"مجله علوم زراعي ايران"
جلد چهارم، شماره ۳، ۱۳۸۱

تأثير تنش آب و مقادير مختلف نيتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملكرد و اجزاء عملكرد ذرت

Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.)

علی سپهری[۱]، سید علی محمد مدرس ثانوی[۲]، بهزاد قره یاضی[۳] و یدالّه یمینی[۴]

چكيده

گياهان در معرض عوامل تنش زاي محيطي قرار دارند. در اين رابطه مقدار آب و نيتروژن قابل دسترس از مهم ترين عوامل محدود كنندة توليد گياهان زراعي محسوب مي شوند. به منظور بررسي اثر تنش كمبود آب و مقادير مختلف نيتروژن بر مراحل نمو و رشد، عملكرد و اجزاء عملكرد ذرت دانه اي دو آزمايش مزرعه اي مستقل از هم به صورت فاكتوريل در قالب طرح بلوك هاي كامل تصادفي در سال زراعي ۱۳۸۰ انجام شد. ارقام ذرت سينگل كراس ۱۰۸ و سينگل كراس ۳۰۱ تحت تنش كمبود آب و نيتروژن طي مراحل رشد رويشي و زايشي در دو منطقة همدان و كرج مورد بررسي قرار گرفتند. نتايج حاصل از آزمايش ها نشان داد كه مراحل فنولوژيكي رشد و نمو، تحت تأثير تنش كمبود آب و مقادير مختلف نيتروژن مصرفي به تأخير افتاد و طول دورة تأخير در تيمار هاي مختلف متفاوت بود. شاخص سطح برگ با كاهش رطوبت خاك و نيتروژن قابل دسترس به شدت كاهش يافت. اختلاف معني داري در عملكرد بيولوژيك، عملكرد دانه و اجزاء عملكرد در شرايط مختلف تنش رطوبتي ملاحظه شد. كمترين مقدار بيوماس كل و عملكرد دانه متعلق به گياهاني بود كه در هر دو مرحلة رويشي و زايشي در معرض تنش آب قرار گرفتند. تنش رطوبت در مراحل رويشي و زايشي به ترتيب عملكرد دانه را به مقدار ۱۵ و ۲۰ درصد نسبت به شاهد كاهش داد. كاربرد مقادير مختلف نيتروژن نيز تفاوت معني داري در عملكرد دانه ايجاد نمود. هم چنين حدود ۱۵ تا ۱۸ درصد كاهش در محتوي رطوبت نسبي برگ در شرايط مختلف تنش كمبود آب و مقادير مختلف نيتروژن در تيمار هاي مورد بررسي مشاهده شد. شاخص برداشت تحت تأثير عوامل تنش زا قرار نگرفت ولي شاخص حساسيت تنش (**SI**) در تيمار هاي مختلف متغير بود. بيشترين شاخص حساسيت تنش (**SI**) مربوط به رقم سينگل كراس ۳۰۱ در شرايط تنش رطوبتي در دورة رويشي و زايشي بود.

واژه هاي كليدي: ذرت، تنش آب، نيتروژن، نمو و رشد، عملكرد، اجزاء عملكرد.

مقدمه

يكی از مهم ترين عوامل محدودكنندۀ توليد گياهان زراعی در مناطق خشك و نيمه خشك، تنش كمبود آب در مراحل رشد است. تنش آب عملاً موقعی رخ می دهد كه مقدار آب دريافتی بر اثر عواملی مانند خشكی، درجه حرارت بالا و شوری، كمتر از تلفات آن باشد. اثرات سوء ناشی از تنش آب بر نمو و رشد و عملكرد ذرت بستگی به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحلۀ نموی و ژنوتيپ گياه دارد. به اظهار اسبورن و همكاران (Osborne et al., 2002) ، تنش آب در مراحل

تاريخ دريافت: ۱۳۸۰/۳۰/۵ تاريخ پذيرش: ۱۳۸۱/۹/۲۱

* بخشی از رساله دكتری زراعت نگارنده اول در گروه زراعت دانشگاه تربيت مدرس – تهران

۱- عضو هيأت علمی دانشگاه بوعلی سينا، ۲و۴- استاديار دانشگاه تربيت مدرس ،۳- استاديار پژوهش وزارت جهاد كشاورزی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

قبل از گل دهی، زمان گل دهی و بعد از گل دهی عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد کاهش می دهد. گزارش های متعددی مبنی بر حساس بودن مرحلهٔ گل دهی و گرده افشانی در ذرت نسبت به کمبود آب داده شده است (علیزاده، ۱۳۷۸؛ تیروپیت، ۱۳۷۲؛ Zinselmeier et al., 1995a; Westgate & Boyer, 1986; Westgate, 1994). کمبود آب در این مرحله باعث کاهش شدید عملکرد از طریق نمو غیر طبیعی کیسهٔ جنینی، عقیمی دانهٔ گرده و در نهایت کاهش تعداد دانه های بارور می شود (Denmead & Shaw, 1960). هم چنین برخی محققین بر اهمیت تأمین آب کافی در مرحلهٔ رشد رویشی ذرت تأکید کرده اند. به اعتقاد آن ها تنش آب در مرحلهٔ رشد رویشی و قبل از گرده افشانی گر چه اثر کمتری بر عملکرد نهائی نسبت به کمبود آب در مرحلهٔ گلدهی و پر شدن دانه ها دارد، ولی از این نظر که بر گسترش برگ و توسعهٔ ساقه تأثیر گذاشته و میزان تجمع مواد در این اندام را به شدت تغییر می دهد دارای اهمیت خاصی است (Classen & Shaw, 1970; NeSmith, & Ritchie, 1992). از سوی دیگر در شرایط تنش رطوبتی، رشد زایشی گیاه به ذخائر موجود در ساقه و برگ بیشتر وابسته است (هی و واکر، ۱۳۷۳). گزارش شده که عدم تشکیل مناسب دانه می تواند به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی فراهم، در زمان گرده افشانی، پر شدن دانه و قبل از آن باشد. تنش کمبود آب در این مراحل می تواند رشد سلول های جنینی را تحت تأ ثیر قرار دهد (Zinselmeier, et al., 1995b). شواهد زیادی وجود دارد که کمبود آب در طی پر شدن دانه بر وزن دانه تأثیر می گذارد (Classen & Shaw, 1970). کاهش تعداد دانه در بلال نیز از ۴۰ تا ۷۰ درصد در مقایسه با شاهد در نتیجهٔ کمبود آب ملاحظه شده است (Zinselmeier, et al., 1995b). علاوه بر تنش کمبود آب، کمبود نیتروژن مورد نیاز می تواند فشار مضاعفی را بر رشد وعملکرد گیاه وارد آورد. نیتروژن عنصر ضروری برای رشد بوده و تغییر در مقادیر قابل دسترس آن به ویژه در شرایط تنش آب عملکرد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مقدار مواد فتوسنتزی بین اندام های رویشی و زایشی مؤثر بوده و مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تأخیرمی افتد (Girardin, et al., 1987). از آن جا که کشت ارقام زودرس ذرت در تابستان به عنوان کشت دوم در مناطق معتدله امکان پذیر بوده و می تواند نقش مهمی در افزایش درآمد زارع از طریق حداکثر بهره برداری در بُعد زمان ایفا نماید و از سوی دیگر تأمین کنندهٔ بخشی از علوفه و دانه ذرت مورد نیاز کشور است تأمین آب مورد نیاز در این نوع کشت از مهم ترین عوامل باز دارنده به حساب می آید (سپهری، ۱۳۷۸). بدین منظور در این مطالعه اثر کمبود موقت آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر رشد و نمو و عملکرد ارقام زودرس ذرت مورد بررسی قرار گرفته است. با توجّه به این که در برخی منابع امکان کاهش مصرف آب در مرحلهٔ رویشی به منظور حداکثر استفاده از منابع آب مطرح گردیده واظهار شده است که کاهش مصرف آب در مرحلهٔ قبل از گلدهی ممکن است قابل توجیه باشد (NeSmith, & Ritchie, 1992)، در این تحقیق سعی شده است اثر تنش کمبود موقت آب درهر دو مرحلهٔ رویشی و زایشی به طور جداگانه و توأم بر رشد و نمو و عملکرد گیاه مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش مستقل به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در دو منطقهٔ همدان و کرج به ترتیب در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی بوعلی‌سینا با موقعیت طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۴ درجه و ۴۸ دقیقهٔ شمالی (منطقهٔ۱) و مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقهٔ شرقی و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤۳ دقیقهٔ شمالی (منطقهٔ۲)، در سال زراعی ۱۳۸۰ به طور هم زمان انجام شد. از دو رقم ذرت هیبرید زودرس سینگل کراس ۱۰۸ و سینگل کراس ۳۰۱، تولید شده توسط مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با تراکم توصیه شده به ترتیب ۸۵ هزار و ۷۵ هزار بوته در هکتار، در دو سطح نیتروژن ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در سه تکرار استفاده شد. در هر منطقه ٤۸ واحد آزمایشی با کرت های پنج ردیفه و خطوطی به فواصل ۷۵ سانتیمتر و طول چهار متر در نظر گرفته شد. تیمار های تنش کمبود آب به صورت قطع کامل آبیاری (دو دور آبیاری) شامل تنش موقت رطوبت در مرحلهٔ هشت برگی (V8)، تنش موقت رطوبت بعد از گرده افشانی در مرحلهٔ شیری (R3) و تنش موقت رطوبت در مراحل رویشی و زایشی مورد اشاره (V8 & R3) و بدون تنش آب (بدون قطع آبیاری) بود. آبیاری در تیمار بدون تنش آب معادل نیاز آبی گیاه انجام شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه و تبخیر روزانه از تشتک اندازه گیری و سپس با توجّه به ضریب تشتک و ضریب گیاهی میزان آب مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. آبیاری کرت ها توسط لوله پلی اتیلن وحجم آب ورودی به کرت ها با کنتور آب کنترل شد. پتانسیل آبِ خاک در هر مرحله از تنش کمبود آب با توجّه به منحنی خصوصیات رطوبتی خاک هر منطقه به دست آمد. قبل از کشت از خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتیمتری به منظور تعیین بافت خاک و نیاز کودی نمونه برداری انجام شد. بافت خاک مزرعه در منطقه همدان Loam و در منطقه کرج Silty loam و به ترتیب دارای واکنش خاک ۷/۷۵ و ۷/۲۵ بود. یک سوم کود نیتروژن مورد نیاز به صورت پایه و دو سوم باقی مانده به صورت سرک در مرحله شش برگی به گیاه داده شد. مبارزه با علف های هرز به صورت دستی انجام گرفت. نمونه برداری از گیاهان در مراحل هشت برگی (V8)، ده برگی (V10)، دوازده برگی (V12)، شروع رشد زایشی (R1)، رسیدگی خمیری (R4) و رسیدگی فیزیولوژیک (R6) جمعاً طی شش مرحله طبق تقسیم‌بندی هانوی Hanway انجام شد. محاسبهٔ محتوی رطوبت نسبی برگ Relative Water Content(RWC)، از طریق ۱۵ دیسک برگی به قطر هفت میلیمتر که توسط پانچ از برگ های گیاه در ساعت ۱۰ صبح انتخاب شده بود انجام گرفت. به طوری که بعد از توزین وزن تر، دیسک های برگی در پتری آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت، اشباع و سپس توزین شدند. نمونه‌های توزین شده بعداً در آون ۸۵ درجهٔ سانتیگراد به مدت ۲٤ ساعت قرار گرفته و وزن خشک آن ها تعیین گردید. محتوی رطوبت نسبی برگ طبق فرمول :

محتوی رطوبت نسبی برگ=(وزن تر- وزن خشک)÷ (وزن تراشباع - وزن خشک) ×۱۰۰

به دست آمد (Barres & Weatherley, 1962). برای تعیین شاخص تنش Stress Index (SI) از شاخص گرین وود Greenwood که توسط یوهارت و آندرید (Uhart & Andrade, 1995a) براساس سرعت رشد محصول Crop Growth Rate (CGR) بیان شده استفاده گردید. این شاخص به صورت زیر محاسبه می شود:

شاخص تنش=CGR تیمار بدون تنش- CGR تیمار تنش دیده/CGR تیمار بدون تنش×۱۰۰

تجزیه مرکب داده ها طبق روش کارمر و همکاران (Carmer et al., 1989) با استفاده از نرم افزار آماری

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

SASانجام شد.

نتایج و بحث

نمو و رشد گیاه:

مراحل فنولوژیکی نمو و رشد گیاه تحت تأثیر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن مورد مطالعه قرار گرفت و طول دورهٔ رشد رویشی و زایشی در تیمارهای مختلف تغییر پیدا کرد. تغییرات ایجاد شده در فنولوژی گیاه طی مراحل هشت برگی، ده برگی، ۱۲ برگی، و مراحل مختلف رسیدگی دانه در جدول ۱ برحسب روزهای بعد از کاشت آمده است. بعد از اعمال کمبود رطوبت در مرحلهٔ هشت برگی زمان ظهور برگ به تأخیر افتاد. حداکثر اختلاف در زمان ظهور برگ در ۱۲ برگی ملاحظه شد. گیاهان دچار تنش آب بسته به رقم و مقدار نیتروژن مصرفی چهار تا هفت روز دیرتر از گیاهان بدون تنش به مرحلهٔ ۱۲ برگی رسیدند. کمبود نیتروژن قابل دسترس اثر کمتری در زمان ظهور برگ نسبت به کمبود آب داشت، به طوری که ظهور برگ دوازدهم در دو رقم در سطح پایین نیتروژن مصرفی به طور متوسط سه روز به تأخیر افتاد. با وجود هم زمانی تاریخ کاشت گیاهان دو منطقه، ظهور برگ ها در کرج سه تا چهار روز زودتر از همدان اتفاق افتاد. این امر می تواند به دلیل دریافت درجه حرارت های بیشتر در دورهٔ نمو و رشد گیاهان در این منطقه باشد. تعداد نهائی برگ تحت تأثیر کمبود نیتروژن و آب قرار نگرفت به طوری که در کلیهٔ گیاهان ۱۲ برگ ظاهر شد. یوهارت و آندرید (Uhart & Andrade, 1995a) نیز در تیمارهای مختلف نیتروژن، اختلافی بین تعداد برگ ملاحظه نکردند. گیاهانی که نیتروژن کمتری دریافت کردند ظهور گل نر و ابریشم بلال چهار تا پنج روز دیرتر اتفاق افتاد که با نظر جاکوبس و پیرسون (Jacobs & Pearson, 1991) مبنی بر تأخیر در گلدهی در شرایط کمبود نیتروژن مطابقت دارد، آن ها مدت زمان تأخیر در گلدهی را در چنین شرایطی پنج تا هشت روز و جیراردین و همکاران (Girardin, et al., 1987) این تفاوت را تا ظهور ابریشم بلال حداکثر ۱۱ روز گزارش کرده اند. در هر دو رقم تنش موقت آب در مرحلهٔ رویشی باعث تأخیر در شروع رشد زایشی و هم چنین ظهور ابریشم بلال به مدت شش تا هفت روز نسبت به گیاهان بدون تنش شد. بین دو رقم از لحاظ مدت زمان تأخیر در گلدهی در نتیجهٔ کمبود آب در مرحلهٔ رویشی تفاوت معنی داری ملاحظه نشد. عقب افتادن ظهور ابریشم بلال در اثر کمبود آب قبل از مرحلهٔ گرده افشانی، از یک تا هشت روز برای ارقام مختلف قبلاً گزارش شده است (Grant et al., 1989; Hall, et al., 1981; Herreo and Johnson, 1981; NeSmith & Ritchie, 1992; Vincent & Wooley, 1972)

نی اسمیت و ریتچی (NeSmith, & Ritchie, 1992)، این تأخیر را برای تنش آب اعمال شده در مرحلهٔ هشت برگی سه روز اعلام کرده اند. از لحاظ زمان وقوع رسیدگی فیزیولوژیک بین گیاهان دچار تنش آب در مرحلهٔ رویشی و شاهد تفاوت معنی داری ملاحظه نشد، به عبارت دیگر در کمبود رطوبت، مرحلهٔ پر شدن دانه به علت تأخیر در شروع رشد زایشی کمتر از گیاهان شاهد بود. نی اسمیت و ریتچی (NeSmith, & Ritchie, 1992)، نیز تفاوتی بین زمان رسیدگی دانه در گیاهان دچار تنش آب در مرحلهٔ قبل از گرده افشانی و گیاهان بدون تنش ملاحظه نکردند. تنش آب در مرحلهٔ بعد از گرده افشانی (آغاز شیری شدن دانه) بر دورهٔ پر شدن دانه اثر گذاشت و پر شدن دانه را به مدت چهار تا هفت روز بسته به رقم و سطح نیتروژن مصرفی کوتاه تر نمود. قابل ذکر است گیاهانی که در هر دو مرحلهٔ رویشی و زایشی دچار تنش آب شدند دورهٔ پر شدن دانه در آن ها به شدت کاهش یافت این کاهش در ارقام و سطح کودی مختلف بین ۱۲ تا ۱۵ روز نسبت به شاهد بود. طولانی ترین دورهٔ رشد زایشی مربوط به رقم ۳۰۱ با مقدار نیتروژن مصرفی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در وضعیت بدون تنش آب و کمترین دورهٔ رشد زایشی مربوط به رقم ۱۰۸ با مقدار

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

نیتروژن مصرفی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و اعمال تنش آب در مراحل رویشی و زایشی بود (جدول ۱). بین دو رقم از لحاظ کاهش درصد رطوبت نسبی برگ بعد از اعمال تنش آب از نظر آماری تفاوت معنی داری ملاحظه نشد، به طوری که هر دو رقم کاهش مشابهی داشتند. تنش موقت آب طی دوران رشد رویشی و زایشی حدود ۱۵ تا ۱۸ درصد از رطوبت نسبی برگ را در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد کاهش داد. گیاهانی که کود نیتروژن بیشتری دریافت کردند رطوبت نسبی برگ بالاتری داشتند.

جدول ۱- مراحل مهم نمو و رشد در تیمارهای مختلف بر اساس روزهای بعد از کاشت در دو منطقهٔ همدان(۱) و کرج(۲)

Table 1. Development and Growth stages in different treatments based on days after planting in two locations, Hamadan (L1) and Karaj (L2)

مراحل نمو و رشد Development & Growth stages		هشت برگی (V8)		ده برگی (V10)		دوازده برگی (V12)		ظهور ابریشم بلال (R1)		رسیدگی خمیری (R4)		رسیدگی فیزیولوژیک (R6)	
Treatment	تیمار	منطقهٔ۱ L1	منطقهٔ۲ L2	منطقهٔ۱ L1	منطقهٔ۲ L2	منطقهٔ۱ L1	منطقهٔ۲ L2	منطقهٔ۱ L1	منطقهٔ۲ L2	منطقهٔ۱ L1	منطقهٔ۲ L2	منطقهٔ۱ L1	منطقهٔ۲ L2
تنش کمبود آب (رویشی): Water deficit stress (Vegetative)													
N 100	Sc-108	24	23	37	35	45	41	54	49	78	72	95	90
N 200		24	23	35	33	43	38	51	46	84	78	100	94
N 100	Sc-301	26	24	40	36	52	46	60	54	87	81	104	98
N 200		26	24	38	34	49	43	54	49	90	83	110	104
تنش کمبود آب (زایشی): Water deficit stress (Reproductive)													
N 100	Sc-108	24	23	35	33	41	37	48	43	76	70	91	87
N 200		24	23	33	31	38	34	45	41	80	74	95	90
N 100	Sc-301	26	24	38	34	46	42	53	47	85	79	97	92
N 200		26	24	35	31	42	38	49	43	87	80	103	98
تنش آب (مراحل رویشی و زایشی): Water stress (Veg. & Rep.)													
N 100	Sc-108	24	23	37	35	45	41	54	49	74	68	85	80
N 200		24	23	35	33	43	38	51	46	78	72	93	87
N 100	Sc-301	26	24	40	36	52	46	60	54	83	78	95	90
N 200		26	24	38	34	49	43	54	49	85	77	101	95
بدون تنش آب (شاهد): Non-water stress													
N 100	Sc-108	24	23	35	33	41	37	48	43	80	74	95	90
N 200		24	23	33	31	38	34	45	41	88	82	100	94
N 100	Sc-301	26	24	38	34	46	42	53	47	89	83	104	98
N 200		26	24	35	31	42	38	49	43	94	87	110	104

روند تجمع ماده خشك :

روند تجمع مادهٔ خشک در اندام هوایی برگ، ساقه، دانه و کل مادهٔ خشک در رقم سینگل کراس ۱۰۸ در شکل های ۱ و ۲ و در رقم سینگل کراس ۳۰۱ در شکل های ۳ و ٤ برای سطوح مختلف نیتروژن مصرفی آمده است. همان طور که ملاحظه می شود در ابتدا

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

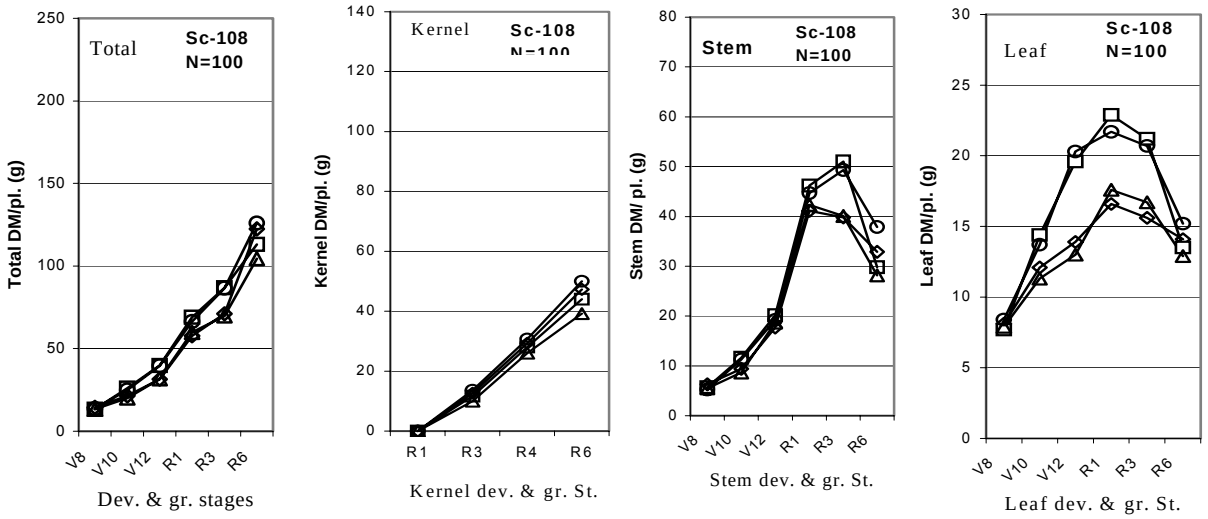
تفاوت چندانی در تجمع مادهٔ خشک برگ و ساقهٔ دو رقم دیده نمی شود (در مرحلهٔ هشت برگی)، ولی با افزایش تعداد برگ های گیاه تفاوت بین ارقام و سطوح مختلف نیتروژن مصرفی از این نظر آشکار می گردد. در کلیهٔ گیاهان حداکثر تجمع ماده خشک برگ در مرحلهٔ ۱۲ برگی رخ داد، در این مرحله تجمع مواد در ساقه هم چنان ادامه یافته و در مرحلهٔ رسیدگی شیری (R3) به حداکثر خود رسید که با نظر جیراردین و همکاران (Girardin, et al., 1987)، مطابقت دارد. در تیمار های بدون تنش آب، تجمع کل مادهٔ خشک در تمام دوران رشد برای رقم سینگل کراس ۳۰۱ بیش از رقم ۱۰۸ بود، این امر نشان دهندهٔ پتانسیل بالاتر رقم یادشده در تولید و ذخیرهٔ مواد فتوسنتزی در شرایط مورد آزمایش است. در دو رقم مورد بررسی مقدار تجمع مادهٔ خشک در واحد بوته در نیتروژن مصرفی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیش از نیتروژن مصرفی ۱۰۰ کیلوگرم بود که با یافته های قبلی مطابقت دارد (سپهری، ۱۳۷۸؛ مظاهری و همکاران، ۱۳۷۷).

روند تجمع مادهٔ خشک برگ و ساقه در گیاهانی که در معرض تنش موقت کمبود آب در مرحلهٔ رویشی واقع شدند به شدت کاهش یافت، این گیاهان بعد از رفع تنش آب نتوانستند کاهش مادهٔ خشک ناشی از کمبود آب در مرحلهٔ یادشده را جبران نمایند. این کاهش در سطح مختلف نیتروژن مصرفی با شدت نسبتاً ثابتی ملاحظه شد. به نظر می رسد تا مرحله هشت برگی مصرف نیتروژن بیشتر، تأثیر چندانی بر افزایش تجمع مادهٔ خشک در شرایط تنش کمبود آب ندارد. با شروع رشد زایشی (R1) مواد تجمع یافته در برگ و ساقه در اثر انتقال مواد به اندام زایشی رو به کاهش گذارد، این کاهش در کلیهٔ گیاهان، اعم از تنش دیده و بدون تنش آب (شاهد) مشاهده شد. قابل ذکر است گیاهانی که طی مرحلهٔ زایشی (R3) در معرض تنش کمبود آب قرار گرفتند انتقال مجدد مواد ذخیره ای از برگ و ساقه به دانه بعد از رفع تنش کمبود آب به خوبی انجام شده ولی دورهٔ رشد زایشی بر اثر کمبود آب به شدت کاهش یافت (جدول ۱)، لذا در این گیاهان انتقال مواد از اندام ذخیره ای، نتوانست اُفت تولید مادهٔ خشک ناشی از کوتاه شدن دورهٔ پر شدن دانه را جبران نماید در نتیجه مادهٔ خشک دانه به شدت کاهش یافت. مقدار کاهش مادهٔ خشک دانه در رقم سینگل کراس ۳۰۱ بیشتر بوده که نشان دهندهٔ حساسیت بیشتر این رقم به تنش کمبود آب در دوران زایشی است. هم چنین حدود ۱۵ تا ۱۸ درصد کاهش در محتوای رطوبت نسبی برگ در شرایط مختلف تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن در تیمار های مورد بررسی مشاهده شد.

تولید و توسعهٔ سطح برگ:

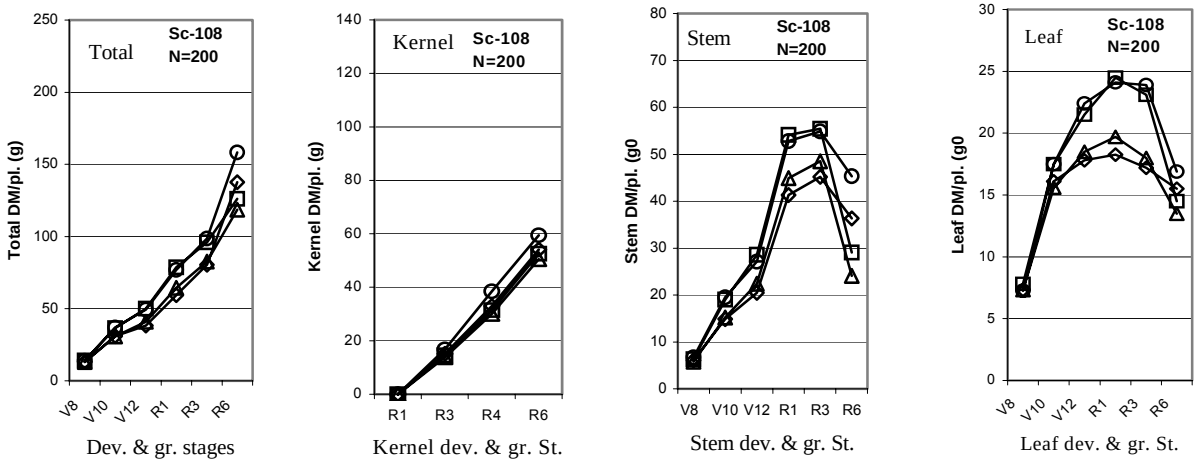
مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ داشته است. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر سطح برگ بزرگ تری خصوصاً در برگ های بالائی نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم داشتند. رشد کُند گیاهان در مراحل اولیهٔ ودر نتیجه اختصاص کم مواد فتوسنتزی به برگ ها، باعث یکنواختی تولید برگ در مقادیر مختلف نیتروژن مصرفی شده است (شکل های ۱، ۲، ۳ و ۴). ولی با افزایش سرعت رشد، مقادیر بیشتر نیتروژن قابل دسترس، اثر زیادی بر توسعه و گسترش برگ ها به ویژه برگ هایی که دیرتر ظاهر و متکامل می شوند گذاشته است. اختلاف معنی دار شاخص سطح برگ در رابطه با مقادیر مختلف نیتروژن مصرفی در مراحل ده برگی و خمیری دانه به خوبی آشکار بود (جدول۲). به گزارش نووآ و لومیس (Novoa & Loomis, 1981)، اختلاف معنی دار در سطح برگ ناشی از کمبود نیتروژن، معمولاًدر محدودهٔ ۱۲ تا ۱۸ برگی در ارقام متوسط رس و دیر رس نمایان می شود. ولی یوهارت و آندرید(Uhart & Andrade, 1995a) اختلاف معنی دار

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]



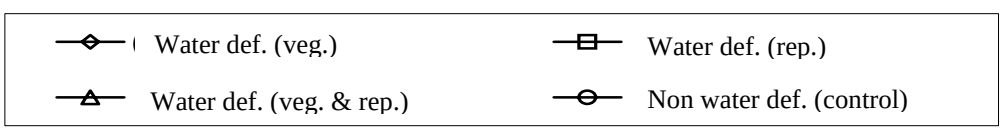
شکل ۱- میانگین تجمع ماده خشک برگ، ساقه، دانه و کل گیاه در رقم سینگل کراس ۱۰۸ با نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تحت تنش کمبود آب در مراحل رشد رویشی، زایشی و رویشی و زایشی و بدون تنش آب(شاهد) در دو منطقه.

Fig. 2. Mean of leaf, stem, kernel and total dry matter accumulation in Sc.108 with 100 kg nitrogen per hectare under water deficit stress at the vegetative, reproductive and veg. & rep. growth stages and non-water stress in two locations.



شکل ۲- میانگین تجمع ماده خشک برگ، ساقه، دانه و کل گیاه در رقم سینگل کراس ۱۰۸ با نیتروژن ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تحت تنش کمبود آب در مراحل رشد رویشی، زایشی، رویشی و زایشی و بدون تنش آب(شاهد) در دو منطقه.

Fig. 2. Mean of leaf, stem, kernel and total dry matter accumulation in Sc.108 with 200 kg nitrogen per hectare under water deficit stress at the vegetative, reproductive and veg. & rep. growth stages and Non-water stress in two locations.



[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

جدول ۲- تأثیر منطقه، رقم، نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در بلال، وزن دانه و شاخص سطح برگ در مراحل هشت برگی و رسیدگی خمیری دانه در ذرت

Table 3. The effects of Location, Hybrid and Nitrogen on Biological yield (Bio.Y), Grain yield (G.Y), Harvest index (HI), Kernel number per ear (KNE), Kernel Weight (K.Wt), Leaf area index (LAI) at V10 and R4 stages in corn

Treatment	تیمار	عملکرد بیولوژیک Bio.Y (kg/ha)	عملکرد دانه G.Y (kg/ha)	شاخص برداشت HI (%)	تعداد دانه در بلال (KNE)	وزن دانه K.Wt (mg)	شاخص سطح برگ LAI (V10)	شاخص سطح برگ LAI (R4)
Location	منطقه							
Location1	منطقه ۱	1071.10 a	4404.93 a	41.25 a	535.60 a	101.12 a	3.35 a	2.39 a
Location2	منطقه۲	9643.10 b	4045.98 b	42.06 a	533.50 a	91.11 b	2.88 b	2.15 a
Hybrid	رقم							
Sc-108		9566.65 b	4014.09 b	42.17 a	536.12 a	88.41 b	3.03 a	2.14 b
Sc-301		1078.54 a	4436.82 a	41.13 a	533.08 a	108.82 a	3.20 a	2.40 a
Nitrogen	نیتروژن							
N 100		9249.08 b	3778.88 b	40.88 a	508.12 b	90.99 b	2.90 b	2.16 b
N 200		1110.10 a	4672.02 a	42.42 a	561.08 a	101.24 a	3.32 a	2.38 a
Hybrid×Nitrogen	رقم × نیتروژن							
Hybrid108×Nitrogen100	رقم ۱۰۸× نیتروژن ۱۰۰	8863.92 d	3654.20 a	41.16 a	508.08 b	86.58 a	2.86 a	2.03 b
Hybrid108×Nitrogen200	رقم۱۰۸ × نیتروژن ۲۰۰	10269.38 b	4374.00 a	43.18 a	564.16 a	90.24 a	3.20 a	2.25 ab
Hybrid301×Nitrogen100	رقم ۳۰۱× نیتروژن ۱۰۰	9634.25 c	3903.60 a	40.60 a	508.16 b	95.40 a	2.95 a	2.28 ab
Hybrid301×Nitrogen200	رقم ۳۰۱× نیتروژن ۲۰۰	11944.83 a	4970.10 a	41.66 a	558.00 a	112.25 a	3.45 a	2.52 a

Means followed by the similar letters are not significantly different (Duncan 5%). میانگین های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند(دانکن در سطح ۵٪).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

جدول ۳- تأثیر تنش کمبود آب و رقم بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در بلال، وزن دانه و شاخص سطح برگ در مراحل هشت برگی و رسیدگی خمیری دانه در ذرت

Table 3. The effects of Water deficit stress and Hybrid on Biological yield (Bio.Y), Grain yield (G.Y), Harvest index (HI), Kernel number per ear (KNE), Kernel Weight (K.Wt), Leaf area index (LAI) at V10 and R4 stages in corn

Treatment تیمار	عملکرد بیولوژیک Bio.Y (kg/ha)	عملکرد دانه G.Y (kg/ha)	شاخص برداشت HI (%)	تعداد دانه در بلال (KNE)	وزن دانه K.Wt (mg)	شاخص سطح برگ LAI (V10)	شاخص سطح برگ LAI (R4)
تنش کمبود آب Water deficit stress							
تنش کمبود آب (رویشی) Water deficit stress (Vegetative)	10380.60 b	4255.34 b	41.02 a	427.58 a	98.58 b	2.73 b	2.36 b
تنش کمبود آب (زایشی) Water deficit stress (Reproductive)	9502.20 c	4011.64 c	42.41 a	539.45 b	91.54 c	3.40 a	2.15 c
تنش کمبود آب (رویشی و زایشی) water deficit stress (Veg & Rep)	8592.60 d	3618.15 d	42.06 a	517.20 d	84.10 d	2.85 b	1.91 d
بدون تنش آب Non -water stress	12237.00 a	5016.69 a	41.12 a	554.16 a	110.25 a	3.48 a	2.67 a
رقم× تنش کمبود آب Hybrid × Water deficit stress							
رقم۱۰۸× تنش کمبود آب (رویشی) Sc-108 × Veg. Water stress	9885.25 c	4040.50 c	40.96 a	548.50 b	87.33 d	2.56 c	2.18 cd
رقم۱۰۸× تنش کمبود آب (زایشی) Sc-108× Rep. Water stress	9104.54 d	3968.10 c	43.73 a	549.50 b	86.42 e	3.40 a	2.08 d
رقم۱۰۸× تنش کمبود آب (رویشی و زایشی) Sc-108 × Veg &Rep. Water stress	8478.83 f	3624.10 d	42.75 a	507.33 e	82.70 f	2.67 c	1.87 e
رقم۱۰۸× بدون تنش آب Sc-108 × Non-water stress	10797.92 b	4423.60 b	41.25 a	539.16 b	97.20 c	3.47 a	2.44 b
رقم۳۰۱× تنش رویشی Sc-301 × Veg.water stress	10876.00 b	4470.10 b	41.08 a	506.66 e	109.84 b	2.91 b	2.54 b
رقم۳۰۱× تنش زایشی Sc-301 × Rep. Water stress	9899.83 c	4055.20 c	41.09 a	529.41 d	96.65 c	3.40 a	2.21 c
رقم۳۰۱× تنش رویشی و زایشی Sc-301 × Veg &Rep. Water stress	8706.33 e	3612.20 d	41.37 a	527.08 d	85.49 e	3.02 b	1.95 e
رقم۳۰۱× بدون تنش آب Sc-301 × Non-water stress	13676.00 a	5609.70 a	41.00a	569.16 a	123.30 a	3.48 a	2.90 a

Means followed by the similar letters are not significantly different (Duncan 5%). میانگین های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند(دانکن در سطح ۵٪).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

در سطح برگ را در مرحلهٔ شش تا هفت برگی ملاحظه کرده اند. به نظر می رسد تفاوت اثر نیتروژن مصرفی در زمان ظهور اختلاف معنی دار در سطح برگ، می تواند به دلیل مقادیر مختلف نیتروژن مصرفی، زمان مصرف و تفاوت ارقام از لحاظ خصوصیات رشدی و کود پذیری باشد. مظاهری و همکاران (۱۳۷۷)، بیشترین شاخص سطح برگ در ارقام ایرانی را با مصرف ۱۸٤ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن را با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش کرده اند.

هم چنین کمبود آب اثر کاهشی بر شاخص سطح برگ داشت. تنش موقت آب در مرحلهٔ رویشی سبب ۲۰ درصد کاهش شاخص سطح برگ در مرحلهٔ ده برگی شد (جدول ۳). حساسیت رقم سینگل کراس ۱۰۸ در این رابطه بیش از رقم دیگر بود. تنش کمبود آب بعد از گرده افشانی نیز بر مقدار شاخص سطح برگ تأثیر زیادی گذاشت. در دو منطقهٔ مورد بررسی شاخص سطح برگ در مرحلهٔ ده برگی با یکدیگر تفاوت معنی دار داشت ولی در مرحلهٔ خمیری دانه تفاوت معنی داری بین شاخص سطح برگ گیاهان ملاحظه نشد (جدول ۲). شاخص سطح برگ بزرگ‌تر برای ارقام کشت شده در همدان، حاکی از فراهم بودن شرایط محیطی بهتر به ویژه درجه دمای مناسب در اوایل دورهٔ رشد برای تشکیل و توسعهٔ برگ در این منطقه می باشد. بین دو رقم در مرحلهٔ خمیری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار در شاخص سطح برگ آشکار بود، که نشان دهندهٔ تداوم بهتر سطح برگ در رقم ۳۰۱ می باشد (جدول ۲).

عملکرد بیولوژیک (بیوماس کل):

عملکرد بیولوژیک که نشان دهندهٔ ماده خشک تجمع یافته در اندام هوایی در زمان برداشت است، تحت تأثیر کمبود آب و نیتروژن قرار گرفت. در منطقهٔ همدان کل ماده خشک تولیدی ده درصد بیش از منطقهٔ کرج برای تیمار های مشابه بود (جدول ۲). همان گونه که اشاره شد گسترش بیشتر و زودتر سطح برگ می تواند دلیل افزایش تولید کل ماده خشک درگیاهان کشت شده در همدان باشد. تولید کل ماده خشک در رقم سینگل کراس ۳۰۱، ۱۱/۳ درصد بیش از رقم سینگل کراس ۱۰۸ بود (جدول ۲). معمولاً ارقامی که دورهٔ رشد طولانی تری دارند ماده خشک بیشتری نیز تولید می نمایند.(Jacobs & Pearson, 1991).

کاهش سطح نیتروژن مصرفی از ۲۰۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بیوماس کل را به طور متوسط ۱۸۵۸/۱ کیلوگرم در هکتار کاهش داد. کاهش بیوماس کل در مقادیر کم مصرف نیتروژن توسط دیگران نیز گزارش شده است (Girardin et al., 1987; Novoa & Loomis., 1981; Uhart & Andrade,1995). این امر می تواند به دلیل تأثیر زیاد نیتروژن بر گسترش سطح برگ و تدوام بهتر آن باشد. در مقادیر بیشتر نیتروژن سرمایه گذاری مواد فتوسنتزی در بخش های برگ و ساقه افزایش یافته و در نهایت مواد تجمع یافته در دانه فزونی می یابد(شکل های ۱، ۲، ۳ و ۴). با اعمال تنش موقت رطوبتی طی دوران رشد رویشی و زایشی، کاهش خیلی معنی داری در عملکرد بیولوژیک مشاهده شد (جدول ۳)، که نظر اسبورن و همکاران(Osborne et al., 2002)، را تأیید می نماید. کمبود آب در مرحلهٔ زایشی ۷/۱ درصد بیش از تنش آب در مرحلهٔ رویشی کل ماده خشک را کاهش داد. گیاهانی که طی مراحل رویشی و زایشی دچار تنش آب شدند نسبت به گیاهان بدون تنش ۲۹/۷ درصد کاهش در بیوماس کل داشتند. این کاهش می تواند به دلیل کوتاه شدن دورهٔ رشد رویشی و زایشی در اثر تنش کمبود رطوبت باشد (جدول ۱). رقم سینگل کراس ۳۰۱ در تنش کمبود رطوبت طی مراحل رویشی و زایشی، کاهش بیشتری در عملکرد ماده خشک نسبت به رقم سینگل کراس ۱۰۸ از خود نشان داد (جدول ۳). البته بیشترین ماده خشک تولیدی با رقم ۳۰۱ در سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

جدول ٤- تأثیر تنش کمبود آب و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در بلال، وزن دانه و شاخص سطح برگ در مراحل هشت برگی و رسیدگی خمیری دانه در ذرت

Table 3. The effects of Water deficit stress and Nitrogen on Biological yield (Bio.Y), Grain yield (G.Y), Harvest index (HI), Kernel number per ear (KNE), Kernel Weight (K.Wt), Leaf area index (LAI) at V10 and R4 stages in corn

Treatment تیمار	عملکرد بیولوژیک Bio.Y (kg/ha)	عملکرد دانه G.Y (kg/ha)	شاخص برداشت HI (%)	تعداد دانه در بلال (KNE)	وزن دانه K.Wt (mg)	شاخص سطح برگ LAI (V10)	شاخص سطح برگ LAI (R4)
نیتروژن× تنش کمبود آب: Nitrogen × Water deficit stress							
نیتروژن۱۰۰× تنش کمبود آب(رویشی) N 100 × Water deficit stress (Veg.)	9661.50 e	3945.42 c	40.85 b	521.00 c	90.67 e	2.53 d	2.27 d
نیتروژن۱۰۰× تنش کمبود آب(زایشی) N 100 × Water deficit stress (Rep.)	8836.67 g	3573.13 d	40.63 b	505.16 d	90.05 e	3.19 b	2.06 e
نیتروژن۱۰۰× تنش کمبود آب(رویشی وزایشی) N 100× Water deficit stress (Veg. & Rep.)	7947.75 h	3180.27 e	40.05 b	485.03 e	80.08 g	2.68 d	1.75 f
نیتروژن۱۰۰× بدون تنش آب N 100 × Non-Water stress	10550.42 c	4416.71 b	42.01 ab	521.25 c	103.16 c	3.21 b	2.56 b
نیتروژن۲۰۰× تنش کمبود آب(رویشی) N 200 × Water deficit stress (Veg.)	11099.75 b	4565.26 b	41.20 b	534.16 c	106.50 b	2.94 c	2.45 c
نیتروژن۲۰۰× تنش کمبود آب(زایشی) N 200 × Water deficit stress (Rep.)	10167.75 d	4450.14 b	44.19 a	573.75 a	93.03 d	3.61 a	2.24 d
نیتروژن۲۰۰× تنش کمبود آب(رویشی وزایشی) N 200 × Water deficit stress (Veg. & Rep.)	9237.42 f	4056.03 c	44.07 a	549.33 b	88.11 f	3.01 bc	2.07 e
نیتروژن۲۰۰× بدون تنش آب: N 200 × Non-Water stress	13923.50 a	5616.67 a	40.24 b	587.08 a	117.34 a	3.75 a	2.78 a

Means followed by the similar letters are not significantly different (Duncan 5%). میانگین های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند(دانکن در سطح ٥٪).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

جدول ۵- تأثیر تنش کمبود آب، رقم و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در بلال، وزن دانه و شاخص سطح برگ در مراحل هشت برگی و رسیدگی خمیری دانه در ذرت

Table 3. The effects of Water deficit stress, Hybrid and Nitrogen on Biological yield (Bio.Y), Grain yield (G.Y), Harvest index (HI), Kernel number per ear (KNE), Kernel Weight (K.Wt), Leaf area index (LAI) at V10 and R4 stages in corn

صفات Traits	تنش کمبود آب (رویشی) Water deficit stress (Vegetative)				تنش کمبود آب (زایشی) Water deficit stress (Reproductive)				تنش کمبود آب (رویشی و زایشی) Water deficit stress (Veg & Rep)				بدون تنش آب Non -water stress			
	Sc-108		Sc-301		Sc-108		Sc-301		Sc-108		Sc-301		Sc-108		Sc-301	
	N 100	N 200	N 100	N 200	N 100	N 200	N 100	N 200	N 100	N 200	N 100	N 200	N 100	N 200	N 100	N 200
عملکرد بیولوژیک Bio.Y (kg/ha)	3834.17 fg	4246.92 de	4056.67 ef	4883.61 b	3560.05 h	4376.16 cd	3586.22 gh	4524.13 c	3167.35 i	4080.77 e	3193.19 i	4031.28 ef	4055.14 ef	4792.14 b	4778.28 b	6441.20 a
عملکرد دانه G.Y (kg/ha)	9313.00	10457.5 g	10010.0	117420.0 c	8618.17	9591.00 h	9055.17 k	10744.5 e	7951.67 m	9006.00 k	7943.83 m	9468.83 i	9572.83 h	12023.0 b	11528.0 d	15824.0 a
تعداد دانه در بلال (KNE)	536.16 g	560.83 e	505.50 i	507.50 f	522.00 h	577.00 bc	488.33 j	570.50 i	478.66 k	536.00 g	491.50 j	562.66 de	495.50 j	582.83 ab	547.00 f	591.33 a
وزن دانه K.Wt (mg)	88.33 k	91.33 g	98.01 e	121.66 b	87.11 i	85.73 j	92.98 f	100.33 d	78.73 m	86.68 ij	81.43 l	89.55 h	97.17 e	97.23 e	109.16 c	137.45 a
شاخص برداشت HI (%)	41.16 c	40.76 c	40.53 c	41.63 c	41.18 c	46.28 a	40.08 c	42.10 bc	39.80 c	45.70 ab	40.30 c	42.45 bc	42.51 bc	40.00 c	41.51 c	40.48 c
شاخص سطح برگ (۱۰ برگی) LAI (V10)	2.45 f	2.67 ef	2.62 ef	3.21 c	3.28 bc	3.53 ab	3.11 cd	3.68 a	2.54 ef	3.80 e	2.82 de	3.22 c	3.16 c	3.79 a	3.26 bc	3.71 a
شاخص سطح برگ (خمیری دانه) LAI (R4)	2.05 efg	2.30 d	2.48 c	2.59 c	2.01 g	2.15 e	2.11 efg	2.32 a	1.72 h	2.02 fg	1.78 h	2.12 ef	2.36 d	2.53 c	2.77 b	3.03 a

Means of each row followed by the similar letters are not significantly different (Duncan 5%).

در هر ردیف میانگین های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند(دانکن در سطح ۵٪).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

شرایط بدون تنش کمبود آب (معادل ۱۵۸۲٤ کیلوگرم در هکتار) به دست آمده و کمترین ماده خشک تولیدی در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار متعلق به گیاهانی بود که طی دوران رویشی و زایشی در معرض تنش کمبود آب قرار گرفته بودند.

عملکرد دانه و اجزاء آن:

بین دو رقم از لحاظ عملکرد دانه و وزن دانه اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول ۲). وزن دانه در رقم سینگل کراس ۳۰۱، ۱۸/۷ درصد بیش از رقم ۱۰۸ بود. عملکرد دانه، وزن دانه و تعداد دانه در بلال تحت تأثیر مقدار رطوبت و نیتروژن قابل دسترس خاک واقع شد. با مراجعه به اثر تیمارها در جدول های ۳ و ٤ ملاحظه می گردد تنش موقت آب اثر بیشتری نسبت به کمبود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزاء آن گذاشته است. در رابطه با صفات یاد شده اثر تنش رطوبتی در سطح ۱ درصد معنی دار بود. تنش موقت آب در مرحلهٔ رویشی ۱/ ۱۵ درصد و در مرحلهٔ زایشی ۲۰ درصد عملکرد دانه را نسبت به شاهد کاهش داد. گیاهانی که در هر دو مرحلهٔ رشد در معرض تنش آب قرار گرفتند، ۲۷/۸ درصد کاهش در عملکرد دانه نسبت به گیاهان بدون تنش آب نشان دادند. تنش موقت آب در مرحلهٔ رویشی از یک سو با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطوح فعال فتوسنتزی را کاهش داده و از سوی دیگر با اُفت محتوای رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینهٔ کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورده است. اسبورن و همکاران (Osborne et al., 2002)، تأثیر تنش آب قبل از ابریشم دهی بلال را در کاهش عملکرد دانه بین ۱۵/۸ تا ۲۲/۱ درصد گزارش کرده اند، که با نتایج به دست آمده در این آزمایش مشابه است. البته برخی پژوهشگران کاهش ۲۵ درصدی را در عملکرد دانه طی تنش آب در دورهٔ رویشی گزارش نموده اند .(Denmead & Shaw, 1960)

در رابطه با تنش کمبود آب بعد از گرده افشانی وستگیت (Westgate, 1994)، اظهار می دارد که عملکرد دانه حدود ۱۸ درصد در مقایسه با شاهد کاهش می یابد، که با نتایج این آزمایش حدود ۲ درصد اختلاف دارد. تعداد دانه در بلال و وزن دانه تحت تنش آب کاهش یافت ولی شدت کاهش در وزن دانه بیشتر بود. این کاهش برای وزن دانه در تنش آب در مرحلهٔ رویشی، زایشی و رویشی ـ زایشی به ترتیب ۱۰/٦، ۱٦/۹، ۲۳/۷ درصد و برای تعداد دانه در بلال به ترتیب ٤/۸، ۲/٦، ٦/۷ درصد در مقایسه با شاهد بود (جدول ۳). به اظهار وستگیت (Westgate, 1994)، تفاوت معنی داری در تعداد دانه در بلال طی دوران تنش آب بعد از گرده افشانی مشاهده نمی شود ولی وزن دانه تغییر می یابد. کاهش وزن دانه در تنش کمبود آب بعد از گرده افشانی، عمدتاً به دلیل کاهش دورهٔ پر شدن دانه است (جدول ۱)، ولی تعداد نهایی دانه در بلال در موقع گرده افشانی تعیین می شود و ناکافی بودن مواد فتوسنتزی فراهم برای رشد همهٔ سلول های جنینی، اثر منفی بر تعداد دانه در بلال دارد (Zinselmeier et al., 1995b). عملکرد دانه، وزن دانه و تعداد دانه تحت تأثیر نیتروژن مصرفی قرار گرفته و در سطح ۵ درصد معنی دار بود. عملکرد دانه در سطح نیتروژن مصرفی ۲۰۰ کیلوگرم به طور متوسط ۱۹ درصد و تعداد دانه در بلال و وزن دانه ده درصد بیش از نیتروژن در سطح ۱۰۰ بود (جدول ۲). مطالعات متعدد تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و وزن دانه را در هیبریدهای مختلف تأیید کرده است (Osbrone et al., 2002; Uhart & Andrade, 1995a; Uhart & Andrate, 1995b). قابل ذکر است جیراردین و همکاران (Girardin et al., 1987)، کمبود نیتروژن در مراحل اولیه (سبز شدن تا شش برگی) را در کاهش تعداد دانه مؤثر می دانند، آن ها این موضوع را به خاطر تأثیر احتمالی کمبود نیتروژن در مراحل اولیهٔ رشد بر پتانسیل تعداد تخمک ها در مرحلهٔ گل دهی گزارش کرده اند. برهمکنش رقم و تنش کمبود آب بر عملکرد دانه در سطح ۵ درصد وبرای تعداد دانه در بلال و وزن دانه در سطح ۱ درصد معنی دار شد. در رقم ۳۰۱ تنش آب در مراحل رویشی و زایشی به ترتیب سبب

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

کاهش عملکرد دانه معادل ۱۱۳۹/٦ و ۱۵۵٤/۵ کیلوگرم در هکتار گردید. اعمال تنش کمبود آب در دو مرحلهٔ یاد شده عملکرد دانه را در این رقم ۱۹۹۷/۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد کاهش داد. در رقم ۱۰۸ کمبود آب در مرحلهٔ رویشی ۳۸۳/۱ کیلوگرم و در مرحلهٔ زایشی ٤۵۵/۵ کیلوگرم و در مرحلهٔ رویشی و زایشی ۷۹۹/۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را کاهش داد، که نشان دهندهٔ تأثیر کمتر تنش کمبود آب در عملکرد دانهٔ رقم ۱۰۸ است (جدول ۳). نی اسمیت و ریتچی (NeSmith & Ritchie, 1992)، نیز بر تفاوت واکنش ارقام مختلف ذرت به تنش کمبودآب تأکید کرده اند.

مقادیر مختلف نیتروژن و آب به صورت توأم اثر مضاعفی بر کاهش عملکرد دانه داشت. جدول های ٤ و ۵ مقایسهٔ میانگین ها در این رابطه به خوبی نشان می دهد که در سطح نیتروژن ۲۰۰ کیلوگرم، کمبود آب چه در مرحلهٔ رویشی و چه در مرحلهٔ زایشی کاهش مشابهی را در عملکرد دانه سبب شده ولی در سطح نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم، کمبود آب در مرحلهٔ زایشی عملکرد دانه را به مقدار بیشتری کاهش داده است. این مسأله می تواند به دلیل کمبود ذخائر فتوسنتزی در اندام هوایی در اثر مصرف کمتر نیتروژن و در نتیجه وابستگی بیشتر به فتوسنتز جاری برای پر کردن دانه ها در این نوع گیاهان باشد. در گیاهانی که تنش آب در هر دو مرحلهٔ رویشی و زایشی اتفاق افتاد کاهش مشابه در عملکرد دانه برای دو سطح کودی مشاهده شد. تعداد دانه در بلال و وزن دانه در سطح یک درصد برای اثر متقابل نیتروژن و تنش کمبود آب معنی دار بود. بیشترین تعداد دانه دربلال و وزن دانه با سطح نیتروژن ۲۰۰ کیلوگرم و بدون تنش آب حاصل شد و کمترین مقدار در سطح نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم و تنش توأم آب در مراحل رویشی و زایشی به دست آمد. هم چنین اثر متقابل سه عامل رقم و نیتروژن و آب برای عملکرد دانه و اجزاء آن معنی دار بود. بالاترین عملکرد دانه با رقم ۳۰۱ در سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم و بدون تنش کمبود آب به دست آمد. در رقم ۳۰۱ و سطح کودی بالا اثر تنش کمبود آب در کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و وزن دانه بیشتر از رقم ۱۰۸ بود. هر چند که در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیز برای صفات یاد شده اختلاف در بین دو رقم کاملاً مشهود بود. این مسأله نشانگر آنست که نه تنها دو رقم در شرایط کودی یکسان واکنش متفاوتی نسبت به تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد و عملکرد دانه از خود نشان می دهند، بلکه تنش آب قبل از آن که باعث کاهش عملکرد دانه گردد کمبود نیتروژن اثر خود را از طریق کاهش رشد و توسعهٔ اندام گیاه بر عملکرد کل گیاه اعمال می نماید.

شاخص برداشت (Harvest Index (HI که نشان دهندهٔ مقدار مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به اندام اقتصادی گیاه نسبت به کل مواد تولیدی ذخیره شده در طول دورهٔ نمو و رشد است تحت تأثیر برهمکنش نیتروژن و تنش کمبود آب واقع شد. تنش خشکی در سطح نیتروژن مصرفی بالا باعث افزایش شاخص برداشت شد ولی در سطح پایین نیتروژن مصرفی تفاوت قابل ملاحظه ای در این شاخص ایجاد نکرد. این مسأله می تواند به این دلیل باشد که در شرایط کمبود نیتروژن و تنش آب نه تنها مواد تولید شده در کل اندام گیاه کمتر بوده بلکه اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی نیز به همان نسبت کاهش می یابد. البته انتقال مواد به دانه ها ممکن است تحت تأثیر مستقیم تنش موقت کمبود آب قرار نگرفته و کوتاه شدن دورهٔ پر شدن دانه علت اصلی اختصاص کمتر مواد به دانه در این شرایط باشد. تغییرات وزن دانه در شرایط تنش و بدون تنش این مسأله را تأیید می نماید. به اظهار وستگیت (Westgate, 1994)، تفاوتی در شاخص برداشت گیاهان در تیمارهای مختلف آب دیده نمی شود و سرعت انتقال مواد به دانه ها در شرایط تنش و بدون تنش آب تفاوتی

جدول ٦- شاخص تنش SI (حساسیت) در تیمارهای مختلف در دو مرحلهٔ رشد رویشی و زایشی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

Table 6. Stress index in different treatments at vegetative and reproductive growth

شاخص تنش (SI) – درصد Stress index (%)				
Treatment	تیمار		سبز شدن تا ۱۲ برگی Emergence-V12	۱۲ برگی تا رسیدگی فیزیولوژیک V12-R6
تنش کمبود آب (خشکی) Water deficit stress	نیتروژن Nitrogen	رقم Hybrid		
تنش کمبود آب (رویشی) Water deficit stress (Veg.)	100	Sc-108	27.10	-
تنش کمبود آب (زایشی) Water deficit stress (Rep.)			-	10.18
تنش کمبود آب (رویشی و زایشی) Water deficit stress(Veg.&Rep.)			26.89	13.31
بدون تنش آب Non-water stress			0	0
تنش کمبود آب (رویشی) Water deficit stress (Veg.)	200	Sc-108	31.5	-
تنش کمبود آب (زایشی) Water deficit stress (Rep.)			-	19.85
تنش کمبود آب (رویشی و زایشی) Water deficit stress(Veg.&Rep.)			29.80	22.87
بدون تنش آب Non-water stress			0	0
تنش کمبود آب (رویشی) Water deficit stress (Veg.)	100	Sc-301	28.61	-
تنش کمبود آب (زایشی) Water deficit stress (Rep.)			-	30.48
تنش کمبود آب (رویشی و زایشی) Water deficit stress(Veg.&Rep.)			29.40	31.24
بدون تنش آب Non-water stress			0	0
تنش کمبود آب (رویشی) Water deficit stress (Veg.)	200	Sc-301	26.43	-
تنش کمبود آب (زایشی) Water deficit stress (Rep.)			-	29.04
تنش کمبود آب (رویشی و زایشی) Water deficit stress(Veg.&Rep.)			25.10	35.50
بدون تنش آب Non-water stress			0	0

نمی کند. ولی بولانوس (Bolanos, 1995)، افزایش شاخص برداشت تحت شرایط تنش خشکی را گزارش کرده است.

شاخص تنش(Stress Index (SI:

شاخص تنش(حساسیت) که بر اساس سرعت رشد محصول گیاهان تنش دیده در مقایسه با گیاهان بدون تنش برای مقاطع خاصی از دورهٔ رشد و نمو محاسبه شده، بر حسب درصد برای مرحلهٔ سبزشدن تا ۱۲ برگی و مرحلهٔ ۱۲ برگی تا رسیدگی فیزیولوژیک در جدول ٦ آمده است. همان گونه که ملاحظه می شود مقدار شاخص تنش در رقم سینگل کراس ۱۰۸ در سطح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحلهٔ سبز شدن تا ۱۲ برگی تفاوت زیادی با مرحلهٔ ۱۲ برگی تا رسیدن فیزیولوژیک دارد. متوسط شاخص تنش در مرحلهٔ سبز شدن تا ۱۲ برگی در این رقم حدود ۲۸ درصد و برای مرحلهٔ ۱۲ برگی تا رسیدن فیزیولوژیک حدود ١٦ درصد می باشد. این امر می تواند نشان دهندهٔ حساسیت بیشتر مرحلهٔ رویشی نسبت به مرحلهٔ زایشی (بعد از گرده افشانی و باروری گل ها) در رقم ۱۰۸ به تنش کمبود آب باشد. ولی در رقم سینگل کراس ۳۰۱ شاخص تنش در دو مرحله یاد شده تفاوت چندانی با یکدیگر نداشته و به طور متوسط بین ۲۵ تا ۳۵ درصد است که بیش از رقم ۱۰۸ می باشد. نتایج حاصل از عملکرد دو رقم در مقایسه با شاهد نیز این مسأله را تأیید می کند، به طوری که کاهش عملکرد معنی دار ناشی از تنش های ایجاد شده

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

در رقم ۳۰۱ بیش از رقم ۱۰۸ است.

با توجّه به نتایج به دست آمده، به نظر می رسد رقم سینگل کراس ۳۰۱ در مقایسه با رقم سینگل کراس ۱۰۸ به لحاظ داشتن شاخص سطح برگ مطلوب تر و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به برگ و ساقه، به نحو مطلوب تری از نیتروژن مصرفی استفاده نموده و در نتیجه ماده خشک تولید شده و انتقال مواد و عملکرد دانه در این رقم بیشتر است. ولی این برتری در شرایط تنش کمبود آب برقرار نبوده به طوری که رقم ۳۰۱ حساسیت بیشتری به تنش کمبود آب به ویژه در مرحلهٔ زایشی از خود نشان می دهد.

منابع مورد استفاده References

هی، ک. ام. و ان.ج. واکر. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه: امام، ی. و نیک نژاد، م چاپ اول. انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۷۱ ص.

سپهری، ع. ۱۳۷۸. بررسی اثر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر روند رشد، مراحل نمو و عملکرد ذرت دانه ای در کشت دوگانه. پژوهش کشاورزی، جلداول، شمارهٔ ۱ :۱۱-۱.

علیزاده، ا. ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ اول. انتشارات آستان قدس، ۳۵۳ ص.

تیر، آی. دی، اچ . اچ. پیتُ. ۱۳۷۲. رابطهٔ آب و خاک در گیاهان زراعی.ترجمه: کوچکی، ع. حسینی، م و نصیری، م. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۶۰ ص.

مظاهری، م. و ا. هاشمی دزفولی. و ا. علیزاده. ۱۳۷۷. مقایسهٔ اثر کود اوره و اورهٔ پوشش شده با گوگرد بر روی روند رشد دورقم ذرت در منطقهٔ زرقان فارس. مجلهٔ علوم زراعی ایران، جلداول، شمارهٔ ۱ : ۴۷-۳۷.

Barres, H. D., and P. E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Aust J of Biol Sci. **15:**413-428.

Bolanos, J. 1995. Physiological basis for yield differences in selected maize cultivars from central America. Field Crop Research**. 42:**69-80

Carmer, S. G., W. E. Nyquistt, and W. M. Walker. 1989. Least significant differences for combined analyses of experiments with two or three factor treatment designs. Agron. J. 81:665-672.

Classen, M. M., and R. H. Shaw. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain component. Agron. J. **62:**652-655.

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.

Girardin, P., M. Tollenaar, A. Deltour, and J. Muldoon. 1987. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effcets on development, dry matter accumulation and grain yield. Agronomie (Paris). **7:**289-296.

Grant, R. F., B. S. Jackson, J. R. Kiniry, and G. F. Arkin. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. Agron. J. **81:**61-65.

Hall, A.J., J. H. Lemcoff, and N. Trapani. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants. Maydica **26:**19-38.

Herreo, M. P., and R. P. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproduction systems. Crop Sci. **21:**105-110.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

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.

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.

Novoa, R., and R. S. Loomis. 1981. Nitrogen and plant production. Plant & Soil. 58:177-204.

Osborne, S. L., J.S. Schepers, D. D. Francis, and M. R. Schlemmer. 2002. Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. Crop Sci. **42:**165-171.

Uhart, S. A., and F. H. Andrade. 1995a. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. Crop Sci. **35:**1376-1383.

Uhart, S. A., and F. H. Andrade. 1995b. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. Crop Sci. **35:**1384-1389.

Vincent, G. B., and D. G. Woolley. 1972. Effect of moisture stress at different stages on growth: II. Cytoplasmic male-strile corn. Agron. J. **64:**599-602.

Westgate, M. E., 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. Crop Sci. **34:**76-83.

Westgate, M. E., and J. S.Boyer. 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Sci. **26:**951-956.

Zinselmeier, C., M. J. Lauer, and J. S. boyer. 1995a. Reversing drought-induced losses in grain yield: Sucrose Maintains embryo growth in maize. Crop Sci. **35:**1390-1400.

Zinselmeier, C., M. E. Westgate and R. J. Jones. 1995b. Kernel set at low water potential does not vary with source/sink ratio in maize. Crop Sci. **35:**158-163.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.)

A. Sepehri[1], S. A. Modarres Sanavi[2], B. Gharehyazi[3] and Y. Yamini[4]

ABSTRACT

Plants are exposed to environmental stresses. Water and nitrogen availability are two major factors for crop production under different conditions. In order to determine the effects of water deficit and different nitrogen rates on growth and developmental stages, yield and yield components of corn, two field experiments were conducted using a randomized complete block design in 2001 growing seasons. Two corn hybrids (KSC 108 and KSC 301) were used under water and nitrogen stresses at vegetative and reproductive growth stages in two locations (Hamedan and Karaj). The result indicated that phenological stages delayed under water and nitrogen stresses in different treatments. Leaf area index decreased as availability of water and nitrogen decreased. Significant differences were observed between two hybrids for biological yield, grain yield and yield components. The lowest biomass and grain yield were produced in water stressed plants at both vegetative and reproductive stages. The different rates of nitrogen utilization shown significant effect on grain yield. Water deficit at vegetative and reproductive growth stages decreased the grain yield by 15% and 20%, respectively in comparison with controls. Relative water content reduced by 15-18% under water and nitrogen stresses. There were no significant differences in harvest index, but stress index (SI) was different between stressed treatments. The maximum stress index (SI) belonged to KSC 301 under water stress at the vegetative and reproductive growth stages.

Key words: Maize, Water stress, Nitrogen, Growth and development, Grain yield, Yield components.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.4.9]

1- Scientific member of Bu-Alisina Univ., Hamadan, Iran.
2 & 3- Assist. prof. and Associ. prof., Tarbiat Modarres Univ., Tehran and Institute of Ag. Biotechnology. Karaj, Iran, respectively.
4- Assist. prof. Associ. Tarbiat Modarres Univ., Tehran, Iran.