

تأثیر سطوح نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)

حسین غدیری و مجید مجیدیان^۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود نیتروژن و تنش خشکی در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس - تک بلال و دندان اسبی)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن صفر، ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و سه سطح آبیاری (تیمار اول: قطع آبیاری در آغاز مرحله شیری شدن دانه، تیمار دوم: قطع آبیاری در آغاز مرحله خمیری شدن دانه و تیمار سوم: آبیاری برابر نیاز آبی گیاه تا پایان فصل رشد) بود.

نتایج نشان داد که تنش خشکی در مرحله شیری و خمیری شدن دانه باعث کاهش معنی‌دار عملکرد نهایی دانه و وزن هزار دانه گردید. همچنین، تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد دانه، شمار دانه در بلال، وزن دانه در بلال و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. حداکثر این صفات در تیمار ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد، اگرچه بین تیمارهای ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. حداکثر کارایی استفاده از آب در بین تیمارهای آبیاری، در قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه بود، و هرچه تنش خشکی کم شد کارایی استفاده از آب کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: ذرت، نیتروژن، تنش خشکی، عملکرد، کارایی استفاده از آب

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

دنمید و شاو (۷) گزارش کردند تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد ذرت تأثیر می‌گذارد. شدت خسارت خشکی بر عملکرد بسته به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است، به طوری که تنش خشکی پیش از کاکل‌دهی عملکرد دانه را تا ۲۵ درصد، در هنگام کاکل‌دهی تا ۵۰ درصد و پس از کاکل‌دهی تا ۲۱ درصد کاهش می‌دهد (۱).

هریرو و جانسون (۱۶) دریافتند که بیشترین حساسیت خشکی در چرخه زندگی گیاه ذرت در مرحله نمو گلچه‌ها و باروری گلچه‌ها است، و تنش خشکی حتی در زمانی کوتاه باعث کاهش عملکرد می‌شود. همچنین، تنش خشکی در طول گل‌دهی باعث غیر هم‌زمان شدن پیدایش اندام‌های نر و ماده ذرت می‌شود و فاصله آغاز گل‌دهی گل‌تاجی تا فاصله کاکل‌دهی افزایش پیدا می‌کند، و در نتیجه باعث کاهش عملکرد ذرت می‌شود. تنش خشکی، که هم‌زمان با تقسیم میوز در گل‌تاجی رخ می‌دهد، باعث سترون شدن گرده و کاهش شدید عملکرد می‌شود.

اویاتار و همکاران (۲۴) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه در ذرت می‌شود و این کاهش عملکرد دانه بیشتر به سبب کاهش شمار دانه نسبت به وزن دانه‌هاست. همچنین، گزارش شده که تنش خشکی در طول مدت پر شدن دانه اغلب باعث کاهش شمار دانه و وزن دانه‌ها می‌شود، چون تنش آب ۱۰ روزه در مرحله تأخیر (۲ تا ۱۲ روز پس از رسیدن گرده به کاکل) باعث کاهش معنی‌دار، ولی موقت انباشته شدن ماده خشک در دانه شد، اما وزن نهایی دانه تحت تأثیر قرار نگرفت. در تیمار تنش خشکی، از دو روز پس از رسیدن گرده به کاکل تا رسیدن، آهنگ پر شدن دانه احتمالاً از طریق افزایش در دسترس بودن ذخایر ساقه تا ۲۴ روز ثابت ماند، ولی پس از آن پر شدن دانه متوقف شد. بنابراین، به دلیل کاهش طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه ۵۰ درصد کاهش یافت (۲۴ و ۲۵).

اک (۹) بیان می‌کند که تنش خشکی دو تا سه هفته پس از گرده افشانی تنها وزن خشک دانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تأثیری بر شمار دانه در هر بوته ندارد.

گران و همکاران (۱۲) معتقدند بیشترین اثر تنش خشکی بر وزن دانه در خلال پر شدن دانه‌هاست و اصولاً تنش‌هایی که پس از کاکل‌دهی به وقوع می‌پیوندد باعث کوچک شدن دانه‌ها می‌شود، و بر شمار دانه‌ها اثری نمی‌گذارد. همچنین، وزن دانه بر اثر تنش خشکی در طی پر شدن دانه کاهش یافت، و کمترین وزن یعنی ۵۱ درصد شاهد، مربوط به تنشی بود که ۱۲ تا ۱۶ روز پس از پیدایش کاکل رخ داد.

بر پایه پژوهشی که میرهادی و کویاشی (۲۱) انجام دادند، کمبود رطوبت خاک در مرحله خوشه‌دهی از طویل شدن گل‌آذین در گیاه ذرت خوشه‌ای جلوگیری می‌کند. همچنین، کمبود رطوبت خاک در آغاز مرحله پر شدن دانه‌ها، وزن خوشه، شمار دانه در خوشه، وزن خشک خوشه و وزن هزار دانه را کاهش می‌دهد.

وستگیت و بویر (۳۲) گزارش کردند تلفات عملکرد در تیمار تنش خشکی، که در اواسط پر شدن دانه رخ می‌دهد، مربوط به کاهش اندازه دانه است. همچنین، در تیمار تنش خشکی، که در اوایل پر شدن دانه ایجاد شد، بخشی از کاهش عملکرد مربوط به کاهش اندازه دانه بود.

تی‌یر و پیت (۱) معتقدند حداکثر مصرف آب به وسیله ذرت حدود زمان کاکل‌دهی یا بلافاصله پس از آن است. پژوهش‌ها گویای آن است که کمبود آب در هنگام پیدایش گل‌تاجی و کاکل‌دهی باعث بیشترین کاهش در عملکرد می‌شود.

نیتروژن عنصری کلیدی در تغذیه گیاهان به حساب می‌آید (۲۶) و گیاهان به آن پاسخ‌های متفاوت می‌دهند. نیاز ذرت به نیتروژن با توجه به شرایط آب و هوایی، نوع خاک و تناوب زراعی متفاوت است (۵ و ۱۳).

هی و واکر (۱۵) بیان می‌کنند که از برخی تجزیه و تحلیل‌ها مشخص می‌شود که وزن هر دانه ممکن است با

گل‌دهی تعیین کننده میزان دانه نشینی در بلال است، و کمبود نیتروژن شمار دانه را از طریق کاهش مواد پرورده کاهش می‌دهد. این گزارش هم‌چنین گویای آن است که کمبود نیتروژن عملکرد دانه را از طریق کاهش شمار و وزن دانه کم می‌کند.

یوهارت و آندرید (۳۱) گزارش دادند که در تیمارهای کمبود نیتروژن، عملکرد دانه و شمار دانه به طور معنی‌دار کاهش پیدا کرد. علت از بین رفتن دانه‌ها ممکن است ناباروری یا افزایش سقط و یا تکامل نیافتن آنها باشد. خات و عمرانی (۱۹) اعلام کردند که عملکرد ذرت دانه‌ای با کاربرد نیتروژن به میزان ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب ۲/۵۷، ۳/۱۱، ۴/۸۱ و ۴/۴۵ تن در هکتار بوده است. آنها هم‌چنین دریافتند که درصد شاخص قدرت جوانه‌زنی و وزن خشک دانه‌ها تحت تأثیر تیمار نیتروژن قرار نگرفت.

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر کود نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش مزرعه‌ای در بهار و تابستان ۱۳۷۸ در مرکز تحقیقات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، واقع در کوشکک (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 دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار اجرا شد. خاک مزرعه از نوع رامجرد (Fine, mixed, Calcixerollic Xerochrepts)، و میزان نیتروژن کل خاک ۰/۱۸۵ درصد بود.

فاکتورهای مورد بررسی عبارت بود از مقادیر مختلف کود نیتروژن در چهار سطح صفر، ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره، و سه سطح آبیاری (تیمار اول: قطع آبیاری در آغاز مرحله شیری شدن دانه، تیمار دوم:

عواملی مانند کود نیتروژن، تراکم جمعیت دانه تولید شده و میزان تنش محیطی (خشکی، بیماری، خوابیدگی و ...)، که تعیین کننده طول دوره پر شدن دانه پس از گل‌دهی هستند، افزایش یابد، کم شود یا بی‌تأثیر باقی بماند. به نظر می‌رسد زمان مصرف نیتروژن به طور نسبی تأثیر اندکی بر وزن دانه داشته، ولی تأثیری بسیار چشم‌گیر بر محتوای نیتروژن دانه دارد.

براندا و بیلو (۴) دریافتند که کمبود نیتروژن باعث کاهش معنی‌داری در شمار دانه در بلال، و در نتیجه باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. بیشترین میزان جذب نیتروژن در ذرت در مراحل پیدایش اندام‌های نر و ماده صورت می‌گیرد.

اویکه و همکاران (۲۲) پنج واریته ذرت را تحت چهار تیمار کود نیتروژن قرار دادند و مشاهده کردند که با افزایش تیمار کودی عملکرد دانه و وزن دانه برای همه واریته‌ها افزایش پیدا کرد.

چیزویکس و بیلو (۶) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های ذرت نسبت به سطوح مختلف کود نیتروژن تفاوت وزن دانه نشان می‌دهند، که ممکن است به علت بهره‌برداری نیتروژن برای ذخیره نشاسته یا برای رشد باشد.

هانوی (۱۴) گزارش کرد که اثر اصلی نیتروژن در افزایش عملکرد از طریق افزایش شمار دانه است. هم‌چنین، در بسیاری از داده‌های آزمایش در پژوهش فوق، وزن دانه در اثر کود نیتروژن افزایش پیدا کرده بود.

یوهارت و آندرید (۳۰ و ۳۱) اظهار داشتند کمبود نیتروژن عملکرد دانه را کم می‌کند، زیرا کمبود نیتروژن هم شمار دانه و هم وزن دانه را کاهش می‌دهد. در اثر کمبود نیتروژن، وزن دانه ۹ تا ۲۵ درصد، و عملکرد دانه بین ۱۴ تا ۸۰ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش پیدا کرد.

گیراردین و همکاران (۱۱) گزارش کردند که کمبود نیتروژن در طول مرحله جوانه‌زنی تا گسترش برگ‌های شش و هفت، شمار دانه در بلال را کاهش می‌دهد. هم‌چنین، نشان داده شده است که کربوهیدرات و نیتروژن ذخیره شده در طول دوره

قطع آبیاری در آغاز مرحله خمیری شدن دانه و تیمار سوم: آبیاری برابر نیاز آبی گیاه تا پایان فصل رشد).

آبیاری گیاه بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A، هر هفت روز یک بار صورت گرفت. بدین منظور، تبخیر روزانه از تشتک تبخیر اندازه‌گیری، و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی، که با استفاده از روش FAO محاسبه شده بود (۲)، تبخیر-تعرق گیاه مرجع و تبخیر-تعرق ذرت در شرایط مزرعه تعیین شد. سپس با در نظر گرفتن کارایی ۸۰ درصد برای آبیاری در مزرعه، میزان آب آبیاری برای دور هفت روز تعیین و اجرا گردید. آب مورد نیاز هر کرت به وسیله سیفون، و با توجه به ارتفاع سطح آب در جوی اصلی و در هر کرت تأمین شد.

تیمار کود نیتروژن در دو مرحله (یک سوم پیش از کاشت و دو سوم در مرحله شش برگگی) در واحدهای آزمایشی اعمال شد. فسفر به میزان ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به صورت پیش‌کاشت استفاده گردید. زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت گندم بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم در پاییز و دو دیسک عمود بر هم در اردیبهشت، ایجاد جوی و پشته، ایجاد نه‌رها و کرت‌بندی بود. کرت‌ها پنج ردیف ۸ متری داشتند. کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر در هر ردیف و با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر صورت گرفت، و هر کرت توسط دو ردیف نکاشت از کرت بعدی جدا می‌شد.

کاشت در هشتم خرداد ۱۳۷۸ با قرار دادن سه بذر در هر کپه با عمق کاشت ۵-۶ سانتی‌متر با دست انجام پذیرفت. میزان بذر مصرفی ۴۹ کیلوگرم در هکتار بود. بوته‌ها پس از سبز شدن، در مرحله ۲-۴ برگگی به یک بوته در هر کپه تنک شدند. مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز بر اساس نسبت ترکیبی آترازین (با ماده مؤثر ۸۰ درصد به میزان یک کیلوگرم در هکتار) و لاسو یا آلاکلر (با ماده مؤثر ۴۸ درصد به میزان ۲/۵ کیلوگرم در هکتار) به صورت پیش از کاشت، و در زمان شش برگگی با استفاده از ترکیب آترازین (یک کیلوگرم در هکتار) و 2,4-D (۲/۵ لیتر در هکتار) صورت گرفت. در مراحل بعدی، وجین دستی در طول رشد گیاه به طور مرتب انجام شد.

برداشت نهایی در تاریخ هفتم مهرماه به هنگام رسیدن فیزیولوژیک دانه‌ها، که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص می‌شد، صورت گرفت. در برداشت نهایی، ۲۰ بوته از وسط هر کرت از سطح خاک بریده شد. شمار دانه در هر ردیف بلال، وزن کل دانه، وزن هزار دانه، طول بلال، قطر بلال، شمار دانه در بلال، شمار ردیف در هر بلال، وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک تعیین شد. برای تعیین وزن هزار دانه، پنج نمونه صد تایی به صورت تصادفی از دانه‌های جدا شده از بلال انتخاب و وزن آنها اندازه گرفته شد. قطر بلال نیز در بیشترین قسمت آن با کولیس اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد دانه بر مبنای صفر درصد رطوبت محاسبه گردید.

کلیه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه‌های گرافیکی WINWORD، HARVARD GRAPHIC و EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک بلال و اجزای تشکیل دهنده آن

کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال و شمار دانه در هر ردیف بلال گردید (جدول ۱). همان‌گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود میان سطوح کودی از ۹۲ به ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، اختلاف معنی‌دار بین وزن نهایی بلال وجود ندارد، اگرچه یک روند افزایشی با افزایش کود نیتروژن مشاهده می‌شود. در سطح صفر کود نیتروژن با بقیه سطوح کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری در وزن نهایی بلال وجود دارد. این یافته تأییدی بر یافته‌های پژوهندگانی است که نشان داده‌اند کمبود نیتروژن و یا افزایش نیتروژن بر وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال و شمار دانه در هر ردیف بلال اثر می‌گذارد (۴، ۸، ۳۰ و

جدول ۱. اثر کود نیتروژن بر وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال، شمار دانه در هر ردیف بلال و شمار ردیف در هر بلال ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

تیمار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	وزن نهایی بلال (گرم در بلال)	وزن چوب بلال (گرم در بلال)	طول بلال (سانتی متر)	قطر بلال (سانتی متر)	شمار دانه در هر ردیف بلال	شمار ردیف در هر بلال
صفر	۱۲۶/۲ ^b	۱۹/۲۳ ^b	۱۹/۳۲ ^b	۴/۵۰ ^b	۳۹ ^c	۱۲ ^a
۹۲	۱۵۶/۹ ^a	۲۱/۹۴ ^{ab}	۲۰/۸۱ ^{ab}	۴/۶۶ ^{ab}	۴۲ ^{bc}	۱۳ ^a
۱۸۴	۱۶۸/۱ ^a	۲۶/۰۳ ^a	۲۱/۴۳ ^a	۴/۷۰ ^a	۴۴ ^{ab}	۱۳ ^a
۲۷۶	۱۸۱/۳ ^a	۲۷/۳۵ ^a	۲۲/۲۲ ^a	۴/۷۶ ^a	۴۸ ^a	۱۳ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۰/۵).

خشکی زیاد باعث کاهش وزن دانه‌های بلال شده است. اثر متقابل کود نیتروژن و قطع آبیاری بر وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال و شمار ردیف در هر بلال معنی‌دار بود، ولی بر طول بلال، قطر بلال و شمار دانه در هر ردیف بلال معنی‌دار نبود (جدول ۳).

عملکرد و اجزای عملکرد

تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد نهایی دانه و وزن هزار دانه گردید (جدول ۴). هرچند کمبود رطوبت اجزای عملکرد دانه را به طور معنی‌دار تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۴)، اثر کاهشی این پارامترها در شرایط تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه شد. از آن جا که شمار نهایی دانه در حدود دو یا سه هفته پس از گرده‌افشانی تعیین می‌شود (۱۰، ۱۸، ۲۰ و ۲۱) و تنش‌هایی که پس از کاکل‌دهی به وقوع می‌پیوندد باعث کوچک شدن دانه‌ها می‌شود و بر شمار دانه‌ها اثر نمی‌گذارد (۱۲)، در آزمایش حاضر چون تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه (پس از گرده‌افشانی) بوده است تأثیر معنی‌داری بر این جزء مهم از عملکرد دانه (شمار دانه) نداشته، ولی باعث کاهش وزن هزار دانه شده است. اویاتار و همکاران (۲۵) و گرانت و همکاران (۱۲) نیز نتایج مشابهی به دست آوردند.

تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد دانه، شمار دانه در بلال، وزن دانه در بلال و وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۵). با افزودن ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، عملکرد دانه، شمار دانه

(۳۱). هم‌چنین، در وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال و شمار دانه در هر ردیف بلال، با افزایش کود نیتروژن روند افزایشی وجود دارد (جدول ۱).

تنش خشکی باعث اختلاف معنی‌داری در وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال، شمار دانه در هر ردیف بلال و تعداد ردیف در هر بلال نشد (جدول ۲). گرچه وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال و طول بلال با افزایش تنش خشکی روند کاهشی داشت، ولی این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۲). می‌توان علت را این دانست که چون تنش خشکی در طول مدت پر شدن دانه بر گیاه اعمال شده و وزن خشک بلال و اجزای آن پیش از تنش خشکی تعیین می‌شود، بنابراین تنش خشکی بر آنها زیاد اثر نگذاشته است، و یا به دلیل این است که تنش خشکی اغلب در مزرعه آهسته‌تر از آزمایش‌های گلخانه‌ای صورت می‌گیرد. بنابراین، ممکن است در شرایط پژوهش حاضر، سازگاری گیاه با شرایط در حال تغییر، مانع از بروز تأثیر معنی‌دار تیمار خشکی بر وزن خشک بلال شده باشد. از سوی دیگر، معنی‌دار نبودن تأثیر تنش خشکی بر شمار ردیف در هر بلال (جدول ۲) نشان دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه است. از آن جا که شمار نهایی ردیف در هر بلال پیش از بقیه اجزای عملکرد روی ناحیه نمودی (Shoot apex) بلال تعیین می‌شود (۱۴)، احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف دانه در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای مواد پرورده وجود نداشته است، و تنش

جدول ۲. اثر قطع آبیاری بر وزن نهایی بلال، طول بلال، قطر بلال، شمار دانه در هر ردیف بلال و شمار دانه در هر بلال ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

تیمار قطع آبیاری	وزن نهایی بلال (گرم در بلال)	وزن چوب بلال (گرم در بلال)	طول بلال (سانتی متر)	قطر بلال (سانتی متر)	شمار دانه در هر ردیف بلال	شمار دانه در هر بلال
مرحله شیری شدن دانه	۱۴۹/۵ ^a	۲۲/۱۴ ^a	۲۲/۰۴ ^a	۴/۷۷ ^a	۴۳ ^a	۱۳ ^a
مرحله خمیری شدن دانه	۱۵۸/۸ ^a	۲۵/۵۷ ^a	۲۲/۶۱ ^a	۴/۸۶ ^a	۴۴ ^a	۱۲ ^a
مطلوب	۱۶۶/۰ ^a	۲۳/۲۰ ^a	۲۳/۷۷ ^a	۴/۷۴ ^a	۴۴ ^a	۱۳ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۳. برهمکنش کود نیتروژن و قطع آبیاری بر وزن نهایی بلال، وزن چوب بلال، طول بلال، قطر بلال، شمار دانه در هر ردیف بلال و شمار ردیف در هر بلال ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

تیمار قطع آبیاری	کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	وزن نهایی بلال (گرم در بلال)	وزن چوب بلال (گرم در بلال)	طول بلال (سانتی متر)	قطر بلال (سانتی متر)	شمار دانه در هر ردیف بلال	شمار دانه در هر بلال
مرحله شیری شدن دانه	۰	۱۱۴/۵ ^c	۱۷/۱۸ ^d	۲۰/۲۵ ^a	۴/۶۴ ^a	۳۷ ^a	۱۱ ^{cd}
شدن دانه	۹۲	۱۳۲/۹۳ ^a	۲۶/۱۳ ^{abc}	۲۲/۸۹ ^a	۴/۹۱ ^a	۴۴ ^a	۱۱ ^{cd}
	۱۸۴	۱۳۱/۱ ^{bc}	۲۰/۳۴ ^{cd}	۲۱/۷۶ ^a	۴/۸۱ ^a	۴۲ ^a	۱۵ ^a
	۲۷۶	۱۵۹/۵ ^{abc}	۲۴/۸۹ ^{bcd}	۲۳/۲۵ ^a	۴/۷۲ ^a	۴۹ ^a	۱۴ ^{ab}
مرحله خمیری شدن دانه	۰	۱۱۶/۸ ^c	۱۸/۸۹ ^{cd}	۲۰/۶۹ ^a	۴/۶۵ ^a	۳۹ ^a	۱۱ ^{cd}
شدن دانه	۹۲	۱۲۸/۹ ^{bc}	۱۹/۵۸ ^{cd}	۲۲/۱۸ ^a	۴/۷۷ ^a	۴۲ ^a	۱۵ ^a
	۱۸۴	۱۹۳/۳ ^a	۳۳/۰۴ ^a	۲۳/۶۷ ^a	۴/۸۸ ^a	۴۶ ^a	۱۰ ^d
	۲۷۶	۱۹۶/۱ ^a	۳۰/۷۶ ^{ab}	۲۳/۸۸ ^a	۵/۱۳ ^a	۵۰ ^a	۱۱ ^{cd}
مطلوب	۰	۱۴۷/۴ ^{abc}	۲۱/۶۲ ^{cd}	۲۱/۹ ^a	۴/۲۱ ^a	۴۰ ^a	۱۲ ^{bcd}
	۹۲	۱۴۸/۶ ^{abc}	۲۰/۱۱ ^{cd}	۲۲/۸۱ ^a	۴/۲۹ ^a	۴۰ ^a	۱۲ ^{bcd}
	۱۸۴	۱۷۹/۷ ^{ab}	۲۴/۶۹ ^{bcd}	۲۳/۲۵ ^a	۴/۴۲ ^a	۴۵ ^a	۱۳ ^{abc}
	۲۷۶	۱۸۸/۲ ^a	۲۶/۳۹ ^{abc}	۲۳/۹۱ ^a	۴/۴۲ ^a	۴۶ ^a	۱۳ ^{abc}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۴. اثر قطع آبیاری بر عملکرد دانه، شمار دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، کارایی استفاده از آب و شاخص برداشت ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

تیمار قطع آبیاری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شمار دانه در بلال	وزن دانه در بلال (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	کارایی استفاده از آب (گرم دانه در لیتر آب)	شاخص برداشت (درصد)
مرحله شیری شدن دانه	۸۴۹۳ ^b	۵۳۸ ^a	۱۲۷/۴ ^a	۲۲۹/۷ ^b	۱۷۹۷۱ ^{ab}	۱/۴۴۳ ^a	۴۷/۲۶ ^a
مرحله خمیری شدن دانه	۸۸۸۲ ^b	۵۶۵ ^a	۱۳۳/۲ ^a	۲۵۲/۱ ^a	۱۷۶۲۳ ^{ab}	۱/۲۷۴ ^b	۵۰/۴۰ ^a
مطلوب	۱۰۶۸۰ ^a	۵۴۵ ^a	۱۴۲/۸ ^a	۲۵۸/۸ ^a	۱۹۹۱۴ ^a	۱/۰۵۹ ^b	۵۳/۶۳ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

کاهش در وزن دانه در بلال و وزن هزار دانه نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشت (جدول ۵)، ولی میان سطوح کود نیتروژن ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص اختلاف معنی داری دیده نشد. این موضوع به خوبی نشان می دهد که خاک محل اجرای آزمایش دارای نیتروژن قابل استفاده کافی برای تأمین عملکرد و اجزای عملکرد بوده است. بنابراین، با اعمال کود نیتروژن در سطوح ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص اختلاف معنی دار در عملکرد و اجزای عملکرد به وجود نیامد. همچنین، حداکثر عملکرد دانه در تیمار ۲۷۶ کیلوگرم کود نیتروژن به دست آمد. با این حال، اثر افزایشی این پارامترها باعث افزایش عملکرد دانه شد. خات و عمرانی (۱۹) در سطوح صفر، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، اوپکه و همکاران (۲۳) در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، شارما و میشر (۲۸) در سطوح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، یوهارت و آندرید (۳۰ و ۳۱) در سطوح صفر، ۴۴ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، و اک (۸) در سطوح صفر، ۷۰، ۱۴۰، ۲۱۰، ۲۸۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نیز نتایج مشابهی به دست آوردند.

شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و کارایی استفاده از آب

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی دار نبود (جدول ۴). می توان نتیجه گرفت که عملاً شاخص برداشت ثابت است، زیرا همان طور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می شود، وزن خشک کل نیز کم می شود، مگر این که تنش شدید، عملکرد دانه را به میزان زیاد کاهش دهد، و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند. ولی چون در آزمایش حاضر تنش خشکی زیاد نبود، بنابراین شاخص برداشت در میان تیمارهای مختلف قطع آبیاری اختلاف معنی داری نداشت، اگرچه روند افزایشی به سمت آبیاری مطلوب باعث افزایش شاخص برداشت شد (جدول ۴). شایان ذکر است که سینکлер و همکاران (۲۹) نیز دریافتند شاخص برداشت در ذرت کمتر تحت تأثیر تنش خشکی واقع می شود.

کود نیتروژن تأثیر معنی داری بر عملکرد بیولوژیک داشت، ولی بر شاخص برداشت اثر معنی دار نداشت (جدول ۵). میان تیمارهای ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، در عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی دار دیده نشد، ولی کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار صفر کود نیتروژن بود. کمبود نیتروژن احتمالاً به علت کاهش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و نسبت فتوسنتز گیاه زراعی را کاهش می دهد. همچنین، چون باعث کاهش در گرفتن نور و کاهش کارایی استفاده از نور می شود، در نتیجه هنگامی که میزان کود نیتروژن کم باشد عملکرد بیولوژیک گیاه کاهش می یابد. ولی، شاخص برداشت در بین سطوح کود نیتروژن تفاوت معنی داری نداشت (جدول

در بلال، وزن دانه در بلال و وزن هزار دانه نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشت (جدول ۵)، ولی میان سطوح کود نیتروژن ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص اختلاف معنی داری دیده نشد. این موضوع به خوبی نشان می دهد که خاک محل اجرای آزمایش دارای نیتروژن قابل استفاده کافی برای تأمین عملکرد و اجزای عملکرد بوده است. بنابراین، با اعمال کود نیتروژن در سطوح ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص اختلاف معنی دار در عملکرد و اجزای عملکرد به وجود نیامد. همچنین، حداکثر عملکرد دانه در تیمار ۲۷۶ کیلوگرم کود نیتروژن به دست آمد. با این حال، اثر افزایشی این پارامترها باعث افزایش عملکرد دانه شد. خات و عمرانی (۱۹) در سطوح صفر، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، اوپکه و همکاران (۲۳) در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، شارما و میشر (۲۸) در سطوح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، یوهارت و آندرید (۳۰ و ۳۱) در سطوح صفر، ۴۴ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، و اک (۸) در سطوح صفر، ۷۰، ۱۴۰، ۲۱۰، ۲۸۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نیز نتایج مشابهی به دست آوردند.

برهمکنش اثر نیتروژن و تنش خشکی بر عملکرد دانه، شمار دانه در بلال، وزن دانه در بلال و وزن هزار دانه معنی دار بود (جدول ۶). با افزایش کود نیتروژن، عملکرد دانه ذرت افزایش یافت، که این افزایش به دلیل افزایش شمار دانه در بلال و وزن دانه بود. عمده ترین اثر نیتروژن در افزایش عملکرد از طریق افزایش شمار دانه بود. چون تنش خشکی در طول مدت پر شدن دانه بوده است باعث کاهش در وزن دانه شده و کمتر باعث کاهش شمار دانه می شود (جدول ۶). در مورد برهمکنش اثر نیتروژن و تنش خشکی بر اجزای عملکرد، اک (۸) بیان می کند که عمده ترین اثر نیتروژن در افزایش عملکرد از طریق افزایش شمار دانه است. همچنین، تنش خشکی ذرت در طول مرحله رشد رویشی، عملکرد را از طریق شمار دانه کاهش می دهد، و تنش خشکی در طول مدت پر شدن دانه باعث

جدول ۵. اثر کود نیتروژن بر عملکرد دانه، شمار دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، کارایی استفاده از آب و شاخص برداشت ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

تیمار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شمار دانه در بلال	وزن دانه در بلال (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	کارایی استفاده از آب (گرم دانه در لیتر آب)	شاخص برداشت (درصد)
صفر	۷۷۴۵ ^b	۴۵۲ ^b	۱۰۷ ^b	۲۳۳/۴ ^b	۱۵۷۳۹ ^c	۱/۰۸۶ ^b	۴۹/۲۱ ^a
۹۲	۹۵۹۸ ^a	۵۴۱ ^a	۱۳۴/۹ ^a	۲۴۸/۴ ^a	۱۸۴۵۸ ^b	۱/۳۶۲ ^a	۵۲ ^a
۱۸۴	۹۸۰۶ ^a	۵۶۹ ^a	۱۴۲ ^a	۲۵۰/۷ ^a	۲۰۱۹۴ ^a	۱/۲۴۵ ^{ab}	۴۸/۵۶ ^a
۲۷۶	۱۰۲۵۰ ^a	۶۰۷ ^a	۱۵۳/۹ ^a	۲۵۵/۰ ^a	۱۹۷۳۱ ^a	۱/۳۰۵ ^{ab}	۵۱/۹۵ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۰/۵).

جدول ۶. برهمکنش کود نیتروژن و قطع آبیاری بر عملکرد دانه، شمار دانه در بلال، وزن دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، کارایی استفاده از آب و شاخص برداشت ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

تیمار قطع آبیاری	کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شمار دانه در بلال	وزن دانه در بلال (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	کارایی استفاده از آب (گرم دانه در لیتر آب)	شاخص برداشت (درصد)
مرحله	۰	۶۴۸۷ ^c	۴۴۹ ^{cde}	۹۷/۳ ^c	۲۱۷/۵ ^e	۱۳۶۵۴ ^{cd}	۱/۳۸ ^a	۴۷/۵۱ ^a
شیری شدن	۹۲	۸۹۷۵ ^{abc}	۴۶۹ ^{cde}	۱۰۶/۸ ^{bc}	۲۳۲/۸ ^{de}	۱۷۷۳۰ ^{abc}	۱/۴۱۶ ^a	۵۰/۶۲ ^a
دانه	۱۸۴	۷۳۸۷ ^{bc}	۶۹۰ ^a	۱۱۰/۸ ^{bc}	۲۳۲/۶ ^{de}	۱۶۹۰۰ ^{bc}	۱/۵۱۸ ^a	۴۳/۷۱ ^a
۲۷۶	۸۹۷۵ ^{abc}	۷۰۱ ^a	۱۳۴/۶ ^{abc}	۲۳۶/۰ ^{cde}	۱۹۰۱۱ ^{ab}	۱/۴۵۹ ^a	۴۷/۲۱ ^a	
مرحله	۰	۶۵۲۵ ^c	۴۰۹ ^e	۹۷/۸۷ ^c	۲۳۸/۲ ^{bcd}	۱۳۷۵۷ ^{cd}	۱/۰۶۹ ^a	۴۷/۴۳ ^a
خمیری شدن	۹۲	۷۲۹۱ ^{bc}	۶۶۱ ^{ab}	۱۰۹/۴ ^{bc}	۲۵۲/۵ ^{abcd}	۱۴۱۵۷ ^{bc}	۱/۲۸۴ ^a	۵۱/۵ ^a
دانه	۱۸۴	۱۰۶۹۰ ^a	۴۳۴ ^{de}	۱۶۰/۳ ^a	۲۵۵/۷ ^{abcd}	۲۱۱۲۲ ^a	۱/۲۹۷ ^a	۵۰/۶۱ ^a
۲۷۶	۱۱۰۳۰ ^a	۵۱۶ ^{bcd}	۱۶۵/۴ ^a	۲۶۲/۰ ^{abc}	۲۱۱۸۳ ^a	۱/۳۳۶ ^a	۵۲/۰۷ ^a	
مطلوب	۰	۱۰۲۲۰ ^{ab}	۴۹۷ ^{cde}	۱۲۵/۸ ^{abc}	۲۴۴/۴ ^{abcd}	۱۹۳۹۲ ^{ab}	۰/۸۰۸ ^a	۵۲/۷ ^a
۹۲	۱۰۳۸۰ ^a	۴۹۴ ^{cde}	۱۲۸/۵ ^{abc}	۲۵۹/۹ ^{abc}	۱۹۲۷۲ ^{ab}	۱/۳۸۶ ^a	۵۳/۸۶ ^a	
۱۸۴	۱۱۳۴۰ ^a	۵۸۳ ^{abcd}	۱۵۵/۰ ^{ab}	۲۶۳/۹ ^{ab}	۲۲۰۸۳ ^a	۰/۹۲ ^a	۵۱/۳۵ ^a	
۲۷۶	۱۰۷۶۰ ^a	۶۰۶ ^{abc}	۱۶۱/۸ ^a	۲۶۷/۱ ^a	۱۹۰۱۷ ^{ab}	۱/۱۱۹ ^a	۵۶/۵۸ ^a	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۰/۵).

آب مشاهده می‌شود. ولی با قطع آبیاری در مرحله خمیری شدن و آبیاری مطلوب اختلاف معنی‌داری به وجود نمی‌آید (جدول ۴). پژوهندگان زیادی مانند اتیگویی و همکاران (۲۳)، آلن و مازیک (۳)، هوکر (۱۷)، سپاسخواه و کامگارحقیقی (۲۷) افزایش کارایی مصرف آب را در نتیجه اعمال تنش خشکی گزارش کرده‌اند.

اثر کود نیتروژن بر کارایی استفاده از آب معنی‌دار بود (جدول ۵). همان‌گونه که در جدول ۵ دیده می‌شود، با افزایش

هی و واکر (۱۵) بیان می‌کنند که به نظر می‌رسد در مدیریت نوین گیاه زراعی، شاخص برداشت یک رقم معین صفت ثابتی است که حتی در شرایط تنش تغییر اندکی می‌کند، که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

اثر متقابل کود نیتروژن و قطع آبیاری بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۶). تأثیر تنش خشکی بر کارایی استفاده از آب معنی‌دار بود (جدول ۴). اگر در مرحله شیری شدن دانه آبیاری قطع شود بیشترین کارایی استفاده از

آمونیم و کاهش تلفات آب از سطح خاک می‌شود. هم‌چنین، کود نیتروژن کافی عملکرد دانه ذرت را تحت شرایط تنش خشکی به مقدار کم افزایش می‌دهد، ولی با آبیاری کامل، عملکرد دانه ذرت به مقدار زیاد افزایش می‌یابد. حداکثر عملکرد دانه ذرت در تیمار ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به دست آمد، اگرچه بین تیمارهای ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. حداکثر عملکرد دانه ذرت در آبیاری مطلوب بود. حداکثر کارایی استفاده از آب نیز در میان تیمارهای آبیاری، در قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه بود، و هرچه تنش خشکی کم شد کارایی استفاده از آب کاهش یافت.

کود نیتروژن کارایی استفاده از آب روند افزایشی دارد، ولی روند خاصی ندارد. یوهارت و آندرید (۳۱) بیان می‌کنند با افزایش کودهای نیتروژن کارایی استفاده از آب بیشتر می‌شود. اثر متقابل کود نیتروژن و قطع آبیاری بر کارایی استفاده از آب معنی‌دار نبود (جدول ۶).

گیاهان چهارکربنه مانند ذرت، به دلیل کمتر بودن نسبت تعرق، بهترین واکنش را به آبیاری از خود نشان می‌دهند. آبیاری علاوه بر اطمینان بیشتر و سطح بالای عملکرد، استفاده از سایر نهاده‌های با ارزش را نیز ممکن می‌سازد. از جمله برهمکنش‌های مفید بین آب و نیتروژن می‌توان به رشد سریع‌تر برگ در سطوح بالای نیتروژن اشاره نمود، که سرعت بسته شدن کانوپی را افزایش داده، موجب به حداقل رساندن تبخیر

منابع مورد استفاده

۱. تی‌یر، 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.
۲. کونکا، ار. اچ. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. (ترجمه ا. علیزاده). انتشارات آستان قدس، دانشگاه امام رضا، مشهد.
3. Allen, R. R. and J. T. Musick. 1993. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. *Trans. ASAE* 36(4): 1123-1129.
4. Brandau, P. S. and F. E. Below. 1992. Nitrogen supply and reproductive development of maize. *Agron. Abst., ASA, Madison, WI.*
5. Bundy, L. G., T. W. Andraski and R. P. Wolkowski. 1993. Nitrogen credits in soybean-corn crops: sequences on three soils. *Agron. J.* 85: 1061-1067.
6. Czyzewics, J. R. and F. E. Below. 1994. Genotypic variation for nitrogen uptake by maize kernels grown *In vitro*. *Crop Sci.* 34: 1003-1008.
7. Denmead, O. T. and R. H. Shaw. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52: 272-274.
8. Eck, H. V. 1984. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agron. J.* 76: 421-428.
9. Eck, H. V. 1986. Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn. *Agron. J.* 78:1035-1040.
10. Frey, R. L. and J. Janick. 1971. Response of corn to population pressure. *Crop Sci.* 11: 220-224.
11. 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.
12. Grant, R. F., B. C. Jackson, J. R. Kiniry and G. F. Arkin. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. *Agron. J.* 81: 61-65.
13. Green, C. J. and A. M. Blackmer. 1995. Residue decomposition effects on nitrogen availability to corn following corn or soybean. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1065-1070.
14. Hanway, J. J. 1992. How a corn plant develops. *Iowa Coop. Ext. Serv. Spec. Rep.*

15. Hay, R. K. M., and A. J. Walker. 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. John Wiley & Sons, Inc., New York.
16. Herrero, M. P. and R. R. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. *Crop Sci.* 21: 105-110.
17. Hooker, M. L. 1985. Grain sorghum yield and yield component response to timing and number of irrigations. *Agron. J.* 77: 810-812.
18. Johnson, D. R. and J. W. Tanner. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn. *Crop Sci.* 12: 485-486.
19. Khot, R. B. and N. K. Umrani. 1992. Seed yield and quality parameters of Africa tall maize (*Zea mays* L.) as influenced by spacing and level of nitrogen. *Indian J. Agric. Sci.* 37: 183-184.
20. Ludlow, M. M. and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Adv. Agron.* 43: 107-153.
21. Mirhadi, M. J. and Y. Kobayashi. 1979. Study on productivity of grain sorghum. 2. Effect on wilting treatment at different stages of growth on the development, nitrogen uptake and yield of irrigation sorghum. *Jap. J. Crop Sci.* 48(4): 531-542.
22. Oikeh, S. O., J. G. Kling and A. E. Okoruwa. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the west African moist savanna. *Crop Sci.* 38: 1056-1061.
23. Otegui, M. E., F. H. Anderson and E. E. Suero. 1995. Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. *Field Crop Res.* 40: 87-94.
24. 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.
25. Ouattar, S., R. J. Jones, R. K. Crookston and M. Kajeiou. 1987. Effect of drought on water relations of development maize kernels. *Crop Sci.* 27: 730-735.
26. 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.
27. Sepaskhah, A. R. and A. A. Kamgar-Haghighi. 1997. Water use and yield of sugar beet grown under every other furrow irrigation with different intervals. *Agric. Water Manage.* 34: 71-79.
28. Sharma, M. L. and V. K. Mishra. 1986. Effect of inoculation and levels of nitrogen on growth, yield and quality of wheat (T. Narmada). *Madras Agric. J.* 73: 69-100.
29. 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.
30. Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995a. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter-partitioning, and kernel sey. *Crop Sci.* 35: 1376-1383.
31. Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995b. Nitrogen deficiency in maize. II. Effects on crop carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Sci.* 35: 1384-1389.
32. 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.