مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۲۰

موضوع :

تحلیل و بهینه‌سازی همچندی مصرف آب و تولید محصولات زراعی در مغان

تألیف :

ابوالفضل ناصری[1]

چکیده

در مقالهٔ حاضر، پتانسیل تولید محصولات گندم، پنبه، ذرّت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی در شرایط کفایت آب آبیاری با استفاده از روش منطقهٔ اگرواکولوژیکی و برای منطقهٔ مغان برآورده شده، مقادیر حاصله برای این محصولات ، بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال، به ترتیب عبارتند از :

۷۳۳۷/۲۷ ، ۵۸۳۹/۲۰ ، ۱۰۰۸۳/۴۹ و ۶۰۷۶۷/۶۶

اندازهٔ نیازمندی محصولات به آب در شرایط اقلیمی منطقه با استفاده از روش پنمن برآورده شده ، میزان این نیازمندی در فصل رشد و برای محصولات گندم، پنبه ، ذرّت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی و بر حسب میلی‌متر در فصل رشد ، به ترتیب عبارت است از : ۶۰۳/۱، ۵۸۴/۰، ۴۶۸/۳ و ۷۷۶/۳

بیشینه‌سازی عملکرد محصولات تحت شرایط مختلف کمبود آب انجام شده، در حالت کلّی و در طول فصل رشد، در صورت کمبود آب می‌توان در برنامه‌ریزی آبیاری نسبت به کسر آب و حداکثر به میزانهای زیر اقدام کرد :

گندم ۱۰ درصد، پنبه ۱۵ درصد، ذرّت دانه‌ای ۳۵ درصد، گوجه‌فرنگی ۲۷ درصد.

تغییرات عملکرد محصولات مختلف زراعی بازاء راندمان کاربرد آب متفاوت و برابر ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد بررسی شده، با حجم مشخّصی از آب آبیاری می‌توان متناسب با افزایش راندمان آبیاری میزان عملکرد را افزایش داد.

کارآئی مصرف آب محصولات مورد بررسی تعیین شده و دامنهٔ این فاکتور برای محصولات گندم، پنبه، ذرّت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی و بر حسب کیلوگرم در متر مکعب در هکتار در سال به ترتیب عبارت است:

۱- عضو هیأت علمی مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

[۱/۲۲ و ۰/۵۴]، [۱ و ۰/۸۲]، [۲/۷۴ و ۱/۹۷]، [۷/۸۲ و ۵/۶۲]. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش عملکرد میزان کارآئی مصرف آب افزایش می‌یابد.

در نهایت، تغییرات عملکرد محصولات و درآمد خالص حاصل از کشت آنها در منطقه مورد بررسی قرار گرفته است، در صورتی که احتساب آب بها به صورت یارانه‌ای انجام شود ترتیب درآمد حاصل از کشت محصولات در منطقهٔ مغان بصورت زیر خواهد بود:

گوجه‌فرنگی، پنبه، ذرّت دانه‌ای و گندم و سود حاصله مستقّل از میزان راندمان آبیاری خواهد بود. ولی در صورت احتساب آب بها به صورت غیر یارانه‌ای، در یک عملکرد مشخص ، با افزایش راندمان آبیاری، سود حاصله افزایش یافته و در صورت ثابت ماندن راندمان آبیاری و افزایش عملکرد، سود خالص افزایش خواهد یافت.

مقدمه

دشت مغان که در گوشه شمال‌غرب کشور قرار گرفته یکی از مناطق مهمّ کشاورزی است که در آن انواع مختلف محصولات از جمله گندم، پنبه، ذرّت دانه‌ای، چغندر قند، دانه‌های روغنی و ... در مساحتی بیش از نودهزار هکتار کشت و استحصال می‌گردد. با اینکه در قسمتی از این دشت پهناور جهت آبیاری اراضی کشاورزی آب به وفور و در حدّ کفایت در دسترس زراعین قرار دارد، ولی در برخی نقاط و بویژه در ایّامی که گیاهان دوره‌های حسّاسی را نسبت به تنش آب طیّ می‌کنند، کمبود آب احساس می‌شود. تقسیط و تخصیص آب مورد دسترس جهت آبیاری اراضی و دستیابی به عملکرد ممکن یکی از راهکارهایی است که می‌توان در شرایط کمبود آب، نسبت به استفادهٔ بهینه از آب معمول داشت. و یا در شرایط وفور آب و امکان استفاده از آب صرفه‌جویی شده در دیگر اراضی منطقه ، می‌توان با توجّه به اندازهٔ نیازمندی محصولات به آب و نیز متناسب با دوره‌های رشد محصول نسبت به کسر آب و آبیاری با مقدار کمتر از معمول اقدام کرد.این استراتژی که در آن منظور دستیابی به عملکرد مقدور تحت شرایط کمبود آب و با هدف استفاده بهینه از آب و آبیاری است با عنوان «آبیاری مضایقه‌ای یا کم آبیاری» مطرح می‌گردد. بمنظور استفاده از این روش در منطقهٔ مغان بایستی اندازهٔ نیازمندی محصولات به آب، گاه تنش و همچنین دوره‌های فنولوژیک حساس گیاه به کمبود آب، نوع رابطهٔ بین تولید محصولات زراعی و میزان مصرف آب، تأثیر افزایش راندمان آبیاری در افزایش درآمد زارع و... که جهت برنامه‌ریزی شایستهٔ آبیاری مضایقه‌ای (کم‌آبیاری) ضرورت دارد تعیین و مشخّص شود، بنابراین مقالهٔ حاضر با اهداف زیر تنظیم می‌گردد:

۱ـ برآورد پتانسیل عملکرد محصولات مختلف زراعی در شرایط کفایت آب آبیاری در مغان
۲ـ تخمین اندازهٔ نیازمندی محصولات مختلف به آب، در شرایط اقلیمی منطقه
۳ـ بیشینه‌سازی عملکرد محصولات مختلف تحت شرایط کمبود آب در مغان
۴ـ بررسی تغییرات عملکرد محصولات مختلف زراعی بازاء راندمان کاربرد متفاوت در منطقه
۵ـ تعیین کارآئی مصرف آب محصولات مختلف در منطقه
۶ـ بررسی تغییرات عملکرد محصولات زراعی و سودخالص حاصل از کشت آنها در مغان

روش و الگوی بررسی

بمنظور بررسی عکس‌العمل نباتات (بویژه از نظر عملکرد) به تغییرات مقدار آب آبیاری و بویژه به کمبود آب مدلهای مختلف و متفاوتی تهیّه، بسط و ارائه گردیده است. یکی از این مدلها که توسط دورنبوس و کسام تهیّه و به مدل فائو شهرت یافته است، بدلیل سهولت نسبی در بکارگیری آن، در این بررسی انتخاب گردیده است فرم کلّی این مدل بصورت زیر است [۳،۶،۷]:

$$\frac{Y_a}{Y_m}=\Pi_{i=1}^{m}\left[1-Ky_i\left(1-\frac{\sum_{j=1}^{m}ETaji}{\sum_{j=1}^{m}ETmji}\right)\right] \qquad (1)$$

که در آن:

Y_a= عملکرد قابل برداشت واقعی و قابل تشکیل بازاء تبخیر و تعرّق $ETai$، $(Y_a \leq Y_m)$

Y_m= عملکرد قابل برداشت پتانسیل و قابل تشکیل بازاء تبخیر و تعرّق $ETmi$

Ky_i= ضریب حساسیّت ماهانهٔ محصول

$ETaj$= تبخیر و تعرّق واقعی روزانه گیاه $(ETa_j \leq ETm_j)$

$ETmj$= تبخیر و تعرّق ماگزیمم روزانهٔ گیاه

m= تعداد روزهای ماههای فصل رشد

n= تعداد ماههای فصل رشد

Π و Σ = نمادهای ریاضی و به ترتیب معرّف حاصل ضرب و حاصل جمع

جهت نیل به اهداف مورد نظر مقالهٔ حاضر و همچنین جهت سهولت در انجام محاسبات پس از یکسری عملیّات جبری و ساده‌سازیهای مربوط، معادلهٔ (۱) بصورت معادلهٔ زیر درمی‌آید [۴]:

$$\frac{Y_a}{Y_m}=A'.\Pi_{i=1}^{n}\left[\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{n}\sum ETaji+Bi\right] \qquad (2)$$

که در آن:

$$A'=\Pi_{i=1}^{n}Kyi/\Pi_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji\right)$$

$$Bi=\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji\left[\frac{1}{Kyi}-1\right]$$

در زیر به نحوهٔ برآورد هر یک از پارامترهای $ETmj_i, Y_m, \sum_{j=1}^{m}, Kyi$ که جهت استفاده از رابطهٔ (۲) ضرورت به شناسایی آنهاست، مبادرت می‌گردد.

الف) نحوهٔ برآورد عملکرد قابل برداشت پتانسیل محصول

برآورد Y_m با استفاده از روش "منطقهٔ اگرواکولوژیکی" و با قبول فرضیات دویت و با بهره‌گیری از داده‌های

تشعشع بصورت زیر قابل انجام است *[۶]*:

$$Y_m = CL.CN.CH.G.\left[F(o.8+o.o1y_m)y_o + (1-F)(o.5+o.o25y_m)y_c\right] \qquad (۳)$$

که در آن:

CL= ضریب تصحیح برای توسعهٔ نبات (قابل برآورد بر اساس شاخص سطح برگ محصول)

CN= ضریب تصحیح برای مادهٔ خشک خالص به مادهٔ خشک ناخالص محصول (کسری)

CH= اندیس برداشت (کسری)

G= طول دورهٔ رشد محصول (روز)

F= قسمتی از طول مدّت روز که آسمان ابری بوده باشد (قابل برآورد با داده‌های تشعشع)

Y_m= ماگزیمم آهنگ تولید ناخالص ماده خشک برگ محصول در کلیمای منطقه (کیلوگرم در ساعت در هکتار)

Y_o= آهنگ تولید ناخالص مادهٔ خشک در یک روز ابری برای محصول استاندارد (کیلوگرم در ساعت در هکتار)

Y_c= آهنگ تولید ناخالص مادهٔ خشک در یک روز صاف برای محصول استاندارد (کیلوگرم در ساعت در هکتار)

مقادیر Y_o و Y_c با در نظر گرفتن عرض جغرافیائی منطقه مورد بررسی و با بهره‌گیری از جداول پیشنهادی فائو قابل برآورد است.

ب) نحوهٔ برآورد تبخیر و تعرّق ماکزیمم گیاه

جهت برآورد تبخیر و تعرّق گیاه مرجع روش پنمن که بصورت زیر است انتخاب و با اعمال ضریب گیاهی K_c نیازمندی گیاه موردنظر به آب، مورد برآورد قرار خواهد گرفت : *[۱، ۴و۶]*

$$ETo = C.\left[W.R_n + (۱-W)\,F(u).(ea-ed)\right] \qquad (۴)$$

که در آن : ETo= تبخیر و تعرّق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز)

W= فاکتور وزن‌دار مربوط به درجه حرارت

Rn= تشعشع خالص معادل تبخیر (میلی‌متر در روز)

$f(u)$= تابع باد و قابل برآورد با رابطهٔ $F(u) = o.27(1+\frac{u_2}{1oo})$

C= فاکتور تبدیل برای جبران اثر تغییرات عوامل جوّی در شبانه روز

$e_a - e_d$= اختلاف بین فشار بخار اشباع در متوسط درجه حرارت هوا و فشار بخار واقعی هوا (میلی‌بار)

محاسبهٔ مقدار ETo با جاگذاری مقادیر مربوطه و استخراج مقادیر R_n، W $f(u)$ و C از داده‌ها و روابط هوا شناسی مقدور خواهد بود.

ج) نحوهٔ برآورد ضریب حساسیّت محصول

جهت برآورد Ky، از پیشنهادات فائو که در آن دورهٔ فنولوژیک گیاه به چهار دوره و به صورت زیر تقسیم شده استفاده خواهد شد *[۶]*. این دوره‌های رشد عبارتند از: (۱) دورهٔ رویشی (۲) دورهٔ گلدهی (۳) دورهٔ تشکیل عملکرد (۴) دورهٔ رسیدگی

نحوهٔ برآورد کارآئی مصرف آب

کارآئی مصرف آب عبارت است از کارآئی بهره‌مندی از آب در تولید مادهٔ خشک، *[۱، ۴ و ۶]* و از نظر زراعی کارآئی مصرف آب جهت تولید دانه از رابطهٔ زیر قابل برآورده است: *[۴]*:

$$W.U.E = \frac{Ym.A^{1}.\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}.\sum_{j=1}^{m} ETaji + Bi}{\sum_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{j}^{m} ETaji)} \qquad (۵)$$

که در آن:

$W.U.E$= کارآئی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)

$ETaj$= تبخیر و تعرّق واقعی (میلی‌متر در روز)

بقیّه پارامترها و علائم قبلاً تعریف شده‌اند.

بیشینه سازی نسبت عملکرد واقعی به عملکرد پتانسیل

بیشینه‌سازی نسبت عملکرد واقعی به عملکرد پتانسیل، $\frac{Y_a}{Y_m}$ بویژه در شرایط محدودیت آب آبیاری یکی از مواردی است که از نظر اقتصادی کشاورزی حائز اهمیت است.

بیشینه سازی $\frac{Y_a}{Y_m}$ مستلزم حداکثرسازی مقدار عبارت $\Pi_{i=1}^{m}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} ETaji + Bi)$ تحت شرایط مربوطه است و جهت انجام این مورد، از تغییر متغیّر که یکی از روشهای غیرمستقیم در بهینه‌سازی مقیّد توابع غیرخطی است، استفاده بعمل می‌آید. *[۲]*.

تابع هدف مسئله مورد بحث بصورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\frac{Y_a}{Y_m} = \frac{\Pi_{i=1}^{n} Ky_i}{\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} ETmji}.\Pi_{i=1}^{m}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} ETaji + Bi) \qquad (۶)$$

و قیود اصلی مسئله عبارت است از:

$$o \le \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETaji \le \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETmji$$

با فرض اینکه $ETaj$ بر اساس درصدی از $ETmj$ انتخاب و در برنامه‌ریزیهای آبیاری لحاظ گردد، قید مسئله بصورت زیر درمی‌آید:

$$o \le \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETaji}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETmji} = Sin^{2} Zi \le 1$$

باتلفیق معادلهٔ (۶) و معاون جدید رابطهٔ اخیر، تابع هدف مسئله بصورت زیر در می‌آید:

$$\frac{Y_a}{Y_m}=\frac{\Pi_{i=1}^{n}Kyi}{\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji)}.\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji.Sin^{2}Zi+Bi)$$

با جاگذاری مقدار مساوی Bi ، رابطهٔ اخیر بصورت زیر در می‌آید:

$$\frac{Y_a}{Y_m}=\frac{\Pi_{i=1}^{n}Kyi}{\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{n}ETmji)}.\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji.Sin^{2}Zi+\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji.\left[\frac{1}{Kyi}-1\right]) \quad (۷)$$

بمنظور یافتن جوابهای بهینهٔ مسئله، رابطهٔ زیر بایستی برقرار باشد:

$$\partial\left[Y_a/Y_m.\frac{\Pi_{i=1}^{n}Kyi}{\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{n}ETmji}\right]/\partial Zi=o$$

که در آن:

$$Zi=ArcSin\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}ETaji}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}ETmji}}$$

حاصل عبارت فوق، به رابطهٔ زیر منجر می‌گردد:

$$\frac{(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji.Sin_{2}Zi)(\Pi_{i=1}^{n}(\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}ETmji.Sin^{2}Zi+\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji\left[\frac{1}{Kyi}-1\right]))}{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji.Sin^{2}Zi+\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji\left[(\frac{1}{Kyi}-1\right]}=o$$

که در آن: $i=1,...,8$ و آن معرّف ماههای فصل رشد محصول بوده و معادلهٔ فوق بایستی برای تمام محصولات مختلف مورد تحلیل قرار گیرد.

جواب معادلهٔ اخیر با بهره‌گیری از روش حذفی بصورت زیر بدست آمده، این جواب حاصله بایستی برای محصولات مورد نظر و متناسب با ماههای فصل رشد آنها در منطقه و با اعمال شرایط و محدودیتهای مربوطه و با بهره‌گیری از روش آزمون و تکرار، مورد جواب یابی قرار گیرد:

$$Mi=\frac{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji.Sin_{2}Zi}{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji.Sin^{2}Zit}=\frac{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmjk.Sin_{2}Zjk}{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETjkSin^{2}Zit} \quad (۸)$$

$$+\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmji\left[\frac{1}{kyi}-1\right] \qquad +\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}ETmjk\left[\frac{1}{Ky_k}-1\right]$$

که در آن $k=i+1$ و مقادیر i برای محصولات مختلف مورد بررسی، بشرح زیر است.
گندم، $i=1, ..., 7$ پنبه $i=1, ..., 4$ ذرّت دانه‌ای $i=1, ..., 3$ گوجه‌فرنگی $i=1,...,3$.
شرایط و محدودیتهای زیرین جهت حلّ همزمان معادلات بایستی موردنظر باشد.
گندم، در چهار ماههٔ اوّل رشد $o\leq Z\leq 9o$ و در چهار ماههٔ دوّم رشد $7o\leq Z\leq 9o$
پنبه، در ماههٔ اوّ ل رشد $o\leq Z\leq 9o$ و در سه ماههٔ بعدی رشد $7o\leq Z\leq 9o$
ذرت دانه‌ای ، در ماههای مختلف رشد بترتیب، $o\leq Z\leq 9o$، $7o\leq Z\leq 9o$، $8o\leq Z\leq 9o$، $o\leq Z\leq 9o, 8o\leq Z\leq 9o$
گوجه‌فرنگی در ماه اوّل رشد $o\leq Z\leq 9o$، در ماههای دوّم و پنجم، $4o\leq Z\leq 9o$ و در ماههای سوّم و چهارم $7o\leq Z\leq 9o$.

نتایج و بحث

ـ برآورد پتانسیل تولید محصولات در مغان

جهت بررسی در این مطالعه، محصولات گندم، پنبه، ذرت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی انتخاب شده‌اند، دورهٔ رشد هر یک از این محصولات در مغان بشرح زیر است:[1]
گندم از نیمهٔ دوّم آبان تا آخر خرداد، پنبه از اردیبهشت تا نیمهٔ دوّم آبان، ذرت دانه‌ای از نیمهٔ دوّم فروردین تا نیمهٔ دوّم شهریور و گوجه‌فرنگی از نیمهٔ دوّم اردیبهشت تا آخر مرداد.
پتانسیل تولید محصولات فوق‌الذکر، با بهره‌گیری از رابطهٔ (۳) و با اعمال پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبهٔ آن، مورد محاسبه قرار گرفته است که نتایج در جدول (۱) درج شده است:

جدول (۱)ـ مقادیر مربوط به پارامترهای مورد نیاز جهت برآورد پتانسیل تولید محصولات مختلف در مغان

نوع محصول	T	y_m	CL	CH	G	CN	F	Y_m
گندم	۱۴/۰۵	۱۹/۰۵	۰/۵۰	۰/۴۰	۲۴۰	۰/۵۰	۰/۵۳	۷٬۳۳۷/۲۷
پنبه	۲۰/۴۴	۳۳/۰	۰/۵۰	۰/۱۰	۱۸۰	۰/۵۰	۰/۳۶	۵٬۸۳۹/۲۰
ذرت دانه‌ای	۲۳/۰	۶۵/۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۱۵۰	۰/۵۰	۰/۳۰	۱۰٬۰۸۳/۴۹
گوجه‌فرنگی	۱۸/۰۵	۳۰/۳۳	۰/۵۰	۰/۳۰	۱۵۰	۰/۵	۰/۲۸	۶۰۷۶۷/۶۶

ب ـ برآورد اندازهٔ نیازمندی محصولات مختلف به آب

با استفاده از آمار ایستگاه کلیماتولوژی پارس آباد در طول دورهٔ ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۰ و با بهره‌گیری از روش پنمن (معادلهٔ ۴)، تبخیر و تعرّق گیاه مرجع مورد محاسبه قرار گرفته و با اعمال ضریب گیاهی K_c میزان نیاز آبی محصولات مختلف در شرایط اقلیمی مغان برآورده شده که نتایج در جدول (۲) آورده شده است

۱ـ دورهٔ مذکور در حالت کلّی بیان شده و ارقام مختلف از این حیث قدری با هم متفاوتند.

جدول (۲)- اندازه تبخیر و تعرّق گیاه مرجع و اندازهٔ نیازمندی محصولات به آب (بر حسب میلی‌متر در ماه)

ماه رشد / نوع محصول	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	
تبخیر و تعرق پانسیل	۱۲۳/۹	۵۲/۵	۳۳	۳۲/۷	۳۷/۸	۵۵/۸	۹۷/۰	۱۴۳/۴	۱۸۳/۸	۲۳۵	۲۳۸/۱	۱۷۹/۲	
گندم	–	۲۱	۱۳/۲	۱۳/۰۸	۱۵/۱۲	۵۳/۵۷	۱۲۶/۱۰	۱۸۶/۴۲	۱۷۴/۶۱	–	–	–	
پنبه	–	–	–	–	–	–	–	۵۷/۳۶	۸۸/۲۲	۱۱۸/۴۴	۱۸۲/۶	۱۳۷/۴	
ذرت دانه‌ای	–	–	–	–	–	–	۳۳/۹۵	۱۰۰/۳۸	۱۹۲/۹۹	۱۴۱/۰	–	–	
گوجه‌فرنگی							–	۸۱/۷۴	۱۸۳/۸۰	۲۷۰/۲۵	۲۴۰/۴۸	–	

ج - بیشینه سازی $\frac{Y_a}{Y_m}$ محصولات مختلف در شرایط مغان

با در نظر گرفتن ضریب حساسیّت محصول و همچنین میزان نیازمندی محصولات مختلف به آب در دوره‌های مختلف رشد، به محاسبهٔ مقدار ضریب ثابت A اقدام شده که نتایج در جدول (۳) آورده شده است:

جدول (۳)- مقادیر مربوط به ضریب ثابت $A=\Pi_{i=1}^{n} Kyi / \Pi_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} ETmi$

نوع محصول	$\Pi_{i=1}^{n} Kyi$	$\Pi_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} ETmji$	A
گندم	۰/۰۰۰۱۲	۱/۲۰۵۴۱۰۲۹۳×۱۰^۱۳	۹/۹۵۵۱×۱۰^-۱۸
پنبه	۰/۰۰۶۲۵	۲۱/۸۷۴۰۷۸۰۳×۱۰^۱۳	۲/۸۵۷۲×۱۰^-۱۷
ذرّت دانه‌ای	۰/۰۳۶۰۰	۹/۲۷۳۴۴۰۵×۱۰^۷	۳/۸۸۲۰×۱۰^-۱۰
گوجه‌فرنگی	۰/۰۷۷۴۴	۹/۷۶۳۷۳۵۱×۱۰^۸	۷/۹۳۱۳۹×۱۰^-۱۱

با بهره‌گیری از روش حلّ آزمون و تکرار، معادلهٔ (۸) برای محصولات گندم، پنبه، ذرت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی در شرایط مغان مورد تحلیل قرار گرفته است. پس از یافتن مجموعهٔ مقادیر Ziها برای دوره‌های مختلف رشد و برای محصولات فوق‌الذکر مقدار $Sin^2 Zi$ برآورد و با استفاده از این مقدار، حاصل کسر $\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETaji}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETmji}$ برای $\frac{Y_a}{Y_m}$های واقع در مجموعه جواب مسئله بهینه سازی و برای محصولات مختلف مورد محاسبه قرار گرفته که نتایج در شکلهای ۱ تا ۴ رسم شده است. این شکلها، مبیّن سهم مشارکت هر یک از ماههای فصل رشد جهت جبران نیازمندی محصول به آب برای تشکیل عملکرد ممکن محصولات فوق و تحت شرایط کمبود آب و در حالت بیشینهٔ $\frac{Y_a}{Y_m}$ است.

با مشاهدهٔ شکل (۱) می‌توان گفت که از ماه پنجم فصل رشد به بعد، گندم به تنش آبی حساستر است لذا برای داشتن عملکرد (بویژه عملکرد ممکن بیشینه) حداقل مقدار $\frac{ETai}{ETmi}$ در حدود ۰/۹۵ و مقدار این نسبت از اوّل ماه رشد تا پنجم بین ۰/۴۲ تا ۱ می‌تواند انتخاب شود.

شکل (۲) نشان می‌دهد با عنایت به حساستر بودن پنبه به تنش کمبود آب در سه ماههٔ آخر رشد دامنهٔ انتخابی برای $\frac{ETai}{ETmi}$، جهت استحصال عملکرد مطلوب از مجموعه جواب معادلهٔ (۷) بین ۰/۴۱ تا ۱ (در دو ماههٔ اوّل رشد) و بین ۰/۹۵ تا ۱ (در سه ماههٔ آخر رشد) می‌باشد.

شکل (۳) نشان مدهد که دامنهٔ تغییرات $\frac{ETai}{ETmi}$ ذرت دانه‌ای بصورت زیر است.

حداقل مقدار $\frac{ETai}{ETmi}$ در ماه اوّل رشد برابر ۰/۹۸، در ماه دوّم رشد برابر ۰/۹۶، در ماه سوم رشد برابر ۰/۹۳ و در ماه چهارم رشد برابر ۰/۹۲ می‌باشد.

در مورد محصول گوجه‌فرنگی (شکل (۴)) می‌توان گفت که : ماههای میانی به کمبود آب حساستر هستند، دامنهٔ انتخابی برای $\frac{ETai}{ETmi}$ در این مورد بین ۰/۹۵ و ۱ و مقدار این نسبت در ماه اوّل و چهارم رشد بین ۰/۴ تا ۱ می‌تواند باشد.

دامنهٔ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ را نسبت دامنهٔ به تغییرات $\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETaji}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} ETmji}$ می‌توان بصورت زیر

خلاصه نمود :

در مورد گندم: $[0/398, 1]$ و $[0/896, 1]$

در مورد پنبه: $[0/698, 1]$ و $[0/855, 1]$

در مورد ذرت دانه‌ای: $[0/82, 1]$ و $[0/644, 1]$

در مورد گوجه‌فرنگی: $[0/522, 1]$ و $[0/727, 1]$

ر ـ بررسی تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء راندمان کاربرد آبیاری متفاوت در محصولات مختلف منطقه

جهت بررسی این قسمت، میزان تبخیر و تعرق واقعی جهت تولید عملکرد Y_a در طول فصل رشد از مجموعه تبخیر و تعرّق واقعی ماههای فصل رشد بدست آمده است. با در نظرگرفتن مقدار بارش مؤثر، نسبت به محاسبهٔ نیاز خالص آبیاری اقدام و با فرض راندمانهای کاربرد مختلف و متفاوت و برابر ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد، میزان حجم ناخالص آب آبیاری بر حسب متر مکعب برای محصولات گندم ، پنبه ، ذرّت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی و در شرایط مغان برآورد گردیده است. و نتایج در شکلهای (۵) ، (۶) ، (۷) و (۸) قابل ملاحظه است. از این شکلها، نتایج زیر قابل استنتاج است :

(۱) جهت افزایش میزان عملکرد مقدور، بدون افزایش در میزان راندمان کاربرد آب بایستی حجم ناخالص بیشتری از آب صرف گردد.

(۲) در صورت که راندمان کاربرد آب افزایش نیابد ، دستیابی به عملکرد پتانسیل مستلزم استفاده از حجم ناخالص بیشتری از آب است (حالت خاصّی از بند (۱))

(۳) هر چه راندمان آبیاری افزایش یابد ، میزان حجم ناخاص آب آبیاری جهت تولید یک میزان مشخصی از عملکرد ، متناسباً کاهش خواهد یافت.

ـ برآورد کارآئی مصرف آب محصولات مختلف در مغان

جهت برآورد کارآئی مصرف آب محصولات گندم ، پنبه ، ذرّت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی از رابطهٔ (۵) استفاده

شده است.[1] میزان کارآئی مصرف آب (بر حسب کیلوگرم در متر مکعب) بازاء مجموع تبخیر و تعرّق واقعی در طول فصل رشد جهت دستیابی به عملکرد Y_a و همچنین با اعمال راندمانهای کاربرد آب مختلف و متفاوت و برابر ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۱۰۰ درصد مورد محاسبه قرار گرفته است.

نتایج محاسبات در شکلهای (۹)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) آورده شده است.

این شکلها نشان می‌دهند (۱) دامنهٔ تغییرات کارآئی مصرف آب محصولات مختلف بدون اعمال راندمان آبیاری بشرح زیر است :

گندم [۱/۲۲ و ۰/۵۴]، پنبه [۱ و ۰/۸۲]، ذرت دانه‌ای [۲/۷۴ و ۱/۹۷] و گوجه‌فرنگی [۷/۸۲ و ۵/۶۲]

(۲) حتّی در صورتیکه راندمان آبیاری تغییری ننماید ، با افزایش عملکرد محصول ، میزان کارآئی مصرف آب افزایش می‌یابد.

(۳) حتّی در موقعی که عملکرد تغییری نکند ، افزایش راندمان آبیاری منجر به افزایش کارائی مصرف آب می‌گردد.

- بررسی تأثیر تغییرات عملکرد محصولات مختلف در سود خالص حاصل از کشت آنها در مغان

جهت برآورد سود خالص حاصل از کشت محصولات گندم، پنبه، ذرت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی در منطقهٔ مغان، کلّ هزینه زراعت و میزان درآمد حاصل از عملکرد استحصالی برآورد، سپس بر مبنای آنها سود خالص حاصل از کشت هر یک از محصولات مورد محاسبه قرار گرفته است. در برآورد کلّ هزینهٔ هر یک از عملکردهای ممکن، ارزش همهٔ فاکتورها به غیر از آب بها ثابت در نظر گرفته شده است.

کلّ هزینهٔ زراعت شامل هزینه‌های مربوط به شخم، دیسک، لولر و ماله‌کشی و نهر کشی، کود پاشی، بذر پاشی، آبیاری، وجین گوجه‌فرنگی، کولتیواتر و سله‌شکنی در ذرّت دانه‌ای و پنبه، تنک در پنبه، سم پاشی، خرید بذر، خرید کود، خرید سمّ و علف کش، هزینهٔ برداشت، هزینه حمل محصول و نهاده‌ها و سایر هزینه‌های متفرقه و همچنین آب بها (این هزینه متناسب با راندمان کاربرد آب متغیّر در نظر گرفته شده است) بوده و محاسبهٔ هزینه بر اساس قیمتهای سال زراعی ۱۳۷۷-۱۳۷۶ انجام شده است. در برآورد درآمد، قیمت هر کیلو محصول از قرار زیر لحاظ شده است، گندم ۶۳۰ ریال، پنبه ۱۹۵۰ ریال، ذرّت ۵۵۰ ریال و گوجه‌فرنگی ۴۵۰ ریال.

در برآورد هزینه آب بها در دو حالت یارانه‌ای و غیریارانه‌ای لحاظ شده، آب بها در حالت یارانه‌ای از قرار هر متر مکعب برای گندم ۷/۲۴ ریال در هکتار ، برای پنبه ۷/۸۹ ریال در هکتار، ذرت دانه‌ای ۸/۵۶ ریال در هکتار، گوجه‌فرنگی ۸/۵۸ ریال در هکتار در نظر گرفته شده است.

در حالت غیریارانه‌ای هزینهٔ لازم جهت دستیابی به هر متر مکعب آب در سر مزرعه با نرخ بهرهٔ ۸٪ بطور متوسط معادل ۱۸۶ ریال (معادل هزینهٔ دسترسی به هر متر مکعب آب در پروژه‌های جدید استانی) فرض و محاسبات لازم انجام شده است.

شکلهای (۱۳)، (۱۴)، (۱۵) و (۱۶) تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ محصولات گندم، پنبه، ذرّت دانه‌ای و گوجه‌فرنگی را در

۱- رطوبت موجود در محصول ، در موقع برداشت ، جهت توزین بشرح زیر منظور بوده است :

گندم ۱۵-۱۲٪ ، ذرت دانه‌ای ۱۳-۱۰٪ ، پنبه ۱۰٪ ، گوجه‌فرنگی ۹۰-۸۰٪

مقابل سود خالص حاصله و بازاء راندمانهای کاربرد مختلف آبیاری و در دو حالت، با فرض قیمت غیریارانه‌ای برای آب و قیمت یارانه‌ای برای آب آبیاری نشان می‌دهد. موارد زیر از این شکلها قابل استنتاج است.

الف) در حالتی که آب بها با نرخ یارانه‌ای مورد محاسبه قرار گرفته ، هر چهار شکل نشان می‌دهد که سود خالص حاصل از زراعت هر محصول بازاء یک عملکرد مشخص ، ثابت بوده و مستقّل از تغییرات اندازهٔ راندمان کاربرد آب است ، به عبارت دیگر ، افزایش یا کاهش راندمان آبیاری تفاوتی در سود خالص زارع ندارد.

ب) در حالتی که آب بها با نرخ غیریارانه‌ای فرضی مورد محاسبه قرار گرفته ، با افزایش راندمان آبیاری سود خالص زارع افزایش می‌یابد ، حتّی اگر عملکرد تغییری ننماید و مقداری ثابت داشته باشد و همچنین در صورتیکه تغییری در راندمان آبیاری ایجاد نشود و عملکرد محصول افزایش یابد، سود خالص زارع افزایش خواهد یافت.

ج) در امر برنامه‌ریزی می‌توان از ترکیب و تلفیق هر دو حالت نرخ یارانه‌ای و غیریارانه‌ای فرضی برای آب کشاورزی می‌توان بهره‌مند شد ، بدین صورت که می‌توان ارزش اقتصادی حالت غیریارانه‌ای را برآورد و با لحاظ راندمان آبیاری قابل دستیابی ، سود خالص حاصل از کشت محصول در هر هکتار را برای زارع تخمین زده و بازاء همین سود خالص ، عملکرد مقدور تخمین زده می‌شود و بر اساس آن می‌توان در ماههای مختلف فصل رشد ضمن برنامه‌ریزی جهت استفاده از آب صرفه‌جویی شده ، نسبت به کسر آب آبیاری اقدام نمود ، در این صورت علاوه بر اینکه سود خالص قابل قبولی عاید زارعین منطقه خواهد شد ، جهت کسب درآمد بیشتر آنها سعی در استفادهٔ بهینه و کارا از آب مورد دسترس خواهند کرد که این اقدام مالاً به افزایش عملکرد نیز منجر خواهد شد و از دیگر سو با بکارگیری آبهای صرفه‌جویی شده در دیگر مواضع سودی نیز عاید اقتصاد کشاورزی کشور خواهد گردید.

نتیجه‌گیری

۱ـ در صورت کمبود آب و تمایل به استفاده از آبیاری مضایقه‌ای ، حداکثر مقدار کسر آب از اندازهٔ نیازمندی گیاه ، می‌تواند با توجه به نوع محصول و در دوره‌های مختلف رشد بصورت زیر انجام گیرد :

گندم : در چهار ماههٔ اوّل رشد ، ۵۸ درصد ـ چهار ماههٔ دوّم رشد ، ۵ درصد.

پنبه : در دو ماههٔ اوّل رشد ، ۵۹ درصد ـ سه ماههٔ آخر رشد ، ۵ درصد.

ذرّت دانه‌ای : در تمامی مراحل رشد ۸ درصد.

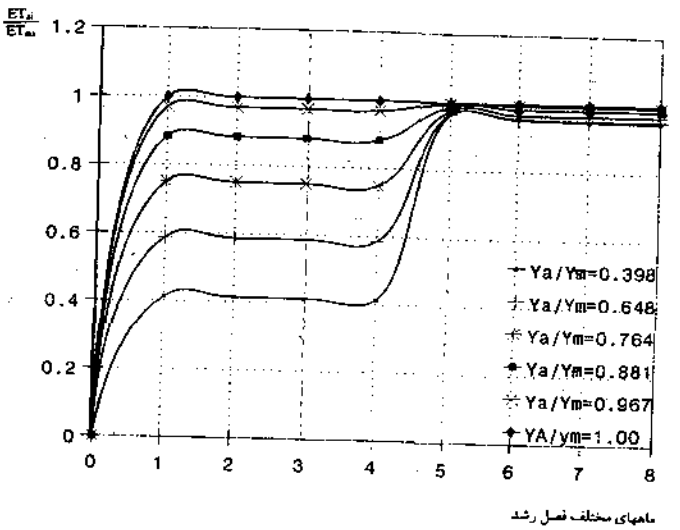
گوجه‌فرنگی : ماههای اوّل و چهارم ، ۵۹ درصد و ماههای دوّم و سوّم ۵ درصد.

۲ـ در صورتی که راندمان آبیاری افزایش نیابد ، دستیابی به عملکرد پتانسیل ، مستلزم استفاده از حجم ناخالص بیشتری از آب خواهد بود.

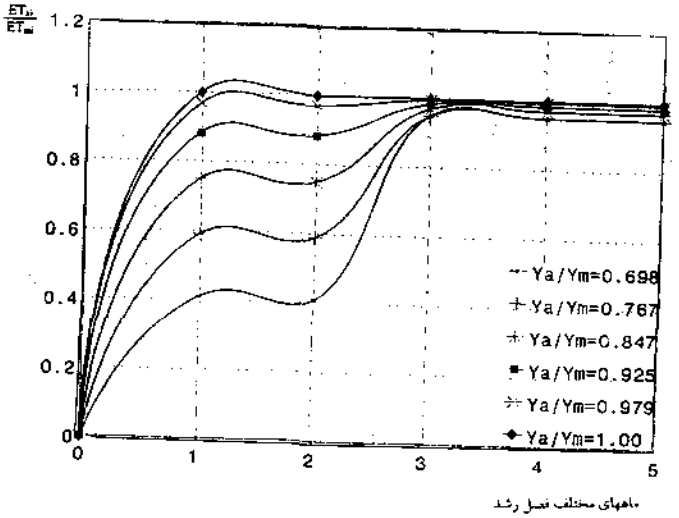
۳ـ در صورت داشتن حجم مشخصی از آب ، با افزایش راندمان آبیاری ، می‌توان عملکرد محصولات را افزایش داد.

۴ـ به ازاء راندمان آبیاری مشخّص ، هر گونه افزایش در عملکرد محصولات ، به افزایش کارآئی مصرف آب خواهد انجامید.

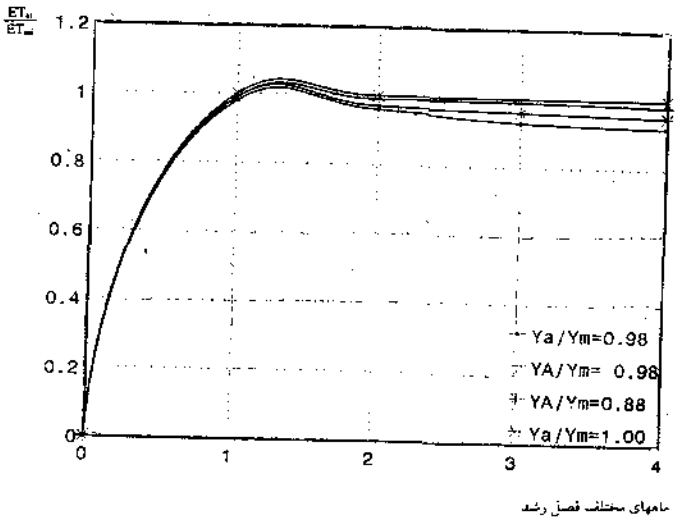
۵ـ افزایش راندمان آبیاری ، به افزایش کارآئی مصرف آب منجر خواهد شد.
۶ـ در صورت احتساب آب بها بصورت یارانه‌ای ، درآمد حاصل از کشت محصولات ، مستقّل از تغییر در میزان راندمان آبیاری بوده و افزایش یا کاهش راندمان آبیاری تغییری معنی‌داری در سود خالص زارع نخواهد داشت.
۷ـ در صورت احتساب آب بها بصورت غیریارانه‌ای ، افزایش راندمان آبیاری به افزایش سود زارع می‌انجامد.
۸ـ جهت استفاده بهینه از آب و نیز بهره‌مندی زارع از سود کافی ، از ترکیب و تلفیق هر دو حالت یارانه‌ای و غیریارانه‌ای جهت احتساب آب بها ، می‌توان در برنامه‌ریزیها استفاده کرد.



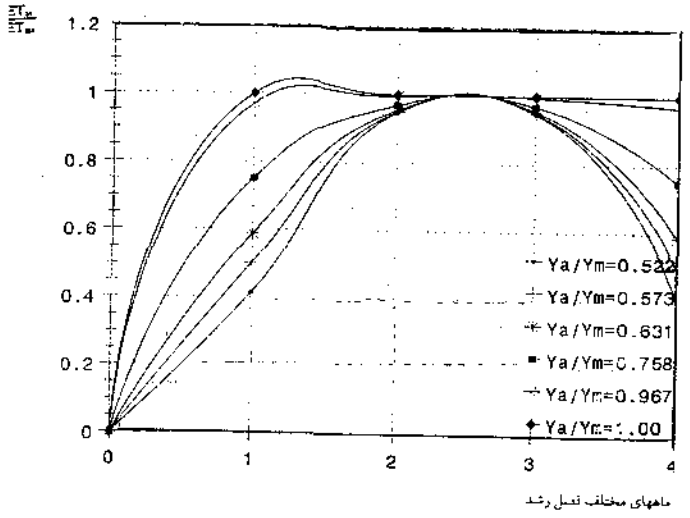
شکل ۱ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء تغییرات $\frac{ET_{ai}}{ET_{mi}}$ ماههای مختلف فصل رشد محصول گندم در مغان



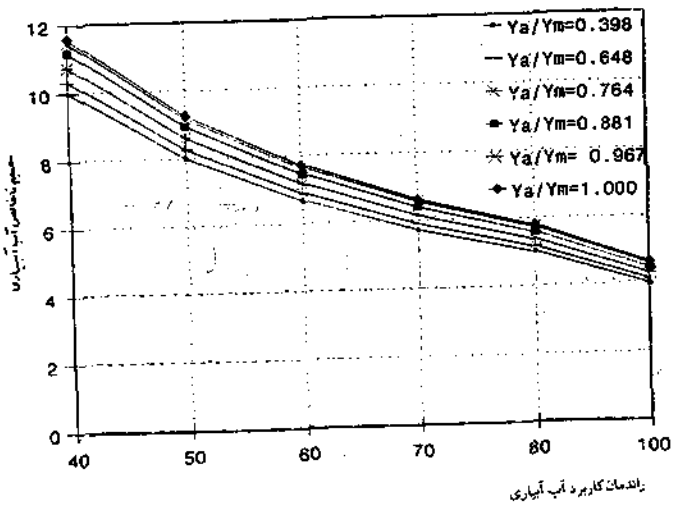
شکل ۲ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء تغییرات $\frac{ET_{ai}}{ET_{mi}}$ ماههای مختلف فصل رشد محصول پنبه در مغان



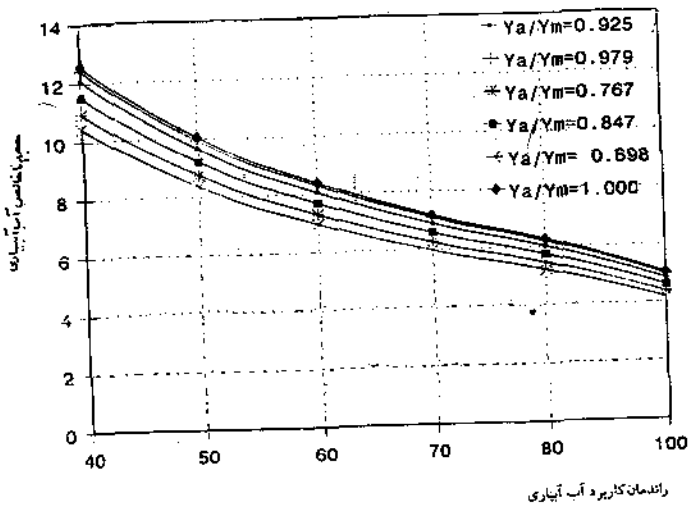
شکل ۳ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء تغییرات $\frac{ET_{ai}}{ET_{mi}}$ ماههای مختلف فصل رشد محصول ذرت دانه‌ای در مغان



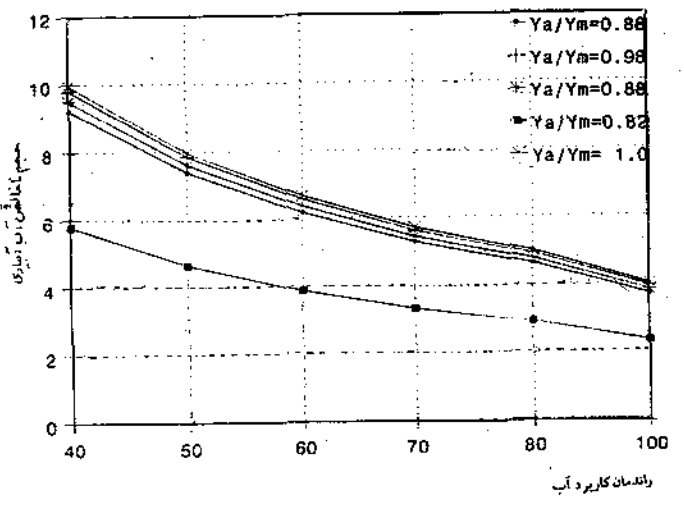
شکل ۴ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء تغییرات $\frac{ET_{ai}}{ET_{mi}}$ ماههای مختلف فصل رشد محصول گوجه‌فرنگی در مغان



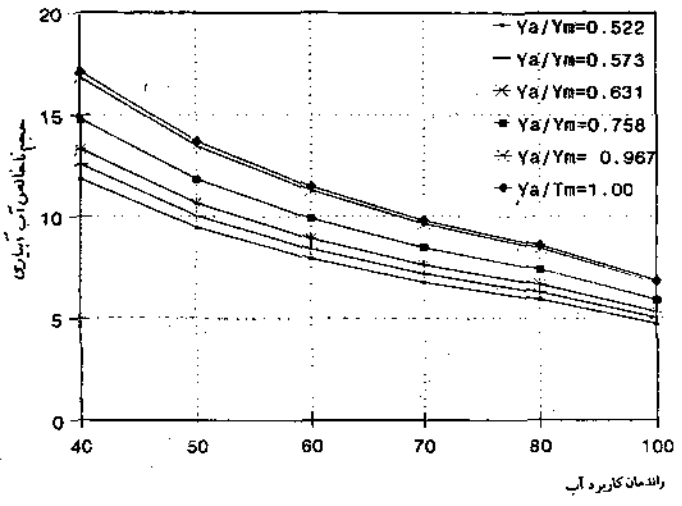
شکل ۵ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء تغییرات راندمان کاربرد آب آبیاری مختلف در محصول گندم



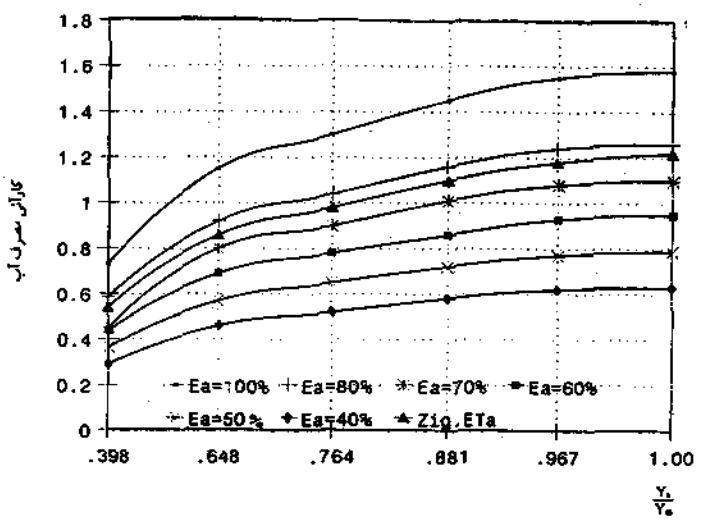
شکل ۶ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء تغییرات راندمان کاربرد آب آبیاری مختلف درمحصول پنبه



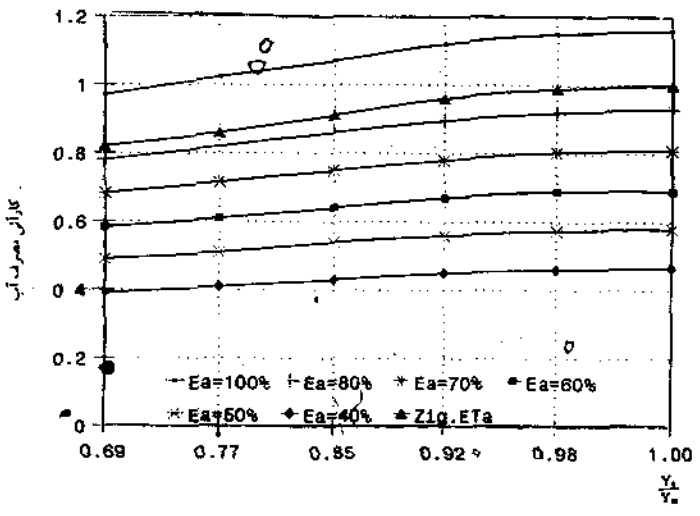
شکل ۷ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاءتغییرات راندمان کاربرد آب آبیاری مختلف درمحصول ذرّت دانه‌ای



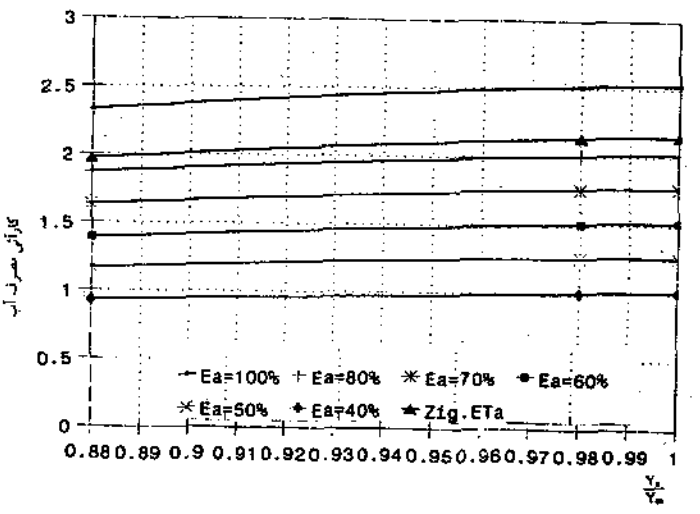
شکل ۸ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء تغییرات راندمان کاربرد آب آبیاری مختلف در محصول گوجه فرنگی



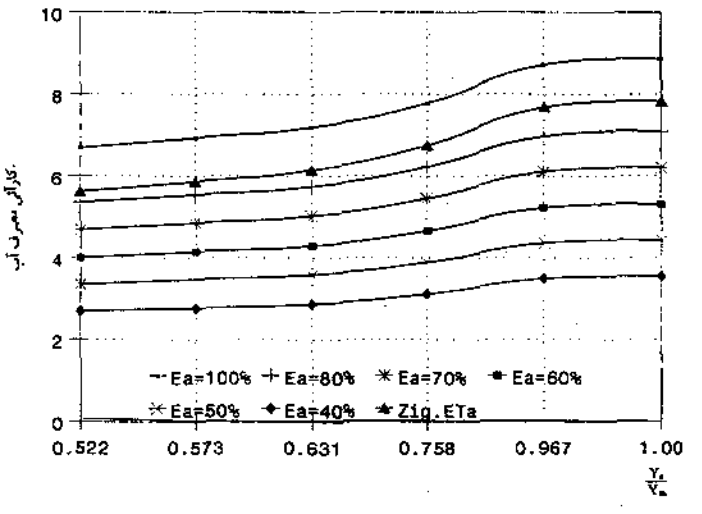
شکل ۹ ـ تغییرات کارآئی مصرف آب در مقابل تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ ازاء راندمان کاربرد آب مختلف در محصول گندم



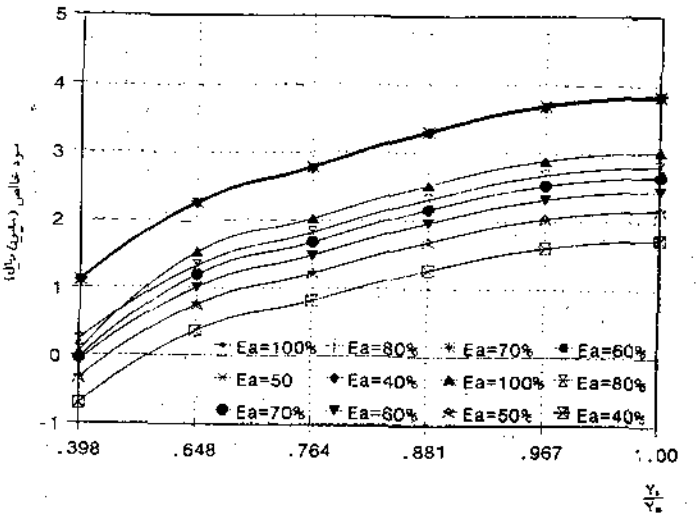
شکل ۱۰ ـ تغییرات کارآئی مصرف آب در مقابل تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء راندمان کاربرد آب مختلف در محصول پنبه



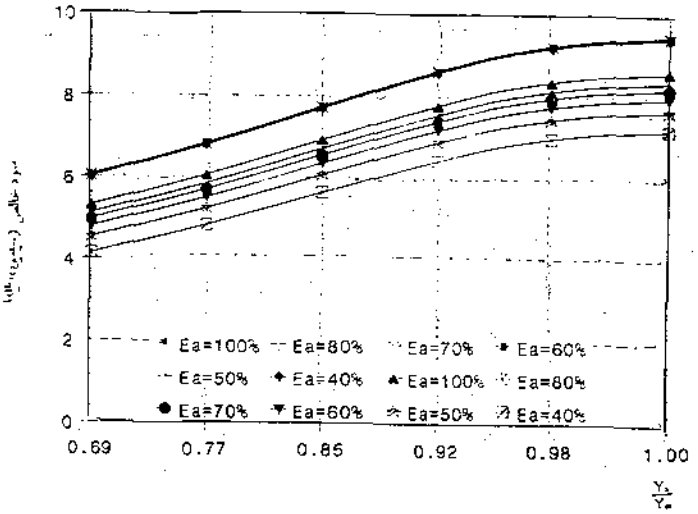
شکل ۱۱ ـ تغییرات کارآئی مصرف آب در مقابل تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء راندمان کاربرد آب مختلف در محصول ذرّت دانه‌ای



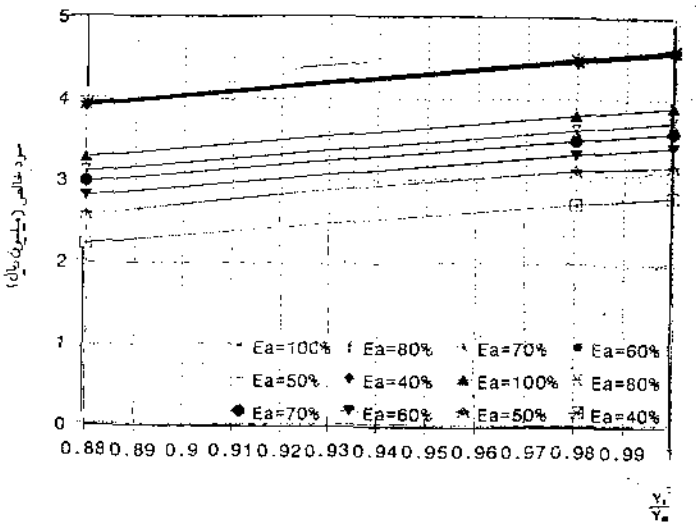
شکل ۱۲ ـ تغییرات کارآئی مصرف آب در مقابل تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ بازاء راندمان کاربرد آب مختلف در محصول گوجه‌فرنگی



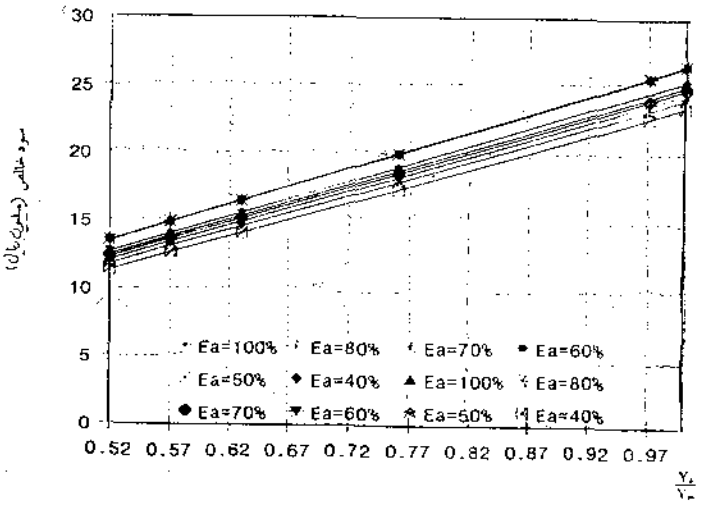
شکل ۱۳ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ محصول گندم در مقابل سود خالص حاصله و در ازای راندمان کاربرد آب مختلف



شکل ۱۴ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ محصول پنبه درمقابل سود خالص حاصله و در ازای راندمان کاربرد آب مختلف



شکل ۱۵ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ محصول ذرت دانه‌ای درمقابل سود خالص حاصله و در ازای راندمان کاربرد آب مختلف



شکل ۱۶ ـ تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ محصول گوجه‌فرنگی درمقابل سود خالص حاصله و در ازای راندمان کاربرد آب مختلف

منابع

۱ـ تی‌یر ، آی.دی ، و ام.ام.پیت. ۱۳۷۲ ، رابطهٔ آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمهٔ عوض کوچکی ، محمدحسین و مهدی نصیری محلّاتی). انتشارات جهاد دانشگاهی . مشهد . ایران.

۲ـ شهیدی‌پور ، س.م. ۱۳۷۴ ، بهینه‌سازی ، انتشارات جهاد دانشگاه مشهد . ایران.

۳ـ قهرمان ، ب. ، و ع. سپاسخواه . ۱۳۷۵. حداکثر عملکرد نسبی محصولات زراعی ، چشم‌اندازی جدید در کم آبیاری آب و توسعه (سال چهارم). وزارت نیرو. تهران. ایران.

۴ـ ناصری ، ا. ۱۳۷۷ . آنالیز فونکسیون مصرف آب عملکرد محصول ذرّت دانه‌ای در نواحی مختلف کشور. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران . کرج . ایران.

5- Doorenbos , J. , and W.O. pruitt. 1977. Guide lines for predicting crop water requirements. F.A.O. Rome. Italy.

6- Doorenbos, J., and A.H. Kassam. 1979. Yield response to Water. F.A.O. Rome. Italy.

7- Howard , M.T., R.J. Mayne, and T.R. Sinclair . 1983. Limitations of efficient water use in crop production American socity of Agronomy.U.S.

Analysis and optimization of water use - crop yield relation in Moghan

Abolfazl Nasseri

ABSTRACT :

Yield potential of wheat, cotton , corn , and tomato was estimated using "Agro - ecological zone" method under adequate irrigation water conditions in Moghan. Obtained amounts was : 7337.27, 5839.20 , 10083.49 , 60767.66 (kg/ha/year), for wheat , cotton , corn , and tomato , respectively.

Water requirements of these crops was estimated in growth season , using Penman method , under Moghan climate conditions. Obtained amounts was 603.1 , 584.0 , 468.3 , and 776.3 mm/growth season , for wheat, cotton, corn , and tomato , respectively.

The maximization of crop yield function was done under different conditions of water deficit. The maximum decrease of water requirements of crops that can be done as : 10% , 15% , 35% , and 27% , for wheat , cotton , corn , and tomato,

The crop yield variation was investigated in different irrigation water efficiency such as :

40% , 50% , 60% , 70% , 80% , and 100%. Obtained result supports that , under a constant volume of irrigation water condition, with increase of irrigation water efficiency, the amount of crop yield will be increased.

The water use efficiency of crops was determined. The nape of this factor was : [0.54 , 1.22] , [0.82 , 1] , [1.97 , 2.74] , and [5.62 , 7.82] (kg/m^3/ha/year) , for wheat, cotton , corn , and tomato crops, respectively. The result supports that with in crease of crop yield, the water use efficiency will be increased.

Finally, The variations of crop yield and net benefit was investigated in Moghan. If water cost be calculated with subside state , results support that: The ranke of crops from the benefit viewpoint will beas : Tomato , Cotton , Corn , and wheat respectively, and the net benefit is independent from the amount of irrigation water efficiency. But if water cost be calculated with actual, results support that: Increasing of irrigation water efficiency would be increased the net benefit, and if irrigation water efficiency be constant , and under increase of yield condition , net benefit will be increased.