نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۱(۵۳)، بهار ۱۳۹۹، صفحه ۱۰۰-۸۵

مقاله پژوهشی　DOI:10.30495/jcep.2020.671642

اثر تنش کم آبی بر صفات آگروفیزیولوژیکی ارقام ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط خوی

میرحمید ابوطالبی[۱]، عبدالله حسن‌زاده قورت‌تپه[۲]* و امیر فیاض مقدم[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۴　تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵　تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹

چکیده

کاربرد آب برای تولید محصول و حذف آبیاری‌های غیرضروری، تولید اقتصادی ذرت را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به همین دلیل استفاده از رژیم‌های آبیاری مختلف و تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری با حداقل تأثیر بر عملکرد، ضروری به نظر می‌رسد. به‌منظور بررسی اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد علوفه سه واریته ذرت، آزمایشی به مدت یک سال زراعی در شهرستان خوی انجام شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. دور آبیاری در چهار سطح شامل دورهای آبیاری پس از۶۰، ۹۰، ۱۲۰و۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌عنوان فاکتور اصلی و واریته در سه سطح شامل رقم‌های ذرت دندان اسبی SC 704، Maxima 524 و Jeta 600 به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، وزن‌های ساقه، برگ، بلال، عملکرد علوفه و سطح برگ بلال و گل آذین نر، محتوی نسبی آب برگ و کارآیی مصرف آب در مرحله شیری (R_3) اندازه‌گیری گردیدند. نتایج نشان داد که با افزایش دور آبیاری صفات ارتفاع بوته، عملکرد علوفه، وزن بلال، وزن ساقه، وزن برگ، سطح برگ بلال و محتوی نسبی آب برگ متناسب با افزایش تنش کم آبی، کاهش یافتند. از بین سه واریته مورد آزمایش، رقمMaxima 524 به علت کوتاه‌تر بودن دوره رشد، مصرف آب کمتر و داشتن عملکردی مشابه نسبت به دو رقم دیگر (در مرحله R_3) به‌عنوان رقم مناسب برای شرایط منطقه شناخته شد. به‌طورکلی، بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان دور آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر و کشت واریته Maxima 524 را جهت صرفه‌جویی در مصرف آب و داشتن عملکرد مطلوب برای زراعت ذرت در منطقه خوی مد نظر قرار داد.

واژگان کلیدی: آبیاری، بلال، علوفه، کارآیی مصرف آب، محتوی نسبی آب برگ.

---

[۱] فرهیخته‌ی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

[۲] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. (نگارنده‌ی مسئول)　a.g.hassanzadeh@gmail.com

[۳] دانشیارگروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

مقدمه

ذرت گیاهی است که از ۵۰ درجه عرض شمالی تا ۴۲ درجه عرض جنوبی رشد می‌کند. این گیاه تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری از سطح دریا قابل کشت است. ذرت گیاهی است تک لپه‌ای، یک‌ساله و با مسیر فتوسنتزی C_4 که توان بالقوه بالایی در تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی دارد. علاوه بر این به محدوده وسیعی از شرایط محیطی نیز سازگاری نشان می‌دهد. مهم‌ترین محدودیت تولید ذرت در شرایط اقلیمی کشور آب ابیاری می‌باشد، ذرت گیاهی است که به‌دلیل عملکرد بالا به ازای نهاده‌های مصرفی (آب، کود و غیره) و استفاده‌های متعدد در تغذیه انسان، دام، طیور و فرآورده‌های مختلف در صنعت مورد توجه ویژه است و به آن سلطان غلات اطلاق می‌شود (Anonymus, 2016).

کمبود آب موضوع مهم در اکثر مناطق دنیا است و استفاده مؤثر از آب در کشاورزی نیازمند حفظ آب موجود است. خشکی‌های فصلی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده توسعه کشت ذرت است و از عملکرد سالانه آن ۱۷ درصد می‌کاهد و با توجه به شدت و زمان وقوع خشکی این کاهش عملکرد به ۸۰٪ هم می‌رسد (Siebert *et al.*, 2017). بنا به اظهار محققان تنش خشکی نه تنها موجب کاهش رشد و کم شدن ارتفاع گیاه می‌شود بلکه خصوصیات بیوشیمیایی گیاه تغییر حاصل کرده و میزان پرولین و قند محلول در شیره سلولی افزایش می‌یابد (Budiman and Syamsuddin, 2015). ساه و زموره (Sah and Zamora, 2005) در تحقیقی در مورد اعمال تنش در دوره رویشی و زایشی بر ارقام ذرت دریافتند که اعمال تنش رطوبتی در دوره رویشی به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته، وزن اندام‌های هوایی و ریشه، مساحت برگ، تعداد دانه و وزن دانه در بوته را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد. تنش رطوبتی در دوره زایشی، مساحت برگ، تعداد دانه و عملکرد دانه در بوته را بیشتر از اعمال تنش در دوره رویشی کاهش داد. پتانسیل آب برگ و محتوی نسبی آب برگ به‌وسیله تنش رطوبتی کاهش یافت. تنش آب موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد دانه و وزن هزار دانه در گیاه می‌شود (Abasi Sadr *et al.*, 2018). تنش کم آبی در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک‌تر شدن برگ‌ها گردیده و شاخص سطح برگ و میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش می‌دهد (Hafiz Saad *et al.*, 2015). فرآیندهای توسعه برگ تحت تاثیر هرگونه کمبود جزیی آب می‌باشد (Nikou *et al.*, 2014)، بنابراین اگرچه کمبود آب اثر کمی بر میزان ظهور برگ دارد اما به‌طور قابل توجهی کل سطح برگ را از طریق کاهش توسعه و افزایش میزان پیری برگ‌ها کاهش می‌دهد (Caker, 2004). تنش کم آبی عملکرد علوفه را به‌وسیله کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه و مساحت برگ کاهش می‌دهد (Nielsen and Schneekloth, 2018). کندی و کاهش رشد گیاه و کاهش اجزای رویشی از جمله تعداد و اندازه برگ و اندام‌های زایشی از دلایل بازدهی کم گیاه در شرایط خشکی محسوب می‌شود و با تولید ارقام هیبرید ذرت می‌توان تا حدی مقاومت در گیاه را افزایش داد (Jennifer *et al.*, 2013). تنش رطوبتی خاک بر بسیاری از فرآیندهای گیاهی از قبیل فتوسنتز، توسعه و تقسیم سلولی و تجمع و انتقال مواد غذایی در گیاه ذرت مؤثر است. رشد گیاه تابع فعالیت بافت‌های فتوسنتز کننده به‌ویژه برگ‌ها است بنابراین سرعت رشد برگ‌ها در تشکیل بیوماس سبز با اهمیت است (Bouazzama *et al.*, 2012).

اندازه‌گیری محتوی نسبی آب روش خوبی برای تعیین وضعیت آب گیاهان است و مقدار بیشتر آن مستلزم رشد بهینه و تابع گیاه است. محققان دریافتند که با افزایش تنش کمبود آب، پتانسیل آب برگ در ذرت به‌طور فزاینده‌ای منفی شده و عملکرد دانه و ماده خشک کاهش می‌یابد. کمبود آب از یک سو با تاثیر بر مقدار سطح برگ، سطوح فعال فتوسنتزی را کاهش داده و از سوی دیگر با افت محتوای رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ، زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح را فراهم می‌آورد (Abrokwah *et al*., 2017). معیارها و مشخصه‌های تنش آبی گیاه شامل علایم ظاهری مریی مانند پژمردگی، پیچیدگی برگ، محتوی آب گیاه، پتانسیل اسمزی و پتانسیل کلی آب است، در مزرعه و در مقیاس کرت دمای کانوپی اغلب با تنش آبی در ارتباط است. تعرق موجب خنک شدن برگ‌ها می‌شود و کاهش در محتوای آب خاک که تعرق گیاه را پایین می‌آورد موجب افزایش مستمر در دمای کانوپی می‌گردد (Abrokwah *et al*., 2017).

بنا به نظر برخی محققان، چون آماس سلول‌های روزنه به‌مقدار آب بستگی دارد کمبود آب در بستن روزنه‌ها مؤثر بوده و از این طریق عملکرد را متاثر می‌سازد چرا که مقدار دی‌اکسید کربن جذب شده توسط برگ میزان فتوسنتر را کنترل می‌کند (Lizaso, 2017). کمبود آب اغلب موجب ایجاد برگ‌های کوچک‌تر می‌شود و عمر برگ‌ها نیز کاهش می‌یابد. کاهش میزان تعرق به علت تنش رطوبتی، در طول رشد رویشی ذرت موجب کوچک‌تر شدن اندازه گیاه می‌شود (Webber *et al*., 2018). تنش رطوبتی عملکرد علوفه و دانه را به‌وسیله کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه، مساحت برگ، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه کاهش می‌دهد (Bouazzama *et al*., 2012). محققان با اعمال تنش موقت رطوبتی طی دوران رشد رویشی و زایشی، کاهش معنی‌دار را در عملکرد علوفه ذرت مشاهده کردند (Abrokwah *et al*., 2017). بنا به اظهار برخی محققان تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد، که شدت خسارت خشکی بستگی به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه، متفاوت است (Fuad-hassan *et al*., 2008). مهم‌ترین علت کاهش عملکرد علوفه، کاهش فتوسنز خالص می‌باشد که موجب کاهش فتوسنتز حقیقی و افزایش تنفس گیاه و در نتیجه کاهش فتوسنتز خالص و کم شدن تجمع ماده خشک گیاه می‌شود (Manderscheid *et al*., 2014).

با توجه به اهمیت زیاد آب در تولید محصول، حذف آبیارهای غیرضروری تولید اقتصادی ذرت را موجب می‌شود و به‌همین دلیل استفاده از رژیم‌های آبیاری مختلف و تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری با حداقل تأثیر بر عملکرد، ضروری به نظر می‌رسد از این رو تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر دورهای آبیاری بر خصوصیات آگروفیزیولوژیکی و عملکرد علوفه ارقام ذرت در منطقه خوی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت یک سال در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان‌غربی، واقع در شهرستان خوی اجرا شد. ارتفاع محل اجرای طرح ۱۱۵۷ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۴۴° ۵۲' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸° ۳۵' شمالی می‌باشد. منطقه دارای رژیم دمایی مزیک (متوسط دمای سالیانه خاک بین ۸

تا ۱۵ درجه سلسیوس) و رژیم رطوبتی زریک (نیمه‌خشک) می‌باشد. مجموع بارندگی ۶ ماهه اول سال زراعی ۱۳۹۴ به‌میزان ۱۰۷/۳ میلی‌متر بود. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی، اسیدیته ۷/۸ و هدایت الکتریکی ۱/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی در این تحقیق ۴ دور آبیاری (I_1، I_2، I_3 و I_4 به‌ترتیب شامل آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و فاکتور فرعی شامل سه واریته ذرت دندان اسبی رقم‌های SC 704، Maxima 524 و Jeta 600 بود.

عملیات کاشت در نیمه اول خرداد ماه به صورت دستی انجام شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت با تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار، ۱۴ سانتی‌متر بود، در هر کرت ۶ ردیف به طول ۱۲ متر کشت شد. تا ۳۰ روز بعد از کاشت کلیه عملیات زراعی و آبیاری برای تمام کرت‌ها به‌طور یکسان اعمال شد. بعد از آن برای اعمال تیمارهای مختلف آبیاری و محاسبه کسر رطوبتی خاک بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A به‌طور روزانه عمل شد. بدین منظور تبخیر روزانه از تشتک تبخیر اندازه‌گیری و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی، تبخیر و تعرق گیاه مرجع و سپس ذرت در شرایط مزرعه اندازه‌گیری شد و سپس با رسیدن مقدار تبخیر و تعرق به تبخیر و تعرق مورد نظر نسبت به آبیاری هر تیمار اقدام شد. برای اندازه‌گیری مقدار آب داده شده به هر تیمار از پارشال فلوم تیپ ۴ و کرونومتر استفاده شد و جهت جلوگیری از تلفات آب و کاهش راندمان آبیاری در فاصله بین محل نصب پارشال فلوم و کرت‌ها، دیواره‌ها و کف‌جوی‌های آب‌رسانی ضمن کوبیده شدن با نایلون پوشش داده شدند.

مقدار آب مورد نیاز هر کرت مطابق فرمول‌های ۱ و ۲ محاسبه گردید (Bouazzama *et al.*, 2012). فرمول (۱) برای محاسبه کسر رطوبتی (بیلان رطوبتی خاک) پس از محاسبه تبخیر و تعرق استفاده شد:

$$\Theta_i = \Theta_{i-1}-100\,((ET-Pe)/Drz) \qquad \text{(۱)}$$

که در آن Θ= درصد رطوبت حجمی در روز مشخص i، Θ_{i-1} = درصد رطوبت حجمی در روز ماقبل، E_T= مقدار تبخیر و تعرق، P_e = بارندگی مؤثر (میلی‌متر) و D_{rz} = عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر) می‌باشد.

فرمول (۲) برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز هر کرت با توجه به بیلان رطوبتی خاک استفاده شد.

$$IRRI = Drz(fe-\Theta)/ Ei \qquad \text{(۲)}$$

که در آن Θ= درصد حجمی رطوبت قبل از آبیاری، IRRI= مقدار آبی که در موقع آبیاری برحسب سانتی‌متر به زمین داد شد، Ei = راندمان آبیاری و FC = درصد حجمی رطوبت در حد ظرفیت زراعی است (Rostamzadeh Kaleybar *et al.*, 2012).

با توجه به اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده در مزرعه، آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری و در ارقام در جدول ۱ ارایه شده است. اندازه‌گیری صفات در مرحله برداشت علوفه (خمیری شدن دانه‌ها (مرحلهR_3)) از سه ردیف میانی هر کرت با برداشت ۶ بوته صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن بلال، ارتفاع بوته، وزن ساقه و وزن برگ بود.

نمونه‌هایی که اندازه‌گیری وزن آنها مدنظر بود، از ردیف‌های میانی هر کرت فرعی به مساحت یک مترمربع به‌طور تصادفی انتخاب و به‌صورت دستی برداشت شد. در آزمایشگاه قسمت‌های مختلف هر نمونه تفکیک و ابتدا در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شده و سپس وزن آنها با ترازوی آزمایشگاهی که حساسیت آن تا ۰/۰۰۱ گرم بود، اندازه‌گیری شد (Abrokwah *et al.*, 2017).

جهت اندازه‌گیری عملکرد علوفه، مجموع وزن بلال، ساقه و برگ‌ها مورد عمل قرار گرفت.

محاسبه محتوای رطوبت نسبی برگ از طریق قطعات هم اندازه بریده شده برگی که در ساعت اولیه صبح و قبل از انجام آبیاری انتخاب شده بود انجام گرفت. بعد از توزین وزن تر، وزن اشباع قطعات برگی در دمای ثابت ۳۰ درجه سلیوس و زیر نور چراغ با شدت روشنایی ۶۰۰-۷۰۰ لوکس پس از قرار دادن به مدت ۴ تا ۶ ساعت در داخل آب و وزن خشک برگ پس از قرار دادن آنها در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت تعیین و مقدار نسبی آب برگ از فرمول ۳ محاسبه شد (Durand, 2017).

(۳) ۱۰۰×(وزن خشک- وزن تر اشباع/ وزن خشک- وزن تر) = محتوی رطوبت نسبی برگ(RWC)

برای محاسبه سطح برگ، ابتدا برگ‌های بلال و گل آذین نر هر بوته جدا گردید و با اسکن شکل آنها در رایانه با استفاده از نرم‌افزار Alan مساحت آنها اندازه‌گیری شد.

محاسبه کارآیی مصرف آب از رابطه عملکرد بیولوژیک بر آب مصرفی به‌صورت کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد. برای تجزیه داده‌های آماری و ترسیم شکل‌ها به‌ترتیب از نرم‌افزارهای SAS و Excel 2003 استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و ارتفاع استقرار بلال: جدول تجزیه واریانس داده‌های صفات ارتفاع بوته و ارتفاع استقرار بلال در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس جدول فوق ملاحظه می‌شود که تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر صفات ارتفاع بوته و ارتفاع استقرار بلال ذرت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته و ارتفاع استقرار بلال شد. بیشترین مقدار ارتفاع بوته و ارتفاع استقرار بلال مربوط به تیمار آبیاری شاهد به‌ترتیب برابر ۲۶۷/۵ و ۱۰۸ سانتی‌متر و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری I_4 به‌ترتیب برابر ۲۴۰/۵ و ۸۴/۵ سانتی‌متر بود (جدول ۳). میزان کاهش ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری I_2، I_3 و I_4 (به‌ترتیب آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) برابر ۳/۵، ۹ و ۱۰/۱ درصد و میزان کاهش ارتفاع استقرار بلال در این تیمارها به‌ترتیب برابر ۷/۹، ۱۵/۷ و ۲۱/۸ درصد بود (جدول ۳).

در مقایسه میانگین ارتفاع بوته ارقام ذرت در مرحله R_3 از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین ارقام ملاحظه نشد ولی مقایسه میانگین ارتفاع استقرار بلال ارقام ذرت در مرحله R_3 از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را بین ارقام در سطح احتمال ۵٪ نشان داد. بیشترین مقدار ارتفاع استقرار بلال مربوط به رقم Maxima 524 با میانگین ۹۸/۹۹ سانتی‌متر بود و کمترین آن مربوط به رقم Jeta 600 با میانگین ۹۲/۱۹ سانتی‌متر بود (جدول ۴).

ارتفاع استقرار بلال یک صفت ژنتیکی بوده و اصلاح‌گران از این صفت برای اصلاح ارقام مقاوم به ورس استفاده می‌کنند. در این تحقیق به علت قرار گرفتن بلال در رقم Jeta 600 پایین‌تر از ارقام دیگر، رقم مطلوبی به‌شمار می‌آید. علت کاهش ارتفاع بوته و ارتفاع استقرار بلال در اثر تنش رطوبتی می‌تواند به علت اثر تنش رطوبتی بر کاهش تجمع کل ماده خشک در بوته باشد و این خود به علت کاهش فتوسنتز حقیقی و افزایش تنفس گیاه است، در نتیجه رشد گیاه و ارتفاع بوته کاهش می‌یابد (Abrokwah *et al*., 2017). پژوهشگران دیگری نیز گزارش کردند که تنش کم آبی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته ذرت داشته است و کمبود آب در هر دو مرحله رویشی و زایشی موجب کاهش رشد گیاه و کم شدن تولید زیست توده و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته را به دنبال دارد (Jiang *et al*., 2018).

وزن بلال: جدول تجزیه واریانس داده‌های صفت وزن بلال در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس جدول فوق ملاحظه می‌شود که تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفت وزن بلال ذرت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تیمارهای آبیاری برای وزن بلال در مرحله R_3 از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان داد و این اختلاف معنی‌دار وزن بلال مربوط به کلیه سطوح آبیاری می‌باشد. بیشترین عملکرد وزن بلال به تیمار آبیاری I_1 (شاهد) و کمترین آن به تیمار آبیاری I_4 (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) مربوط بود. وزن بلال در تیمار آبیاری I_1 برابر ۱۰۲/۵۲ گرم در بوته و در تیمار آبیاری I_4 برابر ۴۷/۹۷۸ گرم در بوته بود (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری I_2، I_3 و I_4 به ترتیب کاهش عملکردی برابر ۱۲/۷، ۳۹/۷ و ۵۳/۲ درصد نسبت به تیمار آبیاری I_1 داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین وزن بلال ارقام مختلف ذرت در مرحله R_3 اختلاف معنی‌داری را بین ارقام در سطح احتمال ۵٪ نشان داد. بیشترین مقدار وزن بلال مربوط به رقم Maxima 524 با میانگین ۷۶/۹۰ گرم در هر بوته بود. کمترین مقدار وزن بلال مربوط به رقم SC704 با میانگین ۷۴/۲۳ گرم در بوته بود (جدول ۴). برخی محققان اظهار داشتند که کاهش رطوبت قابل دسترس گیاه موجب کم شدن تثبیت کربن در اثر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز گیاه و در نتیجه کاهش گرده افشانی و عملکرد دانه در ذرت می‌شود (Alfalahi *et al*., 2015).

تنش رطوبتی سبب کاهش تعداد دانه، وزن هزار دانه، وزن چوب بلال، و در نتیجه وزن کل بلال می‌شود. (Manderscheid *et al*., 2014).

وزن ساقه و برگ: بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر دور آبیاری بر صفت وزن ساقه و برگ ذرت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های وزن ساقه و برگ ذرت در مرحله R_3 نشان داد که بیشترین عملکرد ساقه و برگ به تیمار آبیاری I_1 و کمترین آن به تیمار آبیاری I_4 مربوط بود. نتایج نشان داد که تیمارهای آبیاری I_2، I_3 و I_4 از نظر عملکرد ساقه به‌ترتیب کاهش عملکردی برابر ۵، ۱۹/۹ و ۳۴/۹ درصد و در وزن برگ کاهشی برابر ۵، ۲۰/۶ و ۳۵/۵ درصد نسبت به تیمار آبیاری شاهد داشتند (جدول ۳). اما اثر متقابل دور آبیاری و رقم بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار وزن ساقه مربوط به رقم SC704 و Maxima 524 به‌ترتیب با میانگین ۴۶۱/۱۴ و ۴۵۷/۹۱ گرم در

متر مربع بود و رقم Jeta 600 با تولید ۴۴۲/۲۲ گرم در متر مربع، کاهش وزن ساقه برابر ۴/۱ درصد نسبت به رقم SC704 داشت (جدول ۴). اثرات خشکی معمولاً در کاهش فتوسنتز و رشد مشاهده می‌شود (Al-Khish *et al*., 2009). به نظر می‌رسد تنش کم آبی با تاثیر بر فتوسنتز و کاهش توسعه و تقسیم سلولی و تجمع و انتقال مواد غذایی در گیاه سبب کاهش وزن ساقه در ذرت شده است (Bouazzama *et al*., 2012). فرآیندهای توسعه برگ تحت تاثیر هرگونه کمبود جزیی آب می‌باشد، بنابراین، اگرچه کمبود آب اثر کمی بر میزان ظهور برگ دارد اما به‌طور قابل توجهی کل سطح برگ را از طریق کاهش توسعه و افزایش میزان پیری برگ‌ها کاهش می‌دهد (Caker, 2004).

عملکرد علوفه: جدول تجزیه واریانس داده‌های صفت عملکرد علوفه (ماده خشک) در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس جدول فوق ملاحظه می‌شود که تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر صفت عملکرد علوفه ذرت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ و تاثیر ارقام بر این صفت در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود. مقایسه میانگین‌ها برای عملکرد علوفه در مرحله R_3 نشان می‌دهد که سطوح مختلف تیمارهای آبیاری عملکردهای کاملاً متفاوتی را موجب شده است به‌طوری‌که، بالاترین عملکرد علوفه، به تیمار آبیاری I_1 (شاهد) و کمترین آن به تیمار آبیاری I_4 مربوط بود. عملکرد علوفه تیمار آبیاری I_1 برابر ۱۹۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد تیمار آبیاری I_4 برابر ۱۱۳۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری I_2 ، I_3 و I_4 (پس از ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) به ترتیب کاهش عملکردی برابر ۱۳/۴، ۲۸/۶ و ۴۲/۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری I_1 داشتند (جدول ۳).

مقایسه میانگین عملکرد علوفه ارقام مختلف ذرت در مرحله R_3 اختلاف معنی‌داری را بین رقم Jeta 600 با دو رقم دیگر از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ نشان داد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها بیانگر برتری ۱۰ و ۱۵ درصدی رقم Maxima524 به‌ترتیب نسبت به ارقام SC 704 و Jeta 6oo از نظر عملکرد علوفه می‌باشد (جدول ۴). محققان گزارش کردند که کاهش جذب مواد غذایی از خاک عامل مهم کاهش رشد و توسعه و در نتیجه کاهش عملکرد در گیاه ذرت می‌باشد و در این شرایط ارقامی که بتوانند پتاسیم زیادی را از خاک جذب و تنظیم اسمزی انجام دهند، عملکرد بیشتری خواهند داشت (Aslam *et al*., 2013). علت کاهش عملکرد علوفه در اثر تنش کم آبی به دلیل اثر تنش رطوبتی خاک بر بسیاری از فرآیندهای گیاهی از قبیل فتوسنتز، توسعه و تقسیم سلولی، جذب و انتقال مواد غذایی در گیاه است. به عبارتی کاهش پتانسیل آب منجر به کاهش میزان فتوسنتز و میزان هدایت روزنه‌ای به علت بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (Durand, 2017). از طرفی، کمبود آب به‌طور قابل توجهی کل سطح برگ را از طریق کاهش توسعه و تقسیم سلولی و افزایش میزان پیری برگ‌ها کاهش می‌دهد (Caker, 2004) و در نهایت تنش کم آبی عملکرد علوفه را به‌وسیله کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه، مساحت برگ و وزن بلال کاهش می‌دهد(Bismillah Khan *et al*., 2001). تنش کم آبی با تأثیر بر حرکات یونی و آب، آبسیزیک اسید را به خارج از سلول‌های محافظ روزنه هدایت و موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که این امر موجب کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و فتوسنتز

می‌گردد (Alizadeh *et al.*, 2008). برخی محققین نیز معتقدند که مهم‌ترین علت کاهش عملکرد علوفه، کاهش فتوسنتز خالص می‌باشد که از دو جنبه قابل بررسی می‌باشد. یکی کاهش فتوسنتز حقیقی و دیگری افزایش تنفس گیاه، هر کدام از این عوامل به تنهایی و یا همراه یکدیگر قادر هستند فتوسنتز خالص و در نتیجه تجمع کل ماده خشک گیاه را کاهش دهند (Durand, 2017).

سطح برگ: جدول تجزیه واریانس داده‌های صفت سطح برگ بلال و سطح برگ گل آذین نر درجدول ۵ نشان داده شده است. بر اساس جدول فوق ملاحظه می‌شود که تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر صفت سطح برگ بلال و سطح برگ گل آذین نر ذرت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. سطح برگ بلال و برگ گل آذین نر (تک بوته) در تیمار آبیاری I_1 (شاهد) به‌ترتیب برابر ۵۷۰/۷۲ و ۱۶۱/۸۶ سانتی‌متر مربع بود (جدول ۶). میزان کاهش سطح برگ بلال در تیمارهای آبیاری I_3 و I_4 به‌ترتیب برابر ۱۴/۶ و ۲۲/۹ درصد نسبت به تیمار آبیاری شاهد و این کاهش در مساحت برگ گل آذین نر به‌ترتیب برابر ۱۴/۵ و ۳۱/۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری شاهد بود (جدول ۶). کمبود آب اغلب موجب ایجاد برگ‌های کوچک‌تر می‌شود و عمر برگ‌ها نیز کاهش می‌یابد (Webber *et al.*, 2018). تنش رطوبتی در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک‌تر شدن برگ‌ها گردیده و شاخص سطح برگ و میـزان جذب نور توسط گیاه را کاهش می‌دهد (Bouazzama *et al.*, 2012). مقایسه میانگین سطح برگ بلال ارقام مختلف ذرت در مرحله R_3 اختلاف معنی‌داری را بین رقم Jeta 600 با دو رقم Maxima 524 و SC704 در سطح احتمال ۵٪ نشان داد (جدول ۷). میزان کاهش سطح برگ بلال رقم Jeta 600 نسبت به ارقام Maxima 524 و SC704 حدود ۴ درصد بود. اختلاف معنی‌داری بین ارقام سه گانه مورد مطالعه در مورد صفت سطح برگ گل آذین نر مشاهده نشد (جدول ۵). بنا به اظهار محققان، پتانسیل ژنتیکی ارقام در تنظیم اسمزی و جذب دی‌اکسید کربن و در نتیجه توسعه سطح برگ و تولید ماده خشک متفاوت می‌باشد (Siebert *et al.*, 2017).

محتوی نسبی آب برگ: جدول تجزیه واریانس حاصل از داده‌های صفت محتوی نسبی آب برگ در جدول ۵ ارایه شده است. بر اساس جدول فوق ملاحظه می‌شود که تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر صفت محتوی نسبی آب برگ ذرت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار در محتوی نسبی آب برگ در تیمارهای مختلف آبیاری گردید. بیشترین مقدار محتوی نسبی آب برگ مربوط به تیمار آبیاری شاهد برابر ۹۱/۲۸ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری I_4 برابر ۷۵/۷۴ درصد بود. میزان کاهش محتوی نسبی آب برگ در تیمارهای آبیاری I_2، I_3 و I_4 به ترتیب برابر ۳/۴، ۱۱/۴و ۱۷ درصد بود (جدول ۶). عکس‌العمل ارقام مختلف ذرت مورد مطالعه در برابر کاهش محتوی نسبی آب برگ یکسان بوده و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۷). تنش خشکی و فقدان آب از طریق تاثیر بر فرایندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی مانند کاهش پتانسیل آب برگ، تورم و هدایت روزنه‌ای موجب کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن و فتوسنتز می‌گردد و از این طریق رشد و عملکرد را متاثر می‌سازد.

کارآیی مصرف آب: جدول تجزیه واریانس حاصل از داده‌های کارآیی مصرف آب در جدول ۵ ارایه شده است. بر اساس جدول فوق ملاحظه

می‌شود که تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارآیی مصرف آب ذرت از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب در مرحله برداشت علوفه (R_3) مربوط به تیمار آبیاری I_2 معادل (۳/۸۱ کیلوگرم ماده خشک به ازای مصرف یک مترمکعب آب) و کمترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار آبیاری I_4 معادل (۳/۲۸ کیلوگرم ماده خشک به ازای مصرف یک مترمکعب آب) بود (جدول ۶). میزان تغییرات کارآیی مصرف آب نسبت به تیمار آبیاری شاهد در تیمار آبیاری I_2 برابر ۱۶/۵+ درصد بود که با توجه به جدول ۷ ملاحظه شد که سطح آبیاری I_2 با بقیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشته و بین سطوح I_1 (شاهد) و I_3 و I_4 در صفت کارآیی مصرف آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که با کاهش مقدار آب مصرفی، میزان کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد ولی با کاهش بیشتر مقدار آب مصرفی، کارآیی مصرف آب سیر نزولی داشته است. مقایسه میانگین‌های کارآیی مصرف آب ارقام ذرت اختلاف معنی‌داری را بین آنها از نظر کارآیی مصرف آب نشان می‌دهد. کارآیی مصرف آب در رقم Maxima 524 بیشترین مقدار و در رقم SC704 کمترین مقدار بود (جدول ۷). زمانی که روزنه‌های گیاه برای جذب دی‌اکسیدکربن باز می‌شوند، مقدار زیادی از آب موجود از دسترس گیاه خارج می‌شود، شدت جریان فرایند جذب دی‌اکسیدکربن و دفع بخار آب به‌وسیله روزنه‌ها کنترل می شود، بنابراین چگونگی عملکرد روزنه‌ها، تعیین کننده میزان کارآیی مصرف آب در بین گونه‌ها و ارقام مختلف گیاهان خواهد بود. علت بالاتر بودن کارآیی مصرف آب در دوره‌های آبیاری بیشتر را می‌توان شدت تعرق کمتر، مقاومت روزنه‌ای زیاد و بهینه‌سازی عملکرد روزنه‌ها توسط گیاهان ذکر کرد (Webber *et al.*, 2018). مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب در بین ارقام ذرت نشان می‌دهد که کمترین مقدار آب مصرفی و بیشترین کارآیی مصرف آب در مرحله برداشت علوفه مربوط به رقم Maxima 524 می‌باشد (جدول ۸). علت آن را با توجه به مراحل فنولوژیک ارقام می‌توان به طول دوره رشد کوتاه‌تر این رقم نسبت به سایر ارقام ذکر کرد. نتایج این تحقیق مطابق یافته‌های سایر محققان می‌باشد (Fuad-hassan *et al.*, 2008; Karam *et al.*, 2004; Oktem, 2006; Panda *et al.*, 2004).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل نشان داد که سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه و اجزای آن و کارآیی مصرف آب داشت. عملکرد علوفه ارقام مورد مطالعه ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار داشت. همچنین، از بین اجزای عملکرد علوفه، وزن بلال بیشتر از سایر صفات تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفت. ذرت گیاهی است که شدیداً به هر گونه تغییرات آبی واکنش نشان می‌دهد به‌طوری‌که کاهش مقدار آب پایین‌تر از حد آب سهل‌الوصول موجب کاهش محصول خواهد شد، لذا برای داشتن حداکثر محصول پیشنهاد می‌گردد در منطقه پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، نسبت به تأمین کسری رطوبت خاک اقدام شود. البته بر اساس نتایج تحقیق حاضر، جهت صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آب در بخش کشاورزی، تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و کشت رقم Maxima524 برای زراعت ذرت در منطقه خوی می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

جدول ۱ - میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری و ارقام ذرت

Table 1- Water consumption in irrigation treatments and maize cultivars

Irrigation intervals **دورهای آبیاری**	I_1 (ET60^{mm})	I_2 (ET90^{mm})	I_3 (ET120^{mm})	I_4 (ET150^{mm})
(m^3/h) Water consumed **مقدار آب مصرفی**	6105.86	4796.37	4052.90	3474.70
Maize varities **ارقام ذرت**	Sc 704	Maxima 524	Jeta 600	
(m^3/h) Water consumed **مقدار آب مصرفی**	5004.79	4078.48	4739.46	

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ذرت تحت تاثیر دور آبیاری و رقم

Table 2- Analysis of variance of corn cultivars traits at different irrigation regimes

منابع تغییرات S.O.V.	**درجه آزادی** df	(Mean squares) **میانگین مربعات** **ارتفاع گیاه** Plant height	**ارتفاع استقرار بلال** ear stablish height	**وزن بلال** Ear weight	**وزن ساقه** Stem weight	**وزن برگ** Leaf weight	**عملکرد علوفه** Forage yield
بلوک Block	3	78.73	93.67	172.45	9015.0	3751.8	2790493.7
سطوح آبیاری Irrigation levels	3	1952.81**	1250.91**	7485.71**	84949.8**	99021.0**	177302836**
خطا a Error (a)	9	63.17	64.30	126.85	1855	1239.2	1144024.5
ارقام (b) Cultivars	2	337.04^{ns}	186.39 ^{ns}	29.09*	1638.6**	1033.4^{ns}	743866.3*
a×b	6	15.92^{ns}	50.54 ^{ns}	17.14^{ns}	279.9 ^{ns}	252.82^{ns}	348642.8 ns
خطا b Error (b)	24	198.57	59.65	8.19	282.6	383.2	157097
C.V. % **ضریب تغییرات**		7.8	8.06	9.4	3.7	4.09	2.50

ns، *, ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns, *, and ** non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف آبیاری بر صفات مرفولوؤیکی ارقام ذرت

Table 3- Mean comparison of corn phonelogical traits under difference irrigation levels

دورهای آبیاری Irrigation intervals	**ارتفاع بوته** Plant height (cm)	**ارتفاع استقرار بلال** Height of ear deposition(cm)	**وزن بلال** Ear weight ($g.m^{-2}$)	**وزن ساقه** Stem weight ($g.m^{-2}$)	**وزن برگ** Leaf weight ($g.m^{-2}$)	**عملکرد علوفه** Forage yield ($kg.ha^{-1}$)
I_1 (ET60^{mm})	267.5^a	108.0^a	102.52^a	533.2 ^{a}	564.69^a	19800^a
I_2 (ET90^{mm})	258.1^b	99.5^b	89.50^b	507.0^{ab}	536.35^a	18144^b
I_3 (ET120^{mm})	243.5^c	91.0^c	61.80^c	427. 4^b	448.0^b	14135^c
I_4 (ET150^{mm})	240.5^c	84.5^c	47.97^d	352.2^c	364.17^c	11320^d

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters based on Duncan Multiple Rang test at the 5% level no significant.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرفولوژیکی ارقام ذرت در مرحله برداشت علوفه (R_3)

Table 4- Means comparison of corn varities phonelogical traits

عملکرد علوفه Forage yield (kg.ha^{-1})	**وزن برگ** Leaf weight (g.m^{-2})	**وزن ساقه** Stem weight (g.m^{-2})	**وزن بلال** Ear weight (g)	**ارتفاع استقرار بلال** Elevation of ear deposition (cm)	**ارتفاع بوته** Plant height (cm)	**واریته های ذرت** Maize varities
15914.7^{a}	$486.94\ ^{a}$	461.14^{a}	74.23b	96.14^{ab}	247.19^{a}	SC 704
16025.8^{a}	477.22^{a}	457.91^{a}	76.90^{a}	98.99^{a}	255.29^{a}	Maxima 524
15609.4^{b}	470.99^{a}	442.22^{b}	75.21^{ab}	92.19^{b}	254.91^{a}	Jeta 600

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters based on Duncan Multiple Rang test at the 5% level no significant.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی ذرت تحت تاثیر دور آبیاری و رقم

Table 5- Analysis of variance of physiological traits of corn varities at different irrigation treatments

میانگین مربعات (Mean squares)					
کارآیی مصرف آب Water use	**محتوی نسبی آب برگ** leaves Relative water (٪)content	**سطح برگ گل آذین نر** tasel leaf area (cm^{2})	**سطح برگ بلال** ear leaf area (cm^{2})	**درجه آزادی** df	**منابع تغییرات** S.O.V.
0.18	12.56	431.79	9152.06	3	**بلوک** Block
0.76**	595.43**	6539.05**	43381.15**	3	**سطوح آبیاری** Irrigation levels
0.071	3.50	367.25	1321.35	9	**خطا a** Error (a)
2.45**	4.58^{ns}	64.14^{ns}	2000.86**	2	**ارقام** (b) Cultivars
0.05**	1.91^{ns}	33.78^{ns}	423.35^{ns}	6	a×b
0.009	3.47	47.03	280.39	24	**خطا b** Error (b)
2.76	2.21	4.83	3.26		C.V. % **ضریب تغییرات**

ns، *، ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns, *, and ** non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی ارقام ذرت

Table 6- Mean comparison of corn physiological traits under difference irrigation levels

کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg.m^{-3})	**محتوی نسبی آب برگ** Leaves Relative water content (٪)	**سطح برگ گل اذین نر** Tasel leaf area (cm^{2})	**سطح برگ بلال** Ear leaf area (cm^{2})	**دورهای آبیاری** Irrigation intervals
3.27^{b}	91.28^{a}	161.86^{a}	570.7^{a}	$I_1(ET60^{mm})$
3.81^{a}	88.22^{b}	157.08^{a}	551.50^{a}	$I_2(ET90^{mm})$
3.51^{b}	80.88^{c}	183.35^{b}	487.21^{b}	$I_3(ET120^{mm})$
3.28^{b}	75.74^{d}	110.39^{c}	439.73^{c}	$I_4(ET150^{mm})$

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters based on Duncan Multiple Rang test at the 5% level no significant.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی ارقام ذرت در مرحله برداشت علوفه (R_3)

Table 7- Means comparison of physiological traits of corn varities in forage harvesting stage (R_3)

واریته های ذرت Maize varities	**سطح برگ بلال** Ear leaf area (cm^2)	**سطح برگ گل اذین نر** Tasel leaf area (cm^2)	**محتوی نسبی آب برگ** Leaves relative water content (٪)	**کارآیی مصرف آب** Water use efficiency ($kg.m^{-3}$)
Sc 704	517.31^a	141.71^a	84.55^a	0.42^a
Maxima 524	520.08^a	144.02^a	83.48^a	0.44^a
Jeta 600	499.47^b	140.04^a	$84.06\ ^a$	0.37^b

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters based on Duncan Multiple Rang test at the 5% level no significant.

جدول ۸ - مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب در تیمارهای آبیاری و ارقام ذرت در مرحله برداشت علوفه (R3) ($kg.m^{-3}$)

Table 8- Means comparison of water use efficiency in irrigation treatments and maize cultivars at forage harvest stage (R3) ($kg.m^{-3}$)

ارقام ذرت Corn cultivars	**رژیم‌های آبیاری** Irrigation regimes			
	I_1:60mm ET_{crop}	I_2:90mm ET_{crop}	I_3:120mm ET_{crop}	I_4:150mm ET_{crop}
Sc 704	$2.86\ ^g$	$3.52\ ^{cd}$	$3.37\ ^{ed}$	$3.08\ ^{gf}$
Maxima 524	$3.77\ ^{cb}$	$4.33\ ^a$	$3.91\ ^b$	$3.68\ ^{cb}$
Jeta 600	$3.21\ ^{ef}$	$3.58\ ^{cd}$	$3.25\ ^{ef}$	$3.09\ ^{gf}$

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters based on Duncan Multiple Rang test at the 5% level no significant.

References منابع مورد استفاده

- Abasi Sadr, S., S. Sharafi, and A. Hassanzadeh Ghorttapeh. 2018. Effect of drought stress and seed priming on some traits of vegetative and reproductive of castor bean (*Ricinus Communis* L.) plant. *Journal of Crop Ecophysiology*. 12(1): 75-88. (In Persian).
- Abrokwah, O.A., A. Antwi-Boasiako, and Z. Zechariah Effah. 2017. Effects of drought stress on maize genotypes (*Zea mays* L.) using some plant parameters. *Journal of Science Research in Allied Science*. 6(3) : 481-490.
- Alfalahi, A.A., H.M. Al-Abodi, B.K. Abdul Jabbar, A.M. Muhdi, and K.A. Sulman. 2015. Scheduling irrigation as a water saving practice for corn (*Zea mays* L.) production in Iraq. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*. 1(3): 55-59.
- Alizade, O., E. Majede, H.A. Nadian, Gh. Normohamadi, and M.R. Amerian. 2008. Effect of water stress and different nitrogen rates on phenology, growth and development of corn. *Journal of Agricultural Science and Natural Resource*. 1(5): 14-19. (In Persian).
- Al-Khish, T., M. Al-Abed, and K. Ismail. 2009. The effect of water stress on the growth and yield of some varieties and hybrids of maize in Deir Ezzor. 7th Scientific Conference of the State Board for Agricultural Research, Syria.
- Anonymus. 2016. Save and grow in practice maize, rice and wheat. A guid to sustainable cereal production. Food and Agriculture Organization of The United Nations Rome.
- Aslam, M., M.S.I. Zamir, I. Afzal, M. Yaseen, M. Mubeen, and A. Shoaib. 2013. Drought stress, Its effect on maize production and development of drought tolerance through potassium application. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 154: 99-114.
- Bismillah khan, M., N. Hussain, and M. Iqbal. 2001. Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS 202. *Journal of Research (Science), Bahauddin Zakaria University of Multan*, *Pakistan*. 12: 15-18.
- Bouazzama, B., D. Xanthoulis, A. Bouaziz, P. Ruelle, and J.C. Mailhol. 2012. Effect of water stress on growth, water consumption and yield of silage maize under flood irrigation in a semiarid climate of Tadla (Morocco). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 16(4): 468-477.
- Budiman, N., and N. Syamsuddin. 2015. Effect of water stress on growth, yield, proline and soluble sugars contents of signal grass and napier grass species. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*. 9(5): 14-21.
- Caker, R. 2004. Effects of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89: 1-16.
- Durand, J. 2017. How accurately do maize crop models simulate the interactions of atmospheric CO_2 concentration levels with limited water supply on water use and yield? *European Journal of Agronomy*. 10(1): 101-122.
- Fuad-hassan, A., F. Tardieu, and O. Turc. 2008. Drought-induced changes in anthesis-silking interval are related to silk expansion: a spatio-temporal growth analysis in maize plants subjected to soil water deficit. *Plant, Cell and Environment*. 31(9): 1349–1360.

- Hafiz Saad, B.M., F. Jehanzeb, B. Tahira, and M. Tariq. 2015. Cluster and principle component analysis of maize accessions under normal and water stress conditions. *Journal of Agricultural Sciences*. 60(1): 33-48.
- Jennifer, I., A.J. Luis, R. Paul, H. Robson, and M. Bosch. 2013. Physiological and growth responses to water deficit in the bioenergy crop *Miscanthus giganteus*. *Frontiers in Plant Science.* 4: 1-12.
- Jiang, P., F.U. Cai, Z. Zhao, Y. Meng, L. Gao, and T. Tian-Hong Zhao. 2018. Physiological and dry matter characteristics of spring maize in northeast China under drought stress. *Water*. 10(11): 1561-1565.
- Karam, F., J. Breidy, C. Stefan, and J. Rouphael. 2004. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Beka valley of Lebonon. *Agricultural Water Managment*. 63(2): 125-137.
- Lizaso, J. 2017. Modeling the response of maize phenology, kernel set, and yield components to heat stress and heat shock with CSM-IXIM. *Field Crops Research.* 214: 239–252.
- Manderscheid, R., M. Erbs, and H.J. Weigel. 2014. Interactive effects of free-air CO_2 enrichment and drought stress on maize growth. *European Journal of Agronomy.* 52: 11–21.
- Nielsen, D.C., and J.P. Schneekloth. 2018. Drought genetics have varying influence on corn water stress under differing water availability. *Agronomy Journal*. 110(3): 983-995.
- Nikou, Sh., M. Pouryousef Miandoab, and A. Hassanzadeh Gorttapeh. 2014. Evaluation of annual clover ecotypes by using drought tolerance indices. *Journal of Crop Ecophysiology.* 8(3): 375-394.
- Oktem, A. 2006. Effect of different irrigation intervals to drip irrigated dent corn (*Zea mays* L .indentata) water-yield relationship. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 9(8): 1476-1481.
- Panda, P.K., S.K. Behera, and P.S. Kashyap. 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed condition. *Agricultural Water Managment*. 66(3): 181-192.
- Rostamzadeh Kaleybar, M., M. Farboodi, A.H. Hoseinzadeh Moghbeli, and N. Razmi. 2012. The effects of irrigation regimes on second cropping of three soybean genotypes in Moghan region. *Journal of Crop Ecophysiology*. 5(4): 15-28.
- Sah, S.K., and O.B. Zamora. 2005. Effect of water diffict at vegetative and reproductive stages of hybrid open pollinated variety and local maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculture and Animal Science*. 26: 37-42.
- Siebert, S., H. Webber, G. Zhao, and F. Ewert. 2017. Heat stress is overestimated in climate impact studies for irrigated agriculture. *Environment Research Letter*. 12(5): 1-8.
- Webber, H., F. Ewert, J.E. Olesen, and D. Wallach. 2018. Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. *Nature Communications*. 9: 42-49.

The Effect of Drought Stress on Agrophysiological Traits of Corn (*Zea mays* L.) Cultivars in Khoy Condition

MirHamid Aboutalebi[1], Abdollah Hasanzadeh Ghorttapeh[2*], and Amir Fayaz Moghadam[3]

Received: June 2019 , Revised: 15 January 2020, Accepted: 19 January 2020

Abstract

Over use of water and unnecessary limitation irrigation water, both affects economic production of corn. Therefore, it is necessary to use different irrigation regimes in order to determine the most suitable irrigation interval with minimum effect on yield. To study the effect of different irrigation regimes on forage and grain yield of three varieties of maize, an experiment was carried out at the Research Center of Khoy, a province of west Azarbaijan, in 2008. The experiment was carried out with four replications in an form of split plot based on randomized complete block design. The main plot consisted of four levels of irrigation intervals (I_1, I_2, I_3 and I_4) of corn plots, irrigated after 60, 90, 120 and 150 (mm) evapotranspiration pan. Subplots consisted of three varieties of corn (SC704, Maxima524, Jeta600). In this experiment, different features of maize varieties were analyzed and measured at milk stage (R_3) as forage. Results showed that by increasing irrigation cycle and as a result decreasing water using in four levels of irrigation, traits like forage yield, ear weight, plant height, stem and leaf weight, ear leaf area and relative water content have decrease in treatment according to decrease in water used. Among three the varieties under study, Maxima524 due to lower growing period as compared to the other two varieties, used low water volumes while yielded equal to the other two varieties. Overall, results showed that Maxima524 based on irrigation after 90 mm evaporation is found to be low water user against optimal performance.

Key words: Ear, Forage, Irrigation, RWC, WUE.

---

[1] MS.c. Graduated, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

[2] Horticulture Crop Science Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO),Urmia, Iran.

[3] Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia . Iran.

Corresponding Author: a.g.hassanzadeh@gmail.com