

## تأثیر سه تنظیم کننده رشد بر عملکرد دانه ارقام گندم در رژیم‌های متفاوت رطوبتی

محمد اسماعیل صداقت<sup>۱</sup> و یحیی امام<sup>۲\*</sup>

(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 تنظیم کننده‌های رشد می‌باشد. به همین منظور تأثیر سه تنظیم کننده رشد سایکوسل، سالسیلیک اسید و براسینواسترویید بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گندم (چمران، شیرودی، پیشتاز 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 ۹۴-۹۳ 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 تنظیم کننده‌های 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 براسینواسترویید 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 تنظیم کننده‌های رشد توانست بخشی از کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی را جبران نماید. بنابراین، استفاده از این تنظیم کننده‌ها به عنوان راهی قابل دسترس جهت افزایش تحمل به شرایط تنش خشکی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: براسینواسترویید، 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

می‌شود. سایکوسل از گروه ترکیبات آمونیومی بوده و از پرصرف‌ترین کند کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه در اروپا بوده و امروزه جهت کاهش خواهدگی و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی به‌ویژه غلات کاربرد فراوانی دارد (۸ و ۹). سایکوسل با اختلال در چرخه بیوسنتر جیبریلیک اسید مانع از فعالیت آنزیم انتکائوروون سنتاز 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 به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد دیگر به‌طور گسترده‌ای در ستر 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 به عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات منفی تنش‌های محیطی می‌تواند کاربرد داشته باشد (۲۲).

علاوه بر این، سالیسیلیک اسید به عنوان 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 براسینواستروییدها می‌باشدند. براسینواستروییدها برای اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط گروو و همکارانش از دانه گرده گیاه کلزا (Brassica napus) استخراج شدند (۱۴) و به عنوان یک گروه جدید از تنظیم‌کننده‌های رشد با اثرات زیستی قابل

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 به شمار 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 به علت خشک شدن دانه‌های گرده گزارش شده است (۲۰). به نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سایکوسل یا سالیسیلیک اسید بتواند به عنوان یک استراتژی برای جلوگیری از اثرات منفی تنش خشکی به کار رود. در این راستا بررسی‌های انجام شده نشان داده به کارگیری تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش مقاومت به سرما و خشکی می‌شوند (۲۱ و ۲۷).

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

براسینو استرویید (صرف و عدم صرف) و ارقام گندم با توجه به ویژگی‌های مندرج در جدول ۱ (چمران، شیروودی، پیشتاز و سیروان) انتخاب و به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. سایکوسل، سالسیلیک اسید و براسینو استرویید در پایان پنج‌هزاری، در مرحله ZGS = ۳۰ 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 فیزیکوشیمیایی خاک، اقدام به نمونه‌برداری مرکب از خاک مزرعه (بافت رسی لومی) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری شد (جدول ۲). همچنین پیش از شروع آزمایش در پاییز، عملیات خاک‌ورزی شامل شخم عمیق با گاوآهن 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 گل‌دهی هر کدام به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار اضافه شد. کاشت کرت‌های آزمایشی با تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع با دست در تاریخ ۳۰ آبان ماه ۱۳۹۳ صورت گرفت. مساحت هر کرت آزمایشی ۶ مترمربع ( $2 \times 3$ ) و شامل ۳ پشته و ۶ ردیف کاشت بود. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کرت‌های آزمایشی بلا فاصله پس از کاشت آبیاری شدند. جهت یکنواختی در حجم آبیاری کرت‌ها از لوله‌های دریچه‌دار و زمان یکسان در مدت آبیاری استفاده گردید. کنترل علف‌های هرز نیز به صورت وجین دستی در طول فصل انجام شد.

بوته‌های گندم در مرحله ZGS = ۳۰، با آب (به عنوان شاهد)، تنظیم‌کننده‌های سایکوسل (غلظت ۳ گرم در لیتر)، سالسیلیک اسید (با غلظت ۰/۷ میلی‌مولار) و

توجه معرفی شدند (۲۵). از آن زمان تاکنون از ۵۹ نوع براسینو استرویید، ۵۴ نوع به صورت آزاد و ۵ نوع به صورت پیوند با اسیدهای چرب و قندها (از گونه‌های مختلف گیاهان شامل ۴۹ عدد نهان دانه، ۱۲ تکله‌ای و ۳۷ دو لپه‌ای) استخراج و شناسایی شده‌اند (۲۶). این ترکیبات تقریباً در تمام قسمت‌های گیاه یافت می‌شوند و بیشترین مقدار آنها در اندام‌های زایشی (دانه گرده و بذر نارس) مشاهده شده است (۳۰).

با وجود دستاوردهای مهم در جهت درک پاسخ‌های 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 روش‌های اصلاحی که اغلب بلند مدت و هزینه‌بر می‌باشند، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد آسان‌تر و ارزان‌تر است (۳). به همین منظور پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر سه تنظیم‌کننده رشد بر عملکرد ارقام گندم در شرایط تنش خشکی و شرایط مطلوب انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنظیم‌کننده‌های 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 بلوک‌های 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 گل‌دهی به عنوان عامل اصلی و عوامل فرعی نیز شامل سطوح مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد شامل سایکوسل (صرف و عدم صرف)، سالسیلیک اسید (صرف و عدم صرف) و

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

نام رقم	تاریخ رسیدن	مقاطومت به ریزش	واکنش به تنفس‌های محیطی	اقلیم مورد کشت
چمران	زودرس	نیمه حساس	نیمه متتحمل	معتدل
شیروودی	زودرس	نیمه مقاوم	متتحمل به خشکی	گرم تا معتدل
پیشتاز	نسبتاً زودرس	متتحمل	متتحمل به خشکی	معتدل
سیرووان	متوسطرس	مقاوم	متتحمل به گرما و خشکی	معتدل

## جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکوشیمیابی خاک مورد استفاده در پژوهش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

اسیدیته (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتابسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن 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 تنفس خشکی موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله (۱۲/۹۲ درصد) در مقایسه با آبیاری مطلوب گشت (جدول ۳) کاهش تعداد دانه در اثر تنفس خشکی در پژوهش لوئیچی و همکاران (۲۶) و اوسترھیوز و کارترایت (۳۲) نیز گزارش شده است که عامل آن را می‌توان به نقش تنفس 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 لقاد و باروری به دنبال کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند به ازدیاد تعداد دانه در هر سنبله منجر شود.

براسینواسترویید (از براسینفن محصول شرکت آریا ترامس به میزان ۲۵۰ میلی لیتر بر مبنای ۴۰۰ لیتر آب در هکتار) و به صورت کاربرد شاخسارهای تیمار شدند. محلول سایکوسل و براسینواسترویید با آب قطر و سالسیلیک اسید با ترکیب آب قطر و محلول نیم میلی لیتر سود یک نرمال تهیه شدند. محلول پاشی 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 تهويه‌دار 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.

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

متغیر از آزادی	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بولوژیک	وزن دانه در سنبله	شاخص برداشت	عملکرد دانه	ارتفاع برته	متغیر انتشارات
۲/۹۴۲ NS	۰/۴۲ NS	۹۰۳/۱۲ NS	۹۰۴/۶ NS	۰/۰۵ NS	۰/۰۱*	۹۰۳/۱۲ NS	۰/۰۴ NS	۲/۹۴۲ NS
۱/۳۳/۷۶ NS	۳۳۱/۸۱۹/۱۸**	۳۳۷/۷۵۰**	۳۳۷/۷۵۰**	۰/۰۵**	۰/۰۸**	۳۳۷/۷۴۲/۸۸**	۱۳۲/۵۶۴**	۰/۰۵/۳۳۰**
۱/۸۲	۴۰۵/۱	۱۷۷	۰/۰۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۴/۰۵	۰/۰۴/۰۵	۱/۹۳
۲۱/۱/۲۳**	۹۸۸/۸۸۳/۳۱**	۹۶۵/۱**	۹۶۵/۱**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۱۱۷۱۳۴/۳۴۹**	۰/۰**	۷/۴/۸۴**
۱۳۱۲/۵۴**	۲۳۴۳۳۴/۵۴**	۲۳۳۰**	۰/۰۷۵**	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۰۵**	۳۳۰۰۴۰/۱۰۵۵**	۷/۱/۹۹**	۰/۱/۹۹**
۰/۰۲ NS	۳۲۲/۴ NS	۷/۶۱*	۰/۰۱ NS	۰/۰۰۲۱ NS	۰/۰۰۰۱ NS	۶۴۵/۷/۴۳ NS	۲/۳۱*	۷/۵۸ NS
۰/۰۳ NS	۵۸۸/۳/۴۳ NS	۰/۰۴1 NS	۰/۰۱ NS	۰/۰۰۰۱ NS	۰/۰۰۰۱ NS	۰/۰۵۳۵/۴**	۷/۱۷**	۰/۱۹۹**
۷/۹۴**	۶۴۹/۸۵ NS	۷/۵۱ NS	۰/۰۱ NS	۰/۰۰۱ NS	۰/۰۰۰۱ NS	۳۵۰۰۳/۴۵ NS	۱/۳۰ NS	۷/۱۱*
۰/۰۲ NS	۴۷/۶۹ NS	۰/۰۷۵ NS	۰/۰۱ NS	۰/۰۰۰۴ NS	۰/۰۰۰۴ NS	۳۲۲۰/۲۲ NS	۰/۰۴ NS	۵*
۱/۳	۲۶۲/۷	۰/۹۲	۰/۰۱	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۱	۳۶۳۷/۸۵	۰/۰۹۲	۱/۹۷
۹/۶	۶/۴۲	۵/۵۷	۵/۹۳	۵/۴۵	۵/۴۸	۵/۲	۴/۷۴	۰/۰۷۴

نحوه: غیر معنی دار، \*: بهترین معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و \*\*: بهترین معنی دار در سطح احتمال ۱٪.

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

ارتفاع (سانتی متر)	دنه عسلکرد (گرم بر متروم)	برداشت شاخص (درصد)	بسیله وزن (گرم)	بسیله در داده وزن (گرم)	بیولوژیک (گرم) عسلکرد	بیولوژیک (گرم) صلکرد	وزن هزار دنه	تعداد دنه در	صغار	نمایر	آبلوی
۷۵/۵۷ <sup>a</sup>	۲۷۶/۵۴ <sup>b</sup>	۳۹۴/۴۰ <sup>b</sup>	۱/۲۰ <sup>b</sup>	۰/۸۸ <sup>b</sup>	۱۰۴۵ <sup>b</sup>	۱۰۵۵ <sup>b</sup>	۳۱/۵۷ <sup>b</sup>	۳۱/۵۷ <sup>b</sup>	۲۷/۶۱ <sup>b</sup>	۲۷/۶۱ <sup>b</sup>	جنگلی
۷۶/۸۰ <sup>a</sup>	۲۹۳/۴۹ <sup>a</sup>	۴۳/۴۴ <sup>a</sup>	۱/۳۱ <sup>a</sup>	۰/۹۹ <sup>a</sup>	۱۱۶۴ <sup>a</sup>		۳۴/۵۰ <sup>a</sup>	۳۱/۷۱ <sup>a</sup>			زمال
۷۶/۴۵ <sup>b</sup>	۳۳۷/۴۲ <sup>b</sup>	۳۸/۷۳ <sup>d</sup>	۱/۱۵ <sup>c</sup>	۰/۸۵ <sup>c</sup>		۱۰۵۷/۴۶ <sup>b</sup>	۳۲/۲۴ <sup>b</sup>	۳۲/۴۵ <sup>b</sup>	۲۷/۴۵ <sup>b</sup>	۲۷/۴۵ <sup>b</sup>	رقم
۷۲/۷۵ <sup>c</sup>	۳۱۱/۲۴ <sup>c</sup>	۴۳/۳۴ <sup>c</sup>	۱/۲۴ <sup>b</sup>	۰/۹۴ <sup>b</sup>		۱۰۸۰ <sup>b</sup>	۱۰۸۰ <sup>b</sup>	۳۳/۴۴ <sup>b</sup>	۲۹/۹۵ <sup>b</sup>	۲۹/۹۵ <sup>b</sup>	چمن
۷۵/۸۰ <sup>b</sup>	۳۳۵/۲۸ <sup>b</sup>	۴۱/۰۲ <sup>c</sup>	۱/۲۵ <sup>b</sup>	۰/۹۳ <sup>b</sup>		۱۰۸۰/۱۰ <sup>b</sup>	۳۱/۴۱ <sup>b</sup>	۳۱/۴۱ <sup>b</sup>	۲۹/۹۳ <sup>b</sup>	۲۹/۹۳ <sup>b</sup>	شیرودی
۷۹/۹۴ <sup>a</sup>	۳۶۰/۸۰ <sup>a</sup>	۴۲/۲۷ <sup>a</sup>	۱/۳۸ <sup>a</sup>	۱/۰۳ <sup>a</sup>		۱۰۵۰/۵۰ <sup>a</sup>	۳۳/۴۲ <sup>a</sup>	۳۳/۴۲ <sup>a</sup>	۳۱/۵۱ <sup>a</sup>	۳۱/۵۱ <sup>a</sup>	پیشتر
۷۵/۲۲ <sup>c</sup>	۲۹۳/۷۵ <sup>c</sup>	۳۹/۹۷ <sup>c</sup>	۱/۱۲ <sup>c</sup>	۰/۸۷ <sup>c</sup>		۹۵۹۵۴ <sup>c</sup>	۳۰/۷۴ <sup>c</sup>	۳۰/۷۴ <sup>c</sup>	۲۷/۴۸ <sup>b</sup>	۲۷/۴۸ <sup>b</sup>	سروزان
۷۸/۹۸ <sup>a</sup>	۳۴۰/۲۴ <sup>b</sup>	۴۱/۴۲ <sup>b</sup>	۱/۳۰ <sup>b</sup>	۰/۹۷ <sup>b</sup>		۱۱۷۱/۲۹ <sup>b</sup>	۳۴/۲۱ <sup>b</sup>	۳۴/۲۱ <sup>b</sup>	۳۰/۱۲ <sup>b</sup>	۳۰/۱۲ <sup>b</sup>	سیاه
۷۱/۶۹ <sup>d</sup>	۳۶۹/۶۳ <sup>d</sup>	۴۳/۱۵ <sup>d</sup>	۱/۳۲ <sup>d</sup>	۰/۰۱ <sup>d</sup>		۱۱۵۴ <sup>ab</sup>	۳۴/۳۴ <sup>b</sup>	۳۴/۳۴ <sup>b</sup>	۳۰/۵۴ <sup>b</sup>	۳۰/۵۴ <sup>b</sup>	پرسپر استرورد
۷۷/۱۴ <sup>b</sup>	۳۳۶/۱۵ <sup>b</sup>	۴۰/۹۸ <sup>c</sup>	۱/۲۵ <sup>c</sup>	۰/۹۲ <sup>c</sup>		۱۱۳۴/۳۰ <sup>b</sup>	۳۲/۱۱ <sup>b</sup>	۳۲/۱۱ <sup>b</sup>	۳۰/۴۸ <sup>b</sup>	۳۰/۴۸ <sup>b</sup>	سایکوکسل
											سالپلیک اسید

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و در داخل هر عامل آزمایشی فاقد اختلاف معنی دار براساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار ( $0/0 = LSD$ ) هستند.

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

در بین تنظیم‌کننده های رشد، سایکوسل بیشترین تأثیر را بر وزن هزار دانه داشت (افزایش ۱۱/۶۴ درصد) که علت آن را می‌توان 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 سایینیو (۳۶) مطابقت دارد. پس از سایکوسل، براسینواسترویید و سالسیلیک 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 تنظیم‌کننده های رشد، کاربرد سایکوسل موجب افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک گردیده که همین امر بر روی وزن هزار دانه تأثیر مثبت داشته است لیکن سالسیلیک اسید موجب افزایش فتوستتر برگ و جریان بهتر مواد پرورده در گیاه می‌شود که این موضوع می‌تواند به پر شدن مطلوب‌تر دانه‌ها 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 تنفس خشکی و عدم مصرف پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالسیلیک اسید بر وزن هزار دانه با نتایج گزارش شده توسط اسپیندولا و همکاران (۱۲)، پیرسته و امام (۳۵)، جیریابی و همکاران (۱۹) و شکوفا و امام (۳۹) در دارد.

### عملکرد بیولوژیک

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

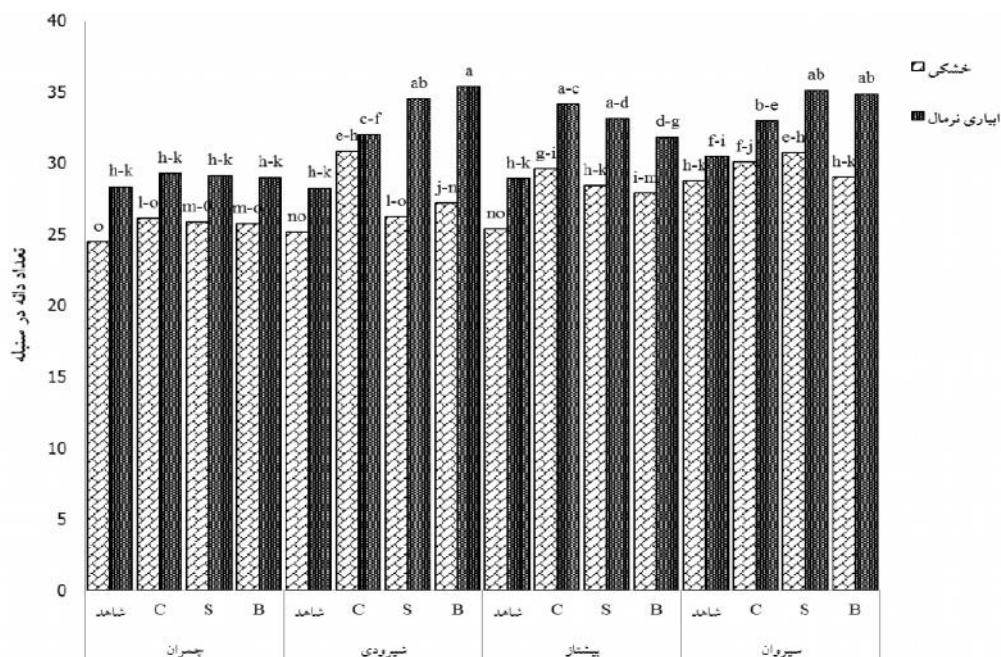
با کاربرد سایکوسل تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد بنابراین، می‌توان افزایش تعداد دانه را نتیجه کاهش نسبت گلچه‌های عقیم قبل از گرده‌افشانی دانست. حیات و همکاران (۱۶) نیز نقش تعديل کنندگی سالسیلیک اسید بر اثر تنفس خشکی در کاهش تعداد دانه را گزارش کرده‌اند. تعداد دانه در سنبله با ازدیاد اندازه مقصد فیزیولوژیک نقش مستقیمی در عملکرد دانه دارد، به‌نحوی که اثر جبران‌کنندگی تنظیم‌کننده‌های رشد بر کاهش تعداد دانه در سنبله تحت شرایط تنفس خشکی، می‌تواند منجر به افزایش عملکرد در این شرایط گردد. این موضوع حاکی از نقش حمایتی سایکوسل و سالسیلیک اسید از عملکرد گندم در شرایط تنفس خشکی می‌باشد (۳۳).

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

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

### وزن هزار دانه

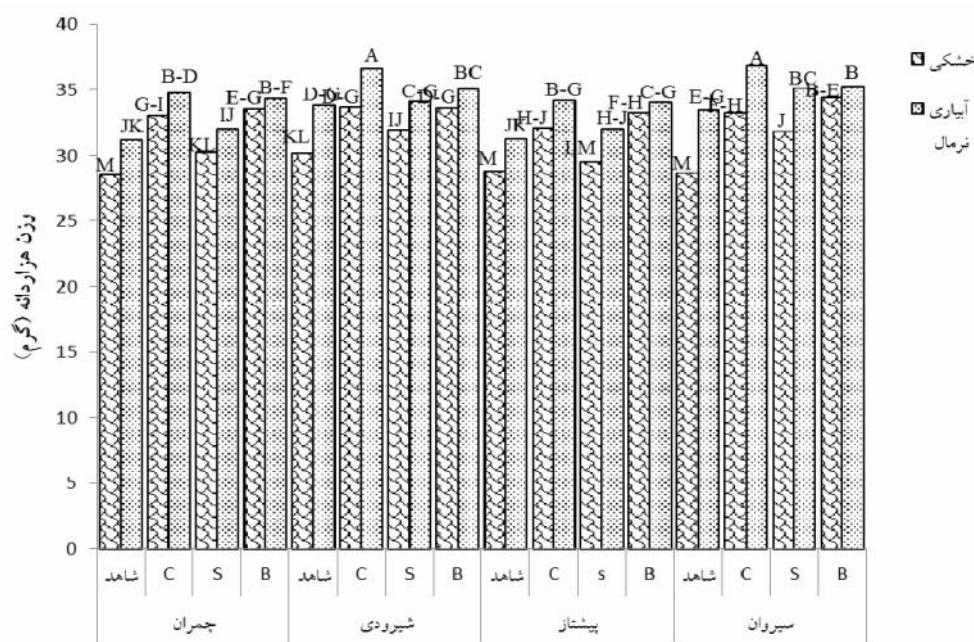
در این پژوهش تنفس خشکی موجب کاهش معنی دار (۷ درصد) وزن هزار دانه در مقایسه با آبیاری مطلوب گشت (جدول ۳).  
یافته‌های امام و دستفال (۷) و پسرکلی (۳۳) نیز مؤید همین موضوع است. این پژوهشگران کاهش فتوستتر و هم‌چنین تسریع در رسیدن دانه را علت کاهش میانگین وزن هزار دانه گزارش کرده‌اند. هم‌چنین در شرایط تنفس خشکی به نظر می‌رسد با تقویت فرایند انتقال مجدد، اولویت اختصاص مواد پرورده ذخیره شده در بوته‌ها، دانه‌ها 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 تفاضل معنی‌دار ( $LSD = 0.05$ ) می‌باشد.

(C): سایکوسل، (S): سالسیلیک اسید و (B): براسینواسترووید 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 تفاضل معنی‌دار ( $LSD = 0.05$ ) می‌باشد.

(C): سایکوسل، (S): سالسیلیک اسید و (B): براسینواسترووید می‌باشد.)

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

یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سالسیلیک اسید بر روی عملکرد بیولوژیک با نتایج گزارش شده توسط پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) مطابقت دارد، به علاوه امام و همکاران (۸) نیز تأثیر مثبت سایکوسل بر افزایش تولید ماده خشک منجر به افت عملکرد بیولوژیک گزارش کردند.

### میانگین وزن دانه در سنبله

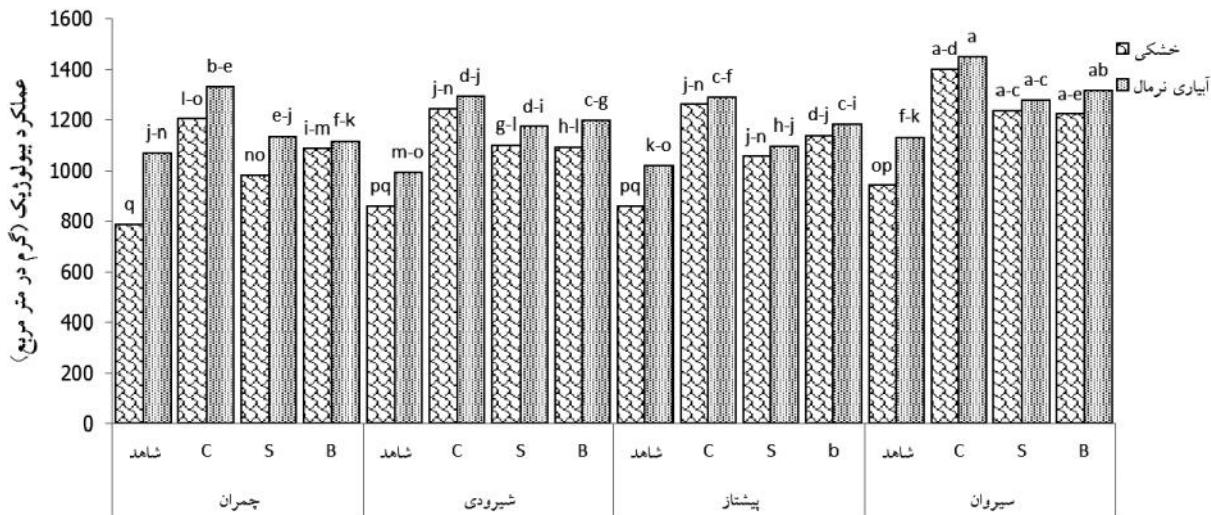
در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه در سنبله در مقایسه با آبیاری مطلوب شد (جدول ۳). کاهش وزن دانه در هر سنبله در شرایط تنش خشکی توسط پژوهشگرانی مانند امام و دستفال (۷) و پسرکلی (۳۳) گزارش شده است. آنان این کاهش را به کم شدن سرعت فتوستز در گیاه و هم‌چنین کاهش انتقال مواد پرورده در گیاه و تسريع در رسیدن دانه‌ها نسبت داده‌اند.

در بین تنظیم‌کننده‌های رشد سایکوسل بیشترین تأثیر مثبت را بر میانگین وزن دانه در سنبله 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، براسینواسترویید و سالسیلیک 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 تنظیم‌کننده (۰/۷۰۷ گرم) مشاهده شد (شکل ۴). یافته‌های به‌دست 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 می‌گیرد (۱۹) و تنش خشکی از راه‌های مستقیم و غیر مستقیم (مانند کاهش سطح برگ، کاهش تورژسانس و پسته شدن روزنه‌ها) موجب کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (۳۵) بنابراین کوچک شدن اندازه بوته‌ها و کاهش تولید ماده خشک منجر به افت عملکرد بیولوژیک می‌شود (۱۰).

گرچه در بین تنظیم‌کننده‌های رشد براسینواسترویید تأثیر مثبت زیادتری (افزایش ۲۲/۰۵ درصد) بر عملکرد بیولوژیک داشت لیکن تفاوت آن از لحاظ آماری با سایکوسل (افزایش ۲۰/۲۶ درصد) معنی‌دار نگردید (جدول ۴). تأثیر مثبت سایکوسل را می‌توان 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 شاخص‌سازه گندم، آهنگ نموی بوته‌های تیمار شده را کاهش داد که این موضوع گرچه در مرحله پیش از گل‌شکفتگی با کاهش تجمع ماده خشک (به صورت موقت) همراه بود، لیکن، پس از مرحله گل‌دهی این روند معکوس گردید، به نحوی که وزن خشک بوته‌ها نسبت به شاهد در هنگام برداشت نهایی زیادتر شده و در نهایت عملکرد دانه هم زیادتر بود.

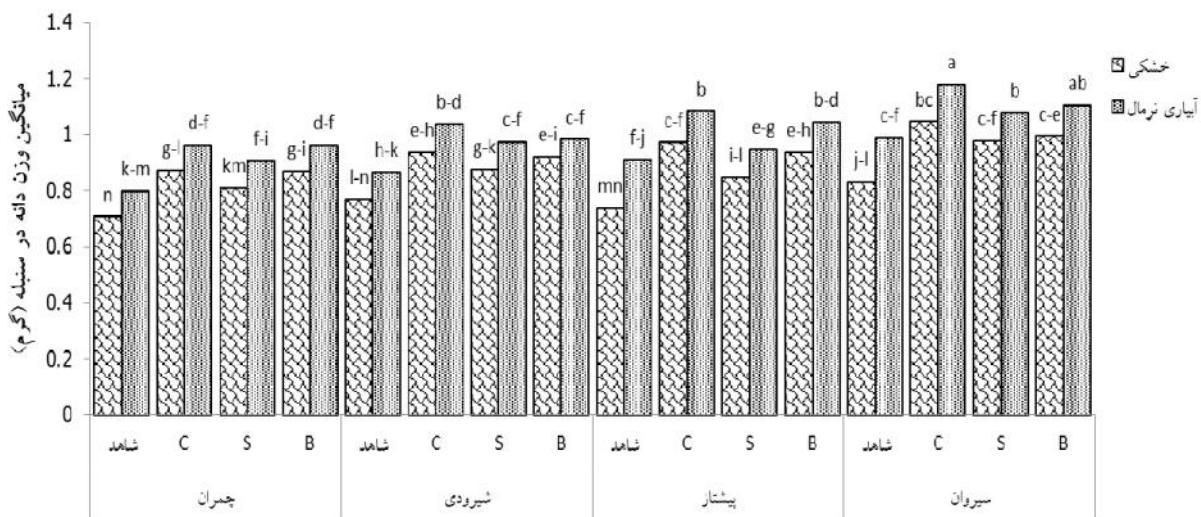
پس از براسینواسترویید و سایکوسل، سالسیلیک اسید نیز موجب افزایش عملکرد بیولوژیک (افزایش ۱۸/۲۱ درصدی) در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول های ۳ و ۴)، هرچند تفاوت معنی‌داری بین سالسیلیک اسید و سایکوسل ملاحظه نشد. پژوهشگران تأثیر مثبت تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد بیولوژیک را به توسعه اندام‌های زیرزمینی (ریشه‌ها) و ادامه فرایند فتوستز تحت تنش خشکی و در نهایت تولید ماده خشک بیشتر در این شرایط نسبت داده‌اند (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 تفاضل معنی‌دار ( $LSD = 0.05$ ) می‌باشد.

(C): سایکوسول، S: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروبید می‌باشد.)



شکل ۴. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن دانه در سنبله

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

(C): سایکوسول، S: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروبید می‌باشد.)

و سالسیلیک اسید بر میانگین وزن دانه در سنبله با نتایج گزارش شده توسط جیریایی و همکاران (۱۹) و شکوفا و امام (۳۹) در این پژوهش تنفس خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن سنبله در این پژوهش تنفس خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن سنبله (۷/۷۸) در مقایسه با آبیاری مطلوب گردید (جدول‌های 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، براسینواسترویید و سالسیلیک 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. به طورکلی بیشترین شاخص برداشت از رقم سیرون 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) به دست آمد (شکل ۶).

یافته‌های به دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالسیلیک 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

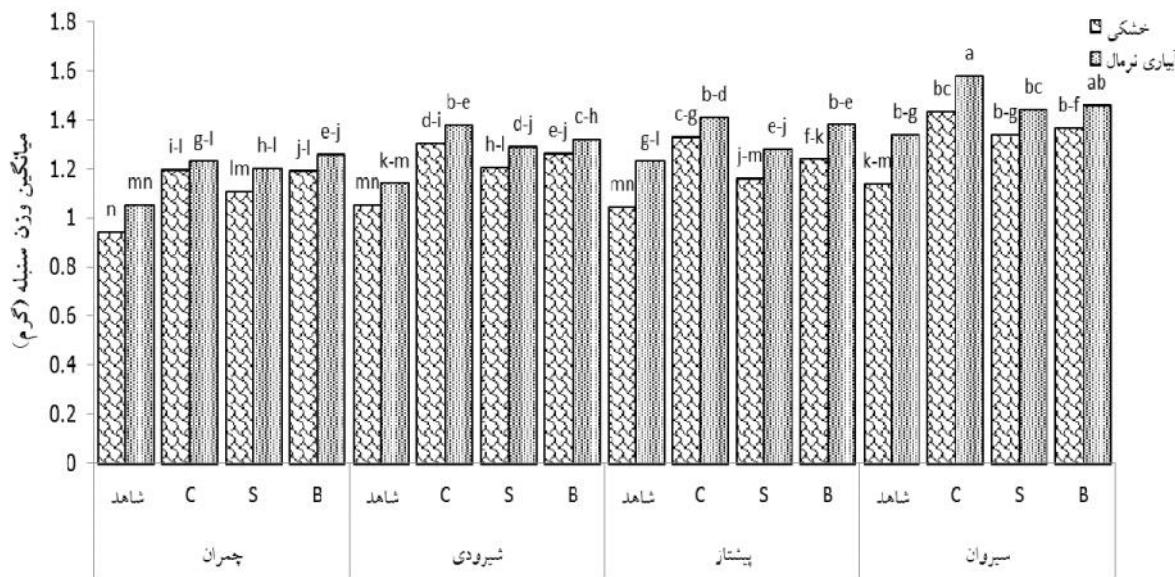
جدول مقایسه میانگین‌ها حاکی از وجود برتری ۲۹/۷ درصدی عملکرد دانه در تیمار آبیاری نرمال بود (جدول ۴). افت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به همراه کاهش عملکرد

۳ و ۴). کاهش وزن سنبله در شرایط تنش خشکی نتیجه کاهش فتوستتر بوته‌ها در این شرایط بوده که مورد توجه پژوهشگرانی نظری 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 هانر (۱۷) نیز مؤید همین نکته است بنابراین، به نظر می‌رسد محلول پاشی 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 فتوستتر شده و در نتیجه مواد فتوستتری بیشتری برای اندام‌های هوایی از جمله سنبله، که مقصد فیزیولوژیک قوی می‌باشد، فراهم نموده باشد (۱۱).

پس از سایکوسل، براسینواسترویید و سالسیلیک 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). به طورکلی بیشترین میانگین وزن سنبله از رقم سیرون 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 به دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالسیلیک 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

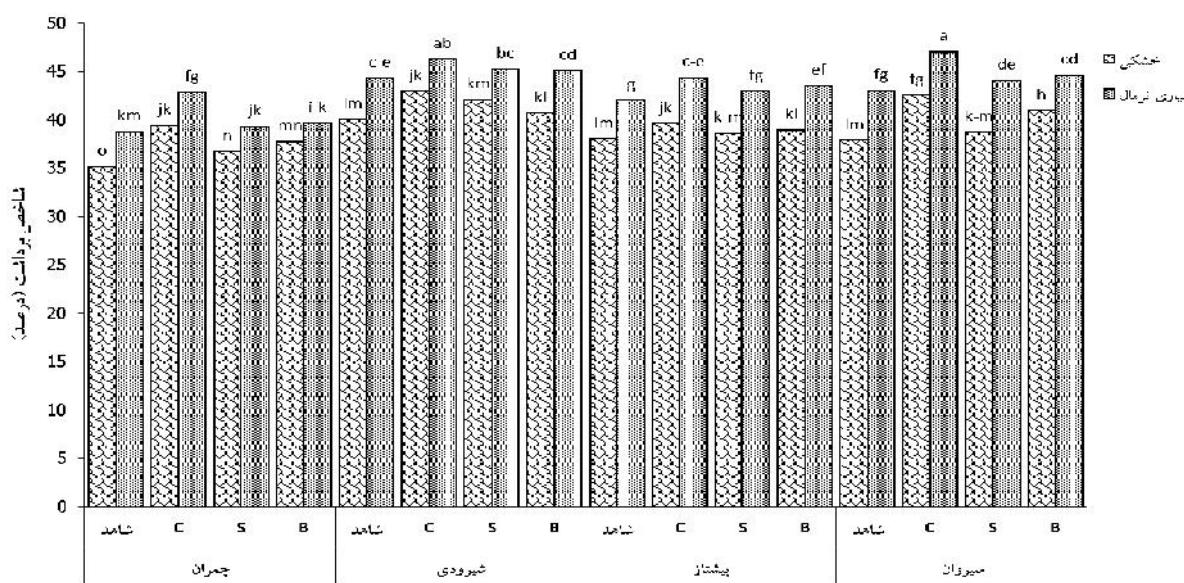
در این پژوهش تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار شاخص



شکل ۵. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن سبله

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

(C: سایکوسل، S: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروبید می‌باشد.)



شکل ۶. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت ارقام گندم

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

(C: سایکوسل، S: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروبید می‌باشد.)

### ارتفاع بوته

در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بیشترین ارتفاع ساقه از رقم سیروان با تیمار براسینواستروید (۷۹/۹ سانتی متر) و کمترین ارتفاع ساقه از رقم شیرودی با تیمار سایکوسل (۷۱/۶ سانتی متر) مشاهده گردید (شکل ۸). به علاوه، در همه ارقام مورد بررسی سایکوسل موجب کاهش ارتفاع ساقه در مقایسه با شاهد گردید. براسینواستروید و سالیسیلیک اسید به ترتیب 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 جیرلیک اسید موجب کاهش ارتفاع بوته‌ها گردیده است (۳۵ و ۱۲).

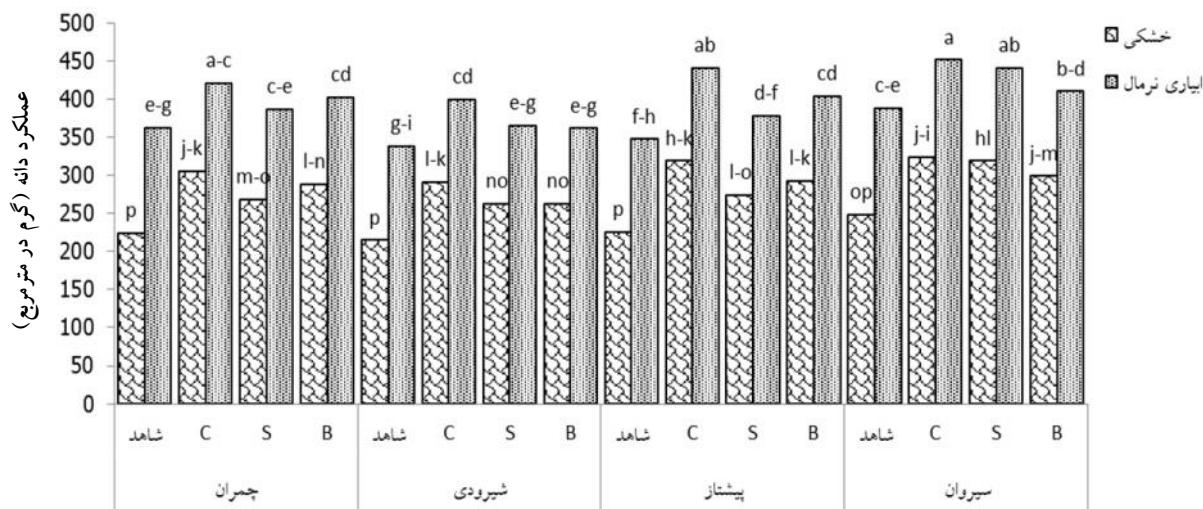
### نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی آخر فصل موجب کاهش قابل ملاحظه عملکرد گندم می‌شود. هرچند بیشترین نتایج مثبت کاربرد استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط مطلوب حاصل شد، لیکن، تأثیر تعديل‌کننده‌گی 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 به کار گرفته شوند. در این پژوهش تیمار بوته‌های گندم با سایکوسل بیشترین تأثیر تعديل‌کننده‌گی 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 فتوستتر، انتقال ماده خشک در گیاه و تخصیص بیشتر به ریشه‌ها نسبت داده که توسط پژوهشگران متعددی از قبیل گودینگ و همکاران (۱۲) 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 فتوستتر داشته است. نتایج ارائه شده توسط پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) و شکوفا و امام (۳۹) نیز مؤید همین موضوع است. پس از سایکوسل، براسینواستروید بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه ارقام چمران و پیشتاز و سالیسیلیک اسید بیشترین تأثیر را بر عملکرد ارقام شیرودی و سیروان در مقایسه با تیمار شاهد به جا 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 افراینده آنها بر اجزای عملکرد دانه مانند وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نسبت داد. به طورکلی بیشترین عملکرد دانه از رقم سیروان با تیمار سایکوسل در شرایط آبیاری نرمال (۴۵۶/۶۷ گرم در مترمربع) و کمترین آن از رقم شیرودی در شرایط تنش خشکی و عدم استفاده از تنظیم‌کننده (۲۱۴/۸۲ گرم در مترمربع) مشاهده گردید (شکل ۷).

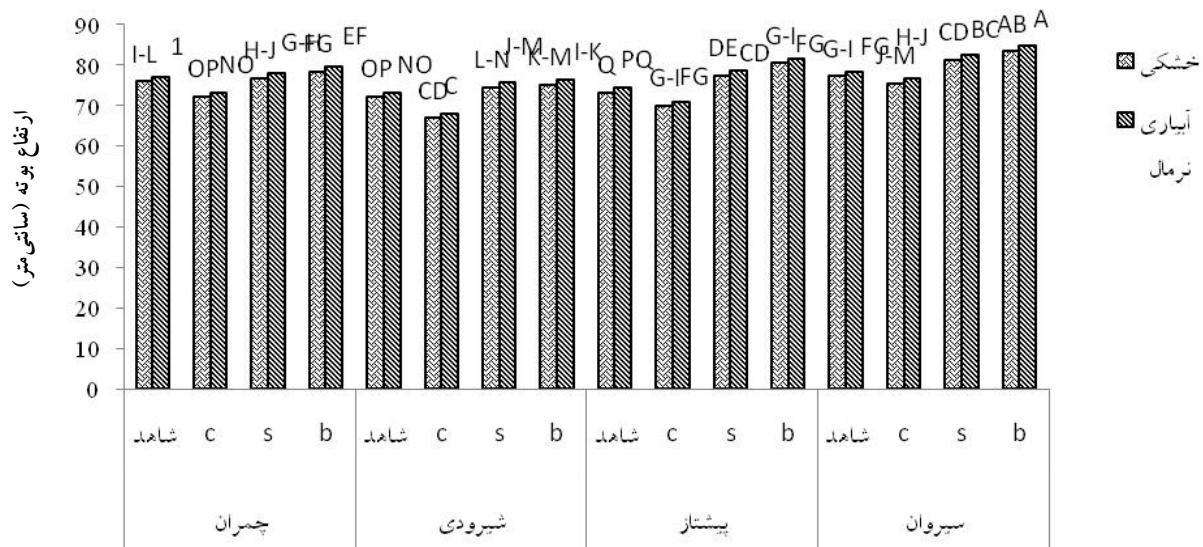
یافته‌های به دست آمده در این پژوهش در مورد تأثیر مثبت سایکوسل و سالیسیلیک اسید بر روی عملکرد دانه، یافته‌های پیرسته‌انوشه و امام (۳۵) و شکوفا و امام (۳۹) و شاکریرووا و همکاران (۳۸) را تأیید می‌کند.



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: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروپید 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: سالسیلیک اسید و B: براسینواستروپید 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. Favaroto. 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 winter 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 (3<sup>rd</sup> 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 brassinosteriod 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 Jehad e Keshavarzi Organization. Fars.
32. Oosterhuis, D. M. and P. M. Cartwirght. 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Science* 23: 711-717.
33. Pessarakli, M. 2001. Handbook of Plant and Crop Physiology. 2<sup>nd</sup> Ed. Marcel Dekker, Inc. New York.
34. Pierre, C. S., J. Petersona, 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. Sedaghat<sup>1</sup> and Y. Emam<sup>2\*</sup>

(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 brassinoestroeid 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