

اثر کلرمکوات کلراید بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم تحت شرایط تنش خشکی

خاتون رخ افروز^۱، یحیی امام^{۲*} و هادی پیرسته‌انوشه^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱۰)

چکیده

کلرمکوات کلراید (CCC) از مهم‌ترین کُندکننده‌های رشد، برای دست‌ورزی رشد و عملکرد غلات می‌باشد. اثرات این کُندکننده رشد در شرایط تنش خشکی به‌خوبی مطالعه نشده است. لذا، به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های محلول‌پاشی CCC بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط خشکی، دو آزمایش جداگانه در گلخانه و مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش گلخانه‌ای شامل کاربرد و عدم کاربرد CCC، ارقام گندم (مرودشت، شیراز و چمران) و سطوح تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و تیمارهای آزمایش مزرعه‌ای شامل غلظت‌های مختلف CCC (صفر، ۳ و ۵ گرم در لیتر) و سطوح تنش خشکی (بدون تنش، تنش‌های ملایم، متوسط و شدید) بودند. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط مزرعه و گلخانه، تنش خشکی در سطوح متفاوت باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم شد. از سوی دیگر، CCC با افزایش عملکرد و اجزای عملکرد موجب بهبود تحمل به خشکی در گندم گردید؛ در شرایط مزرعه با افزایش غلظت CCC تا ۵ گرم در لیتر، تأثیر مثبت آن بیشتر گردید. با این وجود، تأثیر CCC در شرایط بدون تنش و سطوح تنش خشکی ملایم بیشتر بود و در شرایط تنش شدید تأثیر کمتری داشت. در شرایط گلخانه که سه رقم گندم مرودشت، شیراز و چمران مورد مقایسه قرار گرفت، رقم چمران بیشترین عملکرد دانه را در شرایط آبیاری مطلوب و تنش به خود اختصاص داد، درحالی‌که رقم شیراز بیشترین پاسخ را به کاربرد CCC از خود نشان داد. به‌طورکلی، اگرچه تنش خشکی موجب کاهش رشد و عملکرد گندم شد، لیکن، محلول‌پاشی CCC توانست بخشی (۳۰ تا ۶۰ درصد) از این کاهش را جبران کند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کم‌آبی، کُندکننده رشد، وزن دانه

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

۳. استادیار بخش تحقیقات زراعت و باغبانی، مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد

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

مقدمه

گندم، در ایران و جهان به ترتیب با میزان تولید سالانه ۱۴/۰۰ و ۷۱۳/۲۱ میلیون تن از سطحی معادل ۷/۰۵ و ۲۱۸/۴۵ میلیون هکتار (۱۰)، به عنوان مهم ترین گیاه زراعی شناخته شده که اهمیت آن در تغذیه انسان بر کسی پوشیده نیست. با توجه به خاستگاه گندم، این گیاه زراعی همواره با تنش رطوبتی مواجه بوده است. در بسیاری از مناطق گندم خیز جهان، این گیاه در طول دوره رشد با دوره های کم آبی روبه رو می شود و برای اینکه بتواند عملکرد مناسبی تولید کند، باید توانایی تحمل این دوره ها را داشته باشد (۴).

اجزای عملکرد دانه گندم به نحو متفاوتی، بسته به مرحله فنولوژیک گیاه، تحت تأثیر تنش خشکی قرار می گیرند. حساس ترین مرحله نمو گندم به تنش خشکی مرحله گل دهی است (۴ و ۸)؛ هرچند کمبود آب در مراحل قبل و بعد از گل دهی ممکن است به کاهش عملکرد از طریق کاهش تعداد سنبله و عقیمی سنبلک ها منجر شود (۸). یکی از راه های افزایش تحمل به تنش خشکی در گندم و سایر گیاهان زراعی استفاده از تنظیم کننده های رشد می باشد. گروهی از مواد تنظیم کننده رشد به نام کندکننده های رشد مانند کلرومکوات کلراید، از راه جلوگیری از تولید هورمون جیبرلین در درون گیاه، شروع رشد طولی ساقه در غلات را به تأخیر انداخته و بدین ترتیب طول دوره پنجه زنی را افزایش می دهند (۲ و ۴). کلرومکوات کلراید با نام تجاری سایکوسل با علامت اختصاری CCC یکی از مشتقات کولین ۲ می باشد که از واکنش تری متیل آمین و یک آلیفاتیک هالید به نام ۲-او-۲ دی کلرو اتان تولید می گردد. ماده تولید شده به شکل کریستال و قابل حل در آب بوده که از آن به عنوان کندکننده رشد گیاهی استفاده می شود (۱۵ و ۲۳).

کلرومکوات کلراید از پرمصرف ترین کندکننده های رشد به ویژه در اروپا می باشد که جهت کاهش خوابیدگی و کنترل رشد رویشی گیاهان زراعی، به ویژه غلات کاربرد فراوانی پیدا کرده است (۹ و ۱۹). بر طبق نتایج برخی پژوهش ها

کلرومکوات کلراید تعداد روزنه ها را کاهش داده و از این راه منجر به کاهش تعرق آب در واحد سطح گیاه می شود (۶ و ۱۳). افزایش پتانسیل آب برگ در تیمار با CCC ناشی از نقش تنظیم کنندگی CCC در تنظیم روزنه ای است (۲۱). تیمار با CCC باعث تجمع املاحی مانند اسیدهای آمینه و قندها می شود که سبب پایین آمدن پتانسیل آب گیاه به زیر فشار مکش می شود (۱۶). کاربرد CCC در تنش رطوبتی سبب شده که گندم های تیمار شده نسبت به گندم های شاهد عملکرد دانه بیشتری داشته باشند و در مصرف رطوبت موجود مقرون به صرفه تر عمل کنند (۱۹ و ۲۰). اگرچه نقش مثبت CCC بر برخی گیاهان زراعی به خوبی نشان داده شده است، لیکن، کاربرد آن در شرایط تنش خشکی و نقش تعدیل کنندگی آن هنوز نیازمند پژوهش های بیشتری است. در مطالعه حاضر تأثیر غلظت های متفاوت CCC بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم نان در شرایط متفاوت تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

این پژوهش در طول سال های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ در گلخانه و مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در منطقه باجگاه واقع در ۱۲ کیلومتری شمال غربی شیراز (۴۶° ۵۲ شرقی، ۷۱° ۲۹ شمالی، ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. نتایج آزمون خاک پیش از شروع آزمایش در مزرعه مورد نظر در جدول ۱ آمده است. این پژوهش در دو مرحله به اجرا در آمد. مرحله اول با هدف حفظ و کنترل شرایط محیطی، اعمال بهتر تیمارها و تعیین مناسب ترین رقم (شیراز، مرودشت و چمران) در محیط کنترل شده گلخانه انجام شد. رقم گندم انتخاب شده در مرحله اول (چمران) در شرایط محیطی مزرعه مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش گلخانه ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار و آزمایش مزرعه ای به صورت یک بار خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید.

جدول ۱. نتایج آزمون خاک محل آزمایش (باجگاه، شیراز)

پتاسیم	فسفر	کربن آلی نیتروژن کل		شوری	اسیدیته	بافت
(میلی گرم بر کیلوگرم)		(درصد)		(دسی زیمنس بر متر)		
۵۶۱	۱۲/۵	۰/۱۴	۱/۰۶	۰/۹۷	۷/۸	رسی شنی

خشکی، تیمار کاربرد کندکننده رشد به صورت کاربرد شاخساره‌ای با محلول ۳ گرم در لیتر CCC انجام شد. بوته‌های شاهد بدون کاربرد کندکننده رشد، به میزان مساوی با آب مقطر محلول پاشی شدند. عملیات محلول پاشی با فشار ثابت و به صورت کاملاً یکنواخت در اولین ساعات صبح، به دور از تابش مستقیم آفتاب به گونه‌ای انجام شد که قطراتی از محلول بر روی برگ‌های گندم قابل مشاهده باشد. برای جلوگیری از نفوذ CCC به درون خاک، سطح خاک گلدان‌ها در زمان محلول پاشی با پلاستیک پوشانده شد. دمای حداقل و حداکثر گلخانه به ترتیب ۳۰ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۶۰ تا ۷۰ درصد متغیر بود. هم‌چنین، بوته‌های گندم روزانه در معرض ۱۴ ساعت روشنایی به صورت ترکیبی از لامپ‌های فلورسنت و مهتابی قرار داشتند. در برداشت نهایی پس از رسیدگی فیزیولوژیک، تمام بوته‌های هر گلدان کفبر شده و به مدت ۴۸ ساعت در آن تهویه‌دار در دمای $20 \pm 70^\circ$ خشک شدند و پس از آن طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن خشک و عملکرد بیولوژیک تعیین گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد. میانگین بوته‌های هر گلدان به عنوان داده آن واحد آزمایشی در نظر گرفته شد.

در آزمایش مزرعه‌ای نیز، پس از آماده‌سازی زمین، کرت‌های آزمایشی با ابعاد 3×2 متر انتخاب شدند. بذرها به صورت دستی در ۱۵ آبان ماه ۱۳۹۲ با تراکم ۲۵۰ بذر در مترمربع کشت شدند. کوددهی شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود. یک سوم کود اوره در زمان کاشت و بقیه به صورت سرک در اوایل ساقه رفتن هم‌زمان با آب آبیاری به کرت‌های آزمایشی

تیمارهای آزمایش در گلخانه شامل تنش خشکی در سه سطح: آبیاری تا رسیدن رطوبت خاک به ۷۵، ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی؛ کاربرد CCC در ۲ سطح عدم کاربرد و محلول پاشی ۳ گرم در لیتر CCC؛ و سه رقم گندم شیراز، مرودشت و چمران بود. تیمارهای آزمایش مزرعه‌ای نیز شامل تنش خشکی به عنوان فاکتور اصلی در ۴ سطح آبیاری در حد ظرفیت مزرعه تا آخر فصل رشد، قطع آبیاری در مراحل ساقه رفتن ($ZGS = 30$)، آشکارشدن کامل گل‌آذین ($ZGS = 59$) و اوایل مرحله شیری شدن دانه ($ZGS = 73$) و کاربرد CCC به عنوان فاکتور فرعی در سه سطح عدم کاربرد، و کاربرد با غلظت‌های ۳ و ۵ گرم در لیتر بود.

گلدان‌های پلاستیکی ۵ لیتری با نسبت ۳، ۱، ۱ از خاک مزرعه، ماسه شسته شده و کود برگ پر شد. برای زهکشی و جلوگیری از تجمع زه‌آب در کف گلدان‌ها مقداری سنگریزه ریخته شد. در ۱۵ مهر ماه ۱۳۹۱ در هر گلدان ۱۰ بذر گندم از رقم‌های مورد نظر کاشته شد که بعد از عملیات تنک کردن تعداد بوته‌ها به ۷ بوته در هر گلدان رسید. آبیاری گلدان‌ها تا مرحله چهار برگی (اوایل پنجه‌زنی) در حد نیاز آبی گیاه انجام شد و بعد از آن تا پایان فصل رشد تنش رطوبتی اعمال شد. برای اعمال دقیق تنش و تعیین میزان آب برای هر تیمار توزین مداوم روزانه گلدان‌ها در گلخانه انجام شد و آب مورد نیاز برای رسیدن به حد ظرفیت مزرعه (Field capacity) به هر گلدان اضافه گردید. حد ظرفیت مزرعه خاک مورد استفاده ۲۳ درصد وزنی بود. میزان کل آب آبیاری برای تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای معادل ۱/۷۶، ۱/۴۷ و ۱/۱۹ مترمکعب برای هر گلدان بود. اعمال تنش خشکی و کاربرد CCC تقریباً به طور هم‌زمان انجام شد. اندکی بعد از اعمال تنش

همچنین افزایش سرعت نموی (۷) موجب کاهش طول سنبله گردد. تنش خشکی هم‌چنین از طریق تأثیر منفی بر مریستم انتهایی که تشکیل دهنده سنبله است، می‌تواند سبب کوتاهی سنبله گردد (۱). کاهش طول سنبله در اثر تنش می‌تواند نتیجه کاهش تعداد دانه در هر سنبله باشد، همان‌گونه که در این پژوهش، بوته‌های رشد یافته در شرایط تنش، دارای سنبله کوتاه‌تر و تعداد دانه در سنبله کمتری بودند. در هر دو آزمایش، CCC اثر مطلوبی بر طول سنبله داشت، در شرایط گلخانه کاربرد CCC باعث افزایش طول سنبله هر سه رقم گندم شد. در شرایط مزرعه نیز افزایش غلظت CCC سبب افزایش طول سنبله در همه سطوح تنش شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی CCC از طریق کاهش ارتفاع بوته مواد پرورده بیشتری را برای توسعه اندام‌های زایشی فراهم کرده باشد که در نتیجه باعث افزایش طول سنبله شده است. این نتایج در مورد اثر مثبت CCC با یافته‌های پیرسته‌انوشه و امام (۲۰)، شکوفا و امام (۲۴) هم‌خوانی دارد. در محیط گلخانه بیشترین طول سنبله مربوط به رقم چمران در تیماری آبیاری مطلوب و کاربرد CCC مشاهده شد (شکل ۱).

در آزمایش مزرعه‌ای اثر تنش خشکی و کلرمکوات کلراید (CCC) بر تعداد سنبله بارور در مترمربع معنی‌دار بود. کمترین تعداد سنبله بارور در تیمار تنش شدید خشکی تولید شد ولی در تیمار تنش ملایم تفاوتی در تعداد سنبله بارور با تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول ۳). تعداد سنبله بارور در تنش ملایم و شدید به‌ترتیب ۱۳ و ۲۸ درصد نسبت به شاهد کمتر بود. تنش خشکی اندام‌هایی را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد که در زمان وقوع تنش در حال رشد یا نمو سریع باشند. بخش قابل توجهی از اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه ناشی از کاهش تعداد سنبله‌های بارور در هر بوته است. ابیت و همکاران (۱) همبستگی معنی‌داری بین تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد نهایی دانه در ارقام گندم گزارش کردند. وادینگتون و همکاران (۲۹) نیز افزایش عملکرد دانه را با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح مرتبط دانسته‌اند.

افزوده شد. محلول‌پاشی در غلظت‌های (صفر، ۳ و ۵ گرم ماده مؤثره در لیتر) در اواسط مرحله پنجه‌دهی ($ZGS = 23$) با استفاده از یک دستگاه محلول‌پاش دقیق دستی با فشار ثابت ۳ بار اعمال شد. عمل محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح معادل ۴۰۰ لیتر در هکتار اعمال شد. آبیاری به روش جویچه‌ای هر ۱۰ روز یک‌بار تا قبل از اعمال تنش خشکی انجام شد.

برداشت مزرعه در تاریخ ۳۱ خردادماه ۱۳۹۳ هنگامی که کل بوته‌های مزرعه زرد شده بودند، پس از حذف حاشیه از خطوط کاشت، در سطح یک مترمربع از هر کرتی صورت گرفت. سپس تعداد سنبله بارور در واحد سطح، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۱٪ انجام شد.

نتایج و بحث

در آزمایش گلخانه‌ای طول سنبله تحت تأثیر معنی‌دار تنش خشکی، رقم و CCC و اثر متقابل رقم با CCC قرار گرفت. در آزمایش مزرعه‌ای نیز اثر تنش خشکی و CCC بر طول سنبله معنی‌دار گردید. در هر دو شرایط گلخانه و مزرعه، تنش خشکی موجب کاهش طول سنبله گردید. در مزرعه بین شاهد و تنش ملایم و بین تنش ملایم و تنش متوسط (جدول ۲) تفاوت معنی‌داری در طول سنبله مشاهده نشد. در شرایط گلخانه تنش ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه به‌ترتیب سبب کاهش ۷ و ۱۷ درصدی طول سنبله (جدول ۲) و در شرایط مزرعه تنش ملایم، متوسط و شدید به‌ترتیب باعث کاهش ۲، ۷ و ۱۳ درصدی طول سنبله (جدول ۳) گردید. در آزمایش گلخانه‌ای نتایج اثرات متقابل نشان داد که بیشترین طول سنبله متعلق به رقم چمران در شرایط آبیاری مطلوب و تیمار ۳ گرم در لیتر CCC بود و کمترین طول سنبله در رقم مرودشت تیمار تنش شدید و عدم استفاده از CCC به‌دست آمد (شکل ۱). تنش خشکی می‌تواند از طریق کوتاه کردن طول دوره نموی (۴) و

اثر کلرمکوات کلراید بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم تحت ...

جدول ۲. میانگین اثرات تنش خشکی و رقم بر طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در آزمایش گلخانه‌ای

تیمار تنش	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در گیاه)	عملکرد بیولوژیک (گرم در گیاه)	شاخص برداشت (درصد)
۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه	۴/۹۲ ^a	۲۱/۰۶ ^a	۳۵/۸۵ ^a	۱/۸۷ ^a	۴/۴۶ ^a	۴۱/۷۲ ^a
۷۵٪ ظرفیت مزرعه	۴/۵۸ ^b	۱۷/۱۳ ^b	۳۵/۵۹ ^a	۱/۰۱ ^b	۲/۷۵ ^b	۳۶/۵۷ ^b
۵۰٪ ظرفیت مزرعه	۴/۰۷ ^c	۱۴/۲۱ ^c	۳۴/۸۶ ^b	۰/۸۳ ^c	۲/۲۸ ^c	۳۶/۴۲ ^b
رقم						
شیراز	۴/۰۶ ^c	۱۶/۷۵ ^b	۳۵/۲۵ ^b	۱/۲۴ ^b	۳/۲۷ ^a	۳۶/۹۵ ^b
مرودشت	۴/۵۳ ^b	۱۶/۰۳ ^c	۳۵/۲۳ ^b	۱/۱۱ ^c	۲/۹۱ ^b	۳۷/۳۵ ^b
چمران	۴/۹۹ ^a	۱۹/۵۸ ^a	۳۵/۸۵ ^a	۱/۳۵ ^a	۳/۳۰ ^a	۴۰/۴۱ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر اثر اصلی، براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳. میانگین اثرات تنش خشکی و تنظیم‌کننده رشد بر طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در آزمایش مزرعه‌ای

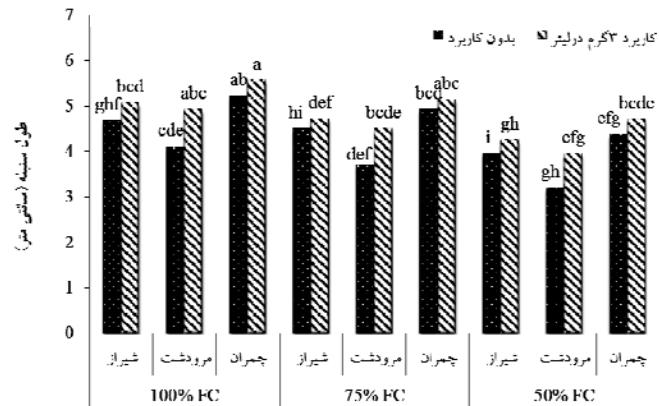
تیمار تنش	تعداد سنبله بارور در مترمربع	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد در دل‌نعلبه	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)
شاهد	۶۲۸/۶۷ ^a	۱۰/۰۰ ^a	۵۲/۷۸ ^a	۴۰/۴۱ ^a	۸۹۴/۶ ^a	۲۱۹۷/۸ ^a	۴۰/۶۶ ^a
تنش ملایم	۶۳۹/۳۳ ^a	۹/۷۷ ^a	۵۰/۱۰ ^{ab}	۳۹/۶۱ ^{ab}	۸۲۲/۲ ^b	۱۹۳۸/۲ ^b	۴۲/۳۴ ^a
تنش متوسط	۵۴۵/۷۸ ^b	۹/۳۳ ^b	۴۹/۰۰ ^b	۳۸/۱۸ ^b	۵۶۹/۲ ^c	۱۵۹۱/۳ ^c	۳۵/۷۰ ^b
تنش شدید	۴۵۰/۲۲ ^c	۸/۶۶ ^c	۳۷/۰۰ ^c	۳۳/۹۶ ^c	۴۴۲/۳ ^d	۱۱۸۵/۸ ^d	۳۷/۳۰ ^b
تنظیم‌کننده رشد							
بدون کاربرد	۴۷۶/۳۳ ^b	۸/۷۸ ^a	۴۳/۸۳ ^b	۳۶/۸۳ ^b	۵۹۹/۸ ^c	۱۵۸۶/۲ ^c	۳۷/۳۹ ^b
کلرمکوات کلراید (۳g/l)	۵۹۴/۹۲ ^a	۹/۴۱ ^b	۴۶/۴۲ ^a	۳۸/۳۳ ^a	۶۷۵/۳ ^b	۱۷۱۷/۷ ^b	۳۸/۹۷ ^{ab}
کلرمکوات کلراید (۵g/l)	۶۲۶/۷۵ ^a	۱۰/۱۳ ^a	۴۷/۶۴ ^a	۳۸/۹۶ ^a	۷۷۱/۱ ^a	۱۸۸۱/۰ ^a	۴۰/۶۵ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر اثر اصلی، براساس آزمون LSD در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

تیمار شده و بهبود نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاهی هم باشد (۸).

نتایج تجزیه واریانس آزمایش گلخانه‌ای نشان داد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر معنی‌دار تنش خشکی، CCC، رقم و برهمکنش تنش با رقم قرار گرفت. در آزمایش مزرعه‌ای نیز اثر تنش خشکی و CCC بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار گردید. از هر دو آزمایش نتایج نسبتاً مشابهی به دست آمد، بدین ترتیب که تنش خشکی تعداد دانه در هر سنبله را کاهش داد. به‌طور

بوت‌های محلول‌پاشی شده با CCC به‌طور معنی‌داری تعداد سنبله بارور بیشتری داشتند، هرچند بین تیمار ۳ و ۵ گرم در لیترسایکوسل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). این افزایش می‌تواند به دلیل کاهش چیرگی انتهایی مقصدهای فیزیولوژیک ساقه اصلی و تأمین مواد پرورده بیشتر جهت رشد مقصدهای فیزیولوژیک ثانویه نظیر پنجه‌ها باشد. بقای تعداد بیشتری پنجه در اثر استفاده از CCC ممکن است به دلیل بازتر شدن زاویه ساقه اصلی با پنجه‌ها در بوت‌های

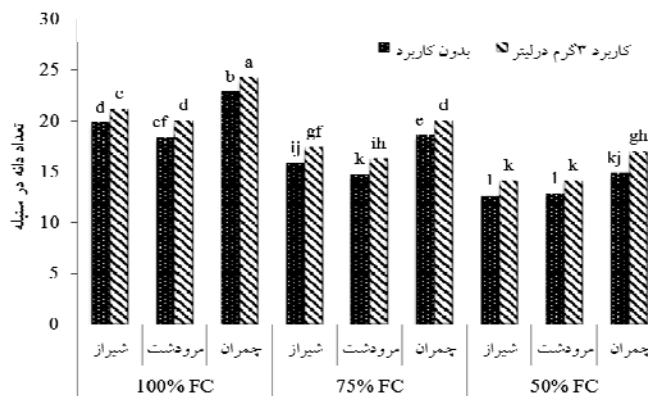


شکل ۱. تأثیر محلول پاشی کلر مکوات کلراید بر طول سنبله سه رقم گندم در شرایط متفاوت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

نتیجه تیمار بوته‌ها با CCC به دلیل افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک قبل از گل‌دهی می‌باشد (۱۹، ۲۸ و ۲۹). نتایج اثرات متقابل نشان داد که در آزمایش گلخانه‌ای بیشترین تعداد دانه در سنبله در رقم چمران در تیمار بدون تنش و کاربرد CCC به دست آمد و کمترین آن در رقم مرودشت در تیمار تنش ۵۰٪ و عدم کاربرد CCC مشاهده شد (شکل ۲).

در آزمایش گلخانه‌ای، وزن هزار دانه به‌طور معنی داری تحت تأثیر تنش خشکی و رقم قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس آزمایش مزرعه‌ای نیز نشان داد که اثر تنش خشکی و CCC بر وزن هزار دانه اثر معنی داری داشت. وزن هزار دانه رقم چمران به‌طور معنی داری از رقم مرودشت و شیراز بیشتر بود ولی بین دو رقم شیراز و مرودشت تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۲). از آنجا که میانگین وزن هر دانه یکی از اجزای مستقیم عملکرد دانه است (۴)، لذا افزایش آن اثر مستقیمی بر بهبود عملکرد دانه دارد. رقم چمران از این نظر پتانسیل بیشتری برای ازدیاد عملکرد دانه دارد. در آزمایش گلخانه‌ای تنش ۵۰٪ به‌طور معنی داری باعث کاهش وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۲). در آزمایش مزرعه‌ای هم تنش خشکی به‌طور معنی داری سبب کاهش وزن هزار دانه گردید. کاهش وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد در اثر تنش شدید، متوسط و ملایم به ترتیب ۱۹، ۱۷ و ۱۲ درصد بود (جدول ۳). نتایج به‌دست

میانگین بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله به ترتیب در تیمار ۱۰۰ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه در آزمایش گلخانه‌ای (جدول ۲) و تیمار آبیاری مطلوب و تنش شدید در آزمایش مزرعه‌ای (جدول ۳) به دست آمد. شایان توجه است که اثر تنش خشکی در کاهش تعداد دانه در سنبله در گلخانه به‌طور قابل توجهی شدیدتر از مزرعه بود. این تفاوت را می‌توان به توسعه بیشتر ریشه‌ها در شرایط مزرعه و در نتیجه توانایی بیشتر گیاه برای تحمل تنش خشکی نسبت داد (۷). در شرایط گلخانه بیشترین تعداد دانه در سنبله از رقم چمران و کمترین آن مربوط از رقم مرودشت (با ۱۷ درصد کاهش نسبت به رقم چمران) به دست آمد (جدول ۲). در هر دو آزمایش CCC اثر مثبتی بر تعداد دانه در سنبله داشت. پیرسته‌انوشه و امام (۲۰) به این نتیجه رسیدند که تنظیم کننده‌های رشد اثر مثبتی بر تعداد دانه در سنبله گندم دارد. افزایش تعداد دانه در سنبله در اثر تیمار CCC در گندم توسط شکوفا و امام (۲۴) و سلیمان و قندوره (۲۵) و در جو توسط امام و کریمی (۵)، خواجه و همکاران (۱۲) و ما و اسمیت (۱۴) نیز گزارش شده است. به دنبال کاربرد CCC تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان دلیل افزایش تعداد دانه را نتیجه کاهش نسبت گلچه‌های عقیم دانست (۲۱). محققان دیگری ابراز عقیده کرده‌اند که افزایش تعداد دانه در



شکل ۲. تأثیر محلول پاشی کلرمکوات کلراید بر تعداد دانه در سنبله سه رقم گندم در شرایط متفاوت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت و با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش عملکرد دانه زیادتر شد. شدت کاهش در تنش ۵۰٪ در گلخانه (۵۶٪) و تنش شدید در مزرعه (۵۱٪) بسیار بارز بود. روند تغییرات عملکرد دانه تحت تأثیر تنش ملایم و شدید خشکی در گلخانه از مزرعه بیشتر بود. نتایج این پژوهش با نتایج گودینگ و همکاران (۱۱) در گندم مطابقت دارد. در شرایط گلخانه عملکرد دانه رقم چمران به‌طور معنی‌داری از رقم شیراز (۸٪) و رقم مرو دشت (۱۱٪) بیشتر بود و این امر به دلیل بیشتر بودن اجزای عملکرد رقم چمران مانند تعداد دانه و وزن هزار دانه بود (جدول ۲). در هر دو شرایط گلخانه و مزرعه، CCC باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد. در شرایط مزرعه CCC با غلظت ۳ و ۵ گرم در لیتر به ترتیب ۱۳ و ۲۹ درصد عملکرد بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. در پژوهش‌های پیشین افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد شاخساره‌ای CCC با مقادیر متفاوتی گزارش شده است، پیرسته‌انوشه و امام (۲۰) ۱۱ درصد، امام و همکاران (۹) ۱۲ درصد، سلیمان و قندوره (۲۵) ۱۵ درصد، ما و اسمیت (۱۴) صفر تا ۲۰ درصد و امام و کریمی (۵) ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش عملکرد در اثر کاربرد CCC را گزارش کرده‌اند. ازدیاد عملکرد دانه بر اثر تیمار CCC ممکن است نتیجه افزایش اندازه مقصد پیش از گل‌دهی باشد. به نظر می‌رسد تیمار بوته‌ها با CCC که با تغییر زاویه برگ‌ها و پنجه‌ها (Crown angle) و بهبود نفوذ نور

آمده مبنی بر کاهش وزن هزار دانه گندم در شرایط تنش با نتایج امام و دستفال (۶) مطابقت دارد. کاهش میانگین وزن دانه در شرایط تنش خشکی به کاهش فتوسنتز در گیاه که خود باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد، نسبت داده شده است (۱۸). به علاوه، تنش خشکی انتقال مواد پرورده از برگ‌ها به دانه را کاهش می‌دهد (۱۷). تنش خشکی باعث رسیدن سریع‌تر دانه‌ها شده، که خود در کاهش وزن هر دانه مؤثر است (۴). در شرایط مزرعه کاربرد CCC با افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد همراه بود، هرچند دو سطح مصرف CCC با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). تیمار ۳ گرم در لیتر CCC افزایش ۴ درصدی وزن هزار دانه و تیمار ۵ گرم در لیتر CCC افزایش ۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد را به همراه داشت. نتایج به دست آمده از تأثیر CCC بر وزن هزار دانه در مزرعه با نتایج سلیمان و قندوره (۲۵) و در شرایط گلخانه با نتایج راجالا و پلتونین ساینو (۲۲) مطابقت دارد. این افزایش به ازدیاد دوام سطح سبز برگ‌ها (۲۳) و یا افزایش سهم دانه از مواد پرورده (۳) نسبت داده شده است.

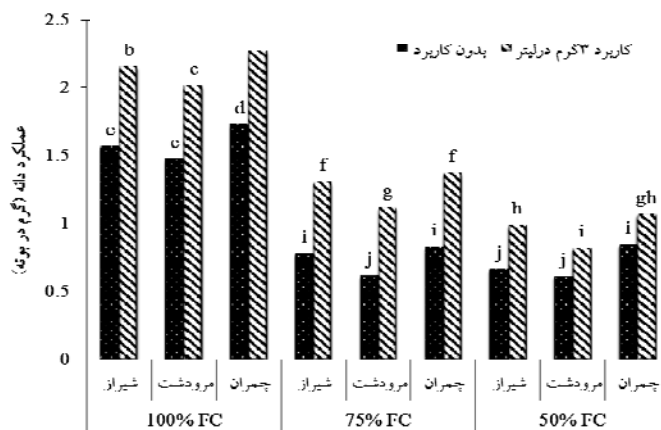
عملکرد دانه در گلخانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی، CCC، رقم و برهمکنش دوگانه تنش خشکی و CCC قرار گرفت در مزرعه نیز اثر تنش خشکی و CCC و برهمکنش دوگانه بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار گردید. عملکرد دانه در هر دو آزمایش گلخانه‌ای (جدول ۲) و مزرعه‌ای (جدول ۳)

کاهش تجمع ماده خشک باعث کاهش عملکرد بیولوژیک در پایان دوره رشد گیاه می‌شود، به طوری که در آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای حاضر تنش خشکی سبب کاهش میزان عملکرد بیولوژیک شد. تنش خشکی بسته به شدت موجب کاهش اندازه شاخساره گردید. بنابراین از آنجا که عملکرد بیولوژیک کل ماده خشک تولید شده را در بر می‌گیرد (۸)، کاهش آن در شرایط تنش در آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای قابل توجه است. کاهش عملکرد بیولوژیک تحت شرایط تنش خشکی در دیگر پژوهش‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته است (۲ و ۱۸). کلرمکوات کلراید در گلخانه سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد و در مزرعه هم تیمارهای ۳ و ۵ گرم CCC در لیتر به ترتیب باعث افزایش ۸ و ۱۶ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شدند. پژوهشگران اثرات متفاوتی از تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد بیولوژیک گزارش کرده‌اند. برای مثال خواجه (۱۲) دریافت که محلول پاشی CCC اثری بر عملکرد بیولوژیک جو ندارد. از طرف دیگر امام و همکاران (۹) افزایش عملکرد بیولوژیک گندم را با کاربرد CCC گزارش کرده‌اند. در این پژوهش CCC سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط گلخانه و مزرعه گردید. شکوفا و امام (۲۴) ابراز عقیده کردند که کاربرد CCC سبب افزایش تجمع ماده خشک در جو گردید. پژوهشگران معتقدند که از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی دانه ظرفیت فتوسنتزی به ویژگی‌های برگ پرچم شامل سرعت فتوسنتز، کارایی روبیسکو، غلظت کلروفیل و مساحت برگ پرچم بستگی دارد (۱۸). در این پژوهش احتمالاً تنظیم‌کننده رشد از راه افزایش ظرفیت فتوسنتزی بوته‌ها موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شده است.

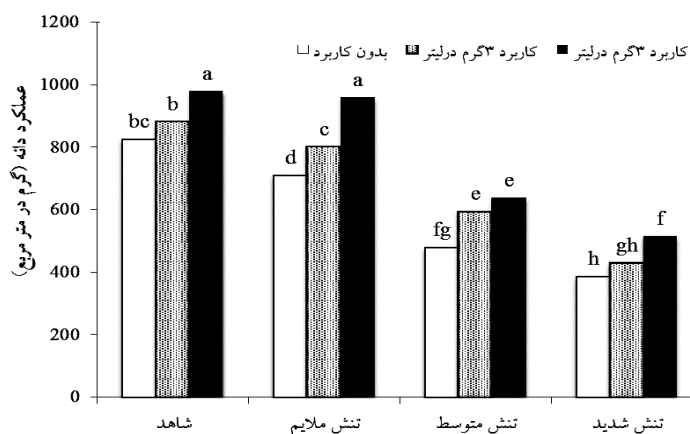
در آزمایش گلخانه‌ای رقم چمران افزایش عملکرد بیولوژیک معنی‌داری نسبت به رقم مرودشت (۱۲٪) داشت، هرچند نسبت به رقم شیراز تفاوت معنی‌داری نداشت. این موضوع می‌تواند به دلیل ویژگی مقاومت به خشکی در رقم چمران نسبت به دو رقم دیگر باشد. در آزمایش گلخانه‌ای برهمکنش اثرات متقابل نشان داد که تیمار آبیاری کامل و

به داخل سایه‌انداز گیاهی همراه است، پیش از گل‌دهی اندازه مقصد را افزایش داده و بعد از گل‌دهی به دلیل تأثیر بازخوری مثبت افزایش اندازه مقصد بر سرعت فتوسنتز بوته‌ها، سبب افزایش میزان مواد پرورده تولیدی برای پر شدن دانه‌های اضافه گردیده باشد (۸ و ۱۵). افزایش عملکرد دانه به دنبال تیمار بوته‌ها با CCC تنها در صورتی به وقوع می‌پیوندد که شرایط محیطی برای فتوسنتز سایه‌انداز گیاهی مناسب باشد و شاید به همین دلیل در برخی پژوهش‌ها علی‌رغم گزارش تعداد دانه بیشتر در هر بوته به دنبال تیمار CCC، واکنشی از عملکرد دانه مشاهده نشده است (۸). نتایج اثرات متقابل نشان می‌دهد که در آزمایش گلخانه‌ای تیمار آبیاری کامل و کاربرد CCC بیشترین عملکرد دانه را داشته و کمترین عملکرد هم در تنش شدید و عدم کاربرد CCC مشاهده شد (شکل ۳). در آزمایش مزرعه‌ای هم بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد ۵ گرم در لیتر CCC و کمترین عملکرد در تیمار تنش شدید و عدم کاربرد CCC به دست آمد (شکل ۴).

نتایج تجزیه واریانس آزمایش گلخانه‌ای نشان داد که عملکرد بیولوژیک گندم تحت تأثیر معنی‌دار تنش خشکی، CCC، رقم و اثر متقابل تنش خشکی و CCC قرار گرفت. همچنین در آزمایش مزرعه‌ای هر دو اثر اصلی و اثر متقابل آنها معنی‌دار گردید. در هر دو آزمایش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای تنش خشکی عملکرد بیولوژیک را کاهش داد، که این کاهش بسته به شدت تنش متغیر بود، تنش‌های ۷۵ و ۵۰٪ به ترتیب ۳۸ و ۴۹ درصد در گلخانه (جدول ۲) عملکرد بیولوژیک گندم را کاهش دادند و تنش ملایم، متوسط و شدید در مزرعه به ترتیب ۱۲، ۲۸ و ۴۶ از عملکرد بیولوژیک گندم کاستند (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک شامل وزن خشک تمامی بخش‌های هوایی گیاه است که تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط محیط رشد، قرار می‌گیرد (۷). خشکی با اثرات متفاوتی که به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر گیاه دارد از قبیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تورژسانس (۱۸)، کاهش سطح فتوسنتز کننده و همچنین کاهش میزان فتوسنتز، باعث کاهش تجمع ماده خشک می‌شود (۲۶).



شکل ۳. تأثیر محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید بر عملکرد دانه سه رقم گندم در شرایط متفاوت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

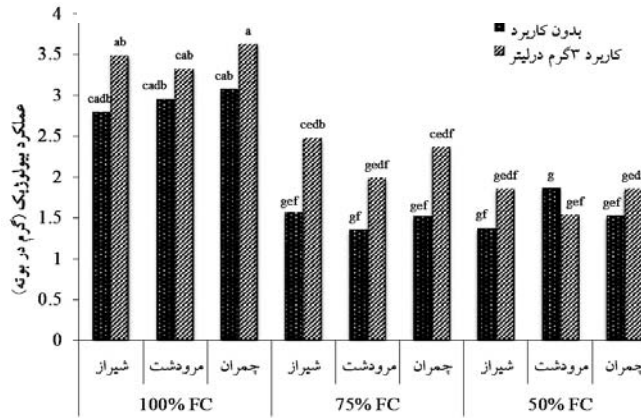


شکل ۴. تأثیر محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید بر عملکرد دانه گندم در شرایط متفاوت تنش خشکی در شرایط مزرعه‌ای. ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

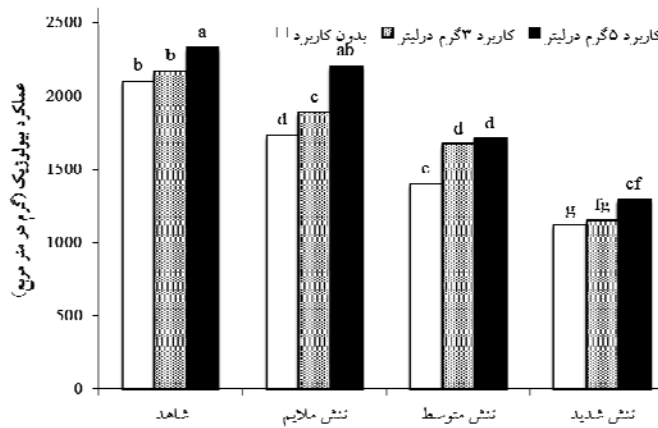
قرار گرفت. در شرایط گلخانه تنش ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب باعث کاهش ۱۲ و ۱۳ شاخص برداشت شدند (جدول ۲). شاخص برداشت در آزمایش مزرعه‌ای در تیمار تنش ملایم، بدون تفاوت معنی‌دار با شاهد بیشتر از تنش متوسط و شدید بود (جدول ۳). افزایش شاخص برداشت تحت تنش ملایم در پژوهش حاضر نشان‌دهنده آن است که تنش ملایم اگرچه عملکرد دانه و بیولوژیک را کاهش می‌دهد، لیکن، تأثیر کاهنده آن بر عملکرد بیولوژیک بیشتر است. این نتیجه در راستای نتایج پژوهشگرانی چون امام و دستفال (۶)،

کاربرد CCC بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داده و کمترین آن هم در تیمار آبیاری ۵۰٪ و عدم کاربرد CCC مشاهده شد (شکل ۵). هم‌چنین نتایج اثرات متقابل در آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد ۵ گرم در لیتر CCC به‌دست آمد (شکل ۶).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر تنش خشکی، CCC، رقم و اثر متقابل تنش و رقم و اثر متقابل تنش و گلخانه و تنش خشکی در مزرعه



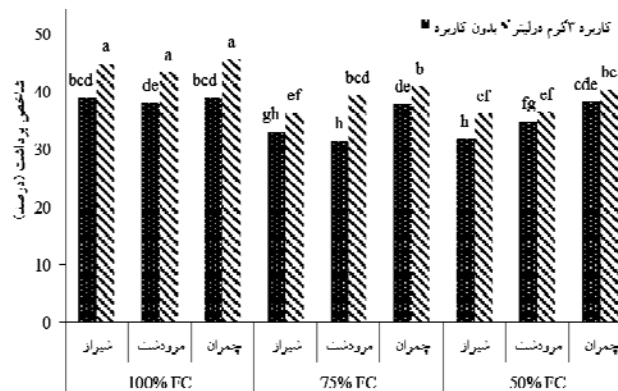
شکل ۵. تأثیر محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید بر عملکرد بیولوژیک سه رقم گندم در شرایط متفاوت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۶. تأثیر محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید بر عملکرد بیولوژیک گندم در شرایط متفاوت تنش خشکی در شرایط مزرعه‌ای. ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

برداشت را گزارش نمودند که حاکی از تفاوت واکنش گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها به کاربرد کندکننده رشد سایکوسل است. در آزمایش گلخانه‌ای نیز شاخص برداشت در رقم چمران افزایش معنی‌داری نسبت به رقم مرودهشت (۸٪) و رقم شیراز (۹٪) داشت، هرچند تفاوت رقم مرودهشت و شیراز معنی‌دار نبود. نتایج اثرات متقابل آزمایشات گلخانه‌ای نشان داد که بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل و کاربرد CCC مشاهده شد و کمترین آن در رقم شیراز و تیمار تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون کاربرد CCC به دست آمد (شکل ۷).

امام و نیک‌نژاد (۸) و اسمیت و همکاران (۲۷) می‌باشد. کلرمکوات کلراید شاخص برداشت را افزایش داد. افزایش شاخص برداشت بر اثر CCC به دلیل اثرگذاری بیشتر آن بر عملکرد دانه بوده است. افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد دانه در سنبله در آزمایش گلخانه‌ای و افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش تعداد پنجه‌های بارور در واحد سطح در آزمایش مزرعه‌ای است. نتایج به دست آمده با نتایج پیرسته‌انوشه و امام (۲۰) و شکوفا و امام (۲۴) و وادینگتون و کارترایت (۲۸) همسو است. اگرچه خواجه (۱۲) و امام و همکاران (۹) عدم تغییر شاخص



شکل ۷. تأثیر محلول پاشی کلرمکوات کلراید بر شاخص برداشت سه رقم گندم در شرایط متفاوت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از خود بروز داد. افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در آزمایش مزرعه‌ای نتیجه تأثیر مثبت کلرمکوات کلراید بر تعداد سنبله در واحد سطح، طول‌تر شدن سنبله‌ها و افزایش تعداد دانه در هر سنبله بود. درک عمیق اثرات کلرمکوات کلراید در مراحل مختلف زندگی گندم نیازمند پژوهش‌های تکمیلی است.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش در گلخانه نشان داد که به‌طور کلی تنش خشکی سبب کاهش مشخص و معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌شود و کاربرد کلرمکوات کلراید می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهد. در مزرعه اعمال تنش خشکی در مرحله ساقه رفتن بیشترین تأثیر را بر

منابع مورد استفاده

1. Abbate, P. E., J. L. Dardanelli, M. G. Cantarero, M. Maturano, R. J. M. Melchiori and E. E. Suero. 2004. Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. *Crop Science* 44: 474-483.
2. Brissom, N., E. Guevara, M. Maturano and G. Goca. 2001. Response of five wheat cultivars to early drought in the pampas. *Agronomy Journal* 21: 449-483.
3. Dahmer, M. A., J. Green, H. Alford, L. Tassara, E. Oakes and T. Malefy. 2007. Current and potential commercial applications of the suppression of ethylene action by 1-MCP in plant. *Journal of Agricultural Science* 98: 593-597.
4. Emam Y. 2011. Cereal Production (4th Ed). Shiraz University Press. Shiraz, Iran. (In Farsi).
5. Emam, Y. and H. R. Karimi. 1996. Influence of chlormequat chloride on five winter barley cultivars. *Iran Agricultural Research* 15: 89-104.
6. Emam, Y. and M. Dastfal. 1997. Above and below ground responses of winter barely plants to chlormequat in moist and drying soil. *Crop Research-Hisar* 14: 457- 470.
7. Emam, Y. and M. J. Seghatoeslami. 2005. Cop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University Press. Shiraz. (In Farsi).
8. Emam, Y. and M. Niknejad. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield, Shiraz University Press, Shiraz. (In Farsi).
9. Emam, Y., A. Tafazoli and H. R. Karimi Shahmazrae. 1995. Study the effect of chlormequat chloride on growth and development of wheat cv. Ghods. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 26: 23-29. (In Farsi).
10. FAO. 2013. Food and Agriculture Organization. Available online at: www.faostat.org
11. Gooding, M. J., R. H. Ellis, P. R. Shewry and J. D. Schofield. 2003. Effects of restricted water Growing Conditions. PhD. Thesis, University of Helsinki, Finland.
12. Khajeh, N., Y. Emam, H. Pakneyat and A. A. Kamgarhaghghi. 2008. Interaction of plant growth regulator

- chlormequat chloride (CCC) and drought stress on growth and grain yield of three barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Iranian Field Crop Science Journal* 39: 215-224. (In Farsi).
13. Knapp, J. C., L. Harms and J. J. Volenec. 1987. Growth regulator effects on wheat culm nonstructural and structural carbohydrates and lignin oat (*Avena sativa*) seeds. *Plant Growth Regulation* 37:7-16.
 14. Ma, B. L. and D. L. Smith. 1991. Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon. *Agronomy Journal* 83: 270-274.
 15. Ma, B. L. and D. L. Smith. 1992. Growth regulator effect on above ground dry matter partitioning during grain fill of spring barley. *Crop Science* 32: 741-746.
 16. Mathews, P. R. and J. B. Caldicott. 1981. The effect of chlormequat chloride formulated with choline chloride on the height and yield of winter wheat. *Annals of Applied Biology* 97: 227-236.
 17. Oosterhuis, D. M. and P. M. Cartwright. 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Science* 23: 711-717
 18. Pessaraki, M. 2001. Handbook of Plant and Crop Physiology (2nd Ed). Marcel Dekker, Inc. New York.
 19. Pirasteh-Anosheh, H. and Y. Emam. 2012a. Manipulation of morpho-physiological traits in bread and durum wheat by using growth regulators at different irrigation regimes. *Journal of Crop Production and Processing* 5: 29-45. (In Farsi).
 20. Pirasteh-Anosheh, H. and Y. Emam. 2012b. Yield and yield component responses of bread and durum wheat to PGRs under drought stress conditions in field and greenhouse. *Environmental Stress in Crop Sciences* 5: 1-17. (In Farsi).
 21. Rajala, A. 2004. Plant growth regulators to manipulate oat stands. *Agricultural Food Science* 13: 186-197.
 22. Rajala, A. and P. Peltonen-sainio. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal* 93:936-943.
 23. Sharif, S., M. Safari and Y. Emam. 2006. Effect of drought stress and cycocel on yield and its components of barley cultivar Valfajr. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 10: 281-290. (In Farsi).
 24. Shekoofa, A. and Y. Emam. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat Shiraz. *Journal of Agricultural Science and Technology* 10: 101-108.
 25. Sliman, Z. T and M. O. Ghandorah. 1992. Response of two wheat cultivars to chlormequat (CCC) Application. *Journal of King Saud University* 4: 57-65.
 26. Sliman, Z. T., Y. A. Refay and K. A. Mostafa. 1994. Effects of cycocel rate and time of application on performance of two bread wheat cultivars. *Research Bulletin* 44: 5-19
 27. Smith, D. L., M. Djak, P. Bulman, B. L. Ma and C. Hamel. 1999. Barley: Physiology of yield. pp. 67-107, In: D. L. Smith and C. Hamel (Eds.), *Cop Yield, Physiology and Processes*. Spring. Varlag.
 28. Waddington, S. R. and P. M. Cartwright. 1988. Prematurity gradients in shoot size and in number and size of florets for spring barley treated with mepiquat chloride. *Journal of Agricultural Science* 110: 633-639.
 29. Waddington, S. R., J. K. Ranson, M. Osanza and D. A. Saunders. 1986. Improvement in yield potential of bread wheat adapted to northwest Mexico. *Crop Science* 26: 698-703.