مقاله شماره ۱۰

موضوع :

بررسی راندمان آبیاری مزرعه ذرت بادرنظرگرفتن تغییرات مکانی خاک وبهره‌وری بیولوژیک

توسط :

اسماعیل ابراهیمی، علی اکبرکامگار، سید علی‌اکبر موسوی

چکیـــده

تحقیقاتی که جهت بهتر نمودن راندمان های آبیاری تاکنون انجام گردیده است، بیشترین توجه رابه یکنواخت نمودن توزیع آب سیستم آبیاری معطوف داشته اند .اگرچه این مسئله بسیارمهم میباشد اما به همان نسبت درنظرگرفتن تغییرات مکانی خاک و اثر این عامل روی نفوذ آب ، ذخیره آب درخاک و فرونشت عمقی دارای اهمیت زیادی میباشد . افزایش فرونشت عمقی باعث افزایش املاح ومواد شیمیائی دیگر به سفره آب زیرزمینی وزمین های اطراف می‌گردد و همچنین باعث بالا آمدن سفره آب زیر زمینی و غرقاب نمودن خاک می شود .ازطرف دیگر توجه به بعد فیزیکی بهبود راندمان های آبیاری ممکن است که هدف اصلی یک واحد زراعی که مانند هرپروژه اقتصادی دیگر، افزایش بهره وری می باشد راتامین ننماید. زیرا این امکان وجوددارد که باکاهش مصرف آب راندمان های آبیاری را افزایش داد، در حالی که آب مصرفی تکافوی مصرف گیاه راننماید . لذا تولید محصول وبعبارت دیگر بهره‌وری بیولوژیکی کاهش خواهد یافت . هدف این مقاله بررسی این موضوع میباشدکه آیا درنظرگرفتن تغییرات مکانی خاک ومدیریت آبیاری باعث بهبود راندمان استفاده از آب می‌شود و ارتباط بین تغییرات مکانی خاک وتغییرپذیری 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 می گردید مورد مطالعه قرارگرفت.بافت خاک در ۲۴ نقطه این مزرعه و درهرنقطه درشش لایه به ضخامت های ۳۰ سانتی متری تعیین گردید. همچنین برای نقاط واعماق مذکور، رطوبت خاک قبل و بعد از هرآبیاری درهشت آبیاری درسرتاسردوره رشد ونیز میزان رشد وعملکرد گیاه در ۲۴ نقطه مذکوراندازه گیری شد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که تغییرات مکانی خاک روی ذخیره آب خاک و فرونشت

عمقی اثرمی گذارد. این اثرات همچنین دررشد وعملکرد گیاه مشاهده می شود . اطلاعات نشان می دهد که نقش تغییرات مکانی خاک درسرعت نفوذ، آب به خاک، پس از رسیدن به سرعت نفوذپایه، قابل ملاحظه است و قبل از سرعت نفوذ پایه ، نقش زمان تماس آب باخاک بیش از نقش تغییرات مکانی خاک می باشد . بنابراین توصیه می شود که جهت بهبود راندمانهای آبیاری ازبعد فیزیکی وبهره‌وری بیولوژیک ، طرح قطعه بندی مزارع براساس بافت خاک رعایت شود تاضمن کاهش فرونشت عمقی آب ، درهمه نقاط مزرعه این امکان به گیاه داده شود تا آب کافی و متناسب بانیاز رادراختیار داشته باشد .

مقدمه

بارشد روز افزون جمعیت وظیفه بخش کشاورزی بعنوان تأمین کننده مواد غذائی از اهمیت بیشتری برخوردارخواهد بود . لذا عوامل موثر بررشد گیاهان و افزایش تولید محصولات کشاورزی شایان توجه است . از این عوامل موثر بررشد گیاه ، آب مهمترین آنها می باشد. از طرف دیگر برای کشورهائی که درمناطق خشک ونیمه خشک قراردارند، کمبود منابع آب باعث ایجاد محدودیت درافزایش تولیدات کشاورزی شده است . مثلاً در کشور ما منابع آب دارای محدودیت‌های زیادی است و درحقیقت عامل اصلی درتوسعه کشاورزی محسوب می شود . این محدودیت به حدی است که حتی درمناطق پر آب کشور نیز کل آب های جاری برای کشت درکل اراضی قابل توسعه، در برنامه‌ریزی‌های دراز مدت کفایت نمی‌کنند.

کاهش تلفات آب درهرقسمت از یک سیستم آبیاری و بعبارت دیگر افزایش راندمان های آبیاری ، منابع جدیدی از آب رادراختیارماقرارمی دهد که توسط آن امکان به زیرکشت درآوردن اراضی بیشتری فراهم می شود. این مهم بدون نیاز به هزینه های هنگفت احداث سدها و شبکه‌های جدید آبیاری و صرفاً باشناخت عوامل اتلاف آب و سعی درحذف آنها، با بکارگیری نتایج تحقیقات انجام شده، امکان پذیر است.

بخش مهمی از اتلاف آب ، تلفات درمزرعه است ومیزان آن در روش های مختلف آبیاری متفاوت است.معمولاً میزان تلفات مزرعه در آبیاری سطحی از روش های دیگر بیشتر است (باوس [1] ۱۹۹۰).هیرمن وهمکاران [2] (۱۹۹۰) راندمان های آبیاری رااز سه بعد : ۱- فیزیکی ۲- بهره وری بیولوژیک ۳- اقتصادی قابل بررسی دانستند. بدین مفهوم که دربحث راندمان های آبیاری، هدف تنها کاهش مصرف آب نمی باشد بلکه مصرف بهینه مورد نظر است که درقبال آن موازنه اقتصادی بین هزینه تولید محصول ومیزان محصول تولید شده برقرارباشد .

جنسن [3] (۱۹۶۷)،باوس وناگترن [4] (۱۹۷۴)، هارت وهمکاران [5](۱۹۷۹) ، هانس و همکاران [6] (۱۹۸۰)، واکرواسکوگربو [7] (۱۹۸۷) وکمیسیون بین المللی آبیاری و زهکشی [8](ICID)تعاریف زیر رابرای راندمان کاربرد ارائه کردند:

$$e_a = \left(\frac{v_s}{v_f} \right) \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

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.

دراین رابطه :

e_a = راندمان کاربرد آب

v_s = حجم آب ذخیره شده درمنطقه ریشه

v_f = حجم آب تحویلی به مزرعه

واکرو اسکوگربو (۱۹۸۷) و جیمز [1] (۱۹۸۸) رابطه زیر رادر تعریف راندمان ذخیره آب بکاربردند:

$$e_s = \left(\frac{v_s}{(v_r - v_a)}\right) \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

در این رابطه :

e_s= راندمان ذخیره آب (درصد)

v_s = حجم آب ذخیره شده در پروفیل خاک درآبیاری مورد نظر

v_r = ظرفیت حجمی بین دوحد رطوبتی ظرفیت زراعی ونقطه پژمردگی در پروفیل خاک

v_a = بخشی از v_rکه در پروفیل خاک قبل از آبیاری مورد نظر وجود دارد.

هارت وهمکاران (۱۹۷۹) و هانسن و همکاران (۱۹۸۰) رابطه زیر رادربیان راندمان ذخیره آب ارائه نمودند :

$$e_s = \left(\frac{v_s}{v_n}\right) \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

که در آن :

e_s = راندمان ذخیره آب (درصد)

v_s = حجم آب ذخیره شده درناحیه ریشه طی آبیاری مورد نظر

v_n =حجم آب مورد نیاز برای پر شدن پروفیل خاک درمنطقه ریشه قبل از آبیاری مورد نظر

راندمان ذخیره آب معیاری ازتلفات آب به صورت هرز آب سطحی و یافرونشت عمقی نمی باشد.

هیرمن وهمکاران (۱۹۹۰) عنوان کردندکه 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 درکل مزرعه "می باشد.

$$d_u = \frac{d_q}{d_{avg}} \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

دراین رابطه :

d_u = یکنواختی توزیع آب (درصد)

1- James

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

d_q = متوسط ربع پائین عمق آب نفوذ یافته

سمردان و گلاس [1] (۱۹۶۵) و هانسن و همکاران (۱۹۸۰) دربیان یکنواختی توزیع ، راندمان توزیع آب رابراساس زیر عنوان کردند .

$$e_d = (1 - \frac{y}{d})100 \qquad (۵)$$

دراین رابطه :

e_d = راندمان توزیع آب در مزرعه (درصد)

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

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

دریک واحد زراعی مانند دیگر واحدهای اقتصادی، مواد اولیه مورد مصرف قرارمی گیرند تا محصول تولید گردد مهمترین ماده اولیه دراین واحد آب می باشد .لذا بحث پیرامون راندمان‌های آبیاری یااصولاً چگونگی مصر ف آب مانند هرواحد اقتصادی توأم با میزان محصول تولید شده و موازنهٔ اقتصادی لازم بین این دو عامل مفهوم می یابد. و این همان بیانی است که هیرمن و همکاران (۱۹۹۰) برآن تاکید داشتند . به عبارت دیگر در ارزیابی یک مزرعه از نظر نحوه استفاده از آب تحت عنوان راندمان های یک مزرعه می بایست به بهره‌وری 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 درمحاسبات گنجانده می شود .از آنجاکه بخش اعظم اراضی کشاورزی به روش سطحی، آبیاری میگردد وبه لحاظ اهمیت میزان نفوذ آب در خاک و راندمان های مزرعه، درتحقیقات اخیر توجهی خاص به عوامل کنترل کننده نفوذ آب درآبیاری سطحی شده است . اهمیت کنترل میزان نفوذ به این دلیل است که این عامل گذشته از تأثیر مستقیم برراندمان های ذخیره آب و یکنواختی توزیع باتأثیر برفرونشت عمقی برراندمان کاربرد آب درمزرعه نیز مؤثراست . لذا از دیدگاه آبیاری یکی از عوامل مهم درعملکرد محصول، نفوذ وذخیره آب درخاک می باشد. تاکنون درطراحی سیستم های آبیاری سطحی، سعی برآن می شد که با ایجاد یکنواختی درزمان تماس آب باخاک، از طریق موازی نمودن منحنی های پیشروی و پسروی ، یکنواختی مناسب نفوذ آب رابدست آورند و تأثیر تغییرات بافت خاک بعنوان یکی دیگر از عوامل کنترل کننده نفوذ آب درخاک رانادیده می‌گرفتند. مطالعات زیادی پیرامون نقش عوامل مؤثر برخصوصیات نفوذ پذیری خاک وهمچنین فرصت نفوذ (I.O.T) [2] در میزان نفوذ آب در خاک درسالهای اخیر صورت گرفته است که‌هریک از محققین نظرات گوناگونی رادراین 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[1] (۱۹۸۵) نشان می دهد که (I.O.T) نقش مهمی درمیزان نفوذ آب درخاک، بخصوص درفرصت های کم ، قبل از رسیدن به سرعت نهائی نفوذ راایفامی نماید. اما نقش بافت خاک وتغییرات مکانی آن در ارزیابی سیستم آبیاری نیز می بایست در نظر گرفته شود.

تاربوتون و والندر[2] (۱۹۸۹) در آزمایشاتی، در یک آبیاری شیاری نتیجه گرفتند که فرصت نفوذ (I.O.T) باعث تغییرات اولیه در روند نفوذ آب درخاک می گردد. اما بطور کلی چند عامل باعث تغییرات میزان نفوذ درآبیاری 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) برتغییرات میزان نفوذ تقریباً مساوی بوده است . دراین آزمایش بااعمال دبی های مختلف، معلوم شد که دبی نقش چندانی درتغییرات میزان نفوذ ندارد. کلمنز[3] (۱۹۸۸) عوامل مؤثردر یکنواختی آبیاری را، شامل تغییرات درفرصت نفوذ، تغییرات خصوصیات نفوذ پذیری خاک ، تغییرات درتسطیح اراضی و تغییرات در شدت پیشروی را بدلیل تغییرات دبی ورودی می داند. اما دو عامل اول رامهمتر قلمداد می کند.

برسلروهمکاران[4] (۱۹۸۴) اثر تغییرات بافت خاک رادر تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ۲۴ تا ۴۵ درصد عنوان می نمایند. چیلدز وهمکاران[5] (۱۹۹۳) نشان دادند که تغییرات میزان نفوذ آب درخاک متناسب باتغییرات بافت خاک بوده است بگونه ای که درخاکهای شنی حداکثرعمق نفوذ مشاهده شده است وکاهش نفوذ متناسب باکاهش فرصت نفوذ نبوده ،بلکه تناسب باتغییرات خصوصیات نفوذپذیری داشته است. هاپمنز[6] (۱۹۹۱) ضریب همبستگی (r^2) بین فرصت نفوذ و آب ذخیره شده درپروفیل خاک را۰/۲۱ درصد بدست آورد وعنوان نمود که مهمترین عامل کنترل کننده نفوذ آب درخاک تغییرات خاک درسطح مزرعه است. تحقیق هاپمنز نشان داد که درقسمت هائی از مزرعه که گیاه تبخیروتعرق کمتری داشته است میزان محصول کمتربوده است .

درکلیه تحقیقات اشاره شده، به بررسی عوامل کنترل کننده میزان نفوذ آب درخاک پرداخته شده است . درحالی که درهیچ یک از این تحقیقات به تلفیق لازم بین مصرف آب وعملکرد محصول که دراین میان میزان‌نفوذ پل ارتباطی بین آبیاری و عملکرد محسوب می شود اقدام نشده است زیرا هر مدیر مزرعه مایل است بداند که تغییرات میزان نفوذ درنهایت چگونه باعث تغییرات تولید محصول می گردد. دراین تحقیق به تلفیق دو عامل فوق یعنی راندمان های آبیاری در یک مزرعه و رشدگیاه وعملکرد محصول پرداخته می شود .

مواد و روش‌ها

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 درمنطقه باجگاه به فاصله ۱۸ کیلومتری شمال شرق شیراز به عرض جغرافیائی ۲۶،°۲۹ وطول جغرافیائی ´۵۲،۳۲ و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا انجام گردید . آزمایش درمزرعه ای به مساحت ۴/۳۲ هکتار وباعرض ۱۲۰ متر و طول ۳۶۰ متر و شیب طولی ۲/۵ درهزار درجهت شرق به غرب و شیب عرضی ۱/۷ درهزار درجهت شمال به جنوب که درآن گیاه ذرت کشت شده انجام گرفت. مزرعه مورد نظربه چهار قطعه، با آرایش شکل(۱) تقسیم شده بود که هرقطعه به تعداد ۱۱ نوار، شامل ۱۳ الی ۱۵شیار به عرض ۰/۷۵ متر می بود . آبیاری هرقطعه ازقطعات چهارگانه مذکور، جداگانه انجام می گرفت . حجم آب تحویلی به هرقطعه، بوسیله پارشال فلوم ۹اینچ نصب شده درابتدای نهرآبرسان اندازه‌گیری می گردید .در طی دوره رشد از ابتدای کشت تا انتهای دوره ،۸ آبیاری انجام گردید که اولین آبیاری درتاریخ ۱۳۷۲/۳/۸ وآخرین آبیاری در تاریخ ۱۳۷۲/۶/۹ انجام گرفت . درسطح کل مزرعه تعداد ۲۴ نقطه (۶نقطه درهرقطعه) وبرروی پشته ها لوله های آلومینیومی نوترون متر به عمق ۱/۸ متر نصب ورطوبت خاک قبل و بعد از هرآبیاری بوسیله دستگاه نوترون متر مدل ۱۶۵۱ ساخت کارخانه تروکسلر آمریکا در عمق های ۱۵تا 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 درنوارهائی محصورگردیده بود تاآبیاری شیارها بصورت تقریباً یکنواخت انجام گیرد .

هنگام آبیاری، نوارهائی که لوله های مورد نظر درآنها نصب شده بود تمام آب آبیاری وارد آن نوارمی گردید تاتأثیرغیر یکنواختی دبی ورودی به هر نواراز بین برود ضمناً هنگام آبیاری اندازه‌گیری سطح آب در پارشال فلوم به فواصل زمانی کم صورت گرفت تاتغییرات دبی ورودی رابتوان درنظرگرفت .

درنقاط ۲۴ گانه موردنظر، از عمق های قرائت رطوبت، هنگام نصب لوله های آلومینیومی نمونه خاک گرفته، وتجزیه مکانیکی خاک بروش هیدرومتری انجام گردید. درطول دوره رشد هرهفته ارتفاع و طول برگهای سه گیاه که درفاصله کمتراز یک متر از هرلوله قرارداشتند اندازه گیری و متوسط ارتفاع و طول برگهای این سه گیاه تعیین گردید .

درانتهای دوره رشد و زمان برداشت محصول ، ماده خشک گیاهی درمجاورت هرلوله درمساحت ۱/۵ مترمربع به ترتیب زیر تعیین شد:

درمسافت یک متراز هرطرف نقاط نصب لوله های آلومینیومی در امتداد شیارها ،گیاه ذرت رااز سطح خاک بریده باانتقال سریع به بیرون مز رعه وزن ترگیاه بوسیله ترازوئی به دقت ۲۰گرم تعیین شد سپس یک کیلو ازتمام قسمت‌های گیاه راسریعاً بوسیله ترازوئی به دقت یکدهم‌گرم راوزن کرده و به آون انتقال داده شد. بامعین شدن وزن خشک یک کیلوگرم از محصول‌تر، وزن ماده خشک درمساحت ۱/۵ مترمربع (۲متر×۰/۷۵ متر) درمجاورت هرلوله اندازه‌گیری شد.

تجزیه وتحلیل نتایج

این بخش به دو قسمت تعیین راندمان های مزرعه و تأثیر بافت خاک(تغییرات مکانی‌خاک) برمیزان نفوذ آب

درخاک تفکیک می گردد .

۱- تعیین راندمان های مزرعه

۱-۱ راندمان کاربرد آب درمزرعه (e_a)

برای تعیین راندمان کاربرد آب درمزرعه (e_a)، لازم است عواملی ازقبیل 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) وحجم آب تحویلی به مزرعه درهر آبیاری (v_f) تعیین گردد.

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

جدول (۱)مقادیر θ_{fc} ونیز درصد متوسط رس و شن رابرای نقاط ۲۴ گانه نصب لوله های آلومینیومی نشان می دهد. جدول (۲) متوسط رطوبت خاک قبل از آبیاری درپروفیل خاک، از سطح تاعمق ۱۸۰ سانتی متری رابرای تمام لوله ها و درهرآبیاری(θ_i) نشان میدهد.

براساس رابطه :

$$\text{ظرفیت ذخیره آب درخاک} = D\ (\theta_{fc} - \theta_i) \qquad (۶)$$

برای هرنقطه، محاسبه ظرفیت ذخیره آب درپروفیل خاک امکان پذیر می باشد . جدول (۳) این مقادیر رابرحسب سانتی متر برای هرنقطه ودرهرآبیاری نشان میدهد.

بامعین بودن ظرفیت ذخیره آب خاک و به عبارت دیگر آب مورد نیاز آبیاری درهرنقطه، راندمان کاربرد آب درمزرعه مطابق رابطه (۱) از تقسیم مقادیرآب قابل ذخیره در خاک درهرنقطه و قبل از هرآبیاری برآب تحویلی درآبیاری مورد نظر بدست می آید .

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

جدول ۴- عمق آب تحویلی به هرقطعه در هرآبیاری (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 هرقطعه درهرآبیاری، راندمان کاربرد بااستفاده از رابطه (۱) وباترتیب فوق‌الذکر محاسبه گردید که جدول (۵)مقادیر این راندمان رانشان میدهد . شکل (۵) مقایسه مقادیر متوسط راندمان کاربرد آب درطول دوره رشد، درهرقطعه راامکان پذیر می سازد.

نتایج نشان می دهد که درآبیاری های اول و ششم تا هشتم که ظرفیت ذخیره آب خاک قبل از آبیاری های مذکور بالا بوده است ، راندمان کاربرد آب دارای مقادیر بالا، و در بقیه آبیاری ها 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 برظرفیت ذخیره آب خاک تحویلی به قطعات چهارگانه بدلیل بسته بودن انتهای نوارها به صورت فرونشت عمقی از دسترس گیاه خارج شده است به عبارت دیگر:

$$I_p = F_g - I_s \qquad (۷)$$

دراین رابطه :

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

I_s = عمق آب قابل ذخیره خاک درهرنقطه قبل از هرآبیاری (سانتی متر) از جدول ۳

F_g = عمق آب تحویلی به هرقطعه یانوار درآبیاری مورد نظر(سانتی متر)ازجدول ۴

۲-۱ راندمان ذخیره آب (e_s)

باتوجه به روابط ۲ و۳ راندمان ذخیره آب درهرنقطه از مزرعه ، در هر آبیاری ،برابر با نسبت «آب ذخیره شده درپروفیل خاک درنقطه و آبیاری موردنظر» به «ظرفیت ذخیره آب خاک درهمان نقطه وقبل از آبیاری موردنظر» می‌باشد. به عبارت دیگر می توان مقدار آب نفوذ یافته در هر نقطه را محاسبه نمود، چنانچه این مقدار بیش از ظرفیت

ذخیره آب خاک قبل از آبیاری درنقطه مورد نظر(از جدول ۳) باشد مشخص است که پروفیل خاک پرشده ورطوبت خاک بعد ازآبیاری به θ_{fc} خواهد رسید. دراین صورت راندمان ذخیره آب برای نقطه موردنظر ۱۰۰٪ خواهد بود. اما درغیراینصورت رطوبت خاک دراثر آبیاری درنقطه ای معین به θ_{fc} نرسیده و دراین حالت ، از حاصل تقسیم عمق آب نفوذ یافته به عمق آب قابل ذخیره قبل از آبیاری درهرنقطه (از جدول شماره۳)، راندمان ذخیره محاسبه خواهد شد.

عمق آب نفوذ یافته از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$I = \frac{\theta_f - \theta_i}{100} \times D + ET_{f-i} \qquad (۸)$$

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 وتعرق درفاصله زمانی تعیین رطوبت های قبل وبعد از آبیاری مورد نظر(سانتی متر)

برای تعیین مقادیر ET_{f-i} درهرآبیاری ازرابطه تجربی هارگریوز [1]تبخیر وتعرق پتانسیل روزانه درشرایط اقلیمی منطقه و باروش F.A.O [2]منحنی ضریب گیاهی [3](Kc) برای ذرت درشرایط آب وهوائی وشرایط کشت در باجگاه رسم گردید و از رابطه زیر:

$$ET_{crop} = ETo \times Kc \qquad (۹)$$

مقادیر تبخیرو تعرق گیاهی درفواصل زمانی مورد نظر محاسبه گردید . بدلیل بافت سنگین خاک از فرونشت عمقی درفاصله زمانی تعیین رطوبت های قبل و بعد از هرآبیاری صرفنظرگردید.

جدول(۶)مقادیر راندمان ذخیره ،درنقاط مختلف درآبیاری های هشت گانه رانشان میدهد. بابررسی این نتایج مشاهده می شود که درآبیاری های ششم تاهشتم راندمان ذخیره پائین و مبین این واقعیت است که آبیاری باکمبود آب انجام شده است و بعبارت دیگر حجم آب اضافه شده به خاک متناسب باظرفیت ذخیره آب خاک نبوده و یا آبیاری بادور صحیح انجام نشده است .

1- Hargreaes

2-Food and Agriculture Organization

3- Crop Coefficient

۳-۱ یکنواختی توزیع آب (DU) وراندمان توزیع آب (e_d)

بامعلوم بودن مقادیر آب نفوذ یافته ودرهرشش نقطه واقع درهرقطعه ومرتب کردن آن بصورت نزولی می‌توان بااستفاده از رابطه (۴) یکنواختی توزیع آب درهرقطعه وهرآبیاری رامحاسبه نمود و نیز بااستفاده از اطلاعات آب نفوذ یافته واز رابطه (۵) امکان محاسبه راندمان توزیع آب (e_d) فراهم می باشد. جدول ۷ نتایج این بخش از محاسبات رانشان می دهد.

۲- تغییرات مکانی خاک

دراین بخش از محاسبات، جهت مقایسه نقش تغییرات مکانی خاک و فرصت نفوذ(I.O.T)درمیزان نفوذ آب در خاک درآبیاری های مختلف درچند نقطه زمان تماس آب با خاک اندازه گیری گردید. این کار بااستفاده از منحنی پیشروی و پسروی و یابااندازه گیری مستقیم فاصله زمانی رسیدن آب تاناپدید شدن آب به هرنقطه انجام گردید . با معلوم بودن مقادیر متناظر فرصت نفوذ و درصد ذرات خاک و مقادیر آب نفوذ یافته، امکان انجام‌رگرسیون 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 وتحلیل آماری رگرسیون سه متغیره بین عوامل فوق رانشان می دهد .

جدول ۸- تجزیه وتحلیل آماری عوامل مؤثر برعمق آب نفوذ یافته به داخل خاک

متغیرهای مستقل	ضریب دومعادله 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 دهدکه نقش تغییرات مکانی درنفوذ آب در خاک، بیش از نقش فرصت نفوذ میباشد .

درجدول فوق فرصت نفوذ (I.O.T) بعنوان عامل غیرمؤثر درمعادله نفوذ آب در خاک، کنارگذاشته شده است و این بدلیل معنی دارنبودن رابطه این عامل بامیزان نفوذ آب درخاک می باشد.

امانتایج مشاهدات عمق آب نفوذ یافته درهرآبیاری درنقاطی که پائین دست قطعات چهارگانه مزرعه واقع شده بودند نشان دادکه درهمه 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 دراین نقاط ،فرصت نفوذ دراین نقاط بطور قابل ملاحظه تاحد چند ساعت بیش از نقاط بالا دست بوده است . که این خود دلیلی براهمیت فرصت نفوذ آب درمیزان نفوذ آب درخاک می باشد. اما به دلیل عدم تناسب بین افزایش فرصت نفوذ وعمق آب نفوذ یافته دراین نقاط، این نتیجه گرفته میشود که فرصت نفوذ قبل از رسیدن به سرعت نفوذ پایه حائز اهمیت است ونیز همین موضوع باعث معنی دارنبودن ارتباط آماری بین فرصت نفوذ و مقدار آب نفوذ یافته می باشد.

بااستفاده از رابطه زیر که یک معادله بیلان آبی است می توان مقادیر تبخیرو تعرق واقعی گیاهی رادرحد فاصل دو آبیاری متوالی بدست آورد. این بیلان براین استدلال است که قسمتی از حجم آب تحویلی به مزرعه درهرآبیاری‌صرف تغییر رطوبت قبل از آبیاری مورد نظر باآبیاری بعد وبخشی از آن به صورت فرونشت عمقی تلف شده و بقیه بصورت تبخیروتعرق واقعی گیاهی دربین دو آبیاری مورد نظر مصرف می شود.

$$ET_{i,i+1} = F_g - [(\theta_{i+1}-\theta_i)D + I_{Dp}] \qquad (۱۱)$$

دراین رابطه :

F_g= عمق آب تحویلی به هرقطعه یانواردرآبیاری مورد نظر از جدول ۴

$ET_{i,i+1}$ = میزان تبخیروتعرق واقعی گیاهی درفاصله زمانی دو آبیاری متوالی درنقاط نصب لوله‌های آلومینیومی (سانتی متر).

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

θ_i = متوسط رطوبت حجمی خاک درنقطه مورد نظر قبل از آبیاری I ام

بقیه عوامل قبلاً معرفی شدند .

مقایسه بین عملکرد محصول درمجاورت نقاط مختلف باعوامل اندازه گیری یامحاسبه شده نظیر تبخیروتعرق واقعی گیاهی ، فرونشت عمقی ، درصد ذرات خاک ، ارتفاع گیاه و... نشان داد که درنقاطی که تبخیروتعرق واقعی گیاهی بیشتری صورت گرفته است ، محصول بیشتری بعمل آمده است . شکل (۳) این ارتباط رابخوبی نشان میدهد . عملکرد محصول بافرونشت‌عمقی تناسب عکس داشته واین ارتباط باارتفاع گیاه یک ارتباط مستقیم وعملکرد محصول رابطه ای با درصد ذرات شنی و رسی نشان نداد.

بحث

چون نحوه اداره آبیاری بخصوص بلحاظ حجم آب تحویلی درهرآبیاری ودور آبیاری دراین تحقیق مشابه روش سنتی درمزارع 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 درمزارع ایران میباشد لیکن دریک مدیریت صحیح برای

آبیاری های اول که گیاه رشد چندانی نکرده و مصرف آن ناچیز است ودرنتیجه قابلیت ذخیره آب خاک قبل از این آبیاری‌ها کمترمی باشد ، آبیاری بایدبا تحویل حجم کمترنسبت به آبیاری‌های آخرصورت گیرد. البته امکان تغییرکلی در دور آبیاری کمتراست زیرا آزمایشات نشان داده است که دور های آبیاری بیشتر از ۷ روز برای ذرت سبب کاهش محصول میگردد . بهرحال می توان حد اکثر دور آبیاری رادرآبیاری های اول اعمال نمود.

آبیاری های انجام شده درمزرعه ای که تحقیق درآن صورت گرفته معمولاً آبیاری بافاصله ۱۰ تا ۱۴ روز انجام میشد که مناسب رشد گیاه نمی باشد.

نتایج نشان داد درنقاطی که دارای رس بیشتری می باشند از ابتدای رشد گیاه تاقبل از آبیاری ششم که آبیاری بدون کمبود آب صورت گرفته است همواره ارتفاع گیاه و طول برگ گیاه کمتراز نقاط باشن بیشتر بوده است . اما پس از آبیاری ششم تاانتهای دوره رشد روند برعکس شده بطوری که درنقاطی که دارای درصد رس بیشتر بودند ارتفاع وطول برگ عموماً بیشتراز دیگر نقاط گردید . واین موضوع درانتهای دوره رشد کاملاً مشهود بود. دراین ارتباط می توان به رابطه درصد شن وفرونشت اشاره نمود. زیرا بنظر می رسد درنقاطی که دارای شن بیشتر بوده اند ودرعین حال فرونشت عمقی بیشتری نیز دراین نقاط صورت گرفته آبشوئی املاح دراثر فرونشت بمرور زمان صورت گرفته درنتیجه درنیمه دوم رشد یعنی آبیاری ششم به بعد عمل آبشوئی حد اکثرتأثیر خود رادر این نقاط نشان داده اند لذا باعث کاهش رشد گیاه دراین نقاط گردیده است . بارسم منحنی‌های میزان برای عوامل مختلف اندازه گیری ومحاسبه شده نظیر عملکرد محصول ،تبخیر وتعرق واقعی گیاهی،فرونشت عمقی ،ارتفاع گیاه ، راندمان های مزرعه ، درصد ذرات خاک درسطح مزرعه از این طریق نیز رابطه مستقیم عملکردباعوامل فوق مورد مطالعه قرارگرفت . اطلاعات نشان داد شکل منحنی‌های میزان برای عملکرد محصول باعوامل نظیر تبخیروتعرق واقعی گیاهی فرونشت عمقی وارتفاع گیاه کاملاً هماهنگ است.اما عملکرد محصول باارتفاع گیاه رابطه مستقیم و بافرونشت عمقی رابطه معکوس نشان داد. چون بالا بودن راندمان ذخیره می تواند به قیمت افزایش فرونشت عمقی صورت گیرد پس راندمان ذخیره بالا به مفهوم آبیاری صحیح هم از لحاظ مصرف آب وهم به لحاظ تولید محصول نمیتواند باشد درمورد راندمان کاربرد نیز چون بالا بودن مقادیر این راندمان بویژه هنگامی که سیستم آبیاری سطحی باانتهای بسته باشد ،به مفهوم کاهش تلفات آب از طریق فرونشت می باشد پس می تواند به قیمت پرنشدن ذخیره خاک و ایجاد تنش آبی درگیاه باشد ،لذا بالابودن این راندمان هرچند که از بعد فیزیکی مصرف آب دارای اهمیت است اما ازنظر بهره وری بهینه بیولوژیک هدف نهائی نمی باشد . شکل های ۴و۵ به ترتیب منحنی میزان تولید محصول خشک وفرونشت عمقی درسطح مزرعه درمجاورت لوله های آلومینیومی رانشان میدهند.

مراجع :

-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 Improvment /ILRI. Wageningen. 120p.

-Bos ,M. G. and J.Nugteren .1974. On Irrigation Efficiencies . International institute for land Reclamation and Improvment/ ILRI. Wageningen. 138p.

-Bresler, E.,G. Dagan, R. J. Wagent and A. Laufer. 1984. Statistical analysis salinity and texture effects on spatial variabilitg 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.Lsraclson 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.

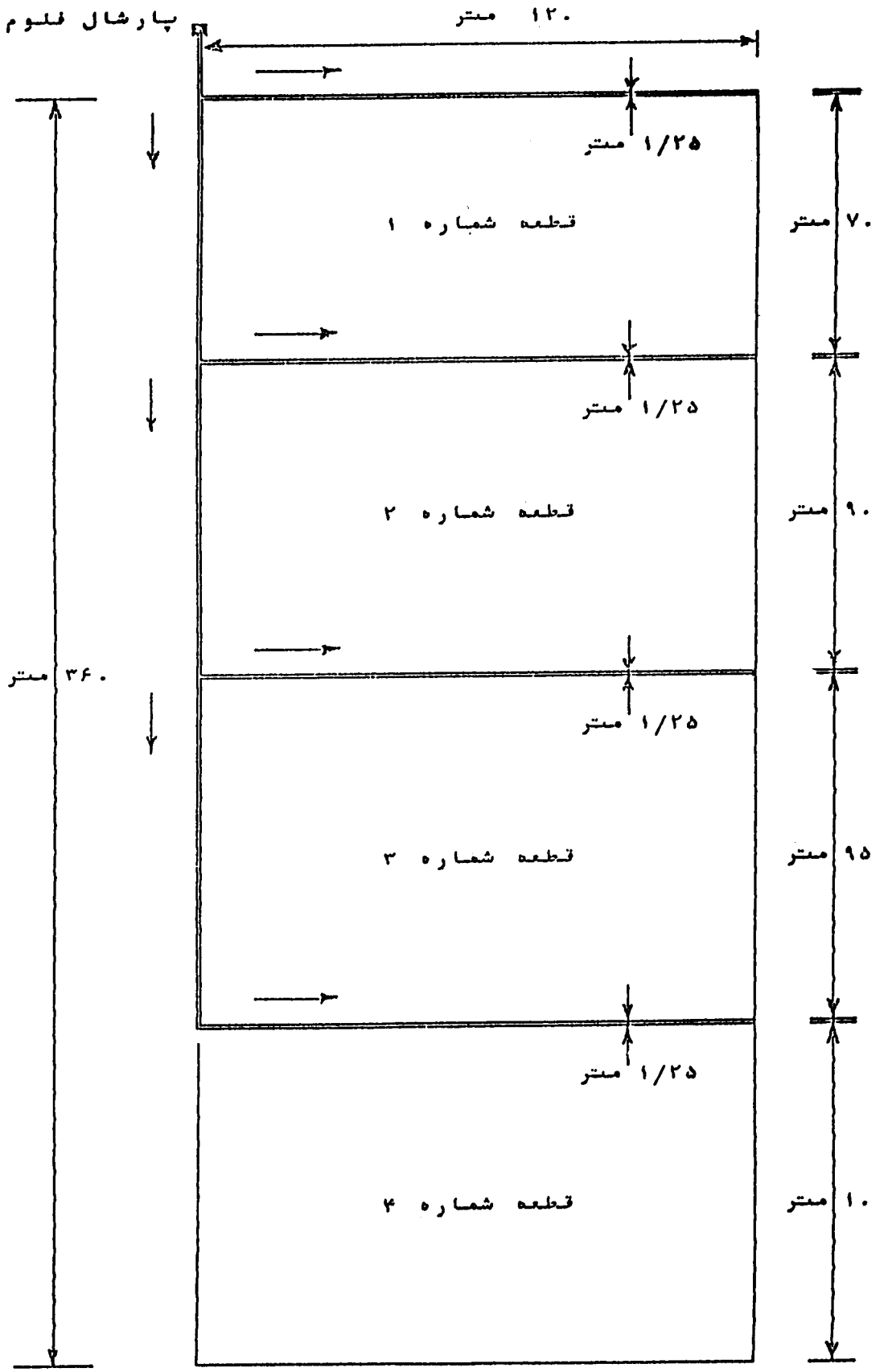
- Linderman, C.L.and E.C. Stegman.1971. Seasonal variation of hydraulic parameter and their influence upon surface irrigation application efficiency. Trans. ASAE., 14(5): 918, 923.

-Smerdon, E. T. and L.J. Glass. 1965. Surface irrigation water distribution efficiency related to soil

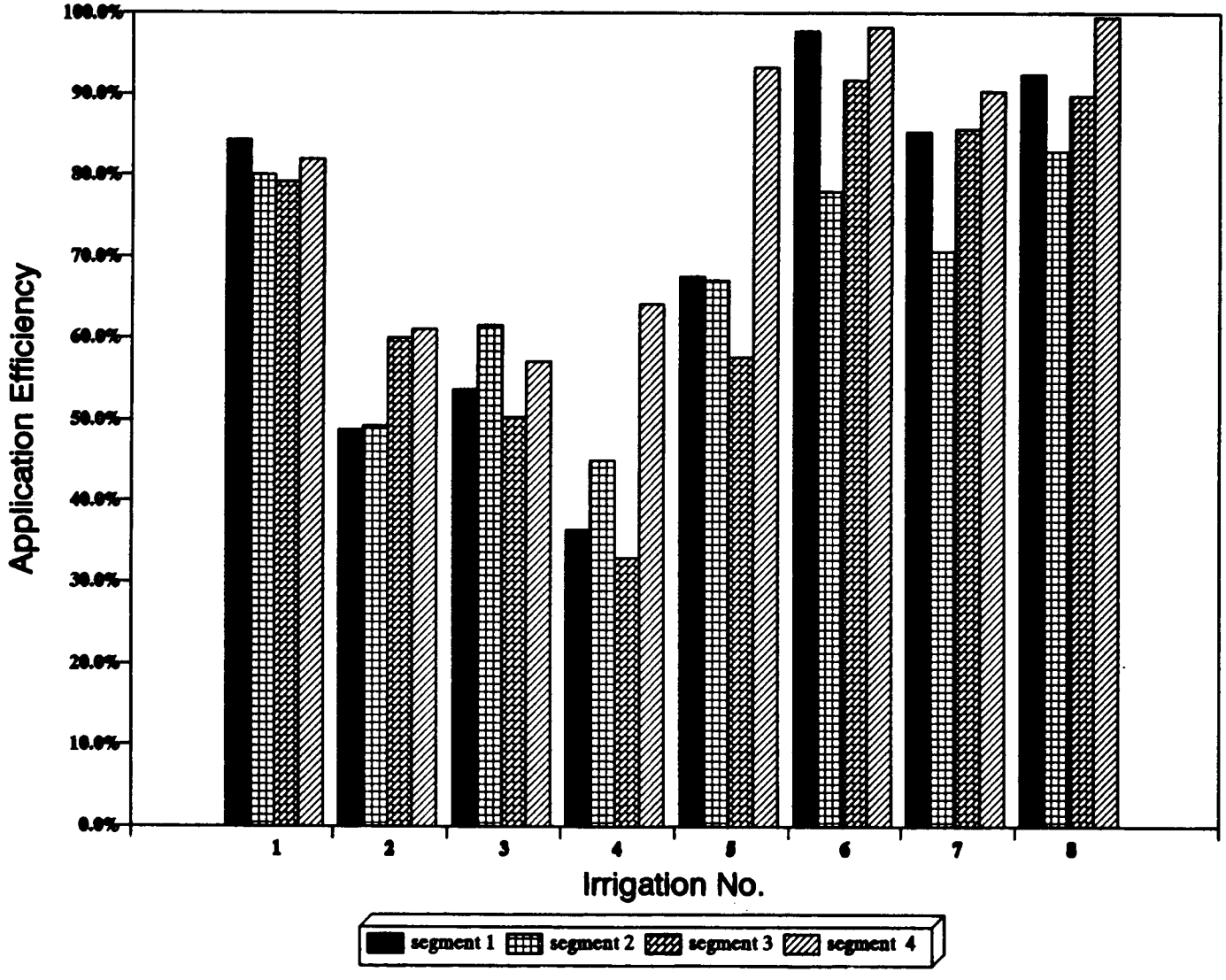
infiltration. Trans. ASAE., 8(4) : 76- 78.

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

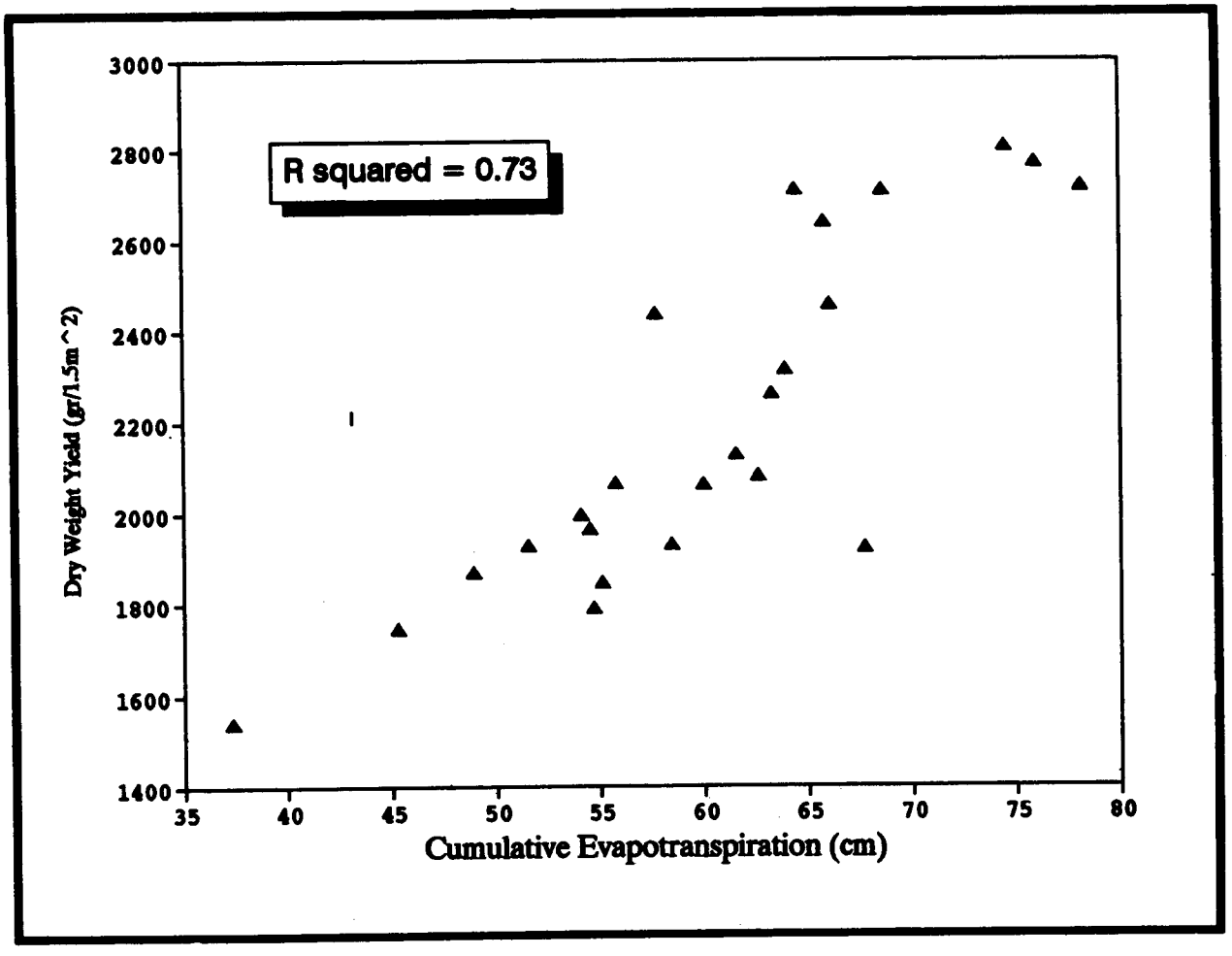
- Walker, W. R. and G. V. skogerboe. 1987. Surface Irrigation Theory and Practice. Englewood Cliffs, New Jersey Prentice- Hall, Inc., 386p.



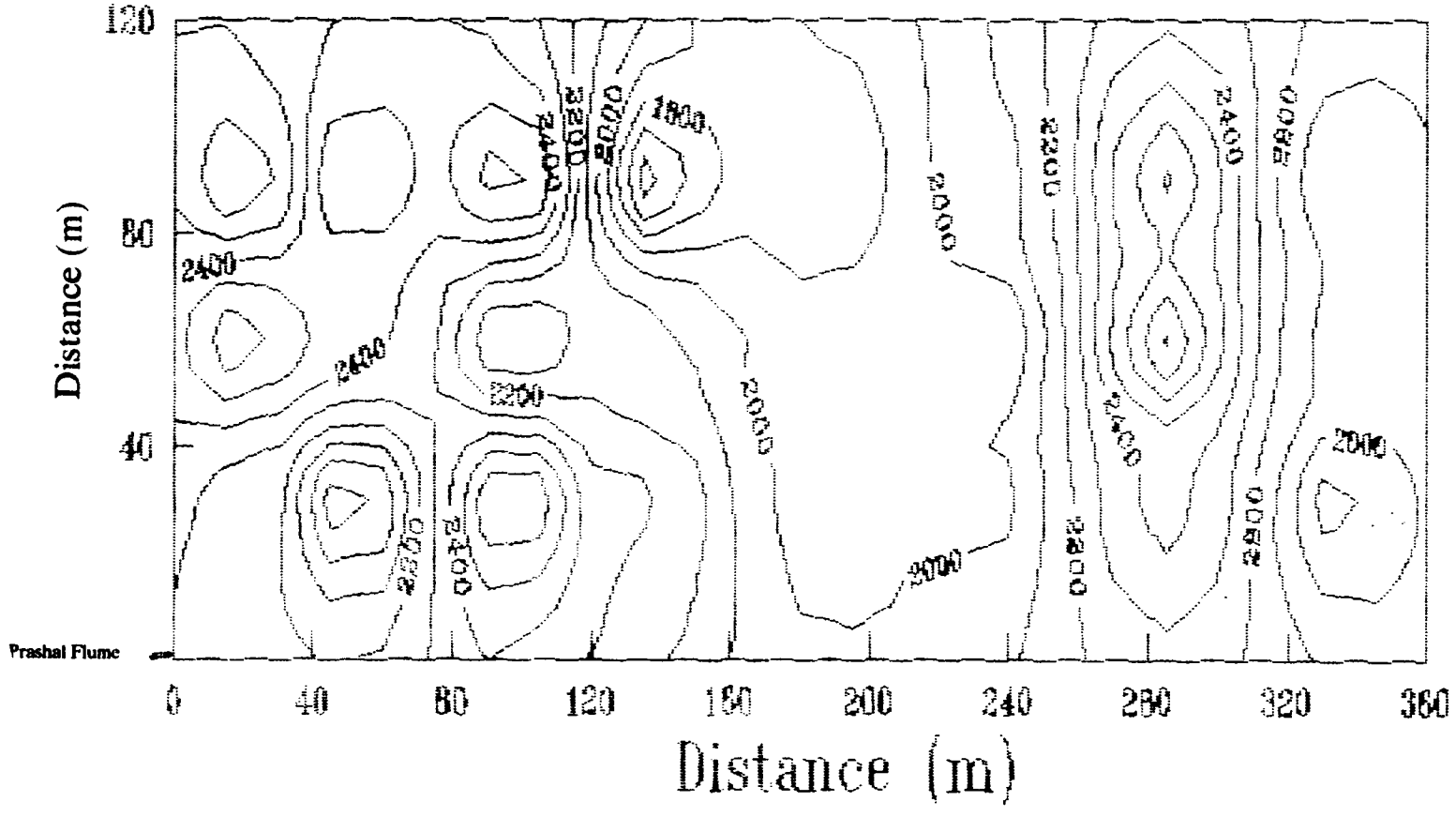
شکل ۱ ، قطعه بندی و آرایش نهرهای مزرعه



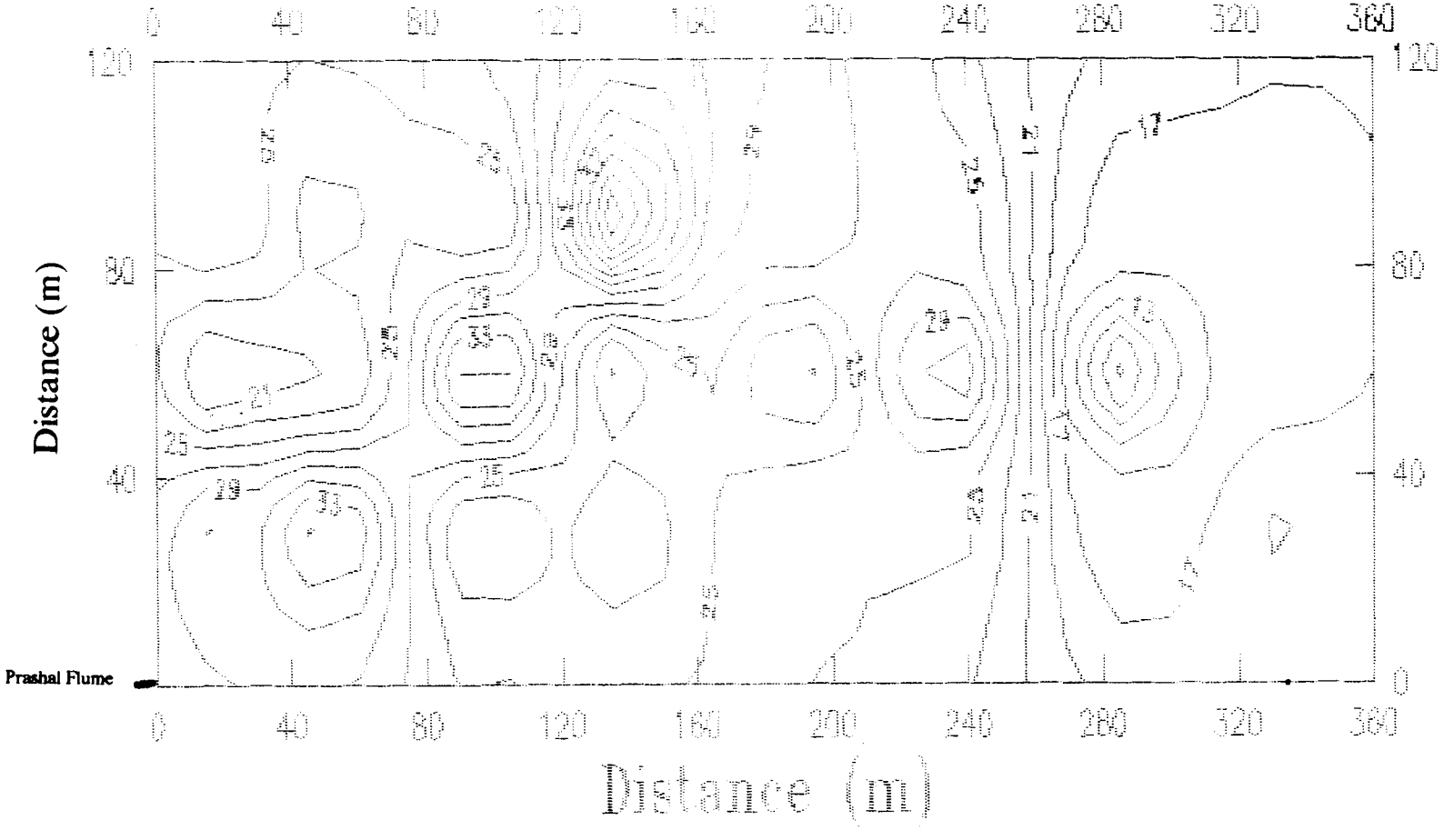
شکل ۲ : مقادیر متوسط راندمان کاربرد آب در قطعات چهارگانه مزرعه مورد آزمایش



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



شکل ۴ : نقشه کنتوری پراکندگی میزان محصول خشک (گرم در ۱/۵ مترمربع) در سطح مزرعه



شکل ۵ : نقشه کنتوری پراکندگی نفوذ عمقی (سانتی‌متر) طی دورهٔ رشد، در سطح مزرعه

جدول ۱ـ متوسط درصد ذرات خاك و رطوبت خاك درحد ظرفیت زراعی
درمحل نصب لوله های آلومینیومی

Pipe No.	FC Moisture (volume %)	Average Particles Percent			
		Sand	coarse Silt	fine Silt	Clay
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	.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 ۲ـ متوسط رطوبت خاك قبل از آبیاری (ازسطح خاك تاعمق ۱/۸متری)درمحل نصب لوله های آلومینومی

Pipe No.	Before Irigation 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	31.8	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	35.6	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 خاك قبل از هرآبیاری (آب موردنیاز آبیاری)درمحل نصب لوله ای آلومینومی

Pipe No.	Water Storage Capacity (centimeter)							
	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	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	5.6	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	5.6	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	3.7	8.8	6.3	9.1
16	13.4	7.3	4.7	2.8	4.3	9.4	9.6	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 ۵ـ مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری های مختلف در محل نصب لوله های آلومینومی

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	45.8	90.6	100.0	100.0	80.1
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	96.6	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	63.6	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 راندمان ذخیره آب درمزرعه 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	98.1	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	96.8
24	100.0	100.0	100.0	100.0	86.1	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 ۷ ـ۱ : 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 effciency 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 finaly yield were measured. Using data collected, application efficiency, storage efficency 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.