# تأثیر تنش کمبود آب و کاربرد عناصر غذایی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت

نورعلی ساجدی[۱]، محمدرضا اردکانی[۲]، احمد نادری[۳]، حمید مدنی[۴]، مسعود مشهدی‌اکبربوجار[۵]

## چکیده

به منظور مطالعه تأثیر تنش کمبود آب و کاربرد عناصر غذایی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب در ذر ذرت دانه‌ای هیبرید ۷۰۴ آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک اجرا گردید. عامل اصلی شامل چهار سطح آبیاری (تنش کمبود آب در مرحله ۸ برگی، تنش کمبود آب در مرحله متورم شدن دانه ، تنش کمبود آب در مرحله پر شدن دانه و آبیاری برابر نیاز آبی گیاه تا پایان فصل رشد) در کرت‌های اصلی و ترکیب سطوح تیماری سلنیوم (با و بدون مصرف) از منبع سلنیت سدیم به میزان ۲۰ گرم در هکتار وکود عناصر کم مصرف (با و بدون مصرف) بیومین به مقدار ۲ لیتر در هکتار که حاوی عناصر ریزمغذی روی، آهن، مس، منگنز، مولیبدن و بُر بود در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که اختلاف معنی‌دار در عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در شرایط مختلف تنش کمبود آب ملاحظه شد. کمترین عملکرد دانه متعلق به تیماری بود که در مرحله پر شدن دانه در معرض تنش آب قرار گرفتند. تنش کمبود اب در مرحله پر شدن دانه، عملکرد دانه را به میزان ۳۳٪ نسبت به شاهد کاهش داد. اثر سلنیوم بر عملکرد و اجزاء عملکرد معنی‌دار نبود ولی با مصرف سلنیوم عملکرد و اجزاء عملکرد افزایش یافت. اثر متقابل تنش کمبود آب و سلنیوم بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد معنی‌دار بود. بین سلنیوم و عناصر کم مصرف اثر متقابل آنتاگونیستی مشاهده شد. مصرف سلنیوم در مراحل مختلف رشد تحت تنش کمبود آب، عملکرد دانه را نسبت به عدم مصرف سلنیوم افزایش داد. اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. مصرف توام سلنیوم و عناصر کم مصرف در شرایط تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد نسبت به عدم کاربرد این عناصر، عملکرد دانه را افزایش داد. به طور کلی کاربرد سلنیوم و عناصر کم مصرف در شرایط تنش کمبود آب به علت تولید محصول قابل قبول نسبت به عدم مصرف این عناصر قابل توجیه است.

**واژه‌های کلیدی**: ذرت، تنش کمبود آب، سلنیوم ، عناصر کم مصرف، عملکرد دانه.

## مقدمه

خشکی در ایران پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است که همه ساله با شدت متفاوتی، تولید موفقیت‌آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبرو می‌سازد. رشد گیاهی توسط چند عامل مهم کنترل می‌شود که در این میان آب نقش حیاتی دارد. بسته به مرحله فیزیولوژیکی که گیاه در آن به سر می‌برد و شدت تنش، کم آبی اثرات مختلفی بر گیاه می‌گذارد (۲۷). واکنش گیاهان به کمبود آب و تنش خشکی بخش وسیعی از فعالیت‌های تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است و تمامی این مطالعات، خشکی را مهمترین عامل محدود کنندهٔ محیطی برای محصولات کشاورزی دانسته‌اند. تنش خشکی عملکرد ذرت و سایر گیاهان زراعی را به روش‌های زیر کاهش می دهد.

۱- کاهش تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوپی

۱و۴- به ترتیب مربی و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک ۲ - بخش تحقیقات کشاورزی پاپدار، مرکز تحقیقات کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۳- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان ۵ - استادیار دانشگاه تربیت معلم.

۲- کاهش کارایی مصرف نور ۳- کاهش شاخص برداشت(۲۲).

بحرانی‌ترین دورهٔ رشد در زندگی ذرت از نظر نیاز به آب، مرحلهٔ ظهور سنبلهٔ نر تا خمیری شدن دانه می‌باشد. آزمایش‌های زیادی نشان داده است که کمبود رطوبت در این دوره محصول دانه را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد (۸). تنش آب در مرحله رشد رویشی و قبل از گرده افشانی اگرچه تأثیر کمتری بر عملکرد نهایی نسبت به کمبود آب در مرحلهٔ گلدهی و پرشدن دانه‌ها دارد ولی از این نظر که بر گسترش برگ و توسعه ساقه تأثیر گذاشته و میزان تجمع مواد در این اندام را به شدت تغییر می‌دهد، دارای اهمیت خاصی است (۱۵). تنش آب در مرحله گلدهی، زمان گلدهی و بعد از گلدهی عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد کاهش می‌دهد (۱۵).

لم (۲۴) در تحقیقات خود نشان داد که می‌توان با استفاده از کمترین میزان آب آبیاری اقدام به کشت ذرت نمود. البته در این حالت عملکرد و برخی صفات کیفی ذرت کاهش می‌یابد. ولدآبادی (۱۰) گزارش نمود که در نتیجهٔ تنش خشکی تعداد برگ، طول برگ، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، وزن علوفه تر و خشک، درصد پروتئین، عملکرد پروتئین، وزن بلال، وزن دانه‌های یک بلال، وزن هزار دانه، وزن چوب بلال، نسبت دانه به چوب، عملکرد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف به طور معنی‌داری کاهش می یابد که این کاهش با شدت تنش اعمال شده متناسب می‌باشد. در شرایط تنش خشکی در دوره‌ی پر شدن دانه، دانه‌ها کوچکتر و وزن آنها کاهش می‌یابد. البته بیان شده که خشکی بر تجمع مادهٔ خشک در دانه به طور مستقیم اثر ندارد بلکه کمبود آب از طریق کوتاه کردن دورهٔ رشد مؤثر دانه باعث کاهش تجمع مواد در این اندام می‌شود (۳ و ۳۰).

مطالعات بسیاری از محقیقن حاکی از آن است که مصرف کودهای ریزمغذی می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی همچون خشکی و شوری را افزایش دهد (۶و۷). کاکمک (۱۴) گزارش نمود، یون‌های آهن، روی، مس، منگنز و منیزیوم به عنوان کوفاکتور در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های آنتی اکسیدانت مشارکت داشته و تحت شرایط کمبود عناصر ریز مغذی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت کاهش یافته و لذا حساسیت‌های گیاه به تنش‌های محیطی افزایش می یابد. رحیمی‌زاده و همکاران(۲) گزارش نمودند که کودهای ریزمغذی با اثر مثبت در افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانت نقش مؤثری در کاهش خسارت تنش خشکی در آفتابگردان خواهد داشت.

سلنیوم یکی از عناصر کم مصرف ضروری برای سلامت انسان و حیوانات با خاصیت ضد اکسیدکنندگی و ضد سرطان می‌باشد(۱۷). تحقیقات نشان داده اند که سلنیوم یکی از اجزاء ضروری برای فعالیت سیستم آنزیم‌های ضداکسیدانت است. سلنیوم در حالت طبیعی سمی و خطرناک است ولی پس از جذب توسط ریشه، به صورت اسیدهای آمینه سلنومینونین سلنوسیستیس در می آید که دیگر سمی نیست(۱۳). به اعتقاد تیموتی (۲۹) سلنیوم در زمان وقوع تنش اکسداتیو و تشکیل رادیکال‌های آزاد که منجر به صدمات و نابودی سلول می‌شود. فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت را افزایش می‌دهد. بدون سلنیوم این آنزیم‌ها نمی‌توانند به اندازه کافی تشکیل شوند و سیستم آنتی اکسیدانتی را فعال کنند(۲۹). بررسی‌های انجام شده در گندم بهاره تحت تنش خشکی نشان داد که سلنیوم مانع کم شدن رشد گیاهان در اثر کمبود آب گردید و محتوی آب برگها را کاهش داد(۲۳). لذا تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثر کاربرد عناصر ریزمغذی و سلنیوم تحت شرایط تنش کمبود آب بر برخی صفات زراعی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ انجام گرفته است.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات کاربرد عناصر غذایی در شرایط تنش کمبود آب در مراحل مختلف نموی ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اراک در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ اجرا گردید. عامل اصلی چهار سطح آبیاری شامل شرایط بهینه رطوبتی ،تنش کمبود آب در مرحله هشت برگی، تنش کمبود آب در مرحله متورم شدن دانه، تنش کمبود آب مرحله شروع پر شدن دانه و عامل فرعی ترکیب سطوح سلنیوم(با و بدون مصرف) وعناصر کم مصرف (با و بدون مصرف) بود. تنش کمبود آب به صورت

قطع آبیاری در هر یک از مراحل ذکر شده اعمال شد و آبیاری مجدد تیمارها پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A انجام گرفت. آبیاری در تیمار بدون تنش کمبود آب،معادل نیاز آبی گیاه انجام شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشت تبخیرمحاسبه و تبخیر روزانه از تشت اندازه گیری ،و بر اساس ضریب تشت و ضریب گیاهی ، حجم آب مصرفی مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری از رابطه پیشنهادی توسط علیزاده (۳) از رابطه زیر تعیین گردید.

$$V= PE*KC*A/Ei \qquad (۱)$$

V( حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب) ، PE (تبخیر از تشت کلاسA)، KC (ضریب محصول) ، A (مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع) و، Ei (راندمان آبیاری که حدود ۸۰ درصد فرض شد). در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. ضریب محصول ذرت از ۰/۳۶ تا ۰/۵۸ در اوائل رشد، ۰/۷۱ تا ۱/۱۳ در اواسط رشد و از ۰/۹۸ تا ۰/۶۵ در مرحله برداشت متفاوت است(۴ ). آبیاری کرت ها توسط لوله‌های پلی اتیلن و حجم آب ورودی به کرت با کنتور آب کنترل شد. کود عناصرکم مصرف در دو سطح بدون مصرف و با مصرف به مقدار ۲ لیتر در هکتار با استفاده از کود کم مصرف اختصاصی مزارع ذرت به نام بیومین که حاوی تمام عناصر ریزمغذی شامل روی، آهن، مس، منگنز، مولیبدن و بُر به صورت محلول پاشی طی دو مرحله در مرحله شش برگی و قبل از ظهور گل تاجی اعمال شد. فاکتور سلنیوم در دو سطح (با مصرف و بدون مصرف) از منبع سلنیت سدیم به میزان ۲۰ گرم در هکتار نیز دو هفته قبل از اعمال اولین تیمارهای تنش مورد استفاده قرار گرفت. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم در پاییز و دو دیسک عمود بر هم در اردیبهشت ،ایجاد جوی و پشته بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کاشت به فاصله ۷۵ سانتی متر و فاصله بوته ها روی خطوط ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. طول خطوط کاشت شش متر و بین دو کرت دو شیار به صورت نکاشت باقی ماند. کاشت در بیست ونهم اردیبهشت ماه ۱۳۸۶ با دست انجام گرفت. یک سوم کود نیتروژن و تمام کود فسفر بر اساس آزمون خاک در هنگام کاشت و مابقی کود نیتروژن طی دو مرحله به صورت سرک در فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت.

برداشت نهایی درمهر ماه ۱۳۸۶.به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه ها ،که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص می شد،صوت گرفت. در برداشت نهایی ۱۰ بوته از وسط هر کرت از سطح خاک بریده شد وتعداد ردیف در هر بلال، تعداد دانه در هر ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه ،عملکرد دانه و شاخص برداشت و کارایی اقتصادی مصرف آب تعیین شد .برای تعیین کارایی اقتصادی مصرف آب از رابطه (۲) استفاده شد(۹).

(۲) کل حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) /عملکرد دانه ( کیلوگرم در هکتار) = کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزارSAS و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام پذیرفت.

**عملکرد و اجزاء عملکرد**

تنش خشکی باعث اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در هر ردیف بلال و تعداد دانه در بلال شد ولی بر تعداد ردیف در بلال اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). اثر تنش کمبود آب بر صفت تعداد دانه در بلال در سطح ۵٪ و بر بقیه صفات در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. تنش کمبود آب عملکرد دانه و اجزاء آن را به شدت کاهش داد. تنش رطوبتی در مرحله رویشی عملکرد دانه را به میزان ۱۲/۷۵٪ نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داد که این کاهش در خصوص بروز تنش در مرحله متورم شدن دانه ۱۶/۳٪ و در مرحله پر شدن دانه حدود ۳۳٪ بود. اسبورن و

**جدول۱:** نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک.

| عمق (سانتی متر) | هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر مکعب) | اسیدیته گل اشباع (pH) | کربن آلی (درصد) | ازت کل (درصد) | رس (درصد) | شن (درصد) | سیلت (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰-۳۰ | ۱/۱ | ۷/۵ | /۸۲ | ۰/۰۳ | ۳۶ | ۲۹ | ۳۵ |
| | فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | منگنزقابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | روی قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | آهن قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | مس قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) | بورقابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) |
| | ۴/۲ | ۲۷۱ | ۱۰/۶ | ۰/۸ | ۱/۴۴ | ۳/۸۶ | ۰/۲۸ |

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده میانگین مربعات MS

| منابع تغییر | درجه آزادی | تعداد ردیف در بلال | تعداد دانه در ردیف | تعداد دانه در بلال | درصد پوکی بلال | وزن دانه در بلال | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | شاخص برداشت | کارایی مصرف آب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۳ | ۰/۱۰۶ ns | ۸۰/ ۸* | ۱۱۶۷۶/۲ ns | ۱۰/۱۸۵ ns | ۱۷۱/۲ ns | ۷۲/۱ ns | ۲۰۶۳۴/۱ ns | ۱۲/ ۸۵ ns | ۰/۰۰۲ ns |
| تنش کمبود آب | ۳ | ۲/۲۰۵ ns | ۱۸۰/۸** | ۲۹۴۷۹/۲* | ۲۷۶/۲۲۷** | ۳۴۷۲/۴** | ۱۰۶۸۹/۵** | ۱۸۸۹۰۸۶/۹** | ۲۱۰/۶** | ۰/۱۶۶** |
| اشتباه | ۹ | ۳/۴۳۹ | ۲۲/۳ | ۶۹۴۵/۰ | ۱۶/۸۰۷ | ۱۸۳/۳ | ۴۳۹/۱ | ۵۱۲۲۵۶/۹ | ۲۳/۹۲ | ۰/۰۱۰ |
| سلنیوم | ۱ | ۰/۱۶۰ ns | ۶/۳ ns | ۲۲۳۹/۶ ns | ۲/۸۲۷ ns | ۷۵/۶ ns | ۲۵۹/۴ ns | ۳۵۵۰۲۰/۳ ns | ۰/۸۰۳ ns | ۰/۰۱۵ ns |
| تنش کمبود آب × سلنیوم | ۳ | ۰/۲۲۶ ns | ۴۱/۷ ns | ۴۸۸۱/۸* | ۳۶/۹۷۲** | ۱۳۸۴/۵** | ۱۵۶۸/۲** | ۱۱۹۶۳۷۹۴/۹** | ۶۰/۲۹* | ۰/۱۸۰** |
| عناصر کم مصرف | ۱ | ۰/۵۱۱ ns | ۲۷/۲ ns | ۹۶۷۷/۱* | ۹/۰۵۳ ns | ۹/۸ ns | ۵/۰ ns | ۱۶۴۷۴۶۸/۵* | ۰/۱۷۱ ns | ۰/۰۳۴* |
| تنش کمبود آب* عناصر کم مصرف | ۳ | ۱/۱۲۴ ns | ۱۶/۳ ns | ۵۹۳۰/۳* | ۳۳/۳۱۵** | ۹۵/۶ ns | ۱۸۲۹/۲** | ۹۶۶۲۹۹/۷ ns | ۴۷/۹۰ ns | ۰/۰۱۵* |
| سلنیوم* عناصر کم مصرف | ۱ | ۰/۵۳۷ ns | ۳/۶ ns | ۷۲۷۶۱ ns | ۸/۸۲۴ ns | ۳۷۹/۳ ns | ۱۳/۳ ns | ۱۳۷۲۹۶۱/۴ ns | ۱۲/۸۲ ns | ۰/۰۲۷* |
| تنش کمبود آب × سلنیوم × عناصر کم مصرف | ۳ | ۱/۳۵۲ ns | ۶/۹ ns | ۲۸۴۶/۸ ns | ۳/۰۲ ns | ۴۸۴/۳* | ۷۵۰/۶ ns | ۲۶۸۶۶۴۲/۴** | ۲۶/۵۵ ns | ۰/۰۵۳** |
| اشتباه | ۳۶ | ۰/۷۶۳ | ۲۲/۳ | ۱۶۳۶/۲ | ۴/۳۶۰ | ۱۷۳/۷ | ۳۶۰/۶ | ۳۶۵۶۵۸/۴ | ۱۸/۵۶ | ۰/۰۰۵ |
| ضریب تغییرات | | ۶/۵۴ | ۱۳/۹۳ | ۸/۹۰ | ۱۵/۲۳ | ۱۵/۶۶ | ۱۰/۶۱ | ۸،۹۲ | ۸/۸۶ | ۷/۹۶ |

- و** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ ns : غیر معنی دار

همکاران(۲۰۰۲) تأثیر تنش آب قبل از ابریشم‌دهی بلال را در کاهش عملکرد دانه بین ۱۵/۸ و ۲۲/۱٪ گزارش کردند(۲۵). البته برخی پژوهشگران کاهش عملکرد دانه را در طی تنش آب در دورهٔ رویشی را تا ۲۵٪ گزارش نموده‌اند(۱۹). تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال در مرحله رویشی نسبت به مراحل زایشی بیشتر تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفت، در صورتی که وزن هزار دانه در مرحله زایشی بخصوص در مرحله پر شدن دانه بیشتر از مرحله رویشی تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفت. وزن هزار دانه در مرحله شروع پرشدن دانه ۸۱/۹۸ گرم نسبت به شاهد کاهش یافت.

هترلی و همکاران (۲۰) علت اصلی کاهش تعداد دانه در ردیف را کاهش طول و ضخامت بلال در اثر بروز خشکی دانسته‌اند. کاهش وزن هزار دانه در تنش کمبود آب در مرحله رویشی، متورم شدن و پر شدن دانه به ترتیب ۲/۵٪ ، ۱۲/۵٪ و ۲۸/۵٪ و برای تعداد دانه در بلال به ترتیب ۱۹/۸٪، ۱۲/۸٪ و ۶/۳٪ در مقایسه با شاهد بود (جدول ۳). به اظهار وستگیت (۳۰)، تفاوت معنی‌دار در تعداد دانه در بلال طی دوران تنش آب بعد از گرده افشانی مشاهده نمی‌شود ولی وزن هزار دانه تغییر می‌یابد. کاهش وزن دانه در تنش کمبود آب بعد از گرده افشانی، عمدتاً به دلیل کاهش دورهٔ پر شدن دانه است و به همین دلیل تنش‌هایی که پس از کاکل دهی به وقوع می‌پیوندد باعث کوچک شودن دانه‌های می‌شود و بر تعداد دانه اثر نمی‌گذارد. پاندی و همکاران (۲۶) گزارش نمودند از آنجایی که تعداد نهایی دانه در بلال در موقع گرده افشانی تعیین می‌شود، تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط جنین در اثر کمبود و ناکافی بودن مواد فتوسنتزی برای رشد همه سلول‌های جنینی اثر منفی بر تعداد دانه در

جدول ۳ – مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل صفات

| تیمار | تعداد ردیف در بلال | تعداد دانه در ردیف | تعداد دانه در بلال | پوکی بلال (درصد) | وزن دانه در بلال (گرم) | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کارایی مصرف آب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تنش کمبود آب | | | | | | | | | |
| شرایط بهینه رطوبتی (S2) | ۱۳/۹ a | ۳۸/۶a | ۵۰۳/۲a | ۱۰/۲ c | ۱۰۲/۷a | ۱۹۹/۶a | ۸۰۲۴/۸a | ۵۳/۲a | ۰/۹۵a |
| در مرحله هشت برگی (S2) | ۱۳/۹a | ۳۱/۰b | ۴۰۳/۶b | ۱۰/۷ c | ۸۶/۹ b | ۱۹۴/۶ a | ۶۹۸۹/۳b | ۴۸/۵b | ۰/۹۷a |
| در مرحله متورم شدن دانه (S3) | ۱۳/۶a | ۳۱/۰b | ۴۳۸/۴b | ۱۹/۳a | ۷۹/۴b | ۱۷۴/۹ b | ۶۷۱۲/۱b | ۴۷/۹ b | ۰/۹۳a |
| در مرحله پرشدن دانه (S4) | ۱۳/۷a | ۳۴/۲ b | ۴۷۱/۹b | ۱۴/۵b | ۶۸/۵c | ۱۴۲/۶c | ۵۳۸۵/۷c | ۴۴/۶ b | ۰/۷۵b |
| سلنیوم | | | | | | | | | |
| بدون مصرف (Se0) | ۱۳/۳ a | ۳۳/۶a | ۴۴۸/۴a | ۱۳/۴a | ۸۳/۱a | ۱۷۵/۹a | ۶۷۰۳/۵a | ۴۸/۵a | ۰/۸۸a |
| با مصرف (Se1) | ۱۳/۴a | ۳۴/۲a | ۴۶۰/۲a | ۱۳/۹a | ۸۵/۳a | ۱۸۰/۰a | ۶۸۵۲/۴a | ۴۸/۷a | ۰/۹۱a |
| عناصر کم مصرف | | | | | | | | | |
| بدون مصرف(Mo) | ۱۳/۴a | ۳۴/۶a | ۴۶۶/۶a | ۱۳/۳a | ۸۴/۶a | ۱۷۸/۲a | ۶۹۳۸/۴a | ۴۸/۶a | ۰/۹۲a |
| با مصرف (M1) | ۹۷/۴a | ۳۳/۳a | ۴۴۲/۰ b | ۱۴/۱a | ۸۳/۸a | ۱۷۷/۷a | ۶۶۱۷/۵b | ۴۸/۵a | ۰/۸۷ b |

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

بلال دارد. معنی‌دار نبودن تأثیر تنش خشکی بر تعداد ردیف در هر بلال نشان‌دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه است. از آنجایی که تعداد نهایی ردیف در هر بلال پس از بقیه اجزاء عملکرد روی ناحیه نموی[1] بلال تعیین می‌شود،

هانوی(۱۹) گزارش نمود، احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف دانه در بلال رقابت چندانی بین مقاصد فیزیولوژیک برای مواد پرورده وجود نداشته است. اثر سلنیوم بر عملکرد و اجزاء عملکرد معنی‌دار نشد(جدول ۲) ولی با کاربرد سلنیوم عملکرد و اجزاء آن افزایش یافت. اثر متقابل تنش موقت خشکی و سلنیوم بر صفت تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار نبود اما بر تعداد دانه در بلال در سطح ۵٪ و بر سایر صفات در سطح ۱٪ معنی‌دار شد(جدول ۲). مقایسه میانگین سطح مختلف تنش خشکی(جدول ۳) نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بلال مربوط به اثر متقابل آبیاری مطلوب و بدون مصرف سلنیوم بود که با تیمار تنش کمبود آب در مرحله پر شدن دانه و مصرف سلنیوم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه در بلال نیز مربوط به تیمار تنش موقت خشکی در دورهٔ رویشی و بدون مصرف سلنیوم بود. عملکرد دانه و وزن هزار دانه نیز تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت. به طوری که بیشترین مقدار این صفات مربوط به اثر متقابل آبیاری مطلوب و بدون مصرف سلنیوم و کمترین مقدار نیز مربوط به اثر متقابل تنش کمبود آب در مرحله پر شدن دانه‌ها و بدون مصرف سلنیوم بوده است(جدول ۴). این مطلب موید این نکته است که تنش کمبود آب در دورهٔ رویشی از طریق کاهش تعداد دانه ولی در دورهٔ پر شدن دانه از طریق کاهش وزن دانه‌ها عملکرد را کاهش داده است ضمن اینکه سلنیوم در شرایط تنش در هر سه مرحله عملکرد و اجزاء عملکرد را نسبت به تیمار بدون مصرف افزایش داده است که این مسئله به نقش مؤثر سلنیوم در تعدیل اثرات تنش خشکی در دورهٔ رویشی و زایشی برمی‌گردد. دادنیا (۱) گزارش نمود که در آفتابگردان در شرایط بروز تنش و مصرف سلنیوم به واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی، عملکرد دانه افزایش یافت و وزن هزار دانه افزایش ولی تعداد دانه در طبق کاهش یافت. کاظمی (۵) گزارش نمود که مصرف سلنیوم به میزان ۱۸ گرم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه در لوبیای قرمز گردید(۵).

اثر عناصر کم مصرف بر صفت عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال در سطح ۵٪ معنی‌دار ولی روی سایر اجزاء عملکرد معنی‌دار نشد (جدول ۲). بالاترین عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال از تیمار بدون کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد. احتمالاً به علت اثر آنتاگونیستی بین بعضی از عناصر کم مصرف در چنین حالتی عملکرد و تعداد دانه در بلال کاهش یافته است. البته این کاهش در مورد سایر اجزاء عملکرد نیز صادق می‌باشد ولی این کاهش نسبت به تیمار مصرف شده عناصر کم مصرف معنی‌دار نبود (جدول ۳). هیمایاتولا و خان (۲۱) گزارش نمودند که کاربرد مس به تنهایی و یا با آهن و منگنز تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را کاهش داد که علت این کاهش را اثر آنتاگونیستی شدید بین آهن و مس دانسته‌اند. اثر متقابل تنش موقت خشکی و عناصر کم مصرف بر تعداد دانه در بلال در سطح ۵٪ معنی‌دار شد(جدول ۲) ولی بر عملکرد و سایر اجزاء عملکرد اثر معنی‌داری نشان نداد. بیشترین تعداد دانه در بلال (۵۰۵/۱۳) از اثر متقابل آبیاری مطلوب وبدون کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد که با تیمارهای آبیاری مطلوب و کاربرد عناصر کم مصرف و همچنین تیمار تنش کمبود آب در مرحله پر شدن (با و بدون کاربرد عناصر کم مصرف) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه نیز از اثر متقابل تنش موقت در دورهٔ رویشی و کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد(جدول ۴). به نظر می‌رسد که کاربرد ترکیبی این عناصر چه در شرایط مطلوب و چه در شرایط تنش به علت اثرات آنتاگونیستی و اختلال در جذب یکدیگر اثرات منفی روی عملکرد و اجزاء آن گذاشته است. اثر متقابل سلنیوم و عناصر کم مصرف بر عملکرد، اجزاء عملکرد معنی‌دار نبود. هرچند بیشترین عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه از اثر متقابل مصرف سلنیوم و عدم کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد.

اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد(جدول ۲) ولی بر روی اجزاء عملکرد اثر معنی‌دار نداشت. بیشتر عملکرد دانه (۹۵۱۹ کیلوگرم در هکتار) از اثر متقابل آبیاری مطلوب، عدم مصرف سلنیوم و کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد که با تیمار آبیاری مطلوب، عدم مصرف سلنیوم و عدم کاربرد عناصر کم مصرف اختلاف معنی‌دار نشان نداد. کمترین عملکرد دانه

**جدول ۴ :** مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه صفات

| تیمار | | تعداد ردیف در بلال | تعداد دانه در ردیف | تعداد دانه در بلال | پوکی بلال (درصد) | وزن دانه در بلال (گرم) | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کارایی مصرف آب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سلنیوم | تنش کمبود آب | | | | | | | | | |
| Se0 | S1 | ۱۳/۸a | ۴۰/۲a | ۵۱۶/۷a | ۹/۹d | ۱۱۴/۹a | ۳۰۶/۱a | ۹۱۴۳/۸a | ۵۵/۱۹ a | ۱/۰۸a |
| Se1 | | ۱۳/۳a | ۳۶/۹ab | ۴۸۹/۷a | ۱۱/۷cd | ۹۰/۶b | ۱۸۳/۱bc | ۶۹۰۴/۸bc | ۵۱/۷ab | ۰/۸۳c |
| Se0 | S2 | ۲۲/۹a | ۳۰/۱۸c | ۳۹۳/۲c | ۱۰/۲d | ۸۵/۵bc | ۱۹۸/۷ab | ۶۶۱۷/۶c | ۴۷/۱bc | ۰/۹۲b |
| Se1 | | ۱۳/۹a | ۳۱/۹bc | ۴۱۱/۵۱b | ۱۰/۲d | ۸۸/۴bc | ۲۰۰/۶ab | ۷۳۶۰/۷b | ۴۹/۸bc | ۱/۰۲a |
| Se0 | S3 | ۱۳/۵a | ۳۳/۱bc | ۴۳۹/۰b | ۱۷/۵b | ۷۳/۴de | ۱۶۶/۹cd | ۶۵۹۴/۸c | ۴۹/۸bc | ۰/۹۱b |
| Se1 | | ۱۳/۶a | ۳۱/۸bc | ۴۳۷/۵b | ۲۱/۰a | ۸۶/۴b-d | ۱۸۳/۹bc | ۶۸۳۹/۳bc | ۴۹/۳bc | ۰/۹۴b |
| Se0 | S4 | ۱۳/۷a | ۳۳/۱bc | ۴۴۴/۲b | ۱۶/۲b | ۵۹/۴c | ۱۳۲/۰c | ۴۴۵۷/۶d | ۴۳/۳d | ۰/۶۲d |
| Se1 | | ۱۳/۶a | ۳۶/۳۱۹ab | ۴۹۹/۵a | ۱۲/۵c | ۷۵/۶cd | ۱۵۳/۲d | ۶۳۱۳/۸c | ۴۶/۷cd | ۰/۸۷b |
| عناصر کم مصرف | تنش کمبود آب | | | | | | | | | |
| Mo | S1 | ۱۳/۳ab | ۳۸/ ۱ a۱۱ | ۵۰۵/۱a | ۱۳/۴c | ۹۹/۵ab | ۱۷۸/۹bc | ۷۸۴۱/۲a | ۵۲/۳ab | ۰/۹۳ab |
| M1 | | ۱۲/۸b | ۳۹/۱a | ۵۰۱/۳a | ۸/۱d | ۱۰۵/۹a | ۲۱۰/۳a | ۸۲۰۸/۲a | ۵۴/۲a | ۰/۹۷ab |
| Mo | S2 | ۱۳/۱ab | ۳۱/۸b | ۴۱۸/۶b | ۹/۹d | ۸۵/۵bc | ۲۰۴/۶a | ۷۱۵۳/۶b | ۴۷/۴bc | ۰/۹۹a |
| M1 | | ۱۲/۸b | ۳۰/۲b | ۳۸۸/۶b | ۱۱/۶c | ۸۶/۰b | ۱۹۴/۶ab | ۶۸۳۵/۷bc | ۴۹/۳bc | ۰/۹۵ab |
| Mo | S3 | ۱۳/۹a | ۳۳/۹ab | ۴۷۶/۵b | ۱۹/۹a | ۸۱/۷cd | ۱۸۳/۱bc | ۶۹۹۴/۷bc | ۴۷/۴c | ۰/۹۷ab |
| M1 | | ۱۳/۳ab | ۳۰/۱۱ | ۴۰۰/۳b | ۸/۶a | ۷۷/۱c-e | ۱۸۳/۱bc | ۶۲۳۹/۴c | ۴۸/۴bc | ۰/۸۹b |
| Mo | S4 | ۱۳/۴ab | ۳۴/۶ab | ۴۶۶/۱ a | ۳۰/۰e | ۶۹/۱de | ۱۴۷/۲d | ۵۷۶۴/۹d | ۴۷/۲c | ۰/۸۰c |
| M1 | | ۱۴/۰a | ۳۳/۸ab | ۴۷۷/۷a | ۱۵/۹b | ۶۶/۰۷e | ۱۳۸/۱ d | ۵۰۰۶/۵e | ۴۱/۹d | ۰/۷۰b |
| عناصر کم مصرف | سلنیوم | | | | | | | | | |
| Mo | Se0 | ۱۳/۴a | ۳۴/۱۸ | ۴۵۹/۱a | ۱۲/۷a | ۸۱/۱ a | ۱۷۶/۷a | ۶۷۱۷/۳b | ۴۹/-a | ۰/۸۸b |
| M1 | | ۱۳/۱a | ۳۳/۲a | ۴۳۷/۱a | ۱۴/۲a | ۸۵/۱a | ۱۷۵/۲a | ۶۶۸۹/۶b | ۴۸/۰a | ۰/۸۸b |
| Mo | Se1 | ۱۳/۳a | ۳۵/۱a | ۴۷۳/۵a | ۱۳/۹a | ۸۸/۱a | ۱۷۹/۸a | ۷۱۵۹/۴a | ۴۸/۳a | ۰/۹۶a |
| M1 | | ۱۳/۴a | ۳۳/۳a | ۴۴۶/۸a | ۱۳/۹a | ۸۲/۴a | ۱۸۰/۱a | ۶۵۴۵/۴ b | ۴۹/۱a | ۰/۸۷b |

میانکین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

(۴۲۰۳ کیلوگرم در هکتار) نیز از اثر متقابل تنش موقت رطوبت در مرحله پر شدن دانه، عدم مصرف سلنیوم و کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد(جدول ۵). با توجه به جدول مقایسه میانگین مصرف سلنیوم در شرایط تنش، در مراحل رویشی و زایشی با تأثیر بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی عملکرد دانه و اجزاء آن را نسبت به عدم کاربرد سلنیوم افزایش داده است ولی کاربرد توام سلنیوم و عناصر کم مصرف هم در شرایط مطلوب آبی و هم در شرایط تنش احتمالاً به دلیل اثر آنتاگونیستی این عناصر با هم عملکرد و اجزاء عملکرد را کاهش داد(جدول۴).

**پوکی بلال**

اثر تنش کمبود آب بر درصد پوکی بلال در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش نشان می‌دهد که بیشترین درصد پوکی بلال مربوط به تنش کمبود آب در زمان متورم شدن دانه و کمترین درصد پوکی مربوط به تیمار آبیاری مطلوب بود(جدول ۳). این نکته مؤید این مطلب است که احتمالاً به دلیل اعمال تنش بلافاصله پس از تلقیح و کاهش کربوهیدرات‌های قابل دسترس و عدم انتقال آنها به انتهای بلال درصد پوکی بلال در این تیمار افزایش یافته است.

اثر سلنیوم بر صفت درصد پوکی بلال معنی‌دار نبوده. البته اثر متقابل تنش خشکی و سلنیوم بر صفت درصد پوکی بلال در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید(جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف تیمارها نشان می‌دهد(جدول ۴) که بیشترین درصد پوکی مربوط به اعمال تنش کمبود آب ومصرف سلنیوم در مرحله متورم شدن دانه و کمترین درصد پوکی بلال نیز مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و بدون مصرف سلنیوم بود. اثر عناصر کم مصرف بر درصد پوکی بلال معنی‌دار نبود. اثر متقابل تنش کمبود آب وعناصر کم مصرف بر صفت درصد پوکی بلال در سطح ۱٪ معنی‌دار

**جدول ۵:** مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه صفات

| تیمار: عناصر کم مصرف | سلنیوم | تنش کمبود آب | تعداد ردیف در بلال | تعداد دانه در ردیف | تعداد دانه در بلال | پوکی بلال (درصد) | وزن دانه در بلال (گرم) | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کارایی مصرف آب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M0 | Se0 | S1 | ۱۳/۲a-c | ۳۹/۹a | ۵۲۶/۲a | ۱۰/۶g | ۱۹۹/۷a-c | ۱۱۶/۳a | ۸۷۶۸/۷ab | ۵۴/۱ab | ۱/۰۳ab |
| M1 | | | ۱۳/۵c | ۴۰/۵a | ۵۰۷/۱ab | ۹/۳g | ۲۱۳/۶a | ۱۱۳/۶ab | ۹۵۱۹/۱a | ۵۶/۱a | ۱/۱a |
| M0 | Se1 | | ۱۳/۲a-c | ۳۶/۲ab | ۴۸۳/۸a-c | ۱۴/۳def | ۱۵۷/۲e-g | ۸۲/۹c-f | ۶۹۱۳/۸c-e | ۵۰/۵a-e | ۰/۸۲ef |
| M1 | | | ۱۲/۲a-c | ۳۷/۷ab | ۴۹۵/۷a-c | ۸/۱g | ۲۰۸/۱ab | ۹۸/۲a-c | ۶۸۹۷/۹c-e | ۵۲/۹a-e | ۰/۸۲ef |
| M0 | Se0 | S2 | ۱۳/۱a-c | ۳۹/۷b | ۳۹۱/۱f | ۹/۶g | ۲۰۱/۵a-c | ۷۷/۹c-f | ۶۱۴۶/۰d-f | ۴۶/۲c-f | ۰/۸۶d-f |
| M1 | | | ۱۲/۹a-c | ۳۰/۵b | ۳۹۵/۲ef | ۱۱/۹۴g | ۱۹۵/۹a-c | ۹۳/۲b-d | ۷۰۸۹/۳cd | ۴۷/۹b-e | ۰/۹۹bc |
| M0 | Se1 | | ۱۳/۱a-c | ۳۳/۹ab | ۴۶۶/۱b-f | ۹/۲g | ۲۰۷/۸ab | ۹۷/۹a-c | ۸۱۵۹/۳b | ۴۹a-e | ۱/۱۳a |
| M1 | | | ۱۲/۸bc | ۲۹/۹b | ۳۸۱/۸f | ۱۱/۳fg | ۱۹۳/۲a-d | ۷۸/۹c-f | ۶۵۶۲/۱c-f | ۵۰/۶۰a-e | ۰/۹۱c-f |
| M0 | Se0 | S3 | ۱۴/۲a | ۳۳/۹ab | ۴۸۹/۲a-c | ۱۶/۸b-d | ۱۷۵/۸c-e | ۷۳/۶d-g | ۷۲۴۲/۹c | ۵۱/۱a-d | ۱/۰۰bc |
| M1 | | | ۱۲/۸bc | ۳۰/۴b | ۳۸۹/۳f | ۱۸/۳ab | ۱۵۸/۱e-g | ۷۱/۲d-g | ۵۹۴۶/۶ef | ۴۷/۶b-e | ۰/۸۲ef |
| M0 | Se1 | | ۱۳/۵a-c | ۳۳/۹ab | ۴۶۳/۹a-d | ۲۱/۱a | ۱۸۸/۴a-d | ۸۹/۹c-e | ۶۷۴۶/۵c-f | ۴۳/۷ef | ۰/۹۳b-e |
| M1 | | | ۱۳/۸a-c | ۲۹/۷b | ۴۱۱/۲d-f | ۲۰/۹a | ۱۷۷/۵7b-e | ۸۲/۹c-f | ۶۹۱۲/۲c-e | ۴۹/۴a-e | ۰/۹۶b-d |
| M1 | Se0 | S4 | ۱۳/۳a-c | ۳۲/۷ab | ۴۳۱/۷c-f | ۱۴/۹c-e | ۱۳۹/۷g | ۵۶/۵g | ۴۷۱۱/۷g | ۴۴/۳d-f | ۰/۶۵g |
| M0 | | | ۱۴/۳ab | ۳۱/۵b | ۴۵۶/۷b-e | ۱۷/۶bc | ۱۳۴/۴g | ۶۲/۴fg | ۴۲۰۲/۴g | ۴۰/۴f | ۰/۶۱g |
| M1 | Se1 | | ۱۳/۶a-c | ۳۶/۶ab | ۵۰۰/۵ab | ۱۱/۱fg | ۱۶۴/۸d-f | ۸۱/۶c-f | ۶۸۱۸/۳c-e | ۵۰/۱a-e | ۰/۹۴b-d |
| | | | ۱۳/۸a-c | ۳۶/۳ab | ۴۹۸/۷ab | ۱۴/۳d-f | ۱۴۱/۸fg | ۶۹/۷e-g | ۵۸۰۹/۶f | ۴۳/۵ef | ۰/۸f |

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

شد(جدول ۲). بیشترین درصد پوکی بلال مربوط به اعمال تنش در مرحلهٔ متورم شدن دانه و عدم کاربرد عناصر کم مصرف و کمترین درصد پوکی نیز مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و استفاده از عناصر کم مصرف بود(جدول ۴). اثر متقابل سلنیوم و عناصر کم مصرف و اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر صفت درصد پوکی بلال معنی‌دار نبود. با این وجود بیشترین درصد پوکی از تیمار تنش در مرحله متورم شدن، مصرف سلنیوم و عدم کاربرد عناصر کم مصرف و کمترین درصد پوکی بلال در تیمار آبیاری مطلوب، مصرف سلنیوم و کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد(جدول ۵).

**شاخص برداشت**

تأثیر تنش کمبود آب بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش کمبود آب موجب کاهش شاخص برداشت شد. بیشترین شاخص برداشت از شرایط بدون تنش و کمترین آن از تنش در دورهٔ پر شدن دانه حاصل شد(جدول ۳). این نکته موید این مطلب است که کاهش شاخص برداشت با افت عملکرد دانه مرتبط است. به اظهار سیدیک و وان (۲۸) شاخص برداشت شدیدا" تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار می‌گیرد به طوری که در شرایط مطلوب آب و هوایی مقدار آن زیاد و در شرایط تنش کمبود آب بخصوص در دوران پایانی رشد گیاه، مقدار آن کم می‌شود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. البته برخی محققین در این رابطه اظهارات متفاوتی دارند. به اظهار وستگیت (۳۰) تفاوتی در شاخص برداشت گیاهان در تیمارهای مختلف تنش خشکی دیده نمی‌شود و سرعت انتقال مواد به دانه‌ها در شرایط تنش و بدون تنش آب تفاوتی نمی‌کند. اثر اصلی سلنیوم و عناصر کم بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. شاخص برداشت تحت تأثیر اثر متقابل تنش کمبود آب و سلنیوم قرار گرفت و در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت از اثر متقابل بدون تنش کمبود آب و بدون مصرف سلنیوم و کمترین شاخص برداشت از اثر متقابل تنش کمبود آب در مرحله پر شدن دانه و بدون مصرف سلنیوم حاصل شد(جدول ۴). همچنین در بین تیمارهای تنش در مراحل مختلف رشد، مصرف سلنیوم باعث افزایش شاخص برداشت گردید. این نکته موید این موضوع است که احتمالاً در شرایط تنش، سلنیوم از طریق تعدیل خسارت ناشی از تنش خشکی در دانه‌بندی و انتقال مواد به مخازن زایشی

نقش موثری داشته است. کاظمی (۵) گزارش نمود که بین هیچ یک از تیمارهای آبیاری و تنش و سلنیوم در ارقام لوبیا از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی تحت اسپری سلنیوم شاخص برداشت از ۳۸/۵۸٪ به ۳۸/۷٪ افزایش نشان داد. بین اثر متقابل تنش خشکی و عناصر کم مصرف همچنین سلنیوم و عناصر کم مصرف و اثرات متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد(جدول ۲).

**کارایی مصرف آب**

تأثیر تنش کمبود آب بر کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول۲). اگر در مرحله رویشی (۸ برگی) آبیاری قطع شود بیشترین کارایی استفاده از آب و در مرحلهٔ پر شدن دانه کمترین کارایی مصرف آب مشاهده می‌شود. البته بین آبیاری مطلوب، قطع آبیاری در مرحله رویشی و قطع آبیاری در مرحلهٔ شیری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۳). آلن و مازیک (۱۱)، افزایش کارایی مصرف آب را در نتیجه اعمال تنش خشکی گزارش کرده‌اند.آن‌ها علت این امر را دلایل متعددی از جمله به حدر رفت آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمار آبیاری کامل دانست. ال‌کاسی و زینهوا (۱۲) کاهش کارایی مصرف آب را در نتیجه اعمال تنش رطوبتی را در گیاه ذرت گزارش کرده‌اند.

اثر سلنیوم بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود(جدول۲). با این وجود بیشترین کارایی مصرف آب با مصرف سلنیوم حاصل شد(جدول۳). که این امر احتمالاً می‌تواند ناشی از کاهش سطح برگ توسط سلنیوم و در نتیجه کاهش میزان تعرق و افزایش راندمان مصرف آب باشد.

اثر متقابل تنش خشکی و سلنیوم بر کارایی مصرف آب در سطح ۱٪ معنی‌دار شد(جدول۲). به طوری که بیشترین کارایی مصرف آب از اثر متقابل آبیاری مطلوب و بدون سلنیوم حاصل شد که با اثر متقابل تنش کمبود آب در مرحلهٔ رویشی و مصرف سلنیوم معنی‌دار نبود(جدول۴). با توجه به مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی کارایی مصرف آب در تیمارهای تنش کمبود آب در مرحلهٔ رویشی و متورم شدن دانه نسبت به مرحلهٔ پر شدن دانه افزایش یافت، همچنین در شرایط تنش با مصرف سلنیوم در هر سه مرحلهٔ تنش راندمان مصرف آب افزایش یافت. دادنیا، گزارش نمود که محلول‌پاشی برگ توسط سلنیوم میزان سطح برگ آفتابگردان را کاهش و در نتیجه باعث کاهش میزان تعریق و افزایش مقاومت گیاه به خشکی می‌شود (۱). اثر عناصر کم مصرف بر کارایی مصرف آب در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول۲). در شرایط بدون تنش بیشترین کارایی مصرف آب با مصرف عناصر کم مصرف حاصل شد که با تیمار بدون مصرف این عناصر اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در شرایط تنش کارایی مصرف آب با کاربرد عناصر کم مصرف در مراحل مختلف کاهش یافت(جدول۴). اثر متقابل سلنیوم و عناصر کم مصرف نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار شد(جدول۲). بیشترین کارایی مصرف آب از اثر متقابل سلنیوم و بدون مصرف عناصر کم مصرف حاصل شد(جدول۴). اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار شد(جدول). بیشترین کارایی مصرف آب از اثر متقابل تنش خشکی در مرحلهٔ رویشی و مصرف سلنیوم و بدون کاربرد عناصر کم مصرف و کمترین کارایی مصرف آب نیز از تیمار تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه، بدون مصرف سلنیوم و کاربرد عناصر کم مصرف حاصل شد(جدول۵).

## سپاسگزاری

بدین وسیله از اعضای محترم هیات علمی ، مسئولین و پرسنل محترم آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی اراک که در انجام این تحقیق ما را صمیمانه یاری دادند ، تشکر و قدردانی می نمایم .

## منابع


۱) دادنیا، م. ۱۳۸۳. بررسی اثر کمبود آب بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و زراعی ارقام آفتابگردان روغنی. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.

۲) رحیمی زاده، ع، ح. مدنی و د. حبیبی. ۱۳۸۶. اثر عناصر کم مصرف آهن، روی، مس، منگنز و بُر در مقاومت به تنش خشکی آفتابگردان. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

۳) علیزاده، الف. ۱۳۸۴. بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی و نیز مطالعه همزیستی میکوریزایی در ذرت. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.

۴) فرشی،ع.الف.، م. ر. شریعتی، ر. جارالهی،م. ر. قائمی، م .شهابی فر، م. م. تولایی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول. نشر آموزش کشاورزی.

۵) کاظمی، ف. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر سلنیوم بر رشد و سطح فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت در ارقام مختلف لوبیا قرمز تحت شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۶) ملکوتی، م.ج و الف. سپهر. ۱۳۸۲. تغذیه بهینه دانه های روغنی گامی مؤثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور، انتشارات خانیزان، تهران.

۷) موحد دهنوی، م.، ع، م . مدرس ثانوی، ع. سروش زاده و م. جلالی. ۱۳۸۳. اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف روی و منگنز بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم گلرنگ پائیزه تحت تنش خشکی در مناطق اصفهان. چکیده مقالات هشتمین کنگره زراعت و اصلاح و نبات ایران، رشت

۸) میرهادی، م. ۱۳۸۰. ذرت. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۱۴ صفحه.

۹) هانت، ر .۱۳۷۳ . آنالیز های رشد گیاهان زراعی (ترجمه) م. کریمی و م . عزیزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۱۱صفحه.

۱۰) ولدآبادی، ع. ۱۳۷۸. بررسی اثرات اکوفیزیولوژیک تنش خشکی در ذرت، سورگوم وارزن. پایان نامه دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

11-Allen, R. R. and J. T. Musik. 1993. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum.Trans. ASAE 36 (4):1123-1129.

12-Al-Kaisi,M.M.,and Y.Xinhua. 2003 . Effects of nitrogen rate, rrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. Agron. J. 95 : 1475-1482

13-Anonymous. 2005. High-Selenium Pinto bean. As A Value-Added product.

14-Cakmak, I. 2000. Possible roles of Zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist. 146, 2: 85-200.

15-Classen, M. M., and R. H. Shaw. 1970. Water deficit effects on corn II. Grain Component. Agron. J. 62: 625-655.

16-Denmead, O.T., and R.H. Shaw. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52: 272-274.

17-Graham, H.L., J, Lewis., M.F. Lormer and R.E. Holloway. 2004. High- Selenium wheat: agronomic biofortification strategies to improve human nutrition. Food Agriculture and Environment Vol.

18-Grant, R. L. F., B. C. Jackson, J. R. Kiniry and G. F.Aarkin. 1989.Water deficit timing effects on yield components in maize. Agron. J. 81:61- 65 .

19-Hanway, J. J. 1992.How a corn plant develops.Iowa Coop. Ext. Serv Rep.

20-Heatherly, L. G., R. A. Wasley and . C. D. Elmore. 1990 Corn,Sorghom, and Soybean response to irrigation in the Misissippi rever allvuvial plain . Crop Sci. 30: 666- 672.

21-Himayatullah and . M. Khan . 1998. Response of irrigated maize to trace elements in the presence of N.P.K., Sarhad. J. of Agriculture 14(2): 117- 120.

22-Hugh, J . Earl and Richard, F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal 95: 688-696

23-Kuznetsov, V, V.P. Kidin, and V. Vladimir. 2004. Protective effect of elenium on wheat plant under drought stress. Abstract of articles Symposium of Plant Biology 2004 - Lake Buena Vista, FL USA

24-Lamm, F. 2004. Corn production as related to sprinkler irrigation acpacity. 16th annual central plains irrigation conference, Kearney, Nebraska, Feb 17-18,2004.

25-Osborne. S. L.,J. S. Schepers. D. D. Franas. And M. R. Schlemmer. 2002. Use of spectral radiance to in-season biomass and grain in nitrogen and water –stressed corn. Crop Sci. 42: 165- 171.

26-Panday, R. K., J. W. Marienville , and A. Adum. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. I. Grain yield mponents . Agric. Water Management . 46: 1 – 13.
27-Ramjat, R., N. Murallar and A. Kumar. 1991. Physiology of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.), water potential and its components .Journal of Agronomy and Crop Science. 167:73-80.
28-Siddique, K . H. M., and B. R. Whan. 1994. Ear: stem ratio in breeding population of wheat : significance for yield improvement. Ephytica.73:241-254.
29-Timothy, P.2001. Glutation-related enzymes and selenium status: implications for oxidative stress-Biochem, Pharm-62: 237-281.
30-Westgate. M. E. 1994. Water status and development of the maize endosperm and emberyo during drought. Crop Sci. 34: 76-83

# Effects of water deficit stress and nutrients application on yield, yield component and water use efficiency in maize (*Zea mays* L.)

**N. Sajedi[1], M-R. Ardakani[2], A. Naderi[3], H. Madani[4], M. Mashhadi, A. Boojar[5]**

## Abstract

In order to investigate the effect of water deficit and micro nutrition application on yield, yield component and water use efficiency in maize (KSC 704), a field experiment was carried out in the research station of Islamic Azad University- Arak Branch, Iran in 2007. This experiment was arranged in a split plot factorial based on complete randomized block design with four replicates. Main studied factors included four irrigation levels, irrigation equal crop water requirement, water deficit stress at eight- leaf stage ($V_8$), stage of blister (R2) and grain filling in the main plot. Combined levels of selenium treatment (with and without) that applied two weeks before execution of water stress treatment at the rate of 20 g $ha^{-1}$ and microelements (without and with) that was provided by specific fertilizer for maize called " biomin " which contains microelements of Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo and Mg in the form of foliar application at six-leaf stage and one week before tassling stage at the rate of 2 liter $ha^{-1}$ were situated in sub plots. Results showed that significant different was found in yield, component yield, harvest index and water use efficiency under water deficit stress. The lowest grain yield belonged to plants under water deficit stress in grain filling stage. In this stage decreased grain yield by %33 as compared with control. Effect of selenium on yield and component yield non significant, but with using selenium increased yield and yield component. Interaction effect of water deficit stress and selenium was significant. A negative antagonistic interaction was found between selenium and microelements. Effect of compound treatments on measured parameters was significant on grain yield. Using of selenium and micro nutrition with water deficit stress at eight- leaf stage and grain filling increased yield, yield component and water use efficiency as compared without using this elements in water stress condition. In general, it was concluded that using selenium and microelements would be acceptable management practice under water stress.

**Key words**: Maize, water deficit stress, selenium, micro elements, grain yield.

1,4- Contribution from: Islamic Azad Univ. Arak and Karaj Branch, 2- Division of sustainable Agriculture Research. Agriculture Research. Center Islamic Azad Univ. Karaj Branch, 3- Research Center of Agriculture and Nutural Resources of Khuzestan. 5- Univ of Tarbiat Moallem.