



## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

صفحه‌های ۷۷۷-۷۹۲

DOI: 10.22059/jci.2021.324046.2555

مقاله پژوهشی:

### تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم نان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

فریده صادقی<sup>۱</sup>، یوسف سهرابی<sup>۲\*</sup>، عادل سی و سه مرده<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۷

#### چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی سیتوکینین، جیبرلین و سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم نان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام گرفت. فاکتور آبیاری در چهار سطح دیم، یک آبیاری (در مرحله غلاف‌رفتن)، دو آبیاری (در مراحل غلاف‌رفتن + گلدهی) و سه آبیاری (در مراحل غلاف‌رفتن + گلدهی + دانه‌بندی) به‌عنوان عامل اصلی، دو رقم گندم (سیروان و هما) به‌عنوان عامل فرعی و فاکتور محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شامل شاهد، جیبرلین (۱۰۰ میکرومولار)، سیتوکینین (۱۰۰ میکرومولار) و سایکوسل (سه گرم در لیتر) به‌عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد با محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌رفتن، در اثر تیمار یک، دو و سه بار آبیاری میزان افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار دیم به‌ترتیب ۲۹، ۳۳ و ۴۳ درصد و در مرحله دانه‌بندی ۲۲، ۲۸ و ۳۳ درصد بود و رقم هما در مقایسه با رقم سیروان عملکرد بیش‌تری تولید کرد. به‌طور کلی، در محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن، بیش‌ترین عملکرد دانه (۵۰۴ گرم در مترمربع) تحت تیمارهای سه‌بار آبیاری و کاربرد سیتوکینین و در محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی، بیش‌ترین عملکرد دانه (۴۷۷/۶ گرم در مترمربع) تحت شرایط سه‌بار آبیاری و مصرف سایکوسل از رقم هما به‌دست آمد. بنابراین کاربرد حتی یک آبیاری و تنظیم‌کننده‌های رشد سیتوکینین و سایکوسل می‌تواند عملکرد دانه گندم را افزایش دهد.

**کلیدواژه‌ها:** آبیاری تکمیلی، جیبرلین، سایکوسل، سیتوکینین، عملکرد بیولوژیک.

### The Effect of Application of Plant Growth Regulators on Yield and Yield Components of Two Bread Wheat Cultivars under Different Irrigation Regimes

Farideh Sadeghi<sup>1</sup>, Yousef Sohrabi<sup>2\*</sup>, Adel Sio-Se Mardeh<sup>2</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Received: May 22, 2021

Accepted: July 18, 2021

#### Abstract

In order to study the effect of cytokinin, gibberellin, and cycocel on yield and yield components of two wheat cultivars under different irrigation regimes, a study was conducted as a split-split experiment based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station of Kurdistan University in 2016. There, the irrigation factor at four levels: dryland, irrigation at booting stage, irrigation at booting + flowering and irrigation at booting + flowering + grain filling stages have served as the main plots, two wheat cultivars (Sirvan and Homa) as sub-plots, and levels of plant growth regulators foliar application including, i.e. control, gibberellin (100  $\mu\text{m}$ ), cytokinin (100  $\mu\text{m}$ ), and cycocel (3gr.  $\text{lit}^{-1}$ ) at the wheat stem elongation and grain filling stages as the sub-sub plots. Results show that in the foliar application during the stem stage, compared to the dryland treatment, yield increase in one, two, and three irrigation treatments have been 29%, 33%, and 43%, and at the grain filling stage; 22%, 28%, and 33%, respectively. Homa cultivar produced higher yield compared to Sirvan. In the foliar application during the stem stage, the highest grain yield (504  $\text{g m}^{-2}$ ) belongs to application of three irrigation treatments as well as addition of cytokinin, and at the grain filling stage, the highest grain yield (477.6  $\text{g m}^{-2}$ ) has been obtained from Homa cultivar under three times irrigation condition and cycocel consumption. Therefore, using even one stage irrigation and the application of cytokinin and cycocel can increase the grain yield of wheat.

**Keywords:** Biological yield, cycocel, cytokinin, gibberellin, supplementary irrigation.

## ۱. مقدمه

ایران یکی از کشورهای است که با شدیدترین خشکی‌های جهان روبه‌رو بوده است و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که در سال‌های آینده نیز ایران هم‌چنان خشک‌سالی‌های شدیدی را تجربه می‌کند (Mesgaran et al., 2016). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و نمو گیاهان را از طریق تغییر در متابولیسم و بیان ژن‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد و به این ترتیب مانع از دستیابی به عملکرد پتانسیل گیاهان زراعی می‌شود و از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گندم نیز به‌شمار می‌آید (Kaur & Asthir, 2017). به‌نظر می‌رسد با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی، تغییر در راهبردهای مناسب برای کاهش اختلاف عملکرد واقعی و پتانسیل گیاهان زراعی ضروری است (Sasani et al., 2004). انجام آبیاری تکمیلی با وجود محدودیت‌هایی مانند کمبود آب و تجهیزات، نقش مهمی در بهبود عملکرد گیاه ایفا می‌کند (Oweis & Hachum, 2012). بسیاری از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که انجام آبیاری تکمیلی برای دستیابی به حداکثر عملکرد گندم در شرایط بحرانی ضروری است (Yang et al., 2018). طی پژوهشی روی گندم دیم در اقلیم نیمه‌خشک با اعمال تیمارهای آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد گزارش شده است که آبیاری تکمیلی اثرات مثبتی بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص برداشت گندم داشت و مراحل گلدهی و دانه‌بندی که حساس به تنش می‌باشند، مناسب‌ترین زمان برای انجام آن است (Tatari et al., 2012). Motazed et al. (2019) در پژوهش خود گزارش کردند که شرایط دیم منجر به کاهش و اعمال آبیاری به افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۰/۰۲ و افزایش تعداد دانه در سنبله به میزان ۴/۶۱ منجر شد. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شده است که تنش کمبود آب می‌تواند سبب

کاهش ۵۰ تا ۹۰ درصدی در عملکرد دانه گندم شود (Awan et al., 2017). نتایج برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد با انجام یک یا دو بار آبیاری در مراحل حساس به کمبود رطوبت، عملکرد دانه گندم دو تا پنج برابر افزایش می‌یابد (Najafian et al., 2004). از طرفی گزارش شده است که غلات تمایل زیادی برای تولید گلچه‌ها و سنبلچه‌های اضافی دارند و این امر بیانگر تحقق ناقص پتانسیل عملکرد است که می‌تواند زمینه‌ساز به‌کارگیری تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در پیش‌برد تشکیل دانه و سنبلچه و در نهایت افزایش عملکرد دانه باشد (Peltonen & Nissila, 1996). گزارش شده است که کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد سبب بهبود عملکرد دانه گندم می‌شود (Peake et al., 2020). پژوهش‌گران در چندین آزمایش، از هورمون‌ها یا ترکیبات شیمیایی به‌منظور کاهش اثرات تنش بر گیاه استفاده نموده‌اند (Osman, 2015; Hasanuzzaman et al., 2018). کاربرد خارجی این ترکیبات در شرایط تنش و غیر تنش، در افزایش رشد و نمو گیاهان نقش دارد. هرچند گیاهان توانایی تولید تنظیم‌کننده‌های رشد داخلی را دارند، اما به‌خوبی به کاربرد تنظیم‌کننده‌های خارجی نیز پاسخ می‌دهند (Giannakoula et al., 2012; Asgher et al., 2015). تنظیم‌کننده رشد سیتوکینین نقش مهمی را در تشکیل وزن دانه‌ها در قسمت‌های مختلف سنبله و سنبلچه بازی می‌کند. مقادیر بالای این هورمون در دانه‌ها در مرحله پرشدن دانه ممکن است تقسیم سلولی آندوسپرم را افزایش داده و در نتیجه مخزن قدرت‌مندی را ایجاد کند که انتقال مواد پرورده و تجمع مواد را در دانه‌های در حال رشد افزایش دهد (AbouRayya et al., 2015). این تنظیم‌کننده رشد می‌تواند سبب تأخیر پیری برگ، بازدارندگی و از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن، افزایش کارایی فتوسنتز و پایداری کلروفیل شود که در

پژوهشی گزارش شده است که سایکوسل از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد و کاهش ارتفاع گیاه سبب افزایش عملکرد نسبت به شرایط شاهد شد. در این پژوهش بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار محلول‌پاشی با سایکوسل در مرحله آغاز رشد طولی ساقه به‌دست آمد (Latifkar *et al.*, 2014). تأثیر سایکوسل بر افزایش تعداد دانه در سنبله گندم نیز توسط Pirasteh-Anosheh *et al.* (2014) گزارش شده است. مشاهده‌های Khalilzadeh *et al.* (2016) نشان داد که سایکوسل به‌دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پرشدن دانه موجب افزایش وزن دانه و عملکرد در گیاهان می‌شود. نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد به‌ویژه سایکوسل، باعث افزایش تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و وزن هزاردانه شد و بیش‌ترین عملکرد دانه تحت کاربرد این تنظیم‌کننده رشد در دو سال آزمایش (به‌ترتیب ۳۶۹۶ و ۴۴۳۹ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (Sedaghat & Emam, 2017).

با توجه به موارد فوق و نقش استراتژیک محصول گندم در نظام مصرفی کشور و رسالت سنگینی که دارد بر اهمیت و لزوم برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع و عوامل تولید می‌افزاید. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد بر دو رقم گندم نان و تعیین بهترین رژیم آبیاری، مناسب‌ترین تنظیم‌کننده رشد و بهترین زمان محلول‌پاشی در راستای بهبود عملکرد این گیاه بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان واقع در منطقه دهگلان با مختصات ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا

نهایت سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Ren *et al.*, 2016). نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد بنزیل آدنین به‌صورت محلول‌پاشی برگ‌ها در مرحله بعد از گرده‌افشانی در گندم علاوه بر تأخیر در پیری برگ باعث افزایش ۱۲ درصدی وزن دانه‌ها شد (Herzog, 1982). در آزمایش Ghatei *et al.* (2015) کاربرد سیتوکینین در شرایط بهینه باعث افزایش عملکرد دانه و وزن هزاردانه شد و در شرایط تنش فقط بر وزن هزاردانه اثر معنی‌دار داشت. اثر مطلوب سیتوکینین بر افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه گندم توسط Nagar *et al.* (2015) نیز گزارش شده است. جبرلین‌ها نیز گروهی از فیتوهورمون‌ها هستند که بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو گیاه از جمله جوانه‌زنی بذر، گسترش برگ، رشد ساقه، گل‌انگیزی و رشد میوه را کنترل می‌کنند (Li *et al.*, 2010). این تنظیم‌کننده‌های رشد نقش مهمی در افزایش سرعت فتوسنتز و تنظیم رابطه منبع و مخزن دارند (Iqbal *et al.*, 2011) و کاربرد آن‌ها باعث افزایش وزن دانه می‌شود (Yang *et al.*, 2011). علاوه بر این تنظیم‌کننده‌ها، سایکوسل نیز از پر مصرف‌ترین گندک‌کننده‌های رشد گیاهی جهت کنترل رشد رویشی گیاهان و دست‌ورزی اجزای عملکرد غلات است (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). کاربرد این گندک‌کننده رشد تا حدی کاهش رشد، عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی را تعدیل می‌کند که اثرات تعدیلی آن می‌تواند به دلایل مختلفی مانند بسته‌شدن روزنه، افزایش محتوای کلروفیل، افزایش غلظت CO<sub>2</sub> و تغییرات تحریک‌کنندگی در سایر ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی باشد (Pirasteh-Anosheh & Emam, 2011). محلول‌پاشی با سایکوسل سبب افزایش انتقال سیتوکینین از ریشه به ساقه شده و با افزایش طول دوره رشد اندام هوایی، طول دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Pourmohammad *et al.*, 2014). در

دوباره نمونه‌ها با استفاده از روابط زیر عمق آب آبیاری مورد نیاز محاسبه شد (Guo et al., 2015).

$$I = (\theta_t - \theta_n) \times pb \times D_h \times A \quad (1)$$

$$\theta_t = (\theta_{\max} - \theta_{tr}) / 100 \quad (2)$$

در این روابط،  $I$  = مقدار آب آبیاری برحسب مترمکعب،  $\theta_t$  = میلی گرم آب بر گرم وزن خاک خشک بعد از آبیاری (که در اینجا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی رطوبت نهایی موردنظر است)،  $\theta_{\max}$  = میلی گرم بر گرم وزن خاک خشک در ظرفیت زراعی،  $\theta_{tr}$  = نسبت رطوبت نهایی به رطوبت در ظرفیت (در این مطالعه معادل ۷۵ درصد رطوبت زراعی در نظر گرفته شد)،  $pb$  = چگالی مخصوص ظاهری برحسب گرم بر سانتی مترمکعب که در این مطالعه معادل ۱/۶ گرم بر سانتی مترمکعب بود،  $\theta_n$  = میلی گرم بر گرم خاک خشک قبل از آبیاری،  $D_h$  = عمق ریشه (متر) و  $A$  = مساحت کرت آزمایشی برحسب مترمربع می‌باشد. مقدار آب مصرفی در هر آبیاری و برای هر کرت توسط کنتور اندازه‌گیری شد و اعمال تیمارهای آبیاری به صورت قطره‌ای و با استفاده از نوارهای تیپ انجام گرفت. مشخصات هواشناسی محل انجام آزمایش از نظر دما و بارندگی در جدول (۱) آمده است. تیمارهای محلول‌پاشی توسط محلول‌پاش دقیق دستی با فشاری ثابت به‌طور کاملاً یکنواخت صورت گرفت. جهت اطمینان از جذب شدن تنظیم‌کننده‌های رشد توسط گیاه، عمل محلول‌پاشی در سه روز متوالی تکرار شد و جهت جلوگیری از تجزیه سریع هورمون‌ها، محلول‌پاشی بعد از غروب آفتاب انجام گرفت (Saeidi et al., 2007). بوته‌های شاهد نیز هم‌زمان، با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. به‌منظور جلوگیری از برهم‌کنش تنظیم‌کننده‌های رشد با علف‌کش‌های شیمیایی، کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد.

واقع در ۴۵ کیلومتری شرق شهرستان سنندج اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش، فاکتور آبیاری در چهار سطح بدون آبیاری (دیم)، یک‌بار آبیاری (در مرحله غلاف‌رفتن)، دوبار آبیاری (در مراحل غلاف‌رفتن + گلدهی) و سه بار آبیاری (در مراحل غلاف‌رفتن + گلدهی + دانه‌بندی) به‌عنوان عامل اصلی، دو رقم گندم (سیروان و هما) به‌عنوان عامل فرعی و کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شامل عدم محلول‌پاشی (شاهد)، محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرومولار جیبرلین، محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرومولار سیتوکینین و محلول‌پاشی با سایکوسل به میزان سه گرم در لیتر در دو مرحله ساقه‌رفتن و دانه‌بندی (به‌طور جداگانه) به‌عنوان عامل فرعی فرعی مدنظر قرار گرفت. عملیات تهیه زمین، شامل شخم، دیسک و ماله بود. از هر رقم در هر کرت، ۱۹ خط ۱۰ متری به فاصله خطوط ۱۵ سانتی‌متر و تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع به‌وسیله دستگاه بذرکار در تاریخ ۱۴ آبان‌ماه کاشته شد. فاصله بین کرت اصلی، فرعی و فرعی به‌ترتیب دو متر، یک متر، یک متر در نظر گرفته شد. کود مورد نیاز بر اساس آزمون تجزیه خاک (جدول ۲) و توصیه متداول کودی استفاده شد به این ترتیب که تمام کود فسفره از منبع فسفات آمونیوم هم‌زمان با کشت و کود ازته از منبع نترات آمونیوم به‌صورت نصف در زمان کاشت و نصف باقیمانده در اواخر اسفندماه، قبل از ساقه‌رفتن گندم، مصرف شد. برای تعیین میزان آب مورد نیاز در هر آبیاری، از روش تعیین رطوبت وزنی خاک استفاده شد. بدین منظور یک روز پیش از هر آبیاری، از عمق‌های صفر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و سپس نمونه‌ها توزین و به مدت ۲۴ ساعت در آن در دمای ۱۱۰-۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از توزین

## تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم نان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

### اندازه‌گیری صفات

به‌منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد دانه، در مرحله رسیدگی با برداشت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر واحد آزمایشی تعداد دانه در سنبله محاسبه شد. هم‌چنین در تاریخ ۲۰ تیرماه با در نظر گرفتن اثر حاشیه، یک مترمربع از همه کرت‌های آزمایشی برداشت شد و تعداد سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در واحد سطح تعیین شد. وزن هزاردانه نیز با نمونه‌گیری تصادفی از محصول دانه برداشت‌شده از هر کرت و شمارش هزاردانه و توزین آن تعیین شد.

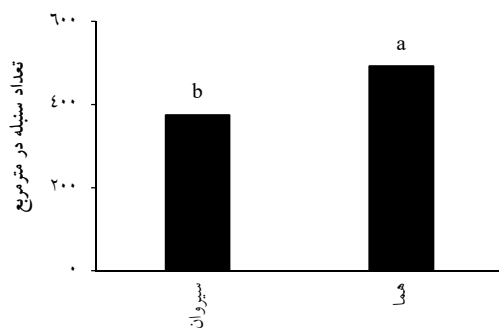
تجزیه و تحلیل‌های آماری: بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. تعداد سنبله در مترمربع

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که با محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌رفتن، اثر اصلی رقم در سطح احتمال یک درصد، اثر متقابل آبیاری در تنظیم‌کننده‌های رشد و رقم در تنظیم‌کننده‌های رشد در سطح احتمال پنج

درصد و اثر متقابل سه عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طور کلی، رقم هما در تمام سطوح آبیاری و کاربرد و عدم کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد تعداد سنبله بیشتری نسبت به رقم سیروان تولید کرد. در حالت کلی، کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد در سطوح مختلف آبیاری نتوانست تأثیر قابل‌توجهی بر تعداد سنبله در مترمربع در دو رقم مورد مطالعه داشته باشد (جدول ۵). تجزیه واریانس داده‌ها در محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی، بیانگر آن است که اثر اصلی رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مشخص کرد تعداد سنبله در مترمربع در رقم هما حدود ۲۴ درصد از رقم سیروان بیش‌تر بود (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اصلی رقم بر تعداد سنبله در مترمربع در محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی گندم.

جدول ۱. میزان بارندگی ماهیانه و میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهیانه محل انجام آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارندگی (mm)	۰	۱۰/۱	۲۰/۱	۴۶/۱	۳۹/۷	۶۲/۴	۵۲/۹	۴۳/۴	۰	۰
درجه حرارت حداقل (°C)	۸/۰۱	۵/۹۱۵	-۴/۴۳	-۳/۲۸	-۵/۶۷	-۲/۰۸	۴/۹۳	۱۰/۰۴	۱۳/۷۵	۱۸/۲۴
درجه حرارت حداکثر (°C)	۲۲/۶۲	۱۵/۵	۷/۰۸	۷/۱۲	۳/۰۹	۸/۵۶	۱۴/۴۶	۲۲/۳۵	۲۸/۲۱	۳۳/۳۲

جدول ۲. نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	نیترژن (%)	هدایت الکتریکی (ds.m)	اسیدیته (pH)	مواد آلی (%)	رس (%)	سیلت (%)	بافت خاک
۱۲/۴	۳۲۰	۰/۰۹	۰/۴۹	۷/۶۲	۰/۷۶	۴۷/۴	۳۸/۴	شن (%)
								۱۴/۲

جدول ۳. تجزیه واریانس مقادیر صفات مربوط به عملکرد دانه دو رقم گندم نان تحت تأثیر محلول پاشی با تنظیم کننده‌های رشد در

مرحله ساقه‌رفتن و رژیم‌های مختلف آبیاری

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزارانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	df	منابع تغییر
۵/۳۸ ns	۱۶۰۴۹/۴ ns	۵۷۹/۹۳ ns	۲/۹۳ ns	۹/۱۸ ns	۸۴۶/۱۷ ns	۲	تکرار (r)
۸/۰۲ ns	۱۰۸۰۵۲۰/۶**	۱۶۰۲۶۵/۸**	۱۶۱/۲۳**	۱۱۴/۹۶*	۸۶۱۶/۹۶ ns	۳	آبیاری (a)
۱۱/۲۳	۱۱۸۰۹/۸	۳۵۵/۹	۲/۹۹	۲۰/۵۹	۲۲۶۶/۸۷	۶	خطای اول
۰/۵۸ ns	۱۰۵۳۸۴/۶ ns	۱۵۳۸۴/۷*	۱۹۵۷/۷**	۳۵۶۹/۶۵**	۳۶۴۳۲۷**	۱	رقم (b)
۱۸/۸ ns	۴۹۵۹۹/۵ ns	۴۹۹/۴ ns	۴۱/۰۲۱*	۸/۱۹ ns	۴۹۶/۰۶ ns	۳	a*b
۲۷/۸۴	۲۲۱۹۰/۷	۱۷۳۰/۱	۸/۶۳	۸/۴۲	۱۷۶۸/۴۶	۸	خطای دوم
۱۲/۴ ns	۱۶۳۳۳/۸ ns	۳۱۹۲/۷**	۴۱/۱۹**	۱۹/۴۷**	۳۸۴/۹۵ ns	۳	تنظیم کننده‌های رشد (c)
۱۹/۵ ns	۲۵۱۴۱/۸*	۳۹۲۰/۳**	۱/۶۲ ns	۱/۴۷ ns	۶۸۱/۶۲*	۹	a*c
۲۷/۵ ns	۱۵۰۷۴/۳ ns	۴۱۳۰/۰۴**	۱۸/۶۵**	۰/۲۱۹ ns	۸۰۲/۷۹*	۳	b*c
۲۴/۴*	۱۵۰۴۲/۳ ns	۲۳۷۷/۹**	۶/۹۸*	۳/۲۱ ns	۱۰۶۲/۲۶**	۹	a*b*c
۱۰/۰۲۳	۱۰۳۷۵/۰۵	۷۱۰/۴	۲/۵۱	۱/۸۶	۲۵۶/۵۳	۴۸	خطای سوم
۸/۷۷	۱۰/۰۳	۷/۳	۴/۰۷	۴/۵۵	۳/۷۷		ضریب تغییرات (%)

ns, \* و \*\*: به ترتیب نشان‌دهنده نبودن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۴. تجزیه واریانس مقادیر صفات مربوط به عملکرد دانه دو رقم گندم نان تحت تأثیر محلول پاشی با تنظیم کننده‌های رشد در

مرحله دانه‌بندی و رژیم‌های مختلف آبیاری

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزارانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	df	منابع تغییر
۵/۴ ns	۷۶۱۷/۳ ns	۳۱۷/۲۴ ns	۳۲/۳۲ ns	۱۳/۸۴ ns	۴۹۷۲/۸۸ ns	۲	تکرار (r)
۲۴/۳ ns	۶۴۸۰۴۷**	۸۷۵۰۲**	۱۵۳/۶۷**	۳۷/۹۸*	۱۶۷۵/۵۳ ns	۳	آبیاری (a)
۱۶/۳۹	۵۵۴۰/۷۶	۲۲۴۳/۲	۷/۲۶	۷/۷۳	۱۱۱۶/۷۹	۶	خطای اول
۵/۸ ns	۱۱۳۰۲۲**	۱۶۵۴۳/۴*	۱۷۲۲/۸**	۳۲۵۵/۸۶**	۳۳۲۴۰۸**	۱	رقم (b)
۲۱/۴ ns	۳۳۲۶۴/۱*	۱۵۸۹/۲ ns	۱۹/۷۹ ns	۶/۳۶ ns	۱۰۱۵/۴۸ ns	۳	a*b
۱۲/۱۷	۴۵۸۵/۷۱	۱۵۵۱/۲۴	۴/۵۳	۷/۸۱۶	۹۸۵/۶	۸	خطای دوم
۲۸/۹**	۱۷۴۷۳/۱*	۷۰۳۸/۱**	۶۴/۸۴**	۳۰/۳۴**	۳۶/۱۵ ns	۳	تنظیم کننده‌های رشد (c)
۲۰/۸**	۱۳۶۲۴/۱۰*	۲۵۸۶/۳**	۱۰/۵۲ ns	۲/۱۳۳ ns	۵۷۱/۱۲ ns	۹	a*c
۱۳/۷ ns	۱۸۷۶۵/۶*	۲۸۶۲/۹**	۹/۹۵ ns	۳/۲۳ ns	۸۳۷/۷۶ ns	۳	b*c
۱۵/۱۶*	۱۷۶۹۴/۶**	۲۹۶۴/۶**	۶/۸۵ ns	۱/۳۲ ns	۱۰۴۵/۴۹ ns	۹	a*b*c
۵/۹۴	۵۰۱۹/۶	۵۳۵/۳	۷/۸۳	۲/۲۷	۶۶۳/۰۸۳	۴۸	خطای سوم
۶/۹	۶/۷۴	۶/۳	۷/۱۱	۴/۹۹	۵/۹۴		ضریب تغییرات (%)

ns, \* و \*\*: به ترتیب نشان‌دهنده نبودن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم نان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌جانبه آبیاری، رقم و تنظیم‌کننده‌های رشد بر برخی صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط محلول‌پاشی در دو مرحله ساقه‌رفتن و دانه‌بندی

آبیاری	رقم	تنظیم‌کننده‌های رشد	تعداد سنبله در متر مربع	مرحله ساقه‌رفتن			مرحله دانه‌بندی		
				وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m <sup>2</sup> )	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (g/m <sup>2</sup> )	شاخص برداشت (%)	عملکرد دیپولوزیک (g/m <sup>2</sup> )
دیوم	یروان	شاهد	۳۵۵/۶۶h-i	۳۱/۶۷m-o	۲۸۳/۶۴k-n	۳۵a-f	۲۸۳/۶۴j-l	۸۱۰/۴۳kl	۳۵a-h
		جیبرلین	۳۵۱/۳۳h-j	۳۱/۲۸m-o	۲۴۶/۵۹m-o	۳۹/۳a-c	۲۹۴/۸۲j-l	۷۹۲/۹۷kl	۳۷/۲a-f
		سیتوکینین	۳۵۲/۶۶h-j	۳۰/۹۲m-o	۲۲۰/۴۳o	۳۶/۳a-f	۲۳۸/۸۹m	۷۲۰/۲۵l	۳۳/۲e-i
		سایکوسل	۳۵۵/۶۷hi	۲۹/۹۱v-o	۲۰۱/۳۴o	۳۰/۷	۲۶۸/۶۴lm	۷۹۸/۹۱kl	۳۳/۸d-i
هما	سیروان	شاهد	۴۳۲d	۳۹/۰۷i-l	۲۹۰/۷k-m	۳۳/۷b-f	۲۹۰/۷۲j-l	۸۶۷/۳۷i-k	۳۳/۷d-i
		جیبرلین	۴۶۳c	۴۱/۲۲f-i	۲۳۷/۸۵no	۳۱/۷ef	۲۹۱/۱۶j-l	۸۳۴/۴۲j-l	۳۴/۹a-h
		سیتوکینین	۴۳۰/۶d	۴۵/۴۲a-e	۲۹۸/۷۲j-l	۳۹/۳a-c	۳۱۲/۳۴i-k	۸۴۰/۳۴j-l	۳۷/۲a-f
		سایکوسل	۴۸۲bc	۴۲/۸۸d-h	۲۷۸/۰۲l-n	۳۶/۱a-f	۲۸۰/۶۸kl	۸۵۵/۳۸i-k	۳۲/۸e-i
یک‌آبیاری	سیروان	شاهد	۳۵۹f-i	۳۱/۲۱mn	۳۲۶/۲۶h-l	۳۲/۸a-f	۳۲۶/۲۶ij	۹۴۷/۱۳h-j	۳۴/۵b-i
		جیبرلین	۳۲۴/۶۷j	۳۳/۱۶mn	۳۴۶/۵g-j	۴۰/۸a	۳۱۳/۰۴i-k	۱۰۵۳/۶۶fh	۳۰i
		سیتوکینین	۳۴۴ij	۳۰/۴n	۳۲۹/۵۷h-k	۳۲/۸d-f	۳۸۱/۸۳e-g	۱۱۶۷/۰۹b-f	۳۲/۹e-i
		سایکوسل	۳۴۶/۳۳jz	۳۱/۴۳mn	۳۹۸/۴۶c-f	۳۴/۲b-f	۴۱۷/۷۵c-f	۱۲۱۰/۶۵a-c	۳۶/۲a-h
دو‌آبیاری	هما	شاهد	۴۷۵/۶۷bc	۳۸/۶۱i-l	۳۲۴/۴i-k	۳۳/۶b-f	۳۲۴/۴i-k	۱۰۰۰/۲۱gh	۳۲/۴f-i
		جیبرلین	۴۹۸ab	۴۲/۶۷e-h	۴۱۶/۷۰c-e	۳۸/۴a-d	۳۸۲/۴۱e-g	۱۲۱۵/۱۸a-c	۳۱/۵hi
		سیتوکینین	۴۹۰a-c	۴۶/۴۵a-c	۳۹۹/۰۹c-f	۳۶/۹a-f	۳۸۲/۵۷e-g	۱۰۶۷/۲۷d-h	۳۵/۹a-h
		سایکوسل	۴۷۴/۶۷bc	۴۳/۶۴c-g	۳۵۹/۴۲f-i	۳۷/۳a-e	۳۸۶/۰۶d-g	۹۷۶/۹۸hi	۳۹/۶a
سیروان	سیروان	شاهد	۳۳۴fh	۳۳/۷۷m	۳۷۵/۵۶e-h	۳۸/۶a-d	۳۷۵/۵۶f-h	۱۰۱۹/۰۹gh	۳۶/۹a-f
		جیبرلین	۳۶۳f-i	۳۶/۷۳l	۳۴۱/۸۹g-j	۳۷/۲a-e	۳۶۸/۷۰gh	۱۰۶۲/۲۰ve-h	۳۸/۲a-d
		سیتوکینین	۳۵۸/۶۷g-i	۳۷/۸۷j-l	۳۹۷/۳۸c-f	۴۰/۷a	۳۸۴/۰۱e-g	۱۱۹۹/۸۵a-d	۳۸/۷a-c
		سایکوسل	۳۹۰/۶۷ef	۳۷/۴۸kl	۳۹۱/۰۵d-g	۳۴/۹a-f	۳۹۱/۶۹d-g	۱۰۲۵/۳۱gh	۳۸/۲a-d
سهم‌آبیاری	هما	شاهد	۴۹۵ab	۴۰/۷۴g-j	۳۸۵/۸۲d-g	۳۴/۶a-f	۳۸۵/۸۲d-g	۱۱۱۵/۰۵vc-g	۳۴/۷b-i
		جیبرلین	۵۰۵a	۴۳/۱۵d-g	۴۰۸/۶۰c-f	۳۶/۱a-f	۳۸۷/۱۸d-g	۱۱۷۵/۳۷b-f	۳۳/۱e-i
		سیتوکینین	۵۱۸/۳۳a	۴۳/۴۷d-g	۴۰۱/۶۲c-f	۳۵/۳a-f	۳۸۳/۰۸e-g	۱۱۶۵/۱۵b-f	۳۲/۹e-i
		سایکوسل	۴۹۴/۳۳ab	۴۳/۰۲d-g	۳۹۱/۰۹d-g	۳۴/۹a-f	۴۶۵/۲۳ab	۱۱۹۱/۱۴b-e	۳۹/۱ab
سیروان	سیروان	شاهد	۳۷۷/۶۶e-h	۳۶/۷۵l	۴۲۹/۱۵cd	۳۷/۵a-f	۴۲۹/۱۵cd	۱۱۲۴/۰۴vc-g	۳۸/۲a-d
		جیبرلین	۳۸۵/۶۶e-g	۴۰/۰۳h-k	۴۰۳/۰۸c-f	۳۳/۶b-f	۳۳۷/۳۳hi	۱۰۲۱/۹۹gh	۳۳/۱e-i
		سیتوکینین	۳۸۷/۶۶e-g	۳۸/۸۳i-l	۴۴۵/۸۹bc	۳۲/۹c-f	۳۸۹/۷d-g	۱۱۱۵/۰۴c-g	۳۴/۸a-i
		سایکوسل	۳۹۲/۳۳e	۳۸/۴۳i-l	۵۰۲/۲۹a	۳۹/۶ab	۴۳۹/۶۰a-c	۱۲۰۵/۵۵a-c	۳۶/۵a-g
سهم‌آبیاری	هما	شاهد	۴۹۸/۳۳ab	۴۴/۱۶b-f	۴۱۸/۵۴c-e	۳۵/۲a-f	۴۱۸/۵۴c-f	۱۲۲۴/۰۹a-c	۳۴/۲c-i
		جیبرلین	۵۰۵/۳۳a	۴۵/۸a-d	۴۴۶/۸۱bc	۳۷/۶a-e	۴۲۱/۸۱c-e	۱۲۳۸/۵۸ab	۳۷/۴a-e
		سیتوکینین	۵۱۷a	۴۶/۹۱vab	۵۰۴a	۳۸/۷a-d	۴۲۱/۸۱c-e	۱۳۳۰/۵۳a	۳۱/۸g-i
		سایکوسل	۴۹۸ab	۴۷/۲a	۴۸۲/۶۹ab	۳۶/۹a-f	۴۷۷/۶۵a	۱۲۴۵/۱a-c	۳۸/۴a-d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند (آزمون دانکن).

### ۳.۲. تعداد دانه در سنبله

در آزمایش محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن، نتایج نشان داد که هیچ‌کدام از اثرات متقابل آبیاری، رقم و تنظیم‌کننده‌های رشد بر این صفت معنی‌دار نشدند اما گندم‌های تحت تیمار سه بار آبیاری به‌طور معنی‌داری نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری تعداد دانه در سنبله بیشتری تولید کردند. تیمارهای دو بار و یک بار آبیاری در رتبه‌های بعدی قرار داشتند و در مقایسه با شرایط دیم به‌طور معنی‌داری تعداد دانه بیشتری در سنبله تولید کردند (شکل ۲- الف). در مقایسه دو رقم مشخص شد تعداد دانه در سنبله رقم سیروان به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) از رقم هما بیشتر بود و احتمالاً پایین‌تر بودن وزن هزاردانه در رقم سیروان نسبت به رقم هما به همین دلیل بوده باشد. میانگین این صفت، در رقم سیروان و هما به ترتیب  $35/8$  و  $23/6$  بود (شکل ۲- ب). تأثیر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳)، به‌طوری‌که محلول‌پاشی سیتوکینین و سایکوسل به‌ترتیب به تولید بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله منجر شد که تفاوت کاملاً چشم‌گیری با تیمار شاهد داشتند. از آنجایی‌که تیمار محلول‌پاشی با جیبرلین و عدم محلول‌پاشی در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۲- ج)، احتمالاً این امر می‌تواند به دلیل نامناسب بودن غلظت جیبرلین مصرفی یا زمان کاربرد این تنظیم‌کننده رشد برای بهبود این صفت باشد. به‌نظر می‌رسد واکنش گیاه در مراحل مختلف رشد به این تنظیم‌کننده‌های رشد متفاوت است به‌نحوی‌که نمی‌توان روندی یکسان در کل چرخه زندگی گیاه برای نقش این تنظیم‌کننده‌ها متصور شد و به‌نظر می‌رسد این تنظیم‌کننده‌ها در دوره‌های مختلف زندگی گیاه به لحاظ اثر روی برخی صفات اثرات متفاوتی دارند.

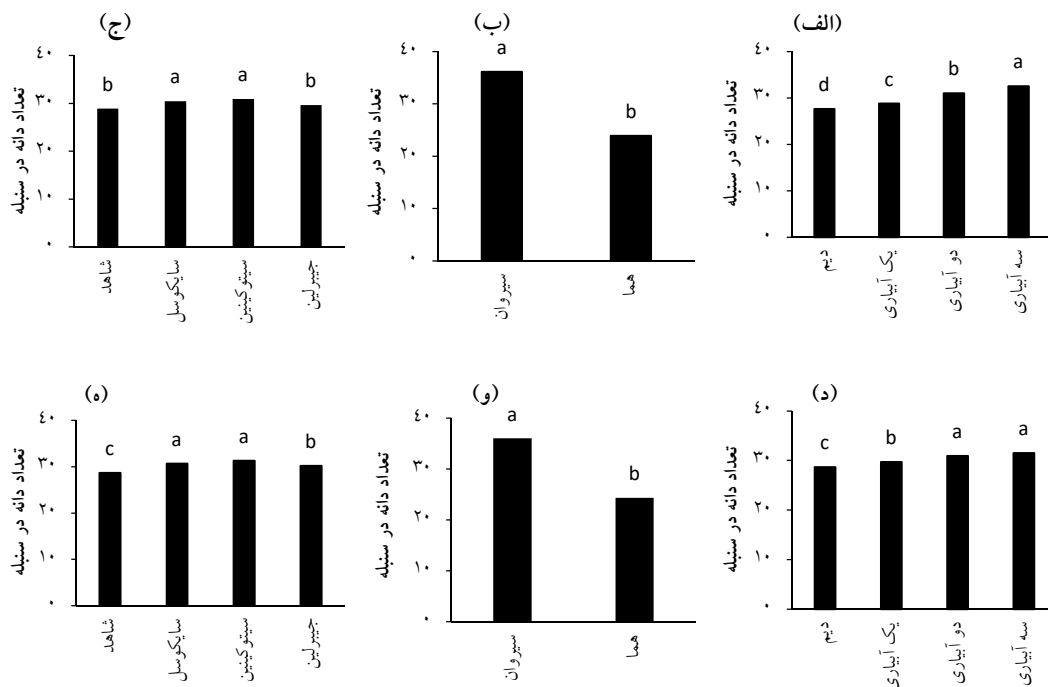
در آزمایش محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی، نتایج نشان داد که هیچ‌کدام از اثرات متقابل معنی‌دار نشدند اما اثرات اصلی تیمار آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثر رقم و تنظیم‌کننده‌های رشد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج نشان داد تیمار یک بار، دو بار و سه بار آبیاری در مقایسه با دیم، تعداد دانه در سنبله را به‌ترتیب به میزان  $3/5$ ،  $7/3$  و  $8/9$  درصد افزایش دادند (شکل ۲- د). مطالعات انجام شده نشان داده است که تنش کم‌آبی در گیاه گندم باعث کاهش  $27/1$  درصدی تعداد دانه در سنبله می‌شود (Halim et al., 2018). با مطالعه دیگری که روی گیاه گندم در شرایط گلخانه انجام شد گزارش شده است که تنش کم‌آبی تعداد دانه در سنبله را  $33$  درصد کاهش داد (Wahbi et al., 2017). گزارش شده است که اعمال تنش در مرحله گرده‌افشانی باعث عقیم‌شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره‌شده به دانه‌ها می‌شود که می‌تواند دلیلی برای کاهش تعداد دانه در سنبله‌ها باشد (Rajala et al., 2009). از دلایل دیگری که برای کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر تنش خشکی انتهایی فصل ارائه شده این است که ادامه تنش خشکی پس از مرحله گلدهی باعث افت شدید وزن برخی دانه‌ها می‌شود، به‌طوری‌که نمی‌توان آن‌ها را دانه به‌حساب آورد، این‌گونه دانه‌ها معمولاً در مراحل خرم‌ن‌کوبی خردشده و از بین می‌روند (Dastfal et al., 2009). تعداد دانه در سنبله رقم سیروان با میانگین  $36$  دانه به‌طور معنی‌داری از رقم هما با میانگین  $24/3$  دانه بیشتر بود (شکل ۲- و). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشد سیتوکینین، سایکوسل و جیبرلین نسبت به شاهد، تعداد دانه در سنبله را به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب حدود  $5/8$ ،  $5/6$  و  $4/99$  درصد افزایش دادند (شکل ۲- ه). مطالعات نشان داده است که سایکوسل اثر مثبتی بر تعداد دانه در



### ۳.۳. وزن هزاردانه

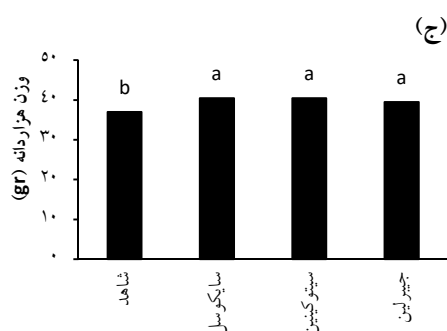
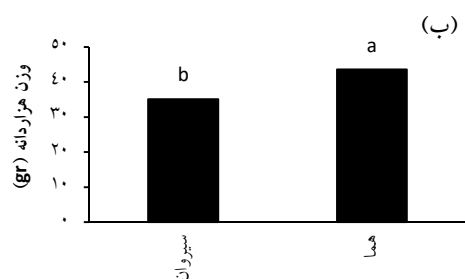
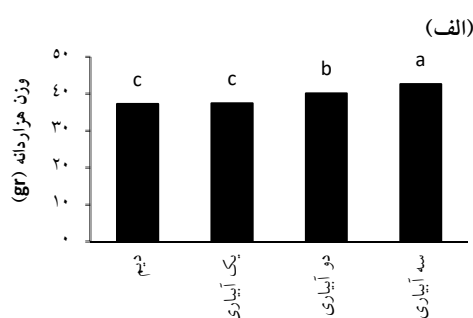
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن، وزن هزاردانه از نظر آماری تحت تأثیر تمامی اثرهای اصلی و اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه آن‌ها به‌جز اثر متقابل آبیاری در تنظیم‌کننده‌های رشد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل سه‌جانبه نشان داد که وزن هزاردانه در تمامی تیمارهای آبیاری و کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد در رقم هما به‌طور معنی‌داری از رقم سیروان بالاتر بود. اعمال آبیاری تکمیلی و افزایش تعداد دفعات آبیاری در هر دو رقم و در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی وزن هزاردانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، به‌طوری‌که بالاترین وزن هزاردانه در هر دو رقم در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط سه‌بار آبیاری به‌دست آمد.

سنبله گندم نان دارد (Piraste & Emam, 2011). تعداد دانه در سنبله در بوته‌های تحت تیمار سایکوسل ۱۴ درصد نسبت به شاهد بیش‌تر بود. با توجه به اینکه سایکوسل ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی به مخازن را افزایش می‌دهد (Wang *et al.*, 2009)، لذا در آزمایش حاضر نیز موجب افزایش تعداد دانه در سنبله شد. سیتوکینین نیز از طریق تأثیر مستقیم بر تقسیم سلولی در سطح مخزن فیزیولوژیک (Yang *et al.*, 2016) پتانسیل اندازه مخزن فیزیولوژیک را افزایش داده و با افزایش ظرفیت فتوسنتزی از طریق تأثیر مثبت بر اجزای فتوسنتزی مانند کلروفیل، پروتئین‌های محلول و افزایش غلظت ایندولاستیک‌اسید در مراحل اولیه رشد و کاهش غلظت آبسزیک‌اسید (Saedi *et al.*, 2007) موجب افزایش وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله می‌شود.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری (الف)، اثر اصلی رقم (ب) و اثر اصلی تنظیم‌کننده‌های رشد (ج) بر تعداد دانه در سنبله گندم در محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن. اثر اصلی آبیاری (د)، اثر اصلی رقم (و) و اثر اصلی تنظیم‌کننده‌های رشد (ه) در محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی.

پژوهش خود روی ارقام گندم به این نتیجه رسیدند که تیمار سایکوسل بر ارقام گندم از لحاظ وزن هزاردانه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. اما در پژوهش حاضر، بیش‌ترین وزن هزاردانه برابر ۴۰/۴۸ با مصرف سایکوسل به‌دست آمد اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمار سیتوکینین و جیبرلین نداشت. کم‌ترین وزن هزاردانه نیز برابر با ۳۶/۹ به تیمار شاهد اختصاص داشت (شکل ۳-ج).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری (الف)، اثر اصلی رقم (ب) و اثر اصلی تنظیم‌کننده‌های رشد (ج) بر وزن هزاردانه در محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی.

در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیش‌ترین وزن هزاردانه (۴۷/۲ گرم) از رقم هما تحت تیمار سه بار آبیاری و کاربرد سایکوسل حاصل شد (جدول ۵). سایکوسل می‌تواند از طریق کاهش ارتفاع بوته‌ها و افزایش طول ریشه‌ها، زمینه لازم برای افزایش جذب آب و عناصر غذایی را فراهم نماید که این موضوع به افزایش فتوسنتز منجر می‌شود و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیش‌تری برای اندام‌های هوایی از جمله سنبله، که مقصد فیزیولوژیک قوی می‌باشد، فراهم می‌شود.

در آزمایش محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی آبیاری، رقم و تنظیم‌کننده‌های رشد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مشخص کرد که اعمال یک مرحله آبیاری اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت، اما دو مرحله و سه مرحله آبیاری به ترتیب باعث افزایش ۷/۴ و ۱۲/۷ درصدی وزن هزاردانه نسبت به شرایط عدم آبیاری شد (شکل ۳-الف). کاهش وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی را می‌توان به تشدید پیری برگ‌ها، کاهش دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن دانه نسبت داد (Afyooni *et al.*, 2014). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص کرد که رقم هما با میانگین ۴۳/۶ به‌طور معنی‌داری دارای وزن هزاردانه بیش‌تری نسبت به رقم سیروان با میانگین ۳۵/۱ بود (شکل ۳-ب). واکنش متفاوت وزن هزاردانه ارقام به تنش خشکی نشان‌دهنده حساسیت یا مقاومت آن‌ها به شرایط تنش می‌باشد. هم‌چنین گزارش شده است که در رقم گندم مورد بررسی اختلاف ژنتیکی معنی‌داری از نظر میزان کاهش وزن هزاردانه وجود دارد. به‌طوری‌که در برخی از ارقام وزن هزاردانه در شرایط خشکی پس از گلدهی ۱۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت در حالی‌که در دیگر ارقام تا ۳۳ درصد کاهش یافت (Ehdaie *et al.*, 2008)، در حالی‌که (Khajeh *et al.*, 2008) در

### ۳. ۴. عملکرد دانه

نتایج پژوهش نشان داد که در آزمایش محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن، عملکرد دانه از نظر آماری تحت تأثیر تمامی اثرات اصلی و اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه آن‌ها به‌جز اثر متقابل آبیاری در رقم قرار گرفت (جدول ۳). در هر دو رقم در شرایط کاربرد و عدم کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد، بالاترین عملکرد دانه مربوط به تیمار سه مرحله آبیاری بود و با کاهش دفعات آبیاری از میزان عملکرد دانه کاسته شد به‌گونه‌ای که در تیمار دیم کم‌ترین عملکرد دانه به‌دست آمد. عملکرد دانه در تیمار سه بار آبیاری تحت محلول‌پاشی سایکوسل و سیتوکینین به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از سایر تیمارهای محلول‌پاشی بود. اگرچه در این تیمار آبیاری در رقم هما تفاوت بین سایکوسل و سیتوکینین معنی‌دار نبود، لیکن در رقم سیروان، افزایش عملکرد دانه توسط سایکوسل بیش‌تر از سیتوکینین بود (جدول ۵). در اثر کاربرد به‌هنگام سایکوسل، به‌دلیل ازدیاد تعداد دانه که آن هم به‌نوبه خود نتیجه ازدیاد تعداد سنبله بارور و تعداد دانه در سنبله است عملکرد دانه گندم افزایش می‌یابد، یعنی اندازه مقصد فیزیولوژیک بزرگ‌تر می‌شود (Shekoofa & Emam, 2008). سیتوکینین نیز با به‌تعویق‌انداختن پیری و افزایش دوره فعال رشد دانه (Hönig et al., 2018) و با اثر مثبت روی بافت مخزن و افزایش ظرفیت فتوسنتزی موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. مشاهده‌های Dwivedi et al. (2013) نیز نشان داد مصرف سیتوکینین باعث افزایش عملکرد دانه ارقام گندم می‌شود.

نتایج آزمایش محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی نیز حاکی از آن بود که عملکرد دانه از نظر آماری تحت تأثیر تمامی اثرات اصلی و اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه آن‌ها به‌جز اثر متقابل آبیاری در رقم قرار گرفت (جدول ۴). در هر دو رقم در شرایط کاربرد و عدم کاربرد

تنظیم‌کننده‌ها، تیمار دیم دارای عملکرد پایین‌تری نسبت به سایر تیمارهای آبیاری بود و اعمال آبیاری تکمیلی باعث افزایش چشم‌گیر و قابل‌توجه عملکرد دانه شد. بیش‌ترین عملکرد دانه معادل ۴۷۷/۶ گرم در مترمربع در تیمار سه آبیاری با کاربرد سایکوسل در رقم هما به‌دست آمد (جدول ۵). کاهش ۱۷ تا ۷۰ درصدی عملکرد غلات در اثر کم‌آبی توسط Ahmed et al. (2019) گزارش شده است. در آزمایش حاضر کاهش عملکرد دانه تحت شرایط دیم به‌دلیل اثرات منفی کمبود آب بر تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه بود.

### ۳. ۵. عملکرد بیولوژیک

طی تنش خشکی، گیاهان برای حفظ منابع و افزایش شانس زنده‌مانی، رشد رویشی خود را از طریق توقف تکثیر و گسترش سلولی کاهش می‌دهند (Li et al., 2016). لذا بیوماس بالاتر گیاهان از طریق افزایش قابلیت رشد و بقا در طول تنش خشکی، یک هدف اصلی در برنامه‌های اصلاح محصولات مختلف است (Diouf et al., 2018). تجزیه واریانس مقادیر عملکرد بیولوژیک بیانگر آن است که در محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن، تأثیر سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آبیاری در تنظیم‌کننده‌های رشد در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۳). میزان عملکرد بیولوژیک در کاربرد و عدم کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد در تیمار سه بار آبیاری بیش‌ترین و در تیمار دیم کم‌ترین بود. بین دو تیمار یک و دو مرحله آبیاری از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک گندم به تیمار سیتوکینین با میانگین ۱۳۲۷/۱۹ گرم در مترمربع در تیمار سه بار آبیاری مربوط بود (شکل ۴). تنش خشکی از طریق کاهش ارتفاع بوته (Djanaguiraman et al.,

به تعویق انداختن پیری گیاه (Yang et al., 2016) موجب افزایش عملکرد بیوماس می‌شود.

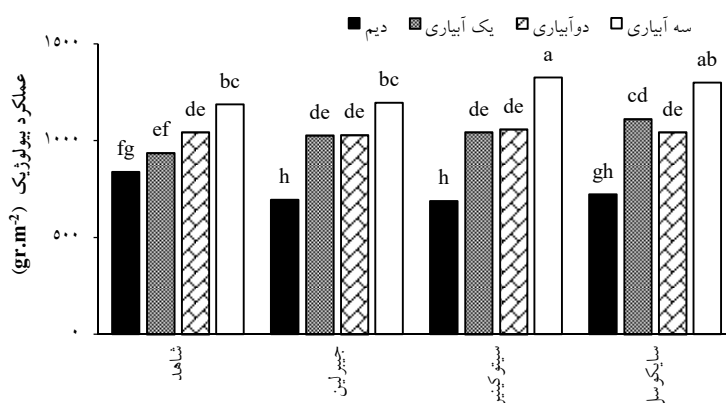
### ۶.۳. شاخص برداشت

نتایج آماری به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن، اثر متقابل سه‌جانبه آبیاری، رقم و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر درصد شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سه عامل نشان داد که اکثر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند و واکنش دو رقم به سطوح مختلف آبیاری و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، متفاوت بود و شاخص برداشت از ۳۰/۷ درصد در تیمار دیم در رقم سیروان تحت کاربرد سایکوسل تا ۴۰/۸ درصد در تیمار یک‌بار آبیاری در این رقم تحت محلول‌پاشی جیبرلین متغیر بود (جدول ۵).

در آزمایش محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی، تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن است که تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد و اثر متقابل آن با آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سه عامل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴).

(2019) موجب کاهش تولید ماده خشک می‌گردد و بنابراین کوچک‌شدن اندازه بوته‌ها و کاهش تولید ماده خشک منجر به افت عملکرد بیولوژیک می‌شود (Emam Seghatoeslami, 2005). احتمالاً افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری مطلوب، به دلیل گسترش بیش‌تر و طول دوره سبزمانی زیادتر برگ‌ها باشد که منجر به ایجاد مبدأ فیزیولوژیک بزرگ‌تری می‌شود (Paolo & Rinaldi, 2008).

در محلول‌پاشی طی مرحله دانه‌بندی، عملکرد بیولوژیک از نظر آماری تحت تأثیر تمامی اثرات اصلی و اثرات متقابل دو جانبه و سه‌جانبه آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد دو رقم مورد مطالعه واکنش متفاوتی نسبت به سطوح آبیاری و کاربرد تنظیم‌کننده‌ها نشان دادند اما در حالت کلی، اعمال آبیاری تکمیلی در هر دو رقم عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌داری افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک معادل ۱۳۳۰/۵ گرم در مترمربع در تیمار سه بار آبیاری در رقم هما تحت کاربرد سیتوکینین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک ۷۲۰/۲ گرم در مترمربع در رقم سیروان تحت شرایط دیم و کاربرد سیتوکینین به دست آمد (جدول ۵). سیتوکینین با



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد بیولوژیک گندم در محلول‌پاشی طی مرحله ساقه‌رفتن. میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند (آزمون دانکن).

اما وزن هزاردانه و تعداد سنبله در مترمربع در رقم هما بیش‌تر بود و این رقم دارای عملکرد بالاتری نسبت به رقم سیروان بود. در این آزمایش‌ها، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد به‌ویژه سیتوکینین و سایکوسل به‌صورت محلول پاشی در مرحله ساقه‌رفتن و دانه‌بندی توانست با افزایش وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله بر افزایش عملکرد دانه تأثیرگذار باشد که بیانگر تأثیر مثبت این تنظیم‌کننده‌ها در کاهش سقط گلچه‌ها در سنبلچه، بهبود تقسیم سلولی و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه و مقصد باشد. لازم به ذکر است که میزان تأثیرگذاری تنظیم‌کننده‌های رشد وابسته به مرحله رشد می‌باشد به‌طوری که در طی مرحله ساقه‌رفتن، محلول پاشی سیتوکینین ۵/۵ و سایکوسل ۵/۷ درصد عملکرد را نسبت به شرایط شاهد افزایش داد و در مرحله دانه‌بندی تیمار سایکوسل سبب افزایش ۹/۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط شاهد شد. در محلول پاشی طی مرحله دانه‌بندی، کاربرد تنظیم‌کننده‌ها باعث افزایش شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک نیز شد. لذا با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی می‌توان نتیجه گرفت حتی یک مرتبه آبیاری می‌تواند میزان عملکرد را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. همچنین می‌توان در مواجهه با بحران کمبود آب در بخش کشاورزی از تنظیم‌کننده‌ها در کنار آبیاری تکمیلی کمک گرفت، اگرچه برای ارائه نظر قطعی لازم است پژوهش‌های بیش‌تری در این زمینه صورت گیرد. توصیه می‌شود برای اطمینان بیش‌تر، مصرف تنظیم‌کننده‌ها در غلظت‌های متفاوت و مراحل مختلف فنولوژیکی موردبررسی قرار گیرد.

#### ۵. تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

بررسی اثر متقابل سه‌جانبه نشان داد که رقم هما در هر سه سطح یک بار، دو بار و سه بار آبیاری در محلول‌پاشی سایکوسل دارای بالاترین درصد شاخص برداشت بود و در رقم سیروان سطوح آبیاری تأثیر مشخصی بر شاخص برداشت نداشتند (جدول ۵). بهبود در شاخص برداشت با کاربرد سایکوسل از طریق کاهش در ارتفاع گیاه زراعی و تخصیص بیش‌تر مواد به مقصد‌های فیزیولوژیک امکان‌پذیر است (Emam & Seghatoeslami, 2005). برخی پژوهش‌گران بر این باورند که تنش خشکی به‌طور یکسانی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و لذا این شاخص کم‌تر تحت تأثیر محیط، افزایش یا کاهش می‌یابد (Kaydan et al., 2006). از طرفی گزارش شده است که شاخص برداشت جو تحت تأثیر تنش خشکی کاهش معنی‌داری می‌یابد (Khajeh et al., 2008). به‌نظر می‌رسد اختصاص بیش‌تر مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده در بخش‌های رویشی به‌ویژه ساقه به دانه‌ها باعث افزایش شاخص برداشت می‌شود (Pirasteh-Anosheh et al., 2016).

#### ۴. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که اعمال آبیاری تکمیلی در گندم باعث بهبود مقادیر صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله نسبت به شرایط دیم شد و افزایش مقادیر این صفات در نهایت، موجب افزایش عملکرد دانه و به‌دنبال آن‌ها افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه نسبت به شرایط دیم شد. این موضوع را می‌توان از یک سو به تأثیر سوء تنش خشکی بر کلیه واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه و از سوی دیگر به توانایی تولید بالقوه بالای این گیاه در شرایط مناسب رشد نسبت داد. در این پژوهش دو رقم موردبررسی ویژگی‌های متفاوتی داشتند. با وجود این‌که در رقم سیروان تعداد دانه در سنبله بیش‌تری به‌دست آمد،

wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit condition. *Journal of Wheat Research*, 5(2), 12-17.

Ehdaie, B., Alloush, G.A., & Waines, J.G. (2008). Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*, 106(1), 34-43. DOI:10.1016/j.fcr.2007.10.012

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

Ghatei, A., Bakhshandeh, A., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S. A., Alami Saeid, K., & Gharineh, M. (2015). Effect of Different Nitrogen Levels and Cytokinin Foliar Application on Yield and Yield Components of Wheat at Terminal Heat Stress Conditions in Ahwaz. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(16), 97-107. (In Persian).

Guo, Z., Shi, Y., Yu, Z., & Zhang, Y. (2015). Supplemental irrigation affected flag leaves senescence post-anthesis and grain yield of winter wheat in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Field Crops Research*, 180, 100-109. DOI:10.1016/j.fcr.2015.05.015

Halim, Q., Emam, Y., & Shakeri, A. (2018). Evaluation of yield, yield components and stress tolerance indices in bread wheat cultivars under conditions Interruption of irrigation after flowering. *Journal of Crop Production and Processing*, 7(4), 121-134. (In Persian).

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Rahman, A., Inafuku, M., Oku, H., & Fujita, M. (2018). Exogenous nitric oxide donor and arginine provide protection against short-term drought stress in wheat seedlings. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(6), 993-1004. DOI: 10.1007/s12298-018-0531-6.

Herzog, H. (1982). Relation of source and sink during grain filling period in wheat and some aspects of its regulation. *Physiologia Plantarum*, 56(2), 155-160. DOI:10.1111/j.1399-3054.1982.tb00318.x

Hönig, M., Plihalova, L., Husičkova, A., Nisler, J., & Doležal, K. (2018). Role of cytokinins in senescence, antioxidant defense and photosynthesis. *International Journal of Molecular Science*, 19(12), 4045. DOI: 10.3390/ijms19124045.

Iqbal, N., Nazar, R., Khan, M. I., Masood, A., & Khan, N. A. (2011). Role of gibberellins in regulation of source-sink relations under optimal and limiting environmental conditions. *Current Science*, 100(7), 998-1007.

Kaur, G., & Asthir, B. (2017). Molecular responses to drought stress in plants. *Biologia Plantarum*, 61(2), 201-209. DOI: 10.1007/s10535-016-0700-9

## ۶. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۷. منابع

Abou Rayya, M. S., Thanaa, S. M., & Nabila, E. K. (2015) Photosynthetic pigments and fruit quality of Manzanillo olive as affected by 6-benzyl adenine and studying the chemical constituents in leaves using Fourier transform infrared spectroscopy technique. *International Journal of Chemical Technology Research*, 8(6), 514-522.

Afyooni, D., Allahdadi, E., Akbari, G. A., & Najafian, G. (2014). Evaluation of tolerance of bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes to terminal drought stress based on agronomic traits. *Journal of Agroecology*, 5(1), 1-17. (In Persian).

Ahmed, H. G. M. D., Sajjad, M., Li, M., Azmat, M. A., Rizwan, M., Maqsood, R.H., & Khan, S.H. (2019) Selection criteria for drought-tolerant bread wheat genotypes at seedling stage. *Sustainability*, 11(9), 2584. DOI: 10.3390/su11092584

Asgher, M., Khan, M. I. R., Anjum, N. A., & Khan, N. A. (2015). Minimising toxicity of cadmium in plants-role of plant growth regulators. *Protoplasma*, 252(2), 399-413. DOI: 10.1007/s00709-014-0710-4

Awan, K.A., Ali, J., & Akmal, M. (2017). Yield comparison of potential wheat varieties by delay sowing as rainfed crop for peshawar climate. *Sarhad Journal. of Agriculture*, 33(3), 480-488. DOI:10.17582/journal.sja/2017/33.3.480.488

Dastfal, M., Barati, V., Navabi, F., & Haghightatnia, H. (2009). Effect of terminal drought stress on grain yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. *Seed and Plant*, 25(3), 331-346. (In Persian).

Diouf, I. A., Derivot, L., Bitton, F., Pascual, L., & Causse, M. (2018). Water deficit and salinity stress reveal many specific QTL for plant growth and fruit quality traits in tomato. *Front Plant Science*, 9, 279. DOI:10.3389/fpls.2018.00279

Djanaguiraman, M., Prasad, P.V.V., Kumari, J., & Rengel, Z. (2019). Root length and root lipid composition contribute to drought tolerance of winter and spring wheat. *Plant and Soil*, 439(1-2), 57-73. DOI: 10.1007/s11104-018-3794-3c

Dwivedi, S.K., Arora, A., Singh, S.D., Singh, G.P., Nagar, S., & Kumar, S. (2013). PGRs improve carbohydrate metabolism and yield attributes in

- Kaydan, D., Yagmur, M., & Okut, N. (2006). Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarim Bilimleri Dergisi*, 13(2), 114-119. DOI:10.21597/jist.498409
- Khajeh, N., Emam, Y., Pakniyat, H., & Kamgar Haghighi, A.A. (2008). Interaction of Chloromequat Chloride (CCC) and Drought Stress on Growth and Grain Yield of Three inter Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 39(1), 33-42 (In Persian).
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., & Jalilian, J. (2016). Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. *Journal of Plant Interaction*, 11(1), 130-137.
- Latifkar, M., Mojaddam, M., & Nejad, T.S. (2014). The effect of application time of cycocel hormone and plant density on yield and yield components of wheat (Chamran cultivar) in Ahvaz weather conditions. *International Journal of Biosciences*, 10(4), 234-242. DOI:10.12692/ijb%2F4.10.234-242
- Li, J. R., Yu, K., Wei, J.R., Ma, Q., Wang, B. Q., & Yu, D. (2010). Gibberellin retards chlorophyll degradation during senescence of Paris polyphylla. *Plant Biology*, 54(2), 395-399. DOI: 10.1007/s10535-010-0072-5
- Li, W., Herrera-Estrella, L., & Tran, L. P. (2016). The Yin-Yang of cytokinin homeostasis and drought acclimation/adaptation. *Trends in Plant Science*, 21(7), 548-550. DOI:10.1016/j.tplants.2016.05.006
- Mesgaran, M., Madani, K., Hashemi, H., & Azadi, P. (2016). Evaluation of Land and Precipitation for Agriculture in Iran. Working Paper 2, Stanford Iran 2040 Project, Stanford University, December, 2016, <http://www.iranian-studies.stanford.edu/iran2040>
- Motazedi, S., Seifzadeh, S., HagParast, R., Zakerin, H., Jabbari, H., & daneshian, J. (2019). Assesment of Relationships between Seed Yield and Some Morphophysiological Traits of Bread Wheat Genotypes under Rainfed and Supplementary Irrigation Conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 13(49(1)), 1-24. DOI:10.30495/jcep.2019.664834. (In Persian).
- Nagar, S., Ramakrishnan, S., Singh, V. P., Singh, G. P., Dhakar, R., Umesh, D. K., & Arora, A. (2015). Cytokinin enhanced biomass and yield in wheat by improving N-metabolism under water limited environment. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(1), 31-38. DOI: 10.1007/s40502-014-0134-3
- Najafian, G., Ghandi, A., & Abadi, H. (2004). Screening for last season drought tolerance in wheat genotypes grown in Iran. *African Agricultural Journal*, 10(2), 370-381.
- Osman, H. S. (2015). Enhancing antioxidant-yield relationship of pea plant under drought at different growth stages by exogenously applied glycine betaine and proline. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 389-402. DOI:10.1016/j.aos.2015.10.004
- Oweis, T., & Hachum, A. (2012). Supplemental irrigation, a highly efficient water-use practice. ICARDA, Aleppo, Syria.
- Paolo, E.D., & Rinaldi, M. (2008). Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105(3), 202-210. DOI:10.1016/j.fcr.2007.10.004
- Peake, A.S., Bell, K.L., Fischer, R.A., Gardner, M., Das, B.T., Poole, N., & Mumford, M. (2020). Cultivar \_ management interaction to reduce lodging and improve grain yield of irrigated spring wheat: Optimising plant growth regulator use, N application timing, row spacing and sowing date. *Frontiers in Plant Science*, 11,401. DOI:10.3389/fpls.2020.00401
- Peltonen, J., & Nissila, E. (1996) Pre- and Postanthesis duration of two-rowed barleys in relation to stability of grain yield at high latitudes. *Hereditas*, 124(3), 217-222. DOI:10.1111/j.1601-5223.1996.00217.x
- Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., & Khaliq, A. (2016). Response of cereals to Cycocel application. *Iran Agricultural Research*, 35(1), 1-12. (In Persian).
- Pirasteh, A. H., & Emam, Y. (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).
- Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., & Ashraf, M. (2014). Impact of cycocel on seed germination and growth in some commercial crops under osmotic stress conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(9), 1277-1289. DOI:10.1080/03650340.2013.879119
- Pourmohammad, A., Shekari, F., & Soltaniband, V. (2014). Cycocel priming and foliar application affect yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Cercetari agronomice in Moldova*, 47(1), 157. DOI: 10.2478/cerce-2014-0007
- Ren, B., Zhu, Y., Zhang, J., Dong, S., Liu, P., & Zhao, B. (2016). Effects of spraying exogenous hormone 6-benzyl adenine (6-BA) after waterlogging on grain yield and growth of summer maize. *Field Crops Research*, 188, 96-104. DOI:10.1016/j.fcr.2015.10.016

- Saeidi, M., Ahmadi, A., Postini, K., & Jahansooz, M. R. (2007). Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(1), 281-293. (In Persian).
- Sasani, S.H., Jahansooz, M. R., & Ahmadi, A. (2004). The effects of deficit irrigation on water use efficiency, yield and quality of forage pearl millet. Proceeding of 4<sup>th</sup> International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, September 2004.
- Sedaghat, M. E., & Emam, Y. (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).
- Shekoofa, A., & Emam, Y. (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(2), 101-108. (In Persian).
- Tatari, M., Ahmadi, M., & Abbasi Alikamar, R. (2012). Effect of Supplemental Irrigation on Growth and Yield of Rainfed Wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(2), 448-455. (In Persian).
- Wahbi, N., Emam, Y., & Pirasteh-Anosheh, H. (2017). Improvement of wheat growth and performance using claramocate chloride and salicylic acid and jasmonic acid in under water stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1), 124-135. (In Persian). DOI:10.22067/gsc.v15i1.47584
- Wang, H. Q. Li., Liu, H. S., & Xiao, L. T. (2009). Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Scientia Horticulturae*, 119(2), 113-116. DOI:10.1016/j.scienta.2008.07.019
- Yang, D.Q., Dong, W.H., Luo, Y.L., Song, W.T., Cai, T., Li, Y., Yin, Y.P., & Wang, Z.L. (2018). Effects of nitrogen application and supplemental irrigation on canopy temperature and photosynthetic characteristics in winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 156(1), 13-23. DOI: 10.1017/S0021859617000946
- Yang, D.Q., Li, Y., Shi, Y. H., Cui, Z.Y., Luo, Y. L., Zheng, M. J., Chen, J., Li, Y. X., Yin, Y. P., & Wang, Z. L. (2016). Exogenous cytokinins increase grain yield of winter wheat cultivars by improving stay-green characteristics under heat stress. *PLoS One*, 11(5), e0155437. DOI: 10.1371/journal.pone.0155437
- Yang, W. B., Wang, Z. L., Yin, Y. P., Li, W. Y., Li, Y. Chen, X.G., Wang, P. Chen, E.Y., Guo, J.X., Cai, T., & Ni, Y. L. (2011). Effects of spraying exogenous ABA or GA on the endogenous hormones concentration and filling of wheat grains. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(13), 2673-2682. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2011.13.005