Archive of SID

نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد نهم، شماره ۲(۳۴)، تابستان ۱۳۹۴، صفحه ۲۷۴-۲۵۹

تغییرات عملکرد ذرت سینگل‌کراس ۲۶۰ در رژیم‌های مختلف آبی و کود نیتروژن با استفاده از شاخص‌های رشد

مهتا حق‌جو[1] و عبداله بحرانی[1*]

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر تغییرات شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۲۶۰ در استان فارس، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل چهار سطح ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک بعد از استقرار گیاه در مرحله ۵ برگی، و کرت‌های فرعی شامل چهار سطح نیتروژن خالص ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که رابطه مستقیمی بین عملکرد و شاخص‌های رشد وجود دارد، به طوری‌که عملکرد ذرت در تیمار تخلیه رطوبتی ۲۰٪ و میزان ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر بود (۸۸۷۷ کیلوگرم در هکتار) و شاخص‌های رشد از وضعیت بهتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. نتایج بررسی همچنین نشان داد که با افزایش کود نیتروژن شاخص‌های رشد LAI، SLA, NAR و RGR در هر تیمار افزایش ولی با کاهش رطوبت، مقادیر آنها کاهش یافتند و کمترین مقادیر آنها در تیمار ۸۰٪ تخلیه رطوبتی و بیشترین آنها در تیمار ۲۰٪ تخلیه رطوبتی مشاهده شد. در صفت سرعت رشد گیاه (CGR) کمترین میزان مربوط به تیمار ۸۰٪ تخلیه رطوبتی در سطوح کودی ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. با بررسی روند منحنی نسبت سطح برگ (LAR) مشخص گردید که این منحنی در ابتدا افزایش یافته و سپس روند کاهشی داشت، که با اعمال تنش آب، سرعت کاهش بیشتر شد. به طورکلی با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد که مصرف کود نیتروژن تمام صفات را افزایش داد، هرچند بین تیمار کودی ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. مصرف کود نیتروژن باعث تخفیف اثر سوء کمبود آب گردید و سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در تمام سطوح تخلیه رطوبتی، بیشترین اثر را داشت.

واژگان کلیدی: تخلیه رطوبتی، شاخص‌های رشد، عملکرد دانه، نیتروژن.

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رامهرمز دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۴
تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۶

(* نگارنده‌ی مسئول) abahrani@iauramhormoz.ac.ir & abahrani75@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

عملکرد ذرت به صورت بالقوه رابطه نزدیکی به قابلیت دسترسی به آب و مصرف کود دارد (Kocheki *et al.*, 1993). مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن یکی از اصلی‌ترین عوامل کاهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شود (Norwood, 2000).

آب در فرآیندهای جذب عناصر نقش مهمی دارد، به گونه‌ای که وجود رطوبت کافی در خاک برای جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد محصول ضروری است (Karimi *et al.*, 2010). از طرفی جهت افزایش کارآیی مصرف نهاده‌ها و کاهش هزینه‌ها، تناسب میان میزان مصرف نیتروژن با فراهمی آب در خاک الزامی می‌باشد (Lak *et al.*, 2007).

تنش آبی حتی برای مدت کوتاه باعث کاهش عملکرد ذرت می‌شود و بیشترین حساسیت خشکی در چرخه زندگی گیاه، در مرحله نمو گلچه‌ها و باروری آنها می‌باشد (Katerji *et al.*, 2004). مکونن (Mekonen, 2011) با بررسی‌هایی که در مورد تنش خشکی در مراحل فنولوژیکی گیاه ذرت (استقرار، رویشی، گلدهی و پر شدن دانه) انجام داد نشان داد که کمبود آب در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه دارد، به‌طوری‌که باعث کاهش ۲۹ تا ۴۲ درصدی عملکرد دانه می‌گردد. ایگبادوم (Igbadum *et al.*, 2007) نشان داد که عملکرد مناسب در ذرت با آبیاری منظم در طی مراحل گلدهی حاصل می‌آید، حتی اگر محدودیت آبیاری در طول مراحل رویشی و پر شدن دانه وجود داشته باشد. نوری اظهر واحسان‌زاده (Nouri Azhar and Ehsan zadeh, 2007) با بررسی تغییرات شاخص‌های رشد پنج هیبرید ذرت در دو رژیم مختلف آبیاری گزارش کردند که کم آبی اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ دارد. پاندی و همکاران (Pandey *et al.*, 2000) گزارش کردند که کم آبیاری در اوایل رشد رویشی، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد گیاه (CGR) و ماده خشک (TDM) را در گیاه ذرت به مقدار کمی کاهش می‌دهد و در مرحله رشد زایشی، باعث کاهش شدید این شاخص‌ها می‌شود. یکی از عوامل مؤثر توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن، توسعه سایه‌انداز، میزان نیتروژن است که با تاثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (Sajedi and Ardakani, 2008). گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بزرگ‌تری خصوصاً در برگ‌های بالایی نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم داشتند (Sepehri *et al.*, 2003). مطالعات یوهارت و آندرید (Uhart and Andrade, 1995) نشان داد که افزایش نیتروژن خاک باعث افزایش گسترش سطح برگ گردیده و در نتیجه نفوذ نور به درون سایه‌انداز و کارآیی مصرف نور زیاد می‌گردد، که این عوامل باعث افزایش سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و دوام شاخص سطح برگ می‌گردد و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. به عبارت دیگر با کاهش بیشتر LAI، LAR افت زیادتری نمود. موسر و همکاران (Moser *et al.*, 2006) دریافتند که در شرایط وجود رطوبت کافی، برای رسیدن به حداکثر عملکرد دانه، گیاه ذرت نسبت به شرایطی که کمبود رطوبت وجود داشته باشد نیاز بیشتری به نیتروژن دارد.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و رژیم‌های آبیاری بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و ارتباط آن با عملکرد ذرت دانه ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق در مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹درجه و ۳۳ دقیقه و ارتفاع از سطح دریای ۱۸۱۰

www.SID.ir

Archive of SID

در دو سال زراعی ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در قطعه زمینی با مساحت ۳۰۰۰ متر مربع اجرا شد.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل چهار تیمار تخلیه رطوبتی D_1: ۲۰ درصد (۲۰ درصد FC)، D_2: ۴۰ درصد (۴۰ درصدFC)، D_3: ۶۰ درصد (۶۰ درصد FC) و D_4: ۸۰ درصد (۸۰ درصد FC) و کرت‌های فرعی شامل چهار سطح کود نیتروژن N_1:۱۵۰، N_2: ۲۰۰، N_3: ۲۵۰ و N_4: ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. نیتروژن خالص از منبع اوره بود که در سه زمان کاشت، ساقه رفتن و ظهور گل نر اعمال شد. کودهای فسفر و پتاس بر اساس آزمون خاک قبل از کاشت اعمال شد (جدول ۱). رقم مورد استفاده هیبرید جدید زودرس ذرت دانه‌ای (سینگل‌کراس ۲۶۰) مناسب برای کشت دوم در مناطق معتدل بعد از برداشت گندم بود که توسط موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر معرفی گردید. کاشت در ۱۵ تیر ماه در قطعه زمینی که در سال قبل به صورت آیش بود انجام شد. تعداد کرت در هر بلوک ۱۶ عدد، تعداد خط در هر کرت ۶ عدد و طول هر خط ۶ متر به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها با تراکم ۸ بوته در متر مربع با توجه به درصد قوه نامیه، خلوص فیزیکی و وزن هزار دانه در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از نفوذ آب از پلات‌های تحت آبیاری به سایر پلات‌ها، یک خط نکاشت بین پلات‌های فرعی و ۱/۵ متر فاصله بین پلات‌های اصلی و فاصله بین تکرارها نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. آبیاری کلیه کرت‌ها به صورت قطره‌ای با استفاده از نوارهای پلاستیکی (Tape) با فاصله نازل‌های ۲۰ سانتی‌متر و تحمل فشار ۲۰ اتمسفر، انجام گردید و حجم آب ورودی به کرت‌ها با استفاده از کنتور محاسبه و تنظیم شد. جهت تعیین رطوبت خاک برای برنامه‌ریزی آبیاری با نمونه‌برداری روزانه از خاک به‌وسیله مته، درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری با استفاده از فرمول ذیل به‌دست آمد (Alizadeh, 1996).

$$\theta m = \frac{\text{Wet soil} - \text{Dry soli}}{\text{Dry soil}} \times 100$$

که در آن Θm درصد رطوبت وزنی، Wet soil وزن خاک مرطوب و Dry soil وزن خاک خشک می‌باشد.

میزان آب آبیاری نیز با استفاده از فرمول زیر مورد محاسبه قرار گرفت (Alizadeh, 1996).

$$V = \frac{(FC - \theta m) \times P_b \times D\,Root \times A}{E_i}$$

که در آن V حجم آب آبیاری، FC درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت رطوبت مزرعه، Θm درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، P_b وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، A مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع، D root عمق نفوذ ریشه بر حسب متر و E_i راندمان آبیاری است (که در این آزمایش با توجه به این‌که آبیاری به صورت قطره‌ای انجام شد این عدد ۹۰ درصد در نظر گرفته شد). اعمال تنش آبی بعد از استقرار گیاه در مرحله ۵ برگی (23 ZGS) و اعمال تیمار کود نیتروژن در سه مرحله قبل از کاشت، قبل از ساقه رفتن (ZGS 23) و ظهور گل نر (ZGS 50) انجام گردید. در طول آزمایش مبارزه شیمیایی با آفات و علف‌های هرز انجام نگرفت و مبارزه با علف‌های‌هرز به صورت مکانیکی انجام شد. در مرحله ۴ برگی، عملیات تنک کردن با دست انجام شد. در طول آزمایش، شاخص سطح برگ (LAI) طی ۶ مرحله به‌وسیله خط‌کش (۰/۷۵×طول×عرض) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی(RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

سطح برگ (LAR)، سطح مخصوص برگ (SLA)، محاسبه شد. برای تعیین صفات فوق، هر ۱۲ روز یک‌بار ۴ بوته به طور تصادفی برداشت و صفات فوق اندازه‌گیری شد. در نهایت پس از حـذف اثرات حاشیه، از سطحی معادل ۲ متـرمربع، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه شاخص‌های رشد از روابط ذیل استفاده گردید:

$LAI=LA/GA$ که LA: سطح برگ و GA: سطح زمین)

$CGR=W_2-W_1/T_2-T_1$ $(g.m^{-2}.day^{-1})$ که: w_2-w_1: تغییرات وزن خشک و t_2-t_1: فاصله زمانی نمونه-برداری،

$RGR=CGR/TDW$ $(g.g^{-1}.day^{-1})$ که CGR: سرعت رشد گیاه و TDW: وزن خشک کل گیاه

$NAR=CGR/LAI$ $(g.m^{-2}.day^{-1})$ که CGR: سرعت رشد گیاه و LAI: شاخص سطح برگ

$LAR=RGR/NAR$ $(m^2.g^{-1})$ که RGR: سرعت رشد نسبی و NAR: سرعت جذب خالص

$SLA=LA/LDW$ $(cm^2.g^{-1})$ که LA: سطح برگ و LDW: وزن خشک برگ می‌باشند.

برای رسم شکل‌ها از برنامه EXCEL استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز پس از تجزیه واریانس از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

سطح برگ (LAI [1])

حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار تنش ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و سطح کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۳/۹۵ (شکل ۱، الف) و کمترین شاخص سطح در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و در سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۲/۹۰ به‌دست آمد (شکل ۱، د). با افزایش کود نیتروژن شاخص سطح برگ در هر تیمار افزایش پیدا کرد اما با کاهش رطوبت این میزان کاهش پیدا کرد، که کمترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده می‌شود و نیتروژن و آبیاری تاثیر معنی‌داری در شاخص سطح برگ دارند (شکل ۱، الف تا د). منصوری‌فر و همکاران (Mansouri-Far *et al.*, 2010) نشان دادند که تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن، تاثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ دارند. آنها دریافتند که کاهش شدید شاخص سطح برگ در زمانی که کمبود آب در مرحله هشت برگی گیاه اعمال می‌گردد، حاصل می‌شود. همچنین آنها نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن و فراهم بودن آن در طی مراحل رشد رویشی و زایشی، با افزایش طول برگ‌ها و تاثیر بر پیری آنها بر شاخص سطح برگ مؤثر می‌باشد. علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2008) گزارش کردند که شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ تحت تاثیر نیتروژن قرار می‌گیرند به نحوی که با افزایش نیتروژن خاک، گسترش سطح برگ افزایش یافته و در نتیجه نفوذ نور به درون سایه‌انداز و کارایی مصرف نور زیاد می‌گردد، که این عوامل باعث افزایش شاخص سطح برگ و دوام شاخص سطح برگ می‌گردد.

۱-Leaf Area Index

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت رشد گیاه (CGR[1])

سرعت رشد گیاه تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن قرار گرفته است. سرعت رشد گیاه در زمان گلدهی به حداکثر میزان خود رسید، که این میزان در تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و سطح کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار بود که البته در بین سطوح کودی ۳۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت چندانی مشاهده نشد و کمترین سرعت رشد گیاه مربوط به تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود. به‌طوری‌که کمترین سرعت رشد گیاه در سطح کودی ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، این موضوع نشان‌دهنده این است که گیاه اگر با کمبود آب مواجه باشد حتی اگر کود به میزان بالایی در خاک موجود باشد، گیاه قادر به جذب نیتروژن نیست (شکل ۲، الف تا د). سرعت رشد گیاه (CGR) که میزان تغییرات مادهٔ خشک در واحد سطح و زمان را بیان می‌نماید به طور مؤثر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. از آن جا که سطح برگ عامل مهمی در جذب کربن می‌باشد در شرایط تنش خشکی، به دلیل تغییر در سطح برگ، سرعت رشد محصول نیز دچار تغییر می‌شود (Lak *et al.*, 2007).

سرعت رشد نسبی گیاه (RGR[2])

نمودار RGR نسبت به زمان، در گیاه ذرت، روند کاهشی داشت و با اعمال تیمار تنش، منحنی RGR سرعت نزول قابل توجهی یافت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً با وجود تنش آب یا بافت‌های بالغ زودتر تشکیل می‌گردد یا این‌که سرعت تشکیل بافت‌های تقسیم شونده کاهش می‌یابد. سرعت افزایش RGR در تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی بالاتر از سایر تیمارها بود و با افزایش سطوح کودی سرعت رشد نسبی افزایش پیدا کرد، که در ۴ تیمار تخلیه رطوبتی، بیشترین RGR مربوط به سطح کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۰/۱۲ ($g.g^{-1}.day^{-1}$) و کمترین مربوط به سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۰/۰۶ ($g.g^{-1}.day^{-1}$) می‌باشد (شکل ۳، الف تا د). به‌طورکلی کمبود آب و نیتروژن هر دو باعث کاهش سرعت رشد نسبی گیاه گردید و میزان تجمع ماده خشک را کاهش داد، اگر کمبود نیتروژن به همراه کمبود آب بود این مسئله اهمیت بیشتری پیدا کرد. ساکی‌نژاد (Sakinezhad, 2004) گزارش داد که افزایش شدت تنش خشکی احتمالاً از طریق سرعت بخشیدن به تشکیل بافت‌های بالغ و یا کاهش سرعت تشکیل بافت‌های مریستمی، روند کاهشی سرعت رشد نسبی را افزایش می‌دهد.

سرعت جذب خالص (NAR[3])

الگوی تغییرات فصلی سرعت جذب خالص در کلیه تیمارها دارای روند نزولی بود و با مسن شدن بوته‌ها سرعت جذب کاهش یافت (شکل ۴، الف تا د). با افزایش تیمار تخلیه رطوبتی از ۲۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی سرعت جذب خالص کاهش پیدا کرد، که کمترین مربوط به تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود. زیرا در این تیمار به دلیل کمبود آب و کاهش جذب مواد غذایی، رشد گیاه نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه سرعت جذب خالص کاهش می‌یابد.

در بین سطوح کودی مشاهده گردید که بیشترین میزان NAR مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۱۴ ($g.m^{-2}.day^{-1}$) و کمترین مربوط به تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۷ ($g.m^{-2}.day^{-1}$) بود. لک و همکاران (Lak *et al.*, 2007) بیان کردند که همبستگی میان تنش خشکی و سرعت جذب خالص منفی و معنی‌دار بود و

۱-Crop Growth Rate

۲-Relative Growth Rate

۳-Net Assimilation Rate

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش سرعت جذب خالص ذرت شد. از آن‌جا که شاخص سطح برگ میان سطوح مختلف آبیاری اختلاف قابل ملاحظه‌ای داشت لذا تفاوت سرعت جذب خالص مواد، مربوط به تغییرات سطح برگ و وزن ماده خشک گیاه و یا به عبارتی تغییرات میزان رشد گیاه بود. طریق‌الاسلامی و همکاران (Tarigheslami *et al.*, 2012) نشان دادند که روند تغییرات جذب و تحلیل خالص در سطوح مختلف نیتروژن در طول فصل رشد روند نزولی داشت و اختلاف چندانی بین سطوح مختلف کود نیتروژن مشاهده نشد.

سطح ویژه برگ (SLA[1])

سطح ویژه برگ در ۴ تیمارهای تخلیه رطوبتی روند نزولی داشت، که بیشترین میزان مربوط به تیمار تخلیه رطوبتی ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مربوط به تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد (شکل ۵، الف تا د). در بین سطوح مختلف تیمار نیتروژن در مراحل اول رشد تفاوت مشاهده می‌شود که بیشترین میزان مربوط به تیمار۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که این روند در تیمارهای تخلیه رطوبتی ۲۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی تا۴۰-۴۵ روز پس از رشد کاملاً مشهود است، اما در تیمارهای تخلیه رطوبتی ۶۰ و۸۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت در بین سطوح کودی بسیار ناچیز بود، که به دلیل کمبود آب موجود در گیاه می‌باشد (شکل ۵، الف تا د). سطح ویژه برگ یک عامل اساسی در تعیین سرعت رشد نسبی RGR می‌باشد. چندین بررسی گسترده نشان داده است که یکی از علایم رشد کند وراثتی در گونه‌های گیاهی موجود در مناطق کم ارتفاع و معتدل مربوط به کمی سطح ویژه برگ گیاهان تک لپه‌ای‌ها و دو لپه‌ای‌ها می‌باشد. سطح ویژه برگ پایین مساحت موجود را برای جذب نور و در نتیجه عمل کربن گیری از طریق فتوسنتز فراهم نیاورده و لذا RGR را کاهش می‌دهد (Sajedi and Ardakani, 2008).

نسبت سطح برگ (LAR[2])

با بررسی روند منحنی LAR مشخص گردید که این منحنی در ابتدا دارای نسبت سطح برگ زیاد است، که این موضوع به دلیل تولید برگ در مراحل ابتدایی رشد بود و سپس روند کاهشی دارد، که با اعمال تنش آب، سرعت این کاهش بیشتر شد. به عبارت دیگر با کاهش بیشتر LAI، LAR افت زیادتری نمود. بالاترین مقدار LAR مربوط به تیمار تخلیه رطوبتی ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و کود نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با ۰/۰۱۲ $m^2\ g^{-1}$ می‌باشد (شکل ۶، الف). کمترین مقدار LAR مربوط به تیمارتخلیه رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و کود نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار $m^2\ g^{-1}$ ۰/۰۵ می‌باشد (شکل ۶، د). با افزایش سطح کود نیتروژن نسبت سطح برگ افزایش پیدا کرد، که در تمام تیمارها این روند مشاهده می‌شود (شکل ۶، الف تا د)، هرچند در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده می‌شود که نسبت سطح برگ در ۴ سطح کودی تقریباً به یک اندازه می‌باشد، که این به دلیل کمبود آب موجود در خاک است که گیاه حتی در شرایطی که نیتروژن در حد زیادی در خاک وجود دارد قادر به جذب نیتروژن نمی‌باشد. ساکی‌نژاد (Sakinezhad, 2004) نتایج مشابهی در این زمینه ارایه داد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ نشان داد که تیمار های آبیاری و نتیروژن و نیز اثرات متقابل آنها تاثیر معنی داری را بر عملکرد دانه داشتند ($P<0.05$). افزایش تخلیه رطوبتی خاک باعث کاهش عملکرد

۱-Specific Leaf Area

۲-Leaf Area Ratio

www.SID.ir

Archive of SID

دانه شد. به‌طوری‌که تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین عملکرد دانه در مقایسه با سایر تیمارها بود. دامنه تغییرات عملکرد در بین تیمارها ۲۳۴۴ کیلوگرم در هکتار بود، که بیشترین عملکرد با میانگین ۸۸۷۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین عملکرد با میانگین ۶۵۳۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد. افزایش کاربرد تیمار کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد شد و تاثیر معنی‌داری را بر عملکرد دانه داشت به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کودی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. کاربرد کود نیتروژن در تیمارهایی که تحت شرایط کمبود آب بودند تا حدودی عملکرد دانه را افزایش داد. به‌طوری‌که مشاهده شد در تیمارهای که کمبود آب وجود داشت، سطح بالای نیتروژن، ۱۷ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (شکل ۷). کیردا و همکاران (Kirda *et al.*, 2005) در آزمایشی در دو سال اعلام کرد که عملکرد دانه ذرت در شرایط آبیاری نرمال و کمبود آب بین ۹/۱۹ تا ۱۰/۷۹ تن در هکتار متغیر است. مکونن (Mekonen, 2011) با بررسی‌هایی که در مورد تنش خشکی در مراحل فنولوژیکی گیاه ذرت (استقرار، رویشی، گلدهی و پر شدن دانه) انجام داد نشان داد که کمبود آب در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه دارد، به‌طوری‌که باعث کاهش ۲۹ تا ۴۲ درصدی عملکرد دانه می‌گردد. ایگبادوم (Igbadum *et al.*, 2007) نشان داد که عملکرد مناسب در ذرت با آبیاری منظم در طی مراحل گلدهی حاصل می‌آید، حتی اگر محدودیت آبیاری در طول مراحل رویشی و پر شدن دانه وجود داشته باشد.

ارتباط شاخص‌های رشد با عملکرد دانه

فرایند رشد و البته شاخص‌های رشد کاملاً وابسته به برگ‌ها و شاخص سطح آن می‌باشد و این دو، خود مستقیماً به فراهم بودن آب وابسته‌اند. کمبود آب موجب کاهش پتانسیل فشاری آب می‌شود، پتانسیلی که خود مستقیماً بر رشد و توسعه سلول اثر می‌گذارد. وقتی فشار تورژسانس یا پتانسیل فشاری از حد آستانه کمتر شود، سلول‌ها و به تبع آن برگ‌ها گسترش نخواهند یافت و در نتیجه کل فرآیند فتوسنتز و غذاسازی و رشد و البته افزایش ماده خشک و سرعت رشد محصول و همه شاخص‌های رشد تحت تاثیر قرار می‌گیرند.

براساس نتایج به‌دست آمده، مشاهده گردید که رابطه مستقیمی بین عملکرد دانه و شاخص‌های رشد وجود دارد، زیرا که در تیمار تخلیه رطوبتی ۲۰ درصد ظرفیت زراعی که دارای بیشترین عملکرد دانه می‌باشد، شاخص‌های رشد نیز از سایر تیمارها بالاتر می‌باشد. در حالی‌که مشاهده می‌شود در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی شاخص‌های رشد در پایین‌ترین مقدار در مقایسه با سایر تیمارها می‌باشد، و همچنین با افزایش میزان نیتروژن از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شاخص‌های رشد افزایش یافت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه در سطح ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش شاخص‌های رشد می‌باشد. از آن جهت که برگ‌ها درگیاه پذیرنده عمده نور می‌باشد و می‌توانند منبع غنی برای مرحله زایشی و پر شدن دانه مهیا کنند، داشتن شاخص سطح برگ مطلوب و همچنین سایر شاخص‌های رشد می‌توانند در افزایش عملکرد گیاه تاثیر زیادی داشته باشد. یزدان‌دوست همدانی و رضایی (Yazdandoost and Rezai, 2001) گزارش کردند که پس از ظهور گل تاجی، گیاه ذرت یک دوره سریع رشد را شروع کرده

www.SID.ir

Archive of SID

و به سرعت ماده خشک و مواد غذایی ذخیره می‌کند، بنابراین تأمین مواد فتوسنتزی برای گیاه دارای اهمیت زیادی است. استوارت و همکاران (Stewart *et al.*, 2003) بر این بیان کردند که اگر سطح برگ تا شروع تشکیل دانه حفظ شود، همبستگی مثبتی با عملکرد دانه خواهد داشت، و می‌توان گفت که نه تنها عوامل مؤثر بر رشد گیاه در ابتدای فصل رشد بلکه شاخص‌های رشد نیز تعیین کننده عملکرد هستند.

نتیجه‌گیری کلی

عنصر نیتروژن و آب دو فاکتور مهم در رشد و نمو ذرت هستند. در این آزمایش تخلیه رطوبتی بر شاخص‌های رشد و عملکرد تاثیر گذاشت. با افزایش تخلیه رطوبتی از ۲۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، میزانLAI, CGR, RGR, NAR, LAR, SLA و همچنین عملکرد دانه کاهش پیدا کرد. کاربرد کود نیتروژن تاثیر زیادی بر شاخص‌های رشد داشت، و با افزایش کود نیتروژن روند شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR) و سطح ویژه برگ (SLA) افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین شاخص‌های رشد در تیمار کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین در سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. با توجه به این‌که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، بنابراین رابطه مستقیمی بین عملکرد دانه و شاخص‌های رشد وجود دارد، چرا که در تیمار تخلیه رطوبتی ۲۰ درصد ظرفیت زراعی که دارای بیشترین عملکرد دانه می‌باشد، شاخص‌های رشد نیز از سایر تیمارها بالاتر می‌باشد، و در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی شاخص‌های رشد در پایین‌ترین مقدار در مقایسه با سایر تیمارها می‌باشد، و همچنین با افزایش میزان نیتروژن از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، شاخص‌های رشد افزایش یافت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت بهبود در روند شاخص‌های رشد در افزایش عملکرد دانه مؤثر است.

جدول ۱- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil characteristics of experiment site

عمق Depth (Cm)	سیلت Silt %	رس Clay%	شن Sand%	اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اشباع SP (%)	نیتروژن کل N (%)	کربن آلی O.C (%)	فسفر قابل جذب P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K ($mg.kg^{-1}$)
0-30	44	34	22	7.64	0.57	54	0.02	0.38	8.5	250
30-60	42	44	14	7.73	0.42	66	0.01	0.20	4.5	120

www.SID.ir

Archive of SID

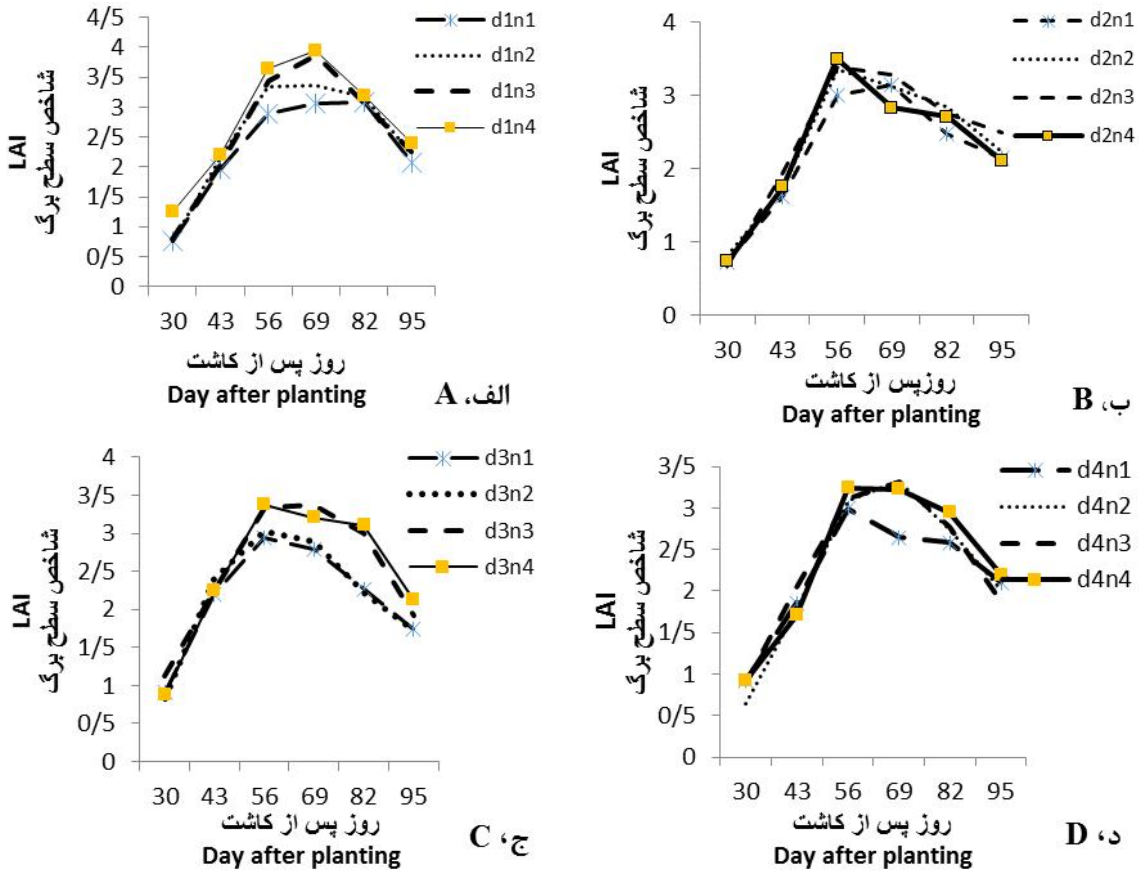
جدول ۲- تجزیه مرکب عملکرد دانه در تیمارهای تخلیه رطوبتی و نیتروژن

Table 2-Combined analyses of grain yield at moisture depletion and nitrogen treatments

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield
Year(Y)	سال	1	5141.87**
R*(Y)	تکرار در سال	6	1147.88
Moisture depletion (MD)	تخلیه رطوبتی (D)	3	27767.91**
Y*D	سال × تخلیه رطوبتی	3	2088.11**
Error a	خطای a	18	47.87
Nitrogen (N)	نیتروژن(N)	3	6387.7**
Y*N	سال × نیتروژن	3	1986.37**
D*N	تخلیه رطوبتی× نیتروژن	9	223.63**
Y*D*N	سال× تخلیه رطوبتی× نیتروژن	9	4704.46**
Error b	خطای b	72	35.96
Total	کل	127	
Coefficient variation (CV) %	ضریب تغییرات ٪		2.46

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns:non significant, *and**: Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

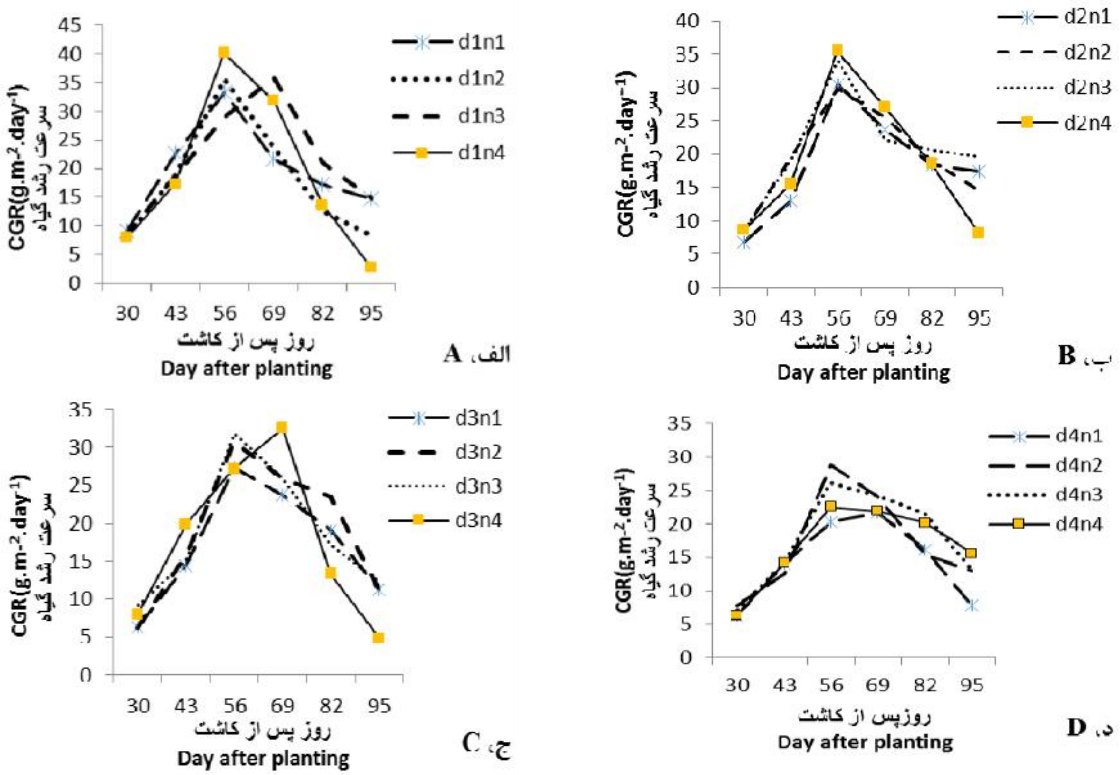


شکل ۱- میانگین شاخص سطح برگ در سطوح مختلف نیتروژن و تخلیه رطوبتی. الف- تنش ۲۰ درصد ب- تنش ۴۰ درصد ج- تنش ۶۰ درصد د- تنش ۸۰ درصد

Figure 1- Mean of LAI at different nitrogen levels and moisture depletion. A. 20% stress, B. 40% stress, C. 60% stress, D. 80% stress

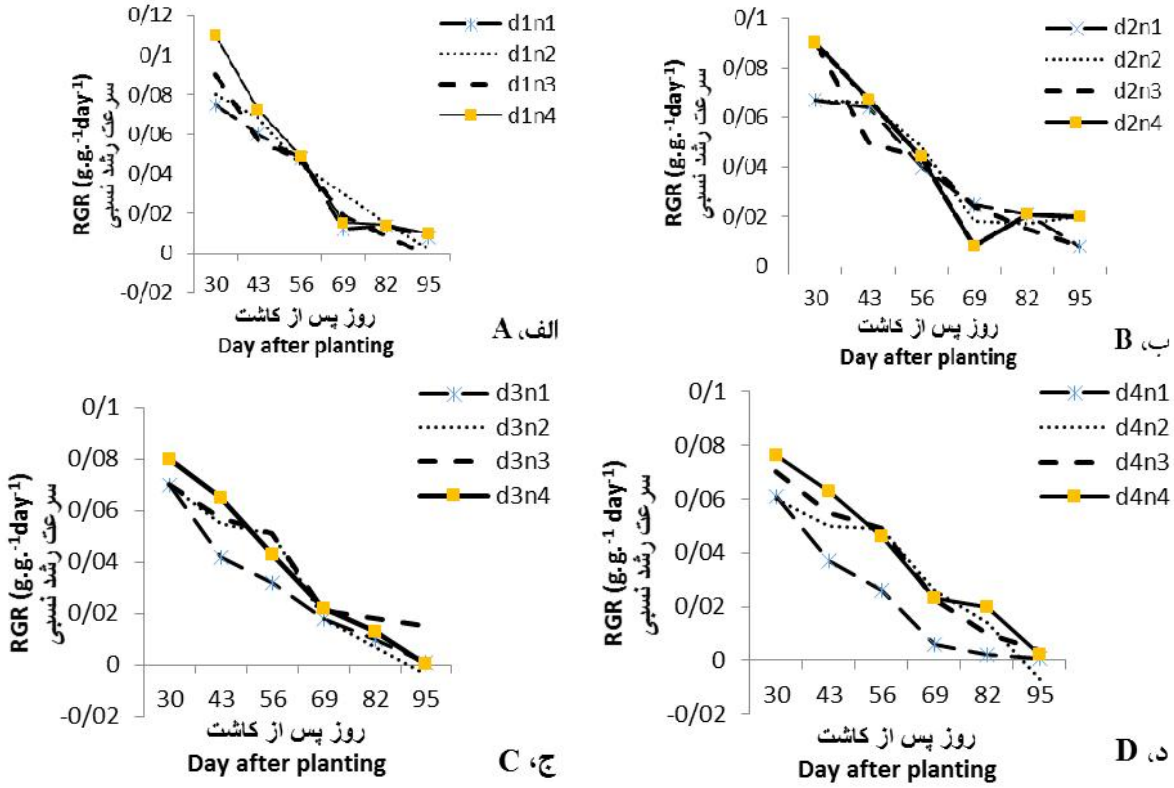
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- میانگین سرعت رشد گیاه در سطوح مختلف نیتروژن و تخلیه رطوبتی. الف- تنش ۲۰ درصد ب- تنش ۴۰ درصد ج- تنش ۶۰ درصد د- تنش ۸۰ درصد

Figure 2- Mean of CGR at different nitrogen levels and moisture depletion. A. 20% stress, B. 40% stress, C. 60% stress, D. 80% stress

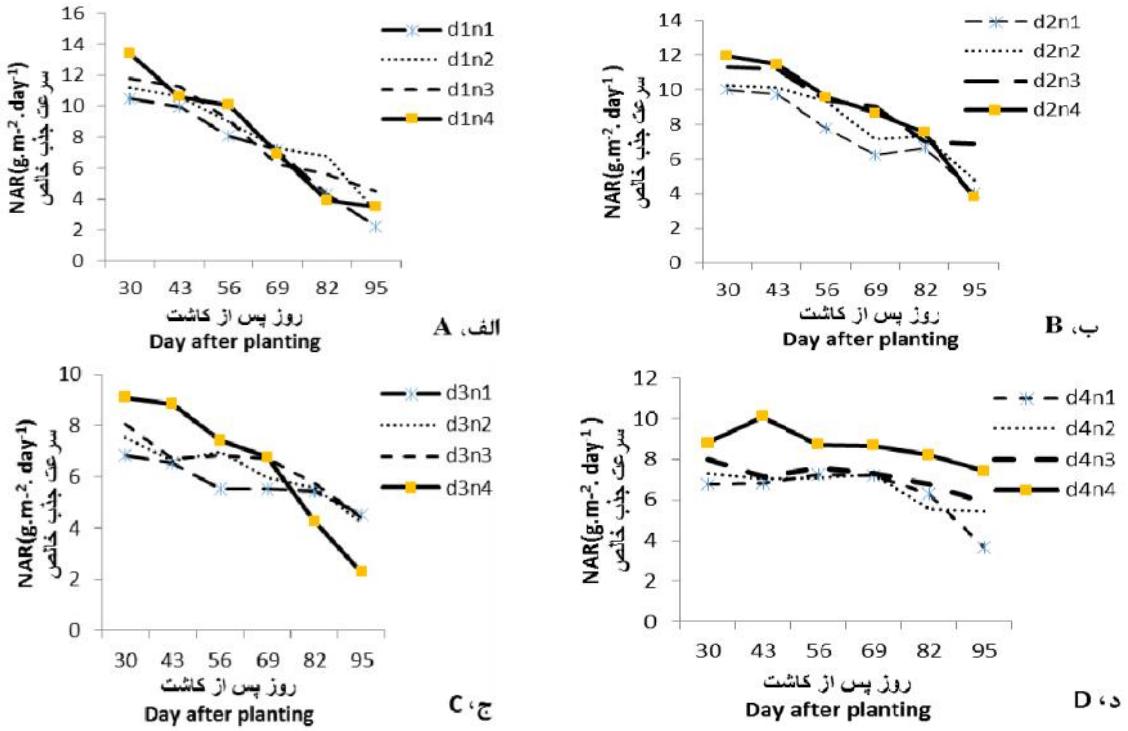


شکل ۳- میانگین سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف نیتروژن و تخلیه رطوبتی. الف- تنش ۲۰ درصد ب- تنش ۴۰ درصد ج- تنش ۶۰ درصد د- تنش ۸۰ درصد

Figure 3- Mean of RGR at different nitrogen levels and moisture depletion. A. 20% stress, B. 40% stress, C. 60% stress, D. 80% stress,

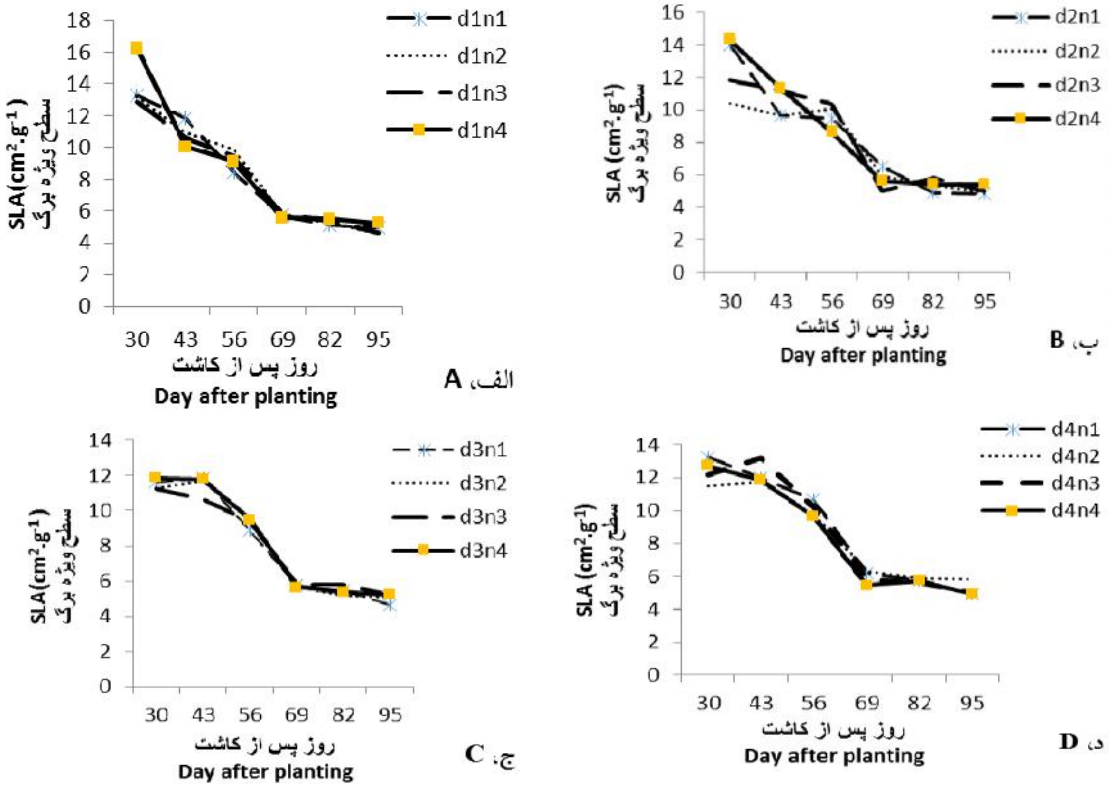
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- میانگین سرعت جذب خالص در سطوح مختلف نیتروژن و تخلیه رطوبتی. الف- تنش ۲۰ درصد ب- تنش ۴۰ درصد ج- تنش ۶۰ درصد د- تنش ۸۰ درصد

Figure 4- Mean of NAR at different nitrogen levels and moisture depletion. A. 20% stress, B. 40% stress, C. 60% stress, D. 80% stress

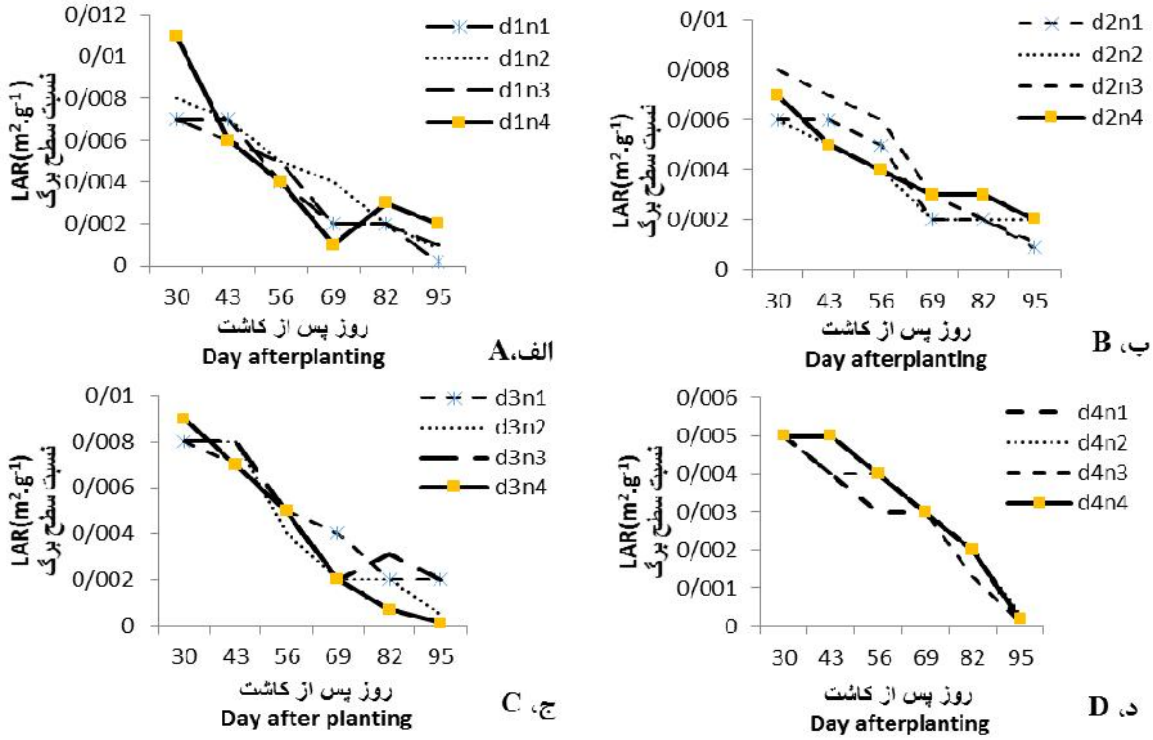


شکل ۵- میانگین سطح ویژه برگ در سطوح مختلف نیتروژن و تخلیه رطوبتی. الف- تنش ۲۰ درصد ب- تنش ۴۰ درصد ج- تنش ۶۰ درصد د- تنش ۸۰ درصد

Figure 5- Mean of SLA at different nitrogen levels and moisture depletion. A. 20% stress, B. 40% stress, C. 60% stress, D. 80% stress

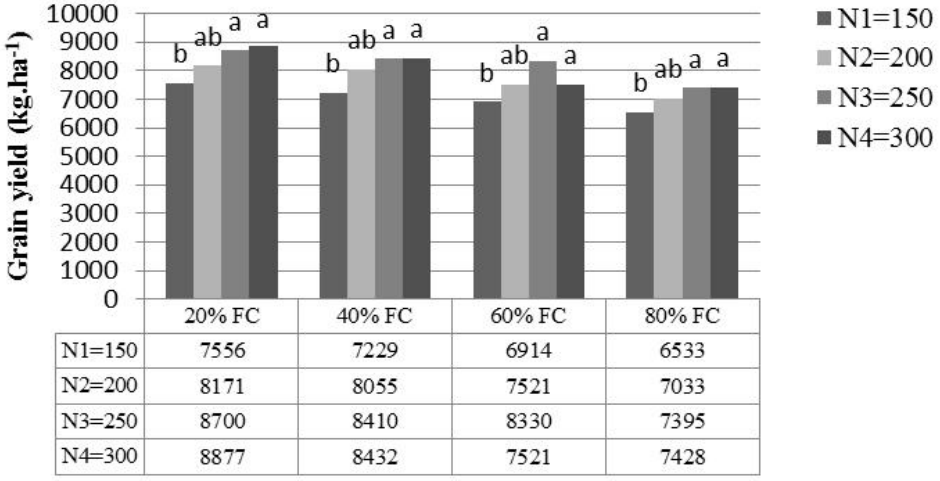
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- میانگین نسبت سطح برگ در سطوح مختلف نیتروژن و تخلیه رطوبتی. الف- تنش ۲۰ درصد ب- تنش ۴۰ درصد ج- تنش ۶۰ درصد د- تنش ۸۰ درصد

Figure 6- Mean of LAR at different nitrogen levels and moisture depletion. A. 20% stress, B. 40% stress, C. 60% stress, D. 80% stress



	20% FC	40% FC	60% FC	80% FC
N1=150	7556	7229	6914	6533
N2=200	8171	8055	7521	7033
N3=250	8700	8410	8330	7395
N4=300	8877	8432	7521	7428

شکل ۷- میانگین عملکرد دانه در سطوح سطوح تخلیه رطوبتی و مقادیر کود نیتروژن

Figure 7- Mean grain yield at different moisture depletion and nitrogen fertilizer

www.SID.ir

Archive of SID

References منابع مورد استفاده

- Alizadeh, A. 1996. Water, plant and soil relationship. Astane Ghods Razavi Press. 353 pp. (In Persian).
- Alizadeh, A., A. Majidi, H. Nadiyan, and M. Ameriyan. 2008. Effect of water stress and nitrogen levels phonologic and growth and development of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculturearl Science and Naturural Recources*. 4(5): 116-128. (In Persian).
- Igbadum, H.E., A.K. Tarimo, P.R. Salim, and H.F. Mahoo. 2007. Evaluation of selected crop water production functions for an irrigated maize crop. *Agricultural Water Management*. 94: 1-10.
- Karimi, M., M. Esfahani M. Beigoei, B. Rabiei, and A. Kafi Ghasemi. 2010. Effect of deficit irrigation treatment on morphological characteristics and growth indices of forage corn in Rasht condition. *European Journal Crop Production*. 2(2): 91-109. (In Persian).
- Katerji, N.J., W. Hoorn, A. Hamdy, and M. Mastroilli. 2004. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by drought. *Agricultural Water Management*. 65: 95-107.
- Kocheki, A., M. Hosseini, and M. Nasirimahalati. 1993. Soil, water relationship in crop. Jahade Daneshghai Mashhad. 560 pp. (In Persian).
- Kirda, C., S. Topcu, H. Kaman, A.C. Ulger, A. Yazici, M. Cetin, and M. R. Derici. 2005. Grain yield response and N-fertilizer recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Resarch*. 93: 132–141.
- Lak, Sh., A. Ahmadi, A. Siyadat, and Gh. Nourmohamadi. 2007. Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield and its components and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Jurnal of Crop Science*. 7 (2): 153-170. (In Persian).
- Mansouri-Far, C., S.A.M. Modarressanavy, and S.F. Saberali. 2010. Maize Yield response to deficit irrigation during Low Sensitive growth stages and nitrogen rate under semi arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 97: 12-22.
- Mekonen, A. 2011. Deficit irrigation practices as alternative means of improving water use efficiencies in irrigated agriculture: case study of maize crop at Arba Minch Ethiopia. *African Journal of Agriculture Research*. 6(2): 226-235.
- Moser, S.B., B. Feil, S. Jampatong, and P. Stamp. 2006. Effects of pre-anthesis drought nitrogen fertilizer rate and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agriculture Water Management*. 81: 41-58.
- Norwood, C.A. 2000. Water use and yield of limited irrigated and dryland corn. *Soil Science Society American Journal*. 64: 365-370.
- Nouri azhar, J., and P. Ehsan zadeh. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Esfahan region. *Journal Science and Technology*. 41: 261-272.

www.SID.ir

Archive of SID

- Pandey, R.K., J.W. Marienville, and A. Adam. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on Maize in a Sahelian environment. *Agricultural water Management.* 46: 1-27.
- Sajedi, N.A., and M.R. Ardakani. 2008. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. *Iranian Journal of Field Crops Resarch*. 6(1): 99-110. (In Persian).
- Sakinezhad, T. 2004. Study the effect of absorption of N,P, K and Na elements at different growth stages to morphologic and physiologic characteristics of corn in Ahvaz condition. Ph.D. Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khuzestan, Iran. 288 pp. (In Persian).
- Sepehri, A., M. Modaressanavi, B. Garayazi, and Y. Yamini. 2003. Effects of water stress and different nitrogen levels at different growth stages of corn. *Iranian Journal of Agronomy Science*. 4(3): 184-200. (In Persian).
- Stewart, D.W., C. Costa, L.M. Dwyer, R.I. Smith, D.L. Hamilton, and B.L. Ma. 2003. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. *Agronomy Journal.* 95: 1465-1474.
- Tarigheslami, M., R. Zaghami, M. Bojar and M. Oveisi. 2012. Effect of water stress and nitrogen levels physiological indices of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(170): 161-171. (In Persian).
- Uhart, S.A., and F.H Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effect on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Science.* 35: 1376-1383.
- Yazdandoost, M., and A. Rezai. 2001. A study of morphological and physiological basis of corn yield through path analysis. *Iranian Journal Agricultureal Science.* 32: 671-680. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluating Yield Variations of Corn (single cross 260) at Different Water Regimes and Nitrogen Rates by Using of Growth Indices

Haghjoo, M. [1], **and A. Bahrani**[1*]

Received: July 2014, Accepted: 27 May 2015

Abstract

To evaluate the effects of different irrigation and nitrogen levels on variations of growth indices and corn (Single cross 260) seed yield, an experiment was conducted in a semi-arid area in Fars Province, Iran, during 2011 and 2012 growing seasons. The experiment was split-plot, based on a complete randomized block design with four replications. The main plots consisted of four moisture levels: (20% FC), (40% FC), (60% FC) and (80%FC) and sub-plot of four rates of nitrogen fertilizer applications: 150, 200, 250 and 300 kg.ha^{-1}. Results showed that with increasing nitrogen fertilizer levels, LAI, NAR, SLA and RGR were also increased, but under lower moisture regimes they were decreased. The lowest and highest growth indices belonged to 80% and 20% water depletion, respectively. The lowest CGR index was obtained at 80% water depletion and 150 and 300 kg nitrogen ha^{-1}. LAR increased at the intial growth period and then decreased. Positive relationships between seed yield and growth indices were also observed. At FC 20% and 300 kg N ha^{-1} treatment highest grain yield was obtained and growth indices were also in the highest values. In general, nitrogen application increased all traits. However, there were not significant differences between 250 and 300 kg N ha^{-1}on the traits under study. It seems that nitrogen fertilizer mitigates the negative effects of water deficiency. Application of 250 kg of nitrogen fertilizer had the highest effect on all levels of moisture content.

Key words: Corn yield, Growth indices, Moisture depletion, Nitrogen.

1- Young Researchers and Elite Club, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.
**** Corresponding Author:*** *abahrani@iauramhormoz.ac.ir, abahrani75@yahoo.com*

www.SID.ir