

تحلیل اقتصادی آبیاری تکمیلی گندم در حد بهینه ازت در شرایط دیم^۱

علیرضا توکلی^۲

۱- چکیده:

وابستگی زراعت گندم دیم به مقدار و پراکنش بارش و لزوم دستیابی به حداکثر سود، اهمیت اجرای تحقیقاتی را در زمینه اعمال بهینه و سودآور آبیاری تکمیلی افزایش می‌دهد. بر همین اساس، در تحقیقی سه ساله (۸۱-۱۳۷۸) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه، این امر در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی و به صورت اسپلیت پلات با سطوح مختلف آب مصرفی (متوسط سه سال شامل صفر، ۹۵، ۱۵۱ و ۲۰۷ میلیمتر) و مقادیر مختلف ازت (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص) روی گندم دیم رقم سبلان بررسی شد. کل کود فسفره به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و مصرف ازت به صورت تقسیط بوده است. آب مورد نیاز بر اساس رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل با استفاده از دستگاه رطوبت سنج تراپیم محاسبه و تأمین می‌شد. بر اساس نتایج به دست آمده از طریق بودجه‌بندی جزئی، تحلیل نهایی و تعیین بهره‌وری آب مصرفی و با توجه به تابع درآمد و در شرایط مختلف قیمت آب و آبیاری، تیمار ۹۵ میلیمتر آب مصرفی به همراه ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص، به‌رغم ۲۰ درصد عملکرد کمتر نسبت به آبیاری تکمیلی کامل، حداکثر کارایی مصرف آب را در اضافه تولید نسبت به شرایط دیم (۲۰/۱ کیلوگرم بر میلیمتر) داشته است و ضمن امکان افزایش سطح تحت آبیاری بهینه به میزان ۱۸۰ درصد، با ایجاد حداکثر سود خالص در حدود ۷۴ درصد به مقدار کل تولید دانه گندم افزوده است. تیمار بهینه آبیاری تکمیلی تا زمانی می‌تواند توصیه شود که هزینه آب و آبیاری کمتر از ۲۸۵۷ ریال برای هر متر مکعب آب مصرفی، یا نسبت قیمت آب و آبیاری به قیمت فروش محصول (Pw/Pc) کمتر از ۲/۵ باشد.

۲- واژه های کلیدی:

آبیاری تکمیلی، بودجه بندی جزئی، بهره‌وری از آب مصرفی، بهینه سازی، دیم، سودخالص، گندم.

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، شماره ۷۸۱۴۳ - ۲۱-۱۰۰

۲- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، مراغه، ص. پ. ۱۱۹، شماره: ۲۲۲۲۰۶۹ - ۰۴۲۱، پیام نگار:

۳- پیشگفتار:

زراعت دیم نقش مهمی در تولید غذای مردم بسیاری از کشورهای منطقه و جهان دارد و شامل ۸۰ درصد کل اراضی قابل استفاده کشاورزی است [۱۴، ۱۶ و ۲۱]. ۶۰ درصد کل تولیدات کشاورزی از این بخش به دست می‌آید [۱۴]. تغییرات سال به سال میزان بارندگی و پراکنش (توزیع) آن، به همراه تغییرات درجه حرارت و عدم وقوع بارندگی در بخشی از سال زراعی سبب می‌شود که ریسک و خطرپذیری در زراعت دیم بالا رود و ضریب اعتماد و درجه ثبات و پایداری تولید در این نوع زراعت اندک باشد [۴-۵، ۲۰-۲۲]. از شیوه‌ها و راهبردهای مدیریتی فنی - زراعی مؤثر در کاهش ریسک و خطرپذیری و افزایش تولید و بهبود درجه ثبات و پایداری در زراعت دیم، می‌توان به اعمال مدیریت آبیاری تکمیلی و تک‌آبیاری اشاره کرد. در این حالت تعیین رقم مناسب، میزان آب مصرفی، زمان کاشت، و میزان افزایش عملکرد با آبیاری تکمیلی و تک‌آبیاری، و بررسی جنبه‌های اقتصادی آن از جمله مسائل مهم و مرتبط است [۳-۵]. گندم یکی از محصولات اساسی کشور است و حدود ۴۵ درصد کالری و ۷۰ درصد پروتئین مصرفی مردم ایران از این محصول تأمین می‌شود [۱]. بر اساس تحقیقات انجام شده، گندم عموماً به ازت و اکسژن خوبی نشان می‌دهد [۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۲۵] و همچنین واکنش مناسبی بین میزان ازت و آب آبیاری وجود دارد [۲۶].

در جنوب ایتالیا، اکتبر - دسامبر (مهر - آذر) دوره خشکی است، اما دوره زمانی ژانویه - می (دی - اردیبهشت) مرطوبتر است. بر اساس

تحقیقات انجام شده در این مناطق، تنها یک بار آبیاری گندم بلافاصله بعد از کاشت، منجر به افزایش عملکردی به میزان ۱۳۲ درصد (از ۲/۰۳ به ۴/۷۱ تن در هکتار) نسبت به شرایط دیم شده است، در حالی که یک بار آبیاری در مرحله تشکیل غلاف خوشه، فقط افزایش عملکردی به میزان ۲۳ درصد (یعنی افزایش عملکرد از ۲/۰۳ به ۲/۵ تن در هکتار) را به دنبال داشته است [۱۲]. طی تحقیقی در ارومیه گزارش شد که با یک نوبت آبیاری به میزان ۵۰ میلیمتر در زمان کاشت گندم به همراه ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت در شرایط منطقه، عملکردی به میزان ۲۸۵۳ کیلوگرم در هکتار به دست می‌آید که با شرایط دیم تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد [۲]. توکلی طی تحقیقی در مراغه مشاهده کرد که اعمال مدیریت تک‌آبیاری در زمان کاشت، افزایش عملکردی به میزان ۵۵۰-۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار را به دنبال دارد [۳ و ۵]. طی تحقیقات به انجام رسیده در مراغه، ارومیه، و کرمانشاه ملاحظه شد که بهترین زمان تک‌آبیاری در شرایط مراغه، زمان کاشت و در شرایط کرمانشاه و ارومیه در مرحله گلدهی گندم است [۵]. بر اساس مطالعات هشت ساله مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA)، در منطقه تل هدی^۱ در سوریه، آبیاری تکمیلی به‌طور متوسط عملکرد گندم را در شرایط دیم از ۲/۲۵ به ۵/۹ تن در هکتار افزایش می‌دهد. در سالی با شرایط خشک (۸۹ - ۱۹۸۸) وقتی متوسط بارندگی سالیانه ۲۳۴ میلیمتر بود، با کاربرد ۱۸۳ میلیمتر آب مصرفی از طریق آبیاری تکمیلی، عملکرد گندم از ۰/۷۴ به ۳/۸۳ تن در هکتار افزایش یافت. در مقابل در سالی با شرایط

کود و بذر نسبت به شرایط دیم افزایش می‌یابد و به دلیل افزایش دانه و کاه و کلش، هزینه نقل و انتقال دانه و کاه نیز بالا می‌رود اما افزایش هزینه‌های کود، بذر، و نقل و انتقال در مقایسه با سود ناشی از افزایش دانه و کاه و کلش، ناچیز است [۲۴]. مهم‌ترین عامل مؤثر اقتصادی در آبیاری تکمیلی استحصال و مصرف آب است، لذا تعیین حد سودآوری آبیاری تکمیلی بسیار اهمیت دارد.

کارایی مصرف آب ناشی از مجموع بارش و آبیاری تکمیلی نیز از شاخصهای مورد توجه محققان است. در حالی که در حوزه غرب آسیا و شمال آفریقا (WANA)، متوسط کارایی مصرف آب ناشی از بارش در تولید گندم در حدود ۰/۳۴ کیلوگرم بر متر مکعب (۳/۴ کیلوگرم بر میلی‌متر) و برای آبیاری کامل گندم ۰/۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب است، با کاربرد آبیاری تکمیلی متوسط کارایی مصرف آب به حدود ۲/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب (۲۲/۱ کیلوگرم بر میلی‌متر) افزایش می‌یابد [۲۲] و [۲۷]. بالاترین میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری تکمیلی در شمال عراق مربوط به تیمار ۵۰ درصد آبیاری تکمیلی کامل بوده است [۱۱]. بنا بر مشاهدات در شرایط مراغه، با تک‌آبیاری زمان کاشت گندم [۵] و آبیاری تکمیلی بهینه، بر کارایی مصرف آب افزوده می‌شود [۴]. آبیاری تکمیلی موجب ثبات عملکرد نیز می‌شود. با بررسی ضریب تغییرات (C.V.) عملکرد دانه گندم در آزمایشهای آبیاری تکمیلی در مدت پنج سال در ایکاردا، مشاهده شد که این ضریب از ۷۱ درصد در شرایط دیم به ۸ درصد در شرایط آبیاری تکمیلی کاهش پیدا می‌کند و در شرایط مزارع کشاورزان نیز

مطلوب از نظر بارش (۸۸ - ۱۹۸۷)، هنگامی که متوسط بارندگی سالیانه ۵۰۴ میلی‌متر بود، با کاربرد تنها ۷۵ میلی‌متر آب مصرفی با آبیاری تکمیلی عملکرد دانه از ۵/۰۴ تن در هکتار به ۶/۴۴ تن در هکتار افزایش یافت. همچنین در سالهای متعارف و در شرایط بارندگی متوسط (۳۱۶ میلی‌متر)، با کاربرد ۱۲۰ میلی‌متر آب مصرفی با آبیاری تکمیلی، عملکرد از ۲/۳ به ۵/۶ تن در هکتار افزایش پیدا کرد. در شرایط مزارع کشاورزان نیز عملکرد گندم دیم که ۰/۸ تن در هکتار بود، با کاربرد آبیاری تکمیلی به بیش از ۴/۸ تن در هکتار افزایش یافت [۲۰ و ۲۲]. در تحقیقی چهار ساله در سوریه با متغیرهایی همچون سطوح مختلف آبیاری تکمیلی، تاریخهای مختلف کاشت، مقادیر ازت، و ارقام گندم مشاهده شد که تیمار ۶۶ درصد آبیاری تکمیلی کامل از نظر کارایی مصرف آب بهترین وضعیت تولید را ایجاد می‌کند، ضمن اینکه تاریخ کاشت زودتر به همراه یک آبیاری حداقل (۳۰ میلی‌متر) در حصول عملکرد مطلوب مؤثر است [۲۳]. طی تحقیقی در شمال عراق نتیجه گرفته شد که اولین تاریخ کاشت بالاترین کارایی مصرف آب را به دنبال دارد، به طوری که در سال ۹۸-۱۹۹۷ که سالی با شرایط خیلی خشک بوده، به ازای هر هفته تأخیر در کاشت برای شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب ۲۲۰ و ۵۲۰ کیلوگرم در هکتار افت عملکرد ایجاد شده بود [۱۱]. نتیجه تحقیق آبیاری تکمیلی روی گندم دیم در سه منطقه از ترکیه نشان داد که به طور متوسط عملکرد گندم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب بین ۲-۲/۲ و ۳/۴-۳/۸ تن در هکتار است [۲۴]. تحت شرایط آبیاری تکمیلی، میزان مصرف

در ۲۵ کیلومتری مراغه (ارتفاع ۱۷۲۵ متر از سطح دریا، E ۱۵' ۴۶، N ۱۵' ۳۷) و روی گندم دیم رقم سبلان طی سالهای ۸۱-۱۳۷۸ انجام شد. خاک محل آزمایش رس سیلتی است که نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم، و جرم مخصوص ظاهری خاک به ترتیب ۳۸ درصد حجمی، ۲۰ درصد حجمی و ۱/۱۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب به دست آمد. متوسط آب قابل استفاده در یک متر عمق خاک نیز برابر ۱۸۰ میلیمتر بود. با تعبیه لوله‌های هادی دستگاه رطوبت سنج تراپم^۲ رطوبت خاک به صورت مستقیم و حجمی اندازه‌گیری شد. آب مورد نیاز از طریق چاه تأمین شد که مشکلی از نظر کیفی نداشت ($SAR = 1/5$ ، $pH = 7/6$ ، $EC = 1 \text{ ds/m}$). آبیاری به صورت سطحی و از طریق انتقال آب با لوله و شیلنگ و کنترل دقیق با کتور حجمی صورت می‌گرفت و برای دستیابی به یکنواختی توزیع مناسب، آبیاری در کرت از طریق لوله سوراخدار متحرک دستی انجام می‌شد، به نحوی که آب از طریق منافذ تعبیه شده به فواصل ۳-۴ سانتیمتری روی لوله پلی اتیلن با قطر ۶۳ میلیمتر و به طول ۴ متر و با حرکت یکنواخت دست در سطح کرت پخش می‌شد.

این تحقیق در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی و به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) با چهار سطح آبیاری (کرت اصلی) شامل: آبیاری تکمیلی کامل (F.S.I)، تأمین آب به میزان ۶۶ درصد آبیاری تکمیلی کامل، تأمین آب به میزان ۳۳ درصد آبیاری تکمیلی کامل و بدون آبیاری (شرایط دیم) و پنج میزان ازت (کرت فرعی) شامل: صفر،

ضریب تغییرات با اعمال آبیاری تکمیلی از ۱۰۰ درصد به ۱۰ درصد کاهش می‌یابد [۲۷].

تغذیه صحیح ریشه‌ها جهت حداکثر رشد گیاهی و تولید محصول ضروری است، از این رو در مناطقی که مواد غذایی فراوانتر یافت می‌شوند، گسترده‌ترین سیستم ریشه‌ای نیز مشاهده می‌شود [۹]. مصرف متعادل کود یکی از عوامل مهم در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است [۱۰]. در اراضی دیم برخی از کشورها، تأمین ازت مورد نیاز در حدود ۲۵ درصد هزینه تولید گندم را تشکیل می‌دهد و در سالهای با بارندگی اندک (یا با پراکنش نامناسب) تأمین این عنصر اغلب با خطر همراه است [۱۳]. اما در کشور ما سهم هزینه ازت در مقابل دیگر هزینه‌ها از جمله آبیاری تکمیلی بسیار ناچیز است و می‌توان گفت که حد بهینه ازت باید تابع حد بهینه آبیاری تکمیلی باشد. بسته به نوع زمین بین ۴۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص، بهترین و مناسبترین مقدار برای گندم خواهد بود که نیمی از آن را در موقع کاشت (پاییز) و بقیه را در اوایل بهار و به صورت سرک به مزارع گندم اضافه می‌کنند [۸]. مقدار مصرف فسفر بر مبنای P_2O_5 می‌تواند بین ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار تغییر کند [۷].

عمده‌ترین اهداف این تحقیق شامل، بهبود بهره‌وری آب^۱ (WP)، حداکثر استفاده از حجم آب قابل دسترس، کسب حداکثر سود خالص، و تعیین حد سودآوری آبیاری تکمیلی است.

۴- مواد و روشها:

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم

خالص تیمار برتر است، لذا تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص نیز در مقایسه‌ها در کنار حد بهینه ازت برای تیمارهای آبیاری تکمیلی (N_{60}) آورده شده است. پس از رسیدن محصول، عملکرد دانه (با استفاده از کمباین آزمایشی) و عملکرد کاه و کلش (برداشت نمونه با دست)، اندازه‌گیری و تعیین شد [۴].

از طریق بودجه بندی جزئی^۱، تحلیل نهایی نسبت اختلاف منافع به اختلاف هزینه^۲، نسبت درآمد به هزینه هر تیمار، میزان سود خالص، تعیین بهره‌وری کل آب مصرفی (آبیاری تکمیلی + بارش) و تعیین حد سودآوری هر یک از تیمارها با توجه به قیمت آب و آبیاری بررسی اقتصادی تحقیق صورت گرفت. پس از تعیین قیمت تمام شده آب آبیاری، تیمارها بر اساس درآمد خالص و به صورت نزولی مرتب شدند. با حذف شقوق تحت تسلط^۳، اختلاف میانگین منافع تیمارها و اختلاف میانگین هزینه‌ها محاسبه شد. طبق روابط $\Delta C = \bar{C}_i - \bar{C}_{i+1}$ و $\Delta B = \bar{B}_i - \bar{B}_{i+1}$ اختلاف بین منافع خالص و اختلاف بین هزینه‌ها تعیین و با استفاده از رابطه $\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq 1$ تحلیل نهایی بین تیمارهای مسلط انجام شد و تیمارهایی حذف شدند که نسبت اختلاف منافع نهایی آنها به اختلاف هزینه نهایی مربوط کمتر از واحد بود.

۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص بود که در سه تکرار و به مدت سه سال (۸۱-۱۳۷۸) به اجرا درآمد. نیمی از ازت همراه با کل کود فسفره به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص در زمان کاشت (به طور یکسان برای کلیه تیمارها) و بقیه ازت در بهار به صورت سرک مصرف شد.

اولین آبیاری در پاییز، بلافاصله پس از کشت و به طور یکسان برای تمامی تیمارها به جز دیم، به میزان ۴۰ میلیمتر اعمال شد. تیمارهای آبیاری در بهار بر مبنای ۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک (S.M.D) در تیمار آبیاری کامل و تأمین ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد به ترتیب برای تیمارهای آبیاری تکمیلی کامل و دو سوم و یک سوم آبیاری تکمیلی کامل بوده است که میزان آن در هر نوبت ۷۲، ۴۸ و ۲۴ میلیمتر برای تیمارهای آبیاری بود.

متوسط آب مصرفی سه سال برای تیمارهای مختلف آبیاری (آبیاری تکمیلی کامل، دو سوم آبیاری تکمیلی کامل، یک سوم آبیاری تکمیلی کامل و شرایط دیم) به ترتیب برابر ۲۰۷، ۱۵۱، ۹۵ و صفر میلیمتر بوده است. همچنین متوسط میزان بارندگی و متوسط دما در سه سال به ترتیب ۲۹۳ میلیمتر و ۹/۸ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد. در جدول شماره ۱ تیمارهای آبیاری و مقادیر آب مصرفی سه سال آزمایش ارائه شده است. در شرایط دیم مصرف کمتر از ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت

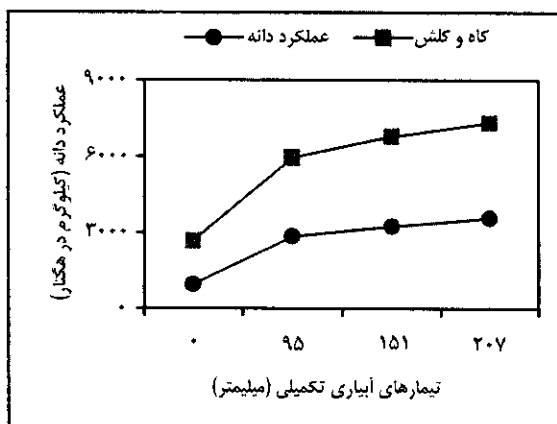
جدول شماره ۱- مقادیر آب کاربردی و نحوه مصرف کود برای حد بهینه کود مصرفی (N_{60})

تیمار آبیاری	کود مصرفی (خالص، کیلوگرم در هکتار)		میزان آب کاربردی (میلیمتر)*
	ازت	فسفر	
$I_0 N_{30}^{**}$	۱۵+۱۵	۳۰	۲۹۳ + ۰
$I_0 N_{60}$	۳۰+۳۰	۳۰	۲۹۳ + ۰
$I_{95} N_{60}$	۳۰+۳۰	۳۰	۲۹۳ + ۹۵
$I_{151} N_{60}$	۳۰+۳۰	۳۰	۲۹۳ + ۱
$I_{207} N_{60}$	۳۰+۳۰	۳۰	۲۹۳ + ۰۷

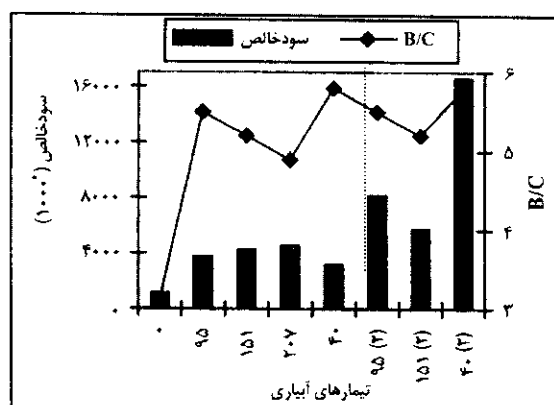
* ۴۰ میلیمتر از آب مصرفی در زمان کاشت بوده است. ** حد بهینه ازت در شرایط دیم

۵- یافته ها:

شکل شماره ۱ نشان دهنده تغییرات متوسط عملکرد دانه و کاه و کلش و شکل شماره ۲ در برگرفته تغییرات سود خالص و نسبت درآمد ناخالص به هزینه ها تحت سطوح مختلف آبیاری تکمیلی است.



شکل شماره ۱- عملکرد دانه و کاه و کلش تحت تیمارهای آبیاری



شکل شماره ۲- تغییرات سود خالص و نسبت درآمد ناخالص به هزینه ها

- تابع درآمد

هزینه ها شامل دو بخش هزینه ثابت و هزینه متغیر است. با توجه به اینکه بهینه سازی مصرف آب برای حد بهینه ازت (N60) صورت می گیرد، لذا

برای تعیین قیمت تمام شده آب آبیاری بر اساس هزینه های استحصال آب (هزینه های سرمایه گذاری و هزینه های جاری یا بهره برداری) از چاه با الکتروموتور، از روش تبدیل به معادل یکنواخت سالانه (رابطه شماره ۱) استفاده شد:

$$A = P \frac{i(i+1)^n}{(i+1)^n - 1} \quad (1)$$

که در آن: A = ارزش کنونی اقساط سالانه بر حسب ریال، P = مقدار سرمایه گذاری بر حسب ریال، n = عمر مفید بر حسب سال و i = نرخ بهره بر حسب درصد است.

بهره وری از آب (WP) به میزان عملکرد به ازای واحد آب مصرفی (بارش در شرایط دیم و آبیاری + بارش در شرایط آبیاری تکمیلی) اطلاق می شود که دارای مفهومی اقتصادی در بهینه سازی مصرف نهاده هاست [۱۶ و ۲۱]. نقش ازت متأثر از میزان رطوبت خاک و مقادیر آبیاری است. برای ارقام دیم که دارای پتانسیل تولید محدودی هستند، تأمین آب و کود به میزان کامل نمی تواند حداکثر کارایی تولید به ازای نهاده را موجب شود [۹]. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری برای سه سال آزمایش، حد بهینه ازت برای شرایط آبیاری تکمیلی گندم دیم، از قرار مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص می باشد که برای شرایط دیم، خصوصاً در صورت نبود سبزی پاییزه، میزان کود مصرفی ۳۰ کیلوگرم در هکتار کفایت می کند [۴]. از این رو در مقاله حاضر فقط به بررسی اقتصادی تیمارهای آبیاری پرداخته می شود.

هزینه‌های متغیر فقط شامل هزینه‌های مربوط به آب و آبیاری می‌شود. شکل عمومی تابع هزینه برای چنین شرایطی به صورت $C(w) = \alpha + \beta w$ است که α بیانگر هزینه‌های ثابت تولید و β بیانگر آثار هزینه‌های آب و آبیاری است، در حالت وجود مقدار ثابت آب (آبیاری کامل = ۲۰۷ میلیمتر) تابع عمومی درآمد برای تیمارهای مختلف آبیاری به صورت زیر به دست می‌آید:

$$N.B = B(w) - C(w) = (Yg.P1 + Ys.P2) - (C1 + \beta.w) = A - 207\beta = K - 3000w \quad (2)$$

جدول شماره ۲- هزینه‌های مختلف کاشت، داشت و برداشت برای هر هکتار گندم دیم بدون احتساب هزینه‌های آب و آبیاری

شرح عملیات	هزینه‌ها (ریال در هکتار)، ۸۰-۱۳۷۹
کاشت (شخم، دیسک، بذر، کود زمان کاشت و کاشت با بذر کار)	۲۳۶۸۷۵
داشت (کود سرک، کارگر برای کودپاشی و سمپاشی)	۱۰۷۰۰۰
برداشت	۱۰۰۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها برای متوسط سه سال زراعی	۵۴۳۸۷۵

- تحلیل اقتصادی

با توجه به تحقیقات انجام شده در زراعت دیم و نتایج به دست آمده، نه شرایط کاملاً سستی قابل توجیه و توصیه است تا هزینه‌های آن ملاک مقایسه قرار گیرد و نه مکانیزاسیون کامل وجود دارد و تنها برخی از عملیات زراعی آن (مثلاً کاشت یا برداشت) مکانیزه یا نیمه مکانیزه است. لذا برای واقعی شدن هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت، حالت عمومی‌تر (کشت نیمه مکانیزه) مورد توجه قرار گرفت. جدول شماره ۲ هزینه‌های مختلف کاشت، داشت و برداشت گندم را بدون احتساب هزینه‌های آب و آبیاری و برای سطح کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص نشان می‌دهد. با توجه به اینکه هزینه‌های مختلف کاشت، داشت و برداشت هر ساله افزایش می‌یابد، هزینه سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ به عنوان میانگین هزینه‌های سه سال آزمایش در نظر گرفته شد. بنابراین جمع کل هزینه‌های تولید بدون احتساب هزینه‌های آب و آبیاری برابر ۵۴۳۸۷۵ ریال خواهد شد. هزینه‌های آب و آبیاری بسته به نوع منبع تأمین آب و سیستم آبیاری متفاوت است. جدولهای شماره ۳ تا ۵ بر اساس ۳۰۰ ریال برای هر متر مکعب آب مصرفی استحصالی از چاه اراضی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه تنظیم شده است. این هزینه

شامل هزینه چاه (حفر، لوله گذاری، آزمایش پمپاژ، و گالریهای افقی در منطقه که محدودیت لایه غیر قابل نفوذ دارد)، هزینه موتور پمپ و برق رسانی هوایی و ترانس، هزینه‌های سیستم آبیاری (آبیاری بارانی کلاسیک)، هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری است و قیمت واحد آب مصرفی پس از تبدیل هزینه‌ها به ارزش کنونی اقساط سالانه (معادل هزینه یکنواخت سالانه) بر اساس عمر مفید (۲۰-۳۰ سال) و متوسط نرخ بهره (۵-۱۵ درصد) به دست آمد. قابل ذکر است که در شرایط کنونی با توجه به تغییرات نرخ تورم، پیش بینی آن برای سنوات آتی مشکل است. لذا در مقایسه تیمارها و با توجه به حد سودآوری تیمارها در شرایط فعلی، این قیمت قابل قبول است. مهم آن است که با تغییر هزینه‌های آب و آبیاری تا حد سود آوری در هر یک از تیمارها، تغییری در انتخاب گزینه مطلوب ایجاد نمی‌شود. حد سودآوری برای تیمارهای ۲۰۷

میلیمتر (آبیاری تکمیلی کامل)، ۱۵۱ و ۹۵ میلیمتر زمانی است که هزینه های آب و آبیاری برای هر متر مکعب آب مصرفی به ترتیب برابر ۱۸۵۵، ۲۲۱۵ و ۲۸۵۷ ریال شود و در شرایط تک آبیاری (۴۰ میلیمتر مصرف آب در زمان کاشت) نیز حد سودآوری هنگامی است که هزینه های آب و آبیاری برای هر متر مکعب آب مصرفی برابر ۴۹۹۰ ریال شود (جدول شماره ۳). مفهوم گزینه‌های (۲) ۹۵، (۲) ۱۵۱ و (۲) ۴۰ این است که در شرایط وجود مقدار آب ثابت برابر با آبیاری تکمیلی کامل (۲۰۷ میلیمتر)، با اعمال تیمارهای ۹۵، ۱۵۱ و ۴۰ میلیمتر آب مصرفی، سطح زیر کشت این مدیریتها به جای یک هکتار به ترتیب ۲/۱۸، ۱/۳۷۱ و ۵/۱۷۵ هکتار خواهد شد. لذا در برآورد عملکردها، هزینه‌ها و درآمدها و میزان بهره‌وری کل از آب مصرفی (آبیاری + بارش) سطوح جدید منظور می‌شود.

جدول شماره ۳- حد سودآوری تیمارهای آبیاری (ریال در هکتار) در مقایسه با شرایط دیم، برای حد بهینه ازت (N₆₀)

قیمت آب و آبیاری (ریال بر متر مکعب)				تیمارهای آبیاری تکمیلی (میلیمتر آب مصرفی)
۴۹۸۹	۲۸۵۷	۲۲۱۵	۱۸۵۵	دیم (با ۳۰ کیلوگرم ازت)
۱۳۲۵۶۷۵	۱۳۲۵۶۷۵	۱۳۲۵۶۷۵	۱۳۲۵۶۷۵	۴۰
۱۳۲۵۶۷۵	۲۱۷۸۳۰۰	۲۴۳۵۲۵۵	۲۵۷۸۹۷۰	۹۵
-	۱۳۲۵۶۷۵	۱۹۳۵۹۴۴	۲۲۷۷۲۶۸	۱۵۱
-	۵۵۵۶۷۰	۱۳۲۵۶۷۵	۱۸۶۸۲۰۲	۲۰۷
-	-	۵۸۱۹۴۷	۱۳۲۵۶۷۵	نسبت قیمت آب به قیمت فروش محصول در حد سودآوری
۴/۳۰	۲/۵	۱/۹	۱/۶	

جدول شماره ۴- هزینه ها، درآمدها، و سود خالص تیمارهای مختلف آبیاری برای حد بهینه ازت (N₆₀)، ریال در هکتار

نسبت سود به هزینه (B/C)	درآمد خالص (N.B)	هزینه تولید (C)	درآمد ناخالص (B)	اضافه عملکرد نسبت به شرایط دیم تقسیم بر میزان آب آبیاری	عملکرد کاه و کلش (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تیمارهای آبیاری
۳/۵	۱۳۲۵۶۷۵	۵۲۳۸۷۵	۱۸۴۹۵۵۰	-	۳۰۷۰	۱۰۲۱	دیم (با ۳۰ کیلوگرم ازت)
۳/۱	۱۱۲۴۹۶۵	۵۴۳۸۷۵	۱۶۶۸۸۴۰	-	۲۶۷۲	۹۴۰	دیم
۵/۵	۳۷۵۴۸۸۵	۸۲۸۸۷۵	۴۵۸۳۷۶۰	۲۰/۱	۵۹۴۸	۲۸۴۸	۹۵
۵/۲	۴۲۱۶۸۳۵	۹۹۶۸۷۵	۵۲۱۳۷۱۰	۱۵/۲	۶۷۷۸	۳۲۳۷	۱۵۱
۴/۹	۴۵۴۵۳۲۵	۱۱۶۴۸۷۵	۵۷۱۰۲۰۰	۱۲/۷	۷۳۱۵	۳۵۶۶	۲۰۷
۵/۸	۳۲۰۱۱۲۵	۶۶۳۸۷۵	۳۸۶۵۰۰۰	۳۹	۴۵۰۰	۲۵۰۰	۴۰
۵/۵	۸۱۸۱۶۹۷	۱۸۰۶۰۷۵	۹۹۸۷۷۷۲	-	۱۲۹۶۰	۶۲۰۶	۹۵(۲)
۵/۲	۵۷۸۰۶۹۴	۱۳۶۶۵۷۷	۷۱۴۷۲۷۱	-	۹۲۹۲	۴۴۳۷	۱۵۱(۲)
۵/۸	۱۶۵۶۵۸۲۲	۳۴۳۵۵۵۳	۲۰۰۰۱۳۷۵	-	۲۳۲۸۸	۱۲۹۳۸	۴۰(۲)

جدول شماره ۵- تحلیل نهایی نسبت اختلاف منافع به اختلاف هزینه‌ها (MBCR) پس از حذف شقوق تحت تسلط

$\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq 1$	درآمد خالص (ریال در هکتار)	هزینه کل (ریال در هکتار)	تیمارهای آبیاری
-	۱۶۵۶۵۸۲۲	۳۴۳۵۵۵۳	۴۰(۲)
۵/۱۵	۸۱۸۱۶۹۷	۱۸۰۶۰۷۵	۹۵(۲)
۵/۲۱	۵۷۸۰۶۹۴	۱۳۶۶۵۷۷	۱۵۱(۲)
۵/۲۹	۴۵۴۵۳۲۵	۱۱۶۴۸۷۵	۲۰۷
۵/۰۶	۴۲۱۶۸۳۵	۹۹۶۸۷۵	۱۵۱
۴/۹۱	۳۷۵۴۸۸۵	۸۲۸۸۷۵	۹۵
۴/۷۲	۳۲۰۱۱۲۵	۶۶۳۸۷۵	۴۰
۵/۲۳	۱۳۲۵۶۷۵	۵۲۳۸۷۵	دیم (با ۳۰ کیلوگرم ازت)

جدول شماره ۶- مقایسه بهره‌وری کل آب مصرفی (بارش + آبیاری) در تولید دانه گندم تحت گزینه‌های مختلف

شاخص تیمارهای آبیاری	آب آبیاری (Irr)	سطح آبیاری (A _{Irr})	سطح دیم (A _{Rainfed})	کل سطح (A)	عملکرد با آبیاری (Y _{Irr})	عملکرد دیم (Y _{Rainfed})	کل عملکرد (Y)	کل آب مصرفی (آبیاری + بارش) (Irr+Rain)	WP (کیلوگرم به ازای میلیمتر)
آبیاری کامل	۲۰۷	۱	۰/۳۷۱	۱/۳۷۱	۳۵۶۶	۱۰۲۷	۳۹۴۵	۶۰۹	۶/۴۸
دو سوم آبیاری کامل	۱۵۱	۱/۳۷۱	۰	۱/۳۷۱	۳۲۳۷	-	۴۴۳۸	۶۰۹	۷/۲۹
آبیاری کامل	۲۰۷	۱	۱/۱۸	۲/۱۸	۳۵۶۶	۱۰۲۷	۴۷۷۹	۸۴۶	۵/۶۵
یک سوم آبیاری کامل	۹۵	۲/۱۸	۰	۲/۱۸	۲۸۴۸	-	۶۲۰۹	۸۴۶	۷/۳۴
آبیاری کامل	۲۰۷	۱	۴/۱۷۵	۵/۱۷۵	۳۵۶۶	۱۰۲۷	۷۸۵۴	۱۷۲۳	۴/۵۶
تک آبیاری	۴۰	۵/۱۷۵	۰	۵/۱۷۵	۲۵۰۰	-	۱۲۹۳۸	۱۷۲۳	۷/۵۱

آبیاری تکمیلی کامل $y = A_{Irr} * Y_{Irr} + A_{Rainfed} * Y_{Rainfed}$

آبیاری تکمیلی $y = A_{Irr} * Y_{Irr}$

آبیاری تکمیلی کامل $WP = Y / [Irr * A_{Irr} + Rain * (A_{Rainfed} + A_{Irr})]$

آبیاری تکمیلی $WP = Y / [(Irr + Rain) * A_{Irr}]$

۶- کاوش:

از میان تیمارهای آبیاری تکمیلی، کاربرد ۹۵ میلیمتر آب مصرفی (۴۵/۹ درصد آبیاری تکمیلی کامل)، علاوه بر اینکه نسبت به شرایط دیم حدود ۲۰۰ درصد افزایش عملکرد نشان داد ریسک و خطرپذیری را نیز نسبت به شرایط دیم بسیار کاهش می‌دهد و در واقع علاوه بر تثبیت عملکرد، وضعیت را بهبود نیز می‌بخشد. اگر چه بالاترین میزان عملکرد دانه مربوط به آبیاری کامل است (شکل شماره ۱ و جدول شماره ۴)، برای تیمار ۹۵ میلیمتر آب مصرفی، کارایی مصرف آب در اضافه تولید نسبت به شرایط دیم برابر ۱/۲۰ کیلوگرم بر میلیمتر است که بالاترین میزان در بین تیمارهای آبیاری است. این در حالی است که کارایی مصرف آب در اضافه عملکرد نسبت به شرایط دیم برای آبیاری تکمیلی کامل و کاربرد ۱۵۱ میلیمتر آب

از طریق بودجه بندی جزئی، تعیین توابع درآمد تیمارهای آبیاری، میزان سود خالص، تعیین بهره‌وری آب مصرفی، و استفاده از تحلیل نهایی نسبت اختلاف منافع به اختلاف هزینه‌ها (جدول شماره ۵)، تیمار برتر انتخاب می‌شود. بدیهی است پس از مرتب کردن نزولی تیمارها بر اساس منافع خالص، ابتدا شقوق تحت تسلط حذف می‌شود. شقوق تحت تسلط، تیمارهایی هستند که نسبت به یک تیمار برتر، منافع خالص کمتر ولی هزینه بیشتری دارند و در نتیجه، مطلوبیت ندارند و از مقایسه کنار گذاشته می‌شوند. بر این اساس تیمار شرایط دیم و مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص حذف شد.

[۲۱] بین ۹/۳ تا ۱۱/۹ و در شرایط تکزاس امریکا [۱۹] بین ۶/۱ تا ۸ کیلوگرم بر میلیتر گزارش شد. جانگ و اویس (۱۹۹۹) و جانگ و همکاران (۲۰۰۰) بهره‌وری کل آب مصرفی را بین ۴ تا ۵ کیلوگرم بر میلیتر گزارش کردند [۲۸ و ۲۹]. تیمار ۹۵ میلیتر مصرف آب دارای بالاترین میزان نسبت درآمد ناخالص به هزینه (۵/۵) است (شکل شماره ۲) و به‌رغم کاهش ۵۴/۱ درصدی آب مصرفی نسبت به آبیاری تکمیلی کامل، فقط ۲۰ درصد افت عملکرد اتفاق می‌افتد. طی تحقیقی در ترکیه درآمد ناخالص، هزینه تولید و درآمد خالص برای شرایط دیم به ترتیب ۳۹/۱، ۱۴/۲۱ و ۲۴/۸۹ میلیون لیر ترکیه در هکتار و نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید ۲/۷۵ و برای شرایط آبیاری تکمیلی به ترتیب ۷۰/۳۸، ۲۳/۸۶ و ۴۶/۵۲ میلیون لیر ترکیه در هکتار و نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید ۲/۹۵ گزارش شده است که نشان دهنده افزایش سود خالص به میزان ۸۷ درصد نسبت به شرایط دیم بوده است [۲۴].

در شرایط طرح توسعه و امکان افزایش سطح زیر کشت و محدودیت نداشتن زمین که در کشت دیم بیشتر به چشم می‌خورد، با در دسترس بودن حجم ثابت آب (برابر با آب مصرفی آبیاری تکمیلی = ۲۰۷ میلیتر)، بیشترین میزان سود خالص از تیمار ۹۵ میلیتر مصرف آب به دست می‌آید، ضمن اینکه ۲۴/۴ درصد به میزان عملکرد دانه، ۸۰ درصد به سود خالص و ۱۸۰ درصد به سطح زیر کشت اضافه می‌شود. فرداد و گلکار نیز طی تحقیقی گزارش کردند که با ۶۵ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، ضمن حصول حداکثر سود، سطح زیر کشت به میزان سه برابر افزایش می‌یابد [۶].

مصرفی به ترتیب ۱۲/۷ و ۱۵/۳۵ کیلوگرم بر میلیتر است ضمن اینکه حداکثر شیب افزایش عملکرد در هر یک از تیمارها نسبت به تیمار قبلی مربوط به تیمار آبیاری یک سوم آبیاری تکمیلی کامل نسبت به شرایط دیم است (شکل شماره ۱). این نتیجه با نتایج دیگر محققان همسویی دارد. در شرایط شمال سوریه، در حالی که بهره‌وری آب ناشی از بارش بین ۷ تا ۱۰/۹ کیلوگرم بر میلیتر متغیر بود، بهره‌وری آب آبیاری تکمیلی در سالهای خشک (بارش ۲۳۴ میلیتر)، متوسط (بارش ۳۱۶ میلیتر) و مرطوب (بارش ۵۰۴ میلیتر) به ترتیب ۱۴/۶، ۲۲ و ۱۹/۲ کیلوگرم بر میلیتر گزارش شد [۲۱]. طی تحقیقی در شمال عراق مشخص شد که تیمار ۵۰ درصد آبیاری تکمیلی کامل دارای بالاترین میزان کارایی مصرف آب بوده است [۱۱ و ۲۱]، ضمن اینکه با کاربرد تنها ۵۰ درصد میزان آب آبیاری تکمیلی کامل، عملکرد به میزان ۱۰-۱۵ درصد کاهش داشته است [۲۱]. جانگ و اویس (۱۹۹۹) نیز طی تحقیقی روی گندم گزارش کردند که کاهش ۴۰-۷۰ درصدی آب آبیاری نسبت به آبیاری تکمیلی کامل، فقط ۱۳ درصد کاهش عملکرد دانه را به همراه داشته است [۲۹]. بهره‌وری کل آب مصرفی (بارش + آبیاری تکمیلی) در مقایسه آبیاری تکمیلی کامل با سطوح دیگر آبیاری نشان‌دهنده تفوق و برتری تیمارهای دیگر آبیاری است (جدول شماره ۶). در این شرایط، بهره‌وری کل آب مصرفی بین ۴/۵۶ تا ۷/۵۱ کیلوگرم بر میلیتر متغیر است. بهره‌وری کل آب مصرفی تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی و دیم در شرایط سوریه

می‌آید [۴ و ۵]، به طوری که ضریب تغییرات عملکرد دانه گندم در شرایط دیم که در محدوده‌ای بین ۷۰ و ۱۰۰ درصد در نوسان بود با اعمال آبیاری تکمیلی بهینه و تک آبیاری، به ۸ تا ۱۰ درصد کاهش یافت [۲۷]. لذا با کاهش ریسک و خطر پذیری در زراعت دیم، امکان برنامه‌ریزی مطمئن و سودآور در سطح کلان و خرد و از جمله برای بهره برداران به وجود می‌آید.

مزایای نسبی به کارگیری مدیریت بهینه آبیاری تکمیلی شامل حصول "حداکثر سود به ازای واحد آب مصرفی"، "حداکثر تولید به ازای واحد آب مصرفی"، "افزایش سطح زیر کشت"، و "حداکثر استفاده از آب قابل دسترس" است و در شرایط خاص کشور ما که با مقدار و پراکنش نامناسب بارش و فراوانی نسبی زمین مواجه هستیم، به کارگیری و ترویج علمی و هوشمندانه آبیاری تکمیلی بهینه همراه با حد بهینه‌آزت و اعمال تمهیدات لازم در جهت ایجاد و بهره برداری سیستمهای استحصال آب از منابع مختلف (بند، سد، رودخانه، چاه، قنات، چشمه و...) اهمیت فوق العاده‌ای پیدا می‌کند. بر این اساس و با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود در طرحهای توسعه منابع آب و سدسازی و در تدوین الگوی کشت، مدیریت تک‌آبیاری را لحاظ کنند زیرا با توجه به حد سودآوری تک‌آبیاری، این مقوله در ابعاد زراعی، تحلیل آماری و اقتصادی توجیه پذیر و مقرون به صرفه است و ضمن افزایش عملکرد، نقشی مؤثر در پایداری تولید و تأمین درآمد مطمئن ایفا می‌کند.

موضوع مهم دیگری که در جدولهای شماره ۳ تا ۵ نشان داده شده است، اعمال مدیریت تک‌آبیاری در زمان کاشت است که در حالت در دسترس بودن حجم ثابت آب (برابر با آب مصرفی آبیاری تکمیلی = ۲۰۷ میلیمتر)، بالاترین نسبت درآمد ناخالص به هزینه (۵/۸)، بیشترین میزان سود خالص (۱۶۵۶۵۸۲۲ ریال) و بیشترین سطح تحت مدیریت تک آبیاری (۵/۱۷۵ هکتار) را دارد و میزان تولید کل آن در کل سطح ۵/۱۷۵ هکتاری برابر ۱۲۹۳۸ کیلوگرم است که نسبت به شرایط دیم و در چنین سطحی بیش از هشت تن افزایش تولید نشان می‌دهد.

همان‌طور که ذکر شد، کاربرد ۴۰ میلیمتر از آب مصرفی در پاییز و بلافاصله پس از کاشت بوده است. بر این اساس، قابل استنباط است که برتریهای تیمار ۹۵ میلیمتری، بیشتر ناشی از مصرف آب زمان کاشت باشد. لذا در هر شرایطی از مقدار و پراکنش بارش در مناطق سردسیر، اعمال آبیاری پاییزه منتج به سبزکامل پاییزه برای بهبود و تثبیت عملکرد گندم در شرایط دیم، مدیریت مناسبی به شمار می‌رود [۲، ۳، ۵، ۱۲ و ۲۳]، اگر چه برای مناطق با شرایط معتدل، تک آبیاری گندم در مرحله گلدهی بیشترین تأثیرات را به همراه دارد [۵].

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان گفت که آبیاری تکمیلی ابزاری مناسب و راهکاری اقتصادی در تعدیل میزان تغییرات عملکرد محصول در طول سالهای مختلف به شمار

۷- قدردانی:

از راهنماییهای ارزشمند داوران و ویراستاران مقاله که در رفع نواقص و کاستیها مرا یاری فرمودند صمیمانه تقدیر و امتنان به عمل می‌آید.

۸- مراجع:

۱- بای بوردی، ا. ملکوتی، م. و اسلام زاده. م. ۱۳۸۰. نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی (Pa/Zn) در مزارع گندم میانه. مجله خاک و آب، ویژه نامه مصرف بهینه کود. جلد ۱۲. شماره ۱۴، ۱۰-۱۶.

۲- بلسون، و. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی و مقادیر مصرف ازت در افزایش عملکرد ارقام گندم دیم. مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی، شماره ۷۷/۷۸.

۳- توکلی، ع. ۱۳۸۰. به‌گزینی مدیریت تک آبیاری در زراعت گندم دیم. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. جلد ۲. شماره ۱۷، ۴۱-۵۰.

۴- توکلی، ع. بلسون، و. رضوی، ر. و فری، ف. ۱۳۸۲. بررسی عکس‌العمل گندم دیم نسبت به سطوح مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، شماره ۳۱۵/۸۲.

۵- توکلی، ع. بلسون، و. فری، ف. ۱۳۷۹. بررسی اثرات آبیاری تکمیلی روی ارقام پیشرفته گندم دیم، گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، شماره ۷۹/۷۲۹.

۶- فرداد، ح. و گلکار، ح. ر. ۱۳۸۱. تحلیل اقتصادی کم آبیاری گندم در شرایط کرج. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۳. شماره ۲، ۳۰۵-۳۱۱.

۷- کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی، جلد اول غلات. مرکز نشر دانشگاهی.

۸- کریمی، ه. ۱۳۷۱. گندم. مرکز نشر دانشگاهی.

۹- کوچکی، ع. ۱۳۷۶. (مترجم). به‌زراعی و به‌نژادی در زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۰- ملکوتی، م. نفیسی، م. متشع زاده، ب. خاواری، ک. مسیح‌آبادی، م. ح. رضایی، ح. و بازرگان، ک. ۱۳۸۰. تولید و مصرف بهینه کود در کشور، گامی ارزنده به سوی امنیت غذایی و دستیابی به کشاورزی پایدار (یادداشت فنی). مجله خاک و آب، ویژه نامه مصرف بهینه کود. جلد ۱۲، شماره ۱۴، ۱-۷.

11- Adary, A., Hachum, A., Oweis, T. and Pala, M. 2002. Wheat productivity under supplemental irrigation in northern Iraq. ICARDA, Aleppo, Syria.

- 12- Caliandro, A. and Boari, F. 1992. Supplementary irrigation in arid and semi-arid regions. In: International Conference on Supplementary Irrigation and Drought Water Management. Vol. 1. Sep.27-Oct2. 1992. Bari. Italy.
- 13- Garabet, S., Wood, M. and Ryan, J. 1998. Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean type climate. *Field Crop Research*. 57, 309-318.
- 14- Harris, H. C. 1991. Implications of climatic variability. In: Harris, H. C., Cooper, P. J. M. and Pala, M. (Eds) *Soil and Crop Management for Improved Water Use Efficiency in Rainfed Areas. Proceedings of an International Workshop*. 1989. Ankara. Turkey. ICARDA. Aleppo. Syria. p. 352.
- 15- Harmsen, K., Shepherd, K. D. and Allan, A. Y. 1983. Crop response to nitrogen and phosphorus in rain fed agriculture. In: *Nutrient balances and the need for fertilizers in semi arid and arid regions*. International Potash Institute. Bern. Switzerland. PP. 223-248.
- 16- Kijne, J. W., Barker, R. and Molden, D. 2003. Improving water productivity in agriculture; Editor's overview. In: Kijne, J. W., Barker, R. and Molden, D. (Eds). *Water productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement*. International Water Management Institute (IWMI). Colombo. Sri Lanka.
- 17- Krentons, U. D. and P. J. Orphonos, 1979. Nitrogen and phosphorus fertilizers for wheat and barley in a semi arid region. *J. Agric. Sci*. 93, 711-717.
- 18- Mossedqe, F. and Smith, D. H. 1994. Timming nitrogen application to enhance spring wheat yield in a Mediterranean climate. *Agron. J*. 86, 221-226.
- 19- Musick, J. T. and Porter, K. B. 1990. Wheat. In: Steward, B. A. and Nielsen, D. R. (Eds). *Irrigation of agricultural crops*. Agronomy series No. 30. Madison. Wisconsin. American Society of Agronomy.
- 20- Oweis, T. 1997. *Supplemental irrigation*. ICARDA. Aleppo. Syria. 16pp.
- 21- Oweis, T., and Hachum, A. 2003. Improving water productivity in the dry areas of west asia and north africa. In: Kijne, J. W., Barker, R. and Molden, D. (Eds). *Water productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement*. International Water Management Institute (IWMI). Colombo. Sri Lanka. pp. 179-198.

- 22- Oweis, T., Hachum, A. and Kijne, J. 1999. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas. SWIM. Paper No.7, 38pp.
- 23- Oweis, T., Pala, M. and Ryan, J. 1998. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. *Agron. J.* 90, 672-681.
- 24- Oweis, T., Salkini, A. Zhang, H. Ibeyi, A. Hustun, H. Dernek, Z. and Erdem, G. 2001. Supplemental irrigation potential for wheat in the central Anatolian plateau of Turkey. ICARDA.
- 25- Pala, M., Matar, A. and Mazid, A. 1996. Assessment of the effects of environmental factors on the response of wheat to fertilizer in on – farm trials in Northern Syria. *Exp. Agric.* 32 (3), 339-349.
- 26- Ramig, R. E. and Rhoades, H. F. 1963. Inter relationships of soil moisture level at planting and nitrogen fertilization on winter wheat production. *Agron. J.* 54, 123-127.
- 27- Salkini, A. and Ansell, D. 1992. Agro-economic impact of supplemental irrigation on rainfed wheat production under the Mediterranean environment of Syria. In: *International Conference on Supplementary Irrigation and Drought Water Management*. Vol. 1. Sep 27-Oct 2. 1992. Bari. Italy.
- 28- Zhang, H. and Oweis, T. 1999. Water - yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agric. Water Management*, 38, 195-211.
- 29- Zhang, H., Oweis, T. Garabet, T. S. and Pala, M. 1998. Water use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rainfed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean type environment. *Plant and Soil*. 201, 295-305.

An Economic Evaluation of Supplemental Irrigation at Optimum Rate of Nitrogen on Wheat in Rainfed Condition

A. R. Tavakoli

In order to obtain the maximum benefit, yield increasing and its stability a supplemental irrigation field experiment was conducted as split plot arranged in a randomized complete block design (RCBD) with three replications during 1999-2002 at Maragheh Agricultural Research Station of DARI. The treatments included four levels of irrigation (average of three years: 0, 95, 151 and 207 mm) as main plots and five N rates (0, 30, 60, 90 and 120 kg.N.ha⁻¹) as sub plots, was carried out on rainfed wheat variety (Sabalan). Data analysed by Partial Budgeting, Marginal Benefit - Cost Ratio (BBCR), different states of water and irrigation prices, income functions and senario analysis of water productivities. Optimal level of supplemental irrigation was 95 mm water use combined with 60 kg.N.ha⁻¹ resulted maximum water productivity (20.1 kg.mm⁻¹). In spite of 20% reduction of yield in this treatment, maximum net benefit was obtained along with probability of 180% cropping area increasing which can be led to 74% increasing in total production grain yield. Limit of benefitability for optimum level of supplemental irrigation was determined as 2857 Rial.m⁻³.

Keywords: Net Benefit, Optimization, Partial Budgeting, Rainfed, Supplemental Irrigation, Water Productivity, Wheat.