

مقاله شماره ۱۰

موضوع:

بررسی راندمان آبیاری مزرعه ذرت بادر نظر گرفتن تغییرات

مکانی خاک و بهره‌وری بیولوژیک

توسط:

اسماعیل ابراهیمی، علی اکبر کامگار، سید علی اکبر موسوی

چکیده

تحقیقاتی که جهت بهتر نمودن راندمان های آبیاری تاکنون انجام گردیده است، بیشترین توجه را به یکنواخت نمودن توزیع آب سیستم آبیاری معطوف داشته اند. اگرچه این مسئله بسیار مهم میباشد اما به همان نسبت در نظر گرفتن تغییرات مکانی خاک و اثر این عامل روی نفوذ آب، ذخیره آب در خاک و فرونشست عمقی دارای اهمیت زیادی میباشد. افزایش فرونشست عمقی باعث افزایش املاح و مواد شیمیائی دیگر به سفره آب زیرزمینی و زمین های اطراف می‌گردد و همچنین باعث بالا آمدن سفره آب زیر زمینی و غرقاب نمودن خاک می‌شود. از طرف دیگر توجه به بعد فیزیکی بهبود راندمان های آبیاری ممکن است که هدف اصلی یک واحد زراعی که مانند هر پروژه اقتصادی دیگر، افزایش بهره‌وری می‌باشد را تامین ننماید. زیرا این امکان وجود دارد که با کاهش مصرف آب راندمان های آبیاری را افزایش داد، در حالی که آب مصرفی تکافوی مصرف گیاه رانماید. لذا تولید محصول و به عبارت دیگر بهره‌وری بیولوژیکی کاهش خواهد یافت. هدف این مقاله بررسی این موضوع میباشد که آیا در نظر گرفتن تغییرات مکانی خاک و مدیریت آبیاری باعث بهبود راندمان استفاده از آب می‌شود و ارتباط بین تغییرات مکانی خاک و تغییر پذیری میزان محصول چگونه است؟

در این تحقیق آبیاری، یک مزرعه ۵ هکتاری ذرت در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، با بافت رسی تالومی رسی که بوسیله روش جویچه ای آبیاری می‌گردید مورد مطالعه قرار گرفت. بافت خاک در ۲۴ نقطه این مزرعه و در هر نقطه درشش لایه به ضخامت های ۳۰ سانتی متری تعیین گردید. همچنین برای نقاط واعماق مذکور، رطوبت خاک قبل و بعد از هر آبیاری در هشت آبیاری در سرتاسر دوره رشد و نیز میزان رشد و عملکرد گیاه در ۲۴ نقطه مذکور اندازه گیری شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تغییرات مکانی خاک روی ذخیره آب خاک و فرونشست

عمقی اثرمی گذارد. این اثرات همچنین در رشد و عملکرد گیاه مشاهده می شود. اطلاعات نشان می دهد که نقش تغییرات مکانی خاک در سرعت نفوذ، آب به خاک، پس از رسیدن به سرعت نفوذ پایه، قابل ملاحظه است و قبل از سرعت نفوذ پایه، نقش زمان تماس آب با خاک بیش از نقش تغییرات مکانی خاک می باشد. بنابراین توصیه می شود که جهت بهبود راندمانهای آبیاری از بعد فیزیکی و بهره‌وری بیولوژیک، طرح قطعه بندی مزارع بر اساس بافت خاک رعایت شود تا ضمن کاهش فرونشست عمقی آب، در همه نقاط مزرعه این امکان به گیاه داده شود تا آب کافی و متناسب بانیاز رادراختیار داشته باشد.

بارشد روز افزون جمعیت وظیفه بخش کشاورزی بعنوان تأمین کننده مواد غذایی از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود. لذا عوامل موثر بر رشد گیاهان و افزایش تولید محصولات کشاورزی شایان توجه است. از این عوامل موثر بر رشد گیاه، آب مهمترین آنها می باشد. از طرف دیگر برای کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند، کمبود منابع آب باعث ایجاد محدودیت در افزایش تولیدات کشاورزی شده است. مثلاً در کشور ما منابع آب دارای محدودیت های زیادی است و درحقیقت عامل اصلی در توسعه کشاورزی محسوب می شود. این محدودیت به حدی است که حتی در مناطق پر آب کشور نیز کل آب های جاری برای کشت در کل اراضی قابل توسعه، در برنامه ریزی های دراز مدت کفایت نمی کنند.

کاهش تلفات آب در هر قسمت از یک سیستم آبیاری و عبارت دیگر افزایش راندمان های آبیاری، منابع جدیدی از آب را در اختیار ما قرار می دهد که توسط آن امکان به زیرکشت در آوردن اراضی بیشتری فراهم می شود. این مهم بدون نیاز به هزینه های هنگفت احداث سدها و شبکه های جدید آبیاری و صرفاً با شناخت عوامل اتلاف آب و سعی در حذف آنها، با بکارگیری نتایج تحقیقات انجام شده، امکان پذیر است.

بخش مهمی از اتلاف آب، تلفات در مزرعه است و میزان آن در روش های مختلف آبیاری متفاوت است. معمولاً میزان تلفات مزرعه در آبیاری سطحی از روش های دیگر بیشتر است (باوس^۱ ۱۹۹۰). هیرمن و همکاران^۲ (۱۹۹۰) راندمان های آبیاری را از سه بعد: ۱- فیزیکی ۲- بهره وری بیولوژیک ۳- اقتصادی قابل بررسی دانستند. بدین مفهوم که در بحث راندمان های آبیاری، هدف تنها کاهش مصرف آب نمی باشد بلکه مصرف بهینه مورد نظر است که در قبال آن موازنه اقتصادی بین هزینه تولید محصول و میزان محصول تولید شده برقرار باشد.

جنسن^۳ (۱۹۶۷)، باوس و ناگتزن^۴ (۱۹۷۴)، هارت و همکاران^۵ (۱۹۷۹)، هانس و همکاران^۶ (۱۹۸۰)، واکرواسکوگربو^۷ (۱۹۸۷) و کمیسیون بین المللی آبیاری و زهکشی^۸ (ICID) تعاریف زیر را برای راندمان کاربرد ارائه کردند:

$$e_a = \left(\frac{V_s}{V_f} \right) \times 100 \quad (1)$$

1- Bos

2- Heermann et. al.

3- Jensen

4- Bos and Nugteren

5- Hart et al.

6- Hansen et al.

7- Walker and Skegerboe

8- International Commision on Irrigation and Drainage.

در این رابطه :

$$e_s = \text{راندمان کاربرد آب}$$

$$V_s = \text{حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه}$$

$$V_f = \text{حجم آب تحویلی به مزرعه}$$

واکرو اسکوگربو (۱۹۸۷) و جیمز^۱ (۱۹۸۸) رابطه زیر را در تعریف راندمان ذخیره آب بکار بردند:

$$e_s = \left(\frac{V_s}{V_f - V_a} \right) \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه :

$$e_s = \text{راندمان ذخیره آب (درصد)}$$

$$V_s = \text{حجم آب ذخیره شده در پروفیل خاک در آبیاری مورد نظر}$$

$$V_f = \text{ظرفیت حجمی بین دو حد رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی در پروفیل خاک}$$

$$V_a = \text{بخشی از } V_f \text{ که در پروفیل خاک قبل از آبیاری مورد نظر وجود دارد.}$$

هارت و همکاران (۱۹۷۹) و هانسن و همکاران (۱۹۸۰) رابطه زیر را در بیان راندمان ذخیره آب ارائه نمودند :

$$e_s = \left(\frac{V_s}{V_n} \right) \times 100 \quad (3)$$

که در آن :

$$e_s = \text{راندمان ذخیره آب (درصد)}$$

$$V_s = \text{حجم آب ذخیره شده در ناحیه ریشه طی آبیاری مورد نظر}$$

$$V_n = \text{حجم آب مورد نیاز برای پر شدن پروفیل خاک در منطقه ریشه قبل از آبیاری مورد نظر}$$

راندمان ذخیره آب معیاری از تلفات آب به صورت هرز آب سطحی و یافروشت عمقی نمی باشد.

هیومن و همکاران (۱۹۹۰) عنوان کردند که یکنواختی در آبیاری سطحی معمولاً بایکنواختی توزیع مشخص می شود

که عبارت از " نسبت متوسط ربع پائین آب نفوذ یافته به متوسط کل آب نفوذ یافته در کل مزرعه " می باشد.

$$d_u = \frac{d_q}{d_{avg}} \times 100 \quad (4)$$

در این رابطه :

$$d_u = \text{یکنواختی توزیع آب (درصد)}$$

d_{avg} = متوسط عمق آب نفوذ یافته در کل مزرعه

d_q = متوسط ربع پائین عمق آب نفوذ یافته

سمردان و گلاس^۱ (۱۹۶۵) و هانسن و همکاران (۱۹۸۰) در بیان یکنواختی توزیع، راندمان توزیع آب را براساس زیر عنوان کردند.

$$c_d = (1 - \frac{y}{d}) 100 \quad (5)$$

در این رابطه:

e_d = راندمان توزیع آب در مزرعه (درصد)

d = متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه طی آبیاری مورد نظر

y = متوسط انحراف عددی (حسابی) عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه طی آبیاری مورد نظر از d

در یک واحد زراعی مانند دیگر واحدهای اقتصادی، مواد اولیه مورد مصرف قرار می گیرند تا محصول تولید گردد. مهمترین ماده اولیه در این واحد آب می باشد. لذا بحث پیرامون راندمان های آبیاری یا اصولاً چگونگی مصرف آب مانند هر واحد اقتصادی توأم با میزان محصول تولید شده و موازنه اقتصادی لازم بین این دو عامل مفهوم می یابد. این همان بیانی است که هیرمن و همکاران (۱۹۹۰) بر آن تاکید داشتند. به عبارت دیگر در ارزیابی یک مزرعه از نظر نحوه استفاده از آب تحت عنوان راندمان های یک مزرعه می بایست به بهره وری بیولوژیک در قبال بعد فیزیکی مصرف آب توجه نمود. آنگاه قضاوت نمود راندمان به مفهوم دستیابی به اهداف اقتصادی چگونه بوده است. روشن است که رعایت قوانین زیست محیطی نیز جزو موازنه های اقتصادی در محاسبات گنجانده می شود. از آنجا که بخش اعظم اراضی کشاورزی به روش سطحی، آبیاری میگردد و به لحاظ اهمیت میزان نفوذ آب در خاک و راندمان های مزرعه، در تحقیقات اخیر توجهی خاص به عوامل کنترل کننده نفوذ آب در آبیاری سطحی شده است. اهمیت کنترل میزان نفوذ به این دلیل است که این عامل گذشته از تأثیر مستقیم بر راندمان های ذخیره آب و یکنواختی توزیع با تأثیر بر فرونشست عمقی بر راندمان کاربرد آب در مزرعه نیز مؤثر است. لذا از دیدگاه آبیاری یکی از عوامل مهم در عملکرد محصول، نفوذ و ذخیره آب در خاک می باشد. تاکنون در طراحی سیستم های آبیاری سطحی، سعی بر آن می شد که با ایجاد یکنواختی در زمان تماس آب با خاک، از طریق موازی نمودن منحنی های پیشروی و پسروی، یکنواختی مناسب نفوذ آب را بدست آورند و تأثیر تغییرات بافت خاک بعنوان یکی دیگر از عوامل کنترل کننده نفوذ آب در خاک را نادیده می گرفتند. مطالعات زیادی پیرامون نقش عوامل مؤثر بر خصوصیات نفوذ پذیری خاک و همچنین فرصت نفوذ (I.O.T)^۲ در میزان نفوذ آب در خاک در سالهای اخیر صورت گرفته است که هر یک از محققین نظرات گوناگونی را در این رابطه ارائه کرده اند که ذیلاً به نتایج آخرین تحقیقات در این زمینه پرداخته می شود.

1- Semerden and Glass

2- Intake opportunity time

تحقیقات باتیستا ووالندر^۱ (۱۹۸۵) نشان می دهد که (I.O.T) نقش مهمی در میزان نفوذ آب در خاک، بخصوص در فرصت های کم، قبل از رسیدن به سرعت نهائی نفوذ را ایفای نماید. اما نقش بافت خاک و تغییرات مکانی آن در ارزیابی سیستم آبیاری نیز می بایست در نظر گرفته شود.

تاربتون و والندر^۲ (۱۹۸۹) در آزمایشاتی، در یک آبیاری شیاری نتیجه گرفتند که فرصت نفوذ (I.O.T) باعث تغییرات اولیه در روند نفوذ آب در خاک می گردد. اما بطور کلی چند عامل باعث تغییرات میزان نفوذ در آبیاری شیاری می گردد که بنابه نتایج، به تغییرات خصوصیات نفوذ پذیری و فرصت نفوذ (I.O.T) بطور اعم محدود می گردد. براساس نتایج تحقیقات آنها، تأثیر تغییرات بافت خاک و فرصت نفوذ (I.O.T) بر تغییرات میزان نفوذ تقریباً مساوی بوده است. در این آزمایش با اعمال دبی های مختلف، معلوم شد که دبی نقش چندانی در تغییرات میزان نفوذ ندارد. کلمنز^۳ (۱۹۸۸) عوامل مؤثر در یکنواختی آبیاری را، شامل تغییرات در فرصت نفوذ، تغییرات خصوصیات نفوذ پذیری خاک، تغییرات در سطح اراضی و تغییرات در شدت پیشروی را بدلیل تغییرات دبی ورودی می داند. اما دو عامل اول را مهمتر قلمداد می کند.

برسلر و همکاران^۴ (۱۹۸۴) اثر تغییرات بافت خاک را در تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ۲۴ تا ۴۵ درصد عنوان می نمایند. چیلدز و همکاران^۵ (۱۹۹۳) نشان دادند که تغییرات میزان نفوذ آب در خاک متناسب با تغییرات بافت خاک بوده است بگونه ای که در خاکهای شنی حداکثر عمق نفوذ مشاهده شده است و کاهش نفوذ متناسب با کاهش فرصت نفوذ نبوده، بلکه تناسب با تغییرات خصوصیات نفوذ پذیری داشته است. هاپمنز^۶ (۱۹۹۱) ضریب همبستگی (R^2) بین فرصت نفوذ و آب ذخیره شده در پروفیل خاک را ۰/۲۱۱ درصد بدست آورد و عنوان نمود که مهمترین عامل کنترل کننده نفوذ آب در خاک تغییرات خاک در سطح مزرعه است. تحقیق هاپمنز نشان داد که در قسمت هائی از مزرعه که گیاه تبخیر و تعرق کمتری داشته است میزان محصول کمتر بوده است.

در کلیه تحقیقات اشاره شده، به بررسی عوامل کنترل کننده میزان نفوذ آب در خاک پرداخته شده است. در حالی که در هیچ یک از این تحقیقات به تلفیق لازم بین مصرف آب و عملکرد محصول که در این میان میزان نفوذ پل ارتباطی بین آبیاری و عملکرد محسوب می شود اقدام نشده است زیرا هر مدیر مزرعه مایل است بداند که تغییرات میزان نفوذ در نهایت چگونه باعث تغییرات تولید محصول می گردد. در این تحقیق به تلفیق دو عامل فوق یعنی راندمان های آبیاری در یک مزرعه و رشد گیاه و عملکرد محصول پرداخته می شود.

مواد و روش ها

بمنظور اینکه این تحقیق بیانگر راندمان آبیاری در یک مزرعه واقعی باشد در یکی از مزارع دانشکده کشاورزی

1- Bautista and wallender

2- Tarboton and wallender

3- Clemmens

4- Bresler et al

5- Childs et al.

6- Hopmans

دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه به فاصله ۱۸ کیلومتری شمال شرق شیراز به عرض جغرافیائی ۲۶°، ۲۹° و طول جغرافیائی ۵۲°، ۳۲° و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا انجام گردید. آزمایش در مزرعه ای به مساحت ۴/۳۲ هکتار و با عرض ۱۲۰ متر و طول ۳۶۰ متر و شیب طولی ۲/۵ در هزار در جهت شرق به غرب و شیب عرضی ۱/۷ در هزار در جهت شمال به جنوب که در آن گیاه ذرت کشت شده انجام گرفت. مزرعه مورد نظریه چهار قطعه، با آرایش شکل (۱) تقسیم شده بود که هر قطعه به تعداد ۱۱ نوار، شامل ۱۳ الی ۱۵ شیار به عرض ۰/۷۵ متر می بود. آبیاری هر قطعه از قطعات چهارگانه مذکور، جداگانه انجام می گرفت. حجم آب تحویلی به هر قطعه، بوسیله پارشال فلوم ۱۹ اینچ نصب شده در ابتدای نهر آبرسان اندازه گیری می گردید. در طی دوره رشد از ابتدای کشت تا انتهای دوره ۸۰ آبیاری انجام گردید که اولین آبیاری در تاریخ ۱۳۷۲/۳/۸ و آخرین آبیاری در تاریخ ۱۳۷۲/۶/۹ انجام گرفت. در سطح کل مزرعه تعداد ۲۴ نقطه (۶ نقطه در هر قطعه) و بر روی پشته ها لوله های آلومینیومی نوترون متر به عمق ۱/۸ متر نصب و رطوبت خاک قبل و بعد از هر آبیاری بوسیله دستگاه نوترون متر مدل ۱۶۵۱ ساخت کارخانه تروکسلر آمریکا در عمق های ۱۵ تا ۱۶۵ سانتی متری خاک بفواصل ۳۰ سانتی متر تعیین گردید. فاصله پشته ها ۷۵ سانتیمتر و فاصله گیاه روی پشته ها ۱۵ سانتیمتر بود. تعداد ۱۳ تا ۱۵ شیار در نوارهایی محصور گردیده بود تا آبیاری شیارها بصورت تقریباً یکنواخت انجام گیرد.

هنگام آبیاری، نوارهایی که لوله های مورد نظر در آنها نصب شده بود تمام آب آبیاری وارد آن نوار می گردید تا تأثیر غیر یکنواختی دبی ورودی به هر نوار از بین برود ضمناً هنگام آبیاری اندازه گیری سطح آب در پارشال فلوم به فواصل زمانی کم صورت گرفت تا تغییرات دبی ورودی را بتوان در نظر گرفت.

در نقاط ۲۴ گانه مورد نظر، از عمق های قرائت رطوبت، هنگام نصب لوله های آلومینیومی نمونه خاک گرفته، و تجزیه مکانیکی خاک بروش هیدرومتری انجام گردید. در طول دوره رشد هر هفته ارتفاع و طول برگهای سه گیاه که در فاصله کمتر از یک متر از هر لوله قرار داشتند اندازه گیری و متوسط ارتفاع و طول برگهای این سه گیاه تعیین گردید. در انتهای دوره رشد و زمان برداشت محصول، ماده خشک گیاهی در مجاورت هر لوله در مساحت ۱/۵ متر مربع به ترتیب زیر تعیین شد:

در مسافت یک متر از هر طرف نقاط نصب لوله های آلومینیومی در امتداد شیارها، گیاه ذرت را از سطح خاک بریده با انتقال سریع به بیرون مزرعه وزن تر گیاه بوسیله ترازویی به دقت ۲۰ گرم تعیین شد سپس یک کیلو از تمام قسمت های گیاه را سریعاً بوسیله ترازویی به دقت یکدهم گرم را وزن کرده و به آن انتقال داده شد. با معین شدن وزن خشک یک کیلوگرم از محصول تر، وزن ماده خشک در مساحت ۱/۵ متر مربع (۲ متر × ۰/۷۵ متر) در مجاورت هر لوله اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل نتایج

این بخش به دو قسمت تعیین راندمان های مزرعه و تأثیر بافت خاک (تغییرات مکانی خاک) بر میزان نفوذ آب

در خاک تفکیک می گردد.

۱- تعیین راندمان های مزرعه

۱-۱ راندمان کاربرد آب در مزرعه (e_a)

برای تعیین راندمان کاربرد آب در مزرعه (e_a)، لازم است عواملی از قبیل میزان رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی (θ_{fc})، میزان رطوبت حجمی خاک درست قبل از آبیاری (θ_i) عمق مؤثر ریشه (D)، مساحت مزرعه (A) و حجم آب تحویلی به مزرعه در هر آبیاری (V_f) تعیین گردد.

کلیه عوامل مذکور بجز θ_{fc} با اندازه گیری های شرح داده شده تعیین شده لذا برای تعیین θ_{fc} در هر قطعه، از رطوبت قبل از آبیاری خاک در عمق های ۱۰۵، ۱۳۵ و ۱۶۵ سانتی متری که تحت تأثیر تبخیر سطحی واقع نمی شوند و در آبیاری های دوم و سوم که ریشه گیاه در عمق های مزبور وجود نداشتند، متوسط گیری شد.

جدول (۱) مقادیر θ_{fc} و نیز درصد متوسط رس و شن را برای نقاط ۲۴ گانه نصب لوله های آلومینیومی نشان می دهد. جدول (۲) متوسط رطوبت خاک قبل از آبیاری در پروفیل خاک، از سطح تا عمق ۱۸۰ سانتی متری را برای تمام لوله ها و در هر آبیاری (θ_i) نشان میدهد.

بر اساس رابطه:

$$D = (\theta_{fc} - \theta_i) \quad (۶)$$

برای هر نقطه، محاسبه ظرفیت ذخیره آب در پروفیل خاک امکان پذیر می باشد. جدول (۳) این مقادیر را بر حسب سانتی متر برای هر نقطه و در هر آبیاری نشان میدهد.

بامعین بودن ظرفیت ذخیره آب خاک و به عبارت دیگر آب مورد نیاز آبیاری در هر نقطه، راندمان کاربرد آب در مزرعه مطابق رابطه (۱) از تقسیم مقادیر آب قابل ذخیره در خاک در هر نقطه و قبل از هر آبیاری بر آب تحویلی در آبیاری مورد نظر بدست می آید.

جدول شماره (۴) عمق آب تحویلی به هر قطعه را در آبیاری های مختلف نشان می دهد.



جدول ۴- عمق آب تحویلی به هر قطعه در هر آبیاری (سانتی متر)

شماره قطعه	شماره آبیاری							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۱۶	۱۲/۳	۹/۹	۱۰/۲	۱۰/۹	۹/۲	۱۰/۴	۱۰/۶
۲	۱۵/۲	۱۱/۵	۹/۱	۹/۲	۹/۱	۱۰/۹	۱۰/۹	۱۰/۴
۳	۱۴/۹	۱۱/۲	۱۰/۸	۱۰/۳	۸/۹	۹/۵	۹/۲	۱۰/۱
۴	۱۴/۳	۱۰/۴	۹/۲	۸/۲	۷/۹	۸/۲	۸/۳	۹/۱

بامعلوم بودن مقادیر آب تحویلی به هر قطعه در هر آبیاری، راندمان کاربرد با استفاده از رابطه (۱) و با ترتیب فوق‌الذکر محاسبه گردید که جدول (۵) مقادیر این راندمان را نشان میدهد. شکل (۵) مقایسه مقادیر متوسط راندمان کاربرد آب در طول دوره رشد، در هر قطعه را امکان پذیر می‌سازد.

نتایج نشان می‌دهد که در آبیاری‌های اول و ششم تا هشتم که ظرفیت ذخیره آب خاک قبل از آبیاری‌های مذکور بالا بوده است، راندمان کاربرد آب دارای مقادیر بالا، و در بقیه آبیاری‌ها مقادیر این راندمان پائین بوده است. که این موضوع مبین این نکته است که حجم آب تحویلی به مزرعه به صورت عادت و بدون توجه به نیاز گیاه و ظرفیت ذخیره آب خاک صورت گرفته است.

آب مازاد بر ظرفیت ذخیره آب خاک تحویلی به قطعات چهارگانه بدلیل بسته بودن انتهای نوارها به صورت فرونشست عمقی از دسترس گیاه خارج شده است به عبارت دیگر:

$$I_p = F_g - I_s \quad (7)$$

در این رابطه:

I_p = عمق آبی که بصورت نفوذ عمقی از ناحیه ریشه خارج می‌شود (سانتی متر).

I_s = عمق آب قابل ذخیره خاک در هر نقطه قبل از هر آبیاری (سانتی متر) از جدول ۳

F_g = عمق آب تحویلی به هر قطعه یا نوار در آبیاری مورد نظر (سانتی متر) از جدول ۴

۲-۱ راندمان ذخیره آب (e_s)

باتوجه به روابط ۲ و ۳ راندمان ذخیره آب در هر نقطه از مزرعه، در هر آبیاری، برابر با نسبت «آب ذخیره شده در پروفیل خاک در نقطه و آبیاری مورد نظر» به «ظرفیت ذخیره آب خاک در همان نقطه و قبل از آبیاری مورد نظر» می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان مقدار آب نفوذ یافته در هر نقطه را محاسبه نمود، چنانچه این مقدار بیش از ظرفیت

ذخیره آب خاک قبل از آبیاری در نقطه مورد نظر (از جدول ۳) باشد مشخص است که پروفیل خاک پر شده و رطوبت خاک بعد از آبیاری به θ_{fc} خواهد رسید. در این صورت راندمان ذخیره آب برای نقطه مورد نظر ۱۰۰٪ خواهد بود. اما در غیر این صورت رطوبت خاک در اثر آبیاری در نقطه ای معین به θ_{fc} نرسیده و در این حالت، از حاصل تقسیم عمق آب نفوذ یافته به عمق آب قابل ذخیره قبل از آبیاری در نقطه (از جدول شماره ۳)، راندمان ذخیره محاسبه خواهد شد.

عمق آب نفوذ یافته از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$I = \frac{\theta_f - \theta_i}{100} \times D + ET_{f,i} \quad (A)$$

که در این رابطه :

I = آب نفوذ یافته (سانتی متر)

θ_f = متوسط میزان رطوبت بعد از آبیاری مورد نظر (درصد حجمی)

θ_i = متوسط میزان رطوبت خاک قبل از آبیاری مورد نظر (درصد حجمی)

D = عمق توسعه ریشه (سانتی متر)

$ET_{f,i}$ = میزان آب مصرفی گیاه از طریق تبخیر و تعرق در فاصله زمانی تعیین رطوبت های قبل و بعد از آبیاری مورد

نظر (سانتی متر)

برای تعیین مقادیر $ET_{f,i}$ در هر آبیاری از رابطه تجربی هارگریوز^۱ تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در شرایط اقلیمی

منطقه و بارش F.A.O^۲ منحنی ضریب گیاهی^۳ (Kc) برای ذرت در شرایط آب و هوایی و شرایط کشت در باجگاه

رسم گردید و از رابطه زیر:

$$ET_{crop} = ET_o \times Kc \quad (9)$$

مقادیر تبخیر و تعرق گیاهی در فواصل زمانی مورد نظر محاسبه گردید. بدلیل بافت سنگین خاک از فرونشست

عمقی در فاصله زمانی تعیین رطوبت های قبل و بعد از هر آبیاری صرف نظر گردید.

جدول (۶) مقادیر راندمان ذخیره، در نقاط مختلف در آبیاری های هشت گانه رانشان میدهد. با بررسی این نتایج

مشاهده می شود که در آبیاری های ششم تا هشتم راندمان ذخیره پائین و مبین این واقعیت است که آبیاری با کمبود آب

انجام شده است و بعبارت دیگر حجم آب اضافه شده به خاک متناسب با ظرفیت ذخیره آب خاک نبوده و یا آبیاری

بادور صحیح انجام نشده است.

1- Hargreaves

2-Food and Agriculture Organization

3- Crop Coefficient

۳-۱ یکنواختی توزیع آب (DU) و راندمان توزیع آب (e_d)

بامعلوم بودن مقادیر آب نفوذ یافته و در هر شش نقطه واقع در هر قطعه و مرتب کردن آن بصورت نزولی می توان با استفاده از رابطه (۴) یکنواختی توزیع آب در هر قطعه و هر آبیاری را محاسبه نمود و نیز با استفاده از اطلاعات آب نفوذ یافته و از رابطه (۵) امکان محاسبه راندمان توزیع آب (e_d) فراهم می باشد. جدول ۷ نتایج این بخش از محاسبات را نشان می دهد.

۲- تغییرات مکانی خاک

در این بخش از محاسبات، جهت مقایسه نقش تغییرات مکانی خاک و فرصت نفوذ (I.O.T) در میزان نفوذ آب در خاک در آبیاری های مختلف در چند نقطه زمان تماس آب با خاک اندازه گیری گردید. این کار با استفاده از منحنی پیشروی و پسروی و یا با اندازه گیری مستقیم فاصله زمانی رسیدن آب تا ناپدید شدن آب به هر نقطه انجام گردید. با معلوم بودن مقادیر متناظر فرصت نفوذ و درصد ذرات خاک و مقادیر آب نفوذ یافته، امکان انجام رگرسیون چند متغیره بین مقادیر نفوذ بعنوان متغیر وابسته و درصد متوسط شن و رس و فرصت نفوذ (I.O.T) بعنوان متغیرهای مستقل فراهم می باشد. جدول شماره (۸) تجزیه و تحلیل آماری رگرسیون سه متغیره بین عوامل فوق را نشان می دهد.

جدول ۸- تجزیه و تحلیل آماری عوامل مؤثر بر عمق آب نفوذ یافته به داخل خاک

متغیرهای مستقل	ضریب دو معادله خطی B	SE B	T	Sig.T
درصد رس	۰/۱۸۰۴۴	۰/۰۲۶۵۴	۶/۸۰۰	۰/۰۰۰۰
درصد شن	۰/۲۶۸۷۲	۰/۰۹۴۱	۲/۸۵۸	۰/۰۰۸۳
فرصت نفوذ			۰/۳۵۵	۰/۷۲۵۵

متغیر وابسته = عمق آب نفوذ یافته $R^2 = ۰/۹۵۲$ $F = ۲۵۷$

نتایج این جدول نشان می دهد که نقش تغییرات مکانی در نفوذ آب در خاک، بیش از نقش فرصت نفوذ میباشد. در جدول فوق فرصت نفوذ (I.O.T) بعنوان عامل غیر مؤثر در معادله نفوذ آب در خاک، کنار گذاشته شده است و این بدلیل معنی دار نبودن رابطه این عامل با میزان نفوذ آب در خاک می باشد.

امانتایج مشاهدات عمق آب نفوذ یافته در هر آبیاری در نقاطی که پائین دست قطعات چهارگانه مزرعه واقع شده بودند نشان داد که در همه آبیاری ها در این نقاط عمق آب نفوذ یافته بیش از نقاط بالا دست می باشد. باتوجه به بسته بودن

انتهای نوارها و راکد ماندن در این نقاط، فرصت نفوذ در این نقاط بطور قابل ملاحظه تا حد چند ساعت بیش از نقاط بالا دست بوده است. که این خود دلیلی بر اهمیت فرصت نفوذ آب در میزان نفوذ آب در خاک می باشد. اما به دلیل عدم تناسب بین افزایش فرصت نفوذ و عمق آب نفوذ یافته در این نقاط، این نتیجه گرفته میشود که فرصت نفوذ قبل از رسیدن به سرعت نفوذ پایه حائز اهمیت است و نیز همین موضوع باعث معنی دار نبودن ارتباط آماری بین فرصت نفوذ و مقدار آب نفوذ یافته می باشد.

با استفاده از رابطه زیر که یک معادله بیلان آبی است می توان مقادیر تبخیر و تعرق واقعی گیاهی را در حد فاصل دو آبیاری متوالی بدست آورد. این بیلان برای استدلال است که قسمتی از حجم آب تحویلی به مزرعه در هر آبیاری صرف تغییر رطوبت قبل از آبیاری مورد نظر با آبیاری بعد و بخشی از آن به صورت فرونشست عمقی تلف شده و بقیه بصورت تبخیر و تعرق واقعی گیاهی در بین دو آبیاری مورد نظر مصرف می شود.

$$ET_{i,i+1} = F_g - [(\theta_{i+1} - \theta_i)D + I_{dp}] \quad (11)$$

در این رابطه :

F_g = عمق آب تحویلی به هر قطعه یا نوار در آبیاری مورد نظر از جدول ۴

$ET_{i,i+1}$ = میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاهی در فاصله زمانی دو آبیاری متوالی در نقاط نصب لوله های آلومینیومی (سانتی متر).

θ_{i+1} = متوسط رطوبت حجمی خاک در نقطه مورد نظر قبل از آبیاری $i+1$

θ_i = متوسط رطوبت حجمی خاک در نقطه مورد نظر قبل از آبیاری i

بقیه عوامل قبلاً معرفی شدند.

مقایسه بین عملکرد محصول در مجاورت نقاط مختلف با عوامل اندازه گیری یا محاسبه شده نظیر تبخیر و تعرق واقعی گیاهی، فرونشست عمقی، درصد ذرات خاک، ارتفاع گیاه و... نشان داد که در نقاطی که تبخیر و تعرق واقعی گیاهی بیشتری صورت گرفته است، محصول بیشتری بعمل آمده است. شکل (۳) این ارتباط را بخوبی نشان میدهد. عملکرد محصول با فرونشست عمقی تناسب عکس داشته و این ارتباط با ارتفاع گیاه یک ارتباط مستقیم و عملکرد محصول رابطه ای با درصد ذرات شنی و رسی نشان نداد.

بحث

چون نحوه اداره آبیاری بخصوص بلحاظ حجم آب تحویلی در هر آبیاری و دور آبیاری در این تحقیق مشابه روش سنتی در مزارع ایران بود یعنی آب تحویلی به مزرعه بدون توجه به نیاز گیاه و قابلیت ذخیره خاک اعمال می شد راندمانهای محاسبه شده نمونه خوبی از راندمانهای موجود در مزارع ایران میباشد لیکن در یک مدیریت صحیح برای

آبیاری های اول که گیاه رشد چندانی نکرده و مصرف آن ناچیز است و در نتیجه قابلیت ذخیره آب خاک قبل از این آبیاری ها کمتری باشد، آبیاری باید با تحویل حجم کمتر نسبت به آبیاری های آخر صورت گیرد. البته امکان تغییر کلی در دور آبیاری کمتر است زیرا آزمایشات نشان داده است که دور های آبیاری بیشتر از ۷ روز برای ذرت سبب کاهش محصول میگردد. بهر حال می توان حد اکثر دور آبیاری را در آبیاری های اول اعمال نمود.

آبیاری های انجام شده در مزرعه ای که تحقیق در آن صورت گرفته معمولاً آبیاری با فاصله ۱۰ تا ۱۴ روز انجام میشد که مناسب رشد گیاه نمی باشد.

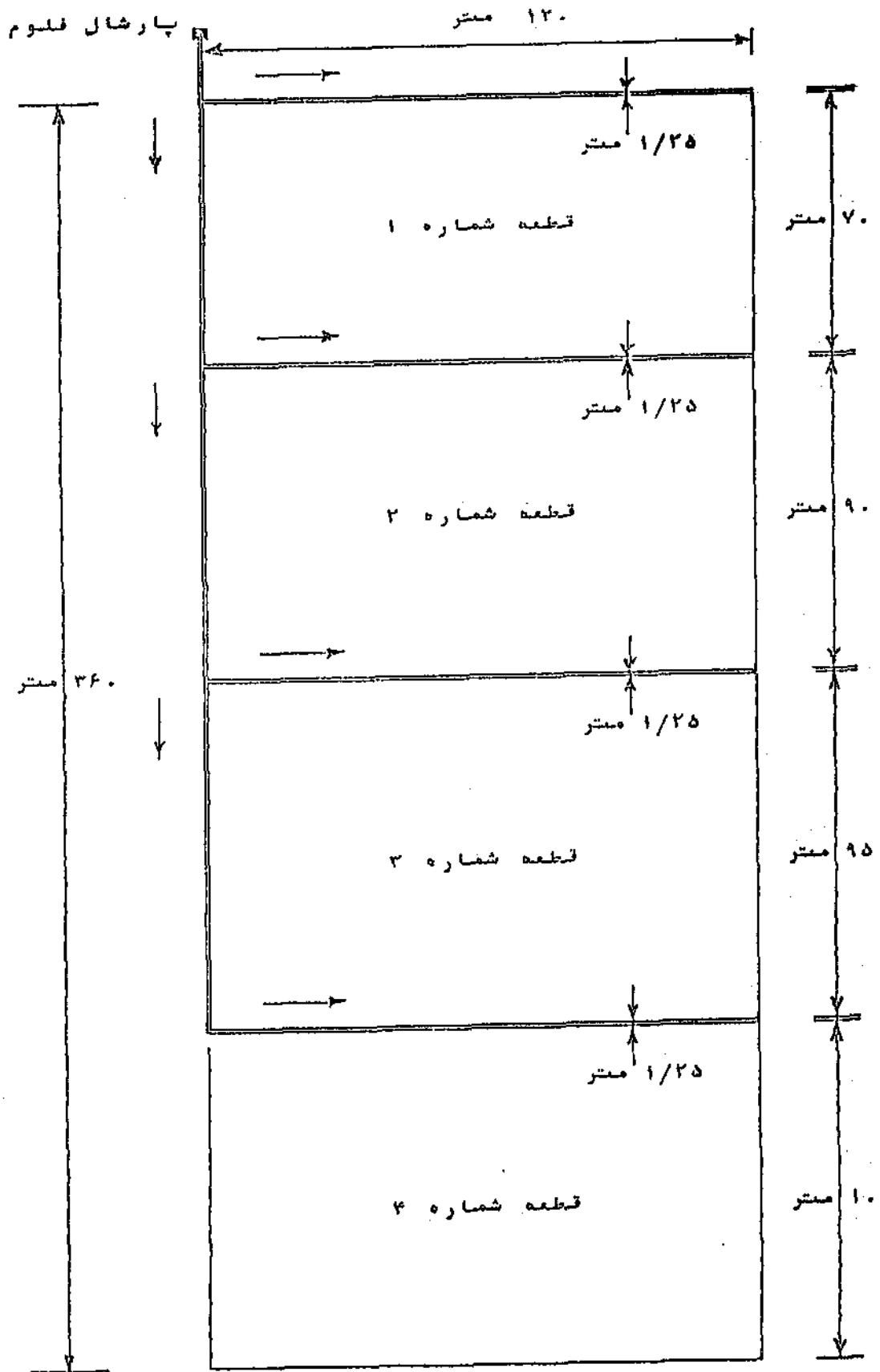
نتایج نشان داد در نقاطی که دارای رس بیشتری می باشند از ابتدای رشد گیاه تا قبل از آبیاری ششم که آبیاری بدون کمبود آب صورت گرفته است همواره ارتفاع گیاه و طول برگ گیاه کمتر از نقاط با شن بیشتر بوده است. اما پس از آبیاری ششم تا انتهای دوره رشد روند برعکس شده بطوری که در نقاطی که دارای رس بیشتر بودند ارتفاع و طول برگ عموماً بیشتر از دیگر نقاط گردید. و این موضوع در انتهای دوره رشد کاملاً مشهود بود. در این ارتباط می توان به رابطه درصد شن و فرونشست اشاره نمود. زیرا بنظر می رسد در نقاطی که دارای شن بیشتر بوده اند و در عین حال فرونشست عمقی بیشتری نیز در این نقاط صورت گرفته آبشویی املاح در اثر فرونشست بمرور زمان صورت گرفته در نتیجه در نیمه دوم رشد یعنی آبیاری ششم به بعد عمل آبشویی حد اکثر تأثیر خود را در این نقاط نشان داده اند لذا باعث کاهش رشد گیاه در این نقاط گردیده است. با رسم منحنی های میزان برای عوامل مختلف اندازه گیری و محاسبه شده نظیر عملکرد محصول، تبخیر و تعرق واقعی گیاهی، فرونشست عمقی، ارتفاع گیاه، راندمان های مزرعه، درصد ذرات خاک در سطح مزرعه از این طریق نیز رابطه مندرج عملکردها عوامل فوق مورد مطالعه قرار گرفت. اطلاعات نشان داد شکل منحنی های میزان برای عملکرد محصول با عوامل نظیر تبخیر و تعرق واقعی گیاهی فرونشست عمقی و ارتفاع گیاه کاملاً هم‌آهنگ است. اما عملکرد محصول با ارتفاع گیاه رابطه مستقیم و با فرونشست عمقی رابطه معکوس نشان داد. چون بالا بودن راندمان ذخیره می تواند به قیمت افزایش فرونشست عمقی صورت گیرد پس راندمان ذخیره بالا به مفهوم آبیاری صحیح هم از لحاظ مصرف آب و هم به لحاظ تولید محصول نمیتواند باشد در مورد راندمان کاربرد نیز چون بالا بودن مقادیر این راندمان بویژه هنگامی که سیستم آبیاری سطحی با انتهای بسته باشد، به مفهوم کاهش تلفات آب از طریق فرونشست می باشد پس می تواند به قیمت پرنشدن ذخیره خاک و ایجاد تنش آبی در گیاه باشد، لذا بالا بودن این راندمان هر چند که از بعد فیزیکی مصرف آب دارای اهمیت است اما از نظر بهره وری بهینه بیولوژیک هدف نهایی نمی باشد. شکل های ۴ و ۵ به ترتیب منحنی میزان تولید محصول خشک و فرونشست عمقی در سطح مزرعه در مجاورت لوله های آلومینیومی رانشان میدهند.

- Bautista, E. and W.W.Wallender. 1985. Spatial of infiltration in furrows. Trans. ASAE.,28(6):1846-1851,1855.
- Bos,M.G.1990.on Irrigation Efficiencies. International Institute for Land Reclamation and Improvement /ILRI. Wageningen. 120p.
- Bos ,M. G. and J.Nugteren .1974. On Irrigation Efficiencies . International institute for land Reclamation and Improvement/ ILRI. Wageningen. 138p.
- Bresler, E.,G. Dagan, R. J. Wagent and A. Laufer. 1984. Statistical analysis salinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Am.J.48: 16-25.
- Childs, J.L., W. W. Wallender and J.W.Hopmans. 1993. Spatial and seasonal variation of furrow infiltration .J.Irrig. and Drain. Engrg. ASCE., 119(1):74- 90.
- Clemmens, A.J.1988. Method for analyzing field scale surface irrigation uniformity. j. Irrig. and Drain. Engrg. ASCE., 114(1) : 74-88.
- Hansen, V.E., O.W.Lsracson and G. E. Stringham . 1980. Irrigation principles and practices, 4th ed. New york . John Wiley & sons .Inc., 417 p.
- Hart, W.E., G. Peri. and G. V. Skogerboe. 1979. Irrigation performance : An evaluation .J. Irrig. and Drain. Div. ASCE., 105(13): 275 - 288.
- Heermann, D.F., W.W. Wallender and M.G.Bos. 1990. Irrigation Efficiency. In: G. j. Hoffman , T. A. Howell and K. H. Soloman (eds). Management of Farm Irrigation System. ASAE., P.125-149.
- Hopmans, J. W. 1991. Soil Spatial Variability considration in salt emission and drainage reduction. Technical completion report, project number : UCAL -WRC- 753. sulinity / Drainage Task F, Rce. University of california, 25p .
- James, L. G. 1988. Principles of Farm Irrigatiobn System Design. John Wiley & sons. Inc - New york, 415p.
- Jensen, M.E. 1967. Evaluation irrigation efficiency. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE., 93(1): 83- 98.
- Linderman, C.L.and E.C. Stegman.1971. Seasonal variation of hydraulic parameter and their influence upon surface irrigation application efficiency. Trans. ASAE., 14(5): 918, 923.
- Smerdon, E. T. and L.J. Glass. 1965. Surface irrigation water distribution efficiency related to soil

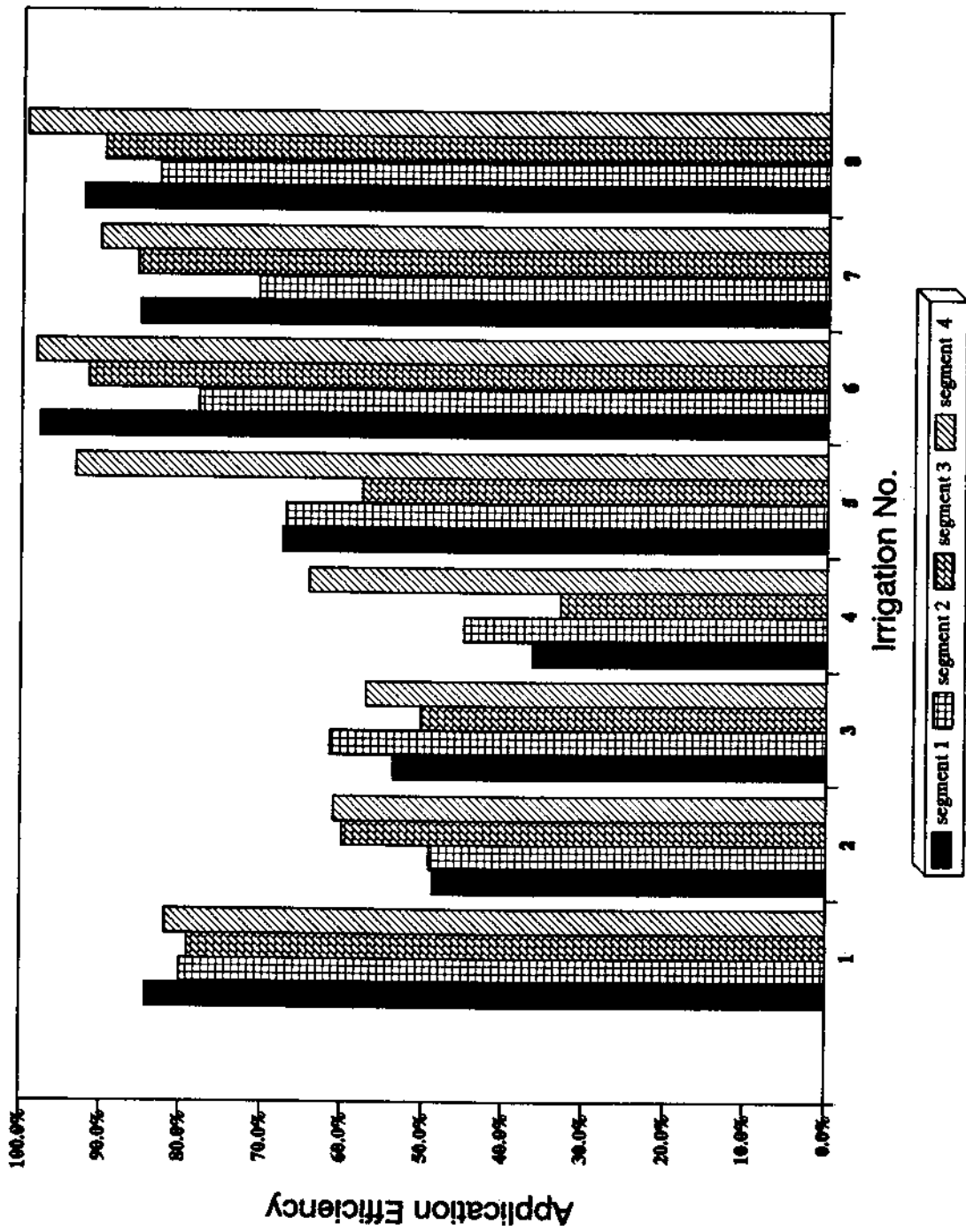
infiltration. Trans. ASAE., 8(4) : 76- 78.

- Tarboton, K. C. and W. W. Wallender. 1989. Field - wide furrow infiltration variability . Trans. ASAE., 32(3) : 913- 918.

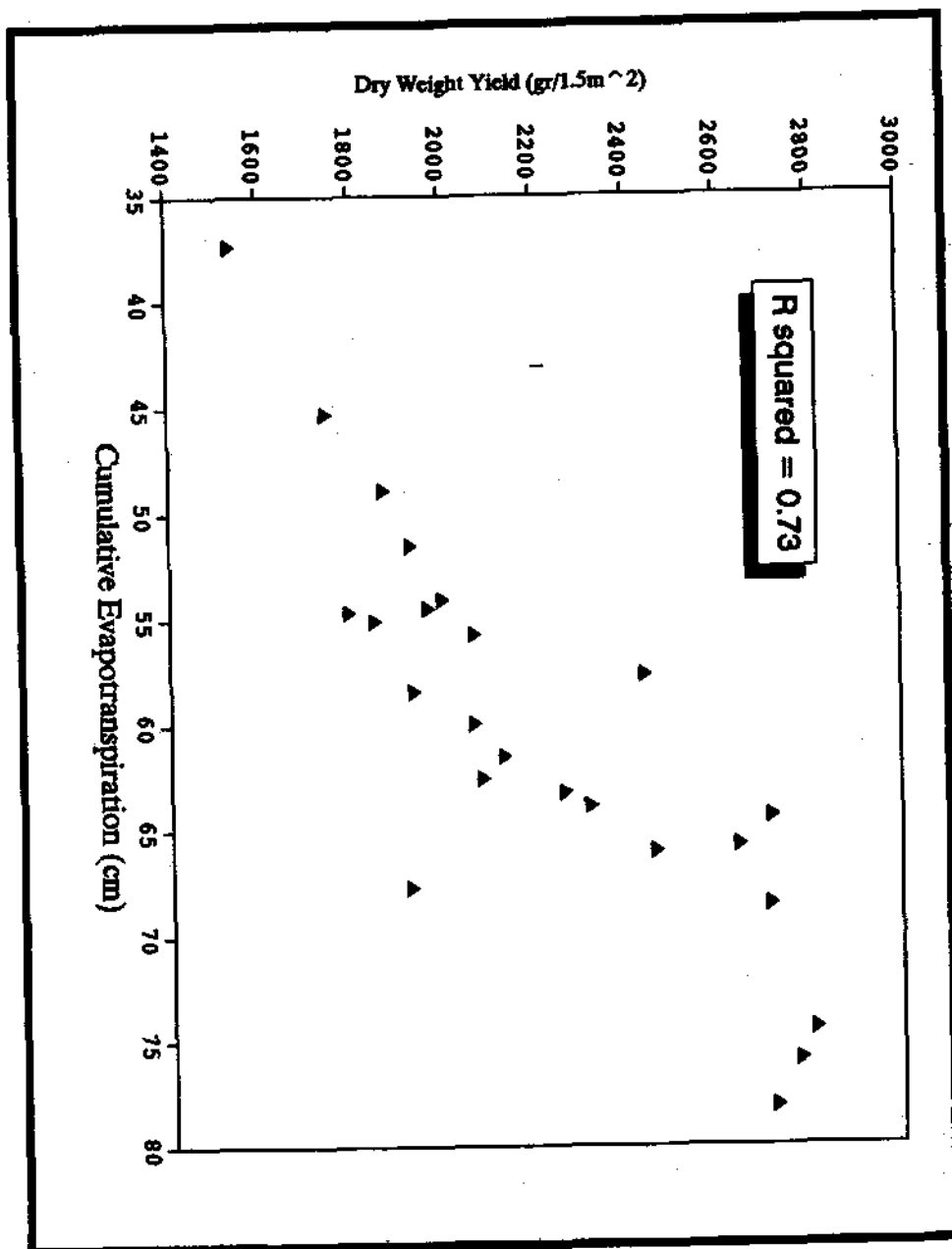
- Walker, W. R. and G. V. skogerboe. 1987. Surface Irrigation Theory and Practice. Englewood Cliffs, New Jersey Prentice- Hall, Inc., 386p.



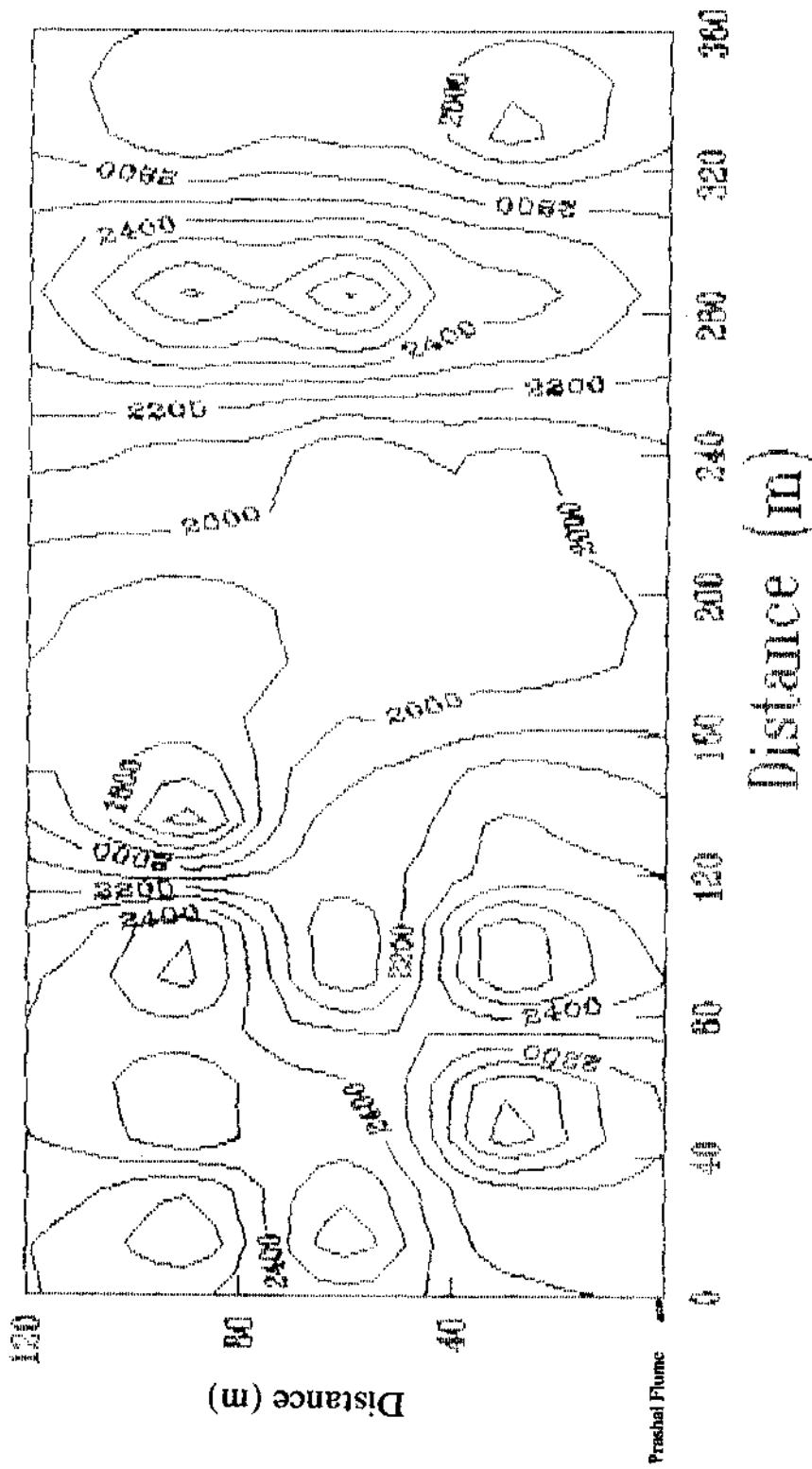
شکل ۱ ، قطعه بندی و آرایش نهرهای مزارع



شکل ۲ : مقادیر متوسط راندمان کاربرد آب در قطعات چهارگانه مزرعه مورد آزمایش



شکل ۳ : میزان محصول خشک بعنوان تابعی از تبخیر و تعرق واقعی گیاهی



شکل ۲ : نقشه کنتوری پراکندگی میزان محصول خشک (گرم در ۱/۵ مترمربع) در سطح مزرعه

جدول ۱- متوسط درصد ذرات خالک و رطوبت خاک درحد ظرفیت زراعی
درمحل نصب لوله های آلومینیومی

Pipe No.	FC Moisture (volume %)	Average Particles Percent			Clay
		Sand	coarse Silt	fine Silt	
1	36.96	16.07	33.20	6.80	43.93
2	38.93	6.96	35.15	7.61	50.28
3	38.47	4.94	36.15	9.13	49.78
4	37.52	18.40	32.83	5.70	43.07
5	39.01	6.98	34.03	8.05	50.95
6	39.53	13.26	33.65	6.71	46.39
7	38.09	6.36	34.77	7.29	51.59
8	37.27	18.19	33.99	7.39	43.43
9	39.11	6.68	35.05	5.41	52.87
10	38.64	5.08	33.34	7.35	54.23
11	38.95	6.53	31.01	8.07	54.38
12	37.50	14.33	30.55	6.74	48.37
13	37.86	9.79	33.39	6.81	50.01
14	38.00	11.31	30.78	8.07	49.84
15	38.37	10.66	30.69	6.79	51.86
16	38.43	9.30	31.61	6.76	52.33
17	37.88	15.68	32.89	7.56	43.87
18	38.62	8.12	31.34	6.24	54.30
19	39.03	6.22	32.13	7.11	54.54
20	39.54	7.01	29.32	8.38	55.29
21	38.96	8.83	32.18	6.52	52.47
22	38.22	12.36	33.05	6.39	48.20
23	38.12	7.58	35.66	6.00	50.76
24	38.77	3.35	33.22	7.83	55.60

جدول ۲- متوسط رطوبت خاک قبل از آبیاری (از سطح خاک تا عمق ۸/۱ متری) در محل نصب لوله های آلومینیومی

Pipe No.	Before Irrigation Soil Moisture Average (volume%)							
	Irr. no. 1	Irr. no. 2	Irr. no. 3	Irr. no. 4	Irr. no. 5	Irr. no. 6	Irr. no. 7	Irr. no. 8
1	30.6	34.1	34.6	35.6	34.2	32.5	32.2	30.5
2	30.0	35.3	36.2	36.8	34.1	31.2	30.4	30.7
3	31.4	35.2	35.8	36.5	35.1	33.4	34.3	32.6
4	30.9	34.7	34.6	36.1	34.2	33.0	34.1	34.5
5	31.0	35.8	35.4	36.7	34.7	32.6	32.2	32.3
6	31.5	36.0	36.5	37.3	35.6	32.5	34.4	33.0
7	31.2	35.2	36.0	35.4	34.6	32.0	32.3	29.0
8	32.0	34.5	34.2	35.8	35.4	34.4	34.2	33.0
9	31.8	36.0	36.4	37.2	36.0	33.1	34.6	31.7
10	30.7	35.6	35.1	36.3	34.7	34.2	35.1	32.5
11	31.2	35.7	34.2	36.3	35.5	34.4	35.0	34.9
12	31.7	34.5	35.7	36.1	36.1	34.8	34.7	35.3
13	31.0	34.4	35.5	36.1	36.5	33.8	31.2	31.1
14	31.7	34.4	34.7	35.7	33.9	32.8	31.6	33.5
15	31.5	34.7	35.6	36.3	36.9	34.1	35.1	33.9
16	31.0	34.5	36.0	37.2	36.4	33.8	33.3	34.3
17	32.4	34.6	34.2	37.1	34.8	34.7	35.1	34.2
18	32.2	35.3	36.2	37.6	36.6	33.2	34.4	32.9
19	31.7	35.8	36.8	35.7	35.5	34.7	36.4	34.8
20	32.0	34.9	36.3	36.2	34.0	30.7	33.6	30.5
21	33.0	35.9	36.6	36.8	34.0	33.5	34.7	32.3
22	32.0	35.5	35.8	36.8	34.8	33.2	34.5	33.4
23	31.9	35.1	35.0	36.3	35.1	31.6	33.3	33.3
24	33.0	35.8	36.1	36.0	34.8	35.5	34.9	34.2
AVG	31.56	35.15	35.55	36.42	35.10	33.33	33.82	32.85
STD	0.72	0.59	0.80	0.58	0.85	1.18	1.44	1.58

جدول ۳- ظرفیت ذخیره آب خاک قبل از هر آبیاری (آب مورد نیاز آبیاری) در محل نصب لوله های آلومینیومی

Pipe No.	Water Storage Capacity (centimeter)							
	lrr. no. 1	lrr. no. 2	lrr. no. 3	lrr. no. 4	lrr. no. 5	lrr. no. 6	lrr. no. 7	lrr. no. 8
1	11.5	5.4	4.5	2.8	5.5	8.5	9.1	12.0
2	16.2	6.8	5.1	4.1	9.3	14.2	15.7	15.2
3	12.8	6.0	4.9	3.8	6.7	9.6	8.0	10.9
4	11.9	5.2	5.4	2.9	6.5	8.5	6.5	5.8
5	14.5	5.9	6.5	4.5	8.4	11.9	12.7	12.5
6	14.4	6.5	5.8	4.2	7.6	13.0	9.7	12.1
7	12.5	5.5	4.0	5.2	7.3	11.7	10.9	16.9
8	9.5	5.3	5.8	3.0	4.4	6.0	6.1	8.2
9	13.1	5.8	5.1	3.8	6.4	11.6	8.8	13.8
10	14.3	5.7	6.6	4.7	8.0	8.7	7.0	11.5
11	13.9	6.1	8.7	5.3	7.1	9.0	7.7	7.8
12	10.4	5.8	3.3	2.8	3.4	5.6	5.7	4.5
13	12.4	6.6	4.6	3.9	3.1	8.5	12.4	12.7
14	11.4	6.9	6.3	4.7	8.1	10.4	11.9	9.1
15	12.3	7.0	5.3	4.3	3.2	8.8	6.3	9.1
16	13.4	7.3	4.7	2.8	4.3	9.4	9.0	8.5
17	9.9	6.4	7.0	2.1	6.1	6.8	5.4	7.6
18	11.6	6.3	4.6	2.6	6.0	10.9	7.9	11.3
19	13.1	6.3	4.5	6.7	7.2	9.3	5.3	8.7
20	13.5	8.7	6.2	6.9	10.9	17.3	11.2	17.3
21	10.7	6.0	4.6	4.7	9.9	11.2	8.2	13.1
22	11.2	5.3	4.7	3.4	7.1	10.6	7.2	9.9
23	11.3	5.9	6.1	4.1	6.3	13.3	9.3	9.8
24	10.3	5.8	5.3	5.8	8.0	7.3	7.6	9.3
AVG	12.33	6.17	5.39	4.14	6.70	10.10	8.76	10.73
STD	1.63	0.78	1.12	1.23	1.98	2.65	2.58	3.12

جدول ۵- مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری های مختلف در محل نصب لوله های آلومینیومی

Pipe No.	Application Efficiency (%)							
	Irr. no. 1	Irr. no. 2	Irr. no. 3	Irr. no. 4	Irr. no. 5	Irr. no. 6	Irr. no. 7	Irr. no. 8
1	72.0	43.8	44.9	27.7	51.0	92.9	85.2	100.0
2	100.0	55.1	51.0	39.9	86.0	100.0	100.0	100.0
3	79.6	49.4	49.4	37.7	62.1	100.0	75.0	100.0
4	74.3	42.4	54.3	28.1	59.7	93.2	61.4	54.7
5	90.5	47.9	65.9	43.7	77.0	100.0	100.0	100.0
6	90.0	53.3	56.8	41.4	69.8	100.0	91.0	100.0
7	81.5	47.8	44.0	56.9	80.0	100.0	100.0	100.0
8	61.7	46.0	63.7	32.8	47.9	54.6	55.7	79.4
9	85.7	50.4	55.9	41.6	70.7	100.0	80.7	100.0
10	93.2	49.4	72.5	50.9	87.6	79.8	64.1	100.0
11	91.0	53.2	96.4	57.1	78.3	82.4	71.0	75.2
12	67.8	48.6	37.0	30.8	38.0	51.5	52.6	43.5
13	82.9	58.6	42.3	37.3	34.7	88.9	100.0	100.0
14	75.5	61.5	56.8	45.3	90.6	100.0	100.0	50.1
15	82.2	62.6	49.0	41.8	36.0	91.8	69.0	89.7
16	89.7	65.3	43.5	27.1	48.6	98.8	100.0	84.0
17	66.1	56.7	65.3	20.6	68.8	71.0	59.0	75.3
18	77.9	55.9	42.9	24.8	67.4	100.0	86.7	100.0
19	91.8	60.8	48.9	61.9	90.7	100.0	63.8	95.9
20	94.6	84.2	67.5	83.6	100.0	100.0	100.0	100.0
21	75.0	57.7	50.2	57.7	100.0	100.0	98.9	100.0
22	78.4	51.1	51.6	40.8	89.8	100.0	87.2	100.0
23	78.9	57.0	66.5	49.6	79.4	100.0	100.0	100.0
24	72.4	55.6	57.5	70.8	100.0	89.1	92.1	100.0
AVG	81.40	54.77	55.66	44.60	71.42	91.41	83.06	91.15
STD	9.64	8.49	12.53	16.43	20.07	13.85	16.57	15.14

جدول ۶- مقادیر اندمان ذخیره آب در مزرعه برای نقاط نصب لوله های آلومینیومی

Pipe No.	Storage Efficiency (%)							
	Irr. no. 1	Irr. no. 2	Irr. no. 3	Irr. no. 4	Irr. no. 5	Irr. no. 6	Irr. no. 7	Irr. no. 8
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.7	100.0	71.5
2	89.7	100.0	100.0	100.0	87.0	56.8	63.4	56.9
3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.5	100.0	69.5
4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0	81.4	91.1	76.1
6	96.1	100.0	100.0	100.0	100.0	79.6	100.0	100.0
7	100.0	100.0	100.0	100.0	96.9	72.7	85.1	44.3
8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
9	95.4	100.0	100.0	100.0	98.5	68.2	97.0	71.5
10	90.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.5
11	89.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
12	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
13	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	76.0	63.3	94.3
14	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	70.7	100.0
15	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.4	99.2	100.0
16	93.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.1	100.0
17	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
18	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.4	100.0	100.0
19	85.0	100.0	100.0	100.0	96.1	64.8	100.0	88.6
20	78.8	94.1	100.0	83.9	45.7	42.9	60.3	67.4
21	100.0	100.0	100.0	100.0	85.1	67.1	86.8	51.5
22	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.0	100.0	100.0
23	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	69.3	76.1	98.8
24	100.0	100.0	100.0	100.0	88.1	100.0	100.0	87.0
AVG	96.39	99.76	100.00	99.33	95.64	84.86	91.29	85.70
STD	5.68	1.17	0.00	3.21	11.37	16.48	13.49	17.42

جدول ۱-۲: مقادیر متوسط راندمان های مزرعه برای قطعات چهارگانه

Irr. no.	Segment no.	Ea (%)	Es (%)	DU (%)	CV
1	1	84.4	96.8	95.9	0.97
	2	80.1	95.9	90.8	0.91
	3	79.2	98.9	91.8	0.94
	4	81.9	94.0	92.7	0.93
2	1	48.6	100.0	92.7	0.94
	2	49.3	100.0	88.9	0.90
	3	60.1	100.0	87.5	0.91
	4	61.1	99.0	84.7	0.90
3	1	53.7	100.0	80.7	0.85
	2	61.6	100.0	82.8	0.89
	3	50.3	100.0	83.3	0.89
	4	57.0	100.0	84.4	0.86
4	1	36.4	100.0	75.2	0.82
	2	45.0	100.0	82.8	0.87
	3	32.9	100.0	86.6	0.90
	4	64.1	97.3	75.1	0.78
5	1	67.6	97.8	83.3	0.84
	2	67.1	99.2	77.6	0.85
	3	57.7	100.0	57.6	0.72
	4	93.3	82.6	79.4	0.84
6	1	97.7	82.7	86.8	0.88
	2	78.1	90.2	84.7	0.90
	3	91.7	93.6	79.6	0.86
	4	98.2	73.0	84.8	0.86
7	1	85.4	92.4	90.2	0.92
	2	70.7	97.0	92.1	0.92
	3	85.8	88.5	79.8	0.85
	4	90.3	87.2	90.8	0.91
8	1	92.4	79.0	85.0	0.87
	2	83.0	82.9	88.3	0.92
	3	89.9	99.0	90.1	0.93
	4	99.3	81.9	78.8	0.82

*Irrigation efficiency of a corn field
Considering soil spatial variability*

ABSTRACT

In this research irrigation efficiency of a corn field in Badjgah was investigated. This field was irrigated by furrow method. In this field 24 locations with 25-30 m space were selected throughout the field and soil moisture to a depth of 180 cm was measured by parshall flume. Because end of furrows were closed there was no surface runoff. During the growing period, plant height, leaf length and finally yield were measured. Using data collected, application efficiency, storage efficiency and distribution efficiency were calculated.

The results show that irrigation efficiency in the field, especially application and storage efficiency vary according to water requirement of the crop. The reason is that irrigation frequency and the amount of water applied regardless of water requirement of crop is constant. With increasing water requirement of the crop, deep porcolation decreases while application efficiency increases and storage efficiency decreases.

Using soil samples taken to a depth of 165cm with an interval of 30cm in each access tube location , soil texture was determined.

In each irrigation using advance and recession curve , intake opportunity time waz evaluated. Regression analysis between intake opportunity time and percent average diameter soil particles show that the effect of spatial variability is more important than the intake opportunity time.