مجله تحقيقات آب و خاک ايران (۴۳) ۲, ۱۳۹۱ (۱۱۳-۱۰۳)

تعيين اجزاي شاخص بهره‌وري آب تحت مديريت تك‌آبياري و تاريخ كاشت براي ارقام جو ديم

عليرضا توكلي
استاديار پژوهش بخش تحقيقات فني و مهندسي مركز تحقيقات كشاورزي استان سمنان (شاهرود)
(تاريخ دريافت: ۱۳۹۰/۲/۱۰ - تاريخ تصويب: ۱۳۹۱/۱/۲۶)

چكيده

تعيين و ارزيابي اجزاي بهره‌وري آب براي دو رقم جو ديم تحت شرايط زمان و ميزان تخصيص تك‌آبياري و تاريخ كاشت راه را براي كشت سودآور اين محصول هموار كرده و ميزان تأثيرپذيري آن در اثر تغييرات پراكنش بارش را تعديل خواهد كرد. بدين منظور و با هدف تعيين اجزاي شاخص بهره‌وري آب، تحقيقي بر پايه طرح آماري بلوك‌هاي كامل تصادفي به صورت اسپليت اسپليت پلات در سه تكرار و به مدت دو سال زراعي در ايستگاه تحقيقات كشاورزي ديم، مراغه به اجراء درآمد. سه تاريخ كاشت و پنج مديريت تخصيص تك‌آبياري بر روي دو رقم جو ديم مورد مطالعه قرار گرفت. اجزاي شاخص‌هاي بهره‌وري آب شامل بهره‌وري بارش، بهره‌وري آب آبياري و بهره‌وري كل آب كاربردي (مجموع تك‌آبياري و بارش) تحت شرايط و تيمارهاي ذكر شده تعيين گرديد. تغييرات حدود و مقدار بهره‌وري بارش ناشي از زمان و ميزان تك‌آبياري در توليد دانه، كاه و كلش و بيوماس ارقام جو و نيز مزيت‌هاي نسبي هر يک بررسي شد. بر اساس شاخص بهره‌وري بارش، تاريخ كشت زود براي جو محل ترديد بوده و آبياري بهاره با تأمين ۱۰۰% كمبود از ظرفيت زراعي نيز توجيه ندارد. اثربخشي تيمار آبياري ۱۰۰ ميلي‌متر تاريخ كاشت زود، بيشتر روي افزايش كاه و كلش است و نسبت به ديگر زمان‌هاي كشت اثر كم‌تري روي افزايش دانه دارد. بر اساس نتايج به دست آمده، تيمار ۱۰۰ ميلي‌متر تك‌آبياري زمان كاشت، با دارا بودن شاخص بهره‌وري كل آب كاربردي برابر با ۸/۷ و ۸/۹ كيلوگرم بر ميلي‌متر و بهره‌وري آب آبياري برابر با ۳۷/۴ و ۳۸/۵ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ترتيب براي رقم V2 (آبيدر) و لاين V2 (Dayton) مطلوب‌ترين تيمار زمان كاشت محسوب مي‌شود و تيمار فقط يك مرتبه آبياري بهاره با تأمين ۵۰% كمبود از ظرفيت زراعي نيز با دارا بودن شاخص بهره‌وري كل آب كاربردي برابر با ۵/۶ و ۵/۸ كيلوگرم بر ميلي‌متر و بهره‌وري آب آبياري برابر با ۵۸/۹ و ۶۰/۵ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ترتيب براي لاين‌هاي V1 و V2 مطلوب‌ترين تيمار آبياري محدود بهاره محسوب مي‌شود. از لحاظ مقايسه دو رقم نيز نشان داده شد كه بهره‌وري بارش براي لاين V2 در هر سه تاريخ كاشت برابر ۳/۲ كيلوگرم بر ميلي‌متر به دست آمد كه حدود ۱۰ درصد بيشتر از رقم آبيدر بوده است.

واژه‌هاي كليدي: تك‌آبياري، تاريخ كاشت، ارقام جو، ديم، بهره‌وري آب مصرفي

مقدمه

جو پس از گندم و بالاتر از نخود و عدس، مهم‌ترين محصول ديم كشور محسوب مي‌شود كه ضمن كاربرد در تعليف دام و تأمين نيازهاي انسان در صنايع مربوطه نيز كاربرد دارد. از كل سطح زير كشت جو (حدود ۱/۶۴۲ ميليون هكتار اراضي زير كشت جو آبي و ديم) ۶۳/۸% ديم و ۳۶/۲% آبي، و از كل توليد آن (حدود ۳/۱۰۴ ميليون تن) حدود ۶۰/۷% از زراعت آبي و بقيه از ديم حاصل مي‌شود. متوسط ۲۶ ساله عملكرد جو ديم و آبي كشور به ترتيب ۸۴۱ و ۲۵۷۹ كيلوگرم در هكتار است (Anonymous, 2007).

عوامل چندي در افزايش بهره‌وري آب باران Rain Water Productivity (RWP) نقش دارند كه در قالب مديريت‌هاي زراعي تعريف مي‌گردند. از آنجايي كه يكي از عوامل مهم در اندک بودن بهره‌وري بارش، ضعف مديريت زراعي و نامناسب بودن آنها است، با بهينه‌سازي مديريت‌هاي زراعي از جمله مصرف كود (مقدار، زمان و منبع كود)، كاشت (آماده‌سازي زمين، نوع شخم و ادوات آن، آرايش كاشت) و مديريت زراعي (رقم، ميزان و كيفيت بذر، زمان كاشت، خصوصيات بتانيكي و فيزيولوژيكي گياه و پتانسيل توليد) مي‌توان انتظار داشت تا حدودي شرايط افزايش عملكرد و بهبود بهره‌وري بارش به وجود آيد. اما آنچه كه اثربخشي مديريت‌هاي زراعي را تحت‌الشعاع قرار مي‌دهد، تغييرات ميزان بارش و پراكنش نامناسب آن طي دوره رشد و نمو محصول است. يكي از شيوه‌هاي موثر در مديريت بارش و اثربخشي مديريت‌هاي زراعي و به تبع آن بهبود و افزايش عملكرد و ايجاد ثبات و پايداري توليد، مديريت آبياري محدود و تك‌آبياري است كه تعيين رقم مناسب، ميزان آب

* نويسنده مسئول: art.tavakoli@gmail.com

مصرفي، زمان كاشت و ميزان افزايش عملكرد با تك‌آبياري، از جمله مسائل مرتبط به آن است (Tavakoli et al., 2000, 2003 & 2010) ، كه در اين ميان معيار و ملاک ارزيابي، شاخص بهره‌وري آب است. افزايش توليد از طريق افزايش سطح زير كشت محدوديت دارد لذا بايستي رويكرد استفاده مطلوب و بهينه از بارش و آبياري را مدنظر قرار داده و شاخص بهره‌وري آب كاربردي را افزايش داد تا علاوه بر افزايش عملكرد در واحد سطح، با توجه به ماهيت بهره‌وري آب، كسب سود خالص بيشتر ميسر شود. افزايش عملكرد دانه و بهره‌وري آب مصرفي (WP) از طريق اعمال مديريت‌هاي زراعي و مصرف بهينه نهاده‌ها توسط محققين زيادي گزارش شده است (Cooper and Gregory, 1987; Harris et al., 1991; Keating *et al*., 1986; Oweis *et al*., 1998, 1999 & 2001; Ryan and Matar, 1992; Tavakkoli and Oweis, 2004, Tavakoli et al., 2010). از آن جايي كه عملكرد در واحد سطح شاخص مناسبي براي ارزيابي تيمارهاي آبياري به ويژه تحت شرايط محدوديت آب به شمار نمي‌رود(Oweis and Hachum,2004, Tavakoli et al., 2010) ، لذا ضرورت دارد در ارزيابي از شاخص‌هاي برتر استفاده شود. تك‌آبياري با هدف جلو انداختن مرحله رشد و استقرار محصول در پاييز يا به منظور جبران كمبود بارش در دوره پاياني رشد و نمو محصول در بهار صورت مي‌گيرد و سبب مي‌شود محصول بتواند از رطوبت خاك، بارش و دماي محيط براي توليد بيشتر بهره گيرد. تك‌آبياري ميزان توليد كاه و كلش و بخش سبزينه‌اي محصول را افزايش و به خاطر توسعه عمقي ريشه، امكان جذب آب از لايه‌هاي زيرين فراهم مي‌شود. تاريخ كاشت و يا به عبارتي زمان انجام آبياري محدود، فاكتور مهمي در افزايش بهره‌وري بارش (RWP) در زراعت ديم است. تحقيقات انجام شده در اقليم مديترانه‌اي استراليا نشان داد كه تأخير در كاشت بعد از زمان بهينه بر اساس بارش فصل زرعي به طور چشم‌گيري عملكرد دانه را كاهش مي‌دهد (O'Leary *et al.*, 1985; French and Schultz, 1984; Batten and Khan, 1987). در مناطق خشک، آب و نه زمين، فاكتور محدود كننده در بهبود و افزايش توليدات كشاورزي است، حداكثر نمودن بهره‌وري از آب و نه عملكرد در واحد سطح، راهبردي موثرتر و بهتر براي مديريت مصرف آب در چنين شرايطي است (Oweis and Hachum, 2004). شاخص‌هاي بهره‌وري آب (WP) معيار مناسبي براي برنامه‌ريزي آبياري بهينه غلات محسوب مي‌شود (Zhang and Oweis, 1999). بهره‌وري آب مصرفي به صورت نسبت عملكرد محصول به مقدار آب كاربردي براي محصول تعريف مي‌شود، آب كاربردي شامل بارش و آب آبياري محدود مي‌باشد (Kitamura, 1990; Oweis and Hachum, 2004; Schneider and Howell, 1996; Tavakkoli and Oweis, 2004; Zhang *et al*., 1999; Zhang and Oweis, 1999; Zhang, 2003). كاربرد مديريت صحيح خاک و گياه، بهره‌وري از آب آبياري را بطور موثري افزايش مي‌دهد. بهبود بهره‌وري از آب زماني مي‌تواند حاصل شود كه گياه استقرار پيدا كرده باشد، كود مناسب و مورد نياز مصرف شده باشد، علف‌هاي هرز كنترل شوند و از تناوب زراعي صحيح استفاده شده باشد (Pala and Studer, 1999). رقم نيز از جمله عواملي است كه در بهينه‌سازي مصرف آب موثر است، اصلاح‌نژاد و انتخاب ارقام و واريته‌ها براي بهبود بهره‌وري آب و استفاده از بهترين ژنوتيپ‌هاي سازگار با شرايط منطقه‌اي مي‌تواند سبب بهبود استفاده از آب خاک و افزايش بهره‌وري آب مصرفي شود (Studer and Erskine, 1999).

با توجه به جايگاه و سهم زراعت جو در كشاورزي ديم و اندک بودن عملكرد و شاخص بهره‌وري بارش ضرورت دارد كه تمهيداتي در خصوص اصلاح برخي مديريت‌هاي زراعي موثر در افزايش عملكرد و بهره‌وري آب صورت پذيرد كه در اين تحقيق انجام آبياري محدود، اصلاح تاريخ كاشت و آزمون دو رقم جو ديم مدنظر قرار گرفته است. تعيين اجزاي شاخص بهره‌وري از آب مصرفي (بارش، تك‌آبياري و مجموع آبياري و بارش) و تعيين گزاره برتر تك‌آبياري براي جو ديم بر اساس شاخص‌هاي بهره‌وري آب، هدف اين تحقيق را تشكيل مي‌دهد.

مواد و روش‌ها

اين تحقيق بر پايه طرح آماري بلوك‌هاي كامل تصادفي و به صورت اسپليت اسپليت پلات و در سه تكرار در ايستگاه تحقيقات كشاورزي ديم مراغه (عرض جغرافيايي ۳۷ درجه و ۱۵ دقيقه شمالي، طول جغرافيايي ۴۶ درجه و ۱۵ دقيقه شرقي و ارتفاع ۱۷۲۵ متر) به مدت دو سال زراعي (۸۵-۱۳۸۳) انجام شد. خاك محل آزمايش عميق و داراي رس نرم بوده است. رطوبت ظرفيت زراعي، رطوبت نقطه پژمردگي دائم و وزن مخصوص ظاهري خاك به ترتيب ۳۸ درصد حجمي، ۲۰ درصد حجمي و ۱/۱۷۵ گرم بر سانتي‌متر مكعب بوده و متوسط آب قابل استفاده در يك متر عمق خاك برابر ۱۸۰ ميلي‌متر است. ميزان بارش در سال‌هاي زراعي ۸۲-۸۱ و ۸۳-۸۲ به ترتيب برابر ۳۸۰ و ۳۸۲ ميلي‌متر و متوسط بارش دو سال زراعي برابر با ۳۸۱ ميلي‌متر بوده است. سه تاريخ كاشت شامل: زود (Early)، نرمال (Normal) و دير (Late) به عنوان كرت اصلي، پنج ميزان تك‌آبياري شامل: بدون آبياري (شرايط ديم، I_0)، تك‌آبياري به ميزان ۵۰ ميلي‌متر در زمان كاشت (I_{50})، تك-آبياري به ميزان ۱۰۰ميلي‌متر در زمان كاشت (I_{100})، بدون آبياري پاييزه + فقط يک نوبت آبياري با تأمين ۵۰% كمبود از ظرفيت زراعي در بهار ($I_{50\%}$) و بدون آبياري پاييزه + فقط يک

نوبت آبياري با تأمين ۱۰۰% كمبود از ظرفيت زراعي در بهار ($I_{100\%}$) (كرت فرعي) و براي دو رقم جو ديم به عنوان كرت فرعي فرعي مورد مطالعه قرار گرفت. منبع تأمين آب آبياري، چاه بود كه مشكلي از نظر كيفي نداشت (pH=۷/۶ , SAR = ۱/۵ , EC = ۱dS/m). از آبياري سطحي در كرت‌هاي كوچک (۲۰ متر مربع) استفاده شد، انتقال آب با لوله و شيلنگ صورت گرفته و با استفاده از كنتور حجمي دقيق، حجم آب مورد نياز براي هر كرت متناسب با تيمارهاي تعريف شده (حجم آب و زمان تخصيص آب) تأمين گرديد. براي دست‌يابي به يك‌نواختي توزيع مناسب در سطح كرت، آبياري در كرت از طريق لوله سوراخ‌دار متحرك دستي انجام شد به نحوي كه آب از طريق منافذ تعبيه شده به فواصل ۴- ۳ سانتي‌متري روي لوله پلي اتيلن ۶۳ ميلي‌متري و به طول ۴ متر و با حركت دستي يك‌نواخت در سطح كرت با راندمان ۱۰۰ درصد، پخش گرديد. تيمارهاي آبياري پاييزه مطابق با تاريخ كاشت‌هاي منظور شده و تيمارهاي آبياري بهاره در زمان مقرر در هر يك از كرت‌ها اعمال شد. بر اساس عملكرد محصول و مقدار آب كاربردي هر يک از تيمارها، ميزان توليد به ازاي واحد آب مصرفي تعيين شد. آب مصرفي شامل بارش، آبياري و يا مجموع بارش و آبياري تحت شرايط تيمارهاي مختلف بوده است، لذا بهره‌وري آب تك‌آبياري (IWP)، بهره‌وري بارش (RWP) و بهره‌وري كل آب كاربردي (TWP) با توجه به روابط زير برآورد و تعيين گرديد.

$$WP=\frac{Yield}{WU}=\begin{cases} RWP=\dfrac{Yield}{rain} & \\ IWP=\dfrac{\Delta Yield}{IWU} & \Delta Yield=Yield_{irri}-Yield_{rainfed} \\ WP=\dfrac{Yield}{TWU} & TWU=IWU+rain \quad if\ IWU=0\ then\ TWP=RWP \end{cases}$$

كه در آن WP: شاخص بهره‌وري آب (كيلوگرم بر ميلي‌متر)، Yield: عملكرد محصول، دانه يا بيوماس (كيلوگرم درهكتار)، WU: ميزان آب كاربردي (ميلي‌متر)، RWP: شاخص بهره‌وري بارش (كيلوگرم بر ميلي‌متر)، IWP: شاخص بهره‌وري آب آبياري (كيلوگرم بر ميلي‌متر)، IWU: ميزان آب آبياري به كار رفته، فارغ از زمان مصرف آب (ميلي‌متر)، TWP: شاخص بهره‌وري كل آب كاربردي شامل آب آبياري و بارش (كيلوگرم بر ميلي‌متر)، TWU: ميزان كل آب به كار رفته شامل آب آبياري و بارش (ميلي‌متر).

نتايج و بحث

شاخص‌هاي بهره‌وري آب مصرفي از جنبه‌هاي مختلف (بهره‌وري از آب آبياري در اضافه توليد نسبت به شرايط ديم، بهره‌وري آب آبياري در عملكرد كل، بهره‌وري بارش و بهره‌وري مجموع آب آبياري و بارش در عملكرد كل) و براي متوسط دو سال مورد ارزيابي قرار گرفته است.

نتيجه سال اول نشان مي‌دهد كه عملكرد دانه و به تبع آن بهره‌وري بارش (RWP) در توليد دانه در شرايط ديم براي تاريخ‌هاي كاشت و ارقام جو چندان متفاوت نيست (شكل ۱). ميزان بهره‌وري بارش براي ارقام جو ناچيز و در حد ۲/۸ كيلوگرم بر ميلي‌متر است كه مطلوب نيست. فقط تك‌آبياري زمان كاشت سبب بهبود بهره‌وري بارش گرديد به طوري كه متوسط بهره‌وري مجموع آبياري و بارش در تاريخ كاشت نرمال از ۲/۸ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ٤/۳، ۸/٦، ۵/۳ و ۵/۱ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ترتيب براي تك‌آبياري ۵۰ در زمان كاشت، تك‌آبياري ۱۰۰ ميلي‌متر در زمان كاشت، تأمين ۵۰ درصد كمبود رطوبت در بهار و تأمين ۱۰۰ درصد كمبود رطوبت خاك در بهار (طي مرحله ظهور سنبله تا گل‌دهي) افزايش يافت.

نتيجه سال دوم نيز نشان مي‌دهد كه همسو با نتايج سال اول، عكس‌العمل اين ارقام نسبت به تك‌آبياري قابل توجه و چشم‌گير است. ميزان عملكرد تحت شرايط ديم سال دوم بيشتر از سال اول بوده است (شكل ۱) كه علت آن پراكنش مطلوب‌تر بارش است. بهره‌وري بارش (RWP) در توليد دانه در شرايط ديم براي تاريخ‌هاي كاشت و ارقام جو چندان متفاوت نيست. تك‌آبياري سبب بهبود بهره‌وري بارش گرديد به طوري كه متوسط بهره‌وري مجموع آبياري و بارش در تاريخ كاشت نرمال از ۳/۳ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ۵، ۱۰، ٦/۲ و ٦ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ترتيب براي تك‌آبياري ۵۰ در زمان كاشت، تك‌آبياري ۱۰۰ ميلي‌متر در زمان كاشت، تأمين ۵۰ درصد كمبود رطوبت در بهار و تأمين ۱۰۰ درصد كمبود رطوبت خاك در بهار (طي مرحله ظهور سنبله تا گل‌دهي) افزايش يافت كه نشان دهنده افزايش نسبي نسبت به داده‌ها و نتايج سال اول مي‌باشد.

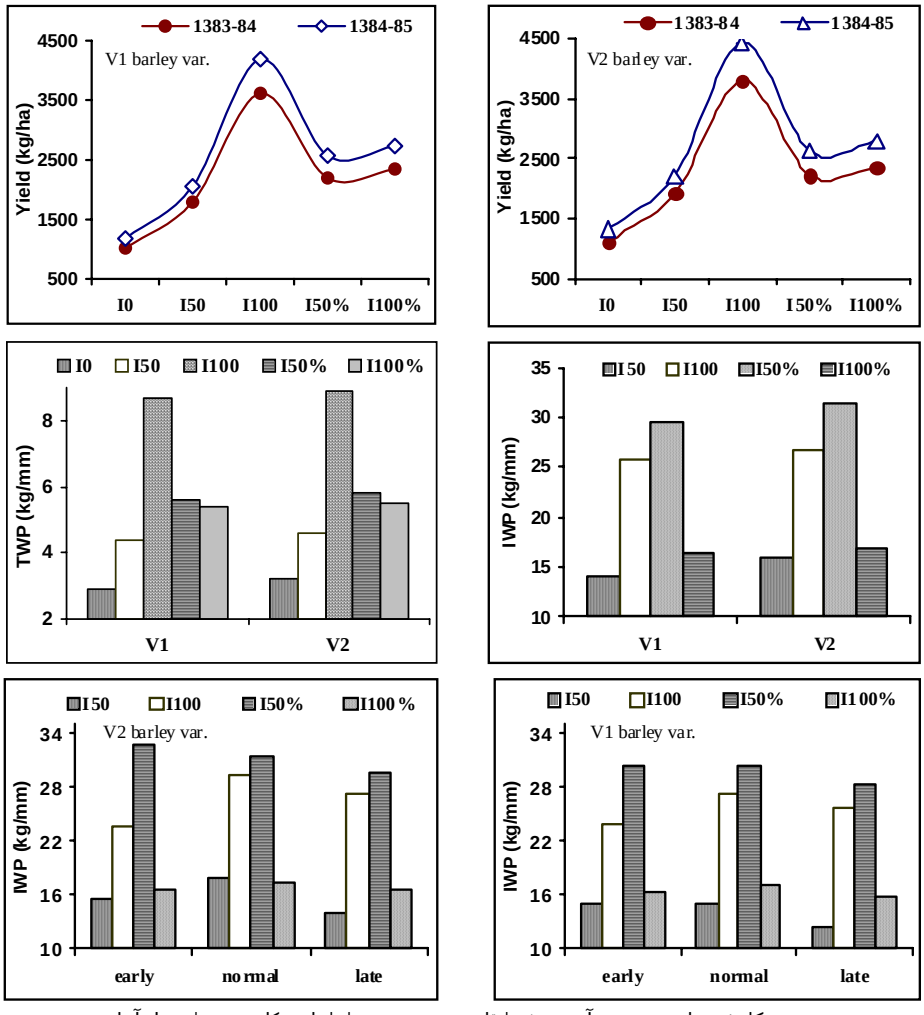
مسئله اندک بودن بهره‌وري بارش معضل كشورهاي منطقه هم هست به طوري كه متوسط بهره‌وري بارش در غرب آسيا و شمال افريقا (WANA) در توليد غلات ديم حدود ۳/۵ كيلوگرم بر ميلي‌متر است و ممكن است با مديريت زراعي اصلاح شده و توزيع مقدار مناسب بارش تا ۱۰ كيلوگرم بر ميلي‌متر افزايش يابد (Oweis and Hachum, 2004) اما با اعمال حد بهينه آبياري، متوسط بهره‌وري از آب مصرفي مجموع بارش و آبياري به ۲۲/۱ كيلوگرم بر ميلي‌متر رسيد در حالي كه با آبياري كامل، بهره‌وري آب مصرفي برابر ۷/۵ كيلوگرم بر ميلي‌متر به دست آمده بود (Oweis et al., 1999).

بهره‌وري تك‌آبياري در افزايش عملكرد نسبت به شرايط ديم طي دو سال نشان داد كه نه فقط تك‌آبياري زمان كاشت، بلكه تك‌آبياري بهاره نيز مي‌تواند از سناريوهاي مورد نظر در

برنامه‌ريزي آبياري و به ويژه در بررسي كلان و با ملحوظ داشتن الگوي كشت و در سطح حوضه و منطقه باشد (شكل ۱).

اگر چه تيمارهاي تحقيق شامل مقدار و زمان مصرف آب براي دو رقم جو مي‌باشد، اما اهميت و اثرات آب به مراتب بيشتر و تأثير گذارتر از رقم بوده است. به طوري كه متوسط اختلاف عملكرد ارقام تحت شرايط ديم ۱۱۲- ۸۸ كيلو گرم در هكتار بود اما در شرايطي كه متوسط عملكرد ارقام در تاريخ كاشت نرمال ۱۱٦۱ كيلوگرم در هكتار است، تك‌آبياري به ميزان ۵۰ ميلي‌متر و ۱۰۰ ميلي‌متر در زمان كاشت و در همين تاريخ كاشت به ترتيب افزايش عملكردي به ميزان ۸۳٤ و ۲۸۵۵ كيلو گرم در هكتار ايجاد كرده است (جدول۱).

در خصوص بهره‌وري تك‌آبياري در اضافه عملكرد نسبت به شرايط ديم (جدول ۲)، اگر عملكرد هر تيمار تحت تك‌آبياري با شرايط ديم خود سنجيده شوند ممكن است شاخص نتواند به طور كامل بيانگر تفاوت‌هاي تيمارها باشد زيرا وقتي رقمي در شرايط ديم عملكرد مناسبي دارد ممكن است اختلاف عملكرد آن با شرايط تك‌آبياري كمتر از رقمي باشد كه در شرايط ديم عملكرد كمتري دارد. به عنوان نمونه بهره‌وري آب رقم V2 در تاريخ كاشت سوم با تك‌آبياري ۵۰ ميلي‌متر (۱۲/٦ كيلوگرم بر ميلي‌متر) كمتر از رقم V1 است (۱۳/۲ كيلوگرم بر ميلي‌متر)، در حالي كه عملكردي بيشتر از اين رقم دارد (۱۸٦۷ كيلوگرم در هكتار در مقابل ۱۷۹۳ كيلوگرم در هكتار). لذا بهتر است تيمارهاي عملكرد تحت تك‌آبياري با متوسط عملكرد تيمار مطلوب در شرايط ديم مقايسه شود. بر اين اساس متوسط عملكرد دو رقم در ديم مبناي مقايسه واقع مي‌شود كه در جداول (۲) و (۳) و نيز شكل (۱) تشريح مي‌شود.



شكل ۱- مقادير بهره‌وري آب مصرفي ارقام جو ديم تحت شرايط تاريخ كاشت و سطوح تك آبياري

در خصوص بهره‌وري تك‌آبياري در اضافه عملكرد نسبت به شرايط ديم، همان طور كه گفته شد، نه تنها تك‌آبياري زمان كاشت قابل بررسي و تحليل هستند، بلكه سناريوي تك‌آبياري بهاره نيز مي‌تواند مورد توجه باشد، خصوصاً وقتي برنامه‌ريزي در قالب الگوي كشت صورت مي‌گيرد. شاخص بهره‌وري تك‌آبياري در اضافه عملكرد نسبت به شرايط ديم براي تاريخ كاشت زود به ترتيب براي تك‌آبياري ۵۰ در زمان كاشت (I_{50})، تك‌آبياري ۱۰۰ ميلي‌متر در زمان كاشت (I_{100})، يک نوبت آبياري با تأمين ۵۰ درصد كمبود رطوبت در بهار ($I_{50\%}$) و يک نوبت آبياري با تأمين ۱۰۰ درصد كمبود رطوبت خاك در بهار ($I_{100\%}$) طي مرحله ظهور سنبله تا گل‌دهي برابر ۱۵/٤، ۲۳/۸، ۳۱/٦ و ۱٦/٦ كيلوگرم بر ميلي‌متر، براي تاريخ كاشت نرمال و به ترتيب براي تيمارهاي I_{50}، I_{100}، $I_{50\%}$ و $I_{100\%}$ برابر ۱٦/۷، ۲۸/۹، ۳۱/۱ و ۱۷/۵ كيلوگرم بر ميلي‌متر و براي تاريخ كاشت ديروبه ترتيب براي تيمارهاي I_{50}، I_{100}، $I_{50\%}$ و $I_{100\%}$ برابر ۱۲/۹، ۲٦/۳، ۲۸/٦ و ۱٦/۲ كيلوگرم بر ميلي‌متر به دست آمد (جدول ۲). اين در شرايطي است كه هر رقم با ميانگين خودش مقايسه شود و اگر ميانگين دو رقم هم مورد نظر باشد باز هم چنين روندي به دست مي‌آيد.

نكته مهم اين است كه با توجه به فاصله زماني ۴۵-۳۰ روز بعد از كاشت تا وقوع اولين بارش مؤثر پاييزه و احتمال خسارت جدي به محصول در اثر تنش خشكي بهتر است اولين تك‌آبياري زمان كاشت، به ميزان ۱۰۰ ميلي‌متر باشد تا ذخيره رطوبتي كافي براي رشد محصول تا اولين بارش وجود داشته باشد. لذا ضرورتي به بحث در خصوص تك‌آبياري ۵۰ ميلي‌متر در اولين تاريخ كاشت يعني تاريخ كاشت زود وجود ندارد.

يكي از دلايل كاهش عملكرد در تاريخ كاشت سوم و به تبع آن كاهش بهره‌وري آب مصرفي، اين است كه ارقام جو به خاطر سرد شدن هوا، ممكن است فرصت كافي براي رسيدن به مرحله‌اي كه نسبت به سرما متحمل شوند را پيدا نكنند و در نتيجه به خاطر سبز ناچيز و نرسيدن به مرحله پنجه‌زني، در اثر بروز سرما، دچار خسارت و افت عملكرد شوند. هم‌چنين تك‌آبياري ۱۰۰ ميلي‌متر در تاريخ كاشت سوم نيز توجيه‌پذير نيست زيرا با توجه به سرد شدن هوا، تأمين نشدن نياز حرارتي گياه براي رشد، كاهش تبخير و تعرق و نيز نزديك شدن به دوره احتمال وقوع بارش‌هاي مؤثر پاييزي، كاربرد اين ميزان آب نمي‌تواند بهره‌وري مناسب را از خود نشان دهد و به نظر مي‌رسد ۷۵-۵۰ ميلي‌متر آب مصرفي كفايت خواهد كرد. در خصوص اثربخشي آبياري زمان كاشت، طي پژوهشي در آناتولي مركزي تركيه نشان داده شد كه ۵۰ ميلي‌متر آبياري تكميلي در اولين تاريخ كاشت، عملكرد گندم را ۶۰ درصد افزايش داد (ICARDA, 2003) و بهره‌وري آب آبياري برابر با ۵۲/۵ كيلوگرم بر ميلي‌متر به دست آمد. Tavakoli and Liaghat, (2010) نيز نشان دادند كه آبياري زمان كاشت سبب افزايش عملكرد گندم ديم بين ۱۰۷۶ تا ۲۲۹۰ كيلوگرم در هكتار گرديد. علت اين افزايش و تأثير آبياري تكميلي را مربوط به جوانه زدن و رشد گندم در پاييز و استفاده بهتر از بارش‌هاي مراحل بعد دانسته‌اند (Oweis and Hachum, 2004; Tavakoli and Liaghat, 2010).

بالاترين ميزان بهره‌وري تك‌آبياري در اضافه عملكرد نسبت به شرايط ديم (۳۲/۸ كيلوگرم بر ميلي‌متر) و در مقايسه با متوسط عملكرد دو رقم در شرايط ديم، براي تيمار يك مرتبه آبياري بهاره با تأمين ۵۰% كمبود از ظرفيت زراعي در تاريخ كاشت زود و براي رقم V2 است (جدول ۲). در تاريخ كاشت سوم يا ديركاملاً مشخص است كه هر دو رقم داراي بهره‌وري آب پايين تحت شرايط ۵۰ ميلي‌متر آبياري باشند (جدول ۲).

جدول ۱- ميانگين عملكرد دانه دو رقم جو ديم تحت تاريخ‌هاي مختلف كاشت و سطوح تخصيص تك آبياري

تيمارهاي تخصيص آب آبياري محدود	رقم	تاريخ كاشت		
		Early	Normal	Late
ديم	V1	۱۱۳۲	۱۰۹۸	۱۱۳۱
	V2	۱۲۰٤	۱۲۲۳	۱۲۳۵
I_{50}	V1	۱۹۲۵	۱۹۲۰	۱۷۹۳
	V2	۱۹۵۵	۲۰۷۰	۱۸٦۷
I_{100}	V1	۳۵٦۵	۳۹۰۷	۳۷۳۵
	V2	۳۵۳۳	٤۱۲۵	۳۹۰۰
$I_{50\%}$	V1	۲۳۸۲	۲۳۸۲	۲۳۰٤
	V2	۲٤۸۲	۲٤۲۸	۲۳۵۳
$I_{100\%}$	V1	۲٤۸۲	۲۵٤۱	۲٤٤٤
	V2	۲۵۰۸	۲۵۷٤	۲۵۰٦

جدول ۲- میانگین شاخص‌هاي بهره‌وري آب آبياري براي ارقام جو ديم، ۸۵-۱۳۸۳

		بهره‌وري آب آبياري در افزايش عملكرد نسبت به شرايط ديم،IWP (كيلوگرم بر ميلي‌متر)				بهره‌وري آب آبياري در افزايش عملكرد نسبت به شرايط ديم، IWP (كيلوگرم بر ميلي‌متر)، IWP بر مبناي متوسط عملكرد دو رقم (۱۱۷۱ كيلوگرم در هكتار) در سه تاريخ كاشت			
		Early	Normal	Late	میانگین	Early	Normal	Late	میانگین
I_{50}	V1	۱۵/۹	۱۶/۴	۱۳/۲	۱۵/۲	۱۵/۱	۱۵	۱۲/۵	۱۴/۲
	V2	۱۵	۱۶/۹	۱۲/۶	۱۴/۹	۱۵/۷	۱۸	۱۳/۹	۱۵/۹
میانگین		۱۵/۴	۱۶/۷	۱۲/۹		۱۵/۴	۱۶/۵	۱۳/۲	
I_{100}	V1	۲۴/۳	۲۸/۱	۲۶	۲۶/۲	۲۳/۹	۲۷/۴	۲۵/۶	۲۵/۷
	V2	۲۳/۳	۲۹	۲۶/۷	۲۶/۳	۲۳/۶	۲۹/۵	۲۷/۳	۲۶/۸
میانگین		۲۳/۸	۲۸/۶	۲۶/۳		۲۳/۸	۲۸/۵	۲۶/۵	
$I_{50\%}$	V1	۳۱/۳	۳۲/۱	۲۹/۳	۳۰/۹	۳۰/۳	۳۰/۳	۲۸/۳	۲۹/۶
	V2	۳۲	۳۰/۱	۲۸	۳۰	۳۲/۸	۳۱/۴	۲۹/۶	۳۱/۳
میانگین		۳۱/۶	۳۱/۱	۲۸/۶		۳۱/۵	۳۰/۹	۲۹	
$I_{100\%}$	V1	۱۶/۹	۱۸	۱۶/۴	۱۷/۱	۱۶/۴	۱۷/۱	۱۵/۹	۱۶/۵
	V2	۱۶/۳	۱۶/۹	۱۵/۹	۱۶/۴	۱۶/۷	۱۷/۵	۱۶/۷	۱۷
میانگین		۱۶/۶	۱۷/۵	۱۶/۲		۱۶/۶	۱۷/۳	۱۶/۳	

$$IWP = \frac{Yield_{irr} - Yield_{rainfed}}{IWU}$$

$$IWP = \frac{Yield_{irr} - \overline{Yield}_{rainfed}}{IWU}$$

جدول ۳- میانگین شاخص بهره‌وري كل آب مصرفي و بهره‌وري آب آبياري براي ارقام جو ديم، ۸۵-۱۳۸۳

تيمارهاي آبياري	رقم	بهره‌وري كل آب مصرفي ناشي از بارش + آبياري در عملكرد كل، TWP (كيلوگرم بر ميلي‌متر)				بهره‌وري آب آبياري در عملكرد كل، IWP (كيلوگرم بر ميلي‌متر)			
		تاريخ كاشت			میانگین				
		Early	Normal	Late		Early	Normal	Late	میانگین
شرايط ديم	V1	۳	۲/۹	۳	۲/۹				
	V2	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲				
میانگین		۳/۱	۳	۳/۱					
I_{50}	V1	۴/۵	۴/۵	۴/۲	۴/۴	۳۸/۵	۳۸/۴	۳۵/۹	۳۷/۶
	V2	۴/۵	۴/۸	۴/۳	۴/۶	۳۹/۱	۴۱/۴	۳۷/۳	۳۹/۳
میانگین		۴/۵	۴/۶	۴/۲		۳۸/۸	۳۹/۹	۳۶/۶	
I_{100}	V1	۸/۳	۹/۱	۸/۷	۸/۷	۳۵/۷	۳۹/۱	۳۷/۴	۳۷/۴
	V2	۸/۲	۹/۶	۹	۸/۹	۳۵/۳	۴۱/۳	۳۹	۳۸/۵
میانگین		۸/۲	۹/۳	۸/۹		۳۵/۵	۴۰/۲	۳۸/۲	
$I_{50\%}$	V1	۵/۷	۵/۷	۵/۵	۵/۶	۵۹/۶	۵۹/۶	۵۷/۶	۵۸/۹
	V2	۵/۹	۵/۸	۵/۶	۵/۸	۶۲/۱	۶۰/۷	۵۸/۸	۶۰/۵
میانگین		۵/۸	۵/۷	۵/۵		۶۰/۸	۶۰/۱	۵۸/۲	
$I_{100\%}$	V1	۵/۴	۵/۵	۵/۳	۵/۴	۳۱	۳۱/۸	۳۰/۶	۳۱/۱
	V2	۵/۴	۵/۶	۵/۴	۵/۵	۳۱/۴	۳۲/۲	۳۱/۳	۳۱/۶
میانگین		۵/۴	۵/۵	۵/۴		۳۱/۲	۳۲	۳۰/۹	

$$TWP = \frac{Yield}{TWU}$$

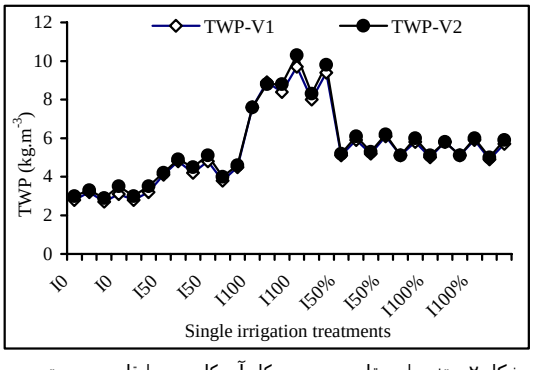
$$IWP = \frac{Yield}{IWU}$$

ارقام ديم ضمن اين‌كه بايستي براي شرايط ديم مطلوبيت داشته باشند، بتوانند با اعمال مديريت زراعي مناسب از جمله تاريخ كاشت توأم با تك‌آبياري (اعمال تك‌آبياري با مقدار مناسب و در زمان مناسب) افزايش قابل ملاحظه عملكرد را نشان دهند (جدول ۱ و شكل ۱). در شرايط ديم اگر بارش‌هاي زمان كاشت، پراكنده، اندك و يا نامتناسب با ديگر عمليات زراعي و اقليمي (خصوصاً دماي هوا) باشد زارعين محدوديت بيشتري در كاشت و كار دارند (Photiades and Hadjichristodoulou, 1984) اما يك آبياري حداقل بعد از كاشت (قبل از بارش‌هاي مؤثر) كه منجر به سبز كامل محصول شود، عملكرد محصول را به طور مؤثري افزايش خواهد داد (Oweis et al., 1998; Tavakoli and Oweis, 2004; Tavakoli et al., 2005; Tavakoli and Liaghat, 2010). در شرايطي كه امكان دسترسي به آب براي آبياري پاييزه منطبق بر برنامه تك‌آبياري وجود دارد، تأخير در كاشت سبب افت عملكرد و كم‌اثر شدن آبياري مي‌شود.

مطابق با نتايج به دست آمده (جدول ۳) هر چند تاريخ كاشت‌ها در شرايط ديم كارآيي مشابهي دارند (متوسط ۳ كيلوگرم بر ميلي‌متر) اما توصيه مي‌شود كشت ارقام جو ديم و براي شرايط ديم، تاريخ كاشت زود نباشد. چون در شرايط ديم احتمال بارش‌هاي اتفاقي و پراكنده منجر به جوانه‌زني بذر و سپس وقوع يك دوره خشكي وجود دارد و ممكن است خسارت جدي به محصول وارد كند. اثر تك‌آبياري در افزايش بهره‌وري بارش در توليد دانه در شرايط ديم، براي تاريخ‌هاي كاشت و ارقام جو متفاوت است. با اعمال تك‌آبياري، بهره‌وري بارش افزايش پيدا كرد (جدول ۳). به طوري كه متوسط بهره‌وري كل (TWP) يعني بهره‌وري مجموع آب كاربردي از طريق آبياري و بارش، در تاريخ كاشت زود از ۳/۱ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ٤/٥، ۸/۲، ٥/۸ و ٥/٤ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ترتيب براي تك‌آبياري ٥۰ ميلي‌متر در زمان كاشت (I_{50})، تك‌آبياري ۱۰۰ ميلي‌متر در زمان كاشت (I_{100})، يک نوبت آبياري با تأمين ٥۰ درصد كمبود رطوبت در بهار ($I_{50\%}$) و يک نوبت آبياري با تأمين ۱۰۰ درصد كمبود رطوبت خاك در بهار ($I_{100\%}$) طي مرحله ظهور سنبله تا گل‌دهي و براي تاريخ كاشت نرمال از ۳ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ٤/٦، ۹/۳، ٥/۷ و ٥/٥ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ترتيب براي تيمارهاي I_{50}، I_{100}، $I_{50\%}$ و $I_{100\%}$ و براي تاريخ كاشت ديرا از ۳/۱ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ٤/۲، ۸/۹، ٥/٥ و ٥/٤ كيلوگرم بر ميلي‌متر به ترتيب براي تيمارهاي I_{50}، I_{100}، $I_{50\%}$ و $I_{100\%}$ افزايش پيدا كرد. در هر سه تاريخ كاشت و سطوح تك‌آبياري، از نظر TWP برتري اندكي براي رقم Dayton نسبت به آبيدر وجود دارد ولي چندان زياد نيست (شكل ۱).

بهره‌وري تك‌آبياري در عملكرد كل (جدول ۳) نشان مي‌دهد كه تاريخ كاشت نرمال بر دو زمان ديگر و تاريخ كاشت زود بر كاشت ديرهنگام برتري دارد. بايد همان طور كه اشاره شد توجه كرد كه تك‌آبياري ٥۰ ميلي‌متر در اولين تاريخ كاشت، سبب افزايش ريسك و خطرپذيري سيستم كشت در اثر وجود دوره خشكي طولاني تا اولين بارش مؤثر مي‌شود. مشكل توزيع يك‌نواخت آب در سطح كرت و فرا رسيدن دوره بدون بارش به مدت ٤٥–۳۰ روز پس از كاشت، تيمار تك‌آبياري ٥۰ ميلي‌متر در اولين تاريخ كاشت را غير قابل توجيه مي‌سازد. بديهي است در صورت وجود بارش مناسب پاييزه منجر به سبز كامل محصول، تاريخ كاشت زود ارجح است به نحوي كه تاريخ كاشت زود (نوامبر) زمان بهينه كاشت گندم در شرايط شمال عراق گزارش شده است و به ازاي هر هفته تأخير در كاشت امكان افت عملكرد تا ۵۰۰ كيلوگرم در هكتار وجود داشت (Oweis and Hachum, 2004, Adary *et al*., 2002).

بررسي تغييرات شاخص بهره‌وري كل آب كاربردي در شكل (۲) نشان مي‌دهد كه برتري نسبي مربوط به رقم V2 است. در اين شكل تغييرات مربوط به هر يک از تيمارها به ترتيب مربوط به تاريخ كاشت سال اول و دوم، تاريخ كاشت نرمال سال اول و دوم و تاريخ كاشت ديرسال اول و دوم است. روند تغييرات در دو سال براي تمام تيمارها همسو است هر چند كه برتري سال دوم به خاطر پراكنش مطلوب‌تر بارش قابل مشاهده است.



شكل ۲ – تغييرات مقادير بهره‌وري كل آب كاربردي ارقام جو ديم تحت تيمارهاي مختلف

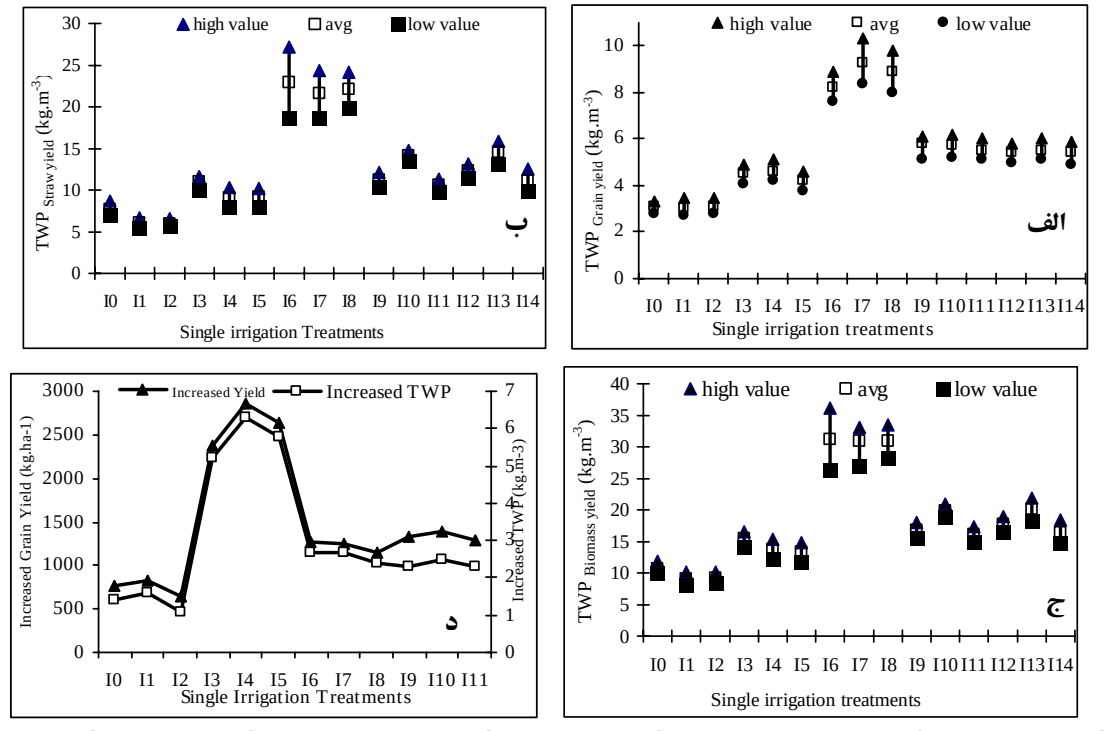
در شكل (۳) (الف، ب، ج) حدود تغييرات و مقادير بهره‌وري كل آب كاربردي در توليد دانه، كاه و كلش و عملكرد بيولوژيک نشان داده شده است. آنچه كه قابل دريافت است اين است كه در شرايط ديم محدوده تغييرات بهره‌وري بارش اندک است و اين موضوع در تاريخ كاشت زود جو ديم محسوس‌تر

است و لذا مي‌توان گفت که کاشت زود جو داراي ريسک بوده و قابل توصيه نيست و کاشت نرمال را مي‌توان پيشنهاد کرد. در شرايط تک‌آبياري ۵۰ ميلي‌متر و ۱۰۰ ميلي‌متري زمان کاشت، بديهي است که هم حدود تغييرات و هم مقادير بهره‌وري کل آب کاربردي، برتري قابل ملاحظه مربوط به تيمار ۱۰۰ ميلي‌متري زمان کاشت است. نکته ديگر اين است که بيشترين بهره‌وري کل آب کاربردي به ترتيب مربوط به تاريخ کاشت نرمال، دير و زود است. در شرايط تک‌آبياري بهاره، کاملاً بديهي است که تامين ۱۰۰ درصد تخليه رطوبتي هيچ ضرورتي نداشته و تک‌آبياري سبک بهاره کفايت مي‌کند. ضمن اينکه مي‌توان تحت تيمارهاي آبياري بهاره، اثر تاريخ کاشت را در ميزان کاه و کلش و عملکرد بيولوژيک تحت اين تيمارها مشاهده کرد که اگر برنامه تک‌آبياري بهاره مدنظر است بهتر است که تاريخ کاشت نرمال مدنظر باشد.

ميزان افزايش عملکرد و بهره‌وري کل آب کاربردي براي تيمارهاي تک‌آبياري نسبت به شرايط ديم در شکل (۳-د) نشان داده شده است. نکته قابل توجه در اين شکل هم‌سويي تغييرات عملکرد با بهره‌وري کل آب کاربردي در تمام تيمارها بجز تيمار تامين ۱۰۰ درصد تخليه رطوبتي بهاره است که در اين تيمار عليرغم افزايش نسبي عملکرد دانه، بهره‌وري کل روند نزولي را نسبت به تيمار قبلي (تامين ۵۰ درصد تخليه رطوبتي بهاره) داشته و تاکيدي بر کفايت آبياري سبک بهاره است.

سبز کامل که پوشش سطح خاک را به دنبال دارد منجر به کاهش تبخير سطح خاک مي‌شود به طوري که کاهش ۲۰ درصد تبخير از سطح خاک و بهبود بهره‌وري تبخير و تعرق را گزارش کرده‌اند (Lopez-Castenada and Richards, 1994). علاوه بر اين تک‌آبياري پاييزه سبب افزايش توسعه ريشه شده (Tavakoli et al., 2010) و توسعه ريشه محصول ضمن اينکه باعث بهبود مواد آلي خاك در لايه‌هاي زيرين مي‌شود، جريان ورود آب به خاك را تسهيل و بهره‌گيري از مواد مغذي را ميسر مي‌کند و بهره‌وري بارش را بهبود مي‌بخشد.

آنچه که بايستي به دقت به آن توجه داشت، اين است که شرايط تيمارهاي آبياري بهاره تا زماني که آبياري نشده‌اند، مشابه شرايط ديم است و تمهيدات خاصي که براي شرايط ديم از جمله زمان مناسب کاشت و مخاطراتي که ممکن است کشت زود پاييزه براي آن به وجود آورد را ملحوظ نمود و لذا براي آبياري بهاره تاريخ کاشت مفهوم خاصي پيدا نمي‌کند. بديهي است در صورت وقوع بارش مناسب پاييزه و ايجاد سبز کامل، شرايط ايده‌آل و مطلوبي را فراهم خواهد نمود.



I0=I0 Early, I1= I0 Normal, I2= I0 Late, I3=I50 Early, I4= I50 Normal, I5= I50 Late, I6=I100 Early, I7= I100 Normal, I8= I100 Late, I9=I50% Early, I10= I50% Normal, I11= I50% Late, I12=I100% Early, I13= I100% Normal, I14= I100% Late,

شکل ۳- محدوده تغييرات بهره‌وري کل آب کاربردي ارقام جو ديم در توليد دانه، کاه و کلش و بيوماس

نكته مهم ديگر اين است كه اگر چه آبياري پاييزه، سبب زودرسي محصول و در نتيجه عدم مواجهه آن با خشكي آخر فصل مي‌گردد، آبياري بهاره نيز باعث استمرار رشد مي‌گردد و ايجاد ذخيره رطوبتي ضمن كنترل تنش رطوبتي آخر فصل به باروري محصول و پر شدن دانه‌ها كمک خواهد كرد و افزايش عملكرد را بدنبال خواهد داشت. اگر چه بروز خشكي و تنش رطوبتي، طول دوره رشد گندم و جو را كاهش مي‌دهد (McMaster and Wilhelm, 2003) اما آنچه كه در زودرسي تيمارهاي آبياري پاييزه تاثيرگذار است، سواي وجود خشكي آخر فصل، ناشي از جلو افتادن دوره رشد و نمو محصول است.

در خصوص اثربخشي آبياري زمان كاشت، تحقيقات چندي صورت گرفته كه موید نتايج به دست آمده، است. در تحقيقي چهار ساله در سوريه نشان داده شد كه تاريخ كاشت زود به همراه يك آبياري حداقل (۳۰ ميلي‌متر) در حصول عملكرد مطلوب مؤثر است (Oweis et al., 1998). يك‌بار آبياري دو رقم جو در زمان كاشت توام با ۸۰ كيلوگرم در هكتار نيتروژن خالص بيشترين ميزان عملكرد را به همراه داشته است (Haghighati-Maleki, 1998). Azim-Zadeh (2005) نيز طي پژوهشي در شمال خراسان به بررسي اثر سطوح مختلف نيتروژن و آبياري تكميلي بر عملكرد جو ديم پرداخته و نشان دادند كه بيشترين عملكرد، زماني حاصل شده كه ۶۰ كيلوگرم در هكتار نيتروژن همراه با آبياري زمان كاشت به كار رفته بود. تعيين زمان مناسب يک نوبت آبياري در زراعت جو ديم در شرايط كرمانشاه بر اساس تحليل جنبه‌هاي فيزيولوژيک رشد محصول و شرايط بارش‌هاي بهاري صورت گرفته است (Tallie, 2005). اثر سطوح مختلف آبياري تكميلي بر روي ژنوتيپ‌هاي جو در ايكاردا بررسي شد و با ۱۸۶ ميلي‌متر بارش ساليانه، در حالي كه عملكرد تحت شرايط ديم ۲۶۰ كيلوگرم در هكتار بود با ۳۳%، ۶۶%، و ۱۰۰% آبياري كامل، عملكرد دانه جو به ترتيب به ۱۸۹۰، ۴۲۵۰ و ۵۱۷۰ كيلوگرم در هكتار افزايش پيدا كرد (Oweis and Hachum, 2009). مطابق با گزارش ايكاردا (ICARDA, 1989) عملكرد دانه ژنوتيپ Rihane-3 تحت شرايط ديم، ۳۳%، ۶۶%، و ۱۰۰% آبياري كامل به ترتيب ۲۲۰، ۲۷۰۰، ۴۷۵۰ و ۶۷۲۰ كيلوگرم در هكتار بوده كه بيشترين ميزان نسبت به ژنوتيپ هاي ديگر بوده است. همه اينها مؤيد اثر مصرف بهينه آبياري تكميلي در زراعت ديم براي افزايش عملكرد و بهبود بهره‌وري نهاده‌ها است.

در خصوص تحليل اجزاي شاخص بهره‌وري آب تحت شرايط مختلف زماني (تر سالي، نرمال يا خشک‌سالي) كه لزوماً متاثر از ميزان بارش نيست و پراكنش بارش نيز فاكتور مهمي محسوب مي‌شود، بايستي اين گونه استدلال كرد كه شاخص‌هاي پنج‌گانه (بهره‌وري بارش، بهره‌وري تك‌آبياري در اضافه عملكرد نسبت به عملكرد مطلوب در شرايط ديم، بهره‌وري تك‌آبياري در اضافه عملكرد نسبت به عملكرد همان تيمار در شرايط ديم، بهره‌وري تك‌آبياري در عملكرد كل و بهره‌وري مجموع آب تك‌آبياري و بارش در عملكرد كل) هر كدام مي‌توانند به نحوي در انتخاب گزينه مطلوب مؤثر و مفيد باشند. در شرايط خشك‌سالي، تمام اين شاخص‌ها قابليت كاربردي دارند اما در شرايط نرمال و تر سالي تنها سه شاخص بهره‌وري بارش، بهره‌وري تك‌آبياري در اضافه عملكرد نسبت به عملكرد همان تيمار در شرايط ديم و بهره‌وري مجموع آب تك‌آبياري و بارش در عملكرد كل مؤثر بوده و قابليت كاربرد دارند (Tavakoli and Liaghat, 2010).

در شرايط ديم علاوه بر گندم و جو، دو محصول ديگر نيز داراي اهميت كشت هستند كه تخصيص آب به تك‌آبياري هر يک از اين محصولات به ميزان عكس العمل آنها به آبياري محدود و شاخص بهره‌وري بستگي دارد به طوري كه در شمال سوريه، بهره‌وري از آب در توليد غلات ديم (۱۰ كيلوگرم در هكتار بر ميلي‌متر) دو برابر بيشتر از محصولات نخود و عدس (۵-٤ كيلوگرم در هكتار بر ميلي‌متر) به دست آمد (Zhang and Oweis, 1999; Zhang *et al*., 2000).

Oweis (1997) گزارش كرد كه به كارگيري ۵۰ كيلوگرم در هكتار نيتروژن خالص، بهره‌وري از آب آبياري را تا دو برابر افزايش مي‌دهد. بهره‌وري از بارش، بهره‌وري از آب آبياري و بهره‌وري مجموع آبياري و بارش در توليد دانه گندم براي متوسط ۵ سال (۹۶-۱۹۹۱) و در شمال سوريه به ترتيب ۹/۶، ۱۱/۱ و ۱۳/۶ كيلوگرم در هكتار بر ميلي‌متر گزارش گرديد (Oweis and Hachum, 2003). Oweis et al. (1999) طي پژوهشي در سوريه و در مركز تحقيقات بين المللي ايكاردا، بهره‌وري تبخير و تعرق در توليد دانه و بيوماس جو را به ترتيب ۱۱ و ۳۲ كيلوگرم در هكتار بر ميلي‌متر گزارش نمودند. در پژوهش ديگري در سوريه بهره‌وري تبخير و تعرق در توليد دانه و بيوماس جو به ترتيب ۷و ۲۱ كيلوگرم در هكتار بر ميلي‌متر گزارش گرديد (Garabet et al., 1998). در دره ابرو (Ebro) اسپانيا، طي تحقيقي بهره‌وري تبخير و تعرق در توليد دانه جو را بين ۶ تا ۹/۵ كيلوگرم در هكتار بر ميلي‌متر و بهره‌وري تبخير و تعرق در توليد بيوماس را بين ۲۰ تا ۳۰ كيلوگرم در هكتار بر ميلي‌متر به دست آوردند (Cantero-Martinez et al., 1995).

در خصوص جايگاه و آينده مديريت تخصيص آب براي آبياري محدود در زراعت ديم بايد اشاره كرد كه روند رو به رشد

به کارگيري آبياري تکميلي و سودمندي اقتصادي آن قابل توجه است، به نحوي که سطوح تحت آبياري تکميلي در برخي از کشورها روند فزاينده‌اي داشته است. سطح تحت آبياري تکميلي در سوريه از ۷۴ هزار هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۴۱۸ هزار هکتار در سال ۲۰۰۰ افزايش يافت (Department of Planning and Statistic, 2001) ، هزينه آبياري تکميلي محصولات ديم در سوريه حدود ۱۵۰ دلار در هکتار تعيين شد و درآمد ناشي از آن ۳۰۰ دلار در هکتار بوده است (Somme and Al-Qaise, 2000). به خاطر نتايج مؤثر و توجيه‌پذير بودن آبياري تکميلي، هم اکنون در ۴۰ درصد اراضي گندم ديم سوريه آبياري تکميلي بهينه صورت مي‌گيرد (Oweis et al., 1998).

نتيجه‌گيري

بر اساس آنچه که بيان شد مي‌توان چنين نتيجه‌گيري کرد که براي دستيابي به عملکرد مناسب و بهره‌وري مطلوب آب، برنامه تخصيص آب براي جو ديم شامل اعمال يک نوبت آبياري سنگين (تك‌آبياري ۱۰۰ ميلي‌متر) تا نيمه سنگين (تك‌آبياري ۷۵-۵۰ ميلي‌متر) در طول ۴-۳ هفته پاييزه و يک نوبت آبياري سبک (تأمين ۵۰ درصد کمبود رطوبتي خاك) در مرحله ظهور سنبله تا گل‌دهي است. در برنامه آبياري بهاره يك آبياري حداقل کفايت مي‌کند و نيازي به آبياري سنگين (تأمين ۱۰۰ درصد کمبود رطوبتي خاك) نيست، زيرا حجم دو برابري آب مصرفي در تيمار ۱۰۰ درصد تأمين کمبود رطوبتي، فقط افزايش عملکردي در حد ۱۰۰ کيلوگرم در هکتار نسبت به تيمار ۵۰ درصد تأمين کمبود رطوبتي ايجاد کرده است و به همين علت شاخص بهره‌وري آن کاهش نشان مي‌دهد.

سپاسگزاري

اين مقاله مستخرج از نتايج طرح تحقيقاتي شماره ۸۴۰۰۱-۰۰۰۰-۰۰۰۰۰۶-۲۳-۰۲۲-۲ است که با اعتبارات و امکانات موسسه تحقيقات کشاورزي ديم اجرا گرديد، بدين وسيله تشکر و قدرداني مي شود.

REFERENCES

Adary, A., Hachum, A., Oweis, T., and, Pala, M. (2002). Wheat Productivity under Supplemental Irrigation in Northern Iraq. On-Farm Water Husbandry Research Report Series, No.2. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria.

Anonymous, (2007). Agro-statistical. Jihed-e-agriculture, Iran (in Farsi).

Azim-Zadeh, S.M. (2005). Effects of different levels of nitrogen and supplemental irrigation on barley at north of Khorasan. Final research report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Iran, No 84/10138. (in Farsi).

Batten, G.H., and Khan, M.A. (1987). Effect of time of sowing on grain yield, nutrient uptake of wheats with contrasting phenology. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 27(6), 881-887.

Cantero-Martı´nez, C., Villar, J.M., Romagosa, I., and Fereres, E. (1995). Growth and yield responses of two contrasting barley cultivars in a Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 4(3), 317–326.

Cooper, P.J.M., and Gregory, P. J. (1987). Soil water management in the rainfed farming systems of the Mediterranean region. *Soil Use & Management*. 3(2), 57-62.

Department of Planning and Statistics, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform. Syrian Arab Republic. (2001). The Annual Agricultural Statistics Abstract for the Year 2000.

French, R.J., and, Schultz, T.E. (1984). Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment: I. The relation between yield, water use and climate. *Australian Journal* of *Agricultural Research*, 35, 743-764.

Garabet, S., Wood, M., and Ryan, J. (1998). Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean-type climate. I. Growth, water-use and nitrogen accumulation. *Field Crops Research*, 57(3), 309–318.

Haghighati-Maleki, A. (1998). Study effect of supplemental irrigation and nitrogen on yield of barley. Final research report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Iran No 77/629. (in Farsi).

Harris, H.C., Cooper, P.J.M., and Pala, M. (1991). Soil and crop management for improved water use efficiency in rainfed areas. Proceeding of an International Workshop, Ankara, Turkey.15-19 May 1989.ICARDA, Aleppo, Syria.

ICARDA, (1989). Farm Resource Management Program Annual Report for 1989. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria.

ICARDA, (2003). ICARDA Annual Report 2002. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, Syria

Keating, J.D.H., Dennett, M.D., and Roadgers, J. (1986). The influence of precipitation regime on the management of dry areas in northern Syria. *Field Crops Research*, 13, 239-249.

Kitamura, Y. (1990). Management of an irrigation system for double cropping culture in the tropical monsoon area. Technical bulletin 27, Tropical Agricultural Research Center, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

López-Castañeda, C., and Richards, R. A. (1994). Variation in temperate cereals in rainfed environments III. Water use and water-use efficiency. *Field Crop Research*, 39, 85–98

McMaster, G. S., and Wilhelm, W. W. (2003). Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation

models. *Journal of Agricultural Science*, 141, 129–147

O'Leary, G.J., Connor, D.J., and White, D.H. (1985). Effect of sowing time on growth; yield and water use of rainfed wheat in the Winmera, Vic. Aust. *Journal of Agricultural Research*, 36, 187-196.

Oweis, T. (1997). Supplemental irrigation: a highly efficient water use practice. ICARDA, Aleppo, Syria, 16pp.

Oweis, T., and, Hachum, A. (2004). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. 4th international crop science congress 26th. September to 1st October 2004, Queensland, Australia.

Oweis, T., and Hachum, A. (2009). Optimizing supplemental irrigation: Tradeoffs between profitability and sustainability. *Agricultural Water Management*, 96(3), 511-516.

Oweis, T., and Zhang, H. (1996). Water use efficiency: Index for optimizing supplemental irrigation of wheat in water scarce areas. *Journal of Applied irrigation science*, 33(2), 321-336.

Oweis, T., Hachum, A., and Kijne, J. (1999). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, SWIM paper 7, 38pp.

Oweis, T., Pala, M., and Ryan, J. (1998). Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean Climate. *Agronomy Journal*, 90(5), 672-681.

Oweis, T., Salkini, A., Zhang, H., Ilbeyi, A., Hustun, H., Dernek, Z., and Erdem, G. (2001). Supplemental irrigation potential for wheat in the central Anatolian plateau of Turkey, ICARDA.

Pala, M., and Studer, C. (1999). Cropping systems management for improved water use efficiency in dryland agriculture. Paper presented at the International Conference ob Water Resource Conversation and Management in Dry Areas, 3-6 December 1999, Amman, Jordan.

Photiades, L., and Hadjichristodoulou, A. (1984). Sowing date, sowing depth, seed rate and row spacing on wheat and barley under dryland conditions. *Field Crops Research*. 9(2), 151-162.

Ryan, J., and Matar, A. (ed.). (1992). Fertilizer use efficiency under rainfed agriculture in West Asia and North Africa. ICARDA. Aleppo, Syria.

Schneider, A.D., and Howell, T.A. (1996). Methods, amounts and timing of sprinkler irrigation for winter wheat. *Journal. of Transaction of ASAE*, 40(1), 137-142.

Somme, G., and Al-Qaise. (2000). Supplemental irrigation in the Syrian Arab Republic. In: Drought and Sustainable Agricultural Development Forum, University of Aleppo, May, 23–25, 2000. The Higher Council of Science, Damascus, Syria, pp. 401–436.

Studer, C., and Erskine, W. (1999). Integrating germplasm improvement and agricultural management to achieve more efficient water use in dry area crop production. Paper presented at the International Conference ob Water Resource Conversation and Management in Dry Areas, 3-6 December 1999, Amman, Jordan.

Tallie, A. A. (2005). Response of rainfed barley (Sararood 1) to supplemental irrigation and nitrogen (on-farm). Final research report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Iran, (in Farsi).

Tavakkoli, A.R., and Oweis, T. (2004). The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agricultural Water Management*, 65(3), 225-236.

Tavakoli, A.R., and Liaghat, A. (2010). Optimization of Single Irrigation and Sowing Date for Rainfed Wheat Varieties under Dryland Condition. *Journal of Water and Soil researches*, 41(2), 179-188. (in Farsi)

Tavakoli, A.R., Belson, V., Ferri. F., and Razavi, R. (2003). Response of rainfed wheat to supplemental irrigation and nitrogen rates. Final Research Report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Maragheh, Iran. (in Farsi)

Tavakoli, A.R., Belson, W., and Ferri, F. (2000). Impacts of supplemental irrigation on advanced lines of wheat. Final Research Report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Maragheh, Iran. (in Farsi)

Tavakoli, A.R., Oweis, T., Ashrafi, Sh., Asadi, H., Siadat, H., and Liaghat, A. (2010). Improving rainwater productivity with supplemental irrigation in upper Karkheh river basin of Iran. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 123pp.

Tavakoli, A.R., Oweis, T., Ferri, F., Haghighati, A., Belson, V., Pala, M., Siadat, H., and Ketata, H. (2005). Supplemental Irrigation in Iran: Increasing and Stabilizing Wheat Yield in Rainfed Highlands. On-Farm Water Husbandry Research Report Series No.5. ICARDA, 46 pp.

Zhang, H., and Oweis T. (1999). Water – yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, 38(3), 195-211.

Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., and Harris, H. (2000). Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51(2), 295-304.

Zhang, H., Wang, X., You, M., and Liu, C. (1999). Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in North China Plain. *Irrigation Science*, 19(1), 37-45.

Zhang, H.(2003).Improving water productivity through deficit irrigation: Examples from Syria, the north China plain and Oregon, USA. 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.301-309.

مجله تحقیقات آب و خاک ایران (۴۳) ۲, ۱۳۹۱ (۱۱۳-۱۰۳)