

اثر تنظیم کننده های رشد و تنش کم آبی بر خصوصیات زراعی گندم رقم شهریار

مجید جبرایی*، عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
نورعلی ساجدی، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
حمید مدنی، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
محسن شیخی، عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تنظیم کننده های رشد و تنش خشکی بر خصوصیات زراعی گندم رقم شهریار آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل تنش کم آبی در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در کرت های اصلی و تنظیم کننده های رشد شامل سالیسیلیک اسید و سایکوسل به صورت مصرف و عدم مصرف به عنوان عامل فرعی به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شد. نتایج حاصله نشان داد اعمال تنش خشکی صفات اندازه گیری شده را کاهش داد اما با محلول پاشی سایکوسل و مصرف سالیسیلیک اسید هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش کم آبی صفات طول خوشه، وزن خوشه، وزن دانه در خوشه و عملکرد دانه افزایش یافت. مصرف توام سایکوسل و سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه را نسبت به شاهد ۱۳/۵ درصد افزایش داد. به طور کلی نتایج نشان داد که با آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف توام سایکوسل و سالیسیلیک اسید به عملکرد دانه قابل قبول دست یافت.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، سایکوسل، سالیسیلیک اسید، عملکرد، گندم

* نویسنده مسئول: E-mail: majidupdate@gmail.com

مقدمه

گندم از تیره غلات و از مهمترین گیاهانی است که حدود ۱۷ درصد از زمین های زراعی زیر کشت در جهان را بخود اختصاص داده است و از طرفی غذای اصلی بیش از ۳۵ درصد از مردم فقیر جهان به دلیل داشتن بیشترین انرژی و پروتئین در مقایسه با سایر گیاهان می باشد (۲). در مناطق نیمه خشک از جمله سطوح وسیعی از کشور ایران، کاهش رطوبت خاک در اثر عدم بارندگی و افزایش ناگهانی دما از مهم ترین عوامل کاهش رشد و نمو گندم به شمار می رود. خشکی به عنوان عامل محدود کننده غیر زنده رشد، اثر بسیار نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می گذارد (۵). تنش خشکی فتوسنتز را از طریق بسته شدن روزنه ها و نرسیدن دی اکسید کربن به کلروپلاست و کاهش پتانسیل آب سلول تحت تاثیر قرار می دهد. تنش خشکی رشد ریشه و ساقه را تحت تاثیر قرار می دهد به نظر می رسد در شرایط تنش رشد اندام هوایی کاهش می یابد و از طرفی ریشه جهت دسترسی به رطوبت از افق های پایین تر خاک رشد می کند و به همین علت نسبت آلومتری ریشه به ساقه در شرایط تنش افزایش می یابد همچنین تنش باعث کاهش سطح برگ گیاهان شود (۱۲). با مدیریت آب از طریق رژیم های کم آبیاری و صرفه جویی در مصرف آب می توان در افزایش سطح زیر کشت و نیز در تعیین الگوی کشت بهینه گامی موثر برداشت. کم آبیاری به عنوان استراتژی سودمند اقتصادی در وضعیت محدودیت آبیاری و با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی مطرح است (۱). به نظر می رسد در شرایط کمبود آب استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی مانند سایکوسل و سالیسیلیک اسید می تواند به عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش خشکی موثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد.

استفاده از تنظیم کننده رشد گیاهی مانند سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش های زنده و غیر زنده می شود و به عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش های محیطی به حساب می آید، این تنش ها شامل گرما (۶)، سرما (۲۴)، فلزات سنگین و خشکی (۲۳) می باشد. سالیسیلیک اسید بوسیله سلول های ریشه تولید می شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می کند (۱۷). رجاسکاران (۲۰) و سپس شاکيرووا (۲۲) نشان دادند کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید باعث تحریک، جوانه زنی بذری می شود همچنین ال تیب (۷) به اثر تحریک کنندگی سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی بذری جو پی برد. در مقایسه ای که بر روی تیپ وحشی و جهش یافته آرابیدوپسیس انجام گرفت، سالیسیلیک اسید را بعنوان بر طرف کننده آسیب های اکسیداتیو در طی جوانه زنی بذری معرفی کردند (۱۶).

سایکوسل یا کلرمکوات کلراید (CCC) که یکی از مشتقات کولین می باشد، از واکنش تری متیل آمین و یک آلفا تیک هالید به نام ۲-دی کلرواتان تولید می گردد.

ماده تولید شده به شکل کریستال بوده و در آب قابل حل می باشد و از آن به عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی استفاده می شود کلو مکوات کلراید (2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride) یا سایکوسل از گروه ترکیبات آمونیومی بوده و از پر مصرف ترین کند کننده های رشد گیاهی به ویژه در اروپا بوده و امروزه جهت کاهش خوابیدگی و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی (به ویژه غلات) کاربرد فراوانی پیدا کرده (۸ و ۹) کلرومکوات کلراید با اختلال در چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید مانع از فعالیت آنزیم انت کائورون سنتتاز شده و ارتفاع گیاهان را کاهش می دهد (۱۹). گزارش شده است که کاربرد کلرومکوات کلراید (بیشتر در عملکرد دانه) به خاطر رشد ریشه بیشتر و مقاومت به خشکی بیشتر تحت حالات خشک بوده است (۱۲ و ۱۳) عملکرد بیشتر در گیاهان تیمار شده با سایکوسل به خاطر رشد ریشه بیشتر افزایش مقاومت روزنه ای و پتانسیل آب بیشتر در برگ می باشد (۱۲).

کاربرد تنظیم کننده های رشد گیاهی، به طور عمده ضد جبریلین ها بر روی غلات باعث افزایش رشد ریشه (طول و وزن ریشه) می شود بر طبق نتایج برخی پژوهشگران سایکوسل باعث کاهش ارتفاع ساقه، افزایش تعداد پنجه در هر بوته، افزایش تعداد دانه در سنبله، افزایش مقاومت به سرما، شوری، قارچ ها و حشرات می شود (۱۴، ۱۶ و ۱۹). این تحقیق به منظور تقویت سازوکارهای تحمل به تنش خشکی با استفاده از تنظیم کننده های رشد تحت شرایط تنش خشکی بر خصوصیات زراعی گندم رقم شهریار انجام گرفت.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تاثیر تنظیم کننده های رشد و تنش خشکی بر خصوصیات زراعی گندم رقم شهریار آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل تنش خشکی در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در کرت های اصلی و تنظیم کننده های رشد شامل سایکوسل (با مصرف و بدون مصرف) و سالیسیلیک اسید (با مصرف و بدون مصرف) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. سالیسیلیک اسید در دو مرحله بصورت خیساندن بذر در محلول ۰/۵ میلی مول و محلول پاشی با غلظت ۲ میلی مول دو هفته قبل از گل دهی اعمال گردید و سایکوسل با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر در مرحله ساقه دهی محلول پاشی شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه و تبخیر روزانه از تشتک اندازه گیری و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی میزان آب مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد فارو بود. کشت در دهم مهر ماه صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۱۲ خط کشت به طول ۸ متر و فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۲ سانتی متر بود.

صفات اندازه گیری شده شامل ارتفاع بوته، طول بند اول، طول خوشه، وزن خوشه، وزن دانه در خوشه و عملکرد دانه بود.

برداشت نهایی به هنگام رسیدگی کامل دانه ها صورت گرفت. در برداشت نهایی ۳ متر مربع از خطوط میانی هر کرت از سطح خاک برداشت شد و عملکرد دانه با رطوبت ۱۵/۵ درصد تعیین شد. برای آنالیز واریانس داده ها از نرم افزار های SAS و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده اثر ساده آبیاری، سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر صفت ارتفاع گیاه معنی دار شد اما اثر متقابل دوگانه و سه گانه تیمارها بر صفت ارتفاع گیاه معنی دار نشد (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین ها با اعمال تنش خشکی ارتفاع گیاه کاهش یافت. آبیاری معادل ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی گیاه ارتفاع گیاه را به ترتیب ۵/۶ و ۱۱ درصد کم کرد. بیشترین ارتفاع گیاه معادل ۹۴/۳۳ سانتی متر از آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد. با محلول پاشی سایکوسل ارتفاع گیاه کاهش و با مصرف سالیسیلیک اسید ارتفاع گیاه افزایش یافت (جدول ۲). اثر متقابل دوگانه تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع گیاه معنی دار نبود. با این وجود با مصرف سایکوسل در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی ارتفاع بوته کاهش و با مصرف سالیسیلیک اسید در چنین شرایطی ارتفاع بوته افزایش نشان داد (جدول ۳). به نظر می رسد که سالیسیلیک اسید با تاثیر بر تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و تکامل گیاه، نقش موثری را در افزایش ارتفاع گیاه ایفا می کند. راجالا (۲۰۰۳) گزارش نمود کلرمکوات کلراید با اختلال در چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید شده و ارتفاع گیاهان را کاهش می دهد. نتایج این تحقیق با نتایج صیدی و همکاران (۲۰۰۸) در گندم در خصوص سایکوسل و تاثیر آن بر کاهش ارتفاع گیاه مطابقت دارد.

طول بند اول

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده اثر ساده آبیاری بر صفت طول بند اول معنی دار شد و از بین اثرات متقابل دوگانه اثر آبیاری و سایکوسل در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد بر صفت طول بند اول معنی دار شد. اثر متقابل سه گانه تیمارها برای صفت مذکور معنی دار نشد (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین ها با اعمال تنش خشکی شدید (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) طول بند اول بیش از ۲۵ درصد کاهش یافت. بیشترین طول بند اول معادل ۱۰ سانتی متر از آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم استفاده از

تنظیم کننده ها حاصل شد. بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین ها، محلول پاشی سایکوسل هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی طول بند اول را کاهش داد.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	طول بند اول	وزن خوشه	طول خوشه	وزن دانه در خوشه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۸۱/۰۸**	۰/۳۸ ^{ns}	۴/۱۷**	۲۴/۳۳**	۰/۲۴**	۲۵۰۰۶۹/۴۴ ^{ns}
آبیاری	۲	۳۲۸/۵۸**	۱۹/۲۴**	۰/۷۷**	۱۵/۲۸**	۰/۷۲**	۳۲۰۳۶۱۱/۱۱**
خطا	۴	۱۰۳/۳۶	۰/۰۴۲	۴/۱۲	۰/۵۸۸	۰/۲۱	۸۹۲۳۶/۱۱
سایکوسل	۱	۱۰۳/۳۶**	۱۸/۷۷**	۰/۰۳*	۰/۷۸۶ ^{ns}	۰/۰۲۶**	۱۶۹۰۰۰**
سالیسیلیک	۱	۳۵/۳۶*	۰/۴۴ ^{ns}	۰/۲۳**	۰/۵۴ ^{ns}	۰/۱۴**	۴۳۴۰۲۷۷/۷۷**
آبیاری سایکوسل	۲	۷/۵۲ ^{ns}	۰/۶*	۰/۰۱*	۹/۸۶**	۰/۰۰۹**	۲۵۷۵۰ ^{ns}
آبیاری سالیسیلیک	۲	۳/۳۶ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}	۰/۰۱۲**	۳۶۹۴۴/۴۴ ^{ns}
سالیسیلیک سایکوسل	۱	۳۲/۵۲ ^{ns}	۲/۳۵**	۰/۰۶**	۱/۸۶ ^{ns}	۰/۰۳۵**	۱۷۳۶۱۱/۱۱ ^{ns}
آبیاری سالیسیلیک x سایکوسل	۲	۱۶/۱۶ ^{ns}	۰/۵۲*	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۰۰۷*	۱۴۵۲۷۷/۷۷ ^{ns}
خطا	۱۸	۹/۶۵	۰/۱۳	۰/۰۰۴۴	۰/۸۸	۰/۰۰۱۲	۸۴۶۰۶/۴۸
ضریب تغییرات (%)	۴/۴	۶/۶	۵/۸	۶/۲	۷/۹	۵/۸	

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می باشند

به نظر می رسد که کاهش طول میانگرمه اول زمینه لازم را برای رشد سریعتر میانگرمه های بالایی را در طول فصل رشد فراهم می نماید. با محلول پاشی توام سایکوسل و مصرف سالیسیلیک اسید نیز طول بند اول کاهش یافت (جدول ۳).

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات اندازه گیری شده

تیمارها	ارتفاع گیاه (cm)	طول بند اول (cm)	وزن خوشه (gr)	طول خوشه (cm)	وزن دانه در خوشه (gr)	عملکرد دانه (kg/ha)
آبیاری						
I ₀	۹۴/۳۳a	۹/۳۱a	۲/۶۱a	۱۶/۳۷a	۲/۲۵a	۸۱۷۵/۰a
I ₁	۸۹/۰b	۷/۳۸b	۲/۳۴b	۱۵/۲۵b	۲/۱۲b	۷۶۶۶/۷b
I ₂	۸۳/۹۱c	۶/۹۳c	۲/۱۱c	۱۳/۵۴c	۱/۷۷c	۷۱۴۱/۷c
سایکوسل						
C ₀	۹۰/۷۷a	۸/۶a	۲/۳۲b	۱۴/۹a	۲/۰۲b	۷۴۴۴/۴۴b
C ₁	۸۷/۳۷b	۷/۱۵b	۲/۳۸a	۱۵/۲a	۲/۰۷a	۷۸۷۷/۷۸a
سالیسیلیک						
SA ₀	۸۷/۳۸b	۷/۷۶a	۲/۲۷b	۱۴/۹۳a	۱/۹۸b	۷۳۱۳/۸۹b
SA ₁	۹۰/۷۷a	۷/۹۸a	۲/۴۳a	۱۵/۱۷a	۲/۱۱a	۸۰۰۸/۳۳a

تفاوت حروف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد

طول خوشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده اثر ساده آبیاری بر صفت طول خوشه معنی دار شد و از بین اثرات متقابل دوگانه و سه گانه تیمارها بر صفت طول خوشه فقط اثر متقابل دوگانه آبیاری و سایکوسل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین ها با اعمال تنش خشکی طول خوشه ۱۷٪ کاهش یافت. بیشترین طول خوشه معادل ۱۶/۳۷ سانتی متر از آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۲). اثر متقابل دو گانه تیمار ها نشان داد که هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی با محلول پاشی سایکوسل طول خوشه افزایش نشان داد (جدول ۳).

به نظر می رسد محلول پاشی سایکوسل از طریق کاهش ارتفاع گیاه مواد فتوسنتزی بیشتری را در جهت توسعه اندام های زایشی اختصاص داده است و در نتیجه باعث افزایش طول خوشه شده است. به رغم معنی دار نشدن اثر متقابل سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر طول خوشه ولی با مصرف توام آنها، صفت طول خوشه را افزایش داد (جدول ۳). بیشترین طول خوشه به مقدار ۱۷/۳۸ سانتی متر از تیمار آبیاری معادل ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و استفاده از هر دو تنظیم کننده رشد به دست آمد، که نسبت به تیمار آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و عدم استفاده از تنظیم کننده های رشد با طول خوشه ۱۲/۲۵ سانتی متر ۲۹٪ افزایش نشان داد (جدول ۴).

وزن خوشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده اثر ساده آبیاری، سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر صفت وزن خوشه معنی دار شد (جدول ۱). و از بین اثرات متقابل دوگانه تیمارها بر صفت وزن خوشه فقط اثر متقابل دوگانه آبیاری و سایکوسل و همچنین سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر وزن خوشه معنی دار شد (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین ها با اعمال تنش خشکی وزن خوشه نزدیک به ۱۹٪ کاهش یافت (جدول ۲). اثر متقابل دو گانه تیمار ها نشان داد که هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی، با محلول پاشی سایکوسل وزن خوشه افزایش نشان داد (جدول ۳). به نظر می رسد محلول پاشی سایکوسل از طریق کاهش ارتفاع گیاه و افزایش طول ریشه زمینه لازم برای افزایش جذب آب و مواد غذایی را فراهم نموده و باعث افزایش فتوسنتز و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری را در جهت توسعه اندام های زایشی اختصاص داده است و در نتیجه باعث افزایش وزن خوشه شده است. با وجود معنی دار نشدن اثر متقابل سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر طول خوشه ولی با مصرف توام آنها، صفت طول خوشه را افزایش داد (جدول ۳).

اثر متقابل سه گانه تیمارها معنی دار نشد اما بیشترین وزن خوشه از تیمار آبیاری معادل ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و استفاده از هر دو تنظیم کننده رشد به مقدار ۲/۷۵ گرم بود و مقدار عددی تیمار آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و عدم استفاده از تنظیم کننده های رشد ۱/۹۴ گرم بود (جدول ۴).

وزن دانه در خوشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده اثر ساده آبیاری، سایکوسل و سالیسیلیک اسید برصفت وزن دانه در خوشه معنی دار شد (جدول ۱). همچنین اثرات متقابل دوگانه و سه گانه تیمارها بر صفت وزن دانه در خوشه معنی دار شد (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین ها با اعمال تنش خشکی وزن دانه در خوشه بیش از ۲۱٪ کاهش یافت. و بیشترین وزن دانه در خوشه معادل ۲/۲۵ گرم از آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین وزن دانه در خوشه برابر با ۱/۷۷ از تیمار آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۲). اثر متقابل دو گانه تیمارها نشان داد در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی، با مصرف سالیسیلیک اسید و سایکوسل صفت وزن دانه در خوشه افزایش یافت. همچنین با مصرف توام سایکوسل و سالیسیلیک اسید وزن دانه نسبت به تیمار شاهد ۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). به نظر می رسد که کاربرد کلرمکوات کلراید به باعث توسعه بیشتر ریشه شده و به واسطه افزایش سطح جذب بیشتر باعث تعدیل اثرات تنش خشکی می شود. نتایج این تحقیق با نتایج هومفرایز (۱۹۶۸) و هوپکینز و هانر (۲۰۰۴) مطابقت دارد. زمانی که بذر های گندم در محلول استیل سالیسیلیک اسید خیسانده شد، گیاهان تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی نشان دادند (۳). خیساندن بذر در ۱۰۰ میلی لیتر استیل سالیسیلیک برای ۶ ساعت قبل از کاشت، نه تنها اثرات بازدارندگی خشکی را افزایش داد، همچنین باعث تحریک در افزایش معنی دار در وزن خشک اندام هوایی، ریشه و نسبت تعرق شد (۱۱). اثر متقابل سه گانه تیمارها نشان داد که بیشترین وزن دانه در خوشه معادل ۲/۳۹ گرم از تیمار آبیاری معادل ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و استفاده از هر دو تنظیم کننده رشد حاصل شد که با تیمار آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و عدم استفاده از دو تنظیم کننده رشد ۲۸٪ اختلاف نشان داد (جدول ۴).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری، سالیسیلیک و سایکوسل بر عملکرد دانه معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با اعمال تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت. تنش شدید کمبود آب عملکرد دانه را ۱۲/۶ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۲). کاهش عملکرد دانه در اثر تیمار تنش خشکی را می توان به کاهش طول خوشه، وزن خوشه و وزن دانه در خوشه نسبت داد. نتایج این تحقیق با نتایج گودینگ و همکاران (۲۰۰۳) و پی یری و همکاران (۲۰۰۸) در گندم مطابقت دارد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه صفات اندازه گیری شده

تیمارها	ارتفاع گیاه (cm)	طول بند اول (cm)	وزن خوشه (gr)	طول خوشه (cm)	وزن دانه در خوشه (gr)	عملکرد دانه (kg/ha)
آبیاری سایکوسل						
I ₀ C ₀	۹۷/۸۳a	۹/۸۱a	۲/۵۵b	۱۵/۴۵bc	۲/۲۴a	۷۸۵۰/۰b
I ₀ C ₁	۹۰/۸۳b	۸/۸۱b	۲/۶۸a	۱۷/۲۸a	۲/۲۵a	۸۵۰۰/۰a
I ₁ C ₀	۹۰/۵b	۸/۱c	۲/۳d	۱۲/۶۹d	۲/۰۷c	۷۳۹۱/۷c
I ₁ C ₁	۸۷/۵bc	۶/۶۷d	۲/۳۸c	۱۴/۳۹c	۲/۱۷b	۷۹۴۱/۷b
I ₂ C ₀	۸۴/۰c	۷/۸۸c	۲/۰۹e	۱۴/۸۷bc	۱/۷۴e	۷۰۹۱/۷c
I ₂ C ₁	۸۸/۸۳c	۵/۹۸e	۲/۱۲e	۱۵/۶۳b	۱/۸d	۷۱۹۱/۷c
آبیاری سالیسیلیک						
I ₀ SA ₀	۹۲/۶۶ab	۹/۲۱a	۲/۲۴cd	۱۶/۵۵a	۲/۱۶b	۷۸۷۵bc
I ₀ SA ₁	۹۶/۰a	۹/۴۱a	۲/۵۲b	۱۶/۱۸ab	۲/۳۴a	۸۴۷۵a
I ₁ SA ₀	۸۶/۵c	۷/۳b	۱/۹۴f	۱۵/۱۶b	۲/۰۹c	۷۳۳۳/۳d
I ₁ SA ₁	۹۱/۵b	۷/۴۶b	۲/۰۸e	۱۵/۳۴b	۲/۱۵b	۸۰۰۰b
I ₂ SA ₀	۸۳/۰c	۶/۷۸c	۲/۱۶de	۱۳/۴۴c	۱/۷e	۶۷۳۳/۳e
I ₂ SA ₁	۸۴/۸۳c	۷/۰۸bc	۲/۲۴cd	۱۳/۶۴c	۱/۸۵d	۷۵۵۰cd
سالیسیلیک سایکوسل						
C ₀ SA ₀	۸۸/۷۷b	۸/۷۴a	۲/۲۸c	۱۴/۸a	۱/۹۹c	۷۱۶۶/۷c
C ₁ SA ₀	۹۲/۷۷a	۸/۴۵a	۲/۳۶b	۱۵/۰۱a	۲/۰۵b	۷۷۲۲/۲b
C ₀ SA ₁	۸۶/۰b	۶/۷۸c	۲/۲۶c	۱۴/۸۵a	۱/۹۸c	۷۴۶۱/۱b
C ₁ SA ₁	۸۸/۷۷b	۷/۵۲b	۲/۵a	۱۵/۵۵a	۲/۱۷a	۸۲۹۴/۴a

تفاوت حروف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد

با مصرف سایکوسل و سالیسیلیک اسید عملکرد دانه افزایش یافت (جدول ۲). کاربرد سالیسیلیک اسید عملکرد دانه را ۹/۴ درصد نسبت به عدم مصرف سالیسیلیک اسید افزایش داد (جدول ۲). اثر متقابل دو گانه و سه گانه تیمارها بر عملکرد دانه معنی دار نشد (جدول ۱). با توجه به جدول مقایسه میانگین ها، عملکرد دانه معادل ۸۵۰۰/۰ کیلوگرم از تیمار آبیاری معادل ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و محلول پاشی سایکوسل حاصل شد. با اعمال تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت، اما محلول پاشی سایکوسل در شرایط مطلوب رطوبتی و در شرایط تنش متوسط و شدید، عملکرد دانه را نسبت به تیمارهای عدم محلول پاشی سایکوسل افزایش داد. افزایش عملکرد دانه با تیمار سایکوسل ممکن است مربوط به افزایش مقصد پیش از گلدهی باشد (۴).

به نظر می رسد تیمار بوته ها با سایکوسل با تغییر زاویه بوته ها و پنجه ها و در نتیجه بهبود نفوذ نور به داخل کانوپی همراه بوده است. پیش از گلدهی اندازه مقصد افزایش یافته و بعد از گلدهی به علت تاثیر بازخوردی مثبت افزایش اندازه مقصد بر سرعت فتوسنتز بوته ها، سبب افزایش میزان مواد پرورده تولیدی

برای پر شدن دانه های اضافی گردیده است (۱۵ و ۲۵). سالیسیلیک اسید در شرایط مطلوب رطوبتی، تنش ملایم و تنش شدید، عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۲). شاکيرووا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند با کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار عملکرد دانه در گندم افزایش می یابد. اسید سالیسیلیک بر فتوستتوز و رشد گیاه تحت شرایط تنش، اثر مثبت دارد و در واقع اسید سالیسیلیک از طریق توسعه واکنش های ضد تنشی، نظیر افزایش تجمع پرولین، باعث تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش می شود. با توجه به مقایسه میانگین تیمارها، استفاده توام سایکوسل و سالیسیلیک اسید عملکرد دانه را افزایش داد. مصرف توام سایکوسل و سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه را نسبت به شاهد ۱۳/۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین سه گانه تیمارها نشان داد بیشترین عملکرد دانه معادل ۸۷۵۰ کیلوگرم در هکتار از اثر متقابل آبیاری معادل ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه و مصرف سایکوسل و سالیسیلیک اسید حاصل شد که با تیمار آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف توام سایکوسل و سالیسیلیک اسید با عملکرد دانه معادل ۸۳۶۶۷ کیلوگرم در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). به نظر می رسد سایکوسل از طریق کاهش فاصله میانگره ها باعث افزایش تجمع ماده خشک در اندام های زایشی و سالیسیلیک اسید از طریق کاهش تعرق و افزایش توسعه سیستم ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی زمینه تعدیل اثرات تنش و بهبود رشد و تولید عملکرد مطلوب شده است.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه صفات اندازه گیری شده

تیمارها	ارتفاع گیاه (cm)	طول بند اول (cm)	وزن خوشه (gr)	طول خوشه (gr)	وزن دانه در خوشه (gr)	عملکرد دانه (kg/ha)	آبیاری	
							سالیسیلیک اسید	سایکوسل
I0C0SA0	۹۷/۳۳a	۱۰/۰a	۲/۵۲b	۱۵/۱۹bc	۲/۲۱c	۷۵۰۰/۰de		
I0C1SA0	۹۸/۳۳a	۹/۶۳ab	۲/۵۸b	۱۷/۱۸a	۲/۲۹b	۸۲۰۰/۰bc		
I0C0SA1	۸۸/۰bcd	۸/۴۶c	۲/۶۱b	۱۵/۷۲abc	۲/۱de	۸۲۵۰/۰abc		
I0C1SA1	۹۳/۶۶ab	۹/۲b	۲/۷۵a	۱۷/۳۸a	۲/۳۹a	۸۷۵۰/۰a		
I1C0SA0	۸۸/۰bcd	۸/۴۳c	۲/۲۴cd	۱۴/۵۳bcd	۲/۰۵e	۷۱۵۰/۰ef		
I1C1SA0	۹۳/۰ab	۷/۷۳de	۲/۳۵c	۱۵/۲۱bc	۲/۰۹de	۷۶۳۳/۳de		
I1C0SA1	۸۵/۰cde	۶/۱۶f	۲/۲۴cd	۱۵/۱۲bc	۲/۱۴d	۷۵۱۶/۷de		
I1C1SA1	۹۰/۰bc	۷/۲e	۲/۵۲b	۱۶/۱۵ab	۲/۲۱c	۸۳۶۶/۷ab		
I2C0SA0	۸۱/۰de	۷/۷۶de	۱/۹۴f	۱۲/۲۵e	۱/۷h	۶۸۵۰/۰fg		
I2C1SA0	۸۷/۰cd	۸/۰cd	۲/۰۸e	۱۴/۱۵cd	۱/۷۸g	۷۳۳۳/۳def		
I2C0SA1	۸۵/۰cde	۵/۸f	۲/۱۶de	۱۳/۱۲de	۱/۷۲h	۶۶۱۶/۷g		
I2C1SA1	۸۲/۶۶de	۶/۱۳f	۲/۲۴cd	۱۴/۶۳bcd	۱/۹۱f	۷۷۶۶/۷cd		

تفاوت حروف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد

منابع

- ۱- دانایی، ا. و لطفعلی آینه، غ.ع. ۱۳۷۹. بررسی و مقایسه عملکرد ارقام گندم در آبیاری محدود. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، بابلسر.
- ۲- علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم های آبیاری. (تالیف کونکا، آر.اچ.). انتشارات آستان قدس رضوی. صفحه ۵۳۹.
- 3- Al-Hakimi, A. M. A. and Hamada, A. M. 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. *Biol. Plant*, 44: 253-261.
- 4- Belhassen, E. 1997. Drought Tolerance in Higher Plants. Kluwer Academic publishers. 104 p. Dfl. 150.00, US\$ 97.50, UK£ 66.00. ISBN 0792341236.
- 5- Cheong, Y. H., Kim, K. N., Pandey, G. K., Gupta, R., Grant, J. J. and Luan, S. 2003. CLB1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell*. 15: 1833-1845.
- 6- Dat, J. F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C. H. and Scott, I. M. 1998a. Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant physiol*. 116:1351-1357.
- 7- El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45: 215-225.
- 8- Emam, Y. and Karimi, H. R. 1996. Influence of chlormequat chloride on five winter barley cultivars. *Iran Agric.Res*. 15:89-109.
- 9- Emam, Y. and Moaied, G. R. 2000. Effect of planting density and chlormequat chloride on morphological characteristics of winter barley cultivar "Valfajr". *J.Agric.Sci.Technol*. 2:75-83
- 10- Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R. and Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of water wheat. *J. Cereal Sci*. 37: 295-309.
- 11- Hamada, A. M. 1998. Effects of exogenously added ascorbic acid, thiamin or aspirin on photosynthesis and some related activeis of drought- stressed wheat plants. In: photosynthesis: Mechanisms and effects, G., Garab ed., Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Vol. 4pp. 2581-2584.
- 12- Hopkins, W.G. and Huner, N. P. 2004. Introduction to plant physiology (3rd Ed.). John Wiley & Sons. Inc.New york. 560 p.
- 13- Humphrise, E.C. 1968. CCC and cereals. *Field Crop Abst*. 21:91-99.
- 14- Jung, J. and Rudemacher, W. 1983. plant growth regulating chemicals cereal grains. PP.253-271.In: L.G. Nickell(Ed), plant growth regulating chemicals, Vol. I, CRC Pub., Boca Raton, Florida.
- 15-Ma, B. L. and Smith, D. L. 1992d. Modification of tiller productivity in spring barley by application of chlormequat or ethephon. *Crop Sci*. 32: 735-740.
- 16- Maguire, j. D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci*. 2, 176-177.
- 17- Panda, R. K., Behera, S. K. and Kashyap, P. S. 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions, *Agric. Water Manage*. 66 (3): 181-203.
- 18- Pierre, C. S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larsona, M. and Hoefera, B. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *J. Agron Sci*. 100: 414-420.
- 19- Rajala, A. 2003. Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing condition. University of Helsinki, Finland
- 20- Rajasekaran, L. R., Stiles, A., Surette, M. A., Sturz, A. V., Blake, T. J., Caldwell, C. and Nowak, J. 2002. Stand Establishment Technologies for Processing Carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. *Canadian Journal of Plant science*. 82: 443-450.
- 21- Saidi, F. 2008. Effect of CCC and some micro elements on drought tolerance of wheat. Thesis of M.sc. in agronomy. Islamic Azad University. Branch Arak. Iran.
- 22- Shakirova, F. M., Shakhabutdinova. A. R., Bezrukova. M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seeding induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*. 164:317-322.
- 23- Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regul*. 39:137-141.
- 24- Tasgin, E., Atic, O. and Nalbantoglu, B. 2003. Effect of salicylic on freezing tolerance in winter wheat leaves, *Plant Growth Regul*. 41:231-236.

25- Waddington, S. R. and Cartwright, P. M. 1988. Pre-maturity gradients in shoot size and in number and size of florets for spring barley treated with mepiquat chloride. J. Agric. Sci. Camb. 110: 633-639.

