

## تأثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده استفاده از آب و برخی ویژگیهای فیزیولوژیک گیاه ذرت

مجید مجیدیان<sup>۱</sup> و حسین غدیری<sup>۲</sup>

۱، ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز  
تاریخ پذیرش مقاله ۸۰/۱۱/۳

### خلاصه

به منظور مطالعه تأثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و دیگر صفات وابسته به عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) و چهار سطح آبیاری (قطع آبیاری در مرحله ده برگی، در مرحله گل تاجی، بعد از گرده افشانی و آبیاری مطلوب) بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنش رطوبتی اثر معنی داری بر عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد ذرت دارد. تنش رطوبتی همچنین وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال و تعداد دانه در هر ردیف بلال را کاهش داد. حداکثر عملکرد دانه ذرت در آبیاری شاهد بود. قطع آبیاری در مرحله ده برگی، گل تاجی و بعد از گرده افشانی عملکرد دانه را به ترتیب ۲۷، ۲۱ و ۱۱ درصد کاهش داد. همچنین حداکثر راندمان استفاده از آب در بین تیمارهای آبیاری در قطع آبیاری در مرحله ده برگی بود و هر چه تنش رطوبتی کم شد راندمان استفاده از آب کاهش یافت. کود نیتروژن اثر معنی داری بر عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد ذرت داشت. حداکثر عملکرد دانه ذرت در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به دست آمد اگر چه بین تیمارهای ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار اختلاف معنی داری وجود نداشت.

### واژه‌های کلیدی: ذرت، تنش رطوبت، نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد و بازده استفاده از آب

#### مقدمه

منابع آب شیرین در جهان محدود است. با افزایش جمعیت نیاز به استفاده از آب بیشتر می‌شود و لذا منابع آب به طور فزاینده‌ای مورد تهدید قرار می‌گیرد. از آنجا که بخش کشاورزی عمده ترین مصرف کننده آب به شمار می‌آید، هر گونه صرفه جویی در این بخش کمک مؤثری به صرفه جویی در منابع آب تلقی می‌شود. برای تخصیص بهینه آب در تولید گیاهان زراعی، باید رابطه‌ای صحیح بین میزان آب به کار برده شده و میزان محصول تولیدی برقرار باشد. همچنین علاوه بر میزان آب در کل دوره رشد، میزان آب در هر مرحله از رشد نیز تأثیر مهمی بر روی میزان محصول خواهد داشت (۳). از سوی دیگر کاهش آبهای زیر

زمینی و افزایش هزینه پمپاژ آب نیز، توجه به صرفه جویی در مصرف آب و استفاده کارآمدتر آنرا طلب می‌کند. در حال حاضر استفاده از روشهای کم آبیاری، بدون برنامه مناسب، باعث کاهش درآمد کشاورزان شده است، در حالیکه توجه به اصول کاهش آبیاری به صورت برنامه‌ای درست، از نظر اقتصادی مفید خواهد بود (۴۹).

شوسلر و وستگیت (۱۹۹۱) اظهار داشتند تنش خشکی در مرحله گرده افشانی باعث کاهش آهنگ تجمع ماده خشک در برگها، ساقه و بلال شد، و تجمع ماده خشک در بلال با شدت بیشتری باز داشته شد. گران و همکاران (۱۹۸۹) در آزمایش گلخانه‌ای بر روی ذرت هشت تیمار آبیاری اعمال نمودند (که یکی

نیترژن عنصری کلیدی در تغذیه گیاهان به حساب می‌آید (۴۲). نیترژن به عنوان یک جزء اصلی در تعدادی مولکول‌های زنده از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها و رنگیزه‌ها نقش اساسی دارد (۳۸). یوهارت و آندرید (۱۹۹۵) اظهار داشتند که کمبود نیترژن به علت اینکه شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و نسبت فتوسنتز گیاه زراعی را کاهش می‌دهد و همچنین چون باعث کاهش در گرفتن تابش (نور) و کاهش راندمان استفاده از تابش (نور) می‌شود، مقدار مواد پرورده در بلال را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وسترن و کورتز (۱۹۷۴) در این زمینه گزارش دادند که نیترژن تولید ماده خشک گیاهی سورگوم علوفه‌ای را به علت افزایش سطح برگ، اندازه و طول عمر برگ‌ها، پنجه زنی و بقاء آنها، دوام سایه اندازه گیاهی افزایش می‌دهد و رسیدن گیاه را سریعتر می‌کند.

ایوانز (۱۹۷۷) معتقد است تعداد دانه یکی از اجزای اصلی در عملکرد دانه ذرت است و تأثیر کود نیترژن بر تعداد دانه مثبت است. گیراردین و همکاران (۱۹۷۸) گزارش دادند که کمبود نیترژن در طول مرحله جوانه‌زنی تا گسترش برگ‌های شش و هفت، تعداد دانه را در بلال را کاهش می‌دهد. همچنین نشان داده شده است که کربوهیدرات و نیترژن ذخیره شده در طول دوره گلدهی تعیین کننده میزان دانه نشینی در بلال است و کمبود نیترژن تعداد دانه را از طریق کاهش مواد پرورده کاهش می‌دهد. این گزارش همچنین حاکی از آن است که کمبود نیترژن عملکرد دانه را از طریق کاهش تعداد و وزن دانه کم می‌نماید. در مورد تأثیر نیترژن بر وزن دانه، هی و واکر (۱۹۸۹) بیان می‌کنند که از بعضی تجزیه و تحلیل‌ها مشخص می‌شود که وزن هزار دانه ممکن است با عواملی که تعیین کننده طول دوره پر شدن دانه پس از گلدهی هستند، مانند کود نیترژن، تراکم جمعیت دانه تولید شده و میزان تنش محیطی (خشکی بیماری، خوابیدگی و ...) افزایش یابد، کم شود یا بی تأثیر باقی بماند. به نظر می‌رسد زمان مصرف نیترژن به طور نسبی تأثیر اندکی بر وزن دانه داشته، اما تأثیری بسیار بارز بر محتوای نیترژن دانه دارد. یوهارت و آندرید (۱۹۹۵) گزارش کردند که کمبود نیترژن عملکرد دانه را کم می‌کند زیرا کمبود نیترژن هم تعداد دانه و هم وزن دانه را کاهش می‌دهد. در اثر کمبود نیترژن وزن دانه ۹

آبیاری مطلوب و هفت تیمار دیگر تنش خشکی در طول مرحله کاکل دهی بود. آنها مشاهده کردند که وزن خشک قسمتهای رویشی بین تیمار آبیاری مطلوب و تیمارهای تنش خشکی در طول مرحله کاکل دهی اختلاف معنی‌داری داشت. وستگیت و بویر (۱۹۸۵) در این زمینه گزارش دادند پتانسیل کم آب در زمان ظهور کاکل در اوایل یا اواسط پر شدن دانه باعث کاهش وزن اندامهای هوایی شد.

در مورد تأثیر تنش خشکی بر تعداد دانه شوسلر و وستگیت (۱۹۹۱) معتقدند که تنش خشکی در طی گلدهی و اوایل نمو دانه، تعداد دانه در بلال ذرت را کاهش می‌دهد. تلفات دانه می‌تواند ناشی از عدم همزمانی نمو گلها (۹، ۲۶)، نمو غیر عادی کیسه جنینی قبل از ظهور کاکل (۳۳)، و عدم نمو دانه پس از گرده افشانی و باروری (۴۴) باشد. لورنس و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که تعداد دانه در بلال حساسترین جزء عملکرد به کمبود آب است. اوپاتار و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه در ذرت گردید و این کاهش عملکرد دانه بیشتر در ارتباط با کاهش در تعداد دانه نسبت به وزن دانه‌ها بود. همچنین بیان کردند که تنش خشکی در طول پر شدن دانه اغلب باعث کاهش تعداد دانه و وزن دانه‌ها می‌شود. تی‌یر و پیت (۱۳۷۲) بیان داشتند حداکثر نیاز آب بوسیله ذرت حدود زمان کاکل دهی یا بلافاصله بعد از آن است. اکثر تحقیقات حاکی از آن است که کمبود آب در زمان ظهور گل تاجی و کاکل دهی باعث بیشترین کاهش در عملکرد می‌شود. تنش آب عملکرد دانه را تا ۲۵ درصد قبل از ظهور گل تاجی، تا ۵۰ درصد در زمان کاکل و تا ۲۱ درصد بعد از کاکل دهی کاهش می‌دهد. البته طول دوره تنش هم اهمیت دارد (۱). چیمنتی و همکاران (۱۹۹۷) بیان می‌کنند اگر گیاه ذرت را ۲۰ روز قبل از گل دهی در معرض تنش خشکی قرار دهیم، تنش باعث کاهش آب خاک، ماده خشک و عملکرد ذرت می‌شود. سینکلر و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که شاخص برداشت عملاً ثابت است زیرا همان طور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود وزن خشک کل نیز کم می‌شود مگر اینکه تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد شود و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند.

(۶) آورده شده است. جدول ۱ مقدار آب آبیاری را بر حسب سانتی متر در تیمارهای مختلف آبیاری نشان می دهد.

اعمال تیمار کود نیتروژن در دو مرحله (یک سوم قبل از کاشت و دو سوم در مرحله شش برگی) به واحدهای آزمایشی انجام شد. کاشت با فاصله ۲۰ سانتی متر در هر ردیف و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر صورت گرفت. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم، ایجاد جوی و پشته، ایجاد نهرا و کرت بندی بود. فوسفور به میزان ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به صورت پیش کاشت استفاده گردید. کرتها شامل ۵ ردیف ۸ متری با فاصله ۷۵ سانتی متر بود و هر کرت توسط دو ردیف نکاشت از کرت بعدی جدا می شد. تاریخ کاشت در ششم خرداد ۱۳۷۸ بود. همچنین محصول در تاریخ سوم مهرماه برداشت گردید. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بر مبنای صفر درصد رطوبت محاسبه گردید.

جدول ۱- مقدار آب آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری

سطح آبیاری	آب آبیاری (سانتیمتر)
قطع آبیاری در مرحله ده برگی	۴۵
قطع آبیاری در مرحله گل تاجی	۵۶
قطع آبیاری بعد از گرده افشانی	۶۸
آبیاری مطلوب	۸۳

#### محاسبه شاخصهای رشد و تجمع ماده خشک

بدین منظور لازم بود تا در طول فصل رشد از هر کرت نمونه گیری گردد و در هر نمونه گیری وزن خشک کل بوته، ساقه، برگ، بلال و سطح برگ اندازه گیری شود. نمونه گیری از هر کرت با فاصله زمانی هر دو هفته یکبار و با انتخاب سه بوته به صورت تصادفی و با رعایت اثر حاشیه ای انجام گرفت. نمونه گیری از بلال از زمان ظهور بلال، هر هفته انجام شد. برای تعیین سطح برگ ذرت طول برگ و پهن ترین قسمت عرض هر برگ اندازه گیری و سپس مساحت برگها از رابطه زیر محاسبه گردید (۳۱).

$$A = L \times W \times 0.75$$

در این رابطه A مساحت برگ (سانتی متر مربع)، L طول برگ (سانتی متر) و W بزرگترین عرض برگ (سانتی متر) می باشد. کلیه قسمتهایی از گیاه که نیاز به اندازه گیری وزن خشک بود در

تا ۲۵ درصد و عملکرد دانه بین ۱۴ تا ۸۰ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش پیدا کردند.

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده استفاده از آب و برخی ویژگیهای فیزیولوژیک در گیاه ذرت در منطقه کوشک در استان فارس بوده است.

#### مواد و روشها

این آزمایش مزرعه ای در بهار و تابستان سال ۱۳۷۸ در مرکز تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در کوشک (طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۵۰ متر از سطح دریا) با استفاده از ذرت دانه ای رقم سینکل گراس ۱۷۰۴ اجرا شد. خاک مزرعه از نوع Ramjerd (fine, mixed Calcixerollic Xerocherepts) بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل مقادیر مختلف کود نیتروژن شامل چهار سطح (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) و چهار سطح آبیاری (تیمار اول: قطع آبیاری پس از ظهور کامل برگ دهم، تیمار دوم: قطع آبیاری زمانی که ۵۰ درصد نوک گل تاجی از داخل ساقه در حال خارج شدن باشد، تیمار سوم: قطع آبیاری بعد از گرده افشانی، تیمار چهارم: آبیاری تا انتهای فصل رشد بر اساس نیاز آبی گیاه) در نظر گرفته شد. در تیمارهای تنش خشکی قطع آبیاری تا انتهای فصل رشد ادامه داشت.

نیاز آبی بر اساس داده های تشت تبخیر کلاس A برای هر هفت روز یکبار تعیین گردید، بدین منظور تبخیر روزانه از تشت تبخیر اندازه گیری شده و بر اساس ضریب تشت و ضریب گیاهی که با استفاده از روش FAO محاسبه شده بود (۴)، تبخیر - ترقق گیاه مرجع و تبخیر - ترقق ذرت در شرایط مزرعه اندازه گیری شد. سپس با در نظر گرفتن بازده ۸۰ درصد برای آبیاری در مزرعه، میزان آب آبیاری هر هفت روز یکبار تعیین و اجرا گردید. میزان آب داده شده به هر کرت با استفاده از سیفون و با توجه به ارتفاع سطح آب در جوی اصلی و در کرت، تعیین شد. جزئیات مواد و روشهای مورد استفاده در این آزمایش در ماخذ شماره

$$NAR = CGR / [(LAI_1 + LAI_2) / 2]$$

داده‌های به دست آمده از تحقیق حاضر با استفاده از برنامه کامپیوتری MSTATC تجزیه واریانس شد و میانگین‌ها بوسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردیدند. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه‌های گرافیکی EXCEL، WINWORD، HARVARD GRAPHIC و EXCEL استفاده گردید.

### نتایج و بحث

#### عملکرد و اجزای عملکرد

مطالعه حاضر نشان داد تنش خشکی به طور معنی‌دار بر عملکرد تأثیر گذاشت و باعث کاهش عملکرد دانه گردید (جدول ۲ و ۳). علت اصلی کاهش عملکرد دانه در تیمار خشکی کاهش تعداد دانه در بلال و وزن دانه در بلال بود (جدول ۲ و ۳). این یافته تأییدی بر یافته‌های پژوهشگرانی است که نشان داده‌اند تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در بلال (۸، ۲۱، ۳۵، ۴۶، ۴۷، ۵۳) و وزن دانه می‌شود (۱۷، ۲۱، ۲۵، ۳۰).

آون و در دمای ثابت ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده می‌شد. کلیه شاخصهای رشد و روند تغییرات اندازه گیری شده بر مبنای شاخص دمایی درجه روزهای رشد (GDD)<sup>۱</sup> که از کم کردن دمای پایه ذرت (۱۰ درجه سانتی‌گراد) از میانگین دمای شبانه روز بدست می‌آید، محاسبه گردید. تغییرات میزان رشد گیاه (CGR)<sup>۲</sup> بر اساس معادله زیر بدست آمد (۵).

$$CGR = [(W_2 - W_1) / (M_2 - M_1)] \times (1/GA) \times 100$$

در این معادله  $W_1$  و  $W_2$  به ترتیب وزن ماده خشک گیاه بین دو نمونه گیری متوالی و  $M_1$  و  $M_2$  اختلاف درجه روز رشد بین دو نمونه گیری متوالی و  $GA$  سطح زمینی است که نمونه گیری از آن انجام شده است. تغییرات شاخص سطح برگ ( $LAI$ )<sup>۳</sup> که از نسبت سطح برگ هر بوته ( $LA$ ) به سطح زمین که توسط آن اشغال شده بود ( $GA$ ) محاسبه گردید (۵)

$$LAI = LA / GA$$

تغییرات میزان جذب و تحلیل خالص مواد ( $NAR$ )<sup>۴</sup> از طریق معادله زیر بدست آمد (۲).

1-Growing degree-days

2-Crop growth rate

3-Leaf area index

4-Net assimilation rate

جدول ۲- میانگین مربعات تاثیر تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، بازده استفاده از آب

و شاخص برداشت ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در بلال	وزن دانه در بلال (گرم)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)	بازده استفاده از آب (گرم دانه در لیتر آب)	شاخص برداشت (درصد)
تکرار	۳	۱۰۷۷۶۱۶۷/۰۴ ns	۳۳۵۲۵/۲۷ ns	۲۴۲۴/۶۳ ns	۵۹۹/۲۷ ns	۱۲۱۰/۰۸ ns	۰/۲۹ ns	۱۱۰/۰۸ ns
تنش خشکی	۳	۲۰۴۱۴۸۹۳/۳۸*	۳۱۴۴۸/۷۲*	۴۵۹۳/۳۴*	۳۶۳۵/۹۹*	۹۴۶۹/۱۶*	۰/۴۵*	۱۸۸/۷۵ ns
نیتروژن	۳	۱۱۸۵۶۸۱۰/۸۶*	۳۰۵۶۷/۶۰*	۲۶۶۷/۷۸*	۷۲۳/۷۸ ns	۹۳۱۱/۲۳*	۰/۳۴*	۴۵/۱۲ ns
برهمکنش	۹	۱۳۱۳۱۳۱/۷۷ ns	۳۹۲۱/۴۹ ns	۲۹۵/۴۵ ns	۱۵۳/۲۳ ns	۱۵۹۴/۱۶ ns	۰/۰۵ ns	۱۶۸/۴۲ ns
خطا	۴۵	۲۷۸۶۶۷۶/۲۹	۶۵۰۰/۲۴	۶۲۷/۰۱	۲۸۹/۸۳	۱۹۶۶/۷۶	۰/۰۷	۱۳۲/۷۲

ns: معنی‌دار نیست

\* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۳= اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، بازده استفاده از آب و شاخص برداشت ذرت

آب و شاخص برداشت ذرت

سطوح آبیاری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در بلال	وزن دانه در بلال (گرم)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)	بازده استفاده از آب (گرم دانه در لیتر آب)	شاخص برداشت (درصد)
قطع آبیاری در مرحله ده برگی	۶۹۸۳c	۴۵۰ c	۱۰۴۸ c	۲۳۰/۳b	۲۰۹/۰ b	۱/۵۳۹ a	۵۱/۰۸ a
قطع آبیاری در مرحله گل‌تاجی	۷۵۷۰bc	۴۹۱ bc	۱۱۲/۶ bc	۲۲۸/۹ b	۲۲۸/۸ b	۱/۳۱۴ b	۴۹/۰۲ a
قطع آبیاری بعد از گرده‌افشانی	۸۴۹۵ab	۵۴۰b	۱۲۷/۴ab	۲۳۲/۸ b	۲۱۸/۷ b	۱/۲۴۱ b	۵۶/۹۸ a
آبیاری مطلوب	۹۵۴۱a	۸۳۴ a	۱۴۳/۱ a	۲۶۰/۹ a	۲۶۴/۷ a	۱/۱۴۴ b	۵۳/۶۵ a

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۴- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ذرت

شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	وزن دانه در بلال (گرم)	تعداد دانه در بلال	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن به صورت اوره (کیلوگرم در هکتار)
۵۱/۷۵a	۱۹۷/۶ b	۲۲۸/۹ b	۱۰۳/۶ b	۴۴۴c	۶۹۰۴b	صفر
۵۴/۴۰a	۲۲۷/۲ab	۲۴۱/۳ab	۱۲۳/۴ a	۵۰۹b	۸۲۲۴ b	۲۰۰
۵۳/۷۶ a	۲۵۲/۰ a	۲۴۴/۵ a	۱۳۳/۱ a	۵۴۲ b	۸۸۷۵ a	۴۰۰
۵۰/۸۲ a	۲۵۳/۴ a	۲۳۹/۶ab	۱۲۷/۹ a	۸۲۰ a	۸۵۲۴ a	۶۰۰

\* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

مرحله ده برگی بیشترین بازده استفاده از آب را داشت و اختلاف معنی‌داری با بقیه سطوح آبیاری نشان داد. اما بین تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گل تاجی، بعد از گرده افشانی و آبیاری مطلوب اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما هرچه از میزان تنش خشکی کاسته شد بازده استفاده از آب نیز کاهش یافت. علت این امر را می‌توان به دلایل متعددی از جمله هدر رفت آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمارهای آبیاری کامل نسبت داد که با نتایج نیسانکا و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت دارد. آنها برای مقایسه واکنش دو هیبرید جدید و قدیم ذرت به خشکی آزمایشی انجام دادند و ملاحظه کردند که رقم جدید در شرایط عدم تنش بازده استفاده از آب بیشتری دارد. در شرایط تنش خشکی، بازده مصرف آب در رقم قدیمی کاهش یافت اما در رقم جدید تغییری نکرد. اینگونه نتیجه‌گیری شد که در رقم جدید فتوسنتز و تعرق بر اثر تنش خشکی به یک نسبت کاهش یافته است. اما در رقم قدیمی فتوسنتز نسبت به تعرق بیشتر کاهش یافته است. دلیل این امر مقاومت مزوفیلی بیشتر برای عبور دی اکسید کربن و یا وارد آمدن خسارت به مزوفیل در رقم قدیمی بر اثر تنش خشکی ذکر شد. در جدول ۲ مشاهده می‌شود که نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر بازده استفاده از آب دارد.

#### شاخص برداشت

در جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت ندارد که با نتایج آزمایش سینکلر و همکاران (۴۷) مطابقت دارد. آنها عقیده دارند که شاخص برداشت عملاً ثابت است زیرا همانطور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود وزن خشک کل نیز کم می‌شود مگر اینکه تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد شود و در

تنش خشکی کاهش معنی‌داری را در وزن هزار دانه ایجاد کرد (جدول ۲ و ۳). اگر چه در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله ده برگی، گل تاجی و بعد از گرده افشانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. مطالعه حاضر نشان داد که تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک گیاه تأثیر گذاشت و با افزایش تنش خشکی وزن بیولوژیک گیاه کاهش یافت (جدول ۲ و ۳). پژوهشگرانی دیگر نیز نشان دادند تنش خشکی وزن بیولوژیک گیاه را کاهش میدهد (۱۰، ۱۴، ۱۶، ۲۱، ۴۵). کود نیتروژن هم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت و باعث افزایش عملکرد دانه گردید (جدول ۲ و ۴). اگرچه با افزایش تیمارهای کود نیتروژن از ۲۰۰ به ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌دار در عملکرد دانه بوجود نیامد. علت افزایش عملکرد دانه در تیمارهایی که کود نیتروژن دارند افزایش تعداد دانه در بلال و تاحدودی وزن دانه در بلال بود (جدول ۲ و ۴). این یافته تأییدی بر یافته‌های پژوهشگرانی است که نشان دادند کود نیتروژن تعداد دانه در بلال را افزایش می‌دهد (۱۱، ۱۹، ۲۷، ۳۴، ۵۰، ۵۱) و همچنین باعث افزایش وزن دانه می‌شود (۱۳، ۲۳، ۴۱، ۵۰، ۵۱). کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه ایجاد نکرد (جدول ۲ و ۴). کود نیتروژن بر وزن بیولوژیک گیاه تأثیر گذاشت و با افزایش کود نیتروژن وزن بیولوژیک گیاه افزایش یافت (جدول ۲ و ۴). این یافته با تحقیقات دانشمندی که نشان دادند کاربرد کود نیتروژن عملکرد بیولوژیک گیاه را افزایش می‌دهد مطابقت دارد (۷، ۲۸، ۴۳). همچنین برهمکنش کود نیتروژن و تنش خشکی بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۲).

#### بازده استفاده از آب

در جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر بازده استفاده از آب دارد. تیمار قطع آبیاری در

بلال تعیین می گردد، احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف در هر بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای مواد پرورده وجود نداشته است و تنش خشکی باعث کاهش معنی دار وزن دانه های بلال و تعداد دانه در هر بلال شده است (جدول ۳). در جدول ۵ مشاهده می شود که کود نیتروژن تأثیر معنی داری بر وزن نهایی بلال، طول بلال و تعداد دانه در هر ردیف بلال دارد اما بر وزن چوب بلال، قطر بلال و تعداد ردیف در هر بلال تأثیر معنی داری ندارد. سطح صفر کود نیتروژن اختلاف معنی داری با سطوح دیگر تیمار کود نیتروژن داشت و با افزایش اولین سطوح کودی (۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار) وزن نهایی، طول و تعداد دانه در هر ردیف بلال شروع به افزایش کرد (جدول ۷). این یافته تأییدی بر یافته های پژوهشگرانی است که نشان دادند کمبود نیتروژن یا افزایش نیتروژن بر روی وزن نهایی بلال، طول بلال و تعداد دانه در هر ردیف اثر می گذارد (۱۵، ۲۳، ۲۷، ۵۰، ۵۱).

نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند. کود نیتروژن هم تأثیر معنی داری بر شاخص برداشت نداشت (جداول ۴ و ۲) که با نتایج آزمایش هی و واکر (۲۴) مطابقت دارد. آنها بیان می کنند که به نظر می رسد شاخص برداشت یک رقم معین در مدیریت نوین گیاه زراعی، صفت ثابتی است که حتی در شرایط تنش های مختلف تغییر اندکی ایجاد می کند.

#### ویژگیهای بلال در ذرت

به طور کلی ویژگیهای بلال رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارند. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار در وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال و تعداد دانه در هر ردیف بلال شد (جداول ۵ و ۶). علت را می توان بدلیل کاهش تعداد دانه در بلال نسبت داد (جدول ۳). از طرف دیگر معنی دار نبودن تأثیر تنش خشکی بر تعداد ردیف در هر بلال نشان دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه است. از آنجا که تعداد نهایی تعداد ردیف در هر بلال بیش از بقیه اجزای عملکرد، بر روی ناحیه نمودی<sup>۱</sup>

#### 1-Shoot apex

جدول ۵- میانگین مربعات تاثیر تنش خشکی و نیتروژن بر وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در هر ردیف بلال و تعداد ردیف در هر بلال ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن نهایی بلال (گرم در بلال)	وزن چوب بلال (گرم در بلال)	طول بلال (سانتیمتر)	قطر بلال (سانتیمتر)	تعداد دانه در هر ردیف بلال	تعداد ردیف در هر بلال
تکرار	۳	۳۱۳۷/۹۸ ns	۴۹/۶۵ ns	۵/۹۱ ns	۱۹/۸۴ ns	۵۱/۰۴ ns	۴/۶۰ ns
تنش خشکی	۳	۶۲۰۰/۲۶*	۱۱۹/۷۹*	۱۰/۹۴*	۲۱/۸۲*	۹۸/۲۹*	۱۱/۷۷ ns
نیتروژن	۳	۳۳۵۳/۷۹*	۳۹/۱۷ ns	۱۰/۹۸*	۱۶/۸۸ ns	۱۲۳/۷۰*	۱/۶۸ ns
برهمکنش	۹	۴۰۹/۰۴ ns	۱۰/۴۲ ns	۱/۲۷ ns	۲۰/۶۳ ns	۹/۳۸ ns	۰/۵۶ ns
خطاه	۴۵	۸۲۷/۴۸	۱۴/۸۹	۱/۹۸	۲۰/۲۷	۱۸/۵۶	۱/۰۲

ns: معنی دار نیست

\* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۶- اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در هر ردیف بلال و تعداد ردیف در هر بلال ذرت

سطوح آبیاری	وزن نهایی بلال (گرم در بلال)	وزن چوب بلال (گرم در بلال)	طول بلال (سانتیمتر)	قطر بلال (سانتیمتر)	تعداد دانه در هر ردیف بلال	تعداد ردیف در هر بلال
قطع آبیاری در مرحله ده برگ	۱۲۱/۸c	۱۷/۱۱ c	۱۶/۳۳b	۳/۹۹ c	۳۷ c	۱۲a
قطع آبیاری در مرحله گل تاجی	۱۳۰/۶ bc	۱۷/۹۶ bc	۱۶/۵۰ b	۴/۱۰ bc	۳۹bc	۱۳ a
قطع آبیاری بعد از گرده افشانی	۱۴۸/۱ab	۲۰/۷۰ ab	۱۷/۵۲a	۴/۱۷ ab	۴۱ ab	۱۳ a
آبیاری مطلوب	۱۶۶/۳ a	۲۳/۱۳ a	۱۸/۰۶ a	۴/۲۸ a	۴۳ a	۱۳ a

\* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

جدول ۷- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در هر ردیف بلال و تعداد ردیف در هر بلال ذرت

نیتروژن به صورت اوره (کیلوگرم در هکتار)	وزن نهایی بلال (گرم در بلال)	وزن چوب بلال (گرم در بلال)	طول بلال (سانتیمتر)	قطر بلال (سانتیمتر)	تعداد دانه در هر ردیف بلال	تعداد ردیف در هر بلال
صفر	۱۲۱/۱b	۱۷/۵۳ b	۱۵/۹۱ b	۴/۰۰a	۳۶ b	۱۲ a
۲۰۰	۱۴۳/۱ a	۱۹/۷۳ ab	۱۷/۱۹ a	۴/۰۲ a	۴۱ a	۱۳ a
۴۰۰	۱۵۴/۲ a	۲۱/۰۳ a	۱۷/۵۶ a	۴/۱۰ a	۴۲ a	۱۳ a
۶۰۰	۱۴۸/۵ a	۲۰/۶۲ a	۱۷/۷۴ a	۴/۱۲ a	۴۲ a	۱۳ a

\* میانگین دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

\* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

#### ویژگیهای ساقه، تعداد برگ و سطح برگ بلال در گیاه ذرت

تنش خشکی باعث کاهش معنی دار ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ در بوته گیاه ذرت شد (جداول ۹و۸). مطالعه حاضر نشان داد که تنش خشکی بر شاخص سطح برگ بلال تأثیر نگذاشت (جداول ۹و۸). همچنین ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ بلال تحت تأثیر کود نیتروژن اختلاف معنی داری داشت (جدول ۸). اگر چه بین تیمارهای ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار اختلاف معنی دار بوجود نیامد (جدول ۱۰).

#### تغییرات تجمع کل وزن خشک گیاه

روند تجمع کل ماده خشک گیاه ذرت مورد آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که تنش خشکی باعث کاهش تجمع کل ماده خشک در گیاه مورد مطالعه گردید. روند تجمع کل ماده خشک بیانگر این است که گیاه زراعی چه مقدار فتوسنتز حقیقی خود را قادر است به صورت تجمع ماده خشک در آورد. برای کاهش فتوسنتز خالص دو محور قابل بررسی وجود دارد. یکی کاهش فتوسنتز حقیقی و دیگری افزایش تنفس گیاه. هر کدام از این عوامل به تنهایی و یا همراه یکدیگر قادرند فتوسنتز خالص و در نتیجه تجمع کل ماده خشک گیاه را کاهش دهند. نتایج تحقیقات انجام شده روی گیاهان نشان می دهد که یکی از اثرات اولیه تنش خشکی روی سیستم فتوسنتزی ناشی از افزایش مقاومت روزنه ای می باشد بنحوی که از ۵۰ درصد کاهش در مقدار فتوسنتز دو سوم مربوط به مقاومت روزنه ای و یک سوم باقیمانده مربوط به افزایش مقاومت مزوفیلی است (۲۲). افزایش

جدول ۸- میانگین مربعات تاثیر تنش خشکی و نیتروژن بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ بلال در گیاه ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	قطر ساقه (سانتیمتر)	تعداد برگ در بوته	شاخص سطح برگ بلال
تکرار	۳	۹۲۷/۷۱ns	۰/۲۷ ns	۱/۰۲ ns	۰/۰۲ ns
تنش خشکی	۳	۵۳۳/۹۲*	۰/۱۰*	۱۱/۸۱*	۰/۰۱ns
نیتروژن	۳	۵۹۷/۰۵*	۰/۳۰*	۱۲/۳۱*	۰/۰۲*
برهمکنش	۹	۱۰۴/۳۳ ns	۰/۰۲ ns	۰/۷۷ ns	۰/۰۱ ns
خطا	۴۵	۱۶۸/۴۷	۰/۰۵	۰/۹۲	۰/۰۱

\* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

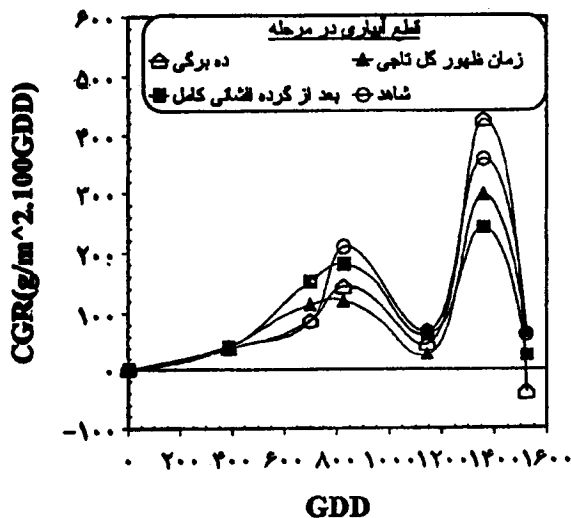
جدول ۹- اثر سطوح آبیاری بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ بلال در گیاه ذرت

سطوح آبیاری	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	قطر ساقه (سانتیمتر)	تعداد برگ در بوته	شاخص سطح برگ بلال
قطع آبیاری در مرحله ده برگی	۱۶۶b	۲/۰۲ b	۱۰ b	۰/۴۳-۰۶a
قطع آبیاری در مرحله گل تاجی	۱۷۸ a	۲/۱۴ab	۱۱ b	۰/۴۶-۰۹۴ a
قطع آبیاری بعد از گرده افشانی	۱۷۹ a	۲/۱۰ ab	۱۲a	۰/۴۳-۰۷۴ a
آبیاری مطلوب	۱۷۵ ab	۲/۲۱ a	۱۲ a	۰/۴۳-۰۶۹ a

جدول ۱۰- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ بلال در گیاه ذرت

نیتروژن به صورت اوره (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	قطر ساقه (سانتیمتر)	تعداد برگ در بوته	شاخص سطح برگ بلال
صفر	۱۶۶b	۱/۹۲ b	۱۲ b	۰/۳۹-۱۳ b
۲۰۰	۱۷۷a	۲/۲۳ a	۱۴ a	۰/۴۴-۸۹ a
۴۰۰	۱۷۹ a	۲/۱۸ a	۱۴ a	۰/۴۳-۱۶ a
۶۰۰	۱۷۶ a	۲/۱۴ a	۱۴ a	۰/۴۷-۲۵ a

و جلوگیری از فرآیند بیوشیمیایی جذب دی اکسید کربن می باشد (۴۸). شوسلر و وستگیت (۱۹۹۱) نیز گزارش کردند تنش خشکی باعث کاهش فتوسنتز برگ می شود. روند کلی تغییرات میزان رشد گیاه در شکل ۲ نشان می دهد که در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش سطح زمین، رشد گیاه زراعی کند است، اما با کامل شدن پوشش تغییرات میزان رشد گیاه نیز افزایش می یابد. در مراحل انتهایی هم به دلیل خشک شدن برگها و ریزش آنها تغییرات میزان رشد گیاه روند کاهشی نشان می دهد.



شکل ۲- تاثیر تیمارهای آبیاری بر تغییرات میزان رشد ذرت

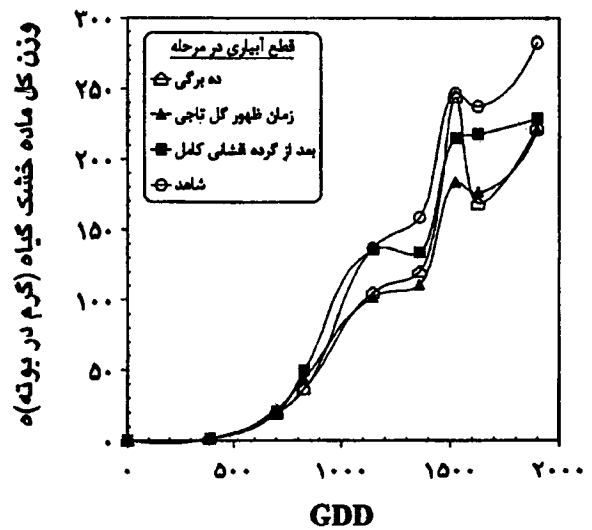
**تغییرات شاخص سطح برگ (LAI)**

این شاخص رشد یکی از اجزاء تشکیل دهنده میزان رشد گیاه است، که افزایش یا کاهش آن تأثیر مستقیمی بر تغییرات میزان رشد گیاه دارد. تنش خشکی به تنهایی، بر روند تغییرات شاخص سطح برگ تأثیر زیادی نگذاشت، اگر چه در بعضی سطوح آبیاری باعث کاهش شاخص سطح برگ شد (شکل ۳). ریتچی (۴۰) نیز گزارش کرد که تغییرات شاخص سطح برگ بوته های آبیاری مطلوب و تنش خشکی در تمام فصل رشد تفاوت قابل ملاحظه ای با هم نداشتند. اما تنها تفاوتی که در تغییرات شاخص سطح برگ بین تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش خشکی مشاهده شد مربوط به انتهای دوره رشد بود که در آن بوته های تحت تنش، سطح برگ خود را زودتر از دست دادند.

**تغییرات میزان جذب و تحلیل خالص مواد (NAR)**

میزان جذب و تحلیل خالص مواد یکی از شاخص های رشد کلیدی برای شناخت و درک علل کاهش یا افزایش رشد و نهایتاً عملکرد گیاهان زراعی است. تنش خشکی باعث کاهش میزان

مقاومت مزوفیلی و روزنه ای در شرایط تنش خشکی باعث کاهش ورود دی اکسید کربن به درون گیاه گردیده و تحت تأثیر این حالت فتوسنتز ظاهری گیاه کاهش می یابد. همچنین تحقیقات انجام شده نشان می دهد که تنش خشکی باعث افزایش تنفس نگهداری گیاه گردیده و از این طریق باعث کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می شود (۱۸).



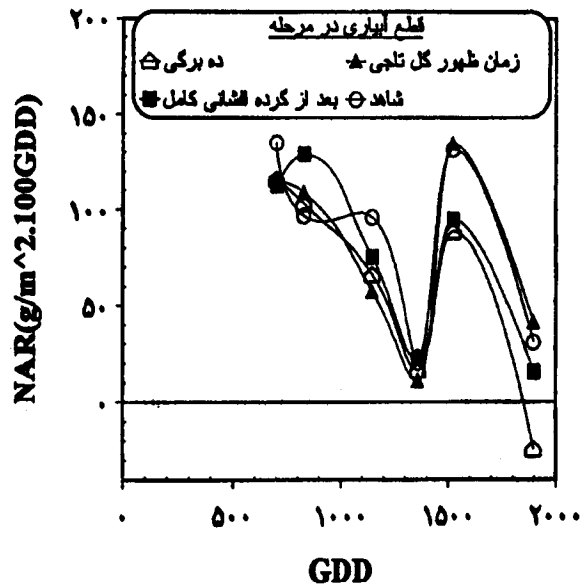
شکل ۱- تاثیر تیمارهای آبیاری بر تغییرات وزن ماده خشک ذرت

در شکل ۱ مشاهده می شود که تنش خشکی مانع از آن شده است که میزان کل ماده خشک گیاه به حداکثر خود برسد که این کاهش می تواند به دلیل اثر تنش خشکی بر فتوسنتز باشد. نکته کلی که در مورد تغییرات وزن کل ماده خشک گیاه وجود دارد این است که وزن ماده خشک گیاه حدود ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه روز پس از کاشت به حداکثر خود رسیده و سپس ثابت ماند که ممکن است دلیل این امر کاهش میزان فتوسنتز گیاه باشد.

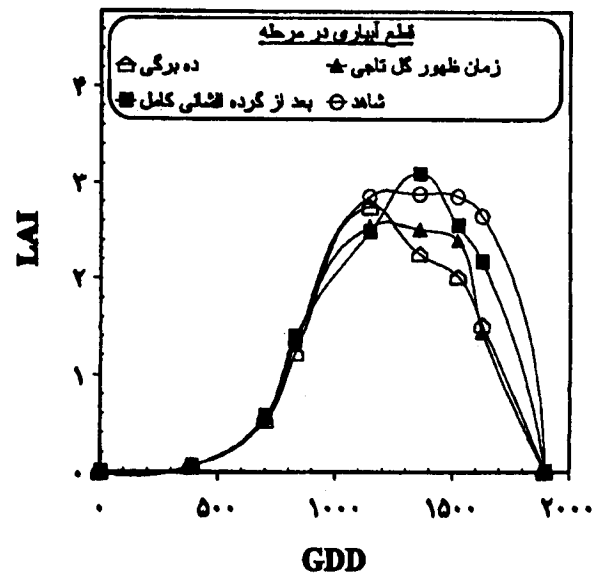
**تغییرات میزان رشد گیاه (CGR)**

میزان رشد گیاه عبارت از تغییرات وزن ماده خشک کل گیاه در یک واحد حرارتی (GDD) مشخص در واحد سطح زمین می باشد. موریسون و همکاران (۱۹۹۰) بیان می کنند میزان رشد گیاه زراعی اندازه سرعت تولید ماده خشک در واحد سطح زمین است و بیانگر میزان فتوسنتز خالص، تنفس و تأثیر محیط می باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش تغییرات میزان رشد گیاه شد (شکل ۲). علت را می توان به خاطر کاهش میزان فتوسنتز کل بیان کرد. این امر به دلیل بارزترین اثر اولیه تنش خشکی بر برگ، یعنی بسته شدن روزنه ها





شکل ۴- تاثیر تیمارهای آبیاری بر تغییرات میزان جذب و تحلیل خالص مواد ذرت



شکل ۳- تاثیر تیمارهای آبیاری بر تغییرات شاخص سطح برگ ذرت

$$Y = -3.2505w^2 + 595.79w - 15651 \quad r = 0.72$$

که در آن  $Y$  عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و  $W$  مقدار آب مصرفی بر حسب سانتی متر است. حداکثر عملکرد دانه  $11649/8$  کیلوگرم در هکتار با مقدار  $91/64$  سانتی متر آب مصرفی حاصل شده است.

کود نیتروژن کافی عملکرد دانه ذرت را تحت شرایط تنش خشکی به مقدار کم افزایش می‌دهد اما با آبیاری کامل عملکرد دانه ذرت را به مقدار زیاد افزایش می‌دهد. همچنین زمانی که تنش خشکی شدید است افزایش کود نیتروژن، عملکرد را کم نمی‌کند. بنابراین، به نظر می‌رسد دلیلی وجود ندارد که به خاطر کاهش اثرات تنش خشکی مصرف کود نیتروژن کاهش یابد. همچنین حداکثر عملکرد دانه ذرت در تیمار  $400$  کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بدست آمد اگر چه بین تیمارهای  $200$ ،  $400$  و  $600$  کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. حداکثر عملکرد دانه ذرت در آبیاری شاهد بود. قطع آبیاری در مرحله ده برگی، گل تاجی و بعد از گرده افشانی عملکرد دانه را به ترتیب  $27$ ،  $21$  و  $11$  درصد کاهش داد. همچنین حداکثر راندمان استفاده از آب در بین تیمارهای آبیاری در قطع آبیاری در مرحله ده برگی بود و هر چه تنش خشکی کم شد راندمان استفاده از آب کاهش یافت.

جذب و تحلیل خالص مواد شد (شکل ۴). میزان جذب و تحلیل خالص مواد به نحوی بیانگر نسبت تغییرات وزن خشک گیاه به مساحت برگ در واحد زمان است. از آنجا که شاخص سطح برگ بین سطوح آبیاری مختلف تفاوتی نداشتند (شکل ۳)، لذا تفاوت میزان جذب و تحلیل خالص مواد مربوط به تغییرات وزن ماده خشک گیاه یا به عبارت دیگر تغییرات میزان رشد گیاه می‌باشد. همچنین می‌توان گفت از آنجا که تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (۴۸)، لذا میزان فتوسنتز نسبت به سطح برگ گیاه کم شده و میزان جذب و تحلیل خالص مواد نیز کم می‌شود. پرمچاندرا (۱۹۸۹) در آزمایشات مزرعه‌ای که بر روی ۸ رقم ذرت متفاوت از لحاظ مقاومت به تنش خشکی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که، میزان جذب و تحلیل خالص مواد در تیمار تنش خشکی در ارقام حساس به خشکی کاهش پیدا می‌کند. در شکل ۴ مشاهده می‌شود در حالیکه میزان جذب و تحلیل خالص مواد می‌بایست روند نزولی داشته باشد، در پژوهش حاضر بین  $1400$  تا  $1500$  GDD روند افزایشی بوده است. روند غیرعادی میزان جذب و تحلیل خالص مواد به خاطر خطاهای غیرقابل کنترل آزمایشی بوده است.

#### تابع تولید

رابطه بین عملکرد دانه و آب مصرفی به صورت زیر بدست

آمد.

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

۱. تی یو، آی. دی. و ام. ام. پیت. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. ترجمه ع. کوچکی، م. حسینی. و م. نصیری محلاتی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.
۲. فاجریا، ان. کا. ۱۳۷۷. افزایش عملکرد گیاهان زراعی (چاپ سوم). ترجمه ا. هاشمی دزفولی، ع. کوچکی. و م. بنایان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.
۳. قهرمان، ب. و ع. ر. سپاس خواه. ۱۳۷۷. کم آبیاری بهینه تحت شرایط مختلف مقدار اولیه آب در نیمرخ خاک. ارائه شده در نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۴۰۴ صفحه.
۴. کونکا، ار. اچ. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستمهای آبیاری. ترجمه ا. علیزاده. انتشارات آستان قدس. دانشگاه امام رضا. ۵۳۹ صفحه.
۵. گاردنر، اف. پی. آر. بی. پی. پرس، و آر. ال. میشل. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (چاپ سوم). ترجمه غ. سرمدنیا. و ع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ صفحه.
۶. مجیدیان، م. ۱۳۷۹. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تنش رطوبت در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در منطقه کوشک در استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ۱۴۵ صفحه.
7. Adeairan, J. A., and V. A. Banjorko. 1995. Response of maize to nitrogen phosphorous and potassium fertilizer in the savana zones of Nigeria. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 26:593-606.
8. Arnon, I. 1972. *Crop production in dry regions*. Volume I. Background and principles. Published by Leonard Hill books. London. 650 p.
9. Bolanson, J., and G. O. Edmeades. 1990. The relationship between the anthesis silking interval and yield in tropical maize under drought. In: *Agronomy Abstracts*. ASA, Madison, WI. 119 p.
10. Boyer, J. S. 1996. Advances in drought tolerance in plants. *Adv. Agron.* 56:187-217.
11. Brandou, P. S., and F. E. Below. 1992. Nitrogen supply and reproductive development of maize. *Agron. Abst. ASA*. Madison, WI. 122p.
12. Chimenti, C. A., J. Cantagallo, and E. Guevara. 1997. Osmotic adjustment in maize: Genetic variation and association with water uptake developing drought and low N- tolerant maize. Mexico, DF(Mexico). CIMMYT.(Abstract 1997).
13. Czyezwics, J. R., and F. E. Below. 1994. Genotypic variation for nitrogen uptake by maize kernel growth invitro. *Crop Sci.* 34:1003-1008.
14. Dwyer, L. M., D. W. Stewart, and M. Tollennar. 1992. Analysis of maize leaf photosynthesis under drought. *Can. J. Plant Sci.* 72:477- 481.
15. Evans, S. A. 1977. The influence of plant density and distribution and applied nitrogen on the growth and yield of winter and spring barley. *Exp. Husbandry.* 33:120-126.
16. Eyherabide, G. H., E. Guevara, and L. Totis-de-zeljkovich. 1997. Effect of the hydrostress in maize production in Argentina. Developing drought and low N-tolerant maize. Mexico, Df(Mexico) CIMMYT.(Abstract 1997).
17. Farah S. M. 1983. Effect of supplementary irrigation on rain-growth sorghum(*Sorghum bicolor*) in the Sudan. *J. Agriculture Sci. Uk.* 100(2): 323- 327.
18. Freyman, S. 1978. Influence of duration of growth, seed size and seeding depth on cold hardiness of two hardy winter wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 58: 917- 921.
19. Gentry, L. E., and F. E. Below. 1993. Maize productivity as influenced by form and availability of nitrogen. *Crop Sci.* 33:491-497.
20. Girardin, P., M. Tollenaar, A. Deltour, and J. Muldoon. 1978. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): Effects on development, dry matter accumulation and grain yield. (Agronomical) (Paris). 7:289-296.
21. Grant, R. F., B. C. Jacson, J. R. Kinirg and G. F. Arikini. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. *Agron. J.* 81: 61- 65.

22. Greenway, H., and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 149- 190.
23. Harold, V. E. 1984. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agron. J.* 76:421-428.
24. Hay, R. K. M., and A. J. Walker. 1989. *An Introduction to the physiology of Crop Yield.* Published in the United States with John Willey & Sons. Inc., New York. 292p.
25. Heatherly, L. G., R. A. Wesley, and C. D. Elmore. 1990. Corn, sorghum, and soybean response to irrigation in the Mississippi river alluvial plain. *Crop Sci.* 30: 665- 672.
26. Herrero, M. P., and R. R. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. *Crop Sci.* 21: 105- 110.
27. Jacobs, B. C., and C. J. Pearson. 1991. Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears. *Field Crops Res.* 27:281-298.
28. Kostandi, S. F., and M. F. Solaiman. 1991. Effect of nitrogen rate at different growth stages on corn yield and common snout disease (*Ustilago madis* L.). *Crop Sci.* 167:53-60.
29. Lorens, G. F., J. M. Bennett, and L. B. Loggale. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. component analysis and growth rates. *Agron. J.* 79: 808- 813.
30. Ludlow, M. M., and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluations of traits for improving crop yield in water-limited environment. *Adv. Agron.* 43: 107- 153.
31. Meghgi, M. R., J. W. Dudley, R. J. Lambert, and G. F., Sprague. 1984. Inbreeding depression, inbred and hybrid grain yields, and other traits of maize genotypes representing three ears. *Crop Sci.* 24: 543- 549.
32. Morrison, M. J., P. B. E. Mcvetty, and J. M. Scarth. 1990. Effect of altering plant density on growth characteristics of summer rape. *Can. J. Plant Sci.* 70: 139- 149.
33. Moss, G. I., and L. A. Downey. 1971. Influence of drought stress on female gametophyte development in corn (*Zea mays* L.) and subsequent grain yield. *Crop Sci.* 11: 368- 372.
34. Muchow, R. C. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. *Field Crops Res.* 18:17-30.
35. 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.
36. Nissanka, S. P., M. A. Dioxin, and M. Tollenaar. 1997. Canopy gas exchange response to moisture stress in old and new maize hybrid. *Crop Sci.* 37: 172- 181.
37. Ouattar, S., R. J. Jones, and R. K. Crookston. 1987. Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Sci.* 27: 726- 730.
38. Pessarakli, M. 1995. *Handbook of Plant and Crop Physiology.* United States of America Publisher. 1004 p.
39. Premachandra, G. S., H. Saneoka, M. Kanaya, and S. Ogata. 1989. Responses of relative growth rate, water relation and solute accumulation to increasing water deficit in maize. *J. Plant Physiol.* 135(3): 257- 260. (From Maize Abstracts, 1992, 8. Abstract No. 3125).
40. Ritchie, J. T. 1973. Influence of soil water status and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. *Agron. J.* 65: 893- 897.
41. Rochett, P., R. L. Desjardins, E. Pattey, and R. Lessard. 1996. Instantaneous measurement of radiation and water use efficiencies of a maize crop. *Agron. J.* 88:627-635.
42. Salam, A. M., and S. Subramanian. 1988. Influence of nitrogen, zinc and interaction on the yield and nutrient uptake of IR 20 rice (*Oryza sativa* L.) in different seasons. *Indian. J. Agric. Sci.* 58:190-193.
43. Sawada, O., J. Itoh, and K. Fujita. 1995. Characteristics of photosynthesis and translocation of <sup>13</sup>C-labelled photosynthate in husk leaves of sweet corn. *Crop Sci.* 35:480-485.
44. Schoper, J. B., R. J. Lambert, B. L. Vasilas, and M. E. Westgate. 1987. Plant factors controlling seed set in maize. *Plant Physiol.* 83:121-125.
45. Schussler, J. R., and M. E. Westgate. 1991. Maize kernel set at low water potential: I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. *Crop Sci.* 31:1189-1195.

46. Schussler, J. R., and M. E. Westgate. 1991. Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. *Crop Sci.* 31:1196-1203.
47. Sinclair, T. R., J. M. Bennett, and R. C. Muchow. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. *Crop Sci.* 30:690-693.
48. Sowder, C. M., L. Tarpley, D. M. Vietor, and F. R. Miller. 1997. Leaf photoassimilation and partitioning in stress-tolerant sorghum. *Crop Sci.* 37:833-838.
49. Stewart, J. I., R. D. Misra, W. O. Pruitt, and R. M. Hagan. 1975. Irrigation of corn and grain sorghum with a deficit water supply. *Trans ASAE.* 18:270-280.
50. Uhart, S. A., and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize I. Effects on crop growth, development to dry matter-partitioning, and kernel set. *Crop Sci.* 35:1376-1383.
51. Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize. II. Effects on crop carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Sci.* 35:1383-1389.
52. Westerman, R. L., and L. T. Kurtz. 1974. Isotopic and nonisotopic estimation of fertilizer nitrogen uptake by sudongrass in field experiment. *Herb. Abst.* 44(6):160.
53. Westgate, M. E., and J. S. Boyer. 1985. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. *Crop Sci.* 25:762-769.

**Effect of Water Stress and Different Levels of Nitrogen Fertilizer  
During Different Growth Stages on Grain Yield, Yield Components,  
Water Use Efficiency, and Some Physiological Characteristics  
of Corn (*Zea mays* L.)**

**M. MAJIDIAN<sup>1</sup> AND H. GHADIRI<sup>2</sup>**

**1, 2, Former Graduate Student and Associate Professor,  
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture,  
University of Shiraz, Shiraz, Iran.**

**Accepted Jan. 23, 2002**

**SUMMARY**

In order to investigate the effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer during different growth stages on grain yield and yield components of maize hybrid SC 704, a field study was conducted. The factorial design of the study comprised of randomized complete block with four replications. Four levels of nitrogen fertilizer (0, 200, 400 and 600 kg urea ha<sup>-1</sup>) along with four levels of irrigation (water stress imposed at complete appearance of tenth leaf, at 50% tasselling, at post anthesis and an optimum irrigation treatment) were used as treatments. Results showed that water stress significantly decreased grain yield and certain yield components. Water stress also decreased dry weight of ear, ear cob and kernel number per ear row. Maximum corn seed yield resulted when optimum irrigation water was applied. When water stress was imposed at complete appearance of tenth leaf, at 50% tasselling, and at post anthesis, it decreased grain yield by 27, 21, and 11%, respectively. Regarding water use efficiency during water stress, maximum efficiency was observed at complete appearance of tenth leaf but as the plant progressed through tasselling and post-anthesis, water use efficiency decreased. Nitrogen fertilizer significantly affected grain yield and certain yield components. Maximum seed yield was produced with 400 kg urea ha<sup>-1</sup> but yield differences among 200, 400, and 600 kg urea ha<sup>-1</sup> were not significantly different.

**Key words:** *Zea mays* L., Moisture stress, Nitrogen, Yield and yield components, Water use efficiency