نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۰۴-۷۹۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 793-804

تاثیر سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر رشد و عملکرد گندم

مهدی زارعی[۱]- سید عبدالرضا کاظمینی[۲*]- محمد جعفر بحرانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۱۴

چکیده

بطور کلی سامانه های خاک ورزی در جهت بهبود راندمان استفاده از آب و عملکرد دانه و تولید اقتصادی مورد تایید قرار گرفته است. به منظور بررسی تاثیر سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر رشد و عملکرد گندم پژوهشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار شامل سه سامانه خاکورزی (رایج، کاهش یافته و بدون خاکورزی) در کرت های اصلی و تنش آبی در مراحل رشد {آبیاری معمولی، قطع آبیاری از مراحل ساقه رفتن به بعد (تنش شدید)، ظهورسنبله (تنش متوسط) و پر شدن دانه (تنش ملایم)} در کرت های فرعی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گندم (۶/۹۱ تن در هکتار) در شرایط خاکورزی رایج و آبیاری معمولی به دست آمد که با خاکورزی کاهش یافته و آبیاری معمولی (۶/۸۷ تن در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت و این در حالی بود که خاکورزی کاهش یافته نسبت به رایج ۳۲/۴٪ آب کمتری مصرف کرد. به طور کلی اعمال تنش آب در مراحل مختلف رشد، عملکرد دانه را به صورت معنی‌داری کاهش داد، و در مقایسه با آبیاری معمولی با قطع آبیاری از مرحله ساقه رفتن، ظهور سنبله و پرشدن دانه عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۵۵/۷۷٪، ۳۰/۳۵٪ و ۲۳/۸۸٪ کاهش یافتند. بنابراین خاکورزی کاهش یافته نسبت به رایج می‌تواند با مصرف، آب کمتر عملکردی معادل خاکورزی رایج داشته باشد و همچنین از نظر صرفه جویی در زمان و هزینه، خاکورزی کاهش یافته نسبت به رایج سودمندتر باشد.

واژه‌های کلیدی: خاکورزی کاهش‌یافته، ساقه رفتن، ظهور سنبله، قطع آبیاری

مقدمه

در بین غلات دانه‌ای، گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به شمار می‌رود و دارای گونه‌های متعددی است. بیشترین سطح زیر کشت (۹۰ درصد) و بیشترین میزان تولید (۹۴ درصد تولید جهانی) مربوط به گندم نان (*Triticum aestivum* L.) می‌باشد (۱). مدیریت آبیاری به معنای مشخص کردن زمان آبیاری و مقدار لازم آب در هر نوبت آبیاری در طول دوره رشد گیاه زراعی می باشد. مدیریت آب تاثیر فراوانی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد و باید مورد توجه فراوان قرار گیرد. مدیریت نامطلوب آب موجب اختلال در متابولیسم، مورفوفیزیولوژی گیاه شده و شناخت و درک صحیح مدیریت آب، برای فرایندهای درونی گیاه مهم می باشد (۸). خشکی همواره به عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد دانه گندم شناخته می‌شود (۳۷). در مناطق خشک و نیمه خشک، گندم برای اینکه بتواند عملکرد مناسبی داشته باشد، بایستی بتواند دوره‌های کم آبی را در طول دوره رشد خود تحمل کند (۲۰). با وجود دستاوردهای مهم در جهت درک واکنش‌های فیزیولوژیک و مولکولی گندم به کمبود آب، هنوز فاصله‌ی زیادی بین عملکرد آن در شرایط مطلوب و تنش آبی وجود دارد (۳۲). لذا، نیاز به کاربرد یک راهبرد مدیریتی مانند استفاده از سامانه‌های خاکورزی و حفظ بقایای گیاهی روی سطح خاک به منظور حفظ رطوبت خاک از طریق کاهش هدر روی آب به وسیله تبخیر ضروری به نظر می‌رسد.

مدیریت مناسب پسمان در مناطق خشک و نیمه خشک با توجه به حفاظت از آب و خاک اهمیت زیادی پیدا کرده است و نقش به سزایی در افزایش تولید محصولات زراعی ایفا می‌کند و به عنوان منبع مهم ماده آلی، بهبود دهنده کیفیت و حاصلخیزی خاک کاهش مصرف انرژی و حفاظت از منابع آب و خاک و افزایش عملکرد گیاهان زراعی در کشاورزی پایدار، در سال‌های اخیر اهمیت یافته است (۴ و ۲۸). از آنجا که این مطالعات تحت تاثیر عواملی مانند کیفیت پسمان، مدیریت مزرعه، عوامل آب و هوایی و خاکی، گیاه زراعی قبلی و برهمکنش بین این عوامل قرار گرفته‌اند، نتایج آن‌ها با هم متفاوت بوده‌اند (۲۸). در سامانه خاک ورزی حفاظتی بخشی از بقایای گیاهی بر سطح خاک باقی می ماند و برخصوصیات فیزیکی و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: Kazemin@shirazu.ac.ir)

شیمیایی و بیولوژیکی خاک تاثیر می گذارد. خاکورزی کاهش یافته همراه با بقایای گیاهی باعث افزایش فعالیت میکروبی خاک می شود و بنابراین باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می شود. همچنین روی دمای خاک، میزان آب، تراکم حجمی خاک، میزان کربن در خاک سطحی و فعالیت نسبی قارچ ها تاثیر می گذارد (۱۲ و ۱۶).

کشت بدون خاکورزی در آمریکای شمالی به عنوان کشت بذر به صورت مستقیم در خاک در نظر گرفته می‌شود (۴۷). خاکورزی حفاظتی عبارت است از هر نوع سامانه کشت یا خاکورزی که در آن پیش از انجام کشت، سطح مزرعه حداقل ۳۰ درصد از بقایای گیاهی باقی مانده، پوشیده می‌شود (۲۹). بطور کلی سامانه خاک ورزی حفاظتی در جهان به عنوان روشی که باعث کاهش فرسایش خاک و کمک در ذخیره آب خاک می نماید شناخته شده‌است و این موضوع بخصوص در مناطق نیمه خشک با مدیریت صحیح بقایا جهت‌حصول عملکرد پایدار از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۴ و ۴۴). سامانه خاک ورزی حفاظتی به دلیل باقی گذاشتن بقایای گیاهی در خاک، باعث کاهش به هم خوردگی خاک در زمان انجام عملیات خاکورزی و کاشت گیاه زراعی، کاهش پتانسیل فرسایش آبی و بادی، روانآب، تبخیر و تعرق از سطح خاک و افزایش نفوذپذیری آب در خاک، درصد رطوبت خاک و بهبود ساختمان خاک و در بعضی حالات باعث سرکوبی یا تغییر در فلور علف‌های هرز می‌شوند می‌گردد (۲۱ و ۴۴). برگشت به سامانه های بدون خاک ورزی به دلیل کاهش تبخیر از سطح خاک باعث کاهش آب مصرفی شده است (۳۶). تحقیقات نشان داده است که مقدار آب ذخیره شده در خاک و راندمان استفاده از آب و رشد و عملکرد گیاه سویا (*Glycin max*) و ذرت (*Zea mays*) بخصوص در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر در سامانه بدون خاک ورزی بیشتر از خاک ورزی معمولی بوده است (۴۵). استفاده از سامانه خاک ورزی حفاظتی ضمن حصول عملکرد دانه مناسب باعث کاهش آب مصرفی گیاه تا ۱۵/۸ درصد شده است (۲۵). سامانه بدون خاک ورزی منجر به افزایش رطوبت خاک، راندمان استفاده از آب و رشد و عملکرد گیاه زراعی می شود (۱۹ و ۳۰). با توجه به وقوع تنش خشکی بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک و کمبود آب به نظر می رسد استفاده از سامانه های مختلف خاک ورزی بتواند تاثیر گذار بر دستیابی به عملکرد بهینه گندم در چنین شرایط شود و لذا این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سامانه‌های خاکورزی (بدون خاکورزی، خاکورزی کاهش‌یافته و خاکورزی رایج)، تنش آبی (قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد) و بر همکنش آن‌ها بر رشد و عملکرد گندم اجراء گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر عملکرد و اجزای آن و برخی از ویژگی‌های گندم پاییزه سال زراعی۹۱-۱۳۹۰ درمزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (باجگاه) (عرض جغرافیایی ′۴۶ °۵۲ شرقی، طول جغرافیایی ′۷ °۲۹ شمالی و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا)، واقع در ۱۲ کیلومتری شمال غربی شیراز، اجرا شد. برای انجام این تحقیق از طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا در آمد. پیش از اجرای آزمایش و برای اطلاع از وضعیت فیزیکوشیمیایی خاک، اقدام به نمونه برداری مرکب از خاک مزرعه (بافت رسی شنی) از عمق صفر تا سی سانتی‌متری شد (جدول ۱). میزان بارش در سال زراعی مورد نظر ۳۶۳ میلی‌متر بود.

تیمارها شامل سامانه‌های خاکورزی (رایج، کاهش یافته و بدون‌خاکورزی) در کرت های اصلی و تنش آبی {آبیاری معمولی، اعمال تنش های ملایم، متوسط و شدید} در کرت های فرعی در چهار تکرار بودند. تیمار های رژیم آبیاری در مزرعه به صورت آبیاری در حد ظرفیت مزرعه (FC) تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه (بدون تنش (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن تا پایان فصل رشد (تنش شدید)، قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله تا پایان فصل رشد (تنش متوسط) و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه تا پایان فصل رشد (تنش ملایم) اعمال شدند.

مزرعه تحقیقاتی در سال قبل از آزمایش زیر کشت گندم رقم شیراز بود و میزان بقایا را اندازه گیری (۱۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سپس به طور کاملا یکسان در سطح کل مزرعه باقی گذاشته شد. بنابراین، در تیمار بدون خاکورزی تمام بقایا روی سطح خاک نگهداری شد و هیچ گونه خاکورزی صورت نگرفت و در سامانه خاکورزی کاهش یافته بخشی از بقایا بر روی سطح خاک باقیمانده و مقداری از بقایا بوسیله گاوآهن مرکب تا عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک مخلوط شد و در خاکورزی رایج، بقایا به وسیله گاوآهن برگرداندار با خاک مخلوط شدند به گونه‌ی که هیچ گونه بقایای روی سطح خاک باقی نماند.

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری

هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	نیتروژن کل N (%)	کربن آلی OC (%)	فسفرP (mg kg^{-1})	پتاسیمK (mg kg^{-1})	اسیدیته pH
۰/۸	۱۸	۴۸	۳۴	۰/۳	۰/۷۶	۱۴/۵	۲۲۵	۸/۲۵

سپس با کمک دستگاه بذرکار گندم در تاریخ ۱۵ آبان ماه بر اساس میزان ۲۰۰ کیلوگرم بذر گندم رقم شیراز با فاصله خطوط ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر در کرت هایی به ابعاد ۵ × ۶ متر کشت شد. پیش از کشت کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار و کود نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (زمان کشت و اواخر پنجه‌زنی) به مزرعه اضافه شد.

برای تعیین میزان آب مورد نیاز از روش اندازه‌گیری درصد رطوبت وزنی استفاده شد. برای انجام این کار ۲۴ ساعت پیش از هر آبیاری از دو عمق خاک مزرعه (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتر) نمونه برداری صورت گرفت. و نمونه ها را در درون آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و میزان رطوبت وزنی آن ها تعیین گردید. سپس میزان آب مورد نیاز برای آبیاری تا رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت مورد نیاز (FC) از طریق معادله۱ زیر محاسبه شد.

$$dn = \frac{(FC - \theta m)\rho b \times D}{100} \quad (۱)$$

که در آن

dn: ارتفاع آب مورد نیاز برای آبیاری

FC: حد ظرفیت مزرعه در خاک محل آزمایش بر حسب درصد وزنی (برای عمق ۳۰-۰ سانتی متری ،ظرفیت مزرعه برابر ۳۲درصد، برای عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری برابر ۳۳درصد و برای ۹۰-۶۰ سانتی متری برابر ۳۶٪ است)

θm: رطوبت وزنی خاک است که به صورت زیر محاسبه شد (۲).

$$\theta m = \frac{\text{وزن خاک، خشک} - \text{وزن خاک، تر}}{\text{وزن خاک، خشک}} \quad (۲)$$

ρb:چگالی ظاهری خاک (برای خاک محل آزمایش ۱/۴g/cm^3 در نظر گرفته شد)

D: عمق نمونه برداری از خاک (در اینجا برابر ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متر است)

به منظور تعیین و کنترل حجم ورودی آب به هر کرت، آبیاری به وسیله کنتور با استفاده از شلنگ به صورت جداگانه برای هر کرت انجام شد. حجم آب مورد نیاز اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف در جدول ۶ آمده است. به منظور کنترل علف‌های هرز برگ باریک و برگ پهن از علف کش تاپیک بر اساس ۱ لیتر در هکتار و گرانستار بر مبنای ۳۵ گرم در هکتار استفاده شد. برای‌اندازه گیری سطح برگ گندم از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T Device) استفاده شد. در تاریخ اول تیرماه برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه تعداد ۸ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و سپس میانگین آن محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک از وسط هر کرت فرعی مساحت دو متر مربع برداشت شد که ضمن توزین کل مساحت برداشت شده برای محاسبه عملکرد دانه، دانه ها از بقایا کاملا جدا و توزین گردیدند. همچنین به منظور تعیین بهره‌وری استفاده از آب (WP)، از تقسیم عملکرد دانه به آب مصرفی در هر تیمار با توجه به معادله ۳ محاسبه شد.

$$WP = \frac{YID}{TWU} \quad (۳)$$

WP: بهره‌وری استفاده از آب(Kg m^{-3})

YID عملکرد:(Kg ha^{-1})

TWU: کل آب مصرفی(M^3 ha^{-1})

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده نرم افزار Minitab و SAS انجام شد و میانگین با آزمون LSD در سطح ۱٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته گندم

سامانه‌های مختلف خاکورزی تفاوت معنی داری در ارتفاع بوته گندم ایجاد نکرد ولی تنش آبی در مرحله ساقه رفتن و ظهور سنبله در مقایسه با مرحله پرشدن دانه، به ترتیب به میزان ۲۱/۸٪ و ۷/۷٪ بطور معنی داری ارتفاع بوته را کاهش داد (جدول‌های ۲ و۳). قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه (تنش ملایم) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (آبیاری معمولی) نداشت (جدول۳). به عبارت دیگر به نظر می رسد اثر تنش خشکی در مراحل اولیه رشد از طریق کاهش تولید مواد فتوسنتزی و یا نیز تسریع در مراحل نموی گیاه ارتفاع بوته را کاهش داده باشد. اثر برهمکنش سامانه‌های خاکورزی و تنش آب نشان داد که بیشینه ارتفاع بوته گندم (۸۰/۴۲ سانتی متر) در تیمار خاکورزی کاهش یافته و آبیاری معمولی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سامانه خاکورزی رایج و تنش آبی در مرحله پرشدن دانه (۸۰/۱۸ سانتی‌متر) نداشت و کمینه ارتفاع بوته (۵۵/۲۵ سانتی‌متر) در تیمار بدون خاکورزی و اعمال تنش آبی در مرحله ساقه رفتن به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با خاکورزی کاهش‌یافته نداشت (جدول ۴). تنش خشکی در مراحل آغازین می‌تواند از طریق کوتاه کردن زمان نمو و همچنین افزایش سرعت نموی موجب کاهش ارتفاع بوته گندم شود (۲). رشد و نمو گیاه، به ویژه رشد رویشی شاخساره بستگی زیادی به وجود آب کافی دارد. تنش آب در مراحل ابتدایی رشد در فرآیندهای فتوسنتزی و کاهش تولید مواد پرورده جهت استفاده در بخش‌های در حال رشد، مانع از دستیابی به پتانسیل ژنتیکی کامل گیاه می‌گردد (۳۴). افزایش تنش خشکی در زمان رشد گیاه سبب می‌گردد رقابت برای جذب آب بین بخش‌های هوایی و زمینی در بوته افزایش یابد و

در این رقابت، گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی از جمله ساقه رسیده، که این امر باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود (۹). بنابراین با کاهش آب در دسترس گیاه و افزایش محدودیت آب، رشد و نمو گیاه دچار اختلال و کاهش می‌شود (۲۴). با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد حضور بقایای گیاهی در روش‌های خاکورزی کاهش یافته و بدون خاکورزی در شرایط تنش آب می‌تواند تا حدودی اثرات مضر تنش آب بر رشد را تعدیل کرد و شرایط را برای رشد رویشی گیاه با حفظ و ذخیره رطوبت و جلوگیری از تبخیر زیاد از سطح خاک، به ویژه در فصول گرم و خشک مهیا کرد.

شاخص سطح برگ

سطوح تنش آبی اعمال شده، بطور معنی داری شاخص سطح برگ گندم را تحت تاثیر قرار داد و کمینه شاخص سطح برگ به میزان ۶۶/۷ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری معمولی) با اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن به دست آمد. دلایل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش خشکی می‌تواند مربوط به پیری زودرس اندام های فتوسنتز کننده، کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش اندازه سلول، کاهش رشد و کاهش فعالیت فتوسنتزی برگ ها باشد (۱). در حالی که اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه تاثیر زیادی در مقایسه با تیمار شاهد نشان نداد (جدول های ۲و ۳) که با نتایج دیک و همکاران (۱۳) مطابقت داشت به عبارت دیگر تامین آب کافی در مراحل اولیه رشد گیاه نقش مهمی در افزایش شاخص سطح برگ گیاه دارد.

با تغییر سامانه خاکورزی شاخص سطح برگ بطور معنی‌داری تغییر یافت (جدول۲). به گونه‌ی که شاخص سطح برگ در خاکورزی رایج به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۸/۷ درصد نسبت به سامانه خاکورزی کاهش‌یافته و بدون خاکورزی افزایش نشان داد (جدول ۳). به طور کلی در هر سامانه خاکورزی با اعمال تنش آبی شاخص سطح برگ کاهش یافت که با اعمال زود هنگام تنش در مرحله ساقه رفتن و ظهور سنبله تفاوت معنی‌داری بین سامانه‌های خاکورزی مشاهده نشد، ولی اعمال تنش آب در مرحله پرشدن دانه تفاوت بین سامانه‌های خاکورزی را بیشتر نشان داد، شاخص سطح برگ در سامانه خاکورزی رایج بیشتر از سامانه‌های خاکورزی کاهش یافته و بدون خاکورزی است. به نظر می‌رسد که کاهش شاخص سطح برگ در سامانه‌های خاکورزی کاهش یافته و بدون خاکورزی می تواند در نتیجه تجمع بقایای گیاهی باشد که جز جدا ناپذیر این سامانه ها بوده و نیز احتمال افزایش رقابت بین میکروارگانیسم‌ها و گیاه بر جذب نیتروژن و نیز احتمال کاهش دسترسی به نیتروژن برای افزایش و دوام شاخص سطح‌برگ باشد. بحرانی همکاران (۷) نشان دادند که افزایش بیش از حد بقایا موجب کاهش شاخص سطح برگ ذرت گردید.

تعداد سنبله در متر مربع

تاثیر سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه بر تعداد سنبله گندم در متر مربع معنی دار بود (جدول ۲). در میان سطوح تنش آبی اعمال شده کمینه تعداد سنبله در متر مربع با اعمال تنش آبی در مرحله ساقه رفتن بدست آمد که بطور معنی داری به میزان ۱۷/۲ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری معمولی) کاهش نشان داد (جدول ۳). در هر مرحله از اعمال تنش آبی با تغییر سامانه خاکورزی از نوع رایج به خاک ورزی کاهش یافته و بدون خاکورزی، تعداد سنبله گندم در مترمربع افزایش یافت. حداکثر تعداد سنبله گندم در مترمربع با توجه به افزایش تعداد پنجه بارور در سامانه بدون خاکورزی به دست آمد که با سامانه خاکورزی کاهش یافته تفاوت معنی‌داری نشان نداد. ریگر و همکاران (۴۱) نشان دادند که تعداد سنبله گندم در متر مربع به دلیل افزایش تعداد پنجه در تیمار استفاده از گاوآهن قلمی بیشتر از تیمار بدون خاکورزی و خاکورزی رایج است. با اعمال تنش آبی در مرحله ساقه رفتن، ظهور سنبله و پرشدن دانه در مقایسه با تیمار شاهد تعداد سنبله در متر مربع به ترتیب ۱۷/۲٪، ۹/۲٪ و ۵/۸٪ کاهش یافت، با تغییر سامانه خاکورزی از رایج به کاهش یافته و بدون خاکورزی تعداد سنبله در متر مربع به صورت معنی‌داری به میزان ۹/۳۵ و ۱۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). افزایش شدت تنش خشکی در زمان رشد گیاه سبب می‌گردد رقابت برای جذب آب بین بخش‌های هوایی و زمینی در بوته افزایش یابد و در این رقابت، گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی از جمله پنجه‌ها رسیده، که این امر باعث کاهش تعداد پنجه باردار در بوته و در نهایت باعث کاهش تعداد سنبله در متر مربع می‌شود (۹ و ۲۴).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس بیان کننده تفاوت معنی دار اثر تیمارهای سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر تعداد دانه در سنبله گندم بود (جدول ۲). با اعمال تنش آبی، تعداد دانه در سنبله به صورت معنی‌داری تحت تاثیر قرار گرفت، به گونه‌ای که در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری معمولی) قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و ظهور سنبله، تعداد دانه در سنبله را به صورت معنی‌داری به میزان ۴۶/۶ و۲۰ درصد کاهش داد (جدول ۳). مرحله گل‌دهی از حساس ترین مراحل زندگی گندم به تنش آب است. در این زمان کمبود آب باعث عدم تلقیح و ناباروری گلچه‌ها در سنبله می گردد، همچنین تعدادی از تخمک‌های تلقیح شده، در اثر تنش آب سقط می‌شوند و در

نهایت تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد (۱، ۴۳ و ۴۸). کاهش تعداد دانه در سنبله در تیمار بدون خاکورزی و خاکورزی کاهش‌یافته نسبت به رایج احتمالا به علت افزایش تعداد پنجه در بوته در هر دو تیمار خاکورزی است که باعث افزایش رقابت درون بوته‌ای و در نتیجه کاهش باروری گلچه‌ها شده و بنابراین تعداد دانه در بوته کاهش یافته است. علیجانی و همکاران (۶) و ریگر و همکاران (۴۱) نشان دادند تعداد دانه در سنبله گندم بعد از کشت ذرت تحت تاثیر سامانه‌های خاکورزی قرار نگرفت. برهمکنش بین سامانه‌های خاکورزی و تنش آب در مراحل مختلف رشد نشان داد که بیشینه تعداد دانه در سنبله (۵۴/۶۷) در حالت خاکورزی رایج و آبیاری معمولی به دست آمد که در مقایسه با خاکورزی کاهش یافته تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه تعداد دانه در سنبله (۲۷/۷) در سامانه بدون خاکورزی و اعمال تنش آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد با تغییر سامانه خاکورزی تاثیر تنش آبی بر کاهش تعداد دانه در سنبله جبران نخواهد شد. با تغییر سامانه خاکورزی از حالت رایج به بدون خاکورزی تعداد دانه در سنبله به صورت معنی‌داری کاهش یافت، ولی در مقایسه با خاکورزی کاهش یافته تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۳).

وزن هزار دانه

اعمال تنش آبی شدید و متوسط، بطور معنی داری وزن هزار دانه گندم را کاهش داد (جدول‌های ۲ و ۳) و بیشینه وزن هزار دانه (۴۰/۱۶ گرم) در حالت آبیاری معمولی به دست آمد و کمینه وزن هزار دانه (۱۶/۶۵ گرم) در تیمار قطع آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد (جدول ۳). قطع آبیاری در هر مرحله از رشد گیاه به صورت معنی‌داری وزن هزار دانه را در مقایسه با حالت آبیاری معمولی کاهش داد. تنش آبی از مرحله گرده افشانی تا رسیدگی دانه از طریق تشدید پیری برگ‌ها، کاهش دوره رشد و کاهش سرعت پرشدن دانه سبب کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه می شود (۴۲). اثر سامانه‌های خاکورزی بر وزن هزار دانه معنی‌داری نبود (جدول ۳) که با نتایج ویاتراک و همکاران (۴۶) و ریگر و همکاران (۴۱) مطابقت داشت آنها نشان دادند که وزن هزار دانه در سنبله و در نتیجه وزن هزار دانه گندم تحت تاثیر روش‌های خاکورزی قرار نگرفت. بحرانی و همکاران (۷) نشان دادند که وزن هزار دانه ذرت تحت تاثیر تیمارهای مدیریت پسمان و سامانه‌های خاکورزی قرار نمی‌گیرند، زیرا وزن هزار دانه یک ویژگی ژنتیکی بوده و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد (۲۶).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر عملکرد دانه و اجزاء آن در گندم

منابع تغییرات	میانگین مربعات									
	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	بهروری استفاده از آب
سامانه‌های خاکورزی	۲	۲۵/۶^{ns}	۲/۱۳**	۲۵۴۸۲/۳۳**	۲۸/۱۵**	۶۲/۶۹^{ns}	۱/۵۳۴**	۲/۸۲۳**	۳۵/۹۰**	۰/۰۰۷۷**
بلوک	۳	۰/۶۵	۰/۰۹	۱۵۵۸/۲۲	۱/۸۱	۱۰۳/۳۶	۰/۰۳۱۲	۰/۰۶۷	۲/۲۹	۰/۰۰۰۶
خطای اصلی	۶	۱۶/۵۳	۰/۱۱	۱۴۸۰/۵۵	۲/۸۹	۲۰/۱۰	۰/۰۴۲۳	۰/۱۷۳۴	۲/۴۲	۰/۰۰۰۹
تنش آبی	۳	۸۵۸/۵۸**	۴۳/۹۶**	۲۶۴۳۱/۱۱**	۱۵۸۱/۷۹**	۱۱۸۹/۲۵**	۲۳/۰۶۹**	۱۳۱/۵۴۲**	۱۴۹/۴۱**	۰/۱۰۷۳**
خاکورزی × تنش	۶	۷۸/۳۴^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۹۵۲۴/۱۱*	۱۳/۹۰*	۳۱/۶۱^{ns}	۰/۲۷۸۸**	۱/۱۳۹**	۱۰/۷۷**	۰/۰۰۶۶**
خطا	۲۷	۲۷/۵۰	۰/۱۱	۸۳۷/۱۱	۳/۸۵	۲۷/۵۵	۰/۰۳۵۹	۰/۳۵۸۸	۲/۵۶	۰/۰۰۰۹
ضریب تغیرات (٪)		۷/۳۲	۷/۹۶	۴/۸۴	۴/۴۸	۱۹/۵۷	۳/۹۷	۴/۲۴	۵/۸۸	۳/۷۲

nsعدم اثر معنی دار؛ * و **- به ترتیب اثر معنی دار در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال

جدول ۳- تاثیر سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر عملکرد دانه و اجزاء آن در گندم و بهره وری از آب

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	شاخص سطح برگ	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (ton ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (ton ha^{-})	شاخص برداشت (%)	بهروری استفاده از آب (kg m^{-3})
سامانه‌های خاکورزی									
خاکورزی رایج	۷۲/۹۵a	۴/۶۲a	۵۵۳/۲۲۵b	۴۴/۲۶a	۲۷/۷۸a	۴/۹۴a	۱۴/۳۴a	۳۴/۱۵a	۰/۶۸b
خاکورزی کاهش یافته	۷۱/۵۳a	۴/۱۸b	۶۰۵/۰۰a	۴۴/۷۶a	۲۸/۱۳a	۴/۹۶a	۱۴/۳۵a	۳۴/۲۷a	۰/۷۳a
بدون خاکورزی	۷۰/۴۵a	۳/۸۹c	۶۳۱/۷۵a	۴۲/۲۶b	۲۴/۵۴a	۴/۴۱b	۱۳/۳۲b	۳۲/۲۴b	۰/۷۱a
تنش آبی									
شاهد	۷۶/۸۱a	۵/۹۵a	۶۴۹/۳۲a	۵۲/۸۲a	۴۰/۱۶a	۶/۵۰a	۱۷/۷۹a	۳۶/۵۱a	۰/۶۹b
تنش ملایم	۷۸/۸۷a	۵/۶۸a	۶۱۱/۳۳b	۵۱/۸۹a	۲۷/۵۴b	۴/۹۵b	۱۵/۴۰b	۲۳/۱۳c	۰/۶۲c
تنش متوسط	۷۰/۸۷b	۳/۳۰b	۵۸۹/۰۰b	۴۲/۲۲b	۲۲/۱۹c	۴/۵۳c	۱۳/۲۳c	۳۴/۲۳b	۰/۶۸b
تنش شدید	۶۰/۰۲c	۱/۹۸c	۵۳۷/۰۰c	۲۸/۱۸c	۱۶/۶۵d	۳/۱۳d	۱۰/۰۰d	۳۱/۳۴c	۰/۸۴a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر تیمار اختلاف معنی‌داری ندارند(LSD 1 %)..

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر عملکرد دانه و اجزاء آن در گندم

منابع تغییرات	میانگین مربعات								
	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	بهروری استفاده از آب
سامانه‌های خاکورزی	۲	۲۵/۶^{ns}	۲/۱۳**	۲۵۴۸۲/۳۳**	۲۸/۱۵**	۶۲/۶۹^{ns}	۱/۵۳۴**	۲/۸۲۳**	۳۵/۹۰**	۰/۰۰۷۷**
بلوک	۳	۰/۶۵	۰/۰۹	۱۵۵۸/۲۲	۱/۸۱	۱۰۳/۳۶	۰/۰۳۱۲	۰/۰۶۷	۲/۲۹	۰/۰۰۰۶
خطای اصلی	۶	۱۶/۵۳	۰/۱۱	۱۴۸۰/۵۵	۲/۸۹	۲۰/۱۰	۰/۰۴۲۳	۰/۱۷۳۴	۲/۴۲	۰/۰۰۰۹
تنش آبی	۳	۸۵۸/۵۸**	۴۳/۹۶**	۲۶۴۳۱/۱۱**	۱۵۸۱/۷۹**	۱۱۸۹/۲۵**	۲۳/۰۶۹**	۱۳۱/۵۴۲**	۱۴۹/۴۱**	۰/۱۰۷۳**
خاکورزی × تنش	۶	۷۸/۳۴^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۹۵۲۴/۱۱*	۱۳/۹۰*	۳۱/۶۱^{ns}	۰/۲۷۸۸**	۱/۱۳۹**	۱۰/۷۷**	۰/۰۰۶۶**
خطا	۲۷	۲۷/۵۰	۰/۱۱	۸۳۷/۱۱	۳/۸۵	۲۷/۵۵	۰/۰۳۵۹	۰/۳۵۸۸	۲/۵۶	۰/۰۰۰۹
ضریب تغیرات (٪)		۷/۳۲	۷/۹۶	۴/۸۴	۴/۴۸	۱۹/۵۷	۳/۹۷	۴/۲۴	۵/۸۸	۳/۷۲

nsعدم اثر معنی دار؛ * و **- به ترتیب اثر معنی دار در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال

جدول ٤- برهمکنش سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر عملکرد دانه و اجزاء آن در گندم

سامانه‌های خاکورزی	تنش آبی	ارتفاع بوته (cm)	شاخص سطح برگی	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($ton\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($ton\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪)
خاکورزی رایج	بدون تنش	۷۱/۶۲bcd	۶/۶۲a	۶۲۰/۰۰bc	۵۴/۶۷a	۳۹/۷۲a	۶/۹۱a	۱۸/۴۴a	۳۷/۴a
	تنش ملایم	۸۰/۱۸a	۶/۱۷ab	۵۷۱/۰۰cde	۵۲/۳۴ab	۳۳/۵۹abc	۵/۱۱c	۱۵/۸۱b	۳۲/۳b-e
	تنش متوسط	۷۳/۸۷a-d	۳/۵۵e	۵۵۴/۰۰de	۴۲/۶۶cd	۲۵/۵۲de	۴/۶۰d	۱۳/۲۹d	۳۴/۷abc
	تنش شدید	۶۷/۱۲d	۲/۱۴f	۴۶۸/۰۰f	۲۷/۸۱e	۱۸/۹۴f	۳/۱۶e	۱۰/۰۸e	۳۲/۱b-e
خاکورزی کاهش یافته	بدون تنش	۸۰/۴۲a	۵/۸۴bc	۶۵۲/۰۰ab	۵۳/۴۳a	۳۹/۹۷a	۶/۸۷a	۱۸/۳۳a	۳۷/۵a
	تنش ملایم	۷۸/۵۰ab	۵/۶۰cd	۶۱۴/۰۰bc	۵۳/۱۰ab	۳۵/۰۰ab	۵/۱۵c	۱۵/۷۹b	۳۲/۷b-e
	تنش متوسط	۶۹/۵۰d	۳/۳۲e	۶۰۹/۰۰bc	۴۳/۸۴c	۲۸/۱۸cd	۴/۶۲d	۱۳/۱۸d	۳۵/۱ab
	تنش شدید	۵۷/۶۸e	۱/۹۹f	۵۴۵/۰۰e	۲۸/۷۰e	۱۹/۲۹f	۳/۲۰e	۱۰/۱۰e	۳۱/۷cde
بدون خاکورزی	بدون تنش	۷۸/۳۷ab	۵/۴۰cd	۶۷۶/۰۰a	۵۰/۳۸b	۳۵/۰۶ab	۵/۱۲b	۱۶/۶۱b	۳۴/۵a-d
	تنش ملایم	۷۷/۹۳abc	۵/۳۰d	۶۴۹/۰۰ab	۵۰/۲۵b	۳۹/۷۹bcd	۴/۵۷d	۱۴/۵۹c	۳۱/۳cde
	تنش متوسط	۷۰/۳۵cd	۳/۰۵e	۶۰۴/۰۰bc	۴۰/۵۸d	۲۱/۶۳ef	۴/۳۴d	۱۳/۲۱d	۳۲/۹e-b
	تنش شدید	۵۵/۲۵e	۱/۸۴f	۵۹۸/۰۰cd	۲۷/۸۴e	۱۸/۱۴f	۳/۰۳e	۹/۸۴f	۳۰/۲e

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر تیمار اختلاف معنی‌داری ندارند(% 1 LSD).

برهمکنش بین سامانه‌های خاکورزی و تنش آب در مراحل مختلف رشد نشان داد که بیشینه وزن هزار دانه (۳۹/۹۷ گرم) در حالت خاکورزی کاهش یافته و آبیاری معمولی به دست آمد که در مقایسه با حالت خاکورزی رایج تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه وزن هزار دانه (۱۸/۱۴ گرم) در تیمار بدون خاکورزی و اعمال تنش آبی در مرحله ساقه رفتن به دست آمد (جدول۴). به طور کلی در سامانه خاکورزی با اعمال تنش آبی وزن هزار دانه کاهش یافت ولی با اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن، کاهش بیشتر شد. ولی در مراحل ظهور سنبله و پرشدن دانه تفاوت شدیدتر شد، به گونه‌ای که در مرحله پرشدن دانه با تغییر سامانه بدون خاکورزی به کاهش یافته وزن هزار دانه به میزان ۱۷/۴ درصد افزایش یافت.

عملکرد بیولوژیک

تاثیر سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه و برهمکنش هر دوفاکتور بر عملکرد بیولوژیک گندم معنی دار بود (جدول ۲). تاثیر اعمال تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد بیولوژیک معنی داری بود و بیشینه عملکرد بیولوژیک (۱۷/۷۹ تن در هکتار) و کمینه آن (۱۰/۰۰ تن در هکتار) در تیمار شاهد (آبیاری معمولی) و قطع آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد (جدول۳). وبطور کلی در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری معمولی)، با قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن، ظهور سنبله و پرشدن دانه، عملکرد بیولوژیک گندم به ترتیب به میزان ۴۳/۷۸، ۲۵/۶۸ و ۱۳/۴۳ درصد کاهش یافت (جدول ۴). به عبارت دیگر تنش آبی با تاثیر بر کاهش سرعت رشد گیاه و نیز کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه منجر کاهش بیوماس تولید شده خواهد شد. مطالعات نشان داده است که در شرایط تنش خشکی پیری زودرس اندام های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست توده می گردد (۱ و ۳۸). نتایج نشان داد بیشنه عملکرد بیولوژیک (۱۴/۳۵ تن در هکتار) در سامانه خاکورزی کاهش یافته به دست آمد که با خاکورزی رایج تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه آن در سامانه بدون خاکورزی به دست آمد و با تغییر سامانه خاکورزی از حالت رایج به بدون خاکورزی عملکرد بیولوژیک به صورت معنی‌داری به میزان ۶/۷۶ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در سامانه بدون خاکورزی به دلیل حضور مقادیر زیاد پسمان گیاهی در سطح خاک از طریق تداخل در کار دستگاه‌های کشت، جهت برش مناسب خاک و همچنین قرار گرفتن مقادیر زیاد پسمان بر روی بذر (۱۰ و ۴۰) و جلوگیری از برقراری تماس مستقیم بذر با خاک (۲۲)، موجب کاهش رشد اولیه گیاهچه‌های گندم و در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیک در مقایسه با خاکورزی رایج می‌شوند. همتی و اسکندری (۲۳) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیک گندم در تیمار خاکورزی کاهش یافته به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای خاکورزی بود. کریگوی و همکاران (۲۷) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیک گندم دیم در تیمار خاکورزی

کاهش یافته به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای خاکورزی بود. برهمکنش بین سامانه‌های خاکورزی و تنش آب در مراحل رشد نشان داد که بیشینه عملکرد بیولوژیک (۱۸/۴۴ تن در هکتار) در سامانه خاکورزی رایج و آبیاری معمولی به دست آمد که با خاکورزی کاهش یافته تفاوت معنی‌داری نشان نداد و کمینه عملکرد بیولوژیک (۹/۸۴ تن در هکتار) در سامانه بدون خاکورزی و اعمال تنش آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد (جدول ۴).

عملکرد دانه

عملکرد دانه گندم تحت تاثیرتیمارهای سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی در مراحل رشد، بطور معنی‌دار تغییر یافت (جدول ۲). اثر اعمال تنش آب در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه معنی داری بود و بیشینه (۶/۴۹ تن در هکتار) و کمینه (۳/۱۳ تن در هکتار) عملکرد دانه گندم در تیمار شاهد (آبیاری معمولی) و قطع آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد اعمال تنش آب در مراحل رشد، عملکرد دانه را به صورت معنی‌داری کاهش داد، به گونه‌ای که در مقایسه با آبیاری معمولی با قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن، ظهور سنبله و پرشدن دانه عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۵۵/۷۷، ۳۰/۳۵ و ۲۳/۸۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). کاهش اجزای عملکرد دانه و داشتن ضریب همبستگی بالای تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه با عملکرد دانه تایید کننده این مطلب می باشد (جدول۵). تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص شده و در نهایت عملکرد را کاهش می دهد و از طرف دیگر تسریع پیری برگ ها، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و کوتاه شدن زمان مراحل نمو گیاه در اثر تنش آب، تعداد دانه سنبله و وزن دانه که از اجزای مهم عملکرد دانه می باشد کاهش می‌یابد (۲۷ و ۳۹). با توجه به اینکه در شرایط تنش شدید آبی عملکرد دانه تحت تاثیر سامانه‌های خاکورزی قرار نمی‌گیرد، در نتیجه بهتر است به سمت استفاده از سامانه خاکورزی حفاظتی رفت، ولی در شرایط آبیاری معمولی استفاده از سامانه خاکورزی کاهش یافته با توجه به اینکه تفاوت معنی داری با خاکورزی رایج ندارد قابل توصیه خواهد بود. در همین رابطه با توجه به نتایج ضرایب همبستگی اجزیی عملکرد با عملکرد همبستگی مثبت و بسیار بالایی داشتند (جدول ۵).

بیشینه عملکرد دانه (۴/۹۶ تن در هکتار) در سامانه خاکورزی کاهش یافته به دست آمد که با خاکورزی رایج تفاوت معنی‌داری نشان نداد و این افزایش عملکرد بیشتر به دلیل افزایش تعداد پنجه در بوته بوده است و در نهایت موجب افزایش تعداد سنبله در بوته شده است (جدول ۳) و کمینه آن در سامانه بدون خاکورزی به دست آمد و با تغییر سامانه خاکورزی از حالت رایج به بدون خاکورزی عملکرد دانه به صورت معنی‌داری به میزان ۱۰/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). که دلیل کاهش عملکرد در سامانه بدون خاکورزی مربوط به استقرار ضعیف گیاهچه‌ها می باشد، حضور مقادیر زیاد بقایای گیاهی در سطح خاک از طریق تداخل در کار دستگاه‌های کشت مانع از قرار گرفتن بذرها در عمق مورد نظر شده و نسبت به سامانه خاکورزی رایج و کاهش یافته بذرها به صورت سطحی‌تر قرار می‌گیرند در نتیجه استقرار بذر در بستر مناسب از دست می‌رود و به همین دلیل تراکم بوته در واحد سطح و در نهایت عملکرد دانه در سامانه بدون خاکورزی کاهش می‌یابد (۳، ۱۰ و ۴۰). همت و اسکندری (۲۳) گزارش کردند که عملکرد دانه گندم دیم به صورت معنی داری تحت تاثیر سامانه خاکورزی قرار گرفت و این افزایش عملکرد بیشتر به دلیل افزایش تعداد سنبله در بوته و وزن دانه بود. مرابت (۳۳) دریافت که استفاده از گاوآهن قلمی باعث افزایش عملکرد گندم پاییزه نسبت به استفاده از گاوآهن برگردان‌دار می‌شود. کامارا و همکاران (۱۱) نشان دادند که عملکرد گندم در سامانه خاکورزی رایج به نحو معنی‌داری بیشتر از خاکورزی حفاظتی است و تاثیر افزایش کود نیتروژن بر عملکرد به میزان بارندگی سالانه بستگی دارد، ولی به طور کلی نیتروژن باعث افزایش عملکرد گندم می‌گردد. آن‌ها دلیل کاهش عملکرد در تیمار خاکورزی کاهش یافته را به معدنی نشدن نیتروژن ارتباط دادند. نوود (۳۵) بالاترین عملکرد گندم دیم بعد از ذرت و در تیمار خاکورزی کاهش یافته به دست آوردند. این به دلیل افزایش تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله بود. برهمکنش بین سامانه‌های خاکورزی و تنش آب در مراحل رشد نشان داد که بیشینه عملکرد دانه (۶/۹۱ تن در هکتار) در سامانه خاکورزی رایج و آبیاری معمولی به دست آمد که با سامانه خاکورزی کاهش یافته تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه عملکرد دانه (۳/۰۳ تن در هکتار) در سامانه بدون خاکورزی و اعمال تنش آب در مرحله ساقه رفتن (تنش شدید) به دست آمد (جدول ۴).

شاخص برداشت

اثرات سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه بر شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۲). تاثیر اعمال تنش آب در مراحل رشد بر شاخص برداشت معنی داری بود، به نحوی که بیشینه شاخص برداشت (۳۶/۵۱ درصد) در حالت شاهد (آبیاری معمولی) به دست آمد و کمینه شاخص برداشت (۳۱/۳۴ درصد) در تیمار قطع آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار قطع آب در مرحله پرشدن دانه نداشت. اعمال تنش آب در مراحل مختلف رشد، شاخص برداشت را به صورت معنی‌داری کاهش داد، به گونه‌ای که در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری معمولی) با قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن، ظهور سنبله و پرشدن دانه شاخص برداشت به ترتیب به میزان ۱۴/۱۸، ۶/۲۷ و ۱۲/۰۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳). از آنجا که شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به

عملکرد بیولوژیک بدست می آید و از طرف دیگر قطع آبیاری پس از گلدهی، عملکرد دانه را با شدت بیشتری نسبت به عملکرد بیولوژیک کاهش می دهد و همین موضوع باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود (۱۸ و ۴۶).

برهمکنش بین سامانه‌های خاکورزی و تنش آب در مراحل مختلف رشد نشان داد که بیشینه شاخص برداشت (۳۷/۵ درصد) در حالت خاکورزی کاهش یافته و آبیاری معمولی به دست آمد که در مقایسه با خاکورزی رایج تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه شاخص برداشت (۳۰/۲ درصد) در حالت بدون خاکورزی و اعمال تنش آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد (جدول ۴). تاثیر سامانه‌های خاکورزی بر شاخص برداشت معنی‌دار بود، و بیشنه شاخص برداشت (۳۴/۳ درصد) در سامانه خاکورزی کاهش یافته به دست آمد که با خاکورزی رایج تفاوت معنی‌داری نداشت و کمینه آن در سامانه بدون خاکورزی به دست آمد و با تغییر سامانه خاکورزی از رایج به بدون خاکورزی شاخص برداشت به صورت معنی‌داری به میزان ۴/۰۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). دلیل کاهش شاخص برداشت در سامانه بدون خاکورزی مربوط حضور بقایای زیاد در سطح خاک، که منجر به کاهش تراکم بوته در واحد سطح در نتیجه باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (۳، ۱۰ و ۴۰).

بهره‌وری استفاده از آب

تاثیر سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه بر بهره‌وری استفاده از آب معنی دار بود (جدول ۲). برهمکنش بین سامانه‌های خاکورزی و تنش آب در مراحل مختلف رشد نشان داد که بیشینه بهره‌وری استفاده از آب (۰/۹۰ کیلوگرم در مترمکعب) در سامانه بدون خاکورزی و قطع آب در مرحله ساقه رفتن به دست آمد و کمینه بهره‌وری استفاده از آب (۰/۶۰ کیلوگرم در مترمکعب) در سامانه خاکورزی رایج و اعمال تنش آب در مرحله پرشدن دانه به دست آمد که با سامانه بدون خاکورزی و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه و شاهد تفاوت معنی داری نشان نداد (جدول ۶). تاثیر سامانه‌های خاکورزی بر بهره‌وری استفاده از آب معنی‌دار بود و بیشنه بهره‌وری استفاده از آب (۰/۷۳ کیلوگرم در مترمکعب) در سامانه خاکورزی کاهش یافته به دست آمد که تفاوت معنی داری با سامانه بدون خاکورزی نشان نداد و کمینه آن (۰/۶۸ کیلوگرم در مترمکعب) در سامانه خاکورزی رایج به دست آمد (جدول۳). خاکورزی حداقل یا بدون خاکورزی نسبت به رایج باعث ذخیره بیشتر آب می شوند (۱۷). لوپز و همکاران (۳۱) گزارش کردند که سامانه‌های بدون خاکورزی می‌توانند راهکار مناسبی برای افزایش ذخیره آب خاک و عملکرد باقلا (*Vicia faba L.*) باشند.

تاثیر اعمال تنش آبی در مراحل رشد از نظر بهره‌وری استفاده از آب معنی دار بود و بیشینه (۰/۸۴ کیلوگرم در مترمکعب) و کمینه (۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب) بهره‌وری استفاده از آب به ترتیب در تیمار های قطع آب در مرحله ساقه رفتن و پرشدن دانه به دست آمد (جدول۳). ادیکو و همکاران (۵) گزارش کردند که استفاده از سامانه بدون خاکورزی در تمام تیمارهای آبیاری موجب افزایش نفوذ پذیری آب و هدایت آبی خاک شد و کارایی آبیاری افزایش یافت. انگلیش و رجا (۱۵) ضمن بررسی کم آبیاری ذرت و چند گیاه زراعی در سه مکان متفاوت، نتیجه گرفتند که کم آبیاری بین ۱۵ تا ۹۵ درصد بسته به شرایط محیط و مکان، منجر به حصول سود حداکثر می‌شود.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزایی عملکرد گندم

عملکرد دانه	GY	BY	HI	SPSM	GPE
	۱				
عملکرد بیولوژیک	۰/۹۵**	۱			
شاخص برداشت	۰/۷۳**	۰/۵۰**	۱		
تعداد سنبله در متر مربع	۰/۵۴**	۰/۶۱**	۰/۱۵ns	۱	
تعداد دانه در سنبله	۰/۸۶**	۰/۹۳**	۰/۴۵**	۰/۶۱**	۱
وزن هزار دانه	۰/۸۳**	۰/۸۱**	۰/۵۷**	۰/۵۸**	۰/۷۲**

n.S و **- به ترتیب نشانگر عدم وجود اثر معنی دار و اثر معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ٦- برهمکنش بین سامانه‌های خاکورزی و تنش آبی بر بهره‌وری استفاده از آب گندم

سامانه‌های خاکورزی	تنش آبی	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	حجم آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$)	بهره‌وری استفاده از آب($kg\ ha^{-1}$)
خاکورزی رایج	بدون تنش	۶۹۰۵a	۹۸۵۸/۲	۰/۷۰d
	تنش ملایم	۵۱۱۰c	۸۴۴۲/۸۱	۰/۶۰g
	تنش متوسط	۴۶۰۴/۵d	۷۰۲۴/۴۴	۰/۶۵ef
	تنش شدید	۳۱۶۰/۲۵ e	۴۰۲۳/۵۹	۰/۷۸c
خاکورزی کاهش یافته	بدون تنش	۶۸۷۴/۲۵a	۹۴۶۵/۶۱	۰/۷۲d
	تنش ملایم	۵۱۵۲/۷۵c	۷۹۲۷/۳۳	۰/۶۵ef
	تنش متوسط	۴۶۲۲/۲۵d	۶۶۵۷/۵۲	۰/۶۹de
	تنش شدید	۳۲۰۱/۵۰e	۳۷۸۶/۰۳	۰/۸۴b
بدون خاکورزی	بدون تنش	۵۷۲۰/۲۵b	۸۹۲۷/۱	۰/۶۴fg
	تنش ملایم	۴۵۷۱/۲۵d	۷۵۶۸/۷۹	۰/۶۱g
	تنش متوسط	۴۳۴۶/۰۰d	۶۱۳۰/۴	۰/۷۱d
	تنش شدید	۳۰۳۳/۲۵e	۳۳۶۵/۱۱	۰/۹۰a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر تیمار اختلاف معنی‌داری ندارند(LSD 1 %).

نتیجه گیری

در تحقیق انجام شده تحت شرایط بدون تنش با تغییر سامانه خاکورزی از حالت رایج به کاهش یافته تفاوت معنی داری بین عملکرد دانه مشاهده نشده است و این در حالی است که بهره‌وری تولید از آب در سامانه خاکورزی کاهش یافته بیشتر بود. اما تحت شرایط تنش ملایم با تغییر سامانه خاکورزی از حالت رایج به کاهش یافته ضمن مصرف کمتر آب به میزان ۶/۵ درصد عملکرد دانه بیشتر و بهره وری تولید از آب نیز بیشتر بدست آمد و همین حالت نیز در تحت شرایط تنش متوسط و شدید حاصل شد. به طور کلی هر چند بهره وری از آب در سیستم بدون خاک ورزی تفاوت معنی داری با خاک ورزی کاهش یافته نشان نداد لیکن حداقل عملکرد دانه گندم در سیستم بدون خاکورزی بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده اجرای خاکورزی کاهش یافته نسبت به رایج می‌تواند با مصرف آب کمتر، عملکردی معادل خاکورزی رایج داشته و همچنین از نظر صرفه جویی در زمان و هزینه سامانه خاکورزی کاهش یافته نسبت به رایج سودمندترباشد.

منابع

۱- امام، ی. ۱۳۹۰. زراعت غلات (چاپ چهارم). انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ص.

۲- امام، ی. و م. ج. ثقه‌الاسلامی. ۱۳۸۴. عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرایندها (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۳ صفحه.

۳- امام، ی.، م. خردنام، م. ج. بحرانی، م. ت. آساد، و ح. غدیری. ۱۳۷۹. تاثیر نحوه مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد دانه و اجزای آن در کشت مداوم گندم آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱: ۸۳۹-۸۵۰.

۴- بحرانی، م. ج. ۱۳۷۵. مدیریت بقایای گیاهی در سیستم های کشت آبی. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، موسسه اصلاح و تهیه نهال بذر، کرج. صفحه۱.

5- Adiku, S. G. K., H. O. Lafontaine, and T. Bajazet. 2001. Patterns of root growth and water uptake of a maize cowpea mixture grown under greenhouse conditions. Plant and Soil. 235: 85-94.

6- Alijani, K., Bahrani M. J., and Kazemeini S. A. 2012. Short-term responses of soil and wheat yield to tillage, corn residue management and nitrogen fertilization. Soil and Tillage Research. 124: 78–82.

7- Bahrani, M. J., M. H. Raufat, and H. Ghadiri. 2007. Influence of wheat residue management on irrigation corn grain production in reduced tillage system. Soil and Tillage Research. 94: 305-309.

8- Bingru, H., and G. Hongwen. 2000. Root physical. Characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science. 40:196-203.

9- Bray, E. A. 1997. Plant responses to water deficit. Crop Physical Abstract. 23: 391-612.
10- Burgess, M. M., G. R. Mehuys, and C. A. Madramootoo. 1996. Tillage and crop residue effects on corn production in Quebec. Agronomy Journal. 88: 792-797.
11- Camara, K. W., M. A. Payne, and P. E. Rasmussen. 2003. Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yield in the Pacific Northwest. Agronomy Journal. 95: 828-835.
12- Dang, S. P., and M. A. Tabatabai. 1997. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soil phosphates and aryl sulfatase. Biology and Fertility of Soils. 24: 141-146.
13- Dick, W. A., E. L. McCoy, W. M. Edvards, and R. Lal. 1991. Continuous application of no-tillage to Ohio soils. Agronomy Journal. 83: 65-73.
14- Dupreez, C. C., J. T. Steyn, and E. Kotze. 2001. Long-term effects of wheat residue management on some fertility indicators of a semi-arid plinthosol. Soil and Tillage Research. 63: 25-33
15- English, M. J., and S. N. Raja. 1996. Review perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management. 32: 1-14.
16- Fabrizzi, K. P., F. O. Gracia, J. L. Costa, and L. I. Picone. 2005. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern pampas of Argentina. Soil and Tillage Research. 81: 57-69.
17- Farahani, H. J., G. A. Peterson, and D. G. Westfall. 1998. Dryland cropping intensification: A fundamental solution to efficient use of precipitation. Advance Agronomy.64:197-223.
18- Foulkes, M. J., R. K. Scott, and S. Bradley. 2007. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. Journal of Agricultural Science. 138: 153–169.
19- Gao, H. W., W. Y. Li, and H. W. Li. 2003. Conservation tillage technology with Chinese characteristics. Transactions CSAE. 19:1-4
20- Gebbing, T., H. Schnyder, and W. Kuhbauch. 1999. The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling of wheat. Plant Cell and Environment. 22: 851-858.
21- Halverson, A. D., and G. A. Peterson. 2002. Tillage system and crop rotation effects on dry land crops yields and soil carbon in central Great Plains. Agronomy Journal. 94: 1429-1436.
22- Hayhoe, H. N., L. M. Dwyer, L. M. Balchin, and J. L. B. Culley. 1993. Tillage effects on corn emergence rates. Soil & Tillage Research. 26: 45-53.
23- Hemmat, A., and I. Eskandari. 2006. Dry land winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran. Soil Tillage Research. 86: 99-109.
24- Hooker, M. L., G. M. Herron, and P. S. Pena. 1982. Effects of residue burning removal, and incorporation on irrigated cereal crops yields and chemical properties. Soil Science. 46: 122-126.
25- Jin, H., W. Qingjie, L. Hongwen, L. Lijin, and G. Huanwen. 2009. Effect of alternative tillage and residue cover on yield and water use efficiency in annual double cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research .104:198-205.
26- Kasper, T. C., D. C. Erback, and R. M. Cruse. 1990. Corn response to seed row residue removal. Soil Science Society of America Journal. 54: 1112–1117.
27- Kirigwi, F. M., M. Ginkel Van, R. Trethowan, R. G. Sears, S. Rajaram, and G. M. Aulsen. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica. 135: 361–371.
28- Kumar, K., and K. M. Goh. 2000. Crop residue and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield and nitrogen recovery. Advances in Agronomy. 68: 197-319.
29- Lal, R. 1997. Residue management, conservation tillage and soil restorationfor mitigating greenhouse effect by CO_2- enrichment. Soil and Tillage Research. 43: 81–107.
30- Liao, Y. C., S. M. Han, and X. X. Wen. 2002. Soil water content and crop yield effects of mechanized conservation tillage-cultivation system for dryland winter wheat in the Loess tableland. Transaction CSAE. 4:68-71.
31- Lopez, R. J., L. Lopez, F. J. Lopez, and E. J. Castillo. 2003. Faba bean (*Vicia faba* L.) response with wheat (*Triticum aestivum* L.) under rainfed Mediterranean conditions. Agronomy Journal. 95: 1253-1261.
32- Luigi, C., F. Rizza, B. Farnaz, E. Mazzucotelli, A. M. Mastrangelo, E. Francia, T. Mare Alessandro, and M. A. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plant: Integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 105: 1-14.
33- Mrabet, R. 2000. Differential response of wheat to tillage management systems in a semiarid area of Morocco. Field Crops Research. 66: 165-174.
34- Nesmith, D. S., and G. T. Ritchie. 1992. Short and long-term response of corn to a per-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal. 84: 107-113.
35- Norwood, C. A. 2000. Dryland winter wheat as affected by previous crops. Agronomy Journal. 92, 121-127.
36- Pryor, R. 2006. Switching to No-Till Can Save Irrigation Water. Univ Nebraska-Lincoln Ext Pub EC196-3. www. ianrpubs. unl. Edu /epublic /live / ec196/ build/ec196-3.pdf.
37- Pessarakli, M. 2001. Handbook of plant and crop physiology. 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc. New York. 997 pp.
38- Pireivatlou, A. S., B. D. Masjedlou, and R. T. Aliyev. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in

wheat genotypes under postanthesis drought stress conditions. African Journal of Agricultural Research. 5: 2829-2836.
39- Rajjala, A., K. Hakala, P. Makela, S. Muurinen, and P. Peltonen-Sainio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research. 114: 263–271.
40- Raoufat, M. H., and R. A. Mahmoodieh. 2005. Stand establishment responses of maize to seedbed residue, seed drill coulters and primary tillage systems. Biosystems Engineering. 90: 261–269.
41- Rieger, S., W. Richner, B. Streit, E. Frossard, and M. Liedgens. 2008. Growth, yield and yield components of winter wheat and the effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilization. European Journal of Agronomy. 28: 405-411.
42- Royo, C., M. Abaza, R. Blanco, and L. F. Garc´ıadel Moral. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Australian Journal of Plant Physiology. 27: 1051-1059.
43- Siani, H. S., and D. Aspinall. 1981. Effects of water deficit on sporogensis in wheat. Annals of Botany. 43: 623-633.
44- Singh, H. P., D. R. Batish, and R. K. Kohli. 2003. Allelopathic in interaction and allelochemicals: new possibilities or sustainable weed management. Critical Reviews in Plant Science. 22: 239-311.
45- Shuang, L., Y. Z. Xing , Y. Jingyi, and F. D. Craig. 2013 .Effect of conservation and conventional tillage on soil water storage, water use efficiency and productivity of corn and soybean in Northeast China. Soil and Plant Science .63(5.)383-394.
46- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research. 98: 222–229.
47- Van Doren, D. M., J. R. Triplet, and J. E. Henry. 1976. Influence of long term tillage, crop rotation and soil type combination on corn yield. Soil Science Society of America Journal. 40: 100-105.
48- Wang, Z. M., A. L. Wei, and D. M. Zheng. 2001. Photosynthetic characteristic of non-leaf organs of winter wheat cultivar differing in ear type and their relationship with grain mass per ear. Photosynthetic. 39: 239-244.
49- Wiatrak, P. J., D. L. Wright, and J. J. Marois. 2006. The impact of tillage and residual nitrogen on wheat. Soil and Tillage Research. 91: 150-156.