# تأثیر توأم تنش آبی و آفات بر عملکرد ذرت

جهانگیر عابدی کوپائی[1*]، جهانگیر خواجه علی[2]، رعنا سلیمانی[1] و راضیه ملائی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۸/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۳۱)

## چکیده

**با توجه به افزایش بلایای طبیعی مانند خشکسالی و هجوم آفات، به کارگیری راه‌کارهایی در زمینه بهبود استفاده از آب و مدیریت به‌منظور کاهش اثر این بلایا ضروری است. جهت مطالعه اثر تنش رطوبتی و تنش آفات بر عملکرد گیاه ذرت، آزمایشی در دو قطعه زمین سمپاشی شده و سمپاشی نشده در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل در سه سطح تنش شدید (۵۰٪ نیاز آبی)، تنش ملایم (۷۵٪ نیاز آبی) و بدون تنش و چهار دوره رشد گیاه شامل: جوانه‌زنی تا خوشه‌دهی، از خوشه‌دهی تا شیره بستن دانه‌ها، از شیره بستن تا برداشت و در سراسر دوره رشد گیاه با چهار تکرار در سال ۱۳۸۴ اجرا شد. نتایج نشان داد که اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش ۶ تا ۶۲ درصدی عملکرد دانه گردید و هم‌چنین سایر صفات زراعی ذرت به جز درصد پروتئین را نیز کاهش داد، که در منطقه سمپاشی نشده نسبت به منطقه سمپاشی شده، کاهش درصفات بیشتری شده مشاهده شد. اعمال تنش رطوبتی و آفات درصد پروتئین را به ترتیب ۱۳٪ و۳٪ درصد افزایش دادند. در شرایط سمپاشی و حذف تنش آفات، اعمال کم‌آبیاری بخصوص در مراحل اول رشد گیاه ذرت تا اوایل مرحله شیره بستن دانه‌ها در شرایط کمبود آب قابل توصیه است.**

**واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، نیاز آبی، اجزای عملکرد، سمپاشی**

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: koupai@cc.iut.ac.ir

**مقدمه**

آب یکی از مهم‌ترین منابع مورد نیاز جامعه بشری است. از آنجا که بخش کشاورزی عمده ترین مصرف کننده آب به شمار می‌رود هر گونه صرفه جویی در این بخش کمک مؤثری به بهبود استفاده از منابع آب خواهد نمود. از طرف دیگر خشکسالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی و از جمله رخدادهایی است که هر ساله خسارت‌های زیادی را بر بشر تحمیل می‌کند(۱۳). یکی از راه‌کارهای صرفه‌جویی در آب، کم‌آبیاری است و برای برنامه‌ریزی کم‌آبیاری بهینه لازم است که مراحل حساس گیاه به کمبود آب مشخص شود (۵). کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای به عمل آمدن محصولات کشاورزی در شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول می‌باشد و در بسیاری از نقاط از جمله آمریکا، آفریقا، هند و نواحی کم آب دنیا رایج است (۱۱). با توجه به زمان، مقدار و کیفیت آب آبیاری، کم‌آبیاری از طریق زیاد کردن فواصل نوبت‌های آبیاری، کم کردن آب آبیاری در هر نوبت یا تلفیقی از این دو اعمال می‌شود (۱۳).

عوامل تنش‌زا که بر تولید محصولات کشاورزی مؤثرند را می‌توان به دو گروه زیستی و غیرزیستی تقسیم نمود. از جمله تنش‌های زیستی می‌توان به آفات و در مورد تنش‌های غیرزیستی نیز به خشکی اشاره کرد (۱۰). تنش رطوبتی یکی از تنش‌های اصلی است که گیاهان با آن مواجه می‌شوند. در برنامه مدیریت آفات، اغلب عواملی مانند وضعیت رطوبتی گیاهان لحاظ نمی‌شود. حال آن‌که این عوامل نقش مستقیمی در توسعه و رشد آفات و نقش غیرمستقیمی در مطلوبیت گیاهان میزبان برای خسارت آفات یا سطح مقاومت گیاه نسبت به آفات ایفاء می‌کنند (۹). کمبود آب از طریق تغییرات آناتومیک، مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. شدت خسارت خشکی به محصول، بسته به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است. ذرت، بعد از گندم و برنج سومین غله مهم جهان می‌باشد (۱۴). ذرت گیاهی است که در طول مرحله زایشی خود حساسیت زیادی به خشکی دارد. دو مکانیسم ممکن است تا حدودی حساسیت ذرت به خشکی را توجیه کند. اولین مکانیسم تأثیر خشکی در ایجاد تأخیر در ظهور کاکل ذرت، و مکانیسم دوم مربوط به سقط جنین ناشی از تنش خشکی می‌باشد (۲۱ و۳۷). اگرچه تنش در مرحله رشد رویشی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه و طول محور بلال ندارد، اما سطح برگ‌های پوشاننده بلال، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (۱۸). موزیک و دوسک (۲۸) گزارش کردند که شدت حساسیت به خشکی در مراحل رشد بدین ترتیب کاهش می‌یابد: گل‌دهی و گرده‌افشانی، پرشدن دانه و رشد رویشی. آفات نیز به نوبه خود با ایجاد تنش در گیاه، عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. عوامل غیرزیستی به‌طور غیرمستقیم در مطلوبیت محیط گیاهی برای آفات با تغییر کیفیت غذایی گیاه و تغییر میکرواقلیم مؤثر می‌باشند (۳۲).

ماتسون و هاک (۲۶) اظهار نمودند که افزایش کیفیت غذایی گیاهان در معرض تنش رطوبتی، به علت افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و مواد معدنی است که این عناصر برای رشد بندپایان ضروری است. اما ممکن است بعد از تنش رطوبتی بهبود کیفیت غذایی اتفاق نیفتد و در سازگاری آفات با گیاه اثر نگذارد. اگر چه تغییرات در کیفیت غذایی گیاهان میزبان بعد از وقوع تنش رطوبتی اتفاق می‌افتد، افزایش دمای محیط پوشش گیاهی و کاهش رطوبت نسبی نیز که از تبعات تنش رطوبتی است، تأثیر زیادتری روی سازگاری آفات با گیاهان و دشمنان طبیعی آنها نسبت به تغییرات کیفیت غذایی گیاهان میزبان دارد (۲۴ و ۳۵). تنش خشکی برای فعالیت دشمنان طبیعی آفات مناسب نیست که در نتیجه باعث افزایش جمعیت آفات می‌شود (۹). طبق نظر پترسون (۳۱) فتوسنتز به طبیعت تغذیه حشره بستگی دارد. برای حشرات برگخوار، سرعت فتوسنتز برای برگ‌های باقی‌مانده گیاه معمولاً کم نمی‌شود. اما در مورد حشرات مکنده به علت آسیب سلولی با خروج کلروفیل سرعت فتوسنتز کاهش می‌یابد (۱۵، ۲۰ و ۳۸). اثرات حشرات گیاهخوار بر فتوسنتز از طریق مقدار رطوبت موجود

برای استفاده گیاه می‌باشد. در نتیجه واکنش فتوسنتزی گیاهان در معرض توأم آسیب آفات و تنش رطوبتی می‌تواند متفاوت از واکنش آن نسبت به هر یک از آسیب آفات و یا تنش رطوبتی باشد. وقوع خشک‌سالی سبب ایجاد اختلال در نیاز آبی گیاهان می‌شود. لذا شناخت اثر تنش‌های ناشی از کم‌آبی و خشکسالی بر محصولات کشاورزی و اختلالاتی که ممکن است در اثر این تنش‌ها به‌وجود آید و راهکارهای مناسب برای کاهش آثار مترتب توجه شایانی را می‌طلبد. میزان کاهش عملکرد محصول ناشی از تأثیر توأم دو عامل تنش آبی و تنش آفات می‌تواند متفاوت از میزان کاهش ناشی از هر یک از این دو عامل به صورت مجزا باشد. ضمناً عکس‌العمل گیاه نسبت به تنش آبی و تنش آفات در مراحل مختلف رشد نیز متفاوت است. از طرف دیگر مدیریت و برنامه‌ریزی کم‌آبیاری بسیار حساس است و شرایط ویژه‌ای را می‌طلبد تا گیاه از کمبود آب زیاد صدمه نبیند. هدف اصلی این پژوهش تأثیر توأم یک مؤلفه از تنش‌های زیستی (آفات) و یک مؤلفه از تنش‌های غیرزیستی (خشکی) بر عملکرد ذرت می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش‌های صحرایی در بهار، تابستان و پاییز سال ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. خصوصیات فیزیکی خاک از چهار طرف زمین موردنظر برای کشت، در دو قطعه، تعیین گردید ( جدول ۱). مقدار و نوع کود لازم برای خاک در مراحل مختلف رشد بر اساس آنالیز کودی خاک تعیین شد. داده‌های ماهیانه ایستگاه هواشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان نیز برای دوره آماری ۱۵سال متوالی استفاده شد. برای انجام کاشت دو قطعه زمین جداگانه هر یک به وسعت ۹۰۰ متر مربع که به فاصله ۶۰ متر از یکدیگر قرار داشتند، در نظر گرفته شد. آزمایش به صورت فاکتوریل (۴×۲) همراه با یک تیمار شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار به طور جداگانه در شرایط سمپاشی شده و سمپاشی نشده انجام گرفت. مقادیر مختلف آب آبیاری در سه سطح ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی ذرت از طریق محاسبه $ET_0$ (تبخیر و تعرق) به روش پنمن–مانتیس (با استفاده از نرم‌افزار Crop-wat) و در ۴ مرحله رشد گیاه (مرحله اول رشد از جوانه‌زنی تا خوشه‌دهی، مرحله دوم رشد از خوشه‌دهی تا شیره بستن دانه‌ها، مرحله سوم رشد از شیره بستن تا برداشت و مرحله چهارم رشد در سراسر دوره رشد گیاه ذرت) محاسبه شد. هر پلات دارای طول ۳ و عرض ۳ متر بود که به فاصله ۱ متر از کرت همجوار و ۲ متر از مجموعه کرت‌های مجاور قرار داشت. فاصله خطوط کشت در هر پلات ۷۵ سانتی‌متر بود. نحوه آبیاری، شیاری بود به گونه‌ای که آبی از انتهای کرت خارج نشود. بذرهای ذرت رقم ۶۴۷ در تاریخ ۲۴ خرداد ۱۳۸۴ به صورت دستی در عمق ۵ سانتی‌متری از سطح خاک با فاصله بین دو بذر ۱۵–۲۰ سانتی‌متر کاشته شد. آبیاری تا زمان جوانه‌زنی بذرها در تمام تیمارها یکسان انجام شد. در زمین سمپاشی شده، به منظور حذف اثر تنش آفات، هفته‌ای یک بار زمین پایین دست سمپاشی شد. نوع سم با توجه به نوع آفت و فراوانی آن در هفته‌های مختلف نمونه‌برداری، انتخاب می‌شد. سمپاشی با استفاده از سم کوراکوران در مرحله اول در تاریخ ۱۳۸۴/۵/۴، سم کلرپیروفوس در سمپاشی دوم در تاریخ ۱۳۸۴/۵/۲۵ و سم دیازنیون در سمپاشی سوم در تاریخ ۱۳۸۴/۶/۱۴با نسبت ۲ در هزار صورت گرفت.

نمونه‌برداری از آفات به دو صورت چیدن برگ‌های ۳ بوته ذرت در هر کرت و هم‌چنین با استفاده از ۵ تور حشره‌گیری در هر کرت به گونه‌ای که هر تور ۵ بوته را در بر گیرد، انجام شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته‌ها قبل از برداشت، به طور تصادفی ۵ بوته از جاهای مختلف هر پلات انتخاب گردید. برداشت محصول به صورت دستی و در تاریخ ۱۸ مهر ۱۳۸۴ انجام شد. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای از هر پلات یک مساحت ۱/۵×۱/۵ متر برداشت شد. برای اندازه‌گیری صفات مختلف از محصول برداشت شده هر پلات، ۵ بلال انتخاب گردید. اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه‌ها، با استفاده از دستگاه کلدال انجام شد. جهت تعیین عملکرد دانه و بوته در دو منطقه سمپاشی شده و سمپاشی نشده وزن تر و خشک بوته‌ها و

دانه‌ها بعد از جدا شدن از بلال اندازه‌گیری شد. خشک کردن بوته‌ها و دانه‌ها به ترتیب در دمای ۷۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت در آون انجام شد.

اجزای عملکرد همچون تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال و قطر بلال در ۵ بلال از هر تیمار آزمایشی اندازه‌گیری شد. دانه‌ها را با کاردک مخصوص از بلال جدا کرده و قطر چوب بلال و وزن چوب بلال هم تعیین شد. وزن هزار دانه نیز بر اساس متوسط ۵ بلال به‌دست آمد. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار کامپیوتری SAS انجام گردید. میانگین تیمارهای آزمایشی برای صفات مورد نظر با آزمون LSD در سطوح ۱ و ۵ درصد مقایسه شد. جهت بررسی اثر متقابل فاکتورها، تجزیه داده‌ها بر اساس مدل فاکتوریل (۴×۲) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام گردید و سپس جهت مقایسه بقیه تیمارها با تیمار شاهد و تعیین بهترین ترکیب تیماری، تمام تیمارهای آزمایشی همراه با شاهد به طور مجدد تجزیه واریانس شدند. داده‌های مربوط به تعداد آفات که در هفته‌های مختلف نمونه‌برداری شده بود به صورت فاکتوریل-اسپلیت در زمان تجزیه گردید. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### برآورد آب مصرفی تیمارهای آبیاری

مقدار آب مصرفی هر یک از تیمارهای آبیاری در طول فصل رشد ذرت در جدول ۲ آورده شده است.

### تأثیر تنش رطوبتی و تنش آفات و اثر متقابل آنها بر صفات زراعی

در منطقه سمپاشی شده اثر تنش رطوبتی فقط روی ارتفاع بوته معنی‌دار شده در حالی که در منطقه سمپاشی نشده روی صفات طول بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن چوب بلال معنی‌دار شده است (جدول ۳). بنابراین تنش رطوبتی توأم با تنش آفات روی صفات بیشتری تأثیرگذار بود.

### درصد پروتئین

در مقایسه با تیمار شاهد تیمارهای تحت تنش شدید، بالاترین میانگین درصد پروتئین (۱۳/۰) و تیمارهای بدون تنش رطوبتی کمترین درصد پروتئین (۱۱/۵) را دارا بودند (جدول ۶). مقایسه دو منطقه سمپاشی شده و سمپاشی نشده نیز نشان داد که میانگین درصد پروتئین در منطقه سمپاشی نشده (۱۲/۵) به طور معنی‌داری بیش از منطقه سمپاشی شده (۱۲/۱) بود (جدول ۴). بنابراین وجود آفت و تنش ناشی از آن باعث افزایش درصد پروتئین شده که می‌تواند ناشی از آفات مکنده موجود در ذرت باشد که در اثر مکیدن شیره گیاهی، گیاه برای جبران خسارت آفات و گرفتن حالت تدافعی درصد پروتئین خود را افزایش داده است و یا ممکن است آنزیم تولیدی توسط حشره برای مکیدن شیره گیاهی نیز حاوی پروتئین بوده باشد. مقایسه میانگین درصد پروتئین در دوره‌های مختلف رشد گیاه در دو منطقه، نشان داد (جدول ۵)که تمام تیمارهایی که تحت تنش رطوبتی و تنش آفات در سراسر دوره رشد گیاه بوده‌اند دارای درصد پروتئین بیشتری می‌باشند.

محققان مختلفی گزارش کرده‌اند که غلظت پروتئین خام در گیاه در اثر کاهش آب خاک افزایش می‌یابد. اما برخی مطالعات هم مشخص کرده‌اند با کاهش آب در خاک تغییر غلظت پروتئین خام گیاه اندک یا ثابت است (۳۳). البته برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت پروتئین خام در گیاه یونجه در اثر تغذیه زنجرک سیب زمینی کاهش می‌یابد (۲۵ و۳۳). چودری و کورشی (۱۶) نیز نتیجه گرفتند که با وجود کاهش عملکرد دانه ذرت در اثر تنش رطوبتی درصد پروتئین افزایش می‌یابد. سالمی و سبزی (۸) بیان داشتند که تیمارهای آبیاری که تحت تنش رطوبتی بودند و ۶۰ درصد نیاز آبی خود را دریافت می‌داشتند نسبت به تیمارهای بدون تنش دارای درصد پروتئین بالاتری بودند. در مطالعه احمدنژاد (۱) نیز افزایش درصد پروتئین در اثر اعمال تنش (۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی) در گیاه کنجد گزارش شده است.

**جدول۱. خصوصیات خاک زمین بالادست و پایین دست**

| مزرعه | بافت خاک | FC (درصد وزنی) | PWP (درصد وزنی) | آب قابل استفاده وزنی | آب قابل استفاده حجمی |
|---|---|---|---|---|---|
| بالادست | SCL | ٪۳۱ | ٪۱۵ | ٪۱۶ | ٪۲۱ |
| پایین دست | CL | ٪۳۵ | ٪۱۷ | ٪۱۸ | ٪۲۳ |

**جدول۲. مقدار آب مصرفی تیمارهای آبیاری در طول فصل رشد**

| | آب دریافتی تیمارهای آبیاری (cm) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مرحله اول رشد | | | مرحله دوم رشد | | | مرحله سوم رشد | | |
| تیمار آبیاری | ٪۱۰۰ | ٪۷۵ | ٪۵۰ | ٪۱۰۰ | ٪۷۵ | ٪۵۰ | ٪۱۰۰ | ٪۷۵ | ٪۵۰ |
| زمین | | | | | | | | | |
| سمپاشی شده | ۲۳/۴ | ۱۷/۵۵ | ۱۱/۷ | ۳۸/۵۷ | ۲۸/۹۳ | ۱۹/۲۹ | ۶۲/۹۸ | ۴۷/۲۴ | ۳۱/۴۹ |
| سمپاشی نشده | ۲۳/۴ | ۱۷/۵۵ | ۱۱/۷ | ۳۸/۵۷ | ۲۸/۹۳ | ۱۹/۲۹ | ۵۷/۷۳ | ۴۳/۳۰ | ۲۸/۸۷ |

**جدول ۳. میانگین برخی صفات در سطوح تنش مختلف و در منطقه سمپاشی شده و سمپاشی نشده**

| | منطقه سمپاشی شده | | منطقه سمپاشی نشده | |
|---|---|---|---|---|
| تنش | تأمین ۷۵٪ نیاز آبی | تأمین ۵۰٪ نیاز آبی | تأمین ۷۵٪ نیاز آبی | تأمین ۵۰٪ نیاز آبی |
| ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | ۱۴۹/۴[a] | ۱۲۹/۱[b] | ۱۴۲/۴ [a] | ۱۳۸/۲ [a] |
| طول بلال (سانتی‌متر) | ۱۹/۳[a] | ۱۸/۳ [a] | ۱۶/۶ [a] | ۱۴[b] |
| تعداد دانه در ردیف بلال | ۲۳/۱[a] | ۲۲/۰ [a] | ۲۲/۱ [a] | ۱۸/۳ [b] |
| وزن چوب بلال (گرم) | ۴۵۰[a] | ۳۹۰ [a] | ۴۵۰ [a] | ۳۱۰ [b] |

۱. برای هر صفت و در هر منطقه، میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.
– برای سایر صفات نوشته نشده اثر معنی‌داری دیده نشد.

**ارتفاع بوته**

در هر دو منطقه اثر اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار در ارتفاع بوته شد، اما اثر دوره اعمال تنش تنها در منطقه سمپاشی شده معنی‌دار بود (جداول۳ و ۵). در منطقه سمپاشی نشده احتمالاً تنش رطوبتی تحت تأثیر تنش آفات قرار گرفته است و در نتیجه بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری دیده نشده است. در هر دو منطقه پایین‌ترین میانگین ارتفاع بوته مربوط به تیمارهای تحت تنش شدید رطوبتی و در سراسر دوره رشد گیاه می‌باشد. هم‌چنین در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد که تیمارهای بدون تنش بالاترین میانگین ارتفاع بوته را دارا بودند (جداول ۳، ۵ و ۶). امام و رنجبر (۳) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته می‌شود. در مطالعه احمدنژاد (۱) نیز کم‌آبیاری ارتفاع بوته گیاه کنجد را به طور معنی‌داری کاهش داد. رشیدی (۵) بیان داشت که آهنگ طویل شدن ساقه ذرت که مقصدی قوی برای مواد فتوسنتزی در زمان گلدهی است، بر اثر تنش در مرحله رشد رویشی کاهش می‌یابد.

**طول بلال**

در هر دومنطقه، تنش رطوبتی باعث کاهش طول بلال گردید که

**جدول ۴. مقایسه میانگین صفات در دو منطقه سمپاشی شده و سمپاشی نشده[1]**

| منطقه / صفات | سمپاشی شده | سمپاشی نشده | درصد کاهش (٪) |
|---|---|---|---|
| درصد پروتئین | ۱۲/۱ a | ۱۲/۵ b | +۳/۳ |
| ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | ۱۴۰/۳ a | ۱۳۹/۲a | -۰/۸ |
| طول بلال (سانتی‌متر) | ۱۸/۸ a | ۱۵/۳ b | -۱۸/۶ |
| قطر بلال(سانتی‌متر) | ۴/۳ a | ۳/۹ b | -۹/۳ |
| تعداد دانه در ردیف بلال | ۲۲/۶ a | ۲۰/۲ a | -۱۰/۶ |
| تعداد ردیف در بلال | ۱۳/۱ a | ۱۲/۵ a | -۴/۶ |
| قطر چوب بلال(سانتی‌متر) | ۲/۵ a | ۲/۱ a | -۴۰ |
| عمق دانه در بلال(سانتی‌متر) | ۲/۲ a | ۱/۹b | -۱۳/۶ |
| قطر ساقه بلال(سانتی‌متر) | ۱/۱ a | ۱/۱ a | ۰ |
| وزن چوب بلال (گرم) | ۴۲۰ a | ۳۸۰ a | -۹/۵ |
| وزن خشک بوته (کیلوگرم) | ۱۱/۸ a | ۱۰/۵ a | -۱۰/۵ |
| وزن خشک دانه (کیلوگرم) | ۱/۲a | ۰/۱ a | -۱۶/۹ |

۱. میانگین‌های در هرردیف که دارای حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

این کاهش تنها در منطقه سمپاشی نشده معنی‌دار شد (جدول ۳). در مقایسه تیمارهای تحت تنش با تیمار شاهد نیز بالاترین میانگین طول بلال در تیمارهای بدون تنش مشاهده شد البته تیمارهای تحت تنش ملایم رطوبتی اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (جدول ۶). بنابراین در شرایط کمبود آب، کم‌آبیاری با اعمال تنش ملایم رطوبتی قابل توصیه می‌باشد. تنش ناشی از آفات نیز این صفت را کاهش داد (جدول ۴) .کلاسن و شاو (۱۷) بیان داشتند که اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی ذرت تأثیر معنی‌داری بر طول بلال ندارد ولی باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ‌های پوشاننده بلال می‌شود. امام و رنجبر (۳) در حالت کلی نتیجه گرفتند که تنش شدید رطوبتی (۵۰ درصد نیاز آبی) باعث کاهش در طول بلال می‌شود. رفیعی (۷) و رشیدی (۵) در مطالعه خود تأثیر منفی تنش کمبود آب بر طول بلال را مشاهده کردند. مسجدی و همکاران (۱۲) عامل اصلی کاهش طول بلال در تیمار خشکی را عدم وقوع حداکثر پتانسیل رشدی بلال‌ها در نتیجه تأخیر در مرحله رشد بلال و کاهش مواد پرورده فراهم جهت رشد بلال دانسته‌اند.

**قطر بلال**

در مقایسه دو منطقه، بالاترین میانگین در منطقه سمپاشی شده دیده شد (جدول۴). اعمال تنش رطوبتی نیز قطر بلال را کاهش داد که البته تیمارهای تحت تنش ملایم رطوبتی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول۶). بنابراین در شرایط کمبود آب، اعمال کم‌آبیاری با تنش ملایم توصیه می‌شود. امام و رنجبر (۳) بیان داشتند که تنش خشکی تأثیری بر قطر بلال نداشته و بیشتر بر عملکرد تأثیرگذار می‌باشد.

**تعداد دانه در ردیف**

عدم سمپاشی در منطقه تعداد دانه در ردیف را به طور معنی‌داری به میزان ۱۱ درصد کاهش داد (جدول ۴). در هر دو منطقه اعمال تنش رطوبتی در سراسر دوره باعث ایجاد کمترین میانگین در این صفت گردیده است (جداول ۵ و ۶). نتیجه

**جدول ۵. مقایسه میانگین صفات زراعی در دوره‌های مختلف رشد گیاه در دو منطقه سمپاشی شده و سمپاشی نشده[1]**

| دوره رشد | منطقه سمپاشی شده | | | | منطقه سمپاشی نشده | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | اول | دوم | سوم | سراسر | اول | دوم | سوم | سراسر |
| درصد پروتئین دانه | ۱۱/۷$^{a}$ | ۱۲$^{a}$ | ۱۱/۸$^{a}$ | ۱۲/۹$^{a}$ | ۱۲/۶$^{ab}$ | ۱۱/۷$^{b}$ | ۱۲/۶$^{ab}$ | ۱۳/۲ $^{a}$ |
| ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | ۱۳۱/۳$^{bc}$ | ۱۵۳/۸$^{a}$ | ۱۴۸/۸$^{ab}$ | ۱۲۳/۲$^{c}$ | ۱۳۴/۰$^{b}$ | ۱۵۰/۴$^{a}$ | ۱۴۳/۶$^{ab}$ | ۱۳۳/۱$^{b}$ |
| طول بلال (سانتی‌متر) | ۱۷/۱$^{a}$ | ۲۰/۸$^{a}$ | ۱۸/۸$^{ab}$ | ۱۸/۳$^{a}$ | ۱۵/۲$^{a}$ | ۱۶$^{a}$ | ۱۵/۴$^{a}$ | ۱۴/۶$^{a}$ |
| قطر بلال(سانتی‌متر) | ۴/۴$^{ab}$ | ۴/۶$^{a}$ | ۴/۳$^{ab}$ | ۳/۹$^{b}$ | ۳/۹$^{a}$ | ۳/۸$^{a}$ | ۳/۹$^{a}$ | ۳/۹ $^{a}$ |
| تعداد دانه در ردیف بلال | ۲۳/۵$^{a}$ | ۲۵/۰$^{a}$ | ۲۳$^{a}$ | ۱۸/۸$^{a}$ | ۲۱/۹$^{a}$ | ۲۰/۰$^{a}$ | ۲۱/۹ $^{a}$ | ۱۷ $^{a}$ |
| تعداد ردیف در بلال | ۱۳/۴$^{a}$ | ۱۳/۵$^{a}$ | ۱۳/۳ $^{a}$ | ۱۲/۳ $^{a}$ | ۱۲/۸$^{a}$ | ۱۲/۰ $^{a}$ | ۱۲/۹ $^{a}$ | ۱۲/۳ $^{a}$ |
| قطر چوب بلال(سانتی‌متر) | ۲/۲ $^{a}$ | ۲$^{a}$ | ۲/۱ $^{a}$ | ۲/۰ $^{a}$ | ۲/۰$^{a}$ | ۱/۸ $^{a}$ | ۱/۹$^{a}$ | ۸/۳ $^{a}$ |
| عمق دانه در بلال(سانتی‌متر) | ۲/۲$^{ab}$ | ۲/۵$^{a}$ | ۲/۳a$^{b}$ | ۱/۹$^{b}$ | ۱/۹$^{a}$ | ۲/۰$^{a}$ | ۲ $^{a}$ | ۱/۸$^{a}$ |
| قطر ساقه بلال(سانتی‌متر) | ۱/۲۰$^{a}$ | ۱$^{a}$ | ۱/۰$^{a}$ | ۱/۱$^{a}$ | ۱/۲$^{a}$ | ۱/۱$^{a}$ | ۱/۰ $^{a}$ | ۱/۱ $^{a}$ |
| وزن چوب بلال (گرم) | ۵۶۰$^{a}$ | ۴۶۰$^{ab}$ | ۳۸۰$^{ab}$ | ۲۸۰$^{b}$ | ۴۹۰$^{a}$ | ۲۹۰$^{b}$ | ۳۹۰$^{ab}$ | ۳۴۰$^{b}$ |
| وزن خشک بوته (تن در هکتار) | ۹/۶$^{ab}$ | ۱۲/۷$^{a}$ | ۱۰/۸$^{ab}$ | ۹/۱$^{b}$ | ۱۱/۳$^{a}$ | ۱۳/۷$^{a}$ | ۱۲/۰$^{a}$ | ۱۰/۱$^{a}$ |
| وزن خشک دانه (تن در هکتار) | ۱/۳$^{a}$ | ۱/۴$^{a}$ | ۱/۳$^{a}$ | ۰/۸$^{a}$ | ۱/۲$^{a}$ | ۰/۹$^{a}$ | ۱/۱$^{a}$ | ۰/۸$^{a}$ |

۱. برای هر صفت و در هر یک از مناطق آزمایشی، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

به‌دست آمده با نتیجه نسمیت و ریچی (۳۰) مطابقت دارد که در ذرت دانه‌ای حداکثر کاهش در تعداد دانه را هنگام بروز خشکی و تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه و زمان گرده‌افشانی دانسته‌اند. ماوس و داونی نیز نتیجه گرفتند که تنش خشکی قبل از کاکل‌دهی به علت افزایش تعداد گامتوفیت‌های عقیم، ناشی از کمبود هیدرات‌های کربن تعداد دانه در بلال را کاهش می‌دهد (۲۷). معمولاً حداکثر کاهش در تعداد دانه‌ها، هنگام بروز تنش رطوبتی در زمان گرده افشانی و مرحله پرشدن دانه رخ می‌دهد (۱۷، ۲۲ و ۲۷) در حالی‌که تنش دو تا سه هفته بعد از گرده‌افشانی تنها وزن خشک دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تأثیری بر تعداد دانه در هر بوته ندارد (۱۹). ستر و همکاران (۳۴) گزارش دادند، بروز تنش رطوبتی درمرحله گرده افشانی فرآیند دانه‌بندی در ذرت را از طریق کاهش فتوسنتز برگ‌ها تحت تأثیر قرارا داده و تعداد دانه در ردیف بلال را به دلیل افزایش در تولید دانه‌های گرده عقیم که ناشی از کمبود موادد پرورده است، کاهش می‌دهد. هرو و جانسون (۲۳) گزارش کردند که به طور کلی ذرت نسبت به تنش خشکی در طول گرده‌افشانی، خیلی حساس است و وقتی ظهور کاکل‌ها با تأخیر صورت می‌گیرد، ممکن است لقاح کاهش یابد و تولید دانه به تأخیر افتد که یکی از نتایج آن، کاهش تعداد دانه است.

**تعداد ردیف در بلال**

بالاترین میانگین تعدار ردیف در بلال مربوط به منطقه سمپاشی شده (جدول ۶) و در تیمارهای بدون تنش رطوبتی بود (جدول ۶). از نظر دوره رشد نیزکمترین میانگین در اثر اعمال تنش رطوبتی در سراسر دوره رشدگیاه مشاهده شد (جدول ۵). تنش رطوبتی در مراحل اول رشد، تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت و حتی قابل توصیه است. تولنار (۳۶) بیان داشت که وقتی تنش رطوبتی در طی پر شدن دانه اتفاق بیفتد، دانه‌هایی که در قسمت بالایی بلال قرار دارند رشد بسیار کمی خواهند داشت و نیز تعداد ردیف‌های دانه کمتری پر خواهند شد.

**جدول ۶. مقایسه میانگین تیمارهای تحت تنش رطوبتی با تیمار شاهد (بدون تنش رطوبتی)** [1]

| دوره | تنش | صفات | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد پروتئین دانه | ارتفاع بوته | طول بلال | قطربلال | تعداد دانه در ردیف | تعداد ردیف در بلال | قطر چوب بلال | عمق دانه در بلال | قطر ساقه بلال | وزن چوب بلال | وزن خشک بوته | وزن خشک دانه |
| ۱۰۰ درصد نیاز آبی | سراسر رشد | ۱۱/۵$^{b}$ | ۱۶۰/۴$^{a}$ | ۱۸/۲$^{a}$ | ۴/۴$^{a}$ | ۲۷/۴$^{a}$ | ۱۳/۸$^{a}$ | ۲/۰۹$^{a}$ | ۲/۴$^{a}$ | ۱/۱ $^{ab}$ | ۵۰۰ $^{ab}$ | ۱۳/۴۳$^{a}$ | ۱/۶۰۶$^{a}$ |
| ۷۵ درصد | اول | ۱۲/۱$^{ab}$ | ۱۴۸/۸$^{ab}$ | ۱۸/۱$^{a}$ | ۴/۳$^{ab}$ | ۲۴/۲$^{ab}$ | ۱۳/۳$^{ab}$ | ۲/۱۶۳$^{a}$ | ۲/۲ $^{a}$ | ۱/۳ $^{a}$ | ۶۱۱ $^{a}$ | ۱۰/۳۸$^{ab}$ | ۱/۴۵۹$^{ab}$ |
| ۷۵ درصد | دوم | ۱۱/۸$^{ab}$ | ۱۵۵/۴ $^{ab}$ | ۱۸/۶$^{a}$ | ۴/۲ $^{ab}$ | ۲۳/۰$^{abc}$ | ۱۲/۲ $^{ab}$ | ۱/۸۶$^{b}$ | ۲/۳ $^{a}$ | ۱/۱ $^{ab}$ | ۳۷۲$^{bc}$ | ۱۲/۲۷$^{ab}$ | ۱/۰۵۶ $^{abc}$ |
| ۷۵ درصد | سوم | ۱۲/۳$^{ab}$ | ۱۴۶/۶ $^{ab}$ | ۱۸/۱$^{a}$ | ۴/۳ $^{ab}$ | ۲۴/۴ $^{ab}$ | ۱۲/۹ $^{ab}$ | ۲/۰۳۸$^{b}$ | ۲/۲ $^{a}$ | ۱/۱ $^{ab}$ | ۳۹۷$^{b}$ | ۱۱/۵۱۷$^{ab}$ | ۱/۲۴ $^{ab}$ |
| ۷۵ درصد | سراسر | ۱۲/۵$^{ab}$ | ۱۴۵/۸ $^{ab}$ | ۱۷/۲ $^{ab}$ | ۴/۱ $^{ab}$ | ۲۲/۶ $^{abc}$ | ۱۲/۶ $^{ab}$ | /۳۸$^{b}$ | ۲/۰ $^{ab}$ | ۱/۱ $^{ab}$ | ۴۲۲$^{b}$ | ۹/۹۰$^{b}$ | ۱/۱۸$^{ab}$ |
| ۵۰ درصد | اول | ۱۲/۸$^{ab}$ | ۱۴۱/۳$^{b}$ | ۱۴/۶$^{a}$ | ۴/۰ $^{ab}$ | ۲۱/۲$^{bc}$ | ۱۳ $^{ab}$ | ۲/۰۵ $^{b}$ | ۲/۰ $^{ab}$ | ۱/۲ $^{ab}$ | ۴۴۴ $^{ab}$ | ۱۰/۵۱۱$^{ab}$ | ۱/۰۳$^{bc}$ |
| ۵۰ درصد | دوم | ۱۱/۹$^{ab}$ | ۱۴۰/۳$^{cd}$ | ۱۶/۲$^{ab}$ | ۴/۰$^{ab}$ | ۲۰/۰$^{bc}$ | ۱۳/۳ $^{ab}$ | ۱/۹۴۱ $^{b}$ | ۲/۱ $^{ab}$ | ۱/۱ $^{ab}$ | ۳۸۸ $^{b}$ | ۱۲/۲۲۸$^{ab}$ | ۱/۱۸۹$^{ab}$ |
| ۵۰ درصد | سوم | ۱۲/۱$^{ab}$ | ۱۲۵/۰$^{cd}$ | ۱۷/۸$^{ab}$ | ۳/۹$^{b}$ | ۱۸/۸$^{bc}$ | ۱۳/۲ $^{ab}$ | ۱/۹۷ $^{b}$ | ۲/۱ $^{ab}$ | ۱/۰ $^{b}$ | ۳۸۰ $^{bc}$ | ۱۱/۲۷۲$^{ab}$ | ۰/۹۰۷$^{bc}$ |
| ۵۰ درصد | سراسر | ۱۳/۰$^{a}$ | ۱۱۵/۰$^{c}$ | ۱۶/۷ $^{ab}$ | ۳/۹$^{b}$ | ۱۷/۰$^{c}$ | ۱۱/۹ $^{b}$ | ۱/۹۱۵ $^{b}$ | ۱/۸ $^{b}$ | ۱/۰ $^{b}$ | ۲۰۵ $^{c}$ | ۹/۲۸۹$^{b}$ | ۰/۶۱۱$^{c}$ |

در هر ستون مانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

**عمق دانه**

در هر دو منطقه کمترین میانگین مربوط به تیمارهای تحت تنش در سراسر دوره رشد گیاه می‌باشد (جدول ۵). تیمارهای بدون تنش رطوبتی بالاترین مقدار عمق دانه در بلال را دارا بودند که البته با تیمارهای تحت تنش ملایم رطوبتی اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۶). تنش آفات نیز سبب کاهش معنی‌داری درعمق دانه در بلال شد (جدول ۴).

**قطر چوب بلال**

بالاترین میانگین قطر چوب بلال در تیمار بدون تنش رطوبتی و پایین‌ترین میانگین در تیمارهای تحت تنش شدید رطوبتی و در سراسر دوره رشد دیده شد (جدول ۶)، که البته اختلاف تیمارها معنی‌دار نبود. منطقه سمپاشی شده در مقایسه با منطقه سمپاشی نشده، بالاترین قطر چوب بلال را دارا بود (جدول ۴).

**وزن چوب بلال**

کمترین میانگین وزن چوب بلال در منطقه سمپاشی شده مربوط به تیمارهای تحت تنش شدید رطوبتی و در سراسر دوره رشد بود. در منطقه سمپاشی نشده نیز اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار در وزن چوب بلال گردید که کمترین میانگین در این منطقه در دوره دوم رشد گیاه دیده شد (جدول۳

و ۵). تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار وزن چوب بلال در تیمارهای آبیاری گردید، البته در مقایسه با تیمار شاهد(جدول ۶)، اعمال تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی) و تنش شدید رطوبتی (۵۰ درصد نیاز آبی) در مراحل اولیه رشد گیاه، اثر معنی‌داری بر وزن چوب بلال نداشته، و حتی بالاترین میانگین وزن چوب بلال در تیمارهای تحت تنش ملایم رطوبتی و در مراحل اولیه رشد گیاه مشاهده شد. بنابراین در شرایط کمبود آب تنش رطوبتی در مراحل اولیه رشد گیاه قابل توصیه می‌باشد. امام و رنجبر (۳) با اعمال کم‌آبیاری بر ذرت دانه‌ای به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی تأثیری بر وزن چوب بلال نداشته است. البته تأثیر تنش رطوبتی را در مراحل مختلف رشد ذرت بررسی نکردند.

**عملکرد بوته**

بالاترین میانگین عملکرد بوته در منطقه سمپاشی شده (جدول ۴)، هم‌چنین در تیمارهای بدون تنش، مشاهده شد که البته با تیمارهای تحت تنش ملایم رطوبتی اختلاف معنی‌داری نداشت و در طول مراحل اولیه رشد در شرایط کمبود آب اعمال تنش رطوبتی تا ۵۰ درصد نیاز آبی قابل توصیه می‌باشد (جدول ۶). بنابراین اعمال کم‌آبیاری در شرایط کمبود آب می‌تواند مشکل‌گشا باشد. افزایش بیوماس گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب به دلیل گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی قوی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید. گاردنر و همکاران (به نقل از ۴) بیان نمودند که تنش در طول دوره رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها گردید و میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش داد و تداوم تنش، کاهش شدید شدت فتوسنتز را به دنبال داشت.

**عملکرد دانه**

به طور کلی بالاترین میانگین عملکرد دانه در منطقه سمپاشی شده (جدول ۴)، هم‌چنین در تیمارهای بدون تنش و کمترین آن در تیمارهای تحت تنش شدید و در سراسر دوره رشد گیاه دیده شد (جداول ۵ و ۶). کاهش ۶٪ (تیمار تنش ملایم در مرحله اول رشد) تا ۶۲ درصدی (تیمار تنش شدید در سراسر دوره رشد) عملکرد دانه در شرایط اعمال تنش رطوبتی در دوره‌های مختلف رشد ذرت نسبت به شرایط بدون تنش رطوبتی دیده شد (جدول ۶). اعمال تنش رطوبتی در مراحل اولیه رشد گیاه (رشد رویشی) در مقایسه با کمبود آب در مراحل گلدهی و پر شدن دانه تأثیر کمی بر عملکرد نهایی دارد و این نتیجه با نتایج به‌دست آمده توسط رضاوردی‌نژاد و همکاران (۶) مطابقت دارد. کلاسن و شاو (۱۷) نشان دادند که اگر ذرت در مرحله رشد رویشی با کمبود آب مواجه گردد وزن کل دانه‌های تولید شده کاهش خواهد یافت. رشیدی (۵) با بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد ذرت به این نتیجه رسید که تنش در مرحله رشد رویشی حداقل اثر را روی عملکرد دانه داشته در حالی که بیشترین کاهش عملکرد دانه در اثر اعمال تنش در مرحله رشد زایشی بود. رفیعی و همکاران (۷) نشان دادند که تنش خشکی با تأثیر منفی بر رشد و نمو اندامک‌های زایشی موجب کاهش عملکرد شامل تعداد بلال در واحد سطح، تعداد دانه در ردیف و وزن صد دانه و در نهایت عملکرد دانه شد. محققان دریافتند که تنش خشکی در طول دوره گلدهی باعث غیرهمزمانی پیدایش اندام‌های نر و ماده ذرت شده و فاصله آغاز ظهور گل تاجی و ابریشم‌ها را افزایش داد و در نتیجه عملکرد ذرت کاهش می‌یابد. وقوع تنش خشکی همزمان با تقسیم میوزی در گل تاجی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده شد، از طویل شدن ابریشم‌ها جلوگیری کرد و باعث کاهش شدید عملکرد گردید، در نتیجه هرگونه تنش در این دوره باعث کاهش عملکرد دانه گردید (۵). با اعمال تنش‌های آبی برای گیاه کنجد نیز، بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی دیده شد (۲).

## نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد که اعمال تنش

رطوبتی سبب کاهش اجزای عملکرد ذرت و البته افزایش درصد پروتئین در این گیاه شد، اما در شرایط اعمال تنش ملایم برای اکثر صفات، کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. بنابراین در شرایط کمبود آب و به منظور بهره‌برداری بهینه از آب اعمال کم‌آبیاری از طریق کاهش آب مصرفی برای گیاه ذرت، به خصوص در مراحل اولیه رشد، می‌تواند مشکل‌گشا باشد. البته با توجه به اینکه در شرایط تنش آفات، اعمال تنش رطوبتی کاهش بیشتری را بر عملکرد و سایر صفات (به جز درصد پروتئین) در برداشت، بنابراین بهتر است در شرایط اعمال کم‌آبیاری تنش آفات کنترل گردد. معنی‌دار نبودن تفاوت‌های بین تیمارهای تحت تنش (به‌ویژه تنش ملایم) با شرایط بدون تنش، نشان‌دهنده قدرت سازگاری و مقابله گیاه با تنش خشکی می‌باشد.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از از دانشگاه صنعتی اصفهان و هم‌چنین وزارت جهاد کشاورزی، معاونت زراعت کمیته ملی مدیریت خشکی و خشکسالی که بخشی از حمایت مالی این تحقیق را فراهم ساختند، تشکرو قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

۱. احمدنژاد، ع. ۱۳۹۰. تأثیر رژیم‌های آبیاری و قارچ مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. احمدنژاد، ع. و ج. عابدی کوپایی. ۱۳۹۰. اثر روش‌ها و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد محصول و کارایی زراعی مصرف آب کنجد. اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. کرج، سالن همایش‌های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

۳. امام، ی. و غ. ح. رنجبر. ۱۳۷۹. تأثیر کم‌آبیاری در زمان رشد رویشی قبل از ظهور گل‌تاجی بر ویژگی‌های ظاهری شاخص برداشت، کارایی مصرف، کارایی استفاده از آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی. دانشگاه باهنر کرمان. صفحات ۶۳-۱۷۳.

۴. جزایری شوشتری، آ.، ا. نادری. م. علوی فاضل و م. گوهری. ۱۳۸۷. اثر تنش کمبود آب در برخی مراحل رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید ۷۰۴ در تراکم‌های مختلف بوته. یافته‌های نوین کشاورزی ۱: ۱۳-۲۳.

۵. رشیدی، ش. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف رشد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت TC647 در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاوری و منابع طبیعی خوزستان، ۱۵۱ صفحه.

۶. رضاوردی‌نژاد. و.، ت. سهرابی و ع. لیاقت. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد آن. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه اهواز، صفحات ۹۳۷-۹۴۶.

۷. رفیعی. م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی فسفر بر شاخص‌های ریشه و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. پایان دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد علوم تحقیقات اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۴۲ صفحه.

۸. سالمی، ح. و م. ح. سبزی. ۱۳۸۳. تأثیر کم‌آبیاری بر ذرت دانه‌ای و شاخص‌های کیفیت در منطقه کبوترآباد اصفهان. لوح فشرده مجموعه مقالات دومین کنفرانس آب و خاک، دانشگاه شیراز، صفحات ۲۶۹-۲۷۶.

۹. عابدی کوپایی، ج. ۱۳۸۵. بررسی توابع تولید ذرت در اثر آفات در شرایط کم‌آبی و خشکسالی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۰. علیزاده. ا. ۱۳۸۱. *طراحی سیستم‌های آبیاری*. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، ۶۵۵ صفحه.

۱۱. لیاقت. ع. م. و ص. دربندری. ۱۳۷۹. استراتژی مدیریتی کم‌آبیاری برای بهینه‌سازی مصرف آب. کارگاه فنی آموزشی کم‌آبیاری، تهران.

۱۲. مسجدی، ع.، ع. شکوه‌فر و م. علوی فاضل. ۱۳۸۷. تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری ذرت تابستانه هیبرید SC.۷۰۴ و بررسی اثر تنش خشکی بر محصول با استفاده از اطلاعات تشت تبخیر کلاس A. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲(۴۶): ۵۴۳-۵۵۰.

۱۳. ملکی نژاد، ح. ۱۳۷۹. تحلیلی بر تکنیک کم‌آبیاری و روش آبیاری زیرزمینی و تأثیر آن بر کاهش خسارت خشکسالی. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشک‌سالی، صفحات ۷۹۳-۷۹۹.

۱۴. نعیم، ع. ۱۳۸۵. *ذرت*. انتشارات مؤسسه بررسی آفات و گیاهان زراعی، تهران.

15. Burd, J. D. and N. C. Elliott. 1996. Changes inchlorophyll a fluorescence induction keinetics in cereals infested whit Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 89: 1332-1337.
16. Chaudhery, M. R. and A. S. Qureshi. 1991. Irrigation technique to improve application efficiency and crop yield. J. of Drain. and Reclam. 3(1): 14-18.
17. Claassen, M. M. and R. H. Shaw. 1970b. Water deficits on corn, II. Grain component. Agron. J. 62: 652-655.
18. Denmead, O. T. and R. H. Shaw. 1960. The effect moisture stress at different stage of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52: 272-274.
19. English, M. J. and S. N. Raja. 1996. Review perspectives on deficit irrigation. Agric. Water. Manage. 32: 1-14.
20. Haile, F. J., L. G. Higley and S. S. Quisenberry. 1999. Physiologocal and growth tolerance in wheat to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) injury. Environ. Entomol. 28: 787-794.
21. Hall, A. E. 1982. Mathematical models of plant water loss and plant water relations, PP. 231-261. *In*: O. L. Lange et al. (Eds.), Encyclopedia of plant physiology, Physiological Plant Ecology. Springer- Verlag Pub., Berlin, Heidelberg, New York.
22. Harder, H. J., R. E. Carlson and R. H. Shaw. 1982. Yield components and nutrient content of corn grain as influenced by post- silking moisture stress. Agron. J. 74: 275-278.
23. Herreo, M. P. and R. P. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive system. Crop Sci. 21: 105-110.
24. Holtzer, T. D., T. L. Archer and J. M. Norman. 1988. Host plant suitability in relation to water stress, *In*: Plant Stress-Insect Interaction. John Wiley Pub., New York.
25. Hower, A. A. and R. A. Byers. 1977. The potato leafhopper reduces alfalfa quality. Sci. Agric. 24: 10-11.
26. Mattson, W. J. and R. A. Haack. 1987. The role of drought in outbreaks of plant eating insects. Biol. Sci. 37: 110-118.
27. Moss, g. L. and L. A. Downey. 1971. Influence of drought stress on female gametophytes in corn (*Zea mayes* L.) and subsequent grain yield. Crop Sci. 11: 368-372.
28. Musick, J. T. and D. A. Dusek. 1980. Irrigated corn yield response to water. Trans. ASAE. 23: 92-103.
29. Nelson. B. 2002. Stress and the common corn plant. Summary of presentation at sw Indiana crop conference internet. www.king corn.com.
30. Nesmith, D. S. and J. T. Ritchie. 1992. Short and long-term responses of corn to a Pre-anthesis soil water deficit. Agron. J. 84: 107-113.
31. Peterson, R. K. D., S. D. Danielson and L. G. Higley. 1992. photosynthetic response of alfalfa to actual and simulated alfalfa weevil (Coleptera: Curculionidea) injury. Environ. Entomol. 21: 501-507.
32. Roades, D. F. 1983. Herbivore population dynamics and plant chemistry. *In*: R. F. Denno and M. S. McClure (Eds.), Academic Press, New York.
33. Schroedr, P. C., R. L. Branddenburg and C. J. Nelson. 1988. Interaction between moisture stress and potato leafhopper (Homopetra: Cicadellidae) damage in alfala. J. Econ. Entomol. 81: 927-933.
34. Setter, T. L., A. Brian, F. Lannigan and J. Melkonian. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies a bscise acid, and cytokinins. Crop Sci. 41: 1530–1540.
35. Stone, C. and P. E. Bacon. 1994. Relationships among moisture stress, insect herbivore, foliar cineole, and the growth of river red gum eucalyptus camaldulensis. J. Appl. Ecol. 31: 604-612.
36. Tollenar, M. and T. B. Daynard. 1978. Kernel growth two position on the ear of maize (*Zea mays*). Plant Sci. J. 58: 189-197.
37. Westgate, M. E. and J. S. Boyer. 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Sci. 26: 951-956.
38. Youngman, R. R. and M. M. Barnes. 1986. Intraction of spider mites (Acan: Tetranychidae) and water stress on gas-exchange rates and water potential of almond leaves. Environ. Entomol. 15: 594-600.