نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره ششم، ۱۳۹۳
http://jwsc.gau.ac.ir

# بررسی عملکرد و مصرف آب در ذرت شیرین تحت‌تأثیر شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری در دو الگوی کاشت

*علیرضا کیانی[1] و علیرضا صابری[2]

[1]دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان،
[2]استادیار بخش تحقیقات اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۲٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۲۱

## چکیده

در شرایط کمبود آب استفاده از روش کم‌آبیاری و الگوی مناسب کاشت از گزینه‌های مؤثر در افزایش بهره‌وری آب محسوب می‌شوند. برای بررسی تأثیر الگوهای مختلف کاشت و چند شیوه کم‌آبیاری روی عملکرد، مصرف آب، کارایی مصرف و ضریب واکنش گیاه ذرت آزمایشی با استفاده از کرت‌های خرد شده با ۳ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا درآمد. دورهای آبیاری (٦ و ۱۰ روزه) به‌عنوان کرت‌های اصلی و تیمارهای الگوی کاشت در کرت‌های فرعی شامل الگوی کاشت یک‌ردیفه و دو ردیفه (هر کدام به‌صورت آبیاری کامل، یک در میان متناوب و آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها) انتخاب شدند. نتایج نشان داد که اختلاف عملکرد دانه ذرت بین تیمارهای آبیاری کامل و یک در میان معنی‌دار ولی بین تیمارهای یک در میان غیرمعنی‌دار بود. مقدار رواناب در تیمارهای $I_1$ و $I_3$ بیش‌تر از بقیه تیمارها و تیمارهای یک در میان ثابت نیز بیش‌تر از یک در میان متغیر بوده و در نتیجه مقدار نفوذ آب در تیمار آبیاری یک در میان متناوب بیش‌تر از آبیاری یک در میان ثابت بود. با افزایش دور آبیاری از ٦ به ۱۰ روز مقدار رواناب حدود ۲٤ درصد کاهش یافت. رابطه بین تبخیر- تعرق و عملکرد گیاه یک رابطه خطی به‌نسبت قوی ($R^2$=۰/۸۰) و ضریب واکنش گیاه به آب برابر ۱/۱٤ به‌دست آمده است. مقایسه کارایی مصرف آب ذرت نشان داده است که آبیاری یک در میان شیارها با ۵۰ درصد صرفه‌جویی در آب سودمندی بالاتری نسبت به آبیاری کامل شیارها دارد.

***واژه‌های کلیدی:*** آبیاری یک در میان، کارایی مصرف آب، کم‌آبیاری، ذرت شیرین

* مسئول مکاتبه: akiani71@yahoo.com

**مقدمه**

ذرت شیرین از جهش ژنتیکی ذرت معمولی حاصل شده و به‌طور عمده به‌منظور میوه آن (بلال) در تابستان به‌عنوان کشت دوم محسوب می‌گردد. با توجه به دوره رشد کوتاه (حدود ۷۵ روز) که منجر به مصرف آب کم‌تر می‌شود و همچنین عملکرد بالا از نظر اقتصادی جایگزین بسیار مناسبی برای کشت‌های تابستانه خواهد بود. در برخی از نقاط کشور سالانه دو نوع کشت انجام می‌شود. کشت اول مربوط به گیاهان پاییزه و زمستانه همانند گندم، جو، کلزا و... که دوره رشد آن‌ها مصادف با آب و هوای مرطوب و کشت دوم مربوط به گیاهان تابستانه همانند ذرت، پنبه، سویا .... که دوره رشد آن‌ها مصادف با آب و هوای خشک است. کشت گیاهان تابستانه به‌دلیل محدودیت منابع آبی همواره با خطر کاهش قابل‌توجه تولید همراه است. برای تعدیل این شرایط، پژوهشگران در حوزه‌های مختلف روش‌های مختلفی از جمله کاهش دوره رشد، مدیریت کم‌آبیاری، مدیریت بستر بذر و... را مورد بررسی قرار می‌دهند.

هاگس و همکاران (۱۹۸۹) نشان دادند که سرعت پیشروی آب در آبیاری جویچه‌ای معمولی با فواصل جویچه ۱/٤۲ متر بسته به نوع خاک و شیب زمین به‌میزان ٤۸-۲۳ درصد بیش‌تر از تیمار جویچه‌ای با فواصل پشته ۲/۸٤ متر بوده است. در این پژوهش علاوه‌بر کاهش میزان آب مصرفی در حالت جویچه‌ای با پشته‌های عریض، میزان عملکرد محصول نیز کاهش یافت. اوجلا و همکاران (۱۹۹۱) تأثیر چهار روش آبیاری جویچه‌ای (مرسوم منطقه، برنامه‌ریزی شده، یک در میان و آبیاری جویچه‌ای با دو ردیف کشت روی پشته) را بر میزان رشد و عملکرد زراعت پنبه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که ذخیره آب در تیمارهایی که در آن‌ها برنامه‌ریزی صورت گرفته، در مقایسه با آبیاری مرسوم منطقه بیش‌تر است به‌طوری‌که این مقادیر در آبیاری جویچه‌ای یک در میان بیش‌تر از آبیاری جویچه‌ای با دو ردیف کشت روی پشته و هر دو بیش‌تر از آبیاری جویچه‌ای معمولی بوده و با وجود کاهش مصرف آب به‌میزان ۵۰ درصد در آبیاری جویچه‌ای یک در میان، میزان عملکرد محصول کاهش نیافته است. ترابی و جهاد اکبر (۲۰۰۵) تأثیر آبیاری جویچه‌ای با کاشت یک‌ردیفه و دو ردیفه بر بازده مصرف آب و صفات کمی و کیفی چغندرقند در شرق استان اصفهان را مطالعه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدارآب مصرفی به‌میزان ۲۲٦۹۳ و ۱۵۳۰۰ مترمکعب در هکتار به‌ترتیب مربوط به تیمارهای کاشت یک‌ردیفه، فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر، آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب و کاشت دو ردیفه، فاصله خطوط کاشت در طرفین جویچه

٦٠ سانتی‌متر و فاصله خطوط کاشت روی پشته ٤٠ سانتی‌متر بود. بیش‌ترین عملکرد ریشه به‌میزان ٤٥/٨٥ تن در هکتار در تیمار کاشت دو ردیفه، فاصله خطوط کاشت در طرفین جویچه‌ها ٥٠ سانتی‌متر و فاصله خطوط کاشت روی پشته ٤٠ سانتی‌متر به‌دست آمد. سپاسخواه و خواجه‌عبداللهی (٢٠٠٥) روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان با دوره‌های مختلف آبیاری را روی ذرت مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش سه دور آبیاری ٤، ٧ و ١١ روزه و سه روش آبیاری شامل جویچه‌ای معمولی، جویچه‌ای یک در میان ثابت و جویچه‌ای یک در میان متناوب با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب با دور آبیاری ٤ روزه اقتصادی‌ترین روش از نظر مصرف آب و عمکلرد دانه ذرت بود. خرمیان (٢٠٠٢) تأثیر کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان ثابت و یک در میان متناوب را بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان بررسی نمود. نتیجه این پژوهش نشان داد که به‌طورکلی کم‌آبیاری ذرت به روش جویچه‌ای از ابتدای کشت تا شروع گلدهی، تأثیر معنی‌داری در عملکرد نداشت. مقایسه روش کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان متناوب با روش آبیاری جویچه‌ای کامل نشان داد که در روش اول حدود ٣٠ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شد. رفیعی (٢٠١٢) اثر آبیاری یک در میان و تراکم مختلف کشت گیاه ذرت را از نظر مسایل فیزیولوژیکی گیاه مورد بررسی قرار داد. نتایج او نشان داده است که آبیاری یک در میان (ثابت و متغیر) فتوسنتز و پروتئین گیاه را کاهش اما آنتی‌اکسیدان‌ها و پرولین را افزایش داده است. تراکم گیاهی تأثیری روی واکنش فیزیولوژیکی گیاه نداشت. شائوژانگ و همکاران (٢٠٠٠) آبیاری یک در میان ذرت تحت‌تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری را به‌مدت دو سال مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که توسعه ریشه، تعداد ریشه اولیه، وزن خشک ریشه و تراکم ریشه گیاه ذرت در تیمار آبیاری یک در میان متغیر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای یک در میان ثابت و مرسوم بود. کم‌آبیاری وزن خشک ریشه و ارتفاع گیاه را در دو تیمار یک در میان ثابت و مرسوم کاهش داده ولی اثری در آبیاری یک در میان متغیر نداشت. در این پژوهش بالاترین عملکرد دانه ذرت مربوط به آبیاری مرسوم و با مصرف آب ٣١٥ میلی‌متر و کم‌ترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری یک در میان متغیر ولی با مصرف آب حدود ١٥٨ میلی‌متر به‌دست آمد. به همین دلیل کارایی مصرف آب در آبیاری یک در میان متغیر و روش مرسوم ذرت به‌ترتیب معادل ٥/٧ و ٣/٤ کیلوگرم به‌ازای مصرف هر مترمکعب آب حاصل شده است. کاشیانی و همکاران (٢٠١١) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین را تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری و تراکم کشت مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داده است که اثر

مدیریت‌های مختلف آبیاری بر روی عملکرد و اجزای آن تأثیر معنی‌داری داشته است. بین دو تیمار آبیاری یک در میان نیمه‌متغیر و کامل از نظر عملکرد و اجزای آن تفاوت آماری مشاهده نشد ولی میزان مصرف آب در تیمار آبیاری یک در میان نیمه‌متغیر حدود ۳۰ درصد آبیاری کامل بود. کاهش سطح خیس شده در آبیاری متناوب نسبت به آبیاری کامل باعث می‌شود تا مقدار افت آب در اثر تبخیر و نفوذ عمقی کاهش یافته و به‌دلیل این‌که عملکرد تحت‌تأثیر قرار نمی‌گیرد، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. کاهش مصرف آب در آبیاری متناوب، بدون کاهش در عملکرد معنی‌دار سویا نسبت به آبیاری کامل حدود ٤٦ درصد بود (گراترول و همکاران، ۱۹۹۳).

بنابراین جمع‌بندی نتایج پژوهشگران نشان داد که امکان صرفه‌جویی در آب با اعمال تکنیک‌هایی مانند کم‌آبیاری به روش آبیاری یک در میان جویچه‌ها بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد گیاه وجود دارد. چگونگی صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی گیاه و استفاده از آب صرفه‌جویی شده در مناطقی که امکان افزایش زمین‌های زراعی وجود دارد، هدفی راهبردی برای ارتقا بهره‌وری آب است. این پژوهش نیز با هدف افزایش بهره‌وری آب به بررسی مدیریت‌های مختلف راهبردی کم‌آبیاری و الگوی کشت برای تولید ذرت شیرین به‌عنوان یک گیاه جایگزین در کشت‌های تابستانه می‌پردازد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قاب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی سال ۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی عبارتند از: آبیاری با دور ٦ ($S_1$) و ۱۰ ($S_2$) روزه به‌عنوان کرت‌های اصلی و تیمار الگوی کاشت در کرت‌های فرعی شامل: آبیاری کامل جویچه‌ها در الگوی کاشت یک ردیفه ($I_1$)؛ آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ها در الگوی کاشت یک ردیفه ($I_2$)؛ آبیاری کامل جویچه‌ها در الگوی کاشت دو ردیفه ($I_3$)؛ آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ها در الگوی کاشت دو ردیفه ($I_4$)؛ آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها در الگوی کاشت یک‌ردیفه ($I_5$) و آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها در الگوی کاشت دو ردیفه ($I_6$) بودند. یک در میان متناوب یعنی شیار آبیاری شده در هر نوبت آبیاری عوض می‌شوند و آبیاری یک در میان ثابت در تمام دوره رشد، شیارهای ثابت آبیاری می‌شوند. هر یک از تیمارهای الگوی کاشت در ۸ پشته به طول ٤۰ متر کشت شدند. برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در جدول ۱ ارایه شده

است. تراکم بوته ۷۵ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شده که با در نظر گرفتن فاصله ثابت ۷۵ سانتی‌متر مرکز پشته‌ها از یکدیگر، فاصله بوته‌ها روی ردیف در الگوی کاشت یک‌ردیفه ۱۸ و دو ردیفه کاشت ۳٦ سانتی‌متر بود. فاصله بین بوته‌ها روی پشته در الگوی کاشت دو ردیفه ۲۰ سانتی‌متر منظور شد.

**جدول ۱- بعضی از خواص فیزیکی خاک محل آزمایش.**

| عمق خاک (سانتی‌متر) | درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت زراعی | درصد وزنی رطوبت در حد پژمردگی | جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) | بافت |
|---|---|---|---|---|
| ۰-۳۰ | ۲۵/۵ | ۱٤ | ۱/۳۸ | SCL |
| ۳۰-٦۰ | ۲۵ | ۱۳/۲ | ۱/٤۲ | SL |

آب مورد نیاز گیاه با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری تا عمق توسعه ریشه گیاه و محاسبه کمبود رطوبت خاک (SMD) در تیمار بدون تنش ($S_1I_1$) به شرح رابطه ۱ برآورد گردیده و بر این اساس آبیاری انجام شد.

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i)B_d D_r \qquad (۱)$$

که در آن، SMD: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، $\theta_{FC}$ و $\theta_i$ به‌ترتیب رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری (درصد وزنی)، $B_d$: وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب) و Dr: عمق ریشه گیاه (میلی‌متر). در هر آبیاری با مرطوب کردن خاک اطراف ریشه، به آهستگی از خاک خارج و اندازه‌گیری شد.

ضریب واکنش گیاه به آب ($K_y$) از رابطه ۲ محاسبه شد (دورنباس و کسام، ۱۹۷۹). برای برآورد آن افت نسبی عملکرد ($1-Y_a/Y_m$) را در مقابل افت نسبی تبخیر- تعرق ($1-ET_c/ET_m$) در یک محور مختصات ترسیم نموده و شیب خط حاصل با عرض ار مبدا صفر همان ضریب $K_y$ است.

$$1-\frac{Y_a}{Y_m} = K_y\left[1-\left(\frac{ET_c}{ET_m}\right)\right] \qquad (۲)$$

که در آن، $Y_a$ و $Y_m$ به‌ترتیب عملکرد واقعی و حداکثر گیاه ($t.ha^{-1}$)، $ET_c$ و $ET_m$ به‌ترتیب تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل (میلی‌متر) می‌باشند. بیش‌ترین عملکرد گیاه ذرت در بین تیمارها به‌عنوان $Y_m$ و تبخیر- عرق مربوطه نیز به‌عنوان $ET_m$ در نظر گرفته شدند.

در این آزمایش تبخیر و تعرق واقعی گیاه ($ET_c$) با استفاده از روش موازنه حجمی آب به‌شرح زیر برآورد شد:

$$ET_c = I + P - D_P - R_o \pm \Delta S \qquad (۳)$$

که در آن، I، P، $D_p$، $R_o$ و $\Delta S$ به‌ترتیب مقدار آب آبیاری، باران خالص، نفوذ عمقی، رواناب و تغییرات رطوبت خاک، همه بر حسب میلی‌متر.

مقدار نفوذ عمقی از رابطه زیر برآورد می‌گردد:

$$D_P = \frac{[V_{in} - (V_{out} + V_{smd})] \times ۱۰۰۰}{W \times L} \qquad (٤)$$

که در آن، $D_p$: نفوذ عمقی (میلی‌متر)، $V_{in}$، $V_{out}$ و $V_{smd}$ به‌ترتیب حجم آب ورودی، خروجی و ذخیره شده در ناحیه ریشه (مترمکعب) و W و L به‌ترتیب عرض و طول شیار (متر).

روش آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار که به‌ازای هر شیار یک خروجی قابل تنظیم آب روی آن نصب شده بود، انجام گردید. به‌منظور کنترل میزان آب ورودی و تعیین حجم آب خروجی در هر تیمار، در ابتدا و انتهای هر شیار فلوم‌های WSC مستقر شدند. رطوبت خاک در زمان قبل و یک روز بعد از آبیاری با استفاده از روش وزنی تا عمق توسعه ریشه گیاه به‌ازای هر ۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد، برداشت از چهار خط وسط هر تیمار صورت گرفت.

کارآیی مصرف آب در هر تیمار از رابطه‌های زیر محاسبه شدند.

$$WUE_{Net} = \frac{Y}{W_{Net}} \qquad (۵)$$

$$WUE_{ET} = \frac{Y}{ET_c} \qquad (٦)$$

که در آن‌ها، $WUE_{Net}$ و $WUE_{ET}$ به‌ترتیب کارایی مصرف آب ذرت بر مبنای آب خالص و مصرف گیاه (کیلوگرم بر هکتار در میلی‌متر)، Y: عملکرد دانه ذرت (کیلوگرم بر هکتار) و $ET_c$: تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر)، $W_{net}$: آب خالص (میلی‌متر). منظور از آب خالص تفاوت مقدار آب ورودی و خروجی از شیار است.

## نتایج و بحث

در طی فصل رشد گیاه در تیمار $S_1$ و $S_2$ به‌ترتیب ٦ و ٨ بار آبیاری صورت گرفته است. جدول ٢ زمان و مقادیر آب آبیاری به تفکیک هر تیمار را ارایه می‌کند. به‌طورکلی ملاحظه می‌گردد که تیمار آبیاری کامل نسبت به تیمارهای یک در میان و همچنین دور ٦ روزه نسبت به دور ١٠ روزه آب بیش‌تری مصرف کرده است. اما بین تیمارهای الگوی کشت تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود. میانگین آب کاربردی در دور ١٠ روزه برابر ٦٣ درصد دور ٦ روزه است. نتایج تحلیل آماری اجزای بیلان آب، مصرف آب، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در جدول ٣ و همچنین مقایسه میانگین آن‌ها تحت‌تأثیر دور، الگوی کشت و مدیریت کم‌آبیاری، در جدول ٤ ارایه شده است.

**جدول ٢- مقادیر (میلی‌متر) و زمان‌های آب آبیاری به‌کار برده شده در تیمارهای مختلف.**

| تاریخ آبیاری | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$ | $I_5$ | $I_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | | | | | | |
| ٨٥/٥/١٥ | ١٠٥ | ٤٩ | ١٠٠ | ٥٠ | ٥٥ | ٤٥ |
| ٨٥/٥/٢١ | ١١٧ | ٥٩ | ١١٨ | ٦٣ | ٦٣ | ٦٠ |
| ٨٥/٥/٢٨ | ٨٨ | ٤٥ | ٨٨ | ٤٥ | ٤٧ | ٤٣ |
| ٨٥/٦/٤ | ١١٢ | ٦٢ | ١١٣ | ٦٠ | ٦١ | ٥٥ |
| ٨٥/٦/١١ | ١٠٥ | ٤٨ | ١٠٣ | ٥٠ | ٥٤ | ٥١ |
| ٨٥/٦/١٩ | ١٠٢ | ٤٩ | ٨٨ | ٤٣ | ٤٥ | ٤٤ |
| مجموع فصل | ٦٢٩ | ٣١٢ | ٦١٠ | ٣١١ | ٣٢٥ | ٢٩٨ |
| $S_2$ | | | | | | |
| ٨٥/٥/١٥ | ١٠٢ | ٤٦ | ٩٤ | ٥٤ | ٥١ | ٤٥ |
| ٨٥/٥/٢٦ | ٩٠ | ٤٥ | ٩٠ | ٤٥ | ٤٣ | ٤٥ |
| ٨٥/٦/٧ | ١١٠ | ٥٥ | ١١١ | ٥٥ | ٥٦ | ٥٣ |
| ٨٥/٦/١٩ | ٩٦ | ٥٤ | ٨٨ | ٤٩ | ٥٠ | ٤٤ |
| مجموع فصل | ٣٩٨ | ٢٠٠ | ٣٨٣ | ٢٠٣ | ٢٠٠ | ١٨٧ |

**جدول ۳- تجزیه واریانس بر پایه میانگین مربعات مربوط به اجزای بیلان آب، عملکرد و کارایی مصرف آب.**

| منبع | df | $V_{in}$ | $V_{out}$ | $V_{inf}$ | $V_{smd}$ | $D_P$ | $ET_c$ | Yield | $WUE_{et}$ | $WUE_{net}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۳۹۹$^{ns}$ | ٤۱$^{ns}$ | ۱۹٦$^{ns}$ | ۳٤۱$^{ns}$ | ۷۲۰$^{ns}$ | ۳٤۱$^{ns}$ | ۱٦۹۱۱۸$^{ns}$ | ۳/٦$^{ns}$ | ۳/٥$^{ns}$ |
| S | ۱ | ۲۰۹۰۰۱$^{**}$ | ٤۳٦۱۱$^{**}$ | ٦۱٦٦۹$^{**}$ | ٥٥۲٥$^{**}$ | ۳۰۲۷٦$^{**}$ | ۲۳۳٦$^{**}$ | ۲٦۰۸۷۰۹$^{**}$ | ۳٦/۹$^{**}$ | ٥/۳$^{ns}$ |
| خطا | | ٤۱٤ | ٦۳ | ٥۲۹ | ۹۷ | ٦۲۷ | ۹۷ | ۱۳۲۹۷۰ | ۲/۲ | ۳/۲ |
| I | ٥ | ۱۰۰۰۷۰٥$^{**}$ | ۱۷۷۳٦$^{**}$ | ۳٤۷۱٥$^{**}$ | ۹۹٥۰$^{**}$ | ۸۰۳٥$^{**}$ | ۸۸۰۱$^{**}$ | ۷٥٥۹۹۰$^{**}$ | ۱/۷$^{ns}$ | ۱۱/٦$^{*}$ |
| S*I | ٥ | ٥۳۱۲$^{**}$ | ۲۳۸۸$^{**}$ | ۸۰۱$^{ns}$ | ۲۰٦$^{ns}$ | ۳۲٤$^{ns}$ | ۳۰٤$^{ns}$ | ۱۱٥۳۸۱$^{ns}$ | ۱/۹$^{ns}$ | ۲/٥$^{ns}$ |
| CV | | ٦ | ۷/۹ | ۹/۷ | ٦/۲ | ۳۲ | ٥/۱ | ۱۸/٤ | ۱٤/۸ | ۲۰/٥ |

$V_{in}$، $V_{out}$، $V_{inf}$، $V_{st}$ و $D_P$ به‌ترتیب بیانگر حجم آب ورودی، خروجی، نفوذیافته، ذخیره شده و تلفات نفوذ عمقی است.
$^{*}$ معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، $^{**}$ معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و $^{ns}$ غیرمعنی‌دار.

**مقادیر آب ورودی و آب خروجی:** مقادیر آب ورودی و خروجی به همراه مقایسه میانگین آن‌ها در تیمارهای مختلف در جدول ٤ خلاصه شده است. از آن‌جا که در تیمار دو ردیفه جریان آب با مقاومت بیش‌تری روبرو است و دیرتر به انتها می‌رسد، انتظار است که بخش بیش‌تری از آب ورودی در این تیمار نسبت به یک‌ردیفه در خاک نفوذ کند و سهم کم‌تری از انتهای شیار خارج گردد. به‌طورکلی مقدار رواناب در تیمارهایی که شیارهای آن‌ها در تمام فصل آب دریافت کردند نسبت به تیمارهایی که به تناوب به‌صورت یک در میان آبیاری شدند، درصد رواناب بیش‌تر و اختلاف آن‌ها نیز معنی‌دار بود (جدول ٤). به‌طور مثال در دور ٦ روزه ($S_۱$) در تیمارهای $I_۱$ و $I_۳$ (آبیاری کامل)، مقدار رواناب به‌ترتیب معادل ۳۸ و ۳٦ درصد آب ورودی است و در تیمارهای $I_۵$ و $I_٦$ (یک در میان ثابت) مقدار رواناب در هر دو تیمار در حدود ۳۳ درصد آب ورودی است. اما در تیمارهای $I_۲$ و $I_٤$ (آبیاری یک در میان متناوب) مقدار رواناب به‌ترتیب برابر با ۲٦ و ۲۳ درصد آب ورودی اندازه‌گیری شد (جدول ٤). به‌دلیل این‌که در تیمارهای یک در میان شیارها به‌مدت طولانی‌تری در معرض خشکی قرار داشتند، فرصت جذب در آن‌ها بیش‌تر و در نتیجه در مقایسه با بقیه تیمارها مقدار رواناب در آن‌ها کم‌تر بود. در یک بازه زمانی مشخص، مقدار رواناب در تیمارهایی که شیارهای آن‌ها به‌صورت ثابت آبیاری شدند، از تیمارهای آبیاری کامل کم‌تر، ولی از تیمارهایی که به‌صورت متناوب آبیاری شدند، بیش‌تر است. اگرچه در یک دور آبیاری، دو تیمار آبیاری کامل و یک در میان ثابت در یک زمان مشخص آبیاری شدند، ولی خشکی شیارهای مجاور در تیمار ثابت نسبت به آبیاری کامل سرعت

پیشروی آب را کندتر می‌کند. افزایش مقدار رواناب در تیمار آبیاری یک در میان ثابت نسبت به متناوب به این دلیل است که هر شیار در فواصل کوتاه‌تری نسبت به آبیاری متناوب، آبیاری می‌شوند. به‌عبارت دیگر در هر دور آبیاری، در تیمارهای متناوب فاصله زمانی که هر شیار آبیاری می‌شود دو برابر فاصله زمانی شیاری است که به‌صورت ثابت آبیاری می‌شوند. مقایسه میانگین دو تیمار $S_1$ و $S_2$ از نظر مقدار رواناب نشان داد که اختلاف آن‌ها معنی‌دار و در دو گروه قرار گرفتند. نتایج بیانگر این مطلب دارد که به‌طور متوسط مقدار رواناب در تیمار $S_2$ (۲٤ درصد) به‌دلیل خشکیِ بیش‌تر در بستر شیارهای این تیمار کم‌تر از مقدار رواناب در تیمار $S_1$ (۳۲ درصد) است (جدول ٤). مقایسه تیمارهای الگوی کشت نشان می‌دهد که اگرچه تیمارهای با الگوی کشت دو ردیفه مقدار رواناب کم‌تری نسبت به الگوی کشت یک‌ردیفه دارند، ولی اختلاف آن‌ها از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود (جدول ٤). مثلاً مقدار رواناب در دور ٦ روزه و تیمارهای آبیاری کامل $I_1$ (یک‌ردیفه) و $I_3$ (دو ردیفه) به‌ترتیب برابر با ۳۸ و ۳۵ درصد و در بقیه تیمارها نیز تقریباً همین روند مشاهده می‌شود. در تیمارهای دو ردیفه به‌دلیل عریض بودن پشته‌ها و توزیع جانبی بیش‌تر آب نسبت به یک‌ردیفه، سرعت پیشروی آب کم‌تر و در نتیجه مقدار رواناب کاهش می‌یابد. ترابی و جهاد اکبر (۲۰۰۵) گزارش کردند که کشت یک‌ردیفه در گیاه چغندرقند به‌دلیل هدررفت بیش‌تر آب نسبت به کشت دو ردیفه، آب بیش‌تری مصرف نمود.

**نفوذ:** مقدار آب نفوذیافته در تیمارهای الگوی کشت دو ردیفه در هر دو فاصله آبیاری بیش‌تر از یک‌ردیفه بود. با استناد به مباحث بیان شده در بالا، مقدار رواناب در تیمار یک‌ردیفه به‌دلیل پیشروی سریع‌تر آب بیش‌تر از تیمار دو ردیفه و در نتیجه فرصت زمانی نفوذ آب در آن کم‌تر بوده که در نهایت منجر به کاهش مقدار نفوذ و جذب آب نسبت به تیمار دو ردیفه شد. مثلاً در شرایط آبیاری کامل در تیمارهای $S_1I_1$ و $S_1I_3$ مقدار جذب آب به‌ترتیب ۳٦ و ۳۸ درصد و در شرایط آبیاری یک در میان شیارها یعنی تیمارهای $S_1I_2$ و $S_1I_4$ به‌ترتیب برابر با ٤٤ و ٤۹ درصد آب ورودی به‌دست آمده است (جدول ٤). به‌طورکلی سهم مقدار آب نفوذیافته در تیمار یک در میان به‌دلیل کاهش سرعت آب بیش‌تر از تیمار آبیاری کامل است و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود. مثلاً در تیمارهای $S_1I_1$ و $S_1I_2$ به‌طور میانگین مقدار آب نفوذیافته به‌ترتیب معادل ٦۲ و ۷٤ درصد و در تیمارهای $S_2I_1$ و $S_2I_2$ به‌ترتیب برابر با ۷۲ و ۸۱ درصد آب ورودی است. مقایسه تیمارهای یک در میان ثابت و متناوب نشان می‌دهد که اگرچه سهم آب نفوذیافته در تیمار یک در میان متناوب بیش‌تر از تیمار یک در میان

ثابت است، ولی از نظر آماری این اختلاف غیرمعنی‌دار بود (جدول ٤). به‌طور مثال در تیمارهای $S_1I_2$ و $S_1I_6$ به‌ترتیب در حدود ۷٤ و ٦٦ درصد و در تیمارهای $S_2I_2$ و $S_2I_6$ بـه‌ترتیـب ۸۲ و ۷۵ درصـد از آب ورودی در خاک نفوذ کرده است.

**جدول ٤- مقایسه میانگین اجزای بیلان آب، مصرف آب، عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف.**

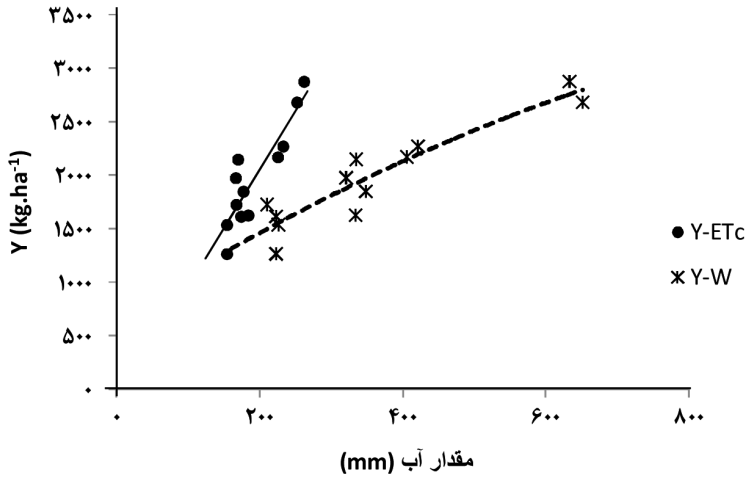
| تیمارها | $V_{in}$ | $V_{out}$ | $V_{inf}$ | $V_{smd}$ | $D_P$ | $^*ET_c$ | Yield | $WUE_{et}$ | $WUE_{net}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (میلی‌متر) | | | | | | (کیلوگرم بر هکتار) | (کیلوگرم بر هکتار در میلی‌متر) | |
| $S_1$ | ٤١٤$^{a}$ | ۱۳۵$^{a}$ | ۲۷۹$^{a}$ | ۱۷۲$^{a}$ | ۱۰٦$^{a}$ | ۲۰۱$^{a}$ | ۲۲٤۲$^{a}$ | ۱۱/۲$^{a}$ | ۸/٤$^{a}$ |
| $S_2$ | ۲٦۱$^{b}$ | ٦٦$^{b}$ | ۱۹٦$^{b}$ | ۱٤۷$^{b}$ | ٤۸$^{b}$ | ۱۸٦$^{b}$ | ۱۷۰٤$^{b}$ | ۹/۲$^{b}$ | ۹/۱$^{a}$ |
| $I_1$ | ۵۱۳$^{a}$ | ۱۵۷$^{a}$ | ۳۳۸$^{a}$ | ۲۱۳$^{a}$ | ۱۲۵$^{a}$ | ۲٤۲$^{a}$ | ۲٤۲۵$^{a}$ | ۱۰$^{a}$ | ۷/۲$^{b}$ |
| $I_2$ | ۲۵٦$^{b}$ | ۵۹$^{d}$ | ۱۹۷$^{b}$ | ۱۲٦$^{c}$ | ۷۱$^{b}$ | ۱٦۲$^{c}$ | ۱۷۲۱$^{b}$ | ۱۰/۵$^{a}$ | ۸/۷$^{b}$ |
| $I_3$ | ٤۹٦$^{a}$ | ۱٦٤$^{b}$ | ۳۳۲$^{a}$ | ۲۱۱$^{a}$ | ۱۲۱$^{a}$ | ۲٤۳$^{a}$ | ۲٤۲۷$^{a}$ | ۹/۸$^{a}$ | ۷/٤$^{b}$ |
| $I_4$ | ۲۵۷$^{b}$ | ۵۸$^{d}$ | ۲۰۰$^{b}$ | ۱۳۸$^{b}$ | ٦۲$^{b}$ | ۱۷۳$^{bc}$ | ۱۷۱۷$^{b}$ | ۹/۹$^{a}$ | ۸/۸$^{b}$ |
| $I_5$ | ۲٦۲$^{b}$ | ۷۷$^{c}$ | ۱۸٦$^{b}$ | ۱٤۰$^{b}$ | ٤٦$^{b}$ | ۱۷۵$^{b}$ | ۱٦۹۷$^{b}$ | ۹/۷$^{a}$ | ۹/۳$^{ab}$ |
| $I_6$ | ۲٤۲$^{b}$ | ۷۰$^{c}$ | ۱۷۳$^{b}$ | ۱۳۱$^{bc}$ | ٤۱$^{b}$ | ۱٦۷$^{bc}$ | ۱۸۵۰$^{b}$ | ۱۱/۱$^{a}$ | ۱۱$^{a}$ |
| $S_1I_1$ | ٦۲۹$^{a}$ | ۲٤۱$^{a}$ | ۳۸۸$^{a}$ | ۲۲٦$^{a}$ | ۱٦۲$^{a}$ | ۲۵۲$^{a}$ | ۲٦۸۰$^{ab}$ | ۱۰/۷$^{abcd}$ | ٦/۹$^{c}$ |
| $S_1I_2$ | ۳۱۲$^{c}$ | ۸۱$^{ef}$ | ۲۳۱$^{d}$ | ۱۳۹$^{cde}$ | ۹۲$^{b}$ | ۱۷۰$^{cde}$ | ۲۱٤۸$^{bcd}$ | ۱۲/٦$^{a}$ | ۹/۳$^{abc}$ |
| $S_1I_3$ | ٦۰۹$^{a}$ | ۲۱۷$^{b}$ | ۳۹۲$^{a}$ | ۲۳۳$^{a}$ | ۱٦۰$^{a}$ | ۲٦۲$^{a}$ | ۲۸۷٦$^{a}$ | ۱۰/۹$^{abc}$ | ۷/٤$^{bc}$ |
| $S_1I_4$ | ۳۱۱$^{c}$ | ۷۲$^{f}$ | ۲۳۹$^{cd}$ | ۱۵۳$^{c}$ | ۸٦$^{b}$ | ۱۸۵$^{c}$ | ۱۹۲۸$^{cde}$ | ۱۰/٤$^{abcd}$ | ۸/۲$^{bc}$ |
| $S_1I_5$ | ۳۲۵$^{c}$ | ۱۰۷$^{cd}$ | ۲۱۸$^{d}$ | ۱٤۵$^{cd}$ | ۷۳$^{bc}$ | ۱۷٦$^{cd}$ | ۱۸٤۸$^{cdef}$ | ۱۰/۵$^{abcd}$ | ۸/۵$^{bc}$ |
| $S_1I_6$ | ۲۹۸$^{c}$ | ۹٤$^{de}$ | ۲۰٤$^{d}$ | ۱۳۸$^{cde}$ | ٦۷$^{bc}$ | ۱٦٦$^{de}$ | ۱۹۷٤$^{cde}$ | ۱۱/۹$^{ab}$ | ۹/۸$^{abc}$ |
| $S_2I_1$ | ۳۹۸$^{b}$ | ۱۱۰$^{c}$ | ۲۸۷$^{b}$ | ۲۰۰$^{b}$ | ۸۸$^{b}$ | ۲۳۳$^{b}$ | ۲۱۷۱$^{bc}$ | ۹/۳$^{dc}$ | ۷/٦$^{bc}$ |
| $S_2I_2$ | ۲۰۰$^{d}$ | ۳۸$^{g}$ | ۱٦۲$^{e}$ | ۱۱۳$^{f}$ | ۵۰$^{bcd}$ | ۱۵۵$^{e}$ | ۱۲۹۵$^{f}$ | ۸/٤$^{d}$ | ۸/۱$^{bc}$ |
| $S_2I_3$ | ۳۸۳$^{b}$ | ۱۱۱$^{c}$ | ۲۷۱$^{bc}$ | ۱۹۰$^{b}$ | ۸۲$^{b}$ | ۲۲۵$^{b}$ | ۱۹۷۸$^{cde}$ | ۸/۷$^{cd}$ | ۷/٤$^{bc}$ |
| $S_2I_4$ | ۲۰۳$^{d}$ | ٤۳$^{g}$ | ۱٦۰$^{e}$ | ۱۲۳$^{ef}$ | ۳۷$^{cd}$ | ۱٦۰$^{de}$ | ۱۵۰۷$^{ef}$ | ۹/٤$^{bcd}$ | ۹/٤$^{abc}$ |
| $S_2I_5$ | ۲۰۰$^{d}$ | ٤٦$^{g}$ | ۱۵٤$^{e}$ | ۱٤۵$^{de}$ | ۲۰$^{d}$ | ۱۷٤$^{cd}$ | ۱۵٤۷$^{def}$ | ۸/۷$^{cd}$ | ۱۰$^{ab}$ |
| $S_2I_6$ | ۱۸٦$^{d}$ | ٤٦$^{g}$ | ۱٤۱$^{e}$ | ۱۲۵$^{ef}$ | ۱٦$^{d}$ | ۱٦۷$^{de}$ | ۱۷۲٦$^{cdef}$ | ۱۰/۳$^{abcd}$ | ۱۲/۳$^{a}$ |

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه در یک ستون باشند، به معنی غیرمعنی‌داری متغیرها در سطح ۵ درصد است.

* برای محاسبه $ET_c$ مقدار باران در طی فصل رشد (۲۳ میلی‌متر) و رطوبت باقی‌مانده در خاک نیز دخالت داده شدند.

**رابطه تبخیر- تعرق ($ET_c$)، آب کاربردی (W) و عملکرد دانه:** براساس برآورد اجزای بیلان آب مندرج در جدول ٤، حداکثر مقدار آب آبیاری و تبخیر- تعرق گیاه در هر دو دور آبیاری مربوط به تیمارهای $I_1$ و $I_3$ (آبیاری کامل یک و دو ردیفه) است. ملاحظه می‌گردد که از نظر مصرف آب ($ET_c$) اختلاف بین تیمارهای یک و دو ردیفه در هر دو دور آبیاری غیرمعنی‌دار ولی دو فاصله آبیاری با هم اختلاف معنی‌داری دارند. از نظر عملکرد دانه ذرت، بیش‌ترین عملکرد در دور شش روزه مربوط به تیمار آبیاری کامل دو ردیفه (٢٨٧٦ کیلوگرم بر هکتار) و در دور ١٠ روزه مربوط به تیمار آبیاری کامل یک‌ردیفه (٢١٧١ کیلوگرم بر هکتار) بوده و از نظر آماری نیز اختلاف بین این دو معنی‌دار است (جدول ٤). به‌طورکلی عملکرد در تیمار شش روزه حدود ٢٤ درصد بیش‌تر از عملکرد تیمار با دور ١٠ روزه بوده و از نظر آماری نیز در دو کلاس متفاوت قرار گرفتند. مقایسه دو تیمار $S_1I_1$ و $S_1I_2$ نشان می‌دهد که در روش آبیاری یک در میان با کاهش حدود ٥٠ درصد آب آبیاری، عملکرد ذرت در حدود ٢٠ درصد، در دو تیمار $S_1I_3$ و $S_1I_4$ نیز با کاهش حدود ٥٠ درصد آب آبیاری در روش آبیاری یک در میان شیارها، عملکرد حدود ٣٣ درصد کاهش داشته است. کاشیانی و همکاران (٢٠١١) گزارش کردند که بین دو تیمار آبیاری یک در میان نیمه‌متغیر و کامل از نظر عملکرد و اجزای آن در ذرت تفاوت آماری مشاهده نشد ولی میزان مصرف آب در تیمار آبیاری یک در میان نیمه‌متغیر حدود ٣٠ درصد آبیاری کامل بود. اوجلا و همکاران (١٩٩١) گزارش کردند که با کاهش آب آبیاری به‌میزان ٥٠ درصد در آبیاری جویچه‌ای یک در میان، میزان عملکرد پنبه کاهش نیافته است. به‌طورکلی بین تیمارهای یک در میان از نظر عملکرد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. تغییرات عملکرد دانه در مقابل آب کاربردی (مجموع آب آبیاری و باران) تبخیر- تعرق گیاه ذرت در شکل ١ و تحلیل آماری ضرایب آن‌ها در جدول ٥ ارایه شده است. ملاحظه می‌گردد که رابطه خطی به‌نسبت قوی بین عملکرد با تبخیر- تعرق ($R^2$=٠/٨٠) و رابطه درجه دوم قوی بین عملکرد با آب کاربردی ($R^2$=٠/٨٧) وجود دارد. دو منحنی در مقادیر کم‌آبیاری به هم نزدیک و با مصرف آب بیش‌تر به‌تدریج از هم فاصله می‌گیرند. در مقادیر کم‌آبیاری عمده آب در مسیر تبخیر- تعرق و به مصرف گیاه می‌رسد و کم‌تر به هدر می‌رود. ولی با مصرف آب بیش‌تر بخش‌های بیش‌تری از آب کاربردی به‌صورت تلفات نفوذ عمقی و یا رواناب تلف شده و در مسیر تبخیر- تعرق گیاه قرار نمی‌گیرد و در نتیجه این دو منحنی

انحراف بیش‌تری از هم پیدا می‌کنند. ارزیابی آماری کلی معادله‌ها نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد با تغییرات مقدار آب بر مبنای تبخیر- تعرق و آب کاربردی معنی‌دار است (جدول ۵). ارزیابی آماری ضرایب معادله‌ها بیانگر معنی‌داری ضریب تبخیر- تعرق به‌دست آمده از رابطه بین تبخیر- تعرق با عملکرد ذرت را نشان می‌دهد.



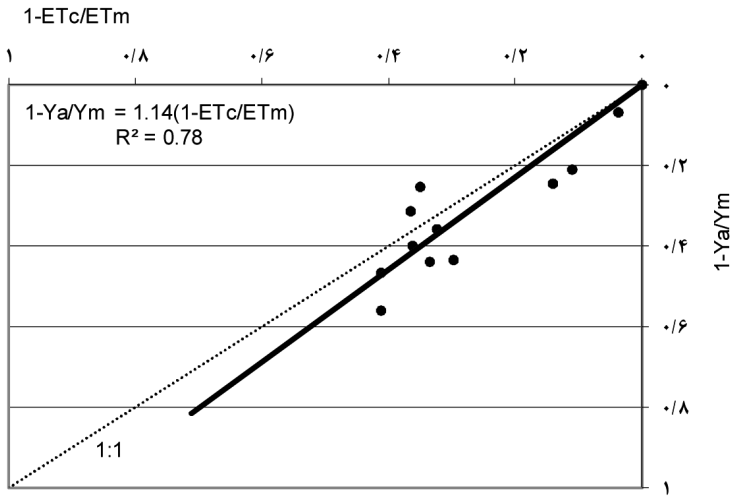

**شکل ۱- تغییرات عملکرد دانه ذرت به‌صورت تابعی از مقدار آب.**

**جدول ۵- ارزیابی آماری ضرایب معادله آب- عملکرد در سطح احتمال ۵ درصد.**

| نوع معادله | مقادیر ضرایب | t* | Sigt | $R^2$ | F | SigF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Y = aET_C + b$ (Y=kg.ha$^{-1}$, $ET_c$=mm) | b= -۱۳۷ | -۰/۳۹۹ | ۰/۷ | ۸۰ درصد | ۳۹ | ۰/۰۰۰۱ |
| | a=۱۰/۹۵ | ٦/۳ | ۰/۰۰۰ | | | |
| $Y = aW^2 + bW + c$ (Y=kg.ha$^{-1}$, W=mm) | c=٦٦۸ | ۱/٤ | ۰/۲ | ۸۷ درصد | ۲۹/۵ | ۰/۰۰۰۱ |
| | b=٤/۲۷ | -۰/۵٤ | ۰/٦ | | | |
| | a= -۰/۰۰۲ | ۱/۷۳ | ۰/۱۱ | | | |

*t: آماره ضرایب معادله و Sigt: معنی‌دار بودن آماره مورد نظر است و زمانی معنی‌دار است که مقدار Sigt کوچک‌تر از سطح احتمال ۵ درصد باشد، $R^2$: ضریب همبستگی، F: آماره توابع، SigF: معنی‌داری کلی توابع است و W: مجموع آب آبیاری و باران است.

برای تعیین ضریب حساسیت گیاه ذرت به آب ($K_y$) رابطه خطی بین مقادیر افت نسبی عملکرد دانه در مقابل افت نسبی تبخیر- تعرق با عرض از مبدأ صفر ایجاد (شکل ۲) و سپس ضرایب معادله تحلیل آماری شده و نتایج آن در جدول ٦ خلاصه شده است. نتایج جدول ٦ نشان می‌دهد که اختلاف بین ضریب ثابت به‌دست آمده از رابطه خطی بین دو متغیر اشاره شده با صفر غیرمعنی‌دار ولی تغییرات ضریب افت نسبی تبخیر- تعرق روی افت نسبی عملکرد اثر معنی‌دار دارد. ضریب حساسیت گیاه نسبت به آب معادل ۱/۱٤ به‌دست آمده که مفهوم آن این است که به‌ازای هر واحد افت در میزان تبخیر- تعرق نسبی گیاه، افت عملکرد نسبی دانه ۱/۱٤ است. به‌عنوان مثال، در صورتی که مقدار تبخیر- تعرق گیاه به اندازه ۳۰ و یا ۵۰ درصد افت داشته باشد، مقدار عملکرد دانه به‌ترتیب در حدود ۳٤ و ۵۷ درصد افت خواهد داشت. در منابع گیاه ذرت گیاهی حساس به آب شناخته شده است. به‌طوری‌که دورنباس و کسام (۱۹۷۹) ضریب حساسیت گیاه ذرت به آب را در حدود ۱/۲۵ به‌دست آوردند. از آن‌جا که در این پژوهش نوعی مدیریت آبیاری به‌کار رفته که با کاهش بخشی از میزان آب مورد نیاز گیاه، عملکرد آن کم‌تر تحت‌تأثیر قرار گرفته است (مدیریت کم‌آبیاری)، در نتیجه حساسیت به آب گیاه ذرت نیز تعدیل گشته است.




**شکل ۲- تغییرت افت نسبی عملکرد دانه ذرت به‌صورت تابعی از تغییرات افت نسبی تبخیر- تعرق گیاه.**

**جدول ٦- ارزیابی آماری ضرایب معادله افت نسبی عملکرد در مقابل افت نسبی تبخیر تعرق در سطح احتمال ٥ درصد.**

| پارامترهای معادله | t* | Sigt |
|---|---|---|
| ثابت | ۱/۰٥ | ۰/۳۲ |
| ضریب افت نسبی تبخیر- تعرق | ٦/۳ | ۰/۰۰۰ |

*t: آماره پارامتر معادله و Sigt: معنی‌دار بودن آماره مورد نظر است و زمانی معنی‌دار است که مقدار Sigt کوچک‌تر از سطح احتمال ٥ درصد باشد.

**کارایی مصرف آب:** به‌طورکلی نتایج برآورد کارایی مصرف آب نشان می‌دهد که میانگین $WUE_{et}$ بالاتر از $WUE_{net}$ قرار دارد (جدول ٤). این نتیجه به این دلیل است که بخشی از آب نفوذیافته به‌صورت تلفات نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج شده و در عملکرد نقشی ندارد. در تیمارهای $S_۲$ مقدار تلفات نفوذ عمقی کم‌تر و عمده آب وارد شده به شیارها جذب می‌گردند. میانگین $WUE_{et}$ در دورهای $S_۱$ و $S_۲$ به‌ترتیب ۱۱/۲ و ۹/۲ کیلوگرم دانه ذرت به‌ازای هر میلی‌متر مصرف آب در هکتار بوده که از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار شد (جدول ٤). میانگین $WUE_{net}$ در دورهای آبیاری اشاره شده به‌ترتیب ۸/٤ و ۹/۱ کیلوگرم دانه ذرت به‌ازای هر میلی‌متر مصرف آب در هکتار به‌دست آمده که این اختلاف از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر زمانی‌که مصرف واقعی گیاه معیار قرار گیرد، کاهش عملکرد گیاه تحت‌تأثیر کاهش مقدار آب قرار می‌گیرد، در حالی‌که، اگر تنها مقدار آب نفوذیافته به شیار معیار مقایسه قرار گیرد، ملاحظه می‌گردد به‌دلیل این‌که بخش بیش‌تری از آب وارد شده به شیار در دور ۱۰ روزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، کارایی مصرف آب نیز افزایش می‌یابد. سپاسخواه و خواجه‌عبدالهی (۲۰۰٥) کارایی مصرف آب گیاه ذرت را بر مبنای آب کاربردی در دور ۷ و ۱۰ روزه به‌ترتیب ٦/۳ و ۷/۲ کیلوگرم دانه به‌ازای هر میلی‌متر مصرف آب در هکتار برآورد کردند. مقایسه تیمارهای آبیاری یک در میان با آبیاری کامل نشان می‌دهد که به‌طورکلی کارایی مصرف آب در تیمارهای یک در میان نسبت به تیمارهای آبیاری کامل از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ٤). در دور شش روزه میانگین $WUE_{et}$ در آبیاری کامل و یک در میان به‌ترتیب برابر ۱۰/۸ و ۱۱/٤ و مقدار $WUE_{net}$ در آبیاری کامل و یک در میان به‌ترتیب معادل ۷/۱ و ۹ کیلوگرم دانه به‌ازای هر میلی‌متر مصرف آب در هکتار به‌دست آمد. در دور ۱۰ روزه شاخص کارایی مصرف آب بر مبنای مصرف واقعی گیاه بین تیمارهای آبیاری کامل و یک در میان تقریباً مشابه است. این نتایج بیانگر این

مطلب دارد که آبیاری یک در میان شیارها از مقدار مشخصی از آب به نحو مطلوب‌تری استفاده نموده و دارای سودمندی بالاتری نسبت به آبیاری کامل است.

## نتیجه‌گیری

برای تعدیل شرایط کم‌آبی در کشور گزینه‌های مختلفی قابل بررسی است. این پژوهش به بررسی مدیریت‌های کم‌آبیاری و الگوی کشت و تأثیر آن‌ها بر مصرف آب و عملکرد گیاه ذرت پرداخته است. از نظر مقدار آب جذب شده و رواناب، نتایج نشان داده است که آبیاری یک در میان شیارها در مقایسه با آبیاری کامل، فرصت جذب آب در شیارها را افزایش و در نتیجه از مقدار رواناب می‌کاهد. از آن‌جا که شیارها در تیمارهای یک در میان متناوب نسبت به ثابت، به‌مدت طولانی‌تری در معرض خشکی قرار می‌گیرند، فرصت جذب آب در آن‌ها بیش‌تر و در نتیجه رواناب کم‌تر است. افزایش فاصله آبیاری‌ها نیز باعث کاهش مقدار رواناب شده است. از نظر الگوی کشت، تیمارهای دو ردیفه به‌دلیل سرعت پیشروی کم‌تر آب نسبت به تیمارهای یک‌ردیفه، مقدار رواناب کم‌تر و در نتیجه مقدار نفوذ آب در آن بیش‌تر بود. رابطه بین تبخیر- تعرق و عملکرد گیاه یک رابطه خطی به‌نسبت قوی و ضریب واکنش گیاه به آب مقدار ۱/۱٤ به‌دست آمده است. با افزایش دور آبیاری، در صورتی‌که مقدار مصرف واقعی گیاه ($ET_c$) مبنای مقایسه قرار گیرد، کارایی مصرف آب کاهش و در صورتی‌که مقدار آب نفوذیافته به شیار مبنای مقایسه قرار گیرد، کارایی مصرف آب افزایش غیرمعنی‌دار می‌یابد. مقایسه کارایی مصرف آب همچنین نشان داده است که آبیاری کامل شیارها برای ذرت سودمندی بالاتری نسبت به آبیاری یک در میان شیارها ندارد.

## منابع

1.Aujla, M.S., Singh, C.J., Vashist, K.K., and Sandhu, B.S. 1991. Evaluation of methods for irrigation of cotton (Gossypiumhirsutum) in a canal- irrigated area of south west Punjab, India. Arid soil research and rehabilitation. 5: 225-234.
2.Doorenbos, J., and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. FAO, Irrigation and drainage paper, No. 33, FAO, Rome, Pp: 1-57.
3.Graterol, Y.E., Elisenhauer, D.E., and Elmore, R.W. 1993. Alternate-Furrow irrigation for soybean production. Agric. Water Manage. 24: 133-145.
4.Hodges, M.E., Stone, J.F., Garton, J.E., and Weeks, D.L. 1989. Variance of water advance in wide spaced furrow irrigation. Agric. Water Manage. 16: 5-13.

5.Kashiani, P., Saleh, S., Osman, M., and Habibi, D. 2011. Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semi-arid climatic condition. Afric. J. Agric. Res. 6: 1032-1040.
6.Khorramian, M. 2002. The effect of deficit irrigation using alternate furrow irrigation on yield of corn in north of Khuzestan. J. Agric. Engin. Res. 11: 91-109.
7.Rafiee, M. 2012. Effect of every other furrow irrigation and planting density on physiological traits in corn (*Zea mays* L.).World Appl. Sci. J. 172: 189-193.
8.Sepaskhah, A.R., and Khajehabollahi, M.H. 2005. Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize. Plant Prod. Sci. 8: 592-600.
9.Shazhong, K., Shi, W., and Zhang, Z. 2000. An improved water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. Field Crops Res. 67: 3. 207-214.
10.Torabi, M., and Jahad-Akbar, M.R. 2005. The effect of furrow irrigation, single-row and double-row planting on water use efficiency, quantity and quality of sugar beet yield. J. Agric. Engin. Res. 6: 15-22.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(6), 2015*
*http://jwsc.gau.ac.ir*

# An investigation of sweet corn yield and water use influenced by different deficit irrigation methods and two sowing patterns

***A.R. Kiani[1] and A.R. Saberi[2]**

[1]Associate Research Prof., Dept. of Agricultural Engineering, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, [2]Assistant Research Prof., Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center

Received: 05/14/2013; Accepted: 11/12/2013

**Abstract**

In the water scarcity condition, using deficit irrigation and appropriate sowing patterns are the best strategies to improve water productivity. An experiment was conducted to investigate the effect of different sowing patterns (SP) and some deficit irrigation methods on yield, water use efficiency (WUE) and yield response factor ($K_y$) of sweet corn. The experimental design was a split plot in a randomized complete block design with three replications. Treatments were including two irrigation intervals (6-day $S_1$ and 10-day $S_2$) as main plots, single-row SP (every furrow irrigation (EFI) $I_1$, variable alternate furrow irrigation (VAFI) $I_2$ and fixed alternate furrow irrigation (FAFI) $I_5$) and double-row SP (EFI, $I_3$, VAFI, $I_4$ and FAFI, $I_6$) as sub plots. Results have shown that the difference in grain yield between treatments was significant, but non-significant between deficit irrigation treatments. Runoff in $I_1$ and $I_3$ treatments were higher than other treatments and also in FFI treatments were higher than VAFI treatments and therefore, the amount of absorbed water in VAFI was more than FAFI treatment. Runoff was reduced by 24% when the irrigation interval increased from 6 to 10 days. Runoff in the double-row treatments was reduced and thus more water absorbed compared to the single-row treatments. Between crop evapotranspiration ($ET_c$) and yield a relatively strong linear relationship ($R^2$=0.80) and $K_y$ of 1.14 was obtained. The WUE comparison of maize in different treatments have shown that alternate furrow irrigation with 50% saving of water is more beneficial than EFI.

***Keywords:*** Alternate furrow irrigation, Deficit irrigation, Water use efficiency, Sweet corn

* Corresponding Author; Email: akiani71@yahoo.com