

چکیده

با کاهش فزاینده منابع آبی از نظر کمی 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 (برنامه ریزی خطی، غیرخطی و پویا) صورت می پذیرد. در این بررسی، مقایسه‌ای بین برنامه ریزی غیرخطی با برنامه ریزی پویا برای گندم زمستانه در باجگاه واقع در استان فارس بعمل آمده است. در حالیکه در برنامه ریزی غیرخطی توزیع اولیه رطوبت خاک در نظر گرفته نمی شود، سه توزیع مختلف اولیه رطوبت خاک (PWP ثابت تا حد اکثر عمق ریشه، FC ثابت تا حداکثر عمق ریشه، PWP در سطح و FC در حد اکثر عمق ریشه و تغییرات خطی رطوبت با عمق) در برنامه ریزی پویا در نظر گرفته شد. نتایج بدست آمده نشان داد که احتساب نقش رطوبت اولیه خاک باعث بالا رفتن محصول نسبی در ازاا مقادیر مختلفی از کاهش تامین آب آبیاری می شود و نادیده گرفتن این نقش منجر به برآورد پائین تولید محصول نسبی در روش برنامه ریزی غیرخطی می گردد. چنانچه خاک هیچ کمکی در تامین بخشی از نیاز آبی گیاه ننماید (رطوبت اولیه خاک PWP باشد) توزیع تبخیر-تعرق نسبی (نسبت تبخیر-تعرق واقعی به بالقوه) در دو روش محاسبه تقریباً برهم منطبق است. توزیع اولیه رطوبت خاک همچنین بر روی 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.

مقدمه

منابع آب شیرین در جهان محدود است. با افزایش جمعیت نیاز به استفاده از آب بیشتر می شود و لذا منابع آب بطور فزاینده ای مورد تهدید قرار می گیرد. از آنجایی که بخش کشاورزی عمده ترین مصرف کننده آب بشمار می آید، هرگونه صرفه جویی در این بخش کمک موثری به صرفه جویی در منابع آب تلقی می شود. برای تخصیص بهینه آب در تولید گیاهان زراعی، رابطه ریاضی بین میزان آب بکار برده شده و میزان محصول تولیدی مورد نیاز است. همچنین علاوه بر میزان آب در کل دوره رشد، میزان آب در هر مرحله رشد نیز تاثیر مهمی بر روی میزان محصول خواهد داشت. با داشتن تابع تولید محصول از آب، 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 از برنامه ریزی خطی (مجی وهیدی، ۱۹۷۸)، برنامه ریزی غیرخطی (قهرمان و سپاسخواه، ۱۹۹۷) و برنامه ریزی پویا (لی و همکاران، ۱۹۹۱، ابرسون و همکاران، ۱۹۹۳). قطعاً انتخاب هر روش، تابع مستقیمی از نوع اطلاعات قابل تهیه، زمان اجرای برنامه توسط کامپیوتر و دقت مورد انتظار می باشد. بایشرفت و توسعه کامپیوترهای سریع، امروزه به ندرت از روش های برنامه ریزی خطی برای تخصیص بهینه آب استفاده می شود. در حالیکه در روش برنامه ریزی غیرخطی از نقش مقدار اولیه آب خاک صرف نظر می شود، برنامه ریزی پویا توزیع آب در خاک را نیز مد نظر قرار میدهد و بنابراین انتظار می رود که نتایج بدست آمده از این دو روش بایکدیگر یکسان نباشد. در بررسی حاضر، دو روش برنامه ریزی غیرخطی و پویا برای تعیین نقش مقدار اولیه آب خاک در شرایط کم آبیاری برای گندم زمستانه در باجگاه واقع در استان فارس مقایسه شده اند.

تئوری

تابع تولید محصول از آب

جنسن (۱۹۶۸) مقدار محصول نسبی گیاهان زراعی (determinant) را بعنوان تابعی از تبخیر- تعرق نسبی در طول دوره رشد ارائه کرده است:

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

که در آن y_a و y_m میزان محصول واقعی و حد اکثر تولید شده، ET_a تبخیر- تعرق واقعی، ET_m حد اکثر تبخیر- تعرق، n تعداد مراحل رشد و λ_i ضریب حساسیت به آب در مرحله رشد i ام می باشد. نیریزی و ریندزفسکی (۱۹۷۷) و میروهمکاران (۱۹۹۳) مقدار آب داده شده (w_a) را با تقریب معادل تبخیر- تعرق واقعی دانسته و رابطه (۱) را ساده نمودند:

$$\frac{y_a}{y_m} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{w_a}{w_0} \right)^{\lambda_i} \quad (2)$$

که در آن w_0 حد اکثر آب مورد نیاز می باشد.

تخصیص بهینه آب ناکافی

تخصیص بهینه مقدار محدودی از آب بادو روش می تواند بدست آید:

الف - برنامه ریزی غیرخطی: چنانچه میزان آب در دسترس در طول فصل رشد (w) ناکافی باشد داریم:

$$W = X \cdot \sum_{i=1}^n (W_0)_i \quad (3)$$

که در آن X بین صفر و یک است. تخصیص بهینه آب با حل مسئله زیر صورت می پذیرد:

$$\max : \prod_{i=1}^n \left(\frac{W_a}{W_0} \right)^{\lambda_i} \quad (4)$$

تحت قیود:

$$\sum_{i=1}^n (W_a)_i = X \cdot \sum_{i=1}^n (W_0)_i \quad (5)$$

$$(W_a)_i \leq (W_0)_i \quad (\text{برای هر } i) \quad (6)$$

جزئیات حل مسئله فوق با استفاده از شرایط کان - تاکر در روش لاگرانژ در قهرمان و سپاسخواه (۱۹۹۷) ارائه شده است.

ب - برنامه ریزی پویا: از دیرباز این روش برای تخصیص بهینه آب محدود مورد استفاده قرار گرفته است (رائو و همکاران، ۱۹۸۸، از میان بقیه). حسب نوع مسئله ودقت مورد انتظار تعدادی متغیر حالت تعریف می شود. عموماً دو متغیر حالت یعنی مقدار آب باقیمانده قابل تحویل و رطوبت خاک، مورد استفاده قرار می گیرند. گرچه روش برنامه ریزی پویا تنها قادر است آب را بین دوره های رشد اختصاص دهد ولی با منظور کردن بیلان آب در دوره های زمانی کوتاهتر می توان برنامه ریزی آبیاری را در دوره های زمانی مشخص، مثلاً هفتگی نیز ارائه کرد. جزئیات روش برنامه ریزی پویا در رائو و همکاران (۱۹۸۸) و جزئیات بیلان آب خاک در رائو (۱۹۸۷) ارائه شده است.

روش پژوهش

آرین (۱۳۷۱) ضرایب حساسیت گندم زمستانه در شرایط باجگاه (سال آبی ۶۹-۶۸) را تعیین و ارائه کرده است. بنابراین این بررسی نیز برای این سال آبی صورت پذیرفت. تبخیر - تعرق پتانسیل روزانه گندم زمستانه از اطلاعات تشت تبخیر و با استفاده از داده های هواشناسی شبیه سازی گردید. بافت خاک منطقه رسی شنی و درصد وزنی آب خاک در نقطه پژمردگی و ظرفیت زراعی بترتیب ۸ و ۲۶ درصد می باشد.

از آنجایی که بنظر میرسد رطوبت خاک نقش موثری در برنامه ریزی آبیاری ایفا نماید، سه نوع مختلف رطوبت خاک در نیمرخ خاک (تاعیق حد اکثر ریشه) در نظر گرفته شد: الف، رطوبت ثابت در حد PWP، ب)

رطوبت ثابت در حد FC، ج) رطوبت متغیر از PWP در سطح خاک تا FC در عمق حد اکثر ریشه. براساس یافته‌های بورگ و گریمز (۱۹۸۶)، توزیع زمانی رشد ریشه محاسبه و مقدار عمق ریشه در هر زمان در محاسبات بعدی مد نظر قرار گرفت.

تحلیل اقتصادی

قهرمان و سپاسخواه (۱۳۷۰) روشی راجعت تحلیل اقتصادی کم آبیاری پیشنهاد نموده اند که در آن نسبت سود خالص در شرایط کم آبی به سود خالص در شرایط آبیاری کامل می تواند از رابطه زیر محاسبه شود:

$$Z = \frac{B/C \cdot ya/ym - 1}{(1-x)(B/C-1)} \quad (7)$$

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

بحث و نتایج

شکل شماره (۱) حد اکثر محصول نسبی تولیدی را بعنوان تابعی از درصد کاهش آب نشان میدهد. نقش تامین بخشی از نیاز آبی گیاه توسط رطوبت موجود در خاک در این شکل قابل استنباط است. در حالت رطوبت ثابت FC در پروفیل خاک، تا حد کاهش ۳۰ درصد در آب تحویلی کاهش محسوسی در تولید نشان داده نمی شود. این نکته خصوصاً در شکل شماره (۲) محسوس است. برای تخصیص بهینه ۵۰ درصد آب مورد نیاز گندم، رطوبت زیاد موجود در خاک در زمان کاشت منجر به بالا بودن رطوبت در کلیه روزهای رشد گردیده است (شکل ۲). نادیده گرفتن نقش رطوبت خاک در محاسبات، منجر به برآورد پائین تولید محصول نسبی در روش برنامه ریزی غیرخطی می شود (شکل ۱). شکل شماره (۳) بیانگر تامین بخشی از تبخیر- تعرق پتانسیل در دوره های مختلف رشد توسط روش های مختلف و توزیع های مختلف رطوبت اولیه خاک برای حالت تامین ۸۰ درصد نیاز آبی گندم می باشد. این شکل نشان میدهد که چنانچه خاک هیچ کمکی در تامین بخشی از نیاز آبی گیاه ننماید (رطوبت اولیه برابر PWP باشد) توزیع تبخیر- تعرق نسبی در دو روش برنامه ریزی پویا و غیرخطی تقریباً برهم منطبق می باشند. ولی با مرطوب بودن اولیه نیمرخ خاک (رطوبت متغیر و یا FC) این تفاوت چشمگیرتر می شود. این شکل همچنین نشان می دهد که هیچ هماهنگی بین تبخیر- تعرق نسبی در روش غیرخطی از یک طرف و نسبت آب داده شده به تبخیر- تعرق حداکثر در روش برنامه ریزی پویا از طرف دیگر وجود ندارد. این امر باین نکته تاکید دارد که آب داده شده در روش برنامه ریزی پویا موجب تغییر در رطوبت خاک می شود و این ذخیره رطوبتی می تواند بعداً مورد مصرف گیاه قرار گیرد، در حالیکه طبق منطق برنامه ریزی غیرخطی آب داده شده بایستی بلافاصله یا مورد استفاده گیاه قرار گیرد و یاب هدر برود.

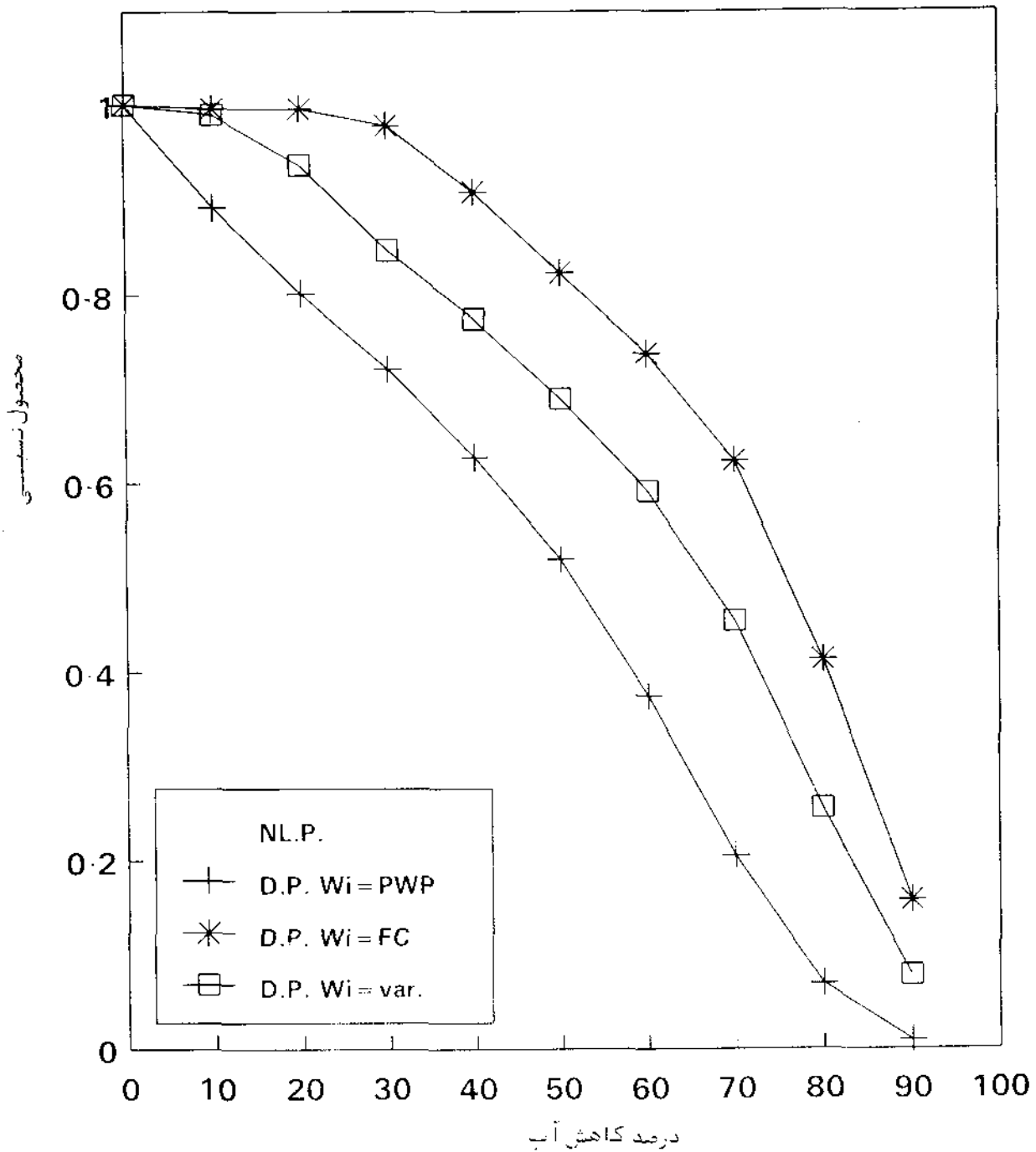
تعیین حد بهینه کاهش آب برای شرایط مختلف توزیع اولیه رطوبت خاک توسط شکل شماره (۴) صورت می گیرد. در این شکل رابطه بین سود خالص نسبی و میزان کاهش مصرف آب در قسمتهای مختلف درآمد به

هزینه ارائه شده است. حسب نسبت درآمد به هزینه در شرایط واقعی مزرعه، حد بهینه کاهش مصرف آب بدست خواهد آمد. تحلیل هانشان داد که در روش برنامه ریزی غیرخطی و همچنین حالت اولیه رطوبتی کاملاً خشک (PWP)، هیچگونه کاهش آبی جهت نیل به سود بیشتر مجاز نیست (داده ها نشان داده نشدند).

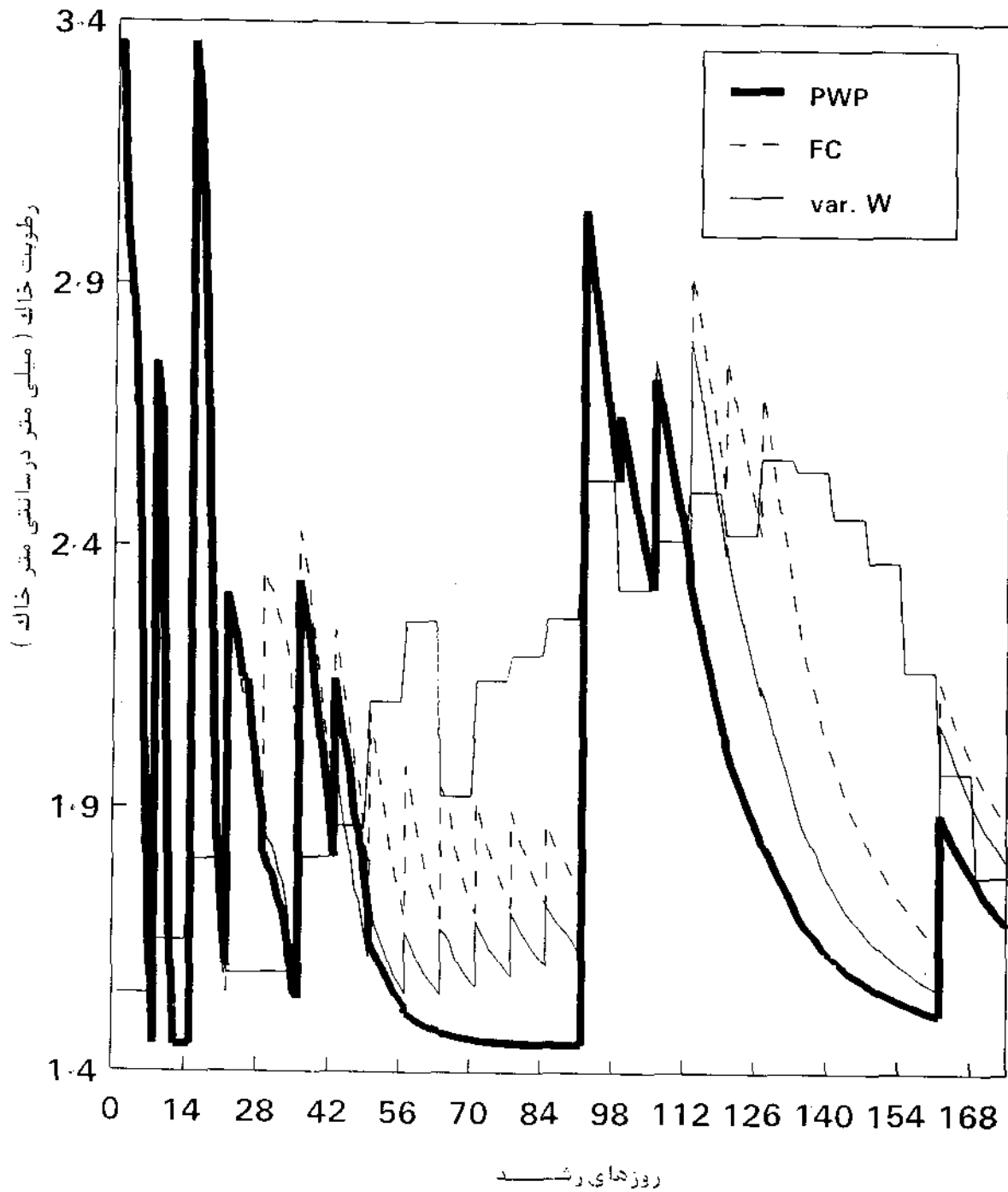
نتیجه گیری

در واقعیت، خاک بعنوان مخزنی عمل می کند که می تواند مقداری آب را در خود نگاه داشته و در موقعیت های مناسب در اختیار گیاه قرار دهد. بنابراین روشی که بتواند تغییرات رطوبت خاک با زمان و در قالب بیان آب خاک را در محاسبات بهینه سازی مد نظر قرار دهد نتایجی به بار می آورد که با واقعیت تطابق بهتری داشته و از نظر مدیریتی ارجح است. بنابراین روش برنامه ریزی پویا برای تخصیص بهینه آب ناکافی می تواند توصیه گردد. گرچه این بررسی برای یک گیاه شتوی صورت پذیرفته است ولی بنظر میرسد که برای تعیین مقدار بهینه کم آبیاری برای گیاهان صیفی پس از باران های زمستانه که خاک دارای ذخیره رطوبتی است مناسب تر باشد.

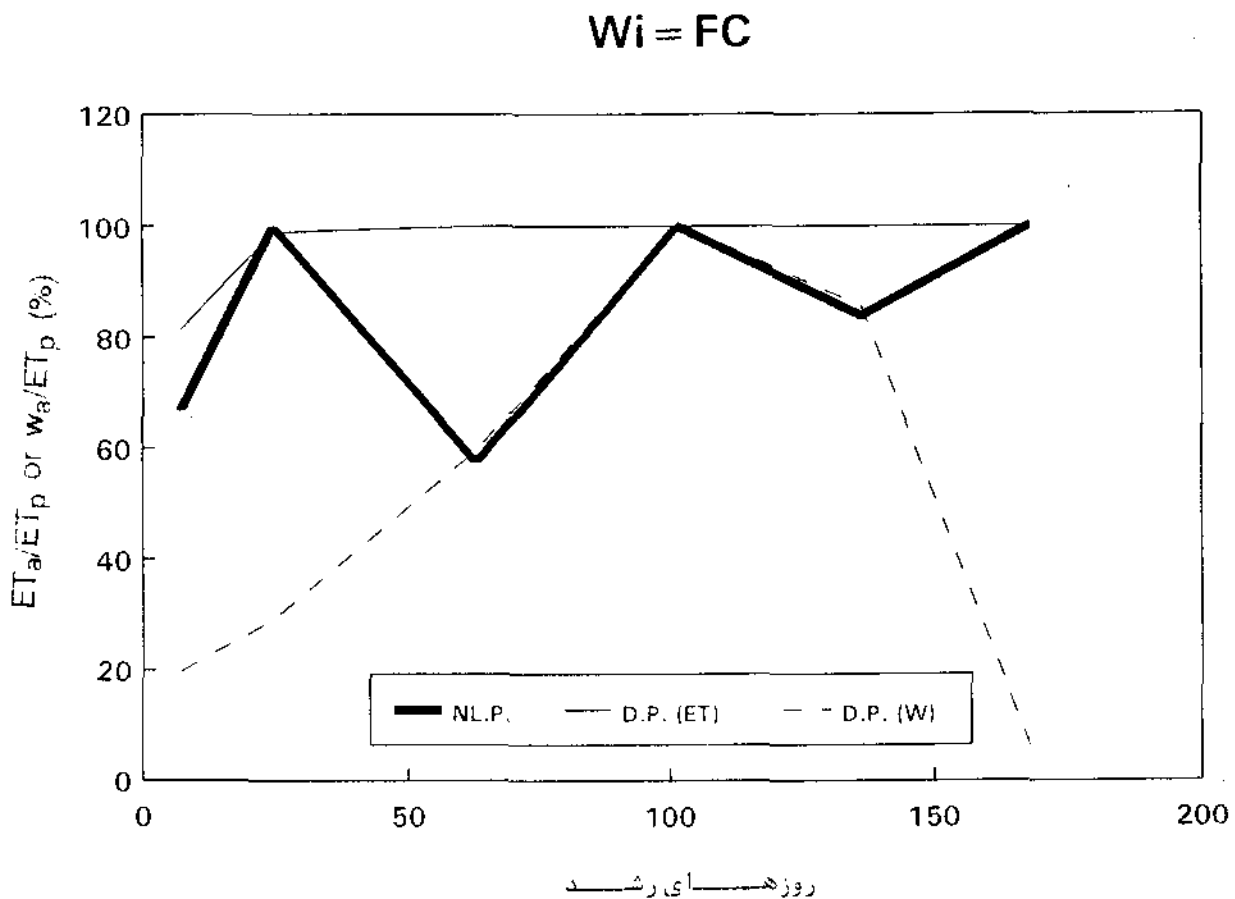
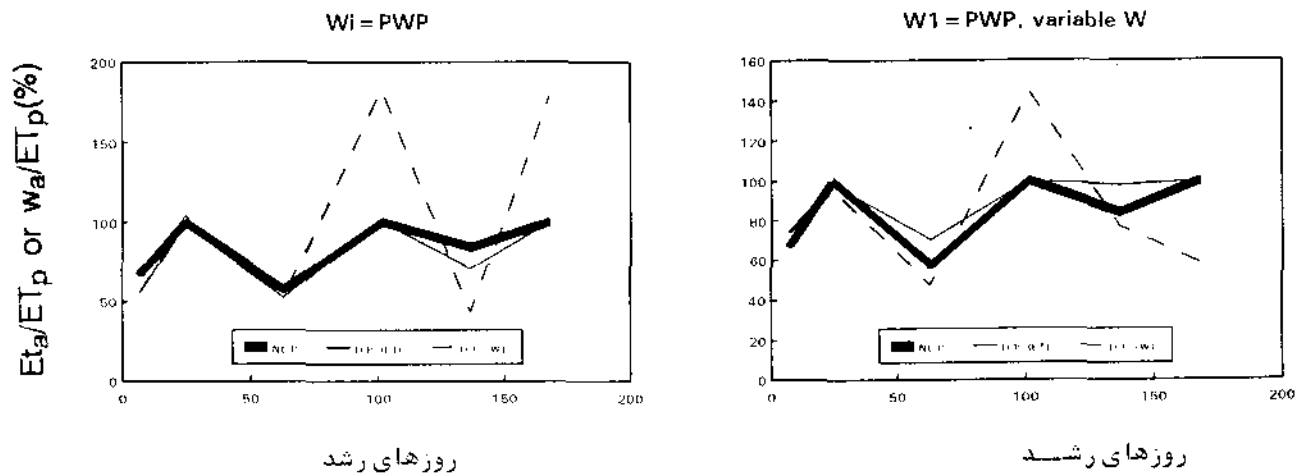
شکل ۱- حداکثر محصول نسبی تولیدی با روش‌های مختلف (بدون احتساب باران)



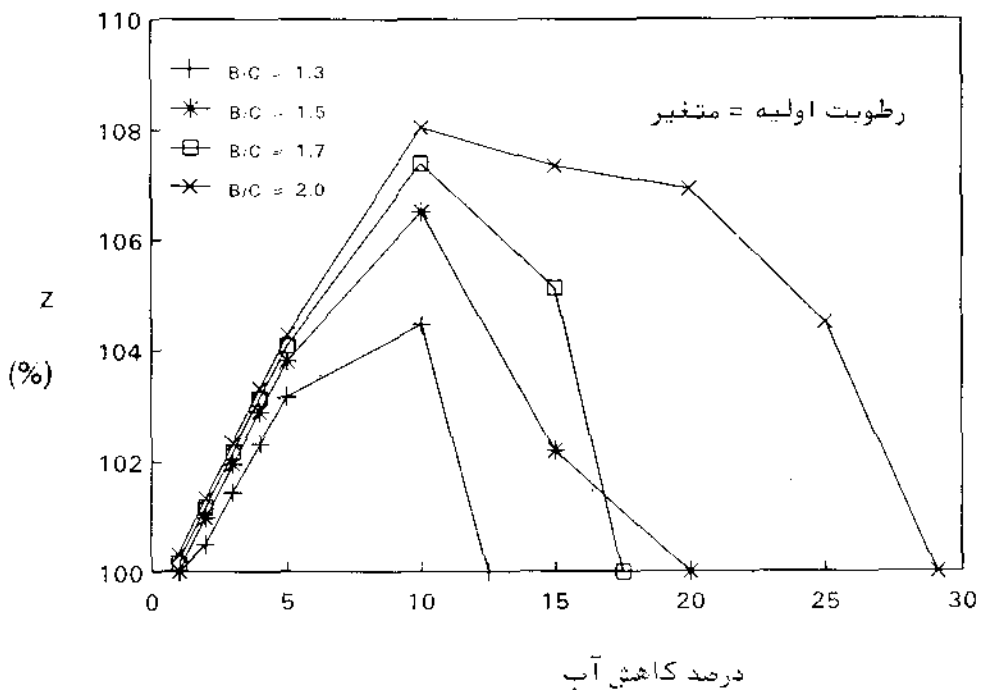
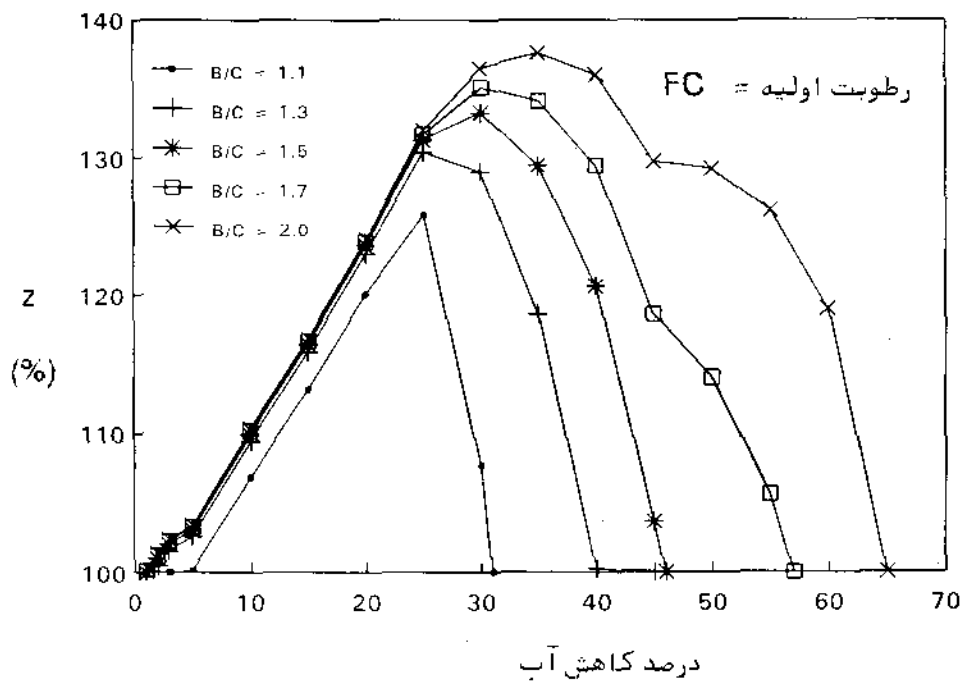
شکل ۲- توزیع زمانی رطوبت خاک برای تأمین ۵۰ درصد آب مورد نیاز گندم با شرایط مختلف توزیع رطوبتی اولیه (هیستوگرام بیانگر حد مجاز تخلیه رطوبت خاک می باشد)



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 و تخمین محصول گندم آبی (CRPM) (Triticum aestivum L. Adle cv.). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ۳۷۷ صفحه.
- ۲- قهرمان، ب. و ع. ر. سپاسخواه، ۱۳۷۰. تعیین مناسب ترین مقدار کاهش عرضه آب در برنامه 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 :11-16.
- 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 programming. *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 supply. *Agric. Water manage.*, 15:165-175.

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

B.Ghahraman 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 wilting 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.