مقایسه اثر پنج روش‌مختلف برنامه‌ریزی آبیاری بر تبخیر-تعرق و کارآیی مصرف آب گلرنگ

سحربایرام‌زاده کلخوران، داود زارع حق، محمدرضا نیشابوری و اژدر عنابی میلانی
دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک
استادیار، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک
استاد، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک
استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی

چکیده

برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع کشاورزی نیازمند تعیین زمان و مقدار آبیاری است و یکی از تصمیم‌گیری‌های مهم برای رسیدن به نتیجه مطلوب است. این تحقیق به‌منظور ارزیابی تاثیر روش‌های برنامه‌ریزی آبیاری روی تبخیر-تعرق و کارآیی مصرف آب گلرنگ و تعیین روش مناسب برنامه‌ریزی آبیاری آن در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار (شامل:الف)آبیاری براساس اختلاف دمای تاج پوشش گیاهی و هوا، ب)آبیاری در مکش خاک ۴۰ الی ۵۰ کیلوپاسکال اندازه‌گیری شده با تانسیومتر، ج) آبیاری در تخلیه رطوبتی ۴۰ الی ۵۰ درصد خاک در ناحیه ریشه، د) آبیاری در پتانسیل آب برگ ۱۲۵۰- الی ۱۴۵۰- کیلوپاسکال اندازه‌گیری شده با محفظه فشاری و ه) آبیاری با استفاده از میزان تبخیر و تعرق روزانه از تشت تبخیر کلاس A) و۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تاثیر تیمارهای آزمایشی برعملکرد تر و خشک، مصرف آب، کارآیی مصرف آب و تبخیر-تعرق در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، که بیشترین کارآیی مصرف آب گلرنگ در تیمار (آبیاری برمبنای پتانسیل آب برگ) به مقدار ۰/۸۵۶ کیلوگرم در مترمکعب باکمترین تبخیر-تعرق به مقدار ۳۱۳/۷۳۰ میلی‌متر بود.

کلیدواژه‌ها: دمای پوشش گیاهی، برنامه‌ریزی آبیاری، پتانسیل آب برگ، پتانسیل آب خاک

مقدمه

آب مایع حیات است و به همین دلیل بحران آب مهمترین چالش جوامع امروزی به ویژه در مناطق خشک می-باشد(Falkenmark “et al.,” 1989). اگر مدیریت آب به همین صورت که وجود دارد، ادامه پیدا کند، وضعیت آب بحرانی‌تر نیز خواهد شد(Abbaspour “et al.,” 2009). عدم استفاده مطلوب از آب آبیاری، محدودیت منابع آب و نیاز فزآینده بشر به غذای بیشتر، متنوع و مطلوب‌تر ایجاب می‌نماید تا مهندسین آبیاری با اعمال شیوه‌های مدیریتی نوین اقدام به صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بازده آبیاری نمایند. این امر بدون برآورد دقیق نیاز آبی گیاه و انطباق عمل آبیاری براساس نیاز ادواری گیاهان به آب (آبیاری به موقع و به اندازه) میسر نمی‌باشد(فرشی و همکاران، ۱۳۸۲). تعیین برنامه آبیاری بر پایه وضعیت رطوبتی خاک، گیاه و یا اقلیم صورت می‌گیرد(Hillel 1990). نمایه‌های تشنگی گیاه بالا رفتن دمای برگ است، افزایش دمای برگ نشانه کاهش تعرق و بسته شدن نسبی یا کامل روزنه‌هاست(علیزاده، ۱۳۹۰).(Candogan “et al.,”2013) آزمایشی دو ساله برای بررسی استفاده از شاخص تنش آبی محصول برای مدیریت آبیاری سویا تحت شرایط آب و هوایی نیمه مرطوب بورسا، ترکیه انجام دادند و بیان کردند که شاخص تنش آبی گیاه می‌تواند برای تعیین زمان آبیاری سویا در آب و هوای نیمه مرطوب استفاده شود. آنها حد آستانه و مجاز شاخص تنش آبی را ۰/۲۲ پیشنهاد کردند. دومین معیار از وضعیت گیاهی، پتانسیل آب برگ است، هر چه این پتانسیل از یک حد آستانه‌ای که برای گیاهان مختلف تعیین شده، کمتر باشد نشانه این است که نیاز بیشتری به آب دارد(علیزاده، ۱۳۹۰). (Sojka “et al.,” 1981) ارتباط بین عملکرد گندم با پتانسیل آب برگ را مورد مطالعه

قرار دادند و دریافتند که کاهش عملکرد گندم تا پتانسیل آب برگ ۱/۵- مگاپاسکال، ناچیز است. (Bellvert "et al.," 2014) ارتباط معنی‌داری بین پتانسیل آب برگ و شاخص تنش آبی محصول[1] در درخت مو به‌دست آوردند.

در تعیین برنامه آبیاری از طریق ارزیابی رطوبت خاک، یک روش رایج استفاده از میزان تخلیه رطوبت خاک است، که آبیاری با درصد تخلیه آب قابل استفاده گیاه تنظیم می‌شود که این سطح تخلیه به سطح تخلیه مجاز مدیریتی اشاره دارد (Martin 2009). انتخاب درست این سطح عامل کلیدی در این شیوه‌ی تعیین زمان آبیاری است. اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک و تعیین برنامه آبیاری از روی مکش خاک شاید مناسب‌ترین روش در بین روش‌های نمایه‌ای خاک است برای این منظور تانسیومتر ساده‌ترین وسیله است، که دامنه‌ی محدودی بین ۰ تا ۸۵- سانتی‌بار را نشان می‌دهد (علیزاده ۱۳۹۰). از دیگر روش‌های تعیین زمان آبیاری می‌توان به بررسی تبخیر-تعرق اشاره کرد که پایه و اساس نیاز آبی گیاه است، بخصوص تعیین مقادیر روزانه و یا هفتگی آن در تعیین زمان و عمق آبیاری نقش کلیدی دارد. منظور از تعیین تبخیر-تعرق برآورد مقدار آبی است که باید به پوشش زراعی داده شود تا در طول دوره رویشی صرف تبخیر-تعرق نموده و بدون آنکه با تنش آبی مواجه شود حداکثر مقدار محصول را تولید کند (علیزاده ۱۳۹۰). بدون آگاهی از مقدار تبخیر-تعرق، میزان آبیاری یا کمتر از مورد نیاز گیاه بوده که باعث کاهش محصول و یا بیشتر از مقدار مورد نیاز گیاه می‌باشد که باعث اتلاف آب و ایجاد مسائلی از قبیل زهکشی می‌شود (عابدی کوپایی و همکاران ۱۳۸۷). نتایج حاصل از پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده است که معرفی مناسب‌ترین روش تعیین زمان آبیاری، با توجه به منطقه و گیاه مورد مطالعه متفاوت خواهد بود. هدف از انجام این پژوهش مقایسه و معرفی مناسب‌ترین روش تعیین زمان آبیاری در بین پنج روش با بیشترین کارآیی مصرف آب برای گیاه گلرنگ در منطقه کرکج بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه تبریز در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در۱۳ کیلومتری شرق شهرستان تبریز درخاکی با بافت لوم شنی[2] در فصل زراعی ۱۳۹۴ انجام گرفت. بعد از انتخاب زمین و شخم زدن آن تعداد ۱۵ کرت به مساحت ۶ مترمربع ایجاد گردید. قبل از کاشت گیاه گلرنگ لوله‌های آلومینیومی به طول یک متر در وسط کرت‌های مورد مطالعه نصب گردیدند. بذر گلرنگ با تراکم کشت ۶۰ بوته در هر مترمربع (فاصله بوته‌ها ۵ سانتی‌متر و فواصل ردیف‌ها ۳۵ سانتی‌متر) در عمق ۳ سانتی‌متر کاشته شد. براساس آزمون نتایج خاک عناصر کافی در اختیار گیاه قرار گرفت.

طرح آزمایشی و تجزیه آماری: این پژوهش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۵ تیمار تعیین زمان آبیاری که در زیر اشاره شده در ۳ تکرار انجام پذیرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SPSS انجام شد و نمودارها با نرم افزار Excel ترسیم گردید. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن چند دامنه‌ای در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

تیمارLT[3] (آبیاری بر مبنای اختلاف تاج پوشش گیاهی و هوا): در این روش دمای پوشش گیاهی در نیمروز (حدود ساعت۱۳) در کرت‌های مربوطه و در ۱۰ مکان با دماسنج مادون قرمز با دقت ۰/۱ (مدلAZ-8889) و هم زمان با آن دمای هوا با دماسنج بطور روزانه اندازگیری شد. در این تیمار میانگین اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا، مبنای تعیین زمان آبیاری قرار گرفت. زمانی که میانگین اختلاف دمای پوشش‌گیاهی و هوا به حدود ۱- درجه سلسیوس رسید آبیاری صورت گرفت (Kirkham 2004).

تیمار SMS[4](آبیاری برمبنای مکش خاک اندازه‌گیری شده بوسیله تانسیومتر): برای اندازه‌گیری مکش خاک در کرت-های این تیمار مکش‌های دو تانسیومتر نصب شده در دو عمق مختلف (۲۰- ۱۵ و ۳۵-۲۵ سانتی‌متر)، هر روز صبح قرائت می‌شدند و آبیاری زمانی صورت می‌گرفت که میانگین مکش خاک اندازه‌گیری شده با تانسیومترها در دو عمق مذکور، در سه کرت (تکرار) به ۴۰ تا ۵۰ کیلوپاسکال برسد (Taylor and Ashcroft 1972 ؛ Haise and Hagan 1967) و(علیزاده ۱۳۹۰).

[1] Crop water stress index
[2] Sandy loam
[3] Leaf temperature
[4] Soil moisture suction

تیمار AWD[1](آبیاری بر مبنای تخلیه آب قابل استفاده خاک): در این تیمار، آبیاری به روش کنترل رطوبت لایه‌های نیمرخ خاک صورت گرفت. (Hillel 1990, Martin 2009) میزان تخلیه مجاز توصیه شده برای آبیاری را در حدود ۵۰ درصد آب قابل استفاده توصیه نمودند. مقادیر رطوبت گنجایش مزرعه‌ای (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) در خاک مورد نظر با استفاده از صفحه فشار اندازه‌گیری شدند. درصد تخلیه آب قابل استفاده (AWD) از رابطه (۲-۲) محاسبه شد. هر روزی که AWD به ۴۰ الی ۵۰ درصد رسید آبیاری صورت گرفت (Hillel 1990, Martin 2009,Doorenbos and Kassam 1979).

$$\mathbf{AWD}=\frac{(\theta fc-\theta)}{(\theta fc-\theta\, pwp)}\times 100 \qquad (۱)$$

Θ: رطوبت خاک اندازه‌گیری شده توسط نوترون‌متر

تیمار LWP[2](آبیاری بر مبنای پتانسیل آب برگ اندازه گیری شده بوسیله محفظه فشاری): در این تیمار زمان آبیاری روزی بود که پتانسیل آب برگ اندازه‌گیری شده با محفظه فشاری در نیم‌روز به ۱۲۵۰- الی ۱۴۵۰- کیلوپاسکال می‌رسید (Sojka "et al.," 1981, Grimes and Yamada 1982).

محاسبه رطوبت خاک توسط نوترون‌متر و میزان آب آبیاری برای چهار تیمار فوق الذکر: بعد از مشخص شدن زمان آبیاری در هر کدام از چهار تیمار مذکور و درست قبل از اقدام به آبیاری، رطوبت نیمرخ خاک تا عمق موثر ریشه‌دوانی گیاه توسط نوترون‌متر اندازه‌گیری شد.

$$CR=\frac{R}{SR} \qquad (۲)$$

در این معادله CR نسبت شمارش، R میانگین قرائت‌های انجام گرفته در هر عمق و SR میانگین قرائت‌های استاندارد می‌باشد. سپس از فرمول (۳) مقادیر رطوبت وزنی محاسبه گردید.

$$\Theta_m = 0.197CR \times 0.033 \qquad (۳)$$

در این معادله Θm رطوبت وزنی برحسب گرم آب بر گرم خاک می‌باشد. عمق آبیاری (d_{iw}) و حجم آب لازم (V) برای هر کرت از روابط ۴ و ۵ محاسبه و آبیاری با بکارگیری پمپ الکتریکی مجهز به اندازه‌گیری دبی به کرت مورد نظر اعمال شد.

$$d_{iw}=D_e\times Db\,\frac{(\theta_{m\,FC}-\theta_m)}{Dw} \qquad (۴)$$

برای به دست آوردن عمق موثر ریشه دوانی بر حسب سانتی‌متر De در نزدیکی ردیف کاشت گیاه یک برش عمودی در خاک به گونه‌ای ایجاد می‌شد که با کم‌ترین صدمه رسانی به ریشه گیاه بتوان عمق نفوذ ریشه را اندازه‌گیری کرد.

d_{iw} : عمق آب آبیاری یا ارتفاع معادل آب به سانتی‌متر D_b و D_w : به ترتیب چگالی ظاهری خاک و آب بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب

$$V=d_{iw}\times A\times 10 \qquad (۵)$$

در محاسبات فوق مساحت کرت مساوی و برابر با ۶ مترمربع و D_b خاک برابر با ۱/۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب در نظرگرفته شد.

تیمار PE[3] (مقدار آبیاری بر مبنای تبخیر از تشت تبخیر کلاس A): در این تیمار زمان آبیاری به صورت هفتگی براساس عرف منطقه ثابت در نظر گرفته شد و عمق آبیاری محاسبه گردید. در این روش تبخیر روزانه E_p (میلی‌متر) مستقیما از تشت تبخیر کلاس A، که در محلی نزدیک مزرعه نصب شده بودقرائت و از رابطه‌های۷، ۸ و ۹ به ترتیب تبخیر و تعرق مرجع ، تبخیر و تعرق واقعی و حجم آب آبیاری محاسبه گردید.

[1] Available water depletion
[2] Leaf water potential
[3] Pan evaporation

$$ET_0 = K_P \times E_P \quad (۶)$$

K_P: ضریب تشت برای منطقه مورد نظر در طول فصل رشد با توجه به شرایط اقلیمی و وضعیت باد ۰/۷۵ تا ۰/۵۵ می‌باشد (Doorenbos and Pruitt 1977).

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (۷)$$

ET_c: تبخیر و تعرق گیاه بر حسب میلی‌متر K_C: ضریب گیاهی که مقدار آن با توجه به مرحله رشد گیاه و روابط ارائه شده، محاسبه و به کاربرده شد (Doorenbos and Pruitt 1977).

$$V = A \times ET_C \quad (۸)$$

دراین معادله V حجم آب لازم بر حسب لیتر و A مساحت کرت برحسب مترمربع می‌باشد.

آبیاری به روش کرتی انجام شد، به طوری که بعد مشخص شدن زمان و عمق آبیاری، در تمام تیمارها در طول آبیاری مقدار آب ورودی به هر کرت توسط یک کنتور که به قسمت خروجی پمپ نصب شده بود اندازه‌گیری می‌گردید. در طول رشد به موازات اعمال تیمارهای آبیاری عملیات تنک کاری و وجین علف‌های هرز نیز صورت گرفت. بعد خشک شدن گیاه و رسیدن کامل بذر گلرنگ، محصول کرت‌ها برداشت و توزین شد، از هر کرت سه نمونه ۱کیلویی بمنظور تعیین میزان رطوبت و همچنین تعیین ماده خشک وزن و بعد از قرارگیری در پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه انتقال داده شد و پس از قرارگیری در آون به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بذرها نیز به صورت دستی جدا شده و وزن گردیدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها در ابتدا به شکل بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید ولی از آنجایی که در تمام صفات اثر بلوک غیرمعنی‌دار بود بنابراین منبع تکرار با اشتباه ادغام[1] گردید تا درجه آزادی خطا افزایش پیدا کرده و باعث افزایش دقت مقایسه‌ها گردد و براین اساس تجزیه واریانس به شکل طرح کاملا تصادفی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس تیمارهای آزمایش بر صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. تاثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد تر و خشک و تبخیر-تعرق در سطح احتمال یک درصد و بر روی کارآیی مصرف آب دانه، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. این در صورتی است که تاثیر تیمارهای آزمایش (روش‌های تعیین زمان آبیاری) بر ارتفاع بوته و شاخص برداشت معنی‌دار نگردید.

تبخیر-تعرق

کم‌ترین تبخیر-تعرق در تیمار LWP به مقدار ۲۸۵/۴۴ میلی‌متر و بیش‌ترین آن در تیمار پنجم PE به مقدار ۴۸۲/۳۰میلی‌متر حاصل گردید. تیمارهای LT (آبیاری بر مبنای دمای برگ)، SMS (آبیاری بر مبنای مکش خاک اندازه‌گیری شده با تانسیومتر)، AWD (آبیاری برمبنای درصد تخلیه رطوبتی خاک) و LWP (آبیاری براساس پتانسیل آب برگ) در یک گروه آماری قرار گرفتند. احتمالاً دلیل زیاد بودن تبخیر و تعرق تیمار پنجم ، زیاد بودن آب مصرفی در این تیمار می‌باشد

کارآیی مصرف آب

کارآیی مصرف آب براساس مقدار آب مصرفی و محصول تولید شده، یعنی نسبت عملکرد به مقدار آب مصرفی تعریف و محاسبه شده است. بیش‌ترین کارآیی مصرف آب دانه در تیمار LWP به مقدار ۰/۸۵۶۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین آن در تیمار LT به مقدار ۰/۵۴۴۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است.

[1] pool

تیمارهای LT (آبیاری بر مبنای دمای برگ)، SMS (آبیاری بر مبنای مکش خاک اندازه‌گیری شده با تانسیومتر) و PE(آبیاری بر مبنای تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) در یک گروه داشتند و تیمارهای AWD (آبیاری برمبنای درصد تخلیه رطوبتی خاک) و LWP (آبیاری بر مبنای پتانسیل آب برگ) در گروه بالاتری قرار گرفتند و کارآیی مصرف آب بالاتری داشتند. دلیل پایین بودن کارآیی مصرف آب در تیمار PE نسبت به تیمارهای دیگر این است که زمان آبیاری به صورت هفتگی ثابت در نظر گرفته شده بود و حجم آبیاری با توجه به تبخیر تجمعی از تشت کلاس A محاسبه می‌شد که بیشتر شرایط آب و هوایی مد نظر بود. نوع خاک در این روش تاثیری بر مقدار و زمان آبیاری نداشت و در شرایطی که دمای هوا زیاد بوده و تبخیر بیشتری صورت گرفته آب بیشتری از گنجایش نگه‌داری آب خاک در ناحیه ریشه گیاه اعمال شده و نفوذ عمقی بوقوع پیوسته و مقداری آب از دسترس گیاه خارج شده باشد و زمانی که گیاه نیاز به آب داشته آب کمتری در دسترس بوده و گیاه با تنش مواجه گردیده است.

نتایج حاصل (اختلاف کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف تعیین زمان آبیاری) با نتایج سایر محققین مبنی بر اختلاف کارآیی مصرف آب بین روش‌های مختلف تعیین زمان آبیاری مطابقت دارد(Camp “et al.,” 1985, Cassel “et al.,” 1985) و (عُنّابی‌میلانی و زمانی، ۱۳۹۳).

جدول۱: جدول میانگین داده‌های نتایج تبخیر-تعرق

t	N	Subset 1	Subset 2
LWP	2	285.4400	
AWD	2	291.7473	
LT	2	297.5517	
SMS	2	339.8067	
PE	2		482.3034
Sig.		.202	1.000

جدول۲: جدول میانگین داده‌های نتایج کارآیی مصرف آب

T	N	Subset 1	Subset 2
LT	3	.54408055	
SMS	3	.57935492	
PE	3	.58401216	
AWD	3		.82335756
LWP	3		.85613492
Sig.		.677	.720

جدول۱: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات اندازه‌گیری شده

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد تر	عملکردخشک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	کارآیی مصرف آب دانه	تبخیر-تعرق
تیمارهای‌آزمایش	۴	۱۴۴۷۵۶۸۷/۳۱۴ **	۵۶۱۱۵۹۹/۷۷۰ **	۳۰۲۹۶۵/۴۳۵ *	۴/۲۰۹ *	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۶۲ *	۱۳۸۳۹/۷۷۹ **
خطای آزمایشی	۱۰	۱۵۴۴۸۷۳/۳۴۸	۸۲۰۵۷۴/۰۴۰	۷۱۶۸۲/۶۸	۰/۹۵۷	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۴۵۴/۹۳۶
ضریب تغییرات(٪)	-	۹/۴۱	۱۱/۶۴	۱۴/۹۳	۳/۱۰	۱۹/۵۴	۱۶/۱۷	۶/۲۴

**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ns: اختلاف غیرمعنی‌دار

منابع

عابدی‌کوپایی، ج.، اسلامیان، س س و امیری، م ج. ۱۳۸۷. مقایسه چهار روش تخمین تبخیر-تعرق سطح مرجع با داده‌های میکرولایسیمتری در منطقه اصفهان. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

علیزاده، ا. ۱۳۹۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا.

عُنّابی‌میلانی، ا و زمانی، ص. ۱۳۹۳. تأثیر روش‌های برنامه‌ریزی آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گندم. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۸، شماره ۳، صفحات ۴۸۹ تا ۵۰۲.

فرشی، ع ا.، خیرابی، ج.، سیادت، ح.، میرلطیفی، م.، دربندی، ص.، سلامت، ع.، انتصاری، م ر و سادات میرئی، م ح. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

Abbaspour K.C., Faramarzi M., Ghasemi S.S. and Yang H. 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water Resources Research, 45(10): 1-16.

Bellvert J., Zarco-Tejada P.J., Girona J. and Fereres E. 2014. Mapping crop water stress index in a 'Pinot-noir' vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle. Precision agriculture, 15(4): 361-376.

Camp CR, Karlen DL and Lambert, 1985. Irrigation scheduling and row configuration for corn in the southeastern coastal plain. Trans. American Society of Agricultural Engineers 28:1159-1165.

Candogan B.K., Shncik M., Buyukcangaz H. and Demirtas C. 2013. Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean *[Glycine max (L.) Merr.]* in sub-humid climatic conditions. Agricultural Water Management, 118: 113– 121.

Cassel DK, Martin CK and Lambert JR, 1985. Corn irrigation scheduling in humid regions on sandy soil with tillage pans. Agronomy Journal 77:851-855.

Doorenbos J and Kassam AH, 1979. Yield Response to Water. Irrigation and drainage paper no. 33, FAO, Room, Italy.

Doorenbos J and Pruitt WO, 1977. Crop Water Requirement. FAO Irrigation and Drainage paper no. 24, FAO, Room, Italy.

Falkenmark M., Lundquist J. and Widstrand C. 1989. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. Natural Resources Forum, 13(4):258-267.

Grimes D. and Yamada H. 1982. Relation of cotton growth and yield to minimum leaf water potential. Crop Science 22(1): 134-139.

Haise H.R. and Hagan R.M. 1967. Soil, plant, and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation. Irrigation of Agricultural Lands, 577-604.

Hillel D. 1990. Role of irrigation in agricultural systems. Agronomy, 30: 5-30.

Kirkham M.B. 2004. Principles of Soil and Plant Water Relations. Elsevier Academic Press, Kansas State University, Manhattan, USA.

Martin E.C. 2009. Methods of measuring for irrigation scheduling-when Arizona Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences, Bulletin AZ.1220, Arizona Water Series No.30

Sojka R.E., Stolzy H.L. and Fischer R.A. 1981. Seasonal drought response of selected wheat cultivars. Agronomy Journal, 73:838-845.

Taylor S.A. and Ashcroft G.L. 1972. Physical Edaphology. The physics of irrigated and nonirrigated soils. Freeman and Company, San Francisco.

Comparing the effect of different irrigation scheduling methods on the evapotranspiration and water use efficiency of safflower

S. Bayramzadeh Kalkhoran, D. Zarehagehi, M. R. Neyshabouri, A. Onnabi Millani
Graduated M.Sc., University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Department of Science and Soil Engineering
Assistant Professor, University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Department of Science and Soil Engineering
Professor, University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Department of Science and Soil Engineering
Assistant Professor, East Azarbaijan Research Center for Agricultural and Natural Resources

Abstract
Irrigation scheduling to determine the timing and amount of irrigation in agricultural farms And One of the important decisions to achieve the optimum result. This research was conducted to evaluate the effect of irrigation timing by various methods on Evapotranspiration and Safflower water use efficiency(WUE) and Determine the appropriate method of irrigation timing In a Complete randomized block design (CRBD) with 5 treatments (include: a) canopy and air temperature difference, b) soil suction 40-50 Kpa measured by tensiometer, c) 40 to 50 percent available water depletion in rooting depth, d) -1250 to -1450 leaf water potential measurement with pressure chamber and e) evaporation cahculated using class A pan evaporation data) and 3 replications. Results indicated that the effect of treatments on wet and dry matter yields, water consumption, water use efficiency(WUE) and evapotranspiration were significant at one percent level. The highest (.856 kg/m^3) water use efficiency and lowest (313.730 mm) evapotranspiration were occured in LWP (irrigation based on leaf water potential).

Keywords: Conopy temperature, Irrigation scheduling, Leaf water potential, Soil water potential,