

## استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی گندم دیم در منطقه مشهد

جواد طباطبایی یزدی<sup>۱</sup> - سید ابوالقاسم حقایقی مقدم<sup>۲\*</sup> - مسعود قدسی<sup>۳</sup> - هادی افشار<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۲

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲

### چکیده

استحصال آب باران یکی از شاخص‌ترین تکنیک‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم‌آبی می‌باشد که در مناطق مواجه با کمبود آب بسرعت در حال توسعه می‌باشد. مبنای این روش اختصاص سطحی از زمین برای جمع‌آوری نزولات و سپس ذخیره‌سازی آن برای استفاده در زمان مورد نیاز می‌باشد. با توجه به تنوع روشهای استحصال آب باران، باید در انتخاب روش مناسب به ویژگی‌هایی از قبیل مقدار بارندگی و نحوه توزیع آن، توپوگرافی زمین، نوع خاک، عمق خاک و عوامل اقتصادی و اجتماعی هر منطقه توجه جدی نمود. در این مقاله، نتایج طراحی و اجرای یک طرح پایلوت استحصال آب باران در منطقه خشک و نیمه خشک شمال شرق ایران (مشهد) ارائه گردیده است. رواناب از یک سطح پوشش داده شده با پلاستیک به مساحت ۵۰۰۰ مترمربع جمع‌آوری شد و به داخل یک مخزن زمینی ۵۰۰ مترمکعبی هدایت گردید. کرت‌های آزمایشی در مجاورت سطوح جمع‌آوری آب باران قرار گرفته و شامل ۸ کرت جداگانه هر کدام به مساحت ۶×۸۵ مترمربع بود. از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار (چهار کرت آبیاری تکمیلی و ۴ کرت شاهد دیم) بعنوان قالب آماری طرح استفاده گردید. برای استفاده هرچه بهتر از آب باران استحصال شده، آبیاری به روش قطره‌ای با نوارهای آبیاری ۴ لیتر در ساعت در واحد طول انجام شد. نتایج نشان داد در طی سال اول و دوم انجام آزمایش، عملکرد دانه در تیمار آبیاری تکمیلی به ترتیب ۷۰٪ و ۸۷٪ نسبت به تیمار دیم افزایش نشان داد. این در حالی است که در طی این دو سال به ترتیب ۳۵٪ و ۷۰٪ نیاز آبی گیاه گندم در طی فصل رشد از طریق آبیاری تکمیلی تامین شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مناطقی با ارتفاع باران سالانه متوسط تا ۱۵۰ میلی‌متر نیز می‌توان مشروط به استحصال آب باران از زمین‌های اطراف و انجام ۲ نوبت آبیاری تکمیلی، نسبت به کشت گندم در اراضی مستعد اقدام نمود و انتظار داشت که عملکرد گندم تا دو برابر نسبت به شرایط دیم افزوده شود.

**واژه‌های کلیدی:** استحصال آب باران، آبیاری تکمیلی، گندم دیم، منطقه مشهد

### مقدمه

که منظور از آن جمع‌آوری و بهره‌برداری از آب باران در محل بارش می‌باشد. از آنجا که باران، هرچند به مقدار کم، تقریباً در همه نقاط کشور وجود دارد، چنانچه بتواند با اعمال مدیریت صحیح مورد استفاده قرار گیرد، میتواند جهت جبران بخشی از کمبودهای موجود، مفید واقع شود.

وجود آب انبارهای قدیمی با معماری متنوع در اکثر نقاط خشک کشور گویای میزان توجه به استحصال آب باران جهت مصارف مختلف در گذشته می‌باشد. اگرچه این روش بطور عمده در مقیاس کوچک مورد استفاده بوده است، اما تعداد طرح‌های اجرا شده بسیار قابل توجه است. استحصال آب باران بصورت سنتی در نقاط مختلف با اسامی خاص همان منطقه شناخته میشود که از آن جمله میتوان به هوتک و خوشاب‌های سیستان و بلوچستان و یا بندسارهای استان خراسان اشاره نمود.

سوابق موجود استحصال آب باران در دنیا نشان می‌دهد که این روش اول بار در صحاری فلسطین اشغالی با بارندگی متوسط ۹۰

افزایش روزافزون جمعیت در کنار مصرف بی‌رویه آب مشکلات زیادی را در تامین آب شهری و روستایی کشور فراهم نموده است. از آنجا که عمده مصرف آب مربوط به بخش کشاورزی میباشد، لذا ضرورت تحقیق در زمینه استفاده از منابع آب جایگزین و نیز روشهای صرفه‌جویی در مصرف آب بسیار ضروری است. یکی از روشهایی که بطور غیر مستقیم میتواند باعث کاهش اتکاء به منابع آب معمول نظیر چاه و قنات و یا آب رودخانه باشد، استحصال مستقیم آب باران است

۱- استادیار پژوهش بخش حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات کشاورزی و

منابع طبیعی خراسان رضوی

۲-۴- مربی پژوهش بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی

خراسان رضوی

(\*)- نویسنده مسئول : (Email: sahm51@yahoo.com)

۳- دانشیار پژوهش بخش نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی

خراسان رضوی

هدف از تحقیق حاضر، برآورد پتانسیل استحصال آب باران جهت استفاده در آبیاری تکمیلی کشت دیم در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک مشهد بوده است. آب باران در یک مخزن ذخیره خارج از اراضی تحت کشت، جمع آوری شد تا از آن برای آبیاری تکمیلی گندم در ایستگاه تحقیقاتی طرق وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی واقع در حومه مشهد استفاده بعمل آید. در این آزمایش عملکرد گندم رقم دیم در شرایط آبیاری تکمیلی و بدون انجام آبیاری برای دو سال با یکدیگر مقایسه گردید.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت و اقلیم منطقه

منطقه مورد مطالعه در اراضی ایستگاه تحقیقاتی طرق واقع در استان خراسان رضوی با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه در ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. به منظور تحلیل بارندگی از آمار روزانه ایستگاه سینوپتیک مشهد که در مجاورت محل طرح قرار دارد در دوره آماری ۱۳۵۶-۱۳۸۳ استفاده شد. متوسط باران سالیانه منطقه مورد مطالعه ۲۵۵ میلیمتر، دمای حداقل، متوسط و حداکثر سالیانه به ترتیب ۷/۷، ۱۴/۲ و ۲۱ درجه سانتیگراد می باشد.

اقلیم منطقه براساس روش دومارتن نیمه خشک و براساس منحنی آمبروترمیک دوران مرطوب سال منطبق بر فاصله زمانی اواسط آبان لغایت اول اردیبهشت می باشد. به منظور برآورد نیاز آبی گندم، با استفاده از داده‌های هواشناسی، مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل و از آنجا مقدار تبخیر و تعرق گیاه گندم از روش پنمن - مانیتیت برابر ۵۲۵ میلیمتر برآورد گردید. عمده بارندگی‌ها در اواخر زمستان و اوایل بهار به وقوع می پیوندند.

آبیاری تکمیلی در این منطقه می تواند نقش اساسی داشته باشد چرا که دوره بحرانی رشد گیاه با زمان بارش‌های طبیعی منطقه منطبق نیست. شکل (۱) توزیع بارندگی در منطقه اجرای تحقیق (دوره بلند مدت ۲۰ ساله ۱۳۸۴-۱۳۶۵) در مقایسه با نیاز آبی گندم در طول دوره رشد گیاه را نشان می دهد.

### آماده سازی سطوح آبیاری

بمنظور بررسی اثربخشی استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی گندم، زمینی به مساحت ۵۰۰۰ مترمربع با شیب عمومی ۱٪ انتخاب گردید. پس از تمیز کردن زمین از علفهای هرز، زمین بصورت جاده‌های شیب دار آماده سازی شد بطوری که همه این جاده‌ها با شیب افقی ۵٪ به یک کانال جمع کننده انتهایی مستطیلی ( عرض کف ۴۰ سانتیمتر و ارتفاع دیواره ۳۰ سانتیمتر) با پوشش بتن وصل گردیدند (شکل ۲).

میلیمتر در سال انجام شده و کمک زیادی به تولید علوفه در منطقه نموده است. در استرالیا سطوح آبیگیر ناودانی شکل جهت هدایت آب باران به باغات استفاده شده که نتایج آن بصورت دستورالعملی برای تامین آب اضطراری مناطق خشک این کشور در آمده است (۱۷).

سیاسخواه و کامکار حقیقی (۱۴)، در تحقیقاتی از این روش برای درختکاری انگور دیم تحت عنوان "هدایت آب حوضه درختان به پای هر درخت" استفاده نمودند که نتیجه آن، افزایش رشد درختان، افزایش محصول و کیفیت آن بوده است. کوثر (۸) در مطالعاتی جهت کشت درختان دیم در گردنه قوچک در نزدیکی تهران نشان داد که در بارندگی با شدت ۱۰۰ میلیمتر در ساعت و یا با شدت ۱۲ میلیمتر در ساعت و مدت بیش از یکساعت بارندگی و یا هنگامی که خاک در حالت نزدیک به اشباع است، چنانچه از سطوح آبیگیر باران به روش نواری استفاده شود، برای نسبت سطح جمع آوری به سطح کشت شده برابر ۱/۵:۱، نیاز آبی درختان قابل تامین می باشد.

یک راهبرد کلیدی در کشت گیاهان دیم به منظور به حداقل رساندن ریسک نابودی کامل محصولات، تاکید بر سرمایه گذاری روی سامانه های استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی کشت های دیم می باشد (۱۳).

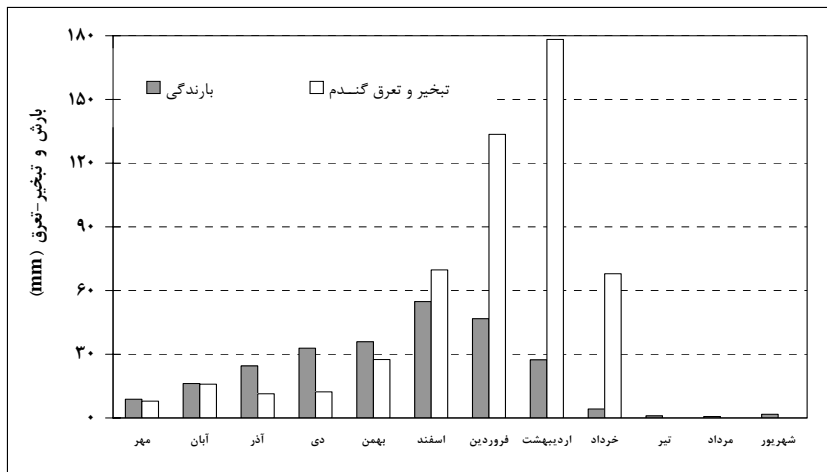
استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی در بسیاری از مناطق خشک با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور آب باران از اراضی مجاور جمع آوری و ذخیره می شود و در زمان کمبود آب به مصرف گیاه می رسد (۹، ۱۲ و ۱۵). نحوه استحصال آب باران برای کشاورزی مناطق خشک به دو دسته اصلی تقسیم می شود (۱۰). روش استحصال آب سنتی بیشتر مبتنی بر استفاده مستقیم از رواناب های جمع شده برای آبیاری گیاهان است. در روش های نوین از مخزن برای جمع آوری و ذخیره بهره گرفته می شود تا بتوان آبیاری گیاهان را در دوره کمبود آب یا در فاصله زمانی بین بارش ها اعمال نمود.

تحقیقات نشان داده که روش استفاده مستقیم نمی تواند در مناطقی که فصل بارش با زمان نیاز به آبیاری گیاهان تطابق ندارد، توأم با موفقیت باشد. زیرا نمی توان رطوبت را در خاک از فصل مرطوب برای دوره خشکی ذخیره کرد و در این شرایط گیاهان از بین خواهند رفت و عملکردی را عاید کشاورز نخواهند نمود (۲).

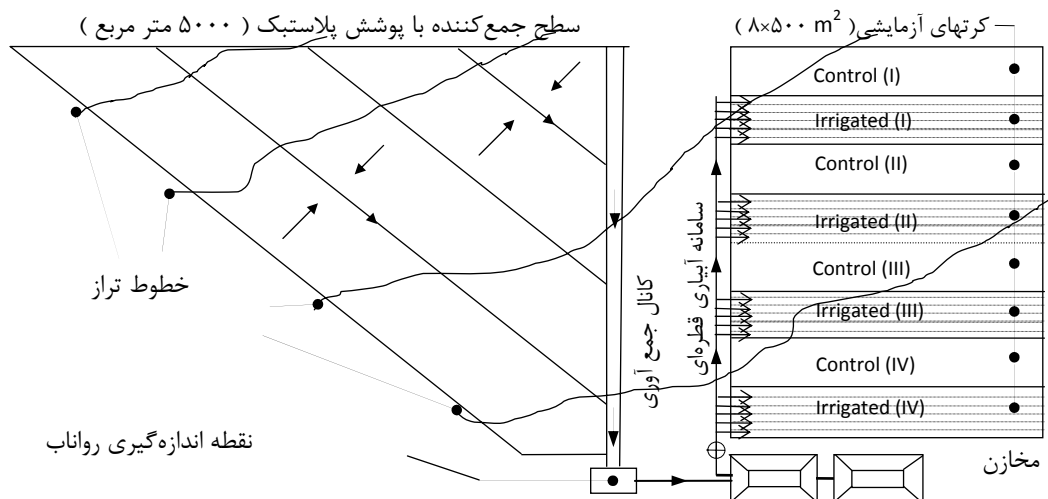
زراعت دیم دارای خصوصیات متمایز و متفاوتی نسبت به زراعت آبی است. تغییرات سال به سال بارندگی و تغییرات مقدار و نحوه پراکنش نزولات جوی از جمله عواملی هستند که سبب می شود عدم اطمینان و خطرپذیری در زراعت دیم بالا بوده و ضریب اعتماد و درجه ثبات و پایداری آن اندک باشد (۱۸). لذا راهکارها و شیوه های مختلفی که در کاهش خطرپذیری و ایجاد ثبات و پایداری عملکرد محصولات دیم، مؤثر باشد مورد توجه است.

سریز نموده و بدین ترتیب مقدار تبخیر از سطح به حداقل کاهش یابد. برای اندازه‌گیری حجم رواناب ورودی به مخزن، یک عدد سرریز مستطیلی به عرض ۳۰ و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر همراه با دستگاه ثبات سطح آب در انتهای کانال جمع‌کننده نصب شد بطوری که در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه امکان برآورد دبی ورودی به مخزن فراهم گردید. توزیع زمانی بارش از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه مشهد در مجاورت محل اجرای طرح دریافت و مورد استفاده قرار گرفت. اراضی تحت کشت در مجاورت سطوح جمع‌کننده آب قرار گرفته و شامل ۸ کرت در مقیاس ۶×۸۵ مترمربع بودند. بر اساس طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی، ۴ کرت به تیمارهای آبیاری تکمیلی اختصاص یافت و ۴ کرت باقیمانده به عنوان شاهد و بصورت دیم در نظر گرفته شد (شکل ۲).

روشهای مختلفی برای پوشش آبیگر و افزایش رواناب وجود دارد که از جمله آنها میتوان بتن، آسفالت، پلاستیک، قیر و پارافین را نام برد. که البته بتن، آسفالت و پارافین برای سطح‌های وسیع عملی نیستند. هر یک از این پوشش‌ها دارای بارندگی آستانه رواناب و همچنین ضریب رواناب مشخصی است که با توجه به خصوصیات بارندگی و شکل و شیب سطح تفاوت می‌کنند. در این طرح سطوح جمع‌آوری کننده آب باران با نوارهای پلاستیک شفاف به عرض ۱۰ متر پوشش داده شد تا حداکثر بازدهی استحصال رواناب فراهم آید. رواناب‌های جمع‌آوری شده پس از جریان یافتن در داخل کانال بتنی و عبور از یک حوضچه رسوب‌گیر، وارد دو مخزن زمینی مرتبط با هم هر یک به گنجایش ۲۵۰ مترمکعب گردیدند. مخزن زمینی به صورت دو قسمتی ساخته شد تا پس از پر شدن یکی از آنها، آب به دیگری



شکل (۱) - مقایسه توزیع متوسط بارندگی ماهانه و تبخیر و تعرق گندم در منطقه مشهد



شکل (۲) - پلان سامانه استحصال آب باران در ایستگاه تحقیقاتی طرق مشهد

## عملیات زراعی

طرح مورد استفاده بلوکهای کامل تصادفی با دو تیمار ( دیم و آبیاری تکمیلی ) و چهار تکرار بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم با گاوآهن برگرداندار، یک مرحله دیسک و سپس تسطیح به کمک لولر بود. زمین مورد کشت بایر بوده و تاکنون کشت نشده بود. میزان کود مصرفی بر اساس توصیه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و به میزان ۵۰-۷۵-۱۰۰ کیلوگرم N-P-K خالص در هکتار محاسبه و به این ترتیب مصرف شد که تمامی کود فسفره و پتاسه و ۳۰٪ از کود نیتروژنه به عنوان کود پایه قبل از کاشت و مابقی کود نیتروژنه در دو مرحله بعدی (خاتمه پنجه زنی و ظهور سنبله گندم) به صورت سرک و با احتیاط کامل پس از نزول بارندگی مصرف شد. سعی گردید در حد امکان مصرف کود سرک با رشد سریع گندم همزمان باشد. رقم گندم مورد استفاده گندم دیم آذر ۲ بود که بلافاصله پس از نزول اولین بارندگی موثر (۱۷ آبان ۱۳۸۴ و ۱۹ آذر ۱۳۸۵) کاشت بوسیله بذرکار خطی کار غلات (همدانی) با میزان بذر مصرفی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. مساحت کاشت هر تیمار ۵۰۰ متر مربع بود و سبز مزرعه ۱۰ تا ۲۰ روز پس از کاشت بود.

در طی دوره رویش مراقبت های زراعی از جمله جلوگیری از خسارت عوامل مزاحم از جمله پرندگان بذرخوار (کلاغ) به عمل آمد. به منظور کنترل علف های هرز از علف کش توفوردی به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و در دهه سوم اسفند ماه و قبل از مرحله خاتمه پنجه زنی اقدام شد. با گرم شدن نسبی هوا از اوایل اردیبهشت ماه و ورود به دوره گلدهی و گرده افشانی نسبت به انجام آبیاری تکمیلی اقدام شد. با استفاده از یک کودارات ۰/۵ × ۰/۵ تعداد ۵ نمونه (بوته) تصادفی از هر تیمار در هر تکرار گرفته شد و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه ابتدا وزن کل نمونه ها (به عنوان عملکرد بیولوژیک) اندازه گیری و سپس تعداد سنبله های بارور هر نمونه به دقت شمارش و میانگین تعداد سنبله بارور در متر مربع و میانگین تعداد دانه در هر سنبله و وزن دانه در سنبله محاسبه و ثبت شد. پس از کوبیدن نمونه ها ابتدا وزن دانه های هر نمونه توزین و با تقسیم نمودن وزن دانه بر بیولوژیک، صفت شاخص برداشت محاسبه شد. پس از حذف اثرات حاشیه ای، عملیات برداشت به کمک کمپاین برداشت آزمایشات غلات از سطح ۲۵۰ متر مربع انجام شد و عملکرد دانه هر تیمار در هر تکرار به دقت توزین و ثبت شد. عملیات تجزیه واریانس و تحلیل های آماری به کمک نرم افزار MSTATC و بر اساس موازین طرح انجام شد و برای مقایسه دو میانگین از آزمون t استفاده شد.

## عملیات آبیاری

بمنظور حداکثر استفاده از آب باران استحصالی، آبیاری تکمیلی به روش قطره ای انجام گردید. از کل قطعه کشت شده حدود ۲۰۰۰ متر مربع برای انجام عملیات آبیاری انتخاب گردید. این مساحت در ۴

کرت جداگانه هر یک به ابعاد ۶×۸۵ مترمربع آبیاری شد. برای آبیاری از سیستم آبیاری قطره ای خطی ( تیپ ) به ضخامت ۲۰۰ میکرون با آبدهی ۴ لیتر در ساعت در هر متر طول و فاصله قطره چکان ۳۰ سانتیمتر استفاده بعمل آمد. در هر کرت ۱۰ نوار به فاصله ۶۰ سانتیمتر پهن گردید. برای پمپاژ آب از استخر ذخیره، یک دستگاه پمپ بنزینی روپین استفاده شد. آب باران استحصالی بعد از پمپاژ و عبور از صافی دیسکی ۳ اینچ و کنتور حجمی ۲ اینچ وارد یک لوله اصلی پلی اتیلن به قطر ۵۰ میلیمتر می گردید. لوله های فرعی پلی اتیلن به قطر ۳۲ میلیمتر به لوله اصلی متصل گردیده و نوارهای آبیاری قطره ای با استفاده از بست ابتدایی به این لوله های فرعی در ابتدای هر کرت متصل بودند. مقدار دبی آب ورودی به کرتها با استفاده از کنتور حجمی اندازه گیری و کنترل می شدند. رطوبت خاک در عمق های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر با استفاده از بلوک های گچی در زمانهای قبل و بعد از آبیاری و در مجموع ۱۴ نوبت اندازه گیری گردید. اندازه گیری رطوبت در کرت های تحت آبیاری و دیم ( شاهد ) به تفکیک و در ۱۲ نقطه متفاوت در طول هر یک از کرتها انجام شد. این بلوکها پیش از کارگذاری در خاک در یک آزمایش گلدانی و با استفاده از خاک مزرعه مورد کشت واسنجی شده و رابطه رطوبت- مقاومت الکتریکی در آنها بدست آمده است.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با نمونه گیری از نقاط مختلف زمین محل آزمایش تا عمق ۶۰ سانتیمتر تعیین و در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. در جداول مذکور ملاحظه می شود که خاک دارای بافت لوم بوده و مشکل شوری و سدیمی ندارد. ظرفیت نگهداری آب در خاک تا عمق توسعه ریشه یعنی ۶۰ سانتیمتر معادل ۷۲ میلیمتر می باشد. مقدار بارش موثر از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) بدست آمد و مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه گندم در هر سال بطور جداگانه از روش فائو پنمن - مانیتیت برآورد گردید.

## نتایج و بحث

### رابطه بارش- رواناب

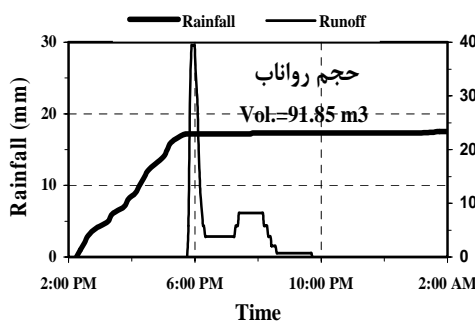
ارتفاع بارندگی ها طی دو سال انجام آزمایش بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک فرودگاه مشهد برای سال اول برابر با ۱۶۶ و سال دوم ۲۸۰ میلیمتر بوده است. رابطه بین بارش و رواناب حاصل از آن بر روی سطح آبگیر طرح برای بارندگی های به وقوع پیوسته طی دوره انجام تحقیق بدست آمد. شکل (۲) باران تجمعی و رواناب حاصل از آن را برای دو بارش غیروابسته در تاریخ های ۸۵/۱۲/۱۷ و ۸۶/۲/۲۶ نشان می دهد. بارش اول ۸ ساعته به مقدار ۲۷ میلیمتر و بارش دوم ۴ ساعته به میزان ۱۷ میلیمتر ثبت گردیده است. حجم رواناب اندازه گیری شده بترتیب برابر با ۸۱/۲ و ۹۱/۸۵ مترمکعب و ضریب رواناب برای این دو بارش ۶۶٪ و ۹۰٪ محاسبه گردید.

(جدول ۱) - خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش

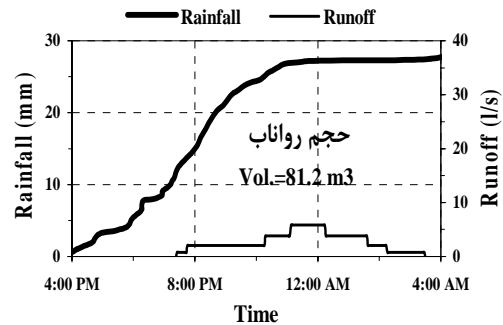
عمق (cm)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm <sup>3</sup> )	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی)
۰-۳۰	لوم	۱/۵۷	۱۸/۷	۱۱/۲
۶۰-۳۰	لوم	۱/۴۲	۲۱/۴	۱۲/۹

(جدول ۲) - خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	نسبت جذب سدیم (SAR)
۰-۳۰	۷/۵۵	۲/۶۶	۰/۵۳
۳۰-۶۰	۷/۵۰	۳/۲۰	۲/۱۰



(ب)



(الف)

(شکل ۳) - توزیع بارش - رواناب برای (الف) باران مورخ ۸۵/۱۲/۱۷ و (ب) باران مورخ ۸۶/۲/۲۶

غیرمعنی دار شدن اثر آبیاری تکمیلی بر صفات فوق این است که آبیاری تکمیلی پس از مرحله گرده افشانی اعمال شد و این صفات معمولاً قبل از مرحله گرده افشانی تحت تاثیر تیمارهای مختلف (از جمله آبیاری، تنش رطوبتی، مصرف کود و ...) قرار می گیرند. شواهد نشان می دهد اعمال تیمارهای مختلف پس از مرحله گرده افشانی بر این صفات معمولاً غیر معنی دار بوده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۳، ۶ و ۷)

با اعمال تیمارهای آبیاری تکمیلی عملکرد دانه گندم آذر ۲ به ۱۶۵۱ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت در حالی که عملکرد این رقم در شرایط دیم ۹۷۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱). افزایش عملکرد معادل ۶۷۳ کیلوگرم در هکتار و در نتیجه آبیاری تکمیلی در دو مرحله حساس نموی (گرده افشانی و پر شدن دانه ها - شیری شدن دانه ها) حاصل شده است. یکی از مهمترین مولفه ها و صفات فیزیولوژیک موثر بر عملکرد دانه گندم بویژه در شرایط تنش خشکی، شاخص برداشت می باشد (۳).

نتایج نشان داد که پوشش پلاستیک می تواند بطور قابل توجهی ایجاد رواناب را افزایش دهد. باران با شدت بیشتر (۲۶ اردیبهشت) و ارتفاع کمتر، از باران کم شدت تر (۱۷ اسفند) ولی با ارتفاع بیشتر، حجم رواناب بالاتری حاصل نمود. بارش های قابل توجه به شکل برف (۲۰/۷ میلیمتر در تاریخ ۸۵/۱۰/۹ و ۱۹ میلیمتر در تاریخ ۸۵/۱۲/۷) هیچ گونه روانابی تولید نمودند. حد آستانه ایجاد رواناب در این تحقیق ۴ میلیمتر بدست آمد. به عنوان مثال بارندگی های ۲۶ دی، ۴ فروردین، ۲۶ فروردین و ۱۳ اردیبهشت بترتیب با مقادیر ۲/۸، ۱/۱، ۰/۹ و ۳/۵ تولید رواناب نداشتند.

### عملکرد گندم

نتیجه تجزیه واریانس داده های صفات مورد مطالعه در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ نشان داد، اثر تیمار آبیاری تکمیلی بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه در سطح ۵٪ معنی دار و بر صفات عملکرد بیولوژیک (کل ماده خشک)، تعداد سنبله در متر مربع و ارتفاع بوته غیرمعنی دار بود (جدول ۳). دلیل

(جدول ۳) - عملکرد و صفات زراعی گندم آذر ۲ تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی (سال زراعی ۸۴-۸۵)

ارتفاع بوته (cm)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	صفت شرایط زراعی
۵۶/۵ <sup>ns</sup>	۲۳/۱ <sup>b</sup>	۰/۶۶۳ <sup>b</sup>	۴۷۹ <sup>ns</sup>	۱۲۱۸ <sup>b</sup>	۹۷۸ <sup>b</sup>	۷۹۲ <sup>ns</sup>	دیم
۶۰/۳ <sup>ns</sup>	۳۲/۸ <sup>a</sup>	۰/۹۲۴ <sup>a</sup>	۵۳۹ <sup>ns</sup>	۱۹,۱۱ <sup>a</sup>	۱۶۵۱ <sup>a</sup>	۸۷۴۰ <sup>ns</sup>	آبیاری تکمیلی

میانگین هایی که دارای حروف مشترک نیستند در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری دارند.  
ns: اختلاف غیر معنی دار

(جدول ۴) - عملکرد و صفات زراعی گندم آذر ۲ تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی (سال زراعی ۸۶-۸۵)

وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	صفت شرایط زراعی
۳۶ <sup>b</sup>	۲۱ <sup>a</sup>	۱۰۷ <sup>b</sup>	۳۹ <sup>b</sup>	۷۴۴ <sup>b</sup>	۱۹۵۴ <sup>b</sup>	شاهد (دیم)
۴۳ <sup>a</sup>	۲۳ <sup>a</sup>	۱۶۲ <sup>a</sup>	۵۱ <sup>a</sup>	۱۳۹۴ <sup>a</sup>	۲۷۷۸ <sup>a</sup>	آبیاری تکمیلی

میانگین هایی که دارای حروف مشترک نیستند در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری دارند.  
ns: اختلاف غیر معنی دار

مختلف در مرحله گرده افشانی و مرحله پر شدن دانه ها بر این صفات معنی دار بوده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (و ۵).  
با اعمال تیمارهای آبیاری تکمیلی عملکرد دانه گندم آذر ۲ از ۷۴۴ کیلوگرم در هکتار به ۱۳۹۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت که در مقام مقایسه با انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس و بحرانی نمو گندم عملکرد دانه به میزان ۸۷٪ افزایش یافت (جدول ۴).  
افزایش عملکرد معادل ۶۵۰ کیلوگرم در هکتار در نتیجه انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس نمو گندم (گرده افشانی و پر شدن دانه ها) حاصل شده است. همچنین با انجام آبیاری تکمیلی عملکرد بیولوژیک گندم آذر ۲ به میزان ۸۲۴ کیلوگرم در مقایسه با شاهد افزایش یافت که افزایشی معادل ۴۲ درصد را نشان می دهد (جدول ۴). در حقیقت با افزایش بنیه گیاه، عملکرد دانه که جزء اقتصادی آن می باشد، افزایش یافته است. تحت شرایط آبیاری تکمیلی، شاخص برداشت گندم آذر ۲ به ۵۱ درصد افزایش یافت در حالی که تحت شرایط دیم ۳۹ درصد بود (جدول ۴). افزایش حدود ۳۱ درصدی شاخص برداشت یکی از دلایل مهم افزایش عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی می باشد. همچنین نتایج نشان داد صفت وزن هزار دانه (یکی از اجزای مهم عملکرد دانه) تحت شرایط دیم ۳۶ گرم بود که در شرایط آبیاری تکمیلی به ۴۳ گرم افزایش یافت. نتیجه نهایی سال دوم آزمایش اینکه با انجام آبیاری تکمیلی عملکرد دانه گندم آذر ۲ افزایش یافت که به دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع، افزایش نسبی تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بوده است. نتایج منتشر شده در زمینه اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد و نمو بر عملکرد گندم (۵ و ۶) نیز حاکی از اثر

این صفت مهم توانایی ژنوتیپ گندم را برای اختصاص مواد فتوسنتزی (شیره پرورده) به دانه ها (عملکرد اقتصادی) نشان می دهد. نتایج این تحقیق نشان داد تحت شرایط آبیاری تکمیلی، شاخص برداشت گندم آذر ۲ به ۱۹/۱۱ درصد افزایش یافت در حالی که تحت شرایط دیم ۱۲/۱۸ درصد بود (جدول ۳). افزایش حدود ۷ درصدی شاخص برداشت یکی از دلایل مهم افزایش عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی می باشد. همچنین نتایج نشان داد صفات وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه (یکی از اجزای مهم عملکرد دانه) تحت شرایط دیم به ترتیب ۲۳/۱ گرم و ۰/۶۶۳ گرم و در شرایط آبیاری تکمیلی به ترتیب ۳۲/۸ گرم و ۰/۹۲۴ گرم بود. پروکیدی و لاغر بودن دانه ها تحت شرایط دیم و اندازه معمولی دانه ها در شرایط آبیاری تکمیلی نیز بر عملکرد دانه در هر دو شرایط موثر بود. نتیجه نهایی حاصل از سال اول انجام آزمایش اینکه با انجام آبیاری تکمیلی عملکرد دانه گندم آذر ۲ افزایش یافت که به دلیل افزایش شاخص برداشت، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه بوده است. نتایج حاصل از انجام سایر پژوهش ها (و ۵ و ۶) موید نتایج کسب شده از این تحقیق می باشد.

در سال زراعی ۸۶-۸۵ نتیجه تجزیه واریانس داده های زراعی نشان داد اثر تیمار آبیاری تکمیلی بر صفات عملکرد دانه در سطح ۱٪، عملکرد بیولوژیک (کل ماده خشک)، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه در سطح ۵٪ معنی دار و بر شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله غیر معنی دار بود. با انجام آبیاری تکمیلی عملکرد کل ماده خشک، تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزار دانه و به تبع آن عملکرد دانه افزایش یافت. شواهد نشان می دهد اعمال تیمارهای

ثبت صفات شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بر عملکرد دانه گندم در شرایط تنش رطوبتی بوده است.

### آبیاری و رطوبت خاک

مقدار بارندگی موثر در طول دوره رشد گندم طی سال زراعی ۸۴-۸۵ همراه با تبخیر و تعرق ماهانه گندم در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. از مجموع ۴۲۰ میلیمتر نیاز آبی گندم در این سال، مقدار ۱۲۳ میلیمتر توسط باران مؤثر بطور مستقیم تامین گردید. آبیاری تکمیلی در دو نوبت از مراحل حساس رشد گندم (گرده‌افشانی به میزان ۸۰ میلیمتر و پر شدن دانه‌ها به میزان ۲۵ میلیمتر) و در مجموع با حجم آب ۲۱۵ مترمکعب انجام شد. با انجام آبیاری تکمیلی به میزان ۱۰۵ میلیمتر، مقدار ۳۵٪ از کل نیاز آبی باقیمانده گیاه گندم تامین و ۷۰٪ افزایش در عملکرد دانه نسبت به تیمارهای دیم بدست آمد.

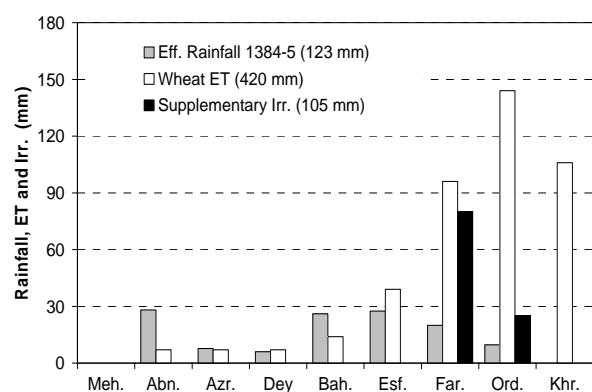
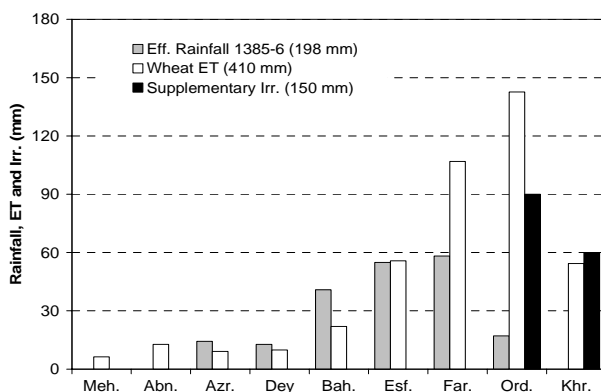
در شکل ۵ نیز مقدار بارش مؤثر در سال زراعی ۸۶-۸۵ در مقایسه با تبخیر و تعرق گندم نشان داده شده است. در این سال مقدار ۱۹۸ میلیمتر از ۴۱۰ میلیمتر نیاز آبی گندم توسط باران مؤثر (از روش SCS) تامین شد. طی سه نوبت عملیات آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشد گندم شامل گرده‌افشانی و پر شدن دانه بترتیب مقدار ۳۵، ۵۵ و ۶۰ میلیمتر آب به زمین وارد گردید. کل حجم آب ورودی به کرتها ۳۱۰ متر مکعب بود که توانست ۵۸٪ نیاز آبی باقیمانده گیاه را تامین نماید. در مقایسه با تیمار دیم، کرت‌های آبیاری شده بطور متوسط ۸۷٪ افزایش عملکرد داشتند.

در شکل ۶ و ۷ تغییرات رطوبت خاک در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری خاک اندازه‌گیری شده با استفاده از بلوک‌های گچی در سال دوم آزمایش نشان داده شده است. در این شکل‌ها محور افقی زمان از شروع اندازه‌گیری‌ها در تاریخ ۸۶/۱/۲۲ را نمایش می‌دهد. عملیات آبیاری در روزهای ۲۵، ۴۳ و ۵۰ انجام شده است. ملاحظه

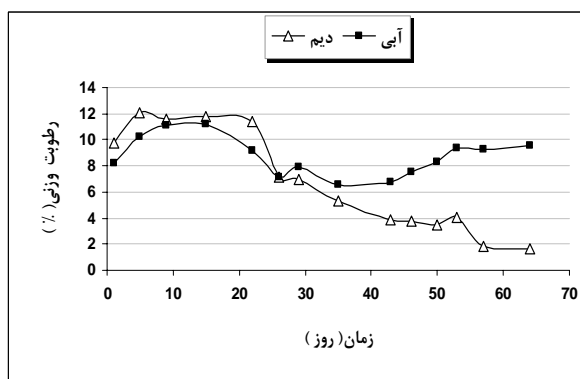
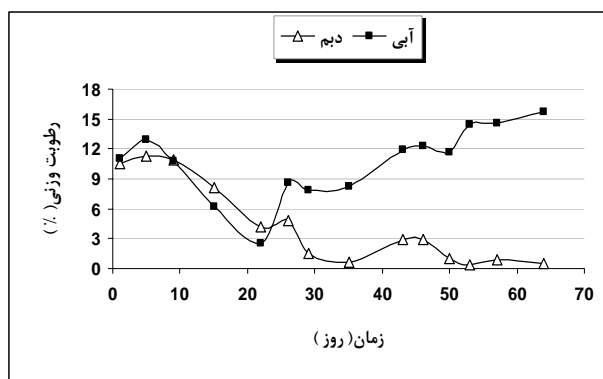
می‌شود که در هر دو تیمار دیم و آبی، قبل از شروع عملیات آبیاری در روز بیست و پنجم تغییرات رطوبت خاک تقریباً تفاوتی با هم نداشته و تابعی از بارشها بوده است. بطور کلی تغییرات رطوبت در عمق ۳۰-۶۰ کمتر بوده و بدلیل تأثیرپذیری کمتر از تبخیر از سطح خاک، محتوای رطوبتی خاک بیشتر می‌باشد. با آغاز عملیات آبیاری منحنی رطوبتی تیمارها از یکدیگر فاصله گرفته و افزایش رطوبت بدلیل انجام آبیاری مشاهده می‌گردد. نکته قابل توجه این است که تأثیر عملیات آبیاری در عمق ۳۰-۶۰ معنی‌دار بوده و با هر نوبت آبیاری میزان رطوبت خاک افزایش می‌یابد و در نهایت به رطوبت بیش از ۱۵٪ می‌رسد. در عمق ۰-۳۰ روند افزایش رطوبت کندتر بوده و در نهایت به رطوبت وزنی حدود ۱۰٪ رسیده است.

### نتیجه‌گیری

کمبود آب و در نتیجه کاهش تولید محصولات کشاورزی زندگی مردم مناطق خشک دنیا و کشور را تحت خطر قرار داده است. مدیریت مناسب استفاده از آب باران یکی از شیوه‌هایی است که می‌تواند بطور مؤثری مقابله با این تهدید را فراهم نماید. گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیاز به آب اضافی علاوه بر باران طبیعی دارند که می‌تواند از اراضی اطراف جمع‌آوری و برای مصرف گیاه در دوره خشکی مورد استفاده قرار بگیرد (۱۰). در این تحقیق امکان‌سنجی استحصال آب باران بمنظور استفاده در آبیاری تکمیلی گندم در منطقه نیمه‌خشک مشهد بررسی گردید. در سال اول آزمایش با بارش ۱۶۶ میلیمتر (۳۵٪ کمتر از آمار بارندگی بلند مدت منطقه)، امکان اعمال دو نوبت آبیاری و تامین ۳۵٪ نیاز آبی گیاه فراهم شد و آبیاری تکمیلی عملکرد دانه گندم را به میزان ۷۰٪ نسبت به شرایط دیم افزایش داد.



شکل (۵) ارتفاع بارش، تبخیر و تعرق و آبیاری تکمیلی (۶-۱۳۸۵) (شکل ۴) - ارتفاع بارش، تبخیر و تعرق و آبیاری تکمیلی (۵-۱۳۸۴)



(شکل ۶) - تغییرات رطوبت خاک در عمق ۳۰-۴۰ سانتیمتر در سال دوم آزمایش

(شکل ۷) - تغییرات رطوبت خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتر در سال دوم آزمایش

مناطق از کشور با متوسط بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلیمتر توصیه شده است و چنانچه انجام شود منجر به تولید محصول اقتصادی نمی گردد (۲۰). نتایج این تحقیق نشان داد که در مناطقی با ارتفاع باران سالانه متوسط تا ۱۵۰ میلیمتر نیز می توان مشروط به استحصال آب باران از زمین های اطراف و انجام چند نوبت آبیاری تکمیلی، نسبت به کشت گندم در اراضی مستعد اقدام نمود و انتظار داشت که عملکرد گندم تا دو برابر نسبت به شرایط دیم افزوده شود.

در سال دوم، بارندگی ۲۸۰ میلیمتر (۱۰٪ بیشتر از متوسط بلند مدت منطقه) بود و امکان تامین ۵۸٪ نیاز آبی گیاه طی سه نوبت آبیاری فراهم گردید. در این سال آبیاری تکمیلی عملکرد دانه گندم را به میزان ۸۷٪ افزایش داد. این نتایج همانند تحقیقات انجام شده توسط اویس (۹) و تنکیل و همکاران (۱۸) موثر بودن آبیاری تکمیلی در افزایش محصول گندم را نشان داد. در منطقه اجرای تحقیق به دلیل مقدار کم و توزیع نامناسب بارش، کشت گندم دیم توسط زراعتین به ندرت انجام می شود. بطور کلی کشت گندم دیم در

## منابع

- 1- Chadwick A. and Morfett J. and Borthwick M. 2004. Hydraulics in Civil and Environmental Engineering. Spon press.
- 2- Cluff C.B. 1980. Surface storage for water-harvesting agrisystems. In Rainfall collection for agriculture in arid and semiarid regions, Univ. of Arizona, Tucson.
- 3- Donaldson E. 1996. Crop traits for water stress tolerance. American J. Of Alt. Agric. 112(3): 89-94.
- 4- Frasier G.W. 1980. Harvesting water for agriculture, wildlife and domestic uses. J. Soil Water Cons. 35: 125-128.
- 5- Ghodsi M. 2005. Echo-physiologic aspects of water deficit on growth and development of wheat cultivars. Agronomy thesis (Phd). Department of Agriculture, Tehran University 218 Page. (In farsi).
- 6- Ghodsi M. And Rahimiyan M.H. 2008. Remove irrigation of ending development stages on yield and its components in different wheat cultivars in Mashhad region. final research report, Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi (In farsi).
- 7- Ghodsi M., Chaechi M.R., Kamali J. and Mazaheri D. 2005. Sensitive Determination growth stages of wheat to water stress and its influence on yield and yield componenets. J. Seed and Plant, 20(4):489-509. (In farsi).
- 8- Kosar A. 1986. Application of tar in rainfed tree cultivation and runoff effect on success and growth of Acacia, cypress silver and ash. Publication No. 43-1364, Research Institute of Forests and Rangelands (In farsi).
- 9- Laura R. 2004. Water farms: a review of the physical aspects of water harvesting and runoff enhancement in rural landscapes. CSIRO Land and Water, Canberra ACT, Technical Report 04/6.
- 10- Oweis T., Hachum A., and Kijne J. 1999. Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. SWIM Paper 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- 11- Prinz D. 1996. Water harvesting Past and future. Proc., NATO, Avdanced Research Workshop, pp. 135-144.
- 12- Qiang Z., Yuanhong L., and Manjin C. 2006. Effect of low-rate irrigation with rainwater harvesting system on the dry farming. The 2nd International RWHM Workshop, IWA 5th world water congress and exhibition. Beijing, china.
- 13- Rockstrom J.L., Karlberg S.P., Wani J., Barron N., Hatibu. 2009. Managing water in rainfed agriculture- The need for a paradigm shift. Agric. Water Manage. 87(4):543-550
- 14- Sepaskhah A.R. and Kamgar Haghghi A.A. 1989. Study on runoff harvesting system for dryland grapes. Final



- report research project No. 18-297-AG-60. (In farsi).
- 15- Short R. and Lantzke N. 2006. Increasing runoff from roaded catchments by chemical application. Department of Agriculture and Food, Western Australia, Project Number: RT 03/20-4.
  - 16- Stanton D. 2005. Roded catchments to improve reliability of farm dams. Government of Western Australia, Department of Agriculture, Bulletin 4660.
  - 17- Tavakoli A.R. 2002. Optional management of single irrigation on dry land wheat farming. J. Agric. Eng. Res. 2(7):41-51. (In farsi).
  - 18- Tenkinel O.R. Kamber, Yazar A. and Ozekeei. 1992. Drought conditions and supplemental irrigation in Turkey. In international conference on supplementary irrigation and drought water management. Volume 1. Sep. 27- oct. 2 . Bari. Italy.
  - 19- Sari Sarraf B., Bazgir S. and Mohammadi Gh. 2009. Optimization of potential climatic wheat cultivation in West Azerbaijan province. Chghrafyav Development Quarterly, 7(13)5-26. (In farsi).



## Rainwater Harvesting for Supplementary Irrigation of Rainfed wheat in Mashhad Region

J. Tabatabaee Yazdi<sup>1</sup> – S. A. Haghayeghi<sup>2\*</sup> - M. Ghodsi<sup>3</sup> - H. Afshar<sup>4</sup>

### Abstract

Rainwater harvesting (RWH) is one of the most effective water resources management techniques for confrontation with water shortage condition. RWH which is basically known as a traditional method, has been developed rapidly and being used widely in dryland countries throughout the world. RWH is defined as collecting and storing rainwater from nearby catchment and delivering it to planting area during critical stages of plant requirement. RWH can be divided into two main categories which is known as micro and macro catchment methods. Many factors such as rainfall amount and distribution, ground topography, soil type, economical and social aspects are important for selecting a specific RWH category. In the present paper, design and performance of a real size macro catchment RWH project located in a semi arid region (N-E of Iran), is described. The project is comprised from a 5000 m<sup>2</sup> plastic covered catchment, 500 m<sup>3</sup> ground reservoir and an experimental cultivation area located next to runoff catchment which is planted with dryland wheat. Planting area is consisted of 8 scaled plots with dimension of 6m by 85 m. Following a randomized completely blocks design, four plots were considered for supplementary irrigation and the rest four replications were accounted as control (without irrigation). In an effort to conserve more water, drip irrigation system was used with 4 lit/hr/m discharge capacity. The results of two years study indicated that, compared to the conventional dry land farming undertaken in the control plots, wheat grain yield was increased by 70% and 87% respectively. During the study period, 35% and 70% of wheat water requirement was supplied from RWH system during plant growth period respectively. The result showed that it would be possible to have productive wheat cultivation in the regions with 250 mm annual precipitation (in average), if one can employ an effective RWH system.

**Keywords:** Rainwater harvesting, Supplementary irrigation, Rainfed wheat, Mashhad region

1 - Assistant Professor, Dept. of Soil Conservation and Watershed Management Research, Khorasan-razavi Agriculture and Natural Resources Research Center (KANRRC)

2,4- Researcher (M.Sc.), Dept. of Agricultural Engineering Research, KANRRC

(\* - Corresponding author Email: sahm51@yahoo.com )

3- Associate Professor, Dept. of Seed and Plant Research, KANRRC