

تأثیر سه تنظیم‌کننده رشد بر عملکرد دانه ارقام گندم در رژیم‌های متفاوت رطوبتی

محمد اسماعیل صداقت^۱ و یحیی امام^{۲*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۴)

چکیده

یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش عملکرد گندم در شرایط محدودیت رطوبت استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشد. به همین منظور تأثیر سه تنظیم‌کننده رشد سایکوسل، سالسیلیک اسید و براسینواستروئید بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گندم (چمران، شیرودی، پیشناز و سیروان) در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی (قطع آبیاری پس از گل‌دهی) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۴ - ۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی در شهرستان سروستان استان فارس اجرا گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه هر سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری مطلوب گردید. با این حال، کمترین تأثیر تنش خشکی بر وزن هزار دانه (۷ درصد) و بیشترین آن بر تعداد دانه در سنبله (۱۳ درصد) مشاهده گردید. کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد و به‌ویژه سایکوسل، موجب افزایش وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه گردید و پس از سایکوسل، به ترتیب براسینواستروئید و سالسیلیک اسید تأثیر مثبتی بر اجزای عملکرد دانه داشتند. در بین ارقام مورد بررسی، رقم سیروان بهترین عملکرد را در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی و رقم شیرودی کمترین عملکرد را در این شرایط به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج به دست آمده اگرچه تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای آن گردید، لیکن، تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد توانست بخشی از کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی را جبران نماید. بنابراین، استفاده از این تنظیم‌کننده‌ها به‌عنوان راهی قابل دسترس جهت افزایش تحمل به شرایط تنش خشکی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: براسینواستروئید، سالسیلیک اسید، سایکوسل، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yaemam@shirazu.ac.ir

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از عمده‌ترین محصولات کشاورزی و تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی انسان‌ها در کشورهای در حال توسعه است (۴) و در ایران از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول زراعی بوده و افزایش عملکرد دانه آن روز به روز مورد توجه بیشتر پژوهشگران بوده است (۱۱).

خشکی پدیده‌ای نسبی است که با عدم عرضه رطوبت کافی، چه از طریق بارندگی و چه از طریق ذخیره آب همراه است و ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی زراعی جهان را در برمی‌گیرد (۲۸) و در سطوح وسیعی از کشور ایران، کاهش رطوبت خاک در اثر عدم بارندگی و افزایش ناگهانی دما از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده رشد و عملکرد گندم به‌شمار می‌رود. بنابراین، تنش خشکی یک پدیده محیطی مهم و مؤثر بر عملکرد غلات دانه‌ای می‌باشد (۱۱) که اغلب در طول مرحله پر شدن دانه در گندم رخ می‌دهد و باعث کاهش محصول در بیشتر مناطق مورد کشت در دنیا می‌شود (۱). مهم‌ترین دلیل افت عملکرد در این شرایط، کاهش تعداد دانه به‌علت خشک شدن دانه‌های گرده گزارش شده است (۲۰).

به‌نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سایکوسل یا سالیسیلیک اسید بتوانند به‌عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات منفی تنش خشکی به‌کار رود. در این راستا بررسی‌های انجام شده نشان داده به‌کارگیری تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش مقاومت به سرما و خشکی می‌شوند (۲۱ و ۲۷).

سایکوسل یا کلرمکوات کلراید (CCC) که یکی از مشتقات کولین می‌باشد، از واکنش تری متیل آمین و یک آلفا تیک هالید به‌نام ۱ و ۲ دی کلرواتان تولید می‌گردد. ماده تولید شده به شکل کریستال بوده و در آب قابل حل می‌باشد و از آن به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی استفاده

می‌شود. سایکوسل از گروه ترکیبات آمونومی بوده و از پرمصرف‌ترین کندکننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه در اروپا بوده و امروزه جهت کاهش خوابیدگی و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی به‌ویژه غلات کاربرد فراوانی دارد (۸ و ۹). سایکوسل با اختلال در چرخه بیوستز جیبرلیک اسید مانع از فعالیت آنزیم انتکائورون سنتتاز شده و ارتفاع بوته را کاهش می‌دهد و از طرفی افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد دانه را سبب می‌گردد (۳۶).

سالیسیلیک اسید نیز به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد دیگر به‌طور گسترده‌ای در سنتز مواد آلی و انجام فرایندهای گیاهی کاربرد دارد، این ماده از متابولیسم سالیسین ۱ مشتق شده و از آمینو اسید فنیل آلانین تولید می‌شود (۱۵). سالیسیلیک اسید تحت تأثیر فاکتورهای غیر زنده نامطلوب، در بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد و در افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی مشارکت دارد (۲۳). هم‌چنین از کاربرد بیرونی آن برای افزایش مقاومت گیاهان در برابر اثرات تنش زنده و غیرزنده ناسازگار استفاده شده است (۱۸) بنابراین استفاده از سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات منفی تنش‌های محیطی می‌تواند کاربرد داشته باشد (۲۲).

علاوه بر این، سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های متعدد زیستی و غیر زیستی شناخته شده است که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین، موجب تعدیل اثرات ناشی از تنش گرما، سرما، فلزات سنگین و خشکی می‌گردد (۲۸).

دسته دیگری از تنظیم‌کننده‌های رشد براسینواستروئیدها می‌باشند. براسینواستروئیدها برای اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط گروو و همکارانش از دانه گرده گیاه کلزا (*Brassica napus*) استخراج شدند (۱۴) و به‌عنوان یک گروه جدید از تنظیم‌کننده‌های رشد با اثرات زیستی قابل

براسینوستروئید (مصرف و عدم مصرف) و ارقام گندم با توجه به ویژگی های مندرج در جدول ۱ (چمران، شیرودی، پیشتاز و سیروان) انتخاب و به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند. سایکوسل، سالیسیلیک اسید و براسینوستروئید در پایان پنجه زنی، در مرحله $ZGS = 30$ از مراحل رشد زایدکس (۱۱) با استفاده از محلول پاش دستی دقیق و با فشار ثابت ۳ بار انجام پذیرفت.

پیش از اجرای آزمایش و برای اطلاع از وضعیت فیزیولوژیکی خاک، اقدام به نمونه برداری مرکب از خاک مزرعه (بافت رسی لومی) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری شد (جدول ۲). همچنین پیش از شروع آزمایش در پاییز، عملیات خاک ورزی شامل شخم عمیق با گاو آهن برگردان دار، دو بار دیسک عمود برهم و لولر بود. قبل از کاشت تمام کود فسفر مورد نیاز به صورت سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و یک چهارم کود نیتروژن مورد نیاز به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت اوره به خاک اضافه گردید. مابقی کود اوره در مراحل ساقه رفتن و قبل از گل دهی هر کدام به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار اضافه شد. کاشت کرت های آزمایشی با تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع با دست در تاریخ ۳۰ آبان ماه ۱۳۹۳ صورت گرفت. مساحت هر کرت آزمایشی ۶ مترمربع (۲ × ۳) و شامل ۳ پشته و ۶ ردیف کاشت بود. فاصله بین کرت ها ۵۰ سانتی متر و فاصله بین تکرارها ۱۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. کرت های آزمایشی بلافاصله پس از کاشت آبیاری شدند. جهت یکنواختی در حجم آبیاری کرت ها از لوله های دریچه دار و زمان یکسان در مدت آبیاری استفاده گردید. کنترل علف های هرز نیز به صورت وجین دستی در طول فصل انجام شد.

بوته های گندم در مرحله $ZGS = 30$ ، با آب (به عنوان شاهد)، تنظیم کننده های سایکوسل (غلظت ۳ گرم در لیتر)، سالیسیلیک اسید (با غلظت ۰/۷ میلی مولار) و

توجه معرفی شدند (۲۵). از آن زمان تاکنون از ۵۹ نوع براسینوستروئید، ۵۴ نوع به صورت آزاد و ۵ نوع به صورت پیوند با اسیدهای چرب و قندها (از گونه های مختلف گیاهان شامل ۴۹ عدد نهان دانه، ۱۲ تک لپه ای و ۳۷ دو لپه ای) استخراج و شناسایی شده اند (۲۴). این ترکیبات تقریباً در تمام قسمت های گیاه یافت می شوند و بیشترین مقدار آنها در اندام های زایشی (دانه گرده و بذر نارس) مشاهده شده است (۳۰).

با وجود دستاوردهای مهم در جهت درک پاسخ های فیزیولوژیک و مولکولی گندم به کمبود آب، هنوز فاصله بزرگی بین عملکرد گندم در شرایط مطلوب و شرایط تنش خشکی وجود دارد (۲۶) و از طرفی در مقایسه با روش های اصلاحی که اغلب بلند مدت و هزینه بر می باشند، استفاده از تنظیم کننده های رشد آسان تر و ارزان تر است (۳). به همین منظور پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر سه تنظیم کننده رشد بر عملکرد ارقام گندم در شرایط تنش خشکی و شرایط مطلوب انجام شده است.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر تنظیم کننده های رشد و تنش خشکی بر عملکرد دانه گندم، آزمایشی در سال زراعی ۹۴ - ۱۳۹۳ در شهرستان سروستان واقع در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی شیراز (۲۹ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی) و ارتفاع ۱۵۴۰ متر از سطح دریا انجام پذیرفت. این آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل سطوح مختلف آبیاری در دو سطح شامل آبیاری مطلوب و قطع آبیاری پس از گل دهی به عنوان عامل اصلی و عوامل فرعی نیز شامل سطوح مختلف تنظیم کننده های رشد شامل سایکوسل (مصرف و عدم مصرف)، سالیسیلیک اسید (مصرف و عدم مصرف) و

جدول ۱. برخی ویژگی‌های زراعی ارقام گندم مورد استفاده (۳۱)

نام رقم	تاریخ رسیدن	مقاومت به ریزش	واکنش به تنش‌های محیطی	اقلیم مورد کشت
چمران	زودرس	نیمه‌حساس	نیمه‌متحمل	معتدل
شیرودی	زودرس	نیمه‌مقاوم	متحمل به خشکی	گرم تا معتدل
پشتاز	نسبتاً زودرس	متحمل	متحمل به خشکی	معتدل
سیروان	متوسط‌رس	مقاوم	متحمل به گرما و خشکی	معتدل

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری

اسیدیته	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	نیترژن کل (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
۷/۶	۲۳۶	۱۰/۵	۰/۹۷	۰/۰۸	۱۶	۴۴	۴۰

نتایج و بحث

تعداد دانه در سنبله

در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله (۱۲/۹۲ درصد) در مقایسه با آبیاری مطلوب گشت (جدول ۳) کاهش تعداد دانه در اثر تنش خشکی در پژوهش لوئیچی و همکاران (۲۶) و اوسترهیوز و کارترایت (۳۲) نیز گزارش شده است که عامل آن را می‌توان به نقش تنش خشکی در کاهش باروری تخمک‌ها و طی شدن زودتر مراحل نموی گیاه نسبت داد که نتایج لوئیچی و همکاران (۲۶) نیز مؤید همین موضوع می‌باشد.

در بین تنظیم‌کننده‌های رشد تفاوت معنی‌داری در تعداد دانه در هر سنبله مشاهده نگردید. هرچند هر سه تنظیم‌کننده رشد مورد استفاده موجب افزایش تعداد دانه در هر سنبله در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۴). بر طبق یافته‌های راجالا (۳۴) تغییر زاویه سنبلک‌ها در زمان گرده‌افشانی و تأثیر مثبت آن بر افزایش لقاح و باروری به‌دنبال کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند به ازدیاد تعداد دانه در هر سنبله منجر شود.

براسینواستروئید (از براسینفن محصول شرکت آریا ترانس به‌میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر بر مبنای ۴۰۰ لیتر آب در هکتار) و به‌صورت کاربرد شاخساره‌ای تیمار شدند. محلول سایکوسل و براسینواستروئید با آب مقطر و سالیسیلیک اسید با ترکیب آب مقطر و محلول نیم میلی‌لیتر سود یک نرمال تهیه شدند. محلول‌پاشی در هوای آرام برای کل بوته‌ها انجام شد. برداشت بوته‌ها در تاریخ ۲۷ خرداد پس از رسیدگی فیزیولوژیک پس از حذف اثر حاشیه از مساحت یک مترمربع انجام و جهت اندازه‌گیری‌های لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. برای تعیین وزن خشک نمونه‌ها از آون تهویه‌دار در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد و شاخص برداشت از نسبت درصد عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. در نهایت داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵٪ مقایسه شدند. نمودارها نیز با کمک نرم‌افزار Excel رسم گردید.

تأثیر سه تنظیم کننده رشد بر عملکرد دانه ارقام گندم در رژیم های متفاوت رطوبتی

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی، تنظیم کننده های رشد و رقم بر صفات مورد بررسی

میگین مربعات									
ارتفاع بوته	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن سنبله	وزن دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در سنبله	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۴۷ ^{ns}	۹۰۳/۱۲ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۱*	۰/۴۲ ^{ns}	۶۰۱۵/۰۶ ^{ns}	۳/۹۶ ^{ns}	۲	تکرار (r)
۳۳/۷۶ ^{ns}	۳۶۸۱۹/۱۸**	۳۷/۲۵**	۰/۲۵**	۰/۲۸**	۱۳۷/۵۶**	۳۳۶۹۵/۲۸**	۴۰۵۳۳**	۱	آیاری (a)
۱/۸۲	۴۰۵/۱	۱/۳۷	۰/۰۵	۰/۰۰۲۹	۱/۱۶	۴۲۴/۰۵	۲/۹۳	۲	a × r
۲۱۱/۲۳**	۹۸۸۸۳۱**	۹۶/۵۱**	۰/۲۳**	۰/۱۱**	۲۰**	۱۱۲۱۳۴/۳۹**	۷۴/۸۴**	۳	رقم (b)
۳۱۴/۵۴**	۳۳۳۳۴/۶۴**	۴۲/۳۲**	۰/۲۵**	۰/۱۶**	۷۱/۹۹**	۳۳۰۴۰/۱۵۵**	۵۱/۹۹**	۳	تنظیم کننده رشد (c)
۰/۰۲ ^{ns}	۳۲۳/۴ ^{ns}	۳/۶۱*	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲۱ ^{ns}	۲/۳۱*	۶۴۵۷/۴۳ ^{ns}	۳/۶۸ ^{ns}	۳	a × b
۰/۰۳ ^{ns}	۵۸۳/۴۳ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱۵ ^{ns}	۶/۱۷**	۲۰۵۲۵/۴**	۹/۹۹**	۳	a × c
۷/۹۴**	۶۴۹/۸۵ ^{ns}	۲/۵۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱۹ ^{ns}	۱/۳۵ ^{ns}	۳۵۰۳/۲۵ ^{ns}	۵/۱۱*	۹	b × c
۰/۰۲ ^{ns}	۴۷/۶۹ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۴ ^{ns}	۳۲۲۰/۲۲ ^{ns}	۵*	۹	a × b × c
۱/۳	۳۶۲/۷	۰/۹۲	۰/۰۱	۰/۰۰۲۱	۰/۹۲	۳۶۶۷/۸۵	۱/۹۷	۶۰	خطا
۶/۱۹	۶/۴۲	۵/۵۷	۵/۹۳	۵/۴۵	۵/۲	۵/۴۸	۴/۷۴	(/)	ضرب تغییرات (/)

ns: غیر معنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های ارقام گندم

ارتفاع (سانتی‌متر)	دانه عملکرد (گرم بر مترمربع)	برداشت شاخص (درصد)	برداشت وزن (گرم)	سنبله در دانه وزن (گرم)	بر مترمربع (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	صفات	تیمار
۷۵/۶۷ ^a	۲۷/۶۵ ^b	۳۹/۴ ^b	۱/۲ ^b	۰/۸۸ ^b	۱۰۴۵/۵ ^b	۳۱/۶۷ ^b	۲۷/۶۱ ^b	آبیاری	
۷۶/۸ ^a	۳۹/۳۳ ^a	۴۳/۳۴ ^a	۱/۳ ^{۱a}	۰/۹۹ ^a	۱۱۶۴ ^a	۳۴/۰۲ ^a	۳۱/۷۱ ^a	خشکی زرمال	
۷۶/۴۵ ^b	۳۳/۴۶ ^b	۳۸/۳۴ ^d	۱/۱ ^c	۰/۸۶ ^c	۱۰۵۳/۴ ^b	۳۲/۲۲ ^b	۲۷/۲۵ ^c	رقم	
۷۲/۷۵ ^c	۳۱۱/۲۶ ^c	۴۳/۳۶ ^a	۱/۴ ^b	۰/۹۲ ^b	۱۰۸۰ ^b	۳۳/۶۴ ^a	۲۹/۹۵ ^b	چمران	
۷۵/۸۵ ^b	۳۳۵/۲۸ ^b	۴۱/۰۳ ^c	۱/۲ ^b	۰/۹۳ ^b	۱۰۸۰/۱ ^b	۳۱/۹۱ ^b	۲۹/۹۳ ^b	شیرودی	
۷۹/۹۹ ^b	۳۶۰/۸۱ ^a	۴۲/۳۷ ^b	۱/۳ ^a	۱/۰۲ ^a	۱۲۰۵/۶ ^a	۳۳/۶۲ ^a	۳۱/۵۱ ^a	پیشاز سیروان	
۷۵/۲۲ ^c	۲۹۳/۷۵ ^c	۳۹/۹۲ ^d	۱/۱ ^d	۰/۸۲ ^d	۹۵۹/۵ ^c	۳۰/۷۴ ^c	۲۷/۲۸ ^b	تنظیم کننده شاهد	
۷۹/۹۸ ^a	۳۴۰/۲۶ ^b	۴۱/۴۳ ^b	۱/۳ ^b	۰/۹۷ ^b	۱۱۷۱/۳ ^a	۳۴/۲۱ ^a	۳۰/۱۲ ^a	براسینو استروئید	
۷۱/۶۹ ^d	۳۶۹/۶۳ ^a	۴۲/۱۵ ^a	۱/۳ ^b	۰/۱ ^a	۱۱۵۴ ^b	۳۴/۳۴ ^a	۳۰/۶۴ ^a	سایکوسل	
۷۸/۱۴ ^b	۳۳۶/۱۶ ^b	۴۰/۹۸ ^c	۱/۲ ^c	۰/۹۲ ^c	۱۱۳۴/۳ ^b	۳۲/۱۱ ^b	۳۰/۴ ^a	سالیسیک اسید	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و در داخل هر عامل آزمایشی فاقد اختلاف معنی دار بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD = ۰/۰۵) هستند.

سایر مقصدهای فیزیولوژیک پس از قطع آبیاری باشد بنابراین وزن هزار دانه کمترین تأثیر را از تنش خشکی پذیرفته است (۱۱).

در بین تنظیم کننده های رشد، سایکوسل بیشترین تأثیر را بر وزن هزار دانه داشت (افزایش ۱۱/۶۴ درصد) که علت آن را می توان به افزایش طول دوره سبزمانی برگ پرچم و سنبله، که در مزرعه پژوهشی مشاهده شد، نسبت داد. تأثیر مثبت سایکوسل بر وزن هزار دانه با نتایج راجالا و ساینیو (۳۶) مطابقت دارد. پس از سایکوسل، براسینواستروئید و سالیسیلیک اسید به ترتیب باعث افزایش وزن هزار دانه (به ترتیب ۱۱/۲۸ و ۴/۴۵ درصد) ارقام مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد نشان شدند. در بین تنظیم کننده های رشد، کاربرد سایکوسل موجب افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک گردیده که همین امر بر روی وزن هزار دانه تأثیر مثبت داشته است لیکن سالیسیلیک اسید موجب افزایش فتوسنتز برگ و جریان بهتر مواد پرورده در گیاه می شود که این موضوع می تواند به پر شدن مطلوب تر دانه ها منجر شود (۱۵). به طور کلی بیشترین وزن هزار دانه (۳۶/۸۵ گرم) از رقم سیروان با تیمار سایکوسل در شرایط آبیاری نرمال و کمترین آن (۲۸/۵ گرم) از رقم چمران در شرایط تنش خشکی و عدم مصرف تنظیم کننده های رشد در تیمار تنش خشکی مشاهده گردید (شکل ۲). نتایج به دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر وزن هزار دانه با نتایج گزارش شده توسط امام و دستفان (۷)، اسپیندولا و همکاران (۱۲)، پیرسته انوشه و امام (۳۵)، جیریایی و همکاران (۱۹) و شکوفا و امام (۳۹) همخوانی دارد.

عملکرد بیولوژیک

در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با آبیاری مطلوب گشت

با کاربرد سایکوسل تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه ها از این مواد افزایش می یابد بنابراین، می توان افزایش تعداد دانه را نتیجه کاهش نسبت گلچه های عقیم قبل از گرده افشانی دانست. حیات و همکاران (۱۶) نیز نقش تعدیل کنندگی سالیسیلیک اسید بر اثر تنش خشکی در کاهش تعداد دانه را گزارش کرده اند. تعداد دانه در سنبله با ازدیاد اندازه مقصد فیزیولوژیک نقش مستقیمی در عملکرد دانه دارد، به نحوی که اثر جبران کنندگی تنظیم کننده های رشد بر کاهش تعداد دانه در سنبله تحت شرایط تنش خشکی، می تواند منجر به افزایش عملکرد در این شرایط گردد. این موضوع حاکی از نقش حمایتی سایکوسل و سالیسیلیک اسید از عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی می باشد (۳۳).

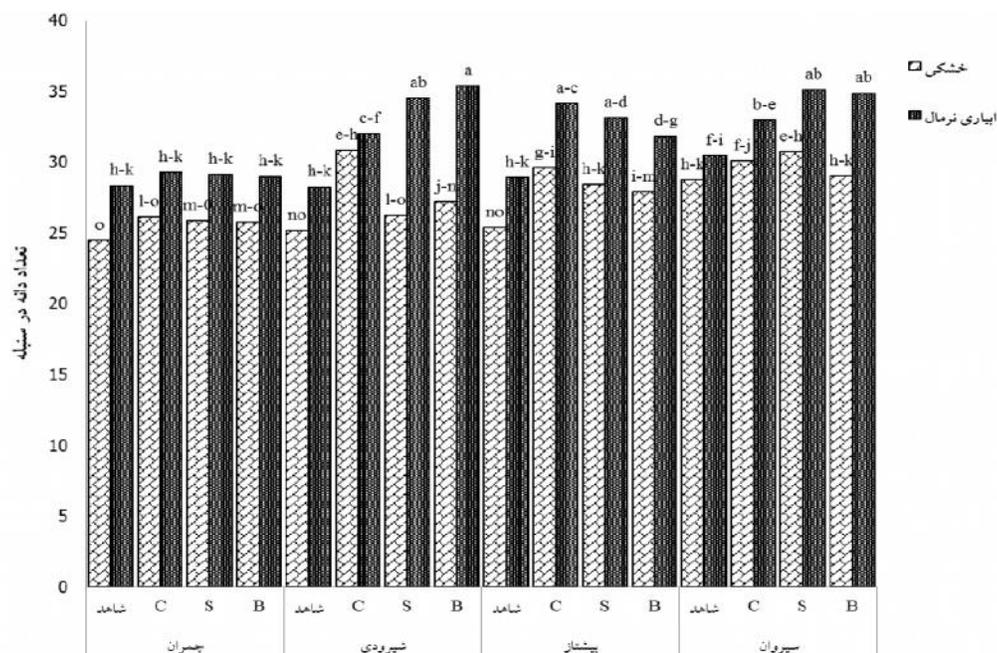
به طور کلی بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۵/۳۹) از رقم شیروانی در آبیاری نرمال در تیمار سایکوسل و کمترین آن (۲۴/۴۹) از رقم چمران در شرایط تنش خشکی و عدم مصرف تنظیم کننده به دست آمد (شکل ۱).

یافته های به دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر افزایش تعداد دانه در سنبله با نتایج گزارش شده توسط اسپیندولا و همکاران (۱۲)، پیرسته و امام (۳۵)، جیریایی و همکاران (۱۹) و شکوفا و امام (۳۹) در یک راستا هستند.

وزن هزار دانه

در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی دار (۷ درصد) وزن هزار دانه در مقایسه با آبیاری مطلوب گشت (جدول ۳).

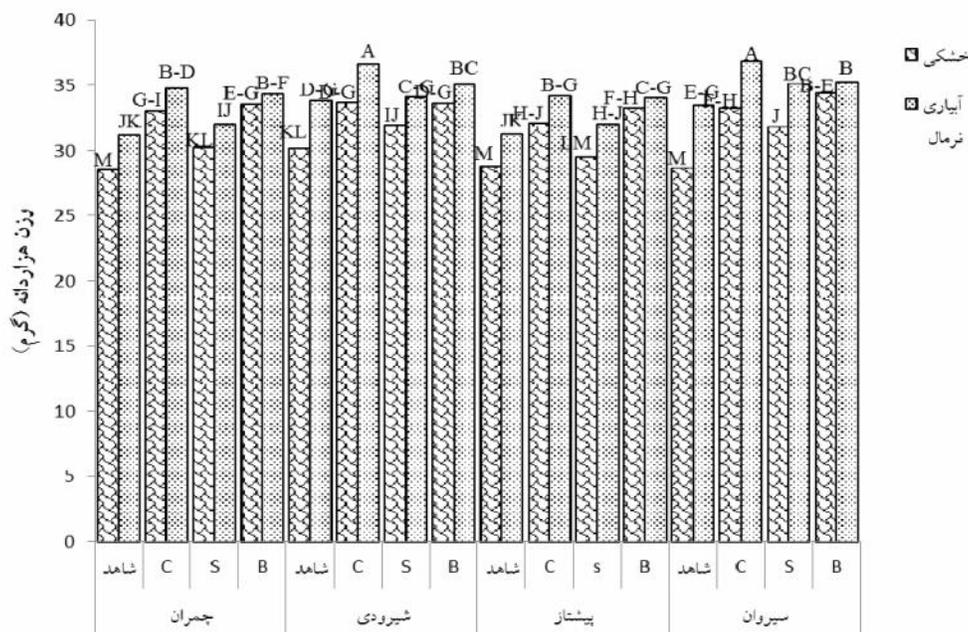
یافته های امام و دستفان (۷) و پسرکلی (۳۳) نیز مؤید همین موضوع است. این پژوهشگران کاهش فتوسنتز و هم چنین تسریع در رسیدن دانه را علت کاهش میانگین وزن هزار دانه گزارش کرده اند. هم چنین در شرایط تنش خشکی به نظر می رسد با تقویت فرایند انتقال مجدد، اولویت اختصاص مواد پرورده ذخیره شده در بوته ها، دانه ها در مقایسه با



شکل ۱. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه ارقام گندم

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD = 0.05$) می‌باشد.

(C: سایکوسل، S: سالیسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد.)



شکل ۲. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن هزار دانه ارقام گندم

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD = 0.05$) می‌باشد.

(C: سایکوسل، S: سالیسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد.)

و کمترین آن (۷۸۷/۵۶ گرم در مترمربع) در رقم چمران در شرایط تنش خشکی در زمان عدم مصرف تنظیم کننده مشاهده شد (شکل ۳).

یافته های به دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سالیسیک اسید بر روی عملکرد بیولوژیک با نتایج گزارش شده توسط پیرسته انوشه و امام (۳۵) مطابقت دارد، به علاوه امام و همکاران (۸) نیز تأثیر مثبت سایکوسل بر افزایش تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در گندم قدس را گزارش کرده اند.

میانگین وزن دانه در سنبله

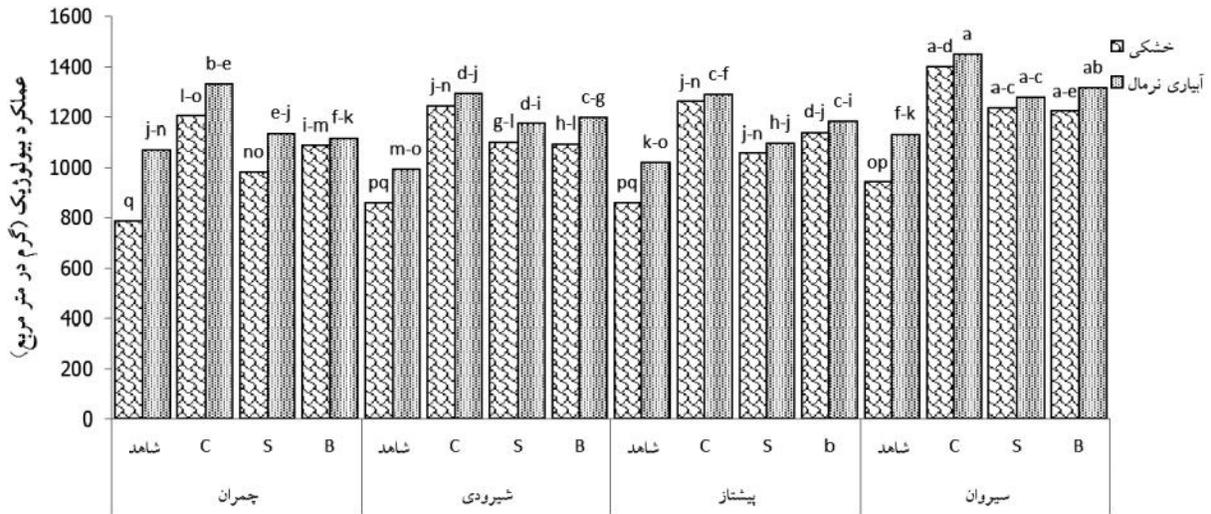
در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی دار وزن دانه در سنبله در مقایسه با آبیاری مطلوب شد (جدول ۳). کاهش وزن دانه در هر سنبله در شرایط تنش خشکی توسط پژوهشگرانی مانند امام و دستغال (۷) و پسرکلی (۳۳) گزارش شده است. آنان این کاهش را به کم شدن سرعت فتوسنتز در گیاه و هم چنین کاهش انتقال مواد پرورده در گیاه و تسریع در رسیدن دانه ها نسبت داده اند.

در بین تنظیم کننده های رشد سایکوسل بیشترین تأثیر مثبت را بر میانگین وزن دانه در سنبله (۲۲/۴۴ درصد) داشت (جدول ۴) که ممکن است در ارتباط با افزایش مدت سبزمانی برگ پرچم و سنبله باشد. نتایج ارائه شده توسط هوپکینز و هانر (۱۷) نیز مؤید همین نکته است. پس از سایکوسل، براسینواستروئید و سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن دانه در سنبله (به ترتیب ۱۸/۲ و ۱۲/۲۷ درصد) ارقام مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۳). به طور کلی بیشترین میانگین وزن دانه در سنبله از رقم سیروان با تیمار سایکوسل (۱/۱۸ گرم) در شرایط آبیاری نرمال و کمترین آن از رقم چمران در شرایط تنش خشکی و عدم مصرف تنظیم کننده (۰/۷۰۷ گرم) مشاهده شد (شکل ۴). یافته های به دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل

(جدول ۳). عملکرد بیولوژیک شامل وزن خشک تمام اندام هوایی گیاه است که تحت تأثیر شرایط آب و هوایی، خاک و گیاه قرار می گیرد (۱۹) و تنش خشکی از راه های مستقیم و غیر مستقیم (مانند کاهش سطح برگ، کاهش تورژسانس و بسته شدن روزنه ها) موجب کاهش تولید ماده خشک می گردد (۳۵) بنابراین کوچک شدن اندازه بوته ها و کاهش تولید ماده خشک منجر به افت عملکرد بیولوژیک می شود (۱۰).

گرچه در بین تنظیم کننده های رشد براسینواستروئید تأثیر مثبت زیادتری (افزایش ۲۲/۰۵ درصد) بر عملکرد بیولوژیک داشت لیکن تفاوت آن از لحاظ آماری با سایکوسل (افزایش ۲۰/۲۶ درصد) معنی دار نگردید (جدول ۴). تأثیر مثبت سایکوسل را می توان به افزایش مدت سبزمانی برگ پرچم و سنبله که تولید بیشتر ماده خشک را در پی دارد نسبت داد. در این رابطه شکوفا و امام (۳۹) نیز گزارش کردند که کاربرد سایکوسل بر شاخساره گندم، آهنگ نموی بوته های تیمار شده را کاهش داد که این موضوع گرچه در مرحله پیش از گل شکفتگی با کاهش تجمع ماده خشک (به صورت موقت) همراه بود، لیکن، پس از مرحله گل دهی این روند معکوس گردید، به نحوی که وزن خشک بوته ها نسبت به شاهد در هنگام برداشت نهایی زیادتر شده و در نهایت عملکرد دانه هم زیادتر بود.

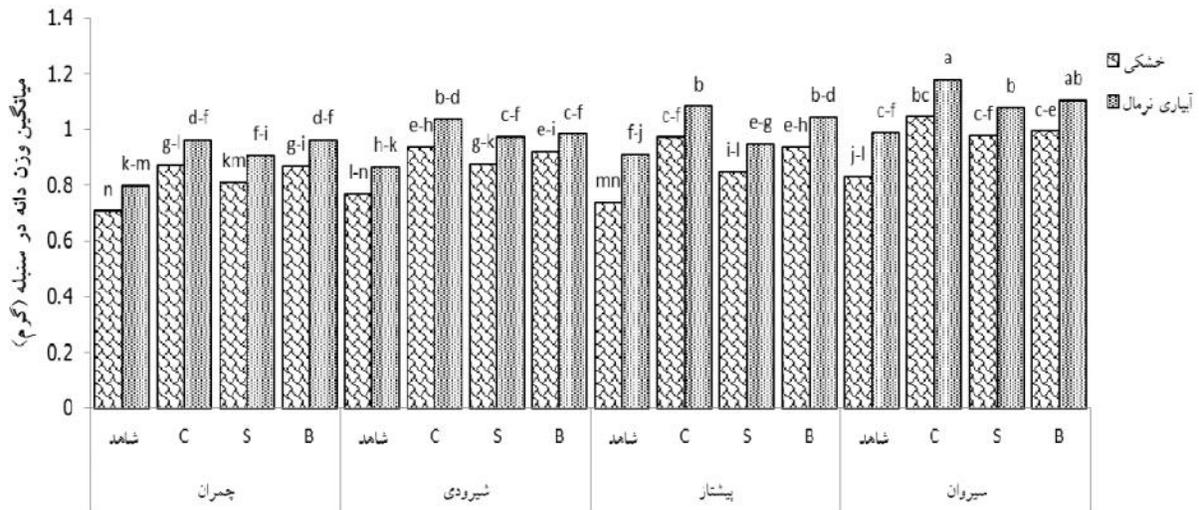
پس از براسینواستروئید و سایکوسل، سالیسیلیک اسید نیز موجب افزایش عملکرد بیولوژیک (افزایش ۱۸/۲۱ درصدی) در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول های ۳ و ۴)، هر چند تفاوت معنی داری بین سالیسیلیک اسید و سایکوسل ملاحظه نشد. پژوهشگران تأثیر مثبت تنظیم کننده های رشد بر عملکرد بیولوژیک را به توسعه اندام های زیرزمینی (ریشه ها) و ادامه فرایند فتوسنتز تحت تنش خشکی و در نهایت تولید ماده خشک بیشتر در این شرایط نسبت داده اند (۱۰ و ۳۵). در بین ارقام مورد بررسی بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۱۳۴/۴۴ گرم در مترمربع) از رقم سیروان با تیمار سایکوسل در آبیاری نرمال



شکل ۳. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد بیولوژیک ارقام گندم

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD = 0.05$) می‌باشد.

(C: سایکوسل، S: سالیسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد.)



شکل ۴. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن دانه در سنبله

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD = 0.05$) می‌باشد.

(C: سایکوسل، S: سالیسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد.)

میانگین وزن سنبله

در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن سنبله (۷/۷۸ درصد) در مقایسه با آبیاری مطلوب گردید (جدول‌های

و سالیسیلیک اسید بر میانگین وزن دانه در سنبله با نتایج گزارش شده توسط جیریایی و همکاران (۱۹) و شکوفا و امام (۳۹) مطابقت دارد.

برداشت (۹/۰۹ درصد) در مقایسه با آبیاری مطلوب گشت (جدول ۳) که این کاهش را می‌توان به کاهش وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و میانگین وزن هر سنبله نسبت داد. نتایج اسپیندولا و همکاران (۱۲) و پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) نیز نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند.

استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد، حتی با حفظ ماده خشک تولید شده، از راه ازدیاد شاخص برداشت می‌تواند به افزایش عملکرد منجر شود (۱۱). در پژوهش حاضر از بین تنظیم‌کننده‌های رشد سایکوسل بیشترین تأثیر را بر شاخص برداشت داشت (۸/۰۹ درصد) که علت آن را می‌توان به تأثیر سایکوسل بر افزایش وزن سنبله‌ها و عملکرد دانه نسبت داد و به همین دلیل تأثیر سایکوسل بر شاخص برداشت گندم مثبت و افزایشی بوده است. پس از سایکوسل، براسینواستروئید و سالیسیلیک اسید به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت (به ترتیب ۴/۶ و ۲/۶ درصد) ارقام مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند (جدول ۴). پژوهشگران این موضوع را به افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی با حفظ محتوای آب برگ و کاهش نشت یونی (۲ و ۱۹) در این شرایط نسبت داده‌اند. به‌طورکلی بیشترین شاخص برداشت از رقم سیروان با تیمار سایکوسل (۴۶/۲۵) در شرایط آبیاری نرمال و کمترین آن از رقم چمران در تنش خشکی در زمان عدم مصرف تنظیم‌کننده (۳۵/۱۳) به‌دست آمد (شکل ۶).

یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر روی شاخص برداشت با نتایج گزارش شده توسط اسپیندولا و همکاران (۱۲) و پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) در یک راستا است.

عملکرد دانه

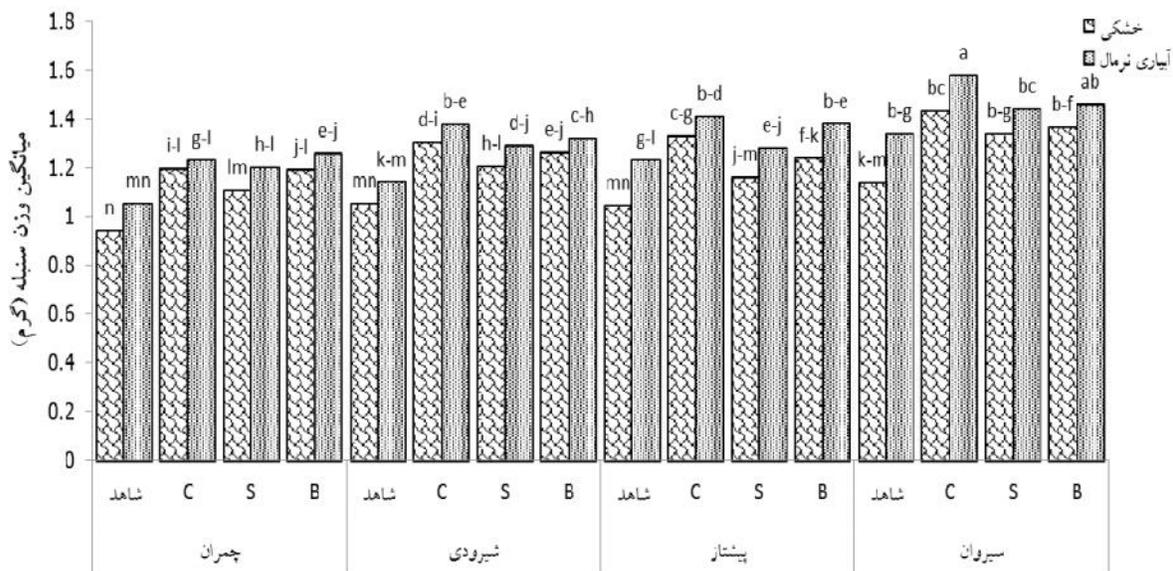
جدول مقایسه میانگین‌ها حاکی از وجود برتری ۲۹/۷ درصدی عملکرد دانه در تیمار آبیاری نرمال بود (جدول ۴). افت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به‌همراه کاهش عملکرد

کاهش وزن سنبله در شرایط تنش خشکی نتیجه کاهش فتوسنتز بوته‌ها در این شرایط بوده که مورد توجه پژوهشگرانی نظیر امام و ثقه‌الاسلامی (۱۰) و پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) نیز قرار گرفته است. در بین تنظیم‌کننده‌های رشد، سایکوسل بیشترین تأثیر مثبت را بر میانگین وزن سنبله (۲۱/۰۵ درصد) داشت (جدول ۴) که علت آن را می‌توان به افزایش مدت سبزمانی برگ پرچم و سنبله نسبت داد و نتایج ارائه شده توسط هوپکینز و هانز (۱۷) نیز مؤید همین نکته است بنابراین، به نظر می‌رسد محلول‌پاشی سایکوسل از طریق کاهش ارتفاع بوته‌ها و افزایش طول ریشه‌ها، زمینه لازم برای افزایش جذب آب و عناصر غذایی فراهم نموده باشد که این موضوع منجر به افزایش فتوسنتز شده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری برای اندام‌های هوایی از جمله سنبله، که مقصد فیزیولوژیک قوی می‌باشد، فراهم نموده باشد (۱۱).

پس از سایکوسل، براسینواستروئید و سالیسیلیک اسید نیز به ترتیب باعث افزایش میانگین وزن سنبله (به ترتیب ۱۶/۸۵ و ۱۱/۶۸ درصد) ارقام مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد شدند که این موضوع را می‌توان به حفظ فرایندهای فیزیولوژیک سلول از راه نگهداری محتوای آب و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی نسبت داد (۱۰). به‌طورکلی بیشترین میانگین وزن سنبله از رقم سیروان با تیمار سایکوسل (۱/۱۸ گرم) در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین آن (۰/۹۴۲ گرم) از رقم چمران در شرایط تنش خشکی در زمان عدم استفاده از تنظیم‌کننده مشاهده شد (شکل ۵). یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر میانگین وزن سنبله با پیش از این نیز توسط جیریایی و همکاران (۱۹) و شکوفا و امام (۳۹) گزارش شده است.

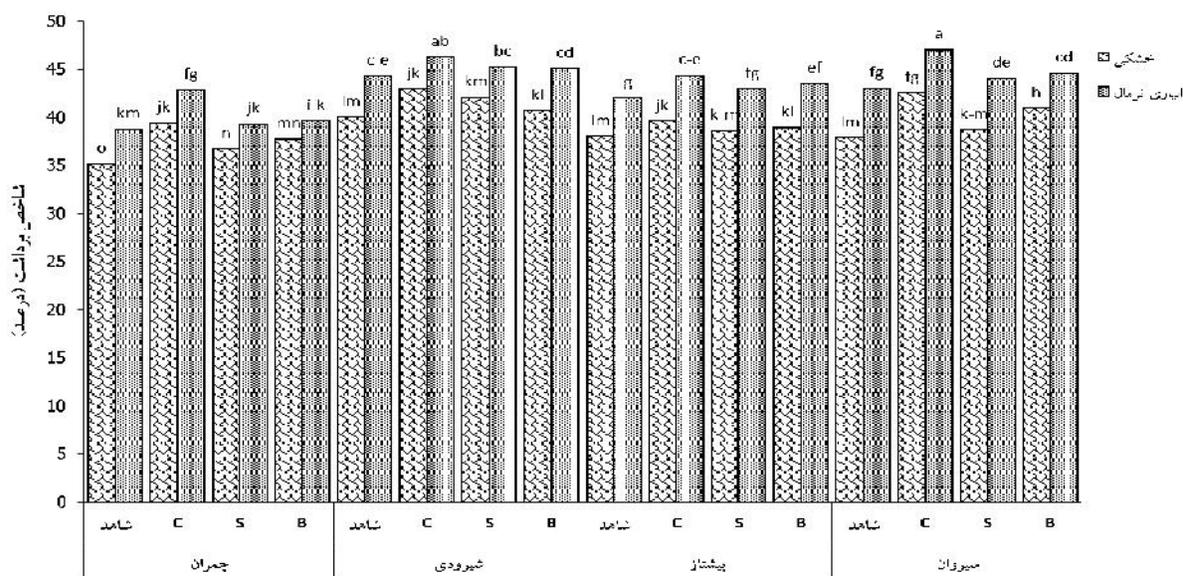
شاخص برداشت

در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار شاخص



شکل ۵. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن سنبله

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD = 0.05) می‌باشد. (C: سایکوسل، S: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد).



شکل ۶. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت ارقام گندم

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD = 0.05) می‌باشد. (C: سایکوسل، S: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد).

ارتفاع بوته

در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بیشترین ارتفاع ساقه از رقم سیروان با تیمار براسینواستروئید (۷۹/۹ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع ساقه از رقم شیروودی با تیمار سایکوسل (۷۱/۶ سانتی‌متر) مشاهده گردید (شکل ۸). به‌علاوه، در همه ارقام مورد بررسی سایکوسل موجب کاهش ارتفاع ساقه در مقایسه با شاهد گردید. براسینواستروئید و سالیسیلیک اسید به‌ترتیب بیشترین تأثیر را بر افزایش ارتفاع ساقه در هر دو شرایط آبیاری در مقایسه با شاهد نشان دادند (شکل ۸). این یافته‌ها نتایج پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) و اسپیندولا و همکاران (۱۲) در مورد تأثیرپذیری ارتفاع بوته‌ها از تنظیم‌کننده‌های رشد را تأیید می‌کنند. در واقع، سایکوسل از راه اختلال در چرخه سنتز جیبرلیک اسید موجب کاهش ارتفاع بوته‌ها گردیده است (۳۵ و ۱۲).

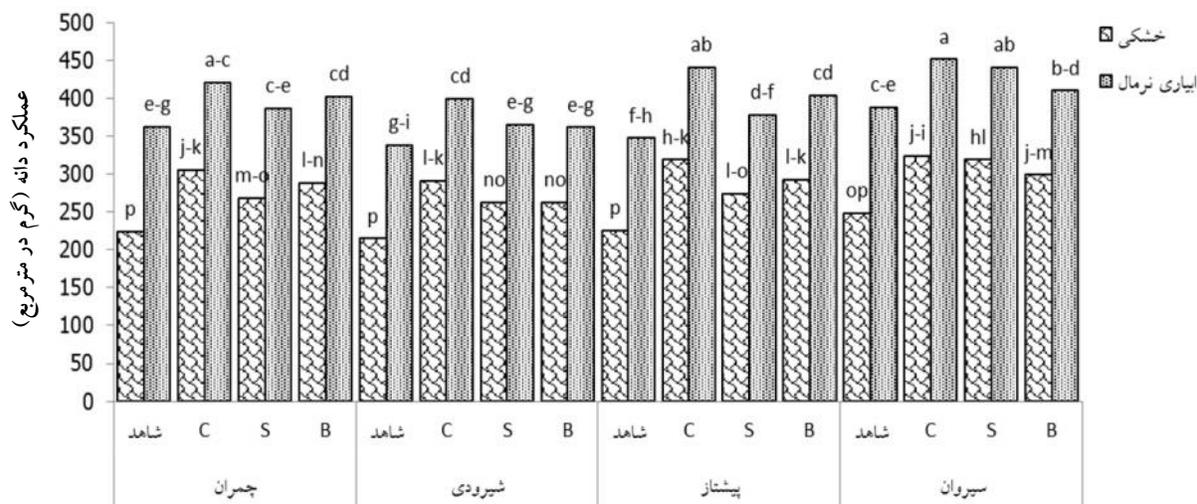
نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی آخر فصل موجب کاهش قابل ملاحظه عملکرد گندم می‌شود. هر چند بیشترین نتایج مثبت کاربرد استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط مطلوب حاصل شد، لیکن، تأثیر تعدیل‌کنندگی آنها در شرایط تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن در گندم تقریباً در تمام تنظیم‌کننده‌های رشد دیده شد که می‌تواند در پژوهش‌های مزرعه‌ای بعدی مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد و با توجه به شرایط آکرواکولوژیک هر منطقه تیمارهای مناسب تعیین و به‌کار گرفته شوند. در این پژوهش تیمار بوته‌های گندم با سایکوسل بیشترین تأثیر تعدیل‌کنندگی را بر اجزای عملکرد دانه داشت که پژوهش‌های تکمیلی در این راستا قابل توصیه است.

بیولوژیک، شاخص برداشت و کاهش وزن دانه می‌تواند برآیند کاهشی فرایندهای فیزیولوژیک تشکیل دهنده عملکرد از قبیل فتوسنتز، انتقال ماده خشک در گیاه و تخصیص بیشتر به ریشه‌ها نسبت داده که توسط پژوهشگران متعددی از قبیل گودینگ و همکاران (۱۳) و پی‌یری و همکاران (۳۴) مورد توجه قرار گرفته است.

در بین تنظیم‌کننده‌های رشد، سایکوسل بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشت (افزایش ۲۰/۶ درصدی) که علت آن را می‌توان به تأثیر سایکوسل بر وزن سنبله‌ها و شاخص برداشت نسبت داد. از طرفی نیز سایکوسل با افزایش مدت سبزمانی برگ پرچم و سنبله تأثیر مثبتی بر طول فرایند فتوسنتز داشته است. نتایج ارائه شده توسط پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) و شکوفا و امام (۳۹) نیز مؤید همین موضوع است. پس از سایکوسل، براسینواستروئید بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه ارقام چمران و پیشتاز و سالیسیلیک اسید بیشترین تأثیر را بر عملکرد ارقام شیروودی و سیروان در مقایسه با تیمار شاهد به‌جا گذاشت که این موضوع را می‌توان به تفاوت سیر مراحل فیزیولوژیک این ارقام و طول دوره رشد آنها نسبت داد. افزایش عملکرد توسط سایکوسل و سالیسیلیک اسید را می‌توان به اثر مثبت و افزایش آنها بر اجزای عملکرد دانه مانند وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نسبت داد. به‌طورکلی بیشترین عملکرد دانه از رقم سیروان با تیمار سایکوسل در شرایط آبیاری نرمال (۴۵۶/۶۷ گرم در مترمربع) و کمترین آن از رقم شیروودی در شرایط تنش خشکی و عدم استفاده از تنظیم‌کننده (۲۱۴/۸۲ گرم در مترمربع) مشاهده گردید (شکل ۷).

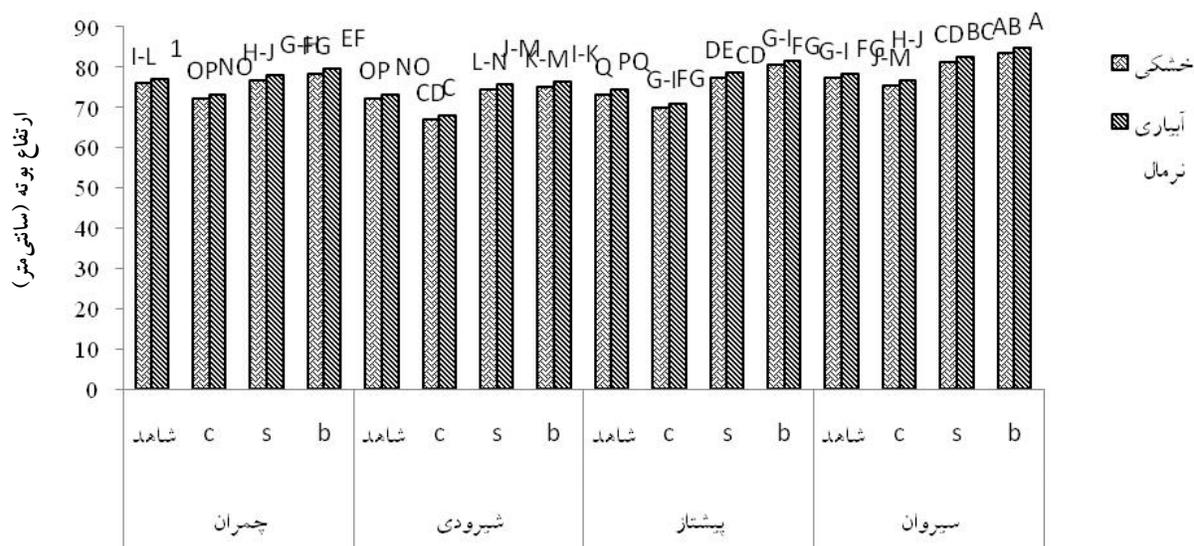
یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر روی عملکرد دانه، یافته‌های پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) و شکوفا و امام (۳۹) و شاکپرووا و همکاران (۳۸) را تأیید می‌کند.



شکل ۷. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه ارقام گندم

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD = 0.05$) می‌باشد.

(C: سایکوسل، S: سالیسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد.)



شکل ۸. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع بوته ارقام گندم

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD = 0.05$) می‌باشد.

(C: سایکوسل، S: سالیسیلیک اسید و B: براسینواستروئید می‌باشد.)

منابع مورد استفاده

1. Altenbach, S. B., F. M. DuPont, K. M. Kothari, R. Chan, E. L. Johnson and D. Lieu. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in US Spring wheat. *Journal of Cereal Science* 37: 9-20.
2. Ashraf, M., N. A. Akram, R. N. Arteca and M. R. Foolad. 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant process and salt tolerance. *Critical Reviews in Plant Science* 29: 162-190.
3. Bartels, D. and R. Sunkar. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Science* 24: 23-58.
4. Chegeni, H. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of wheat cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)* 104:9-21. (In Farsi).
5. Cheong, Y. H., K. N. Kim, G. K. Pandey, R. Gupta, J. J. Grant and S. Luan. 2003. CLB1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell* 15: 1833-1845.
6. Emam, Y., E. Tafazoli and H. R. Karimi. 1996. Growth and development of winter wheat (cultivar Ghods) as affected by chlormequat chloride (CCC). *Iranian Journal of Agricultural Science* 27 (1) 23-31. (In Farsi).
7. Emam, Y. and M. Dastfal. 1997. Above and below ground responses of winter barley plants to Chlormequat in moist and drying soil. *Crop Research* 14: 457-470.
8. Emam, Y. and H. R. Karimi. 1996. Influence of chlormequat chloride on five winter barley cultivars. *Iran Agricultural Research* 15:89-109. (In Farsi).
9. Emam, Y. and G. R. Moaied. 2000. Effect of planting density and chlormequat chloride on morphological characteristics of winter barley cultivar "Valfajr". *Journal of Agricultural Science and Technology* 2:75-83.
10. Emam, Y. and M. J. Seghatoeslami. 2005. Crop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University Press, Shiraz. (In Farsi).
11. Emam, Y. 2010. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz. (In Farsi).
12. Espindula, M. C., V. S. Rocha, J. A. S. Grossi, M. A. Souza, L. T. Souza and L. F. Favaro. 2009. Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha* 27(2): 379-387.
13. Gooding, M. J., R. H. Ellis, P. R. Shewry and J. D. Schofield. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of water wheat. *Journal of Cereal Science* 37: 295-309.
14. Grove, M. D., G. F. Spencer, W. K. Rohwedder, N. B. Mandava, J. F. Worley and J. D. Wathen. 1979. Brassinolide a plant growth promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature* 281: 216-217.
15. Hayat, S. and A. Ahmad. 2007. Salicylic Acid - A Plant Hormone. Springer. ISBN 1402051832. Netherlands.
16. Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2009. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A Review. *Environmental and Experimental Botany* 134: 1-12.
17. Hopkins W. G. and N. P. Huner. 2004. Introduction to Plant Physiology (3rd Ed.). John Wiley and Sons. Inc. New York.
18. Hussein, M. M., L. K. Balbaa and M. S. Gaballah. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3(4): 321-328.
19. Jiriaie, M., N. A. Sajedi, H. Madavi and M. Sheikhi. 2009. Effect of PGPR and water deficit on agronomical traits of wheat (cv. Shahriar). *New Findings in Agriculture* 3(4). 333-343. (In Farsi)
20. Ji, X., B. Shiran, J. Wan, D. C. Lewis, C. L. D. Jenkins, A. G. Condon, R. A. Richards and R. Dolferus. 2010. Importance of pre anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant Cell and Environment* 33: 926-942.
21. Jung, J. and W. Rudemacher. 1983. Plant growth regulating chemicals in cereal grains. pp. 253-271. In: L. G. Nickell (Ed.), Plant Growth Regulating Chemicals, Vol. I, CRC Publication, Boca Raton, Florida.
22. Kang, H. M. and M. E. Saltveit. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedlings leaves and roots are differently affected by salicylic acid. *Physiologia Plantarum* 115: 571-576.
23. Kaydan, D., M. Yagmur and N. Okut. 2006. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarim Bilimleri Dergisi* 13: 114-119.
24. Khripach, V. A., V. N. Zhabinskii and A. E. Groot. 1998. Brassinosteroids: A New Class of Plant Hormones. Academic Press. United States of America.
25. Khripach, V., V. Zhabinskii and A. E. Groot. 2002. Twenty years of brassinosteroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany* 80: 440-447.
26. Luigi, C., F. Rizza, B. Farnaz, E. Mazzucotelli, A. M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare, T. Alessandro and M. A. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research* 105: 1- 14.
27. Maguire, J. D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.

28. Maibangsa, S., M. Thangaraj and R. Stephen. 2000. Effect of brassinosteroid and salicylic acid on rice grown under low irradiance condition. *Indian Journal Agricultural Research* 34: 258-260.
29. Majer, P., L. Sass, T. Lelley, L. Cseuz, I. Vass, D. Dudits and J. Pauk. 2008. Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. *Acta Biologica Szegediensis* 52: 97-100.
30. Mousavi, A., KH. Kalantari, R. Jafari, N. Hasibi and K. Mahdavian. 2009. Study of the effects of 24 – epibrassinolide and water stress on some physiological parameters in canola (*Brassica napus* L.) seedlings. *Iranian Journal of Biology* 23 (2) 275 -286. (In Farsi).
31. Nikzad, A. R., M. Dastfall and S. Sarikhani. 2013. Lines and cultivars of bread and durum wheat, barley and triticale suitable for sowing in Fars province. Research Bulletin. Fars Jihad e Keshavarzi Organization. Fars.
32. Oosterhuis, D. M. and P. M. Cartwright. 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Science* 23: 711-717.
33. Pessaraki, M. 2001. Handbook of Plant and Crop Physiology. 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc. New York.
34. Pierre, C. S., J. Peterson, A. Rossa, J. Ohma, M. Verhoerena, M. Larsona and B. Hoefera. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *Agronomy Journal* 100: 414-420
35. Piraste, A. H. and Y. Emam. 2011. Yield and yield component responses of bread and durum wheat to PGRs under drought stress conditions in field and greenhouse. *Environmental Stresses in Crop Science* 5(1): 1-17. (In Farsi)
36. Rajala, A. and P. P. Sainio. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal* 93: 936-943.
37. Rajala, A. 2003. Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions. PhD. Thesis, University of Helsinki, Finland.
38. Shakirova, F. M., A. R. Sakhabutdinova, M. V. Bezrukova, R. A. Fathkutdinova and D. R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164, 317-324.
39. Shekoofa, A. and Y. Emam. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. *Journal of Agricultural Science and Technology* 10:101-108.

Effect of Three Growth Regulators on Grain Yield of Wheat Cultivars under Different Moisture Regimes

M. E. Sedaghat¹ and Y. Emam^{2*}

(Received: November 18-2015; Accepted: February 23-2016)

Abstract

Plant growth regulators (PGRs) are used to prevent reduction in wheat grain yield under limited moisture conditions. The effect of 3 PGRs including cycocel, salicylic acid and brassinosteroid on yield and yield components of four wheat cultivars (Chamran, Shiroudi, Pishtaz and Sirvan) under well watered and water stress (withheld irrigation after flowering) was examined. The experiment was carried out as a factorial split plot in a completely randomized block design with three replicates at research farm of Sarvestan, Fars province in 2014-15 growing season. The results showed that drought stress reduced ear weight, grains per ear, grain weight per ear, thousand grain weight, harvest index, biological yield and grain yield, significantly. Albeit, the extent of the decrease varied, i.e. the smallest and greatest decreases were found in thousand grain weight (7%) and number of grains per ear (13%), respectively. Furthermore, application of PGRs especially cycocel, could increase ear weight, grains per spike, harvest index, thousand grain weight and consequently, grain yield. Among cultivars, Sirvan had the highest and Shiroudi had the lowest yield under both moisture regimes. According to our results although drought stress suppresses wheat yield and yield components, PGRs could be harnessed to compensate some parts of drought stress. Therefore, use of PGRs could be recommended to alleviate the drought stress effect on bread wheat.

Keywords: Cycocel, Salicylic acid, Brassinosteroid, Harvest index, Biological yield

1, 2. PhD. Student and Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

*. Corresponding Author, Email: yaemam@shirazu.ac.ir