

تأثیر تنش خشکی و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، هیبرید KSc 301 در منطقه ورامین

پیمان جعفری* و امیر هوشنگ جلالی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم KSc 301، پژوهشی دو ساله (۱۳۸۶-۱۳۸۷) در مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین با استفاده از طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. در این طرح چهار سطح تنش رطوبتی (قبل از گلدهی، هنگام گلدهی و در مرحله پر شدن دانه‌ها و بدون تنش) فاکتور عمودی و سه سطح تراکم گیاهی (۶۰، ۷۵ و ۹۰ هزار بوته در هکتار) فاکتور افقی را تشکیل می‌دادند. تأثیر تنش رطوبتی و تراکم بر عملکرد و اجزای آن از نظر آماری معنی‌دار بود. تنش رطوبتی در مرحله گلدهی عملکرد دانه را ۴۲٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. تنش رطوبتی قبل از گلدهی و هنگام پر شدن دانه‌ها اگرچه به طور معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد عملکرد پایین‌تری داشتند، اما بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار بهترین تراکم از نظر عملکرد دانه تشخیص داده شد. برهمکنش تنش رطوبتی و تراکم بوته نیز در سطح ۱٪ آماری معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمار بدون تنش و تراکم ۷۵ هزار بوته (۹۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار تنش در مرحله گلدهی و تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار (۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. تنش رطوبتی در مرحله گلدهی و تراکم‌های کمتر و بالاتر از ۷۵ هزار بوته در هکتار باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گردید. نتایج این پژوهش نشان داد با استفاده از تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار و اجتناب از تنش رطوبتی به ویژه در مرحله گلدهی می‌توان عملکردهای مناسبی را از هیبرید KSc 301 انتظار داشت.

واژه‌های کلیدی: تعداد بلال، ظهور گل ماده، عملکرد دانه، مرحله گلدهی

۱. اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: peimanjafari@yahoo.com

مقدمه

سالیانه بیش از ۲۲۶ هزار هکتار از اراضی آبی کشور به کشت ذرت دانه‌ای با متوسط عملکرد ۷۲۸۹ کیلوگرم در هکتار اختصاص می‌یابد (۱۸). تنش آب عبارت است از فقدان رطوبت کافی برای رشد طبیعی گیاه و کامل کردن چرخه زندگی (۳۱). تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد محصولات زراعی، از جمله ذرت می‌گردد. این کاهش عملکرد می‌تواند هم به دلیل کاهش رطوبت در خاک و هم کاهش رطوبت در هوا ایجاد گردد. پژوهش‌های جدید نشان می‌دهد در گیاهان C_4 وقوع تنش رطوبتی می‌تواند کاهش عملکردی معادل و یا حتی بیشتر از گیاهان C_3 به همراه داشته باشد (۱۲). در رابطه با تنش خشکی کاهش عملکرد به سه دلیل عمده صورت می‌پذیرد: اول کاهش جذب کل تابش فعال فتوسنتزی در سایه انداز گیاهی به دلیل محدودیت گسترش سطح برگ، پژمردگی و لوله شدن موقت برگ‌ها و پیری زودرس برگ‌ها، دوم کاهش راندمان فتوسنتزی به دلیل کاهش تجمع ماده خشک به ازای تشعشع دریافتی و سوم کاهش شاخص برداشت به دلیل کاهش مقدار کل ماده خشک تولیدی (۶). علاوه بر شدت تنش، زمان وقوع تنش رطوبتی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. در گیاه ذرت یک تا دو هفته پس از گلدهی از جمله حساس‌ترین مراحل به تنش خشکی است. وقوع تنش در این مرحله باعث افزایش در فاصله زمانی بین گرده‌افشانی و ظهور گل آذین ماده می‌گردد (۱۷). سقط دانه‌ها به دلیل وقوع تنش نیز ۲ تا سه هفته پس از ظهور گل آذین ماده صورت می‌گیرد (۲۴). زیست توده گیاهی، تعداد دانه در بلال و وزن دانه‌ها از مواردی هستند که در اثر تنش رطوبتی کاهش یافته و منجر به کاهش عملکرد نهایی ذرت می‌گردند (۱۹).

نقش تراکم گیاهی در ذرت هم در مرحله رشد رویشی و هم در مرحله رشد زایشی بسیار مهم است (۲۷). به دلیل انعطاف‌پذیری کم گیاه ذرت در رابطه با ایجاد سطح برگ در هر گیاه (۳) و همچنین ظرفیت محدود آن برای تولید اندام‌های زایشی (۱۶) تراکم‌های کم با کاهش عملکرد ذرت همراه

خواهد بود. از سوی دیگر تراکم‌های بالا در این گیاه با کاهش منابع مورد نیاز، به ویژه در زمان تشکیل گل آذین ماده موجب افت عملکرد خواهد شد (۳۰). به هر صورت حد مطلوب تراکم در هیبریدهای زودرس نسبت به هیبریدهای دیررس به دلیل طول دوره رشد و سطح برگ کمتر و کاهش جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی، بیشتر است (۲۱). در پژوهش‌های مختلف، بررسی همزمان تنش رطوبتی و تراکم گیاهی در ذرت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه منابع آب در کشور ما محدود بوده و مواجه شدن با دوره‌های کم آبی در مراحل مختلف رشد گیاه امری اجتناب‌ناپذیر است، موضوع این پژوهش عبارت بود از: مطالعه اثرات تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی ذرت، رقم (KSc301) در مراحل مختلف رشد ذرت شامل مرحله رشد رویشی، مرحله گلدهی و مرحله پرشدن دانه‌ها.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی و رامین واقع در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی تهران (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا) به مدت ۲ سال (۸۷،۸۶)، با استفاده از یک رقم هیبرید زودرس ذرت به نام KSc 301 اجرا گردید. این رقم جزو هیبریدهای زودرس ذرت محسوب گشته و از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. رایج طرح آزمایشی مورد استفاده اسپلوت بلوک (کرت‌های خرد شده نواری) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار بود. در این بررسی سطوح تنش خشکی در مراحل مختلف رشد به عنوان فاکتور عمودی و سطوح مختلف تراکم بوته به عنوان عامل افقی در هر بلوک اعمال گردیدند. ضمناً به جهت داشتن کنترل بهتر برای اعمال تنش‌های مورد نظر بلوک‌های آزمایشی در امتداد یکدیگر در نظر گرفته شدند و در نتیجه آبیاری هر بلوک به طور مستقل صورت گرفت. در هر کرت تعداد ۶ ردیف کاشت به طول ۷ متر در نظر گرفته و

دانه‌ها انجام و رطوبت تا نقطه پژمردگی دائم کاهش یافت. این زمان تقریباً مصادف با رسیدگی فیزیولوژیک بود. ۳ روز پس از انجام تنش مجدداً آبیاری به صورت معمول صورت گرفت. تراکم‌های مورد نظر نیز در ۳ سطح ۶۰۰۰۰، ۷۵۰۰۰ و ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار به منظور بررسی اثر این عامل و همچنین بررسی اثرات متقابل آن با سطوح تنش خشکی در نظر گرفته شد، که نتایج آن به همراه برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول شماره ۱ ذکر شده است. براساس نتایج آزمون خاک ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن (به صورت اوره)، ۱۵۰ کیلوگرم فسفر (به صورت سوپر فسفات تریبل) و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم (به صورت سولفات پتاسیم) استفاده گردید. تمام کود فسفات و پتاسیم قبل از کشت و کود اوره به صورت تقسیط شده در دو مرحله (نیمی بعد از کشت و نیم دیگر اواسط دوره رشد) استفاده شد. درصد وزنی رطوبت در این آزمایش به روش ثقلی محاسبه گردیده که برای این کار نمونه‌ای از خاک کرت‌های مورد نظر (حدود ۲۰۰ گرم) از اعماق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری (بسته به مرحله رشدی گیاه) را در قوطی‌های فلزی بدون منفذ برداشت نموده و سپس نمونه‌های خاک پس از توزین در آن با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ الی ۳۶ ساعت خشک گردید.

پس از خشک شدن، نمونه‌های خاک مجدداً توزین شده و سپس درصد وزنی رطوبت محاسبه شد. نمونه‌برداری خاک از کرت‌های تحت تنش رطوبتی از ۱۵ روز پس از قطع آبیاری شروع و به طور روزانه تا رسیدن رطوبت خاک به رطوبت در مکش ۱۵- اتمسفر در ناحیه توسعه ریشه یعنی تا عمق ۶۰ سانتی متری ادامه یافت. تعداد روزهای تا رسیدن به رطوبت مذکور با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت بوده ولی در این آزمایش ۲۰ الی ۲۵ روز پس از قطع آبیاری به طول می‌انجامید. نمونه‌های خاک از کرت‌های تحت تنش رطوبتی از ۳ قسمت ابتدا، وسط و انتهای دو خط وسطی برداشت شد. تراکم‌های بوته نیز به وسیله تنظیم فاصله بوته‌ها بر روی خطوط کشت اعمال گردید، به طوری که فاصله بوته‌ها روی خطوط برای

عملیات کاشت اول خرداد ماه انجام شد. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۷۵ سانتی متر و فاصله کرت‌های مجاور هم در بلوک ۱/۵ متر (۲ ردیف کاشت) در نظر گرفته شد تا از هر گونه نشست احتمالی رطوبت جلوگیری شود. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک نیز ۱/۵ متر بود. بین دو بلوک مجاور نیز به فاصله ۳ ردیف کاشت یعنی ۲/۲۵ متر به صورت کشت نشده رها گردید. تنش خشکی در ۳ مرحله مشخص قبل از گل دهی، در زمان گل دهی و در زمان پر شدن دانه بر روی گیاه ذرت اعمال گردید. یک تیمار هم بدون اعمال تنش خشکی و با آبیاری مطلوب در کل دوره رشدی لحاظ گردید. معیار اعمال تنش خشکی در این آزمایش قطع آبیاری در زمان مشخص تا رسیدن رطوبت خاک در ناحیه توسعه ریشه به پتانسیل ۱۵- اتمسفر در مرحله مورد نظر و سپس شروع آبیاری ۳ روز پس از آن بود که با استفاده از روش وزنی پس از تعیین بافت و خصوصیات رطوبتی خاک اندازه‌گیری شد.

در این حالت برگ‌ها به حالت لوله‌ای تغییر شکل داده و آثار تنش در ظاهر گیاه قابل تشخیص بود. برای این منظور از دو عمق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری نقاط مختلف مزرعه آزمایشی نمونه‌گیری شده و به منظور تعیین درصد رطوبت در مکش‌های متفاوت از جمله ظرفیت مزرعه (F.C.) و نقطه پژمردگی (W.P.) به آزمایشگاه ارسال گردید. چگونگی انجام تیمارهای تنش رطوبتی مورد نظر عبارت بود از: ۱. آبیاری معمول که در آن کرت‌ها به صورت هفتگی تا پایان دوره رشد آبیاری شدند. ۲. تنش خشکی قبل از گلدهی که در آن حدود سه هفته قبل از ظهور گل‌های نر (تاسل) آبیاری قطع گردید و تا رسیدن رطوبت خاک به نقطه پژمردگی دایم که قبل از ظهور تاسل‌ها بود تنش رطوبتی انجام شد. پس از این دوره آبیاری به صورت معمول انجام گردید. ۳. تنش خشکی هنگام گلدهی، که در آن هم زمان با ظهور کاکل‌های ذرت (ابریشم) رطوبت تا نقطه پژمردگی دائم تنزل یافت و پس از ۳ روز آبیاری به صورت معمول انجام شد. ۴. تنش هنگام پر شدن دانه‌ها که در آن آبیاری پس از کرده افشانی کامل و لقاح و شروع پر شدن

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

مقدار	ویژگی مورد نظر
لومی - رسی	بافت
۲/۱	شوری (dS m^{-1})
۷/۵	اسیدیته
۰/۹۵	مواد آلی (%)
۱۹/۴	فسفر (mg kg^{-1})
۴۶۰	پتاسیم (mg kg^{-1})
۱/۶	وزن مخصوص ظاهری ($30-30$ سانتی‌متر) (g cm^{-3})
۱/۸	وزن مخصوص ظاهری ($30-60$ سانتی‌متر) (g cm^{-3})
۲۲/۱ و ۲۵/۱	درصد رطوبت وزنی در مکش ۰/۱- به ترتیب در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر
۱۹/۸ و ۲۱/۷	درصد رطوبت وزنی در مکش ۰/۳- به ترتیب در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر
۱۵/۳ و ۱۷/۳	درصد رطوبت وزنی در مکش ۱- به ترتیب در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر
۱۳/۰ و ۱۴/۷	درصد رطوبت وزنی در مکش ۳- به ترتیب در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر
۱۱/۵ و ۱۳/۱	درصد رطوبت وزنی در مکش ۵- به ترتیب در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر
۹/۰ و ۱۰/۱	درصد رطوبت وزنی در مکش ۱۵- به ترتیب در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر

نمود، از تجزیه مرکب صفات برای بیان نتایج استفاده گردید. همان گونه که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌گردد، تأثیر سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن (به جز تعداد ردیف در بلال) معنی‌دار بوده است. تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای آن در ذرت به تلفیق فاکتورهای فیزیولوژیک و ژنتیک بستگی دارد (۱۰). تنش رطوبتی در مرحله گلدهی با ۴۲ درصد کاهش عملکرد نسبت به تیمار شاهد، بیشترین مقدار کاهش عملکرد را داشت. تنش رطوبتی قبل از گلدهی و هنگام پر شدن دانه‌ها اگرچه به طور معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد عملکرد پایین‌تری داشتند، اما بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳).

تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال در تیمار تنش رطوبتی در مرحله گلدهی به ترتیب ۲۸/۵، ۸/۵ و ۲۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. ادمیدس و همکاران (۸) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

دست‌یابی به تراکم‌های فوق‌الذکر به ترتیب ۱۴/۵، ۱۸ و ۲۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. صفاتی که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت عبارت بودند از: عملکرد دانه (پس از حذف حاشیه برابر ۵/۵ متر از اطراف هر کرت، چهار مترمربع از خطوط وسط هر کرت برداشت و براساس رطوبت ۱۴٪ تنظیم شد)، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد کل دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، روز تا ۵۰٪ گرده افشانی، فاصله زمانی بین ۵۰٪ گرده افشانی و ظهور گل آذین ماده، شاخص برداشت و روز تا رسیدن فیزیولوژیک دانه. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۲) انجام و میانگین‌ها با روش دانکن (۵٪) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد

با توجه به اینکه تأثیر سال بر عملکرد و اجزای آن معنی‌دار

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی طی دو سال زراعی اجرای پژوهش

میانگین مربعات										
تولید ماده خشک	روز تا رسیدن قیوتیولوژیکی	فاصله بین قیوتیولوژیکی و ظهور گل آذین	ماده	روز تا رسیدن قیوتیولوژیکی	روز تا رسیدن قیوتیولوژیکی	وزن ۱۰۰ دان	تولید ماده خشک	تولید ماده خشک	عملکرد ذرت	تولید ماده خشک
۴۱۳/۳۰ n.s	۴۱۵/۲۱ n.s	۲۵/۴۱ n.s	۱۵/۴۴ n.s	۰/۰۹ n.s	۱/۶۳ n.s	۰/۸۰ n.s	۴۷۹/۸ n.s	۹/۲ n.s	۱	سال
۴۲/۹۴ n.s	۲۲/۷۵ n.s	۰/۷۷ n.s	۰/۵۸۳*	۰/۱۸۸ n.s	۳/۳۰ n.s	۰/۱۸۸ n.s	۶۷۱/۴ n.s	۱/۴ n.s	۴	تکرار سال
۲۶۹/۲۹**	۹۷۵/۸۸**	۴۷/۱۸۵**	۱۰۳/۰**	۶۷/۸**	۱۴۲/۱*	۴/۳۸ n.s	۷۳۷۵/۰*	۱۸۳**	۳	تنش خشکی (A)
۱۵/۸ n.s	۷/۴۱ n.s	۰/۴۸ n.s	۱/۸۰ n.s	۲/۴۴ n.s	۸/۰۴ n.s	۵/۳۳ n.s	۸۸۳۳ n.s	۱۸۵/۱ n.s	۳	سال × تنش خشکی
۸۷۰/۸	۲۶/۲۶۹	۰/۵۱۹	۱۰۲	۴/۴۱	۱۷/۸۳	۲/۸۰	۱۳۷۸۶/۲	۰/۴۳۷	۱۲	خطای a
۴۷/۷**	۲۵/۷۵۰ n.s	۰/۷۷۸**	۸/۵۸۳**	۱۶/۰*	۸۳/۴۸*	۱/۵۷ n.s	۴۶۲۳۵/۷*	۱۲/۳*	۲	تراکم بوته (B)
۳۸۰/۵ n.s	۰/۱۰۵ n.s	۰/۲۱۷ n.s	۰/۵۰۲ n.s	۰/۶۰۷ n.s	۰/۶۵۲ n.s	۰/۱۲۹ n.s	۰/۲۸۰ n.s	۲۴/۹۶ n.s	۲	سال × تراکم بوته
۳/۱۲	۲۲/۶۲۵	۰/۰۲۸	۰/۱۶۷	۳/۰۴۱	۱۰/۸	۰/۹۶	۳۰۷۵/۴	۰/۸۳۸	۸	خطای b
۱۸/۰۰ n.s	۲۴/۳۸۰ n.s	۰/۸۴۱*	۰/۳۲۶ n.s	۱/۴۱ n.s	۶/۹۳ n.s	۰/۶۴ n.s	۳۷۰۰/۸**	۱/۸**	۶	تنش خشکی × تراکم
۱۳۲ n.s	۰/۷۰۴ n.s	۰/۳۰۴ n.s	۰/۲۰۷ n.s	۰/۳۵۷ n.s	۰/۳۷۸ n.s	۰/۰۴۷ n.s	۰/۴۱۶ n.s	۱۳/۷ n.s	۶	تنش خشکی × تراکم × سال
۳۹/۹۹	۲۵/۹۷۷	۰/۱۵۷	۰/۱۴۰	۳/۳۸۱	۷/۲۲	۰/۶۵	۳۵۷۶	۰/۲۱۴	۴۸	خطای AB
۲۶/۳۷	۱۰۶/۵۳	۴/۴۰۶	۹/۵۶۴	۱۱/۴۴	۲۵/۱۰	۱/۴۱	۱۳۵۷۷/۷	۲/۷	۹۵	کل

و : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. n.s: غیر معنی دار

جدول ۳. مقایسه میانگین های صفات مورد مطالعه (متوسط دو سال)

ویژگی	تعداد دانه در هکتار	تعداد ریغ در هکتار	تعداد دانه در ریغ	(گرم) دانه ۱۰۰	بافتاری	فاصله بین و ظهور گل (روز)	روز تا رسیدن فیروزگی
آبیاری مطلوب	۸۰۸۳ ^{ab}	۶۷۰ ^a	۳۵/۵۳ ^{ab}	۲۰/۸ ^b	۵۴/۶۷ ^b	۲/۱۱ ^c	۱۰۱/۲۲ ^c
تنش قبل از گل دهی	۷۰۷۹ ^b	۵۷۱ ^b	۳۱/۶۲ ^b	۲۲/۶ ^a	۶۱/۳۳ ^a	۴/۵۵ ^{ab}	۱۱۸/۰۰ ^a
تنش در زمان گل دهی	۴۶۸۲ ^c	۴۷۸ ^c	۲۷/۲۶ ^c	۲۲/۱ ^{ab}	۵۴/۲۲ ^c	۶/۶۶ ^a	۱۰۸/۷۷ ^b
تنش در زمان پر شدن دانه	۶۸۰۲ ^b	۶۶۳ ^a	۳۵/۶۶ ^a	۱۶/۵ ^c	۵۴/۷۸ ^b	۱/۷۷ ^c	۹۳/۶۶ ^d
تراکم ۶۰ هزار بوته در هکتار	۷۳۳۹ ^b	۶۵۵/۳ ^a	۳۴/۹۲ ^a	۲۱/۶ ^a	۵۵/۵ ^c	۳/۸۳ ^{ab}	۱۰۳/۷۵ ^a
تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار	۷۱۴۵ ^b	۶۰۱/۲ ^b	۳۲/۹۴ ^a	۲۰/۲۲ ^a	۵۶/۰ ^b	۳/۵۰ ^b	۱۰۶/۵۰ ^a
تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار	۵۵۰۰ ^b	۵۳۱/۳ ^c	۲۹/۷ ^b	۲۰/۳۷ ^a	۵۷/۱ ^a	۴/۰۰ ^a	۱۰۶/۰۰ ^a

در هر ستون حروف مشترک مشابه از نظر آماری تفاوت معنی دار ندارند (دانتکن /۵).

ماده خشک ذخیره‌ای به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی بود. تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه‌ها تأثیری بر تعداد دانه نداشت ولی به طور معنی‌دار وزن دانه‌ها را کاهش داد (جدول ۳). در پژوهش‌های دیگر نیز نتایج مشابهی گزارش، و دلیل کاهش وزن دانه‌ها افت شدید فتوسنتز تشخیص داده شده است (۲، ۷).

اثر تراکم‌های مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد

تأثیر تراکم‌های مختلف بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال در سطح ۵٪ آماری معنی‌دار بود، اما بر تعداد ردیف در بلال تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار نسبت به تراکم‌های ۶۰ و ۹۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۳ و ۲۳٪ عملکرد دانه بالاتری داشت (جدول ۳). در تراکم ۹۰ هزار بوته علاوه بر کاهش تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال (برخلاف تراکم ۶۰ هزار بوته) نیز کاهش معنی‌داری داشت. عملکرد ذرت با افزایش تراکم از یک رابطه درجه دوم پیروی می‌کند و با افزایش تراکم از یک حد مشخص تأمین مواد غذایی کافی برای تک بوته‌ها محدود شده و نهایتاً کاهش عملکرد را به همراه خواهد داشت (۲۵). کاهش عملکرد در درجه اول در نتیجه کاهش تعداد دانه در بلال است (۳). برخی پژوهشگران معتقدند در ارقام جدید ذرت بین زیست توده اختصاص یافته به هر تک بوته در مرحله رسیدگی دانه و عملکرد دانه در تک بوته رابطه خطی برقرار بوده و بنابراین این ارقام باید تراکم‌های پائین‌تری نسبت به ارقام قدیمی‌تر داشته باشند (۲۱). در نقطه مقابل برخی دیگر از پژوهشگران معتقدند ارقام جدیدتر به دلیل خوابیدگی کمتر، راندامان بالاتر استفاده از نیتروژن و فتوسنتز بالاتر برگ‌ها، توانایی تحمل تراکم‌های بیشتری را دارند (۱۳). به هر صورت توجه به شرایط رقابتی پس از گلدهی در این امر نقش اساسی دارد زیرا تنها ۱۰ درصد از عملکرد دانه، به مواد فتوسنتزی ساخته شده قبل از ظهور گل آذین ماده بستگی دارد (۲۶). وزن دانه‌ها تحت تأثیر تغییرات تراکم قرار نگرفت (جدول ۳). اصولاً

در نتایج آنها عملکرد نسبی تیمارهای تنش در مرحله گلدهی، اوایل پر شدن دانه‌ها، اواسط پر شدن دانه‌ها و اواخر دوره پر شدن دانه‌ها نسبت به تیمار بدون تنش به ترتیب ۴۵، ۳۴، ۲۹، ۳۱ و ۶۴ درصد بود. بنابراین در این گزارش یک دوره ۲۵ روز پس از گلدهی، حساس‌ترین مرحله رشد گیاه به تنش رطوبتی معرفی گردید. فاصله زمانی بین ۵۰٪ گرده افشانی و ظهور گل ماده، در تیمار تنش رطوبتی به هنگام گلدهی، به طور قابل توجهی بیشتر از سایر تیمارها بود (تقریباً ۳ برابر بیشتر از تیمار شاهد). در پژوهش مونووکس و همکاران (۱۷) نیز تأثیر تیمارهای تنش رطوبتی بر روی دو رقم ذرت ارزیابی گردید. در این پژوهش نیز دلایل اصلی کاهش عملکرد سقط دانه‌ها در مرحله تشکیل گل آذین و افزایش فاصله زمانی بین گرده افشانی و تشکیل گل آذین ماده تشخیص داده شد.

در تنش‌های رطوبتی که در زمان رشد زایشی ذرت ایجاد می‌گردد کمبود دانه گرده به ندرت مسئول عدم باروری تخمک‌هاست و اساساً علت اصلی کاهش عملکرد، کاکل دهی دیر هنگام است که با برخورد با هوای گرم سریع خشک شده و گرده‌ها قادر به جوانه‌زنی بر روی آنها نیست (۲۳). در پژوهش‌هایی که تیمار تنش رطوبتی برای کل طول دوره رشد صورت پذیرفته، دلایل بیشتری برای کاهش عملکرد ذکر گردیده است. به عنوان مثال در پژوهش ایرل و دیویس (۶) که در آن تیمار تنش ملایم و شدید در طول دوره رشد ذرت ارزیابی گردید، کاهش عملکردی از ۱۳ تا ۸۵ درصد مشاهده گردید و بخش مهمی از این کاهش به کاهش راندامان استفاده از نور دریافتی نسبت داده شد. وزن صد دانه ذرت در تیمار تنش هنگام گلدهی نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر بود (جدول ۳). برخی از پژوهشگران معتقدند تنش‌هایی مانند تنش رطوبتی که باعث کاهش آب درون گیاه و فتوسنتز آن می‌شوند را به عنوان یک عامل محرک برای انتقال کربوهیدرات‌ها و قندهای ذخیره شده در ساقه‌ها محسوب می‌کنند (۱). در پژوهش لک و همکاران (۱۵) نیز تأثیر تنش رطوبتی ملایم، شدید بر عملکرد دانه ذرت بررسی گردید. کمترین و بیشترین میزان انتقال مجدد

اثر تنش رطوبت و تراکم بر شاخص برداشت

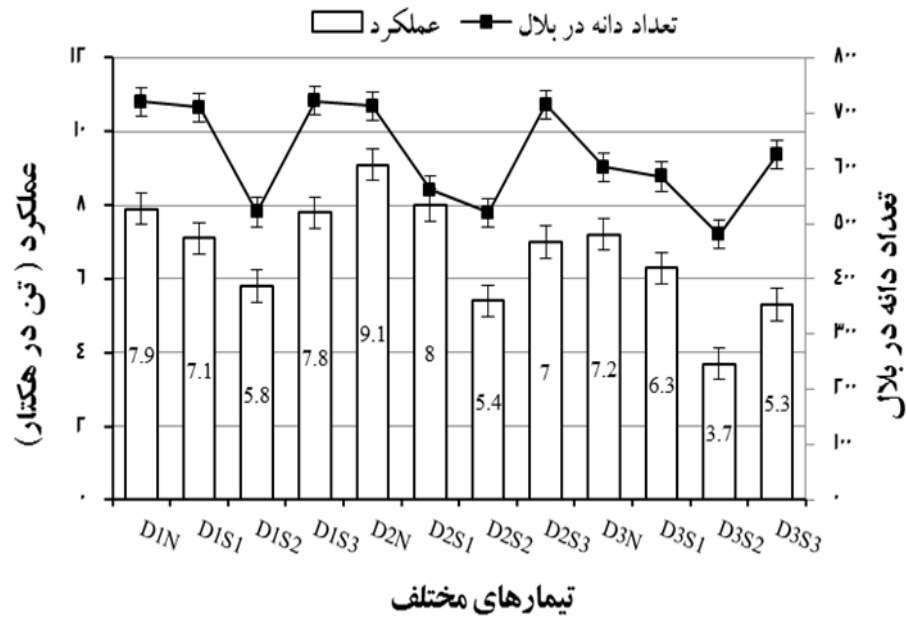
تأثیر تنش رطوبتی و تراکم بوته بر شاخص برداشت در سطح ۱٪ آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش رطوبتی به ویژه در مرحله گلدهی شاخص برداشت را به طور معنی‌دار کاهش داد (شکل ۲). تنش رطوبتی در زمان پر شدن دانه‌ها تأثیر منفی بر عملکرد دانه داشت اما این تأثیر کمتر از تنش رطوبتی در مرحله گلدهی بود. آنکوویچ و همکاران (۲۹) با مرور ۳۳ پژوهش متوسط شاخص برداشت را برای ذرت‌های کشت شده به صورت دیم و آبیاری در استرالیا را ۴۹ درصد ذکر کردند، این اعداد با اعداد ذکر شده در آمریکا خیلی تشابه دارد (۲۰). تنش رطوبتی در مرحله گلدهی با تأثیر سوء بر تشکیل دانه‌ها می‌تواند عملکرد دانه را تا ۶۰ درصد کاهش داده و شاخص برداشت را نیز به طور قابل توجه کاهش دهد (۲). این کاهش به دلیل کاهش عملکرد ماده خشک و اختلال در تسهیم مواد فتوسنتزی به دانه به وقوع می‌پیوندد (۴). اگرچه شاخص برداشت در تیمار تنش رطوبتی قبل از گلدهی کمتر از شرایط معمول آبیاری بود اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۲). برخی از پژوهش‌ها ثابت کرده‌اند که قرار گرفتن گیاه در شرایط کمبود آب قبل از گلدهی حتی می‌تواند با افزایش کارایی استفاده از آب شاخص برداشت را افزایش دهد (امام و رنجبر ۱۳).

در مقایسه دو گروه متفاوت از ذرت، عکس‌العمل گروهی که پتانسیل عملکرد بالاتری در شرایط تنش رطوبتی در طی دوره رشد داشت عبارت بود از کاهش ساقه و برگ و افزایش شاخص برداشت، ولی در جمعیت دیگر شاخص برداشت و زیست توده کل ثابت باقی ماند (۱۷). تراکم‌های ۶۰ و ۹۰ هزار بوته در هکتار به طور معنی‌دار شاخص برداشت کمتری نسبت به تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار داشتند (شکل ۱). شاخص برداشت کمتر در تراکم ۶۰ هزار بوته در هکتار به دلیل تعداد بلال کمتر است. معمولاً ارقام زودرس در تراکم‌های پائین به دلیل محدودیت مخزن (Sink limited) شاخص برداشت کمتری داشته و با افزایش تراکم شاخص برداشت نیز افزایش می‌یابد (۲۱). افت

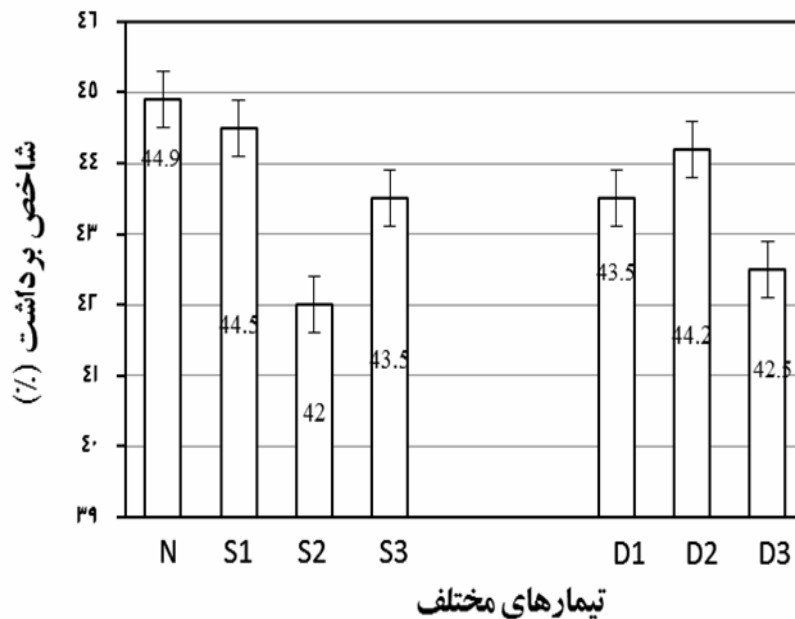
وزن دانه‌ها جزء با ثبات‌تری نسبت به سایر اجزای عملکرد محسوب می‌شوند و نقش فعالی در افزایش یا کاهش عملکرد ندارند. وزن دانه معمولاً ثابت بوده و کمتر با تغییر شرایط محیط و عوامل مدیریتی تغییر می‌یابد (۱۱). با افزایش تراکم بوته از ۷۵ به ۹۰ هزار بوته در هکتار فاصله زمانی ۵۰٪ گرده افشانی تا ظهور گل آذین ماده به طور معنی‌دار افزایش یافت (جدول ۳). این تأخیر زمانی با اختلال در فرآیند گرده‌افشانی موفق کاکل‌ها و همچنین محدودیت تأمین مواد فتوسنتزی برای دانه‌ها باعث سقط دانه‌ها گردیده و عملکرد را کاهش دهد (۱۳).

اثر برهمکنش تنش رطوبت و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد

عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال از مهم‌ترین اجزای عملکرد بودند که برهمکنش تنش رطوبت و تراکم بر مقدار آنها تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). بالاترین مقدار عملکرد دانه در پژوهش حاضر (۹۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۷۵ هزار بوته در هکتار و بدون تنش رطوبتی بدست آمد (شکل ۱) که به صورت معنی‌دار عملکرد بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشت. تعداد دانه در بلال در این تیمار نیز در حداکثر مقدار خود بود. بالاترین میزان افت محصول، در تیمارهای تنش به هنگام گلدهی به وقوع پیوست و با افزایش تراکم در این حالت افت عملکرد نیز شدیدتر شد (شکل ۱). مقدار عملکرد در تیمار ۹۰ هزار بوته در هکتار به همراه تنش رطوبتی در مرحله گلدهی، معادل ۵۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که ۷۲ درصد کمتر از تیمار ۷۵ هزار بوته و بدون تنش رطوبتی بود. روند مشابهی از کاهش در تعداد دانه در بلال مشاهده شد. در شرایطی که رطوبت در حد مطلوب خود قرار داشته باشد، تا یک حد مشخص، با افزایش تراکم مقدار عملکرد ذرت نیز افزایش می‌یابد (۱۴). حتی در رابطه با ارقام تراکم خنثی (Density neutral) که می‌توانند دامنه وسیعی از تراکم را تحمل کنند، اصلاحگران در پی یافتن ارقامی هستند که در شرایط محدودیت رطوبت و تراکم بالا بتوانند از منابع محیطی به صورت کارآمدتری استفاده نمایند (۲۸).



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف تنش رطوبتی و تراکم بر عملکرد دانه و تعداد دانه در بلال. N، S1، S2، S3 به ترتیب تیمار بدون تنش رطوبتی، تنش رطوبتی قبل از گلدهی، تنش رطوبتی در زمان گلدهی و تنش رطوبتی در زمان پر شدن دانه‌ها. D1، D2، D3 به ترتیب تراکم‌های ۶۰، ۷۵ و ۹۰ هزار بوته در هکتار



شکل ۲. تأثیر تیمارهای تنش رطوبتی و تراکم بر شاخص برداشت. N، S1، S2، S3 به ترتیب تیمار بدون تنش رطوبتی، تنش رطوبتی قبل از گلدهی، تنش رطوبتی در زمان گلدهی و تنش رطوبتی در زمان پر شدن دانه‌ها. D1، D2، D3 به ترتیب تراکم‌های ۶۰، ۷۵ و ۹۰ هزار بوته در هکتار

هزار بوته در هکتار نسبت به تراکم‌های ۶۰ و ۹۰ هزار بوته عملکرد مطلوب‌تری داشت. کاهش عملکرد به ویژه در تراکم‌های بالا (۹۰ هزار بوته در هکتار) مشهودتر بود. تلفیق تراکم بالا (۹۰ هزار بوته در هکتار) و تنش رطوبتی در مرحله گلدهی عملکرد دانه را بیش از ۷۰ درصد نسبت به تیمار مطلوب (تراکم ۷۵ هزار بوته و بدون تنش رطوبتی) کاهش داد.

شاخص برداشت به ویژه در تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار شدیدتر بود. در تراکم‌های بالا علیرغم زیادتر بودن شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک، رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی افزایش یافته و به دلیل دیرتر تشکیل شدن اندام‌های زایشی، این اندام‌ها خسارت زیادتری را نسبت به اندام‌های رویشی متحمل می‌گردند که موجب نازایی بخشی از اندام‌های زایشی می‌گردد (۵).

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مسئولین مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین که امکان اجرای این پژوهش را فراهم آوردند سپاسگزاری نمایند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه کشت دوم ذرت در کشور ما از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، توجه به نیازهای زراعی در هیبریدهای تجاری زودرس نیز اهمیت زیادی دارد. در پژوهش حاضر تراکم ۷۵

منابع مورد استفاده

- Barnabas, B., K. Jager and A. Feher. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell and Environment* 31:11-38.
- Boyer, J.S. and H.G. McPherson. 1975. Physiology of water deficit in cereal crops. *Advances in Agronomy* 27:1-23.
- Cox, W.J. 1996. Whole- plant physiology and yield responses of maize to plant density. *Agronomy journal* 88:489-496.
- 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. *Agronomy Journal* 52:272-274.
- Duncan, G.A. 1985. Theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Agronomy Journal* 24:1141-1145.
- Earl, H.J. and R.F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy journal* 95:688-696.
- Eck, H.V. 1986. Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomy Journal* 78:1035-1040.
- Edmeades, G.O., J. Schussler, H. Campos, C. Zinselmeier, J. Habben, S. Collinson, M. Cooper, M. Hoffbeck and O. Smith. 2003. Increasing the odds of success in selecting for abiotic stress tolerance in maize. In: Proceedings of the 5th Australian Maize Conference (Versatile Maize-Golden Opportunities), Toowoomba, Maize Assoc. of Australia, February 18-20, pp.16-28.
- Emam, Y. and G. Ranjbar. 2000. The effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield, yield components and water use efficiency of maize. *Iranian Journal of Crop Science* 2:17-25. (In Farsi).
- Frova, C., P. Krajewski, N. di Fonzo, M. Villa and M. Sari-Gorla. 1999. Genetics analysis of drought tolerance in maize by molecular markers I. Yield components. *Tag Theoretical and Applied Genetics* 99:280-288.
- Fulton, J. M. 1970. Relationships among soil moisture stress, plant populations, row spacing, and yield of corn. *Canadian Journal and Plant Science* 50: 31-38.
- Ghannoum, O. 2009. C₄ photosynthesis and water stress. *Annals of Botany* 103:635-644.
- Hashemi, A.M., S.J. Herbert and D.H. Putnam. 2005. Yield response of corn to crowding stress. *Agronomy Journal* 97:839-846.
- Kasper, T. C., D.C. Erback and R. M. Cruse. 1990. Corn response to seed row residue removal. *Soil Science Society American Journal* 54: 1112-1117.
- Lak, S., A. Naderi, A. Cyadat, A. Ayneband, G. Noormohamade and H. Moosave. 2007. The effects of different levels of irrigation, nitrogen, and plant density on yield, yield components and photosynthetic remobilization in Khuzestan Province. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Journal* 42: 1-14. (In Farsi).

16. Loomis, R.S. and D.J. Connor. 1996. Crop ecology, productivity and management in agricultural systems Cambridge University Press, Cambridge.
17. Monneveux, P., C. Sanchez, D. Beck and G.O. Edmeades. 2006. Drought tolerance improvement in tropical maize source population: Evidence of progress. *Crop Science* 46:180-191.
18. Nameless. 2010. Statistic Agriculture. Crop production, Vol. 1 Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture, pp, 136. (In Farsi).
19. Payero, J.O., D.D. Tarkalson, S. Irmak, D. Davison and J.L. Petersen. 2009. Effect of timing of a deficit- irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. *Agricultural Water Management* 96:1387-1397.
20. Prince, S., J. Haskett, M. Steininger, H. Strand and R. Wright. 2001. Net primary production of the US mid-West croplands from agricultural harvest yield data. *Ecology Applied* 11:1194-1205.
21. Sarlangue, T., F. H., Andrade, P.A. Calvino and L.C. Purcell. 2007. Why do maize hybrids respond differently to variation in plant density? *Agronomy Journal* 99:984-991.
22. SAS Institute. 2007. SAS Onlinedoc 9.1.3 SAS. Inst., Cary, NC. Available at <http://support>. Accessed 19 June 2007.
23. Schoper, J.B., R.L. Lambert and B.L. Vastilas. 1986. Maize pollen viability and ear receptivity under water and high temperature stress. *Crop. Science* 26:1029-1033.
24. Schussler, J.R. and M.E. Wastgate. 1991. Maize kernel set at low water potential, II. Sensitivity to reduce assimilates at pollination. *Crop Science* 31:1196-1203.
25. Shapiro, C.A. and C.S. Wortmann. 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in Eastern Nebraska. *Agronomy Journal* 98:529-535.
26. Simmons, S.R. and R.J. Jones. 1985. Contributions of pre silking assimilate to grain yield in maize. *Crop Science* 25:1004-1006.
27. Tetio-Kagho, F. and F.P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density: II: Reproductive development, yield, and yield adjustments. *Agronomy Journal* 80: 935-940.
28. Tokatlidis, I.S., V. Has, V. Melidis, I. Has, I. Mylonas, G. Evgenidis, A. Copandean, E. Ninou and V.A. Fasoula. 2011. Maize hybrids less dependent on high plant densities improve resource-use efficiency in rainfed and irrigated conditions. *Field Crop Research* 120:345-351.
29. Unkovich, M., J. Baldock and M. Forbes. 2010. Variability in harvest index of grain crops and potential significant for carbon accounting: Examples from Australian agriculture. *Advances in Agronomy* 105: 173-204.
30. Vega, C.R.C., F.H. Andrade, V.O. Sadras, S.A. Uhart and O.R. Valentinuz. 2001. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower and maize. *Crop Science* 41:748-754.
31. Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annals Review and Plant Biology* 53:247-273.