مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۱۱

موضوع:

کم آبیاری بهینه
تحت شرایط مختلف مقدار اولیه آب در نیمرخ خاک

تألیف:

بیژن قهرمان و علیرضا سپاسخواه[۱]

چکیده

باکاهش فزاینده منابع آبی ازنظرکمی توجه محققین به یافتن توابع تولید محصول از آب و بعد از آن به تخصیص بهینه آب ناکافی معطوف شده است. تخصیص بهینه آب فصلی غالباً توسط برنامه ریزی ریاضی (برنامه‌ریزی خطی، غیرخطی وپویا) صورت می پذیرد .دراین بررسی، مقایسه‌ای بین برنامه ریزی غیرخطی بابرنامه ریزی پویا برای گندم زمستانه درباجگاه واقع دراستان فارس بعمل آمده است. درحالیکه در برنامه ریزی غیرخطی توزیع اولیه رطوبت خاک درنظرگرفته نمی شود، سه توزیع مختلف اولیه رطوبت خاک (PWP ثابت تاحد اکثرعمق ریشه، FC ثابت تا حداکثر عمق ریشه، PWP درسطح و FC درحد اکثرعمق ریشه وتغییرات خطی رطوبت باعمق) دربرنامه ریزی پویا درنظرگرفته شد. نتایج بدست آمده نشان داد که احتساب نقش رطوبت اولیه خاک باعث بالا رفتن محصول نسبی در ازاء مقادیر مختلفی از کاهش تامین آب آبیاری می‌شود و نادیده گرفتن این نقش منجر به برآورد پائین تولید محصول نسبی درروش برنامه ریزی غیرخطی می‌گردد. چنانچه خاک هیچ کمکی درتامین بخشی از نیاز آبی گیاه ننماید (رطوبت اولیه خاک PWP باشد) توزیع تبخیر- تعرق نسبی (نسبت تبخیر- تعرق واقعی به بالقوه) دردو روش محاسبه تقریباً برهم منطبق است. توزیع اولیه رطوبت خاک همچنین برروی حد بهینه کاهش آب نیز موثر است. هرچه این تاثیر بیشتر باشد حد بهینه کاهش آب و همچنین حد اکثر سود خالص نسبی افزایش خواهد یافت.

۱- اساتید بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

منابع آب شیرین درجهان محدود است . باافزایش جمعیت نیاز به استفاده از آب بیشتر می شود ولذا منابع آب بطور فزاینده‌ای مورد تهدید قرار می‌گیرد. از آنجایی که بخش کشاورزی عمده ترین مصرف کننده آب بشمار می آید، هرگونه صرفه جویی دراین بخش کمک موثری به صرفه جویی درمنابع آب تلقی می شود. برای تخصیص بهینه آب در تولید گیاهان زراعی،رابطه ریاضی بین میزان آب بکاربرده شده و میزان محصول تولیدی مورد نیاز است. همچنین علاوه برمیزان آب درکل دوره رشد، میزان آب درهر مرحله رشد نیز تاثیرمهمی برروی میزان محصول خواهد داشت. باداشتن تابع تولید محصول ازآب ،تخصیص بهینه آب غالباً توسط برنامه ریزی ریاضی صورت می پذیرد. برای این منظور سه نوع برنامه ریزی توسط محققین ارائه شده است که عبارتند ازبرنامه‌ریزی خطی (مجی وهیدی ،۱۹۷۸) ،برنامه‌ریزی غیرخطی (قهرمان و سپاسخواه ،۱۹۹۷) و برنامه‌ریزی پویا(لی و همکاران، ۱۹۹۱،اپرسون وهمکاران ،۱۹۹۳). قطعاً انتخاب هرروش ،تابع مستقیمی ازنوع اطلاعات قابل تهیه ،زمان اجرای برنامه توسط کامپیوتر ودقت مورد انتظارمی باشد. باپیشرفت وتوسعه کامپیوترهای سریع، امروزه به ندرت از روش های برنامه ریزی خطی برای تخصیص بهینه آب استفاده می شود. درحالیکه درروش برنامه ریزی غیرخطی ازنقش مقدار اولیه آب خاک صرف نظر می شود، برنامه‌ریزی‌پویا توزیع آب درخاک رانیز مد نظر قرا رمیدهد وبنابراین انتظار میرود که نتایج بدست آمده از این دو روش بایکدیگر یکسان نباشد. در بررسی حاضر، دو روش برنامه ریزی غیرخطی و پویا برای تعیین نقش مقداراولیه آب خاک درشرایط کم آبیاری برای گندم زمستانه درباجگاه واقع دراستان فارس مقایسه شده اند.

تئوری

تابع تولید محصول از آب

جنسن (۱۹۶۸) مقدارمحصول نسبی گیاهان زراعی (determinent) رابعنوان تابعی از تبخیر- تعرق نسبی درطول دوره رشد ارائه کرده است :

$$\frac{y_a}{y_m} = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)^{\lambda_i} \qquad (۱)$$

که درآن y_a و y_m میزان محصول واقعی وحد اکثرتولید شده ، ET_a ,تبخیر- تعرق واقعی, ET_m حداکثرتبخیر- تعرق ، n تعداد مراحل رشد و λ_iضریب حساسیت به آب درمرحله رشد i ام می باشد.

نیریزی وریدزفسکی (۱۹۷۷) و میروهمکاران (۱۹۹۳) مقدارآب داده شده(w_a) راباتقریب معادل تبخیر- تعرق واقعی دانسته ورابطه (۱) راساده نمودند:

$$\frac{y_a}{y_m} = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{w_a}{w_0}\right)^{\lambda_i} \qquad (۲)$$

که درآن w_0 حد اکثرآب مورد نیاز می باشد.

تخصیص بهینه آب ناکافی

تخصیص بهینه مقدارمحدودی از آب بادو روش می تواند بدست آید:
الف - برنامه ریزی غیرخطی : چنانچه میزان آب دردسترس درطول فصل رشد(w) ناکافی باشد داریم :

$$W = X.\sum^{n}_{i=1}(W_o)_i \qquad (۳)$$

که درآن X بین صفرویک است. تخصیص بهینه آب باحل مسئله زیرصورت می پذیرد :

$$\max : \prod^{n}_{i=1}\left(\frac{W_a}{W_o}\right)^{\lambda i} \qquad (۴)$$

تحت قیود :

$$\sum^{n}_{i=n}(W_a)i = X.\sum^{n}_{i=n}(W_o)i \qquad (۵)$$

$$(W_a)i \le (W_o)i \qquad \text{(برای هر i)} \qquad (۶)$$

جزئیات حل مسئله فوق بااستفاده از شرایط کان - تاکر درروش لاگرانژ درقهرمان و سپاسخواه (۱۹۹۷) ارائه شده است.
ب - برنامه ریزی پویا: ازدیرباز این روش برای تخصیص بهینه آب محدود مورد استفاده قرارگرفته است (رائو وهمکاران ، ۱۹۸۸ ،ازمیان بقیه). حسب نوع مسئله ودقت مورد انتظار تعدادی متغیرحالت تعریف می شود. عموماً دومتغیرحالت یعنی مقدارآب باقیمانده قابل تحویل ورطوبت خاک، مورد استفاده قرارمی گیرند. گرچه روش برنامه ریزی پویا تنها قادر است آب رابین دوره های رشد اختصاص دهد ولی بامنظورکردن بیلان آب دردوره های زمانی کوتاهتر می توان برنامه ریزی آبیاری رادردوره های زمانی مشخص، مثلاً هفتگی نیز ارائه کرد. جزئیات روش برنامه ریزی پویا دررائو وهمکاران (۱۹۸۸)وجزئیات بیلان آب خاک دررائو (۱۹۸۷)ارائه شده است.

روش پژوهش

آرین (۱۳۷۱) ضرایب حساسیت گندم زمستانه در شرایط باجگاه (سال آبی ۶۹-۶۸)راتعیین وارائه کرده است. بنابراین این بررسی نیز برای این سال آبی صورت پذیرفت. تبخیر -تعرق پتانسیل روزانه گندم زمستانه از اطلاعات تشت تبخیر و بااستفاده از داده های هواشناسی شبیه سازی گردید. بافت خاک منطقه رسی شنی و درصد وزنی آب خاک درنقطه پژمردگی وظرفیت زراعی بترتیب ۸ و ۲۶ درصد می باشد.
ازآنجایی که بنظر میرسد رطوبت خاک نقش موثری دربرنامه ریزی آبیاری ایفانماید، سه نوع مختلف رطوبت خاک درنیمرخ خاک (تاعمق حد اکثر ریشه) درنظرگرفته شد: الف ،رطوبت ثابت درحد PWP ، ب)

رطوبت ثابت درحد FC، ج) رطوبت متغیر از PWP درسطح خاک تا FC درعمق حد اکثرریشه . براساس یافته‌های بورگ و گریمز (۱۹۸۶)، توزیع زمانی رشد ریشه محاسبه ومقدارعمق ریشه درهرزمان درمحاسبات بعدی مد نظرقرارگرفت.

تحلیل اقتصادی

قهرمان و سپاسخواه (۱۳۷۰) روشی راجهت تحلیل اقتصادی کم آبیاری پیشنهاد نموده اند که درآن نسبت سود خالص در شرایط کم آبی به سود خالص درشرایط آبیاری کامل می تواند از رابطه زیرمحاسبه شود:

$$Y_r = \frac{B/C \cdot ya/ym - 1}{(1-x)(B/C-1)} \qquad (۷)$$

که در آن B/C نسبت درآمد به هزینه درشرایط آبیاری کامل و (1-x)کسرآب تامین شده است . حد اکثر کردن این تابع حد بهینه کاهش آب رامشخص می سازد.

بحث و نتایج

شکل شماره (۱) حد اکثرمحصول نسبی تولیدی رابعنوان تابعی ازدرصد کاهش آب نشان میدهد. نقش تامین بخشی از نیاز آبی گیاه توسط رطوبت موجود درخاک دراین شکل قابل استنباط است . درحالت رطوبت ثابت FC درپروفیل خاک ، تاحد کاهش ۳۰ درصد در آب تحویلی کاهش محسوسی درتولید نشان داده نمی شود. این نکته خصوصاً درشکل شماره (۲) محسوس است .برای تخصیص بهینه ۵۰ درصد آب مورد نیاز گندم ، رطوبت زیاد موجود درخاک درزمان کاشت منجر به بالا بودن رطوبت درکلیه روزهای رشد گردیده است (شکل ۲). نادیده گرفتن نقش رطوبت خاک درمحاسبات ، منجر به برآورد پائین تولید محصول نسبی درروش برنامه ریزی غیرخطی می شود (شکل ۱). شکل شماره (۳) بیانگرتامین بخشی ازتبخیر- تعرق پتانسیل دردوره های مختلف رشد توسط روش های مختلف وتوزیع های مختلف رطوبت اولیه خاک برای حالت تامین ۸۰ درصد نیازآبی گندم می باشد. این شکل نشان میدهد که چنانچه خاک هیچ کمکی درتامین بخشی ازنیاز آبی گیاه ننماید (رطوبت اولیه برابر PWP باشد)توزیع تبخیر- تعرق نسبی دردو روش برنامه ریزی پویا وغیرخطی تقریباً برهم منطبق می باشند. ولی بامرطوب بودن اولیه نیمرخ خاک (رطوبت متغیر و FC) این تفاوت چشمگیرتر می‌شود. این شکل همچنین نشان می دهد که هیچ هماهنگی بین تبخیر- تعرق نسبی درروش غیرخطی از یک طرف ونسبت آب داده شده به تبخیر- تعرق حداکثردر روش برنامه ریزی پویا ازطرف دیگروجود ندارد. این امر باین نکته تاکید دارد که آب داده شده درروش برنامه ریزی پویا موجب تغییردررطوبت خاک می شود و این ذخیره رطوبتی می تواند بعداًمورد مصرف گیاه قرار گیرد، درحالیکه طبق منطق برنامه ریزی غیرخطی آب داده شده بایستی بلافاصله یامورد استفاده گیاه قرارگیرد و یابه هدر برود.

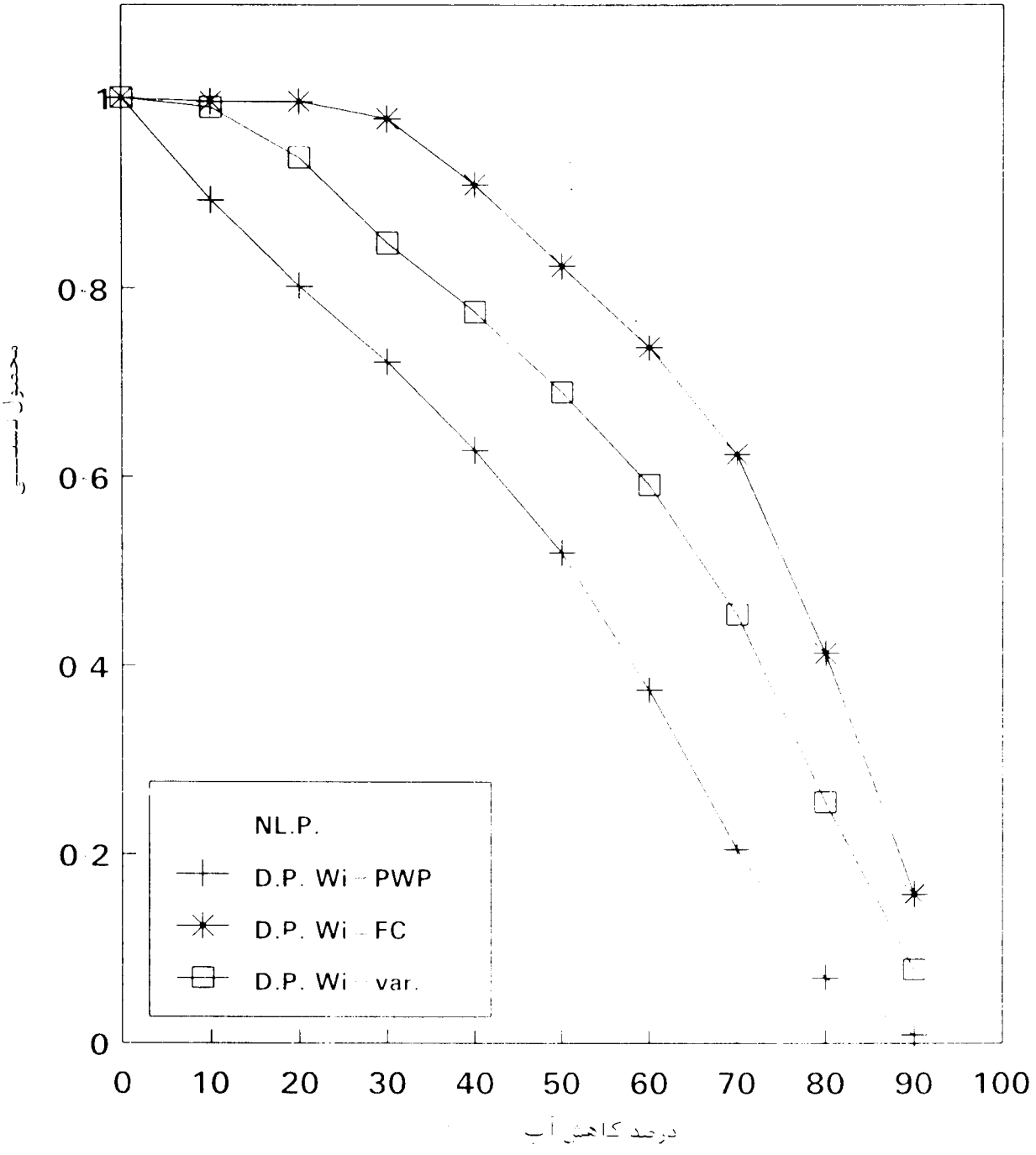
تعیین حد بهینه کاهش آب برای شرایط مختلف توزیع اولیه رطوبت خاک توسط شکل شماره (۴) صورت می گیرد. دراین شکل رابطه بین سود خالص نسبی و میزان کاهش مصرف آب درقسمتهای مختلف درآمد به

هزینه ارائه شده است . حسب نسبت درآمد به هزینه درشرایط واقعی مزرعه ،حد بهینه کاهش مصرف آب بدست خواهد آمد. تحلیل هانشان دادکه درروش برنامه ریزی غیرخطی وهمچنین حالت اولیه رطوبتی کاملا خشک (PWP) ،هیچگونه کاهش آبی جهت نیل به سود بیشتر مجاز نیست (داده ها نشان داده نشدند).

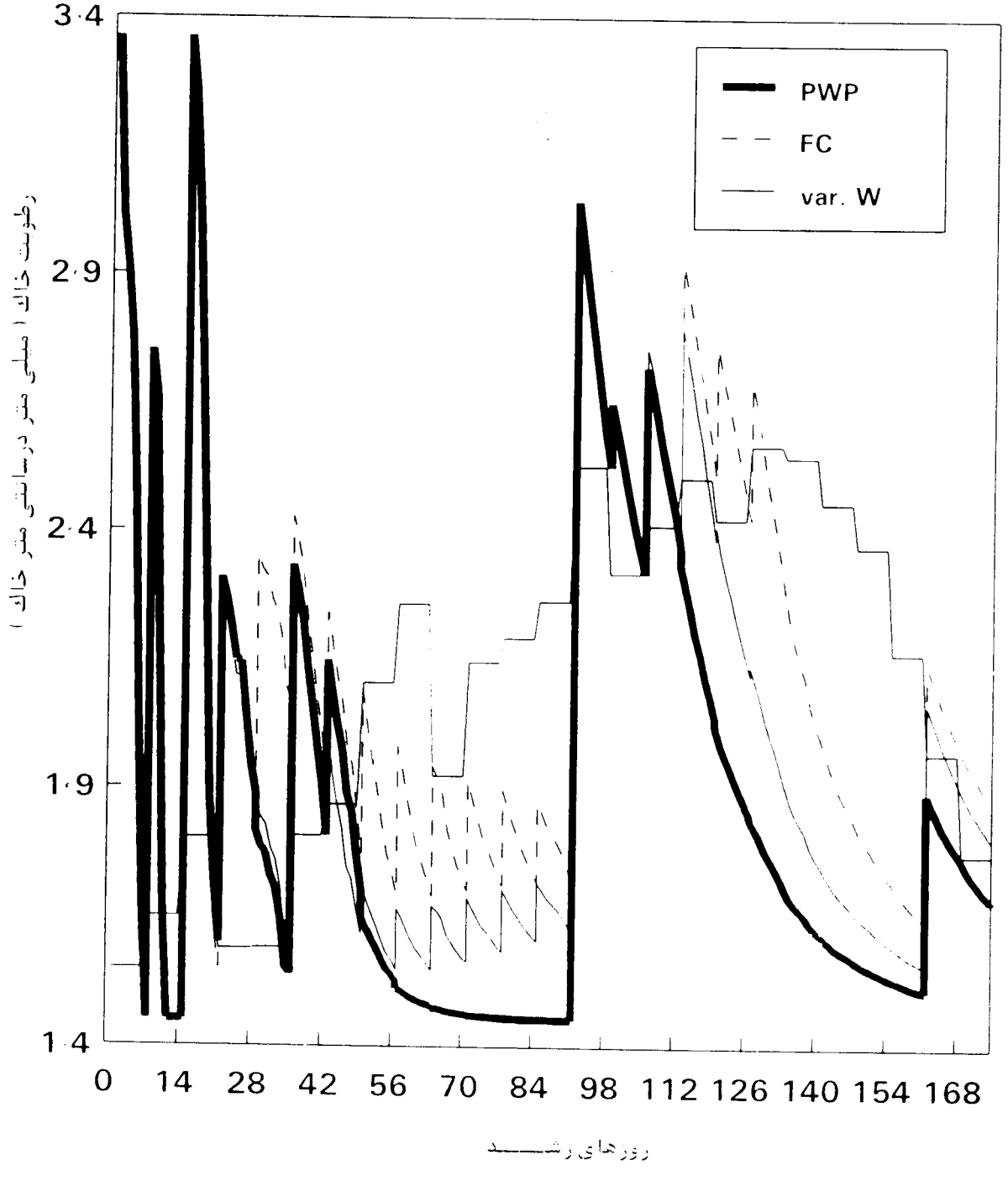
نتیجه گیری

در واقعیت، خاک بعنوان مخزنی عمل می کند که می تواند مقداری آب رادرخود نگاه داشته و در موقعیت های مناسب دراختیار گیاه قراردهد. بنابراین روشی که بتواند تغییرات رطوبت خاک بازمان و در قالب پیلان آب خاک رادرمحاسبات بهینه سازی مد نظر قراردهد نتایجی به بارمی آورد که با واقعیت تطابق بهتری دا شته و از نظرمدیریتی ارجح است. بنابراین روش برنامه‌ریزی پویابرای تخصیص بهینه آب ناکافی می‌تواند توصیه گردد. گرچه این بررسی برای یک گیاه شتوی صورت پذیرفته است ولی بنظرمیرسد که برای تعیین مقدار بهینه کم آبیاری برای گیاهان صیفی پس از باران های زمستانه که خاک دارای ذخیره رطوبتی است مناسب تر باشد.

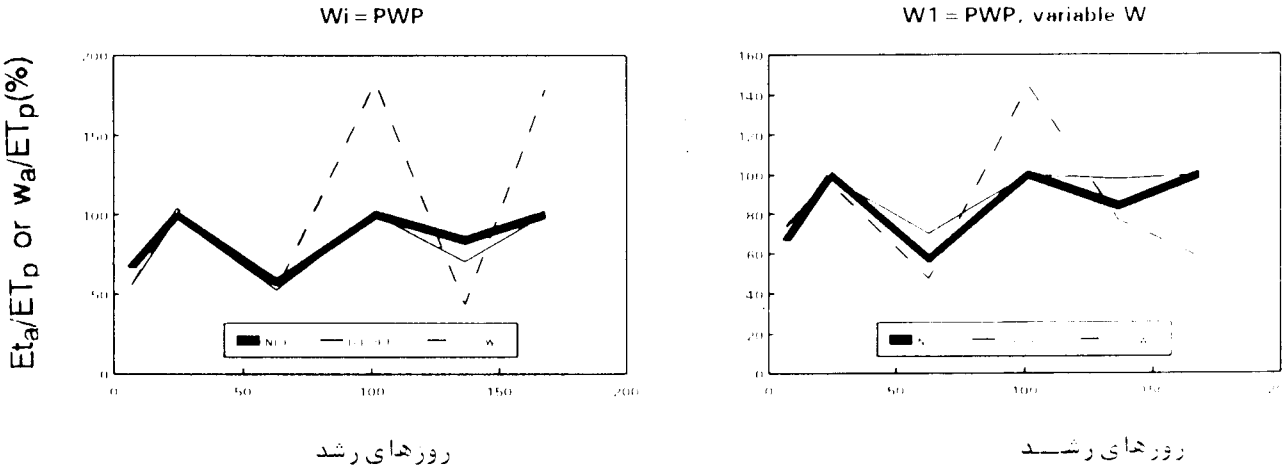
شکل ۱- حداکثر محصول نسبی تولیدی با روش‌های مختلف (بدون احتساب باران)

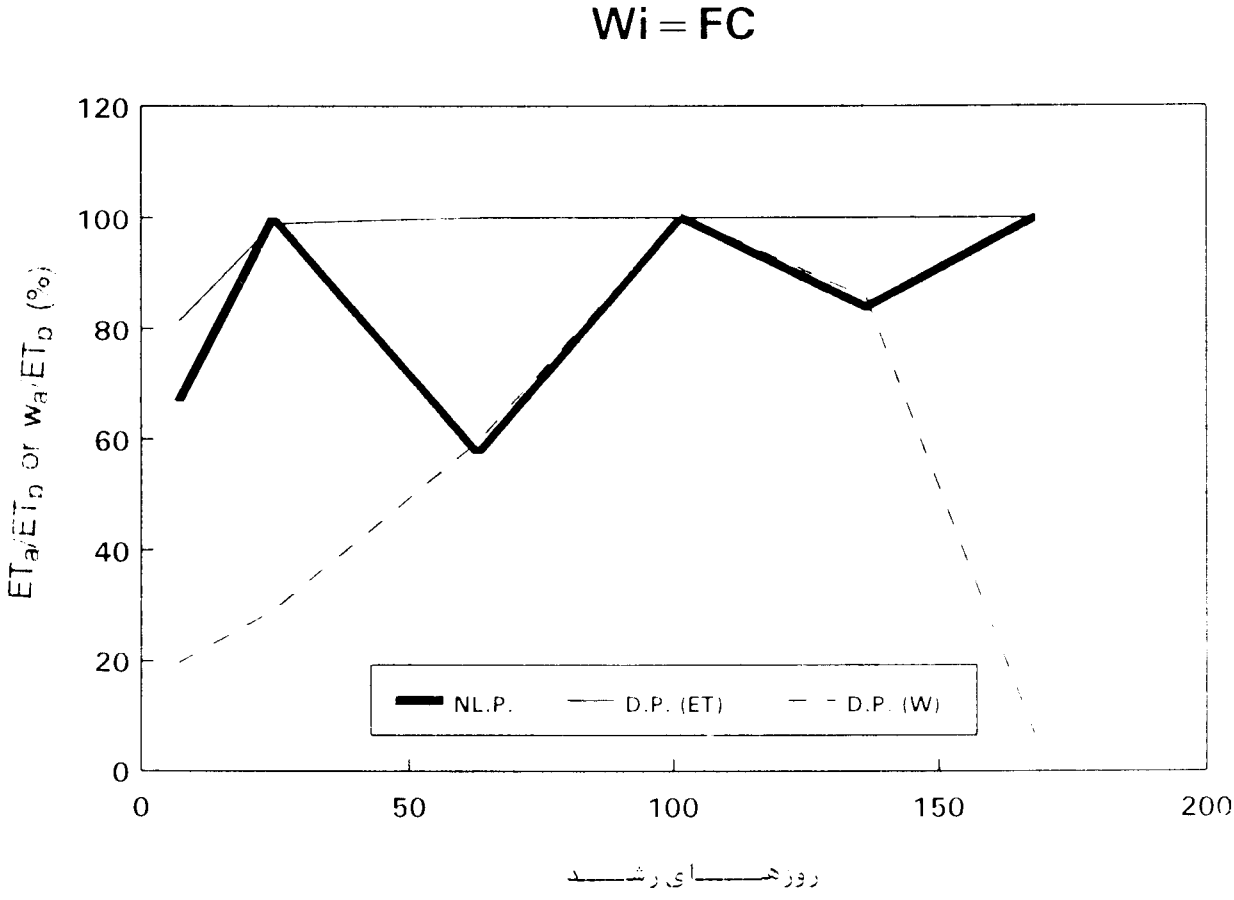


شکل ۲- توزیع زمانی رطوبت خاک برای تأمین ۵۰ درصد آب مورد نیاز گندم با شرایط مختلف توزیع رطوبتی اولیه (هیستوگرام بیانگر حد مجاز تخلیه رطوبت خاک می‌باشد)

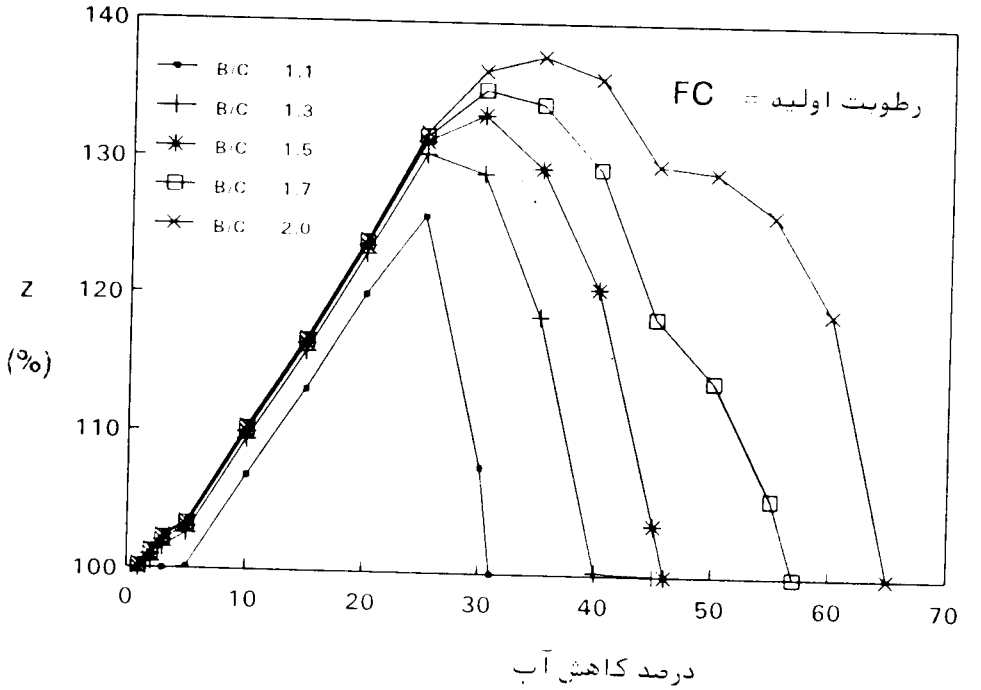


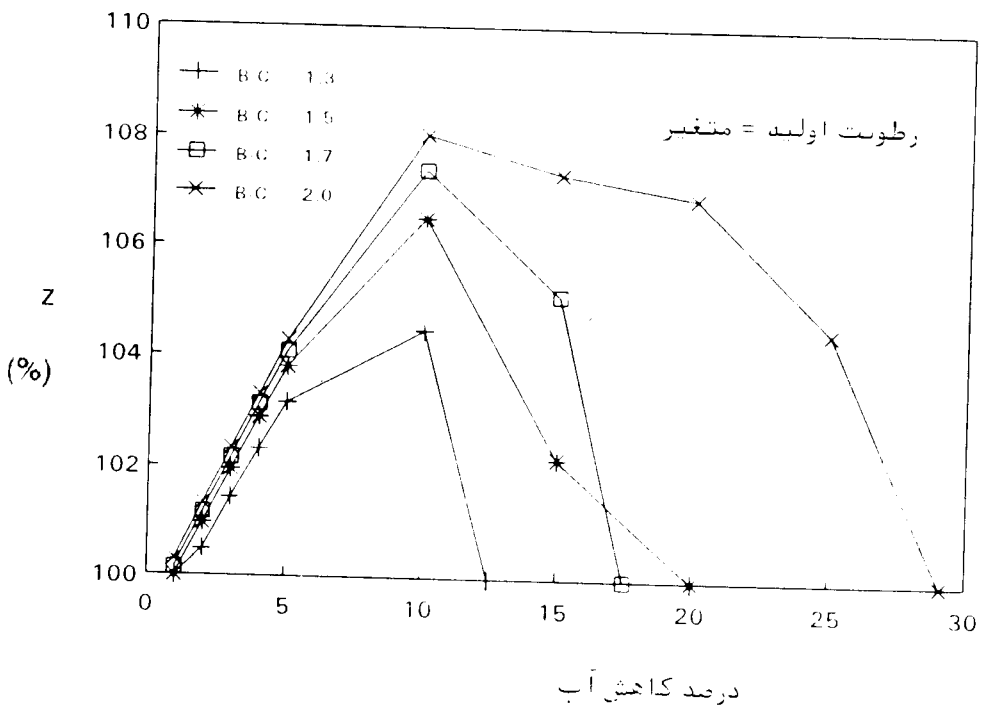
شکل ۳- تبخیر - تعرق نسبی و نسبت آب داده شده به تبخیر - تعرق حداکثر در روش‌های مختلف
(تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گندم)





شکل ۴- تعیین بهین کاهش آب





منابع و مآخذ

۱- آرین ،ا.، ۱۳۷۱ . برازش مدل کامپیوتری مدیریت و برنامه بندی آبیاری وتخمین محصول گندم آبی (Triticum aestivum L. Adle cv.) (CRPM) . پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی ، دانشگاه شیراز ،شیراز، ۳۷۷ صفحه.

۲- قهرمان ،ب .و ع .ر. سپاسخواه ، ۱۳۷۰ . تعیین مناسب ترین مقدارکاهش عرضه آب دربرنامه ریزی آبیاری . ارائه شده در چهارمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۹-۲۰ بهمن ۱۳۷۰ ، دانشگاه شهید باهنر کرمان .

3- Borg , H., and W.Grimes, 1986. Depth development of roots with time: An empirical description. TRANSACTIONS of the ASAE, 29(1):194-197 .

4- Epperson,J.E., J.E. Hook, and Y.R.Mustafa, 1993. Dynamic programming for improving irrigation scheduling strategies of maize. Agric. Sys., 42:85-101.

5- Ghahraman, B., and A. R. Sepaskhan, 1997. Use of a water deficit sensitivity index for wheat and barley. Irrig. Sci.,18 :I1-16.

6- Jensen, M.E., 1968. Water consumption by agricultural plants. In: T.T.Kozlowski(ed.). Water Deficits and Plant Growth, Vol.2, Academic Press, New York, 1-22.

7- Lee,E.S., K.S.Raju, and A.W.Biere, 1991. Dynamic irrigation scheduling with stochastic rainfall. Agric. Water Manage.,19:253-270.

8- Maji, C.C., and E.D.Heady, 1978. Intertemporal allocation of irrigation water in the Mayurakshi project(India): An application of chance- constrained linear programing. Water Resour.Res., 14(2):190-196.

9- Meyer, S.J.,K.G.Hubbard, and D.A. Wilhite, 1993. A crop- specific drought index for corn: I. Model development and validation. Agron. J., 85:388-395.

10- Nairizi, S., and J.R.Rydzewski, 1977. Effects of dated soil moisture stress on crop yields. Exp. Agric,. 13:51-59.

11- Rao, N.H., 1987. Field test of a simple soil- water balance model for irrigated areas .J.Hydrol., 91:179-186.

12- Rao, N.H., P.B.S Sarma, and S.Chander, 1988. Irrigation scheduling under a limited water suppiy. Agric. Water manage.,15:165-175.

Optimal allocation of a limited water supply under different initial soil moisture profile.

B.Ghahramen and A.R.Sepaskhah
Irrigation Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz

Abstract

By increasing limitation in water resources, the researchers are urged for developing some useful dated water production functions and finding a systematic way for optimal allocation of a limited water resource. Mathematical programming (linear, LP: non-linear, NLP; and dynamic, DP)is a suitable way for allocating a limited seasonal water supply. A comparison has been made, in this survey, between NLP and DP for winter wheat in Bajgah (Fars Province of Iran). Initial soil moisture profile is not considered in NLP, whilst three different initial soil moisture profile (constant soil water content at permanent wiltin point, PWP, up to maximum root depth, constant soil water content at field capacity, FC, up to maximum root depth ,and variable soil moisture profile i.e.PWP at top and FC at maximum root depth) is regarded for DP model .The results showed that including initial soil moisture profile in DP model would lead to higher relative yield at different amount of water supply, relative to NLP model. In case of an initial dry profile (PWP) the time distribution of relative ET is nearly the same for the two models under study. The Optimal limit for water deficit was also influenced by the initial soil moisture profile. So ,by increasing the initial soil moisture a higher optimum water deficit level and also maximum relative net benefit would result.