یافته های نوین کشاورزی
سال پنجم- شماره۳- بهار ۱۳۹۰

اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره

محمد سیبی *، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، باشگاه پژوهشگران جوان، اراک، ایران
محمد میرزاخانی، دانشگاه آزاداسلامی، واحد فراهان، گروه زراعت، فراهان، ایران
مسعود گماریان، دانشگاه آزاداسلامی، واحد اراک، گروه زراعت، اراک، ایران

چکیده

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه ی بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش تنش آبی به عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری به میزان ۸۵٪ نیاز آبی گیاه، آبیاری به میزان ۷۰٪ نیاز آبی گیاه در کرت های اصلی و مصرف مقادیر مختلف زئولیت در سه سطح عدم مصرف زئولیت (شاهد)، مصرف زئولیت به مقدار چهار تن در هکتار، مصرف زئولیت به مقدار هشت تن در هکتار و مصرف سالیسیلیک اسید در دو سطح عدم مصرف سالیسیلیک اسید و مصرف سالیسیلیک اسید به عنوان عوامل فرعی به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار داده شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش آبی بر صفاتی مانند ارتفاع گیاه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین سطوح مختلف مصرف زئولیت نیز بر صفاتی چون، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی در سطح آماری یک درصد و صفت ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی دار شد. مصرف سالیسیلیک اسید نیز بر صفاتی همچون تعداد دانه در غوزه و عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی دار بود. در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۹۵٤/۷۵ و ٤۵۵/۲۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ و ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه بود. همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۸۲۳/۵۸ و ۵۸۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت و تیمار عدم مصرف زئولیت بود.

واژه های کلیدی : گلرنگ، تنش آبی، زئولیت، سالیسیلیک اسید

---

* نویسنده مسئول: E-mail: sibi_mohammad@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/٦/۱۱

مقدمه

گلرنگ گیاهی است یک ساله با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. از خانواده مرکبان می باشد. ارتفاع بوته به ٤٠ تا بیش از ۱۵۰ سانتی متر می رسد. ساقه اصلی استوانه ای، صاف و بدون کرک می‌باشد. عمق نفوذ ریشه های گلرنگ در خاک زیاد و تا عمق ۳ متری نفوذ می کند (٤). گلرنگ تقریباً در ٦۰ کشور جهان کشت می شود و میزان سطح زیر کشت آن در دنیا در سال ۲۰۰۵ برابر با یک میلیون و سیزده هزار هکتار می باشد (۲۲). تنش یا استرس واژه ای است که اولین بار توسط دانشمندان علوم بیولوژیک در مورد موجودات زنده به‌کار برده شد. بعدها این واژه از علم فیزیک گرفته شده و آن را به عنوان هر عاملی که امکان بالقوه ی وارد آوردن صدمه به موجودات زنده را دارد تعریف نمودند. تنش نتیجه ی روند غیر عادی فرآیند های فیزیولوژیکی است که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می شود. همان طوری که در تعریف آمده تنش دارای توان آسیب رسانی می باشد که به صورت نتیجه ی یک متابولیسم غیر عادی روی داده و ممکن است به صورت افت رشد، مرگ گیاه یا مرگ بخشی از گیاه بروز کند (۷). در سال های اخیر توسعه ی سیستم های کشاورزی پایدار مورد توجه بوده و در این راستا کاربرد مواد معدنی طبیعی به منظور بهبود باروری، اصلاح ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک که منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نیز می شود توصیه شده است که زئولیت یکی از این مواد معدنی می باشد. زئولیت ها (بلورهای آلومینوسیلیکات هیدراته با خلل و فرج ریز) دارای کاتیون های قلیایی قابل تبادل با ساختمان سه بعدی نامحدود هستند. هر یک از انواع زئولیت ها دارای ساختمان بلوری واحد خاص خود هستند و بدین جهت از خواص فیزیکی و شیمیایی مجزایی برخوردار بوده و به طور برگشت پذیر آب را جذب می‌کنند. وجود ساختمان کریستالی ویژه و منفذ دار که در حضور آب سخت باقی می ماند باعث شده زئولیت ها برای کاربرد های متفاوتی سازگار شوند (۱٦و ۳۲). یکی از علل استفاده از زئولیت در تولیدات کشاورزی و بهره وری خاک، خاصیت جذب رطوبت و نگهداری آن برای مدت طولانی و صرفه جویی در مصرف کود شیمیایی و جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی می باشد (۲٤). از جمله راه‌کارهای جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدر روی رطوبت و کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته به کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی های زئولیت در مزارع کشاورزی می باشد (۳٤). اسید سالیسیلیک از ترکیبات فنلی است که در تعداد زیادی از گیاهان وجود دارد. این ترکیب امروزه به عنوان ماده ای شبه هورمونی محسوب می گردد، که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می کند(۲۷). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش های محیطی بر عهده دارد (۳٦). سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش های محیطی قرار دارند، نقش حفاظتی دارد. سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه های گندم و مقاومت به کمبود آب می گردد (۱۸و ۳۹).

در مطالعه کافی و رستمی (۱۳۸٦) روی اثر تنش خشکی بر عملکرد ارقام گلرنگ بهاره، گزارش کردند که تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی دار ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد و درصد روغن و میزان کلروفیل برگ شد (۱۰). تنش خشکی در مرحله ی جوانه زنی گلرنگ باعث کاهش درصد و سرعت جوانه زنی می شود (۳۷). مشخص شده است که تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع می شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیک تر باشد تنش تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (٦). به طور متوسط با استفاده از کلینوپتیلولیت به عنوان یک همراه خاک در گیاهان علوفه ی مرتعی، غلات، سبزیجات و میوه ها به طور معنی داری عملکرد تا بیش از ٦۳٪ افزایش می یابند (۲۵). کاربرد زئولیت عملکرد محصول گندم را نزدیک به ۱۰۰٪ در مقایسه با شاهد بدون کود و نزدیک به ٤۰٪ در مقایسه با شاهد همراه کود افزایش داد (٤۱). در پژوهشی روی علوفه ی کلزای پاییزه نتایج نشان داد که اثر زئولیت و نیتروژن بر صفات کمی علوفه شامل عملکرد ماده ی خشک، وزن خشک برگ و ساقه و شاخص سطح برگ معنی دار بود (۸). نتایج به دست آمده از تحقیقی روی گیاه جو نشان داد که مصرف زئولیت پنج درصد، تحت آبیاری با آب شور با غلظت های مختلف باعث افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، وزن تر و وزن خشک گیاه شد (۱۵). گزارش هایی از اثر اسید سالیسیلیک بر افزایش عملکرد در برخی از گیاهان مانند سویا (۳۰)، لوبیا چشم بلبلی (٤۰) و نخود فرنگی (۲۹) منتشر شده است. اسید سالیسیلیک در گوجه فرنگی و لوبیا سبب افزایش مقاومت به درجه حرارت های پایین و بالا شده (۳۸). استفاده از سالیسیلیک اسید موجب افزایش رشد طولی ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک گیاهچه می گردد (۵). مداح و همکاران (۱۳۸۵) در پژوهشی روی نخود اظهار داشتند که اسید سالیسیلیک باعث افزایش وزن صد غلاف، وزن صد دانه، مقدار پروتئین محلول کل و عملکرد بوته در گیاهان می شود (۱۱).

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش آبی، مصرف زئولیت (کلینوپتیلولیت) و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره در سال ۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک واقع در شهرستان اراک این آزمایش انجام شد. از نظر جغرافیایی این مزرعه آموزشی – تحقیقاتی در طول و عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و ٤۹ درجه و ٤۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۵۷ متر قرار دارد. این منطقه تابستان های ملایم تا گرم و زمستان های سرد دارد. این تحقیق بر اساس آزمایش اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه ی بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. کرت های اصلی به تنش آبی در سه سطح I_0= آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (شاهد)، I_1= آبیاری به میزان ۸۵٪ نیاز آبی گیاه، I_2= آبیاری به میزان ۷۰٪ نیاز آبی گیاه و کرت های

فرعی به صورت فاکتوریل به مصرف زئولیت در سه سطح Z_0= عدم مصرف زئولیت (شاهد)، Z_1= مصرف زئولیت به مقدار چهار تن در هکتار، Z_2= مصرف زئولیت به مقدار هشت تن در هکتار و مصرف سالیسیلیک اسید در دو سطح SA_0= عدم مصرف، SA_1= مصرف سالیسیلیک (در زمان شروع غوزه دهی به صورت محلول پاشی با غلظت ۳۰۰ پی پی ام روی گیاه اعمال شد)، اختصاص یافتند. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم گلدشت (IL111) بود که در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۲ کشت شد. فاصله بین ردیف های کاشت ٦۰ سانتی متر و برای حصول تراکم ٤۰ بوته در متر مربع فاصله ی روی ردیف ۸ سانتی متر در نظر گرفته شد (روی هر پشته دو ردیف گیاه کاشته شد). هر کرت شامل ٤ ردیف کشت به طول ٦ متر بود. نمونه ی خاک از مزرعه تهیه و بر اساس نتیجه آزمایش خاک کودهای نیتروژن و فسفر به ترتیب به مقدار ۲۰۰ و۱۵۰ کیلو گرم در هکتار از منابع اوره و سوپر فسفات تریبل در اختیار گیاهان قرار گرفت. کود فسفر در زمان کاشت به طور کامل به زمین داده شد و یک سوم کود نیتروژن به صورت پایه و مابقی به صورت سرک که یک سوم آن در زمان مرحله روزت گیاه و یک سوم ما بقی آن در زمان شروع غوزه دهی به زمین داده شد. در زمان برداشت تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه ای به طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی چون ارتفاع گیاه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی تک بوته و شاخص برداشت غوزه های اصلی اندازه گیری و ثبت شد. پس از تجزیه‌ی داده ها توسط نرم افزارهای MSTAT-C و SAS 9.0 میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. هدف از این بررسی تعدیل اثرات سوء تنش کم آبی به واسطه‌ی مصرف زئولیت و افزایش تحمل گیاه در برابر تنش کمبود آب با استفاده از محلول پاشی سالیسیلیک اسید بود.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی و مصرف زئولیت قرار گرفت و به ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد معنی دار شدند (جدول ۱). بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری بر روی ارتفاع گیاه نداشت. اثرات متقابل آبیاری و زئولیت در سطح پنج درصد معنی دار شد ولی اثرات متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید و همچنین زئولیت و سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل آبیاری، زئولیت و سالیسیلیک اسید معنی دار نشدند (جدول ۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی، بیشترین ارتفاع گیاه با میانگین ۷۹ سانتی متر مربوط به تیمار عدم تنش آبی (آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) و کمترین ارتفاع گیاه با میانگین ٦۱/٤۳ سانتی متر مربوط به تیمار تنش آبی (بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه) بود (جدول ۲). در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین و کمترین

ارتفاع گیاه با میانگین ٦٩/٨٦ و ٦٦/٠٧ سانتی متر به ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف ۸ تن در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود (جدول ۲). ارتفاع گیاه تحت تأثیر مصرف سطوح مختلف سالیسیلیک اسید قرار گرفت و اختلاف معنی داری را باهم نشان ندادند ولی در تیمار مصرف سالیسیلیک اسید ارتفاع گیاه بیشتر از تیمار عدم مصرف سالیسیلیک اسید بود (جدول ۲). مشخص شده است که تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع گیاه می شود که هرچه اعمال تنش به انتهای فصل رشد نزدیک تر باشد تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (٦). امیدی (۱۳۸۸) طی بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره در کرج اظهار داشت که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب با میانگین ٧٩/٤ و ٦٠/٣ سانتی‌متر مربوط به تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در مرحله تکمه دهی و گلدهی بود (۲). طبق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل بیشترین ارتفاع با میانگین ٨٥/٦٨ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه به همراه مصرف ٤ تن در هکتار و محلول پاشی سالیسیلیک اسید بود و کمترین ارتفاع با میانگین ٥٦/٤٧ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه و عدم مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بود (جدول ۲). بسیاری از محققان معتقدند که طویل شدن برگ و ساقه، حساس‌ترین فرآیند گیاه در تنش کمبود آب در طول دوره ی رویشی است. مشخص شده است که تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع گیاه می شود که هرچه اعمال تنش به انتهای فصل رشد نزدیک تر باشد تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (٦). افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه می شود و افزایش مصرف زئولیت موجب افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد (۱۲).

تعداد غوزه در بوته

اعمال تنش خشکی پس از مرحله تشکیل غوزه های اولیه باعث کاهش تعداد غوزه های ثانویه و ثالثیه می شود، که قطر این غوزه ها از غوزه های اولیه کمتر است (۲۰). تعداد غوزه در بوته، تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و مصرف زئولیت قرار گرفت و هر کدام در سطح آماری یک درصد معنی دار شدند (جدول۱). همچنین اثر متقابل این دو تیمار (آبیاری و زئولیت) نیز در سطح یک درصد معنی دار شد ولی مصرف سالیسیلیک اسید و همچنین اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید، زئولیت و سالیسیلیک اسید و همچنین آبیاری، زئولیت و سالیسیلیک اسید بر روی تعداد غوزه در بوته تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی تعداد غوزه در بوته در تیمار تنش آبی بیشترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ٦/٥٣ غوزه مربوط به تیمار شاهد (بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه) و کمترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ٤/٩٤ غوزه مربوط به تیمار تنش آبی (بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه) بود (جدول۲). در سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین تعداد غوزه در بوته مربوط به تیمار مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت با ٥/٧٩ غوزه و کمترین تعداد غوزه در بوته با ٥/٢١ غوزه مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت

مشاهده گردید (جدول ۲). صفت تعداد غوزه در بوته طبق نتایج مقایسه میانگین های اثرات متقابل، در تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه به همراه مصرف ٤ تن در هکتار زئولیت و مصرف سالیسیلیک اسید بیشترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ۷/٤۲ غوزه را به خود اختصاص داد و کمترین تعداد غوزه در بوته با ۳/۹۵ غوزه مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه و عدم مصرف زئولیت به همراه محلول پاشی سالیسیلیک اسید بود (جدول۲). کافی و رستمی (۱۳۸٦) طی تحقیقی در مشهد، اظهار داشتند که در هر دو سال آزمایش اثر تیمار تنش آبی بر تعداد غوزه در بوته معنی دار بود. به طوری که بیشترین تعداد غوزه در هر بوته با میانگین ۱۰/۸ عدد مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین تعداد غوزه در هر بوته با میانگین ٦/۱ عدد مربوط به تیمار تنش خشکی شدید بود (۱۰). معمولاً در گلرنگ به ازای تولید هر شاخه فرعی، یک غوزه نیز تولید خواهد شد و کمتر دیده شده که انتهای هر شاخه فرعی به یک غوزه ختم نگردد. اعمال تنش خشکی پس از مرحله تشکیل غوزه های اولیه باعث کاهش تعداد غوزه های ثانویه و ثالثیه می شود، که قطر این غوزه ها از غوزه های اولیه کمتر است (۲۰). در بررسی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ، بیشترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ۲۵/۷ عدد توسط رقم Esfahan در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی وکمترین تعداد غوزه در بوته با میانگین ۱۷/٦ عدد توسط رقم Arak در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی گزارش شده است (۳۳). صفت تعداد غوزه در بوته در صفات تعداد دانه در گیاه و عملکرد دانه مؤثر است و از این رو با اهمیت می باشد. با افزایش شدت تنش به علت کاهش رشد گیاه تعداد غوزه های کمتری در گیاه تشکیل می شود. از طرفی زئولیت و سالیسیلیک اسید اثر سوء تنش آبی را کاهش داده و با مصرف بیشتر زئولیت و مصرف سالیسیلیک اسید تعداد غوزه های بیشتری نسبت به حالتی که بدون زئولیت و سالیسیلیک اسید می باشد، تشکیل می شود. پس می توان گفت که با تأمین نیاز رطوبتی گیاه و کاهش تبخیر و تعرق در گیاه، گیاه توانایی تولید و رشد بهتری دارد و تعداد غوزه نیز افزایش می یابد.

تعداد دانه در غوزه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری، مصرف زئولیت و مصرف سالیسیلیک اسید بر صفت تعداد دانه در غوزه در سطح آماری یک درصد معنی دار شدند (جدول ۱). اثر متقابل آبیاری و زئولیتدر سطح آماری پنج درصد معنی دار شد، ولی تعداد دانه در غوزه تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید و همچنین اثر متقابل زئولیت و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سه گانه ی آبیاری، زئولیت و سالیسیلیک اسید قرار نگرفت (جدول۱).

جدول۱: نتایج تجزیه واریانس صفات

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع گیاه	تعداد غوزه در بوته	تعداد دانه در غوزه	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی	شاخص برداشت غوزه های اصلی
تکرار	۳	۳۹۷/۷۶۳**	۰/۲۸۸^{ns}	۹/۱۶۷**	۵۲۰۲/۲۷^{ns}	۸۸/۵۹۹*	۰/۳۱۹^{ns}	۱۷/۹۱۹^{ns}
آبیاری	۲	۲۱۴۹/۳۹۵**	۱۷/۱۵۶**	۱۲۳/۱۱۳**	۱۴۹۸۶۹۹/۶۸**	۷/۶۶۸^{ns}	۸/۹۶۴**	۱۰۱/۷۱۹^{ns}
خطای عامل اصلی	۶	۱۰/۸۱۵	۰/۲۷۲	۰/۴۵۹	۱۲۰۳/۸۲	۱۲/۲۰۹	۰/۱۹۴	۲۷/۰۸۸
زئولیت	۲	۸۹/۷۵۹*	۲/۳۵۳**	۲۸/۳۲۷**	۳۳۲۴۱۱/۷۶**	۴/۸۲۱^{ns}	۲/۳۲۵**	۳۵/۸۷۶^{ns}
سالیسیلیک اسید	۱	۱۵/۷۷۳^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۱۶/۵۲۱**	۴۵۶۲۵/۳۴**	۱۴/۷۰۶^{ns}	۰/۴۰۸^{ns}	۵/۷۱۹^{ns}
آبیاری و زئولیت	۴	۸۳/۷۱۳*	۴/۷۶**	۶/۱۶۶*	۴۳۶۱/۸۴*	۳۱/۹۹۶*	۴/۷۸۱**	۶۴/۷۹^{ns}
آبیاری و سالیسیلیک اسید	۲	۲/۴۹۶^{ns}	۰/۶۴۷^{ns}	۱/۳۶۷^{ns}	۱۴۷۳/۹۳^{ns}	۳/۷۶۹^{ns}	۰/۱۵۹^{ns}	۳/۸۶۷^{ns}
زئولیت و سالیسیلیک اسید	۲	۱۰/۲۲۶^{ns}	۰/۲۰۵^{ns}	۱/۳۳۳^{ns}	۱۹۹۲/۳۴^{ns}	۳/۴۰۹^{ns}	۲/۲۴۴**	۱/۸۵۹^{ns}
آبیاری و زئولیت و سالیسیلیک اسید	۴	۱۰/۰۸۹^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۲/۹۱^{ns}	۴۵۴/۱۸^{ns}	۲۹/۱۵۵*	۱/۴۱۲**	۱۶/۹۲۲^{ns}
خطای عامل فرعی	۴۵	۲۳/۸۴۸	۰/۲۹	۱/۸۲۶	۱۱۸۴/۲۸	۹/۹۹	۰/۲۵۶	۳۲/۱۲۷
ضریب تغییرات (٪)		۷/۱۶	۹/۶۹	۱۴/۲۲	۴/۹۱	۹/۵۱	۱۰	۱۹/۱۰

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

بیشترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۱۱/۴۲ دانه مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه و کمترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۷ عدد مربوط به تیمار تنش آبی بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه بود (جدول ۲). در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین تعداد دانه با میانگین ۱۰/۶۵ دانه مربوط به مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت و کمترین تعداد دانه با میانگین ۸/۴۹ دانه مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت بود. همچنین در تیمار محلول پاشی سالیسیلیک اسید با میانگین ۹/۹۸ دانه در غوزه بیشترین تعداد دانه نسبت به تیمار عدم مصرف سالیسیلیک اسید به دست آمد (جدول ۲). کافی و رستمی (۱۳۸۶) طی تحقیقی در مشهد، اظهار داشتند که در هر دو سال آزمایش اثر تیمار تنش آبی بر تعداد دانه در غوزه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. به طوری که در سال اول بیشترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۳۴/۱ عدد مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۲۵ عدد مربوط به تیمار تنش خشکی شدید در همان سال بود (۱۰). نتایج مقایسه میانگین های اثرات متقابل صفات نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۱۲/۹ دانه متعلق به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه، مصرف ۴ تن در هکتار زئولیت و محلول پاشی سالیسیلیک اسید و کمترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۴/۶۰ دانه متعلق به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه و عدم مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بود (جدول ۲).

امیدی (۱۳۸۸) طی بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره در کرج اظهار داشت که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین تعداد دانه در غوزه به ترتیب با میانگین ۳۶/۵۵ و ۲۶/۷۵ عدد مربوط به تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در دو مرحله تکمه دهی و گلدهی بود (۲). با افزایش شدت تنش کمبود آب، در میزان رشد رویشی و مقدار مواد فتوسنتزی گیاه کاهشی مشاهده خواهد شد و در نتیجه ی آن تأثیرات منفی چشمگیری در فاز زایشی گیاه به وجود می آید. از آن جمله می‌توان به کاهش تعداد غوزه در بوته و کاهش تعداد گل در هر غوزه اشاره نمود. ضمن اینکه تنش آبی گرده افشانی گل های موجود در هر غوزه را نیز تحت الشعاع خود قرار داده و این امکان وجود دارد که تمام گل ها به دانه تبدیل نشوند. همچنین اگر همه گل ها نیز موفق به تلقیح شوند، ولی چون در اثر تنش شدید آبی، مقدار اسیمیلات تولید شده در گیاه کاهش شدیدی یافته است، بنابراین برخی از گل های تلقیح شده موفق به دریافت کربوهیدرات کافی، برای توسعه و پر نمودن دانه نخواهند شد و ناچاراً تعداد دانه در هر غوزه کمتر خواهد شد. یکی از فاکتورهای مهم در عملکرد دانه صفت تعداد دانه در غوزه می باشد. در این صفت با افزایش تعداد دانه در غوزه، تعداد دانه در تک بوته و در نهایت عملکرد دانه در هکتار بالا می رود. نتایج محققان نشان داده است که تنش خشکی در مرحله ی گل دهی باعث اختلال در تلقیح و کاهش گلچه ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در غوزه می گردد، که هرچه زمان تنش به مرحله گل دهی نزدیک تر باشد، کاهش تعداد دانه در غوزه بیشتر است (۳ و ۱٤). ابوالحسنی (۱۳۸۱) در بررسی ۱۵ لاین بومی گلرنگ در شرایط تنش و بدون تنش اظهار داشت، صفت تعداد دانه در غوزه در شرایط تنش ۷۱٪ و در شرایط بدون تنش ۷۰٪ از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه می نماید (۱).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، مصرف زئولیت و مصرف سالیسیلیک اسید قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی دار شدند (جدول ۱). طبق نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی عملکرد دانه در تیمار بدون تنش آبی با میانگین ۹٥٤/۷٥ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار تنش آبی بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه با میانگین ٤٥٥/۲۹ کیلو گرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). همچنین در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۸۲۳/۵۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۵۸۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت بود (جدول۲). مهم ترین و تأثیر گذارترین فاکتور در گیاهان زراعی صفت عملکرد دانه می باشد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری معادل ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه با ۱۱۹۸/۱٦ کیلوگرم بر هکتار و کمترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری معادل ۵۰ ٪ نیاز آبی گیاه با ۹۳٦/٤٦ کیلوگرم بر هکتار به ثبت رسید (۹). بر اساس نتایج حاصله از

مقایسه میانگین های اثرات متقابل صفات مشاهده شد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه و مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت به همراه محلول پاشی سالیسیلیک اسید و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۲۷۷/۲۵ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه و عدم مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بود (جدول ۲). به نظر می رسد در مرحله ی رشد رویشی تنش خشکی منجر به کاهش سطح برگ، شاخص سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ می شود. در نتیجه کاهش عملکرد در این مرحله به واسطه ی کاهش تعداد دانه در غوزه می باشد (۳۷). کاهش عملکرد در مرحله ی زایشی به واسطه ی کاهش دوره ی پر شدن دانه ها، کوچک شدن دانه ها و کاهش وزن دانه ها می باشد. کاهش عملکرد و اجزای آن در تیمار تنش شدید (آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) را می توان به علت کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه دانست (۹). دلیل کاهش وزن دانه ممکن است به علت کاهش تعداد سلول های آندوسپرمی تولید شده در مرحله ی پر شدن دانه باشد و بیشترین اثر تنش رطوبتی روی وزن دانه در مدت پر شدن دانه می باشد. همچنین دلیل این امر را می توان به عدم نمو دانه پس از گرده افشانی و باروری دانست. نتایج به‌دست آمده از تحقیقات انجام شده روی گلرنگ در رابطه با عملکرد دانه در مناطق مختلف تحت تنش خشکی بیانگر این موضوع است که عملکرد دانه از ۱ تا ۳/۳ تن در هکتار متغییر است (۲۱). این نتایج در مناطق دیگر مانند ساکرامنتوی کالیفرنیا، آریانای تونس، پامپاس آرژانتین، پونتزای ایتالیا و اوریسای هند نیز گزارش شده است(۱۹، ۲۳، ۲۸، ۳۱ و ۳۵).

به نظر می رسد در مرحله ی رشد رویشی تنش خشکی منجر به کوچک شدن سطح برگ، کاهش شاخص سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ می شود و در نتیجه کاهش عملکرد در این مرحله به واسطه کاهش تعداد دانه در غوزه می باشد (۳۷). کافی و رستمی (۱۳۸٦) اظهار داشتند در هر دو سال آزمایش اثر تیمار تنش آبی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. به طوری که بیشترین عملکرد دانه در سال دوم آزمایش با میانگین ۲۵۹۱ کیلوگرم مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین عملکرد دانه در سال دوم با میانگین ۹٤٦ کیلوگرم مربوط به تیمار تنش خشکی شدید بود (۱۰). عملکرد دانه در تمامی گیاهان زراعی به عنوان عامل مهم اقتصادی مطرح می باشد و عوامل محیطی باعث کاهش یا افزایش آن می‌شود و تنش آبی یکی از آن عوامل بوده و هرچه تنش آبی شدت آن بیشتر باشد بر روی رشد کلی گیاه، فتوسنتز گیاه و سایر عوامل که در نهایت بر روی عملکرد دانه تأثیر می گذارند مؤثر بوده و باعث کاهش آن می شود ولی از طرفی مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید رطوبت مورد نیاز گیاه را تا حد قابل ملاحظه ای جبران کرده و از تبخیر و تعرق بیش از حد گیاه جلوگیری کرده و موجب افزایش عملکرد گیاه نسبت به حالتی که بدون زئولیت و سالیسیلیک اسید هستند می شود.

جدول۲: مقایسه میانگین های صفات

تیمار	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	تعداد غوزه در بوته	تعداد دانه در غوزه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی تک بوته (گرم)	شاخص برداشت غوزه های اصلی (٪)
تنش آبی							
I_0 (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه)	۷۹/۰۰ a	٦/٥۳ a	۱۱/٤۲ a	۹٥٤/۷٥ a	۳۲/٥٦ a	٤/٤۲ c	۲۸/۸۳ ab
I_1(۸٥٪ نیاز آبی گیاه)	٦٤/۱۲ b	٥/۲٤ b	۱۰/۰۷ b	٦۸۹/٤۲ b	۳۳/٥۱ a	٥/٦٤ a	۳۲/۰۱ a
I_2(۷۰٪ نیاز آبی گیاه)	٦۱/٤۳ c	٤/۹٤ b	۷/۰۰ c	٤٥٥/۲۹ c	۳۳/٥۷ a	٥/۰۸ b	۲۸/۱٦ b
زئولیت							
Z_0(عدم مصرف)	٦٦/۰۷ b	٥/۲۱ b	۸/٤۹ c	٥۸۹/۳۳ c	۳۳/۰۳ a	٤/۹٦ b	۲۹/۱۸ a
Z_1(٤ تن در هکتار)	٦۸/٦۲ ab	٥/۷۲ a	۹/۳٥ b	٦۸٦/٥٤ b	۳۲/۸۹ a	٥/۳۹ a	۲۸/۷٦ a
Z_2(۸ تن در هکتار)	٦۹/۸٦ a	٥/۷۹ a	۱۰/٦٥ a	۸۲۳/٥۸ a	۳۳/۷۳ a	٤/۷۹ b	۳۱/۰٦ a
سالیسیلیک اسید							
SA_0(عدم مصرف)	٦۷/۷۱ a	٥/٥٦ a	۹/۰۲ b	٦۷٤/٦۳ b	۳۳/٦۷ a	٥/۱۲ a	۲۹/۳۸ a
SA_1(محلول پاشی)	٦۸/٦٥ a	٥/٥۹ a	۹/۹۸ a	۷۲٥/۰۰ a	۳۲/۷٦ a	٤/۹۷ a	۲۹/۹٥ a
تنش آبی وزئولیت وسالیسیلیک اسید							
$I_0Z_0SA_0$	۷۷/۸۸ b	٦/٦٥ a-c	۱۰/۳۹ b-e	۸۳۳/٥۰ e	۳۰/۷۲ bc	٥/۱۳ cd	۲٥/٦۳ a
$I_0Z_0SA_1$	۷۷/٤۳ b	٦/٤۷ b-d	۱۱/۷۰ a-c	۸۹۷/۷٥ d	۲۹/٦۲ c	۳/۸٤ fg	۲٦/۷٥ a
$I_0Z_1SA_0$	۷٦/٤۷ b	٥/۷۷ d-g	۱۰/٥۹ b-d	۹۰٤/٥۰ cd	۳۷/۱۰ a	٤/٤۲ d-f	۲۹/۱۳ a
$I_0Z_1SA_1$	۷٦/۰۸ b	٥/۸۲ c-f	۱۲/۹۰ a	۹٥۰/۲٥ c	۳۱/۸٦ a-c	۳/٥٤ g	۳۰/۸۷ a
$I_0Z_2SA_0$	۸۰/٤٦ ab	۷/۰۷ ab	۱۱/۷۱ a-c	۱۰۳۲/٥۰ b	۳۲/٤٥ a-c	٤/۲۲ e-g	۳۱/٦۸ a
$I_0Z_2SA_1$	۸٥/٦۸ a	۷/٤۲ a	۱۱/۲٤ a-d	۱۱۱۰/۰۰ a	۳۳/٦۳ a-c	٥/۳٤ c	۲۸/۹۱ a
$I_1Z_0SA_0$	٦۳/٤۸ c-e	٤/۹۰ g-j	۸/۲٤ e-g	٥٦۰/۷٥ hi	۳٥/۱۳ ab	٥/٥٦ bc	۳۳/٥٥ a
$I_1Z_0SA_1$	٦۳/۲۳ c-e	٥/۰۲ f-j	۹/۰٥ d-f	٦۰٦/٥۰ gh	۳۳/٦٦ a-c	٦/۲٤ ab	۳٥/٤۱ a
$I_1Z_1SA_0$	٦۳/۰٤ c-e	٥/۲۲ f-i	۱۰/۲٤ b-e	٦٥۳/٥۰ fg	۳۰/۸۱ bc	٦/۲۱ ab	۳۱/۱۲ a
$I_1Z_1SA_1$	٤٦/٥۸ cd	٥/٥۲ e-h	۹/۷۹ c-e	٦۷۷/۲٥ f	۳٤/٤۲ a-c	٥/٥۹ bc	۲۹/۹۹ a
$I_1Z_2SA_0$	٦٥/٥۱ cd	٥/۱۰ f-j	۱۱/۰۷ a-d	۸۰٥/۰۰ e	۳٥/۸٦ ab	٥/۲۲ cd	۲۹/۱٤ a
$I_1Z_2SA_1$	٦٤/۸۷ cd	٥/٦۷ d-h	۱۲/۰٥ ab	۸۳۳/٥۰ e	۳۱/۱۷ bc	٥/۰٦ cd	۳۲/۸۸ a
$I_2Z_0SA_0$	٥٦/٤۷ e	٤/۳۰ jk	٤/٦۰ i	۲۷۷/۲٥ l	۳٥/٤۳ ab	٤/۸۱ c-e	۲۷/۹٦ a
$I_2Z_0SA_1$	٥۷/۹۳ de	۳/۹٥ k	٦/۹۸ f-h	۳٦۰/۲٥ k	۳۳/٦۰ a-c	٤/۱٦ e-g	۲٥/۸۱ a
$I_2Z_1SA_0$	٦٦/۱٦ c	٦/۱۷ c-e	٦/۱۰ hi	٤٥۷/۰۰ j	۳۰/۸۳ bc	٦/٤٥ a	۲٥/۷۱ a
$I_2Z_1SA_1$	٦٥/۳۷ cd	٥/۸۰ c-f	٦/٤۸ g-i	٤۷٦/۷٥ j	۳۲/۳۳ a-c	٦/۱۷ ab	۲٥/۷٥ a
$I_2Z_2SA_0$	٥۹/۹٦ c-e	٤/۸٥ h-j	۸/۲۳ e-g	٥٤۷/۷٥ i	۳٤/٦۷ a-c	٤/۱۰ e-g	۳۰/٥٤ a
$I_2Z_2SA_1$	٦۲/۷۰ c-e	٤/٦۱ i-k	۹/٦۲ c-e	٦۱۲/۷٥ g	۳٤/٥۸ a-c	٤/۷۹ c-e	۳۳/۲۰a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد

وزن هزار دانه

با کاهش مقدار رطوبت قابل دسترس گیاه، مقدار سبزینه و شاخص سطح برگ گیاه نیز کاهش می یابد و در پی آن مقدار کل کربوهیدرات تولید شده در واحد زمان نیز کاهش خواهد یافت. در نتیجه توان ارسال

مواد غذایی از منابع (اندام های سبز گیاه) به مخازن (دانه ها) کم شده و ما شاهد کاهش متوسط وزن دانه ها خواهیم بود. در جدول تجزیه واریانس وزن هزار دانه تحت تأثیر آبیاری، مصرف سطوح مختلف زئولیت و مصرف سالیسیلیک اسید قرار نگرفت (جدول ۱). ولی اثر متقابل آبیاری و زئولیت، همچنین آبیاری، زئولیت و سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری بر وزن هزار دانه در سطح آماری پنج درصد داشت (جدول۱). نادری درباغشاهی و همکاران (۱۳۸٦) طی تحقیقی در اصفهان، اظهار داشتند که، اثر تیمار مقادیر آبیاری بر وزن هزار دانه غیر معنی دار ولی تیمار قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گلرنگ در سطح یک درصد بر وزن هزار دانه معنی دار شد. به طوری که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۳٤/۷٦ گرم مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دانه ها و کمترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۲/۱۱ گرم مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی گلرنگ بود (۱۳). نتایج مقایسه میانگین های اثرات متقابل صفات نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۷/۱۰ گرم مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه و مصرف ٤ تن در هکتار زئولیت و عدم مصرف سالیسیلیک اسید و کمترین آن با میانگین ۲۹/٦۲ گرم متعلق به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه، عدم مصرف زئولیت به همراه محلول پاشی سالیسیلیک اسید بود (جدول۲). امیدی (۱۳۸۸) طی بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره در کرج اظهار داشت که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب با میانگین ۳٤/۲۲ و ۲۸/٤٤ گرم مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله تکمه دهی و تیمار قطع آبیاری در دو مرحله تکمه دهی و گلدهی بود (۲). رستمی (۱۳۸۳) گزارش نمود کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و پیری زودرس باشد (٦). در تحقیقی فراست (۱۳۸۹)، اظهار داشت که صفت وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت و از نظر آماری معنی دار نشد. با این وجود با اعمال تنش وزن هزار دانه کاهش یافت (۹). به نظر می رسد چون گیاه از ابتدای رشد با تنش کم آبی مواجه شده است، لذا مکانیسم خود تنظیمی گیاه بر پایه ی تعداد محدودی دانه در غوزه بنا شده است، لذا گیاه در ادامه ی رشد توانایی پر کردن این تعداد دانه را دارا می باشد. از طرفی صفت وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر شرایط نامطلوب محیطی قرار می گیرد. در صورتی که سایر اجزای عملکرد بیشتر از عوامل محیطی تأثیر می پذیرند. در بررسی اثرات تنش آبی در مراحل مختلف رشد و نمو گلرنگ بهاره و پاییزه، گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در ارقام پاییزه و بهاره به ترتیب با میانگین ٤٦ و ٤٦ کیلوگرم در هکتار توسط تیمار آبیاری در مراحل رویشی، گلدهی و پر شدن دانه ها و کمترین عملکرد دانه در ارقام پاییزه و بهاره به ترتیب با میانگین ٤۰ و ۳۷ کیلوگرم درهکتار توسط تیمار عدم آبیاری در مراحل رشد گیاه به دست آمد (۲٦).

وزن هزار دانه تأثیر بسزایی بر عملکرد دانه دارد و در حقیقت بیان کننده چگالی دانه نسبت به تعداد دانه می باشد. وقتی گیاه با کمبود آب روبرو شده، تعداد دانه های کمتری تولید کرده ولی در رساندن مواد غذایی و کربوهیدرات به همان دانه های تولید شده تلاش بیشتری کرده و انرژی خود را برای پر کردن آن دانه ها می گذارد به همین دلیل هرچه شدت تنش آبی بیشتر می شود وزن هزار دانه نیز افزایش می یابد. مصرف زئولیت نیز به دلیل در اختیار گذاشتن رطوبت مناسب مورد نیاز گیاه در تولید بیشتر دانه ها و در نهایت وزن هزار دانه ی بالاتر نسبت به شرایط عدم مصرف زئولیت تأثیر مثبتی بر این صفت گذاشته است.

عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی

در این تحقیق عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی تحت تأثیر آبیاری و سطوح مختلف مصرف زئولیت قرار گرفت و هر کدام در سطح آماری یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). اما مصرف سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری روی این صفت نداشت. طبق نتایج این جدول اثر متقابل آبیاری و زئولیت، اثر متقابل زئولیت و سالیسیلیک اسید و همچنین آبیاری، زئولیت و سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری روی عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی داشت و هرکدام در سطح آماری یک درصد معنی دار شدند ولی اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری روی این صفت نداشت (جدول ۱). طبق نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار آبیاری بر اساس ۸۵ ٪ نیاز آبی گیاه بیشترین عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی با ٥/٦٤ گرم و کمترین عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی با ٤/٤٢ گرم در تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (جدول۲). در سطوح مختلف مصرف زئولیت بیشترین عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی با ٥/۳۹گرم مربوط به تیمار مصرف ٤ تن در هکتار زئولیت و کمترین عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی با ٤/۷۹ گرم مربوط به تیمار مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت بود و همچنین در تیمار عدم مصرف سالیسیلیک اسید بیشترین عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی با ٥/۱۲ گرم نسبت به تیمار محلول پاشی سالیسیلیک اسید با ٤/۹۷ گرم به دست آمد (جدول ۲). عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی طبق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی با ٦/٤٥ گرم مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه به همراه مصرف ٤ تن در هکتار زئولیت و عدم مصرف سالیسیلیک اسید و کمترین عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ نیاز آبی گیاه به همراه مصرف ٤ تن در هکتار زئولیت و محلول پاشی سالیسیلیک اسید با ۳/٥٤ گرم بود (جدول۲). بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک گیاه با میانگین ۸۰۲۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری شاهد (آبیاری به مقدار ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه) به‌دست آمد و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک گیاه نیز با میانگین ٥٦٦۲ کیلوگرم در هکتار که کاهشی در حدود ۲۹/٤۰ ٪ نسبت به شاهد را به همراه داشت، از تیمار آبیاری بر اساس ۷۰ ٪ نیاز آبی گیاه (تنش متوسط در این

آزمایش) ثبت شد (۱۲). فراست (۱۳۸۹) عنوان کرد، بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری معادل ۱۰۰ ٪ نیاز آبی گیاه با ۳٦۱۵ کیلوگرم بر هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری معادل ۵۰ ٪ نیاز آبی گیاه با ۲۸٦۷ کیلوگرم در هکتار به ثبت رسید (۹). برخی محققان بیان داشتند که صفت عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (۱۷). امیدی (۱۳۸۸) طی بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی های زراعی و فیزیولوژیک سه رقم گلرنگ بهاره در کرج اظهار داشت که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب با میانگین ۵۱۰۰ و ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در دو مرحله تکمه دهی و گلدهی بود. در بررسی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ، بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۲۰۹/۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۹٤۰/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی گزارش شده است (۳۳).

صفت عملکرد بیولوژیک از این لحاظ مهم جلوه می کند که از رابطه ی بین نسبت وزن دانه به وزن خشک گیاه و اگر جزئی تر بررسی شود، از رابطه ی بین نسبت وزن دانه به وزن خشک غوزه های فرعی که از اجزای عملکرد گلرنگ محسوب شده، می توان به تولید مواد فتوسنتزی در گیاه پی برد. با افزایش شدت تنش رطوبتی عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی نیز افزایش می یابد و دلیل آن می تواند تولید دانه های درشت توسط گیاه با وزن هزار دانه ی بالا و در نهایت عملکرد دانه و روغن بالا باشد.

شاخص برداشت غوزه های اصلی

در این آزمایش مشاهده شد که آبیاری، سطوح مختلف مصرف زئولیت و مصرف سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری روی شاخص برداشت غوزه های اصلی نداشت (جدول ۱). همچنین شاخص برداشت غوزه های اصلی تحت تأثیر هیچ کدام از اثرات متقابل این تیمارها یعنی آبیاری، زئولیت و سالیسیلیک اسید نیز قرار نگرفت (جدول۱). در پژوهشی میرزاخانی و سیبی (۱۳۸۹)، اظهار داشتند که مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت ، توانست شاخص برداشت دانه را از ۲۳/۵۸ به ۲٤/۸٤ ٪ (که معادل ۵/۰۷ نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت است) افزایش دهد و نقش مثبت آن در کاهش صدمات ناشی از تنش کمبود آب به اثبات رسید (۱۲). امیدی (۱۳۸۸) طی بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره در کرج اظهار داشت که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین شاخص برداشت دانه به ترتیب با میانگین ۲۳ و ۱۵ ٪ مربوط به تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در دو مرحله تکمه دهی و گلدهی بود (۲). تنش کمبود آب روی شاخص برداشت تأثیر گذاشته و با افزایش شدت تنش آبی شاخص برداشت غوزه های اصلی نیز افزایش نشان داده که این نشان دهنده ی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده به دانه ها می باشد و چون غوزه اصلی نسبت به سایر غوزه ها بزرگ‌تر می باشد،

هرچه شاخص برداشت آن افزایش داشته باشد یعنی انتقال مواد فتوسنتزی به غوزه های اصلی بهتر صورت گرفته است. افزایش مصرف زئولیت نیز در افزایش شاخص برداشت غوزه های اصلی تأثیر مثبت نشان می دهد.

نتیجه گیری:

بیشتر صفات عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره تحت تأثیر تیمار تنش آبی قرار گرفتند و با افزایش شدت تنش آبی، عملکرد و اجزاء عملکرد نیز کاهش یافت و تیمارهای مصرف زئولیت (٤ و ٨ تن در هکتار) برتری قابل ملاحظه ای را نسبت به تیمار عدم مصرف زئولیت نشان دادند و موجب افزایش صفاتی همچون ارتفاع گیاه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت غوزه های اصلی شد و همچنین مصرف سالیسیلیک اسید توانست بر صفاتی همچون ارتفاع گیاه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و شاخص برداشت غوزه های اصلی اثر گذاشته و موجب افزایش آن ها شود ولی صفاتی همچون عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک غوزه های فرعی را کاهش داد. با مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید می‌توان به عملکرد بهتری در شرایط تنش نسبت به عدم مصرف این مواد دست یافت و همچنین با مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید می توان اثرات سوء تنش آبی را که بر گیاهان وارد می شوند تا حد قابل ملاحظه ای کاهش داد.

منابع

۱- ابوالحسنی، خ،۱۳۸۱. ارزیابی لاین های حاصل از توده های بومی گلرنگ در دو رژیم رطوبت. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۲۵ صفحه.

۲- امیدی، ا. ح. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲-۲۵، شماره ۱، صفحات ۳۱-۱۵.

۳- توکلی، ا. ۱۳۸۱. بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۱۳٤ صفحه.

٤- خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ٥٦٤صفحه.

٥- دولت آبادیان، آ.، س. ع. م. مدرس ثانوی، و اعتمادی، ف. ۱۳۸۷. اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه زنی بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش شوری. مجله ی زیست شناسی ایران، جلد۲۱، شماره ی٤. صفحه‌ی ۱۲۱-۱۱۱.

٦- 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.۱۲۱ صفحه.

۷- صدیقی، ف. ۱۳۸٦. اثرات سایکوسل و زمان محلول پاشی آن در تراکم بالاس بوته، بر صفلت فیزیولوژیک و مرفولوژیک ذرت ۷۰٤ تحت شرایط خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشدزراعت. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه آزد اسلامی واحد کرج. ۱٤۰ صفحه.

۸- **غلامحسینی، م.، آقاعلیخانی، م. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۷.** تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه ی کلزای پاییزه، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ی چهل و پنجم(ب).

۹- فراست، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام گلرنگ. پایان نامه ی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک. ۱۳٤ صفحه.

۱۰- کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸٦. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور، مجله ی پژوهش های زراعی ایران، جلد۵، شماره ی۱. صفحه‌ی ۱۳۱-۱۲۱.

۱۱- مداح، س. م.، فلاحیان، ف. ا.، صباغ پور، س. ح. و چلبیان، ف. ۱۳۸۵. اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزاء عملکرد و ساختار تشریحی گیاه نخود (*Cicer arientinum* L.). مجله ی علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، شماره ی ٦۲/۱.

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

۱۳- نادری درباغشاهی، م. ر.، بنی طباء، ع. ر.، شهسواری، م. ر. و جوانمرد، ح. ر. ۱۳۸٦. بررسی تأثیر تنش خشکی بر زودرسی گلرنگ پاییزه در منطقه اصفهان. مجله پژوهش در علوم کشاورزی، سال سوم، شماره دوم، صفحات ۱۵۰-۱۳۸.

۱٤- یزدی صمدی، ب. و عبدمیشانی، س. ۱۳۷۰. اصلاح نباتات زراعی. مرکز نشر دانشگاهی تهران. صفحه ۲۸۳.

15- Al-Busaidi, A., Yamamoto, T. and Irshad, M. 2007. The Ameliorative effect of artificial zeolite on barley under saline conditions, Jornal of Applied Sciences 7(16): 2272-2276.

16- 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 and Development Institue.

17- Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M. T. and Bahrani, M. J. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower *(Carthamus tinctorius* L.) under stress and non-stress water regimes. J. Agric. Sci. Technol. (2007) Vol. 9: 267-277.

18- Bezrukova, M. V. Sakhabutdinova, Fatkhutdinova, R., Kyldiarova, R. A. , Shakirova, I. and Sakhabutdinova, F. A. R. 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ), 2, 51–54.

19- Cavero, J., Plant, R. E., Shennan, C., Friedman, D. B., Williams, J. R., Kiniry, J. R. and Benson, V. W. 1999. Modeling nitrogen cycling in tomato-safflower and tomato-wheat rotations.Agricultural Systems. 60: 123-135.

20- Dajue, L. and Mundel, H. H. 1996. Safflower. International Plant Genetic Resources Institute.

21- Esendal, E., Tstanrnilhioglub, A., Arslana, B. and Pashaa, C. 2008. Effect of water stress on growth components of winter safflowcr*(Carihomiistinctorius*/,.). 7th International safflower.conference. Australia.

22- F. A. O. 2006. FAOSTAT Statistics Database. Available online at: http://faostat.fao.org

23- Hamrouni, I., Salah, H. B. and Marzouk, B. 2001. Effects of water-deficit on lipids safflowcr aerial pails, Phytochemistry. 58: 277-280.

24- 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.

25- 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.

26- Istanbulluoglu, A., Gocmen, E., Gezer, E., Pasa, C. and Konukcu, F. 2009. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower *(Carthamus tinctorius L.)*. Agricultural Water Management. 96: 1429-1434.

27- Kang, G. 2003. Salicylic acid changes activities of H_2O_2 metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environmental and Experimental Botany.50:9-15.

28- Kar, G., Ktimar, A. and Martha, M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agricultural Water Management. 87: 73-82.

29- Kumar. P. 1997. Effect of Salicylic acid on flowering, pod formation and yield of pea (Pisum sativum L.). In Abst National Seminar on Plant Physiology for sustainable Agriculture. March 19-21 1997, IARI, New Dehli, PP. 69.

30- Kumar, P. 1999. Effect of Salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). Indian J. Plant physiol. 4: 327 – 330.

31- Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A. and Tommaso, T. D. 2007. Yield response factor to water and water use efficiency of *Carthannislinctorhts*L. and *Solamimmelongena*L. Agricultural Water Management. 92: 73-80.

32- Mumpton, F. A. 1996. Mineralogy and geology of natural Zeolite. Department of the Earth Science. University of New York, U S A.

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

34- 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.

35- Quiroga. A. R., Diaz-Zorita, M. and Buschiazzo, D. E. 2001. Safflower productivity as related soil water storage and management practices in semiarid regions. Commun.Soil Sci. Plant Ann1.32: 2851-2S62.

36- Rasking, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol.,43, 439–463.

37- Rostami, M., Mirzaei, R. and Kafi, M. 2003. Assessment of drought resistance in four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars at the germination stage. 7th International Conference on Development of Dryland. 14-17 September 2003. Tehran. Iran.

38- Senaratna, T, D. Touchell, E. Bunn, and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regul, 30, 157–161.

39- Shakirova, F. M., and M. V. Bezrukova. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biology Bulletin, 24, 109–112.

40- Singh, G. 1980. Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiate* L.) Wilczek Indian.J. Plant Physiol. 23:366-370.

41- Urotadze, S. L., T. A. Andronikashvili, and G. V. Tsitishvili. 2002. Output of a winter wealth grown on enriched by Aloumontite containing rock. Book of Zeolite Abstracts.