نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره6، جلد9، بهمن - اسفند 1394، ص. 926-918

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 9, Feb.-Mar. 2016, p. 918-926

تعیین عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری برای تولید مرکبات در مناطق مرطوب ایران

هرمز عبادی[1*]، محمود رائینی سرجاز[2] و محمدعلی غلامی سفیدکوهی[3]

تاریخ دریافت:1394/6/8 تاریخ پذیرش: 1394/11/21

چکیده

برای بهره‌برداری بهینه از منابع آب و پایداری تولید مرکبات در شمال ایران لازم است کم‌آبیاری با ملاحظات اقتصادی همراه باشد. هدف این پژوهش تعیین عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری برای کسب درآمد خالص بیشینه در شرایط محدودیت زمین و آب بود. بدین منظور آزمایشی روی پرتقال تامسون ناول با پایه فلائینگ دراگون و تحت آبیاری قطره‌ای در رامسر انجام شد. تیمارها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی پنج سطح آبیاری 40، 60، 80، 100 و 120 درصد نیاز آبیاری بود. عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری با استفاده از روش انگلیش تعیین شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اختلاف عملکرد درختان در بین سطوح آبیاری 80، 100 و 120 درصد و نیز بین 60 و 80 درصد معنی‌دار نیست. روابط بین عملکرد و هزینه با آب مصرفی به ترتیب توابع چند جمله‌ای درجه دوم و خطی به‌دست آمد. عمق آب آبیاری در حالات عملکرد بیشینه (199/8میلی‌متر) تفاوت کمی (یک درصد) با عمق آب در حالت محدودیت زمین داشت و به‌همین دلیل بیش‌ترین درآمد خالص در واحد سطح که از این‌دو عمق بدست آمد، تفاوت کمی با هم داشتند. با کاربرد عمق آب در حالت محدودیت آب (127/1 میلی‌متر) مصرف آب 36 درصد کاهش یافت و در نتیجه بهره‌وری آب (19/2 کیلوگرم بر مترمکعب) 41/8 درصد و درآمد خالص به‌ازای واحد حجم آب 23 درصد افزایش یافت. هم‌چنین با این مقدار آب می‌توان 57 درصد سطح زیر کشت را افزایش داد. بنابراین در شرایطی که زمین مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید مرکبات است و هیچ‌گونه محدودیت کیفی و کمی منابع آب وجود ندارد، مناسب‌ترین عمق آب آبیاری از نظر اقتصادی 198 میلی‌متر و در شرایط محدودیت منابع آب 127 میلی‌متر است.

واژه‌های کلیدی : بهره‌وری آب، تابع تولید، کم‌آبیاری

مقدمه

کمبود منابع آبی فقط مربوط به مناطق خشک و مستعد خشکسالی نیست بلکه در مناطق پرباران نیز وجود دارد (Pereira et al., 2002). مازندران با سطح زیرکشت 112 هزار هکتار و تولید یک میلیون و 914 هزار تن، نزدیک به نیمی از تولید مرکبات ایران را داراست (وزارت جهاد کشاورزی، 1393). بالابودن بارش سالانه در این منطقه چنین وانمود می‌کند که باغ‌های مرکبات آن نیاز به آبیاری ندارند ولی پراکنش زمانی بارش به‌گونه‌ای است که تنها حداکثر 35 درصد آن در فصل تشکیل و رشد میوه رخ می‌دهد. این میزان بارش به استناد سند ملی آب کشور برای تأمین نیاز آبی درختان مرکبات کافی نیست و باغ‌ها برای داشتن عملکرد اقتصادی نیاز به آبیاری دارند. زیرا مرکبات در برخی از دوره رشد، به‌ویژه مراحل گلدهی و تشکیل میوه، به کم‌آبی حساس‌اند (Castel and Ginestar, 1996; Doorenbos and Kassam., 1979). هم‌چنین بدلیل توزیع نامناسب مکانی منابع آب، ذخیره، تأمین و انتقال آب برای بسیاری از باغداران منطقه مذکور پرهزینه و غیرقابل اجرا است. در اقلیم مرطوب اروگوئه با 1150 میلی‌متر بارش سالانه، آبیاری درختان پرتقال والنسیا و واشنگتن ناول و لیموترش، سبب افزایش عملکرد به‌ترتیب 41، 20 و 29 درصد، در مقایسه با درختان بدون آبیاری شد (Petillo., 1995). یافته‌های برخی محققان بیانگر آن است که کم‌آبیاری تنظیم‌شده روی درختان پرتقال ناول (Goldhamer and Salinas., 2000)، نارنگی با پایه کلئوپاترا (Sánchez et al., 2004) و لیموی فینو (Domingo et al., 1996) سبب کاهش معنی‌دار در عملکرد نشده است. بطور کلی تفاوت در مواد آزمایشی (رقم و پایه مرکبات)، شرایط زمانی و مکانی آب و هوایی، خصوصیات خاک و مدیریت در پژوهش‌های باغی سبب بروز نتایج متنوع و یا متفاوت در زمینه کم‌آبیاری مرکبات خواهد شد. برای مثال در آزمایشی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد نارنگی روی پایه کاریزو در یکی از سال‌ها معنی‌دار شده ولی روی پایه کلئوپاترا در همه سال‌ها معنی‌دار نشده است

1- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و مربی موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران
2 و 3 – به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
(* -نویسنده مسئول: (Email: hormozebadi@yahoo.com

(Sánchez et al., 2004). هم‌چنین روشن است که در بررسی پیشینه پژوهش‌های کم‌آبیاری توجه به میزان کم‌آبیاری یا مقدار صرفه‌جویی در مصرف آب مهم است. کم‌آبیاری با کاهش مصرف آب به میزان کم‌تر از20 درصد غالباً سبب کاهش معنی‌دار عملکرد نشده است (Sepaskhah and Kashefipour., 1994; Ballester et al., 2011; Castel and Ginestar., 1996) ولیکن کم‌آبیاری در سطوح بیش از 20 درصد نتایج متفاوتی بسته به شرایط آزمایش داشته است. به عنوان مثال کم آبیاری درسطح 40 درصد (40 درصد صرفه‌جویی آب) سبب کاهش معنی‌دار عملکرد پرتقال سالوستیانا شده (Castel and Buj., 1990) ولی در سطح 50 درصد سبب کاهش معنی دار عملکرد نارنگی کلمانتین نشده است (Castel and Ginestar., 1996).

تابع عملکرد - آب مصرفی در مرکبات معمولاً از نوع درجه دوم گزارش شده است (Sepaskhah and Kashefipour., 1994; Hughes., Capra et al., 2011; Shalhevet et al., 1985; 2011; Germanà et al., 1985). برخلاف این یافته‌ها، در پژوهش (Castel and Ginestar., 1996) با افزایش مقدار آبیاری از 50 تا 140 درصدِ تبخیر و تعرق عملکرد درختان نارنگی کلمانتین افزایش یافت، ولی این روند به‌صورت خطی یا منحنی‌های درجه دوم و سوم معنی‌دار نشد. بیشینه‌ی عملکرد مطالعه شده در پژوهش (Hughes., 2011) و (Capra et al., 2011) به‌ترتیب حدود 32 و 30 تن بر هکتار بود و در محدوده عملکرد تا کم‌تر از این مقادیر، عملکرد به‌ازای آب مصرفی روند افزایشی داشت. بیشینه‌ی عملکرد لیموشیرین در جهرم (استان فارس) با آبیاری به میزان 75 درصد تبخیر از تشتک (Sepaskhah and Kashefipour., 1994) و در درختان نارنج با آبیاری80 درصد تبخیر از تشتک همراه با مالچ‌پاشی (Mathew and Ghosh., 2004) به‌دست آمد. بیش آبیاری (125درصد نیاز آبی گیاه) در درختان لیمو باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد سال آخر آزمایش شد (Sánchez et al., 2003).

امکان‌سنجی اقتصادی اجرای کم‌آبیاری مرکبات براساس داده‌های به‌دست آمده از 20 باغ منتخب در جنوب ایتالیا (Capra et al., 2011) نشان داد که عمق آب مناسب برای شرایط محدودیت زمین و آب، به ترتیب 12/7 و 25/6 درصد کم‌تر از عمق آب مناسب برای عملکرد بیشینه است و در صورت کاربرد مقدار آب مناسب برای شرایط محدودیت زمین، بیش‌ترین درآمد خالص در این باغات 100 درصد و نسبت آن به هزینه‌ها (0/61) 65 درصد بیش‌تر از شرایط فعلی آبیاری می‌شود. در اسپانیا کم‌آبیاری درختان نارنگی کلمانتین با کاربرد 80 درصد نیاز کامل سبب کاهش درآمد ناخالص و بهره‌وری آب (درآمد ناخالص به‌ازای کل آب مصرف شده توسط درخت) نشد (Ballester et al., 2011). مطالعات (Pérez-Pérez et al., 2010) نشان داد که کم‌آبیاری پرتقال ناول می‌تواند سود و نسبت منافع به هزینه را افزایش دهد و روی پایه کاریزو سودآورتر از پایه کلئوپاترا شود.

فلایینگ‌دراگون که به عنوان پایه درختان پرتقال تامسون ناول در باغ آزمایشی این پژوهش استفاده شد، یکی از پایه‌های جدید مرکبات است که به عنوان پایه پاکوتاه کننده‌ی امید در جهان شناخته شده است و توسط موسسه تحقیقات مرکبات کشور برای کشت متراکم مرکبات در بخشی از زمین‌های شمال کشور معرفی شده است. این پایه یکی از کولتیوارهای پونسیروس است و همه ویژگی‌های آن، همچون کیفیت خوب میوه و مقاومت به گموز، تریستزا، سرما وتنش خشکی را داراست (فیفایی، 1384). کم‌آبیاری یکی از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب است که برای کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد، گیاه در شرایط تنش آبی رویانده می‌شود. این عمل در شرایطی که هزینه آب بالاست یا تأمین آب با محدودیت‌هایی همراه است، می‌تواند سبب افزایش درآمد خالص شود (English and Raja., 1996).

با توجه به لزوم آبیاری مرکبات در استان مازندران و با عنایت به محدودیت منابع آب و نیاز به بهره‌برداری پایدار از آن، بررسی و شناخت راهکارهای مدیریت بهینه مصرف آب، مانند کم‌آبیاری، امری اجتناب ناپذیر است. این راهکارها برای انواع محصولات از جمله مرکبات به‌طور گسترده در دنیا مطالعه و به‌کار گرفته شده است، ولی یافته‌ها در زمینه عمق مناسب آب آبیاری در شرایط محدودیت آب و زمین، برای مرکبات در دنیا محدود و در ایران تاکنون مشاهده یا منتشر نشده است. از همین رو هدف این پژوهش تعیین مقادیر بهینه آبیاری برای کشت متراکم پرتقال تامسون ناول (به عنوان رقم غالب مرکبات در ایران) روی پایه فلایینگ دراگون در شرایط اقلیمی غرب مازندران است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از سال 1386 تا 1389 در موسسه تحقیقات مرکبات کشور واقع در رامسر که دارای طول ′40 °50 شرقی و عرض جغرافیایی ′54 °36 شمالی است، بر روی درختان پرتقال تامسون ناول با پایه فلایینگ دراگون اجرا شد. این باغ آزمایشی دارای خاکی با بافت لوم‌رسی و 72 اصله درخت بارده با فاصله کاشت 2×4 متر و میانگین‌سطح سایه‌انداز 6/1 متر مربع است. درختان این باغ از سال 1374 در زمین اصلی کاشته و از سامانه آبیاری قطره‌ای برای آبیاری آن‌ها استفاده شد. میانگین بارندگی و تبخیر سالانه (از تشتک) برای سال‌های 89-1369 در ایستگاه هواشناسی رامسر به‌ترتیب 1166 و 967 میلی‌متر بود.

در این پژوهش از پنج تیمار آبیاری شامل40، 60،80، 100 و 120درصد نیاز آبیاری (رابطه 1) استفاده شد و میانگین چهار ساله

عمق‌های آبیاری در تیمار آبیاری کامل (100 درصد) 125/9 میلی‌متر به‌دست آمد. این طرح در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شش تکرار اجرا شد. نیاز آبیاری (مقدارآب آبیاری در تیمار 100 درصد بر حسب لیتر) از رابطه 1 تعیین شد.

$$IR= [WR(Pc+0.15(1-Pc)].Ac/E \quad (1)$$

در رابطه بالا Pc و Ac به‌ترتیب درصد و مساحت سایه‌انداز درختان (m^2)، E، بازده آبیاری (0/95 در نظر گرفته شد) و WR، نیاز آبی برحسب mm است، که از رابطهٔ $WR=(Ep.Kc.Kp)-P_e$ محاسبه شد. Ep تبخیر تجمعی تشتک کلاس A برحسبmm، Kc و Kp به‌ترتیب ضریب گیاهی و ضریب تشتک (بر اساس Allen et al., 1998) و P_e بارندگی مؤثر برحسب mm است که با روش (Doorenbos and Pruit., 1975) تعیین شد. زمان آبیاری برای همه تیمارها یکسان، و زمانی بود که IR تجمعی به میزان 10/9 میلی‌متر می‌رسید.

برای اعمال تیمارها، از سامانه آبیاری قطره‌ای (چهار قطره‌چکان داخل خط با آبدهی چهار لیتر بر ساعت برای هر درخت) استفاده شد. حجم آب موردنیاز برای آبیاری هر تیمار با نصب کنتور حجمی و فشارسنج در آغاز لوله‌های توزیع‌کننده مربوط به آن‌ها کنترل و اندازه‌گیری شد. دیگر عملیات داشت (سمپاشی زمستانه و تابستانه، کوددهی و مبارزه با علف‌های هرز) به‌طور یکسان برای همه تیمارها انجام شد. در دهه دوم آذر ماه، میوه‌های هردرخت جداگانه برداشت، شمارش و وزن شدند. کارایی مصرف آب (WUE) از تقسیم عملکرد درخت بر حجم آب مصرفی برای آبیاری محاسبه شد. داده‌های این پژوهش با بهره‌گیری از نرم‌افزار MSTATC تجزیه شد و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن استفاده شد. برای تجزیه رگرسیون از نرم افزار SPSS ویرایش 16 استفاده شد.

روابط ریاضی برای تعیین عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری

روابط ریاضی بهینه‌سازی اقتصادی عمق آبیاری که در این پژوهش استفاده شد براساس روش (English., 1990) استوار است. در این روش تابع تولید از نوع درجه دوم و تابع هزینه به‌صورت خطی به شکل عمومی زیر تعریف شده است. این توابع با استفاده از تجزیه رگرسیون به‌دست می‌آید.

$$y(w)=a_1+b_1w+c_1w^2 \quad (2)$$

$$c(w)=a_2+b_2w \quad (3)$$

که در آن y(w) عملکرد تابعی از آب مصرفی برحسب کیلوگرم بر هکتار، w عمق آب مصرفی (میلی‌متر)، c(w) هزینه تولید در واحد سطح (ریال بر هکتار) و a_1، b_1، c_1، a_2 و b_2 ضرایب توابع تولید و هزینه هستند.

درآمد خالص در واحد سطح ($i_l(w)$، ریال بر هکتار) حاصل تفریق هزینه‌های تولید (c(w)) از درآمد ناخالص در هر هکتار است و از رابطه 4 به‌دست می‌آید:

$$i_l(w)=P_C.y(w)-c(w) \quad (4)$$

که در آن Pc قیمت واحد وزن محصول (ریال بر کیلوگرم) است.

با توجه به توابع تولید و هزینه، شش عمق آب آبیاری به‌عنوان عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری با روابط 5، 6، 7، 8، 9 و 10 محاسبه می‌شود:

عمق آبی که بیش‌ترین عملکرد را نتیجه دهد (W_m) با مشتق‌گیری از تابع تولید به‌دست می‌آید:

$$Wm=\frac{-b_1}{2c_1} \quad (5)$$

عمق آب آبیاری در شرایطی که آب یا زمین عامل محدودکننده است (به‌ترتیب W_wو W_l) از روابط 6 و 7 محاسبه می‌شود:

$$Ww=\sqrt{\frac{a_1.P_c-a_2}{P_cc_1}} \quad (6)$$

$$W_l=\frac{b_2-b_1.P_c}{2c_1.P_c} \quad (7)$$

عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت آب (W_{ew}) عمقی است که در آن درآمد خالص بازای واحد آب مصرفی برابر با درآمد خالص به‌ازای واحد آب مصرفی در عمق آبیاری کامل باشد. این عمق از رابطه 8 به‌دست می‌آید:

$$W_{ew}=\frac{-\left(\frac{P_c.b_1^2+4P_ca_1c_1-4a_2c_1}{2b_1}\right)\pm\sqrt{\left(\frac{P_c.b_1^2+4P_ca_1c_1-4a_2c_1}{2b_1}\right)^2-4P_cc_1(P_ca_1-a_2)}}{2P_cc_1} \quad (8)$$

عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین (W_{el}) عمقی است که با آن درآمد خالص در واحد سطح برابر با درآمد خالص در واحد سطح با عمق آبیاری کامل باشد. روش محاسبه آن چنین است:

$$W_{el}=\frac{-(P_cb_1-b_2)\pm b_2}{2P_cc_1} \quad (9)$$

با کاربرد عمق آب در حالت سربه‌سری (W_k) درآمد ناخالص برابر با هزینه‌ها است. این عمق با استفاده از رابطه 10 به‌دست خواهد آمد.

$$W_k=\frac{-(P_cb_1-b_2)\pm\sqrt{(P_cb_1-b_2)^2-4P_cc_1(P_ca_1-a_2)}}{2P_cc_1} \quad (10)$$

نهاده‌ها و خدماتی که به‌عنوان هزینه‌های متغیر در این پژوهش در نظر گرفته شده است عبارتند از: آب، کودهای شیمیایی و دامی، روغن، سموم (حشره‌کش، کنه‌کش و قارچ‌کش)، علف‌کش‌ها، عملیات کودپاشی، سمپاشی، مبارزه مکانیکی و شیمیایی با علف‌های هرز، شخم سطحی، لایروبی جوی‌های زهکشی، هرس، حمل نهاده‌های شیمیایی و کود دامی.

هزینه‌های ثابت در این پژوهش شامل زمین، استهلاک هزینه تجهیزات آبیاری قطره‌ای و هزینه کاشت نهال و آماده‌سازی زمین و مدیریت بود. هزینه مربوط به ارزش زمین بالاترین میزان اجاره زمین کشاورزی در منطقه مورد مطالعه به عنوان قیمت سایه‌ای زمین در نظر گرفته شد (براساس پژوهش ابوالحسنی یاسوری، 1387).

استهلاک هزینه تجهیزات آبیاری و کاشت نهال و آماده‌سازی زمین از حاصل‌ضرب این هزینه‌ها در ضریب برگشت سرمایه (Wade and Boman., 2009) و براساس نرخ بهره‌ی اعلام شده بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (18 درصد) محاسبه شد.

روابط ارزیابی کارکرد عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری

برای پی بردن به کارکرد عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری بر میزان مصرف آب و برخی نمایه‌های اقتصادی، محاسباتی به شرح زیر انجام شده است:

1- درصد صرفه‌جویی در مصرف آب (WSP):

$$WSP=\frac{(W_m-OIW)\times 100}{W_m} \quad (11)$$

W_m، عمق آب آبیاری که بیش‌ترین عملکرد را نتیجه دهد و OIW، عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری شاملِ Ww، Wel، Wewو Wk است.

2- درصد کاهش عملکرد نسبت به عملکرد بیشینه (YDP):

$$YDP=\frac{(CY_{Wm}-CY)\times 100}{CY_{Wm}} \quad (12)$$

CY_{Wm} و CY برحسب کیلوگرم بر هکتار به‌ترتیب با جای‌گذاری W_m و عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری(OIW) در تابع تولید (رابطه 2) به‌دست آمد.

3- درآمد خالص بازای حجم واحد آب مصرفی (PUW، ریال بر مترمکعب):

$$PUW=\frac{i_l(w)}{OIW} \quad (13)$$

$i_l(w)$، درآمد خالص در واحد سطح (ریال بر هکتار) است.

4- افزایش درآمد خالص از واحد سطح بر حسب درصد (PIUA) و افزایش درآمد خالص بازای واحد حجم آب مصرفی برحسب درصد (PIUW):

$$PIUA=\frac{(i_l(w)_{Wl}-i_l(w)_{Wm})\times 100}{i_l(w)_{Wm}} \quad (14)$$

$$PIUW=\frac{(PUW_{Ww}-PUW_{Wm})\times 100}{PUW_{Ww}} \quad (15)$$

$i_l(w)_{Wl}$ و $i_l(w)_{Wm}$، درآمد خالص در واحد سطح به ترتیب در شرایط کاربرد عمق آب Wl و Wm (ریال بر هکتار) و PUW_{Ww} و PUW_{Wm} درآمد خالص به‌ازای حجم واحد آب مصرفی به ترتیب با کاربرد اعماق آب Ww و Wm(ریال بر مترمکعب) است.

با کاربرد عمق آبِ Ww، Wel، Wew و Wk، مصرف آب در واحد سطح (یک هکتار) نسبت به حالت Wm کاهش یافته و لذا مساحت قابل آبیاری (IA، هکتار) بیش از یک هکتار می‌باشد. این مساحت برای عمق‌های آبیاری فوق با استفاده از رابطه 16 محاسبه شد. به‌همین ترتیب تولید کل(TP، کیلوگرم) و درصد افزایش تولید (TPI)، به‌ترتیب با روابط 17 و 18 محاسبه شد.

$$IA=\frac{OIW}{OIW_{Wm}} \quad (16)$$

$$TP=IA\times CY \quad (17)$$

$$TPI=\frac{(TP-TP_{Wm})\times 100}{TP_{Wm}} \quad (18)$$

هم‌چنین به‌منظور تحلیل درآمدها و هزینه‌های تولید در اثر کاربرد عمق‌های آستانه‌ای آبیاری، نمایه‌هایِ نسبت درآمد خالص به هزینه‌های تولید، نسبت منافع به هزینه‌ها (B/C) و نیز هزینه و درآمد خالص برای تولید یک کیلوگرم میوه پرتقال تامسون ناول محاسبه شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین عملکرد

یافته‌های این پژوهش نشان داد که مقدار آبیاری بر باردهی پرتقال تامسون ناول اثر معنی‌داری دارد، به‌طوری که با افزایش میزان آب آبیاری عملکرد درختان افزایش یافته است (جدول 1). مقایسه چنددامنه میانگین‌ها نشان داد که گرچه روند افزایش عملکرد همسو با افزایش مقدار آب آبیاری است ولی از نظر آماری تفاوتی میان تیمارهای 80، 100 و 120 درصد نیاز آبیاری وجود ندارد در حالی که تفاوت معنی‌داری میان دو تیمار 40 و 60 درصد با دو تیمار 100 و 120 درصد قابل مشاهده است. به‌عبارت دیگر تیمار آبی 80 درصد مرز تفاوت معنی‌داری است. مشاهده بیشینه عملکرد در سطوح آبیاری 100 و 120 درصد را می‌توان مشابه نتایج (Sánchez et al., 2003) دانست. هم‌چنین یافته‌های (Petillo., 1995) و (Castel and Ginestar., 1996) نیز همسو با یافته‌های این تحقیق است. البته نتایج اخیر با برخی از پژوهش‌ها (Sepaskhah and Kashefipour., 1994؛ Mathew and Ghosh., 2004) همخوانی ندارد که دلیل عمده را می توان به تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط اقلیمی و آب‌شویی عناصر غذایی ارتباط داد.

جدول 1- عملکرد درختان پرتقال تامسون ناول روی پایه فلایینگ دراگون در سطوح مختلف آب آبیاری

سطوح آبیاری	40 درصد	60 درصد	80 درصد	100 درصد	120 درصد
عملکرد (تن بر هکتار)	15/9c*	19/2bc	22/5ab	24/1a	25/9a

* میانگین‌هایی که دارای حرف مشترکی هستند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند (سطح 5٪).

توابع تولید و هزینه

تابع آب مصرفی - عملکرد از تجزیه رگرسیون چند جمله‌ای درجه دوم در سطح معنی‌داری پنج درصد به صورت رابطه 19 به‌دست آمده است.

$$y(w) = -0.0005w^2 + 0.1998w + 7.1066 \quad (r^2 = 0.971) \quad (19)$$

که در آن y(w) عملکرد بر حسب تن بر هکتار و w مقدار آب مصرفی برحسب میلی‌متر است.

رابطه خطی بین هزینه کل و آب مصرفی، به‌دست آمده از تجزیه رگرسیون، به‌صورت معادله 20 است.

$$c(w) = 8.2693w + 60747 \quad (20)$$

که در آن c(w) هزینه کل تولید بر حسب هزار ریال است.

رابطه بین عملکرد وآب مصرفی در بسیاری از محصولات از چندجمله‌ای درجه دوم پیروی می‌کند. برپایه گزارش‌های (Sepaskhah and Kashefipour., 1994); (Shalhevet et al., 1985); (Capra et al., 2011); (Hughes., 2011); (Germanà et al., 1985)، ارقام مرکبات نیز از این قاعده مستثنی نیستند.

نسبت هزینه‌های ثابت به کل هزینه‌ها 63/3 تا 64/1 درصد است و بیش‌ترین آن (54/8 تا 55/7 درصد) مربوط به زمین است. هزینه آب در تیمار آبیاریِ 120درصد معادل 1/9 درصد هزینه کل بود و با کم شدن مقدار آبیاری کاهش یافت، طوری‌که در تیمار 40 درصد به 0/6 درصد رسید.

عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری

عمق آستانه‌ای آب در حالت عملکرد بیشینه (Wm)، محدودیت آب (Ww) و محدودیت زمین (Wl) به‌ترتیب 199/8، 197/7 و 127/1 میلی‌متر و عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت آب (Wew) و زمین (Wel) و عمق آب مصرفی در حالت سربه‌سری (Wk) به‌ترتیب 80/9، 195/7، و 46/3 میلی‌متر به‌دست آمد (جدول2). میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در صورتی که آبیاری به میزان Ww و Wew انجام شود به‌ترتیب 36/4 و 59/5 درصد و در صورتی که به میزان Wl و Wel انجام شود به‌ترتیب 1/1 و 2/1 درصد برآورد شد. درصد صرفه‌جویی در اقلیم مدیترانه‌ای جنوب ایتالیا که بارش سالانه آن کمتر از نیمی از محل تحقیق ماست 25/6 و 12/7 درصد به‌ترتیب در حالات محدودیت آب و زمین برآورد شده است (Capra et al., 2011).

عملکرد و درآمد خالص در واحد سطح

عملکرد در عمق‌های آستانه‌ای آب در حالت محدودیت زمین تفاوت ناچیزی با عملکرد بیشینه دارند ولی در حالت محدودیت آب (Ww و Wew)، عملکردها به‌ترتیب حدود 10 و 26درصد کم‌تر از عملکرد بیشینه بود (جدول 2). بیش‌ترین درآمد خالص در واحد سطح از عمق آب درحالت محدودیت زمین به‌دست آمد که با اختلاف ناچیزی (0/01 درصد) بیش‌تر از حالت Wm است. به‌دلیل بسیار بالا بودن بهای واحد میوه در برابر بهای واحد آب، عملکرد نقش اصلی در میزان درآمد خالص در واحد سطح دارد و مشابه نتایج (Ballester et al., 2011) با افزایش آن، درآمد خالص در واحد سطح نیز افزایش یافت. به همین دلیل است که عمق‌های آستانه‌ای Wew و Ww علی‌رغم این‌که به ترتیب حدود 60 و 36 درصد سبب کاهش مصرف آب (یا کاهش هزینه آب) شدند، چون 26 و 10 درصد در کاهش عملکرد (یا کاهش درآمد ناخالص) نقش داشتند (جدول 2) سبب کاهش درآمد خالص در واحد سطح به‌ترتیب به میزان حدود 27 و 10 میلیون ریال (60 و 22 درصد) شدند.

جدول 2- عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و درآمد خالص در واحد سطح و آب مصرفی پرتقال تامسون ناول در عمق‌های آستانه‌ای کم‌آبیاری

نمایه	عمق آب آبیاری (mm)	صرفه‌جویی در آب(%)	عملکرد محاسبه‌ای (kg/ha)	کاهش عملکرد(%)	درآمدخالص‌از واحد سطح (rials/ha)	بهره‌وری آب (kg/m^3)	درآمدخالص ازواحدحجم آب ($rials/m^3$)	افزایش‌درآمد خالص‌ازواحد حجم آب(%)
Wm	199/8		27067		45868324	13/55	30108	
Ww	127/1	36/4	24424	9/76	35969505	19/21	37115	23/27
Wl	197/7	1/1	27064	0/01	45873690	13/69	30431	1/07
Wel	195/7	2/1	27058	0/03	45866228	13/83	30737	2/09
Wew	80/9	59/5	19998	26/12	18575549	24/72	30113	0/02
Wk	46/3	76/8	15285	43/53	9668	33/01	27	-

* Wm، Ww و Wl عمق‌های آب آبیاری به‌ترتیب درحالت عملکرد بیشینه، محدودیت آب و زمین و Wel و Wew عمق‌های معادل آب آبیاری به ترتیب در شرایط محدودیت زمین و آب و Wk عمق آب در حالت سربه‌سری است.

بهره‌وری آب آبیاری و درآمد خالص از واحد حجم آب آبیاری

در عمق‌های بیش‌تر آبیاری، بهره‌وری آب آبیاری کم‌تری حاصل شد (جدول 2). این روند در درآمد خالص از واحد حجم آب مصرفی مشاهده نشد و بیش‌ترین درآمد خالص از واحد حجم آب مصرفی در حالت Ww به‌دست آمد. در این حالت که مصرف آب 36 درصد نسبت به حالت Wm کاهش یافته است، بهره‌وری آب حدود 30 درصد و درآمد خالص از واحد حجم آب مصرفی حدود 23 درصد افزایش یافته است (جدول 2). برای جنوب ایتالیا اعداد مذکور به‌ترتیب 26، 25 و 35 به‌دست آمده است (Capra et al., 2011) و در جنوب غربی اسپانیا، کم‌آبیاری پرتقال روی پایه‌های کاریزو و کلئوپاترا با کاهش مصرف آب به میزان 30 درصد سبب افزایش بهره‌وری آب (در هردو 33 درصد) و درآمد خالص به‌ازای حجم واحد آب مصرفی - به‌ترتیب به‌میزان 46/6 و 34/9 درصد شد (Pérez-Pérez et al., 2010). آب موردنیاز برای آبیاری در محل اجرای این پژوهش دو تا سه برابر کم‌تر از دو منطقه مذکور است از این رو بهره‌وری آب آبیاری آن بیش از دو برابر آن کشورها است. ولی با توجه به درصدهای صرفه‌جویی آب، تأثیر کم‌آبیاری بر افزایش بهره‌وری و درآمد خالص به‌ازای حجم واحد آب مصرفی در این پژوهش کم‌تر از دو منطقه مذکور بود. علت پایین‌تر بودن تأثیر کم‌آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری در این پژوهش را می‌توان بیش‌تر به سهم آبیاری و بارندگی در تأمین نیاز آبی مربوط دانست. ولی علت کارکرد پایین کم‌آبیاری بر درآمد خالص به‌ازای حجم واحد آب مصرفی می‌تواند به مجموعه عوامل مؤثر بر باردهی درختان (نظیر پایه و رقم درختان، سلامت درختان، حاصل‌خیزی خاک و ...) و قیمت نهاده‌ها، خدمات و محصول (دخیل در محاسبه درآمد خالص) ارتباط داشته باشد.

با صرفه‌جویی در مصرف آب که در حالت Ww به‌دست می‌آید، می‌توان به‌ازای هر هکتار، به میزان 0/57 هکتار باغ بیش‌تری را آبیاری کرد و نیز حدود 42 درصد افزایش تولید داشت (جدول 3). هم‌چنین آبیاری با شرایط Wew سبب افزایش مساحت قابل آبیاری به میزان 1/47 هکتار به ازای هر هکتار و افزایش میزان تولید ناشی از افزایش سطح به میزان 82 درصد شد.

نسبت درآمد خالص به کل هزینه‌ها در عمق‌های آبیاری Wm، Wl و Wel در حدود 9 درصد بیش از مقدار آن‌ها در عمق Ww است (جدول 4) ولی برخلاف آن در ایتالیا کاربرد عمق‌های کم‌آبیاری Wl و Ww سبب افزایش نسبت مذکور شد (Capra et al., 2011). در اسپانیا نیز این نسبت در کم‌آبیاری پرتقال ناول روی پایه‌های کاریزو و کلئوپاترا به‌ترتیب 9/5 و 1/3 درصد بیش‌تر از آبیاری کامل بود (Pérez-Pérez et al., 2010). عامل اصلی کاهش نسبت درآمد خالص به کل هزینه‌ها و نیز کاهش نسبت B/C در عمق‌های کم‌آبیاری (جدول4) عمدتاً کاهش عملکرد بود و آب مصرفی تأثیر چندانی نداشت. ولی در پژوهش (Pérez-Pérez et al., 2010) عامل اصلی در پایه کلئوپاترا، عملکرد بود، ولی در پایه دیگر (کاریزو) بیش‌تر بودن کاهش هزینه‌های هرس در مقایسه با کاهش عملکرد بود.

جدول 3- افزایش سطح زیر کشت و تولید پرتقال تامسون ناول با عمق آستانه‌ای آبیاری در حالت محدودیت آب

نمایه	عمق آب آبیاری (mm)	مساحت قابل آبیاری (ha)	تولید کل (kg)	افزایش تولید (%)
Wm	199/8	1	27067	
Ww	127/1	1/57	38394	41/85
Wew	80/9	2/47	49389	82/47

* Wm و Ww عمق‌های آب آبیاری به‌ترتیب درحالت عملکرد بیشینه و محدودیت آب و Wew عمق معادل آب آبیاری در شرایط محدودیت آب است.

درآمد خالص و هزینه‌های واحد تولید (ریال بر کیلوگرم) در صورت کاربرد Wm، Wl و Wel، به علت اختلاف ناچیز در عمق‌های آب آبیاری، یکسان است ولی در عمق‌های کم‌آبیاری (Ww و Wew) این نمایه‌ها به ترتیب کم‌تر و بیش‌تر از حالت Wm است (جدول 4).

جدول 4- تحلیل درآمدها و هزینه‌های تولید میوه مرکبات در آبیاری با عمق‌های آستانه‌ای آب آبیاری

نمایه	عمق‌آب آبیاری (mm)	نسبت درآمد خالص به هزینه‌کل	نسبت منافع به هزینه(B/C)	هزینه واحد تولید (rials/kg)	درآمد خالص واحد تولید (rials/kg)
Wm	199/8	0/74	1/74	2305	1695
Ww	127/1	0/58	1/58	2528	1472
Wl	197/7	0/74	1/74	2305	1695
Wel	195/7	0/74	1/74	2305	1695
Wew	80/9	0/30	1/30	3071	929
Wk	46/3	0	1	3999	1

* Wm، Ww و Wl عمق‌های آب آبیاری به‌ترتیب درحالت عملکرد بیشینه، محدودیت آب و زمین و Wel و Wew عمق‌های معادل آب آبیاری به ترتیب در شرایط محدودیت زمین و آب و Wk عمق آب در حالت سربه‌سری است.

کم‌تر بودن درآمد خالصِ واحد تولید به علت کاهش عملکرد است و بیش‌تر بودن هزینه به این دلیل است که سهم هزینه آب و آبیاری از کل هزینه تولید کم (3 درصد) و مقدار عددی کاهش عملکرد بیش‌تر از کاهش هزینه کل تولید است (جداول 1و2). در پژوهش (Pérez-Pérez et al., 2010)، هزینه واحد تولید در کم‌آبیاری پرتقال ناول روی پایه کلئوپاترا تفاوتی با آبیاری کامل نداشت ولیکن روی پایه کاریزو با کاهش رشد رویشی و هزینه هرس، این هزینه (0/15 یورو بر کیلوگرم) 11/7 درصد کم‌تر از آبیاری کامل بود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که عمق‌های آستانه‌ای آب در حالت محدودیت زمین (Wl و Wel به‌ترتیب 197/7 و 195/7 میلی‌متر) تفاوت بسیارکمی با عمق آب در حالت عملکرد بیشینه (199/8 میلی‌متر) دارند و به همین دلیل درآمد خالص در واحد سطح و درآمد خالص به‌ازای واحد حجم آب و نیز بهره‌وری آب در این دو عمق تفاوت کمی با درآمد خالص بیشینه (حاصل از Wm) دارد. از این رو نسبت منافع به هزینه در سه عمق آب مذکور برابر بوده است. عمق آستانه‌ای در حالت محدودیت آب (127/1 میلی‌متر) سبب 36 درصد صرفه‌جویی آب و 23 درصد افزایش درآمد خالص به‌ازای واحد حجم آب شده است. هم‌چنین با این مقدار آب می‌توان 57 درصد سطح زیر کشت را افزایش داد. با توجه به اینکه مناطقی که یافته‌های این پژوهش در آنجا قابل استفاده است عمدتاً به دلیل با ارزش بودن زمین، دارای محدودیت است علاوه بر آن در بخش‌هایی از این مناطق محدودیت منابع آبی هم وجود دارد، بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد: در شرایطی که زمین مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید مرکبات است و هیچ‌گونه محدودیت کیفی و کمی منابع آبی در حال حاضر وجود نداشته باشد و برای آینده نیز متصور نباشد، عمق آب آبیاری مربوط به حالت محدودیت زمین (198 میلی‌متر) که به عمق آب با عملکرد بیشینه (Wm) نزدیک است مناسب‌ترین عمق آب آبیاری از نظر اقتصادی است. ولی در شرایط محدودیت منابع آب عمق آب 127 میلی‌متر قابل توصیه است.

سپاسگزاری

آزمایش مزرعه‌ای این پژوهش در موسسه تحقیقات مرکبات کشور انجام گرفته است که بدینوسیله از حمایت مالی آن موسسه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

ابوالحسنی یاسوری،س. 1387. بررسی مزیت نسبی تولید کیوی در استان مازندران مطالعه موردی منطقه غرب استان مازندران، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران. 128 و 129.

فیفایی،ر.، عبادی،ه.، غلامیان،ا و بی‌آزار،ش. 1385. مطالعه تراکم کاشت چهار رقم نارنگی تجاری روی پایه فلاینگ دراگون، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. 13. 6: 22-14.

وزارت جهاد کشاورزی. 1393. آمارنامه محصولات باغی سال 1392، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، وزارت جهاد کشاورزی، 108ص.

Allen,R.G., Pereira,L.S., Raes,D and Smith,M. 1998. Crop evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirenment, Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome. 113:78-86.

Ballester,C., Castel,J., Intrigliolo,D.S and Castel,J.R. 2011. Response of Clementina de Nules citrus trees to summer deficit irrigation, Yield components and fruit composition. Agricultural Water Management 98: 1027–1032

Capra,A., Consoli,S and Scicolone,B. 2011. Economic Analysis of Citrus Orchards under Deficit Irrigation in South Italy. P 209-215, In: Fernandez,J.E. and Ferreira,M.I. (eds), Proceeding XXVIIIth IHC - International Symposium on horticultural use of water in a changing climate, Acta Horticulture. 922, ISHS, Lisbon, Portugal.

Castel,J.R and Ginestar,C. 1996. Response of Clementine citrus tree to irrigation and nitrogen rates under drip irrigation. Proceeding of International Citriculture Society Congress, South Africa, 12-17 May. 683-687

Castel,J.R and Buj,A. 1990. Response of Salustiana oranges to high frequency deficit irrigation. Irrigation Science. 11:121 - 127

Domingo,R., Ruiz Sánchez,M.C., Sánchez Blanco,M.J and Torrecillas,A. 1996. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. Irrigation Science. 16.3: 115 – 123.

Doorenbos,J and Pruit,W.O. 1975. Guidelines for predicting crop water requirenment, Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome.

Doorenbos,J., Kassam,A.H. 1979. Yield response to water. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33.

English,M.J. 1990. Deficit irrigation: an analytical

Pérez-Pérez,J.G., García,J., Robles,J.M., Botía,P. 2010. Economic analysis of navel orange cv 'Lane Late' grown on two different drought-tolerant rootstocks under deficit irrigation in South-eastern Spain. Agriculture Water Management. 97: 157–164

Petillo,M.G. 1995. Effects of irrigation periods on Citrus yield and fruit quality in Uruguay. Proceedings of 5th international microirrigation congress. 2-6 April 1995,Orlando, Florida, USA. 492-496.

Sanchez,F.G., Carvajal,M., Porras,I., Botia,P and Martinez,V. 2003. Effects of salinity and rate of irrigation on yield, fruit quality and mineral composition of 'Fino 49' lemon. European Journal of Agronomy. 19 :427-437.

Sanchez,F.G., Perez,J.G., Romero,P., Botia,P and Martinez,V. 2004. Regulated deficit irrigation in Clemenules Mandarin trees grafted on Cleopatra Mndarin and Carizo Citrange. Proceeding of International Citriculture Society. 2: 566-570

Sepaskhah,A.R and Kashefipour,S.M. 1994. Relationships between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of sweet lime under drip irrigation. Agricultural water management. 25.1: 13-21.

Shalhevet,J., Mantell,A., Bielorai,H and Shimshi,D. 1985. Irrigation of field and orchard crops under semi-arid conditions. International Irrigation Information Centre.

Takele,E and Mauk,P. 1999. Establishment and Production Costs for Navel Oranges Western Riverside County. University of California Cooperative Extension Riverside County, 21 pp.

Wade,M and Boman,B. 2009. Economic Considerations for Florida Citrus Irrigation Systems. EDIS document FE376. Available from http://edis.ifas.ufl.edu.

framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 116.3:399-412.

English,M.J and. Raja,S.N. 1996. Perspective of deficit irrigation. Agriculture. Water Management. 32: 1-14.

Gencoglan,C., Gencoglan,S., Akbay,C and Boz,I. 2006. Deficit Irrigation Analysis of Red Pepper (Capsicum annum L.) Using the Mathematical Optimisation Method. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30: 203-212

Germanà,C., Sardo,V and Cutore,L. 1985. Esperienze sull'irrigazione dell'arancio. L'Irrigazione XXXII.4:17-22.

Ginestar,C and Castel,J.R. 1996. Response of young clemantine citrus trees to water stress during different phonological periodes. Journal of Horticultural Science. 71.4:551-559.

Goldhamer,D.A and Salinas,M. 2000. Evaluation of regulated deficit irrigation on mature orange trees grown under high evaporative demand. Proceeding of the International Society of Citriculture IX congress. 227-231.

Hughes,N. 2011. Estimating irrigation farm production functions with ABARES survey data. ABARES conference. 9.11 February 2011, Melbourne, Victoria.

Mathew,B and Ghosh,S.N. 2004. Effects of drip irrigation on Sweet orange cv. Mosanmbi grown in rain-shadow laterite soils. Proceeding of Xth International Citrus Congress, Morocco, 15-20 February.

Ozkan,B., Akcaoz,H and Karadeniz,F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion Management. 45 .11-12: 1821-1830.

Pereira,L.S., Oweis,T and Zairi,A. 2002. Irrigation management under water scarcity. Agriculture Water Management. 57: 175-206.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 9, Feb.-Mar. 2016, p. 918-926

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره6، جلد9، بهمن - اسفند 1394، ص. 926-918

Determination of lrrigation Water Threshold Depths for Citrus Production in Humid Region of Iran

H. Ebadi[*1], M. Raeini-Sarjaz[2] and M. A. Gholami-Sefidkoohi[3]
Recived: Agu.30, 2015 Accepted: Feb.10, 2016

Abstract

In order to optimal operation of water resources and citrus production sustainability in the north of Iran, it is essential to consider economical aspects in deficit irrigation. The objective of this study was to determine irrigation water threshold depths which provide maximum profit under limited land or water resource availability. .For this purpose, a field experiment carried out with Thomson navel orange on flying dragon rootstock, irrigated by drip irrigation, in Ramsar (north of Iran). The treatments, arranged in randomized complete block design, were five different water levels, including 40, 60, 80,100 and 120 percent of irrigation requirement (IR). Optimal depths of irrigation water were determined with mathematical method suggested by English. The statistical compare of means showed that yeild differnces at water levels of 80, 100 and 120 percen of IR were not significant. Also, this differences between 60 and 80 percent were not significant. The relations between yeild and costs with used water were obtained quadratic polynomial and linear functions, respectively. Irrigation water depth at maximum yeild (W_m = 199.8 mm) was a little (%1) much than water depth under water - limiting condition (Wl) and therefore maximum net income per unit of land, earned at the depths, had a small difference. By applying water depth under water- limiting condition (W_w = 127.1mm), water use decreased by 36 percent. In that case, irrigation water productivity (19.2 kg/m^3) and net income per unit of water increased by 41.8 and 23 percent, respectively. Moreover, citrus cultivated area can be increased by 57% with W_w. In conclusion, for condition in which land is the most important limiting factor of citrus production and there is no quantity and quality limitation of water, economically optimum depth of irrigation water is 198mm. The optimum depth in water scarsity condition is 127mm.

keywords: Deficit irrigation, Water productivity, Yeild function

1- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU) and Lecturer of Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran.
2,3 -Associate Professor and Assistant Professor of Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
(*- Corresponding Author Email: hormozebadi@yahoo.com)