

تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای

The effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield, yield components and water use efficiency of maize

یحیی امام^۱ و غلامحسین رنجبر^۲

چکیده

هم‌زمانی کاشت ذرت با سایر گیاهان زراعی از قبیل برنج و محصولات جالیزی باعث می‌شود که مرحله رشد رویشی ذرت قبل از ظهور گل تاجی به نحو اجتناب ناپذیری با تنش خشکی ناشی از کمبود آب مواجه گردد. به منظور بررسی تأثیر تراکم بوته و کمبود آب در این دوره بر عملکرد و دیگر صفات وابسته به عملکرد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در تابستان سال ۱۳۷۸ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در کوشک انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل تراکم در دو سطح ۶/۶۷ و ۱۳/۳۴ بوته در متر مربع و تنش خشکی در سه سطح آبیاری معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنش خشکی وزن خشک پوشش بلال و قطر بلال را به طور معنی‌دار کاهش داد، در حالی که تراکم زیاد باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک بلال، وزن خشک پوشش بلال، وزن خشک توأم پوشش بلال به علاوه بلال و وزن چوب بلال شد. تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد نهایی دانه در واحد سطح گردید. تراکم زیاد باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. در شرایط کمبود آب، شاخص برداشت و کارآیی استفاده از آب افزایش یافت و با افزایش تراکم بوته کارآیی استفاده از آب زیاد شد. با توجه به نتیجه این پژوهش، در شرایط مشابه در تراکم‌های رایج کاشت ذرت (تراکم مطلوب) تنش خشکی قبل از ظهور گل تاجی می‌تواند عملکرد دانه را تا ۱۴٪ کاهش دهد. به علاوه اثرات نامطلوب تراکم‌های زیاد کاشت، در شرایط کمبود آب، به دلیل افزایش کارآیی استفاده از آب، تا حدودی تقلیل می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ذرت دانه‌ای، تنش خشکی، تراکم بوته، رشد رویشی و عملکرد دانه.

مقدمه

یکی از اهداف به زراعی در تولید ذرت، مشخص کردن سطحی از تراکم بوته است که بیشترین عملکرد دانه را تولید کند. معمولاً تراکم مطلوب بسته به رقم و منطقه متغیر است. ویلی و هیث (Willey & Heath, 1969) معتقدند که عملکرد دانه ذرت در محدوده‌ای از تغییرات تراکم

با حداکثر خود می‌رسد. تتیو - کاگو و گاردنر (Tetio-Kagho & Gardner, 1988b) با مطالعه تأثیر ۱۵ تیمار تراکم از ۸ تا ۱۵/۴ بوته در متر مربع، در ذرت نشان دادند که رابطه بین عملکرد دانه و تراکم به صورت یک منحنی سهمی است که حداکثر عملکرد دانه در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع به دست می‌آید. اصولاً کاهش عملکرد دانه در تراکم‌های زیاد

تاریخ پذیرش: ۷۹/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۷۹/۴/۲۱

۱ و ۲، به ترتیب دانشیار دانشگاه شیراز و کارشناس ارشد زراعت

بخش عمده مطالعات انجام شده در این مورد، اثرات کمبود آب را بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت در مرحله گلدهی و بعد از آن مورد بررسی قرار داده‌اند ولی اثر تنش خشکی در زمان رشد رویشی قبل از ظهور گل تاجی بر عملکرد و اجزای آن کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. برخی مطالعات نشان داده است که کمبود آب در حین رشد رویشی در مقایسه با کمبود آب در مراحل گلدهی و پرشدن دانه تأثیر کمی بر عملکرد نهایی داشته است (Claassen & Show, 1970b; Grant et al., 1989). کلاسن و شاو (Claassen & Show, 1970a) نشان دادند که اگر ذرت در مرحله رشد رویشی با کمبود آب مواجه گردد وزن کل دانه‌های تولید شده کاهش خواهد یافت. هم چنین گزارش شده است که اگرچه تنش در مرحله رشد رویشی (۳۰ روز پس از کاشت تا ظهور گل تاجی) تأثیر معنی دار بر ارتفاع ساقه و طول محور بلال نداشته ولی باعث کاهش معنی دار سطح برگ‌های پوشاننده بلال، عملکرد بیولوژیک و در نهایت عملکرد دانه شده است (Denmead & Show, 1960). این پژوهشگران هم چنین گزارش کردند که دو دوره تنش خشکی شامل هشت روز پژمردگی کامل طی مرحله رویشی در ذرت باعث کاهش عملکرد دانه تا ۲۵٪ گردیده است.

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی ناشی از کمبود آب در دوره رشد رویشی، بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۷۸ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در کوشکک (۳۵° و ۵۲° طول جغرافیایی، ۴° و ۳۰° عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۶۰۹ متر از سطح دریا) با استفاده از ذرت دانه‌ای رقم هیبرید KSC704 انجام گرفت. بافت خاک مزرعه Siltly loam و از رده Calcixerollic Xerocherepts با $pH=7/25$ بود. میانگین بارندگی و درجه حرارت در سال ۱۳۷۸ در شکل ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل

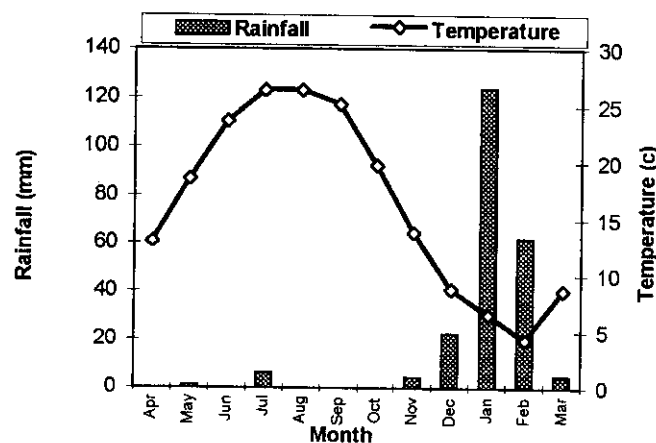
ممکن است مربوط به افزایش درصد بلال‌های عقیم (Daynard & Muldoon, 1983)، کاهش تعداد دانه در بلال (Tetio-Kagho & Gardner, 1988b)، کاهش وزن دانه و یا ترکیبی از این اجزاء (Hashemi-Dezfouli & Herbert, 1992) باشد. تراکم بسیار زیاد بوته موجب افزایش سایه اندازی در درون پوشش گیاهی شده و از طریق ایجاد محدودیت در میزان نوری که به بوته‌ها می‌رسد، عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tetio-Kagho & Gardner, 1988b; Loomis et al., 1968; Stinson and Moss, 1960).

تنش خشکی نیز از طریق ایجاد تغییرات آناتومیکی، مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. شدت خسارت خشکی به محصول بسته به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است (Denmead & Show, 1960).

اغلب مطالعات بر کاهش عملکرد دانه ذرت هنگامی که تنش خشکی در مراحل گرده افشانی و کاکل دهی اتفاق می‌افتد، دلالت دارند (Grant et al., 1989; Schoper et al., 1986; Claassen & Show, 1970b). کلاسن و شاو (Claassen & Show, 1970b) عقیده دارند که رژیم رطوبتی مناسب در دوره قبل از ظهور کاکل، نه تنها برای رشد ساختارهای رویشی، که بعداً ظرفیت تولید ماده خشک گیاه را تعیین می‌کنند، بلکه برای نمودارهای زایشی، حائز اهمیت است. ماس و داوونی (Moss & Downey, 1971) معتقدند که تنش خشکی قبل از کاکل دهی می‌تواند تعداد دانه را به دلیل زیاد شدن تعداد گامتوفیت‌های عقیم، ناشی از کمبود هیدرات‌های کربن، کاهش دهد. با این حال، به نظر نسیمیت و ریچی (Nesmith & Ritchie, 1992) در ذرت دانه‌ای مرحله قبل از گرده افشانی حساس‌ترین مرحله نسبت به کمبود رطوبت می‌باشد. معمولاً حداکثر کاهش در تعداد دانه هنگام بروز تنش رطوبتی در زمان گرده افشانی و مرحله پرشدن دانه اتفاق می‌افتد (Harder et al., 1982; Moss & Downey, 1971; Claassen & Show, 1970b). در حالی که تنش دو تا سه هفته پس از گرده افشانی تنها وزن خشک دانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تأثیری بر تعداد دانه در هر بوته ندارد (Harold, 1986).

سپس در مرحله دو برگی به تراکم مورد نظر تنک شدند. کنترل علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش آترازین به صورت پیش از کاشت و به میزان یک کیلوگرم در هکتار و در زمان شش برگی با استفاده از مخلوط علف‌کش‌های آترازین به میزان یک لیتر در هکتار و 2,4-D به میزان دو لیتر در هکتار انجام شد. در طول فصل رشد وجین دستی نیز بر حسب نیاز انجام شد. میزان نیتروژن خالص مصرفی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و میزان فسفر ۸۵ کیلوگرم در هکتار به صورت P_2O_5 بود (Dastfal et al., 1999). تمام فسفر و یک سوم نیتروژن در زمان کاشت و باقی مانده نیتروژن در زمان شش برگی به خاک اضافه شد. در این آزمایش تا استقرار گیاه (مرحله دو برگی) آبیاری معادل نیاز آبی انجام گرفت و پس از این مرحله تیمارهای تنش خشکی شروع و تا ظهور اولین گل تاجی ادامه یافت. پس از این مرحله در تمام کرت‌ها تا پایان فصل رشد آبیاری معادل نیاز آبی گیاه انجام شد. آزمایش در ۱۵ مهرماه و با برداشت دستی تمام بوته‌های ۱/۵ متر مربع از وسط هر کرت پایان یافت. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی (کل ماده خشک تولید شده در بالای سطح خاک) بر مبنای

تراکم در دو سطح ۶/۶۷ بوته در متر مربع، که به نام تراکم مطلوب در منطقه شناخته شده (دستفال و همکاران، Dastfal et al., 1999)، و ۱۳/۳۴ بوته در متر مربع و تنش خشکی در سه سطح بدون تنش خشکی (آبیاری معادل نیاز آبی)، تنش ملایم خشکی (آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی) و تنش شدید خشکی (آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) بود. نیاز آبی با استفاده از داده‌های تشتک تبخیر و با روش FAO محاسبه شد (کونکا، ۱۳۷۲). تبخیر روزانه از تشتک اندازه‌گیری شد و بر اساس دور آبیاری هفت روزه، با توجه به ضریب تشتک و ضریب گیاهی میزان آب مورد نیاز تعیین گردید. محاسبه این میزان آب بر اساس کارآبی ۸۰٪ برای پخش آب در مزرعه و با توجه به هر تیمار محاسبه گردید. آب مورد نیاز هر کرت به وسیله سیفون (قطر ۲/۵ سانتیمتر) تأمین گردید. هر کرت شامل پنج ردیف هشت متری با فاصله ردیف ۷۵ سانتیمتر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتیمتر برای تراکم ۶/۶۷ بوته در متر مربع و ۱۰ سانتیمتر برای تراکم ۱۳/۳۴ بوته در متر مربع بود. کاشت مزرعه آزمایشی با دست در پنج خرداد انجام گرفت. ابتدا بذرها با دو برابر تراکم مورد نظر کاشته و



شکل ۱- میانگین بارندگی و دما در سال ۱۳۷۸ در منطقه کوشک

Fig. 1. Mean rainfall and temperature of Koushkak area during 1999

دانه‌های بلال، وزن دانه هر بلال و شاخص برداشت، تعیین و محاسبه شد (Dastfal et al., 1999). تجزیه واریانس و مقایسه

صفر درصد رطوبت محاسبه گردید. اجزای عملکرد دانه شامل تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد

میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک بلال و اجزای تشکیل دهنده آن:

تجزیه واریانس اثرات تراکم بوته و تنش خشکی بر وزن خشک بلال با پوشش، پوشش بلال، بلال، وزن خشک چوب بلال، قطر بلال و طول بلال (جدول ۱) نشان داد که اثر تراکم بر صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است، در حالی که اثر تنش خشکی فقط بر وزن خشک پوشش بلال و اثر متقابل تراکم بوته و تنش خشکی فقط بر وزن خشک بلال و پوشش در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نشان داد که تراکم بیش از حد مطلوب باعث کاهش معنی دار وزن خشک بلال، وزن خشک چوب بلال با پوشش، وزن خشک پوشش بلال و وزن خشک چوب بلال می‌گردد (جدول ۲). در تراکم‌های زیاد رقابت بین بوته‌ای باعث کاهش شدید وزن خشک بلال و اجزای تشکیل دهنده آن (قطر بلال و طول بلال) گردید (جدول ۲). تتیو - کاگو و گاردنر (Tetio-Kagho & Gardner, 1988b) و هم چنین آلگر و همکاران (Ulger et al., 1997) و ایتگو (Otegui, 1997) در پژوهش‌های خود در زمینه تأثیر تراکم بوته بر اجزای تشکیل دهنده بلال ذرت دانه‌ای به نتایج مشابهی دست یافتند.

تنش شدید خشکی در مرحله رشد رویشی باعث کاهش معنی دار وزن خشک پوشش بلال شد (جدول ۳)، اگرچه وزن خشک بلال، وزن خشک بلال و پوشش و وزن خشک چوب بلال نیز با افزایش تنش خشکی روند کاهشی داشت، اما این کاهش معنی دار نبود (جدول ۱). شدت چنین کاهشی در مورد وزن خشک بلال در تراکم بیش از حد مطلوب با کاهش میزان رطوبت افزایش یافت (شکل ۲). به دلیل اینکه تنش خشکی اغلب در مزرعه آهسته‌تر از آنچه در طول آزمایش‌های گلخانه‌ای صورت می‌گیرد، به وقوع می‌پیوندد بنابراین ممکن است در شرایط آزمایش کنونی سازگاری گیاه با شرایط در حال تغییر، مانع از بروز تأثیر معنی دار تیمار خشکی بر وزن خشک بلال شده باشد (هی و واکر ۱۳۷۳).

عملکرد و اجزای عملکرد:

تأثیر تراکم بوته بر عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و وزن دانه‌های بلال معنی دار بود (جدول ۴). افزایش تراکم بوته در واحد سطح با افزایش معنی دار عملکرد دانه همراه بود (جدول ۵). پژوهشگران متعددی تأثیر معنی دار افزایش تراکم بوته بر افزایش عملکرد دانه ذرت در واحد سطح را مشاهده و گزارش نموده‌اند (Dastfal et al., 1999; Karrou et al., 1992; Bullock et al., 1988; Tetio-Kagho & Gardner, 1988b; Milborn et al., 1978; Voldeng & Blackman, 1975). عملکرد دانه هر بوته با افزایش بوته در واحد سطح کاهش می‌یابد (Duncan, 1985)، با این حال انتظار می‌رود تا حدی از تراکم، افزایش تعداد بوته در واحد سطح بتواند جبران کاهش عملکرد هر بوته را بنماید و افزایش تراکم بوته منجر به افزایش عملکرد دانه گردد، به اعتقاد تولناار (Tollenaar, 1989) بهبود ژنتیکی عملکرد ذرت در بسیاری از مناطق دنیا با افزایش تراکم بوته در واحد سطح تا تراکمی که حداکثر عملکرد دانه را دارد، توأم بوده است. در پژوهش حاضر کاهش قابل توجه تعداد دانه در هر ردیف بلال و وزن دانه‌های بلال با افزایش تراکم (جدول ۵) نشان دهنده این است که این جزء از عملکرد در مقایسه با تعداد ردیف‌های دانه در هر بلال نسبت به افزایش تراکم بوته حساسیت بیشتری داشته و جزء فعالی در تنظیم عملکرد دانه می‌باشد. این یافته نتایج ارائه شده توسط دستفال و همکاران (Dastfal et al., 1999)، تتیو - کاگو و گاردنر (Tetio-Kagho & Gardner, 1988b) هاشمی دزفولی و هربرت (Hashemi-Dezfooli & Herbert, 1992) و کریشنامورتی و همکاران (Krishnamurthy et al., 1975) را تأیید می‌کند. از طرف دیگر معنی دار نشدن تأثیر تراکم بوته بر تعداد ردیف دانه در هر بلال (جدول ۴) نشان دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه است (Dastfal et al., 1999). از آنجا که تعداد نهایی ردیف دانه پیش از بقیه اجزای عملکرد، بر روی ناحیه نموی (Shoot apex) بلال تعیین می‌گردد (Hanway, 1992)، احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف دانه در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیکی برای مواد پرورده وجود نداشته و تراکم زیاد بوته در واحد سطح

جدول ۱- میانگین مربعات تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی بر وزن خشک بلال با پوشش بلال، بلال، وزن خشک چوب بلال، قطر بلال و طول بلال ذرت هیبرید KSC704

Table 1. Mean squares for the effect of plant density and water stress on dry matter of ear plus sheath (E+SH), ear sheath (Esh), ear (E), cob (C), ear diameter (Ed) and ear length (El) in corn hybrid KSC704

S.O.V	منابع تغییرات	df	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	وزن چوب	قطر بلال	طول بلال
			بلال و پوشش E+SH wt.(g)	پوشش بلال Esh wt. (g)	بلال E wt. (g)	بلال C wt.(g)	Ed.(mm)	El.(mm)
Rep	تکرار	2	100.92 ^{ns}	1.01 ^{ns}	112.78 ^{ns}	6.91 ^{ns}	0.13 ^{ns}	47.77 ^{ns}
Density	تراکم بوته	1	10968.9 ^{**}	53.35 ^{**}	12478.3 ^{**}	181.58 ^{**}	23.44 ^{**}	1782 ^{**}
Stress	تنش خشکی	2	283.41 ^{ns}	8.71 [*]	350.40 ^{ns}	15.16 ^{ns}	2.36 ^{ns}	87.11 ^{ns}
DxS	تنش x تراکم بوته	2	2148.50 [*]	3.72 ⁿ	967.29 ^{ns}	14.58 ^{ns}	1.20 ^{ns}	485.74 ^{ns}
Error	خطا	10	238.31	1.75	270.18	6.68	1.27	71.13

*, **: Significant at the 5 & 1% levels of probability, respectively. ns: Non significant. ns: غیر معنی دار.

جدول ۲- تأثیر تراکم بوته بر وزن خشک بلال با پوشش، پوشش بلال، بلال، وزن خشک چوب بلال، قطر بلال و طول بلال ذرت هیبرید KSC704

Table 2. The effect of plant density on dry matter of ear plus sheath (E+SH wt.), ear sheath (Esh wt.), ear (E wt.), cob (C wt.), ear diameter (Ed) and ear length (El) in corn hybrid KSC704

تراکم (بوته در متر مربع)	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	وزن چوب	قطر بلال	طول بلال
Density (plants/m ²)	E+SH wt.(g)	Esh wt.(g)	E wt.(g)	C wt.(g)	Ed.(mm)	El.(mm)
6.67	189.25 a*	12.17 a	181.71 a	22.98 a	44.12 a	168.63 a
13.34	139.88 b	8.73 b	129.05 b	16.63 b	41.84 b	148.73 b

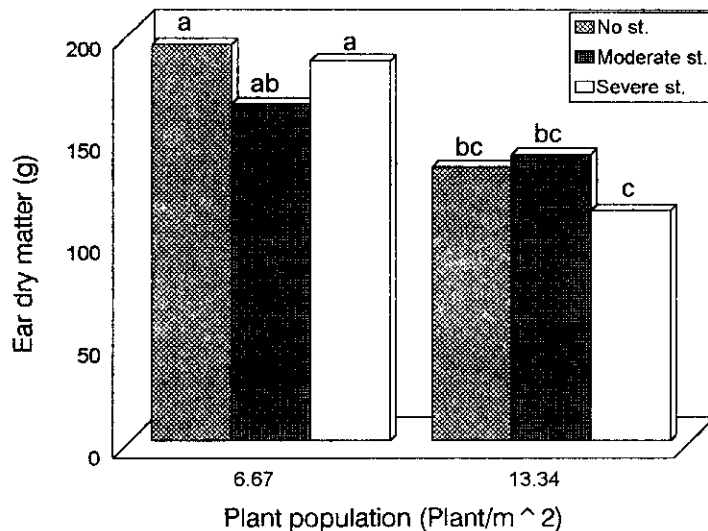
* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی دار ندارند (دانکن ۵%).
* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۳- تأثیر تنش خشکی بر وزن خشک بلال با پوشش، پوشش بلال، بلال، وزن خشک چوب بلال، قطر بلال و طول بلال ذرت هیبرید KSC704

Table 3. The effect of water stress on dry matter of ear plus sheath (E+SH wt.), ear sheath (Esh wt.), ear (E wt.), cob (C wt.), ear diameter (Ed) and ear length (El) in corn hybrid KSC704

Irrigation regime	رژیم آبیاری	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	وزن چوب	قطر بلال	طول بلال
		بلال و پوشش E+SH wt.(g)	پوشش بلال Esh wt. (g)	بلال E wt. (g)	بلال C wt.(g)	Ed.(mm)	El.(mm)
No stress	بدون تنش	170.73 a*	11.34 a	164.03 a	21.38 a	43.22 a	163.05 a
Moderate stress	تنش ملایم	165.82 a	10.93 a	152.55 a	19.83 a	43.45 ab	156.03 a
Severe stress	تنش شدید	157.15 a	9.08 b	149.56 a	18.20 a	42.27 b	156.97 a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی دار ندارند (دانکن ۵%).
* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan 5%).



شکل ۲- برهمکنش تراکم بوته و تنش خشکی بر وزن خشک بلال ذرت دانه‌ای هیبرید KSC704

Fig. 2. Interaction between plant density and water stress on ear dry weight of corn hybrid KSC704

دنمید و شاو (Denmead & Show, 1960) نیز نتیجه قابل مقایسه‌ای به دست آمد.

شاخص برداشت و عملکرد ماده خشک:

اثر تراکم بوته بر تولید ماده خشک بسیار معنی دار بود (جدول ۴). تراکم زیاد بوته باعث افزایش معنی دار عملکرد ماده خشک تولید شده در واحد سطح گردید (جدول ۵). تأثیر مثبت افزایش تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیکی توسط پژوهشگران دیگری نظیر تیتو-کاگو و گاردنر (Tetio-Kagho & Gardner, 1988b) و اکتیوی و همکاران (Akintoye et al., 1997) نیز مشاهده و گزارش شده است.

در این پژوهش تأثیر تنش خشکی بر عملکرد ماده خشک معنی دار نبود (جدول ۴). برهمکنش تراکم بوته و تنش خشکی بر عملکرد ماده خشک در شکل ۳ نشان داده شد. همان گونه که این شکل نشان می‌دهد عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی در تراکم کم، نسبت به تراکم زیاد کاهش معنی دار نشان داد. این یافته با نتایج ارائه شده توسط پاسکال (Pasquale, 1994) مطابقت دارد.

تنش ملایم و شدید خشکی با افزایش معنی دار شاخص برداشت همراه بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد تنش خشکی قبل از ظهور گل تاجی رشد قسمت‌های رویشی را بیشتر تحت تأثیر منفی قرار داده باشد. از آنجا که در زمان پر شدن دانه و انتقال

باعث کاهش معنی دار شدن وزن دانه‌های هر بلال و تعداد دانه در هر ردیف بلال گردیده است (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار شدن عملکرد نهایی دانه گردید (جدول ۶). ولی کمبود رطوبت اجزاء عملکرد دانه را به صورت معنی دار تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۴). با این حال اثر تجمعی این پارامترها در شرایط تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۴٪ گردید. کارسیون و کارسیون (Carciun & Carciun, 1994) و جاما و اتسمن (Jama & Otman, 1993) نیز نتایج مشابهی به دست آوردند.

از آنجا که تعداد نهایی دانه در حدود دو تا سه هفته پس از گرده‌افشانی تعیین می‌شود (Frey & Janick 1982, Johnson & Tanner 1972). در آزمایش حاضر تنش خشکی در مرحله رشد رویشی قبل از ظهور گل تاجی، تأثیر معنی دار بر این جزء مهم از عملکرد دانه نداشته است (جدول ۴). معمولاً تنش خشکی در مرحله رشد رویشی باعث کاهش اندازه گیاه می‌شود، که این کاهش در نهایت باعث کم شدن میزان مواد پرورده تولیدی در زمان پر شدن دانه در بلال می‌گردد. هر چند تولید ماده خشک وابسته به اندازه سطوح تولید کننده مواد پرورده است، ولی در آزمایش حاضر تنش خشکی نتوانست آنقدر اندازه اندام‌های فتوسنتزی گیاه را کاهش دهد که اثر قابل توجهی بر اجزاء عملکرد دانه داشته باشد. در آزمایش مشابهی توسط

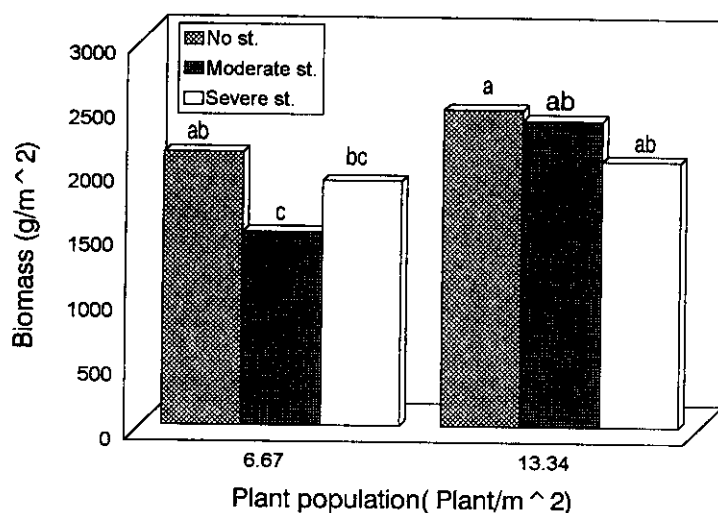
نتیجه اعمال تنش خشکی گزارش کرده‌اند. این پژوهشگران علت این امر را دلایل متعددی از جمله هدر رفت آب از طریق تبخیر - ترق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمارهای آبیاری کامل دانسته‌اند.

در پژوهش حاضر کارآیی استفاده از آب با افزایش تراکم بوته، در شرایط تنش خشکی، افزایش یافت (شکل ۴). کمترین کارآیی استفاده از آب در تیمارهای تراکم کم، بدون تنش یا با تنش ملایم خشکی به دست آمد. بنابراین، به نظر می‌رسد در تراکم رایج منطقه به دلیل این که کمبود آب در زمان رشد رویشی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد (جدول ۶)، کاهش میزان آب آبیاری ذرت نمی‌تواند به عنوان یک راهکار عملی پیشنهاد گردد. بر اساس رابطه ارائه شده توسط پاسکال (pasqual, 1994) کارآیی استفاده از آب در رابطه بیوماس (WUE_b) از معادله $WUE_b = \text{Biomass}/ET$ به دست می‌آید و در نتیجه افزایش تراکم، میزان تبخیر (E) از سطح خاک به دلیل پوشش متراکم گیاهی کاهش یافته و در نتیجه، WUE_b افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج این مطالعه در صورت کمبود آب در زمان رشد رویشی می‌توان با افزایش تراکم بوته در واحد سطح نسبت به تراکم رایج منطقه، کارآیی استفاده از آب را تا حدی افزایش داد و در نتیجه افت عملکرد ناشی از کمبود آب را تا حدی توسط تراکم بیشتر بوته در واحد سطح جبران کرد.

مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده از قسمت‌های رویشی به دانه، دسترسی گیاه به آب بیشتر بود، لذا عملکرد دانه کمتر دستخوش تغییر شده است (هی و واکر، ۱۳۷۳). افزایش شاخص برداشت تحت تنش شدید خشکی توسط پژوهشگران دیگر نظیر اهدایی (۱۳۷۳) و بولانوس (Bolanos, 1995) گزارش شده است. در آزمایش حاضر مشاهده گردید که شاخص برداشت تحت تأثیر تراکم بوته قرار نگرفت (جدول ۵). دلوگری و کروکستون (Deloughery & Crookston, 1979) عقیده دارند که شاخص برداشت در ذرت کمتر تحت تأثیر تراکم بوته واقع می‌شود.

کارآیی استفاده از آب:

کارآیی استفاده از آب به شدت توسط تراکم بوته تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۴). در تراکم زیاد کارآیی استفاده از آب هم بیشتر بود (جدول ۵). تنش ملایم و شدید خشکی نیز باعث افزایش معنی دار کارآیی استفاده از آب شد (جدول ۶). پژوهشگران زیادی نظیر اُتگو و همکاران (Otegui et al., 1995) آلن و میوزیک (Allen & Musick, 1993)، هوکر (Hooker, 1985) و سپاسخواه و کامگار حقیقی (Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 1997) افزایش بازده مصرف آب را در



شکل ۳- برهمکنش تراکم بوته و تنش خشکی بر عملکرد ماده خشک ذرت هیبرید KSC704

Fig. 3. Interaction between plant density and water stress on biomass in corn hybrid KSC704

جدول ۴- میانگین مربعات تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی بر عملکرد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه‌های بلال، وزن دانه‌های بلال، وزن هزارانه، عملکرد ماده خشک، شاخص برداشت و کارایی استفاده از آب در ذرت هیبرید KSC704

Table 4. Mean squares for the effect of plant density and water stress on Grain yield (GY), Kernel row number per ear (KRNE), Kernels number per ear row (KNER), Kernels number per ear row (KNER) Kernels number per ear (KNE), Ear kernels weight (EK wt.), 1000-Kernels weight (1000-K wt.), Biomass (Bio), Harvest index (HI) and Water use efficiency (WUE) in corn hybrid KSC704

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	Gy (gm ²)	عملکرد دانه در ردیف بلال	KRNE	تعداد دانه در ردیف بلال	KNER	تعداد دانه‌های بلال	KNE	تعداد دانه‌های بلال	EK wt.(g)	وزن هزارانه	1000-K wt.(g)	عملکرد ماده خشک	Bio (gm ²)	شاخص برداشت	HI(%)	شاخص برآب	WUE(kernel/H ₂ O)
Rep.	تکرار	2	15894.85 ^{ns}	0.03 ^{ns}	27.50 ^{ns}	20417.43 ^{ns}	98.24 ^{ns}	952.41 ^{ns}	51.332.89 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.049 ^{ns}									
Density	تراکم بوته	1	1177641.73 ^{**}	1.57 ^{ns}	239.08 ^{**}	31472.07 ^{ns}	8786.08 ^{**}	3823.21 ^{ns}	962453.5 ^{ns}	0.030 ^{ns}	3.125 ^{**}									
Stress	تنش خشکی	2	58808.20 ^{ns}	1.21 ^{ns}	6.63 ^{ns}	24738.38 ^{ns}	173.133 ^{ns}	416.17 ^{ns}	221896.01 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.074 ^{ns}									
D x S	تنش x تراکم	2	102362.24 ^{ns}	0.17 ^{ns}	58.83 [*]	4326.77 ^{ns}	937.92 ^{ns}	532.06 ^{ns}	211068.21 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.238 [*]									
Error	خطا	10	15164.99	1.51	13.44	16107.76	230.963	1327.66	70866.31	0.007	0.046									

ns, * and **: Non significant, significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

ns, * و **: به ترتیب بدون معنی دار، معنی دار در سطح ۵ و ۱٪ احتمال.

جدول ۵- تأثیر تراکم بوته بر عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال، وزنه دانه‌های بلال، عملکرد ماده خشک، شاخص برداشت و کارایی استفاده از آب در ذرت هیبرید KSC704

Table 5. The effect of plant density on Grain yield (GY), Kernel number per ear row (KNER), Kernels weight (K wt.) Biomass (Bio), Harvest index (HI) and Water use efficiency (WUE) in corn hybrid KSC704

تراکم (بوته در متر مربع)	عملکرد دانه	تعداد دانه در ردیف بلال	وزن دانه‌های بلال	عملکرد ماده خشک	شاخص برداشت	کارایی استفاده از آب
Density (plants/m ²)	GY (gm ²)	KNER	K wt.(g)	Bio (g/m ²)	HI (%)	WUE kernel/H ₂ O
6.67	1056.1 b*	38.69 a	158.41 a	1837.0 b	0.58 a	1.778 b
13.34	1567.64 a	31.40 b	114.22 b	2300.0 a	0.66 a	2.611 a

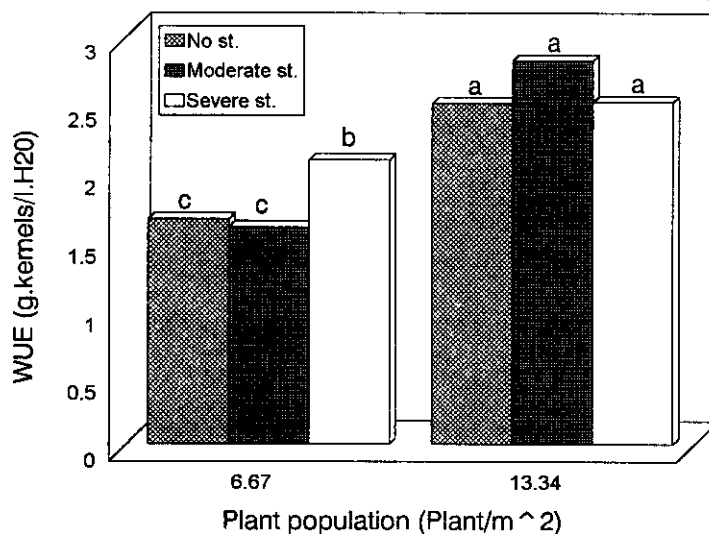
* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند (دانکن ۵٪). * Means followed by the same letters are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۶- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن دانه بلال، عملکرد ماده خشک، شاخص برداشت و کارایی استفاده از آب در ذرت هیبرید KSC704

Table 6. The effect of water stress on Grain yield (GY), Kernels number per ear row, (KNCR) Kernels weight (K wt.), Biomass (Bio), Harvest index (HI) and water use efficiency (WUE) in corn hybrid KSC704

رژیم آبیاری	عملکرد دانه	تعداد دانه در ردیف بلال	وزن دانه‌های بلال	عملکرد ماده خشک	شاخص برداشت	کارایی استفاده از آب
Irrigation	GY (gm ²)	KNER	K wt.(g)	Bio (g/m ²)	HI (%)	WUE(kernel/H ₂ O)
بدون تنش	1404.0 a	35.47 a	142.16 a	2289.26 a	0.60 b	2.08 c
تنش ملایم	1324.27 ab	35.81 a	135.19 a	1936.46 b	0.65 a	2.20 b
تنش شدید	1207.23 b	33.84 a	131.60 a	1980.20 ab	0.61	2.30 a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند (دانکن ۵٪). * Means followed by the same letter are not significantly different (Duncan 5%).



شکل ۴- برهمکنش تراکم بوته و تنش خشکی بر کارایی استفاده از آب در ذرت هیبرید KSC704

Fig. 2. Interaction between plant density and water stress on WUE in corn hybrid KSC704

References

- منابع مورد استفاده
 اهدایی، ب. ۱۳۷۳. بازدهی مصرف آب و اجزای آن در گندم معمولی بهاره. سومین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحه ۲۲-۲۴. دانشگاه تبریز.

کونکا، آ. ا. ج. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. ترجمه ا. علیزاده. انتشارات آستان قدس، دانشگاه امام رضا. ۵۳۹ صفحه.
هی، آ. آر. ک. ام، ا. جی. واکر. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه امام. و. م. نیک نژاد. دانشگاه شیراز.
۵۷۱ صفحه.

- AKINTOYE, H. A., E. O. LUCAS, and J. G. KLING. 1997. Effect of density of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of west Africa. *Commun. Soil Sci. Plant Annals.* **28**:1163-1175 .
- ALLEN, R. R., and J. T. MUSICK. 1993. Planting date, water management, and maturity length relation for irrigation grain sorghum. *Trans. ASAE.* **36(4)**:1123-1129.
- BOLANOS, J. 1995. Physiological basis for yield differences in selected maize cultivars from central America. *Field Crop Research* **42**:69-80.
- BULLOCK, D. G., R. L. NIELSEN, and W. E. NYQUIST. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci.* **28**:254-258.
- CARCIUN, I., and M. CARCIUN. 1994. Irrigated maize response under limited water supply. *Romanian Agricultural Research.* **1**:57-61.
- CLAASSEN, M.M., and R. H. SHOW. 1970a. Water deficit effects on corn. I. Vegetative components. *Agron. J.* **62**:649-652.
- CLAASSEN, M.M., and R. H. SHOW. 1970b. Water deficit effects on corn. II. Grain components. *Agron. J.* **62**:649-652.
- DASTFAL, M., Y. EMAM, and M. T. ASSAD. 1999. Yield and yield adjustment of nonprolific maize hybrids in response to plant population density. *Iran Agric. Research.* **18(2)**:139-152.
- DAYNARD, T. B., and J. F. MULDOON. 1983. Plant-to-plant variability of maize plants grown at different densities. *Can. J. Plant Sci.* **63**:45-59.
- DELOUGHERY, R. L. CROOKSTON. 1979. Harvest index of corn affected by population density, maturity rate, and environment. *Agron. J.* **71**:577-580.
- DENMEAD, O.T., and R. H. SHOW. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* **52**:272-274.
- DANCAN, W. G. 1985. The relationship between corn population and yield. *Agron. J.* **50**:82-84.
- FREY, R. L., and J. JANICK. 1971. Response of corn to population pressure. *Crop Sci.* **11**:220-224.
- GRANT, R. F., B. S. JACKSON, J. R. KINIRY, and G. F. ARKIN. 1989. Water deficit timing on yield component in maize. *Agron. J.* **81**:61-65.
- HANWAY, J. J. 1992. How a corn plant develops. *Iowa Coop. Ext. Serv. Spec. Rep.* 48.
- HARDER, H. J., R. E. CARLSON, and R. H. SHAW. 1982. Yield, yield components, and nutrient content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress. *Agron. J.* **74**:275-278.
- HAROLD, V. E. 1986. Effect of water deficit on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn.

- Agron. J. **78**:1035-1040.
- HASHEMI-DEZFOULI, A, and S. J. HERBERT. 1992. Effect of leaf orientation and density on yield of corn. Iran Agric. Res. **11**:89-104.
- HOOKER, M. L. 1985. Grain sorghum yield and component yield response to timing and number of irrigation. Agron. J. **77**:810-812.
- JAMA, A. O., and M. J. OTTMAN. 1993. Timing of the first irrigation in corn and water stress conditioning. Agron. J. **85**:1159-1161.
- JOHNSON, D. R., and J. W. TANNER. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn. Crop Sci. **12**:485-486.
- KRISHNAMURTHY, K., M. K. JAGANNATH, N. VENUGOPAL, T. V. R. PRASAD, G. KAGHURATA, and B. G. RAJASHEKARA. 1975. Relative production of yield in hybrid, composite, and local maize as influenced by nitrogen and population level. I. Grain yield and its components. Indian. J. Agron. **19**:263-266.
- LOOMIS, R. S., W. A. WILLIAMS, W. G. DUNCAN, A. DOVERT, and F. NUNEZ. 1968. Quantitative description of foliage display and light absorption in field community of corn plants. Crop Sci. **8**:352-356.
- MILBOURN, G. M., G. E. D. TILEY, and M. K. V. CARR. 1978. Planting density for grain maize in South-East England. Expl. Agric. **14**:261-268.
- MOSS, G. I., and L. A. DONWEY. 1971. Influence of drought stress on female gametophyte development in corn and subsequent grain yield. Crop Sci. **11**:368-372.
- NESMITH, D. S., and J. T. RITCHIE. 1992. Short- and long- term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. Agron. J. **84**:107-113.
- OTEGUI M. E. 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize. II. Plant population effects. Crop Sci. **37**:448-455.
- OTEGUI M. E., F. H. ANDERSON, and E. E. SUERO. 1995. Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. Field Crop Research. **40**:87-94.
- PASQUALE, S. 1994. Research-issues in water use efficiency. Mediteranean Agronomic Institute. 19 P.
- SCHOPER, J. B., R. J. LAMBERT, and B. L. VASILAS. 1986. Maize pollen viability and ear receptivity under water and high temperature stress. Crop Sci. **26**:1029-1033.
- SEPASKHAH, A. R., and A. A. KAMGAR-HAGHIGHI. 1997. Water use and yield of sugar beet grown under every other furrow irrigation with different intervals. Agric. Water Manage. **34**:71-79.
- STINSON, H. T., and D. N. MOSS. 1960. Some effects of shade upon corn hybrids tolerance and intolerant of dense planting. Agron. J. **52**:482-484.
- TETIO-KAGHO, F., and F. P. GARDNER. 1988b. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. Agron. J. **80**:935-940.
- TOLLENAAR, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from

- 1989 to 1988. *Crop Sci.* **29**:1365-1371.
- ULGER, A. C., H. İBRIKCI, B. ÇAKIR, and N. GUZEL. 1997. Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other parameters. *J. Plant Nutr.* **20**:1697-1709.
- VOLDENG, H. D., and G. E. BLACKMAN. 1973. The interrelated effects of stage of development and seasonal changes in light and temperature on the components of growth in *Zea mays*. *Ann. Bot.* **37**:895-904.
- WILLEY, R. W., and S. B. HEATH. 1969. The quantitative relations between plant population and crop yield. *Adv. in Agron.* **21**:281-321.