۲): ۳۵۳-۳۴۶.

کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور، مجله‌ی پژوهش‌های زراعی ایران. ۵ (۱): ۹۱-۸۷.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ.ح. ۱۳۷۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

www.SID.ir

Archive of SID

میرزاخانی، م. ۱۳۸۸. اثر تلقیح دوگانه ازتوباکتر و میکوریزا تحت سطوح نیتروژن و فسفر بر کارایی جذب عناصر غذایی در گلرنگ. پایان‌نامه دکترای زراعت، دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان. ۲۴۵ ص.

میرزاخانی، م. و سیبی، س. ۱۳۸۹. پاسخ صفات فیزیولوژیکی گلرنگ به تنش آبی و مصرف زئولیت. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار، فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز. شیراز. ص: ۲۱.

نادری‌درباغشاهی، م.ر.، نورمحمدی، ق. ، درویش، ف. و شیرانی‌راد، ا.ح. ۱۳۸۳. ارزیابی عکس العمل سه رقم گلرنگ تابستانه به شدت‌های مختلف تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی، ۴: ۱۴-۳.

Andrews, R.D. and Kimi, S.B. 2001. Improvements in yield and quality of crops with zeoponic fertilizer delivery systems: Turf, flower, vegetables, and Grain. Malaysian Agricultural Research. Journal of Studies in Surface Science and Catalysis 135: 181-181.

Hashemi Dezfouli, A., 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. Crop Research 7 (3): 313-319.

Khadem, S.A., Galavi, M., Ramrodi, M., Mousavi, S.R. Rousta, M.J. and Rezvan-moghadam, P. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell memberane stability leaf chlorophyll content under dry condition. Australian Journal of Crop Science 4 (8): 642-647.

Kazemian, H. 2000. Recent research on the Iranian natural zeolite resource (A review). The 6th symposium on Access in Nanoporous Materials-II held in Banff National Park. Alberta Canada, On May 25-28, 2000.

Mumpton, F. 1999. La roca magica: Uses of natural zeolite in agriculture and industry. National Academic Science 96: 3467-3470.

Nabipour, M.M., Meskarbashee, F. and Yousefpour, H. 2007. The effect of water deficit on yield and yield components of safflower *(Carthamus tinctorius* L.*)* Pakistan Journal of Biological Sciences 10 (3): 421-426.

Ozturk, E., Ozer, H. and Potal, T. 2008. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in a highland environment. Plant, Soil and Environment 54 (10): 453-460.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

Shaw, J. W., and Andrews, R. 2001. Cation exchange capacity affects greens truf growth. Golf Course Management 69 (3): 73-77.

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

www.SID.ir