

بررسی اثر تنش خشکی بر صفات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و عملکردی جو تحت روش های مختلف خاکورزی

کامی کابوسی*، گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
سعید رضایی نژاد، گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
آسیه سیاهمرگویی، استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه جو تحت روش های مختلف خاکورزی در شهرستان گرگان، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در فصل زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. عامل اصلی روش های مختلف خاکورزی شامل شخم با گاواهن برگردان دار، شخم با گاواهن قلمی، دو بار دیسک و بی خاکورزی و عامل فرعی مقادیر مختلف آبیاری در مرحله ۵۰٪ ظهور سنبله به میزان ۱۰۰٪، ۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۵۰٪ ظرفیت زراعی و بدون آبیاری بود. نتایج نشان داد تنش خشکی باعث تأخیر در بروز مراحل فنولوژیکی و کاهش ارتفاع گیاه، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گردید. خاکورزی با گاواهن قلمی تعداد روز تا بروز مراحل فنولوژیکی را کاهش داد. همچنین این تیمار منجر به افزایش کمی صفات تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در مترمربع گردید. ارتفاع گیاه در تیمارهای دو بار دیسک و بی خاکورزی به طور معنی داری کمتر از تیمارهای خاکورزی با گاواهن قلمی و برگردان دار بود. در تیمارهای خاکورزی حفاظتی به روش دو بار دیسک و بی خاکورزی کاهش وزن هزار دانه به ترتیب به میزان ۲/۳ و ۸ درصد نسبت به تیمار خاکورزی با گاواهن برگردان دار مشاهده گردید اما این کاهش معنی دار نبود. بیشترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت به ترتیب به میزان ۳۰۴۹ و ۹۳۲۲ کیلوگرم بر هکتار و ۳۲/۵۱ تحت شرایط استفاده از گاواهن قلمی مشاهده شد که اختلاف آن با سایر روش ها معنی دار بود.

واژه های کلیدی: آبیاری، تنش خشکی، جو، خاکورزی

* نویسنده مسئول: E-mail: kkaboosi@yahoo.com

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare L.*) با سازگاری وسیع اکولوژیکی، سطح زیرکشت ۵۴ میلیون هکتار و تولید حدود ۱۵۲ میلیون تن، چهارمین محصول مهم غلات بعد از گندم، ذرت و برنج در جهان می باشد (۱۸). جو با سطح زیرکشت حدود ۱/۵ میلیون هکتار دومین گیاه زراعی کشور می باشد.

به استناد آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ سطح زیرکشت جو در کشور ۱/۶۸ میلیون هکتار می باشد که حدود ۵۷٪ آن به صورت دیم می باشد. عملکرد کشت دیم و آبی جو در این سال به ترتیب حدود ۱۱۱۸ و ۳۲۹۳ کیلوگرم در هکتار بوده است به طوری که میزان کل تولید آن حدود ۳/۴۵ میلیون تن برآورد شده است (۱۰). کمبود یا تنش رطوبت هنگامی افزایش می یابد که تبخیر- تعرق پتانسیل از ظرفیت و توانایی ریشه ها برای استخراج آب از خاک یعنی تبخیر- تعرق واقعی بیشتر شود (۱۳). علی رغم آن که جو در مقایسه به سایر غلات نسبت به تنش خشکی مقاوم تر است، در دوره رشد و نمو خود در دو مرحله ساقه رفتن و تشکیل دانه نسبت به کمبود آب حساس است (۱۰).

تنش خشکی در مراحل گرده افشانی و پر شدن دانه به ترتیب موجب کاهش تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می شود. محدودیت دسترسی به آب در طول فصل رشد باعث کاهش ارتفاع گیاه، کاهش محتوای نسبی آب و پیری برگ ها می گردد (۲۸). تنش خشکی در مرحله گرده افشانی تا رسیدگی از طریق تسریع پیری برگ ها، کاهش طول دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن دانه سبب کاهش میانگین وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه می گردد. چنانچه تنش خشکی قبل و در طول دوره سنبله دهی جو رخ دهد، موجب بیشترین کاهش عملکرد می شود که نشان می دهد مراحل گلدهی و گرده افشانی حساسترین مراحل رشد جو به تنش خشکی می باشد (۲۷).

تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن هزار دانه و عملکرد می گردد. بیشترین تاثیر تنش خشکی در دوره پر شدن دانه بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده افشانی می باشد (۱۵). دولت پناه و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی گیاه جو در مقایسه با کشت دیم موجب افزایش معنی دار صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد پنجه بارور، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت می گردد و یک بار آبیاری می تواند عملکرد دانه را حدود ۱۳٪ افزایش دهد.

آبیاری جو در مرحله ظهور سنبله نسبت به مرحله شیری شدن موثرتر است و موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب می گردد (۱۲).

گاسپار و همکاران (۱۹۹۸) در آزمایشی روی دو رقم جو دو ردیفه نتیجه گرفتند که ارتفاع و ظرفیت پنجه زنی در شرایط تنش آبی کاهش می یابد. بیشترین میزان کاهش مربوط به صفات تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بود.

باقری و حیدری شریف آبادی (۲۰۰۷) با بررسی اثر تنش خشکی بر جو نشان دادند که تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط تنش رطوبتی کاهش معنی داری دارد. آنان کاهش عملکرد دانه را به تعداد کمتر سنبله در بوته و دانه در سنبله نسبت دادند.

اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد جو تاثیر معنی داری بر تعداد دانه در سنبله دارد و با تاثیر بر وزن هزار دانه منجر به کاهش عملکرد دانه می گردد (۲۰، ۲۳، ۲۴ و ۲۸). تنش آبی در کل فصل رشد موجب ۳۳٪ کاهش عملکرد جو می شود (۱۳). واعظی و همکاران (۲۰۱۳) این میزان را حدود ۲۸٪ گزارش نمودند. عدم آبیاری بعد از مرحله ظهور سنبله و گلدهی می تواند عملکرد جو را تا ۱۵٪ و حتی بیشتر کاهش دهد (۱۷). نتیجه مشابهی توسط ممنوعی و همکاران (۲۰۰۶) و تجلی و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. چنانچه تنش آبی بعد از مرحله ظهور سنبله اعمال گردد، یعنی در شرایطی که در عمل گیاه تقریباً به مراحل انتهایی رشد رویشی خود رسیده است، تنش خشکی نمی تواند اثر زیادی بر عملکرد بیولوژیکی گیاه داشته باشد در حالی که عملکرد دانه در این مرحله شکل می گیرد و بروز خشکی موجب کاهش تعداد سنبله بارور، تعداد دانه، وزن هزار دانه و طول دوره پر شدن دانه می گردد که در نتیجه عملکرد دانه را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد (۲۷).

تنش خشکی در مرحله سنبله دهی تا برداشت ارتفاع بوته و عملکرد دانه را به طور معنی داری تحت تاثیر قرار می دهد. بخشی خانیکی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که تحت این تنش، این دو صفت به ترتیب حدود ۱۳/۵ و ۵٪ کاهش می یابد. تنش آبی جو صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد برگ، وزن کل سنبله، تعداد سنبله در بوته، ارتفاع ساقه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را به طور معنی داری کاهش می دهد (۱۶).

عملیات خاکورزی حدود ۶۰٪ از انرژی مصرفی در عملیات کشاورزی را به خود اختصاص می دهد (۶). استفاده از ماشین های مرکب و روش های خاکورزی حفاظتی علاوه بر کاهش مصرف انرژی (سوخت) به دلیل کاهش یا حذف عملیات بستر کشت موجب کاهش قابل توجه زمان عملیات زراعی (۵۵٪ کاهش)، کاهش هزینه تولید، افزایش تولید در واحد سطح، به حداقل رسیدن فشردگی خاک و کاهش فرسایش خاک می گردد (۲). افضلی نیا و همکاران (۲۰۰۹) و دهقانیان و افضلی نیا (۲۰۱۲) گزارش نمودند که خاکورزی حفاظتی در کشت جو موجب صرفه جویی در مصرف سوخت به میزان ۷۷٪ و زمان مورد نیاز جهت تهیه زمین به میزان ۸۴٪ می گردد. خاکورزی حفاظتی به دلیل تبخیر کمتر و کاهش رواناب موجب ذخیره بیشتر رطوبت به ویژه در لایه بالایی خاک می گردد. در شخم متداول، به دلیل افزایش سطح تماس خاک با هوا و برگرداندن خاک مرطوب به سطح خاک، میزان تلفات رطوبت به ویژه در اوایل فصل رشد بیشتر می باشد (۳). روش های شخم که خاک را برمی گردانند مقدار نفوذپذیری آب به داخل را در کوتاه مدت افزایش می دهند ولی بعد از چند نوبت آبیاری یا بارندگی (به ویژه به علت برخورد قطرات باران با

ذرات خاک)، معمولاً به دلیل سله بستن سطح خاک، باعث کاهش نفوذ آب به داخل خاک می‌گردند (۳). نتایج یک پژوهش در مزرعه جو نشان داد که مصرف سوخت در روش خاکورزی مرسوم نسبت به روش‌های کم خاکورزی و بی‌خاکورزی به ترتیب حدود ۲ و ۴ برابر است در حالی که عملکرد محصول در روش خاکورزی مرسوم نسبت به روش‌های کم خاکورزی و بی‌خاکورزی به ترتیب حدود ۲ و ۳۰٪ افزایش داشت (۲). بوناری و همکاران (۱۹۹۵) اظهار داشتند که عملکرد محصول در روش مرسوم و کم خاکورزی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت. سوچا و همکاران (۱۹۹۷) اثر شخم سطحی و عمیق بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد جو را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد بیولوژیکی سبز در شخم سطحی کمتر از شخم عمیق بود.

در کشت دیم گندم در مناطقی که بارندگی کمتری دارد، بی‌خاکورزی در مقایسه با خاکورزی متداول محصول بیشتری را تولید می‌کند که علت آن تبخیر کمتر رطوبت از سطح خاک می‌باشد در حالی که در مناطق با میزان بارندگی بیشتر، روش خاکورزی متداول مناسب‌تر می‌باشد (۳ و ۸). کاهش عملکرد گندم، جو و جو دوسر در کشت دیم به میزان ۵٪ در نتیجه کمبود رطوبت خاک در مراحل اولیه رشد مشاهده شده است (۲۵). کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه جو بهاره به میزان ۷ و ۱۲٪ به ترتیب در خاکورزی کاهش یافته و بدون خاکورزی نسبت به خاکورزی متداول گزارش شده است در حالی که شاخص برداشت در هر سه تیمار یکسان بود (۱۹).

با توجه به این که زراعت جو در شهرستان گرگان در مراحل انتهایی رشد خود به دلیل کمبود بارندگی عموماً با تنش خشکی مواجه می‌گردد و نظر به پتانسیل خاکورزی حفاظتی در حفظ رطوبت و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، این پژوهش با هدف بررسی اثر مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی بر عملکرد جو تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در روستای تقی‌آباد شهرستان گرگان با مختصات $36^{\circ}52'$ طول جغرافیایی و $54^{\circ}37'$ عرض جغرافیایی و ارتفاع ۷۲ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ صورت گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید که عامل اصلی آن روش‌های مختلف خاک‌ورزی و عامل فرعی مقادیر مختلف آبیاری، هر کدام در ۴ سطح بود.

تیمارهای عامل اصلی شامل: شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر به همراه دو بار دیسک عمود بر هم به عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر به عنوان روش متداول خاکورزی در منطقه (T1)، شخم با گاوآهن قلمی به عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر به همراه دو بار دیسک بر هم به عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر به عنوان

روش کم خاکورزی (T2)، دو بار دیسک به عمق ۱۵-۱۰ سانتی متر به عنوان روش حداقل خاکورزی (T3) و بدون شخم به عنوان روش بدون خاکورزی (T4) و تیمارهای عامل فرعی شامل: آبیاری در مرحله ۵۰٪ ظهور سنبله به میزان ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی یا آبیاری کامل (I1)، ۷۵٪ ظرفیت زراعی یا تنش خفیف (I2)، ۵۰٪ ظرفیت زراعی یا تنش متوسط (I3) و بدون آبیاری یا کشت دیم یا تنش شدید (I4) می باشد. در این آزمایش از رقم متداول و مناسب منطقه (۱۱) که رقم صحرا (جوشش ردیفه) می باشد استفاده گردید.

به منظور تعیین مشخصات خاک، آزمون مواد غذایی و تعیین کود مورد نیاز، قبل از آماده سازی مزرعه، نمونه برداری مرکب به صورت تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک انجام پذیرفت (جدول ۱). نمونه برداری به صورتی انجام گرفت که از هر بلوک حداقل یک نمونه خاک تهیه گردد. بر اساس نتایج آزمون خاک، بافت خاک مزرعه لوم سیلتی و فاقد محدودیت شوری و قلیائیت می باشد. سپس مزرعه به ۳ بلوک (تکرار) که در هر بلوک ۴ کرت اصلی و در هر کرت اصلی ۴ کرت فرعی وجود داشت تقسیم بندی شد. در هر یک از کرت های اصلی عملیات خاکورزی مطابق با طرح آزمایشی اجرا شد و در حین آن کودهای مورد نیاز به خاک اضافه گردید.

جدول ۱: نتایج آزمون ویژگی های خاک

EC (ds/m)	اسیدیته گل اشباع	مواد خثی شونده (%)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	رس (%)	سیلت (%)	ماسه (%)	بافت خاک
۱/۲	۸/۱	۲۲/۵	۱/۱۲	۰/۱۱	۱۰/۶	۱۰۰	۱۸	۶۰	۲۲	Si-L

پس از تهیه بستر کشت، بذور ضد عفونی و بوجاری شده در تاریخ ۱۵ آذر ماه سال زراعی ۹۲-۹۱ با فاصله ردیف ۲۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱/۵ سانتی متر (تراکم کشت ۳۳۳ بوته در مترمربع) کشت شد. عمق کشت بذر ۶-۴ سانتی متر در نظر گرفته شد. کشت با تراکم بیشتری انجام شد و بوته های اضافی در مرحله ۴-۲ برگی تنک گردید. هر کرت فرعی از ۶ ردیف کشت به طول ۶ متر تشکیل شده بود. فاصله بین کرت های فرعی یک متر و فاصله بین کرت های اصلی با یکدیگر و فاصله بین بلوک ها ۲ متر رعایت شد. به منظور جلوگیری از نشت آب آبیاری بین کرت های مختلف، بین کرت های فرعی و در انتهای آنها پشته هایی به ارتفاع ۲۰ سانتی متر ساخته شد. برای تعیین میزان آبیاری در زمان آبیاری (در مرحله ۵۰٪ ظهور سنبله) نسبت به تهیه یک نمونه خاک از هر بلوک و تعیین ظرفیت زراعی (به روش دستگاه صفحات فشاری در فشار یک سوم اتمسفر) و وزن مخصوص ظاهری خاک (به روش تهیه نمونه دست نخورده توسط استوانه) اقدام شد. سپس با اندازه گیری درصد رطوبت جرمی خاک در کرت های آبیاری به روش وزنی، مقدار آبیاری با توجه به کمبود رطوبتی خاک نسبت به ظرفیت زراعی محاسبه

گردید و نهایتاً با توجه به مساحت هر کرت، حجم آبیاری محاسبه شد. آبیاری به روش سطحی انجام شد و آب آبیاری توسط لوله پلاستیکی از منبع (چاه) به ابتدای هر کرت فرعی منتقل گردید. پیش از انجام آبیاری، دبی جریان به روش حجمی اندازه گیری شد و مدت زمان آبیاری هر کرت بر اساس آن محاسبه و کنترل گردید. در طول فصل رشد عملیات وجین و مبارزه با علف های هرز صورت گرفت. با توجه به عدم مشاهده بیماری در طول فصل، از سم استفاده نشد.

در طول فصل رشد صفات فنولوژیکی شامل تعداد روز تا ۵۰٪ سبز شدن، تعداد روز تا ۵۰٪ ظهور سنبله، تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و تعداد روز تا برداشت ثبت شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی با حذف ۲ ردیف کناری (ردیف های کشت ۱ و ۶) و ۲ متر از بالا و پایین ۴ ردیف باقی مانده به منظور حذف اثرات حاشیه ای، صفات مورد نظر اندازه گیری گردید. صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته در زمان برداشت و طول سنبله با انتخاب ۱۰ بوته به صورت تصادفی از ردیف های کشت ۲ و ۵ اندازه گیری گردید. صفات تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در متر مربع، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی (دانه)، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت با انتخاب ۱۰ بوته به صورت تصادفی از ردیف های کشت ۳ و ۴ اندازه گیری گردید. تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین ها با استفاده از روش حداقل اختلافات معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکردی به ترتیب در جدول های ۲ و ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد اثر ساده خاکورزی بر تمام صفت بجز وزن هزار دانه اثر معنی دار دارد. اثرات ساده آبیاری نیز به جز صفات تعداد روز تا سبز شدن و تعداد روز تا ظهور سنبله، کلیه صفات را تحت تاثیر قرار داده است. همچنین اثرات متقابل خاکورزی و آبیاری بر صفات تعداد سنبله در بوته و شاخص برداشت اثر معنی دار دارد. پایین بودن مقدار ضریب تغییرات حاکی از دقت آزمایش دارد. لازم به ذکر است، از آنجا که آبیاری در مرحله ظهور سنبله صورت گرفت، صفات تعداد روز تا سبز شدن و تعداد روز تا ظهور سنبله تحت تاثیر آبیاری قرار نگرفته است. نتایج مقایسه میانگین های صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکردی به ترتیب در جدول های ۴ و ۵ ارائه شده است.

نتایج نشان می دهد که در شرایط خاکورزی با گاوآهن قلمی تعداد روز تا بروز مراحل فنولوژیکی کاهش می یابد. این موضوع به سبب آن است که این نوع خاکورزی علاوه بر آن که باعث نرمی خاک، بهبود استقرار بذر و رشد بهتر ریشه می شود، با کاهش میزان تلفات آب و حفظ رطوبت خاک شرایط بهینه تری را برای گیاه به وجود می آورد. به نظر می رسد ترکیب بهتر بقایای گیاهی با خاک و مناسب تر شدن بستر کشت از لحاظ فیزیکی و تهویه در تیمار شخم با گاوآهن قلمی از یک طرف و کاهش تبخیر رطوبت از

سطح خاک (نسبت به تیمار شخم با گاوآهن برگرداندار) منجر به استقرار و جوانه زنی سریع تر بذر و بروز سریع تر مراحل فنولوژیکی گیاه گردیده است به طوری که در تیمارهای حداقل و بدون خاکورزی به دلیل تماس کمتر بذر در بستر پوشیده از بقایای گیاهی با خاکدانه‌ها موجب استقرار ضعیف بذر در خاک می‌گردد.

شرایط عدم آبیاری باعث تأخیر در بروز مراحل فنولوژیکی گردید و از این طریق باعث تأخیر زمان برداشت می‌گردد به طوری که تیمار آبیاری به میزان ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی باعث کاهش تعداد روز تا رسیدن به صفات فنولوژیک شد که در تضاد با نتایج واعظی و همکاران (۲۰۱۳) و دولت پناه و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد. مکانیسم فرار از خشکی گیاهان را قادر می‌سازد با کوتاه کردن دوره رشد در مقابل کمبود رطوبت آخر فصل رشد از خود مقاومت نشان دهند (۲۲). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، بارندگی بهاره در آخر فصل رشد موجب گردید تعداد روز تا برداشت تیمارهای تحت تنش به دلیل امکان استفاده از رطوبت خاک ناشی از بارندگی کمی افزایش یابد در حالی که تیمار آبیاری کامل با جذب رطوبت مورد نیاز از طریق آبیاری، فصل رشد خود را زودتر به پایان رسانیده بود و بارندگی بهاره تأثیری در طول فصل رشد آن نداشت. به تأخیر افتادن زمان گلدهی و مواجه شدن این مرحله با دمای بالا سبب کاهش میزان باروری دانه و در نهایت کاهش عملکرد گیاه می‌گردد. با وجود آن که افزایش تعداد روز تا برداشت به جهت استفاده از شرایط محیطی موجب افزایش فتوسنتز و عملکرد گردیده و صفت مطلوبی می‌باشد اما در مناطق خشک به علت کاهش میزان رطوبت و مواجهه مراحل پایانی رشد با گرمای انتهای فصل و احتمال بروز تنش خشکی، افزایش این صفت نامطلوب می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که ارتفاع گیاه در تیمارهای حداقل و بدون خاکورزی به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای خاکورزی متداول و کم خاکورزی می‌باشد که با نتایج رامادهان (۲۰۱۳) که گزارش نمود ارتفاع گیاه جو در تیمار خاکورزی رایج بیشتر از تیمار خاکورزی کاهش یافته و در آن بیشتر از تیمار بدون خاکورزی می‌باشد، مطابقت دارد. انجام آبیاری تکمیلی و افزایش رطوبت قابل دسترس باعث افزایش ارتفاع گیاه و طول گردید. تحقیقات متعددی نشان داده است با کاهش آبیاری در مراحل مختلف رشد، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (۲۸). به طور کلی در بسیاری از گیاهان خانواده گندمیان تنش کمبود آب باعث تاخیر در طویل شدن ساقه می‌شود که این امر موجب کاهش فاصله میان گره‌ها و در نتیجه کاهش اندازه گیاه می‌گردد. آبیاری در مرحله ظهور سنبله باعث رشد بهتر و استفاده بیشتر گیاه از تشعشع خورشید و جذب مواد غذایی خاک گردید که در نتیجه آن طول سنبله در گیاه نیز افزایش یافت. چنین امری توسط دولت پناه و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش گردیده است. افزایش طول سنبله از طریق افزایش تعداد دانه در سنبله می‌تواند بر میزان عملکرد تأثیر گذار باشد.

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات فنولوژیکی و مورفولوژیکی جو

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		روز تا سبز شدن	روز تا ظهور سنبله	روز تا گلدهی	روز تا برداشت	ارتفاع بوته
طول سنبله (cm)						
بلوک	۲	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۷۷ ^{ns}	۱/۸۹ ^{ns}	۹/۷۵ ^{ns}	۸/۷۴ ^{ns}
خاکورزی	۳	۶/۸۶ ^{**}	۱۴۸/۸۵ ^{**}	۷۲/۲۴ ^{**}	۱۵۳/۴۶ ^{**}	۵۸۵/۶ ^{**}
خطای ۱	۶	۰/۱۸	۵/۱۰	۱/۵۳	۲/۶۹	۲۷/۵
آبیاری	۳	۵/۹۱ ^{ns}	۲/۵۷ ^{ns}	۴۳/۵۲ ^{**}	۹۱/۵۲ ^{**}	۴۷۴/۱ ^{**}
خاکورزی×آبیاری	۹	۰/۰۷۶ ^{ns}	۲/۱۳ ^{ns}	۲/۴۶ ^{ns}	۴/۵۷ ^{ns}	۵/۲ ^{ns}
خطای ۲	۲۴	۰/۵۱	۰/۹۹	۱/۲۹	۲/۲۹	۱۶/۳۷
ضریب تغییرات (%)		۴/۴۵	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۸۲	۳/۷۸
		۷/۳۹				

**،* و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

مقایسه میانگین صفات تعداد سنبله در بوته (که تحت تأثیر تعداد پنجه در بوته است)، تعداد دانه در سنبله (جدول ۵) و تعداد دانه در مترمربع (که به طور مستقیم تحت تأثیر صفات تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله قرار دارد) نشان می دهد که اگر چه بین تیمارهای خاکورزی با گاوآهن قلمی و خاکورزی با گاوآهن برگردان دار اختلاف معنی داری وجود ندارد اما استفاده از گاوآهن قلمی موجب افزایش این صفات گردید. افزایش معنی دار تعداد سنبله در شرایط خاکورزی متداول نسبت به تیمارهای حداقل و بدون خاکورزی توسط رامادهان (۲۰۱۳) و مالکا و بلچارژیک (۲۰۰۸) نیز گزارش گردیده است. در صورت وجود آب مورد نیاز در دسترس ریشه شرایط برای پنجه زنی فراهم گردیده و تعداد پنجه ها افزایش پیدا می کند که منجر به افزایش تعداد سنبله می گردد. به نظر می رسد افزایش تعداد دانه در سنبله در تیمارهای تحت آبیاری تکمیلی به موجب افزایش طول سنبله و افزایش میزان باروری سنبله می باشد. افزایش تعداد سنبله بارور جو در شرایط آبیاری نسبت به تنش آبی توسط دولت پناه و همکاران (۲۰۱۳) گزارش گردیده بود. واعظی و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که تعداد دانه در سنبله جو تحت آبیاری حدود ۱۰٪ (حدود ۴ دانه در سنبله) افزایش می یابد. نتایج این تحقیق با پژوهش ممنوعی و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات عملکردی جو

شاخص برداشت	میانگین مربعات						منابع تغییر
	عملکرد بیولوژیکی (Kg/ha)	عملکرد دانه (Kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در بوته	
۰/۴۲ ^{ns}	۳۳۶۲۴۵۵ ^{ns}	۲۷۷۵۵۳ ^{ns}	۸/۵۸ ^{ns}	۱۰۶۱۸۱۶۸۵ ^{ns}	۱۱/۶ ^{ns}	۰/۹۶ ^{ns}	۲ بلوک
۷۹/۵۱ ^{**}	۶۳۶۸۱۲۰ ^{**}	۸۷۰۱۲۲۶ ^{**}	۳۸/۸۰ ^{ns}	۴۸۵۱۷۶۵۰۳۴ ^{**}	۳۳۸/۸ ^{**}	۱۵/۸۷ ^{**}	۳ خاکورزی
۰/۸۲	۲۴۱۵۰۵۰	۲۴۲۱۸۸	۲۷/۳۸	۴۲۵۸۸۷۲۶۲	۳۰/۹	۱/۳۱	۶ خطای ۱
۶۰/۲۷ ^{**}	۱۳۲۹۵۹۸۷ ^{**}	۲۵۵۴۰۸۳ ^{**}	۵۲/۵۸ ^{**}	۱۱۰۷۸۱۶۴۹۱ ^{**}	۹۲/۴۷ ^{**}	۳/۲ ^{**}	۳ آبیاری
۰/۶۵ [*]	۹۰۶۵۹ ^{ns}	۳۷۸۳۶ ^{ns}	۶/۱۲ ^{ns}	۳۸۲۸۴۱۴۰ ^{ns}	۲/۶ ^{ns}	۰/۱۰ ^{**}	۹ خاکورزی×آبیاری
۰/۲۶	۲۰۶۶۷۸	۱۹۰۹۰	۳/۲۱	۲۱۷۵۱۷۶۹	۲/۹	۰/۰۳	۲۴ خطای ۲
۱/۷۲	۶/۸۳	۶/۷۴	۴/۶۳	۹/۰۱	۵/۶۴	۳/۷۱	ضریب تغییرات (%)

***، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۴: مقایسه میانگین صفات فنولوژیکی و مورفولوژیکی جو

تیمار	روز تا سبز شدن	روز تا ظهور سنبله	روز تا گلدهی	روز تا برداشت	ارتفاع بوته (cm)	طول سنبله (cm)
شنخم با گاوآهن برگردان دار	۹/۱۶ ^c	۱۱۰/۱۶ ^b	۱۲۰/۶۶ ^c	۱۸۳/۹۱ ^b	۱۱۱/۴۷ ^a	۸/۳۲ ^{ab}
شنخم با گاوآهن قلمی	۷/۶۶ ^d	۱۰۶/۳۳ ^c	۱۱۸/۲۵ ^d	۱۷۹/۴۱ ^c	۱۱۳/۴۵ ^a	۹/۰۷ ^a
دو بار دیسک	۱۰/۰۸ ^b	۱۱۱/۵۸ ^b	۱۲۲/۰۸ ^b	۱۸۴/۸۳ ^b	۱۰۵/۰۸ ^b	۷/۵۱ ^b
بدون خاکورزی	۱۱/۲۵ ^a	۱۱۴/۸۳ ^a	۱۲۴/۰۸ ^a	۱۸۸/۰۸ ^a	۹۸/۰۱ ^c	۶/۹۸ ^b
۱۰۰٪ ظرفیت زراعی	۹/۳۴ ^a	۱۰۸/۱۶ ^c	۱۱۹/۰۷ ^d	۱۸۰/۵۸ ^d	۱۱۲/۰۹ ^a	۹/۱۰ ^a
۷۵٪ ظرفیت زراعی	۱۱/۱۵ ^a	۱۱۰/۴۱ ^b	۱۲۰/۵۰ ^c	۱۸۳/۳۳ ^c	۱۱۰/۸۷ ^a	۸/۴۰ ^b
۵۰٪ ظرفیت زراعی	۸/۹۵ ^a	۱۱۱/۰۸ ^b	۱۲۲/۰۱ ^b	۱۸۵/۳۱ ^b	۱۰۶/۸۵ ^b	۷/۹۱ ^b
بدون آبیاری	۱۰/۷۲ ^a	۱۱۳/۲۵ ^a	۱۲۳/۵۰ ^a	۱۸۷/۰۲ ^a	۹۸/۱۹ ^c	۶/۴۹ ^c

در هر ستون میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

جدول ۵: مقایسه میانگین صفات عملکردی جو

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی (Kg/ha)	عملکرد دانه (Kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در بوته	تیمار
۳۰/۹۵ ^b	۷۶۷۳ ^b	۲۳۹۱ ^b	۳۹/۴۱ ^a	۶۰۰۴۴ ^{ab}	۳۳/۴۱ ^{ab}	۵/۴۰ ^{ab}	شخم با گاوآهن برگردان دار
۳۲/۵۱ ^a	۹۳۱۲ ^a	۳۰۴۹ ^a	۴۰/۵۸ ^a	۷۵۳۱۷ ^a	۳۵/۵۸ ^a	۶/۳۴ ^a	شخم با گاوآهن قلمی
۲۹/۶۴ ^c	۵۵۳۴ ^c	۱۶۵۸ ^c	۳۸/۵۰ ^a	۴۲۱۷۴ ^{bc}	۲۸/۰۲ ^{bc}	۴/۵۲ ^{bc}	دو بار دیسک
۲۶/۴۵ ^d	۴۰۹۲ ^c	۱۰۹۷ ^d	۳۶/۳۳ ^a	۲۹۴۵۵ ^c	۲۳/۸۳ ^c	۳/۶۶ ^c	بدون خاکورزی
۳۲/۶۴ ^a	۷۷۱۶ ^a	۲۵۶۸ ^a	۴۱/۱۶ ^a	۶۲۴۵۰ ^a	۳۳/۴۱ ^a	۵/۴۷ ^a	۱۰۰٪ ظرفیت زراعی
۳۰/۴۰ ^b	۷۲۳۳ ^b	۲۲۳۹ ^b	۳۹/۵۸ ^b	۵۵۵۱۲ ^b	۳۱/۳۳ ^b	۵/۲۲ ^b	۷۵٪ ظرفیت زراعی
۲۹/۲۵ ^c	۶۳۳۵ ^c	۱۸۹۷ ^c	۳۷/۶۶ ^c	۴۹۱۸۴ ^c	۲۹/۰۸ ^c	۴/۹۶ ^c	۵۰٪ ظرفیت زراعی
۲۷/۲۷ ^d	۵۳۲۸ ^d	۱۴۹۲ ^d	۳۶/۴۱ ^c	۳۹۸۴۵ ^d	۲۷/۰۱ ^d	۴/۲۷ ^d	بدون آبیاری

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

اگر چه خاکورزی حفاظتی موجب کاهش وزن هزار دانه گردید اما این کاهش معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد با افزایش تعداد دانه در سنبله، توزیع مواد فتوسنتزی بین تعداد دانه‌های بیشتر باعث کوچک و چروکیده شدن دانه‌ها شده و در نهایت وزن هزار دانه را کاهش داده است.

آبیاری در مرحله ظهور سنبله موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید. وقتی غلات در هنگام پر شدن دانه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، علاوه بر کاهش میزان فتوسنتز، انتقال مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه نیز کاهش می‌یابد. همچنین تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن هزار دانه و عملکرد می‌گردد. افزایش وزن هزار دانه جو در شرایط آبیاری تکمیلی توسط دولت پناه و همکاران (۲۰۱۳)، واعظی و همکاران (۲۰۱۳) و ساجد گلجه و همکاران (۲۰۱۴) گزارش گردید.

بیش‌ترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت تحت شرایط استفاده از خاکورزی با گاوآهن قلمی مشاهده شد و اختلاف آن با سایر روش‌ها معنی‌دار بود. کمترین مقدار این صفات نیز در شرایط حداقل و بی‌خاکورزی مشاهده گردید که با نتایج مالکا و بلچارژیک (۲۰۰۸) و رامادهان (۲۰۱۳) همخوانی دارد. کاهش عملکرد در شرایط حداقل و بی‌خاکورزی به استقرار و رشد کمتر بوته، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش مقاومت مکانیکی خاک برای رشد ریشه و کاهش جذب مواد غذایی نسبت داده شده است (۲، ۳، ۱۹ و ۲۵). آبیاری تکمیلی جو به دلیل افزایش فتوسنتز و تجمع ماده خشک بیشتر و همچنین رشد رویشی و زایشی بهتر گیاه موجب افزایش توده اندام هوایی، عملکرد بیولوژیکی و دانه گردید. تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی و دانه می‌شود اما افزایش شدت تنش میزان عملکرد دانه را به مراتب بیشتر از عملکرد بیولوژیکی کاهش می‌دهد و در نتیجه با افزایش شدت تنش رطوبتی، شاخص برداشت نیز کاهش می‌یابد. این موضوع توسط ساجد گلجه و

همکاران (۲۰۱۴) و باقری و حیدری شریف آبادی (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است.

منابع

- 1- Afzalnia, S., Dehghaneian, M. and Talati, M. H. 2009. Effect of conservation tillage on soil physical properties, fuel consumption and wheat yield. Forth Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering. October 1-3, 2009. Rousse, Bulgaria.
- 2- Akbarnia, A. 2013. Study of fuel consumed and crop yield of three tillage methods in barley farms. J. of Plant Production, Vol. 20 (1): 203-210. [In Persian with English Summary]
- 3- Azimzadeh, S. M., Koocheki, A. R. and Bala, M. 2002. Effect of different tillage methods on bulk density, porosity, soil moisture content and yield of wheat under dryland conditions. Iranian Journal of field crop Science, 4(3): 209-224. [In Persian with English Summary]
- 4- Bagheri, A. and Heidari Sharif Abadi, H. 2007. Effect of drought and salt stresses on yield, yield components and ion content of hull-less barley (*Hordeum sativum* L.). Journal of New Agricultural Sciences, 7: 1-16. [In Persian with English Summary]
- 5- Bakhshi Khaniki, Gh., Fattahi, F. and Yazdchi, S. 2007. Drought effects on morphologic traits of 10 barley varieties in Osko area, Eastern Azarbaijan province. Pajouhesh and Sazandegi, 74: 108-114. [In Persian with English Summary]
- 6-Behrouzilar, M. 1991. Management of Tractor and Agricultural Machinery. University of Tehran Publication, No. 1856, 420p. (In Persian)
- 7- Bonari, E., Mazzoncini, M. and Peruzzi, A. 1995. Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) in a sandy soil. Soil Tillage Research, 33: 91-108.
- 8- De Vita, P., De Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N. and Pisante, M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research, 92(1-2): 69-78.
- 9- Dehghaneian, M. and Afzalnia, S. 2012. Effect of conservation tillage on grain drill performance, barley yield and barley yield components. The 7th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, September 14-16, 2012. Shiraz University, Iran.
- 10- Dolatpanah, T., Roostaii, M., Ahakpaz, F. and Mohebalipoor, N. 2013. Effect of Drought Stress on Grain Yield and Yield Components of winter and Facultative Barley Genotypes in Maragheh Region. Seed and Plant Improvement Journal, 29 (2): 257-275. (In Persian)
- 11- Etesami, M., Galeshi, S., Soltani, A. and Noorinai, N. 2008. Investigation of changes harvest index, yield and grain yield components in modern and old barley genotype. (*Hordeum vulgare*). Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 15(5): 19-25. [In Persian with English Summary]
- 12- Fathbaheri, C., Javanshir, A., Kazemi, H. and Aharizad, C. 2005. Irrigation effects on different phenologic stages of spring barley agronomic traits. Iranian Journal of Agriculture Science, 36(1): 169-176. [In Persian with English Summary]
- 13- Fazel Najafabadi, M., Bihamta, M. R., Nikkhah, H. R. and Peighambari, S. A. 2009. A study of barley (*hordeum vulgare* l.) yield determining traits in stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Agriculture Science, 40 (1): 55-67. [In Persian with English Summary]
- 14- Gaspar, I., Zama, E. and Drobot, C. 1998. Modifications caused by weather stress in the morphoproduative elements of spring barley. Cercetari Agronomice in Moldova, 31(1-2): 67-71.
- 15- Goding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R. and Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of winter wheat. Journal of Cereal Sciences 37(3): 295-309.
- 16- Karami, E., Ghannadha, M. R., Naghavi, M. R. and Mardi, M. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. Iranian Journal of Agriculture Science, 36(3): 547-560. [In Persian with English Summary]
- 17- Khalil, F. A., Ouda, S. A. and Tantawy, M. M. 2007. Predicting the effect of optimum irrigation and water stress on yield and water use of barley crop. Journal of Applied Sciences Research, 3(1): 1-6.
- 18- Koocheki, A. R., Amini Sefidab, A., Sharifalhosseini, M. and Komaili, H. R. 2011. Evaluation and selection of international barley lines under late season drought stress conditions (short communication). Environmental Stresses in Crop Sciences, 4(1): 87-91. [In Persian with English Summary]
- 19- Malecka, I. and Blecharczyk, A. 2008. Effect of tillage systems, mulches and nitrogen fertilization on spring barley (*Hordeum vulgare* L.). Agronomy Research 6(2): 517-529.
- 20- Mammouei, E., Fotouhi Ghazvini, R., Esfahani, M. and Nakhoda, B. 2006. The effects of water deficit on crop yield and the physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. Journal of

Agricultural Science and Technology (JAST), 8(3): 211-219.

21- Ramadhan, M. N. 2013. Tillage system and seeding rates effect on yield components, seed yield and biological yield of barley cultivars. J. Basrah Researches (Sciences), 39(1): 33-46.

22- Sabaghpour, S. H. 2005. Parameters and mechanisms of drought tolerance in crops. National Committee of Agricultural Aridity and Drought Management, 154 pp. [In Persian]

23- Sajed Gollojeh, K., Ebadi, A. and Sanjari, A. Gh. 2013. Effect of stress on grain yield and dry matter accumulation in three spring barley genotypes. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 98: 110-120. [In Persian with English Summary]

24- Samarah, N. H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy for Sustainable Development, 25(1): 145- 149.

25- Schillinger, W. F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for dry land spring wheat, barley, and oat. Crop Science, 45: 2636- 2643.

26- Sojka, R. E., Horn, D. J., Ross, C. W. and Baker, C. J. 1997. Subsoiling and surface tillage effects on soil physical properties and forage oat stand and yield. Soil Tillage Research, 40: 125-144.

27- Tajalli, H., Mosavi, GH. R., Baradaran, R. and Saberi, M. H. 2012. The study of promising genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) under end of season drought stress conditions (short communication). Environmental Stresses in Crop Sciences, 4(2): 173-177. [In Persian with English Summary]

28- Vaezi, B., Bavei, V., Ghanavati, M. and Ebrahimpoor, F. 2013. Evaluation of barley lines for drought tolerance under field condition. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 97: 10-20. [In Persian with English Summary]