

## Effect of Micro-dams on Infiltration and Uniformity of Water Distribution Along the Furrow

MOHAMMAD SADEGH KESHAVARZ<sup>1</sup>, HAMED EBRAHIMIAN<sup>1\*</sup>, FARIBORZ ABBASI<sup>2</sup>

1. Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

2. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

(Received: May. 22, 2019- Revised: July. 16, 2019- Accepted: Aug. 10, 2019)

### ABSTRACT

There is a large amount of runoff water losses from the fields in the open-ended furrows. Therefore, it is necessary to provide a suitable solution for reducing runoff losses and subsequently, reducing soil erosion from the furrows. In this study, in order to control flow velocity as well as increase water infiltration along the furrows, several micro-dams with a height of 5 cm were constructed in the experimental furrows. Field studies and experiments were conducted at the research farm of the College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, in summer 2018. The soil texture was clay loam, and the longitudinal farm's slope was 0.96%. In this study, four different treatments were considered, which included: two erosive inflow discharges (0.6 and 0.9 L/s) and two barrier distances (10 and 20 m). Experimental furrows with a length of 100 m and a spacing of 0.75 m were created by the furrower machine. Eventually, the results were compared with control ones (furrow without micro-dams). Constructing micro-dams in the furrows increased distribution uniformity up to 99.3 percent. The results showed that micro-dams could improve the distribution uniformity of water and reduce water losses to about 45 percent. The results also depicted that the amount of infiltrated water in the first and second irrigation events was significantly higher than the third and fourth ones. The reason was because of lower soil moisture content and also higher surface roughness in the first and second irrigation events compared to subsequent irrigations. Among all irrigation events, the most amount of infiltration was observed in the treatment with a barrier of 10 m and an inflow discharge of 0.9 L/s.

**Key Words:** Furrow Irrigation, Infiltration, Runoff Loss, Water flow.

---

\* Corresponding Author's Email: ebrahimian@ut.ac.ir

## تأثیر ایجاد مانع در جویچه‌های آبیاری بر نفوذپذیری و یکنواختی توزیع آب

محمدصادق کشاورز<sup>۱</sup>، حامد ابراهیمیان<sup>۱\*</sup>، فریبرز عباسی<sup>۲</sup>

۱. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۴/۲۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۵/۱۹)

### چکیده

در روش آبیاری جویچه‌ای با انتهای باز تلفات آب به صورت رواناب معمولاً زیاد است که موجب هدر رفتن حجم زیادی از آب ورودی به جویچه‌ها می‌شود. از این رو ارائه راه‌حل مناسب برای کاهش تلفات رواناب، و به تبع آن کاهش تلفات فرسایش خاک از جویچه امری ضروری به نظر می‌رسد. در تحقیق حاضر به منظور کنترل جریان آب و افزایش نفوذ آب در خاک، داخل جویچه‌های آزمایشی موانعی به فاصله‌ی (۱۰ و ۲۰ متر) و ارتفاع ۵ سانتی‌متر ایجاد شد. آزمایش‌ها و مطالعات مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام شد. آزمایش‌های میدانی در جویچه‌هایی به طول ۱۰۰ و شیب ۰/۹۶ درصد اجرا شدند. تیمارهای آزمایشی شامل دو دبی ۰/۶ و ۰/۹ لیتر بر ثانیه و دو فاصله‌ی مانع ۱۰ و ۲۰ متر بود. ایجاد مانع در جویچه یکنواختی توزیع را افزایش داد که در بیشترین حالت ضریب یکنواختی ۹۹/۳ درصد برای جویچه‌ی دارای مانع به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که ایجاد مانع در جویچه سبب بهبود یکنواختی توزیع آب در خاک و همچنین کاهش تلفات آب تا حدود ۴۵ درصد می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان نفوذ در آبیاری‌های اول و دوم به طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری‌های سوم و چهارم می‌باشد که دلیل آن رطوبت اولیه‌ی کمتر خاک و همچنین زیاد بودن زبری سطح خاک در آبیاری‌های اول و دوم نسبت به آبیاری‌های بعدی بود. در تمام وقایع آبیاری میزان نفوذ در تیمار با فاصله مانع ۱۰ متر و دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه بیشترین مقدار را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری جویچه‌ای، تلفات رواناب، جریان آب، نفوذ.

### مقدمه

که در آن آب در کانال‌های بدون پوشش کوچکی به نام جویچه جریان می‌یابد (Walker and Skogerboe, 1987). سطح مقطع جویچه‌ها ممکن است دوزنقه‌ای، مثلثی و یا سهموی باشد. جویچه‌ها در جهت شیب غالب زمین احداث می‌شوند. در این روش آب از ابتدای جویچه وارد و در اثر نیروی ثقل به انتهای جویچه می‌رسد. جویچه‌ها به دو صورت انتها باز و انتها بسته احداث می‌شوند. در صورت باز بودن انتهای جویچه، آب پس از رسیدن به انتها، به صورت رواناب از زمین خارج می‌شود. فاصله بین جویچه‌ها به صورت معمول از ۰/۷۵ تا ۲ متر می‌باشد. در این روش گیاه اغلب بر روی پشته بین جویچه‌ها کاشته می‌شود. طول جویچه‌ها، بسته به بافت خاک، وضعیت توپوگرافی و نوع گیاه، از ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ متر متغیر است. مشخصه اصلی آبیاری جویچه‌ای، نشستی بودن آن است. بررسی وضعیت اجرای سامانه‌های آبیاری نشان‌دهنده‌ی آن است که بیش از ۸۵ درصد اراضی کشور به

آبیاری سطحی یا ثقلی یکی از روش‌های آبیاری است که در آن عمل انتقال آب از منبع آب تا پای گیاه از طریق نیروی ثقل صورت می‌گیرد. در این روش آب از نهر آبیاری یا لوله دریاچه‌دار در سطح خاک جریان یافته و با نفوذ تدریجی در خاک در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. این روش آبیاری در مناطق نیمه خشک در زمین‌های مسطح معمول است. این روش با قدمتی چند هزار ساله امروزه نیز رایج‌ترین روش آبیاری است به گونه‌ای که بیش از ۹۰ درصد اراضی کشور تحت پوشش آبیاری سطحی می‌باشد. آبیاری سطحی اگر به درستی طراحی و اجرا شود، به دلیل عدم نیاز به وسایل و دستگاه‌های پیچیده، برای زارعین یکی از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود. تلفات آب در روش‌های آبیاری سطحی به علت ضعف مدیریت و اشکالات طراحی، زیاد است (Abbasi, 2012). آبیاری جویچه‌ای یکی از روش‌های آبیاری سطحی است

در مقادیر متفاوت سرعت جریان آب به داخل جویچه، شکل هندسی مقطع و حجم جریان ورودی تغییر نماید. بنابراین ارائه یک معادله عمومی برای نفوذ بسیار مشکل می باشد.

یکی از راه های بهبود عملکرد و افزایش راندمان آبیاری تسطیح اراضی می باشد، اهداف تسطیح کم کردن فرسایش، افزایش ظرفیت نگهداری آب برای استفاده گیاه، کاهش رواناب سطحی، کاهش سرعت رواناب و نرسیدن به آستانه فرسایش، بهبود شرایط کشت و کاهش رسوب در رواناب و افزایش تولید محصول می باشد. (Pingali., 1999) گزارش کرد تسطیح اراضی باعث افزایش یکنواختی توزیع آب در مزرعه می گردد که این مسئله می تواند باعث کنترل علف های هرز شده و عملکرد را افزایش دهد.

تحقیق صورت گرفته توسط Olivier et al (2014) برای بررسی تأثیر مانع در داخل جویچه (به عنوان زهکش مزرعه) بر کاهش تلفات فرسایش و مواد شیمیایی در شرایط بارندگی (اراضی دیم) بود. با توجه به این که در تحقیقات گذشته، تاکنون در مورد تأثیر مانع بر پارامترهای جریان در آبیاری جویچه ای بررسی نشده است؛ از این رو در تحقیق حاضر موانعی از جنس خاک و پوشش پلاستیکی در طول جویچه ها استفاده شد و تأثیر این موانع بر نفوذ پذیری و یکنواختی توزیع آب در خاک در آبیاری جویچه ای مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش ها

مطالعه و آزمایشات مزرعه ای در مزرعه آموزشی و پژوهشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام شد. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش عبارت است از: طول جغرافیایی ۵۰ درجه، ۵۷ دقیقه و ۲۶/۷۵ ثانیه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، ۴۸ دقیقه و ۲۲/۸ ثانیه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۲۹۶/۳ متر. کرج دارای آب و هوای مدیترانه ای است. متوسط بارندگی سالانه برابر ۲۶۵ میلی متر، بالاترین میانگین دمای ماهیانه در تیر ماه (۲۴/۵ درجه - ی سانتی گراد) و پایین ترین میانگین در دی ماه (۱/۲ درجه سانتی گراد) می باشد. جویچه های آزمایشی به طول ۱۰۰ متر با استفاده از دستگاه فاروئر ایجاد شد. شیب جویچه ها با استفاده از دوربین نیوو تعیین شد که به طور متوسط ۰/۹۶ درصد به دست آمد. شش سری جویچه در مزرعه احداث شد. هر سری شامل سه جویچه بود. تیمارها شامل جویچه ای بدون مانع (تیمار شاهد)، تیمار دارای مانع با فاصله ۱۰ متر، و تیمار با فاصله ۲۰ متر و دو تیمار دبی فرسایشی (۰/۶ و ۰/۹ لیتر بر ثانیه) در نظر گرفته شد. موانع با ارتفاع ۵ سانتی متر با توجه به متوسط عمق

روش آبیاری سطحی و ۱۵ درصد با روش های تحت فشار (شامل آبیاری بارانی و قطره ای) آبیاری می شود (Abbasi et al., 2017). همچنین تحقیقات نشان می دهد که بیشترین فراوانی سامانه های آبیاری مربوط به آبیاری جویچه ای است. در زمینه ای ایجاد مانع در جویچه، (Olivier et al (2014) در تحقیقی، تأثیر ایجاد مانع در داخل جویچه تحت کشت سیب زمینی را بر کاهش تلفات رواناب بررسی کردند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که در تمام فصل رشد، مانع سبب کاهش تلفات رواناب نسبت به تیمار شاهد شد، ایشان از موانع خاکی برای کنترل جریان آب و کاهش تلفات استفاده کردند که طبق گزارش خود ایشان در بعضی مواقع به دلیل بارندگی شدید، موانع تخریب شده و سبب افزایش دبی جریان به سمت پایین دست می شود. Bautista and Wallender (1993) گزارش کردند به دلیل رابطه بسیار قوی فرصت نفوذ با حجم آب نفوذ یافته، می توان تغییرات نفوذ تجمعی در جویچه را به تنهایی با فرصت نفوذ توضیح داد. اما با فرض محیط خیس شده ثابت عمق نفوذ کمتری را در ابتدای مزرعه و مقدار بیشتری را در انتهای مزرعه نسبت به مقادیر اندازه گیری شده برآورد می شود. (Raghuwanshi and Wallender (1997) دریافتند که طراحی و برنامه ریزی آبیاری، نسبت به تغییرات نفوذ حساس هستند و این تغییرات در طراحی آبیاری جویچه ای باید مورد توجه قرار بگیرند. در زمین های کشاورزی میزان نفوذ پذیری خاک متغیر می - باشد و با گذشت زمان و شرایط منطقه تغییر می کند. میزان نفوذ آب در مزارع به نحوه ای استفاده از مزرعه، نوع محصول کشت شده در مزرعه، شرایط خاک ورزی و نوع مدیریت مزرعه بستگی دارد. بنابراین در شرایط مدیریتی مختلف تغییرات نفوذ در مزرعه متفاوت می باشد، در این زمینه، Trout (1992) بیان کرد که شکل و اندازه جویچه بر حجم آب نفوذ یافته مؤثر می باشد. زیرا شکل جویچه، مساحتی را که بین آب و خاک در تماس است کنترل می کند، بنابراین هر چه سطح تماس آب با خاک بیشتر باشد میزان نفوذ آب به داخل خاک بیشتر است. Fangmeier and Ramsey (1978) بیان نمودند که نفوذ مهمترین فاکتور مؤثر در آبیاری سطحی است که به نوع خاک، شرایط سطح آن، فرصت زمان نفوذ و عوامل دیگر بستگی دارد، همچنین Hopmans (1989) فاکتورهای مؤثر بر نفوذ آب به خاک را بافت خاک، رطوبت اولیه خاک، دانسیته یا جرم مخصوص خاک، درز و شکاف های موجود در خاک، درصد پوشش گیاهی، ذرات رس معلق در آب آبیاری، هوای محبوس شده در خاک و درجه حرارت آب را معرفی کرد. (Rasoulzadeh and Sepaskhah (2003) اظهار نمودند که تغییرات مکانی سرعت نفوذ، مدیریت آبیاری جویچه ای را پیچیده - تر می کند. زیرا که خصوصیات نفوذ آب به داخل خاک ممکن است

(فاصله ۵۰ متری) و انتهای چویچه (فاصله ۱۰۰ متری از ابتدای چویچه) قرار داشتند، نمونه برداشت و مشخصات آن تعیین شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام طرح در جدول (۱) ارائه شده است.

در شکل (۱) تصاویری از موانع ایجاد شده در چویچه‌ها نشان داده شده است. موانع به صورت دستی ایجاد شدند و ارتفاع آن‌ها به طور دقیق با خط‌کش کنترل شد.

آب در چویچه ایجاد شدند؛ موانع با استفاده از لایه‌ی پلاستیکی پوشیده شدند تا در برابر شسته‌شدن و تخریب توسط جریان آب مقاوم باشند. اندازه‌گیری‌ها در چهار واقعه آبیاری در ابتدای فصل و در شرایط بدون حضور گیاه انجام شد. با در نظر گرفتن شرایط منطقه و دور آبیاری رایج برای کشت گیاه ذرت، در این تحقیق نیز دور آبیاری ۷ روز در نظر گرفته شد. برای تعیین مشخصات خاک، از سه مقطع از چویچه که در ابتدای چویچه، وسط چویچه

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

موقعیت نمونه گیری	عمق نمونه‌گیری (سانتی‌متر)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	بافت خاک	رطوبت حجمی (درصد)		درصد ذرات تشکیل دهنده خاک	
				نقطه‌ی پژمردگی دائم	ظرفیت زراعی	رس	سیلت
ابتدا	۲۰-۰	۱/۵۵	لوم	۱۹/۲	۳۲/۰	۲۲/۱	۴۵/۸
	۴۰-۲۰	۱/۶۱	لوم	۱۶/۳	۲۹/۰	۱۹/۲	۴۳/۳
	۶۰-۴۰	۱/۵۳	لوم	۱۴/۵	۲۶/۴	۱۶/۷	۴۲/۳
وسط	۲۰-۰	۱/۵۱	لوم	۲۱/۱	۳۱/۶	۲۶/۷	۲۸/۳
	۴۰-۲۰	۱/۴۹	لوم رسی	۱۹/۹	۳۱/۹	۲۹/۲	۲۵/۸
	۶۰-۴۰	۱/۴۷	لوم رسی	۱۹/۱	۳۱/۰	۲۹/۲	۲۵/۸
انتهای	۲۰-۰	۱/۵۵	لوم	۲۲/۲	۳۲/۳	۲۶/۷	۲۸/۳
	۴۰-۲۰	۱/۴۹	لوم رسی	۱۹/۳	۳۲/۵	۲۷/۱	۲۵/۷
	۶۰-۴۰	۱/۲۴	لوم شنی	۱۵/۸	۲۶/۸	۱۲/۱	۲۶/۶



شکل ۱- نمایی از چویچه‌های آزمایشی و موانع ایجاد شده در آن

شیب چویچه‌ها برابر ۰/۹۶ درصد به دست آمد. در تمام آزمایش‌ها، هر سه چویچه آبیاری شدند و اندازه‌گیری‌ها در چویچه وسط انجام شد. چویچه‌های کناری به عنوان چویچه‌های محافظ و برای در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای و ایجاد شرایط واقعی، لحاظ شدند. چویچه‌ها انتها باز در نظر گرفته شدند. در این تحقیق، برای اندازه‌گیری دبی جریان ورودی و رواناب خروجی از چویچه‌ها، از فلوم

آب مورد نیاز برای انجام آزمایش، از یک حلقه چاه عمیق تأمین و به وسیله شبکه انتقال تحت فشار مستقر در مزرعه، به ابتدای قطعه مورد نظر هدایت می‌شد. با انجام آزمایش روی نمونه‌ی آب، مقدار هدایت الکتریکی (EC) برابر ۰/۶۷ dS/m و مقدار pH برابر ۷/۴ تعیین گردید. آب ورودی به چویچه‌ها توسط شیر کنترل که در ابتدای چویچه‌ها تعبیه شده بود، کنترل می‌شد.

عدد اشل روی فلوم قرائت شد و با توجه به رابطه‌ی دبی-اشل (رابطه ۱) دبی خروجی و سپس حجم رواناب تعیین شد.

$$Q = 0.0037H^{2.646} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن،  $Q$  دبی (لیتر بر ثانیه) و  $H$  ارتفاع آب در فلوم (سانتی‌متر) است.

مدت زمان آبیاری برای هر تیمار در هر واقعه‌ی آبیاری در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- مدت زمان آبیاری (دقیقه) مربوط به هر تیمار در نوبت‌های مختلف آبیاری

نوبت آبیاری	تیمار					
	q=0.9 L/s , d=20 m	q=0.9 L/s , d=10 m	q=0.9 L/s	q=0.6 L/s , d=20 m	q=0.6 L/s , d=10 m	q=0.6 L/s
اول	۳۰۱/۳	۳۰۵/۳	۲۷۴/۹	۳۱۷/۳	۳۳۲/۴	۲۸۱/۴
دوم	۲۷۱/۳	۲۷۴/۴	۲۷۱/۲	۲۷۷/۱	۲۸۸/۶	۲۷۳/۹
سوم	۲۷۰/۴	۲۷۴/۶	۲۶۷/۷	۲۷۳/۸	۲۸۳/۳	۲۷۷/۲
چهارم	۲۷۲/۰	۲۷۲/۷	۲۶۹/۰	۲۷۴/۷	۲۸۲/۳	۲۷۷/۹

(Christiansen.,1942).

$$CU = \left\{ 1 - \sum_{i=1}^n \frac{|xi - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right\} \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن،  $CU$  ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد)،  $Xi$  عمق آب کاربردی در نقطه‌ی  $i$  (میلی‌متر)،  $\bar{x}$ : متوسط عمق عمق آب کاربردی در سطح آبیاری شده (میلی‌متر) و  $n$  تعداد نمونه‌ها است.

معادله پیشروی آب در طول جویچه با گذشت زمان به صورت رابطه‌ی (۴) می‌باشد:

$$x = p t^r \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن،  $x$ : فاصله‌ی نقاط پیشروی آب در طول جویچه (متر)،  $t$ : زمان پیشروی آب در طول جویچه (دقیقه) و  $p$  و  $r$  ضرایب معادله پیشروی می‌باشند که مقدار  $r$  بین صفر تا یک است. ضرایب این رابطه با استفاده از زمان پیشروی آب در طول جویچه در فواصل مشخص تعیین می‌شود. بنابراین جویچه به فاصله‌ی ۱۰ متری ایستگاه بندی شد و زمان پیشروی آب در هر ایستگاه ثبت شد و سپس با قرار دادن داده‌های زمان در مقابل فاصله در نرم افزار اکسل و رسم نمودار آن، ضرایب معادله‌ی برازش داده شده بر نمودار به دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد استفاده گردید. در هر آزمون تیمارهای با دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه با یکدیگر و تیمارهای با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه نیز با یکدیگر مقایسه شدند.

WSC تیپ یک استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها در چهار واقعه آبیاری در ابتدای فصل و در شرایط بدون حضور گیاه انجام شد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر مانع بر نفوذپذیری و یکنواختی توزیع آب در خاک می‌باشد. در نهایت نتایج به‌دست آمده از تیمارهای اعمال شده با تیمار شاهد (بدون وجود مانع) مقایسه شد. به منظور تعیین حجم رواناب در زمان‌های ۵، ۱۵، ۳۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۱۰ و ۲۴۰ دقیقه پس از شروع رواناب (پس از اتمام فاز پیشروی)

برای ثبت زمان پیشروی و پسروی، جویچه‌ها ایستگاه‌بندی شدند. ایستگاه‌ها به فاصله‌های ۱۰ متر از هم در طول جویچه قرار داده شدند و زمان رسیدن جبهه پیشروی آب به هر یک از ایستگاه‌ها توسط زمان‌سنج اندازه‌گیری شد. سپس برای رسم منحنی پیشروی-پسروی، زمان پیشروی و پسروی در هر ایستگاه در مقابل ایستگاه مربوطه رسم شد.

در این تحقیق، ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف-لوییس (۲) با استفاده از مدل IPARM (Gillies and Smith., 2005) با استفاده از روش بیلان حجم برآورد شد. بدین منظور دبی جریان، شیب و طول جویچه‌ها به مدل وارد شد، مشخصات هندسی سطح مقطع جویچه (شامل عرض بالای جویچه، عرض متوسط سطح مقطع، عرض کف جویچه و ماکزیمم ارتفاع جویچه) نیز به مدل وارد شد، همچنین برای هر تیمار داده‌های مربوط به زمان پیشروی (فاصله ایستگاه‌ها و زمان رسیدن جبهه‌ی آب به هر ایستگاه)، زمان شروع رواناب و داده‌های مربوط به دبی رواناب در زمان‌های مختلف به مدل وارد شد و سپس مدل اجرا شد و ضرایب معادله  $(a, k \text{ و } f_0)$  به‌دست آمد.

$$Z = Kt^a + f_0t \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در این رابطه،  $Z$  حجم آب نفوذ یافته در یک متر طول جویچه ( $m^3/m$ )،  $f_0$  سرعت نفوذ نهایی (پایه) ( $m^3/min.m$ )،  $t$  زمان نفوذ (min)،  $a$  (بدون بعد) و  $K$  ( $m^3/m/min^a$ )، پارامترهای تجربی رابطه‌ی کوستیاکوف-لوییس هستند.

به منظور تعیین یکنواختی پخش آب در طول جویچه، از شاخص ضریب یکنواختی کریستیانسن (۳) استفاده شد

## نتایج و بحث

عمق آب ورودی به هر جویچه با استفاده از دبی ورودی به جویچه و مدت زمان آبیاری محاسبه و در جدول (۳) ارائه شده است.

### تعیین ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف - لوییس با استفاده از

#### مدل IPARM

با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده جریان در جویچه‌ها و پس از وارد کردن به مدل IPARM ضرایب معادله نفوذ تعیین شد. با توجه به مقادیر به دست آمده ضرایب مشخص شد که ضرایب معادله نفوذ در تیمارهای با فاصله‌ی مانع ۱۰ متر در اکثر موارد بیشتر از تیمارهای بدون مانع و تیمار با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر می‌باشد که این تفاوت به خاطر تأثیر مانع بر نگهداشت آب و افزایش نفوذ جانبی و بیشتر شدن سطح تماس آب با خاک و همچنین افزایش زمان پیشروی در طول جویچه‌های آزمایشی می‌باشد. بنابراین در یک مدت زمان ثابت، میزان نفوذ آب به داخل خاک در تیمار با فاصله‌ی مانع ۱۰ متر بیشتر از تیمار با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر و تیمار با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر بیشتر از تیمار شاهد (تیمار بدون مانع) بدست آمد. در آبیاری‌های سوم و چهارم ضرایب معادله تفاوت کمتری را با یکدیگر نشان می‌دهند که این نتایج نشان‌دهنده‌ی این است که بیشترین تغییرات در آبیاری اول و دوم است و در آبیاری‌های بعدی به خاطر تثبیت خاک سطح جویچه و تغییرات کمتر سطح جویچه و زبری سطح خاک در جویچه، میزان تغییرات در ضرایب نفوذ نیز کمتر از دو واقعه آبیاری اول است (Ebrahimian et al., 2013). نتایج آزمون آماری ضرایب نفوذ تیمارها در وقایع آبیاری نشان می‌دهد که با گذشت وقایع آبیاری، ضرایب نفوذ به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ( $p\text{-value} < 0/01$ ). ضرایب نفوذ در جدول (۴) ارائه شده است.

### درصد رواناب خروجی از تیمارهای مختلف

نتایج به‌دست آمده از رواناب خروجی در تیمارهای مختلف در

جدول (۵) ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که در تیمارهای با دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه درصد تلفات رواناب از جویچه‌ها کمتر از تلفات رواناب در تیمارهای مشابه در دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه می‌باشد، همچنین در تیمارهای با دبی یکسان تلفات رواناب در تیمار دارای مانع با فاصله‌ی ۱۰ متر کمتر از تیمارهای با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر بود و تیمار با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر تلفات رواناب کمتری نسبت به تیمار شاهد (تیمار بدون مانع) داشت، که این نتایج به خوبی تأثیر مانع را بر کنترل تلفات رواناب از جویچه‌ها را نشان می‌دهد. آبیاری موجهی عمدتاً سبب کاهش نفوذ آب به خاک (کاهش تلفات نفوذ عمقی) و افزایش جزئی در رواناب می‌شود، این در حالی است که ایجاد مانع در داخل جویچه سبب کاهش قابل توجه تلفات رواناب و افزایش میزان نفوذ آب به خاک می‌شود. در تیمارهای با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه درصد تلفات رواناب بیشتر از تیمارهای با دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه به دست آمد. همچنین با گذشت وقایع آبیاری تلفات رواناب روند افزایشی را نشان داد که به دلیل کاهش زبری سطح خاک و نفوذپذیری کمتر آب به داخل خاک نسبت به آبیاری‌های اول می‌باشد. برای بررسی معنی‌داری اختلاف تیمارها با یکدیگر از نرم افزار SPSS و آزمون دانکن استفاده شد. آزمون آماری مقایسه میانگین درصد رواناب تیمارهای با دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه نشان می‌دهد که درصد رواناب تیمارهای مختلف از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند ( $p\text{-value} < 0/05$ ). در تیمارهای با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه، تیمار با فاصله مانع ۱۰ متر درصد رواناب را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش می‌دهد، اما تیمار با فاصله ۲۰ متر تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نمی‌دهد ( $p\text{-value} < 0/05$ ). همچنین مقایسه تیمارهای با فاصله‌ی مانع ۱۰ و ۲۰ متر در تیمار با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه نشان داد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند ( $p\text{-value} < 0/05$ )

جدول ۳- عمق آب کاربردی (میلی‌متر) در تیمارها و نوبت‌های مختلف آبیاری

نوبت آبیاری				تیمار
چهارم	سوم	دوم	اول	
۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۳۱	Q=0.6 L/s
۱۲۹	۱۳۰	۱۳۲	۱۵۵	Q=0.6 L/s , d=10 m
۱۲۶	۱۲۵	۱۲۸	۱۴۸	Q=0.6 L/s , d=20 m
۱۸۵	۱۸۴	۱۸۸	۱۹۲	Q=0.9 L/s
۱۸۶	۱۸۸	۱۸۸	۲۱۱	Q=0.9 L/s , d=10 m
۱۸۶	۱۸۶	۱۸۷	۲۰۹	Q=0.9 L/s , d=20 m

جدول ۴- ضرایب معادله کوستیاکوف لوییس در تیمارها و نوبت های مختلف آبیاری

نوبت آبیاری	تیمار	a (-)	k (m <sup>2</sup> /min <sup>a</sup> )	f <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> /min)
اول	q=0.6 L/s	۰/۲۲۳	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۱۹۴
	q=0.6 L/s , d=10 m	۰/۲۸۵	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۰۲۲۲
	q=0.6 L/s , d=20 m	۰/۶۶۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۶۶
	q=0.9 L/s	۰/۳۱۱	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۰۱۲۸
	q=0.9 L/s , d=10 m	۰/۲۳۸	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۰۲۵۱
	q=0.9 L/s , d=20 m	۰/۵۲۷	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۰۴۶
دوم	q=0.6 L/s	۰/۴۹۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱۰۰
	q=0.6 L/s , d=10 m	۰/۱۶۸	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۰۲۲۷
	q=0.6 L/s , d=20 m	۰/۳۵۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۲۰۸
	q=0.9 L/s	۰/۲۹۲	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۰۰۷۸
	q=0.9 L/s , d=10 m	۰/۳۳۴	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۰۲۰۳
	q=0.9 L/s , d=20 m	۰/۲۳۶	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۰۲۰۷
سوم	q=0.6 L/s	۰/۴۲۲	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰۸۷
	q=0.6 L/s , d=10 m	۰/۲۹۴	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۰۱۴۵
	q=0.6 L/s , d=20 m	۰/۱۵۱	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۱۵۲
	q=0.9 L/s	۰/۱۸۹	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۰۱۱۱
	q=0.9 L/s , d=10 m	۰/۱۸۹	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۰۱۷۱
	q=0.9 L/s , d=20 m	۰/۲۳۵	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۰۱۴۹
چهارم	q=0.6 L/s	۰/۱۸۵	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۰۱۰۸
	q=0.6 L/s , d=10 m	۰/۲۸۹	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۱۵۰
	q=0.6 L/s , d=20 m	۰/۲۰۶	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۱۴۰
	q=0.9 L/s	۰/۴۱۱	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۰۸۷
	q=0.9 L/s , d=10 m	۰/۲۲۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۱۶۵
	q=0.9 L/s , d=20 m	۰/۱۷۴	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۰۱۸۱

جدول ۵- درصد تلفات رواناب از تیمارهای مختلف در وقایع آبیاری متفاوت

تیمار	نوبت آبیاری			
	اول	دوم	سوم	چهارم
Q=0.6 L/s	۳۴/۸	۴۹/۰	۵۵/۷	۶۱/۲
Q=0.6 L/s , d=10 m	۱۹/۰	۲۸/۹	۴۵/۹	۴۵/۹
Q=0.6 L/s , d=20 m	۲۵/۵	۳۱/۶	۵۲/۰	۵۲/۶
Q=0.9 L/s	۵۸/۰	۷۰/۲	۷۴/۷	۶۸/۷
Q=0.9 L/s , d=10 m	۳۶/۳	۴۹/۲	۵۹/۸	۶۱/۳
Q=0.9 L/s , d=20 m	۴۷/۶	۵۴/۳	۶۳/۷	۵۹/۵

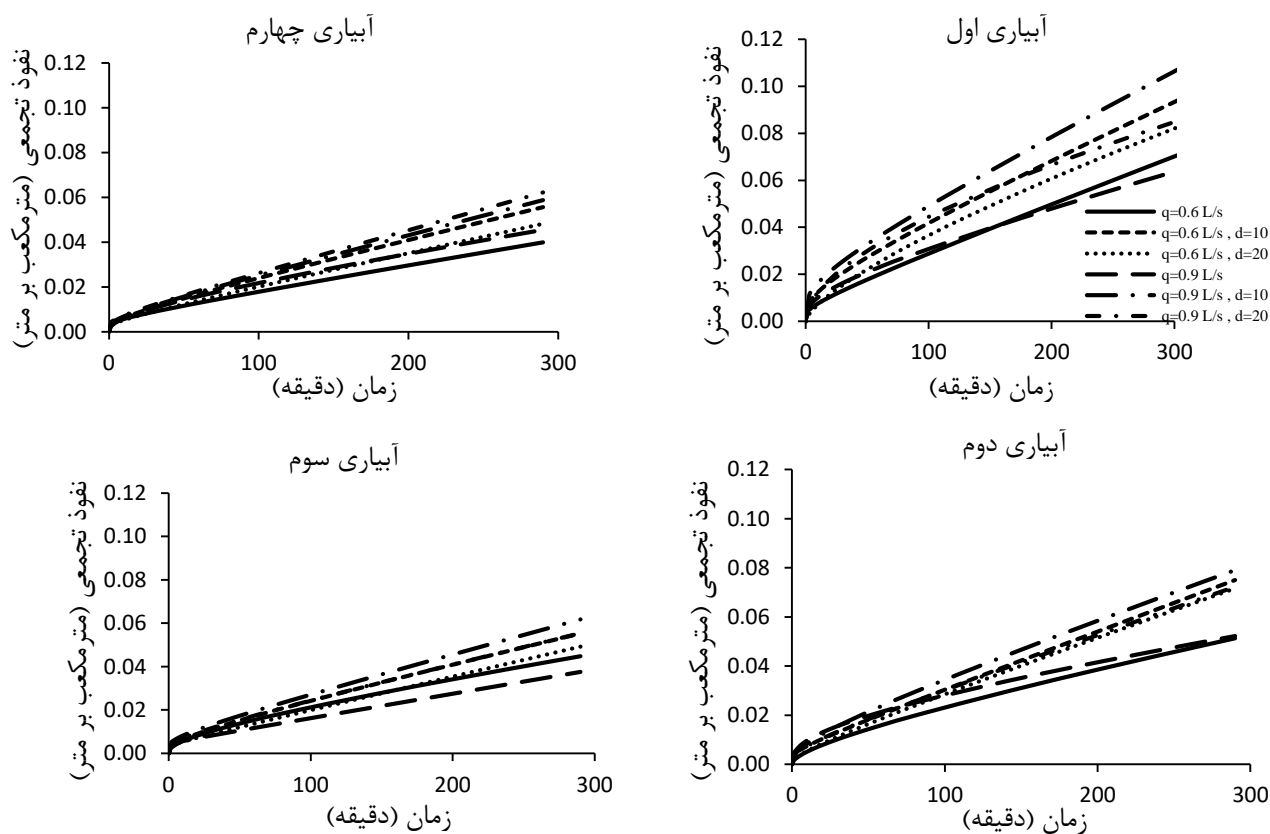
بررسی تأثیر مانع بر میزان نفوذ تجمعی

نتایج این تحقیق نشان می دهد که در تمام وقایع آبیاری، تیمارهای با فاصله مانع ۱۰ متر و دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه بیشترین نفوذ تجمعی را داشته است. در دبی های بالا به دلیل حجم بالای

آب وارد شده به جویچه ها و همچنین افزایش فرصت زمان نفوذ به دلیل وجود مانع در جویچه ها، نفوذ آب در آن ها به طور معنی - داری افزایش خواهد یافت. بنابراین می توان نتیجه گرفت ایجاد مانع تأثیر چشمگیری در نفوذ آب به داخل خاک در دبی های

تخلخل کاهش و به تبع آن، نفوذ کاهش می‌یابد (Ebrahimian., 2014 و Gregory *et al.*, 2006) چون در آبیاری اول، هنوز در جویچه‌ها آبیاری صورت نگرفته است، خاک سطحی جویچه‌ها از زبری زیادی برخوردار است که این مسئله باعث افزایش مقدار نفوذ آب در خاک می‌گردد. اما در آبیاری‌های دوم به بعد، چون زبری خاک به یک مقدار ثابت رسید، مسئله زبری تأثیر معنی‌داری در اختلاف بین مقادیر نفوذ آبیاری‌های دوم به بعد نداشت (Govers *et al.*, 2000). به همین دلیل، اختلاف بین مقدار نفوذ تجمعی آبیاری اول با آبیاری دوم، بیش از اختلاف بین نفوذ تجمعی آبیاری دوم و آبیاری‌های سوم و چهارم بود.

بیشتر دارد؛ این نتایج همچنین ممکن است در مزارع شیب‌دار که سرعت جریان آب زیاد است، صادق می‌باشد، چرا که ایجاد مانع سبب کاهش سرعت جریان آب و افزایش نفوذ آن در خاک می‌شود. نتایج حاصله در شکل (۲) مشاهده می‌شود. میزان نفوذ تجمعی در تمامی تیمارها در آبیاری اول بیشتر از آبیاری‌های بعدی می‌باشد، این کاهش مقدار نفوذ به دلیل افزایش رطوبت اولیه پیش از آبیاری دوم می‌باشد. این نتایج همسو با نتایج تحقیق (Abbasi *et al.*, 2003) می‌باشد. همچنین از دیگر دلایل این اختلاف می‌توان به تأثیر تراکم و تثبیت سطح خاک پس از آبیاری بر مقدار نفوذ تجمعی اشاره کرد، چرا که با متراکم‌تر شدن خاک،



شکل ۲- مقایسه نفوذ تجمعی در تیمارهای مختلف و وقایع آبیاری متفاوت

می‌دهد. مقادیر نفوذ تجمعی مربوط به هر تیمار در هر واقعه آبیاری در جدول (۶) ارائه شده است. با افزایش رطوبت خاک، پتانسیل ماتریک افزایش می‌یابد که این مسئله منجر به کاهش مقدار نفوذ می‌گردد (Hartge *et al.*, 2016). با توجه به نتایج به دست آمده، میزان نفوذ تجمعی در هر تیمار در آبیاری اول به طور معنی‌داری بیشتر از نوبت‌های بعدی است، که این به دلیل ظرفیت بیشتر خاک جهت ذخیره‌ی آب در آبیاری اول نسبت به آبیاری‌های بعدی و کاهش پتانسیل ماتریک خاک در نوبت‌های آبیاری

نتایج آزمون آماری مقایسه میانگین نفوذ در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که میزان نفوذ در آبیاری اول و دوم به طور معنی‌داری بیشتر از آبیاری‌های سوم و چهارم است ( $p < 0.01$ ). همچنین در هر واقعه آبیاری میزان نفوذ در تیمار با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه و فاصله‌ی مانع ۱۰ متر به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر است و سپس تیمار با دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه از نظر میزان نفوذ در اولویت بعدی قرار می‌گیرد ( $p < 0.01$ ). که به وضوح تأثیر مانع بر افزایش میزان نفوذ را نشان



نشان می‌دهد که ایجاد مانع، تأثیر زیادی بر افزایش نفوذ در تیمارهای با دبی بیشتر دارد. با افزایش دبی، محیط خیس شده افزایش می‌یابد و در نهایت این افزایش محیط خیس شده، منجر به افزایش نفوذ تجمعی می‌گردد. نتایج حاصله با نتایج گزارش شده توسط (Vogel and Hopmans., 1992) و (Abbasi *et al.*, 2003) مطابقت دارد. ایجاد مانع سبب جمع شدن آب در پشت مانع و افزایش تماس آب با خاک و در نهایت افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود.

بعدی می‌باشد. مقایسه مقادیر نفوذ تجمعی در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که در دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه، تیمار با فاصله‌ی مانع ۱۰ متر بیشترین مقدار نفوذ تجمعی را داشت که این تیمار تا ۳۵ درصد میزان نفوذ را نسبت به تیمار شاهد (بدون مانع) افزایش داد. در حالی که میزان نفوذ در تیمار با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر به اندازه‌ی ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه، تیمارهای با فاصله‌ی مانع ۱۰ متر و فاصله مانع ۲۰ متر میزان نفوذ را به ترتیب به اندازه‌ی ۴۵ درصد و ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. بنابراین نتایج به دست آمده

جدول ۶- مقادیر نفوذ تجمعی (مترمکعب بر متر) در هر تیمار در نوبت‌های مختلف آبیاری

تیمار						نوبت آبیاری
q=0.9 L/s , d=20 m	q=0.9 L/s , d=10 m	q=0.9 L/s	q=0.6 L/s , d=20 m	q=0.6 L/s , d=10 m	q=0.6 L/s	
۰/۰۸۵	۰/۱۰۸	۰/۰۶۰	۰/۰۸۶	۰/۱۰۱	۰/۰۶۶	اول
۰/۰۶۸	۰/۰۷۶	۰/۰۵۰	۰/۰۶۹	۰/۰۷۵	۰/۰۴۹	دوم
۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۳۵	۰/۰۴۷	۰/۰۵۵	۰/۰۴۳	سوم
۰/۰۵۲	۰/۰۵۶	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۵۴	۰/۰۳۹	چهارم

۰/۶ لیتر بر ثانیه دلیل کمتر شدن ضریب یکنواختی این است که در آبیاری اول به دلیل زبری زیاد خاک و تأثیر مانع بر افزایش نفوذ، تفاوت نفوذ در ابتدا و انتهای جویچه زیاد می‌شود و در نتیجه یکنواختی توزیع کاهش می‌یابد. نتایج حاصل در جدول (۷) ارائه شده است.

#### تعیین ضرایب $r$ و $p$ در معادله پیشروی

مقادیر ضرایب  $r$  و  $p$  که از برازش رابطه بین زمان پیشروی و فاصله ایستگاه‌ها در طول جویچه به دست آمده، در جدول (۸) ارائه شده است. مقادیر به دست آمده  $r$  در اکثر تیمارها با گذشت زمان روند افزایشی را نشان می‌دهد که به دلیل کاهش ضریب زبری سطح خاک با گذشت زمان می‌باشد.

در دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه رابطه‌ی مشخصی بین ضریب  $r$  در تیمار شاهد و تیمارهای دارای مانع وجود دارد، به این ترتیب که این ضریب در اکثر وقایع آبیاری در تیمار شاهد بیشتر از تیمار با فاصله‌ی ۲۰ متر و در تیمار با فاصله‌ی ۲۰ متر بیشتر از تیمار با فاصله ۱۰ متر محاسبه شد. اما در تیمارهای با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه روند خاصی مشاهده نشد.

نتایج مربوط به ضریب  $p$  نیز نشان می‌دهد که این ضریب در تیمار با فاصله‌ی مانع ۱۰ متر کمتر از تیمارهای دیگر است. مقدار کمتر  $p$  نشان می‌دهد که آب در مدت زمان بیشتری طول جویچه را طی می‌کند که به دلیل تأثیر مانع بر افزایش نفوذ آب به داخل خاک، زمان پیشروی افزایش می‌یابد.

#### ضریب یکنواختی در جویچه‌های آزمایشی

نتایج نشان می‌دهد که ضریب یکنواختی با گذشت وقایع آبیاری افزایش می‌یابد که به دلیل تثبیت خاک و یکنواختی بیشتر توزیع آب در پروفیل خاک می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده یکنواختی توزیع مناسب آب در خاک می‌باشد که به دلیل کنترل دقیق دبی و رعایت اصول حاکم بر آبیاری جویچه‌ای می‌باشد. نزدیک بودن ضرایب یکنواختی در این آزمایش به دلیل سنگین بودن بافت خاک و یکنواختی بافت در تمام پروفیل خاک و همچنین به دلیل کم بودن زمان پیشروی به خصوص در آبیاری دوم به بعد و عدم اختلاف زیاد بین زمان پسروری در تیمارهای مختلف است. کمترین مقدار ضریب یکنواختی در تیمار با فاصله مانع ۱۰ متر و دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه برابر ۹۳/۶ درصد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار دارای دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه و فاصله مانع ۲۰ متر برابر ۹۹/۳ درصد می‌باشد، این نتایج همسو با نتایج (Salamati *et al.*, 2015) می‌باشد. بیشتر بودن ضریب یکنواختی در تیمارهای با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه به دلیل زمان پیشروی کمتر و در نتیجه اختلاف کمتر بین مقدار نفوذ در ابتدا و انتهای جویچه می‌باشد. دلیل بیشتر بودن یکنواختی توزیع در تیمارهای با مانع که در اکثر تیمارها چنین وضعیتی مشاهده شد می‌تواند به خاطر این باشد که در نیمه‌ی دوم جویچه چون میزان دبی کم می‌شود، میزان نفوذ نسبت به نیمه اول زمین افزایش می‌یابد بنابراین اختلاف مقادیر نفوذ یافته با میانگین نفوذ، کمتر شده و ضریب یکنواختی افزایش می‌یابد. در تیمار با فاصله مانع ۱۰ متر و دبی

جدول ۷- مقادیر ضریب یکنواختی (CU) بر حسب درصد برای تیمارهای مختلف و وقایع آبیاری متفاوت

نوبت آبیاری				تیمار
چهارم	سوم	دوم	اول	
۹۹/۰	۹۸/۷	۹۸/۰	۹۷/۹	Q=0.6 L/s
۹۸/۹	۹۸/۱	۹۷/۰	۹۳/۶	Q=0.6 L/s , d=10 m
۹۸/۹	۹۸/۷	۹۸/۴	۹۷/۲	Q=0.6 L/s , d=20 m
۹۹/۰	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۷	Q=0.9 L/s
۹۹/۳	۹۸/۸	۹۸/۹	۹۶/۸	Q=0.9 L/s , d=10 m
۹۹/۲	۹۹/۳	۹۸/۸	۹۷/۲	Q=0.9 L/s , d=20 m

جدول ۸- مقادیر ضرایب r و p در تیمارهای مختلف و در وقایع آبیاری متفاوت

نوبت آبیاری				ضریب	تیمار
چهارم	سوم	دوم	اول		
۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۳	r	q=0.6 L/s
۷/۹۰	۸/۳۳	۹/۲۲	۷/۴۱	p	
۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۵۸	r	q=0.6 L/s , d=10 m
۶/۶۸	۸/۲۰	۶/۲۵	۷/۳۲	p	
۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۶۷	r	q=0.6 L/s , d=20 m
۸/۴۲	۸/۸۰	۸/۸۳	۸/۲۳	p	
۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۸	۰/۸۸	r	q=0.9 L/s
۱۰/۰۲	۸/۲۸	۸/۳۱	۵/۷۳	p	
۰/۸۱	۰/۹۱	۰/۸۳	۰/۷۶	r	q=0.9 L/s , d=10 m
۹/۲۶	۶/۳۷	۷/۷۱	۵/۲۴	p	
۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۷۲	r	q=0.9 L/s , d=20 m
۶/۲۹	۷/۱۲	۸/۰۲	۷/۰۹	p	

### نتیجه‌گیری

میزان نفوذ را به اندازه‌ی ۴۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و نفوذ در تیمار با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر به اندازه‌ی ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. بنابراین ایجاد مانع، تأثیر زیادی بر افزایش نفوذ در تیمارهای با دبی بیشتر داشت. همچنین تأثیر مانع بر افزایش نفوذ در آبیاری‌های اول و دوم خیلی بیشتر از آبیاری‌های بعدی بود. ایجاد مانع در جویچه در بیشتر موارد سبب افزایش یکنواختی توزیع آب در خاک شده است که می‌تواند به دلیل تأثیر مانع بر افزایش نفوذ آب به خاک، به‌خصوص در نیمه‌ی دوم زمین باشد. مقادیر ضریب یکنواختی بین ۹۳/۷ تا ۹۹/۳ درصد به دست آمد که مقادیر زیاد ضریب یکنواختی به دلیل دبی زیاد جریان آب و بافت نسبتاً سنگین خاک مزرعه است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با گذشت نوبت آبیاری، ضریب یکنواختی افزایش پیدا کرد. با توجه به موارد ذکر شده، ایجاد مانع

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر ایجاد مانع در جویچه بر نفوذپذیری و یکنواختی توزیع آب در آبیاری جویچه‌ای صورت گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده، ایجاد مانع در جویچه سبب افزایش نفوذ آب در خاک می‌شود که این عمل به دلیل نگهداری آب در پشت موانع و کاهش سرعت جریان آب در جویچه و در نهایت افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، در دبی ۰/۶ لیتر بر ثانیه، تیمار با فاصله‌ی مانع تا ۱۰ متر بیشترین مقدار نفوذ تجمعی را داشت که این تیمار تا ۳۵ درصد میزان نفوذ را نسبت به تیمار شاهد (بدون مانع) افزایش داد. در حالی که میزان نفوذ در تیمار با فاصله‌ی مانع ۲۰ متر به اندازه‌ی ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه، تیمار با فاصله‌ی مانع ۱۰ متر

### سپاس‌گزاری

این پروژه با حمایت مالی مرکز مطالعات و همکاری‌های بین المللی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انجام شده است.

در جویچه یک راهکار مناسب برای کاهش رواناب و بهبود نفوذپذیری و دیگر پارامترهای جریان می‌باشد، از دیگر مزیت‌های ایجاد مانع هزینه‌ی بسیار پایین ایجاد آن در جویچه است. با توجه به موارد گفته شده، ایجاد مانع برای کنترل رواناب در مناطق شیب‌دار و مناطقی که دبی جریان زیاد است توصیه می‌شود.

### REFERENCES

- Abbasi, F., (2012) Principles of flow in surface irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (In Farsi)
- Abbasi, F., Adamsen, F. J., Hunsaker, D. J., Feyen, J., Shouse, P. and Van Genuchten, M. T. (2003). Effects of flow depth on water flow and solute transport in furrow irrigation: Field data analysis. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(4), 237-246.
- Abbasi, F., Sohrab, F. and Abbasi, N. (2017). Evaluation of Irrigation Efficiencies in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 17(67), 113-128. (In Farsi)
- Bautista E. and Wallender W. W. (1993). Numerical calculation of infiltration in furrow irrigation simulation models. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 119, 286-294.
- Christiansen, J. E. (1942) Irrigation by Sprinkling. Bulletin 670. Agricultural Experiment Station: University of California, Berkeley, California.
- Ebrahimian, H. (2014). Soil infiltration characteristics in alternate and conventional furrow irrigation using different estimation methods. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 18(6), 1904-1911.
- Ebrahimian, H., Liaghat, A., Parsinejad, M., Abbasi, F., & Navabian, M. (2013). Water flow in soil surface and subsurface in alternate furrow irrigation and its comparison with conventional furrow irrigation. *Irrigation and Water Engineering*, 3(11): 1-13. (in Farsi)
- Fangmeier, D. D. and Ramsey, M. K. (1978). Intake characteristics in irrigation furrows. *Journal of the American Society of Agricultural Engineers*, 21(4), 697-705.
- Gillies, M. H. and Smith, R. J. (2005). Infiltration parameters from surface irrigation advance and run-off data. *Irrigation Science*, 24(1), 25-35.
- Govers, G., Takken I., and Helming, K. (2000). Soil roughness and overland flow. *Agronomy*, 20(2), 131-146.
- Hartge, K. H., Horn, R., Horton, R., Bachmann, J., & Peth, S. (2016). *Essential soil physics*. Germany: Schweitzerbart Science Publishers.
- Hopmans, J. W. (1989). Stochastic description of field-measured infiltration data. *Journal of the American Society of Agricultural Engineers*, 32(6), 1987-1993.
- Olivier, C., Goffart, J. P., Baets, D., Xanthoulis, D., Fonder, N., Lognay, G. and Lebrun, P. (2014). Use of micro-dams in potato furrows to reduce erosion and runoff and minimize surface water contamination through pesticides. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 79(3), 513-524.
- Pingali, L. (1999). Sustaining Rice-Wheat Production Systems. Socio-Economic and Policy Issue. 1-3 July, Hotel Del Annapurna, Kathmandu, Nepal.
- Raghuwanshi, N. and Wallender, W. W. (1997). Economic optimization of furrow irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(5), 377-385.
- Rasoulzadeh, A. and Sepaskhah. A. R. (2003). Scaled infiltration equations for furrow irrigation. *Biosystem Engineering*, 86(3), 375-383.
- Salamati, N. Abbasi, F. Delbari, M. Sheinidashtegol, A. and Afrasiab, P. (2015). Distribution Uniformity of Water and Nitrogen in Sugarcane Furrow Fertigation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 16(2), 41-60. (In Farsi)
- Trout, T. J. (1992). Furrow flow velocity effect on hydraulic roughness. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 118, 981-987.
- Vogel T., Hopmans J. W. 1992. Two-dimensional analysis of furrow infiltration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 118(5): 791-806.
- Walker, W. R. and Skogerboe, G. V. (1987) *Surface Irrigation: Theory and Practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.