



تأثیر قطع آبیاری در مراحل حساس نمو بر حاصل و اجزای حاصل جواری

ولی الله زارع^۱، برکت الله ربانی^۲، ثنا الله قاسمی^۳، محمد اسماعیل حسین خیل^۴

^۱ دیپارتمنت اگرانومی، پوهنځی زراعت، پوهنتون سمنگان

^۲ دیپارتمنت اگرانومی پوهنځی زراعت، پوهنتون تخار

^۳ دیپارتمنت اگرانومی پوهنځی زراعت، پوهنتون کندز

خلاصه

این تحقیق به منظور بررسی تأثیرات قطع آبیاری در مراحل حساس نمو بر حاصل و اجزای حاصل جواری (*Zea mays* L.) در شرایط اقلیمی ولایت سمنگان انجام گردیده است. با توجه به اینکه تحقیقات کافی در مورد حساسیت جواری در مقابل تنش کم آبی و قطع آبیاری در کشور انجام نشده است، این تحقیق دارای اهمیت به سزایی می باشد. تحقیق در سال ۱۴۰۳ در فارم تحقیقاتی پوهنځی زراعت پوهنتون سمنگان به صورت طرح بلاک‌های کامل تصادفی (RCBD) با سه تکرار و چهار ترنمنت شامل آبیاری کامل (کنترول)، قطع آبیاری در مراحل تاج‌کشیدن، خروج ابریشمک و پر شدن دانه انجام شد. صفات مورفولوژیک و حاصل شامل ارتفاع بته، طول و قطر شته، تعداد دانه در شته، وزن صد دانه، حاصل دانه، حاصل بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مراحل حساس نمو تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر اکثریت صفات مورد ارزیابی داشته است. بیشترین کاهش حاصل دانه در مرحله ابریشمک (۵۶.۵٪ کاهش) و بیشترین کاهش تعداد دانه در شته (۴۲.۰٪ کاهش) مشاهده شد. وزن صد دانه در مرحله پر شدن دانه‌ها ۴۴.۳٪ کمتر از ترنمنت کنترول بود. ارتفاع بته و طول شته به ترتیب در مراحل تاج‌کشی و ابریشمک ۱۷.۸ و ۲۶.۸٪ کاهش یافت. شاخص برداشت نیز در مرحله تاج‌کشی ۴۰.۶٪ کاهش نشان داد. به طور کلی، مراحل تاج‌کشی و ابریشمک به عنوان حساس‌ترین مراحل رشد جواری نسبت به تنش کم آبی شناسایی شدند، در حالی که قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه اثر کمتری بر اجزای حاصل داشت. یافته‌ها نشان می‌دهد که مدیریت دقیق و به موقع آبیاری در مراحل حساس برای جلوگیری از کاهش شدید حاصل ضروری است. توصیه می‌شود تحقیقات آینده بر ارزیابی جنوتایپ‌های مقاوم به خشکی و کاربرد ملج یا استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد نباتی متمرکز گردد.

کلیمات کلیدی: جواری؛ دور آبیاری؛ تنش کم آبی؛ حاصل دانه؛ مراحل حساس رشد.

Effect of Irrigation Interruption at Critical Growth Stages on Yield and Yield Components of Maize

Waliullah Zareey^{1*}, Barkatullah Rabbani², Sanaullah Qasemi³.

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Samangan University

²Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Takhar University

³Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kunduz University

*Corresponding author: wali.ullah.zareey@gmail.com

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of irrigation cut-off at critical growth stages on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) under the climatic conditions of Samangan province. Given the limited research conducted in the country on maize sensitivity to water stress and irrigation interruption, this study is of considerable importance. The experiment was carried out in 2024 at the research farm of the Faculty of Agriculture, Samangan University, using a randomized complete block design (RCBD) with three replications and four treatments: full irrigation (control), irrigation cut-off at tasseling, silking, and grain filling stages. Morphological and yield-related traits including plant height, ear length and diameter, number of grains per ear, 100-grain weight, grain yield, biological yield, and harvest index were measured. The results showed that irrigation interruption has

a significant effect on most of the evaluated traits. The greatest reduction in grain yield (56.5%) occurred when irrigation was stopped at the silking stage, while the highest reduction in grain number per ear (42.0%) was also observed at this stage. The 100-grain weight decreased by 44.3% when irrigation was interrupted during grain filling. Plant height and ear length decreased by 17.8% and 26.8% at tasseling and silking stages, respectively. The harvest index also showed a 40.6% reduction when irrigation was withheld at the tasseling stage. Overall, the tasseling and silking stages were identified as the most sensitive growth phases of maize to water stress, whereas irrigation cut-off at the grain filling stage had a relatively smaller impact on yield components. The findings emphasize the necessity of precise irrigation management during critical growth stages to avoid substantial yield losses. Future studies are recommended to focus on evaluating drought-tolerant genotypes and the use of mulching or plant growth regulators to mitigate water stress impacts.

Keywords: Maize; Irrigation Interval; Water Stress; Grain Yield, Critical Growth Stages.

مقدمه

جواری (*Zea mays* L) به دلیل مزایای بسیار زیاد به ویژه توانایی سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون توانسته در تمام دنیا گسترش و رتبه سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص دهد (غلامی و محمودی، ۱۳۹۳). خشکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعتی در مناطق خشک و نیمه خشک است. اثرات سوء ناشی از تنش خشکی در مراحل رشد و نمو و حاصل جواری بستگی به زمان وقوع تنش، مرحله نمو، جینو تایپ نبات، ارقام، روش کشت نبات، کیفیت خاک، سطح کمبود و تغییرات شرایط محیطی در طول خشکی دارد (ربانی و امام، ۱۳۹۰).

تنش خشکی یا عدم دسترسی نباتات به مقدار کافی آب می باشد و در واقع می توان گفت هر زمان میزان آب خارج شده از نباتات (تعرق) بیشتر از آب جذب شده توسط یک نبات باشد به آن تنش خشکی گفته می شود. امروزه تقریباً نیم از زمین های زراعتی جهان تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد. این تنش سبب کاهش شدید حاصل نبات می گردد (حمودا و همکاران، ۲۰۲۲؛ ملکی و همکاران، ۲۰۲۵). تنش کم بود رطوبت را می توان به عنوان یکی از مهم ترین تنش های غیر محیطی نام برد که به دلیل تأثیر بسیار زیادی که بر حاصل محصولات زراعتی مختلف میگذارد بخش زیادی از برنامه ریزی های زراعتی در ارتباط با این موضوع است.

برنامه ریزی صحیح آبیاری و تعیین زمان و مقدار مناسب مصرف علاوه بر تأمین آب مورد نیاز نبات منجر به جلوگیری از مصرف از حد زیاد آب، بروز تنش خشکی و کاهش حاصل محصول می شود (کریمی و جلیلی، ۱۴۰۰؛ کرمی و همکاران، ۲۰۲۵). از جمله صفات نباتی مؤثر در برنامه ریزی میزان آب آبیاری در تولید محصولات زراعتی، موثریت مصرف آب می باشد که نقش مهمی در تعیین حاصل مطلوب نبات متناسب با آب مصرف شده به ویژه در شرایط کمبود رطوبت ایفا میکند (Karimi et al., 2025). در مطالعات مشخص شده است که با کاهش آب قابل دسترس جواری، حاصل دانه به شدت کاهش می یابد ولی موثریت مصرف آب این نبات افزایش می یابد (توانگر و همکاران، ۱۳۹۹؛ کرمی و همکاران، ۲۰۲۵). تنش کم آبی باعث کاهش پتانسیل آب در نبات، بسته شدن سوراخ های برگ، کاهش جذب کاربن دای آکساید، ایجاد تنش اکسیداتیوی در نبات، کاهش غلظت کلوروفیل، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش رشد نبات میشود (قاسمی و همکاران، ۲۰۲۵؛ انجم و همکاران، ۲۰۱۱).

مطالعات اخیر روی نبات جواری نشان می دهد که تنش کم آبی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به طور قابل ملاحظه سبب کاهش حاصل دانه، شدت رنگدانه ها، شاخص کلوروفیل، ارتفاع بته و میزان رطوبت نسبی برگ میشود (قاسمی و همکاران، ۲۰۲۵؛ محرم نژاد و همکاران، ۲۰۱۹). تنش رطوبتی در مرحله تکثری، مساحت برگ، تعداد دانه و عملکرد دانه در بته را بیشتر از اعمال تنش در مرحله نموی بدنی کاهش داد. پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ به وسیله تنش رطوبتی کاهش یافت. تنش آب موجب کاهش ارتفاع بته، تعداد دانه و وزن هزار دانه در نبات می شود (Abasi Sadr et al., 2018).

تنش کم آبی حاصل علوفه را به وسیله کاهش ارتفاع بته، قطر ساقه و مساحت برگ کاهش می دهد (Nielsen and Schneekloth, 2018)؛ (Aboutalebi et al., 2020). با افزایش تنش کمبود آب، پتانسیل آب برگ در جواری به طور فزاینده منفی شده و مقدار دانه و ماده خشک کاهش می یابد. کمبود آب از یک سو با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطوح فعال عملیه ترکیب ضیایی را کاهش داده و از سوی دیگر با کاهش محتوای رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ، زمینه کاهش فتوسنتز در فی واحد سطح را فراهم می آورد (Abrokwah et al., 2017).

با این وجود، وقوع تنش کمبود آب و خشکی طی مراحل نموی بدنی و تکثری یکی از مهمترین مشکلات در کشت تابستانی نباتات زراعتی از جمله جواری شیرین محسوب می شود (Ahmadi et al., 2013; Peykarestan et al., 2019). از سوی دیگر تنش کمبود آب در مرحله دانه

بندی به دلیل کوتاه شدن دوره رشد موثر دانه، منجر به کاهش تجمع ماده خشک در دانه می گردد (Ahmadi *et al.*, 2013; Peykarestan *et al.*, 2019).

نتایج یک تحقیق که بر اساس مودلسازی در ۲۴ لاین مختلف جواری انجام شده، گزارش کردند که مراحل ریزش گرده و ابریشم، ظهور گل تاجی، متورم شدن دانه، مراحل اولیه پرشدن دانه، جوانه زنی، مراحل میانی پرشدن دانه و در نهایت مرحله پایانی پرشدن دانه به ترتیب حساس ترین مراحل به تنش آبی می باشند (Tolk *et al.*, 2016). جواری، در مراحل اولیه رشد، استقرار مناسب نبات، دوره رشد سریع، مرحله ی گرده افشانی و پر شدن دانه نسبت به تنش خشکی حساس بوده و میتواند بر حاصل دانه نیز اثرات متفاوتی داشته باشد (هادی و همکاران، ۱۳۹۹).

Tabatabaei and Shakeri (2016) گزارش دادند که تنش رطوبتی باعث کاهش حاصل جواری می گردد، و علاوه بر حاصل سایر صفات مورد بررسی مانند ارتفاع بته، تعداد ردیف در شته، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در شته، حاصل بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر قرار گرفتند. اردلان و همکاران (۱۳۹۱) و هادی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که تنش خشکی اثر قابل ملاحظه بر حاصل و اجزای حاصل جواری داشت، به طوری که با افزایش شدت تنش صفاتی مانند مقدار دانه، تعداد دانه در ردیف شته، تعداد دانه در هر شته، وزن هزار دانه، طول دانه جواری و طول شته کاهش یافت.

با توجه به اهمیت زیاد آب در تولید محصول، حذف آبیاریهای غیر ضروری می تواند تولید اقتصادی جواری را امکان پذیر سازد و به همین دلیل استفاده از رژیم های آبیاری مختلف و تعیین مناسب ترین دور آبیاری با حداقل تأثیر بر حاصل ضروری به نظر می رسد. از این رو تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل حساس بر حاصل و اجزای حاصل جواری در شرایط اقلیمی سمنگان انجام شد.

مواد و روش تحقیق

به منظور ارزیابی عکس العمل جواری به قطع آبیاری در مراحل حساس، تحقیقی در قالب طرح بلاک های کاملاً تصادفی (RCBD) با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ در فارم تحقیقاتی پوهنخی زراعت پوهنتون سمنگان مرکز اییک ولایت سمنگان انجام گردید.

ساحه تحقیق

ساحه تحقیق با مشخصات جغرافیایی $31^{\circ}10'68''$ و $53^{\circ}53'36''$ و ۹۶۲ متر ارتفاع از سطح بحر می باشد در این مطالعه چهار سطح آبیاری (آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله تاج کشیدن، قطع آبیاری در مرحله خروج ابریشمک و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه) در نظر گرفته شد.

در این تحقیق هر کورد شامل پنج قطار به فاصله ۴۰ سانتی متر بود و در هر قطار فاصله بین بته ها ۱۵ سانتی متر و عمق کاشت هفت سانتی متر در نظر گرفته شد. ساحه تحقیق شامل ۶۲ متر مربع مساحت که ابعاد هر کرت دارای ۲ متر طول با عرض ۱۶۰ سانتی متر (۳۰۲ متر مربع) با فاصله بین بلاک ها ۱ متر دیزاین گردید و در تاریخ ۲۵ ثور کاشت انجام شد.

از کود یوریا به منظور تامین نایتروجن به مقدار ۲۵۰ کیلوگرام در هکتار (۱۱۵ کیلوگرام نایتروجن خالص) در چهار مرحله پیش از کاشت، مرحله هشت برگی، مرحله تاج کشیدن و مرحله پرشدن دانه به صورت مساوی در مزرعه اضافه شد. مقدار کود فاسفورس بر مبنای ۶۹ کیلوگرام فاسفورس خالص از منبع کود دای امونیم فاسفیت (۱۵۰ کیلوگرام در هکتار) در زمان کاشت مصرف شد. برای مبارزه با گیاهان هرزه از روش کنترل میخانیکی با استفاده از وجین دستی در مراحل مختلف به اساس لزوم دید استفاده شد.

صفات مورد مطالعه: ارتفاع نبات، ارتفاع اولین شته در هر بوته نسبت به سطح زمین، طول شته، تعداد دانه و تعداد ردیف در شته، وزن دانه در شته، وزن صد دانه، حاصل دانه در هکتار، حاصل بیولوژیک اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل ارقام: تجزیه وریانس ارقام و مقایسه اوسط ترتمنت ها با اساس آزمایش LSD در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی داری بر پایه طرح بلوک های کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS (Ver 9.2) صورت گرفت. غرض ترسیم گراف ها و تنظیم جداول از Excel استفاده شد.

نتایج و مناقشه

ارتفاع بته

بر اساس نتایج تجزیه وریانس ارقام اثر قطع آبیاری بر ارتفاع بته در سطح احتمال یک درصد قابل ملاحظه بود (جدول ۱). نتایج مقایسات اوسط نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بته از ترتمنت های آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه به ترتیب ۱۸۵ و ۱۸۳ سانتی متر و کمترین

ارتفاع بته از ترمتمت قطع آبیاری در مرحله تاج کشیدن (۱۵۲ سانتی متر) اختصاص یافت (گراف ۱). در گزارش ابوطالبی و همکاران (۱۳۹۹) نیز تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر ارتفاع بته در سطح احتمال یک درصد قابل ملاحظه بوده و بیان نمودند تنش رطوبتی باعث کاهش قابل ملاحظه ارتفاع بته شد. در نتایج تحقیق محمدی بهمدی و آرمین (۱۳۹۶) مشاهده شد ارتفاع بته تحت تأثیر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت، که بالاترین ارتفاع بته مربوط به تنش خشکی در مرحله دانه بندی است. تأخیر در زمان تنش موجب افزایش ارتفاع بته شد. با یافته این تحقیق همخوانی کامل دارد.

قطر شته

نتایج حاصل از تجزیه وریانس ارقام نشان داد که اثر قطع آبیاری در مراحل حساس رشد و نمو جوار بر قطر شته در سطح احتمال یک درصد قابل ملاحظه شد (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه اوسط ها بیشترین قطر شته مربوط به ترمتمت آبیاری کنترول (۱۳.۹۳ سانتی متر) و کمترین قطر شته در ترمتمت قطع آبیاری در مرحله ابریشمک (۱۱.۳۰ سانتی متر) مشاهده گردید (گراف ۲).

رفیعی منش و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که اثر سطوح مختلف آبیاری بر قطر شته در سطح احتمال پنج فیصد قابل ملاحظه شد. قاسمی و همکاران (۱۴۰۳) بیان نمودند که قطر شته به طور متوسط تحت تنش کم آبی ۴.۷۱ فیصد نسبت به آبیاری عادی کاهش یافت و همچنان بیشترین قطر شته با ۴۹.۵ ملی متر در شرایط آبیاری عادی به دست آمد که نتایج آن با یافته های تحقیق حاضر مطابقت دارد.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات بدنی، تکثری و اجزای عملکرد و حاصل جواری تحت تأثیر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد و نمو.

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بته cm	قطر شته cm	طول شته cm	حاصل بیولوژیک (kg/ha)	وزن صد دانه (gr)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در شته	وزن شته gr	تعداد دانه در شته	وزن دانه در شته gr	تعداد شته در نبات	حاصل دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (HI)%
تکرار	۲	۱۵۰.۶۳*	۱.۶۵ ^{ns}	۰.۲۶ ^{ns}	۱۰۰۳۶۸۰.۴۱*	۵.۰۸*	۵.۸۸ ^{ns}	۳.۶۸ ^{ns}	۱۰۴۲.۷۹ ^{ns}	۷۵۸.۲۹*	۳۱۹.۸ ^{ns}	۰.۰۴ ^{ns}	۱۴۴۸.۲۶*	۷۹.۱۵*
ترتیب	۳	۷۳۱.۷۹**	۳.۸۸**	۸.۱۲**	۷۴۱۷۵۶۵.۵۷**	۷۱.۳۳**	۶.۵۲ ^{ns}	۱.۶۹ ^{ns}	۶۴۰.۴ ^{ns}	۱۲۹۷۳.۱۵**	۱۶۰.۹۴ ^{ns}	۰.۲۵ ^{ns}	۴۶۷۵۳۴۵.۳۳**	۱۱۲.۷۹**
اشتباه	۶	۱۵۹.۱۸	۱.۴۶	۰.۰۵	۱۶۶۷۸۸.۳۸	۰.۷۵	۱۵.۳	۱.۹۸	۳۴۹.۴۲	۶۲۳.۳۲	۴۲۷.۳۷	۰.۲۸	۲۰۸۳۱.۲۷	۵۲.۶۹
ضریب تفاوت (%)		۷.۳۴	۹.۸۴	۱.۸۴	۴.۰۰۳	۴.۰۵	۱۷.۰۴	۹.۳۴	۲۹.۶۳	۸.۶۵	۴۵.۲۸	۲۳.۶۶	۴.۶۸	۲۶.۷۹

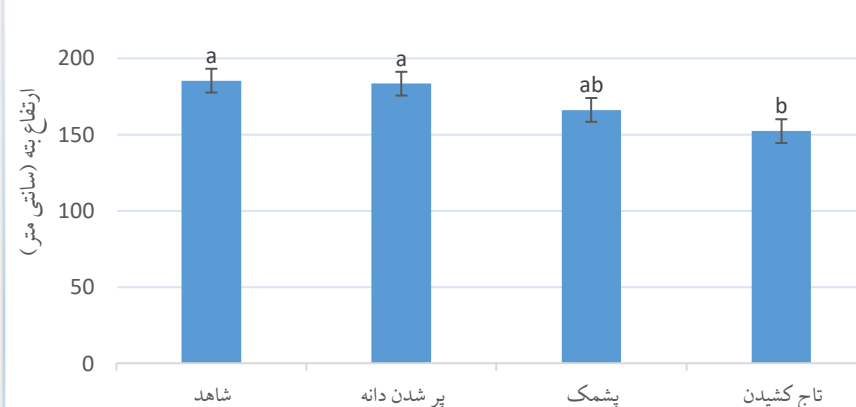
*، ** و ^{ns} به ترتیب غیر قابل ملاحظه و قابل ملاحظه به اطمینان ۹۵ فیصد و ۹۹ فیصد

قطر شته



گراف ۲: مقایسه اوسط اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف نمو جواری بالای قطر شته.

ارتفاع بته



گراف ۱: مقایسه اوسط اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف نمو جواری بالای ارتفاع بته.

طول شته

نتایج مندرج در تجزیه وریانس ارقام نشان داد که اثر قطع آبیاری در مراحل حساس در سطح ۱ فیصد بر این صفت قابل ملاحظه می باشد (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه اوسط ها بیشترین طول شته مربوط به ترتمنت کنترول (۱۴.۶۵ سانتی متر) و کمترین آن مربوط به ترتمنت قطع آبیاری در مرحله تاج کشیدن (۱۰.۷۳ سانتی متر) مشاهده گردید (گراف ۳).

در مطالعه رفیعی منش و همکاران (۱۳۸۹) نتایج مشابهی از اثر سطوح مختلف آبیاری و مرحله عدم آبیاری بر طول شته در سطح احتمال یک فیصد گزارش شد، به طوری که بین ترتمنت عدم آبیاری در مرحله هشت برگی جواری و ترتمنت عدم آبیاری در مرحله کاکل دهی نبات از نظر آماری اختلاف قابل ملاحظه وجود نداشت.

در گزارش کویایی و همکاران (۱۴۰۳) تنش رطوبتی باعث کاهش طول شته گردید که در مقایسه به ترتمنت های تنش آبی با ترتمنت کنترول نیز بالاترین اوسط طول شته در ترتمنت های بدون تنش مشاهده شد البته ترتمنت های تحت تنش ملایم رطوبتی اختلاف قابل ملاحظه با ترتمنت کنترول نشان ندادند.



گراف ۳: اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف حساس جواری بر طول شته.

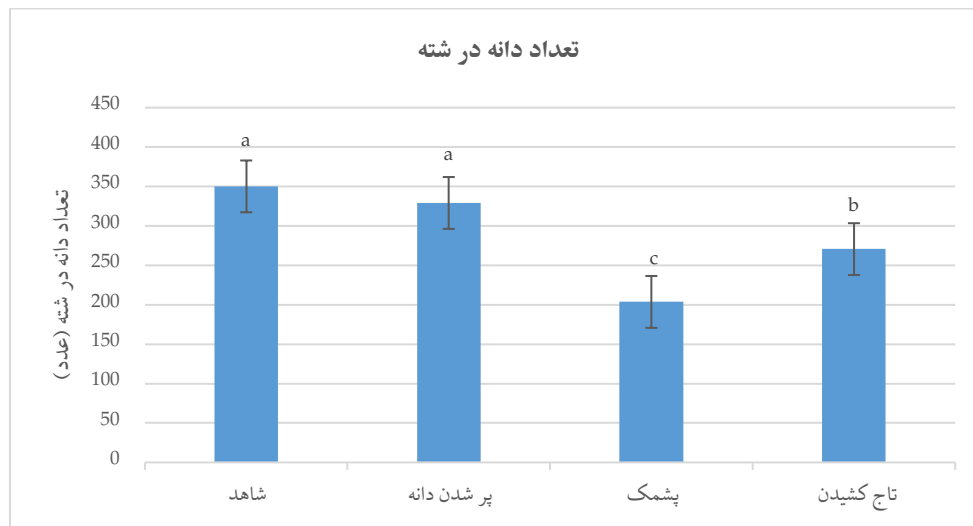
تعداد دانه در شته

تعداد دانه در شته به طور قابل ملاحظه تحت تأثیر قطع آبیاری در مراحل حساس در سطح ۱ فیصد قرار گرفت (جدول ۱). قطع آبیاری در مراحل حساس رشدی باعث کاهش تعداد دانه در شته گردید. با توجه به نتایج مقایسه اوسط ترتمنت ها مشاهده می شود بالاترین تعداد دانه در شته مربوط به ترتمنت های آبیاری کامل و قطع آبیاری پرشدن دانه به ترتیب (۳۵۰ و ۳۲۹ عدد) بود و کمترین مقدار این صفت را ترتمنت قطع آبیاری در مرحله ابریشمک دهی (۲۰۳ دانه) به خود اختصاص داد (گراف ۴).

کم آبی در مراحل تاج کشیدن و ابریشمک از طریق اختلال در گرده افشانی و افزایش احتمال سقط تخمک های بارور شده، موجب کاهش تعداد دانه می شود. کاهش تعداد دانه در شته در اثر کم آبی توسط نخجوانی مقدم و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است. تعداد دانه در شته حاصل دو جزء کوچک تر شامل تعداد قطار در شته و تعداد دانه در هر قطار می باشد. از جمله دلایل کاهش تعداد دانه در شرایط تنش کمبود آب را می توان به عواملی چون کاهش توانایی پخش دانه گرده، همزمان مراحل تعیین کننده تعداد دانه با کم آبی، تأخیر در وقوع گرده افشانی و ظهور ابریشم، کاهش قدرت پذیرش ابریشم ها برای گرده، افزایش فاصله زمانی گرده افشانی و ظهور ابریشم، کاهش توان رشد گرده در خامه و جلوگیری از رشد و توسعه دانه پس از گرده افشانی اشاره کرد (کرمی و همکاران، ۱۴۰۴).

در گزارش شامحمدی و همکاران (۱۴۰۳) اثر تنش کم آبی بر تعداد دانه در شته قابل ملاحظه بود، به طوری که بالاترین تعداد دانه در شته مربوط به ترتمنت ۱۰۰ فیصد ظرفیت زراعتی و کمترین تعداد دانه در شته مربوط به ترتمنت ۳۰ فیصد ظرفیت زراعتی گزارش گردید. نتایج مشابهی نیز در گزارش ماهرخ و همکاران (۱۳۹۸) مشاهده شد، به گونه ای که تنش خشکی بر تعداد دانه در شته در سطح احتمال یک فیصد

قابل ملاحظه بود. همچنان تعداد دانه در شته تحت تأثیر تعداد دانه در قطار شته در شرایط تنش ملایم خشکی ۱۱.۵۹ درصد کاهش قابل ملاحظه یافت و با ادامه روند تنش خشکی در شرایط تنش شدید، این کاهش به ۲۴.۲۰ فیصد افزایش یافت.



گراف ۴: اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف حساس جوارى بر تعداد دانه در شته.

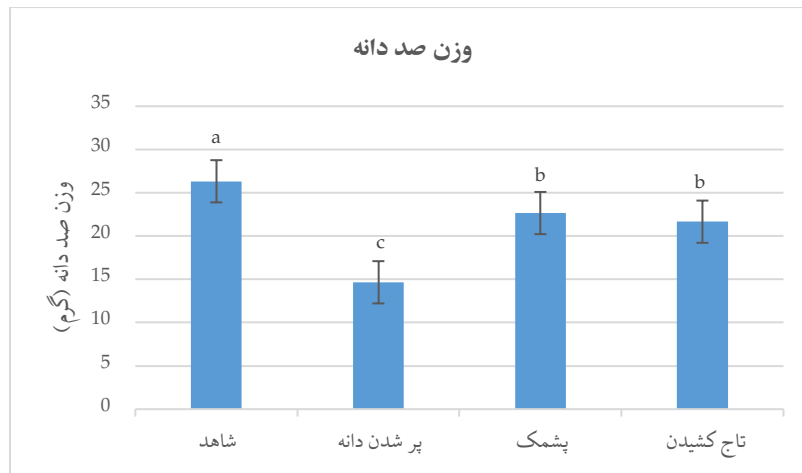
وزن صد دانه

از جمله عوامل مؤثر نشان دهنده اثر قابل ملاحظه در سطح ۱ فیصد قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد نبات جوارى می باشد (جدول ۱). بیشترین تغییرات وزن صد دانه در زمان اعمال تنش در مرحله دانه بندی مشاهده شد. به گونه‌ای که بیشترین وزن صد دانه در شرایط آبیاری کامل (۲۶.۳۳ گرم) و کم‌ترین وزن صد دانه در شرایط تنش آبی در مرحله پر شدن دانه ها (۱۴.۶۶ گرم) به دست آمد (گراف ۵).

از جمله عوامل مؤثر بر وزن دانه سرعت و مدت پر شدن دانه می باشد. در مرحله پر شدن دانه ها کمبود رطوبت از طریق اختلال در عملیه ترکیب ضیایی، کاهش انتقال مجدد مواد ترکیب ضیایی و دوام سطح برگ و همچنین کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه منجر به شکل‌گیری دانه‌هایی با وزن کم‌تر می شود.

کرمی و همکاران (۱۴۰۴) در نتایج تحقیق خویش بیان کردند در میان سطوح مختلف آبیاری تفاوت قابل ملاحظه‌ای در سطح یک فیصد وجود داشت، به طوری که مصرف آب بیش‌تر موجب افزایش وزن دانه‌ها گردید. در این تحقیق آنها، بیش‌ترین وزن صد دانه از ترتمنت ۱۳۰ فیصد نیاز آبی و کم‌ترین وزن صد دانه از ترتمنت ۷۰ فیصد نیاز آبی در مرحله پر شدن دانه به دست آمد که تائید کننده نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

همچنین ربانی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که تنش خشکی در سطح یک فیصد تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر وزن صد دانه داشته و کم‌ترین وزن صد دانه از ترتمنت تنش در مرحله پر شدن دانه به دست آمد که این نتایج نیز تأیید کننده یافته‌های تحقیق حاضر می باشد.



گراف ۵: اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف حساس جواری بر وزن صد دانه

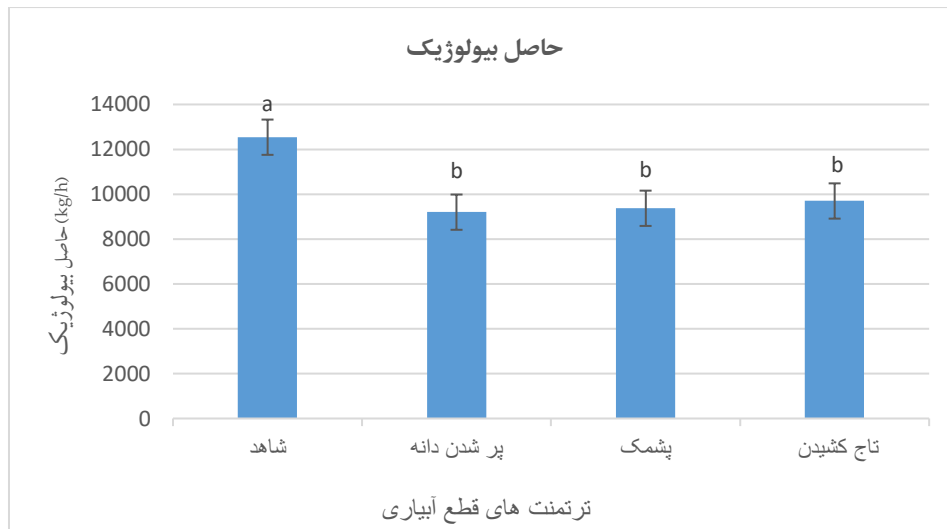
حاصل بیولوژیک

نتایج مندرج در جدول تحلیل وریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر زمان اعمال تنش کم آبی بر حاصل بیولوژیک در سطح احتمال ۱ فیصد قابل ملاحظه می باشد. این نتایج مؤید اثر کمبود آب در مراحل اولیه رشد است که منجر به کاهش ماده خشک نبات می شود می گردد. کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و افزایش پیری برگ ها، شاخص سطح برگ را کاهش داده که در نتیجه باعث کاهش حاصل بیولوژیک می شود.

چنان که نتایج مقایسه اوسط ها نشان داد، بالاترین حاصل بیولوژیک مربوط به ترتمنت آبیاری کامل بوده و در سایر ترتمنت ها کاهش مقدار قابل ملاحظه ای در حاصل بیولوژیک مشاهده گردید. شامحمدی و همکاران (۲۰۲۴) نیز گزارش کردند که اعمال تنش خشکی در مرحله رشد بدنی جواری باعث کاهش قابل ملاحظه ای در حاصل بیولوژیک نبات شده و بالاترین حاصل بیولوژیک در شرایط بدون تنش به دست آمده است.

به نظر می رسد افزایش حاصل بیولوژیک در ترتمنت آبیاری مطلوب، به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و طولانی بودن دوره سبزمانی برگ ها بوده که منجر به ایجاد مبدأ فزیولوژیک بزرگ تری می شود. تنش کم آبی علاوه بر اثر منفی بر حاصل، باعث بروز یا تشدید سایر تنش ها، به ویژه تنش کمبود عناصر غذایی از طریق اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی نیز می گردد.

بر این مینا، محمدی بهمدی و همکاران (۱۳۹۶) بیان داشتند که اثر زمان اعمال تنش خشکی بر حاصل بیولوژیکی در سطح احتمال یک فیصد قابل ملاحظه بوده است؛ به طوری که اعمال تنش خشکی در مرحله دانه بندی کمترین اثر و اعمال تنش خشکی در مرحله گل دهی بیشترین تأثیر را بر حاصل بیولوژیک داشته است. هادی و همکاران (۱۳۹۹) اظهار داشتند که حاصل دانه و حاصل بیولوژیک تحت تأثیر قطع آبیاری قرار گرفته و نتایج مقایسه اوسط ترتمنت ها نیز نشان داد که قطع آبیاری، حاصل دانه و حاصل بیولوژیک را به طور قابل ملاحظه ای کاهش داده است. بیشترین و کمترین حاصل دانه و حاصل بیولوژیک به ترتیب مربوط به آبیاری کامل و ترتمنت قطع آبیاری در مرحله ظهور تاج گل بوده است. یافته های این محققان مؤید نتایج تحقیق حاضر را نشان می دهد.



گراف ۶: اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف حساس جوار بر حاصل بیولوژیک.

حاصل دانه

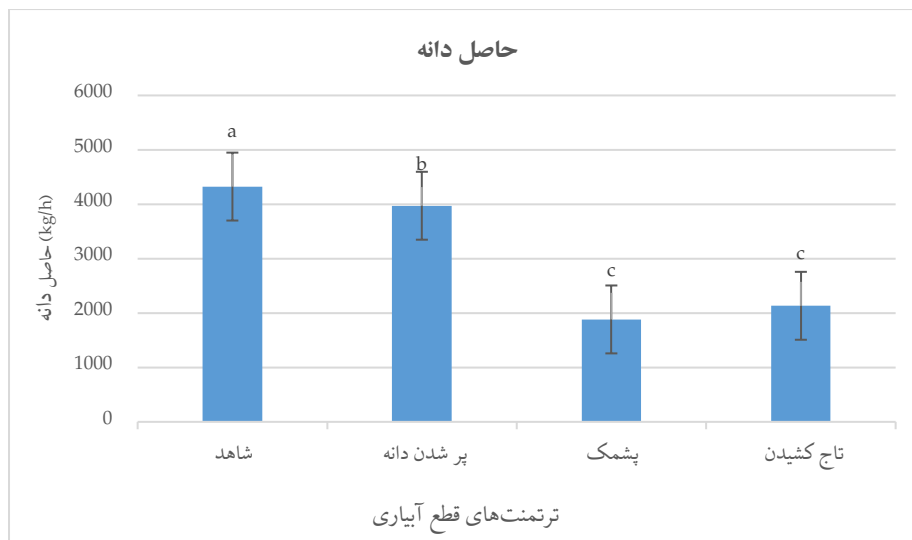
بر اساس نتایج تحلیل وریانس ارقام، اثر قطع آبیاری بر حاصل دانه در سطح احتمال یک فیصد قابل ملاحظه می باشد (جدول ۱). نتایج مقایسه اوسط ها نیز نشان داد که بیشترین حاصل دانه مربوط به آبیاری کامل (۴۳۲۴ کیلوگرام در هکتار) و کمترین حاصل دانه مربوط به ترتیمت قطع آبیاری در مرحله ابریشمک دهی (۱۸۸۲ کیلوگرام در هکتار) بود (گراف ۷).

تنش خشکی از طریق کاهش هدایت سوارخ های برگ و سرعت عملیه ترکیب ضیایی در نبات، در نهایت منجر به کاهش حاصل دانه می شود. در این تحقیق با اعمال تنش خشکی در مرحله ابریشمک باعث کاهش ۵۶ فیصد حاصل دانه نسبت به ترتیمت کنترل گردید. علت حاصل دانه در شرایط آبیاری کامل نسبت به سایر سطوح آبیاری، وجود آب کافی در خاک است که سبب می شود نبات بتواند آب و عناصر غذایی مورد نیاز خود را جذب نموده و از کارآیی ترکیب ضیایی و در نتیجه عملیه ترکیب ضیایی و تولید ماده خشک بیشتر برخوردار گردد که نهایتاً منجر به رشد بهتر و حاصل بلندتر می شود (شامحمدی و همکاران ۱۴۰۳).

در این راستا، کرمی و همکاران (۱۴۰۴) نیز بیان داشتند که اثر آبیاری بر حاصل دانه در سطح یک فیصد قابل ملاحظه بود. کاهش آب، تولید دانه در واحد سطح را به طور قابل ملاحظه ای کاهش داد، به گونه ای که در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری، حاصل دانه جوار بر ترتیب حدود ۱۵.۵ و ۳۹.۸ فیصد نسبت به شرایط بیش آبیاری کاهش نشان داد.

همچنین کریمی و همکاران (۱۴۰۰) در ارتباط به اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد جوار بر حاصل دانه گزارش دادند که این اثر قابل ملاحظه بود. نتایج مقایسه اوسط حاصل دانه نشان داد که ترتیمت قطع آبیاری به مدت دو هفته در مراحل ۴۹، ۶۳ و ۷۷ روز بعد از کاشت و ترتیمت قطع آبیاری به مدت سه هفته بعد از ۴۹ و ۷۰ روز بعد از کاشت بیشترین کاهش حاصل دانه را داشتند، درحالیکه سایر مراحل نسبت به ترتیمت کنترل (آبیاری هفتگی) میزان خسارت به حاصل دانه کمتر بود که مؤید نتایج تحقیق حاضر می باشد.

افشاری و همکاران (۱۴۰۲) نیز گزارش نمودند که حاصل دانه تحت تأثیر تنش کمبود آب در سطح احتمال یک فیصد قرار گرفت. قطع آبیاری در مراحل رشد بدنی و ابتدای مرحله رشد دانه منجر به کاهش قابل ملاحظه ای حاصل دانه شد. یافته های این محققان صحت نتایج این تحقیق را نشان می دهد.



گراف ۷: اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف حساس جوار بر حاصل دانه

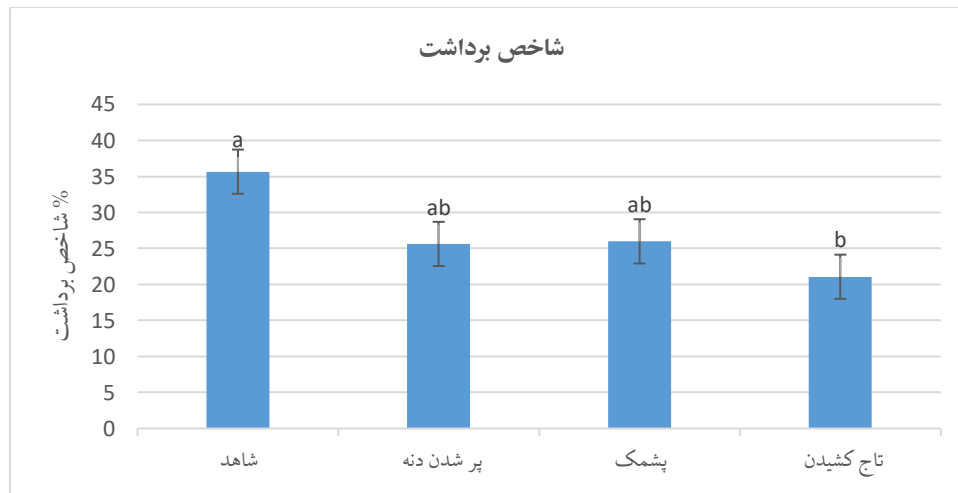
شاخص برداشت

شاخص برداشت بیانگر چگونگی توزیع مواد ترکیب ضیایی بین مخازن اقتصادی (دانه) و سایر مخازن موجود در نبات می باشد. در نتایج تحقیق، شاخص برداشت به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر قطع آبیاری در مراحل حساس در سطح احتمال ۱ فیصد قرار گرفت (جدول ۱). با توجه به نتایج مقایسه اوسط ترتیمت ها مشاهده می شود که بالاترین فیصدی شاخص برداشت مربوط به ترتیمت آبیاری کامل (۳۵.۶۶٪) و کمترین فیصدی این صفت مربوط به ترتیمت قطع آبیاری در مرحله تاج کشیدن (۲۱.۱۷٪) می باشد (گراف ۸).

با استناد به نتایج تحقیق حاضر، رفیعی منش و همکاران (۱۳۸۹) گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف آبیاری و مرحله عدم آبیاری بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک فیصد قابل ملاحظه بود. همچنین تنش خشکی علاوه بر کاهش ماده خشک تولیدی، موجب اختلال در تسهیم کاربوهایدریته‌ها به دانه شده و در نهایت باعث کاهش شاخص برداشت می گردد.

بر اساس معادله شاخص برداشت، تنش خشکی در مرحله رشد بدنی اثر کاهشی بارزی بر حاصل بیولوژیک داشته، در حالی که تاثیر آن بر حاصل دانه به طور نسبی کمتر بوده است؛ لذا شاخص برداشت در این شرایط افزایش نشان داده است. در مقابل، در صورت وقوع تنش خشکی در مرحله گل دهی، شاخص برداشت کاهش جدی می یابد که علت این کاهش، حساسیت بالای نبات جوار به تنش خشکی در مرحله حساس گلدهی می باشد.

از دلایل کاهش حاصل دانه در اثر تنش کم آبی می توان به کوتاه شدن دوره رشد مؤثر دانه و تسریع پیری برگ‌های اشاره نمود. همچنین کاهش سطح عملیه ترکیب ضیایی، کاهش تولید اسیمیلات فتوسنتیزی و در نهایت رشد نبات در شرایط تنش‌زا می تواند به کاهش حاصل اقتصادی و متعاقب آن کاهش شاخص برداشت منجر شود (Gebremariam & Baraki, 2016).



گراف ۸: اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف حساس جوارى بر شاخص برداشت

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که قطع آبیاری در مراحل حساس رشد جوارى اثر قابل ملاحظه‌ای بر حاصل و اجزای حاصل آن دارد. ارتفاع بته در مرحله تاج‌کشی در مقایسه با ترتمنت کنترل ۱۷.۸ فیصد کاهش یافت، در حالی که قطر و طول شته به‌ترتیب در مراحل ابریشمک دهی و تاج‌کشیدن به میزان ۱۸.۹ و ۲۶.۸ درصد کاهش نشان داد. تعداد دانه در شته نیز در مرحله ابریشمک با ۴۱.۹ فیصد کاهش نسبت به کنترل مواجه شد. بیشترین کاهش وزن صد دانه در مرحله پر شدن دانه‌ها مشاهده گردید که ۴۴.۳ فیصد کمتر از کنترل بود. حاصل دانه نیز در مرحله ابریشمک بیشترین کاهش را نشان داد و با ۵۶.۹ فیصد کاهش از ۴.۳ تن در هکتار رسید. همچنین شاخص برداشت از ۳۵.۶۶ فیصد در کنترل به ۲۱.۱۷ فیصد در مرحله تاج‌کشی کاهش یافته که معادل به ۴۰.۶ فیصد کاهش می باشد.

به‌طور کلی، یافته‌ها بیانگر آن است که مراحل تاج‌کشی و ابریشمک دهی حساس‌ترین مراحل رشد جوارى در برابر تنش کم آبی می‌باشند و بیشترین کاهش اجزای حاصل در این مراحل مشاهده شد، در حالی که تنش در مرحله پر شدن دانه تأثیر کمتری بر شاخص‌های حاصل داشت. این موضوع احتمالاً ناشی از نقش بیشتر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در این مرحله می‌باشد. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های تحقیقات پیشین (مانند ربانی و امام، ۱۳۹۰؛ کرمی و همکاران، ۲۰۲۵) همخوانی دارد که حساسیت مراحل بدنی و تکثری جوارى به کمبود آب را تأیید کرده‌اند.

بر بنیاد این نتایج، برای دستیابی به حداکثر حاصل دانه، مدیریت آبیاری باید به‌ویژه در مراحل تاج‌کشی و ابریشمک دهی با دقت بیشتری انجام شود. همچنان پیشنهاد می‌گردد تحقیقات آینده بر بررسی راهکارهایی چون استفاده از جنوتایپ‌های متحمل به خشکی، کاربرد ملج و تنظیم‌کننده‌های رشد نباتی به‌عنوان شیوه‌های کاهش اثرات تنش آبی متمرکز گردد.

مآخذ

افشاری، و نادری. (۱۴۰۲). سنجش محتوای فنول و حاصل ذرت دانه‌ای در پاسخ به مصرف عناصر روی و آهن در شرایط قطع آبیاری. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۴ (۳)، ۶۹-۸۰.

ابوطالبی، م.، قورته، ع. و مقدم، ا. (۱۳۹۹). اثر تنش کم آبی بر صفات آگروفیزیولوژیکی ارقام ذرت (Zea mays L) در شرایط خوی. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۵۳ (۱)، بهار ۱۳۹۹، صفحه ۸۵-۱۰۰.

اردلان، و.، ف. آقایی، ف.، پاک‌نژاد، م.، صادقی شعاع، ش.، اسماعیل زاده خراسانی، و ف. ریکاز. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش کم آبیاری و شیوه‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸، شماره ۳: ۱۷۵-۱۸۹.

محمدی بهمدی و آرمین. (۲۰۱۷). اثر تنش خشکی بر حاصل و اجزای حاصل ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۴ (۱)، ۳۴-۱۷.

توانگر، محمد؛ عشق‌زاده، حمیدرضا و قیصری، مهدی (۱۳۹۹). ارزیابی حاصل و کارایی مصرف آب هیبریدهای دیررس ذرت در شرایط متفاوت آبیاری و تقسیط کود نیتروژن. نشریه علوم آب و خاک، ۲۴ (۲)، ۲۳۵-۲۴۹.

غلامی، محمودی، و مهشید. (۲۰۱۴). بررسی اثر قارچ میکوریزا (VAM) و مقادیر کود فسفر بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت دانه‌ای سینگل کراس کارون. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۶ (۲۲)، ۱۱۵-۱۳۰.

- رباني، ج. و. ي. امام. ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. جلد ۲: ۷۸-۶۵. رفیعی منش شیوا، آینه بند امیر، و نباتی احمدی داریوش. (۱۳۸۹) بررسی اثر مقدار آب آبیاری و زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر حاصل و اجزای حاصل دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی اهواز.
- شامحمدی، نوذر، زارع، اردوخانی، کوروش، عارف، & شرف زاده. (۲۰۲۴). حاصل ذرت دانه‌ای تحت تاثیر تنش کم‌آبی، کودهای زیستی و شیمیایی. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۵(۱)، ۲۳-۳۶.
- کریمی، و جلینی. (۱۴۰۰). مدیریت آبیاری و مصرف بهینه آب در زراعت ذرت. مدیریت آب در کشاورزی، ۸(۲)، ۷۹-۸۸.
- کریمی، مندی، قبادی، & روزین. (۲۰۲۵). تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر فنولوژی، حاصل دانه و اجزای آن و برخی خصوصیات فیزیولوژیک هیبریدهای مختلف ذرت (Zea mays L.) تحت شرایط آب‌وهوایی کرمانشاه. به زراعی کشاورزی، ۲۷(۱)، ۱-۱۸.
- قاسمی، عزیزاله، فرزانه، سلیم، محرم نژاد، سید شریفی، ... و فتحی یوسف. (۲۰۲۵). بررسی اثر محلول پاشی ۲۴-اپی براسینولید، اسپرین و سیلیکون روی صفات رشدی و حاصل دانه ذرت تحت تنش کم‌آبی. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۴(۴)، ۱۸۹-۱۹۹.
- نخجوانی مقدم محمد مهدی، فرهادی اسکویی الهام، صدوقین سید حسین، & نجفی ابراهیم. (۲۰۱۳). اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم بته بر حاصل و صفات مورفولوژیک ذرت دانه ای سینگل کراس ۵۰۰ در منطقه کرج.
- ماهرخ علی، نبی پور مجید، روشنفر دزفولی حبیب اله، & چوکان رجب. (۲۰۱۹). تأثیر هورمون های اکسین و سیتوکینین بر کیفیت دانه ی ذرت تحت شرایط تنش خشکی. مجیدیان، م. و غدیری، ح. (۲۰۰۲). تاثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر حاصل اجزای حاصل بازده استفاده از آب و برخی ویژگیهای فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۳(۳).
- هادی، ا. س. جهانبخش و م. کامرانی. ۱۳۹۹. واکنش ارقام هیبرید ذرت به قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی در منطقه مغان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴۱: ۲۱۶-۲۰۴.
- Abrokwha, 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.
- Anjum, S. A., Wang, L. C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L. L., & Zou, C. M. (2011). Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. Journal of Agronomy and crop science, 197(3), 177-185.
- Abasi Sadr, S., S. Sharafi, and A. Hassanzadeh Ghorttpeh. 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).
- Ahmadi, J., Zieinal, H., Rostami, M.A., and Chogun, R. 2013. Study of drought resistance in commercially late maturing dent corn hybrids. Iranian Journal of Agricultural Science, 31: 891-907 (In Persian with English Summary).
- Ghassemi, A., Farzaneh, S., Moharramnejad, S., Seyed Sharifi, R., & Fathy Youesf, A. (2025). Effect of 24-epibrassinolide, spermine, and silicon on growth traits and grain yield in maize under water deficit stress. JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND SUSTAINABLE PRODUCTION, 34(4), 189-199.
- Moharramnejad, S. A. J. J. A. D., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asghari, A., Shiri, M., & Ashraf, M. U. H. A. M. M. A. D. (2019). Response of maize to field drought stress: oxidative defense system, osmolytes' accumulation and photosynthetic pigments. Pakistan Journal of Botany, 51(3), 799-807.
- Hamouda, R. A., Shehawy, M. A., El Din, S. M. M., Albalwe, F. M., Albalawi, H. M. R., & Hussein, M. H. (2022). Protective role of Spirulina platensis liquid extract against salinity stress effects on Triticum aestivum L. Green Processing and Synthesis, 11(1), 648-658.
- Maleki, M., Kalateh Jari, S., & Mohammadi Torkashvand, A. (2025). Effect of Seaweed on the Morphophysiological and Phytochemical Properties of Ornamental Violet (Viola×Wittrockiana) under water deficit. Journal of Crops Improvement, 27 (1), 145-168.
- 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.
- Karami, P., Mondani, F., & Ghobadi, R. (2025). The Effect of Different Irrigation Levels on Phenology, Grain Yield and Their Components and Some Physiological Traits of Different Corn (Zea mays L.) Hybrids under Climatic Conditions of Kermanshah. Journal of Crops Improvement, 27 (1), 1-18.
- Peykarestan, B., Karami, S., Basaki, T., Effect of irrigation cut-off stress on growth indices and conservable grain yield of sweet and super sweet corn hybrids (Zea Mays L. var. Saccharata) Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 03, 2019- Page: 07-09: 40-53(in Persian)
- Tolk J.A., Evett S.R., Xu W., Schwartz R.C. 2016. Constraints on water use efficiency of drought tolerant maize grown in a semi-arid environment. Field Crops Research, 1: 186:66-77.
- Tabatabaei, S.A., Shakeri, E., 2016. Effect of drought stress on maize hybrids yield and determination of the best hybrid using drought tolerance indices. Environmental stress in crop sciences. 8(1), 121-125. [In Persian with English Summary].