

EXTENDED ABSTRACT

Effect of Different Tillage Methods and furrow spacing on Soil Hydraulic Characteristics in Furrow Irrigation

O. Bahmani^{1*}, S. Akhavan², Mohammad Khoramian³ and Gh. Gholizadeh Khalteh⁴

- 1* - Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran (*omid.bahmani@basu.ac.ir*).
- 2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.
- 3- Technical and Engineering Research Department, Safi Abad Agricultural and Natural Resources Research Center, Dezful, Iran.
- 4- MSc Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Received: 18 November 2017

Revised: 10 May 2018

Accepted: 13 May 2018

Keywords: Tillage, Infiltration Coefficients, Furrow Irrigation, WinSRFR Model.

DOI: 10.22055/jise.2018.24226.1712

Introduction

Conservation tillage systems are recommended by government agencies around the world as an appropriate management option for preserving soil and water resources.

Protective tillage has advantages over conventional tillage in terms of reducing energy consumption (Abbaspour et al., 2005). These include reducing erosion of water and wind (Lithourgidis et al., 2007), requiring less labor, increasing soil organic matter, and accelerating time of the second crop (Ito et al., 2007).

Here, Manning's roughness and penetration function are particularly important. More accurate evaluation, design and simulation of these parameters provide better irrigation systems. If the parameters of the penetration equation are not close to the field conditions, irrigation may cause runoff and deep percolation. Kuotsu et al. (2014) studied the effects of different tillage on soil hydraulic properties and the productivity of rainfed land under rapeseed cultivation in northeastern India. The results of their research showed that infiltration and hydraulic conductivity significantly increased in conservation tillage systems, and the amount of water use efficiency (WUE) was the highest in the conservation tillage system.

Considering the necessity of protecting the soil and water resources and the important role of tillage operations, this research investigated the effects of different tillage methods on the hydraulic properties of barley surface irrigation using WinSRFR model.

Methodology

This research was carried out during the summer of 2014 in a field belonging to Dez irrigation and drainage network in the northern Khuzestan province, Iran (48° 25' E, 32° 16' N, 82 m above sea level). Four treatments including two conventional tillage treatments of CT₁ and CT₂ (moldboard plow + 2 perpendicular disk) and two MT₁ and MT₂ minimum tillage treatments (applying 2 perpendicular disks) with 0.6 and 0.75 m in width and 50 m in length were considered. The longitudinal slope of the furrows was 0.003 m.m⁻¹. The experimental field was a split plot in completely randomized block design with three replications. Hydraulic characteristics of surface irrigation (infiltration equation coefficients, roughness coefficient (n), and Input-Output Hydrograph) and irrigation efficiency were measured and simulated with WinSRFR4.3.1 model and compared with Duncan's multi-domain test. In order to record the

advance and the recession time, the wooden nails were installed about 5 meters from the beginning to end of the furrow. A steady flow (1.5 l/s) entered each furrow, and the arrival time of the waterfront for each of the nails was recorded in each irrigation time. According to the soil texture and furrow length, irrigation time was set to 210 minutes. During this time, the inlet and outlet flow was measured by WSC flume.

Results and Discussion

Effect of tillage and width of the furrow on the coefficient (K)

By decreasing tillage, the amount of K increased. The difference in K coefficients in different treatments can probably be due to the reduction of the stages of tillage. Regarding the comparison of the mean of treatments in K coefficient, the highest value of K is equal to 0.02 for minimum tillage and 75 cm of furrow width. MT₂ treatment was placed in the statistical group, and CT₁, CT₂ and MT₁ treatments were put in groups ab, b and c.

Effect of tillage and width of the furrow on the coefficient (a)

The interaction of treatments on *a* coefficient showed that the CT₂ treatment (conventional tillage treatments with a width of 0.75) had the highest value of 0.43 and in the statistical group a, while CT₁, MT₁, MT₂ treatments were placed in the statistical group b and ab.

Effect of tillage and width of the furrow on the coefficient (f₀)

The results of analysis of variance for coefficient *f*₀ showed that the effect of tillage and Furrow width on *f*₀ is not significant. However, the interaction between the two treatments was significant on the coefficient *f*₀ at 1% level.

Effect of tillage and width of the furrow on the coefficient (n)

Comparison of the mean value showed that the *n* coefficient in two methods of tillage was in the two statistical groups a and b. The comparison of the mean value of the cross-sectional effect on the *n* coefficient indicated that the furrow with the 75 cm has the highest value by *n*=0.058.

Application Efficiency (E_a)

The highest application efficiency in the first and second irrigation was 46% and 42% in minimum tillage method, respectively. The results of the model showed the highest application efficiency by 52% and 43% in minimum tillage method.

Tail Water Ratio (TWR)

The highest TWR in the first and second irrigation with 31% and 41% is related to conventional tillage method, which is consistent with the model results. The mean value of RMSE for runoff efficiency was 3.7 for first irrigation and 2.9 for second irrigation.

Deep Penetration Ratio (DPR)

In the minimum tillage and conventional tillage method, the DPR was about %26 in the first and second irrigation. The least error in both first and second irrigation was recorded in minimum tillage method.

Conclusions

Conventional and minimum tillage practices have reduced or increased the coefficients of infiltration equation and *n*. In other words, the coefficients of infiltration equation and *n* do not show a uniform response to tillage changes. The coefficient of *k* has more variation in both irrigation intervals compared with other coefficients of the infiltration equation (*f*₀, *a*). According to the results, the WinSRFR model can be used to design, simulate and evaluate the management of furrow irrigation systems.

Acknowledgement

The authors would like to thank of Bu-Ali Sina University of Hamesan and Technical and Engineering Research Department, Safi Abad Agricultural and Natural Resources Research Center of Dezful, for providing financial and executive support for this research.

References

- 1- Abbaspour-Gilandeh, Y., Khalilian, A., Reza, A., Alireza, K. and Sadati, S.H., 2005. Energy savings with variable-depth tillage. In *Proceedings of the 27th Southern Conservation Tillage Systems Conference, Florence, South Carolina, USA, 27-29 June, 2005* (pp. 84-91). North Carolina Agricultural Research Service, North Carolina State University.
- 2- Ito, M., Matsumoto, T. and Quinones, M.A., 2007. Conservation tillage practice in sub-Saharan Africa: the experience of Sasakawa Global 2000. *Crop protection*, 26(3), pp.417-423.
- 3- Kuotsu, K., Das, A., Lal, R., Munda, G.C., Ghosh, P.K. and Ngachan, S.V., 2014. Land forming and tillage effects on soil properties and productivity of rainfed groundnut (*Arachis hypogaea* L.)–rapeseed (*Brassica campestris* L.) cropping system in northeastern India. *Soil and Tillage Research*, 142, pp.15-24.
- 4- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Damalas, C.A., Vasilakoglou, I.B. and Eleftherohorinos, I.G., 2006. Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates, and on labor and fuel consumption. *Crop Science*,



© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و فاصله جویچه‌ها بر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در آبیاری جویچه‌ای

امید بهمنی^۱، سمیرا اخوان^۲، محمد خرمیان^۳ و غلامعباس قلی زاده خلتی^۴

^۱ - نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان omid.bahmani@basu.ac.ir

^۲ - استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

^۳ - عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صافی آباد، دزفول.

^۴ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

بازنگری: ۱۳۹۷/۲/۲۰

پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۳

دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ویژگی‌های هیدرولیکی آبیاری سطحی جویچه‌ای آزمایشی در شمال استان خوزستان در خاکی با بافت سیلتی رسی لوم و شرایط اقلیمی گرم و نیمه‌خشک اجرا شد. چهار تیمار شامل دو تیمار خاک‌ورزی مرسوم CT1 و CT2 (شخم با گاواهن برگ‌دانداز + ۲ دیسک عمود برهم) و دو تیمار کم خاک‌ورزی MT1 و MT2 (اعمال دو دیسک عمود بر هم) با فواصل پشته‌های ۶/۰ و ۷۵/۰ متر در جویچه‌های به طول ۵۰ متر و در سه تکرار به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. خصوصیات هیدرولیکی آبیاری سطحی (ضرایب معادله نفوذ، ضریب زبری، هیدروگراف دبی ورودی و خروجی) و بازده‌های آبیاری اندازه‌گیری، شبیه‌سازی (مدل WinSRFR4.3.1) و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شیوه خاک‌ورزی و عرض جویچه تأثیر معنی‌داری بر ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف لوییس داشت. اثرات متقابل خاک‌ورزی و عرض جویچه روی ضرایب معادله نفوذ در سطح احتمال یک درصد و روی توان معادله نفوذ در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که مدل WinSRFR توانایی قابل قبولی در شبیه‌سازی هیدروگراف دبی ورودی - خروجی و بازده‌های آبیاری را دارد. کمترین میزان خطا $RMSE = 0.054$ بین داده‌های مزرعه و شبیه‌سازی شده با در روش کم خاک‌ورزی مشاهده گردید. لذا پیشنهاد می‌شود که ضرایب معادله نفوذ و بازده‌های آبیاری در شرایط مختلف خاک‌ورزی و عرض جویچه اصلاح گردند و مطابق با آن‌ها طراحی لازم صورت گیرد.

کلید واژه‌ها: خاک‌ورزی، ضرایب نفوذ، آبیاری جویچه‌ای، مدل WinSRFR.

مقدمه

مناسب و نزدیک به شرایط مزرعه‌ای تعیین نگردند ممکن است آبیاری بی‌رویه و در نتیجه فرونشست عمقی و رواناب انتهایی صورت پذیرد و یا آبیاری کمتر از مقدار مورد نیاز انجام گیرد که در هر دو صورت، بازده آبیاری کم خواهد بود. در ایران هنوز شیوه خاک‌ورزی حفاظتی در مراحل تحقیقاتی بوده و در سطح بسیار اندک است (Khoramian, 2012). داشتن اطلاعات هندسی جویچه نیز برای طراحی، ارزیابی و شبیه‌سازی آبیاری جویچه‌ای ضروری است (Soroush and Mostafazadehfard, 2008). Domínguez و Bedano (2016) در پژوهشی تأثیر سیستم بدون شخم به جای حداقل خاک‌ورزی را بر pH محلول، رطوبت خاک، وزن مخصوص و مقاومت مکانیکی خاک مورد بررسی قرار دادند و اعلام کردند که اتخاذ سیستم بدون خاک‌ورزی (NT) به جای کم خاک‌ورزی (MT) در جهت بهبود پارامترهای فیزیکی و کیفی خاک نیست. Crittenden et al. (2015) در پژوهشی که به مدت چهار سال به طول انجامید، کیفیت فیزیکی خاک در سیستم‌های خاک‌ورزی معمولی و ارگانیک را مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که

سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی توسط سازمان‌های دولتی مناطق مختلف دنیا به‌عنوان گزینه مناسب مدیریتی برای حفظ منابع آب و خاک توصیه شده‌اند (Golchin and Askari, 2004). خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم می‌تواند در شرایط مختلف مزایایی مانند کاهش مصرف انرژی (Abbaspour et al., 2005)، کاهش فرسایش آبی و بادی (Lithourgidis et al., 2006)، نیاز به نیروی کار کمتر، افزایش مواد آلی خاک و تسریع در زمان کشت دوم را به دنبال داشته باشد (Ito et al., 2007). یکی از معیارهای مهم مدیریت سیستم آبیاری سطحی جویچه‌ای، نحوه‌ی خاک‌ورزی مزرعه و انتخاب ابعاد سطح مقطع جویچه می‌باشد که تأثیر مستقیمی بر خصوصیات هیدرولیکی خاک، حجم آب نفوذیافته و رواناب دارد. در این میان تابع نفوذ و ضریب زبری مانینگ از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. اگر این پارامترها مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرند، بهتر می‌توان سیستم آبیاری مورد نظر را ارزیابی، طراحی و یا شبیه‌سازی نمود. در صورتی که پارامترهای معادله نفوذ با دقت

بهره‌وری آب آبیاری است (Khorramian et al., 2011). در این راستا شرایط اقلیمی منطقه ایجاب می‌کند تا تحقیقات گسترده‌ای در رابطه با سیستم‌های آبیاری سطحی از جنبه‌های گوناگون انجام شود. با توجه به ضرورت حفاظت از منابع با ارزش خاک و آب و نقش مهم عملیات خاک‌ورزی، در این تحقیق تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و تغییر در فواصل بین جویچه‌ها بر ویژگی‌های هیدرولیکی آبیاری سطحی در آبیاری اول و دوم با استفاده از مدل WinSRFR مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل و اجرای طرح

این تحقیق، در یکی از مزارع شبکه آبیاری زهکشی دز در شمال استان خوزستان و در تابستان ۱۳۹۳ انجام گردید. منطقه مورد مطالعه دارای مشخصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا واقع شده است. جدول (۱) شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش را نشان می‌دهد. آماده سازی محل مورد آزمایش پس از اتمام مراحل اولیه تهیه زمین، شامل آبیاری اولیه (گاوردن)، تسطیح زمین و لولر صورت گرفت و سپس با استفاده از دوربین نیبو شیب مزرعه اندازه‌گیری شد. عملیات تهیه زمین با تراکتور دابل مدل مسی فرگوسن ۳۹۹ شروع شد. بدین صورت که با اعمال دو شیوه خاک‌ورزی، چهار تیمار مورد آزمایش احداث شد. در این تحقیق تیمارهای اصلی شیوه‌های خاک‌ورزی و تیمارهای فرعی فاصله بین جویچه‌ها می‌باشند به طوری که با ایجاد دو تیمار خاک‌ورزی مرسوم CT1 و CT2 (هر کدام از تیمارها دارای شخم با گاوآهن برگردان دار + ۲ دیسک عمود برهم) با فواصل پشته ۰/۶ و ۰/۷۵ متر و دو تیمار کم خاک‌ورزی MT1 و MT2 (اعمال دو دیسک عمود بر هم) با فواصل پشته ۰/۶ و ۰/۷۵ متر و جویچه‌هایی به طول ۵۰ متر اجرا شد. شیب طولی جویچه‌ها ۰/۰۳ متر بر متر و برای انجام آزمایش‌ها از آب موجود در شبکه آبیاری و زهکشی دز استفاده شد. بافت خاک سیلتی رسی لوم به روش هیدرومتری و چگالی ظاهری خاک به وسیله نمونه‌گیری مغزی اندازه‌گیری شدند. آزمایش بدین نحو انجام گردید که یک شدت جریان ثابت وارد هر جویچه شده و مقادیر دبی ورودی و خروجی، پیشروی و پسروی، سطح مقطع جویچه به وسیله دستگاه مقطع‌سنج در ایستگاه‌های اول و آخر قبل و بعد از آبیاری و عمق آب در نقاط مختلف جویچه اندازه‌گیری شد. برای ثبت زمان پیشروی و پسروی در فواصل ۵ متری از ابتدای جویچه نیز میخ‌های چوبی نصب شد. در هر یک از آبیاری‌ها دبی ثابت ۱/۵ لیتر در ثانیه وارد جویچه‌ی هر یک از تکرارها شده و زمان رسیدن جبهه آب به هر کدام از میخ‌ها به وسیله کرنومتر و پس از قطع آب، زمان پسروی یادداشت شد. مدت زمان آبیاری با توجه به بافت خاک و طول جویچه ۲۱۰ دقیقه انتخاب و در طول این مدت جریان ورودی به جویچه و خروجی توسط فلوم WSC اندازه‌گیری و ثبت شد.

کاهش خاک‌ورزی نسبت به شخم برگردان معمولی باعث بهبود کیفیت فیزیکی خاک می‌شود. Sheehy et al. (2015) در مطالعه‌ای تأثیر بدون شخم و کاهش خاک‌ورزی بر تجمع کربن مجموع مرتبط در اکوسیستم‌های کشاورزی شمال اروپا را مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شیوه‌های حداقل خاک‌ورزی به منظور ارتقا و دانه‌بندی خاک و تثبیت کربن آلی خاک (SOC) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. نتایج مطالعه‌ای در اراضی دیم تحت کشت کلزا در شمال شرقی هند و در سطوح مختلف خاک‌ورزی نشان داد که نفوذ و هدایت هیدرولیکی به طور قابل توجهی در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی افزایش یافت و همچنین مقدار بهره‌وری آب (WUE) در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی بالاترین مقدار را دارا بود (Kuotsu et al., 2014). Gozubuyuk et al. (2014) در پژوهشی اثرات سطوح خاک‌ورزی را بر برخی خواص فیزیکی و هیدرولیکی در یک خاک لومی و تحت تناوب زراعی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر خواص خاک و جوانه‌زنی گندم تأثیرگذار بوده است و بهترین نتیجه به دست آمده تحت عمل بدون شخم (خاک‌ورزی حفاظتی) در لایه سطحی ۰-۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد. در یک مطالعه موردی کاهش خاک‌ورزی به‌عنوان جایگزینی برای کشت بدون خاک‌ورزی تحت شرایط مدیترانه‌ای را مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شیوه کم خاک‌ورزی می‌تواند مشکل کاهش مزایای خاک را حل کند (López-Garrido et al., 2014).

Bautista et al. (2009) مدل WinSRFR را به منظور ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری و تخمین خصوصیات نفوذ و زبری هیدرولیکی استفاده نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که این مدل قادر خواهد بود تا دامنه راه حل‌هایی را که منجر به عملکرد تقریباً بهینه می‌شود تجسم کرده و راهکاری را برگزیند که هم-خوانی بیشتری با محدودیت‌های اجرایی داشته باشد. در حال حاضر، شناسایی و اندازه‌گیری عوامل مؤثر در رفتار حرکت آب و املاح در خاک و کاربرد وسیع دانش آن در مدیریت آبیاری، دفع پساب کشاورزی، شهری، صنعتی و رواناب حاصل از رگبارها اهمیت روزافزونی یافته است (Sam, 2009). اندازه‌گیری خصوصیات هیدرولیکی خاک در محل اهمیت زیادی در بسیاری از مطالعه‌های مرتبط با خاک همانند مطالعه‌های کشاورزی و هیدرولوژی دارد (Moret and Arrue, 2007). با توجه به اینکه هدف از انجام عملیات خاک‌ورزی ایجاد شرایط مناسب برای رشد و نمو گیاه از قبیل بهبود ساختمان خاک، نفوذپذیری و تهویه مناسب و غیره می‌باشد، در انتخاب شیوه‌ی خاک‌ورزی نیز با توجه به نیاز گیاه و به‌خصوص منابع آب و خاک باید توجه بیشتری داشت. همچنین تولید محصول در نواحی خشک و نیمه‌خشک همانند استان خوزستان به‌طور جدی به آبیاری وابسته است و برای دستیابی به کشاورزی پایدار ناگزیر به اعمال مدیریت‌های لازم در زمینه‌ی آبیاری، شیوه خاک‌ورزی و تأمین کود مورد نیاز گیاه برای افزایش

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه
Table 1- Physical and chemical characteristics of the studied soil

Soil depth (cm)	Soil texture	Volumetric moisture (%)		pH	ECe (dS m ⁻¹)	OC (%)	Bulk density (gcm ⁻³)
		PWP	FC				
0-20	SLC	13.9	22.5	7.6	1.2	0.71	1.55
20-40	SLC	13.8	22.6	7.75	0.68	0.56	1.69
40-60	SLC	13.7	22.8	7.5	0.67	0.5	1.70

مدل WinSRFR

مدل یک بعدی برای تحلیل و شبیه سازی آبیاری سطحی است که در سال ۲۰۰۶ و با همکاری مرکز تحقیقات مناطق خشک، خدمات تحقیقات کشاورزی و بخش تحقیقات کشاورزی آمریکا توسعه داده شد و از جمله مدل هایی است که کاربرد زیادی در طراحی و مدیریت آبیاری سطحی داشته است (Bautista et al., 2009). این مدل برای تحلیل هیدرولیک آبیاری سطحی دارای چهار بخش شبیه سازی، تحلیل رویداد (ارزیابی مزرعه ای)، طرح فیزیکی و تحلیل عملیات می باشد و با دو مدل ریاضی اینرسی صفر و موج کینماتیکی و به روش حل عددی، محاسبات را انجام می دهد. ارزیابی و دقت یک مدل آبیاری سطحی عمدتاً به دقت داده های ورودی مدل بستگی داشته و نتایج شبیه سازی همانند شرایط واقعی در مزرعه به شرایط هیدرولیکی، خاک، گیاه، طرح فیزیکی (پارامترهای طول جویچه و شیب) و مدیریت آبیاری (شامل شدت جریان ورودی و تداوم آبیاری) بستگی دارد.

تجزیه و تحلیل آماری

محاسبه پارامترها و بازدها با استفاده از مدل WinSRFR و تجزیه و تحلیل آماری داده ها و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن، در قالب کورت خرد شده بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS version 9.2 انجام شد.

میانگین مربعات خطا (RMSE)

برای تعیین دقت و سنجش کارایی مدل برای پارامترهای بازده کاربرد، نسبت پایاب (نسبت آب خروجی از فارو به آب ورودی)، نسبت نفوذ عمقی (نسبت آب خروجی از منطقه ریشه به آب ورودی به مزرعه) و یکنواختی توزیع ربع پایین از شاخص میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد که با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (5)$$

در معادله فوق O_i داده مشاهداتی، P_i داده تخمین زده شده با مدل و n تعداد داده ها می باشد.

نفوذ

معادله کوستیاکوف- لوییس امروزه در آبیاری سطحی به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد و به صورت زیر ارائه شده است:

$$Z = kt^a + f_0 t \quad (1)$$

که در آن:

Z : نفوذ تجمعی ($m^3 m^{-1}$)

f_0 : سرعت نفوذ نهایی ($m^3 m^{-1} min^{-1}$)

T : زمان (min) a و k ($m^3 m^{-1} min^{-a}$)، می باشد.

ضریب زبری

مهمترین پارامتر مؤثر بر هیدرولیک جریان سطحی ضریب زبری است. ضریب زبری بیانگر مقاومت سطح در برابر جریان است. با اندازه گیری هایی که در مزرعه برای عمق جریان و عرض سطح جریان گرفته شد و با تعمیم این اندازه گیری ها برای کل جویچه و با قرار دادن این مقادیر در رابطه مانینگ مقدار ضریب زبری برای جویچه محاسبه گردید.

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

$$R_0 = \frac{A}{w_p} \quad (3)$$

$$n = \frac{A_0^{\frac{5}{3}} S_f^{\frac{1}{2}}}{Q_0 w_p^{\frac{2}{3}}} \quad (4)$$

که در این معادلات:

A_0 = سطح مقطع ورود جریان (m^2)

S_f = شیب فارو

R_0 = شعاع هیدرولیکی جریان در ورودی

W_p = پیرامون خیس شده در ورودی (m)

Q_0 = دبی ورودی ($m^3 s^{-1}$)

نتایج و بحث

اثر خاک‌ورزی و عرض جویچه بر روی ضریب (K)

تحلیل تجزیه واریانس تیمارهای مورد بررسی بر ویژگی‌های هیدرولیکی آبیاری سطحی جویچه‌ای در جدول (۲) نشان می‌دهد که اثر روش خاک‌ورزی در سطح پنج درصد و اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی در عرض جویچه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر ضریب K داشت. به طوری که با کاهش خاک‌ورزی مقدار K افزایش یافته است. اختلاف در ضریب K در تیمارهای مختلف احتمالاً می‌تواند به خاطر کاهش مراحل خاک‌ورزی باشد. اما اثر تیمار فرعی عرض جویچه تأثیر معنی‌داری بر ضریب K نداشت. با توجه به مقایسه میانگین تیمارها در ضریب K مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار ضریب K در گروه آماری a با مقدار $0/02$ در تیمار $MT2$ کم‌خاک‌ورزی با عرض جویچه 75 سانتی‌متر است و تیمارهای $CT1$ ، $CT2$ و $MT1$ به ترتیب در گروه‌های ab ، b و c قرار گرفتند. Esfandiari و Maheshwari (2000) تغییرات پارامتر K در آبیاری‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار دادند. این محققان حساسیت بیشتر K را به دلیل رسی بودن خاک مورد آزمایش و تشکیل سله در اثر آبیاری تشخیص دادند و گزارش کردند که در آبیاری اول بیشتر دبی ورودی صرف پر نمودن ترک‌های موجود در کف جویچه شده و حجم آب کمتری صرف پیشروی آب در جویچه می‌شود. Koochakzadeh et al. (2003) نیز حساسیت پارامتر K را در مقایسه با پارامترهای a و f_0 در معادله نفوذ کوستیاکف لوییس مورد تأیید قرار دادند.

اثر خاک‌ورزی و عرض جویچه بر روی ضریب (a)

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که خاک‌ورزی و عرض جویچه آبیاری اثر معنی‌داری بر ضریب a نداشت. اما اثر متقابل دو تیمار بر روی ضریب a در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها در شکل (۱) نشان می‌دهد ضریب a در دو روش خاک‌ورزی در یک گروه آماری قرار داشتند. اثر متقابل تیمارها نیز بر این ضریب نشان داد که تیمار $CT2$ (تیمار خاک‌ورزی مرسوم با عرض جویچه $0/75$) با مقدار $0/43$ بالاترین مقدار را دارا می‌باشد و در گروه آماری a و تیمارهای $CT1$ و $MT1$ ، $MT2$ به ترتیب در گروه آماری b و ab قرار گرفتند (جدول ۲).

اثر خاک‌ورزی و عرض جویچه بر روی ضریب سرعت

نفوذ پایه (f_0)

طبق نتایج تجزیه واریانس، تأثیر خاک‌ورزی و عرض جویچه بر ضریب f_0 معنی‌دار نبود. اما اثر متقابل دو تیمار یاد شده روی ضریب f_0 در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین‌ها در شکل (۱) نیز نشان داد که ضریب f_0 در روش خاک‌ورزی و همچنین عرض جویچه در یک گروه آماری قرار دارند.

اثر خاک‌ورزی و عرض جویچه بر روی ضریب زبری

مانینگ (n)

اثر روش خاک‌ورزی، عرض جویچه و اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی در عرض جویچه بر اساس نتایج تجزیه واریانس در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر ضریب n داشتند (جدول ۲). همچنین مقایسه میانگین‌ها در شکل (۱) نشان می‌دهد که ضریب n در دو روش خاک‌ورزی در دو گروه آماری a و b قرار دارند. مقایسه میانگین اثر عرض جویچه بر ضریب n گویای آن است که تیمار عرض جویچه 75 سانتی‌متر بالاترین مقدار n را دارا می‌باشد که با نتایج (Bautista and Wallender, 1985) مطابقت دارد. با توجه به شکل (۱) بالاترین مقدار ضریب زبری $0/62$ در سامانه‌ی کم خاک‌ورزی با عرض جویچه 75 سانتی‌متر است (تیمار $MT2$) و دیگر تیمارها $CT1$ ، $CT2$ و $MT1$ در گروه آماری b قرار گرفتند.

متوسط مقادیر ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف لوییس و

ضریب زبری مانینگ

بیشترین مقدار ضریب K با $0/22$ مربوط به روش کم خاک‌ورزی با عرض جویچه 75 سانتی‌متر است و کمترین مقدار ضریب K در تیمار خاک‌ورزی مرسوم با مقدار $0/07$ به دست آمده است (جدول ۳). پایین بودن مقدار ضریب K در روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به روش کم خاک‌ورزی را می‌توان بخاطر عدم یکنواخت بودن خاک سطحی و زیرسطحی به علت استفاده از گاواهن برگرداندار و زبر و رو کردن خاک دانست.

نتایج جدول (۳) برای ضریب زبری مانینگ (n) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار ضریب زبری در آبیاری اول و دوم مربوط به تیمار کم خاک‌ورزی است. در روش کم خاک‌ورزی به دلیل وجود پوشش گیاهی موجود در سطح خاک (کاه و کلش) مقدار ضریب زبری بیش از مقدار ضریب زبری در حالت بدون پوشش گیاهی (مرسوم) است. در تیمار خاک‌ورزی مرسوم کاه و کلش کمتری وجود دارد و این امر باعث یکنواختی بیشتر خاک سطحی در مقابل جریان و پیشروی آب شده است. بنابراین وجود پوشش گیاهی عامل مهمی است که در تیمارها باعث افزایش و یا کاهش مقدار ضریب زبری شده است. در این پژوهش ضریب زبری با استفاده از عمق آب در جویچه‌ها بدست آمد. اگر عمق جریان مشخص شده باشد زبری می‌تواند مستقیم برآورد گردد (Hessel et al., 2003). در رابطه با ضریب زبری مانینگ می‌توان گفت که این پارامتر بسیار متغیر و به تعدادی عامل وابسته است. این عوامل شامل: زبری سطح، پوشش گیاهی، شکل مسیر و سطح مقطع، وجود موانع در مسیر جریان، انحنای مسیر تراز و دبی می‌باشند. مقدار ضریب زبری (n) رابطه مستقیمی با درصد پوشش گیاهی دارد، به طوری که پوشش گیاهی بیشترین تأثیر را بر روی مقدار ضریب زبری نشان می‌دهد (Sepaskhah and

وجود پوشش گیاهی بر ضریب زبری مانینگ را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مقدار ضریب زبری در حالت با پوشش گیاهی (همانند روش کم خاک‌ورزی) بیش از مقدار ضریب زبری در حالت بدون پوشش گیاهی است.

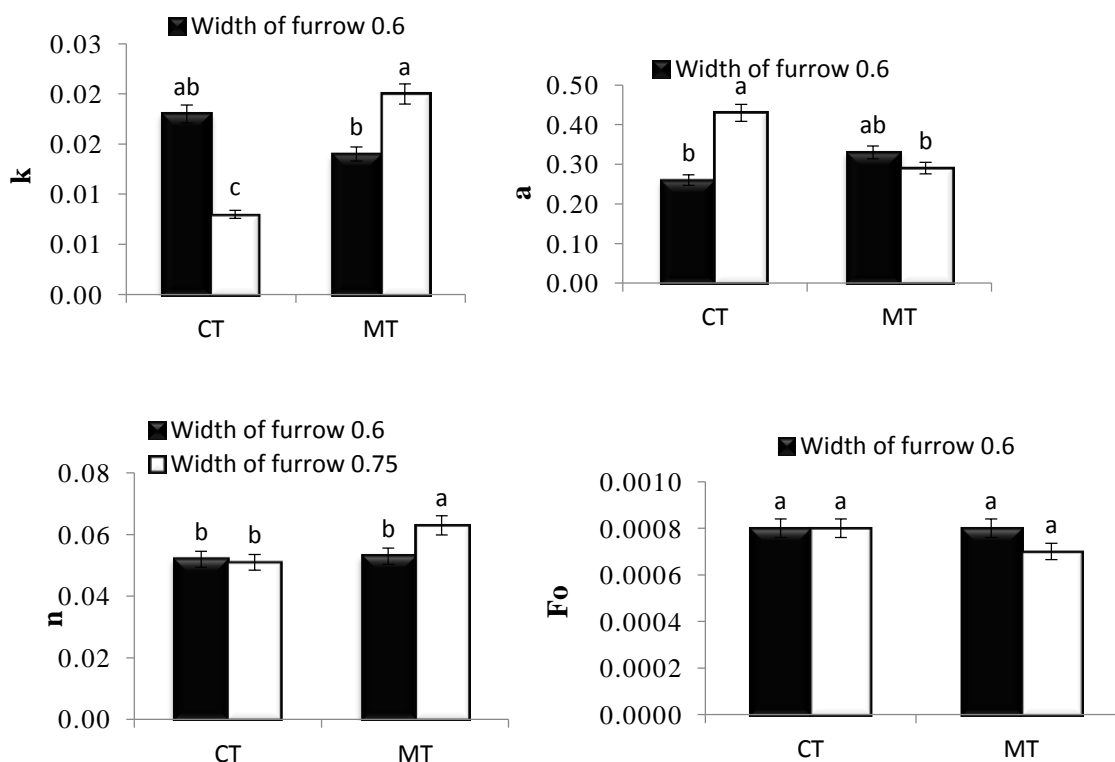
(Bonder, 2002). بنابراین با توجه به اینکه در روش کم خاک‌ورزی بین ۱۵ تا ۳۰ درصد بقایای گیاهی کشت قبلی بر روی زمین وجود دارد این انتظار وجود داشت که در این پژوهش و در این نوع خاک‌ورزی مقدار زبری بیش از مقدار زبری در روش خاک‌ورزی مرسوم باشد. Falahatgar et al. (2010) تأثیر

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های هیدرولیکی آبیاری سطحی جویچه‌ای

Table 2 - Analysis of the variance of hydraulic characteristics of the furrow surface irrigation

Source of variation	DF	Kostiakov Lewis coefficients			Manning coefficient (n)
		F ₀ (m ³ /m.min)	a	K (m ³ /m.min ^a)	
replication	2	1.1E-8ns	0.0002 ^{ns}	0.000008 ^{ns}	0.00001 ^{ns}
tillage	1	9.6E-9ns	0.007 ^{ns}	0.0001*	0.0002**
Main error	2	6.3E-10ns	0.007 ^{ns}	0.00004 ^{ns}	0.000001 ^{ns}
Width of furrow	1	4.8E-8ns	0.025 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.0001**
Tillage* Width of furrow	1	2.2E-8ns	0.06*	0.0004**	0.0001**
Sub error	14	16	16	16	16
CV(%)		28.7	26.9	27.7	4.9

ns: Non-significant, **, *:significant at 1% and 5% probability level respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین ضرایب هیدرولیکی خاک در آبیاری اول و دوم

Fig. 1- Comparison of the average hydrological coefficients of soil in the first and second irrigation

جدول ۳ - متوسط مقادیر ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف لویس و ضریب زبری مانینگ

Table 3 - The mean values of the coefficients of the Kostiakov Lewis penetration equation and manning roughness coefficients

Irrigation	Tillage treatments	Width of furrow (m)	K (m ³ /m.min ^a)	a	F ₀ (m ³ /m.min)	n
First	Conventional tillage	0.6	0.02096	0.2095	0.00096	0.054
		0.75	0.009401	0.3564	0.001197	0.053
	Less tillage	0.6	0.01848	0.3067	0.001197	0.056
		0.75	0.02224	0.2240	0.00098	0.065
Second	Conventional tillage	0.6	0.01563	0.3167	0.00078	0.050
		0.75	0.00753	0.5117	0.000617	0.049
	Less tillage	0.6	0.01131	0.3591	0.00081	0.051
		0.75	0.01486	0.3602	0.00048	0.062

جدول ۴- میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده (صحرایی) و شبیه سازی شده (مدل) بیلان آب

Table 4- Measured values (field) and simulated (model) water balance

Irrigation	Treatment	Simulated (m3)			Measured (m3)			Relative error (%)		
		Input	Runoff	Infiltration	Input	Runoff	Infiltration	Input	Runoff	Infiltration
First	CT1	18.9	12.43	6.47	18.9	11.12	7.78	0	16.8	11.7
	CT2	18.9	13.65	5.25	18.9	12.1	6.8	0	22.7	12.8
	MT1	18.9	12.59	6.31	18.9	11.14	7.76	0	18.6	13.01
	MT2	18.9	13.62	5.28	18.9	13.45	5.45	0	3.1	1.26
Second	CT1	18.9	10.02	8.88	18.9	9.96	8.94	0	0.7	0.6
	CT2	18.9	9.92	8.98	18.9	10.93	7.97	0	12.6	9.2
	MT1	18.9	10.36	8.54	18.9	10.87	8.03	0	6.4	4.6
	MT2	18.9	8.17	10.73	18.9	9.8	9.1	0	17.9	16.6

مزرعه (مخزن خاک) برای جذب و ذخیره آب، مقاومت بیشتر در برابر جریان و پیشروی آب در جویچه و وجود درز و شکاف‌های بیشتر در نوبت آبیاری اول باعث شدند تا حجم آب نفوذ یافته و رواناب در نوبت آبیاری اول و دوم متفاوت باشد. به طوری که در آبیاری دوم و در همه تیمارها مقدار رواناب و حجم آب نفوذ یافته به ترتیب افزایش و کاهش داشته است. نتایج مدل نیز افزایش رواناب و کاهش حجم آب نفوذ یافته در آبیاری دوم را نشان می‌دهد. دلیل این امر را می‌توان کاهش مقدار تخلخل سطحی خاک و مسدود شدن درز و شکاف‌ها به خاطر حرکت ذرات رس و املاح خاک و کاهش مقاومت در برابر حرکت جریان در اثر اصلاح سطح مقطع جویچه نسبت به آبیاری اول و همچنین کاهش جذب آب توسط خاک بعد از آبیاری اول دانست.

مقایسه شاخص‌های عملکرد آبیاری اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده

بازده کاربرد (Ea)

نتایج بررسی بازده کاربرد در جدول (۵) نشان می‌دهد که بیشترین بازده کاربرد در آبیاری اول و دوم در روش کم خاک‌ورزی (MT₂) و به ترتیب با ۴۶ و ۴۲ درصد می‌باشد. نتایج مدل نیز بالاترین بازده کاربرد را با ۵۲ و ۴۳ درصد در روش کم خاک‌ورزی

بیلان آب اندازه‌گیری شده مزرعه و محاسبه شده مدل در آبیاری اول و دوم

جدول (۴) مقادیر حجم آب ورودی، حجم رواناب و حجم آب نفوذ یافته در دو روش اندازه‌گیری در مزرعه و برآورد شده به وسیله مدل و همچنین میزان خطا بین داده‌های اندازه‌گیری و شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.

با مقایسه حجم آب نفوذ یافته حاصل از اختلاف کل حجم آب ورودی به جویچه و کل حجم آب خروجی از جویچه که توسط هیدروگراف‌های ورودی- خروجی مدل به دست آمد، مقدار نفوذ در طول جویچه محاسبه شد مقایسه مقادیر اندازه‌گیری با مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل WinSRFR4.3.1 نشان دهنده دقت خوب این مدل است. در هر دو نوبت آبیاری اول و دوم حجم آب ورودی پیش‌بینی شده توسط مدل از زمان صفر تا زمان قطع جریان (۲۱۰ دقیقه) ۱۸/۹ مترمکعب برآورد شد که با مقدار اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای مساوی می‌باشد. به علت دقت در اندازه‌گیری‌های صحرایی و پارامترهای مورد نیاز مدل، حجم آب ورودی برآورد شده توسط مدل به خوبی انجام گرفته است. بعد از انجام عملیات تهیه زمین و خاک‌ورزی مرسوم، آبیاری اول انجام شد که عوامل مهمی از قبیل: خشک بودن زمین، ظرفیت بالای

بازده یکنواختی توزیع ربع پایین (DU)

از نظر یکنواختی توزیع ربع پایین بالاترین مقدار با ۷۲ درصد مربوط به روش کم خاک ورزی است. کمترین خطا بین داده های اندازه گیری مزرعه و شبیه سازی شده به وسیله مدل در آبیاری دوم و روش کم خاک ورزی است. کمترین مقدار RMSE برابر یک در روش کم خاک ورزی با عرض جویچه ۶۰ سانتی متر (تیمار MT1) می باشد و بیشترین خطا در آبیاری اول و دوم مربوط به شیوه خاک ورزی مرسوم است.

با توجه به نتایج جدول (۶) و مقادیر RMSE می توان نتیجه گرفت که مدل WinSRFR در شبیه سازی جریان آبیاری (هیدروگراف دبی ورودی خروجی، پیشروی و پسروی جریان، عمق نفوذ آب و پارامترهای بازده) در شیوه های مختلف خاک ورزی به خوبی عمل نموده است. استفاده از مدل های آبیاری بویژه مدل WinSRFR باید به گونه ای باشد که شرایط خاک ورزی مزرعه همانند عمق و نحوه برگردانی خاک (عمق شخم توسط دیسک و گاواهن) و ضریب زبری، برای مدل تعریف شده باشد و تناقضی وجود نداشته باشد. استفاده از گاواهن برگرداندار و تأثیر آن در چگونگی حرکت آب در خاک باعث شده است تا میزان خطا بین داده های مزرعه و برآورد مدل در روش خاک ورزی مرسوم افزایش یابد. بنابراین شیوه کم خاک ورزی بیشترین همخوانی را برای استفاده از مدل آبیاری WinSRFR دارد و در جدول (۶) کمترین خطا در شیوه کم خاک ورزی است.

نشان می دهد. کمترین مقدار خطا در آبیاری اول برای تیمار خاک ورزی مرسوم است. در آبیاری دوم کمترین میزان خطا با مقدار ۰/۵۴ بین داده های مزرعه و مدل شبیه سازی برای شیوه کم خاک ورزی است.

نسبت پایاب (TWR)

در جدول (۵) بیشترین نسبت پایاب در آبیاری اول و دوم با ۳۱ و ۴۱ درصد مربوط به روش خاک ورزی مرسوم است که با نتایج مدل مطابقت دارد. مقدار میانگین RMSE برای نسبت پایاب در آبیاری اول ۳/۷ و برای آبیاری دوم ۲/۹ است. کمترین مقدار RMSE در آبیاری دوم برای روش کم خاک ورزی است. اختلاف کمتر میزان خطا در این شیوه خاک ورزی نشان می دهد که مدل WinSRFR با تشخیص وجود پوشش گیاهی در این روش خاک ورزی و تعیین دقیق ضریب زبری مانینگ توانسته است برآورد خوبی از بازده پایاب (رواناب) داشته باشد.

نسبت نفوذ عمقی (DPR)

نتایج در جدول (۵) نشان داد که در روش کم خاک ورزی و خاک ورزی مرسوم در آبیاری اول و دوم نسبت نفوذ عمقی با مقدار تقریباً ۲۶ درصد یکسان است. برای نسبت نفوذ عمقی کمترین میزان خطا در آبیاری اول و دوم مربوط به روش کم خاک ورزی است. میانگین خطا در آبیاری اول و دوم با مقدار مشابه تقریباً ۲/۵ می باشد.

جدول ۵- میانگین مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده شاخص های عملکرد آبیاری**Table 5- Measured values (field) and simulated (model) efficiencies**

Irrigation	Treatment	Measured (%)				Simulated (%)			
		DU	DPR	TWR	Ea	DU	DPR	TWR	Ea
First	CT1	78	34	31	35	87	26	34	39
	CT2	70	29	25	46	83	21	28	51
	MT1	71	37	27	36	81	25	33	42
	MT2	71	32	22	46	79	20	28	52
Second	CT1	65	30	41	29	71	26	47	27
	CT2	68	27	42	41	73	20	41	39
	MT1	72	30	38	32	87	27	45	28
	MT2	70	26	32	42	75	20	37	43

Ea: Application efficiency; TWR: Tail water ratio; DPR: Deep percolation ratio; DU: Distribution uniformity

جدول ۶- میزان خطای RMSE مدل در برآورد شاخص های عملکرد آبیاری**Table 6- RMSE Error Efficiencies in Field Measurement and Estimated by Model**

Irrigation	Treatment	TWR	Ea	DPR	Du
First	CT ₁	3.7	2.7	4.1	2.8
	CT ₂	3.3	3.3	1.4	3.6
	MT ₁	4.4	3.2	3.1	3.1
	MT ₂	3.4	3.5	1	3.3
Second	CT ₁	3.7	2.1	4.4	3.3
	CT ₂	2.2	1.8	1.4	2.6
	MT ₁	3.8	1.9	4.4	1
	MT ₂	2	0.54	1.4	1.7

نتیجه گیری

در این تحقیق ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف-لوییس به روش بیلان حجم و با استفاده از روابط واکر اسکوگرو و ضریب زبری با استفاده از معادله مایننگ در دو نوع عملیات خاک‌ورزی محاسبه گردیده است و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای با نتایج مدل مقایسه شد. نتایج نشان داد که شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی باعث کاهش و یا افزایش ضرایب معادله نفوذ و ضریب زبری شده است. به عبارت دیگر ضرایب معادله نفوذ و ضریب زبری به تغییرات خاک‌ورزی واکنش یکنواختی نشان نداده‌اند. اثر روش خاک‌ورزی و همچنین عرض جویچه هرکدام به طور جداگانه کمترین میزان تأثیر را روی ضرایب معادله نفوذ داشتند، ولی اثر متقابل خاک‌ورزی در عرض جویچه اثرات معنی‌داری روی پارامترهای معادله نفوذ و همچنین ضریب زبری داشت. ضریب K در مقایسه با دیگر ضرایب معادله نفوذ (F_0, a) در هر دو نوبت آبیاری تغییرات بیشتری داشته است. دلیل این امر حساسیت بیشتر ضریب K نسبت به نحوه‌ی عملیات خاک‌ورزی (استفاده از دیسک و گاواهن)، چگونگی حرکت آب در خاک (پیشروی و پسروی) و میزان رطوبت اولیه می‌باشد. مقدار ضریب زبری به دست آمده در هر دو روش خاک‌ورزی متفاوت بوده است که می‌توان گفت وجود پوشش گیاهی بیشتر در روش کم خاک‌ورزی مهمترین علت آن می‌باشد. ضریب زبری و ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف لوییس به خاطر تأثیری که روی میزان نفوذ آب در خاک دارند، می‌توانند روی میزان رواناب تولیدی مؤثر باشند. به عبارت دیگر کاهش ضریب زبری باعث افزایش رواناب و

بالا بودن سرعت نفوذ پایه باعث کاهش میزان رواناب می‌شود. مدل WinSRFR با استفاده از اطلاعات مزرعه‌ای توانست هیدروگراف دبی ورودی-خروجی، پیشروی، پسروی، عمق‌های نفوذ و بازده‌های آبیاری را به دقت برآورد کند و هر چقدر که داده‌های اندازه‌گیری در مزرعه از دقت بالایی برخوردار باشند، مدل نیز به همان اندازه از دقت بالایی برخوردار است. در مجموع عملکرد مدل در برآورد پارامترهای حجم آب ورودی، حجم آب نفوذیافته و رواناب قابل قبول است، بنابراین می‌توان در طراحی‌های آبیاری جویچه‌ای و مدیریت آن، مورد استفاده و ارزیابی قرار گیرد. با توجه به حجم آب نفوذیافته و رواناب در آبیاری دوم، می‌توان حجم آب ورودی را برای آبیاری‌های بعدی به نحوی به دست آورد که حجم رواناب به حداقل برسد، برای این کار لازم است که با توجه به عوامل خاک (بافت و میزان رطوبت در دسترس) و گیاه (هیدرومدول در طول دوره رشد)، مقدار حجم آب مورد استفاده برای گیاه را به دست آورد و در نوبت‌های بعدی آبیاری حجم آب مورد استفاده کمتر از مقدار آبیاری اول خواهد بود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان، از دانشگاه بوعلی سینا همدان و بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، دزفول، به خاطر فراهم نمودن امکانات مالی و اجرایی این تحقیق، تشکر و قدردانی مینمایند.

References

- 1- Abbaspour-Gilandeh, Y., Khalilian, A., Reza, A., Alireza, K. and Sadati, S.H., 2005. Energy savings with variable-depth tillage. In *Proceedings of the 27th Southern Conservation Tillage Systems Conference, Florence, South Carolina, USA, 27-29 June, 2005* (pp. 84-91). North Carolina Agricultural Research Service, North Carolina State University.
- 2- Bautista, E. and Wallender, W.W., 1985. Spatial variability of infiltration in furrows. *Transactions of the ASAE*, 28(6), pp.1846-1851.
- 3- Bautista, E., Clemmens, A.J. and Strelkoff, T.S., 2009. Structured application of the two-point method for the estimation of infiltration parameters in surface irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 135(5), pp.566-578.
- 4- Crittenden, S.J., Poot, N., Heinen, M., Van Balen, D.J.M. and Pulleman, M.M., 2015. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *Soil and Tillage Research*, 154, pp.136-144.
- 5- Domínguez, A. and Bedano, J.C., 2016. The adoption of no-till instead of reduced tillage does not improve some soil quality parameters in Argentinean Pampas. *Applied Soil Ecology*, 98, pp.166-176.
- 6- Esfandiari, M. and Maheshwari, B.L., 2000. Sensitivity of a furrow irrigation model to input parameters. *International Agricultural Engineering Journal*, 9(3/4), pp.117-128.
- 7- Falahatgar, M., bahremand, A., sheikh, V. And atrakchali, A., 2010. The effects of vegetation manning roughness coefficient on the hillslope in aghghala rangelands. *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(3), pp.125-142. (In Persian).

- 8- Golchin, A. and Askari, H., 2004. Change of some of soil physical properties due to effect tillage operation. In *Proceeding of 9th Soil Science Congress of Iran*. Soil Conservation and Watershed Research Institute. pp. 145-146. (In Persian).
- 9- Gozubuyuk, Z., Sahin, U., Ozturk, I., Celik, A. and Adiguzel, M.C., 2014. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate. *Catena*, 118, pp.195-205.
- 10-Hessel, R., Jetten, V. and Guanghui, Z., 2003. Estimating Manning's n for steep slopes. *Catena*, 54(1-2), pp.77-91.
- 11-Ito, M., Matsumoto, T. and Quinones, M.A., 2007. Conservation tillage practice in sub-Saharan Africa: the experience of Sasakawa Global 2000. *Crop Protection*, 26(3), pp.417-423.
- 12-Khoramian, M., 2012. Sensitivity analysis of a Furrow irrigation model to input parameters (case study in Dez irrigation network). *National Conference on Optimal Utilization of Water Resources, Azad University, Dezful Branch*.
- 13-Khorramian, M., Boroomandnasab, S., Abbasi, F. and Ashrafizadeh, S., 2011. Effect of tillage method and n fertilizer rates on water and nitrate movement in northern khuzestan soils. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 12(2), pp. 1-18. (In Persian).
- 14-Koochakzadeh, M., Fathi, P. and M. Homae. 2003. Comparison volume balance model solution methods in surface irrigation. *Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University*, 4 (11):51-69.
- 15-Kuotsu, K., Das, A., Lal, R., Munda, G.C., Ghosh, P.K. and Ngachan, S.V., 2014. Land forming and tillage effects on soil properties and productivity of rainfed groundnut (*Arachis hypogaea* L.)–rapeseed (*Brassica campestris* L.) cropping system in northeastern India. *Soil and Tillage Research*, 142, pp.15-24.
- 16-Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Damalas, C.A., Vasilakoglou, I.B. and Eleftherohorinos, I.G., 2006. Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates, and on labor and fuel consumption. *Crop Science*, 46(3), pp.1187-1192.
- 17-López-Garrido, R., Madejón, E., León-Camacho, M., Girón, I., Moreno, F. and Murillo, J.M., 2014. Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: A case study. *Soil and Tillage Research*, 140, pp.40-47.
- 18-Moret, D. and Arrúe, J.L., 2007. Dynamics of soil hydraulic properties during fallow as affected by tillage. *Soil and Tillage Research*, 96(1-2), pp.103-113.
- 19-Sam, C., 2009. *The dynamic interplay of mechanisms governing infiltration into structured and layered soil columns*(Doctoral dissertation, Lincoln University).
- 20-Sepaskhah, A.R. and Bondar, H., 2002. SW—Soil and Water: Estimation of Manning Roughness Coefficient for Bare and Vegetated Furrow Irrigation. *Biosystems Engineering*, 82(3), pp.351-357.
- 21-Sheehy, J., Regina, K., Alakukku, L. and Six, J., 2015. Impact of no-till and reduced tillage on aggregation and aggregate-associated carbon in Northern European agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 150, pp.107-113.
- 22-Soroush, F. And Mostafazadehfard, B., 2008. Computer model for computation of the parameters of furrow geometry functions. *Water and Soil*, 22(2), pp. 272-283. (In Persian).