"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹٦

اثر محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Effect of application of plant growth regulators on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions

محمد اسماعیل صداقت[۱] و یحیی امام[۲]

چکیده

صداقت، م. ا. و ی . امام. ۱۳۹٦. اثر محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش خشکی انتهای فصل. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۲): ۱٤۷-۱۳۲.**

یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش عملکرد گندم نان در شرایط محدودیت آب، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد است. به همین منظور، اثر سه نوع تنظیم کننده رشد (سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید) بر رشد و عملکرد چهار رقم گندم (چمران، شیرودی، پیشتاز و سیروان) در تیمارهای آبیاری معمول و قطع آبیاری پس از گلدهی، مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی (۹٤-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹٤) اجرا شد. نتایج نشان داد که قطع آبیاری باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه ارقام گندم در مقایسه با آبیاری معمول گردید. در بین اجزای عملکرد، کمترین اثر قطع آبیاری بر وزن هزار دانه (۱۱/۲ درصد) و بیشترین اثر آن بر عملکرد بیولوژیک (۲۵/۲ درصد) مشاهده شد. محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد، به ویژه سایکوسل، باعث افزایش تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و عملکرد دانه ارقام گندم شده و پس از آن، به ترتیب اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید، بدون تفاوت معنی‌دار نسبت به یکدیگر، قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه تحت تاثیر تیمار سایکوسل در دو سال آزمایش (به ترتیب ۳٦۹٦ و ٤٤۳۹ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. همچنین بیشترین عملکرد دانه از رقم سیروان در دو سال آزمایش (به ترتیب ۳٦۰۸ و ٤٤٤۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید. نتایج این آزمایش نشان داد که اگر چه قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد و اجزای آن شد، لیکن محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد باعث جبران بخشی از کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی گردید که میزان آن برای سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید به‌ترتیب ۳۱/۳، ۲۳/۵ و ۲۳/۲ درصد بود. بر اساس نتایج این آزمایش به‌نظر می رسد که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند جهت افزایش تحمل ارقام گندم به تنش خشکی انتهای فصل مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، براسینواسترویید، سایکوسل، شاخص برداشت، سطح برگ و گندم نان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۳/۲۸ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: yaemam@shirazu.ac.ir)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از اصلی‌ترین محصولات کشاورزی و تامین کننده بیشترین نیاز غذایی انسان‌ها در کشورهای در حال توسعه است. گندم در ایران از نظر میزان تولید و سطح زیر کشت، مهم‌ترین گیاه زراعی بوده و به همین دلیل توجه به روش‌های افزایش عملکرد دانه آن از اهمیت زیادی برخوردار است. در سطوح وسیعی از کشور ایران، کاهش میزان رطوبت خاک در اثر عدم بارندگی و افزایش دمای هوا در انتهای فصل رشد، از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده رشد و عملکرد گندم به شمار می‌رود (Emam, 2011). تنش خشکی اغلب در طول دوره پر شدن دانه در گندم حادث شده و باعث کاهش محصول در بیشتر مناطق تحت کشت در دنیا می‌شود (Altenbach *et al*., 2003). مهم‌ترین دلیل افت عملکرد در شرایط تنش، کاهش تعداد دانه‌ها به علت خشک شدن دانه‌های گرده گزارش شده است (Emam, 2011). گزارش شده است که در شرایط کمبود آب، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند سایکوسل، سالیسیلیک اسید یا براسینواستروییدها می‌توانند به عنوان راهکار جلوگیری از اثرات منفی تنش آبی بر گیاهان در نظر گرفته شوند. بر اساس نتایج بررسی‌های انجام شده، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش تحمل گیاه به تنش‌های سرما و خشکی می‌شود (Maibangsa *et al*., 2000).

سایکوسل یا کلرمکوات کلراید (CCC) از گروه ترکیبات آمونیومی بوده و از پرمصرف‌ترین کند کننده‌های رشد گیاهی است که جهت کاهش خوابیدگی بوته و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی، به ویژه غلات کاربرد فروانی دارد (Emam and Moaied, 2000; Emam and Seghatoeslami, 2005). سایکوسل با اختلال در چرخه بیوسنتز اسید جیبرلیک مانع از فعالیت آنزیم انت‌کائورن سنتاز شده و ارتفاع بوته را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد دانه می‌شود (Rajala and Sainio, 2001). اسید سالیسیلیک نیز به عنوان یک تنظیم کننده رشد جهت بهبود سنتز مواد آلی و فرایندهای گیاهی به طور گستردهای کاربرد دارد. اسید سالیسیلیک در اثر عوامل غیرزنده نامطلوب، در بافت‌های گیاهی تجمع یافته و در افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی نقش دارد. از اسید سالیسیلیک به‌منظور افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیر زنده نامطلوب استفاده شده است، بنابراین استفاده از اسید سالیسیلیک می‌تواند به عنوان یک روش سودمند برای جلوگیری از اثر منفی تنش‌های محیطی در نظر گرفته شود (Hussein *et al*., 2007). علاوه بر این، اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام رسان مهم در پاسخ گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی شناخته شده است که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و تنظیم کننده-های اسمزی مانند پرولین و گلیسین - بتائین، باعث تعدیل اثرات ناشی از تنش گرما، سرما، فلزات سنگین و خشکی بر گیاه می‌شود (Maibangsa *et al*., 2000). گروه دیگر از تنظیم کننده‌های رشد براسینواستروییدها هستند که به عنوان یک گروه جدید از تنظیم کننده‌های رشد با اثرات زیستی قابل توجه، معرفی شده‌اند. این گروه از ترکیبات تقریباً در تمام قسمت‌های گیاه یافت شده و بیشترین مقدار آن‌ها در اندام‌های زایشی (دانه گرده و بذرهای نارس) مشاهده شده است (Mousavi *et al*., 2009). استفاده از براسینواستروییدها باعث افزایش کارایی و تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی (شوری، خشکی و سرما) شده و موجب افزایش طول ساقه، طویل شدن لوله گرده، پ هن شدن برگ و طویل شدن ریشه‌ها می‌گردد (Shahbaz and Ashraf, 2007).

با وجود دستاوردهای مهم در خصوص درک پاسخ‌های فیزیولوژیک و مولکولی گندم به

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

کمبود آب، هنوز فاصله زیادی بین عملکرد گندم درشرایط بدون تنش و تنش خشکی وجود دارد (Luigi *et al*., 2008)، بعلاوه استفاده از تنظیم کننده‌های رشد در مقایسه با روش‌های اصلاحی که اغلب بلند مدت و هزینه‌بر هستند، آسان‌تر و ارزان‌تر است (Bartels and Sunkar, 2005). پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی اثر سه تنظیم کننده رشد بر عملکرد دانه و ویژگی‌های مورفولوژیک چهار رقم گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در شهرستان سروستان واقع در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی شیراز با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۴۰ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو سطح آبیاری (بدون تنش) و قطع آبیاری پس از گلدهی (از مرحله ZGS=60 تا رسیدگی ZGS=90) به عنوان عامل اصلی و سطوح تنظیم کننده‌های رشد و ارقام گندم به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تنظیم کننده‌های رشد شامل؛ شاهد (عدم استفاده از تنظیم کننده)، سایکوسل با غلظت ۱۹ میلی مولار، اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۷ میلی‌مولار و براسینواسترویید (از منبع براسیفن) با غلظت ۳ میکرومولار بود. محلول سایکوسل و براسینواسترویید با استفاده از آب گرم و اسید سالیسیلیک با استفاده از آب گرم و اتانول تهیه شدند. ارقام گندم مورد ارزیابی شامل چمران، شیرودی، پیشتاز و سیروان بودند که در ترکیب با تنظیم کننده‌های رشد به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. محلول پاشی سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید در در مرحله پنجه‌زنی ZGS=29 (Emam, 2011) با استفاده از محلول پاش دستی دقیق و با فشار ثابت ۳ بار انجام شد. پیش از اجرای آزمایش اقدام به نمونه برداری مرکب از خاک مزرعه (بافت رسی لومی) از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱ - ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1. Physico-chemical properties of soil in experimental site at 0-30 cm depth

رس Clay (٪)	سیلت Silt (٪)	شن Sand (٪)	نیتروژن کل Total N (٪)	کربن آلی OC (٪)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH
40	44	16	0.08	0.97	10.5	286	8.5

پیش ازشروع آزمایش در پاییز عملیات خاک‌ورزی مطابق عملیات رایج منطقه، شامل شخم عمیق با گاو آهن برگردان‌دار، دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح انجام شد. قبل ازکاشت تمام کود فسفر مورد نیاز از منبع سوپرفسفا ت تریپل به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و یک چهارم کود نیتروژن مورد نیاز به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به خاک اضافه شده و مابقی کود اوره در مراحل ساقه رفتن و پیش از گلدهی، هرکدام به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار، به خاک داده شد. کاشت بذر در کرت‌های آزمایشی با تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع با دست در تاریخ ۳۰ آبان ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. میزان بارندگی و میانگین دمای ماهانه برای سال‌های آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. مساحت کرت‌های آزمایشی ۶ متر مربع (۲×۳) و شامل

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

۳ پشته و ۶ ردیف کاشت بود. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کرت‌های آزمایشی بلافاصله پس از کاشت آبیاری شدند. به‌منظور اعمال 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 رشد انجام شد.

جدول ۲- میزان بارندگی و میانگین دمای هوا در سال‌های زراعی اول (۹۴-۱۳۹۳) (۱) و دوم (۹۵-۱۳۹۴) (۲)

Table 2. Rainfall and mean temperature for first (1) (2014-15) and second (2) (2015-16) cropping seasons

	آبان Oct.		آذر Nov.		دی Dec.		بهمن Jan.		اسفند Feb.		فروردین Mar.		اردیبهشت Apr.		خرداد May	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Rainfall (mm) بارندگی	26.3	77.7	49.3	13	12.1	68.9	54	25.3	40.5	33.2	15.8	13.8	0	0	0	0
Temperature (°c) دما	14.8	12.6	9.1	8.2	7.9	6.4	10.5	7.7	13.2	10.4	17	14.7	22.8	22.1	27.8	26.1

بوته‌های گندم درمرحله پنجه‌زنی (ZGS=29) با آب مقطر (به عنوان شاهد)، تنظیم کننده‌های سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواستروید به صورت محلول‌پاشی شاخساره‌ای تیمار شدند. محلول‌پاشی در هوای آرام برای کل بوته‌ها انجام شد. در سال دوم آزمایش، پس از اعمال تیمارها، شش نوبت نمونه‌برداری از بوته‌ها به فاصله زمانی ۱۰ روزه انجام شد. در هر نمونه برداری سطح برگ‌های پنج بوته با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین و وزن خشک آنها پس از خشکاندن در آون تهویه‌دار با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، اندازه‌گیری شد. برداشت بوته‌ها در اواخر خرداد پس از رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. پس از حذف بوته‌های حاشیه، از مساحت یک مترمربع ناحیه مرکزی هر کرت، نمونه‌برداری انجام و اندازه‌گیری‌های لازم در آزمایشگاه انجام شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

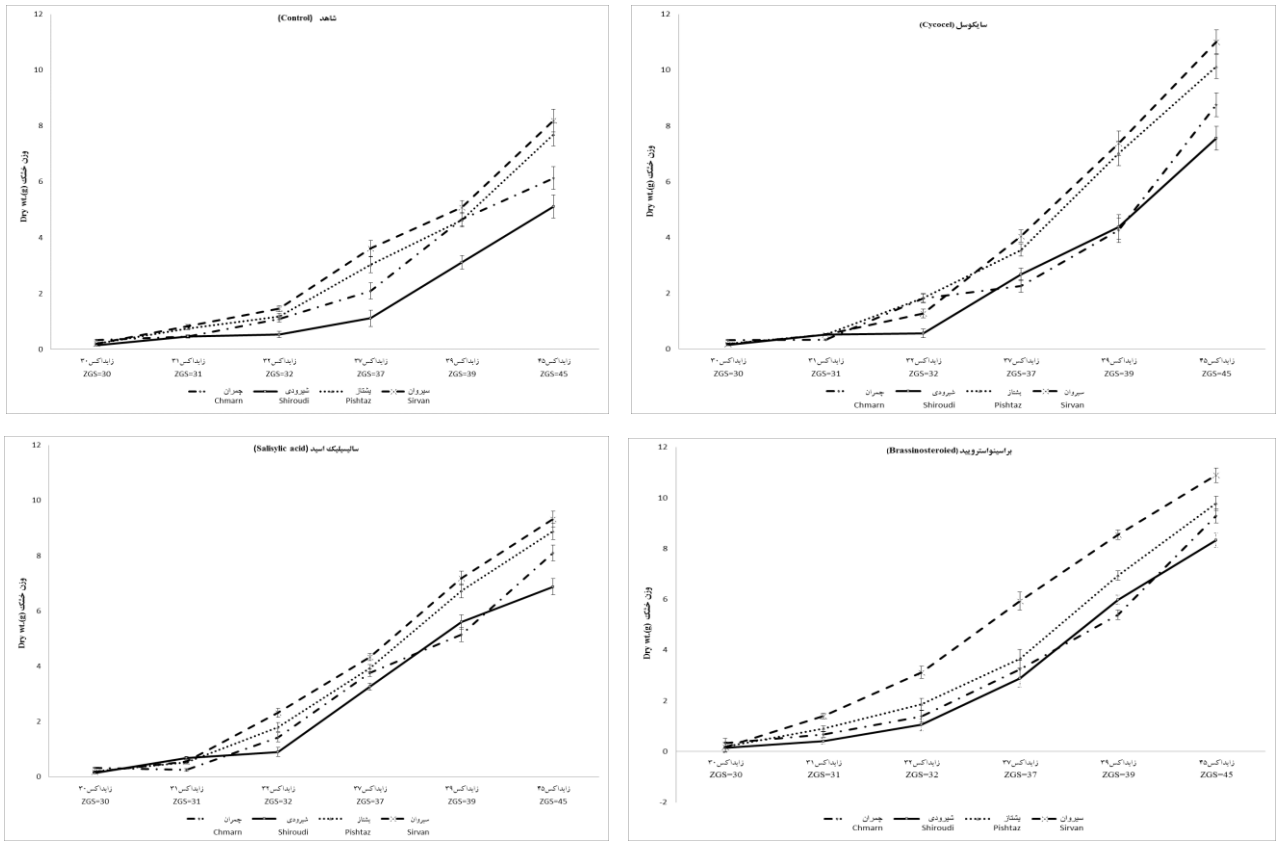
نتایج و بحث

تجزیه واریانس نتایج نشان داد که رقم، تنظیم کننده‌های رشد و برهمکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته ارقام گندم داشتند. بیشترین ارتفاع بوته در کلیه ارقام گندم مورد بررسی از تیمار براسینواستروید بدست آمد و سایکوسل باعث کاهش ارتفاع بوته شد (جدول ۳). میانگین ارتفاع بوته ارقام گندم تفاوت معنی‌داری داشت. رقم سیروان در تیمار محلول‌پاشی براسینواستروید بیشترین (۸۴/۴ سانتی‌متر) و رقم شیرودی در تیمار سایکوسل کمترین (۶۷/۹ سانتی‌متر) ارتفاع بوته را در دو سال آزمایش به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی و بدون تنش، تفاوتی در ارتفاع بوته مشاهده نشد، زیرا زمان اعمال تنش خشکی بعد از گلدهی بوته‌ها بود. این یافته‌ها با نتایج پیرسته انوشه و امام (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011) و اسپیندولا و همکاران (Espindula *et al*., 2009) در مورد تاثیرپذیری ارتفاع بوته از کند کننده‌های رشد، مطابقت دارد. سایکوسل از طریق اختلال در سنتز اسید جیبرلیک باعث کاهش ارتفاع بوته‌ها می‌شود (Espindula *et al*., 2009; Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011). افزایش ارتفاع بوته در ارقام پاکوتاه گندم که دارای ژن پاکوتاهی (*Rht*) هستند، در اثر مصرف تنظیم کننده‌هایی نظیر براسینواستروید و اسید سالیسیلیک که در پژوهش حاضر مشاهده شد، می‌تواند

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

مربوط به برتری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه این ارقام باشد. پژوهشگران افزایش ارتفاع بوته در ارقام پاکوتاه گندم را با افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مرتبط دانسته‌اند. با در نظر گرفتن تاثیر ناپذیری ارتفاع بوته ارقام گندم حاوی ژن پاکوتاهی از اسید جیبرلیک (Youssefian *et al.*, 1992)، مشاهده شد که اسید سالیسیلیک و براسینواستروئید مدت کوتاهی پس از محلول‌پاشی، باعث افزایش طول ساقه و ماده خشک شده و در نهایت منجر به بهبود عملکرد دانه شدند (جدول ۳). اثر مثبت اسید سالیسیلیک و براسینواستروئید بر تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها که باعث افزایش ارتفاع بوته‌ها می‌شود، توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Hayat and Ahmad, 2007).



شکل ۱- اثر محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد بر تغییرات وزن خشک بوته ارقام گندم در سال دوم آزمایش (۹۵-۱۳۹۴). هر نقطه میانگین پنج مشاهده است. میله‌های روی میانگین‌ها نشان دهنده دامنه خطای معیار میانگین (SE) است

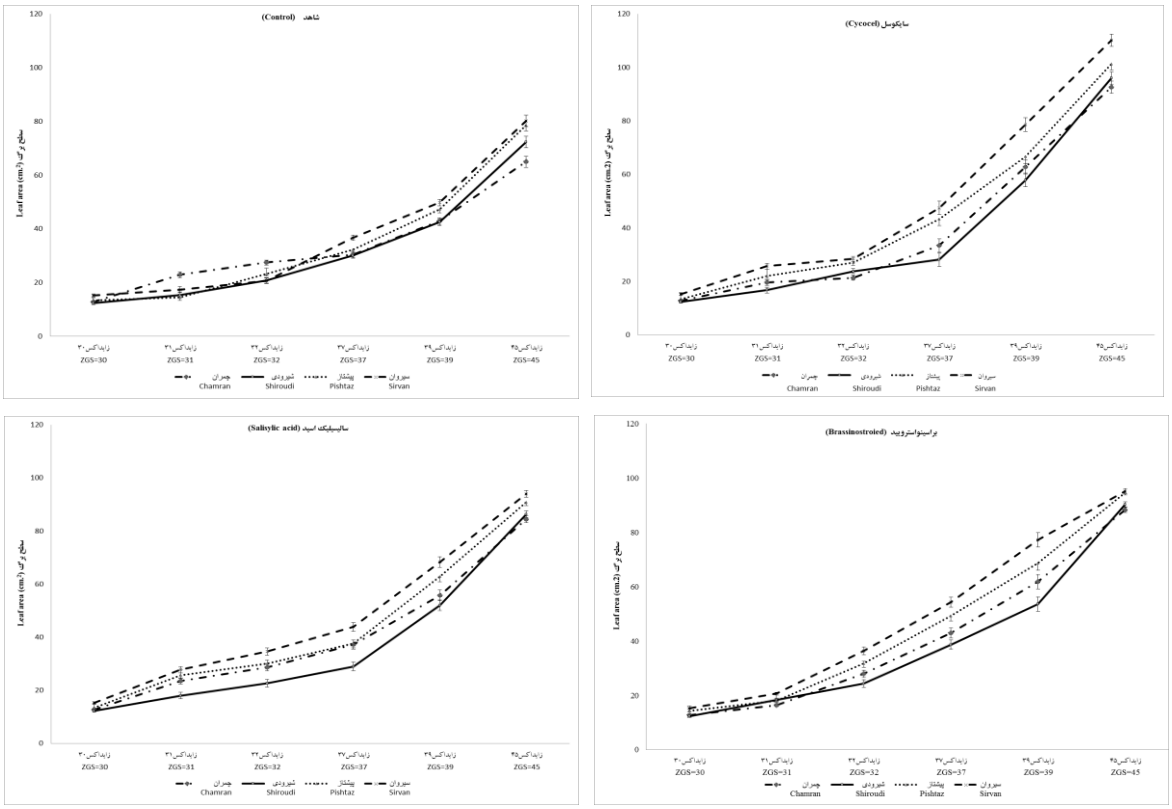
Fig. 1. The effect of PGRs on plant dry weight of wheat cultivars in second year (2015-16). Each point is the mean of 5 observations. Error bars represent the range of SE for each mean.

محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد باعث افزایش قابل توجه وزن خشک بوته ارقام گندم در مقایسه با تیمار شاهد شدند. رقم سیروان بیشترین و رقم شیرودی کمترین وزن خشک بوته را در تیمارهای محلول‌پاشی تنظیم کننده‌ها داشتند (شکل ۱). سایکوسل و براسینواستروئید بیشترین تاثیر را بر وزن خشک بوته داشتند، هر چند اثر سایکوسل در مقایسه با براسینواستروئید و اسید سالیسیلیک دیرتر نمایان شد، اما در نهایت موجب افزایش وزن خشک بوته گردید. پژوهشگران کاهش ماده خشک گیاه در کوتاه مدت به دنبال تیمار سایکوسل را به کاهش رشد طولی وابسته به جیبرلین (رشد طولی برگ‌ها و میان‌گره‌ها) و افزایش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

تسهیم مواد پرورده به ریشه‌ها، نسبت داده‌اند. پس از گذشت دوره مذکور، با افزایش معنی‌دار تعداد برگ‌ها و سطح سبز بوته‌های تیمار شده، وزن خشک بوته‌های تیمار شده با سایکوسل به دلیل جذب بیشتر انرژی تابشی به طور معنی‌داری در مقایسه با بوته‌های شاهد، افزایش می‌یابد (Shekoofa and Emam, 2008). در پژوهش حاضر نیز روند افزایشی ماده خشک تا مرحله ZGS=32 (رشد طولی ساقه) مشاهده نشد و پس از آن ماده خشک بوته‌های تیمار شده با سایکوسل، افزایش یافت (شکل ۱). یافته‌های این پژوهش با نتایج بهرامی و همکاران (Bahrami *et al*., 2014) در خصوص اثر مثبت سایکوسل و عبداللهی و شکاری (Abdollahi and Shekari, 2013) در خصوص اثر مثبت اسید سالیسیلیک مطابقت دارد.



شکل ۲- اثر محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد بر تغییرات سطح برگ بوته ارقام گندم در سال دوم آزمایش (۹۵-۱۳۹۴). هر نقطه میانگین پنج مشاهده است. میله‌های روی میانگین‌ها نشان دهنده دامنه خطای معیار میانگین (SE) است

Fig. 2. The effect of PGRs on leaf area of wheat cultivars in second year (2015-16). Each point is the mean of 5 observations. Error bars represent the range of SE for each mean.

محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد باعث افزایش قابل توجه سطح برگ ارقام گندم در مقایسه با تیمار شاهد شدند. رقم سیروان بیشترین و رقم شیرودی کمترین سطح برگ بوته را در تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد نشان دادند (شکل ۲). سایکوسل بیشترین تاثیر را بر سطح برگ ارقام گندم داشت. هر چند این تاثیر در مقایسه با براسینواستروید و اسید سالیسیلیک دیرتر نمایان شد، لیکن در نهایت باعث افزایش سطح برگ در مقایسه با دو تنظیم کننده رشد دیگر گردید. سایکوسل علاوه بر اینکه از طریق تحریک پنجه‌زنی می‌تواند باعث افزایش سطح برگ‌های بوته شود

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

(Pirasteh Anoosheh *et al*., 2016)، از طریق ازدیاد عرض پهنک برگ‌ها نیز می‌تواند سطح برگ‌های هر بوته را افزایش دهد (Shekoofa and Emam, 2008). پس از سایکوسل، براسینواسترویید و اسید سالیسیلیک نیز با تحریک رشد، به‌ترتیب باعث افزایش سطح برگ‌ها در مقایسه با تیمار شاهد شدند. براسینواسترویید و اسید سالیسیلیک با تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن آن‌ها، باعث افزایش سطح برگ‌ها می‌شوند (Hayat and Ahmad, 2007). تولید ماده خشک وابستگی شدیدی به سطح برگ‌ها و سرعت فتوسنتز دارد و برای دستیابی به تولید ماده خشک زیادتر، لازم است که سرعت فتوسنتز با حفظ سطح برگ‌ها در طول فصل رشد، در حد بالا حفظ داشته شود (Abdollahi and Shekari, 2014). این یافته‌ها با نتایج پیرسته انوشه و امام (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011) در خصوص اثر مثبت سایکوسل و عبداللهی و شکاری (Abdollahi and Shekari, 2014) در خصوص اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر سطح برگ مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که تنش خشکی بر تعداد سنبله در مترمربع (در سطح احتمال پنج درصد) و رقم و تنظیم کننده‌های رشد بر تعداد دانه در سنبله (در سطح احتمال یک درصد) اثر معنی‌داری داشتند. بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در رقم چمران (۳۵۶/۸) و کمترین آن در رقم شیرودی (۳۱۶/۱) مشاهده شد (جدول ۳). کاهش تعداد سنبله در تیمار تنش خشکی را می‌توان به عدم باروری تعدادی از سنبله‌ها در پنجه‌ها که پس از گلدهی ساقه‌های اصلی بارور می‌شوند، نسبت داد (جدول ۳). در سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵، سایکوسل به‌ترتیب باعث افزایش ۷/۹ و ۱۷/۴ درصدی و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب باعث افزایش ۷/۶ و ۱۳/۰ درصدی تعداد سنبله در مترمربع شدند، هرچند تفاوت بین این دو ترکیب فقط در سال دوم آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۵). این موضوع ممکن است در ارتباط با افزایش مدت سبزمانی برگ پرچم و سنبله باشد که در طول دوره پژوهش مشهود بود. نتایج گزارش شده توسط شکوفا و امام در مورد اثر سایکوسل (Shekoofa and Emam, 2008) و نقی‌زاده و غلامی توران پشتی (Naghizadeh and Gholami Tooran Poshti, 2014) در مورد اسید سالیسیلیک موید همین نکته است. براسینواسترویید در سال زراعی ۱۳۹۴، اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در مترمربع در مقایسه با تیمار شاهد نداشت، هرچند در سال زراعی ۹۵، باعث افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در مترمربع در مقایسه با تیمار شاهد شد. تفاوت کارکرد این ترکیب در طی دو سال آزمایش را می‌توان به تاثیر شرایط آب و هوایی بر کارایی آن نسبت داد (جدول ۵). یافته‌های بدست آمده در این پژوهش در مورد اثر مثبت سایکوسل و اسید سالیسیلیک بر تعداد سنبله در مترمربع با نتایج گزارش شده توسط جیریایی و همکاران (Jiriaie *et al*., 2009) و شکوفا و امام (Shekoofa and Emam, 2008) مطابقت دارد. بعلاوه مقایسه تعداد سنبله در مترمربع در سال زراعی دوم با سال اول، حاکی از برتری آن در سال دوم بود (جدول ۳). دلیل این موضوع را می‌توان به شرایط بهتر آب و هوایی در طول دوره پنجه‌زنی (دمای پایین‌تر) که باعث طولانی‌تر شدن این دوره گردید، نسبت داد (جدول ۲).

تنش خشکی، رقم و تنظیم کننده‌های رشد اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشتند. هم راستا با تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله نیز در سال زراعی دوم بیشتر از سال اول بود. دلیل این موضوع را می‌توان به تفاوت شرایط آب و هوایی و طول دوره رشد در این دو سال نسبت داد. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله (۲۰/۹ درصد) در مقایسه با آبیاری معمول شد (جدول ۳). کاهش تعداد دانه در اثر تنش خشکی در پژوهش لوئیجی و همکاران (Luigi *et al*., 2008) نیز گزارش شده است که عامل آن را می‌توان به اثر سوء تنش خشکی در باروری

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام گندم در تیمارهای محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد

Table 3. Mean comparison of plant characteristics of wheat cultivars in plant growth regulator application treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant height (cm)	سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain wt.(g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Year	سال							
2014-15	۱۳۹۳-۹۴	76.2a	327.1b	29.6b	32.8a	8672b	38.6b	3349b
2015-16	۱۳۹۴-۹۵	76.5a	349.3a	31.8a	30.7b	9377a	41.3a	3873a
Irrigation	آبیاری							
Drought stress	تنش خشکی	76.1a	318.6b	28.7b	30.1b	8023b	36.8b	2958b
Normal	بدون تنش	76.6a	337.5a	34.7a	33.5a	10049a	42.4a	4265a
Wheat cultivars	ارقام گندم							
Chamran	چمران	77.1b	356.8a	27.5d	29.3d	9663a	37.1c	3585b
Shiroudi	شیرودی	72.4d	316.1d	31.7b	32.9b	7704c	42.0a	3236c
Pishtaz	پیشتاز	75.6c	338.8b	30.5c	33.6a	9103b	39.5b	3596b
Sirvan	سیروان	80.3a	331.1c	33.0a	31.3c	9760a	41.2a	4028a
PGRs	تنظیم کننده							
Contorol	شاهد	75.1c	316.3c	26.7c	29.3d	8213c	37.5c	3080c
Cycocel	سایکوسل	71.6d	356.6a	32.7a	33.6a	9614a	42.3a	4067a
Salicylic acid	اسید سالیسیلیک	78.2b	349.1a	31.7b	31.3c	9119b	40.1b	3658b
Brassinosteroeid	براسینو استرویید	80.5a	330.7b	31.7b	32.9b	9097b	40.0b	3639b

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته ارقام گندم در برهمکنش تیمارهای محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد و رقم

Table 4. Mean comparison of plant height of wheat cultivars in interaction effect of plant growth regulator application and cultivar treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	Plant height (cm) ارتفاع بوته
Chamran× Control	چمران×شاهد	76.7ef
Chamran× Cycocel	چمران×سایکوسل	73.2hi
Chamran× Salicylic acid	چمران×اسید سالیسیلیک	78.2de
Chamran× Brassinosteroeid	چمران×براسینواسترویید	80.1c
Shiroudi× Control	شیرودی× شاهد	72.2i
Shiroudi× Cycocel	شیرودی× سایکوسل	67.9j
Shiroudi× Salicylic acid	شیرودی× اسید سالیسیلیک	74.2gh
Shiroudi× Brassinosteroeid	شیرودی× براسینواسترویید	75.2fg
Pishtaz× Control	پیشتاز× شاهد	73.1hi
Pishtaz× Cycocel	پیشتاز× سایکوسل	69.3j
Pishtaz× Salicylic acid	پیشتاز× اسید سالیسیلیک	78.0de
Pishtaz× Brassinosteroeid	پیشتاز× براسینواسترویید	82.1b
Sirvan× Control	سیروان× شاهد	78.6cd
Sirvan× Cycocel	سیروان× سایکوسل	75.7fg
Sirvan× Salicylic acid	سیروان× اسید سالیسیلیک	82.5b
Sirvan× Brassinosteroeid	سیروان× براسینواسترویید	84.4a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام گندم در تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد (۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴)

Table 5. Mean comparison of plant characteristics of wheat cultivars in interaction effect of irrigation and plant growth regulator application treatments (2014-15 and 2015-16)

Treatments	تیمارهای آزمایشی	سنبله در متر مربع Spike.m^{-2}	دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 grain wt.(g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
Normal irrigation× 2015	بدون تنش×۹۴-۱۳۹۳	330.0	31.7	34.2	9500ab	41.4b	3933b
Drought stress × 2015	تنش خشکی×۹۴-۱۳۹۳	314.2	27.6	31.5	7855c	35.2d	2765d
Normal irrigation× 2016	بدون تنش×۹۵-۱۳۹۴	345.0	33.8	32.9	11101a	43.3a	4596a
Drought stress ×2016	تنش خشکی×۹۵-۱۳۹۴	323.0	29.9	28.5	8015b	39.3c	3150c
Chamran× 2015	چمران×۹۴-۱۳۹۳	339.5	27.2d	32.2bc	9579ab	34.7	3326d
Shiroudi× 2015	شیرودی×۹۴-۱۳۹۳	298.8	29.9c	33.6a	7516d	41.4	3116e
Pishtaz×2015	پیشتاز×۹۴-۱۳۹۳	315.7	29.9c	31.9c	8639cd	38.8	3352d
Sirvan×2015	سیروان×۹۴-۱۳۹۳	312.2	31.5b	33.6a	9020bc	40.0	3608c
Chamran×2016	چمران×۹۵-۱۳۹۴	374.2	27.9d	27.5e	998.7ab	38.5	3845b
Shiroudi×2016	شیرودی×۹۵-۱۳۹۴	333.2	33.5a	31.9c	8235c	40.7	3360d
Pishtaz×2016	پیشتاز×۹۵-۱۳۹۴	362.0	31.1bc	30.5d	9552b	40.2	3840b
Sirvan×2016	سیروان×۹۵-۱۳۹۴	350.1	34.6a	33.1a	10645a	42.5	4448a
Contorol×2015	شاهد×۹۵-۱۳۹۴	313.3d	27.4d	30.7d	8371e	35.0f	2937e
Cycocel×2015	سایکوسل×۹۵-۱۳۹۴	338.2c	30.6c	34.3a	8906d	41.5b	3696c
Salicylic acid×2015	اسیدسالیسیلیک ×۹۵-۱۳۹۴	337.2c	30.4c	32.1bc	8573d	39.2de	3361d
Brassinosteroeid×2015	براسینواسترویید×۹۵-۱۳۹۴	319.7d	30.1c	34.2a	8813d	38.6e	3402d
Control×2016	شاهد×۹۵-۱۳۹۴	319.4d	25.9e	27.9e	8075c	39.9cd	3222e
Cycocel×2016	سایکوسل×۹۵-۱۳۹۴	375.0a	34.8a	32.9b	10299a	43.1a	4439a
Salicylic acid×2016	اسیدسالیسیلیک ×۹۵-۱۳۹۴	361.0b	33.0b	30.5d	9672b	40.9bc	3956b
Brassinosteroeid×2016	براسینواسترویید×۹۵-۱۳۹۴	341.8c	33.3b	31.6c	9362b	41.4b	3876bc

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

تخمک‌ها و طی شدن سریع‌تر مراحل نموی گیاه نسبت داد. سایکوسل بیشترین تاثیر را بر تعداد دانه در سنبله داشت. اگرچه در سال زراعی ۹۴، تفاوت معنی‌داری بین سایکوسل با سایر تنظیم کننده‌های رشد مشاهده نشد، در سال زراعی ۹۵، بیشترین تاثیر از تیمار سایکوسل بدست آمد. پس از سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید بیشترین تاثیر را بر تعداد دانه در سنبله (در مقایسه با شاهد) داشتند، هر چند تفاوت معنی داری بین این دو ترکیب در دو سال آزمایش وجود نداشت (جدول ۵). طبق یافته‌های راجالا (Rajala, 2003)، سایکوسل باعث تغییر زاویه سنبلک‌ها در زمان گرده‌افشانی شده و تاثیر مثبت آن بر افزایش لقاح و باروری می‌تواند به ازدیاد تعداد دانه در سنبله منجر شود. با مصرف سایکوسل تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان افزایش تعداد دانه‌های بارور را نتیجه کاهش عقیمی گلچه‌ها قبل از گرده افشانی دانست (Rajala, 2004). حیات و همکاران (Hayat *et al*., 2009) نیز نقش جبران کنندگی اسید سالیسیلیک در کاهش تعداد دانه بر اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند. تعداد دانه در سنبله با افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک، نقش مستقیمی در عملکرد دانه دارد، به‌نحوی که اثر جبران کنندگی تنظیم کننده‌های رشد بر کاهش تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش خشکی، می‌تواند منجر به افزایش عملکرد شود. این موضوع حاکی از نقش حمایتی سایکوسل و اسید سالیسیلیک از عملکرد دانه گندم در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Pessarakli, 2001). بیشترین تعداد دانه در سنبله از رقم سیروان در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵ (به ترتیب ۳۱/۵ و ۳۴/۶) و کمترین مقدار آن از رقم چمران (به ترتیب ۲۷/۲ و ۲۷/۹) بدست آمد (جدول ۵). نتیجه حاصل پژوهش حاضر در خصوص اثر سایکوسل و اسید سالیسیلیک بر افزایش تعداد دانه در سنبله با نتایج گزارش شده توسط اسپیندولا و همکاران (Espindula *et al*., 2009)، پیرسته انوشه و امام (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011)، جیریایی و همکاران (Jiriaie *et al*., 2009) و شکوفا و امام (Shekoofa and Emam, 2008) مطابقت داشت.

نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار (۱۱/۲ درصدی) وزن هزار دانه در مقایسه با آبیاری معمول شد (جدول ۳). نتایج آزمایش امام و دستفال (Emam and Dastfal, 1997) نیز موید همین موضوع است. این پژوهشگران کاهش فتوسنتز و تسریع در رسیدگی دانه‌ها را علت کاهش میانگین وزن هزار دانه در شرایط تنش آبی گزارش کردند. بعلاوه به نظر می‌رسد که در شرایط تنش آبی، با تقویت فرایند انتقال مجدد، اولویت اختصاص مواد پرورده ذخیره شده، دانه‌ها (در مقایسه با سایر مقصدهای فیزیولوژیک) پس از قطع آبیاری، باشد، بنابراین وزن هزاردانه کمترین تاثیر را از تنش آبی می‌پذیرد (Emam, 2011).

در بین تنظیم کننده‌های رشد، سایکوسل در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵، بیشترین تاثیر را بر وزن هزار دانه داشت، هر چند در سال اول تفاوت معنی‌داری با براسینواسترویید نداشت (جدول ۶). نقش مثبت سایکوسل را می‌توان به افزایش طول دوره سبزمانی برگ پرچم و سنبله، که در مزرعه پژوهشی مشاهده شد، نسبت داد. تاثیر مثبت سایکوسل بر وزن هزاردانه با نتایج راجالا و ساینیو (Rajala and Sainio, 2001) مطابقت دارد. پس از سایکوسل، براسینواسترویید و سالیسیلیک اسید به ترتیب باعث افزایش وزن هزار دانه ارقام مورد بررسی در دو سال آزمایش در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۵). مصرف سایکوسل باعث افزایش اندازه مقصدهای فیزیولوژیک شده و این موضوع باعث تسهیم بهتر ماده خشک به دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن بیشتر دانه‌ها می‌شود. مصرف اسید سالیسیلیک نیز باعث افزایش فتوسنتز برگ و انتقال بهتر مواد پرورده در گیاه می‌شود که این موضوع می‌تواند به پر شدن مطلوب‌تر دانه‌ها منجر شود

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

(Hayat and Ahmad, 2007). بیشترین وزن هزار دانه در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵، از رقم سیروان (به ترتیب ۳۳/۶ و ۳۳/۱ گرم) و کمترین مقدار آن در سال اول از رقم پیشتاز (۳۱/۹ گرم) و در سال دوم از رقم چمران(۲۷/۵ گرم) بدست آمد (جدول ۵). نتایج بدست آمده در این پژوهش درمورد اثر مثبت سایکوسل و اسید سالیسیلیک بر وزن هزار دانه با نتایج گزارش شده توسط امام و دستفال (Emam and Dastfal, 1997)، اسپیندولا و همکاران (Espindula *et al*., 2009)، پیرسته انوشه و امام (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011)، جیریایی و همکاران (Jiriaie *et al*., 2009) و شکوفا و امام (Shekoofa and Emam, 2008) مطابقت دارد.

بیشترین عملکرد بیولوژیک در سال زراعی ۹۴ از رقم چمران (۹۵۷۹ کیلوگرم در هکتار) و در سال زراعی ۹۵ از رقم سیروان (۱۰۶۴۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن از رقم شیرودی در هر دو سال زراعی (به ترتیب ۷۵۱۶ و ۸۲۳۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۵). تغییرات عملکرد بیولوژیک در بین ارقام گندم مورد بررسی طی دو سال آزمایش را می‌توان به تفاوت پتانسیل ژنتیکی این ارقام در پاسخ به شرایط متغیر محیطی نسبت داد. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با آبیاری معمول در هر دو سال زراعی (به ترتیب ۲۰/۹ و ۳۸/۵ درصد) گردید (جدول ۵). تنظیم کننده‌های رشد در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک ارقام گندم مورد بررسی شدند. گرچه تفاوت معنی‌دار بین تنظیم کننده‌های رشد فقط در شرایط آبیاری معمول بدست آمد، لیکن سایکوسل بیشترین تاثیر را بر این صفت داشت (جدول ۵). عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر شرایط آب و هوایی، خاک و گیاه قرار گرفته (Jiriaie *et al*., 2009) و تنش خشکی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم (کاهش سطح برگ، کاهش آماس و بسته شدن روزنه‌ها)، باعث کاهش تولید ماده خشک گیاه می‌گردد (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011). کاهش تولید ماده خشک باعث کوچک شدن اندازه بوته‌ها و به افت عملکرد بیولوژیک می‌شود (Emam and Seghatoeslami, 2005).

سایکوسل در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵ باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک (به ترتیب ۶/۳ و ۲۷/۵ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد گردید، البته تاثیر در مقایسه با سایر تنظیم کننده‌های مورد بررسی فقط در سال دوم معنی‌دار بود. پس از سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد شدند، هرچند تفاوت معنی‌داری نسبت به هم نداشتند (جدول ۵). اثر 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 (Shekoofa and Emam, 2008) نیز گزارش کردند که مصرف سایکوسل بر شاخساره گندم، باعث کاهش آهنگ نموی بوته‌های تیمار شده گردید 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 شد، به‌نحوی که وزن خشک بوته‌ها در زمان برداشت نهایی نسبت به شاهد، بیشتر بوده و عملکرد دانه نیز افزایش نشان داد. پژوهشگران اثر مثبت تنظیم کننده‌های رشد بر عملکرد بیولوژیک را به توسعه اندام‌های زیرزمینی (ریشه‌ها) و ادامه فرایند فتوسنتز در شرایط تنش خشکی و تولید ماده خشک بیشتر نسبت داده‌اند (Emam and Seghatoeslami, 2005 ; Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011). یافته‌های بدست آمده در این پژوهش در خصوص اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر عملکرد بیولوژیک با نتایج گزارش شده توسط پیرسته انوشه و امام (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011) مطابقت دارد. امام و کریمی (Emam and Karimi, 1996) نیز اثر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

مثبت سایکوسل بر افزایش تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در گندم رقم قدس را گزارش کرده‌اند.

جدول ۶- میانگین عملکرد بیولوژیک ارقام گندم در اثر متقابل تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد

Table 6. Mean comparison of biological yield of wheat cultivars in interaction effect of irrigation and plant growth regulator application treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})
Irrigation × Control	بدون تنش × شاهد	1185.3d
Irrigation × Cycocel	بدون تنش × سایکوسل	1366.8a
Irrigation × Salicylic acid	بدون تنش × اسید سالیسیلیک	1238.9c
Irrigation × Brassinosteroeid	بدون تنش × براسینواسترویید	1290.5b
Water stress × Control	تنش خشکی × شاهد	953.0e
Water stress × Cycocel	تنش خشکی × سایکوسل	1168.1d
Water stress × Salicylic acid	تنش خشکی × اسید سالیسیلیک	1155.2d
Water stress × Brassinosteroeid	تنش خشکی × براسینواسترویید	1163.1d

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵ (به ترتیب ۱۷/۶ و ۱۰/۱ درصد) در مقایسه با آبیاری معمول شد (جدول ۵). این کاهش را می‌توان به کاهش تعداد دانه در سنبله و میانگین وزن سنبله نسبت داد. نتایج اسپیندولا و همکاران (Espindula *et al*., 2009) و پیرسته انوشه و امام (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011) نیز نتایج پژوهش حاضر را تایید می‌کنند. استفاده از تنظیم کننده‌های رشد، با حفظ ماده خشک تولید شده، از طریق ازدیاد شاخص برداشت می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود (Emam, 2011). از بین تنظیم کننده‌های رشد، سایکوسل بیشترین تاثیر را بر افزایش شاخص برداشت در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵ (به ترتیب ۱۸/۵ و ۸/۱ درصد) داشت که علت آن را می‌توان به اثر مثبت سایکوسل بر افزایش وزن سنبله‌ها وعملکرد دانه نسبت داد. پس از سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در مقایسه با تیمار شاهد شدند، هرچند تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نگردید (جدول ۵).

پژوهشگران این موضوع را به افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی، با حفظ محتوای آب برگ و کاهش نشت یونی (Jiriaie *et al*., 2009; Ashraf *et al*., 2010) نسبت داده‌اند. شاخص برداشت در سال زراعی دوم نسبت به سال زراعی اول، برتری (۶/۹۹ درصد) داشت که دلیل این موضوع را می‌توان به افزایش تعداد سنبله در مترمربع ، تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد دانه در سال زراعی دوم نسبت داد. بیشترین شاخص برداشت از رقم شیرودی (۴۲ درصد) و کمترین مقدار آن از رقم چمران (۳۷/۱ درصد) بدست آمد (جدول ۳). یافته‌های بدست آمده در این پژوهش در خصوص اثر مثبت سایکوسل و اسید سالیسیلیک بر شاخص برداشت با نتایج گزارش شده توسط اسپیندولا و همکاران (Espindula *et al*., 2009) و پیرسته‌انوشه و امام (Pirasteh Anoosheh and Emam, 2011) مطابقت داشت.

بیشترین عملکرد دانه در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵، از رقم سیروان (به ترتیب ۳۶۰۸ و ۴۴۴۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در دو سال آزمایش از رقم شیرودی (به ترتیب ۳۱۱۶ و ۳۳۶۰ کیلوگرم در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

هکتار) بدست آمد. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه در دو سال آزمایش گردید (جدول ۵). افت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به همراه کاهش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کاهش وزن دانه در پژوهش مشابه توسط پی‌یری و همکاران (Pierre *et al*., 2008) به کاهش فرایندهای فتوسنتز، انتقال ماده خشک در گیاه و تخصیص بیشتر مواد پرورده به ریشه‌ها نسبت داده شده است. در بین تنظیم کننده‌های رشد، سایکوسل بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه در سال‌های زراعی ۹۴ و ۹۵ (به ترتیب ۲۵/۸ و ۳۷/۷ درصد) داشت که علت آن را می‌توان به تاثیر مثبت این ترکیب بر وزن سنبله‌ها و شاخص برداشت نسبت داد (جدول ۵). بعلاوه سایکوسل با افزایش مدت سبزمانی برگ پرچم و سنبله نیز تاثیر مثبتی بر افزایش مدت زمان فرایند فتوسنتز داشته است. نتایج ارائه شده توسط پیرسته انوشه و امام (Piraste Anoosheh and Emam, 2011) و شکوفا و امام (Shekoofa and Emam, 2008) نیز با این موضوع مطابقت دارد. پس از سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند، هرچند تفاوت معنی‌داری بین این دو ترکیب مشاهده نشد (جدول ۵). افزایش عملکرد دانه در اثر سایکوسل و اسید سالیسیلیک را می‌توان به اثر مثبت آن‌ها بر اجزای عملکرد مانند وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نسبت داد (جدول ۵). یافته‌های بدست آمده در این پژوهش در خصوص اثر مثبت سایکوسل و اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه، با نتایج گزارش شده توسط پیرسته انوشه و امام (Piraste Anoosheh and Emam, 2011) و شکوفا و امام (Shekoofa and Emam, 2008) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از تنظیم کننده‌های رشد می‌تواند در شرایط تنش خشکی باعث بهبود عملکرد گندم شود. میزان جبران‌کنندگی تنظیم کننده‌های رشد سایکوسل، اسید سالیسیلیک و براسینواسترویید به‌ترتیب ۳۱/۳، ۲۳/۵ و ۲۳/۲ درصد بود. سایکوسل تاثیر مثبت بیشتری بر اجزای عملکرد دانه داشت و تاثیر اسید سالیسیلیک بیشتر به تعداد سنبله در مترمربع و تاثیر براسینواسترویید به وزن هزار دانه محدود بود. این موضوع می‌تواند در پژوهش‌های مزرعه‌ای بعدی مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد و با توجه به شرایط آگرواکولوژیک هر منطقه تیمارهای مناسب انتخاب و بکار گرفته شوند.

منابع مورد استفاده

References

Abdollahi, M. and F. Shekari. 2013. Effects of priming by salicylic acid on wheat yield at different sowing dates. Seed Res. 3(1): 23-36. (In Persian with English abstract).

Abdollahi, M. and F. Shekari. 2014. Physiological changes of wheat plants which seed pretreated by salicylic acid under late sowing date. Appl. Biol. 45-62. (In Persian with English abstract).

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. J. Cereal Sci. 37: 9–20.

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. Crit. Rev. Plant Sci. 29: 162-190.

Bahrami, K., H. Pirasteh Anoosheh and Y. Emam. 2014. Yield and growth traits of barley cultivars as

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

affected by foliar application of different concentrations of cycocel in tillering stage in Fars province. Crop Physiol. J. 6(2): 17-27. (In Persian with English abstract).

Bartels, D. and R. Sunkar. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 24: 23–58.

Emam, Y. and M. Dastfal. 1997. Above and below ground responses of winter barley plants to chlormequat in moist and drying soil. Crop Res. 14: 457-470.

Emam, Y. and H. R. Karimi. 1996. Influence of chlormequat chloride on five winter barley cultivars. Iran. Agric. Res. 15: 89-109.

Emam, Y. and G. R. Moaied. 2000. Effect of planting density and chlormequat chloride on morphological characteristics of winter barley cultivar "Valfajr". J. Agric. Sci. Technol. 2: 75-83.

Emam, Y. and M. J. Seghatoeslami. 2005. Crop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University Press. (In Persian).

Emam, Y. 2011. Cereal Crop Production. Shiraz University Press, Shiraz. (In Persian).

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.

Hayat, S. and A. Ahmad. 2007. Salicylic Acid: Biosynthesis, Metabolism and Physiological Role in Plants. p 1-14., *In:* Hayat, S. and A. Ahmad (Eds.). Salicylic acid - A Plant Hormone. Springer, Netherlands.

Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2009. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. Environ. Exp. Bot. 134: 1-12.

Hussein, M. M., L. K. Balbaa and M. S. Gaballah. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3(4): 321-328.

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 Agric. 3(4): 333-343. (In Persian with English abstract).

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 Res. 105: 1- 14.

Maibangsa, S., M. Thangaraj and R. Stephen. 2000. Effect of brassinosteriod and salicylic acid on rice grown under low irradiance condition. Indian. J. Agric. Res. 34: 258-260.

Mousavi, A., Kh. M. 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. Iran. J. Biol. 23 (2): 275 -286. (In Persian with English abstract).

Naghizadeh, M. and M. Gholami Tooran Poshti. 2014. Evaluation the effect of seed priming by salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress conditions. Agroecology, 6(1): 162-170. (In Persian with English abstract).

Pessarakli, M. 2001. Handbook of Plant and Crop Physiology. 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc. New York. USA.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

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. Agron. J. 100: 414-420.

Pirasteh Anoosheh, 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. Environ. Stresses. Crop. Sci. 5(1): 1-17. (In Persian with English abstract).

Pirasteh Anoosheh, A. H., Y. Emam and A. Khaliq. 2016. Response of cereals to cycocel application (Review Article). Iran. Agric. Res. 35(1): 1-12. (In Persian with English abstract).

Rajala, A. and P. P. Sainio. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. Agron. J. 93: 936-943.

Rajala, A. 2003. Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions. Doctoral dissertation, University of Helsinki, Finland.

Rajala, A. 2004. Plant growth regulators to manipulate oat stands. Agric. Food Sci. Finland. 13: 186-197.

Shahbaz, M. and M. Ashraf. 2007. Influence of exogenous application of brassinosteroid on growth and mineral nutrients of wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline conditions. Pak. J. Bot. 39(2): 513-522.

Shekoofa, A. and Y. Emam. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. J. Agric. Sci. Technol. 10: 101-108.

Youssefian, S., G. E. M. Kirby and M. D. Gale. 1992. Pleiotropic effects of the GA-insensitive *Rht* dwarfing genes in wheat. 2. Effects on leaf, stem, ear and floret growth. Field Crops Res. 28(3): 191-210.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]

Effect of application of plant growth regulators on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions

Sedaghat, M. E.[1], and Y. Emam[2]

ABSTRACT

Sedaghat, M. E., and Y. Emam. 2017. Effect of application of plant growth regulators on growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under terminal drought stress conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 19(2): 132-147. (In Persian).**

Plant growth regulators (PGRs) have been used to reduce losses of wheat grain yield under limited moisture conditions. The effect of three PGRs including cycocel, salicylic acid and brassinoestroeid on growth and grain yield of four bread wheat cultivars Chamran, Shiroudi, Pishtaz and Sirvan under normal and withholding irrigation after flowering was examined. The experiment was carried out as factorial split plot arrangement in randomized complete block design with three replications in 2014-15 and 2015-16 growing seasons. The results showed that water stress significantly reduced number of grains per spike, grain weight per spike, thousand grain weight, harvest index, biological yield and grain yield. However, water stress had the least effect on thousand grain weight (11.2%) and the highest effect (25.2 %) was observed on biological yield. Furthermore, application of PGRs, especially cycocel, increased spikes.m^2, grains per spike, harvest index, thousand grain weight and grain yield. Cycocel, salicylic acid and brassinoestroeid, had positive non-significant effect on grain yield components. The highest grain yield was achieved from application of cycocel in both growing seasons (3696 and 4439 kg.ha^{-1}, respectively). Also, the highest grain yield was obtainted from Sirvan cultivar in both growing season (3608 and 4448 kg.ha^{-1}, respectively). According to these results, although water stress reduced yield and its components, the alleviating effect of PGRs could compensate some proportions of water stress effect. The compensatory effect of PGRs was 31.3, 23.5 and 23.2 percent for cycocel, salicylic acid and brassinoestroeid, respectively. Therefore, application of PGRs can be considered as an alternative way to alleviate the effect of terminal drought stress on grain yield of bread wheat cultivars.

Keywords: Brasinosteroeid, Bread wheat, Cycocel, Harvest index, Leaf area and Salicylic acid.

Received: March, 2017 **Accepted: June, 2017**

1. PhD Student, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Professor, Shiraz University, Shiraz, Iran. (Corresponding author) (Email: Yaemam@shirazu.ac.ir)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.4.2]