مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد هفدهم، شماره سوم، ۱۳۸۹
www.gau.ac.ir/journals

اثر فاصله ردیف و تراکم بر رطوبت خاک، تولید ماده خشک، عملکرد و کارایی مصرف آب در گندم در شرایط دیم

*محمدحسین قربانی[1] و بهنام کامکار[2]
[1]استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[2]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۵

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر فاصله ردیف و تراکم بوته بر تغییرات رطوبت خاک، عملکرد گندم و کارایی مصرف آب در شرایط کشت دیم با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در منطقه انبار الوم در سال ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. تیمارهای استفاده شده شامل ٤ تراکم بوته (۱۲۵، ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ بوته در مترمربع) و دو فاصله ردیف کشت (۱۲/۵ و ۲۵ سانتی‌متر) بودند. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت خاک در فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر در مرحله خروج برگ برچم (۱۹/٦۱ درصد) بیش از فاصله ردیف‌های ۱۲/۵ سانتی‌متر (۱۷/۸۲ درصد) بود. همچنین مقدار رطوبت خاک در اواسط مرحله ساقه رفتن در تراکم‌های ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ بوته در مترمربع (به‌ترتیب ۲٦/۸۲، ۲۵/٦٦ و ۲۵/۱۱ درصد) بیش از تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع (۲۳/۳۲ درصد) بود. فاصله‌ی ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر و افزایش تراکم از ۱۲۵ تا ۳۷۵ بوته در مترمربع، سبب افزایش عملکرد دانه (حدود ۹/۵ و ٤٦ درصد)، تولید ماده خشک (٦/۵ و ۵۰ درصد)، کارایی مصرف آب در تولید دانه (۰/۷ و ۳/۷ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) و کارایی مصرف آب در تولید ماده خشک (۲ و ۱۷/۵ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) در واحد سطح گردید. در مجموع، کشت گندم در این شرایط (کشت دیم، خاک شور و بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر در طول فصل رشد) با فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر با ایجاد فشردگی بیش‌تر از طریق تراکم بوته‌ها روی ردیف و ارتفاع بیش‌تر آن‌ها نسبت به فاصله ردیف‌های

* مسئول مکاتبه: ghorbanimh@yahoo.com

۱۲/۵ سانتی‌متر و افزایش تراکم تا ۳۷۵ بوته در مترمربع با فراهم نمودن پوشش کامل‌تر سطح خاک نسبت به تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع در مراحل بعد از ساقه رفتن تا قبل از گلدهی، می‌توانند با کاهش نفوذ تشعشع خورشید بر سطح خاک، مقدار تبخیر را کاهش و ذخیره رطوبت در خاک را افزایش دهند. ذخیره بیش‌تر رطوبت در خاک در مراحل حساس قبل از گلدهی، سبب افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در تولید دانه و ماده خشک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گندم، فاصله ردیف، تراکم بوته، کارایی مصرف آب

مقدمه

در بسیاری از مناطق میزان بارش باران در طول فصل کشت گندم محدود می‌باشد و تنش آبی سبب کاهش عملکرد می‌شود (جات و همکاران، ۱۹۹۰؛ ویلاریل و همکاران، ۱۹۹۸). کاهش عملکرد به رقم کشت شده، عملیات زراعی، شرایط محیطی و مرحله فیزیولوژیک که در آن تنش اتفاق می‌افتد، بستگی دارد (مصطفی و همکاران، ۱۹۹٦؛ ویلاریل و همکاران، ۱۹۹۸) و این می‌تواند روشن‌کننده علت تغییرات وسیع میانگین عملکرد گندم در چنین محیط‌هایی باشد. از طرفی، جعفرزاده و علی‌اصغری (۲۰۰۷) معتقدند که به‌طور طبیعی تنش شوری در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا جایی‌که مقدار تبخیر بیش از مقدار بارندگی هست، اتفاق می‌افتد. قربانی و همکاران (۲۰۰٤) و قربانی و پورفرید (۲۰۰۸) گزارش کردند که تنش شوری سبب طولانی شدن زمان از کاشت تا سبز شدن، کاهش طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه، شاخص سطح برگ، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، مقدار ماده خشک، شاخص برداشت و عملکرد دانه خواهد شد، ولی بیش‌تر مطالعات نشان می‌دهد که تنش شوری تا محدودی متوسط تأثیری بر وزن هزاردانه گندم ندارد و فقط در تنش‌های شوری زیادتر (بیش از ۸ دسی‌زیمنس بر متر)، می‌تواند سبب کاهش وزن هزاردانه شود (قربانی و همکاران، ۲۰۰٤؛ کاتریجی و همکاران، ۲۰۰۵؛ عبدالغتی، ۲۰۰۹).

یونسا و همکاران (۱۹۹۵) معتقدند که از دست رفتن رطوبت خاک زیر سایه‌انداز گیاهی به‌عنوان یک دلیل اصلی در کاهش کارایی استفاده از آب و کاهش عملکرد دانه در محصولاتی که در مناطقی با بارش محدود کشت می‌شوند، می‌باشد. پاسوریا (۱۹۹٦) معتقد است که عملکرد گندم به مقدار آبی که تعرق می‌شود، بستگی دارد و نسبت تعرق از مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد، می‌تواند در صورتی‌که گیاه بتواند آب را از لایه‌های پایین‌تر خاک جذب نماید و یا مقدار آب تلف شده توسط تبخیر کاهش یابد، افزایش یابد. المورید (۱۹۸۸) برآورد کرد که ۳۸ تا ٤۷ درصد از مجموع تبخیر و

تعرق در طول فصل رشد گیاه مربوط به تلفات آب از طریق تبخیر می‌باشد. او دو راه‌کار برای افزایش نسبت تعرق از مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد ارایه داد. اول گسترش عمق نفوذ ریشه و دوم پوشش سطح خاک. راه‌کار اول در عمل در بسیاری از نقاط به دلایل کمبود بارندگی و محدود شدن امکان نفوذ رطوبت به عمق‌های پایین‌تر، کم بودن عمق خاک زراعی و محدودیت گسترش نفوذ ریشه به اعماق خاک، قابلیت استفاده چندانی ندارد، ولی به‌نظر می‌رسد با استفاده از بقایای گیاهی و همچنین پوشش سریع‌تر سطح خاک توسط سایه‌انداز، استفاده از راه‌کار دوم ساده‌تر باشد. پژوهش‌گران بخش کشاورزی تلاش نموده‌اند با تقویت سایه‌انداز گیاهی با هدف جلوگیری از نفوذ تشعشعات خورشیدی به سطح خاک، تبخیر از سطح خاک زیر سایه‌انداز را مهار نمایند. یونسا و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که سایه‌انداز پراکنده ابتدای فصل رشد نقش کمی بر تبخیر ابتدای فصل رشد دارد، ولی در مرحله دوم رشد (که سطح خاک تقریباً پوشیده می‌شود)، اغلب تبخیر صورت گرفته به‌دلیل پوشش سطح خاک و عوامل دیگر، مستقل از انرژی می‌باشد. تغییر آرایش کاشت با استفاده از تغییر فاصله بین ردیف‌های کشت، ممکن است سبب تقویت پوشش سطح خاک و مهار انرژی، بدون تغییر در شاخص سطح برگ شود و در نتیجه می‌تواند سبب افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد دانه بیش‌تر شود.

در خصوص تأثیر فاصله ردیف‌های کشت گندم بر رشد و عملکرد آن نتایج متفاوتی گزارش شده است. برخی از محققان (جانسون و هارگرو، ۱۹۸۸؛ تاپکینز و همکاران، ۱۹۹۱a؛ تاپکینز و همکاران، ۱۹۹۱b) معتقدند که عملکرد دانه در فاصله ردیف‌های کم‌تر، بیش‌تر می‌باشد. همچنین کارو (۱۹۹۸) معتقد است که احتمالاً پوشش سریع‌تر سطح خاک توسط گندم در فاصله ردیف‌های کم‌تر (۱۲ سانتی‌متر و ۲٤ سانتی‌متر در مقایسه با فاصله ردیف‌های ۳٦ سانتی‌متر)، سبب کاهش تبخیر و افزایش نسبت تعرق شود و در نتیجه مقدار عملکرد و کارآیی مصرف آب در این شرایط افزایش می‌یابد. در حالی‌که، پژوهش‌هایی که اخیراً در کانادا انجام شده نشان داد که عملکرد گندم بهاره و زمستانه تحت‌تأثیر فاصله خطوط کشت از ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر قرار نگرفت (لافوند، ۱۹۹٤؛ لافوند و درکسن، ۱۹۹٦؛ لافوند و گان، ۱۹۹۹؛ یونسا و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین کلیمن و گیل (۲۰۰۸) گزارش کردند که کارآیی استفاده از آب در گندم و جو در طول فصل رشد تحت‌تأثیر فاصله ردیف قرار نگرفت. برعکس، بررسی انجام شده توسط بلاک‌ول و همکاران (۲۰۰٦) نشان داد که گندم در خاک‌های کم‌عمق شمال‌غرب استرالیا، به‌دلیل به تاخیر افتادن استفاده از آب موجود در بین فاصله ردیف‌های پهن‌تر (بیش‌تر) تا زمان پر شدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش تنش بر محصول و افزایش دوره پر شدن دانه، بهتر رشد می‌کند.

استاگ‌جنبرگ و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که تراکم مطلوب گندم بستگی زیادی به شرایط محیطی در طی فصل رشد دارد. تراکم بذر در بین مناطق مختلف بسته به تاریخ کشت (اسپنیک و همکارن، ۲۰۰۰)، شرایط محیطی، به‌خصوص پراکنش بارندگی (ویلسون و اسوانسون، ۱۹٦۲)، نوع خاک و رقم (دلسیما و همکاران، ۲۰۰٤) بسیار متغیر خواهد بود. مناسب‌ترین تراکم، تراکمی می‌باشد که عملکرد در آن تراکم بیش‌تر باشد و افزایش بذر بیش‌تر تأثیری بر عملکرد نداشته باشد (ون‌هروواردن، ۲۰۰۳). اغلب پژوهش‌ها در خصوص تأثیر تراکم بر عملکرد گندم نشان می‌دهد که عملکرد با افزایش تراکم تا تراکم‌های متوسط افزایش و پس از آن ثابت می‌ماند و فقط ممکن است در تراکم‌های خیلی زیاد کاهش یابد (تامپ‌کینز و همکاران، ۱۹۹۱b؛ بلاک و باور، ۱۹۹۰؛ گراسیا دل‌مورال و همکاران، ۲۰۰۳؛ استوگارد و زو، ۲۰۰٤؛ قربانی و همکاران، ۲۰۱۰)، ولی شلینگر (۲۰۰۵) گزارش نمود که تراکم هیچ تأثیری بر عملکرد گندم بهاره در شرایط دیم به‌دلیل افزایش مقدار سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله نداشت و تعداد سنبله بیش‌تر در بوته در تراکم کم، کاهش مقدار بوته در واحد سطح را به‌طور پایداری جبران می‌کند.

در مورد اثر تراکم بر کارایی مصرف آب، کارو (۱۹۹۸) معتقد است که کارایی مصرف آب در شرایط دیم تحت‌تأثیر مقدار بارندگی قرار دارد، به‌نحوی‌که، در سالی که میزان بارندگی زیاد بود، تراکم تأثیری بر کارآیی مصرف آب نداشت، ولی در سالی که میزان بارندگی محدود بود، کارایی مصرف آب در تراکم‌های کم‌تر بیش از تراکم‌های زیاد بود.

همان‌گونه که در بررسی منابع در مورد تأثیر تراکم و فاصله ردیف بر رشد و عملکرد گندم مشاهده می‌شود، نتایج متفاوت و گاه متناقضی ارایه شده است و از طرفی همه‌ساله میلیون‌ها هکتار از اراضی قابل کشت کشور به کشت گندم اختصاص می‌یابد (بیش از ٦ میلیون هکتار) و کشت در بیش‌تر این اراضی به‌صورت دیم (حدود ٤/٥-۲/٤ میلیون هکتار) انجام می‌شود و بخشی قابل‌توجهی از این اراضی شور هستند و یا به‌دلیل آبیاری با آب‌های دارای املاح در معرض شوری قرار دارند. در استان گلستان نیز حدود ۵۰۰ هزار هکتار از اراضی تحت‌تأثیر تنش شوری واقع شده‌اند و در سطح قابل‌توجه‌ای از این اراضی گندم و جو به‌صورت دیم (متکی به بارش باران) کشت می‌شود (قربانی و پورفرید، ۲۰۰۸). از این‌رو هدف از انجام این آزمایش، بررسی تأثیر فاصله ردیف و تراکم بوته بر تغییرات رطوبت خاک، عملکرد گندم و کارایی مصرف آب در شرایط کشت دیم و خاک شور در منطقه انبار الوم در استان گلستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از دو فاصله بین ردیف‌های کشت (۱۲/۵ و ۲۵ سانتی‌متر)، چهار تراکم بوته (۱۲۵، ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ بوته در مترمربع)، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در منطقه انبار الوم از استان گلستان در شرایط دیم و خاک شور در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. عملیات کاشت پس از انجام خاک‌ورزی اولیه و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود کامل در هکتار با فرمول ۱۵ درصد ازت، فسفر و پتاس و ۱/۵ درصد روی خالص و مخلوط کردن آن با خاک توسط دیسک در تاریخ پنجم آذرماه به روش دستی و با استفاده از بذر گندم رقم کوهدشت، با ۸ ردیف کشت با طول ٦ متر در هر کرت انجام شد. مقدار هدایت الکتریکی خاک مزرعه (شوری) و pH آن به‌ترتیب ۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر و ۷/۵ برآورد شد.

برای رسیدن به تراکم‌های موردنظر، بذر کشت شده در زمان کاشت حدود ۳۰ درصد بیش از تراکم‌های هدف در نظر گرفته شد و در مرحله گیاهچه‌ای (۲ تا ۳ برگی)، با بررسی بوته‌های استقرار یافته، بوته‌های اضافی توسط روش دستی حذف گردید.

برای تعیین تغییرات رطوبت خاک در طی فصل رشد گیاه، در مراحل کاشت (اوایل آذرماه)، گیاهچه‌ای (اوایل دی‌ماه)، پنجه‌زنی (اوایل بهمن‌ماه)، اواسط ساقه رفتن (اوایل اسفندماه)، ظهور برگ برچم (نیمه دوم اسفندماه)، گلدهی (اواسط فروردین‌ماه) و بلوغ فیزیلوژیک (اواسط اردیبهشت‌ماه) رطوبت خاک اندازه‌گیری شد. برای انجام این کار، نمونه‌های خاک در سه پروفیل ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ٤٥-۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک از هر تیمار و تکرار تهیه و در پاکت‌های پلاستیکی به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها وزن شد و پس از آن، خاک هر نمونه در پاکت‌های کاغذی ریخته و در دستگاه خشک‌کن (آون) در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت قرار داده شد. پس از این مدت، وزن خشک نمونه‌ها تعیین و درصد رطوبت خاک در هر نمونه براساس فرمول زیر محاسبه گردید.

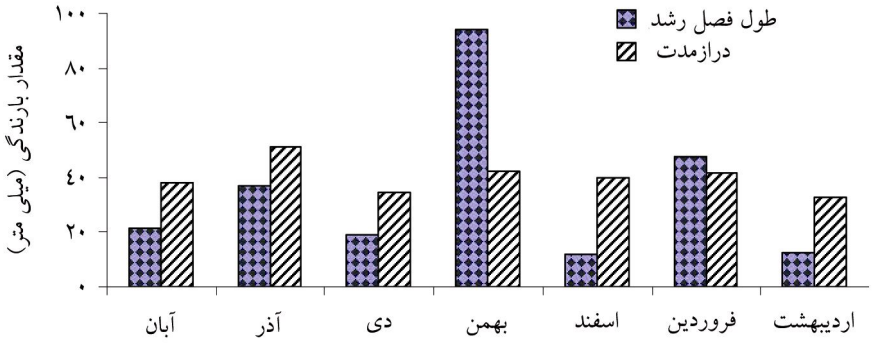
(۱) درصد رطوبت خاک = (وزن خاک خشک‌شده- وزن نمونه اولیه خاک)/ وزن خاک خشک × ۱۰۰

برای تعیین مقدار ماده خشک و عملکرد دانه، نمونه‌برداری از تیمارها با انتخاب ۳ ردیف از قسمت میانی هر کرت به طول ۵۰ سانتی‌متر در زمان برداشت انجام شد. ابتدا دانه‌ها از بقایا جدا و توسط ترازویی با دقت یک‌صدم گرم وزن گردید، سپس بقایا گیاهی در پاکت کاغذی گذاشته شد و در

دستگاه خشک‌کن در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت قرار داده شد. پس از آن، نمونه‌ها از دستگاه خارج و وزن شد و میانگین ماده خشک (شامل تمامی قسمت‌های روی سطح خاک) در واحد سطح و عملکرد در واحد سطح محاسبه گردید. برای محاسبه کارایی مصرف آب از فرمول زیر استفاده گردید:

(۲) مقدار آب/ مقدار ماده خشک تولید شده یا مقدار عملکرد دانه = کارایی مصرف آب

داده‌های مربوط به وضعیت بارندگی به‌صورت ماهانه در طول فصل زراعی (۸۸-۱۳۸۷) و درازمدت از کاشت تا بلوغ فیزیولوژیک و وضعیت بارندگی سالانه در منطقه انبار الوم، از ایستگاه هواشناسی انبار الوم تهیه شد که در قسمت زیر ارایه شده است.



شکل ۱- مقدار بارندگی ماهانه از کاشت تا برداشت گندم در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و میانگین درازمدت آن.

میانگین بارندگی درازمدت سالیانه (۲۰ ساله) (میلی‌متر)	حداقل بارندگی درازمدت (میلی‌متر)	حداکثر بارندگی درازمدت (میلی‌متر)	مجموع بارندگی در طول فصل رشد گندم در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ (میلی‌متر)	میانگین بارندگی در طول فصل رشد زراعی گندم (میلی‌متر)
۳۵۰/۳	۲٤۱	٤٦۲	۲٤۳/۹	۲٦۹

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (انسیتوی SAS، ۱۹۸۹).

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین اثرات فاصله ردیف، تراکم و عمق خاک و بر درصد رطوبت خاک در مراحل گیاهچه‌ای (اوایل دی‌ماه)، پنجه‌زنی (اوایل بهمن‌ماه)، اواسط ساقه رفتن (اوایل اسفندماه)، ظهور برگ برچم (نیمه دوم اسفندماه)، گلدهی (اواسط فروردین‌ماه) و بلوغ فیزیلوژیک (اواسط اردیبهشت‌ماه).

تیمار	گیاهچه‌ای	پنجه‌زنی	اواسط ساقه رفتن	ظهور برگ برچم	گلدهی	بلوغ فیزیولوژیک
فاصله ردیف	ns	ns	ns	**	ns	ns
تراکم	ns	ns	**	ns	**	ns
عمق خاک	**	**	**	ns	**	**
اثر متقابل فاصله و تراکم	ns	ns	ns	ns	ns	ns
اثر متقابل فاصله و عمق خاک	ns	ns	ns	ns	ns	ns
اثر متقابل تراکم و عمق خاک	ns	ns	**	ns	**	ns
اثر متقابل فاصله، تراکم و عمق خاک	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ns غیرمعنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح یک درصد						
فاصله ردیف						
۱۲/۵	۱٤/۳۷^{a}	۱۳/۹۵^{a}	۲۵/٤۵^{a}	۱۷/۸۲^{a}	۱۲/۰۲^{a}	۱۰/٦٤^{a}
۲۵	۱٤/۳۱^{a}	۱۳/۹٦^{a}	۲٤/۸۹^{a}	۱۹/٦۱^{b}	۱۱/۷۰^{a}	۹/۸۵^{a}
میانگین	۱٤/۵۲	۱۳/۸٤	۲۵/۰۲	۱۸/٦۰	۱۲/۲٤	۱۰/۲٤
LSD (P≤۰/۰۵)	۰/٤۱	۰/٤٤	۰/٤۵	۰/٦۳	۰/۵۳	۰/۷۹
تراکم						
۱۲۵	۱٤/۳۰^{a}	۱٤/۰۱^{a}	۲۳/٤۲^{c}	۱۸/۳۷^{a}	۱۰/۹۹^{b}	۹/۸۵^{a}
۲۵۰	۱٤/۵۵^{a}	۱۳/۹۰^{a}	۲٦/۸۲^{a}	۱۸/۰۸^{a}	۱۱/۷٤^{a}	۹/۵٤^{a}
۳۷۵	۱٤/۵۳^{a}	۱۳/۹۲^{a}	۲۵/٦٦^{b}	۱۷/۹۱^{a}	۱۲/٤۳^{a}	۹/٦۳^{a}
۵۰۰	۱٤/۰۲^{a}	۱۳/۷۹^{a}	۲۵/۱۱^{b}	۱۸/۵۲^{a}	۱۲/۲۳^{a}	۹/٤۷^{a}
میانگین	۱۰/۵۰	۱۳/۹۲	۲٤/٦۲	۱۸/۳۵	۱۲/۲٤	۱۰/۲٤
LSD (P≤۰/۰۵)	۰/۵۱	۰/۳٤	۰/۵۷	۰/٦۳	۰/۷۱	۰/۳۲
عمق خاک						
۰-۱۵	۱۵/٦٤^{a}	۱۵/۲۷^{a}	۲۰/۳۳^{b}	۱۸/۰۲^{a}	۱۰/٦۰^{b}	۷/۳۵^{c}
۱۵-۳۰	۱۲/٦۸^{c}	۱۳/۲٤^{b}	۲۷/۷۱^{a}	۱۸/۷۷^{a}	۱۰/٦٤^{b}	۱۰/۵۰^{b}
۳۰-٤۵	۱٤/۷۳^{b}	۱۳/۳٤^{b}	۲۷/۷۵^{a}	۱۷/۸۳^{a}	۱٤/۲۹^{a}	۱۲/۵۱^{a}
میانگین	۱٤/٦۸	۱۳/۹٦	۲۵/۰۱	۱۸/۰۰	۱۲/۱۲	۱۰/۱۲
LSD (P≤۰/۰۵)	۰/۵۲	۰/۳۳	۰/۵۲	۰/۷۵	۰/٦۲	۰/۲٤

حروف غیرمشابه به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵.

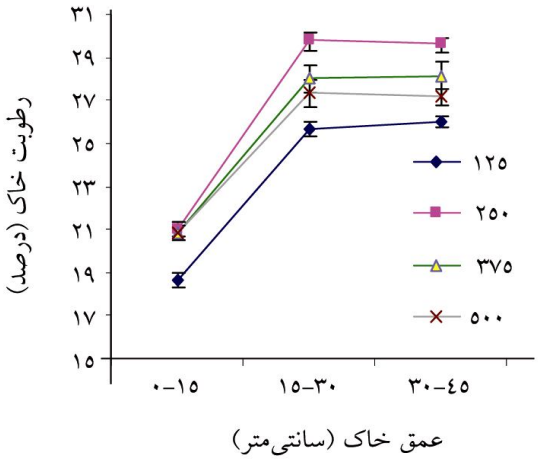
نتایج

نتایج نشان داد که فاصله ردیف‌های کشت (۱۲/۵ و ۲۵ سانتی‌متر) تا اواسط مرحله ساقه رفتن گیاه بر مقدار رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری نداشتند و میانگین رطوبت خاک از حدود ۱۰/۵ درصد در زمان کاشت به حدود ۲۵/۵ درصد در اوایل مرحله ساقه رفتن، رو به افزایش بود (جدول ۱). این تغییرات کاملاً به میزان بارندگی در این دوره بستگی داشت و بیش‌ترین رطوبت در اواسط مراحل ساقه رفتن، به‌دلیل بارش بیش از ۹۰ میلی‌متر بارندگی در بهمن‌ماه بود (شکل ۱). اما پس از این تاریخ و در مرحله خروج برگ برچم، رطوبت خاک در فاصله ردیف‌های ۱۲/۵ سانتی‌متر (۱۷/۸۲ درصد) کم‌تر از فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر (۱۹/۶۱ درصد) بود. رطوبت خاک با ادامه رشد کاهش بیش‌تری یافت و در مرحله گلدهی به حداقل خود رسید. همچنین تراکم تا اواسط مرحله ساقه رفتن، بر مقدار رطوبت خاک تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱)، ولی در این مرحله، مقدار رطوبت در تراکم‌های ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ بوته در مترمربع، بیش از تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع بود. مقدار رطوبت خاک در مرحله ظهور برگ برچم و پس از آن کاهش یافت، ولی اختلاف بین تراکم‌ها معنی‌دار نبود.

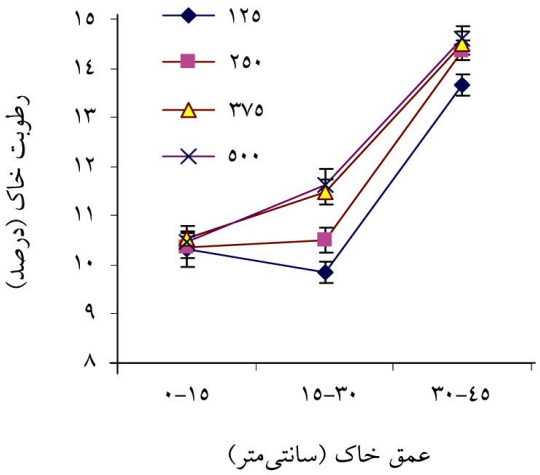
عمق خاک نیز بر مقدار رطوبت خاک در طی فصل رشد گندم تأثیر معنی‌داری داشت، به‌نحوی‌که، در مراحل اولیه رشد گیاه (تا مرحله پنجه‌زنی)، رطوبت در سطح خاک بیش از دو عمق دیگر بود، اما در مراحل بعد، درصد رطوبت در سطح خاک مساوی و یا کم‌تر از دو عمق دیگر بود. این موضوع می‌تواند ناشی از دو عامل تبخیر و تعرق بیش‌تر از لایه سطحی خاک به‌علت تماس مستقیم سطح این لایه با جریان هوا و وجود ریشه‌های افشان، سطحی و گسترده گندم در لایه سطحی خاک باشد، زیرا در مراحل اولیه که دمای هوا پایین و هوا سرد و میزان تعرق نیز محدود می‌باشد، رطوبت در سطح خاک بیش‌تر حفظ می‌شود، ولی با گرم‌تر شدن هوا و افزایش تبخیر و تعرق، رطوبت لایه سطحی خاک نسبت به لایه‌های عمیق‌تر، سریع‌تر تخلیه خواهد شد. به همین دلیل، در مرحله گلدهی، بیش‌ترین رطوبت در عمیق‌ترین لایه (۴۵-۳۰ سانتی‌متری) وجود داشت و دو لایه دیگر از خاک دارای رطوبت یکسانی بودند. این موضوع می‌تواند ناشی از تبخیر و فعالیت بیش‌تر ریشه‌ها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک باشد که در نتیجه رطوبت خاک یا توسط جذب توسط گیاه و یا از طریق تبخیر تا این عمق از خاک تخلیه شد و تنها در عمق بیش از ۳۰ سانتی‌متر، به‌دلیل محفوظ بودن از تبخیر و محدود بودن فعالیت ریشه‌ها، رطوبت بیش‌تری باقی‌مانده باشد.

اثر متقابل تراکم و عمق خاک بر تغییرات رطوبت خاک در مرحله اواسط ساقه رفتن نشان (شکل ۲) می‌دهد که تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع در هر سه پروفیل، کم‌ترین رطوبت را داشت و سه تراکم دیگر، در سطح خاک رطوبت یکسان داشتند، ولی تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع در دو عمق ۳۰-۱۵ و

۴۵-۳۰ سانتی‌متر، رطوبت بیش‌تری را در خاک حفظ نمود. اما در مرحله گلدهی، با این‌که رطوبت در سطح خاک در هر چهار تراکم یکسان (شکل ۳) بود، ولی در دو عمق دیگر، تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع، کم‌ترین رطوبت را داشت و تراکم ۳۷۵ و ۵۰۰ بوته در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر، رطوبت بیش‌تری حفظ نمودند، در حالی‌که در عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متر، مقدار رطوبت ذخیره شده در سه تراکم ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ بوته در مترمربع، تفاوت معنی‌داری نداشت.



شکل ۲- اثر متقابل تراکم و عمق خاک بر درصد رطوبت خاک در اواسط مرحله ساقه رفتن.



شکل ۳- اثر متقابل تراکم و عمق خاک بر درصد رطوبت خاک در مرحله گلدهی.

مقدار ماده خشک تولید شده در فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر، حدود ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بیش از فاصله ردیف‌های ۱۲/۵ سانتی‌متر بود (جدول ۲). همچنین مقدار عملکرد دانه تحت‌تأثیر فاصله ردیف‌های کشت قرار گرفت و با افزایش فاصله ردیف، عملکرد نیز افزایش یافت، به‌نحوی‌که اختلاف عملکرد دانه در فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر، حدود ۹/۵ درصد بیش از فاصله ردیف‌های ۱۲/۵ سانتی‌متر بود. همچنین افزایش فاصله ردیف سبب افزایش کارایی مصرف آب در تولید دانه و مجموع ماده خشک تولید شده گردید، به‌نحوی‌که به‌ازای یک میلی‌متر آب مصرف شده در هکتار در فاصله ردیف‌ها ۱۲/۵ سانتی‌متر، ۷/۶۰ کیلوگرم دانه و ۲۹/۰۹ کیلوگرم ماده خشک تولید شد، در حالی‌که این اعداد در فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر، ۸/۴۰ و ۳۱/۱۱ کیلوگرم بود.

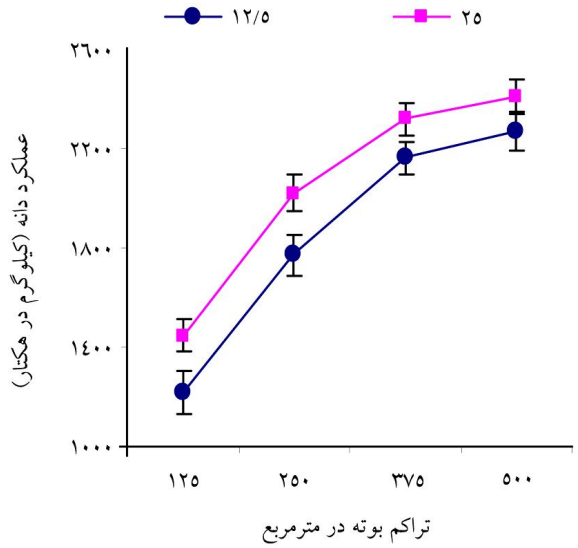
جدول ۲- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرات فاصله ردیف، تراکم و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه، مجموع ماده خشک و کارآیی مصرف در تولید دانه و ماده خشک در گندم.

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	مجموع ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب در تولید دانه (کیلوگرم دانه در هکتار بر میلی‌متر آب)	کارآیی مصرف آب در تولید ماده خشک (کیلوگرم ماده خشک در هکتار بر میلی‌متر آب)
فاصله ردیف	**	**	**	**
تراکم	**	**	**	**
اثر متقابل فاصله و تراکم	*	**	*	**
ns غیرمعنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح یک درصد				
فاصله ردیف				
۱۲/۵	۱۸۵٤/۸^{b}	۷۰۹٤/۹٤^{b}	۷/٦۰^{b}	۲۹/۰۹^{b}
۲۵	۲۰٤۸/۹^{a}	۷۵۸۷/٤۵^{a}	۸/٤۰^{a}	۳۱/۱۱^{a}
LSD (P≤۰/۰۵)	۱۱۲/۵۱	۱۹۷/۲۳	/۳۵۰	۰/۹۲
تراکم				
۱۲۵	۱۳۳۱/۳۲^{c}	٤۳۱۳/۹۱^{d}	۵/٤٦^{c}	۱۷/٦۸^{d}
۲۵۰	۱۸۹۵/۳۷^{b}	٦۹۲۰/۷٤^{c}	۷/۷۷^{b}	۲۸/۳۷^{c}
۳۷۵	۲٤٤۰/۳۲^{a}	۸۵۸۱/۳۲^{b}	۹/۱۸^{a}	۳۵/۱۸^{b}
۵۰۰	۲۳۳۹/۵٦^{a}	۹۵٤۸/٦۵^{a}	۹/۵۹^{a}	۳۹/۱۵^{a}
LSD (P≤۰/۰۵)	۱۲۱/۲۱	۲٤۲/۲٤	۰/٦۷	۱/٤۷

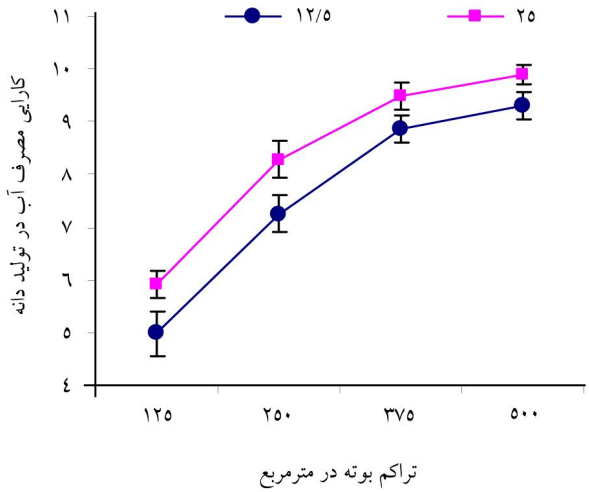
حروف غیرمشابه به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵.

افزایش تراکم نیز سبب افزایش عملکرد در واحد سطح شد، ولی شدت افزایش از ۱۲۵ به ۲۵۰ بوته در مترمربع قابل‌توجه بود، به‌نحوی‌که عملکرد دانه در تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع، حدود ۳۰ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲) در حالی‌که مقدار عملکرد از ۲۵۰ به ۳۷۵ بوته در مترمربع حدود ۱٦ درصد افزایش یافت و افزایش تراکم به ۵۰۰ بوته در مترمربع، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. همچنین مجموع ماده خشک در هکتار از تراکم ۱۲۵ به ۵۰۰ بوته در مترمربع، بیش از ۱۲۰ درصد افزایش داشت. همین‌طور، با افزایش تراکم از ۱۲۵ بوته به ۳۷۵ بوته در مترمربع، کارایی مصرف آب از ۵/٤٦ به ۹/۸۸ کیلوگرم دانه در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر بارندگی افزایش یافت و افزایش بیش‌تر بوته در واحد سطح، بر کارایی مصرف آب تأثیر معنی‌داری نداشت، ولی کارایی مصرف آب در تولید ماده خشک از ۱٦/٦۸ کیلوگرم در تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع به ۳۵/۱۵ کیلوگرم ماده خشک در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر آب مصرفی در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع افزایش یافت.

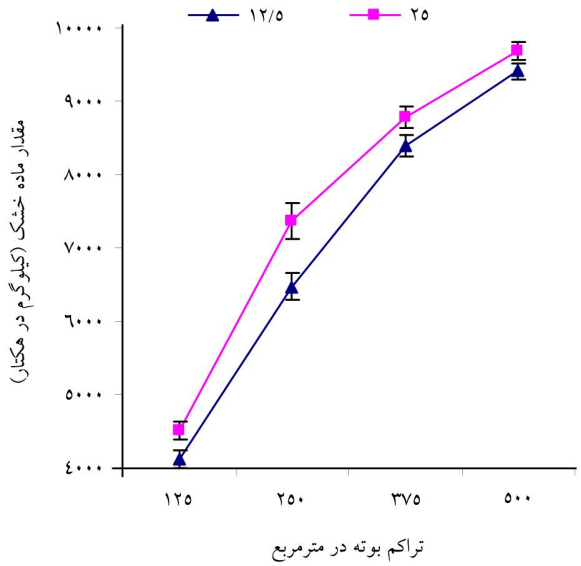
اثر متقابل فاصله ردیف و تراکم بر عملکرد (شکل ٤)، تولید ماده خشک (شکل ٦)، کارایی مصرف آب در تولید دانه (شکل ۵) و تولید ماده خشک (شکل ۷) نشان می‌دهد که در همه تراکم‌ها عملکرد دانه، تولید ماده خشک و کارایی مصرف آب در تولید دانه و ماده خشک در فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر بیش از فاصله ردیف ۱۲/۵ سانتی‌متر می‌باشد، ولی در تراکم‌های ۱۲۵ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در تولید دانه و در تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع در تولید ماده خشک، اختلاف بین دو فاصله ردیف بیش‌تر بود. این موضوع نشان می‌دهد که در تراکم‌های کم، به‌علت فاصله بیش‌تر بوته‌ها در روی ردیف در فاصله ردیف‌های ۱۲/۵ سانتی‌متر نسبت به فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر، ساقه‌های غیربارور و حتی ساقه‌های بارور ضعیف از حیث تعداد و مقدار رشد فرصت بیش‌تری داشتند، در نتیجه تلفات آب بیش‌تری اتفاق افتاد و افزایش تلفات آب، سبب کاهش عملکرد و کارایی مصرف آب در این فاصله ردیف شد.



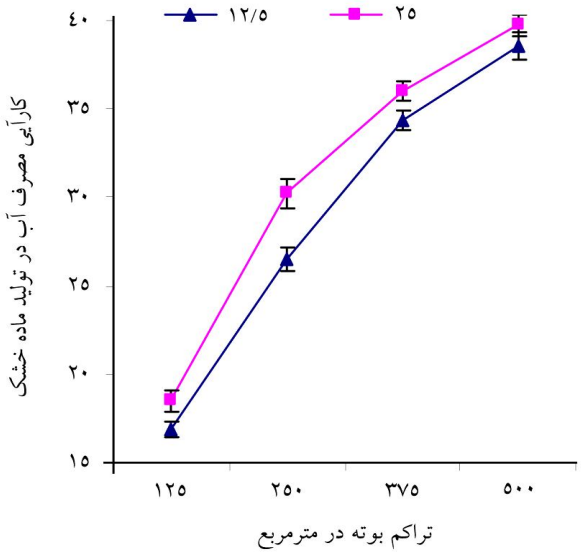
شکل ٤- اثر متقابل تراکم و فاصله ردیف بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار).



شکل ٥- اثر متقابل تراکم و فاصله ردیف بر کارایی مصرف آب در تولید دانه.



شکل ٦- اثر متقابل تراکم و فاصله ردیف بر تولید ماده خشک (کیلوگرم در هکتار).



شکل ۷- اثر متقابل تراکم و فاصله ردیف بر کارایی مصرف آب در تولید ماده خشک.

بحث

نتایج نشان می‌دهد که فاصله ردیف کشت و تراکم در کشت دیم گندم و در شرایطی که خاک شور (حدود ۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و مقدار بارندگی در طی فصل رشد گندم حدود ۲۵۰ میلی‌متر باشد، (در شرایط آب و هوای منطقه انبار الوم از استان گلستان) می‌توانند بر میزان ذخیره رطوبت خاک در مراحل حساس قبل از گلدهی و در نتیجه عملکرد دانه و تولید ماده خشک و کارایی مصرف آب در تولید آن‌ها تأثیر معنی‌داری داشته باشند. البته از زمان سبز شدن بوته‌ها تا اوایل مرحله ساقه رفتن (اوایل اسفندماه)، با توجه به پایین بودن درجه حرات هوا و محدود بودن سطح برگ، مقدار خروج رطوبت از طریق تبخیر و تعرق محدود بوده و فاصله ردیف و تراکم تأثیری بر مقدار رطوبت خاک ندارند، ولی از اواسط مرحله ساقه رفتن، ابتدا تراکم و بعد فاصله ردیف در مرحله ظهور برگ برچم، بر مقدار رطوبت ذخیره شده در خاک تأثیر خواهند داشت، زیرا افزایش تراکم از ۱۲۵ بوته به ۳۷۵ بوته در مترمربع و همچنین افزایش فاصله ردیف‌های کشت از ۱۲/۵ به ۲۵ سانتی‌متر، سبب افزایش ارتفاع بوته‌ها، گسترش سطح برگ و فشردگی بیش‌تر بوته‌ها بر روی ردیف می‌شود و در نتیجه نفوذ تشعشع خورشید بر سطح خاک کاهش می‌یابد. کاهش نفوذ تشعشع خورشیدی بر سطح خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک را در پی خواهد داشت و در نتیجه فرصت بیش‌تری برای نفوذ رطوبت به داخل خاک، ذخیره و حفظ آن فراهم خواهد شد. از طرفی افزایش فاصله ردیف‌های کشت از ۱۲/۵ به ۲۵ سانتی‌متر، سبب کاهش تولید ساقه‌های ناباور می‌شود (قربانی و همکارن، ۲۰۱۰) که در کاهش تعرق غیرمفید و در نتیجه ذخیره طولانی‌تر رطوبت خاک مؤثر است. همچنین تراکم کم بوته در واحد سطح (۱۲۵ بوته در مترمربع)، به‌علت پراکندگی بوته‌ها و محدود بودن سطح برگ تولید شده و سایه‌انداز در واحد سطح، مانعی کمی در مقابل نفوذ تشعشع خورشید بر سطح خاک فراهم خواهد نمود و افزایش تشعشع خورشید بر سطح خاک، سبب افزایش تبخیر و تخیله بیش‌تر رطوبت خاک و کاهش امکان ذخیره آن را درپی خواهد داشت. همچنین تراکم زیاد بوته‌ها در واحد سطح (۵۰۰ بوته در مترمربع)، به‌علت تولید سطح برگ بیش‌تر از تراکم ۳۷۵ بوته در مترمربع، سبب افزایش تعرق شده و افزایش زیادتر تعرق، تخلیه سریع‌تر رطوبت و کاهش ذخیره آن نسبت به تراکم ۳۷۵ بوته در مترمربع را سبب می‌شود. البته این تأثیرات تا قبل از مرحله گلدهی مشاهده می‌شود و در مراحل گلدهی و پس از آن، به‌دلیل گرم‌تر شدن هوا و کاهش شدید مقدار بارندگی در اسفند و فروردین‌ماه (شکل ۱)، میزان تبخیر و تعرق از سطح خاک و گیاه زیاد شده و در نتیجه رطوبت خاک در همه

تراکم‌ها و در هر دو فاصله ردیف در حداقل بوده و تراکم و فاصله ردیف بر مقدار رطوبت خاک تأثیری نخواهد داشت، ولی افزایش ذخیره رطوبت خاک در مراحل حساس قبل از گلدهی تحت‌تأثیر افزایش فاصله ردیف از ۱۲/۵ سانتی‌متر به ۲۵ سانتی‌متر و تراکم تا ۳۷۵ بوته در مترمربع در تولید دانه و ۵۰۰ بوته در مترمربع در تولید ماده خشک، سبب افزایش عملکرد دانه، تولید ماده خشک و افزایش کارایی مصرف آب شد. در این مورد یونسا و همکاران (۱۹۹۵) هم معتقدند که سایه‌انداز پراکنده ابتدای فصل رشد نقش کمی بر تبخیر ابتدای فصل رشد دارد، ولی در مرحله دوم رشد (که سایه‌انداز تقریباً سطح خاک را می‌پوشاند)، اغلب تبخیر صورت گرفته به‌دلیل پوشش سطح خاک، مستقل از تابش خورشید می‌باشد. همچنین آن‌ها معتقدند که تغییر آرایش کاشت ممکن است بر میزان رطوبت خاک تأثیرگذار باشد. الموراید (۱۹۸۸) نیز معتقد است که پوشش سریع‌تر سطح خاک می‌تواند به افزایش سهم تعرق نسبت به تبخیر کمک نماید، که تأییدکننده کلی نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌باشد، ولی در خصوص تأثیر فاصله ردیف، نتایج متناقض فراوانی وجود دارد. تعداد قابل‌توجه‌ای از پژوهش‌گران بر این باورند که افزایش فاصله بین ردیف‌های کاشت نه تنها بر عملکرد و تولید ماده خشک تأثیر مثبت ندارد، بلکه سبب کاهش تولید ماده خشک و عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در گندم نیز می‌شود (یونسا و همکاران، ۱۹۹۵؛ اسچلینجر، ۲۰۰۵). در حالی‌که نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که عملکرد گندم تحت‌تأثیر فاصله خطوط کشت قرار نمی‌گیرد (لافوند، ۱۹۹٤؛ لافوند و درکسن، ۱۹۹٦؛ لافوند و گان، ۱۹۹۹)، ولی در مقابل، بلاک‌ول و همکاران (۲۰۰٦) گزارش نمودند که گندم کشت شده در فاصله ردیف‌های پهن‌تر در خاک‌های کم‌عمق شمال‌غرب استرالیا، به‌دلیل به تاخیر افتادن استفاده از آب موجود در بین فاصله ردیف‌های کشت تا زمان پر شدن دانه‌ها، به‌علت کاهش تنش و افزایش دوره پر شدن دانه، بهتر رشد می‌کند که می‌تواند تأییدکننده نتایج به‌دست آمده در این آزمایش باشد. همچنین نتایج به‌دست آمده در مورد تأثیر تراکم در این آزمایش، ممکن است بر خلاف نتایج برخی از محققان (اسچلینجر، ۲۰۰۵؛ جانسون و هارگرو، ۱۹۸۸) باشد، ولی بسیاری از پژوهش‌گران معتقدند با افزایش تراکم در گندم، عملکرد تا یک دامنه معین افزایش و سپس ثابت و در تراکم‌های بیش‌تر کاهش می‌یابد (تامپ‌کینز و همکاران، 1991b؛ بلاک و باور، ۱۹۹۰؛ استوگارد و زو، ۲۰۰٤؛ قربانی و همکاران، ۲۰۱۰). همین‌طور پاسوریا (۱۹۹٦) و الموراید (۱۹۸۸) هم معتقدند که هر عاملی که سبب افزایش سهم تعرق نسبت به تبخیر در گندم شود، می‌تواند در کاهش تلفات آب و افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب مؤثر باشد که با نتایج به‌دست آمده در خصوص تأثیر افزایش

فاصله ردیف و تراکم در کاهش تبخیر و افزایش ذخیره رطوبت خاک و در نتیجه افزایش سهم تعرق از مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد مطابقت دارد و در نتیجه این تأثیر مثبت، عملکرد دانه، تولید ماده خشک و کارایی مصرف آب در تولید آن‌ها افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج نشان داد که کشت گندم در شرایط دیم در این منطقه و در حالتی‌که میزان بارندگی در طول فصل رشد (حدود ۲۵۰ میلی‌متر) کم‌تر از میانگین درازمدت آن (۲۶۹ میلی‌متر) و مقدار شوری خاک در حد متوسط (۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر) باشد، استفاده از فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر می‌توانند از مرحله اواسط ساقه رفتن با ایجاد فشردگی و تراکم بیش‌تر بوته‌ها بر روی ردیف و ارتفاع بیش‌تر بوته‌ها نسبت به فاصله ردیف‌های ۱۲/۵ سانتی‌متر در تراکم‌های ثابت، مانع بیش‌تری را در مقابل نفوذ تشعشع خورشیدی بر سطح خاک فراهم نمایند. همچنین افزایش تراکم تا ۳۷۵ بوته در مترمربع نیز با پوشش سریع‌تر و کامل‌تر سطح خاک پس از مرحله ساقه رفتن نسبت به تراکم‌های کم‌تر ۲۵۰ بوته در مترمربع، می‌توانند نفوذ تشعشع خورشید بر سطح خاک را کاهش دهد و از طرفی تعرق کم‌تری نسبت به تراکم‌های بیش‌تر (۵۰۰ بوته در مترمربع) داشته باشند. کاهش تبخیر و تعرق از سطح خاک و گیاه، سبب افزایش ذخیره رطوبت خاک در مراحل حساس قبل از گل‌دهی می‌شود و این شرایط، می‌تواند سبب افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در تولید آن‌ها شود.

منابع

1.Abdel-Ghani, A.H. 2009. Response of wheat varieties from semi-arid regions of Jordan to salt stress J. Agron. Crop Sci. Pp: 55-65.
2.Black, A.L. and Baur, A. 1990. Stubble height effect on winter wheat in the northern Great Plants: II. Plant population and yield relations. Agron. J. 82: 200-205.
3.Blackwell, P., Porrier, S. and Bowden, B. 2006. Response to winter drought by wheat on shallow soil with low seeding rate and wide row spacing, Pp: 57-61.
4.Del Cima, R., D'antuono, M.F. and Anderson, W.K. 2004. The effects of soil type and seasonal rainfall on the optimum seed rate for wheat in Western Australia. Aust. J. Exp. Agric. 44: 585-594.
5.ElMourid, M. 1988. Performance of wheat and barley cultivars under different soil moisture regimes in a semi-arid region. Ph.D. Dissertation, Iowa State University, Ames, Iowa, USA.

6.Garcia del Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D. and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An antigenic approach. Agron. J. 95: 266-274.
7.Ghorbani, M.H., Zinali, E., Soltani, A. and Galeshi, S. 2004. The effect of salinity stress on growth, yield and grain yield components in tow wheat cultivars. J. Agron. Sci. Natur. Resour. 10: 4. 5-13.
8.Ghorbani, M.H. and Porfarid, A. 2008. The effect of salinity and sowing depth on wheat seed emergence. J. Agric. Sci. Natur. Res. 14: 5. 1-8.
9.Ghorbani, M.H., Esfandyari, S., Javidmehr, T., Saghali, A. and Bagheri, B. 2010. Effect of plant density and row space during wheat growth period in rainfed and saline soil on wheat growth and yield. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Research Report, 34p.
10.Jafaarzadeh, A.A. and Aliasgharzad, N. 2007. Salinity and salt composition effects on seed germination and root length of four sugarbeet cultivars. Inter. Sci Con, Pol'ana nad Detvou, Slovakia, 978-80-228-17-60-8.
11.Jat, K.R., Muralia, R.N. and Kumar, A. 1990. Physiology of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Growth and yield. Comp. Physic. Ecol. 15: 147-158.
12.Johnson, J.W. and Hargrove, W.L. 1988. Optimizing Row Spacing and Seeding Rate for Soft Red Winter Wheat. Agron. J. 80: 164-166.
13.Karrou, M. 1998. Observation on effect of seeding pattern water-use efficiency of durum wheat in semi-arid areas of morocco. Field Crops Res. 59: 175-179.
14.Katerji, N., Hoorn, J.W., Fares, C., Hamdy, A., Mastrorilli, M. and Oweis, T. 2005. Salinity effect on grain quality of two durum wheat varieties differing in salt tolerance. ICARDA, P.B. 5466, Aleppo, Syria. [e]Istituto Sperimentale Agronomico, 70125 Bari, Italy.
15.Kleemann, S. and Gill, G. 2008. Row spacing, water use, and yield of wheat (*Triticum aestivum*), barley (*Hordeum vulgare*) and faba bean (*Vicia faba*). 14th Australin Agronomy Conference. www.agronomy.org.
16.Lafond, G.P. 1994. Effects of row spacing seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management. Can. J. Plant Sci. 74: 703-711.
17.Lafond, G.P. and Derksen, D.A. 1996. Row spacing and seeding rate effects in wheat and barley under a conventional fallow management system. Can. J. Plant Sci. 76: 791-793.
18.Lafond, G.P. and Gan, Y.T. 1999. Row spacing and seeding rate studies in no-till winter for the Northern Great Plains. J. Prod. Agric. 12: 624-629.
19.Karrou, M. 1998. Observation on effect of seeding pattern on water-use of durum wheat in semi-arid areas of Morocco. INRA Morcco, CRRA, B.P. 589p.
20.Moustafa, M.A., Boersma, L. and Kronstad, W.E. 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop Sci. 36: 982-986.

21.Staggenborg, S.A., Whitney, D.A., Fjell, D.L. and Shroyer, J.P. 2003. Seeding and nitrogen rates required to optimize winter wheat yields following grain sorghum and soybean. Agron. J. 95: 253-259.
22.Passouria, J.B. 1996. Drought and drought tolerance. Plant Growth Reg. 20: 79-83.
23.Spink, J., Semere, T., Sparkes, D.L., Whaley, J.M., Foulkes, M.J., Clare, R.W. and Scott, R.K. 2000. Effect of sowing date on the optimum plant density of winter wheat, Ann. Appl. Biol. 137: 179-188.
24.SAS Institute. 1989. SAS use's guide: Statistics. Version 6.03. SAS Inst. Cary, NC.
25.Schillinger, W.F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for Dryland Spring Wheat, barley, and oat. Crop Sci. 45: 2636-264.
26.Stougaard, R.N. and Xue, Q.W. 2004. Spring wheat seed size and seeding rate effects on yield loss due to wild oat (*Avena fatua* L.) interference. Weed Sci. 52: 133-141.
27.Tompkins, D.K., Fowler, D.B. and Wright, A.T. 1991a. Water use by no-till winter wheat influence of seed rate and row spacing. Agron. J. 83: 766-769.
28.Tompkins, D.K., Hultgreen, G.E., Wright, A.T. and Fowler, D.B. 1991b. Seed rate and row spacing of no-till winter wheat. Agron. J. 83: 648-689.
29.Van Herwaarden, A.F., MacPherson, H.G., Rawson, H.M., Kirkegaard, G.J.A., Bligh, K.J. and Anderson, W.K. 2003. Explore On-farm. On-farm Trials for Adapting and Adopting Good Agricultural Practices, FAO, Rome, 94p.
30.Villareal, R.L., Banvelos, O., Mujeeb-Kazi, A. and Rajaram, S. 1998. Agronomic performance of chromosomes 1B and T1BL.1RS near-isolines in the spring bread wheat Seri M82. Euphytica. 103: 195-202.
31.Wilson, J.A. and Swanson, A.F. 1962. Effect of plant spacing on the development of winter heat. Agron. J. 54: 327-328.
32.Yunusa, L., Belford, R.K., Tennant, D. and Sedgley, R.H. 1995. Row spacing fails to modify soil evaporation and grain yield spring wheat in a dry Mediterranean environment. Aust, J. Agric. Res. 44: 4. 61-676.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 17(3), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Effect of row spacing and plant density on soil moisture, dry matter production, yield and water use efficiency in wheat in rainfed condition

***M.H. Ghorbani[1] and B. Kamkar[2]**

[1]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 1,6,2010 ; Accepted: 14,4,2011

Abstract

This experiment was conducted for estimating the effect of row spacing and plant density on soil moisture change, wheat yield and water use efficiency in rainfed condition, using a three replicated randomized complete block design with factorial arrangement at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources farm in Anbare-Ololum region in 2008-2009. The treatments that used were four plant density (125, 250, 375 and 500 plants per m^{-2}) and two row spacing (12.5 and 25 cm). Results showed that soil moisture in the flag leaf appearance stage in 25 cm row spacing was more than 12.5 cm row spacing (19.61 vs. 17.82%). Also, Soil moisture content in the middle of stem elongation stage, was 26.82, 25.66 and 25.11% in plant densities of 250, 375 and 500 per square meter, respectively, which all were more than corresponding value for 125 plants per square meter (23.32%). Row spacing of 25 cm and plant density increasing from 125 up to 375 plants per square meter, increased grain yield (9.5 and 46%), dry matter production (6.5 and 50%), water use efficiency in terms of grain yield (0.07 and 3.7 kg ha^{-1} mm^{-1}) and dry mater (2 and 17.5 kg ha^{-1} mm^{-1}). Overall, wheat cultivation in this condition (rainfed cultivation, saline soil and seasonal growth rainfall about 250 mm), with 25 cm row spacing, from Mid-stem elongation stage using more densities via intensifying individuals and more plant height is more advisable than row spacing of 12.5 cm. In addition, the plant density of 375 was better than 125 plants per square meter, which is related to more surface coverage by higher density from stem elongation stage onward to pre-flowering. This can reduce radiation penetration and consequently soil surface evaporation and improve soil water content. More soil moisture storage at critical stages before flowering stage, increases dry matter production, grain yield and grain yield and dry matter production-base water use efficiency.

Keywords: Wheat, Row spacing, plant density, Water use efficiency

* Corresponding Author; Email: ghorbanimh@yahoo.com