اثر تغییرات مکانی نفوذ پایه در طول جویچه بر راندمان های آبیاری جویچه ای

عادل باوی[1*]، سعید برومند نسب[2] و عبدعلی ناصری[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز abavi@yahoo.com

۲- استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۷

چکیده

تغییر خصوصیات فیزیکی خاک در قسمت های مختلف در طول جویچه طی فصل رشد باعث ایجاد تغییر در نفوذ پایه خاک و به دنبال آن شاخص های عملکرد آبیاری جویچه ای می گردد. هدف تحقیق حاضر بررسی این موضوع می باشد که آیا تغییرات نفوذ پایه در طول جویچه راندمان های یکنواختی توزیع، کاربرد، رواناب سطحی و تلفات عمقی آب را تغییر می دهد؟ به همین منظور در مزرعه ARC 2-7 کشت و صنعت امیرکبیر، تعداد دو جویچه به طول های ۱۴۰ و عرض های ۱/۸۳متر با بافت شنی رسی سیلتی مورد مطالعه قرار گرفت. برای رسیدن به اهداف تحقیق ابتدا جویچه اول (جویچه متغیر) به چهار قطعه ۳۵ متری تقسیم شد و نفوذ پایه به روش ورودی-خروجی برای هر قطعه به صورت جداگانه محاسبه گردید تا توسط مدل صفحه گسترده، که با استفاده از فن واریانس تغییرات نفوذپذیری در طول جویچه را در محاسبات راندمان ها اعمال می کند، راندمان ها آبیاری ذکر شده در بالا به دست آیند. سپس در جویچه دوم (جویچه یکنواخت) راندمان های آبیاری به صورت مرسوم محاسبه شد و با راندمان های به دست آمده در جویچه متغیر برای تعداد هفت نوبت آبیاری طی دوره رشد گیاه نیشکر مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد در صورت اعمال تغییرات نفوذ پایه درمحاسبه راندمان های آبیاری، راندمان یکنواختی توزیع بیشترین تغییر را نسبت به بقیه راندمان ها از خود نشان می دهد. به طوری که با اعمال ضریب تغییرات نفوذ پایه (CVf_0 =۰/۲۸) برای جویچه متغیر در مدل، راندمان یکنواختی توزیع در حدود ۳۳ درصد نسبت به جویچه یکنواخت کاهش نشان داد. در حالی که به ازای ضریب تغییرات مذکور راندمان کاربرد آب ٦ درصد کاهش و تلفات عمقی آب ۲٦ درصد افزایش یافت و تغییرات رواناب سطحی نزدیک به صفر بود.

کلید واژه ها: ضریب تغییرات نفوذ پایه، مدل صفحه گسترده، جویچه متغیر، جویچه یکنواخت، راندمان های آبیاری.

The Effects of Spatial Variability of Infiltration Rate Along a Furrow on Furrow Irrigation Efficiencies

A. Bavi[1], S. Boroomand-Nasab[2] and A. Naseri[3]

1- Ph.D. Student, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
2- Professor, Water Science Engineering Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
3- Professor, Water Science Engineering Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

Received: 31Oct2012 Accepted:27April2013

Abstract

Variability on soil properties along a furrow and through a growth season causes the variability in infiltration rate and eventually leads to the variability on irrigation efficiencies. The aim of this study is to find if infiltration rate variability along a furrow affects irrigation efficiencies, i.e., Distribution Uniformity (DU), Application efficiency (Ea), Deep Percolation Ratio (DPR) and Tail Water Ratio (TWR), and how does the infiltration change spatially and temporally through a growth season. Soil had sandy clay loam texture. To achieve the goal of this study, two furrows with 140 m length and 1.83 m width were selected in Amir Kabir unit by Product Company in spring and summer, 2011.

Evaluation measurements were made in six furrows with 140 m length and 1.83 m width, grouped in two sets of three furrows each. The middle furrow in each set was used to conduct measurements and the other

used as buffers. In the first group (uniform assumption) irrigation performances were calculated assuming uniform soil infiltration properties along the furrow, but the middle furrow of the second group (variable assumption) was divided to four sections each of which was 35 m and infiltration was calculated for each section separately, to calculate irrigation performances accounting for infiltration variability along the furrow. Also irrigation performances were simulated by both above mentioned assumptions. Then calculated irrigation performances were compared with performances simulated by the model, through growth season. Results indicated that if (CVf_0) along a furrow is considered in estimating irrigation performances, DU will change significantly in compare to other performances. In which applying (CVf_0=0.28), Du decreased 33% from uniform to variable assumption. But, the reduction of Ea was %6. DPR increased 26% from uniform to variable assumption, and TWR showed no changes by the change of the coefficient of variation of final infiltration.

Keywords: Coefficient of variation of final infiltration, Spreadsheet model, Variable furrow, Uniform furrow, Irrigation efficiencies.

مقدمه

در روش آبیاری جویچه ای پس از رسیدن آب به انتهای جویچه و در فاز ذخیره، آب معمولاً با یک روند کاهشی از ابتدا به انتهای جویچه توزیع می شود. رابطه‌ی معکوس بین مقدار نفوذ و رطوبت موجود در خاک بیانگر توزیع غیر یکنواخت مقدار آب نفوذ یافته در طول جویچه می‌باشد (گیلیس[1]، ۲۰۰۸). صرف نظر از اثر تغییرات نفوذپذیری بر مقدار نفوذ در طول جویچه، این تغییرات عموماً باعث ایجاد خطا در محاسبه راندمان‌های آبیاری می‌گردند. بالی و والندر[2] (۱۹۸۷) اظهار داشتند دخالت دادن تغییرات نفوذپذیری در بررسی راندمان توزیع آب باعث می‌شود راندمان مذکور بیشتر از حد واقعی تخمین زده شود ولی به محض اینکه متوسط نفوذ افزایش یابد، این بزرگ‌نمایی رو به کاهش می گذارد. لنگت و همکاران[3] (۲۰۰۸) و کانیا و اسمیت[4] (۲۰۰۶) گزارش نمودند که تغییرات زمانی و مکانی نفوذ از عوامل تأثیرگذار بر غیریکنواختی آب در مزرعه می باشد. ایشان همچنین اظهار داشتند نفوذپذیری در طول یک فصل زراعی تغییر می کند، لذا استفاده از متوسط تغییرات زمانی نفوذ به منظور بهینه سازی مدیریت های آبیاری می تواند سبب افزایش یکنواختی کاربرد آب به اندازه ۲۵ تا ۳۰درصد گردد. ماتئوس و اویونارت[5] (۲۰۰۵) طی سه آبیاری در منطقه کوردوبا دراسپانیا، راندمان توزیع را با فرض یکنواخت بودن نفوذپذیری در طول جویچه ۹۵ تا ۹۸ درصد تخمین زدند در حالی که پس از اعمال تغییرات نفوذپذیری موجود در طول جویچه در مدل راندمان توزیع به ۷۳ درصد کاهش یافت. به طریقه مشابه اعمال ضریب تغییرات نفوذ پایه خاک در بررسی راندمان توزیع باعث تخمین واقعی‌تری از راندمان مذکور شد. در حالی که که فرض یکنواخت بودن f_0 در طول جویچه باعث شد مدل ارائه شده راندمان مذکور را به میزان ۴۰ درصد بیشتر از مقدار واقعی آن تخمین بزنند. اویونارت و همکاران[6] (۲۰۰۲) با توسعه یک مدل که تغییرات نفوذ پایه را در محاسبه راندمان های آبیاری اعمال می کرد نشان دادند، اگر تغییرات مکانی نفوذ در مدل لحاظ شود ضریب حساسیت یکنواختی توزیع نسبت به تغییرات جریان ورودی و زمان آبیاری بیشتر ازحالت یکنواخت فرض نمودن نفوذ خواهد بود. مدل مذکور که بعدا توسط ماتئوس و اویونارت (۲۰۰۵) توسعه داده شد مدل صفحه گسترده نام دارد. این مدل تغییرات نفوذپذیری خاک در طول جویچه را بررسی نموده و با استفاده از فن واریانس و با فرض اینکه تغییرات عمق نفوذ از یک توزیع نرمال پیروی می کند، شاخص های عملکرد آبیاری شامل یکنواختی توزیع، راندمان کاربرد، رواناب سطحی و تلفات عمقی را با توجه به ضریب تغیرات نفوذ پایه خاک در طول جویچه شبیه سازی می کند.

مواد و روش ها

آزمایش‌های نفوذپذیری در اراضی شرکت توسعه نیشکر واقع در جنوب شهرستان اهواز در واحد کشت و صنعت امیر کبیر انجام گردید. دور آبیاری مطابق آبیاری معمول مزارع در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر صورت گرفت. نمونه گیری از خاک منطقه، در سه عمق ۳۳-۰ ، ۶۶-۳۳ و ۱۰۰-۶۶ سانتیمتری نشان داد بافت خاک منطقه مورد آزمایش، شنی، رسی سیلتی بوده و دارای ۴۴/۹۵درصد شن، ۳۱/۳۲ درصد رس، ۲۳/۷۳ درصد سیلت می باشد. متوسط جرم مخصوص ظاهری خاک مورد نظر در محدوده (g/cm^3) ۱/۷ برآورد شد. همچنین سطح ایستابی در عمق ۱/۵ متری نوسان داشت که حدود نوسانات از ۱/۳ تا ۱/۷ متر بود. برای تعیین ظرفیت ذخیره آب در خاک، درصد رطوبت خاک به

1 - Gillies
2 - Wallender
3 - Langat
4 - Kanya and Smith
5 - Mateos and Oyonarte
6 - Oyonarte

روش وزنی در سه عمق (۳۳-۰، ۶۶-۳۳ و ۱۰۰-۶۶ سانتی متری) قبل از هر آبیاری اندازه‌گیری گردید و با توجه به جرم مخصوص ظاهری خاک، ظرفیت ذخیره آب در خاک برای نوبت های آبیاری اول تا هفتم به ترتیب ۱۲/۶، ۱۰/۶، ۹/۸، ۹/۱، ۱۰/۱، ۱۰/۵، ۱۱/۱ سانتی متر برآورد گردید. عملیات تهیه زمین، آبیاری و نمونه برداری از اسفند ۱۳۸۹ شروع و تا مهر ۱۳۹۱ ادامه داشت. آزمایش‌ها در دو گروه جویچه انجام گرفت که هر تیپ شامل سه جویچه بود که جویچه میانی برای اندازه‌گیری و جویچه‌های کناری به عنوان جویچه‌های محافظ در نظر گرفته شدند. در گروه اول جویچه ها، آزمایش‌های نفوذپذیری برای تعیین نفوذ پایه خاک با فرض یکنواخت بودن خصوصیات نفوذپذیری خاک، به روش جریان ورودی- خروجی انجام پذیرفت. شدت جریان ورودی به جویچه ها ۱/۵۵ لیتر بر ثانیه، فاصله جویچه‌ها ۱/۸۳ متر و طول هر جویچه ۱۴۰ متر انتخاب گردید. در ابتدا و انتهای تمام جویچه‌هایی که اندازه‌گیری در آن‌ها صورت گرفت یک فلوم فایبرگلاس W.S.C تیپ دو قرار داده شد. زمان پیشروی و پسروی در ۱۴ نقطه به فواصل ۱۰ متری اندازه‌گیری و ثبت - گردید. روش آزمایش به این صورت بود که جریان ورودی و خروجی به جویچه توسط دو فلوم تعبیه شده در ابتدا و انتهای جویچه اندازه‌گیری می‌شد و پس از رسیدن جریان خروجی به حد ثابت، نفوذ پایه خاک اندازه‌گیری می گردید. در گروه دوم جویچه ها، بدین طریق عمل شد که هر جویچه به چهار قطعه با طول ۳۵ متر تقسیم شد و در ابتدا و انتهای هر قطعه یک فلوم برای اندازه‌گیری جریان ورودی و خروجی مورد استفاده قرار گرفت. حجم آب کاربردی، حجم رواناب، متوسط میزان نفوذ آب برای هر جویچه و متوسط نفوذ آب در هر جویچه از هیدروگراف های ورودی و خروجی جریان استخراج شد. در ادامه برای هر قطعه یک نفوذ پایه محاسبه شد و ضریب تغییرات نفوذ پایه خاک (CV f_0) برای کل طول جویچه تعیین گردید. سپس راندمان‌ها نسبت به ضریب تغییرات نفوذ پایه خاک (CV f_0) متاثر از تغییرات مکانی خصوصیات نفوذپذیری توسط مدل صفحه گسترده محاسبه و با راندمان‌های به دست آمده در فرض یکنواخت بودن خصوصیات نفوذپذیری خاک (گروه اول جویچه ها) مورد مقایسه قرار گرفت.

- محاسبه راندمان های آبیاری به روش ورودی- خروجی در جویچه یکنواخت

راندمان های آبیاری به روش ورودی- خروجی به شرح زیر محاسبه گردیدند:

الف: یکنواختی توزیع[1] (Du)

یکی از شاخص های ارزیابی توزیع واقعی آب در مزرعه می باشد که به صورت متوسط عمق آب نفوذ یافته در یک چهارم کمینه مزرعه تقسیم بر متوسط عمق آب نفوذ یافته در کل مزرعه تعریف شده است (مریام و کلر[2]، ۱۹۷۸). این پارامتر با علامت DU مشخص می شود. با معلوم بودن مقادیر آب نفوذ یافته و مرتب کردن آن به صورت نزولی می توان با استفاده از رابطه زیر یکنواختی توزیع آب را محاسبه نمود

$$Du = \frac{D_{lq}}{D_{av}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

که در آن:

Du: یکنواختی توزیع آب

D_{lq}: میانگین عمق یک چهارم کمینه آب نفوذ یافته در خاک

D_{av}: میانگین عمق کل آب نفوذ یافته

ب: راندمان کاربرد[3] (Ea)

راندمان کاربرد، به صورت زیر تعریف می شود:

$$E_a = \frac{\text{متوسط عمق آب اضافه شده به منطقه ریشه}}{\text{متوسط عمق آب به کاربرده شده در مزرعه}} \qquad (۲)$$

یکنواختی توزیع آب حداقل اطلاعات را در مورد مقادیر تلفات یا کم آبیاری کردن می‌دهد. راندمان کاربرد آب تمایز تلفات نفوذ عمقی از تلفات پایاب را نشان نمی‌دهد و ارزیابی میزان کم آبیاری کردن نیز مشکل است. چون این موارد در ارزیابی سیستم آبیاری مهم هستند، برای ارزیابی بهتر یک سیستم آبیاری دو معیار دیگر پیشنهاد شده‌است:

ج: نسبت تلفات عمقی[4] (DPR)

نسبت تلفات نفوذ عمقی شاخصی است برای تعیین مقدار آب خارج شده از منطقه ریشه توسط نفوذ عمقی.

$$DPR = \frac{\text{متوسط عمق نفوذ عمقی}}{\text{متوسط عمق به کار برده شده}} \qquad (۳)$$

د: نسبت پایاب[5] (TWR)

رواناب سطحی مقدار آبی است که از انتهای جویچه خارج می شود بدون اینکه در رشد گیاه مشارکت داشته باشد و به صورت زیر تعریف می شود:

$$TWR = \frac{\text{متوسط عمق رواناب مزرعه}}{\text{متوسط عمق به کاربرد شده}} \qquad (۴)$$

1 - Distribution Uniformity

2 - Merriam and Keller
3 - Application Efficiency
4 - deep Percolation Ratio
5 - Tail Water Ratio

روش محاسبه فاز پیشروی، پسروی و ضرایب معادله نفوذ در مدل صفحه گسترده

فاز پیشروی

منحنی پیشروی عموماً از یک رابطه ی توان دار پیروی می‌کند (والکر و اسکوگربو[1]، ۱۹۸۷).

$$x = p\,t^r \qquad (۵)$$

که در آن x: فاصله ی پیشروی آب از ابتدای جویچه (متر)، t: زمان پیشروی آب در جویچه (دقیقه) و p وr: ضرایب تجربی می باشند که می‌توان آنها را توسط دو نقطه (x_2, t_2) و (x_1, t_1) در مسیر پیشروی جریان به دست آورد که در آن x_1 و x_2 به ترتیب فاصله از ابتدا تا وسط و از وسط جویچه تا تا انتهای آن، و t_1 و t_2 به ترتیب زمان از ابتدای آبیاری تا رسیدن آب به وسط و انتهای جویچه می باشد.

$$r = \frac{Ln(x_1/x_2)}{Ln(t_1/t_2)} \qquad (۶)$$

$$p = e^{(\ln x_1 - r \ln t_1)} \qquad (۷)$$

زمان پیشروی را نیز می‌توان با توجه به معادله پیشروی، به دست آورد.

$$t = (\frac{x}{p})^{1/r} \qquad (۸)$$

فاز پسروی

این منحنی را می‌توان با استفاده از معادله های دو خط مستقیم تخمین زد که مختصات ابتدا و انتهای خط اول عبارت است از $(0, t_c)$ و (x_1, t_{r_1}) و ابتدا و انتهای خط دوم عبارتند از (x_1, t_{r_1}) و (x_2, t_{r_2}) و t_{r_1} و t_{r_2} : به ترتیب، زمان پسروی اندازه‌گیری شده در فواصل x_1 و x_2 : می باشند.

$$t_r = c + bx \qquad (۹)$$

$$b = b_1 = \frac{t_1 - t_c}{x_1} \quad \text{به شرط اینکه} \quad x < x_1 \qquad (۱۰ \text{ الف})$$

$$b = b_2 = \frac{t_2 - t_1}{x_2 - x_1} \quad \text{به شرط اینکه} \quad x \geq x_1 \qquad (۱۰ \text{ ب})$$

$$c = c_1 = t_c \quad \text{به شرط اینکه} \quad x < x_1 \qquad (۱۱ \text{ الف})$$

$$c = c_2 = t_1 - bx_1 \quad \text{به شرط اینکه} \quad x \geq x_1 \qquad (۱۱ \text{ ب})$$

نهایتاً فرصت نفوذ از تفریق معادله (۸) از معادله (۹) به دست می‌آید:

$$\tau = c + bx - (\frac{x}{p})^{1/r} \qquad (۱۲)$$

با توجه به اینکه مجموع فرصت‌های نفوذ متفاوت در طول جویچه تشکیل یک منحنی می‌دهند برای محاسبه میانگین آنها می‌توان انتگرال منحنی مذکور را بر طول فارو تقسیم نمود:

$$\mu_\tau = \frac{1}{L}\left[\int_0^L \left(c + bx - (\frac{x}{p})^{1/r}\right)^2 dx\right] \qquad (۱۳)$$

و واریانس فرصت های نفوذ متفاوت در طول جویچه به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\sigma_\tau = \frac{1}{L}\left[\int_0^L \left(c + bx - \left(\frac{x}{p}\right)^{1/r} - \bar{\tau}\right)^2 dx\right] \qquad (۱۴)$$

معادله نفوذ

معادله‌های نفوذی که در آبیاری سطحی استفاده می‌شوند غالباً معادله های تجربی هستند. معادله های کوستیاکف و کوستیاکف– لوئیس از معمول ترین معادله های استفاده شده در آبیاری سطحی می‌باشند. یکی از محدودیت های معادله کوستیاکف این است که وقتی فرصت نفوذ زیاد می‌شود، نفوذ به سمت صفر میل می‌کند که در واقعیت اینگونه نیست. از طرفی بر اساس اظهارات کلمنز[2] (۱۹۸۱) معادله کاستیاکف– لوئیس در زمانی که فرصت نفوذ زیاد است مقدار نفوذ را بیشتر از حد واقعی تخمین می زند. اما معادله کاستیاکف– لوئیس اصلاح شده این مشکلات را ندارد؛ لذا در مدل صفحه گسترده از معادله کاستیاکف– لوئیس اصلاح شده استفاده شده است:

$$Z = k\,\tau^a \quad \text{در حالتی که} \quad \tau \ll \tau_f \qquad (۱۵)$$

$$Z = k\,\tau^a + f_0(\tau - \tau_f) \quad \text{در حالتی که} \quad \tau > \tau_f \qquad (۱۶)$$

که در معادله های بالا Z: نفوذ تجمعی در واحد طول جویچه بر حسب (m^3/m)، k و a : ضرایب تجربی معادله نفوذ بوده که k بر حسب ($m^3/m/min^a$) و a: بدون بعد می باشد. f_0 نفوذ پایه خاک بر حسب ($m^3/m/min$)، t_f فرصت نفوذ بر حسب (min) در زمانی است که شدت نفوذ به نفوذ پایه برسد و به صورت زیر قابل محاسبه است:

1 - Walker and Skogerboe

2 - Clemmens

$$\tau_f = (\frac{f_0}{ak})^{1/(1-a)} \quad (۱۷)$$

متوسط معادله نفوذ در فارو را می توان با استفاده از معادله توازن حجم به روش دو نقطه ای محاسبه نمود. مقدار نفوذ پایه را نیز می‌توان از تفاوت بین حجم ورودی و خروجی آب در زمانی که حجم آب خروجی به اندازه ثابتی رسید، به دست آورد. معادله موازنه حجم به صورت زیر بیان می شود.

$$V_{in}(t) = Q_o t = V_y(t) + V_z(t) \quad (۱۸)$$

که در آن $V_{in}(t)$: حجم جریان ورودی (m^3)، $V_y(t)$: حجم جریان سطحی (m^3)، $V_z(t)$: حجم جریان نفوذ یافته در خاک (m^3)، Q_0 :دبی جریان (m^3/min) و t : زمان آبیاری (min) می باشند. حجم جریان سطحی و حجم آب نفوذ یافته را می‌توان با استفاده از روش ارائه شده توسط لوئیس و میلن (۱۹۳۸) به صورت زیر بیان نمود:

$$V_y(t) = \overline{A}.x = r_y.A_0 x \quad (۱۹)$$

$$V_Z(t) = \overline{Z}.x = r_Z.Z_0.x \quad (۲۰)$$

که در آن: $\overline{A}$ میانگین سطح مقطع عرضی جریان در جویچه (m^2)، $\overline{Z}$: میانگین حجم آب نفوذ یافته در واحد طول جویچه، (m^3/m)، A_0: سطح مقطع جریان ورودی (m^2)، Z_0 : حجم آب نفوذ یافته در ابتدای جویچه، r_y : فاکتور شکل سطحی جریان و r_z : فاکتور شکل زیر سطحی جریان می باشد. فاکتور شکل سطحی در معادله (۱۹) مقداریاست بین متوسط سطح مقطع جریان در طول فارو و متوسط سطح مقطع جریان در ابتدای فارو. مقدار آن عمدتاً عددی بین ۰/۷ تا ۰/۸ می باشد. اما باید توجه داشت که توازن حجم نسبت به فاکتور شکل سطحی بسیار حساس است و با تغییر اندکی در r_y مقدار آن تغییر زیادی می‌کند. در نتیجه مقدار r_y باید به دقت انتخاب شود. با جایگذاری معادله (۱۵) در معادله (۲۰) و همچنین معادله های (۱۹) و (۲۰) در معادله (۱۸) می توان به فرم جدیدی از معادله توازن حجم دست یافت که مقادیر آن با استفاده از روش دو نقطه‌ای در فاز پیشروی، قابل محاسبه است. حجم آب ورودی استخراج شده از معادله فوق در دو نقطه‌ی (x_1 , t_1) و (x_2 , t_2) به صورت زیر بیان می‌شود:

$$Q_0 t_1 = r_y.A_0.x_1 + r_Z.k t_1^a.x_1 \quad (۲۱)$$

$$Q_0 t_2 = r_y.A_0.x_2 + r_Z k_2^a.x_2 \quad (۲۲)$$

از معادله های (۲۱) و (۲۲) برای a و k : خواهیم داشت:

$$a = \frac{ln\left[\left((Q_0 t_2/x_2) - r_y A_0\right)/\left((Q_0 t_1/x_1) - r_y A_0\right)\right]}{ln[t_2/t_1]} \quad (۲۳)$$

$$k = \frac{(Q_0 t_2/x_2)\, r_y A_0}{r_z A_0} \quad (۲۴)$$

همچنین A_0 : را می توان با استفاده از رابطه مانینگ به صورت زیر محاسبه نمود:

$$Q_0 = \frac{A_0 R_0^{2/3} S_f^{1/2}}{n} cu \quad (۲۵)$$

در آن R_0 : شعاع هیدرولیکی در ورودی جریان، n ضریب زبری مانینگ ($m^{1/6}$)، cu : ضریب تبدیل واحد (اگر Q_0 به m^3/min) بیان شود واحد آن ۶۰($m^{1/2}/min$) خواهد بود و S_f : شیب جریان بوده که می توان آن را برابر شیب کف جویچه (S_0) در نظر گرفت. والکر و هامفریس[1] (۱۹۸۳) معادله (۲۶) را برای حل معادله (۲۵) ارائه دادند:

$$(A_0 R_0^{2/3})^2 = \rho_1 A_0^{\rho_2} \quad (۲۶)$$

در آن ρ_1 و ρ_2 : ضرایب تجربی معادله بالا می باشند که می توان آن ها را از اندازه گیری های صحرائی به دست آورد. در نهایت از ترکیب معادله (۲۵) و (۲۶) معادله (۲۷) به دست می آید:

$$A_0 = (\frac{n^2 Q_0^2}{\rho_1 S_0 c_u^2})^{1/\rho_2} \quad (۲۷)$$

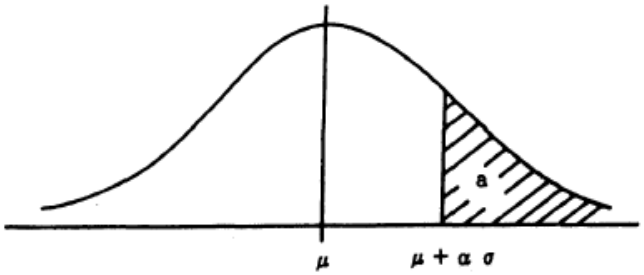
فن واریانس به کار برده شده در مدل صفحه گسترده برای تعیین تغییرات عمق نفوذ

برای اندازه گیری تغییرات عمق نفوذ در این تحقیق، فن واریانس که جینز و کلمنز[2] (۱۹۸۶) در آبیاری نواری استفاده کردند در آبیاری جویچه ای استفاده شد. که در آن واریانس نفوذ برابر واریانس عوامل تاثیر گذار بر آن می باشد و برابر خواهد بود با:

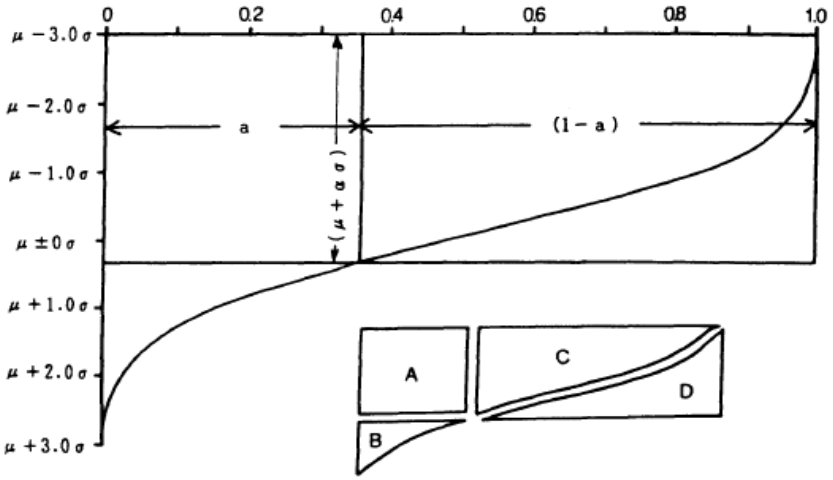
$$V(Z) = V(Z)_{f_0} + V(Z)_\tau + V(Z)_{wp} + V(Z)_{\tau,wp} \quad (۲۸)$$

در معادله بالا $V(Z)_{f_0}$: واریانس عمق نفوذ متاثر از واریانس نفوذ پایه، $V(Z)_\tau$: واریانس عمق نفوذ متاثر از واریانس فرصت نفوذ، $V(Z)_{wp}$: واریانس عمق نفوذ متاثر از واریانس محیط خیس شده و $V(Z)_{\tau,wp}$: واریانس عمق نفوذ متاثر از تاثیر متقابل واریانس محیط خیس شده و فرصت نفوذ می باشد. ماتئوس و اویونارت (۲۰۰۵) پیشنهاد کردند به دلیل اینکه بخش های های اول و دوم معادله (۲۸) بیشترین تأثیر را بر واریانس عمق نفوذ دارند؛ برای

1 - Walker and Humpherys
2- Jaynes and Clemmens



شکل ۱- نمای منحنی تابع توزیع نرمال



شکل ۲- منحنی فراوانی تجمعی توزیع نرمال (آنیوجی و ویو، ۱۹۹۳)

سهولت در انجام محاسبات می توان معادله (۲۸) را به صورت زیر ساده نمود.

$$V(Z) = V(Z)_{f_0} + V(Z)_t \qquad (۲۹)$$

زمانی که فرصت نفوذ از زمان لازم برای رسیدن نفوذ به نفوذ پایه خاک بیشتر باشد، می‌توان $V(Z)_{f_0}$ و $V(Z)_t$: را به صورت زیر تعریف کرد:

$$\sigma^2(Z)_\tau = f_0\sigma_\tau^2 \qquad (۳۰)$$

$$\sigma^2(Z)_{f_0} = (D^2 + 2D\mu_\tau + \mu_\tau^2) \qquad (۳۱)$$

در معادله (۳۱)، $D = \tau_f(\frac{1}{a} - 1)$ می باشد و نهایتاً میانگین عمق نفوذ برابر خواهد شد با:

$$\overline{Z} = D\mu_{f_0} + \mu_t . \mu_{f_0} \qquad (۳۲)$$

محاسبه راندمان های یکنواختی توزیع، کاربرد، تلفات عمقی و سطحی آب در جویچه متغیر با استفاده از مفهوم توزیع نرمال:

زمانی که یکنواختی توزیع در یک سیستم آبیاری بالا باشد، می توان توزیع رطوبت در خاک را به صورت منحنی توزیع نرمال فرض نمود (سولومون[1]،۱۹۷۹؛ برالتس و کسنر[2]، ۱۹۸۳ و ویو[3] ۱۹۸۸). اگر یک مجموعه را در نظر بگیریم که به صورت نرمال توزیع شده و میانگین آن را با μ و انحراف معیار آن را با σ نشان دهیم، تابع توزیع نرمال آن به صورت شکل (۱) نمایش داده می شود:

با توجه به شکل (۲) همان طور که قبلا اشاره شد. اگر منحنی فراوانی تجمعی برای کل منحنی تابع توزیع نرمال برابر 1 باشد. در این صورت منحنی فراوانی تجمعی برای مجموعه کمتر از $\mu + 3\ \sigma$ برابر خواهد بود با 1-a.

اگر عمق نفوذ در طول جویچه را به صورت منحنی تابع توزیع نرمال در شکل (۲) در نظر گرفته شود، آنگاه می توان میانگین

1 - Solomon
2 - Bralts and Kesner
3 - Wu

جدول ۱- ضریب تغییرات مکانی و مقادیر نفوذ پایه خاک در قطعه های مختلف برای هر نوبت آبیاری

شماره آبیاری	نفوذ پایه قطعه اول ($m^3/m/min$)	نفوذ پایه قطعه دوم ($m^3/m/min$)	نفوذ پایه قطعه سوم ($m^3/m/min$)	نفوذ پایه قطعه چهارم ($m^3/m/min$)	میانگین نفوذ پایه در طول جویچه ($m^3/m/min$)	کاهش نفوذ پایه از ابتدا به انتهای جویچه (درصد)	ضریب تغییرات نفوذ پایه در طول جویچه	نفوذ پایه جویچه یکنواخت ($m^3/m/min$)
آبیاری اول	۰/۰۰۰۲۰۵	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۱۲۰	۰/۰۰۰۱۱۶	۰/۰۰۰۱۵۳	۴۳	۰/۲۸	۰/۰۰۰۱۸۴
آبیاری دوم	۰/۰۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱۱۰	۰/۰۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۱۱۸	۴۳	۰/۲۴	۰/۰۰۰۱۳۹
آبیاری سوم	۰/۰۰۰۱۴۴	۰/۰۰۰۱۲۱	۰/۰۰۰۱۱۰	۰/۰۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۱۱۴	۴۵	۰/۲۴	۰/۰۰۰۱۲۹
آبیاری چهارم	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱۱۱	۰/۰۰۰۱۰۸	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۱۱۰	۴۳	۰/۲۲	۰/۰۰۰۱۱۷
آبیاری پنجم	۰/۰۰۰۱۳۳	۰/۰۰۰۱۱۸	۰/۰۰۰۱۰۸	۰/۰۰۰۰۷۷	۰/۰۰۰۱۰۹	۴۲	۰/۲۲	۰/۰۰۰۱۱۷
آبیاری ششم	۰/۰۰۰۱۵۱	۰/۰۰۰۱۴۱	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۱۰۱	۰/۰۰۰۱۲۶	۳۳	۰/۱۹	۰/۰۰۰۱۲۱
آبیاری هفتم	۰/۰۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۱۴۴	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۱۳۰	۲۹	۰/۱۸	۰/۰۰۰۱۲۹
کاهش نفوذ پایه طی دوره رشد (درصد)	۲۴	۱۵	۷	۵	۱۵	–	۳۷	۳۰

عمق نفوذ را با $\bar{Z}$، انحراف معیار عمق نفوذ را با $\sigma(Z)$ و مقادیر استاندارد شده عمق نفوذ (Z) و عمق مورد نیاز نفوذ (Z_{req}) را به ترتیب با معادله های (۳۳) و (۳۴) نشان داد:

$$u = \frac{Z-\bar{Z}}{\sigma(Z)} \quad (۳۳)$$

$$u_{req} = \frac{Z_{req}-\bar{Z}}{\sigma(Z)} \quad (۳۴)$$

همچنین منحنی فراوانی تجمعی مجموعه بزرگتر از u_{req} به صورت زیر تعریف می گردد:

$$a = \int_{u_{req}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}\, du \quad (۳۵)$$

لذا مقادیر آب نفوذ یافته در منطقه توسعه ریشه (A+C)، آب خارج شده از منطقه توسعه ریشه (B) و منطقه کم آبیاری شده D به صورت زیر تعریف خواهند شد:

$$A + C = \bar{Z} + a\,\alpha\,\sigma(Z) - \frac{\sigma(Z)}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u_{req}{}^2}{2}} \quad (۳۶)$$

$$B = \frac{\sigma(Z)}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u_{req}{}^2}{2}} - a\,u_{req}\,\sigma(Z) \quad (۳۷)$$

$$D = (1-a)u_{req}\,\sigma(Z) + \frac{\sigma(Z)}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u_{req}{}^2}{2}} \quad (۳۸)$$

اگر مقدار آب خارج شده از زمین، به غیر از مقدار نفوذ یافته در خاک R در نظر گرفته شود، با توجه به شکل (۲) و معادله های توضیح داده شده در بالا، راندمان کاربرد آب برابر خواهد بود با:

$$Ea = \frac{A+C}{A+B+C+R} \quad (۳۹)$$

درصد تلفات عمقی:

$$DPR = \frac{B}{A+B+C+R} \quad (۴۰)$$

و درصد تلفات سطحی برابر خواهد بود با:

$$TWR = \frac{R}{A+B+C+R} \quad (۴۱)$$

ویریک[1] (۱۹۸۳) اظهار داشت راندمان یکنواختی توزیع آب که به صورت میانگین یک چهارم کمینه عمق آب نفوذ یافته تقسیم بر میانگین کل آب نفوذ یافته در خاک تعریف می شود، می تواند با میانگین و انحراف معیار عمق نفوذ ارتباط داشته و به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$Du = 1 - 1.3\,\frac{\sigma(Z)}{\bar{Z}} \quad (۴۲)$$

1 - Warrick

نتایج و بحث

تغییرات مکانی نفوذ پایه در طول جویچه

مقادیر نفوذ پایه برای خاک مورد آزمایش برای جویچه یکنواخت و تمام قطعات جویچه متغیر و همچنین ضریب تغییرات مکانی قطعه های جویچه متغیر برای هر نوبت آبیاری در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱) نشان می دهد مقادیر نفوذ پایه از ابتدا به انتهای جویچه در تمام نوبت های آبیاری روندی کاهشی را طی می کند. برای بررسی پراکندگی مقادیر نفوذ پایه خاک در طول جویچه نسبت به میانگین، از مقادیر f_0 تمام قطعات جویچه متغیر در هر نوبت آبیاری ضریب تغییرات گرفته شد و برای تمام نوبت های آبیاری با هم مقایسه گردید، (جدول ۱). از داده های به دست آمده چنین به نظر می رسد که نوسانات نفوذ پایه در طول جویچه طی فصل رشد کاهش می یابد، به طوری که ضریب تغییرات نفوذ پایه در طول جویچه در نوبت آبیاری اول ۰/۲۸ بود، اما این مقدار پس از کاهش های متوالی طی فصل رشد به ۰/۱۸ رسید که حدود ۳۷ درصد نسبت به ابتدای فصل کاهش یافت. همان طور که در جدول (۱) مشاهده می شود نفوذ پایه از ابتدا تا اواسط دوره رشد روندی کاهشی و از آن به بعد روندی افزایشی را طی می کند. دلیل کاهش نفوذ پایه از ابتدا تا اواسط دوره رشد را می توان به نشست طبیعی خاک طی آبیاری های متوالی نسبت داد، اما از اواسط دوره رشد به بعد احتمالا رشد ریشه ها و ایجاد مجراهائی برای حرکت ترجیحی بخشی از آب نفوذ یافته از این مجرا ها به جای حرکت از خلل و فرج خاک، باعث شده نفوذ پایه روندی افزایشی را بپیماید. اویونارت و ماتئوس [1] (۲۰۰۳) میانگین ضریب تغییرات نفوذ پایه در طول جویچه را ۰/۲۰۶ گزارش نمودند. ماتئوس و اویونارت [2] (۲۰۰۵) در یک رده بندی کلی خاک های با ضریب تغییرات نفوذ پایه بین صفر تا ۰/۲ را به عنوان خاک های یکنواخت یا با تغییرات نفوذ پایه ناچیز، ضریب تغییرات بین ۰/۲ تا ۰/۳ را به عنوان خاک های با تغییرات نفوذ پایه متوسط و ضریب تغییرات بین ۰/۳ تا ۰/۴ را به عنوان خاک های با تغییرات نفوذ پایه زیاد معرفی کردند. با توجه به جدول (۱) و رده بندی ماتئوس و اویونارت (۲۰۰۵)، خاک مورد آزمایش از ابتدای دوره کشت تا اواسط دوره رشد (آبیاری نوبت پنجم) جزو دسته خاک های با تغییرپذیری متوسط به حساب می آید در حالی که از اواسط دوره تا انتهای آن، خاک منطقه مورد آزمایش در رده بندی خاک های یکنواخت قرار می گیرد. رده بندی مذکور نشان می دهد که اعمال تغییرات نفوذ پایه در محاسبه راندمان های آبیاری از ابتدای دوره رشد تا اواسط آن از اهمیت بیشتری نسبت به آبیاری های انتهایی برخوردار است.

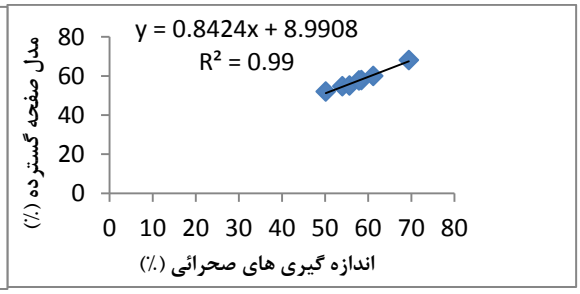
همبستگی راندمان های آبیاری حاصل از مدل صفحه گسترده با راندمان های به دست آمده از اندازه گیری های صحرایی

برای تعیین همبستگی راندمان های آبیاری به دست آمده از داده های صحرائی و مدل صفحه گسترده، راندمان های کاربرد، یکنواختی توزیع، رواناب سطحی و تلفات عمقی آب با استفاده از معادله های (۱) تا (۴) برای جویچه یکنواخت محاسبه گردید. سپس راندمان های به دست آمده با راندمان های شبیه سازی شده توسط مدل صفحه گسترده با فرض یکنواخت بودن نفوذپذیری خاک ($CV f_0=0$) برای تعداد هفت نوبت آبیاری طی دوره رشد در شکل های (۳) تا (۶) رسم و ارتباط آن ها با رابطه رگرسیونی خطی نشان داده شد. همان گونه که در شکل (۳) تا (۶) مشخص است راندمان های به دست آمده از مدل صفحه گسترده با راندمان های به دست آمده از اندازه گیری های صحرایی با ضریب همبستگی بالا با هم هماهنگ می باشند.

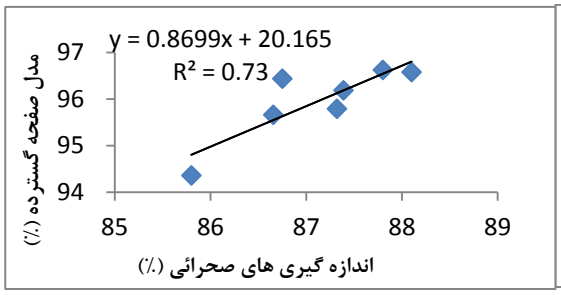
اثر تغییرات مکانی نفوذ پایه (f_0) بر راندمان های آبیاری

برای مقایسه راندمان های شبیه سازی شده توسط مدل صفحه گسترده در دو فرض یکنواخت و متغیر بودن خصوصیات نفوذپذیری خاک، ابتدا با قرار دادن ضریب تغییرات طولی نفوذ پایه ($CV f_0$) در مدل صفحه گسترده راندمان های آبیاری متاثر از تغییرات طولی نفوذ پایه برای هر نوبت آبیاری محاسبه شد. سپس با برابر صفر قرار دادن ضریب تغییرات طولی نفوذ پایه ($CV f_0=0$) در مدل مذکور، راندمان های آبیاری در فرض یکنواخت بودن خصوصیات نفوذپذیری خاک در طول جویچه به دست آمد. در نهایت دو مجموعه راندمان های آبیاری محاسبه شده توسط مدل صفحه گسترده که یکی با فرض نفوذ پایه یکنواخت و دیگری بر اساس نفوذ پایه متغیر در طول جویچه بود، با هم مقایسه گردیدند.

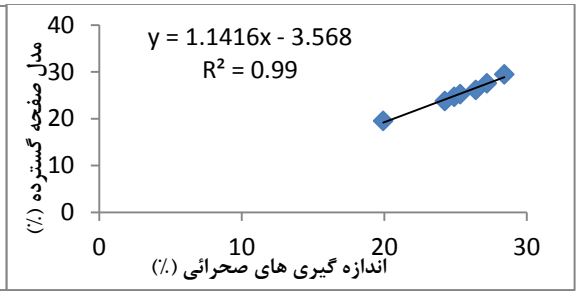
1 - Oyonarte and Mateos
2 - Mateos and Oyonarte



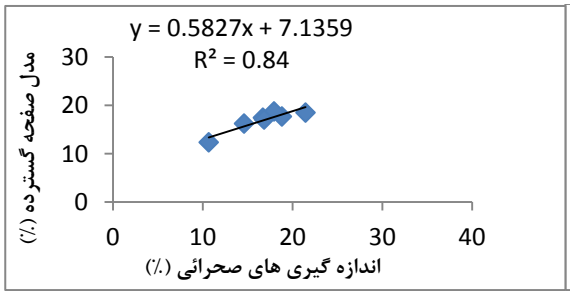
شکل ۳- راندمان کاربرد آب اندازه گیری شده و شبیه سازی شده



شکل ۴- یکنواختی توزیع اندازه گیری شده و شبیه سازی شده



شکل ۵- رواناب سطحی اندازه گیری شده و شبیه سازی شده



شکل ۶- تلفات عمقی اندازه گیری شده و شبیه سازی شده

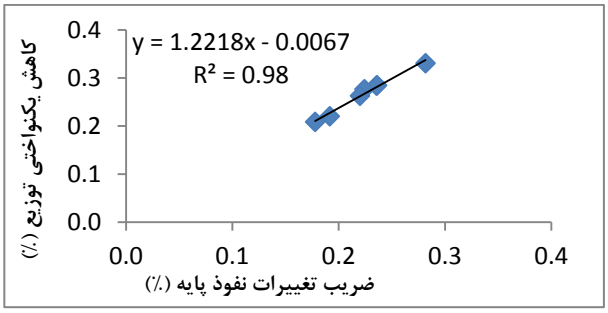
جدول ۲- راندمان های آبیاری شبیه سازی شده توسط مدل صفحه گسترده در دو حالت متغیر و یکنواخت

نوبت آبیاری	فرض خصوصیات نفوذپذیری متغیر					فرض خصوصیات نفوذپذیری یکنواخت				
	راندمان یکنواختی توزیع آب (٪)	راندمان کاربرد آب (٪)	تلفات عمقی آب (٪)	رواناب سطحی (٪)	نسبت کم آبیاری (٪)	راندمان یکنواختی توزیع آب (٪)	راندمان کاربرد آب (٪)	تلفات عمقی آب (٪)	رواناب سطحی (٪)
آبیاری اول	۶۳/۱۷	۶۳/۷۷	۱۶/۶۸	۱۹/۵۴	۶/۳۴	۹۴/۳۶	۶۸/۱	۱۲/۳۶	۱۹/۵۴
آبیاری دوم	۶۸/۵۰	۵۶/۲۴	۱۹/۰۸	۲۴/۶۸	۲/۸۱	۹۵/۶۶	۵۷/۸۷	۱۷/۴۵	۲۴/۶۸
آبیاری سوم	۶۸/۵۲	۵۳/۲۴	۱۹/۱۰	۲۷/۵۷	۲/۵۵	۹۵/۷۹	۵۴/۷۳	۱۷/۷	۲۷/۵۷
آبیاری چهارم	۶۹/۹۱	۵۱/۰۴	۱۹/۴۸	۲۹/۴۸	۱/۵۷	۹۶/۶۲	۵۲/۰۱	۱۸/۵۱	۲۹/۴۸
آبیاری پنجم	۷۱/۲۰	۵۴/۱۵	۱۹/۶۹	۲۶/۱۶	۱/۷۱	۹۶/۵۸	۵۵/۰۹	۱۸/۷۵	۲۶/۱۶
آبیاری ششم	۷۵/۰۱	۵۶/۹۴	۱۷/۸۲	۲۵/۲۵	۱/۲۹	۹۶/۱۹	۵۷/۶۸	۱۷/۰۷	۲۵/۲۵
آبیاری هفتم	۷۶/۳۳	۵۹/۲۳	۱۶/۹۹	۲۳/۷۸	۱/۲۵	۹۶/۴۴	۵۹/۹۸	۱۶/۲۴	۲۳/۷۸

اثر تغییرات نفوذ پایه در طول جویچه بر یکنواختی توزیع آب

مقایسه یکنواختی توزیع به دست آمده از مدل در دو حالت یکنواخت و متغیر نشان می دهد مدل، راندمان مذکور را در حالت یکنواخت بیشتر از حالت متغیر بر آورد می کند (جدول ۳). این افزایش برآورد ناشی از این است که مدل مذکور برای تخمین یکنواختی توزیع آب در حالت یکنواخت، تغییرات خصوصیات نفوذپذیری خاک در طول جویچه را که تاثیر بسزائی در یکنواختی توزیع آب دارد، در محاسبات لحاظ نمی کند. آنیوجی و ویو[1] (۱۹۹۴) اظهار داشتند این معادله بر این فرض استوار است که توزیع نفوذ در سطح مزرعه از یک الگوی نرمال پیروی می کند. فونته و پودمور[2] (۱۹۹۴) طی تحقیقی با تخمین راندمان کاربرد و راندمان آب مورد نیاز با توجه به تغییرات مکانی نفوذ دریافتند که راندمان‌های مذکور به میزان ۱۰درصد بزرگتر از حد واقعی تخمین زده می‌شود. همچنین مدل ارائه شده توسط آنها راندمان توزیع آب در مزرعه را نیز بیشتر از حد واقعی

1 - Anyoji and Wu
2 - Fonteh and Podmore



شکل ۷- درصد کاهش یکنواختی توزیع نسبت به ضرایب تغییرات مختلف

جدول ۳- تخمین یکنواختی توزیع اندازه گیری شده متاثر از تغییرات نفوذ پایه خاک در طول جویچه

نوبت آبیاری	ضریب تغییرات نفوذ پایه	یکنواختی توزیع شبیه سازی شده در فرض یکنواخت (٪)	یکنواختی توزیع شبیه سازی شده در حالت متغیر (٪)	کاهش راندمان های شبیه سازی شده (٪)	یکنواختی توزیع حاصل از اندازه گیری صحرائی در فرض یکنواخت (٪)	تخمین یکنواختی توزیع صحرائی متاثر از تغییرات نفوذ پایه خاک (٪)
آبیاری اول	۰/۲۸	۹۴/۳۶	۶۳/۱۷	۰/۳۴	۸۵/۸	۵۶/۲۲
آبیاری دوم	۰/۳۴	۹۵/۶۶	۶۸/۵	۰/۲۹	۸۶/۶۶	۶۱/۶۶
آبیاری سوم	۰/۳۴	۹۵/۷۹	۶۸/۵۲	۰/۲۹	۸۷/۳۲	۶۲/۰۸
آبیاری چهارم	۰/۲۲	۹۶/۶۲	۷۱/۲	۰/۲۷	۸۷/۸	۶۳/۷
آبیاری پنجم	۰/۲۲	۹۶/۵۸	۷۱/۲	۰/۲۷	۸۸/۱	۶۴/۳۶
آبیاری ششم	۰/۱۹	۹۶/۱۹	۷۵/۰۱	۰/۲۳	۸۷/۳۹	۶۶/۸۸
آبیاری هفتم	۰/۱۸	۹۶/۴۴	۷۶/۳۳	۰/۲۲	۸۶/۷۵	۶۷/۸۵

پیش بینی می‌کند. زمانی که قسمت بزرگی از آب ورودی به جویچه به عنوان رواناب از جویچه خارج گردد، تغییرات نفوذپذیری تأثیر زیادی بر تخمین راندمان‌های کاربرد و نفوذ عمقی ندارند در حالی که در شرایط مذکور تخمین راندمان توزیع آب دچار بزرگ نمایی می‌شود (گیلیس[1]، ۲۰۰۸). اما همان طور که در شکل (۴) نشان داده شده است یکنواختی توزیع به دست آمده از مدل و اندازه گیری شده با ضریب همبستگی (۰/۷۳) با هم در ارتباط می باشند. همان طور که در جدول (۲) مشاهده می شود راندمان های یکنواختی توزیع آب شبیه سازی شده توسط مدل در دو فرض یکنواخت و متغیر از بیشترین اختلاف نسبت به بقیه راندمان ها برخوردار هستند. به طوری که یکنواختی توزیع آب در آبیاری اول برای فرض یکنواخت ۹۴/۳۶ و برای فرض متغیر ۶۳/۱۷ درصد است که اختلاف آن ها حدودا ۲۹ درصد می باشد. در حالی که همین مقادیر برای آبیاری هفتم به ترتیب ۹۶/۴۴ و ۷۶/۳۳ می باشد که اختلاف آن ها به حدود ۲۰ درصدکاهش یافته است. از کاهش اختلاف راندمان یکنواختی توزیع آب در دو فرض یکنواخت و متغیر از آبیاری اول تا هفتم چنین استنباط می شود که با افزایش زمان طی دوره رشد تغییرات نفوذپذیری رو به کاهش گذاشته و همین امر باعث نزدیک شدن دو فرض یکنواخت و متغیر به هم می گردد. به عبارت دیگر، با گذشت زمان طی فصل رشد اثر تغییرات نفوذپذیری بر یکنواختی توزیع آب کاهش می یابد.

اثر تغییرات نفوذ پایه در طول جویچه بر راندمان کاربرد، تلفات عمقی و رواناب سطحی

نتایج نشان داد بر خلاف اختلاف زیاد بین مقادیر یکنواختی توزیع آب در دو فرض نفوذپذیری یکنواخت و متغیر در جدول (۲)، تغییرات راندمان کاربرد و تلفات عمقی در دو فرض متغیر و یکنواخت کمتر از یکنواختی توزیع آب می باشند. به طوریکه اختلاف راندمان کاربرد آب در دو حالت متغیر و یکنواخت در آبیاری نوبت اول حدود ۶ درصد بود که این مقدار در آبیاری نوبت هفتم به ۱/۲ درصد کاهش یافت. اختلاف تلفات عمقی شبیه سازی شده نیز در دو حالت یکنواخت و متغیر در آبیاری نوبت اول برابر ۲۵/۹ بود که در آبیاری نوبت هفتم به ۴/۴ درصد کاهش یافت. اختلاف رواناب سطحی در دو حالت مذکور نزدیک به صفر بود.

تخمین یکنواختی توزیع اندازه گیری شده در صورت اعمال تغییرات نفوذ پایه در طول جویچه

با توجه به اینکه راندمان یکنواختی توزیع آب بیشترین تغییر را نسبت به ضریب تغییرات نفوذ پایه خاک از خود نشان داده است و

1 - Gillies

به دلیل اینکه راندمان های بدست آمده از اندازه گیری های صحرائی دارای همبستگی بالا می باشند، شکل های (۳) تا (۶)، جهت بدست آوردن تخمینی از مقدار کاهش یکنواختی توزیع آب در صورت اعمال تغییرات طولی نفوذ پایه، ابتدا یک رابطه رگرسیونی بین ضرایب مختلف تغییرات نفوذ پایه خاک و درصدهای کاهش یکنواختی توزیع شبیه سازی شده توسط مدل رسم گردید، (شکل ۷). سپس با استفاده از رابطه رگرسیونی به دست آمده، درصد کاهش راندمان مذکور به ازای CVf_0 های مختلف محاسبه گردید تا بتوان تخمین زد که در صورت اعمال تغییرات نفوذ پایه خاک در طول جویچه، راندمان یکنواختی توزیع در جویچه چقدر کاهش خواهد یافت. یکنواختی توزیع آب در آبیاری اول که از بیشترین ضریب تغییرات نفوذ پایه نیز برخوردار بوده، از ۸۵/۲۶ به ۵۸/۲۲ رسید که به میزان ۰/۲۹کاهش را نشان داد. یکنواختی توزیع آب متاثر از تغییرات نفوذ پایه خاک برای بقیه آبیاری ها در جدول (۳) آورده شده است.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از آزمایش ها نشان داد نفوذ تجمعی و نفوذ پایه خاک تا اواسط دوره رشد روندی کاهشی داشته و از اواسط دوره رشد به بعد روندی افزایشی را دنبال می کنند. ضمنا درصد کاهش نفوذ تجمعی و پایه خاک بین آبیاری اول و دوم بیشتر از بقیه آبیاری ها بوده است. همچنین با گذر زمان طی فصل رشد تغییرات مکانی نفوذ پایه خاک رو به کاهش می گذارد، به طوری که ضریب تغییرات مذکور از ۰/۲۸ در آبیاری نوبت اول به ۰/۱۸ در آبیاری نوبت هفتم کاهش یافت. تغییرات مکانی نفوذ پایه خاک بیشترین تاثیر را بر راندمان یکنواختی توزیع آب داشت و تاثیر آن بر بقیه راندمان ها کمتر بود. راندمان کاربرد آب شبیه سازی شده در فرض متغیر در آبیاری اول ۶۳/۷۷ بود که این مقدار در آبیاری چهارم به ۵۱/۰۴ درصد کاهش یافت، سپس از آبیاری نوبت پنجم به بعد با توسعه ریشه ها در خاک و افزایش عمق مورد نیاز آبیاری، راندمان کاربرد آب روندی صعودی را طی کرد، در حالی که آبیاری نوبت پنجم تلفات عمقی رو به کاهش گذاشت. همچنین مشاهده شد که تلفات سطحی در تمام نوبت های آبیاری بیشتر از تلفات عمقی می باشد، این امر به این دلیل است که نفوذپذیری خاک کم بوده؛ لذا آب باید مدت زمان بیشتری روی خاک جریان می داشت تا رطوبت مورد نیاز گیاه تامین گردد، که همین امر سبب افزایش تلفات سطحی آب گردید. با توجه به اینکه تغییرات نفوذپذیری خاک باعث ایجاد تغییر در راندمان های آبیاری می گردد، لذا مد نظر قرار دادن آن در محاسبه راندمان های آبیاری، تخمین واقعی تری از شاخص های عملکرد آبیاری بدست می دهد.

سپاسگزاری

نویسندگان این تحقیق از قطب علمی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز که هزینه انجام پروژه را تقبل نمودند و همچنین از موئسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان به دلیل همکاری در امور اجرائی پروژه سپاسگزاری می کنند.

منابع

1- Anyoji, H. and I. P. Wu. 1994. Normal distribution water application for drip irrigation schedules. Transection of the American Society of Agricultural Engineers, 37(1): 159-164.

2- Bali, Kh. and W. W. Wallender. 1987. Water application under varying soil and intake opportunity time. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 30(2): 442-448.

3- Bralts, V. F. and C. D. Kesner. 1983. Drip irrigation field uniformity estimation. Transactions of the ASAE, 26(5): 1369-1374.

4- Clemmens, A. J. 1981. Evaluation of infiltration measurements for border irrigation. Agricultural Water Management, 3(4): 251-267.

5- Fonteh, M. F. and T. Podmore. 1994. Application of geostatistics to characterize spatial variability of infiltration in furrow irrigation. Agricultural Water Management, (25): 153-165.

6- Gillies, M. H. 2008. Managing the effect of infiltration variability on the performance of surface irrigation. Ph.D. Thesis, University of Southern Queensland Toowoomba, QLD, Australia.

7- Jaynes, D. and A. Clemmens. 1986. Accounting for spatially variable infiltration in border irrigation models. Water Resources Research, 22(8): 1257-1262.

8- Kanya, L and R. J. Smith. 2006. Real- time prediction of soil infiltration characteristics for the management of furrow irrigation. Irrigation Science, 25(1): 33-43.

9- Langat. R., Smith. R and S. R. Raine. 2008. Estimating the furrow infiltration characteristics from a single advance point. Irrigation Science, 26(5): 367-374.

10- Lewis, M. R. and W. E. Milne. 1938. Analysis of border irrigation. Agricultural Engineering, (19): 267-272.

11- Mateos, L. and N. Oyonarte. 2005. A spreadsheet model to evaluate sloping furrow irrigation accounting for infiltration variability. Agriculture Water Management, (76): 62-75.

12- Merriam, J. L. and J. Keller. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, Logan, Utah, pp. 271-273.

13- Oyonarte, N. and L. Mateos. 2003. Accounting for soil variability in the evaluation of furrow irrigation. Transection of the ASAE, 45 (6): 85-94.

14- Oyonarte, N., Mateos, L. and M. Palomo. 2002. Infiltration variability in furrow irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128 (1): 26-33.

15- Solomon, K. 1979. Manufacturing variation of emitters in trickle irrigation systems. Transactions of the ASAE, 22(5): 1034-1038.

16- Walker, W. R. and A. S. Humpherys. 1983. Kinematic-wave furrow irrigation model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 109 (4): 377-392.

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

18- Warrick, A. W. 1983. Interrelationships of irrigation uniformity terms. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 109 (3): 317-332.

19- Wu, I. P. 1988. Linearized water application function for drip irrigation schedules. Transactions of the ASAE, 3(6): 1743-1749.