یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۳۵

عنوان مقاله:

اثرات کاربرد همزمان روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و مدل ET-HS در افزایش WUE در آبیاری برخی محصولات کشاورزی

تألیف:

پیام نجفی[۱]، سیدفرهاد موسوی[۲]، محمدجواد عابدی[۳] و مجید احتشامی[۴]

چکیده

افزایش فاکتورکارآیی مصرف آب (WUE) در آبیاری محصولات کشاورزی خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک حائز اهمیت زیادی است. در این راستا اصلاح روش‌های آبیاری به همراه کاربرد مدل‌های تعیین نیاز آبی گیاهان که برآورد صحیحی از میزان آب مورد نیاز گیاهان و زمان مناسب آبیاری ارائه دهند، در افزایش میزان فاکتور مذکور نقش به سزایی دارند. در این تحقیق، به منظور ارزیابی اثرات استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در شرایط استفاده از مدل نیاز آبی ET-HS، جهار محصول سیب‌زمینی در دو رقم مارفونا و نویتا، گوجه‌فرنگی و بادمجان انتخاب و در قطعات جداگانه با طرح آزمایشی بلوک‌های کاملاً تصادفی کشت گردید. برای هر یک از محصولات فوق تیمارهای زیر منظور شد:

۱- آبیاری قطره‌ای سطحی

۲- آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۱۵ سانتی متر

۳- آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۳۰ سانتی متر

٤- آبیاری سطحی جوی و پشته

در کلیه تیمارهای فوق از مدل نیاز آبی ET-HS استفاده شد و دور و میزان آب آبیاری براساس آن تعیین گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد همزمان آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و مدل

۱ـ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، دانشکده کشاورزی، صندوق پستی ۱۵۸ ـ ۸۱۵۹۵، پست الکترونیک: p_najafi@khuisf.ac.ir

۲ـ استاد دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه آبیاری

۳ـ استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده کشاورزی، گروه آبیاری

۴ـ استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده عمران

ET-HS در محصولات مورد مطالعه منجر به افزایش قابل توجه کارآیی مصرف آب شده، به طوری که براساس آزمون دانکن در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار بین این تیمار با سایر تیمارها به وجود آمده است.

مقدمه

در شرایطی که کشور به شدت از لحاظ کمبود منابع آب شیرین رنج می‌برد و در درازمدت مسئله بحران منابع آب به صورت یک مسئله جدی مطرح است، توجه به افزایش راندامان کارآیی مصرف آب و ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. در این شرایط، ارتقاء سیستم‌های آبیاری و اصلاح روش‌های ارزیابی آب مورد نیاز گیاه دو راهکاری است که در نیل به این مقصود راهگشاست.

آبیاری قطره‌ای زیر سطحی[1] (SDI) از جمله روش‌های آبیاری است که در دهه اخیر، در نقاط مختلف دنیا گسترش یافته است. این روش اولین بار در سال ١٩٥٩ در کالیفرنیا مطرح شد و به تدریج با بهبود مصالح روش آبیاری قطره‌ای، این روش نیز توسعه یافت، به طوریکه در سال‌های اخیر با توجه به مطرح شدن مسائل زیست محیطی و بحث استفاده مجدد از پساب فاضلاب، مقالات و گزارشات تحقیقی متعددی در ارتباط با کاربرد آن و اثرات آن در شرایط کاربرد منابع غیر متعارف آب در آبیاری ارائه گردید (Camp et al. 2000).

در ارتباط اثرات سیستم SDI در عملکرد محصولات کشاورزی مطالعات مختلفی انجام شده است. از جمله فن[2] و همکاران (١٩٩٢) دریافتند که کاربرد روش SDI در بهبود عملکرد محصول ذرت در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری مؤثر است. همچنین هاتمچر[3] و همکاران (١٩٩٢) روش SDI در عمق ٤٠ سانتی متری را با روش آبیاری فارو برای آبیاری گیاه یونجه مقایسه نمودند و نتیجه گیری کردند که در روش SDI عملکرد محصول ٢٠ درصد افزایش می‌یابد و در عین حال در روش SDI میزان آب مصرفی ٩٤ درصد روش آبیاری فارو بوده است.

همچنین ارون[4] و همکاران (١٩٩٩) کاهش تبخیر، کاهش رواناب سطحی، کاهش نفوذ عمقی، کنترل بهتر علف‌های هرز، افزایش راندمان علف‌کش‌ها و در نتیجه کاهش آلودگی منابع خاک و آب، کاهش آلودگی شاخ و برگ و محصول کشت شده در شرایط استفاده از منابع غیر متعارف آب، کاهش تماس مستقیم عموم و کارگران با آب آلوده، امکان طراحی در سطح ایستابی بالا، خاک سنگین، منطقهٔ پرشیب و بادخیز و کنترل بهتر سیستم آبیاری را مزایای خاص روش SDI بیان می‌دارد.

برای تعیین میزان نیاز آبی گیاه تاکنون روش‌ها و مدل‌های متعددی ارائه شده است که از جمله نجفی (١٣٨١) مدل ET-HS را ارائه نموده است. در این مدل بر مبنای شرایط رشد گیاه و درجه حرارت حداقل و حداکثر، میزان آب مورد نیاز و زمان آبیاری مشخص می‌شود. این مدل به روش هارگریوز – سامانی که

1- Subsurface Drip Irrigation
2- Phene
3- Hutmacher
4- Oron

توسط نجفی و همکاران (۱۳۷۸) برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران اصلاح شده است و به ضرایب شوری، رطوبتی، تبخیر سطحی و ضریب گیاهی که به طور روزانه با توجه به شرایط گیاه تعیین می‌شود، متکی است. بررسی‌ها نشان داده است که نتایج حاصل از این مدل برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران از دقت بالاتری نسبت به روش CropWat برخوردار است (Najafi and Mousavi, 2002). به علاوه نتایج بررسی‌های نجفی (۱۳۸۱) نشان می‌دهد که کار آیی مصرف آب در شرایط مدل ET-HS در گیاه گندم بیشتر شرایط متعارف است.

وسایل و روش‌ها

منطقه اصفهان دارای اقلیم خشک با دوره خشکی نسبتاً طولانی است و در تابستان فاقد بارندگی می‌باشد. متوسط بارندگی منطقه در سال‌های ۱۳۷۷ - ۱۳٦۷، ۱۳۱ میلیمتر و متوسط درجه حرارت حداقل و حداکثر به ترتیب ۲۳/۱ و ۹/۵ درجه سانتی گراد می‌باشد. به منظور اجرای تحقیق، مزرعه‌ای آزمایشی در جنوب شرقی شهرستان اصفهان انتخاب شد. بافت خاک مزرعه انتخابی تا عمق ۳۰ سانتیمتر لوم و از ۳۰ تا ۹۰ سانتیمتر لوم شنی بوده است. به منظور ارزیابی اثرات استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در شرایط استفاده از مدل نیاز آبی ET-HS، در سال‌های زراعی ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ چهار محصول سیب‌زمینی در دو رقم مارفونا و نویتا، گوجه‌فرنگی و بادمجان انتخاب و در قطعات جداگانه با آزمایش بلوک‌های کاملاً تصادفی کشت گردید. برای هریک از محصولات فوق تیمارهای زیر منظور شد:

۱- آبیاری قطره‌ای سطحی
۲- آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۱۵ سانتی متر
۳- آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۳۰ سانتی متر
٤- آبیاری سطحی جوی و پشته

در کلیه تیمارهای فوق از مدل نیاز آبی ET-HS استفاده شد و دور و میزان آب آبیاری براساس آن تعیین گردید. در این مدل میزان آب سهل الوصول در روز jام دوره رشد از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$RAW_{(i,j)} = \frac{1000 MAD_{(i,j)} (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) Z_{(i,j)}}{4 WU_{cq}} \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda \quad (1)$$

که در آن

MAD حداکثر تخلیه مجاز که در مدل براساس نوع گیاه و تبخیر و تعرق پتانسیل آن روز تعیین می‌شود.

$\theta_{FC} - \theta_{PWP}$ کل آب قابل استفاده بر حسب نسبت

Z عمق توسعه ریشه بر حسب متر

WU_{cq} ضریب جذب آب در عمق بحرانی بر حسب نسبت

i روز iام بعد از آبیاری

j روز jام دوره رشد

در این مدل آبیاری زمانی انجام می‌شود که مجموع تبخیر و تعرق واقعی گیاه از روز انجام آبیاری قبلی تا روز iام بعد از آبیاری $\left(\sum_{1}^{i} ETc_{(i,j)}\right)$ مساوی یا کمتر از $RAW_{(I,j)}$ باشد. تبخیر و تعرق واقعی گیاه در روز iام بعد از آبیاری و در روز jام دوره رشد از رابطه زیر تعیین شده است:

$$ETc_{(i,j)} = (Ks_{(i,j)} \times Km_{(i,j)} \times Kcb_{(i,j)} + \frac{Es}{q} \times Ke_{(i,j)}) \times ET0_{(i,j)} \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (2)$$

که در آن

$Ks_{(i,j)}$ ضریب شوری

$Km_{(I,j)}$ ضریب رطوبتی

$Kcb_{(i,j)}$ ضریب گیاهی در روز jام دوره رشد

$\frac{Es}{q}$ نسبت تبخیر سطحی به ارتفاع آبدهی

$Ke_{(I,j)}$ ضریب تبخیر سطحی

$ET0_{(I,j)}$ تبخیر و تعرق پتاسیل در روز jام دوره رشد

روشن است که هر چه از روز اول آبیاری فاصله گرفته می‌شود شوری عصاره خاک افزایش می‌یابد و در نتیجه تبخیر و تعرق گیاه کاهش پیدا می‌کند. بر این اساس ضریب شوری از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Ks_{(i,j)} = 1 - \frac{b}{100Ky} \times (\frac{1000 * \theta_{FC} * Z_j}{1000 * \theta_{FC} * Z_j - Dr_i} \times ECe_j - ECet) \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (3)$$

که در آن

b درصد کاهش محصول به ازا، یک واحد شوری

Ky ضریب عکس‌العمل گیاه نسبت به شوری

ECe شوری عصاره اشباع خاک که در هر بار آبیاری براساس میزان شوری آب آبیاری و برخه آبشویی در عمق توسعه ریشه تعیین می‌شود.

ECet حد آستانه شوری براساس نوع گیاه، حد آستانه شوری آب آبیاری برای تولید حداکثر محصول و برخه آبشویی از رابطه FAO (Ayers and Westcot, 1985).

Dr_i نقصان رطوبتی خاک در روز iام بعد از آبیاری که از بیلان رطوبت خاک از طریق نقصان رطوبتی روز i-1 (Dr_{i-1})، بارندگی مؤثر (P-RO)، آبیاری(I)، موئینگی (CR)، تبخیر و تعرق گیاه (ETc) و میزان نفوذ عمقی (DP) به صورت رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Dr_{(i,j)} = Dr_{(i-1,j)} - (P - RO)_{(i,j)} - I_{(i,j)} - CR_{(i,j)} - ETc_{(i,j)} + DP_{(i,j)} \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (4)$$

ضریب رطوبتی خاک براساس توصیه آلن[1] و همکاران (۱۹۹۸) از رابطه زیر تعیین می‌شود:

1- Allen

$$Ks_{(i,j)} = \frac{TAW_{(i,j)} - Dr_{(i,j)}}{RAW_{(i,j)}} \Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\ (5)$$

که در آن $TAW_{(i,j)}$ کل آب قابل استفاده خاک براساس عمق توسعه ریشه در روز iام آبیاری وروز jام دوره رشد

نمودار ضریب گیاهی در طول دوره رشد با استفاده از ضرایب گیاهی اولیه، میانی و نهایی براساس مقادیر ارائه شده در جداول FAO شماره ۵۸ ترسیم می‌شود. مقادیر موجود در نمودار براساس طول گیاه در روز jام دوره رشد h_j، سرعت متوسط باد در ارتفاع ۲ متری (U2) و رطوبت نسبی حداقل (RHmin) براساس آمار بلند مدت منطقه اصفهان در روز منطبق با روز jام دوره رشد از طریق رابطه زیر اصلاح می‌شود:

$$Kcb_j = Kcbc_j + (0.04(U2_j - 2) - 0.004(RH\min_j - 45))(\frac{h_j}{3})^{0.3} \Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\ (6)$$

همچنین نسبت تبخیر سطحی به ارتفاع آبدهی براساس رابطه فیلیپ (۱۹۹۱) در شرایطی که منشا، آبدهی زیر سطح زمین باشد، از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{Es}{q} = EXP(-d\alpha) \Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\ (7)$$

که در آن d عمق نصب ریریپر برحسب سانتیمتر و α پارامتر ثابت براساس بافت خاک که در خاک لومی 3.4×10^{-2} بر آورد شده است (Dasberg and Or, 1999).

ضریب تبخیر سطحی (Ke) براساس رابطه آلن و همکاران (۱۹۹۸) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Ke_{(i,j)} = \min\{Kr_{(i,j)}(Kcb\max_{(i,j)} - Kcb_{(i,j)}), few_{(i,j)} Kcb\max_{(i,j)}\} - \Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\ (8)$$

که در آن Kcbmax در روز jام دوره رشد از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Kcb\max_j = \max\left\{\left(1.2 + \left(0.04(U2_j - 2) - 0.004(RH\min_j - 45)\right)\left(\frac{h_j}{3}\right)^{0.3}\right), \left(Kcb_j + 0.05\right)\right\} \Lambda\ (9)$$

همچنین few محیط خیس شده سطح زمین را که در معرض تبخیر نیست را در روز jام دوره رشد نشان می‌دهد و رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$few_j = \min\left\{\left(1 - \left(\frac{Kcb_j - Kcb\min}{Kcb\max_j - Kcb\min}\right)^{(1+0.5hj)}\right), fw\right\} \Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\,\Lambda\ (10)$$

که در آن Kcbmin حداقل ضریب گیاهی در طول دوره رشد و fw نسبت سطح خیش شده که بستگی به روش آبیاری دارد.

اما Kr (که در رابطه ۸ به آن نیاز است) در طی روزهای بعد از آبیاری به تدریج افزایش می‌یابد تا نهایتاً به عدد یک می‌رسد و آن زمانی است که میزان تخلیه رطوبت در خاک سطحی (De) در روز i-1 از رطوبت سهل الوصول در معرض تبخیر خاک سطحی (REW) بیشتر شود. در غیر این صورت Kr در روز iام بعد از آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Kr_i = \frac{TEW - De_{i-1}}{TEW - REW} \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (11)$$

که در آن TEW کل رطوبت در معرض تبخیر خاک سطحی و REW رطوبت سهل الوصول خاک سطحی و De میزان تخلیه رطوبت از خاک سطحی که برای روز iام بعد از آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$De_i = De_{i-1} - (P - RO)_i - \frac{I_i}{fw} + \frac{Es_i}{few_i} + DP_i \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (12)$$

که در رابطه فوق تبخیر سطحی در روز iام از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Es_i = Ke_i \times ET0_i \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (13)$$

در این مدل تبخیر و تعرق براساس رابطه اصلاح شده هارگریوز و سامانی توسط نجفی و همکاران (۱۳۷۸) برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران به صورت روزانه از طریق ورود روزانه درجه حرارت حداکثر و درجه حرارت حداقل براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ET0 = a(T\max - T\min)^{0.5}(\frac{T\max - T\min}{2} + 17.8) \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ \Lambda\ (14)$$

در رابطه فوق a ضریب ثابتی است که براساس عرض جغرافیایی منطقه، متوسط ساعت روشنایی هر ماه و اختلاف حداکثر و حداقل متوسط دما در هر ماه براساس آمار بلند مدت تعیین و در رابطه برای آن منطقه منظور می‌شود (نجفی و همکاران، ۱۳۷۸).

در نهایت با وارد کردن اطلاعات اولیه مربوط به منطقه و شرایط گیاه، مدل تنها با وارد نمودن روزانه درجه حرارت حداقل و حداکثر برنامه آبیاری را مشخص می‌نماید. بر این اساس، مدل برای چهار گیاه مورد مطالعه و منطقه مذکور کالیبره شده و در طول مدت آبیاری با نصب یک عدد دماسنج حداقل و حداکثر در محل تحقیق مدل اعمال گردید.

بحث

پس از اعمال تیمارهای آبیاری، در زمان برداشت، عملکرد هر یک از تیمارهای مورد مطالعه تعیین و به تن در هکتار تبدیل شد. جدول ۱ میانگین عملکرد این تیمارها را نشان می‌دهد. همچنین در این جدول نتایج حاصل از طریق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد بطور جداگانه برای هر یک از محصولات، مورد مقایسه قرار گرفته است. براساس این جدول، در محصول سیب‌زمینی رقم مارفونا بیشترین عملکرد به ترتیب

مربوط به تیمارهای دوم و چهارم بوده است و به لحاظ آزمون دانکن این دو با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان نداده اند. در سطح بعدی تیمار اول قرار دارد و پایین‌ترین سطح عملکرد در تیمار سوم مشاهده می‌شود. پایین بودن عملکرد در تیمار سوم یا تیمار آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۳۰ سانتیمتر در واقع به دلیل تامین نشدن رطوبت کافی در محیط ریشه بخصوص در اوایل رشد گیاه می‌باشد. در واقع اعمال همزمان مدل ET-HS و نصب دیریپرها در عمق ۳۰ سانتیمتر منجر به تنش رطوبتی در سطح خاک گردیده و در کاهش شدید عملکرد محصول مؤثر بوده است. بدیهی جبران نقصان پیاز رطوبتی از طریق افزایش فشار سیستم یا افزایش مدت زمان آبیاری امکان‌پذیر است ولی منجر کاهش کارآیی مصرف آب و راندمان آبیاری می‌شود. در مقابل گیاه به نصب دیریپرها در عمق ۱۵ سانتیمتر عکس‌العمل بسیار مثبتی نشان داده است به نحوی که بیشترین عملکرد به لحاظ مقدار در این تیمار مشاهده می‌شود. این تیمار هر چند با تیمار آبیاری جوی و پشته اختلاف معنی‌داری به لحاظ عملکرد ندارد ولی با تیمار اول یا تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی اختلاف معنی‌دار است.

در محصول سیب‌زمینی رقم نویتا تقریباً همین روند با شدت بیشتری تکرار شده است. براساس جدول ۱ مشابه رقم مارفونا، بالاترین عملکرد در تیمار دوم مشاهده شده است ولی این بار این تیمار حتی با تیمار آبیاری جوی و پشته نیز اختلاف معنی‌دار دارد. در واقع رقم نویتا هر چند رقم کم محصولی است ولی تامین شدن رطوبت مناسب در منطقه توسعه ریشه منجر به افزایش ابعاد غده‌های محصول شده و عملکرد محصول را در مقایسه با سایر تیمارها به شدت افزایش داده است. در این گیاه، تیمار چهارم با اختلاف نسبتاً زیاد با تیمار آبیاری دوم، در سطح دوم قرار دارد ولی به لحاظ آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی یا تیمار اول نشان نداده است. در این حالت نیز پایین‌ترین عملکرد در تیمار سوم مشاهده می‌شود.

در محصول گوجه‌فرنگی عملکرد تیمارهای اول و دوم با اختلاف کمی از یکدیگر در بالاترین سطح قرار دارند و این مطلب نشان‌دهنده اثرات یکسان نصب دیریپر در اعماق ۰ و ۱۵ سانتی متر در شرایط اعمال مدل ET-HS بر روی عملکرد محصول است. همچنین این دو تیمار با تیمار آبیاری جوی و پشته اختلاف معنی‌دار نشان نداده‌اند. در این محصول نیز تیمار سوم پایین‌ترین عملکرد را دارد ولی با این تفاوت که در این محصول تیمار سوم با تیمار چهارم اختلاف معنی‌دار ندارد و این بدان علت است که در این تیمار، گیاه به صورت نشا، کشت گردیده و اثرات نقصان پیاز رطوبتی در ابتدای دوره رشد کمتر بوده است.

در گیاه بادمجان شرایط اندکی با روند عملکرد محصول در گیاه گوجه‌فرنگی تفاوت دارد به طوریکه عملکرد تیمار آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۱۵ سانتیمتر به لحاظ عددی بالاتر از عملکرد تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی است و همچنین این دو تیمار با تیمار آبیاری جوی و پشته اختلاف معنی‌دار دارند. در این محصول نیز مشابه سه محصول قبل، عملکرد تیمار آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۳۰ سانتیمتر کمترین میزان است.

جدول ۱- میانگین عملکرد محصولات مورد مطالعه و مقایسه آن به روش دانکن

محصول	T1	T2	T3	T4
سیب‌زمینی (مارفونا)	28.1(b)	46.1(a)	7.4(c)	45.1(a)
سیب‌زمینی (نویتا)	8.1(bc)	22.6(a)	5.5(c)	11.6(b)
گوجه‌فرنگی	52.8(a)	52.4(a)	37.4(b)	44.1(ab)
بادمجان	41.3(ab)	46.4(a)	25.4(c)	37.1(b)

با توجه به نوع تیمار آبیاری اعمال شده میزان آب مصرفی در هر تیمار براساس مدل تعیین و در طول تحقیق به محصولات اعمال گردید. لذا براساس کل آب مصرفی در هر تیمار و عملکرد نهایی محصولات مورد مطالعه، میزان WUE محاسبه شد. جدول ۲ میانگین مقادیر WUE را برای هر چهار محصول مورد مطالعه نشان می‌دهد.

براساس نتایج این جدول، در کلیه محصولات مورد مطالعه، تیمار دوم بالاترین میزان کارآیی مصرف آب را در مقایسه با سایر تیمارها داشته، به طوریکه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داده شده است. این بدان معنی است که تیمار آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۱۵ سانتی به لحاظ پارامتر WUE نسبت به سایر تیمارها برتری مطلق نشان داده است. این افزایش ضمن آنکه با عملکرد بالا در این تیمار ارتباط دارد، به شرایط مطلوب پیاز رطوبتی در عمق توسعه ریشه و کاهش قابل توجه تبخیر سطحی مرتبط است. همین جدول نشان می‌دهد که در تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی هرچند به لحاظ عملکردی در شرایط مطلوبی بوده، ولی از آنجایی که عمق پیاز رطوبتی کمتر و تبخیر سطحی بیشتر از تیمار دوم بوده است، به لحاظ مقدار WUE کمتر از تیمار دوم و به جز تیمار گوجه‌فرنگی در سایر محصولات با آبیاری جوی و پشته اختلاف معنی‌دار نشان نداده است.

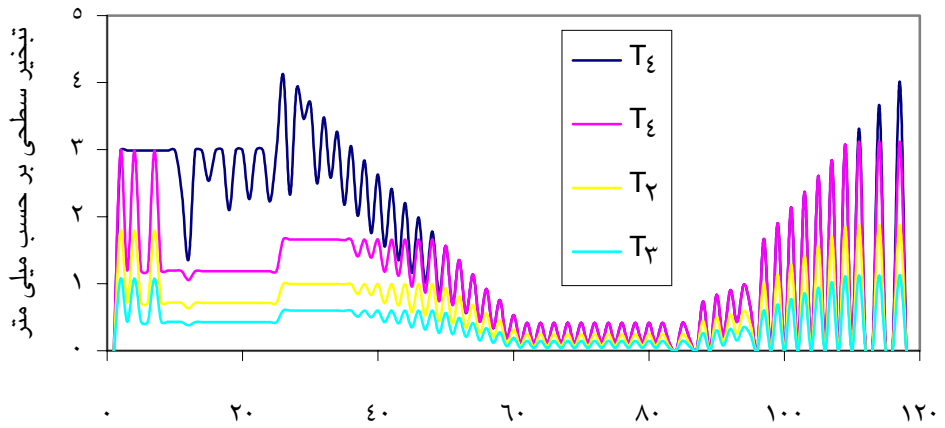
جدول ۲- میانگین میزان WUE در محصولات مورد مطالعه و مقایسه آن به روش دانکن

محصول	T1	T2	T3	T4
سیب‌زمینی (مارفونا)	4.79(b)	7.84(a)	1.26(c)	5.30(b)
سیب‌زمینی (نویتا)	1.37(b)	3.84(a)	1.01(b)	1.36(b)
گوجه‌فرنگی	10.70(b)	13.15(a)	10.64(b)	6.51(c)
بادمجان	8.38(b)	11.64(a)	7.23(bc)	5.38(b)

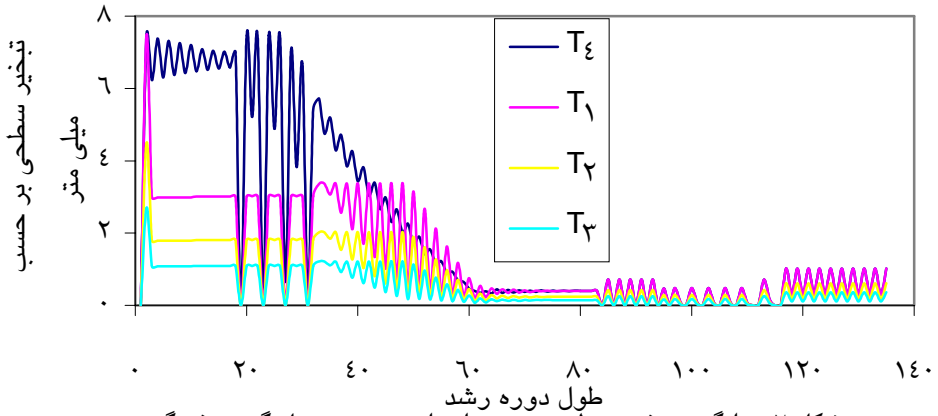
شکل‌های ۱ و ۲ میانگین تبخیر سطحی را در طول دوره رشد محصولات مورد مطالعه به صورت دیاگرام نشان می‌دهد. شکل ۱ نشان می‌دهد که در دو رقم محصول سیب‌زمینی در ابتدای دوره رشد تبخیر سطحی تیمار جوی و پشته خصوصاً در مواقع آبیاری در بالاترین سطح قرار گرفته است. در همین دوره از رشد گیاه، تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی در سطح بعدی قرار گرفته و به تدریج با افزایش عمق نصب دیریپرها

میزان تبخیر سطحی کاهش یافته است. در اواسط دوره رشد به واسطه تکامل رشد رویشی و وجود حداکثر سطح سایه اندازی اختلاف بین تیمارها از لحاظ تبخیر سطحی کاهش می‌یابد و مجدداً در دوره رسیدگی گیاه و دورانی که پوشش سبز رو به زردی می‌گراید، میزان تبخیر سطحی مجدداً مشابه دوره ابتدای رشد و توسعه گیاه افزایش می‌یابد.

در شکل ۲ روندی شبیه شکل ۱ دارد با این تفاوت که میزان تبخیر سطحی نسبت به محصول سیب‌زمینی به علت فصل تابستان بیشتر است. این پدیده باعث شده که حجم آب صرفه جویی شده در شرایط کاربرد آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در ابتدای رشد گیاه بیشتر باشد و این صرفه جویی در بهبود WUE محصولات گوجه‌فرنگی و بادمجان مشهود است. همچنین در انتهای رشد نیز با توجه به شرایط دوره رسیدگی این دو محصول اختلاف تبخیر سطحی به شدت سیب‌زمینی نیست. در واقع این شکل نشان می‌دهد که عمده‌ترین اختلاف در تبخیر سطحی در دو محصول اخیر، در ۵۰ روز ابتدای رشد گیاه رخ داده است.



شکل ۱- میانگین تبخیر سطحی در تیمارهای محصول سیب زمینی طول دوره رشد



شکل ۲. میانگین تبخیر سطحی در تیمارهای دو محصول گوجه فرنگی و بادمجان در طول دوره رشد

نتیجه گیری

اصلاح شیوه‌های ارزیابی برنامه آبیاری و بهبود سیستم‌های آبیاری، دو محوری است که در ارتقا، کارآیی مصرف آب در کشاورزی تاثیر به سزایی دارد. در این تحقیق چندین روش آبیاری در شرایط کاربرد مدل ET-HS با هم مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که برای سیب‌زمینی ارقام مافونا و نویتا، گوجه‌فرنگی و بادمجان کاربرد همزمان مدل مذکور و روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۱۵ سانتی متر منجر به افزایش معنی‌دار کار آیی مصرف آب (WUE) شده است. این افزایش با توجه به کاهش قابل توجه تبخیر سطحی در شرایط کاربرد آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با آبیاری جوی و پشته و آبیاری قطره‌ای سطحی و همچنین تزریق رطوبت در محل عمق توسعه ریشه و هماهنگی مناسب اعمال مدل و روش مذکور رخ داده است.

براساس نتایج این تحقیق، توصیه می‌شود که با توجه به مصرف نسبتاً بالای آب در محصولات مورد مطالعه و همچنین ارزش اقتصادی آن و مشکلات ناشی از کمبود آب، اقدامات لازم در جهت اجرایی کردن روش آبیاری قطره ای زیر سطحی در کنار کاربرد مدل ET-HS که به حداقل اطلاعات اقلیمی نیاز دارد انجام شده و برای مناطق مختلف گسترش یابد.

منابع

۱- نجفی، پ.، احتشامی، م. و م. ستار. ۱۳۷۸. مدل ارزیابی تبخیر و تعرق در مناطق خشک و نیمه خشک ایران با استفاده از پارامتر درجه حرارت. مجموعه مقالات هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۰ تا ۱۲ اسفند ۱۳۷۸، دانشگاه باهنر کرمان، از صفحه ۲۳۹ تا ۲۴۷.

۲- نجفی، پ. ۱۳۸۱. بررسی مدل بهره‌برداری بهینه از پساب فاضلاب شهری در آبیاری محصولات کشاورزی. رساله دکتری در رشته آبیاری و زهکشی، علوم و تحقیقات، اردیبهشت ۱۳۸۱.

3- Allen R. G., Pereira L. S., Rase D. and Smith. 1998. Crop evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage paper, No. 56.

4- Ayers R. S. and D. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO, Irrigation and Drainage paper 29 Rev. 1, 174 p.

5- Camp C. R., Lamm F. R., Evans R. G. and C. J. Phene. 2000**.** Subsurface drip irrigation – Past, Present and Future. Proceeding of the 4th Decennial National Irrigation Symposium, Nov. 14-16, 2000, Phoeoix AZ, 363-372.

6- Dasberg L. D. and D. Or. 1999. Drip irrigation. Springer-verlag Berlin Heidelberg. 159 p.

7- Phene C. J., Hutmacher R. B., Ayars J. E. Davis K. R., Mead R. M. and R. A. Schoneman. 1992. Maximum water use efficiency with subsurface drip irrigation. International Summer Meeting of the American Society of Agriculture Engineers, Paper No. 922090.

8- Hutmacher R. B., Phene C. J., Mead R. M., Shouse P., Clark D., Vail S. S., Swain R., Peters M. S., Hawk C. A., Kershaw D., Donovan T., Jobes J. and J. Fargerlund. 1992. Subsurface drip of alfalfa in Imperial Valley. Proceeding of the 22nd California / Arizona Alfalfa Symposium, pp 20-32.

9- Najafi, P. and S. F. Mousavi. 2002. Assessment of CropWat and ET-HS models for estimating reference Et in arid and semi-arid regions of Iran. Proceeding of 18th congress of Irrigation and Drrainage, 21-28 July 2002, Montreal, Canada:36-48.

10- Oron G. D., Campos C., Gillerman L. and M. Salgot. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management, 38: 223-234.

11- Philip J. R. 1991. Upper bounds on evaporation losses from buried sources. Soil Science Society of American Journal, No. 558:1516-1520.

Effects of using sub-surface drip irrigation and ET-HS model to increasing WUE in irrigation of some crops

P. Najafi[1], S. F. Mousavi[2], M. J. Abedi[3] and M. Ehteshami[4]

Abstract

Increasing of Water Use Efficiency (WUE) is a fundamental remedy to food production under conditions of water scarcity. The aim of this study was to evaluate the potential for water saving and yield improvements with use of ET-HS model and subsurface drip irrigation. For this purpose, four irrigation treatments were installed in a silty loam soil at an experimental farm near Isfahan city of Iran in 2000 and 2001. The treatments were as follows:

1. Surface drip irrigation (DI)
2. Sub surface drip irrigation in 15 cm depth (SDI15)
3. Sub surface drip irrigation in 30 cm depth (SDI30)
4. Furrow irrigation (FI)

These treatments were repeated for potato in two genus of Marfona and Navita (which they are ordinary genus potato in Isfahan region), tomato and eggplant. In this research, a randomized complete block design of three replications was employed for each crop. Also, in all of these treatments, crops water requirement and time irrigation scheduling were determined by ET-HS model. For this purpose, maximum and minimum temperature were measured daily and filled in the model.

Based on the results of this research, SDI15 has the most efficient use of water in the production and it is substantially different from other treatments, which were about 7.84, 3.84, 13.15 and 11.64 kg/m^3 in Marfona, Navita, tomato and eggplant respectively. Also, results show that the highest yield was obtained from SDI15 in Marfona, Navita and eggplant and from DI and SDI15 in tomato. A part of this increasing yield in SDI15 was related to better soil moisture in the root zone, less water runoff and less surface evaporation. Additionally, the results showed high reduction surface evaporation was obtained in SDI treatments. Finally, it can be concluded that the subsurface drip irrigation, with drippers installed at a depth of 15cm, and implementation of ET-HS model for estimating irrigation scheduling, is the best condition for Moefona, Navita, tomato and eggplant.

Key Words: subsurface drip irrigation, ET- HS model, potato, tomato, eggplant, water use efficiency

1- College of Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Campus, Isfahan, 81595-158 IRAN. E-mail: p_najafi@khuisf.ac.ir
2- College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan
3- College of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research Campus, Tehran
4- College of Civil, Ghajenasir University of Technology, Tehran