ارزیابی صفات فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد دانه ذرت در سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته

شهرام لک*

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه زراعت، خوزستان، ایران.

* نویسنده مسئول: Sh.Lack@khouzestan.srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه‌های هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در شهر رامین اجرا گردید. این تحقیق در هر سال متشکل از سه آزمایش هر یک به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. در هر یک از آزمایشات یک سطح تیمار آبیاری اعمال گردید. تیمار آبیاری دارای سه سطح شامل آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی (به‌ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. تا مرحله چهار تا پنج برگی (مرحله استقرار گیاهچه) آبیاری‌ها پس از تخلیه ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در همه تیمارها انجام و از این مرحله به بعد تا ۱۰ روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه تیمارهای آبیاری دقیقاً اعمال گردید. در هر یک از آزمایش‌ها نیتروژن به عنوان تیمار اصلی دارای سه سطح کاربرد معادل ۱۴۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و تراکم بوته نیز به عنوان تیمار فرعی دارای سه سطح تراکم ۶، ۷/۵ و ۹ بوته در مترمربع بودند. نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی درصد لوله شدن برگ افزایش یافت ولی محتوای نسبی آب و درصد نیتروژن برگ بلال و غلظت کلروفیل a کاهش نشان دادند. با افزایش فواصل آبیاری‌ها تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش درصد نیتروژن برگ بلال و غلظت کلروفیل a به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. افزایش تراکم به ویژه در شرایط تنش شدید خشکی موجب افزایش درصد لوله شدن برگ‌ها گردید، تأثیر تنش خشکی، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. افزایش کاربرد نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه شد. با کاهش فراهمی آب در خاک، از تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه کاسته شد. عملکرد دانه با افزایش تراکم افزایش یافت. نتایج نشان داد که به دلیل حساسیت زیاد صفات فیزیولوژیکی نسبت به کمبود آب از یک سو و ارتباط میان این صفات با عملکرد دانه از سوی دیگر، لازم است از آبیاری نامنظم و یا بروز هرگونه کم آبی به‌ویژه در مراحل حساس رشد ذرت جلوگیری به عمل آورد.

واژه‌های کلیدی : ذرت، آبیاری، نیتروژن، تراکم بوته، صفات فیزیولوژیکی.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تولید در گیاهان زراعی پدیده پیچیده‌ای است و برای هماهنگی با این پیچیدگی، شناخت عمیق مسائل زراعی، محیطی و فیزیولوژیکی به منظور افزایش بهره‌وری و پایداری سیستم‌های کشاورزی ضروری است. گیاه ذرت پرمحصول‌ترین گیاه از خانواده غلات به شمار می‌رود و از لحاظ مقدار کل تولید و سطح زیر کشت بعد از گندم و برنج سومین محصول غله‌ای جهان است (بی‌نام، ۱۳۸۴). عملکرد دانه ذرت متأثر از برهمکنش صفات زراعی، مدیریت‌های زراعی و عوامل محیطی می‌باشد و تنش خشکی و کمبود عناصر غذایی از مهم‌ترین این عوامل می‌باشند (رفیعی، ۱۳۸۱).

کمبود آب به ویژه در دوره‌های فنولوژیکی حساس به تنش، باعث کاهش عملکرد محصول خواهد شد (مجیدیان و غدیری، ۱۳۸۱). در مناطق گرم نظیر خوزستان، تنش خشکی از معمول‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد که ممکن است به دلیل محدودیت منابع آب و گستردگی اراضی تحت کشت، رقابت سایر بخش‌های مصرف کننده‌ی آب و حتی زیربخش‌های کشاورزی و یا هم زمانی کشت گیاهان با یکدیگر حادث شود. واکنش گیاه ذرت نسبت به تنش خشکی به وسیله تغییرات صفات فیزیولوژیکی قابل ارزیابی است، تقریباً کلیه عوامل تنش‌زا مانند تنش خشکی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر نحوه‌ی عمل فتوسنتز اثر می‌گذارند (سپهری و مدرس‌ثانوی، ۱۳۸۱). سرمدنیا و کوچکی (۱۳۷۲) گزارش دادند که کاهش سنتز کلروفیل‌ها از مهم‌ترین اثرات تنش خشکی بر گیاهان است. نتایج تحقیقات Albert و همکاران (۱۹۹۷) در خصوص اثر تنش خشکی بر ذرت نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیش‌تری صورت می‌گیرد (پازکی، ۱۳۷۹). پیچش یا لوله‌ای شدن برگ‌ها از دیگر اثرات تنش خشکی بر گیاهانی نظیر ذرت می‌باشد که به کمک سلول‌های بالیفورم که در امتداد رگبرگ اصلی قرار دارند، صورت می‌پذیرد و از طریق آن اتلاف آب در گیاه کاهش می‌یابد (Bennet *et al*, 1986). محتوای نسبی آب سلول نیز در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲). افت محتوای نسبی آب سلول در اثر تنش خشکی، از طریق کاهش آماس سلولی باعث کاهش طویل شدن ساقه و برگ و فتوسنتز گیاه می‌شود (Boyer, 1970).

شواهد زیادی مبنی بر تأثیر مستقیم نیتروژن بر میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ وجود دارد (امام و نیک نژاد، ۱۳۷۳). نیتروژن در زراعت ذرت عاملی کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب است و این گیاه در دوره‌ی رشد نسبتاً کوتاه خود، احتیاج زیادی به این ماده‌ی غذایی دارد (صادقی، ۱۳۷۹). به عقیده‌ی دانشمندان مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن از عوامل اصلی کاهش دهنده‌ی رشد و عملکرد ذرت محسوب می‌شوند (Norwood, 2000; Wienhold *et al*., 1995). اسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن در برگ با میزان نیتروژن در این اندام و شدت نور همبستگی داشته که این همبستگی از نوع هیپربولیک است (Muchow and Sinclair, 1994). در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر خوزستان که محور کشاورزی

Archive of SID

www.SID.ir

را آب و آبیاری تشکیل می‌دهد مهم‌ترین عامل مؤثر بر واکنش گیاه نسبت به نیتروژن مصرفی، میزان فراهمی آب در خاک می‌باشد.

علاوه بر تأمین آب و نیتروژن، تعیین تراکم کاشت مناسب به منظور بهره‌وری مطلوب از انرژی تابشی، رطوبت و مواد غذایی موجود در خاک و افزایش کارایی مصرف آب جهت دستیابی به عملکرد بالاتر الزامی است. به‌طورکلی، افزایش تراکم بوته در شرایط آبیاری مطلوب، جهت بهره‌برداری کامل از شرایط مناسب باید مهم تلقی شود و چنانچه رطوبت خاک در حد مطلوب باشد یکی از بهترین عوامل افزایش دهنده‌ی تعداد بوته در واحد سطح خواهد بود. به نظر می‌رسد یک روش کارآمد در مطالعه‌ی شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه در شرایط محیطی خاص می‌تواند مبتنی بر ارزیابی و تشخیص زیرشاخص‌های وابسته به انباشت مواد در دانه از جمله سرعت پرشدن دانه و دوام پرشدن آن باشد (نادری، ۱۳۸۰). هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی صفات فیزیولوژیکی رشد و عملکرد ذرت در شرایط مختلف رطوبتی با کاربرد مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه‌های هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ این تحقیق در دو سال متوالی ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در شهر رامین اجرا گردید. این تحقیق در هر سال متشکل از سه آزمایش هر یک به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. در هر یک از آزمایش‌ها یک سطح تیمار آبیاری اعمال گردید. تیمار آبیاری دارای سه سطح شامل آبیاری مطلوب (I_1)، تنش ملایم (I_2) و تنش شدید خشکی (I_3) (به‌ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. تیمارهای آبیاری از مرحله چهار تا پنج برگی (مرحله استقرار گیاهچه) اعمال گردید و تا ۱۰ روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه ادامه یافت. در هر یک از آزمایش‌ها، نیتروژن به عنوان تیمار اصلی دارای سه سطح (N_1،N_2 و N_3 به‌ترتیب کاربرد معادل۱۴۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و تراکم بوته نیز به عنوان تیمار فرعی دارای سه سطح (تراکم ۶، ۷/۵ و ۹ بوته در مترمربع به‌ترتیب D_2، D_1 و D_3) بودند که به‌صورت تصادفی در کرت‌های اصلی و فرعی قرار داده شدند. هر کرت فرعی دارای هفت خط کاشت هر کدام به طول هفت متر و به فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف‌های کاشت با توجه به میزان تراکم ۱۴، ۱۸ و ۲۲ سانتی‌متر محاسبه گردید. فاصله هر کرت فرعی از کرت فرعی دیگر به‌صورت یک خط نکاشت و فاصله میان هر دو کرت اصلی نیز ۲/۲۵ متر به‌صورت سه خط نکاشت در نظر گرفته شد. عملیات خاک‌ورزی و آماده‌سازی زمین در هر سال شامل آبیاری قبل از تهیه زمین، یک شخم عمیق و دو دیسک عمود بر هم، تسطیح، ایجاد جوی و پشته و کرت‌بندی بود. در هر دو سال اجرای پژوهش، قطعه آزمایشی پیش از کشت ذرت زیر کشت گندم بود. مقدار کود فسفر

Archive of SID

www.SID.ir

بر مبنای مصرف ۹۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هر هکتار از منبع سوپرفسفات‌تریپل محاسبه و مصرف شد و نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره تأمین گردید. ۵۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز هر تیمار به عنوان پایه و ۵۰ درصد باقی‌مانده نیز به‌صورت سرک در مرحله شش برگی مصرف شد. در این تحقیق از بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ که از نظر دوره رشد، دیررس محسوب می‌شود، استفاده شد. کشت بذر به‌صورت دستی در اوایل مرداد ماه انجام و بوته‌های اضافی در مرحله ۴-۲ برگی تنک شدند. بذور پیش از کاشت با قارچ‌کش ویتاواکس (به نسبت ۲ در ۱۰۰۰) ضدعفونی شدند. اولین آبیاری کرت‌های آزمایشی در هر دو سال اجرای این پژوهش هفتم مردادماه انجام شد. تا مرحله چهار تا پنج برگی آبیاری‌ها به‌صورت معمول و پس از تخلیه ۳۰ درصد ظرفیت زراعی خاک انجام و بعد از آن تیمارهای آبیاری اعمال گردید. در طول دوره‌ی رشد نیز مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. جهت تعیین درصد طوبت وزنی خاک در شرایط ظرفیت مزرعه از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری از تکرارهای هر آزمایش نمونه‌برداری شد.

جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر تیمار، با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به‌صورت روزانه و متوالی توسط آگر از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه نمونه‌برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین شده، جهت اعمال تیمار آبیاری از رابطه ۱ حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۷۴):

رابطه (۱) $$V = (FC - \Theta m) \times \rho_b \times D\ Root \times AE_i$$

v = حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب

FC = درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی

Θm = درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری

ρ_b = وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم برسانتی متر مکعب)

A = مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع

D_{Root} = عمق توسعه ریشه بر حسب متر

E_i = راندمان آبیاری

بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری در هر تیمار برای هر خط کاشت محاسبه و بر اساس کارایی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور به‌صورت یکنواخت توزیع گردید. در مرحله ابریشم‌دهی، میانگین درصد لوله شدن برگ با استفاده از خط‌کش میلی‌متری در مزرعه از طریق رابطه ۲ محاسبه گردید (Saneoka and Agata, 1996):

رابطه (۲) $$\text{لوله شدن برگ} = \frac{\text{بیش‌ترین عرض پهنک برگ در حالت پیچ خوردگی}}{\text{بیش‌ترین عرض پهنک همان برگ در شرایط طبیعی بدون پیچ خوردگی (درصد)}} \times ۱۰۰$$

Archive of SID

www.SID.ir

در مرحله ابریشم‌دهی، محتوای نسبی آب برگ بلال جهت بررسی چگونگی واکنش گیاه به تنش کمبود آب اندازه‌گیری شد (علیزاده، ۱۳۷۴).

اندازه‌گیری نیتروژن کل در برگ به روش کجلدال و با دستگاه کجل مدل PGU 500، تک پس از روش هضم در بالن ژوژه با اسیدسولفوریک، اسیدسالیسیلیک و آب‌اکسیژنه انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a در برگ بلال از روش توصیه شده توسط Arnon (۱۹۷۵) و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Lambda 35 استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل رشد دانه در تیمارهای مختلف، جمعاً هفت مرتبه نمونه‌برداری از خطوط دو، سه و شش به عمل آمد. اولین نمونه‌برداری ۲۲ روز پس از گل‌دهی انجام گردید و پس از آن شش نمونه‌برداری بعدی به فاصله زمانی پنج روز از یکدیگر تا زمان رسیدگی فیزیولوژیکی انجام گرفتند. در هر مرتبه نمونه‌برداری سه بلال از هر کرت فرعی برداشت و به لحاظ ثبات نسبی وزن دانه در قسمت میانی بلال تمام دانه‌های موجود در حلقه‌های ۱۶ و ۱۷ (شمارش از پایین بلال) جدا و پس از خشک شدن در آون ۷۲ درجه به مدت ۴۸ ساعت، توزین گردیدند (Hanway, 1992). جهت محاسبه وزن خشک تک‌دانه در هر مرتبه نمونه‌برداری، مجموع وزن خشک دانه‌ها بر تعداد آن‌ها تقسیم گردید. بعد از ترسیم منحنی تغییرات وزن تک‌دانه نقاطی که در مرحله رشد خطی قرار داشتند مشخص گردید و شیب خط حاصل (b) که نمایانگر سرعت رشد دانه در مرحله خطی است با استفاده از رابطه رگرسیونی $y= a+ bx$ محاسبه شد. دوره‌ی پرشدن مؤثر دانه نیز از تقسیم وزن نهایی دانه بر سرعت پرشدن دانه به‌دست آمد. در پایان اجرای این تحقیق به منظور تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت، از مدل آماری طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در مکان در سال استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای MSTATC انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

درصد لوله شدن برگ

اختلاف درصد لوله شدن برگ میان سطوح مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی درصد لوله شدن برگ افزایش یافت (جدول ۲). یکی از راه‌های مقابله با تنش کمبود آب در گندمیان پیچش یا لوله شدن برگ‌ها می‌باشد. سازوکار این عمل مربوط به کاهش فشار آماس در سلول‌های بادکنکی (بالیفورم) است که در طول رگبرگ اصلی پهنک برگ‌ها قرار دارند، در هنگام بروز خشکی این سلول‌ها آب از دست داده و سبب پیچش و عمودی شدن برگ‌ها می‌شوند که در نتیجه آن جذب نور کاهش می‌یابد (ساکی‌نژاد، ۱۳۸۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های فیزیولوژیکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد لوله شدن برگ	محتوای نسبی آب برگ بلال	غلظت کلروفیل a در برگ بلال	نیتروژن برگ بلال	سرعت پرشدن دانه	طول دوره پرشدن مؤثر دانه	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۱۵۳۹۰^{ns}	۱۷۳۴^{ns}	۵۳۲/۴^{ns}	۴۴/۴^{ns}	۱۸۸/۷^{ns}	۱۵۰۵۱^{ns}	۸۲۰۱۷^{ns}
آبیاری (I)	۲	۱۲۳۸۳۰۰۰**	۱۷۶۹۹۸۶**	۱۰۵۰۷۴**	۴۲۸۹/۵**	۴۷۲۱/۷^{ns}	۳۵۲۹۳۲**	۱۶۹۳۲۳۴**
سال×آبیاری (Y×I)	۲	۱۱۱۰^{ns}	۱۴۰۲۸^{ns}	۹۴/۹^{ns}	۲/۶^{ns}	۸۲/۸^{ns}	۳۷۰۷^{ns}	۷۱۶۹^{ns}
اشتباه (E)	۱۲	۸۲۹۰	۷۰۲۳۸	۱۹۶/۹	۱۰۸/۸	۱۵۳۴/۳	۱۸۲۸۷	۱۷۴۲۹
نیتروژن (N)	۲	۹۱۲۰^{ns}	۷۹۲۲۲^{ns}	۱۸۶۰/۸**	۴۲۸/۲*	۳۰۶/۶^{ns}	۴۸۳۳۹^{ns}	۲۹۰۸۸۴**
سال×نیتروژن (Y×N)	۲	۱۹۰^{ns}	۲۰۶۹^{ns}	۱/۷^{ns}	۰/۸^{ns}	۹/۲^{ns}	۶۹۰^{ns}	۶۰۵^{ns}
آبیاری×نیتروژن (I×N)	۴	۱۲۵۰^{ns}	۳۲۷۶^{ns}	۵۳۵/۱*	۳۵۵/۴*	۲۷/۱^{ns}	۴۰۸۴^{ns}	۳۱۷۸۴*
سال×آبیاری×نیتروژن(Y×I×N)	۴	۲۰^{ns}	۵۴۴^{ns}	۱/۴^{ns}	۰/۶^{ns}	۱۱/۲^{ns}	۳۸۰^{ns}	۲۷۴^{ns}
اشتباه(Ea)	۲۴	۲۷۷۰	۳۰۴۷۰	۱۶۰/۷	۱۰۶/۷	۸۶۱	۱۷۰۲۴۱	۱۱۰۳۰
تراکم (D)	۲	۸۶۱۱۰**	۱۲۵۷۰۷**	۲۷۳/۸^{ns}	۲۰۸/۶^{ns}	۶۴۶/۳^{ns}	۲۰۶۵۱۰**	۷۹۰۲۵**
سال×تراکم (Y×D)	۲	۹۰^{ns}	۱۷۷^{ns}	۲/۴^{ns}	۳/۳^{ns}	۲۹/۵^{ns}	۲۱۴^{ns}	۱۰۱۲^{ns}
آبیاری×تراکم (I×D)	۴	۹۵۷۰**	۱۲۱۲۵^{ns}	۲۹/۷^{ns}	۴/۶^{ns}	۳۰/۹^{ns}	۱۰۲۰^{ns}	۲۱۴۱۸**
سال×آبیاری×تراکم (Y×I×D)	۴	۱۰^{ns}	۲۷۱^{ns}	۰/۸^{ns}	۰/۸^{ns}	۳۱/۳^{ns}	۶۳۵^{ns}	۳۰۸^{ns}
نیتروژن×تراکم (N×D)	۴	۱۳۳۰^{ns}	۵۷۲۰^{ns}	۳/۶^{ns}	۲/۷^{ns}	۱۸۴/۳^{ns}	۶۳۲۳^{ns}	۱۶۶۰۷**
سال×نیتروژن×تراکم (Y×N×D)	۴	۲۰۰^{ns}	۲۷۷۵^{ns}	۱/۸^{ns}	۰/۵^{ns}	۵/۶^{ns}	۱۶^{ns}	۲۷۳۵^{ns}
آبیاری×نیتروژن×تراکم(I×N×D)	۸	۲۰۰^{ns}	۷۴۹۳^{ns}	۲^{ns}	۲^{ns}	۲۲۵/۹^{ns}	۶۴۸۱^{ns}	۳۴۴۸^{ns}
سال×آبیاری×نیتروژن×تراکم (Y×I×N×D)	۸	۴۶۰^{ns}	۵۰۴۳^{ns}	۲/۱^{ns}	۰/۷^{ns}	۸/۹^{ns}	۶۴^{ns}	۲۱۵۲^{ns}
اشتباه (Eb)	۷۲	۸۶۰	۸۲۲۸	۸۹/۵	۷۲/۴	۵۷۴/۴	۷۳۶۱	۲۰۰۳

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول۲ : مقایسه میانگین‌های دو ساله صفات فیزیولوژیکی درسطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته

تیمار	لوله شدن برگ (درصد)	محتوای نسبی آب برگ بلال (درصد)	غلظت کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم برگ)	نیتروژن برگ بلال (درصد)	سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم در روز)	طول دوره پرشدن مؤثر دانه (روز)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
آبیاری							
آبیاری مطلوب	۷/۶c*	۹۰/ ۸a	۳/۸۸a	۲/۶۰a	۷/۱۹a	۳۶/۱a	۱۰۵۰/۲a
تنش ملایم خشکی	۱۱/۹b	۸۶/ ۹b	۲/۱۷b	۲/۴۰b	۷/۳۲a	۳۴/۱b	۸۹۸/۲b
تنش شدیدخشکی	۳۵/۷a	۷۹/۵c	۱/۱۱c	۲/۰۴c	۷/۷۶a	۳۰/۹c	۶۹۷/۲c
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)							
۱۴۰	۱۷/۹a	۸۴/ ۵a	۲/۱۸b	۲/۲۵b	۷/۴۸a	۳۲/۸a	۸۰۰/۱b
۱۸۰	۱۸/۴a	۸۵/۹a	۲/۴۵a	۲/۳۷ab	۷/۴۴a	۳۳/۶a	۹۰۳/۵a
۲۲۰	۱۸/۸a	۸۶/ ۹a	۲/۵۴a	۲/۴۲a	۷/۳۴a	۳۴/۷a	۹۴۲/۱a
تراکم (بوته در مترمربع)							
۶	۱۷/۱c	۸۷/۳a	۲/۴۶a	۲/۴۱a	۷/۳۰a	۳۵/۶a	۸۳۸/۷b
۷/۵	۱۸/۶b	۸۵/ ۷b	۲/۳۹a	۲/۳۵a	۷/۴۴a	۳۳/۷b	۹۱۱/۴a
۹	۱۹/۵a	۸۴/۲c	۲/۳۲a	۲/۲۸a	۷/۵۲a	۳۱/۷c	۸۹۵/۶a

در هر ستون تفاوت دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای پنج درصد معنی‌دار نیست.
اعداد این ستون سطح زیر منحنی رشد دانه می‌باشند که مورد مقایسه آماری قرار نگرفته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

یافته‌های این تحقیق با نتایج اعلام شده از سوی ارجمند (۱۳۷۷) بر سورگوم و بهنام‌فر (۱۳۷۶) بر ذرت مطابقت داشت. اثر تیمار تراکم بر درصد لوله شدن برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد و به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار میان این مؤلفه و افزایش تراکم، با افزایش تراکم درصد لوله شدن برگ افزایش یافت (جدول‌های ۱، ۲ و ۴). بر اساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، کمبود آب تأثیر منفی بیش‌تری بر تراکم‌های بالاتر داشت که کاهش محتوای نسبی آب برگ نیز مؤید این ادعا است (جدول ۵). پیچش بیش‌تر برگ‌ها در گیاهان متراکم که شاخصی از فشار وارده ناشی از کمبود آب بر گیاهان می‌باشد قابل انتظار بود، این یافته تأییدی بر یافته‌های مظاهری (۱۳۷۳) است که اظهار داشت در کشت‌های متراکم به دلیل نحوه گسترش ریشه‌ها، توانایی و کارایی جذب آب توسط گیاه کاهش می‌یابد. اثر تیمار نیتروژن و سایر تیمارها بر درصد لوله شدن برگ‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱).

محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ شدیداً تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت و با تشدید تنش کاهش معنی‌داری یافت (جدول‌های ۱ و ۲). کاهش محتوای نسبی آب برگ نشان‌دهنده‌ی کاهش فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی است و موجب کاهش رشد می‌گردد (ولدآبادی و همکاران، ۱۳۷۹ ; Dale and Dailes, 1995). با خارج شدن آب از خاک و عدم جایگزینی آن، پتانسیل آب در منطقه ریشه کاهش یافته و اگر مقاومت‌ها در گیاه ثابت بمانند به منظور حفظ سرعت تعرق، پتانسیل آب در گیاه به‌طور مشابهی کاهش می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲). گزارش‌های ارائه شده توسط ساکی‌نژاد (۱۳۸۲)، رفیعی (۱۳۸۱)، سپهری و همکاران (۱۳۸۱)، ارجمند (۱۳۷۷) و بهنام‌فر (۱۳۷۶) و نیز با این واقعیت که محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد، مطابقت داشت. تفاوت میان محتوای نسبی آب برگ بلال در سطوح نیتروژن معنی‌دار نبود با این حال گیاهانی که کود نیتروژن بیش‌تری دریافت کردند از رطوبت نسبی برگ بیش‌تری برخوردار بودند (جدول‌های ۱ و ۲). Bennet و همکاران (۱۹۸۶) گزارش نمودند برگ گیاهانی که دارای نیتروژن کافی هستند کم‌تر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، دلیل این امر می‌تواند توانایی بالاتر حفظ پتانسیل فشاری برگ این گیاهان باشد.

در این تحقیق تأثیر تراکم بر رطوبت نسبی برگ بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بود، بین تراکم و محتوای نسبی آب برگ بلال همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت و با افزایش تراکم صفت مذکور کاهش یافت (جدول‌های ۱، ۲ و ۴). کم‌تر بودن رطوبت نسبی برگ بلال در گیاهان متراکم، بیانگر تأثیر شدیدتر تنش کمبود آب بر این گیاهان است؛ علت اصلی این وضعیت وجود رقابت بیش‌تر بین بخش‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان متراکم در جهت استفاده حداکثر از منابع از یک سو و گستردگی کم‌تر سیستم ریشه‌ای این گیاهان از سوی دیگر می‌باشد که سبب می‌شود این گیاهان تحت شرایط تنش خشکی خسارت بیش‌تری را متحمل شوند (مظاهری، ۱۳۷۳).

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت کلروفیل a

در این تحقیق، به دلیل وجود همبستگی منفی و معنی‌دار میان تنش خشکی و غلظت کلروفیل a، با افزایش شدت تنش خشکی غلظت کلروفیل a در برگ کاهش معنی‌داری یافت، تیمار آبیاری مطلوب با میزان ۳/۸۸ میلی‌گرم بر گرم برگ کلروفیل a از این نظر نسبت به سایر تیمارهای آبیاری برتری محسوسی داشت (جدول‌های ۱ و ۲). کاهش سنتز کلروفیل از واکنش‌های عمومی گیاهان نسبت به کمبود آب می‌باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۲؛ کوچکی و علیزاده، ۱۳۷۰). در این تحقیق، محتوای نسبی آب برگ بلال با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت (جدول ۲) که احتمالاً با کاهش سنتز کلروفیل در تیمار مذکور مرتبط باشد چرا که نتایج مطالعات نشان می‌دهد جهت ساخت کلروفیل در برگ محتوای نسبی آب برگ بایستی بالا باشد (بحرانی و هابیلی، ۱۳۷۰). Albert و همکاران (۱۹۹۷) (پازکی، ۱۳۷۹) با مطالعه تأثیر تنش آبی بر بخش نوری فتوسنتز و سیستم رنگیزه‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش شدت تنش آبی و یا کاهش پتانسیل آب خاک، روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیش‌تری صورت می‌گیرد، آن‌ها در بررسی گیاهان چهار کربنه نظیر ذرت نشان دادند که تخریب رنگیزه‌های کلروفیل در سلول‌های مزوفیل نسبت به سلول‌های غلاف آوندی بیش‌تر و شدیدتر است. هم چنین این محققان گزارش نمودند که چنانچه مقدار پتانسیل کل بافت برگ گیاه سبز به ۰/۵- مگاپاسکال برسد، از سرعت ساخت کلروفیل کاسته شده و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج این تحقیق، تفاوت میزان کلروفیل a در سطوح مختلف نیتروژن معنی‌دار بود و با افزایش مصرف نیتروژن، غلظت کلروفیل a به‌طورمعنی‌داری افزایش یافت (جدول‌های ۱ و ۲). عنصر نیتروژن علاوه بر شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، بخش مهمی از ملکول کلروفیل را تشکیل می‌دهد از این رو کمبود نیتروژن در گیاه، کاهش سنتز کلروفیل، زردی رنگ برگ‌ها و در نهایت توقف رشد را به دنبال دارد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۲). برهمکنش آبیاری و نیتروژن نیز بر غلظت کلروفیل a برگ بلال معنی‌دار شد (جدول ۱). تیمار کاربرد کم‌ترین میزان نیتروژن در شرایط تنش شدید خشکی با میانگین غلظت کلروفیل a ۱/۰۸ میلی‌گرم در گرم برگ در مقایسه با سایر تیمارها از کم‌ترین غلظت کلروفیل a برخوردار بود (جدول ۶). جذب کم‌تر نیتروژن در شرایط تنش به ویژه تنش شدید خشکی و به موازات آن کاهش نیتروژن برگ بلال، باعث ایجاد اختلال در فرآیند ساخت کلروفیل a گردید، چرا که نیتروژن نه تنها در ساختمان پروتئین‌ها شرکت می‌کند بلکه در ساختمان ملکول کلروفیل نیز نقش دارد (بحرانی و هابیلی، ۱۳۷۰). ساکی‌نژاد (۱۳۸۲) در آزمایش مشابهی در ذرت گزارش داد تنش خشکی از طریق ایجاد محدودیت در توانایی جذب نیتروژن توسط گیاه، موجب اختلال در فرآیند ساخت کلروفیل گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

درصد نیتروژن برگ بلال

نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر میزان نیتروژن برگ بلال معنی‌دار بود و با افزایش شدت تنش خشکی این مؤلفه کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان داد (جدول‌های ۱ و ۲). یکی از زیان‌بارترین اثرات تنش خشکی، اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است که علاوه بر تلفات کود، باعث کاهش عملکرد دانه و علوفه می‌شود (چوگان، ۱۳۸۳؛ ایران‌نژاد، ۱۳۷۰). در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد، اگر چه برخی از سیستم‌های انتقالی عناصر نظیر انتشار، به مقدار رطوبت کم‌تری جهت جذب عناصر غذایی نیازمند بوده و در این راستا، با کاهش رطوبت تا آستانه بحرانی نیز روند جذب و انتقال برخی از عناصر غذایی توسط ریشه ادامه می‌یابد ولی برخی دیگر از جمله جریان توده‌ای، وابستگی زیادی به مقدار رطوبت دارند و در صورت کاهش رطوبت، عناصری که به‌وسیله این جریان انتقال می‌یابند، روند جذب منفی خواهند داشت (Taize and Zieger, 1998). Bock (۱۹۸۴) اظهار داشت برای جذب نیتروژن، این عنصر باید در محلول آب خاک حرکت کند تا به ریشه برسد، از این رو تأمین میزان آب مناسب یکی از کاراترین شیوه‌های حرکت نیترات به سمت ریشه‌ها از طریق جریان توده‌ای می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر مقدار نیتروژن مصرفی در سطح پنج درصد بر میزان نیتروژن برگ بلال معنی‌دار بود (جدول ۱)؛ به گونه‌ای که میزان نیتروژن برگ بلال با افزایش کاربرد کود افزایش یافت (جدول۲). این وضعیت حاکی از افزایش جذب نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه در هنگام مصرف مقادیر زیاد کود بود که با نتایج آزمایش Luis و همکاران (۲۰۰۱) که گزارش نمودند با افزایش مصرف نیتروژن، درصد نیتروژن برگ بلال به‌صورت خطی افزایش می‌یابد، مطابقت داشت. مقایسه میانگین‌های برهمکنش آبیاری و نیتروژن نشان داد که کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در شرایط آبیاری مطلوب (I_1N_3) با میانگین نیتروژن برگ بلال ۲/۷۲ درصد از این نظر نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری برتری داشت، هر چند اختلاف میان این تیمار با تیمارهای کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تحت شرایط آبیاری مطلوب و نیز کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در تنش ملایم خشکی (I_1N_2 و I_2N_3) از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول‌های ۱ و ۶). این وضعیت نشان می‌دهد در شرایطی که آب در خاک به اندازه کافی فراهم باشد افزایش مصرف نیتروژن با افزایش جذب این عنصر همراه خواهد بود، درحالی‌که کاهش فراهمی آب در خاک با ایجاد اختلال در جذب نیتروژن باعث کاهش درصد نیتروژن در برگ می‌شود. تأثیر تراکم و سایر تیمارهای مورد مطالعه بر درصد نیتروژن برگ بلال معنی‌دار نبود (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه و تحلیل رشد دانه

سرعت پرشدن دانه

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه بر سرعت پر شدن دانه معنی‌دار نبود و بین سرعت و مدت پر شدن مؤثر دانه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول‌های ۱ و ۳). همبستگی منفی سرعت رشد دانه با دوره‌ی مؤثر پرشدن آن به دلیل روش محاسبه دوره‌ی مؤثر پرشدن دانه که از تقسیم وزن نهایی دانه بر سرعت رشد دانه برآورد می‌شود قابل انتظار بود. کمبود آب، رشد و عملکرد گیاه را کاهش داده و تأثیر کمبود آب بر بسیاری از فرآیندهای گیاهی به خوبی ثابت شده است، تنش خشکی فتوسنتز جامعه گیاهی را به‌طور مستقیم از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش سطح برگ کاهش می‌دهد (ساکی‌نژاد، ۱۳۸۲). از ثابت بودن سرعت رشد دانه طی تنش خشکی، چنین بر می‌آید که فراهمی اسیمیلات‌ها برای دانه کاهش نمی یابد یا آن قدر کاهش نمی‌یابد که سرعت پر شدن دانه و توانایی دانه در متابولیزه کردن اسیمیلات‌های ورودی را تحت تأثیر قرار دهد. اگر فتوسنتز کاهش یابد فراهمی اسیمیلات‌ها از طریق کاهش تعداد دانه‌ها برای حفظ مقدار ثابت مواد برای هر دانه یا از طریق انتقال مواد ذخیره‌ای حفظ می‌شود (Ouatter *et al*., 1987). با این حال، کلید عدم حساسیت سرعت پر شدن دانه به تنش خشکی، در حفظ پتانسیل آب دانه وقتی که در شرایط تنش قرار می‌گیرد نهفته است، پتانسیل‌های ثابت آب بذر طی دوره‌های تنش که باعث کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود در بسیاری از محصولات به اثبات رسیده است، این اختلافات در پتانسل آب بین بذر و سایر بافت‌های گیاه معمولاً با فقدان ارتباط آوندی بین جنین در حال نمو و آندوسپرم با گیاه مادری توجیه می‌شود (Bradford, 1994). از آن‌جایی‌که تیمار نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر سرعت پر شدن دانه نداشت (جدول ۱)، به نظر می‌رسد که تغییر فراهمی عنصر نیتروژن برای دانه ممکن است حداقل اثرات را بر توانایی بذر در تجمع ماده‌ی خشک داشته باشد اما اثرات معنی‌داری بر تجمع نیتروژن توسط دانه و بنابراین غلظت نیتروژن یا پروتئین دانه دارد (Hayati *et al*., 1996). عدم تأثیر تراکم بوته روی سرعت پر شدن دانه توسط صادق‌زاده‌حمایتی (۱۳۷۹)، دستفال و امام (۱۳۷۷) و Andrade و Ferreiro (۱۹۹۶) گزارش شده است.

دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه

نتایج جدول ۱ نشان داد که طول دوره‌ی پرشدن مؤثر دانه در سطوح مختلف آبیاری و تراکم اختلاف معنی‌داری داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین طول دوره‌ی پرشدن مؤثر دانه به میزان ۳۶/۱ و ۳۰/۹ روز به‌ترتیب به تیمار آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی تعلق داشت؛ دوام دوره پر شدن دانه نیز در تیمار تنش شدید خشکی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب کم‌تر بود (جدول ۲). اثر منفی کمبود آب بر دوام سطح برگ دلیل اصلی کاهش طول دوره پر شدن مؤثر و دوام دوره پر شدن

Archive of SID

www.SID.ir

دانه در تیمارهای خشکی بود. نتایج آزمایش‌های انجام گرفته بر روی گندم و جو و ذرت نشان داد که تنش خشکی باعث تسریع رسیدگی فیزیولوژیکی، کوتاه شدن دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه، کاهش وزن دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Brooks *et al*., 1982; Aspinall, 1965; Jurgen's *et al*., 1978). به روشنی مشخص نیست این واکنش‌ها بیانگر اثر مستقیم تنش خشکی بر دانه می‌باشند و یا تنها یک اثر غیرمستقیم در تسریع پیری برگ است، مشخص شده است که تنش خشکی پیری برگ را تسریع می‌کند (De Souza *et al*., 1997)، اگر وضعیت آب دانه با وضعیت آب گیاه ارتباطی نداشته باشد این اثرات به احتمال بسیار زیاد از طریق پیری برگ می‌باشد. گزارش‌های متعددی مبنی بر این که تنش خشکی بر تجمع ماده‌ی خشک در دانه به‌طور مستقیم اثر نداشته بلکه از طریق کوتاه کردن دوره‌ی رشد مؤثر دانه باعث کاهش تجمع مواد در آن می‌شود، ارائه گردیده است (Nesmith and Ritchie, 1992). تیمار نیتروژن اثر معنی‌داری بر دوره پر شدن مؤثر دانه نداشت با این حال کاربرد بیش‌تر نیتروژن دوره پرشدن مؤثر و دوام دوره پر شدن دانه را قدری طولانی‌تر نمود (جدول‌های ۱ و ۲). با افزایش تراکم طول دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کم‌ترین تراکم دارای بیش‌ترین طول دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه (۳۵/۶ روز) بود، دوام دوره پر شدن دانه نیز با افزایش تراکم کاهش یافت (جدول‌های ۱ و ۲). هاشمی‌دزفولی و مرعشی (۱۳۷۱) در آزمایشی بر گندم نشان دادند که همراه با تنک کردن و کاهش تراکم بوته‌ها، سرعت پر شدن دانه تغییری نیافته اما طول دوره‌ی پر شدن دانه حدود پنج روز افزایش یافت. در مجموع می‌توان به نقش شایان توجه طول دوره‌ی پرشدن دانه بر روی مدت زمان بهره‌برداری از مواد ذخیره شده در بخش‌های رویشی نظیر ساقه اشاره نمود، به نحوی که بین صفات طول دوره‌ی پر شدن دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Bassetti and Westgate, 1993). برهمکنش تیمارهای مورد بررسی بر طول دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه از نظر آماری معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۱). بر اساس نتایج حاصله اجرای عملیات زراعی با هدف طولانی‌تر نمودن دوره پر شدن مؤثر دانه و یا انتخاب ارقامی که به لحاظ ژنتیکی دوره پر شدن مؤثر دانه طولانی‌تری داشته باشند، به‌ویژه در شرایط مطلوب محیطی موجب افزایش وزن نهایی دانه و بهبود عملکرد دانه ذرت خواهد شد، این یافته‌ها تأییدی است بر یافته‌های نادری (۱۳۸۰) که گزارش نمود در شرایط مناسب محیطی بین عملکرد دانه و طول دوره پر شدن مؤثر دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت. افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (جدول‌های ۱و ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

این افزایش بیش‌تر ناشی از افزایش تعداد دانه در بلال بود. Hanway (۱۹۹۲) نیز معتقد است تعداد دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه می‌باشد و اثر مثبت افزایش نیتروژن در بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد دانه در بلال است. برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). مصرف مقادیر زیاد کود در شرایط آبیاری مطلوب، به‌صورت قابل ملاحظه‌ای موجب افزایش عملکرد دانه شد درحالی‌که در شرایط تنش شدید خشکی، مصرف مقادیر بیش‌تر کود عملکرد دانه را افزایش چندانی نداد (جدول ۶). به نظر می‌رسد این وضعیت ناشی از کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن در شرایط کمبود آب در خاک بود. گزارش Martin و همکاران (۱۹۸۲) نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مبنی بر کاهش کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تنش خشکی را تأیید می‌نماید. افزایش تعداد بوته در واحد سطح با افزایش قابل ملاحظه عملکرد دانه همراه بود (جدول ۲). این افزایش به واسطه افزایش تعداد بلال در واحد سطح بود. برهمکنش سطوح مختلف آبیاری و تراکم، نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب با تراکم ۷/۵ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تراکم‌های بالا تنها در شرایط مطلوب آبیاری می‌تواند مفید باشد. Liang و همکاران (۱۹۹۲) نیز گزارش نمودند که حداکثر عملکرد دانه ذرت نیازمند تراکم زیاد، آبیاری زیاد، مصرف زیاد کود و تامین نیاز دمایی بالاست. اثرات توام تراکم بوته و نیتروژن نیز مثبت بود و موجب افزایش عملکرد دانه گردید (جدول ۴). در تراکم‌های پایین عملکرد دانه به دلیل کاهش تعداد بلال در واحد سطح در حد پایینی قرار داشت و افزایش نیتروژن به دلیل محدودیت ظرفیت هر گیاه در استفاده از نیتروژن تا حد معینی مؤثر بود، نیتروژن مازاد بدون استفاده باقی ماند و از دسترس گیاه خارج گردید. با افزایش تراکم، عملکرد دانه در واحد سطح به دلیل افزایش تعداد بلال در واحد سطح افزایش یافت.

جدول ۳: ماتریس ضرایب همبستگی ساده میان صفات مختلف

صفات	درصد لوله شدن برگ	محتوای نسبی آب برگ بلال	کلروفیل a	درصد نیتروژن برگ بلال	وزن نهایی تک‌دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره پر شدن مؤثر دانه
محتوای نسبی آب برگ بلال	-۰/۹۳**						
کلروفیل a	-۰/۸۶**	۰/۹۳**					
درصد نیتروژن برگ بلال	-۰/۹۲**	۰/۹۵**	۰/۹۳**				
وزن نهایی تک‌دانه	-۰/۶۲**	۰/۸۲**	۰/۷۰**	۰/۸۱**			
سرعت پر شدن دانه	۰/۲۷ns	-۰/۰۹ ns	-۰/۲۱ ns	-۰/۲۴ ns	-۰/۱۴ ns		
دوره پرشدن مؤثر دانه	-۰/۷۸**	۰/۹۲**	۰/۷۹**	۰/۹۲**	۰/۹۷**	-۰/۹۵**	
عملکرد دانه	-۰/۶۹**	۰/۷۱**	۰/۷۶**	۰/۹۵**	۰/۸۹**	-۰/۱۲ ns	۰/۸۵**

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴ : مقایسه میانگین‌های دو ساله برهمکنش نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه

تیمار			عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) × تراکم (بوته در مترمربع)			
۱۴۰	×	۶	۷۶۲/۵e
		۷/ ۵	۸۶۰/۱d
		۹	۷۷۷/۷e
۱۸۰	×	۶	۸۶۳/۵d
		۷/ ۵	۹۲۱/۲c
		۹	۹۲۵/۷b
۲۲۰	×	۶	۸۹۰/۰d
		۷/ ۵	۹۵۲/۷b
		۹	۹۸۳/۴a

در هر ستون تفاوت دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای پنج درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۵ : مقایسه میانگین‌های دو ساله برهمکنش آبیاری و تراکم بر درصد لوله شدن برگ و عملکرد دانه

تیمار			لوله شدن برگ (درصد)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
آبیاری × تراکم (بوته در مترمربع)				
آبیاری مطلوب	×	۶	۷/۱h	۹۷۲/۲ b
		۷/ ۵	۷/۵g	۱۰۸۱/۸ a
		۹	۷/۹g	۱۰۹۶/۷a
تنش ملایم خشکی	×	۶	۱۰/۲f	۸۵۲/۶d
		۷/ ۵	۱۲/۳e	۹۳۰/۳c
		۹	۱۳/۴d	۹۱۱/۸c
تنش خشکی شدید	×	۶	۳۳/۸c	۶۹۱/۲f
		۷/ ۵	۳۵/۹b	۷۲۲/۱e
		۹	۳۷/۳a	۶۷۸/۴f

در هر ستون تفاوت دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای پنج درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۶: مقایسه میانگین‌های دو ساله برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر برخی صفات فیزیولوژیکی

تیمار			کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم برگ)	نیتروژن برگ بلال (درصد)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
آبیاری × نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)					
آبیاری مطلوب	×	۱۴۰	۳/۵۱b	۲/۴۴bc	۹۳۲/۴b
		۱۸۰	۳/۹۹a	۲/۶۳ab	۱۰۷۷/۸a
		۲۲۰	۴/۱۴a	۲/۷۲a	۱۱۴۰/۵a
تنش ملایم خشکی	×	۱۴۰	۱/۹۵d	۲/۲۸cd	۸۰۰/۳c
		۱۸۰	۲/۲۵c	۲/۴۲bc	۹۲۷/۰b
		۲۲۰	۲/۳۲c	۲/۴۸abc	۹۶۷/۳b
آبیاری مطلوب	×	۱۴۰	۱/۰۸e	۲/۰۲e	۶۶۷/۷d
		۱۸۰	۱/۱۲e	۲/۰۴de	۷۰۵/۷d
		۲۲۰	۱/۱۴e	۲/۰۶de	۷۱۸/۳d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از برخی صفات فیزیولوژیکی نظیر درصد پیچش برگ به‌عنوان معیاری مناسب جهت نشان دادن تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر رشد و نمو گیاه ذرت استفاده شد و مشاهده گردید که تیمارهای مورد بررسی به ویژه تنش خشکی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر صفات مذکور داشتند. نتایج به‌دست آمده حاکی از تغییرات شدید فیزیولوژیکی در ذرت هیبرید ۷۰۴ در اثر تنش خشکی بود. از سوی دیگر در موارد متعددی تأثیر منفی کمبود آب بر صفات مورد بررسی با کاهش مصرف نیتروژن و یا افزایش تراکم تشدید شد. به‌طورکلی، گزارش‌های موجود حاکی از آن است که بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و حیاتی در گیاهان حساس به کمبود آب نظیر ذرت، پیش از مشاهده هر گونه علائم کم آبی، دچار اختلال می‌شوند. نتایج نشان داد که شناخت اثرات تنش‌های محیطی بر ذرت اگر بر شناخت روابط گیاه و محیط و بر اساس صفات فیزیولوژیکی استوار گردد، کمک شایان توجهی به تعیین مسیر برنامه‌های به‌زراعی برای دستیابی به عملکرد بالا خواهد نمود.

منابع

ارجمند، ع. ۱۳۷۷. آنالیز تعدیل نیاز آبی سورگوم در حضور یون پتاسیم در شرایط آب‌وهوایی جنوب خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول. ۱۱۹ ص.

ایران‌نژاد، ح. ۱۳۷۰. تأثیر مواد غذایی در افزایش کمیت و کیفیت محصول ذرت دانه‌ای. نشریه زیتون. ۱۹-۱۶.

بحرانی، م.ج. و هابیلی، ن. ۱۳۷۰. فیزیولوژی گیاهان و سلول‌های آن‌ها. (ترجمه)، چاپ اول، ۵۸۱ ص.

بهنام‌فر، ک. ۱۳۷۶. مطالعه تأثیر کود پتاسیم بر ایجاد مقاومت به استرس خشکی و بازده مصرف آب در گیاه ذرت در شرایط آب‌وهوایی خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز. ۱۵۶ ص.

بی‌نام. ۱۳۸۴. غلات در آئینه آمار. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی.

پازکی، ع. ۱۳۷۹. بررسی و اندازه‌گیری اثر تنش آب بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی دو رقم کلزا. پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۲۵۸ ص.

چوگان، ر. ۱۳۸۳. اصلاح ذرت برای تحمل به تنش خشکی و نیتروژن. چاپ اول، انتشارات وزارت کشاورزی. ۹۵ ص.

دستفال، م. و امام، ی. ۱۳۷۷. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت تک بلالی نسبت به تراکم بوته. خلاصه مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج. شهریور ۱۳۷۷، ایران. ص: ۴۱۳.

Archive of SID

www.SID.ir

رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۱۴۲ص.

ساکی‌نژاد، ط. ۱۳۸۲. مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مرفولوژیک و فیزولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب‌وهوایی اهواز. پایان‌نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۲۸۸ ص.

سپهری، ع. و مدرس‌ثانوی، م. ۱۳۸۱. فلوئوریمتری کلروفیل تحت کمبود نیتروژن و خشکی موقت در دوره رشد رویشی ذرت. خلاصه مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج. مرداد ۱۳۸۱ کرج، ایران، ص: ۵۷۸.

سپهری، ع.، مدرس‌ثانوی، م.، قره‌یاضی، ب. و یمینی، ی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. ۴ (۳): ۱۸۴-۲۰۱ .

سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

صادق‌زاده‌حمایتی، ف. ۱۳۷۹. تعیین مناسب‌ترین تراکم بوته و امکان کشت مخلوط ارقام ذرت در منطقه دزفول. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول. ۱۲۴ ص.

علیزاده، ا. ۱۳۷۴. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ اول. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۵۳ ص.

کوچکی، ع.، حسینی، م. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ ص.

کوچکی، ع. و علیزاده، ا. ۱۳۷۰. اصول زراعت در مناطق خشک (ترجمه)، جلد اول، چاپ سوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۶۰ ص.

مجیدیان، م. و غدیری، ح. ۱۳۸۱. تأثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده استفاده از آب و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳ (۳): ۵۲۱-۵۳۳.

مظاهری، د. ۱۳۷۳. زراعت مخلوط. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۲ ص.

نادری، ا. ۱۳۸۰. ارزیابی تنوع ژنتیکی و مدل‌سازی پتانسیل انتقال مجدد اسیمیلات‌ها و نیتروژن به دانه در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی. پایان‌نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۲۴۳ ص.

Archive of SID

www.SID.ir

ولدآبادی، س.ع.ر.، مظاهری، د.، نورمحمدی، ق. و هاشمی‌دزفولی، س.ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص‌های رشد ذرت، سورگوم و ارزن. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه مازندران. تابستان ۱۳۷۹، بابلسر، ایران. ص: ۶۱۷.

هاشمی‌دزفولی، س. ا. و مرعشی، ع. ۱۳۷۱. تغییر مواد فتوسنتزی در زمان گل‌دهی و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۲ (۹): ۳۲-۱۶.

امام، ی. و نیک‌نژاد، م. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ ص.

Andrade. F.H. and Ferreiro, M.A. 1996. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. Field Crops Research 48 (2/3): 155-165.

Arnon, D.I. 1975. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoxidase in Beba vulgaris L. Plant Physiology 45: 1-15.

Aspinall, D. 1965. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. II. Grain growth. Austuralian Journal of Agricultural Research 16: 265-272.

Bassetti, P. and Westgate, M.E. 1993. Senescence and reproductivity of maize silk. Crop Science 33: 275-278.

Bennet, J.M., Jones, J.W., Zur, B. and Hammond, L.C. 1986. Interaction effects of nitrogen and water stress on water relations of field-grown corn leaves. Agronomy Journal 78: 273-280.

Bock, B.R. 1984. Efficient use of nitrogen in cropping system. pp. 273-294. In Nitrogen in crop production. ASA. CSSA, and SSSA Inc, Madison. USA.

Boyer, J. S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf potentials. Plant Physiology 46: 233-235.

Bradford, K. J. 1994. Water stress and the water relation of seed development: A critical review. Crop Science 34: 1-10.

Brooks, A., Jenner, C.F., and Aspinall, D. 1982. Effects of water deficit on endosperm starch granules and on grain physiology of wheat and barley. Austuralian Journal Plant Physiology 9: 423-436.

Dale, R. and Dailes, A. 1995. A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield. Agronomy Journal 87: 1115-1121.

De Souza, P.L., Egli, B.D., and Bruening, W.P. 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. Agronomy Journal 89: 807-812.

Hanway, J.J. 1992. How a corn plant develops. Iowa Coop. Extension Service. Special Report No. 48.

Archive of SID

www.SID.ir

Hayati, R., Egli, D.B. and Crafts-Brander, S.J. 1996. Independence of nitrogen supply and seed growth in soybean: studies using an in vitro culture system. Journal of Experimental Botany 47: 33-40.

Jurgen's, S.K., Johnston, R.R. and Boyer, J.S. 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain filling. Agronomy Journal 70: 678-682.

Liang, B.C., Millard, M.R. and Mackenzie, A.F. 1992. Effects of hybrid, population densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays* L.) in Quebec. Canadian Journal of Plant Science 72: 1163 - 1170.

Luis, S., Marcio, E., Guidolin, A.F.M., Almidia, L.D. and Konslanz., V.A. 2001. Nitrogen fertilization impact on agronomic traits of maize hybrids released at different decades. Pesq Agropee Bras, Brazilian, D.V. 36(5): 757-764. Maio.

Martin, D.L., Watts, D.G., Mielke, L.N., Frank, K.D. and Eisen - Hauer, D.E. 1982. Evolution of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. Soil Science Society of American Journal 49: 1056 - 1062.

Muchow, R.C. and Sinclair, T.R. 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field - grown maize and sorghum. Crop Science 34: 721-727.

Nesmith, D.S. and Ritchie, J.T. 1992. Short and long-term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. Agronomy Journal 84: 107-113.

Norwood, C.A. 2000. Water use and yield of limited irrigated and dryland corn. Soil Science Society of America Journal 64: 365 - 370.

Ouatter, S., Jones, R.J. and Crookston, R.K. 1987. Effects of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. Crop Science 27: 726-730.

Saneoka, H.S. and Agata, W. 1996. Cultivar differences in dry matter production and leaf water relations in water-stressed maize. Grassland Science 41(4): 294-301.

Taize, L. and Zeiger, E. 1998. Plant Physiology (2nd ed). Sinager Associates. Inc. Publisher. Sunderland Massa Chussets 757p.

Wienhold, B.J., Trooien, T.P. and Reichman, G.A. 1995. Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 87: 842-846.

Archive of SID

www.SID.ir