

## تأثیر کم آبیاری با دو روش نواری و شیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم

## هامون

فاطمه کیخایی<sup>۱\*</sup> و ناصر گنجی خرم دل

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی.

Keykhaei\_f@yahoo.com

عضو هیأت علمی، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آب.

naser.ganjikhorrandel@gmail.com

## چکیده

به منظور بررسی اثر کم آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی گندم هامون، تحقیقی دو ساله با دو تیمار اصلی شامل آبیاری نواری با انتهای بسته و شیاری در کرت های اصلی و سه تیمار فرعی میزان آب آبیاری شامل آبیاری کامل (T<sub>1</sub>)، ۷۵ درصد آبیاری کامل (T<sub>2</sub>) و ۵۵ درصد آبیاری کامل (T<sub>3</sub>) در کرت های فرعی انجام شد. طرح آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک زابل در طی دو سال متوالی اجرا گردید و پارامترهایی نظیر ارتفاع بوته، ارتفاع سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که اثر روش آبیاری بر صفات مورد بررسی معنی دار نبود. اما تیمار میزان آب آبیاری، کلیه فاکتورهای رشد گیاه را به صورت معنی دار تحت تأثیر قرار داد. میانگین آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و ۵۵ درصد آبیاری کامل به ترتیب برابر با ۴۴۷۳، ۳۵۰۵ و ۲۷۳۰ مترمکعب در هکتار و کارایی مصرف در محدوده ۰/۹۵ و ۱/۱۷ بدست آمد. به عنوان توصیه کلی، تیمار ۷۵ درصد آبیاری کامل در روش آبیاری نواری با کارایی مصرف آب ۱/۱۵ و عملکرد ۴۰۴۰ کیلوگرم در هکتار بهترین گزینه جهت اعمال کم آبیاری در منطقه سیستان می باشد.

واژه های کلیدی: صفات کمی و کیفی گندم، گندم رقم هامون، منطقه سیستان.

۱ - آدرس نویسنده مسئول: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی.

\* - دریافت: بهمن ۱۳۹۳ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۴

## مقدمه

نشان داد که عملکرد دانه ۵۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و مربوط به ارتفاع ۴۰۰ میلیمتر آب آبیاری بوده و حداکثر درآمد ۲۷۵۰۰۰۰ ریال در هکتار مربوط ۴۰۵ میلیمتر آب در آبیاری کامل بود همچنین در شرایط محدودیت زمین حداکثر سود با کاهش ۲۰ درصد آب مصرفی به دست آمد و سود با کاهش ۴۰ درصد آب مصرفی برابر با سود در آبیاری کامل بود. برای اعمال روش کم آبیاری شناخت شرایط محیطی که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند از اهمیت ویژه ای برخوردارند.

عوامل مختلفی از قبیل عدم شناخت کافی از مراحل حساس گیاه و برنامه ریزی نامناسب برای توزیع و مصرف آب می‌توانند سودمندی های روش کم آبیاری را تحت تأثیر قرار داده و حتی باعث وارد آمدن خسارت به زارعین گردد. بروز تنش شدید خشکی در یکی از مراحل حساس گیاه صدمات جبران ناپذیری بر محصول وارد خواهد ساخت (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). دی و همکاران (۱۹۷۰) درخصوص حساسیت مراحل رشد گندم به کم آبی گزارش نمودند که مرحله ساقه رفتن تا گلدهی حساس تر از دیگر مراحل رشد گیاه است. نتایج آزمایشی بر روی گندم زمستانه در کلمبیا آمریکا انجام گرفت نشان داد که در یک خاک کم عمق شنی، کمبود آب باعث کاهش عملکرد گندم شد. لیکن گندمی که در خاک لومی کشت شده، مقدار کاهش عملکرد کمتری داشته باشد (هانگ، ۱۹۸۳).

نتایج ماچادو و همکاران (۱۹۹۳) نشان داد که کمبود آب در اوایل مرحله گلدهی، تشکیل دانه و باروری آن را کاهش داده و اعمال تنش در مرحله پُر شدن دانه‌ها، ظرفیت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را کم می‌کند و باعث چروکیدگی دانه‌ها و کاهش وزن هزاردانه می‌شود بنابراین نتیجه گرفتند که تولید مواد فتوسنتزی و انتقال مجدد آنها مرتبط با مرحله‌ای است که تنش خشکی اتفاق افتاده است. موگابه و نیاکاتاوا (۲۰۰۰) با بررسی تأثیر تنش آبی بر عملکرد گندم نتیجه گرفتند که کاربرد ۷۵ و ۵۰

گندم از محصولات اساسی کشور بوده و از ۲۰/۸۳ میلیون تن غلات در سال زراعی ۸۸-۸۷، گندم ۶۴/۷۵ درصد سهم در تولید غلات داشته است و محصول آن ۷۳/۱۷ درصد سهم در سطح برداشت غلات را به خود اختصاص داده است. همچنین استان سیستان و بلوچستان با تولید ۱۷۶۴۶۹ تن غلات، رتبه ۲۶ کشور را دارا است. در این استان کشت گندم به وسعت ۴۷/۴۰۹ هزار هکتار، تولید ۱۱۶۸۸۶ تن و عملکرد ۲۴۶۵/۴۸ کیلوگرم به عنوان یکی از محصولات عمده آبی آن به شمار می‌آید (بی نام، ۱۳۸۹). اعتصام و همکاران (۱۳۷۲) با بررسی حساسیت ارقام گندم به تنش‌های رطوبتی (قطع آب) در مراحل مختلف رشد گزارش نمودند که رقم هامون بالاترین عملکرد دانه را در بین ارقام مورد بررسی به خود اختصاص داد.

اکبری مقدم (۱۳۸۱) بیان نمود که کشت گندم در منطقه سیستان بالاترین سطح کشت را در استان به خود اختصاص داده و از بین ارقام متفاوت، رقم هامون برای این منطقه توصیه شده است. اکبری مقدم و همکاران (۱۳۸۳) بیان نمودند که گندم هامون در دوره قبل از ظهور سنبله و همچنین دوره گل دهی (گرده افشانی) و مرحله اصلی تکمیل دانه، به تنش خشکی حساس است. پس از شناخت مراحل حساس گیاه به تنش‌های آبی، آگاهی از رابطه بین مصرف آب و عملکرد محصول در کم آبیاری اهمیت دارد. برای دستیابی به تولید مطلوب در زراعت گندم، استفاده بهینه از منابع محدود آب امری اجتناب ناپذیر است. تحقیقات زیادی، سودمندی تکنیک کم آبیاری در گندم را گزارش کرده‌اند. کم آبیاری، تکنیکی است که حد مجاز کاهش عملکرد در اثر کاهش آب مصرفی را نشان می‌دهد و بالاترین میزان درآمد خالص به ازاء هر واحد آب مصرفی را به همراه دارد. علاوه بر این باعث کاهش هزینه‌های تولید و صرفه جویی در مصرف آب می‌شود. نتایج تحلیل اقتصادی کم آبیاری گندم توسط گلکار و فرداد (۱۳۸۱) برای گندم پاییزه در کرج

۱/۳ - ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود که نسبت به دامنه گزارش شده توسط سازمان خواربار جهانی فائو (۱ - ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب) بالاتر بود و حداکثر WUE گندم برابر با ۱/۷۳ در منطقه کرج و ارومیه در شرایط کاربرد کم آبیاری حاصل شد (دهقانی سانچ و همکاران، ۱۳۸۷). بدیهی است که اختلاف مقادیر کارایی مصرف آب در نقاط مختلف مربوط به رقم، مدیریت زراعی و شرایط اقلیمی، خاک، آب و روش آبیاری می باشد. گفتنی است کم آبیاری زمانی برای بهره برداران قابل قبول است که ضمن کاربردی بودن، برای آب صرفه جویی شده نیز برنامه مصرف داشته باشند و یا اینکه با محدودیت‌های قانونی و یا تقبل هزینه بیشتر برای تامین آب مواجه باشند (رضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۹۱). زارع فیض آبادی و قدسی (۱۳۸۱) در ارزیابی لاین‌ها و ارقام گندم نسبت به قطع یک و دو بار آبیاری نتیجه گرفتند که تیمارهای کم آبیاری تنها بین ۱۰ تا ۳۰ درصد کاهش عملکرد نشان دادند.

برای افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش، از بین اجزای عملکرد باید برحسب اولویت به ترتیب تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح افزایش یابد تا کمبود عملکرد ناشی از کاهش وزن هزار دانه جبران شود (وفا پور و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج تحقیق کافی و حسین پناهی (۱۳۹۲) بیانگر این بود که در دشت مشهد گندم بدون آبیاری در فصل بهار عملکرد رضایت‌بخشی ندارد و مراحل ساقه دهی و گلدهی حساس‌ترین مراحل نموی گندم نسبت به تنش خشکی بود و آبیاری در هر دو مرحله مذکور برای حصول عملکرد بالا در شرایط محدودیت آب ضروری است.

مدیریت مناسب کم آبیاری و آگاهی کافی از شرایط خاک و گیاه نقش مهمی در موفقیت این تکنیک دارد بطوریکه نتایج تحقیق در لرستان نشان داد که قطع اولین آبیاری بهاره (تیمار ۷۸ درصد آبیاری کامل) با ۲۲ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب، ضمن اینکه منجر به هیچ گونه کاهش عملکردی نمی‌شود، بلکه سبب افزایش

درصد نیاز آبی گندم، عملکرد محصول را تنها به میزان ۱۲ و ۲۰ درصد کاهش داد و ارزش آب صرفه جویی شده قابل مقایسه با ارزش عملکرد کاهش یافته نیست و این مسئله در سطوح وسیع بسیار مهم و حیاتی می باشد. مک-گینلی (۲۰۰۲) با مطالعه بر روی گندم گزارش داد که بالاترین عملکرد محصول زمانی حاصل شد که آبیاری در هنگامی که کمبود رطوبت قابل استفاده به ۵۰ تا ۶۵ درصد رسیده، انجام گرفت. میچلی (۲۰۰۲) گزارش کرد که سطوح مختلف تخلیه آب در آبیاری گندم و جو بر عملکرد آنها مؤثر است، بطوری که بالاترین عملکرد در تیماری با ۳۵ درصد تخلیه رطوبتی مشاهده شد و این برای مناطقی که قیمت آب ارزان است نظیر حوزه رودخانه کلرادو مقرون به صرفه می‌باشد و این تیمار حدود دو میلیون دلار نسبت به تیمار ۵۰ درصد افزایش درآمد داشته است.

تحقیقات لی یو و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که میزان ذخیره رطوبتی خاک در کم آبیاری بسیار مؤثر است بطوریکه کمبود رطوبت در گندم بهاره سبب کاهش رشد اندام‌های هوایی و فتوسنتز می‌گردد. با آگاهی از رابطه عملکرد محصول و مصرف آب در شرایط کم آبی می‌توان شرایط بهبود کارایی مصرف آب را فراهم نمود به بیان دیگر بهبود کارایی مصرف آب، تولید بیشتر به ازای هر واحد آب مصرفی می‌باشد و اجرای تکنیک‌های کم آبیاری راهکاری جهت نیل به این مقصود می‌باشد. تعیین کارایی مصرف آب مورد توجه محققین زیادی قرار داشته است. بسیاری از آنها میزان کارایی مصرف آب را برای گندم بین ۱ تا ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب آب خالص مصرفی گزارش نموده‌اند.

برخی دیگر نیز مقادیر زیادتری را به دست آورده‌اند که از جمله می‌توان ۱/۵ تا ۱/۹ و ۱/۲ تا ۱/۶ کیلوگرم گندم بر متر مکعب آب اشاره نمود. بررسی کارایی مصرف آب گندم در طی سالهای ۷۷-۸۲ در مناطق شمالی ایران (مناطق کرج- مشهد و ارومیه) نشان داد دامنه تغییرات WUE گندم در مناطق مذکور برابر با

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر زابل واقع در طول جغرافیای ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه و عرض جغرافیای ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه در منطقه سیستان اجرا گردید. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۴۸۳ متر، میانگین بارندگی سالانه ۵۵ میلی‌متر و میزان تبخیر سالانه ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌متر است. این منطقه دارای اقلیم بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان ملایم می‌باشد. جدول (۱) آمار بارندگی ایستگاه زهک را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آمار بارندگی در ایستگاه زهک طی ۱۳ سال گذشته

سال	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
بارندگی (mm)	۵۹	۴۴	۱۵	۱۳۴/۱	۶۹/۲	۷۷/۹	۴۳/۹	۲۱/۳	۱۱/۷	۴۱/۷	۳۰/۵	۱۱	۱۳۷

۲۰ سانتی متر کشت گردید. پلات‌های فرعی دارای عرض سه و طول ۹۰ متر بوده و آبیاری آنها در هر دو روش نواری و شیاری به صورت غرقابی صورت گرفت قابل ذکر است که در روش آبیاری نواری انتهای نوارها بسته بود. آب از منبع تا ابتدای هر نوار فرعی به وسیله لوله‌های هیدروفلوم منتقل می‌شد. میزان آبیاری در هر دو روش نواری و شیاری برای تیمارهای مشابه، یکسان بود. پس از تهیه بستر کشت، کودهای سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، اوره ۵۰ کیلوگرم در هکتار، منگنز ۴۰ کیلوگرم در هکتار، روی ۴۰ کیلوگرم در هکتار و به علت پایین بودن کربن آلی خاک منطقه و نیاز گندم به بیش از ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیز کود کامل بر اساس توصیه بخش خاک و آب به خاک اضافه گردید همچنین برای کاهش آبشویی ازت، کود اوره در سه مرحله در طول کشت به طور سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. پس از آماده سازی بستر، در پانزدهم آذر بذرها کشت و پس از سبز شدن کامل آنها، تیمارهای آبیاری که برابر با ۷۵ و ۵۵ درصد آبیاری کامل گیاه بود اعمال گردید. بنابراین نتایج تحقیقات، حساس‌ترین مرحله رشد به تنش آبی، مرحله ساقه رفتن تا گل دهی عنوان گردید که در این مرحله کلیه تیمارهای این طرح به طور کامل آبیاری شدند (ابراهیمی پاک، ۱۳۸۰). عمق

۳/۳ درصدی عملکرد نیز می‌شود اما تیمار قطع دو نوبت آبیاری (تیمار ۵۶ درصد آبیاری کامل) سبب ۲۴/۶ درصد افت عملکرد گردید که اگر با بخواهد در شرایط مدیریتی زارع و توسط آنها اجرا گردد با کاهش عملکرد بیشتر از این نیز مواجه خواهد شد، لذا قطع دو نوبت آب آبیاری بهاره توصیه نمی‌شود (توکلی، ۱۳۹۲). هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم هامون در روشهای مختلف آبیاری در منطقه سیستان می‌باشد.

آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی به روش کرت‌های یکبار خرد شده با سه تکرار و به مدت دو سال (۱۳۸۲ و ۱۳۸۳) اجرا گردید. فاکتورهای اصلی شامل دو روش آبیاری شیاری و نواری و فاکتورهای فرعی سه سطح آبیاری شامل آبیاری کامل (T<sub>1</sub>)، کم آبیاری به میزان ۷۵ درصد آبیاری کامل (T<sub>2</sub>) و کم آبیاری به میزان ۵۵ درصد آبیاری کامل (T<sub>3</sub>) بودند. هر کرت اصلی قطعه زمینی به مساحت ۱۳۵۰ متر مربع (۱۵ × ۹۰) در نظر گرفته شد که مساحت کل قطعات برابر ۸۱۰۰ متر مربع (۲ × ۳ × ۱۳۵۰) بود. در هر قطعه سه تیمار فرعی اعمال گردید. در هر دو روش، کشت با دستگاه خطی کار انجام شد که دارای عرض کار سه متر بود. در روش شیاری فاصله بین جویچه‌ها ۶۰ سانتی‌متر و تعداد سه خط کشت بر روی هر پشته در نظر گرفته شد. پس از انتخاب زمین مورد نظر، برای تأمین رطوبت جوانه‌زنی بذور و آبشویی نمک‌های خاک طبق عرف منطقه، آبیاری با عمق حدود ۲۰ سانتی‌متر انجام گرفت. قبل از کاشت، نمونه مرکب از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر تهیه و میزان شوری عصاره اشباع خاک، بافت، کربن آلی، ظرفیت تبادل، درصد آهک، درصد گچ، فسفر و پتاسیم قابل جذب اندازه‌گیری گردید. در این تحقیق، گندم رقم هامون با میزان بذر ۴۵۰ دانه در مترمربع، فاصله خطوط کشت

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب اندازه گیری گردید.

کارایی مصرف آب از نظر متخصصان زراعت نسبت ماده تولید خشک تولید شده به ازای آب مصرفی می باشد. از آنجا که اساس تولید و مصرف در گیاهان فتوسنتز و تعرق می باشد فیزیولوژیست های گیاهی عبارت کارایی مصرف آب را بصورت نسبت فتوسنتز به تعرق به ازای واحد سطح برگ یا واحد بوته گیاه در یک دوره زمانی معین تعریف می نمایند.

به طور کلی کارایی مصرف آب معادل رابطه ذیل می باشد.

$$W.U.E = Y/W \quad (3)$$

$Y$  = کل ماده گیاهی تولید شده یا ماده خشک (اندام هوایی) و یا عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه یا کاه یا هردو) می باشد.

$W$  = آب تعرق شده بوسیله گیاه یا مجموع تبخیر از سطح خاک و گیاه و تعرق گیاه (تبخیر و تعرق) و یا آب کاربردی در مزرعه را نشان می دهد (حیدری و همکاران، ۱۳۸۶). در پایان داده ها با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت و میانگین تیمارها در سطح ۵٪ توسط آزمون دانکن مقایسه گردید.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۲) ارائه شده است. بافت خاک در هر دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ متر لوم شنی بوده و آب مورد استفاده در آزمایش از رود هیرمند تامین گردید که هدایت الکتریکی آن برابر ۱/۰۲ دسی زیمنس بر متر بود. بر اساس طبقه بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، آب مورد استفاده با خطر بالای ایجاد شوری طبقه بندی می شود.

آبیاری هر بار بر اساس کسر نمودن رطوبت خاک از رطوبت حد ظرفیت زراعی در تیمار آبیاری کامل نواری و براساس رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$d_n = (\theta_{fc} - \theta_i).MAD.Z \quad (1)$$

$\theta_{fc}$ : رطوبت حد ظرفیت زراعی (درصد حجمی)  
 $Z$ : عمق توسعه ریشه

MAD: تخلیه مجاز رطوبتی (۰/۶۵)

$\theta_i$ : رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در تیمار آبیاری کامل

و عمق ناخالص آبیاری از رابطه (۲) بدست آمد.

$$I_g = d_n / E \quad (2)$$

$I_g$ : عمق ناخالص آبیاری E: راندمان دور آبیاری از تقسیم  $d_n$  بر  $ET_c$  ماکزیمم روزانه حاصل گردید. مقادیر  $ET_c$  بر اساس مقادیر ارائه شده برای گندم در دشت زابل از سند ملی کشور استخراج گردید. بر اساس این سند مقدار تبخیر و تعرق خالص گندم در طول دوره رشد در این دشت بدون احتساب خاک آب ۳۵۲۰ متر مکعب در هکتار گزارش شده است (بی نام، ۱۳۷۵). مقدار آب آبیاری در تیمارهای متناظر در دو روش آبیاری نواری و شیاری برابر بوده و حجم آب مورد نیاز توسط لوله های دریچه دار به قطعات آزمایشی انتقال گردید. با توجه به اینکه تلفات انتقال از منبع تا مزرعه صفر بود مقدار راندمان جهت نیاز آبی خالص برابر ۸۰ درصد در نظر گرفته شد. لوله های هیدروفلوم (دریچه دار) دارای قطر ۱۰ اینچ و دریچه های نصب شده بر روی لوله با قابلیت تنظیم، دارای قطر دو اینچ بود. میانگین آب مصرفی در سه تیمار برای هر دو روش در تیمار آبیاری کامل ( $T_1$ )، ۷۵ درصد آبیاری کامل ( $T_2$ ) و ۵۵ درصد آبیاری کامل ( $T_3$ ) به ترتیب برابر با ۴۴۷۳، ۳۵۰۵ و ۲۷۳۰ متر مکعب در هکتار بود. برداشت در زمانهای ۸۲/۲/۴ و ۸۳/۱/۳۱ انجام گرفت و سپس پارامترهای ارتفاع بوته، ارتفاع سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، وزن کاه و ساقه،

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک

EC (dS/m)	P (ppm)	K (ppm)	pH	کربن آلی (%)	درصد اجزای بافت خاک			عمق (cm)	بافت خاک
					رس (%)	لای (%)	شن (%)		
۱/۶	۳/۸	۱۵۱	۸/۱	۰/۴۸	۱۵	۳۲	۵۳	۰-۳۰	Sandy loam
۲/۱	۱/۲	۱۳۲	۸/۱	۰/۲۳	۹	۳۳	۵۸	۳۰-۶۰	Sandy loam

ارتفاع بوته، ارتفاع سنبله

نتایج مشابهی در خصوص کاهش ارتفاع بوته و سنبله با افزایش تنش آبی را گزارش نمودند. اثر روش آبیاری بر ارتفاع بوته و سنبله با احتمال ۹۵ درصد معنی دار نشد به عبارت دیگر در دو روش نواری و شیاری میانگین ارتفاع بوته و ارتفاع سنبله در تیمارهای متناظر آبیاری اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد نداشتند. همچنین اثر متقابل روش آبیاری و میزان آبیاری بر این صفت معنی دار بود (جدول ۳) معنی دار شدن اثر متقابل نشان دهنده این مطلب است که نمی توان اثر هر یک از تیمارها را به تنهایی بر ارتفاع بوته و سنبله مورد بررسی قرار داد، بلکه نتیجه نهایی، حاصل از اثرات توأم تیمارها با یکدیگر می- باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش آبی به طور معنی داری ارتفاع بوته و سنبله را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳) بطوری که با کاهش میزان آبیاری مقادیر این صفات نیز کاهش یافت (جدول ۴). کاهش ارتفاع گیاه در پاسخ به تنش خشکی می تواند به علت کاهش نسبی آماس و کم شدن آب پروتوپلاسم باشد که در کاهش فشار تورگر و تقسیم سلول دخالت دارد (آرنون و همکاران ۱۹۶۱). در هر حال محدودیت دسترسی گیاه به آب، توسعه و رشد مریستم انتهایی و میانی را که در میانگرمه ساقه فعال است را کاهش داده در نتیجه ارتفاع نهایی بوته کوچک باقی می ماند (اهدایی و نورمحمدی، ۱۳۷۳). شهباز پناهی و همکاران (۱۳۹۱) نیز

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات کمی و کیفی مورد بررسی گندم در دو سال زراعی (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع سنبله	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	میانگین مربعات	
									سال	تکرار (درسال)
سال	۱	۱۱۳۳/۴*	۸/۰۲۷	۲۵۰/۶۹*	۲۵۰/۶۹*	۱۴/۹۵	۱۲/۱۳۳*	۰/۱۶۲*	۰/۰۳۷	
تکرار (درسال)	۲	۳/۸۸	۳/۰۰	۳/۲۵	۷۳۹	۹/۷۰۴	۶/۳۶	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	
روش آبیاری (A)	۱	۳۲/۱۱	۶۱/۳۶	۲۶/۶۹	۹۰۰	۱۶/۵۳	۲/۷۲۲*	۰/۹۵۳	۰/۰۱۶	
سال × A	۱	۱۸۶/۷۷	۱۷/۳۶۱	۰/۶۹	۳۲۴۹	۱/۶۰	۱/۵۶۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	
خطا (A)	۶	۵۹/۳۳	۱۳/۶۶	۵/۴۷	۱۲۹۴	۱۹/۹۵	۰/۶۳	۰/۷۳۵	۰/۷۳۵	
سطوح آبیاری (B)	۲	۵۰/۵۸*	۱۱۸/۷۵*	۱۲۰/۲۵*	۲۱۹۲/۵*	۰/۶۰*	۲/۰۳*	۰/۸۶*	۰/۸۶*	
سال × B	۲	۱۴/۱۹	۵/۳۶	۲۵/۸۶*	۳۷/۱۹۴	۳/۶۰۱	۱/۹	۰/۲۷۴	۰/۲۷۴	
اثر متقابل A × B	۲	۲۷/۰۲۷*	۳/۰۲۷	۲/۱۹	۲۱۲/۲	۱۸/۲۱۴	۰/۱۱*	۰/۱۳۱*	۰/۱۳۱*	
سال × A × B	۲	۱۴/۱۹۴	۴۸/۸۶*	۷/۶۹	۳۸۲/۷۵	۰/۷۴۷	۱/۰۶۷	۰/۳۳۸	۰/۳۳۸	
خطا (B)	۱۶	۵/۲۵	۹/۲۵	۶/۳۳	۴۰۵/۴	۱۰/۰۵	۱/۱۵	۰/۳۶۸	۰/۳۶۸	

\*: اختلاف معنی دار در سطح ۵٪

جدول ۴- مقایسه میانگین دو ساله اثر روش و مقدار آبیاری بر صفات مرتبط با اجزای عملکرد، عملکرد و کارایی مصرف آب

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع سنبله (mm)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	کارایی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> )
آبیاری کامل- نواری	۸۷/۲ a	۹۱ a	۳۲/۱ a	۴۹۲ a	۳۱/۵a	۹۸۳۰ a	۴۴۵۰ a	۰/۹۹ b
۷۵٪ آبیاری-نواری	۸۶/۳ a	۸۷ a	۲۹/۷ a	۴۸۰ a	۲۸/۱b	۹۸۸۰ a	۴۰۴۰ a	۱/۱۵ a
۵۵٪ آبیاری-نواری	۸۰/۱ b	۸۲/۴ b	۲۴/۳ b	۴۶۵ a	۲۹/۹a	۸۶۰۰ b	۳۲۰۰ b	۱/۱۷ a
آبیاری کامل-شیاری	۸۶/۹ a	۸۹/۶ a	۳۰/۱ a	۴۸۱ a	۳۲/۱a	۹۴۸۰ a	۴۲۸۰ a	۰/۹۵ b
۷۵٪ آبیاری-شیاری	۸۵/۸ a	۸۷/۹ a	۲۶/۱ b	۴۷۹ a	۲۸/۸b	۹۲۳۰ a	۳۵۰۰ b	۱ b
۵۵٪ آبیاری-شیاری	۸۰/۳ b	۸۱/۴ b	۲۴ b	۴۳۵ b	۳۰/۲b	۸۸۳۰ b	۳۱۸۰ b	۱/۱۶ a

جدول ۵- آب مصرفی تیمارهای مختلف آبیاری گندم در هر دو روش شیباری و نواری بر حسب مترمکعب در هکتار

تیمار	۱۳۸۲	۱۳۸۳	میانگین دو ساله
۱۰۰٪ آب مورد نیاز (T1)	۵۲۶۳	۳۶۸۴	۴۴۷۳
۷۵٪ آب مورد نیاز (T2)	۴۰۹۷	۲۹۱۳	۳۵۰۵
۵۵٪ آب مورد نیاز (T3)	۳۱۶۴	۲۲۹۶	۲۷۳۰

## تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۳) کاهش میزان آب آبیاری بر تعداد دانه در سنبله تاثیر معنی داری داشته و تنش آبی تعداد دانه در سنبله را بطور محسوسی کاهش داد. کاهش تعداد دانه در سنبله به احتمال زیاد به علت افزایش درصد تلقیح نشدن گل ها بوده و اعمال تیمارهای مختلف کم آبیاری در طی مرحله تقسیم میوزی سلول مادر دانه‌ی گرده، موجب رشد غیر طبیعی بساک و در نهایت باعث کاهش معنی دار تعداد دانه در سنبله و ضریب باروری سنبله در مقایسه با تیمار آبیاری کامل شد. شهباز پناهی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در تحقیق بررسی عملکرد رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد گندم این نتیجه را تایید نموده‌اند. با توجه به جدول (۴)، درصد کاهش تعداد دانه در سنبله در روش آبیاری شیباری بیشتر از روش نواری بوده و بالاترین تعداد دانه در سنبله را تیمار آبیاری کامل در روش نواری به خود اختصاص داد.

کاهش تولیدات فتوسنتزی گندم می‌تواند به دلیل کاهش منابع آب قابل دسترس به خاطر کمبود رطوبت موجود در مزرعه باشد. همچنین نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد با اعمال کم آبیاری، تعداد سنبله در مترمربع به طور معنی دار کاهش یافت به گونه‌ای که بیشترین و کمترین تعداد سنبله به ترتیب در تیمار آبیاری کامل و ۵۵ درصد آبیاری کامل مشاهده شد (جدول ۴). کاهش تعداد سنبله‌ها را می‌توان به کاهش تعداد پنجه‌های بارور در واحد سطح نسبت داد. معنی دار بودن اثر تیمار میزان آب آبیاری بر تعداد سنبله در متر مربع، در تحقیقات کمیلی و همکاران (۲۰۰۶)، شهباز پناهی و همکاران (۱۳۹۱) و تحقیقات باقری و حیدری شریف آباد (۲۰۰۷) نیز تایید شده است.

## وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه

وزن هزار دانه تحت تاثیر تیمار روش آبیاری با احتمال ۹۵ درصد قرار نگرفت اما تیمار میزان آب آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح پنج درصد اثر معنی داری داشت. بدیهی است وزن هزار دانه گندم نیز به اندازه تعداد سنبله در واحد سطح در عملکرد کل سهمیم است. تیمار آبیاری کامل در روش آبیاری نواری بالاترین میزان را با دارا بود اما وزن هزار دانه در تیمار ۵۵ درصد در هر دو روش آبیاری بیشتر از تیمار ۷۵ درصد بود به نظر می‌رسد اعمال تنش آبی باعث تشکیل تعداد دانه در سنبله کمتری گردید و در این حالت سهم مواد فتوسنتزی هر دانه در سنبله بیشتر شده و باعث افزایش وزن هزار دانه تیمار ۵۵ درصد آبیاری کامل، نسبت به تیمار ۷۵ درصد گردید. افزایش وزن هزار دانه را می‌توان مکانیزم جبرانی گیاه در تیمارهای کم آبیاری دانست. کافی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در نتایج تحقیق خود به این مکانیزم اشاره نموده‌اند.

تحلیل داده‌ها در جدول (۳) نشان می‌دهد که تاثیر روش و میزان آبیاری بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی دار شد. هرچند با مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه مشاهده شد که بین دو تیمار آبیاری کامل و ۷۵٪ آبیاری کامل اختلاف معنی دار با احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد، این امر را می‌توان بدلیل مدیریت مناسب کم آبیاری دانست به عبارتی با آگاهی از مراحل حساس به تنش آبی گندم، در این مراحل آبیاری کامل در کلیه تیمارها انجام گرفت و احتمالاً تنش های قبل از گلدهی تاثیر زیادی بر کاهش عملکرد نداشته است. با توجه به اینکه دو تیمار آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل در صفات تعداد دانه در سنبله و نیز تعداد سنبله در واحد سطح نیز اختلاف معنی داری نداشتند و از طرفی کاهش عملکرد دانه ناشی از بروز تنش خشکی، با تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح ارتباط دارد

عملکرد بیولوژیک گندم تحت تاثیر تنش آبی را شهساز پناهی (۱۳۹۱) نیز گزارش داده است.

### کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب بر اساس مقدار عملکرد به ازای آب مصرف شده محاسبه می‌گردد. حجم آب مصرفی تیمارهای مختلف آبیاری طی سالهای آزمایش در جدول (۵) ارائه شده است. قابل ذکر است که مقدار آب آبیاری در هر نوبت آبیاری برای تیمارهای متناظر در هر دو روش آبیاری یکسان بوده است. براساس مقادیر جدول (۴) کارایی مصرف آب در تیمارهای کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل افزایش یافته و این روند در هر دو روش آبیاری مشاهده می‌شود. مقادیر کارایی مصرف آب در این تحقیق در محدوده  $0/95 - 1/17$  بدست آمد تفاوت کم مقادیر کارایی مصرف آب در بین تیمارها نشان می‌دهد که استفاده از رقم مقاوم به خشکی، تعیین مقدار مناسب آب آبیاری (براساس رطوبت خاک) و همچنین راندمان بالای آبیاری میتواند بدون اعمال تنش آبی کارایی مصرف آب بالایی را در اختیار کشاورز قرار دهد.

بر اساس تحقیق دهقانی‌سانیچ و همکاران (۱۳۸۷) کارایی مصرف آب گندم در شرایط کامل  $0/4 - 1/3$  و کم آبیاری حداکثر تا  $1/7$  گزارش شده است. همچنین حیدری و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیق خود مقدار کارایی مصرف آب گندم در دشتهای عمده کشت این محصول را  $0/75$  بدست آورده اند. دامنه وسیع کارایی مصرف آب فقدان مدیریت و برنامه ریزی برای افزایش تولیدات کشاورزی را نشان می‌دهد (دهقانی‌سانیچ و نخجوانی مقدم، ۱۳۸۵). در تحقیق حاضر مقادیر کارایی مصرف آب تیمارهای کم آبیاری بالاتر از یک و تیمار آبیاری کامل نیز بالاتر از  $0/75$  می‌باشد. بالا بودن کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل نشان دهنده تعیین مناسب مقدار آب آبیاری است و اعمال تنش در تیمارهای کم آبیاری را با اطمینان بیشتری نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن مقادیر کارایی مصرف آب و عملکرد

می‌توان عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین این دو تیمار را به این موضوع ارتباط داد. سنجر (۱۳۷۹) در تحقیق خود ارتباط مستقیم تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح را با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی گزارش نموده است همچنین تحقیق اهدایی (۱۳۷۳) نشان داد که بین عملکرد دانه و اجزاء آن با ارتفاع بوته در شرایط نامساعد محیطی یک رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. بر اساس داده‌های جدول (۴)، تفاوت عملکرد تیمار آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل در روش آبیاری نواری و شیاری بترتیب برابر  $410$  و  $840$  کیلوگرم در هکتار بود یعنی با کاهش تقریباً ۲۰ درصد آب آبیاری عملکرد در روش نواری و شیاری بترتیب ۱۰ و ۲۲ درصد کاهش یافت در حالی که این تفاوت مابین تیمارهای ۷۵ درصد و ۵۵ درصد در دو روش کرتی و شیاری بترتیب برابر  $780$  و  $320$  کیلوگرم در هکتار بود. تفاوت در اختلاف عملکردها در تیمارهای متناظر کم آبیاری را می‌توان ناشی از تاثیر روش آبیاری دانست. از جدول (۴) می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش مقدار آبیاری تا سطح ۷۵ درصد در روش نواری عملکرد بیشتر از روش شیاری بود اما کاهش آب آبیاری از آبیاری کامل تا سطح ۵۵ درصد در هر دو تیمار تقریباً یکسان می‌باشد و با کاهش ۴۰ درصد آب آبیاری بطور متوسط عملکرد محصول ۲۷ درصد کاهش یافت. زارع فیض‌آبادی و قدسی (۱۳۸۱) کاهش عملکرد ۱۰ تا ۳۰ درصد و موگابه و نیاکاتاوا (۲۰۰۰) نیز کاهش ۱۲ تا ۲۰ درصد محصول را در تیمارهای کم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گزارش نموده‌اند.

با توجه به کاهش عملکرد تقریباً یکسان هر دو روش آبیاری در تیمار ۵۵ درصد نسبت به آبیاری کامل در صورت نیاز به اعمال تنش آبی در این سطح، دو روش آبیاری تفاوت معنی‌داری ندارند. همچنین جدول (۴) نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک با کاهش میزان آب بین دو تیمار آبیاری کامل و تیمار ۵۵ درصد آبیاری کامل در کاهش معنی‌دار در سطح پنج درصد داشت. کاهش



یکسانی را برصفت اندازه گیری شده داشتند. اما مقادیر بالاتر در اکثر صفات اندازه‌گیری شده روش آبیاری نواری را مناسبتر نشان می‌دهد. با مقایسه عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در کلیه تیمارها گزینه قابل توصیه در کشت گندم تیمار ۷۵ درصد آبیاری کامل به روش نواری می‌باشد لذا روش آبیاری نواری و میزان آب ۷۵ درصد که حجم آب آبیاری آن در طول فصل رشد ۳۵۰۵ متر مکعب در هکتار بود بهترین وضعیت را بین تیمارها داشته و قابل توصیه است زیرا در این گزینه کاهش عملکرد معنی‌دار نبوده در حالی که دارای کارایی مصرف بالا نیز می‌باشد. نتایج این مطالعه نیز همانند مطالعات گذشته کم‌آبیاری را به عنوان یک روش موثر و قابل اجرا توصیه می‌کند.

البته از آنجائی که تصمیم‌گیری در خصوص نحوه اجرای روشهای کم‌آبیاری نیازمند مطالعات جامع در هر منطقه و مقایسه روشهای مختلف با یکدیگر است لذا صحت نتایج این مطالعه منوط به تکرار آزمایش در شرایط مختلف و بر اساس روشهای متفاوت می‌باشد. توصیه کلی در اعمال کم‌آبیاری، در نظر گرفتن اهمیت نقش مدیریت زراعی و دانش فنی کشاورزی (شناخت مراحل حساس به کم‌آبی، کشت ارقام مقاوم به خشکی، بهبود شرایط خاکی و روش مناسب کم‌آبیاری و...) در بهبود عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب می‌باشد.

### سپاسگزاری

این تحقیق با اعتبارات پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان اجرا گردیده و نگارنده از ریاست محترم مرکز و نیز رئیس ایستگاه تحقیقات زهک، کارشناسان و تکنسین ایستگاه که در اجرای طرح همکاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نماید.

محصول در شرایط کم آبیاری تیمار ۷۵ درصد روش نواری بهترین تیمار می‌باشد زیرا عملکرد این تیمار نسبت به تیمار آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری ندارد در حالیکه آب مصرفی حدود ۲۰ درصد کاهش یافته است. کاهش آب آبیاری به میزان ۵۵ درصد آبیاری کامل باعث اختلاف معنی‌دار عملکرد با تیمار آبیاری کامل شد، در عین حال کارایی مصرف آب تفاوت چندانی با تیمار ۷۵ درصد نداشت. سبک بودن خاک مزرعه می‌تواند در بروز تنش شدید و کاهش عملکرد در تیمار ۵۵ درصد آبیاری کامل نقش مهمی داشته باشد (هانگ، ۱۹۸۳).

علیرغم بالا بودن کارایی مصرف آب در تیمار ۵۵ درصد این تیمار در شرایط کمبود آب توصیه نمی‌شود زیرا براساس تحقیقات گلگار و فرداد (۱۳۸۱) عملکرد اقتصادی محصول گندم با مقدار آب بالاتر از ۴۰۰ میلیمتر (۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار) بدست می‌آید که در این تحقیق نیز کاهش شدید عملکرد در تیمار ۵۵ درصد آبیاری کامل با آب مصرفی ۲۷۳۰ مکعب تأییدی بر این مطلب می‌باشد و توصیه می‌شود در شرایط کمبود آب با در نظر گرفتن عملکرد اقتصادی از تیمار ۷۵ درصد آبیاری کامل استفاده شود. توجه به اینکه مهمترین چالش بخش کشاورزی در شرایط کنونی تولید بیشتر غذا از آب کمتر است، برای برنامه‌ریزی کم‌آبیاری باید در نظر داشت که میزان تولید نیز دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

### نتیجه گیری

نتیجه کلی آزمایش نشان داد که کم آبیاری بر اکثر صفات مورد بررسی گندم هامون در منطقه سیستان تأثیر معنی‌داری داشت بطوریکه همواره تیمار ۵۵ درصد آبیاری کامل مقادیر کمتری را به خود اختصاص داد. همچنین دو روش آبیاری شیاری و نواری رفتار تقریباً

## فهرست منابع

۱. ابراهیمی پاک، ن.، ع. (۱۳۸۰). تأثیر کم آبیاری بر مقدار عملکرد کمی و کیفی گندم در شهرکرد. گزارش نهایی طرح پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب.
۲. اعتصام، غ. (۱۳۷۲). بررسی حساسیت به قطع آب در مراحل رشد بر عملکرد گندم سیستان. مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان. گزارش نهایی طرح پژوهشی.
۳. اکبری مقدم، ح. (۱۳۸۱). مشخصات و توصیه‌های زراعی ارقام غلات در منطقه سیستان. نشریه مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان.
۴. اکبری مقدم، ح.، رستمی، ح.، اعتصام، غ.، ر.، کوهکن، ش. ع.، کیخا، غ. ب. و فنایی، ح. ر. (۱۳۸۳). اثر تنش خشکی در طول رشد بر عملکرد و اجزاء عملکرد بر گندم. مجموعه مقالات هشتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه گیلان. ص ۵.
۵. اهدایی، ب.، نورمحمدی، ق. و والا، ع. (۱۳۷۳). حساسیت محیطی و تجزیه همبستگی عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ‌های تتراپلوئید خوزستان در شرایط مساعد و نامساعد محیطی. مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز. جلد ۱۷. ص ۳۱-۱۵.
۶. بی نام، (۱۳۷۵). سند ملی آب کشور (ارائه به صورت نرم افزار NETWAT). موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
۷. بی نام، (۱۳۸۹). آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی، سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸، وزارت جهاد کشاورزی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
۸. توکلی، ع. ر. (۱۳۹۲). کم آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم در شهرستان سلسله. پژوهش آب در کشاورزی. ب. جلد ۲۷. شماره ۴. ص ۶۰۰-۵۸۹.
۹. رضایی اعتدالی، ه.، لیاقت، ع.، پارسى نژاد، م.، توکلی، ع. ر. و بزرگ حداد، ا. (۱۳۹۱). توسعه مدل تخصیص بهینه آب در اراضی آبی و دیم جهت افزایش بهره‌وری اقتصادی. رساله دکتری رشته مهندسی آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۷۵ ص.
۱۰. زارع فیض آبادی، ا. و قدسی، م. (۱۳۸۱). بررسی مقاومت به خشکی لاین‌ها و ارقام گندم مناطق سرد کشور. چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات و تهیه نهال و بذر. کرج. صفحه ۵۷۵.
۱۱. دهقانی سانچ، ح. و نخجوانی مقدم، م. م. و اکبری، م. (۱۳۸۷). بررسی کارایی مصرف آب بر اساس مزایای نسبی مناطق کم آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران. دوره ۲. شماره ۱. ص ۷۷-۹۱.
۱۲. دهقانی سانچ، ح. و نخجوانی مقدم، م. م. (۱۳۸۵). کاربرد شاخص کارایی مصرف آب و تابع عملکرد در تعیین الگوی کشت با هدف افزایش کارایی مصرف آب. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. ص ۹.
۱۳. حیدری، ن.، اسلامی، ا. و قدمی فیروزآبادی، ع. (۱۳۸۵). کارایی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور (مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان). اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ص ۸.
۱۴. حیدری، ن.، انتظاری، م. ر.، خیرابی، ج. و علائی، م. (۱۳۸۶). کارایی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ص ۱۸۰.

۱۵. سپاسخواه، ع.، توکلی، ع. و موسوی، س. ف. (۱۳۸۵). اصول و کاربرد کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۱۰ ص.
۱۶. سنجرى، ا. ق. و شیرى، م. ر. (۱۳۷۹). پایداری صفات اجزای عملکرد و شاخص برداشت در شرایط محدودیت آب و روابط همبستگی آنها با مقاومت به خشکی در ارقام جدید گندم چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. بابلسر. ص ۵۷۳.
۱۷. شهنازپناهی، ب.، پاک نژاد، ف.، حبیبی، د.، صادق شعاع، م.، نصری، م. و پازکی، ع. (۱۳۹۱). بررسی تأثیر رژیم های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام مختلف گندم. زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸: شماره ۲. تابستان ۱۳۹۱. ۱۸۵-۱۹۷.
۱۸. کافی، م و ف، حسین پناهی. (۱۳۹۲). تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام گندم در مشهد. پژوهش آب در کشاورزی. شماره ۴. جلد ۲۷ (ب). ۵۸۷-۵۷۷.
۱۹. گلکار حمزیه یزد، ح و ح، فرداد. (۱۳۸۱). تحلیل اقتصادی کم آبیاری گندم در شرایط کرج. علوم کشاورزی ایران. دوره ۳۳ شماره ۲. ۳۱۲-۳۰۵.
۲۰. وفاپور، م.، جهانبین، ش.، یدوی، ع. و فلاح هکی، م. ح. (۱۳۹۰). اثر محلول پاشی فسفر و قطع آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم زمستانه رقم الوند. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ص ۸۰-۶۷.
21. Arnon I. 1961. Some aspects of research of field crops in Israel. Div.of.publ,Nat and univ.Inst.of agric,Rohovot. Israel. Abstract of publications.372.
22. Bagheri,A,and H.Heidari Sharif Abad. 2007. Effect of drought and salt stresses on yield components and ion content of Hull-less barley (*Hordeum sativum* L.).journal of New Agricultural science.3 (7):3-11.
23. Day, A. D. and S. Intalap. 1970. Some effects of soil moisture stress on the growth of wheat. *Agronomy Journal*. Vol 62: 27-29.
24. Hang, A. N., Miller, D. E. 1983. Wheat development as affected by deficit high frequency sprinkler irrigation. *Agronomy J.*,75:234-239.
25. Liu, H., Li, F., and Xu., H. 2004. Deficiency of water can enhance root respiration rate of drought sensitive but not drought-tolerant spring wheat. *Agricultural Water Management*. 64: 41-48.
26. Machado, E. C., Lagoa, A. M. A. and Ticelli, M. 1993. Source-sink relationships in wheat subjected to water stress during three productive stage. *Revista Brasileirade Fisiologia Vegetal*.Vol 5 (2): 45-150.
27. Mc Ginley, S. 2002. Irrigation Efficiency for Durum Wheat. The University of Arizona College of Agriculture and life sciences.
28. Michaley, 2002. Soil Water Depletion levels for irrigation wheat and Barley.[www.cals.Arizona.edu/impacts/1-11.pdf](http://www.cals.Arizona.edu/impacts/1-11.pdf).
29. Mugabe, F.T. and 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.
30. Komeili H. R. M. Rashed Mahsol, M. Qodsi and A. Zare Feizabadi,2006. Assesment of tolerance of wheat genotypes in drought stress. *Journal of Pazhoheshhaye Zeraei Iran*.4 (2):301-314. (In Persian with English abstract).