اقتصاد کشاورزی/ جلد 5/ شماره‌ي 3/ صفحه‌هاي 142-121

تعیین راه‌بردهای بهینه‌ی آبیاری ذرت دانه‌یی با استفاده از معیارهای برتری تصادفی (مطالعه‌ي موردي منطقه‌ي زرقان فارس)

محمود صبوحی صابونی و پري‌ناز جانسوز *

تاریخ دریافت: 1389/01/30 تاریخ پذیرش: 1390/08/02

چکیده

در مطالعه‌ي حاضر با استفاده از معیارهای برتری تصادفی به بررسی راه‌بردهای کم‌آبیاری ذرت دانه‌یی در منطقه‌ي زرقان فارس پرداخته شد. نتایج نشان داد که راه‌برد بهینه‌ی کم‌آبیاری بر اساس عمل‌کرد و بازده ناخالص در مرحله‌ي دوم و چهارم رشد ذرت است. در شرایط محدودیت آب و زمین، کشاورز ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز رفتار متفاوتی در انتخاب سطح زیرکشت بر اساس هر برنامه‌ی آبیاری از خود نشان دادند. کشاورز ریسک‌گریز به برنامه‌ي 10% کم‌آبیاری در مرحله‌ی دوم و چهارم رشد و ریسک‌پذیر به برنامه‌ي 5% کم‌آبیاری در چهار مرحله‌ي رشد ذرت، بالاترین سطح زیرکشت را اختصاص دادند.

طبقه‌بندي JEL: C61, Q25

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، معیار برتری تصادفی، ذرت دانه‌یی، زرقان

* به‌ترتیب دانشیار گروه اقتصاد کشاورزي دانشگاه زابل و دانشجوي کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزي دانشگاه زابل

Email: msabuhi39@yahoo.com p.jansouz@gmail.com

مقدمه

راه‌بردهاي مدیریت منابع آب به عنوان ابزاري براي نشان‌دادن چه‌گونگی حفاظت و بهبود کارآیی مصرف آب تنظیم می‌شود. از آن‌جا که کشاورزی فعالیتی با میزان مصرف آب بالا است، کاهش آب آبیاری می‌تواند به میزان قابل توجهی آب بخش کشاورزی را در اختیار بخش‌ها و مصارف دیگر قرار دهد. آبیاری کامل برای کسب بیش‌ترین محصول از واحد سطح در شرایطی قابل به‌کارگیری است که اولا آب به مقدار کافی در اختیار باشد و دوم امکان توسعه و افزایش سطح زیرکشت وجود نداشته باشد. اما، شرایط اقلیمی و زمین‌های کشاورزی در بیش‌تر مناطق کشور به گونه‌یی است که نه‌تنها آب به اندازه‌ی کافی در دست‌رس نیست، بل‌که زمین‌های مستعد و قابل احیای زیادی وجود دارند که در صورت رسیدن آب به آن‌ها امکان افزایش تولید قابل توجهی وجود دارد.

با توجه به این که بسیاری از مناطق ایران در نواحی خشک واقع شده است نیاز مبرم برای بهینه‌سازي استفاده‌ي آب در بخش کشاورزی با هدف کاهش مصرف آب وجود دارد. وینبرگ (1993) معتقد است که در کشاورزی می‌توان به سه روش به کاهش مصرف آب کمک کرد: 1) بهبود کارآیی استفاده از آب با روش‌های مناسب آبیاری 2) کاشت محصولات مقاوم به شوری و کم‌آبی 3) کم‌آبیاری. کم‌آبیاری، آبیاری محصول با هدف کاهش مصرف آب که به کیفیت و کمیت محصول ضرر قابل توجهی نرساند، و با کاهش هزینه‌ي آبیاری منجر به افزایش سودبخشی کشاورز در بلندمدت در شرایط عرضه‌ي محدود آب شود، تعریف می‌شود (انگلیش و راجا، 1996). هدف اصلی از اجرای راه‌بردهای کم‌آبیاری، افزایش بازده کاربرد آب، از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت، و یا حذف آبیاری‌هایی است که کم‌ترین بازدهی را دارند. در مناطقی که کشاورزان آب کمی در اختیار دارند می‌توانند یکی از راه‌کارهای زیر را انتخاب کنند: 1) سطح زیرکشت را کاهش دهند و آب را تا حد کافی و نیاز در اختیار گیاهان باقی‌مانده قرار دهند 2) تمام سطح را زیرکشت ببرند ولی بخشی از نیاز آبی گیاه را برآورده کنند. راه‌کار دوم مرتبط با کم‌آبیاری است. این روش تحولی در اقتصاد آب در

بخش کشاورزی به همراه داشته است که نیازمند تحقیقات علمی و کاربردی در این زمینه است. موترام (1995) در آفریقای جنوبی به بررسی کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه پرداخت، نتیجه‌ی این تحقیق نشان داد که در مراحل خاصی از رشد گیاه کم‌آبیاری نه تنها باعث کاهش قابل توجهی در عمل‌کرد محصول نمی‌شود، بل‌که به افزایش کارآیی استفاده‌ي از آب در کشاورزی کمک می‌کند. بوتز (1990) به ارزیابی ریسک مربوط به کم‌آبیاری گندم با استفاده از روش برتري تصادفی با توجه به یک تابع (SDRF) پرداخت. گراو (2006) از تکنیک کارآیی تصادفی با توجه به یک تابع (SERF) برای مقایسه‌ي برنامه‌های کم‌آبیاری گندم بر پایه‌ي معادل قطعیت (CE) استفاده کرد. تحقیقات اخیر در آفریقای جنوبی کم‌آبیاری را به عنوان روشی برای استفاده‌ي بهینه از آب تحت شرایط عرضه‌ی محدود، مورد بررسی قرار داده است. در تمام این تحقیقات برنامه‌های کم‌آبیاری به طور فرضی از پیش تعریف شده است (گراو ، 2002). زیبایی و همکاران (1380)، در مطالعه‌ي خود با استفاده از روش برتري تصادفی و برتری تصادفی با توجه به یک فرم تابع، به بررسی راه‌برد ریسک- کارآی آبیاری براي گندم‌کاران منطقه‌ی کوار و اهمیت لحاظ کردن ریسک در مدل‌های تحلیل رفتار کشاورزان پرداختند. تیموری و چیذری (1387)، به بررسی خودکفایی پویا در تولید ذرت دانه‌یی در ایران پرداختند. نتایج نشان داد که بهره‌وري ذرت دانه‌یی در کشور با وجود صعودی بودن، کم‌تر از یک بوده است. هم‌چونین بهره‌وری کل عوامل تولید ذرت دانه‌یی، در دو استان فارس و خوزستان کاهش پیدا کرده و نرخ رشد آن منفی است.

گیاه ذرت به علت مصرف زیاد، کیفیت و ارزش غذایی بالا و قدرت سازگاری با آب و هوای مختلف در بیش‌تر نقاط جهان کشت می‌شود. در ایران بالاترین سطح زیرکشت و میزان تولید را استان فارس دارد، اما این استان از لحاظ عمل‌کرد مقام مناسبی را میان استان‌هاي کشت‌کننده ندارد. منطقه‌ی زرقان فارس یکی از شهرستان‌های مهم کشت ذرت در میان شهرستان‌هاي استان فارس است و به دلیل این که گیاه ذرت در حال حاضر یکی از مهم‌ترین غلات از لحاظ ارزش غذایی بالا و از لحاظ اقتصادی در تامین دانه برای انسان و علوفه برای

دام استفاده می‌شود (میرهادی، 1380). هدف از مطالعه‌ی حاضر، بررسی راه‌بردهای کم‌آبیاری در عمل‌کرد گیاه ذرت و تاثیر رفتار ریسکی کشاورزان در انتخاب برنامه‌های کم‌آبیاری در شرایط محدودیت آب و زمین است. بر این اساس، در بخش اول به مقایسه‌ي برنامه هاي کم‌آبیاری ذرت دانه‌یی با استفاده از معیار برتری تصادفی درجه‌ي اول (FSD) و دوم (SSD) بر اساس عمل‌کرد دانه‌یی پرداخته شده است. در بخش دوم از روش کارآیی تصادفی با توجه به یک تابع بر اساس معیار معادل اطمینان و با لحاظ کردن ترجیحات ریسکی تصمیم‌گیرنده برنامه‌ي برتر مشخص، و در بخش سوم به ارایه‌ي مدل بهینه‌سازی کارآیی تصادفی در شرایط محدودیت زمین و آب پرداخته شده است.

روش تحقیق

یکی از مشکلاتی که هنگام استفاده از تابع مطلوبیت مورد انتظار ذهنی وجود دارد، نحوه‌ي قرار گرفتن انگیزه‌هاي افراد در تابع مطلوبیت مصرف‌کنندگان است. این مساله می‌تواند به دلایل مختلفی اتفاق بیفتد، مانند دست‌رسی نداشتن به شخص مناسب، بیش‌ازیک‌نفر بودن تعداد اشخاص تصمیم‌گیرنده و مواردی از این قبیل. به عنوان نمونه، برای استخراج ترجیحات مردم توسط دولت‌مردان و یا در کشاورزی هنگامی که نیاز به توصیه‌هاي ترویجی برای گروه‌هاي هدف است، به‌خصوص وقتی این گروه‌ها چند هزار یا چند صد نفر باشند، در کل راه قابل قبول و معتبري وجود ندارد. تلاش‌های زیادی برای استخراج تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرندگان و به‌کارگیری آن در تحلیل تصمیم‌گیری‌های کشاورزی صورت گرفته است (کینگ و رابین 1984 و آندرسون و هارداکر 2003). در بخشی از آن‌ها براي اجتناب از استخراج یک تابع مطلوبیت ویژه، روش‌هایی با عنوان برتری تصادفی و معیارهای کارآیی پیش‌نهاد شده است. معیارهای برتری تصادفی معمولا برای وضعیت‌هایی که یک تصمیم‌گیرنده با ترجیحاتِ نه‌دقیقاً-مشخص و یا بیش از یک تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد، مانند تحلیل

گزینه‌های ریسکی مختلفی که یک فرد می‌تواند با آن مواجه شود، و یا تحلیل توصیه‌های ترویجی و تصمیم‌گیری در کشاورزی پیش‌نهاد می‌شود (هارداکر، 2004).

معیار برتری تصادفی درجه‌ي اول (FSD): در معیار برتری درجه‌ی اول محدودیت تابع مطلوبیت آن است که تصمیم‌گیرندگان در معیار سنجش دارای مطلوبیت نهایی مثبت هستند (مقدار بیش‌تر بر کم‌تر ترجیح داده می‌شود). بنابراین برای دو گزینه‌ی ریسکی A و B که هر دو دارای توزیع احتمال نتایج x بر اساس تابع توزیع تراکمی (CDF) به‌ترتیب معادل $F_A(x)$ و $F_B(x)$ باشد، گزینه‌ي A بر گزینه‌ي B بر اساس معیار درجه‌ي اول غالب است اگر (هارداکر و همکاران، 1997):

$$F_A(x) \le F_B(x) \qquad \forall x \qquad (1)$$

از نظر نموداري رابطه‌ي 1 بدان معنا است که تابع توزیع تجمعی A باید همواره قبل و در سوی راست تابع توزیع تجمعی B قرار گیرد. اگر دو تابع توزیع تجمعی یک‌دیگر را قطع کند، براساس معیار برتری درجه‌ي اول (FSD) هیچ کدام نمی‌تواند بر دیگری غالب باشد، این موضوع بیان‌گر قدرت کم معیار برتری درجه‌ی اول در نشان دادن تمایز میان گزینه‌ها است (هارداکر و همکاران، 1997).

معیار برتری تصادفی درجه‌ي دوم (SSD): در معیار برتری تصادفی درجه‌ي دوم محدودیت‌های اضافی بیش‌تری برای تابع مطلوبیت در نظر گرفته می‌شود، از جمله فرض می‌شود که برای همه‌ی مقادیر x، تصمیم‌گیرندگان ریسک‌گریز اند. این فرض، تابع مطلوبیت با شیب مثبت اما کاهشی را بیان می‌کند، یعنی $U'(x)>0$ و $U''(x)<0$ است. بر اساس معیار SSD گزینه‌ي A بر B ترجیح داده می‌شود اگر (هارداکر و همکاران، 1997):

$$\int_{-\infty}^{x^*} F_A(x)dx \le \int_{-\infty}^{x^*} F_B(x)dx \qquad \forall x^* \qquad (2)$$

در این معیار، نتایج بر اساس سطوح زیر منحنی‌های تابع توزیع تجمعی با هم مقایسه می‌شود. روش SSD نیازمند آن است که سطح تجمعی زیر منحنی تابع توزیع تجمعی (CDF)

برای گزینه‌ی برتر در همه جا قبل و در سمت راست منحنی متناظر گزینه‌ی دیگر قرار گیرد. SSD نسبت به FSD قدرت تمایز بیش‌تري دارد، و مجموعه‌ی کارآیی حاصل از SSD زیر مجموعه، مجموعه‌ی کارآیی FSD است (هارداکر و همکاران، 1997).

معیار کارآیی تصادفی با توجه به یک تابع (SERF): این معیار، درک بیش‌تري در مورد مقایسه‌ی گزینه‌ها برحسب سطح معادل اطمینان در طول بازه‌ی ریسک‌گریزی مورد نظر ارایه می‌کند. برای هر گزینه‌ی ریسکی و متناسب با هر شکل از تابع مطلوبیت، فرضیه‌ی مطلوبیت ذهنی مورد انتظار (SEU) بدان معنی است که مطلوبیت می‌تواند با توجه به درجه‌ي ریسک‌گریزی «r» و پی‌آمد تصادفی x به‌دست آید(هارداکر و همکاران، 2004)، به این ترتیب که:

$$U(x,r) = \int U(x,r) f(x) dx \qquad (3)$$

و مقدار U برای مقادیر مختلف r در بازه‌ی ریسک‌گریزی تعیین شده قابل محاسبه است. هم‌چونین مقدار CE برای هر کدام از مقادیر U به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (هارداکر و همکاران، 2004):

$$CE(x,r) = U^{-1}(x,r) \qquad (4)$$

قاعده‌ی کلی تحلیل SERF با فرض‌های داده شده، آن است که مجموعه‌ی کارآ فقط شامل گزینه‌هایی است که بیش‌ترین (یا مساوی با بیش‌ترین) CE را برای بعضی مقادیر r در بازه‌ي مورد نظر دارد. برای تحلیل در ابتدا تصمیم در مورد استفاده از تابع مطلوبیت نمایی مثبت گرفته می‌شود که مستلزم در نظر گرفتن یک بازه‌ی مناسب برای ضریب‌های ریسک‌گریزی مطلق است (هارداکر و همکاران، 1997). براساس فرض‌های اولیه‌ی تئوری مطلوبیت انتظاری، مطلوبیت هر گزینه‌ی ریسکی برابر با مقدار مورد انتظار آن است (هارداکر و همکاران، 1997). در مقاله‌ي حاضر تابع مطلوبیت مورد استفاده در رابطه‌ي 5 نشان داده شده است.

$$E[U(X_j)] = U(X_j) = [\sum P_i U(Y_{ij} X_j)] \qquad (5)$$

که: X_j سطح زیرکشت براساس برنامه‌ی آبیاری j ، P_i احتمال گزینه‌ي i ام، Y_{ij} سود ناخالص برنامه‌ي j، U مطلوبیت تصمیم‌گیرنده (کشاورز). از تابع تعریف شده واضح است که مطلوبیت مورد انتظار تابعی از احتمال هر گزینه‌ی ریسکی و ترجیح‌هاي تصمیم‌گیرنده است. شکل تابع مطلوبیت انتظارات ذهنی کشاورز را تحت شرایط ریسک نشان می‌دهد (هارداکر و همکاران، 1997). ضریب ریسک‌گریزی (RAC) با استفاده از رابطه‌ي 6 قابل تعریف است (پرات،1996 و آرو، 1965).

$$RAC = U^{''}(X_j)/U^{'}(X_j) \qquad (6)$$

که $U^{'}$ و $U^{''}$ به ترتیب مشتق‌هاي مرتبه‌ی اول و دوم تابع مطلوبیت است. بنابراین تابع مطلوبیت با توجه به رابطه‌ي 5 و 6 به این شکل نوشته می‌شود:

$$EU(X_j) = \sum P_i(e^{RAC \times Y_{ij} \times X_j}) \qquad (7)$$

برای آسان کردن تفسیر مطلوبیت، از مفهوم معادل اطمینان (CE) استفاده شد. CE، عبارت است از کم‌ترین میزان پولی که به فرد (کشاورز) پرداخت می‌شود تا نسبت به انتخاب میان گزینه‌ی ریسکی و گزینه‌ی مطمئن بی‌تفاوت باشد (ریچاردسون، 2004). بنابراین، ارتباط یک به یکی میان معادل اطمینان و مطلوبیت وجود دارد و معادل اطمینان یک معیار عددی از مطلوبیت فرد است (هارداکر و همکاران، 1997). می‌توان با به دست آوردن معکوس تابع مطلوبیت، مقادیر مطلوبیت را به مقادیر CE تبدیل کرد (هارداکر و همکاران، 2004). بنابراین معادل اطمینان (CE) برابر با مجموع یک سری از مقادیر مطمئن با مطلوبیت‌های یک‌سان است. با استفاده از رابطه‌ي 8 مقادیر CE براي هر گزینه‌ی ریسکی در بازه‌ي محاسبه شده RAC به‌دست می‌آید، و برای تحلیل تصمیم‌گیری‌ها استفاده می‌شود. معیار اولویت‌بندي گزینه‌ها بر اساس بالاترین مقدار CE محاسبه‌شده برای مقادیر واقع در بازه‌ی ریسک‌گریزی است. گزینه‌یی که بالاترین CE را دارا است گزینه‌ي برتر و بقیه‌ی گزینه‌ها بر اساس مفهوم

SERF مغلوب خواهند بود. مزیت روش SERF در این است که می‌تواند براي هر نوع تابع مطلوبیت که بتوان معکوس آن را محاسبه کرد به‌کار گرفته شود (هارداکر و همکاران، 2004).

$$CE = Ln(EU(X_j))/RAC = Ln(\sum p_i(e^{RAC \times Y_{ij} \times X_j}) \quad (8)$$

مدل برنامه‌ریزی ریاضی: برای توجه به اثر شرایط عرضه‌ي محدود آب و به‌دست آوردن سطح بهینه‌ی کشت با توجه به ریسک تولید و هر برنامه‌ی آبیاری، از مدل برنامه‌ریزی غیر خطی ریاضی (DEMP) با هدف ماکزیمم کردن CE استفاده شد (بیسورت و مک کارل، 1990) که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Max} \quad CE = Ln(\sum P_i(e^{RAC \times Y_{ij} \times X_j}))/RAC \quad (9)$$

s.t

$\sum X_j \leq \text{Land}$

$\sum a_{ij}X_j \leq \text{Water}$

محدودیت‌ها عبارت است از Land بیش‌ترین زمین در دست‌رس بر حسب هکتار، Waterمیزان کل آب مصرفی برحسب مترمکعب، aij نیاز ناخالص آبیاری با توجه به برنامه‌ي آبیاری j برحسب مترمکعب بر هکتار و Xj سطح زیرکشت در برنامه‌ي آبیاری j برحسب هکتار است.

نحوه جمع آوري داده‌ها

با توجه به این که آبیاری ذرت در مرحله‌ی رشد رویشی و زایشی زمانی صورت می‌گیرد که رطوبت خاک به 70% ظرفیت کشاورزی مزرعه رسیده باشد (سپاسخواه، 1385). بنابراین در تحقیق حاضر در مراحل رشد رویشی و زایشی رطوبت خاک 60% در نظر گرفته شده است، که به معنی 10% کم‌آبیاری در هر مرحله‌ي رشد است.

برنامه‌های فرضی کم‌آبیاری ذرت در نظر گرفته شامل:

1) 10% کم‌آبیاری در مرحله‌ي اول و دوم رشد

2) 10% کم‌آبیاری در مرحله‌ي اول و سوم رشد
3) 10% کم آبیاری درمرحله‌ي اول و چهارم رشد
4) 10% کم‌آبیاری در مرحله‌ي دوم و سوم رشد
5) 10% کم‌آبیاری در مرحله‌ي دوم و چهارم رشد
6) 10% کم‌آبیاری در مرحله‌ي سوم و چهارم رشد
7) 5% کم‌آبیاری در هر چهار مرحله‌ي رشد

برای تعیین عمل‌کرد هر یک از برنامه‌های آبیاری نیاز به تابع تولید آبیاری است. سطح عمل‌کرد مزرعه تحت تاثیر شرایط آب و هوایی و هم‌چونین سیاست‌گذاري در مصرف نهاده‌ي کشاورزی قرار دارد. بنابراین، برای به دست آوردن عمل‌کرد واقعی نیاز به رابطه‌یی است که تحت تاثیر این عوامل قرار نگیرد، و تنها رابطه‌یی از آب، خاک و گیاه باشد. سلطانی و همکاران (1992) معتقد اند که عواملی مانند ناکافی بودن داده‌های تجربی، زمان و هزینه‌ی زیاد برای تخمین توابعی که عمل‌کرد را به میزان آب مصرفی ارتباط می‌دهد، از مشکلات اساسی مدیریت آبیاری در کشورهای جهان سوم است. بنابراین به دلیل خاص منطقه‌یی بودن تابع تولید تجربی این گونه توابع انتقال‌پذیر نیست، اما توابعی که عمل‌کرد را به تبخیر و تعرق مربوط سازد، انتقال پذیر است و می‌توان از این توابع در مدیریت آبیاری بهره گرفت. بنابراین، با در نظر گرفتن این توابع برای عمل‌کرد واقعی گیاه، در واقع می‌توان کم‌آبیاری یا به عبارتی عرضه‌ی آب کم‌تر از نیاز کامل گیاه، و در نتیجه عمل‌کرد آن را مدل سازی کرد. معادله‌یی که رائو (1988) و دورنباس و کاسام (1979) برای پیش بینی محصول پیش‌نهاد کرده اند به‌صورت زیر است:

$$Y_a / Y_{\max} = \Pi [1 - K_{yn} (1 - ET_{an} / ET_{\max})] \qquad (10)$$

این رابطه n مراحل مختلف رشد گیاه، y_{max} بیش‌ترین عمل‌کرد قابل حصول (بدون محدودیت آب) در شرایط بدون تنش، y_a مقدار محصول در شرایط تنش آبی، $ETa_1, \ldots, ETa_n$ تبخیر و

تعرق واقعی، ET_{mn} , ..., ET_{m1} تبخیر و تعرق پتانسیل و k_{yn} فاکتور پاسخ عمل‌کرد گیاه نسبت به تنش آبی در مرحله‌ي رشد n است. از این رابطه برای محاسبه‌ي عمل‌کرد استفاده شد. براي محاسبه‌ی تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاه روش‌های متفاوتی از جمله اصل بیلان جرمی و روش محاسباتی و روش پنمن مانتیث استفاده می‌شود (سپاسخواه، 1385). در مطالعه‌ی حاضر مقادیر مربوط به تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاه به روش پنمن مانتیث با استفاده از نرم افزار Fao-CropWat محاسبه شد. بر اساس اطلاعات جمع آوری شده از مسولان جهاد کشاورزی و آب منطقه‌یی استان فارس شاخص کارآیی مصرف آب در سطح 44% در نظر گرفته شد. مقادیر مربوط به فاکتور حساسیت نسبت به تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است. چونین امری امکان بررسی تاثیرات تنش کم‌آبی بر عمل‌کرد گیاه را فراهم می‌سازد که توسط دورنباس و کاسام (1979) براي 33 محصول و نیریزی و ردزوفسکی (1977) براي 11 محصول محاسبه شده است. با توجه به این که منطقه‌ی زرقان فارس در طی سال‌هاي 86-1361 داراي 17 سال آب و هواي نرمال، 3 سال خشک و 6 سال ترسالی بوده (اداره‌ي هواشناسی منطقه‌ي زرقان فارس)، شبیه‌سازي عمل‌کرد با استفاده از نرم افزار Bestfit بر اساس آب و هواي نرمال انجام شد. بهترین توزیع داده‌ها با استفاده از این نرم افزار، بتا جنرال مشخص شد و سپس بر اساس بهترین توزیع داده‌ها شبیه سازی انجام شد. براي به‌دست آوردن داده‌هاي مربوط به بازده برنامه‌یی با توجه به قیمت ذرت در سال 87-86 و هزینه‌هاي مربوط به تولید و هزینه‌ی آبیاري در هر مرحله‌ی رشد، بازده هر یک از برنامه‌های آبیاری محاسبه شد. سپس تابع توزیع تجمعی (CDF) هر یک از برنامه‌های آبیاری به‌دست آمد و امکان تجزیه و تحلیل بر اساس معیارهای برتری فراهم شد.

نتایج و بحث

در جدول (1) عمل‌کرد ذرت دانه‌یی شبیه سازی شده در شرایط آب و هوایی نرمال نشان داده شده است. با توجه به مقادیر شبیه سازی شده در راه‌بردهای مختلف کم آبیاری (D1,....,

D7) بالاترین عمل‌کردها برای هر شبیه**سازي مربوط به برنامه‌ي** D5 **و** D1، و کم‌ترین مربوط **به برنامه** D2 **و** D4 **است. در جدول** (2) توزیع احتمال تجمعی بر اساس عمل‌کرد دانه‌یی برای **راه‌برد**های مختلف کم‌آبیاری محاسبه شده است. از این جدول برای تحلیل بر اساس معیار برتری تصادفی درجه**ي اول و دوم استفاده شد.**

جدول (1). **عمل**کرد دانه‌یی (برحسب تن در هکتار)، شبیه**سازي شده بر اساس آب و هواي نرمال**

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
5/60	3/63	5/00	3/86	5/39	3/11	4/51
5/67	3/68	5/12	3/89	5/47	3/22	4/62
5/72	3/72	5/21	3/91	5/52	3/36	4/68
5/77	3/78	5/36	3/96	5/57	3/39	4/71
5/83	3/82	5/41	4/00	5/61	3/54	4/79
5/85	3/88	5/44	4/07	5/64	3/57	4/83
5/88	3/91	5/51	4/11	5/69	3/63	4/89
5/90	3/98	5/59	4/17	5/73	3/67	4/99
5/92	4/04	5/67	4/21	5/86	3/73	5/07
5/95	4/09	5/74	4/25	5/94	3/77	5/13
5/97	4/15	5/81	4/29	5/96	3/92	5/20
6/00	4/28	5/86	4/31	6/08	3/98	5/29
6/02	4/37	5/92	4/34	6/10	4/08	5/34
6/11	4/45	5/97	4/43	6/15	4/11	5/46
6/21	4/54	6/08	4/50	6/29	4/23	5/57
6/28	4/62	6/12	4/54	6/42	4/29	5/62
6/32	4/74	6/17	4/59	6/47	4/32	5/72
6/36	4/84	6/22	4/63	6/56	4/39	5/79
6/45	5/06	6/28	4/68	6/68	4/43	5/83
6/52	5/22	6/43	4/89	6/76	4/69	6/02

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (2). توزیع احتمال تجمعی بر اساس عملکرد دانه‌یی

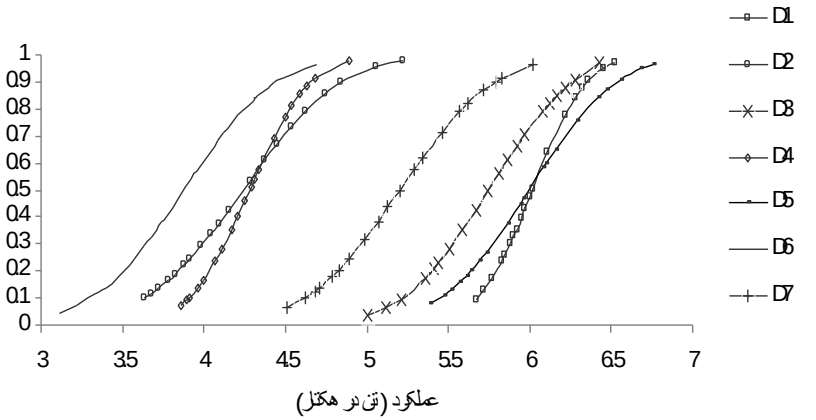
P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
0/058824	0/098844	0/034284	0/075119	0/077023	0/04153	0/062723
0/097066	0/118488	0/063244	0/090727	0/108056	0/068865	0/098684
0/129011	0/136079	0/095398	/102394	0/131538	0/121483	0/123755
0/173382	0/165674	0/173153	0/136241	0/158324	0/140058	0/137838
0/23803	0/187558	0/206214	0/168318	0/182165	0/226076	0/18057
0/2622	0/223559	0/227731	0/235177	0/201443	0/246711	0/204757
0/300675	0/24294	0/282535	0/279148	0/236164	0/294536	0/244443
0/32766	0/291484	0/352014	0/351758	0/266158	0/324879	0/318831
0/355577	0/336385	0/426831	0/403597	0/37515	0/378864	0/384349
0/398902	0/375712	0/49464	0/457189	0/448365	0/405106	0/435884
0/428532	0/424632	0/562604	0/511573	0/467052	0/541021	0/497354
0/47369	0/533659	0/610155	0/538747	0/579256	0/599509	0/576273
0/504021	0/60816	0/665057	0/579133	0/597586	0/683293	0/619026
0/637741	0/671286	0/70831	0/693877	0/648537	0/709303	0/71507
0/773925	0/736804	0/793089	0/772105	0/756369	0/788262	0/791456
0/841123	0/788857	0/81988	0/8112	0/841562	0/830415	0/821746
0/875183	0/854487	0/850145	0/853827	0/870859	0/847592	0/873515
0/90378	0/897431	0/876814	0/882883	0/908354	0/879505	0/902844
0/950092	0/95833	0/904188	0/913114	0/946667	0/897152	0/917184
0/972063	0/980751	0/9678	0/981098	0/964212	0/967186	0/964579

(مقادیر احتمال تجمعی برای هر راه‌برد با $p_1,...p_7$ نشان داده شده است)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

تحلیل بر اساس برتری تصادفی درجه‌ي اول (FSD): نتایج مربوط به FSD در نمودار 1 و جدول (3) نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که بر اساس عملکرد دانه‌یی، برنامه‌ی آبیاری

D_6 در هر شرایطی نسبت به برنامه‌های دیگر مغلوب است و پایین‌ترین عمل‌کرد دانه‌یی را دارا است. این یافته می‌تواند به این دلیل باشد که ذرت در دوره‌ي گل‌دهی و شکل‌گیری دانه با شرایط آب و هوای گرم تابستان مواجه است که حساس‌ترین مرحله‌ي رشد محصول نسبت به تنش آبی است (میرهادی، 1380). بنابراین تنش در این مرحله تاثیری منفی بر عمل‌کرد گیاه و از طرفی بازده برنامه‌یی دارد. برنامه‌ی آبیاری D1 و D5 نیز نسبت به دیگر برنامه‌ها برتر است، ولی نمی‌توان براساس معیار FSD مشخص کرد که گزینه‌ی برتر میان برنامه‌ي D1 و D5 به دلیل قطع CDF آن‌ها کدام است. در نهایت تصمیم‌گیرنده باید میان D5 و D1 به دلیل بالاتر بودن عمل‌کرد دانه‌یی آن‌ها نسبت به برنامه‌های دیگر و با توجه به شکل تابع CDF و برتري آن‌ها نسبت به برنامه‌های دیگر، برنامه‌ي برتر را انتخاب کند. با توجه به عمل‌کرد براساس معیار FSD امکان انتخاب میان این دو وجود ندارد.



ماخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار(1). برتری تصادفی درجه‌ي اول براساس عمل‌کرد ذرت دانه‌یی

جدول (3). گزینه‌های غالب و مغلوب بر اساس معیار FSD **با توجه به عمل**کرد دانه‌یی ذرت

برنامه	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	-	برتر	برتر	برتر	بی تفاوت	برتر	برتر
D2	مغلوب	-	مغلوب	بی تفاوت	مغلوب	برتر	مغلوب
D3	مغلوب	برتر	-	برتر	مغلوب	برتر	برتر
D4	مغلوب	بی تفاوت	مغلوب	-	مغلوب	برتر	مغلوب
D5	بی تفاوت	برتر	برتر	برتر	-	برتر	برتر
D6	مغلوب	مغلوب	مغلوب	مغلوب	مغلوب	-	مغلوب
D7	مغلوب	برتر	مغلوب	برتر	مغلوب	برتر	-

ماخذ: یافته‌های تحقیق

ملاحظه می‌شود که بر اساس معیار FSD امکان تفکیک گزینه**ها بر اساس عمل**کرد دانه‌یی **به** طور کامل وجود ندارد. برای تفکیک از معیار SSD **استفاده شد**. **بر طبق فروض** SSD، **براي تمام سطوح عمل**کرد در هکتار، مساحت زیر منحنی فراوانی تجمعی برنامه‌های آبیاری کاراً باقی مانده از معیار FSD **محاسبه شد**. مساحت زیر منحنی تجمعی در برنامه**ي** D1 کم**تر از** مساحت زیر منحنی فراوانی تجمعی برنامه**ي** D5 **به دست آمد**. بنابراین، بر اساس معیار SSD می‌توان نتیجه گرفت که کم‌آبیاری در مرحله**ي دوم** و چهارم رشد ذرت نسبت به دیگر مراحل رشد از حساسیت کم**تري برخوردار است**. **در جدول (4)** مساحت زیر منحنی D1 **و** D5 به ترتیب با S1 **و** S5 **نشان داده شده است**.

جدول (4). مقادیر مساحت تجمعی دو راه**برد** D5 **,** D1

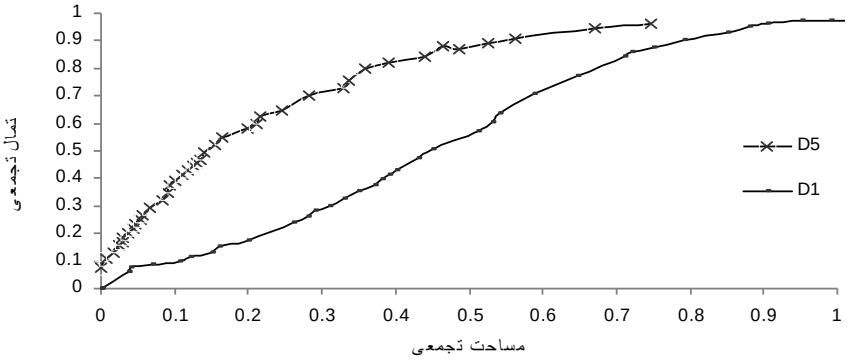
S_5	P_5	S_1	P_1	عمل‌کرد
0	0/077023	0	0	5/39
0/006162	0/108056	0	0	5/47
0/017727	0/131538	0	0	5/52
0/024303	0/158324	0	0	5/57
0/030003	0/170244	0/036	0/058824	5/60
0/030684	0/182165	0/04	0/077945	5/61
0/036149	0/201443	0/07	0/087506	5/64
0/043401	0/218803	0/10	0/097066	5/67
0/046464	0/236164	0/12	0/113039	5/69
0/053549	0/251161	0/15	0/129011	5/72
0/056061	0/266158	0/16	0/151196	5/73
0/066707	0/293406	0/2	0/173382	5/77
0/084311	0/320654	0/26	0/23803	5/83
0/090725	0/347902	0/28	0/2622	5/85
0/094204	0/37515	0/29	0/281437	5/86
0/101707	0/393454	0/31	0/300675	5/88
0/109576	0/411757	0/33	0/32766	5/9
0/117811	0/430061	0/35	0/355577	5/92
0/126412	0/448365	0/37	0/37724	5/92
0/130896	0/457708	0/38	0/398902	5/95
0/135473	0/467052	0/39	0/413717	5/96
0/140143	0/495103	0/40	0/428532	5/97
0/154996	0/523154	0/43	0/47369	6
0/165459	0/551205	0/45	0/504021	6/02
0/198532	0/579256	0/51	0/570881	6/08
0/210117	0/597586	0/53	0/604311	6/10

ادامه جدول (4)

S_5	P_5	S_1	P_1	عمل‌کرد
0/216093	0/623062	0/54	0/637741	6/11
0/245377	0/648537	0/587	0/705833	6/15
0/282992	0/702453	0/64	0/773925	6/21
0/328651	0/729411	0/71	0/841123	6/28
0/335945	0/756369	0/72	0/858153	6/29
0/358636	0/798966	0/75	0/875183	6/32
0/390595	0/820264	0/79	0/90378	6/36
0/439811	0/841562	0/85	0/926936	6/42
0/465058	0/950092	0/88	0/950092	6/45
0/48881	0/870859	0/905	0/961077	6/47
0/527999	0/889606	0/95	0/9720693	6/52
0/563583	0/908354	0/99	0/972063	6/56
0/672585	0/946667	1/11	0/972063	6/68
0/748319	0/964212	1/19	0/972063	6/76

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (1) بیان‌**گر** این است که به ازای هر سطحی از احتمال تجمعی، مساحت زیر منحنی یا به عبارتی مطلوبیت مورد انتظار برنامه‌ی آبیاری D5 بیش‌تر از مساحت زیر منحنی (مطلوبیت مورد **انتظار**) D1 **است**. این موضوع در نمودار (2) **نشان داده شده است**.

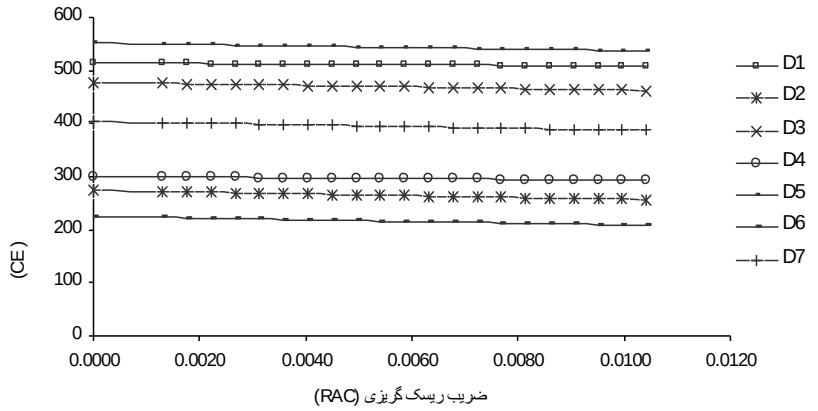


ماخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار (2). مساحت تجمعی هر یک از برنامه‌های آبیاری D5, D1 بر اساس معیار SSD

برای تحلیل بر اساس SERF نیاز به محاسبه‌ی معیار CE و مشخص کردن ضرایب ریسک‌گریزی بود. بدین منظور، برای محاسبه CE d از تابع نمایی استفاده شد. برای تعیین بازه‌ی ضریب ریسک‌گریزی از رابطه‌ی میان ریسک گریزی نسبی و مطلق استفاده گردید. این رابطه عبارت است از $r_{a(w)} = r_{r(w)} / w$ که w همان بازه برنامه‌یی، $r_{a(w)}$ ضریب ریسک‌گریزی مطلق، و $r_{r(w)}$ ضریب ریسک‌گریزی نسبی است. آندرسون و دیلون (1992) ضریب ریسک‌گریزی نسبی را در بازه‌یی میان 0/5 (به سختی ریسک‌گریز) تا حدود 4 (خیلی ریسک-گریز) معین کردند. تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده براساس ثروت یا سود ناخالص حاصل از آن گزینه‌ی ریسکی در نظر گرفته شد. هر چند که می‌توان تحلیل را بر اساس عمل‌کرد انجام داد، اما تفسیر نتایج، مشکل و یا غیر معقول است. بنابراین، مطابق با فرض‌های کلاسیک، تابع مطلوبیت تابعی از بازده برنامه‌یی در نظر گرفته شد. میانگین بازده ناخالص در هفت برنامه‌ي آبیاری برابر 383/91 (هزار ریال در هکتار) به‌دست آمد. بنابراین، بازه‌ی ریسک‌گریزی کشاورزان مورد مطالعه میان 0,0105 و 0,0013 قرار گرفت. که در تحلیل، بازه‌ي 0,0105 و 0 استفاده شد. سپس برنامه‌های کم‌آبیاری بر اساس بیش‌ترین معادل اطمینان (CE) رتبه‌بندي شد.

نتایج در نمودار (3) نشان داده شده است. با توجه به نمودار 3 ملاحظه می‌شود که در طول تمام بازه‌ی ریسک‌گریزی، گزینه‌ي D5 بر گزینه‌ي D1 غالب است. در این تحلیل مجموعه‌ي کارآیی حاصل از روش SERF را می‌توان به صورت (D5>D1>D3>D7>D4>D2>D6) نوشت. بنابراین روش SERF توانایی بیش‌تری در تمایز میان گزینه‌ها دارد و در یک بازه از ضرایب ریسک‌گریزی، تعداد کم‌تری گزینه در مجموعه‌ی کارآ ارایه می‌کند.



ماخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار (3). نتایج روش SERF براساس معیار CE، درطول بازه‌ی ریسک گریزی مطلق

برای تعیین سطح زیرکشت کشاورزان در راه‌بردهای مختلف کم‌آبیاری با توجه به محدودیت عرضه آب و دیدگاه آن‌ها نسبت به ریسک، بازه‌ی ریسک‌گریزی 0,0105 و 0,0013 مورد بررسی قرار گرفت. کشاورزان با RAC=0/0105، ریسک‌گریز و RAC=0/0013 ریسک‌پذیر در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از مدل بهینه‌سازي در جدول 5 ارایه شده است. با توجه به جدول 5 ملاحظه می‌شود که کشاورز ریسک‌پذیر، بیش‌ترین سطح زیرکشت را به برنامه‌ي D5 و کشاورز ریسک‌گریز، به برنامه‌ي D7 اختصاص داد. در واقع کشاورز ریسک-گریز، ریسک خود را میان گزینه‌ها پخش می‌کند، اما از دید کشاورز ریسک‌پذیر بالاترین بازده ناخالص اهمیت بیش‌تری دارد، بنابراین بیش‌ترین سطح زیرکشت را به گزینه‌یی اختصاص

می‌دهد که این هدف او را تامین کند. اما زمانی که کشاورزان با محدودیت آب روبه‌رو نیستند (نتایج مدلSERF)، تمام سطح زیرکشت را به طور قطع به برنامه‌ي D5 به دلیل بالاتر بودن عملکرد و به دنبال آن بازده ناخالص اختصاص می‌دهند. کشاورزان در شرایط محدودیت زمین و آب بر اساس نوع رفتار ریسکی، تصمیمات متفاوتی در رابطه با گزینه‌های مختلف کم-آبیاری از خود نشان می‌دهند. این امر می‌تواند به‌خصوص در شرایط محدودیت آب در مدیریت مزرعه اهمیت فراوانی داشته باشد.

جدول (5). نتایج مدل برنامه ریزی ریاضی براساس RAC **هاي متفاوت**
(انتخاب سطح زیر کشت در راه‌بردهای مختلف کم آبیاری بر حسب هکتار)

برنامه‌ي کم آبیاری	کشاورز ریسک پذیر(RAC = 0/0013)	کشاورز ریسک گریز (RAC = 0/0105)
D1	3	2/1
D2	0	0
D3	3/4	3/2
D4	0	0/3
D5	9/1	3/9
D6	0	0/7
D7	4/2	10/2

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

در مطالعه‌ي حاضر، راه‌بردهای مختلف کم‌آبیاری ذرت دانه‌یی با استفاده از معیار برتری تصادفی غالب مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی نتایج بر اساس معیار FSD نشان داد که برنامه‌ی آبیاری D_6 در هر شرایطی نسبت به برنامه‌های دیگر مغلوب است، و پایین‌ترین

عمل‌کرد دانه‌یی را دارا است. برنامه‌ی آبیاری D1 و D5 نیز نسبت به دیگر برنامه‌ها برتر بود ولی بر اساس معیار FSD قابل تفکیک نبود. نتایج SSD نشان داد که در شرایطی که محدودیت آب و زمین وجود ندارد سطح زیر منحنی تابع توزیع تجمعی در برنامه‌ی آبیاری D5 بیش‌تر از برنامه‌ی آبیاری D1 است. این موضوع نشان داد که گیاه ذرت در مرحله‌ي دوم و چهارم رشد به میزان کم‌تر نسبت به کم‌آبیاری حساس است. برای لحاظ کردن ترجیحات ریسکی کشاورز در انتخاب برنامه‌ی آبیاری از معیار SERF استفاده شد. نتایج نشان داد که در بازه‌ي ریسک‌گریزی 0/0105 و 0 مقادیر معادل اطمینان (CE) و یا به عبارتی ارزش پولی گزینه‌هاي کم‌آبیاری در برنامه‌ي D5 بالاتر از برنامه‌های دیگر است. این نتایج به شرایط نبود محدودیت در مقدار آب و زمین قابل تعمیم است. اما نتایج مدل بهینه‌سازی نشان داد که زمانی‌که کشاورز با محدودیت آب و زمین مواجه شود، بر اساس نوع دیدگاه ریسکی خود رفتار متفاوتی در انتخاب سطح زیرکشت در هر برنامه‌ی آبیاری نشان می‌دهد. کشاورزان ریسک‌پذیر بالاترین سطح زیرکشت را به برنامه‌ي D5 (کم‌آبیاری در مرحله‌ي دوم و چهارم رشد) اختصاص دادند، در حالی که بالاترین سطح زیرکشت کشاورزان ریسک‌گریز در برنامه‌ي D7 (کم‌آبیاری در هر چهار مرحله‌ي رشد) بود. این نتیجه بیان‌گر اهمیت دیدگاه و درجه‌ی ریسکی کشاورز در شرایط محدودیت آب در انتخاب سطح زیرکشت بر اساس برنامه‌های متفاوت کم‌آبیاری است، و می‌تواند در تصمیم‌گیری و کاهش مصرف آب در مزرعه و تاثیر بر عمل‌کرد محصول و به دنبال آن بازده برنامه‌یی کشاورز موثر باشد. بنابراین، با توجه به محدود بودن منابع آب در بخش کشاورزی، به‌کارگیری هر راه‌کار به‌منظور صرفه‌جویی در آب و نیز افزایش سطح زیرکشت اهمیت زیادی دارد. از طرفی در تمام برنامه‌هایی که برای کشاورزان در سطح تصمیم‌گیری کلان یا خرد صورت می‌گیرد، توجه به دیدگاه آنان نسبت به ریسک می‌تواند در تحلیل تصمیمات و سیاست‌گذاري‌ها اثرگذار و مفید باشد.

منابع

امیر تیموری، س. و چیذری، ا. (1378). بررسی خودکفایی پویا در تولید ذرت دانه‌یی در ایران، ره‌یافت محاسبه‌ي بهره‌وری کل عوامل تولید: پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره 79.

زیبایی، م.، سلطانی، غ.، ترکمانی، ج.، خلیلی، د. و بهبودیان، ج. (1380). راه‌برد ریسک- کارآیی آبیاری گندم در منطقه‌ي کوار. کاربرد معیارهای برتری تصادفی، فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، 36 (9): 90-75.

سپاسخواه، ع.، توکلی، ع. و موسوي، ف. (1385). اصول و کاربرد کم‌آبیاری. تهران: کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران.

میرهادی، م. (1380). ذرت. تهران: سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

Anderson, J.R., Dillon, J.L. and Hardaker, J.B. (1992). Agricultural Decision Analysis. Lowa State University press. Ames.

Arrow, K.J. (1965). Aspects of the theory of risk-bearing. Academic Bookstore, Economics, Texas A , M University. Helsinki. introduction to the Excel simulation add-in: Simetar. Department of Agricultural

Boisvert, R.N. and McCarl, B. (1990). Agricultural Risk Modeling Using Mathematical Programming. Bulletin NO 356, Southern Cooperative Series, Department of Agricultural Economics, Cornell University, Ithaca, NY.

Botes, J.H.F. (2005). An Economic of Wheat Irrigation Scheduling Strategies using Stochastic Dominance. MScAgric Dissertation. Department of Agricultural Economics, University of the Range Free State, Bloemfontein

Doorenbos, J. and kassam, A.H. (1979). Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper, NO.33, Rome, Italy.

English, M. and Raja, S.N. (1996). Review: perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 32(1):1-14.

Gravte, B. and Nel, F. (2006). Stochastic efficiency analysis of alternative water conservation strategies. *Journal of Agricon*, 45: 131-152.

Grove, B. and Oosthuizen, L.K. (2002). An economic analysis of alternative water use strategies at catchment level taking into account an Instream flow requirement. *Journal of American Water Resources Association*, 38(2): 385-395.

Hardaker, J.B., Huirne, R.B.M. and Anderson, J.R. (1997). Coping with Risk in Agriculture. CAB International, Wallingford, UK.

Hardaker, J.B. and Lien, G. (2003). Stochastic efficiency analysis with risk-aversion bounds: a simplified approach. Working Paper No. 2003-1, University of New England, Department of Agricultural and Resource Economics, Armidale, NSW.

Hardaker, J.B., Richardson, J.W., Lien, G. and Schumann, K. D. (2004). Stochastic efficiency analysis with risk aversion bounds: a simplified approach. The *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2: 253–270.

Mottram, R., De Jager, J.M., Jackson, B.J. and Gordijn, R.J. (1995). Irrigation water distribution management using linear-programming. Proceedings of the Southern African Irrigation Symposium, 4-6 June 1991, Durban. WRC Report No TT 71/95, The Water Research Commission, Pretoria, 32: 36-122.

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

Pratt, J.W. (1964). Risk Aversion in the Small and in the large. *Econometrica*, 32:36-122.

Rao , N.H., Sarama, P.B.S. and Chander, S. (1988). A simple Dated

Water- Production Function for use in Irrigated Agriculture, *Agric. Water Management*, 13: 25-32.

Richardson, J.W., Schumann, K. and Feldman, P. (2004). Simetar: Simulation for Excelto analyse risk. Department of Agricultural Economics, Texas A, M University.

Soltani, G.R., Pandey, S. and Musgrave, W.F. (1992). Problems of transferring crop- water production function knowledge to developing countries, *Water Resource Research*, 96-101.

Weinberg, M., Kling, C.L. and Wilen, J.E. (1993). Water markets and water utility. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(2): 278-291.