



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۱

صفحه‌های ۲۹۶-۲۸۳

DOI: 10.22059/jci.2021.309207.2444

مقاله پژوهشی:

تأثیر کم‌آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

نیکروز شیرین‌زاده^۱، محمدحسن بیگلویی^{۲*}، کرامت اخوان^۳، عادل محمدی^۴

۱. کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، مجتمع باغات میوه شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان، مغان، ایران.

۲. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۳. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، مغان، ایران.

۴. دانش‌آموخته دکتری، سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل، اردبیل، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم مروارید، آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با سه تیمار اصلی شامل روش آبیاری قطره‌ای نواری سطحی (TS)، آبیاری قطره‌ای نواری زیرسطحی (TSS) و آبیاری فارو (F) و سه تیمار فرعی شامل سطوح مختلف آبیاری به‌صورت کم‌آبیاری با ۵۰ (I1)، کم‌آبیاری با ۷۵ (I2) و آبیاری کامل با ۱۰۰ (I3) درصد نیاز آبی گیاه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان اردبیل در منطقه مغان انجام گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بیش‌ترین وزن هزاردانه، شاخص برداشت و تعداد پنجه در واحد سطح به‌ترتیب با ۰/۰۵ کیلوگرم، ۴۲ درصد و ۴۴/۵۶ در I3 و میزان پروتئین با ۹/۵۶ درصد در I2 به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین عملکرد دانه و بهره‌وری آب به‌ترتیب با ۷۱۲۲/۳۳ کیلوگرم در هکتار و ۱/۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش آبیاری TS با سطح آبیاری I3 (در بهره‌وری آب، تیمار I3 با I2 اختلاف معنی‌داری نداشت) بود و کم‌ترین آن‌ها با ۲۸۶۶/۷۷ کیلوگرم در هکتار و ۱/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب در روش آبیاری F به‌ترتیب در سطوح آبیاری I2 و I3 به‌دست آمد. بنابراین روش آبیاری قطره‌ای نواری سطحی (TS) با تیمارهای سطح کم‌آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (I2) و آبیاری کامل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (I3) به‌ترتیب در شرایط محدودیت آب و عدم محدودیت آب می‌توانند گزینه مناسبی برای تولید محصول گندم در منطقه مغان باشند.

کلیدواژه‌ها: آبیاری فارو، آبیاری قطره‌ای، پروتئین، شاخص برداشت، عملکرد دانه.

The Effect of Deficit Irrigation and Irrigation Method on Water Productivity, Yield, and Yield Components of Wheat

Nikrooz Shirinzadeh¹, Mohammad Hassan Biglouei^{2*}, Karamat Akhavan³, Adel Mohammadi⁴

1. Expert of Irrigation and Drainage, The Complex of Fruit orchards of Cultivated Company and Industry and Animal Husbandry, Moghan, Iran.

2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, Rasht, Iran.

3. Research Assistant Professor of Research Center of Agricultural Training and Natural Resources, Moghan-Ardabil, Iran.

4. Former Ph.D. Student, Agricultural Jihad Organization, Ardebil, Iran.

Received: September 2, 2020

Accepted: June 9, 2021

Abstract

In order to investigate the effect of deficit irrigation on quantitative and qualitative characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) Morvareed cultivar, an experiment has been carried out with three main treatments including surface drip irrigation (TS), subsurface drip irrigation (TSS), and Furrow irrigation (F), as well as three submain treatments containing irrigation levels 50% (I1), 75% (I2), and 100% (I3) of the plant water requirement. It has taken place in the research farm of Ardebil Agricultural Research and Training Center in Moghan region during 2016-2017. The experiment is conducted as split plot based on randomized complete blocks design with three replications. Results show that the highest 1000-grain weight, harvest index and number of tillers per unit area are obtained with 0.05 kg, 42% and 448.56 in I3 and protein content with 9.56% in I1, respectively. Also, the highest grain yield (7122.33 kg ha⁻¹) is obtained from the TS with irrigation level of I3 (no significant difference between I3 and I1). Meanwhile, the highest water productivity based on grain yield with 1.81 kg m⁻³ is obtained from the treatment of F with I1. The lowest grain yield with 2866.67 kg ha⁻¹ and water productivity based on grain yield with 1.05 kg m⁻³ belongs to F with irrigation levels of I1 and I3, respectively. Therefore, the surface drip (TS) with 75% (I2) and 100% (I3) of crop water requirement in conditions of water deficiency and no-water-deficiency, respectively, can be considered as optimum methods for wheat production in the Moghan region.

Keywords: Drip irrigation, furrow irrigation, grain yield, harvest index, protein.

۱. مقدمه

در شرایط خاص اقلیمی کشور ایران که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی واقعیت انکارناپذیر آن است، تولید هرگونه مواد غذایی و کشاورزی پایدار منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع آب محدود آن است. در همین راستا می‌توان گفت که آب آبیاری مهم‌ترین نهاده کشاورزی است و سهم بخش کشاورزی در استحصال منابع آب تجدیدپذیر کشور حدود ۸۸/۹ درصد می‌باشد (Research Center of the Islamic Consultative Assembly, 2017). گندم با میزان تولید آبی ۸/۲ میلیون تن از سطح زیر کشت ۱/۹۳۲ هزار هکتار در بین پنج محصول زراعی کشور با ۳۱/۴ درصد، بیش‌ترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین گندم یکی از محصولات عمده در استان اردبیل بوده که سطح زیر کشت آبی آن در همان سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۶) در حدود ۷۰۳۱۰ هکتار بود که ۷۲ درصد سطح زیر کشت غلات استان را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al, 2019). در حال حاضر روش آبیاری مورد استفاده برای محصول گندم، به‌طور عمده انواع روش‌های سطحی (کرتی، نواری و شیاری) می‌باشد که نسبت به روش‌های نوین آبیاری، راندمان آبیاری کم‌تر و حجم آب مصرفی بیش‌تری دارند. استفاده از روش‌های نوین آبیاری تحت فشار به‌ویژه قطره‌ای نواری هم‌زمان با استراتژی کم‌آبیاری موجب کاهش مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب می‌شود که کشاورزان در روش آبیاری قطره‌ای نواری با اعمال مقدار و دور آبیاری مشخص می‌توانند راندمان آبیاری را بهبود بخشند. کم‌آبیاری به بیان ساده برنامه خاصی است که در آن گیاهان به‌صورت عامدانه و عالمانه به مقدار کم‌تری از حداکثر آب مصرفی دسترسی پیدا می‌کنند که با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن با گسترش

سطح همراه می‌باشد، اما در نهایت سود و یا عملکرد حاصله به‌ازای واحد آب مصرفی افزایش می‌یابد (English & Raja, 1996).

استفاده از روش‌های آبیاری مدرن به‌همراه کاربرد مدل‌های تعیین نیاز آبی گیاهان می‌تواند در افزایش مقدار کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش به‌سزایی داشته باشد. روش آبیاری قطره‌ای که در آن آب فقط در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و از آبیاری بخشی از زمین که فاقد گیاه است خودداری می‌شود، می‌تواند تا اندازه‌ای مشکل کم‌آبی در زراعت را حل کند. در پژوهشی که توسط Tahany et al. (2015) در زمینه تأثیر کم‌آبیاری روی عملکرد گندم با به‌کارگیری روش آبیاری قطره‌ای انجام گرفت، بیان شد که بیش‌ترین عملکرد دانه و زیست‌توده (ماده خشک) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین آن‌ها در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. پژوهشی که Kumarjha et al. (2019) در زمینه اثر آبیاری (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و روش‌های آبیاری (بارانی، قطره‌ای سطحی و فارو) بر عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم زمستانه در سال‌های زراعی ۲۰۱۴-۲۰۱۵ و ۲۰۱۵-۲۰۱۶ انجام دادند، بیش‌ترین عملکرد دانه و شاخص برداشت را در روش آبیاری قطره‌ای سطحی با ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آوردند. هم‌چنین Ibragimov et al. (2017) بررسی‌هایی که روی روش‌های آبیاری قطره‌ای و فارو انجام دادند، نتیجه گرفتند که صرفه‌جویی در مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش آبیاری فارو بین ۱۸ تا ۴۲ درصد بیش‌تر بود و هم‌چنین Torknezhad et al. (2006) پژوهشی که در مورد روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و فارو در زراعت گندم انجام دادند نتیجه گرفتند که بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای نواری تقریباً دو

تأثیر کم‌آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

کشاورزی استان اردبیل (مغان) واقع در شهرستان پارس‌آباد مغان با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. پژوهش حاضر به صورت کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمار اصلی شامل سه روش آبیاری؛ قطره‌ای نواری (تیپ) سطحی (TS)، قطره‌ای نواری (تیپ) زیرسطحی (TSS) و فارو (F) و تیمار فرعی شامل سه سطح آبیاری به صورت؛ کم‌آبیاری با ۵۰ (I1)، کم‌آبیاری با ۷۵ (I2) و آبیاری کامل با ۱۰۰ (I3) درصد نیاز آبی گیاه بود.

به منظور آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در تاریخ ۱۵ آبان‌ماه یک شخم به عمق ۳۰ سانتی‌متر و در تاریخ ۱۷ آبان‌ماه سال ۱۳۹۵ یک دور دیسک زده شد و سپس در تاریخ ۱۹ آبان‌ماه با استفاده از دستگاه ردیف‌کار، جوی و پشته‌ها ایجاد شدند. پس از آماده‌سازی زمین، در تاریخ ۲۱ آبان‌ماه عمل کاشت با دستگاه بذر کار مخصوص کشت غلات، انجام شد و بلافاصله کل قطعات به صورت یکپارچه با روش ثقلی آبیاری (خاک‌آب) شدند. پس از رسیدن رطوبت خاک به حد گاورو براساس تعداد تیمار و تکرارهای تعریف‌شده، به طوری که فاصله بین تکرارها سه متر و فاصله بین تیمارها دو متر باشد کرت‌بندی زمین انجام گرفت و سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی و فارو پیاده شد. در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری از تیپ‌های با ضخامت ۱۷۵ میکرون با فاصله روزنه ۱۰ سانتی‌متر و دبی چهار لیتر در ساعت در هر متر طول استفاده شد. این آزمایش در ۲۷ کرت که مساحت هر یک از آن‌ها ۱۴ مترمربع (۲×۷) و در هر کرت نه ردیف کشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر و برای هر سه ردیف یک خط نوار تیپ در نظر گرفته شده بود، اجرا شد. در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نوارهای تیپ در

برابر روش آبیاری فارو بود و این پژوهش‌گران افزایش عملکرد دانه را در روش آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با روش آبیاری فارو ۱۱/۴ درصد به دست آوردند. بررسی تأثیر تنش آبی بر عملکرد گندم با سطوح آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه نشان داد که عملکرد محصول در سطوح کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل به ترتیب ۲۰ و ۱۲ درصد کاهش داشت و ارزش آب صرفه‌جویی‌شده قابل مقایسه با ارزش عملکرد کاهش یافته نیست و این مسأله در سطوح وسیع بسیار مهم و حیاتی می‌باشد (Mugabe & Nyakatawa, 2000). همچنین Farahani et al. (2017) پژوهشی که به منظور اثر تنش آبی و مصرف مواد جاذب رطوبت روی پروتئین دانه گندم انجام دادند نتیجه گرفتند که بیش‌ترین درصد پروتئین در ۷۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین آن در ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد.

با توجه به این‌که در زراعت گندم به علت تراکم بیش‌تر بوته‌ها نسبت به سایر محصولات زراعی به‌کارگیری روش آبیاری قطره‌ای از حساسیت بیش‌تری برخوردار است، می‌توان با استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی در سطوح مختلف نیاز آبی گیاه گندم یعنی با اعمال کم‌آبیاری اثر زیرسطحی بودن تیپ‌ها را مشاهده کرد و هم‌چنین مزیت‌های این سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نواری را نسبت به روش آبیاری فارو از نظر بهره‌وری آب، عملکرد و کیفیت محصول به نمایش گذاشت. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی اثر کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم رقم مروارید با به‌کارگیری روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی و آبیاری فارو در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) نیاز آبی گیاه بود.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش

و نقطه نهایی رشد اصلاح و نیاز آبی گیاه گندم براساس رابطه (۱) محاسبه شد.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن ETc تبخیر و تعرق گیاه اصلی در دوره زمانی مشخص، Kc ضریب گیاهی در دوره زمانی مشخص و ET₀ تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره زمانی مشخص می‌باشد.

میزان بارندگی در طول دوره رشد گیاه (کاشت تا برداشت) ۸۹/۳۴ میلی‌متر بود که بیش‌ترین آن با ۵۱/۸۳ میلی‌متر در بهمن‌ماه و کم‌ترین آن با ۰/۴۲ میلی‌متر در دی‌ماه بود. مقدار بارش مؤثر با استفاده از برنامه کراپوات بر مبنای روش USDA به‌صورت روزانه تعیین و اعمال شد.

انتقال آب از منبع تا کرت‌های آزمایشی توسط لوله صورت گرفت. حجم آب آبیاری که در هر دور آبیاری به هرکدام از تیمارها داده می‌شد با استفاده از کنتور آب با دقت ۰/۱ لیتر اندازه‌گیری شد. هر چند نیاز آبی خالص گیاه گندم براساس رابطه (۱) محاسبه شد ولی مقدار آب داده‌شده به تیمار روش آبیاری فارو براساس حداقل آب موردنیاز برای رسیدن آب از ابتدا تا انتهای فاروها بود، بدون این‌که منجر به نفوذ عمقی شود (Jha et al., 2017).

پس از رسیدن محصول، در تاریخ ۲۸ خردادماه سال ۱۳۹۶ از هر کرت به‌صورت تصادفی دو مترمربع از دو قسمت هر کرت به اندازه یک مترمربع به‌طوری‌که معرف کل کرت باشد بوته‌های به‌صورت دستی کف‌بر و بسته‌بندی شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه تعداد پنجه در واحد سطح و وزن هزاردانه شمارش شد. عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک پس از تفکیک و جداسازی کاه و کلش از دانه برحسب کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد. برای تعیین شاخص برداشت و عملکرد ماده خشک، کاه، کلش و دانه هر تیمار به‌طور جداگانه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد.

عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند. در آبیاری فارو برای هر سه ردیف کشت یک فارو در نظر گرفته شد و برای ورودی هر فارو یک شیر فلکه تعبیه شد و انتهای فاروها بسته بود.

برای تعیین برخی ویژگی فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش با در نظرگرفتن S فرضی از سه نقطه و اعماق مختلف خاک (صفر تا ۱۵، ۱۵ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری) نمونه خاک تهیه شد (جدول ۱). هم‌چنین برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری اندازه‌گیری شد (جدول ۲). برای این آزمایش در دو نوبت از کود اوره استفاده شد کوددهی اول در اسفندماه قبل از اولین آبیاری و کود دهی دوم در زمان ساقه‌دهی انجام شد. مقدار کود داده شده در هر نوبت به نسبت ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و معادل ۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص (براساس شرایط عرف منطقه) بود. در این آزمایش برای جلوگیری از آفت زنگ و بیماری فوزاریوم از سم آلتوکمبی^۱ در مرحله ۲۰ تا ۳۰ درصد خوشه‌دهی استفاده شد.

تیمارهای آبیاری براساس تبخیر و تعرق گیاه اصلی (ETc) اعمال شدند. ETc به مجموع میزان تبخیر و تعرق از سطح خاک و گیاه گفته می‌شود. برای آبیاری گندم، ابتدا براساس داده‌های روزانه موجود ایستگاه هواشناسی پارس‌آباد با استفاده از روش پنمن مانتیث فائو^۳ با به‌کارگیری نرم‌افزار کراپوات^۴ (نسخه ۸) تبخیر-تعرق مرجع محاسبه شد و میانگین نرمال به‌دست آمد. سپس با مقادیر ضریب گیاهی گندم در مراحل ابتدایی، میانی و نقطه نهایی رشد از نشریه شماره ۵۶ فائو استخراج Allen et al. (1998) و با در نظرگرفتن اطلاعات اقلیمی منطقه مورد مطالعه مقادیر ضریب گیاهی مربوط به مراحل میانی

1. Alto Combi
2. Crop Evapotranspiration
3. Penman-Montieth FAO
4. CROPWAT 8.0

تأثیر کم آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

عمق لایه (cm)	نوع بافت	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	نقطه پژمردگی (%)	ظرفیت زراعی (%)	جرم مخصوص ویژه (g/cm ³)	اسیدیته (pH)
۰-۱۵	لوم	۴۰	۳۶	۲۴	۱۶/۹	۲۷/۲	۱/۴۹	۷/۶۱
۱۵-۳۰	لوم-رسی	۳۰	۴۲	۲۸	۱۵/۶	۲۳/۷	۱/۴۵	۷/۵۱
۳۰-۶۰	لوم	۳۲	۴۲	۲۶	۱۵/۴	۲۲/۸	۱/۴۹	۷/۵۹

آزمون دانکن^۲ در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی آب محل انجام آزمایش

Na (meq/lit)	Ca (meq/lit)	Mg (meq/lit)	pH	EC (ds/m)
۹/۵	۸/۵	۶/۶	۷/۵	۱/۱

۳. نتایج و بحث

۳.۱. آب مصرفی

میانگین حجم آب آبیاری داده‌شده به هر کرت در هر دور آبیاری، تعداد دور آبیاری و حجم کل آب داده‌شده در طول دوره رشد گیاه به هر تیمار براساس سطوح مختلف نیاز آبی گیاه که با به‌کارگیری روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری سطحی، قطره‌ای نواری زیرسطحی و آبیاری ردیفی (فارو) به مصرف رسیده در جدول (۳) ارائه شده است. مقدار آب داده‌شده به تیمارها در روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی یکسان بوده است. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، در سطوح مختلف نیاز آبی گیاه تعداد دفعات آبیاری در روش‌های آبیاری قطره‌ای بیش‌تر ولی حجم کل آب مصرفی در طول دوره رشد گیاه در روش آبیاری فارو بیش‌تر از روش آبیاری قطره‌ای بوده است.

۳.۲. عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل این دو بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

برای بررسی اثر تیمارهای مختلف روی شاخص‌های بهره‌وری آب بر پایه وزن دانه و وزن ماده خشک به ترتیب از روابط (۲) و (۳) استفاده شد (Sepaskhah *et al.*, 2006).

$$W_{pg} = \frac{Y_g}{I} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$W_{pd} = \frac{Y_{dm}}{I} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این روابط، W_{pg} بهره‌وری آب بر پایه دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_g عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، I میزان آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)، W_{pd} بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_{dm} عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

به‌منظور تعیین شاخص برداشت از نسبت مقدار عملکرد دانه در واحد سطح بر عملکرد کل (دانه و کاه و کلش) در واحد سطح استفاده شد (Ali *et al.*, 2007). برای تعیین میزان درصد پروتئین دانه از دستگاه کج‌دال^۱ (مدل Kjeltec Auto, Emami,) (1030 Analyser, Tecator company, Sweden 1996) و از ضریب تبدیل ۶/۲۵ نیتروژن به پروتئین استفاده شد (Nasiri *et al.*, 2008).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از

جدول ۳. میانگین حجم آب داده شده در هر دور، تعداد دفعات آبیاری و حجم کل آب داده شده در طول دوره رشد گیاه برای

تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	میانگین حجم آب داده شده در هر دور آبیاری (m ³ /ha)	تعداد دفعات آبیاری	حجم کل آب داده شده در طول دوره رشد گیاه (m ³ /ha)
آبیاری قطره‌ای نواری با آبیاری کامل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۲۶۱/۸۷	۱۵	۳۹۲۸
آبیاری قطره‌ای نواری با کم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه	۲۷۲/۷۳	۱۱	۳۰۰۰
آبیاری قطره‌ای نواری با کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۲۶۴/۲۵	۸	۲۱۱۴
آبیاری فارو با آبیاری کامل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۶۱۶	۸	۴۹۲۸
آبیاری فارو با کم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه	۶۱۹	۶	۳۷۱۴
آبیاری فارو با کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۶۲۵	۴	۲۵۰۰

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و بهره‌وری آب بر پایه عملکرد دانه و ماده خشک گندم رقم

مروارید در تیمارهای مختلف روش‌های آبیاری و سطوح آبیاری

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی	عملکرد دانه	بهره‌وری آب بر پایه دانه	عملکرد ماده خشک	بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک	میانگین مربعات
تکرار	۲	۵۳۴۸۷/۳۷	۰/۰۰۴	۴۳۴۷۲۴۹/۹۳	۰/۳۸۰	
روش‌های آبیاری	۲	۳۵۶۷۶۴۹/۰۴**	۰/۹۳۹**	۴۲۳۳۰/۲۷ ns	۳/۰۱۲*	
خطای a	۴	۳۲۱۱۸/۲۰	۰/۰۰۳	۲۵۱۷۳۱۰/۳۷	۰/۲۸۲	
سطوح آبیاری	۲	۱۶۱۶۴۶۳۹/۵۹**	۰/۰۱۴*	۴۸۹۸۶۵۴۳/۲۶**	۱/۹۷۵**	
روش‌های آبیاری × سطوح آبیاری	۴	۳۶۴۴۵۸/۷۶**	۰/۰۱۴**	۹۰۸۵۰۳/۷۰ ns	۰/۰۶۳ ns	
خطای b	۱۲	۳۵۱۰۹/۳۱	۰/۰۰۲	۳۴۱۷۰۶/۱۰	۰/۰۳۱	
درصد ضریب تغییرات (CV%)	-	۴/۰۸۷	۳/۲۸۰	۴/۹۱۲	۵/۳۰۱	

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

مزیت آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری فارو می‌باشد (جدول ۵). نتایج به دست آمده با یافته‌های Fang et al. (2018)، Mostafa et al. (2017) و Tahany et al. (2015) مبنی بر این که عملکرد گندم در روش‌های آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش آبیاری سطحی به طور معنی‌دار بیشتر است، مطابقت دارد. روش آبیاری در جذب آب توسط گیاه نقش اساسی بازی

مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر این مطلب است که بین روش‌های قطره‌ای نواری سطحی (TS)، قطره‌ای نواری زیرسطحی (TSS) و فارو (F) از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیشترین عملکرد گیاه گندم با ۵۲۹۰/۷۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری TS و کمترین آن با ۴۰۸۱/۶۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری F به دست آمد که نشان‌دهنده

تأثیر کم آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Mosaffa & (2016) Keykhaei *et al.* (2016)،
(2018) Mingming *et al.* (2018) Sepaskhah
(2019) Meena *et al.* و (2020) Si *et al.* مبنی بر این که
با کاهش سطح آبیاری عملکرد دانه گندم کاهش می‌یابد،
مطابقت دارد.

بررسی اثر متقابل روش‌های آبیاری و سطوح مختلف
آبیاری بر میانگین عملکرد دانه نشان داد که بیش‌ترین
عملکرد دانه با ۷۱۲۲/۳۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار
روش آبیاری TS با سطح آبیاری I3 و کم‌ترین آن با
۲۸۶۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار روش آبیاری F
با سطح آبیاری II بود، که با افزایش رطوبت خاک از سطح
آبیاری II در روش آبیاری F به سطح آبیاری I3 در روش
آبیاری TS، عملکرد دانه ۵۹/۷۵ درصد افزایش یافت (شکل
۱). نتایج پژوهش حاضر با نتایج (2019) Kumarjha *et al.* و
(2019) Mahmood *et al.* مبنی بر این که عملکرد دانه گندم
در روش آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش آبیاری سطحی
با افزایش سطح آبیاری (از ۵۰ به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی)
افزایش می‌یابد، مطابقت دارد.

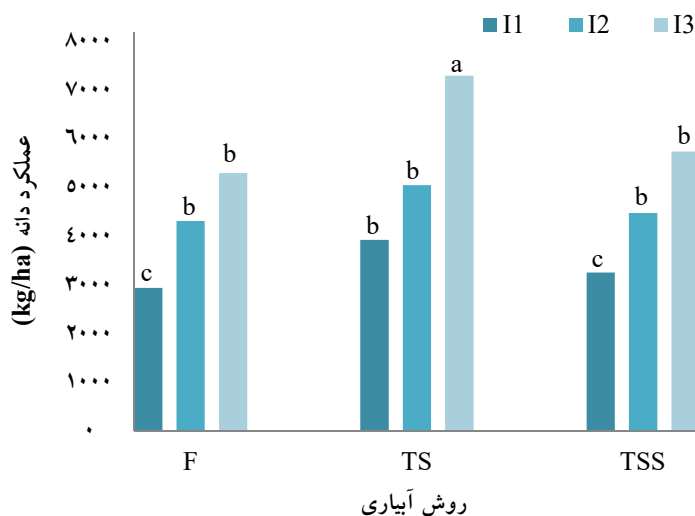
می‌کند، به طوری که در روش آبیاری قطره‌ای نواری
فرایند آبیاری در مدت نسبتاً طولانی با سرعت کم و
فاصله‌های کوتاه‌تر انجام می‌شود و در نتیجه موجب
افزایش جذب آب توسط گیاه حتی در سطوح آبیاری
پایین‌تر می‌شود (Kumarjha *et al.*, 2019). هم‌چنین
کاهش عملکرد در تیمار روش آبیاری فارو نسبت به
روش آبیاری قطره‌ای می‌تواند ناشی از عدم یکنواختی
توزیع آب در فارو، و هدررفت آب از طریق تبخیر از
سطح خاک در روش‌های آبیاری سطحی در مقایسه با
زیرسطحی باشد (Liu *et al.*, 2019). هم‌چنین مقایسه
میانگین داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری
(۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) از نظر عملکرد
دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵)،
به طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه با ۵۹۶۵/۲۲ کیلوگرم
در هکتار از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I3) و کم‌ترین
آن با ۳۲۸۸/۸۹ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۵۰ درصد
نیاز آبی (II) به دست آمد. نتایج به دست آمده با
Eidizadeh *et al.* (2015) Tahany *et al.* یافته‌های

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و بهره‌وری آب بر پایه عملکرد دانه و ماده خشک گندم رقم

مروارید در تیمارهای مختلف روش‌های آبیاری و سطوح آبیاری

تیمار	عملکرد دانه (kg/ha)	بهره‌وری آب بر پایه دانه (kg/m ³)	عملکرد ماده خشک (kg/ha)	بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک (kg/m ³)
روش‌های آبیاری				
قطره‌ای نواری سطحی (TS)	۵۲۹۰/۷۸a	۱/۷۶a	۱۲۶۸۸/۸۰a	۴/۲۹a
قطره‌ای نواری زیرسطحی (TSS)	۴۳۸۱/۶۷b	۱/۴۶b	۱۱۵۶۸/۶۹a	۳/۹۶ab
فارو (F)	۴۰۸۱/۶۷c	۱/۱۱c	۱۱۴۴۳/۲۰a	۳/۱۷b
سطوح آبیاری				
آبیاری کامل با ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I3)	۵۹۶۵/۲۲a	۱/۴۳ab	۱۴۲۳۷/۷a	۳/۳۹c
کم آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی (I2)	۴۵۰۰/۰۰b	۱/۴۱b	۱۱۸۹۱/۲۰b	۳/۷۱b
کم آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی (II)	۳۲۸۸/۸۹c	۱/۴۹a	۹۵۷۱/۷۰c	۴/۳۱a

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه روش آبیاری در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه. (I1، I2 و I3 به ترتیب سطح آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و F، TS و TSS به ترتیب روش آبیاری فارو، قطره‌ای نواری سطحی و قطره‌ای نواری زیرسطحی)

خاک قشر توسعه ریشه‌ها خیس می‌شود و برای جذب آب توسط ریشه‌های گیاه مفید است، زیرا تراکم ریشه‌های گیاه در قسمت فوقانی لایه قشر توسعه ریشه‌ها بیش‌تر از قسمت تحتانی آن می‌باشد (Gaiser et al., 2012). هم‌چنین مقایسه میانگین داده‌های بین سطوح آبیاری از نظر شاخص بهره‌وری آب بر پایه عملکرد دانه نشان داد که بین سطوح کم‌آبیاری I2 با I1 اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما بین این سطوح آبیاری با سطح آبیاری I3 اختلاف معنی‌دار نبود. به دلیل این‌که افزایش بهره‌وری آب با کاهش آب مصرفی و یا با افزایش عملکرد میسر می‌شود. حال آن‌که افزایش عملکرد در برابر افزایش مقدار آب آبیاری در تیمار I3 قابل ملاحظه نبوده و منجر به اختلاف معنی‌دار با تیمارهای I1 و I2 از نظر بهره‌وری آب نشده است (جدول ۵)، به طوری‌که بیش‌ترین بهره‌وری آب با ۱/۴۹ مربوط به سطح آبیاری I1 و کم‌ترین آن با ۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سطح کم‌آبیاری I2 بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که کم‌آبیاری تا یک حدی موجب

۳.۳. شاخص بهره‌وری آب بر پایه عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و روش‌های آبیاری و اثر متقابل این دو بر شاخص بهره‌وری آب بر پایه عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین بهره‌وری آب با ۱/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش آبیاری TS و کم‌ترین آن با ۱/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به روش آبیاری F بود (جدول ۵)، که این روش آبیاری یک روش سنتی و معمول در منطقه بوده و به دلیل هدررفت آب بیش‌تر منجر به کاهش بهره‌وری آب آبیاری می‌شود. هرچند انتظار می‌رفت که در روش آبیاری TSS بهره‌وری آب به دلیل کاهش تبخیر از سطح خاک بیش‌تر از TS باشد، اما احتمالاً تراکم پوشش گیاهی در گندم این اثر را خنثی کرده است. علاوه بر این، در روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری (TS و TSS) در مقایسه با روش آبیاری فارو (F) در هر نوبت آبیاری عمق کمی از

تأثیر کم آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

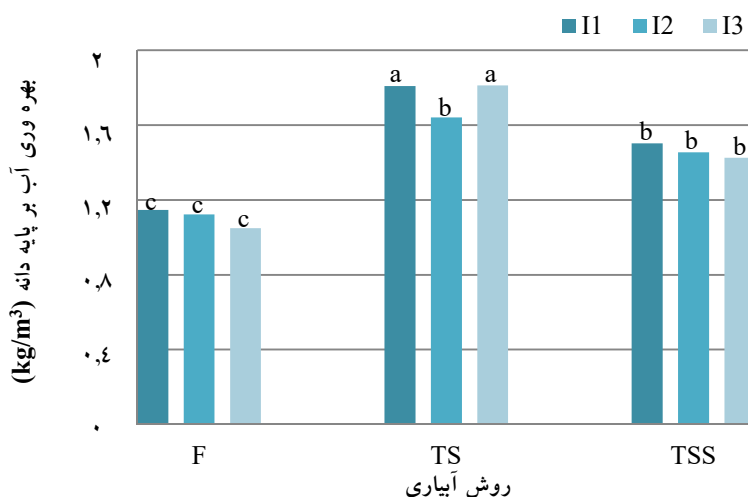
روش‌های آبیاری میکرو در مقایسه با روش‌های آبیاری سطحی (نواری و فارو) افزایش می‌یابد، مطابقت دارد. از طرف دیگر، تعداد دور آبیاری در سطوح آبیاری I3 و I2 به ترتیب ۲ و ۱/۵ برابر تعداد دور آبیاری در سطح آبیاری II بود، براساس یافته‌های Hanks (1974) مبنی بر این‌که ازدیاد تعداد دور آبیاری موجب کاهش بهره‌وری آب می‌شود نیز، مطابقت دارد.

۳.۴. عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار نبود ولی اثر سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک با ۱۴۲۳۷/۷۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به سطح آبیاری I3 و کم‌ترین آن با ۹۵۷۱/۷۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به سطح آبیاری II بود که با کاهش رطوبت خاک از سطح آبیاری I3 به سطح آبیاری II عملکرد ماده خشک ۳۲/۷۷ درصد کاهش یافت (جدول ۵).

افزایش بهره‌وری آب می‌شود که با یافته‌های Keykhaei et al. (2016) Mosaffa & Sepaskhah (2018) Meena et al. (2019) و Si et al. (2020) مبنی بر این‌که تا یک حدی، کاهش سطح آبیاری در گیاه گندم موجب افزایش بهره‌وری آب می‌شود، مطابقت دارد.

بررسی اثر متقابل روش‌های آبیاری و سطوح آبیاری بر میانگین شاخص بهره‌وری آب بر پایه عملکرد دانه نشان داد که بیش‌ترین بهره‌وری آب با ۱/۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار روش آبیاری TS با تیمار سطح آبیاری I3 (تیمار I3 با II اختلاف معنی‌داری نداشت) و کم‌ترین آن با ۱/۰۵ مربوط به تیمار روش آبیاری F با تیمار سطح آبیاری I3 بود که کاهش بهره‌وری آب در روش آبیاری F نسبت به روش آبیاری TS در سطح آبیاری یکسان ۴۱/۹۹ درصد بود (شکل ۲). بنابراین بهبود بهره‌وری آب را می‌توان در اعمال هم‌زمان مقدار آب آبیاری و روش آبیاری مناسب جستجو کرد، نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های Keykhaei et al. (2016) مبنی بر این‌که با کاهش آب مصرفی بهره‌وری آب در



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه روش آبیاری در سطوح مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب بر پایه دانه. I1، I2 و I3 به ترتیب سطح آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و F، TS و TSS به ترتیب روش آبیاری فارو، قطره‌ای نواری سطحی و قطره‌ای نواری زیرسطحی)

مطابقت دارد. هم‌چنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین شاخص بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک با ۴/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سطح آبیاری II و کم‌ترین آن با ۳/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سطح آبیاری I3 بود که با افزایش رطوبت خاک از سطح آبیاری II به سطح آبیاری I3 بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک ۲۱/۳۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). نتایج حاکی از این است که استراتژی اعمال کم‌آبیاری براساس افزایش سطح آبیاری از II تا I3 در کل دوره رشد گیاه گندم موجب کاهش بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک و دانه شد. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که برای افزایش بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک و دانه ضرورت انجام پژوهش براساس استراتژی کم‌آبیاری تنظیم شده می‌باشد، مبنی بر این‌که گیاه گندم در مراحل مختلف رشد نسبت به کم‌آبیاری عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان می‌دهد (Xu *et al.*, 2018).

۳.۶. اجزای عملکرد

۳.۶.۱. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن هزاردانه با ۰/۰۵ کیلوگرم مربوط به تیمار سطح آبیاری I3 و کم‌ترین آن با ۰/۰۳۷ کیلوگرم مربوط به تیمار سطح آبیاری II بود. از این نتیجه می‌توان چنین استنباط کرد که اعمال کم‌آبیاری (II و I2) در طول دوره رشد گیاه به‌ویژه در مرحله پرشدن دانه در فرایند فتوسنتز ایجاد اختلال کرده و موجب اختلال در روند پرشدن دانه و چروکیدگی آن شده که کاهش وزن هزاردانه و درنهایت کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت را به‌همراه داشته است. نتایج طرح حاضر با نتایج Si *et al.* (2020) مبنی بر این‌که

نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های Tahany *et al.* (2015) و Mosaffa & Sepaskhah (2018) مبنی بر این‌که با اعمال کم‌آبیاری عملکرد ماده خشک گندم کاهش می‌یابد و هم‌چنین با نتایج Reynolds *et al.* (2009) مبنی بر این‌که عملکرد ماده خشک گندم زمانی مؤثر خواهد بود که از نظر سطوح مختلف آبیاری همسو با شاخص برداشت و عملکرد دانه باشد، مطابقت دارد.

۳.۵. شاخص بهره‌وری آب بر پایه عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر بهره‌وری آب بر پایه عملکرد ماده خشک معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که از نظر بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک بین روش‌های آبیاری TS و F اختلاف معنی‌دار بود، اما بین این روش‌های آبیاری و TSS اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. باوجود این‌که مقدار آب داده‌شده در روش‌های آبیاری TS و TSS یکسان بود، اما احتمالاً به‌دلیل مسدودشدن تعدادی از روزنه‌ها در روش آبیاری TSS موجب غیر یکنواختی توزیع آب گردیده که منجر به عدم اختلاف بین روش‌های آبیاری TS و F از این نظر شده است (جدول ۵)، به‌گونه‌ای که بیش‌ترین بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک با ۴/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار TS و کم‌ترین آن با ۳/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار F بود. از آنجاکه در روش آبیاری قطره‌ای، آب فقط لایه خاک قشر توسعه ریشه‌ها را خیس می‌کند موجب رشد بیش‌تر گیاه و افزایش بهره‌وری آب می‌شود. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های Shahbazpanahi *et al.* (2012) مبنی بر این‌که بهره‌وری آب بر پایه ماده خشک گیاه گندم در روش آبیاری قطره‌ای بیش‌تر از روش آبیاری سطحی است،

تأثیر کم آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

که بیش‌ترین تعداد پنجه با ۴۴۸/۵۶ عدد در یک مترمربع در سطح آبیاری I3 و کم‌ترین آن با ۲۹۳/۱۱ عدد در یک مترمربع در تیمار سطح آبیاری II مشاهده شد که با کاهش رطوبت خاک از سطح آبیاری I3 به سطح آبیاری II تعداد پنجه در واحد سطح ۳۴/۶۵ درصد کاهش یافت (جدول ۷). نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های Liu et al. (2019) مبنی بر این‌که تعداد پنجه عامل مهمی در جذب تابش فعال فتوسنتزی در قسمت تاج پوشش گیاهی بوده که با افزایش سطح کم آبیاری تعداد آن در واحد سطح کاهش می‌یابد، مطابقت دارد.

با کاهش سطح آبیاری وزن هزاردانه گندم کاهش می‌یابد، مطابقت دارد.

۳.۶.۲. تعداد پنجه در واحد سطح

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد پنجه در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما اثر روش‌های مختلف آبیاری بر تعداد پنجه در واحد سطح معنی‌دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌های بین سطوح مختلف آبیاری (I1، I2 و I3) از نظر تعداد پنجه در واحد سطح نشان داد

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس وزن هزاردانه، تعداد پنجه در واحد سطح، شاخص برداشت و پروتئین گندم رقم مروارید در

تیمارهای مختلف روش‌های آبیاری و سطوح آبیاری

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات (S.O.V.)
میزان پروتئین	شاخص برداشت	وزن هزاردانه	تعداد پنجه در واحد سطح
۲/۶۵۸	۰/۰۰۳	۴۶۰۳/۸۱۵	۰/۰۰۰۰۰۰۴۴
۰/۷۷۴ns	۰/۰۰۸ns	۳۱۰۶/۰۳۷ns	۰/۰۰۰۰۰۰۳۷ns
۰/۹۰۷	۰/۰۰۲	۷۷۷۹/۴۸۲	۰/۰۰۰۰۰۰۵۴
۴۴/۷۴۲**	۰/۰۱۲**	۵۴۴۰۱/۱۴۸**	۰/۰۰۰۰۳۸۹**
۰/۳۷۵ns	۰/۰۰۰۳ns	۹۸۷/۸۱۵ns	۰/۰۰۰۰۱۵۱ns
۰/۶۸۴	۰/۰۰۰۴	۳۰۰۲/۸۷۰	۰/۰۰۰۰۰۰۵۳
۱۱/۴۵	۵/۴۷۴	۱۴/۸۲۲	۵/۳۴۲

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین وزن هزاردانه، تعداد پنجه در واحد سطح، شاخص برداشت و پروتئین گندم رقم مروارید در

تیمارهای مختلف روش‌های آبیاری و سطوح آبیاری

تیمار	وزن هزاردانه (kg)	تعداد پنجه در هر مترمربع	شاخص برداشت (%)	میزان پروتئین (%)
روش‌های آبیاری				
قطره‌ای نواری سطحی (TS)	۰/۰۴۵a	۳۵۱/۶۷a	۴۱a	۷/۰۲a
قطره‌ای نواری زیرسطحی (TSS)	۰/۰۴۳a	۳۶۸/۶۷a	۳۸a	۷/۱۰a
فارو (F)	۰/۰۴۲a	۳۸۸/۷۸a	۳۶a	۷/۵۶a
سطوح آبیاری				
آبیاری کامل با ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I3)	۰/۰۵۰a	۴۴۸/۵۶	۴۲a	۵/۱۲c
کم آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی (I2)	۰/۰۴۲b	۳۶۷/۴۴	۳۸b	۷/۰۰b
کم آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی (I1)	۰/۰۳۷c	۲۹۳/۱۱	۳۵c	۹/۵۶a

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

۳.۷. شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص برداشت گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). به‌طوری‌که بیش‌ترین شاخص برداشت با ۴۲ درصد مربوط به تیمار سطح آبیاری I3 و کم‌ترین آن با ۳۵ درصد مربوط به تیمار سطح آبیاری II بود یعنی با افزایش رطوبت خاک از سطح آبیاری II به سطح آبیاری I3 شاخص برداشت ۱۶/۶۷ درصد افزایش یافت. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های *Kumarjha et al.* (2019) مبنی بر این‌که شاخص برداشت با افزایش سطح آبیاری (بین سطوح مختلف آبیاری ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد) افزایش می‌یابد، مطابقت دارد. هم‌چنین بیش‌ترین کاهش شاخص برداشت را ناشی از پرنشدن سنبله به دانه در اثر تنش آبی در سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش کرده است.

۳.۸. میزان پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر روش‌های آبیاری و هم‌چنین اثر متقابل این دو بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که از نظر میزان پروتئین دانه بین سطوح مختلف آبیاری (I1، I2 و I3) اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷)، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان پروتئین دانه با ۹/۵۶ درصد در تیمار سطح آبیاری II و کم‌ترین آن با ۵/۱۲ درصد در تیمار سطح آبیاری I3 به‌دست آمد که با کاهش رطوبت خاک از سطح آبیاری I3 به سطح آبیاری II میزان پروتئین دانه ۴۶/۴۴ درصد افزایش یافت. میزان پروتئین دانه یکی از

شاخص‌های مهم کیفی گندم بوده و بستگی به انتقال مواد ساخته‌شده (نیترژن) به دانه دارد که با اعمال کم‌آبیاری درصد آن سیر صعودی پیدا کرد و رابطه معکوسی را با عملکرد دانه و وزن هزاردانه نشان داد که با یافته *Tari* (2016) مبنی بر این‌که درصد پروتئین دانه گندم با اعمال کم‌آبیاری در طول دوره رشد گیاه افزایش پیدا می‌کند، مطابقت دارد.

۴. نتیجه‌گیری

نتیجه کلی این پژوهش نشان داد که اعمال کم‌آبیاری و روش‌های آبیاری بر اکثر پارمترهای مورد مطالعه گندم مروری تأثیر بسیار معنی‌داری داشت. روش آبیاری قطره‌ای نواری سطحی (TS) در مقایسه با روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری زیرسطحی (TSS) و فارو (F) در تمام سطوح مختلف آبیاری (I1، I2 و I3) بیش‌ترین عملکرد دانه و بیش‌ترین بهره‌وری آب بر پایه دانه را به خود اختصاص داد. هرچند انتظار می‌رفت روش آبیاری قطره‌ای نواری زیرسطحی (TSS) با نفوذ مستقیم آب به خاک در قشر توسعه ریشه‌ها و کاهش تبخیر از سطح خاک بیش‌ترین عملکرد و بهره‌وری آب بر پایه دانه را داشته باشد، اما عدم یکنواختی توزیع آب، مشکل کارگذاری تیپ‌ها در زیر خاک و جمع‌آوری آن‌ها پس از برداشت محصول گندم در آن موجب شد که گزینه مناسبی محسوب نشود. بنابراین روش آبیاری قطره‌ای نواری سطحی (TS) می‌تواند در شرایط محدودیت و عدم محدودیت آب گزینه مناسبی برای تولید محصول گندم در منطقه مغان باشد. البته تصمیم‌گیری نهایی در خصوص اعمال استراتژی کم‌آبیاری با در نظر گرفتن ارقام مختلف گیاه گندم و اجرای روش‌های مختلف آبیاری با توجه به دانش، فنون و مدیریت کشاورزی مستلزم انجام آزمایش‌های بیش‌تر و مطالعه جامع‌تر در جهت بهبود عملکرد کمی و کیفی محصول و افزایش بهره‌وری آب می‌باشد.

protein of wheat under water deficit stress. *Crop Production Technology*, 17, 17-37. (In Persian)

Gaiser, T., Perkons, U., Kupper, P.M., Puschmann, D. U., Peth, S., Kuatz, T., Pfeifer, J., Ewert, F., Horn, R., & Kopke, U. (2012). Evidence of improved water uptake from subsoil by spring wheat following lucerne in a temperate humid climate. *Field Crops Research*, 126, 56-62.

Hanks, R.J. (1974). Model for predicting plant yield as influenced by water use 1. *Agronomy Journal*, 66, 660-665.

Ibragimov, N., Evett, S.R., & Esanbekov, Y. (2017). Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agricultural water management*, 90, 112-120.

Jha, S.K., Gao, Y., Liu, H., Huang, Z., Wang, G., Liang, Y., & Duan, A. (2017). Root development and water uptake in winter wheat under different irrigation methods and scheduling for North China. *Agricultural Water Management*, 182, 139-150.

Keykhaei, F., & Ghanji Khorram Del, N. (2016). Effects of deficit irrigation with tow border and furrow methods on Hammon wheat yield and water use efficiency. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30, 1-11. (In Persian)

Kumarjha, S., Ramatshaba, T. S., Wang, G., Liang, Y., Liu, H., Gao, Y., & Duan, A. (2019). Response of growth, yield and water use efficiency of winter wheat to different irrigation methods and scheduling in North China Plain. *Agricultural Water Management*, 217, 292-302.

Liu, Y., Zhang, Z., Xi, L., Liao, Y., & Han, J. (2019). Ridge-furrow planting promotes wheat grain yield and water productivity in the irrigated sub-humid region of China. *Agricultural Water Management*, <http://dx.dio.org/10.1016/j.agwat.2019.105935>.

Mahmood, F., Wanga, G., Gao, Y., Lianga, Y., Chena, J., Si, Z., Ramatshabaa, T. S., M. Zaina, M., Rahmana, S., & Duana, A. (2019). Nitrous oxide emission from winter wheat field as responded to irrigation scheduling and irrigation methods in the North China Plain. *Agricultural water management*, 222, 367-374.

Meena, R. P., Karnam, V., Tripathi, S.C., Ankita, J., Sharma, R.K., & Singh, G.P. (2019). Irrigation management strategies in wheat for efficient water use in the regions of depleting water resources. *Agricultural water management*, 214, 38-46.

Mingming, Z., Bao-dil, D., Yun-zhou, Q., Chang-hai, S., Hong, Y., Ya-kai, W., & Meng-yu, L. (2018). Yield and water use responses of winter wheat to irrigation and nitrogen application in the North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(5), 1194-1206.

۵. تشکر و قدردانی

از زحمات کارکنان و کارشناسان محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان پارساباد استان اردبیل که ما را در انجام این مهم یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemiyani, A. (2019). *Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economic of Information Technology and Communication Center, Agricultural statistics of the crop year 2017-2018, 1st vol.* Tehran, Iran. 89 pp. (In Persian)

Ali, M.H., Hoque, M.R., Hassan, A.A., & Khair, A. (2007). Effects of deficit irrigation on yield, water productivity and economic returns of wheat. *Agricultural water management*, 92, 151-161.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper. NO. 56*, Rome, Italy.

Eidizadeh, K., Ebrahimpour, F., & Ebrahimi, M. A. (2016). Effect of different irrigation regimes on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Ramin climate. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9, 29-36. (In Persian)

Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. *Technical Journal No. 982*. Soil and Water Research Institute, Tehran University Press, Tehran, Iran 367 pp. (In Persian)

English, M. J., & Raja S. N. (1996). Perspectives on deficit irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 10, 91-106.

Fang, Q., Zhang, Y., Shao, L., Chen, S., & Sun, H. (2018). Assessing the performance of different irrigation systems on winter wheat under limited water supply. *Agricultural Water Management*, 196, 133-143.

Farmahini Farahani, M., Mirzakhani, M., & Sajedi, N. A. (2017). Effect of water absorbent materials on some agronomic traits and seed

- Mosaffa, H. R., & Sepaskhah, A. R. (2018). Performance of irrigation regimes and water salinity on winter wheat as influenced by planting methods. *Agricultural water management*. From <http://dx.dio.org/10.1016/j.agwat.2018.10.027>.
- Mostafa, H., ElNady, R., Awad, M., & ElAnsari, M. (2017). Drip irrigation management for wheat under clay soil in arid conditions. *Agricultural water management*, From <http://dx.dio.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.003>.
- Mugabe, F.T., & Nyakatawa, E. Z. (2000). Effect of deficit irrigation on Wheat and opportunities of growing Wheat on residual soil moisture in southeast Zimbabwe. *Agricultural Water Management*, 46, 111-119.
- Nasiri, Y., Shakiba, M. R., Alyari, H., Valizadeh, M., & Dabagh Mohammadi-nasab, A. (2008). Influence of postpollination water deficit stress and nitrogen on yield, yield components and grain protein content of barley (cv. Valfajr). *Agricultural Sciences*, 18(4), 143-153. (In Persian)
- Research Center of the Islamic Consultative Assembly. (2017). *Investigating the water crisis and its consequences in the country. Deputy of Infrastructure and Production Research, Infrastructure Studies*, Subject Code: 250, Serial Number: 15608. (In Persian)
- Reynolds, M., Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Berry, P., Parry, M. A. J., Snape, J. W., & Angus, W. J. (2009). Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60, 1899-1918.
- Sepaskhah, A. R., Tavakko, I, A. R., & Mosavi, F. (2006). *Preciples and application of deficit irrigation. Publications of Iranian national committee on irrigation and drainage*, 1st Ed. 288 pp. (In Persian)
- Shahbazpanahi, B., Paknejad, F., Habibi, M., Sadeghishoa, M., Nasiri, M., & Pazaki, A. (2012). Evaluation of irrigation regimes on yield and yield component in different cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(2), 197-185. (In Persian)
- Si, Z., Zaina, M., Faisal, M., Wanga, G., Gaoa, Y., & Duana, A. (2020). Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 231, 106002.
- Tahany, N., Samiha, O., Oussms, M., & Magdi, T.A. (2015). Cropsyst model for wheat under deficit irrigation using sprinkler and drip irrigation in sandy soil. *Journal of water and land development*, 26 pp. 56-64.
- Tari, A.F. (2016). The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. *Agricultural water management*, 167, 1-10.
- Torknezhad, A., Aghaee-Sarbarzeh, M., Jafari, H., Shirvani A., Roentan R., Nemati A., & Shahbazi Kh. (2006). Study and economic evaluation of drip (tape) irrigation method on wheat compared to surface irrigation in water limited areas. *Research and construction in agriculture and horticulture*, 72, 36-44. (In Persian)
- Xu, X., Zhanga, M., Lia, J., Liu, Z., Zhao, Z., Zhang, Y., Zhou, S. T.A., & Wang, Z. (2018). Improving water use efficiency and grain yield of winter wheat by optimizing irrigations in the North China Plain. *Field Crops Research*, 221, 219-227.