Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 5, Dec.-Jan., 2022, p. 531-544

Effects of Lateral Spacing in Tape Irrigation System on Salinity Distribution in Soil Profile in Wheat Fields

N. Karimi[1], S.H. Tabatabaei[2*], M.H. Rahimian[3], S.A. Esmaeilzadeh-Hosseini[4]

Received: 19-06-2022
Revised: 27-09-2022
Accepted: 15-10-2022
Available Online: 15-01-2023

How to cite this article:
Karimi, N., Tabatabaei, S.H., Rahimian, M.H., & Esmaeilzadeh-Hosseini, S.A. (2022). Effects of Lateral Spacing in Tape Irrigation System on Salinity Distribution in Soil Profile in Wheat Fields. *Journal of Water and Soil 36*(5): 531-544. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JSW.2022.77125.1174

Introduction

In arid and semi-arid regions, agricultural sustainability needs to improve the consumption of water and soil resources. Low rainfall, high evaporation, low water quality and less leaching of solutes in the soil due to limited water resources are the main problems in these areas. The quality of water and soil resources in the provinces of Fars, Khuzestan, Yazd, Golestan and Khorasan also shows that most of the wheat farming lands in these provinces are always facing salinity issues. According to the conducted studies, saline water can be successfully used in irrigation, but application of unconventional water by surface irrigation systems with low efficiency due to evaporation and high water salts leads to soil salinity. Micro-irrigation methods increase water use efficiency by reducing water consumption and increasing yield, so that drip irrigation efficiency of 91-80% and irrigation levels of 50-73% have been reported. In recent years, the use of drip irrigation system (such as tape on wheat fields) has been recommended to farmers as a water management solution. Micro-irrigation systems by reducing water consumption and increasing yields, improve water use efficiency. Drip tape irrigation system compared to other surface and sprinkler irrigation methods, due to short irrigation periods and reduction of evaporation losses and deep infiltration even for crops can be proposed as an alternative. Drip tape irrigation in wheat cultivation can increase water use efficiency up to 2 times. Also, in irrigation with salt water, while maintaining humidity in the environment, it reduces salinity stress and by consuming less water and reducing the amount of wetting, it introduces less solutes into the soil. This method has limitations in wheat fields due to costs and also the possibility of soil salinity problems, some of which can be overcome by increasing the distance between the laterals and reducing the consumption of drip irrigation (Tape) per unit area.

Materials and Methods

In this study, during the 2020-2021 at the Salinity Research Center of Yazd Province (Iran), the effect of lateral distances on the surface and depth distribution of soil salinity was investigated. For this purpose, two irrigation water salinity treatments, including 3 and 8 dS / m and two flood (T1) and drip irrigation systems (Tape) with lateral distances of 60 (T2), 100 (T3) and 140 (T4) cm were considered. Irrigation management treatments included the use of the flooding method (as the dominant method in wheat fields) and the use of the Tape drip

1 and 2- Ph.D Student and Associate Professor Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: tabatabaei@sku.ac.ir)
3- 3- Research Assistant Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), National Salinity Research Center (NSRC), Yazd, Iran
4- Research Assistant Professor, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran

irrigation method (as the proposed method with very low water consumption). A distance of 60 cm was considered as the optimal distance with complete water overlap, a distance of 100 cm was considered as an economic distance with the possibility of deep moisture distribution and a distance of 140 cm was considered as a large lateral distance. To investigate the salinity distribution and the accumulation of salts in the soil, regular soil sampling of different treatments was the end of the season.

Results and Discussion

In all irrigation treatments (saline and non-saline), despite the constant volume of water consumption per unit area of all treatments, in T3 and T4 treatments, irrigation depth increased compared to T2 treatment and reduced soil salinity in the wetting area (irrigated area). By increasing the horizontal distance of each point of the field from the lateral, the irrigation depth and leaching fraction decrease and consequently, the soil salinity of these points can also increase. Under non-saline irrigation conditions (salinity of 3 dS/m), soil salinity at intervals of zero (below the lateral), 15 and 30 cm, between 5.5 and 6.1 dS/m has been observed. Values below the threshold of tolerance to salinity of wheat plant and, in this regard, does not pose a risk to the plant. At a distance of 45, 60 and 70 cm from the water pipe, the salinity of the soil is higher than the threshold and if there is a plant in this area of the field, it will face serious damage.

Conclusion

The results showed that although the Tape method in saline conditions (8 dS/m) compared to non-saline conditions (3 dS/m) leads to higher accumulation of solutes in the soil and increases the possibility of plant damage, but according to the final results of this study, by increasing the distances of irrigation laterals and proportionally increasing the depth of irrigation and keeping the salts away from the planting bed, a more suitable environment for plant growth can be prepared and higher economic benefits of this measure can be obtained. Also, in terms of controlling soil salinity, the conditions have been such that treatment with lateral distance of 140 cm compared to treatments of 60 and 100 cm has led to lower amounts of soil salinity in the subsurface and has provided better conditions for the plant. Thus, by increasing the distances of laterals from 60 to 140 cm and, consequently, increasing the depth of irrigation, it was possible to transfer solutes to lower depths of the soil.

Keywords: Lateral, Saline water, Solute accumulation, Soil salinity

Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۵، آذر-دی ۱۴۰۱، ص. ۵۴۴-۵۳۱

تاثیر فاصله لوله‌های آبده سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری (Tape) بر توزیع شوری در پروفیل خاک در کشت گندم

نادر کریمی[۱]- سیدحسن طباطبائی[۲*]- محمدحسن رحیمیان[۳]- سیدعلیرضا اسمعیل زاده حسینی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۳

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای- نواری (نظیر Tape در مزارع گندم) به‌عنوان یک راهکار مدیریت آب در مزرعه به کشاورزان توصیه شده است. این روش در مزارع گندم به دلیل هزینه‌ها و همچنین احتمال بروز مشکلات شوری خاک، دارای محدودیت‌هایی است که بخشی از این موارد می‌تواند از طریق افزایش فاصله لوله‌های آبده و کاهش مصرف نوارهای آبیاری در واحد سطح مرتفع شود. در این پژوهش که طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و در استان یزد انجام شد، تأثیر فاصله لوله‌های آبده (لترال) بر توزیع سطحی و عمقی شوری خاک مورد بررسی قرار گرفت. برای این هدف، دو تیمار شوری آب آبیاری شامل ۳ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و دو سیستم آبیاری غرقابی و قطره‌ای- نواری با فواصل لترال ۶۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر مد نظر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اگرچه روش قطره‌ای - نواری در شرایط شور (۸ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به شرایط غیر شور (۳ دسی‌زیمنس بر متر) منجر به تجمع بیشتر املاح در خاک شده و احتمال بروز خسارت به گیاه را تشدید می‌کند، اما نتایج نهایی این پژوهش حاکی از آن بود که با افزایش فواصل لترال‌های آبیاری و به تناسب آن افزایش عمق آبیاری و دور نگه‌داشتن املاح از بستر کاشت، می‌توان محیط مناسب‌تری را برای رشد گیاه آماده کرد و از مزایای اقتصادی این اقدام نیز بهره برد. همچنین، از نظر کنترل شوری اعماق خاک نیز شرایط به گونه‌ای بوده است که تیمار با فاصله لترال ۱۴۰ سانتی‌متر نسبت به تیمارهای ۶۰ و۱۰۰سانتی‌متر منجر به مقادیر کمتر شوری خاک در لایه‌های زیرین گردیده و شرایط بهتری را برای گیاه فراهم کرده است. به‌طوری‌که با افزایش فواصل لترال‌ها از ۶۰ به ۱۴۰ سانتی‌متر و به تبع آن، افزایش عمق آبیاری‌ها، امکان انتقال املاح به اعماق پایین‌تر خاک نیز فراهم شد.

واژه‌های کلیدی: آب شور، تجمع املاح، شوری خاک، لوله آبده (لترال)

مقدمه

پایداری کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیاز به بهره‌وری مناسب از منابع آب و حفاظت بیشتر از منابع خاک دارد. بارندگی اندک، تبخیر زیاد، کیفیت پایین آب و آبشویی کمتر املاح در خاک به‌دلیل محدودیت منابع آب، از مسائل اصلی این مناطق است (Abbasi *et al.*, 2015). حتی به دلیل محدودیت منابع آبی در بسیاری از این مناطق بهره‌گیری از منابع آب‌های شور و یا با کیفیت پایین نه‌تنها به‌عنوان یک انتخاب، بلکه به‌عنوان یک الزام پیش روی کشاورزان قرار گرفته است (Diaz *et al.*, 2018). بررسی کیفیت منابع آب و خاک کشور در استان‌های تحت کشت گندم نظیر فارس، خوزستان، یزد، گلستان و خراسان نیز نشان می‌دهد که اکثر اراضی گندمکاری در این استان‌ها همواره با درجات مختلفی از مسائل شوری مواجه می‌باشد. هرچند در مطالعات مختلفی نشان داده شده است که

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: tabatabaei@sku.ac.ir)

۳- استادیار پژوهشی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۴- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

DOI: 10.22067/JSW.2022.77125.1174

از آب شور می‌توان به‌طور موفقیت‌آمیزی در آبیاری گیاهان استفاده کرد (Rahimian, 2016)، اما بهره‌گیری از آب‌های نامتعارف توسط سیستم‌های آبیاری سطحی با راندمان پایین به دلیل املاح زیاد آب و تبخیر زیاد، شوری خاک را در پی خواهند داشت (Li *et al*., 2015). روش‌های نوین آبیاری با کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد، به‌گونه‌ای که راندمان آبیاری قطره‌ای ۸۰-۹۱ درصد و آبیاری سطحی ۵۰-۷۳ درصد گزارش شده است (Akhavan, 2015). در این میان سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری سطحی و بارانی علاوه بر بهره‌وری بیشتر آب (Tarighi and Maleki, 2017) نسبت به آبیاری سطحی، به دلیل دور آبیاری کوتاه و کاهش تلفات تبخیر و نفوذ عمقی حتی برای کشت‌های زراعی به‌عنوان جایگزین پیشنهاد می‌گردد (Gharahdaghi *et al*., 2019). همچنین در آبیاری با آب شور، ضمن نگه‌داشتن رطوبت در محیط ریشه باعث کاهش تنش شوری شده و با مصرف آب کمتر و کاهش سطح خیس‌شدگی، میزان املاح کمتری را به خاک وارد کرده و از تبخیر سطح خاک می‌کاهد(Khoshsimay-Chenar and Noory, 2019). آبیاری قطره‌ای به دلیل دبی ورودی کم و تناوب زیاد، قادر است پتانسیل ماتریک خاک در منطقه ریشه گیاه را بالا نگه‌داشته و از کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر خشک شدن تدریجی خاک در شرایط شور جلوگیری نماید و به همین دلیل نسبت به روش‌های دیگر سودمندی بیشتری در هنگام استفاده از آب شور را دارد (Mirzaei-Alamouti *et al*., 2020). در آبیاری قطره‌ای الگوی توزیع نمک در اطراف قطره‌چکان برعکس الگوی توزیع رطوبت است. به‌گونه‌ای که با تغییر فواصل لترال‌ها و قطره‌چکان‌ها، میزان آب آبیاری و سطوح مرطوب و خشک قابل مدیریت و کنترل می‌باشد(Tabatabaei and Mousavi, 2017). بنابراین کاربرد روش‌های نوین آبیاری و مدیریت مناسب آن‌ها می‌تواند نقش مهمی را در بهبود وضعیت خاک، ارتقاء بهره‌وری اراضی کشاورزی و رشد گیاه ایفا کند (Malash *et al*., 2005).

چن و همکاران (Chen *et al*., 2015) در آزمایشی که در چین انجام دادند، اثر سه فاصله ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر لترال‌ها و حجم آب ۳۰۰۰، ۴۵۰۰، ۶۰۰۰ و ۷۵۰۰ متر مکعب در هکتار آب مصرفی را با دور آبیاری ۱۰ روز بر خصوصیات زراعی گندم در دو سال زراعی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد با افزایش فاصله لترال‌ها در آبیاری قطره‌ای مقدار عملکرد کاهش می‌یابد. بالاترین عملکرد از فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر با حجم آب ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد و بالاترین صرفه‌جویی آب را در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشت. برای بررسی عمق مناسب آبیاری و فاصله مناسب تیپ در کشت بهاره گندم پژوهشی با سه فاصله تیپ ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر و سه عمق آبیاری ۳۵، ۴۵ و ۵۵ سانتی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین میزان عملکرد محصول به میزان ۸۹۶۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به فاصله تیپ ۶۰ سانتی‌متر و عمق آب آبیاری ۴۵ سانتی‌متر بود. زمانی که فاصله تیپ ۶۰ یا ۹۰ سانتی‌متر گردید، با افزایش عمق آب آبیاری از ۳۵ به ۴۵ میلی‌متر میزان عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. میزان تغییر کارایی مصرف آب از ۱/۵۷ تا ۲/۱۱ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین شد و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار فاصله ۹۰ سانتی‌متر و عمق آب آبیاری ۴۵ میلی‌متر بود. آن‌ها در نهایت فاصله تیپ ۹۰ سانتی‌متر و عمق ۴۵ میلی‌متر را در این منطقه سفارش کردند (Zhao *et al*., 2016).

محققان در پژوهشی اثر سیستم‌های قطره‌ای و سطحی را بر روی زراعت گندم بررسی کرده و میزان بهره‌وری مصرف آب را در قطره‌ای به میزان ۲/۵۷ و در آبیاری سطحی ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب تعیین کردند. بنابر نتایج هرچند از نظر اقتصادی تیمار آبیاری سطحی برتری پیدا کرد، اما تیمار آبیاری قطره‌ای علاوه بر داشتن توجیه اقتصادی، به مراتب آب کمتری مصرف کرده است. همچنین در بین تیمارهای قطره‌ای، تیمار با فاصله بین نوار آبیاری برابر با ۰/۷ متر برترین تیمار تشخیص داده شد (Torknezhad *et al*., 2006). در مطالعه انجام شده در مشهد و تربت‌حیدریه، فاصله نوارهای آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر در تعیین بهره‌وری آب در کشت گندم با روش آبیاری قطره‌ای تیپ مورد استفاده قرار گرفت. هرچند تیمار فاصله نوار آبیاری ۵۰ سانتی‌متر و آبیاری کامل بهترین عملکرد را در بر داشت، اما از لحاظ بهره‌وری مصرف آب با تیمارهای دیگر مشابه بود. نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری کامل با افزایش فاصله نوار تا ۷۵ سانتی‌متر در کشت گندم، کاهش عملکرد و بهره‌وری چشمگیر نیست. اما با کاهش مقدار آب آبیاری و هم‌زمان افزایش فاصله نوار عملکرد کاهش زیادی دارد (Afshar *et al*., 2020).

برای مقابله با کمبود آب در منطقه شین چیانگ چین، آبیاری قطره‌ای - نواری در کشت گندم موفق عمل کرده اما، استفاده به روش‌های مرسوم (یک نوار آبیاری به ازای ۴ ردیف کاشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر) هزینه‌بر می‌باشد. بنابراین طرحی با تیمارهای ۴، ۵ و ۶ ردیف کاشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر به ازای هر ردیف نوار تیپ اجرا گردید. با افزایش تعداد ردیف عملکرد کاهش آشکار داشت، اما نسبت کاهش عملکرد به کاهش مصرف آب به‌تناسب کمتر بوده است. نتایج نشان داد که می‌توان برای روش‌های جدید آبیاری، الگوهای جدید کشت و آرایش‌های متفاوتی را در نظر گرفت و هزینه‌ها را کاهش داد (Zhaoyan *et al*., 2019). پژوهش‌های انجام شده در دو دهه اخیر بر روی زراعت‌های ردیفی نشان داده است که آرایش کاشت‌های مرسوم در کشور بر اساس روش‌های آبیاری سطحی بوده است و با توجه به تغییر روش آبیاری، آرایش کاشت محصولات نیز بایستی تغییر پیدا کند (Ghadami-Firouzabadi *et al*., 2021). تغییر در فواصل لترال و متناسب با آن تغییر در آرایش کشت‌های ردیفی در جهت استفاده از پتانسیل شیوه‌های نوین آبیاری است که منافع اقتصادی را

نیز در پی دارد (Monjshirini *et al*., 2015). پژوهشی با ۴ آرایش کاشت و ۲ فاصله نوار آبیاری قطره‌ای تیپ ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر و یک تیمار آبیاری شیاری مرسوم در ایستگاه اکباتان همدان انجام گرفت. متوسط بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای آبیاری قطره‌ای تیپ ۱/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای، باعث افزایش ۷۳ درصدی بهره‌وری مصرف آب شده است. بیشترین میانگین دوساله عملکرد دانه مربوط به تیمار T1 با تعداد ۴ ردیف کاشت به فاصله ۱۵ سانتی‌متر در دو طرف نوار و فاصله نوارهای ۷۵سانتی‌متر به میزان ۷۴۴۳ کیلوگرم در هکتار تعیین شد و کمترین مربوط به تیمار آبیاری شیاری به میزان ۵۹۹۶ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. لذا با توجه به شرایط بحرانی آب در کشور و در صورت استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری در زراعت گندم، فاصله نوار تیپ ۷۵ سانتی‌متر با تعداد ۴ ردیف کشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر در اطراف هر نوار که بیشترین عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را به خود اختصاص داده است، توصیه گردید (Ghadami-Firouzabadi and Baghani, 2019).

کاربرد آب‌های با کیفیت کم و بهره‌گیری از سیستم‌های آبیاری نواری Tape امکان تجمع نمک در سطح، نیمرخ خاک و فواصل بین ردیف‌های آبیاری را مهیا می‌سازد (Burt *et al*., 2003; Rahimian *et al*., 2016). استان یزد با شرایط آب و هوایی خشک و میزان بارندگی کم، در زمینه کشاورزی دارای شرایط بحرانی است. با توجه به پژوهش‌های مذکور، میزان حجم آب آبیاری و نحوه جریان و نفوذ آب در سطح و عمق خاک از عوامل موثر بر تجمع و تحرک شوری در پروفیل خاک می‌باشد. بنابراین تغییرات در حجم و عمق آبیاری با توجه به سیستم کشت و شیوه آبیاری قابل بررسی است.

نتایج تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که در سیستم‌های آبیاری نواری Tape یکی از مواردی که می‌تواند به افزایش کارایی این سیستم‌ها کمک کند، تغییر و افزایش فاصله Tape و بالطبع تراکم کشت در جهت بهره‌وری بهتر و کاهش هزینه‌های اجرای سیستم آبیاری و صرفه اقتصادی می‌باشد. در این خصوص پژوهش‌هایی در جهت بررسی تغییرات شوری پروفیل خاک بر اساس نتایج مدل‌ها انجام شده است (Ramezani-Gharahdaghi *et al*., 2016; Kangkang *et al*., 2017; Etedali *et al*., 2018)، اما هدف از این پژوهش بررسی تاثیر سیستم‌های آبیاری سطحی و Tape بر روی شوری خاک و تعیین تاثیر تغییر در فواصل نوارهای سیستم آبیاری Tape بر روی توزیع املاح در خاک در شرایط مزرعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

سطح قابل توجهی از کشت‌های گلخانه‌ای و کشت‌های باغی استان یزد تحت سیستم‌های نوین آبیاری قرار گرفته است. بهره‌وری و کاهش مصرف آب به‌دلیل محدودیت منابع آب، باعث شده در کشت‌های زراعی نیز از سیستم‌های نوین آبیاری استفاده گردد. رویکرد بهره‌گیری از این سیستم و مسائل مرتبط با آن باعث شد این پژوهش به مدت یک سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) و در زمینی به مساحت تقریبی ۲۰۰۰ متر مربع در مزرعه تحقیقات شوری صدوق، وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری در استان یزد انجام گیرد. خاک این مزرعه دارای بافت لوم شنی بوده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

این پژوهش دارای ۲۴ کرت آزمایشی، هر یک با ابعاد ۶*۹ متر، بوده و تیمارهای مد نظر (شامل شوری آب آبیاری و مدیریت آبیاری) به‌صورت طرح آزمایشی اسپلیت فاکتوریل و با سه تکرار و در سه بلوک (به‌عنوان تکرارهای آزمایش) در آن‌ها اجرا شده است. گیاه کاشت شده، گندم (رقم نارین) می‌باشد. تیمارهای شوری آب آبیاری شامل دو سطح ۳ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بوده که با استفاده از استخرهای موجود در مزرعه و اختلاط آب شور و غیرشور موجود در محل، تهیه گردیده و برای آبیاری، مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۲). لازم به ذکر است که به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای مختلف (شوری آب آبیاری و مدیریت آبیاری) بر نحوه تجمع و انتقال نمک در خاک، کلیه کرت‌ها قبل از کاشت و شروع آزمایش، آبشویی گردیدند تا شوری خاک مزرعه به یکنواختی لازم برسد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش

Table 1- Some physicochemical properties of the soil at experiment site

عمق خاک Depth	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Texture	هدایت الکتریکی EC	pH	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	مواد آلی OM
cm	٪	٪	٪	-	dS/m		mg/kg		٪	٪
0-80	56.4	25	18.6	S.L	3.9	7.6	150	8.2	0.02	0.36

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری در این پژوهش

Table 2- Chemical P of different irrigation water salinity treatments in this study

آب آبیاری Water	هدایت الکتریکی EC	pH	نسبت جذب سدیم SAR	سولفات SO_4^{2-}	کلر Cl^-	بیکربنات HCO_3^-	کربنات CO_3^{2-}	سدیم Na^+	منیزیم Mg^{2+}	کلسیم Ca^{2+}
	dS/m			meq/L						
1	3.0	8.39	7.94	4.55	22.78	1.53	0.17	18.35	5.99	4.7
2	8.0	8.23	16.32	9.17	67.24	1.83	0	55.29	15.24	7.72

تیمارهای مدیریت آبیاری، شامل استفاده از روش غرقابی (به‌عنوان روش غالب در مزارع گندم) و استفاده از روش قطره‌ای Tape (به‌عنوان روش پیشنهادی با مصرف آب بسیار کم) بودند. در مورد تیمارهای آبیاری قطره‌ای، فواصل مختلف لترال‌های آبیاری نیز مد نظر بودند که بر مبنای فواصل بهینه و اقتصادی لترال‌ها از همدیگر انتخاب گردیدند. این فواصل شامل ۶۰ ، ۱۰۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر بودند. بنا بر نتایج پژوهش‌های پیشین، فاصله ۶۰ سانتی‌متر به‌عنوان فاصله بهینه با همپوشانی کامل آب (Ghadami-Firouzabadi *et al.*, 2021)، فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر به‌عنوان فاصله اقتصادی با امکان توزیع عمقی رطوبت و فاصله ۱۴۰ سانتی‌متر به‌عنوان فاصله بزرگ لترال در نظر گرفته شد. تغییرات فواصل نوارهای Tape از یکدیگر (به‌عنوان عامل مؤثر بر هزینه و ایجاد سطوح مرطوب در ناحیه کشت و خشک در فواصل نکاشت) و تغییرات تراکم کاشت گندم از طریق کاهش فواصل خط کشت و ایجاد فاصله نکاشت ایجاد و اعمال گردید (شکل ۱). بنابراین، در مجموع شش کرت برای روش غرقابی و ۱۸ کرت برای روش Tape و با خصوصیات فوق‌الذکر در نظر گرفته شد که پس از نصب تجهیزات مربوطه (شامل ایستگاه پمپاژ، فیلتراسیون، لوله‌های اصلی، مانیفولد، شیرفلکه، کنتور حجمی و همچنین نوارهای Tape با آبدهی ۱۰ لیتر بر ساعت در متر)، امکان آبیاری نواری در هر یک از کرت‌های مد نظر فراهم شد. لازم به ذکر است که بذور گندم به‌صورت خطی و با تراکم ۵۰۰ بوته برمتر مربع کاشت گردیده‌اند.

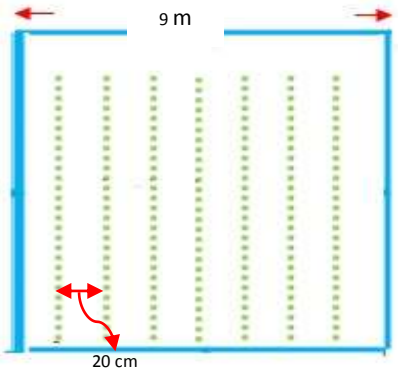
حجم آب مورد نیاز مزرعه بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی اتوماتیک منصوب در محل برآورد شد. این مرحله از تحقیق شامل برآورد تبخیر-تعرق مرجع (ET_o) به روش فائو پنمن مانتیث، محاسبه تبخیر و تعرق گندم (ET_c) با در نظر گرفتن ضریب گیاهی فائو در مراحل مختلف رشد (K_c)، برآورد نیاز آبشویی (LR) بر اساس شوری آب آبیاری (EC_{iw}) و شوری مورد انتظار خاک (EC_e) و نهایتاً محاسبه عمق ناخالص آب مورد نیاز (I_g) بوده است (معادلات ۱ تا ۳).

$$ETc = Kc * ETo \quad (۱)$$

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}} \quad (۲)$$

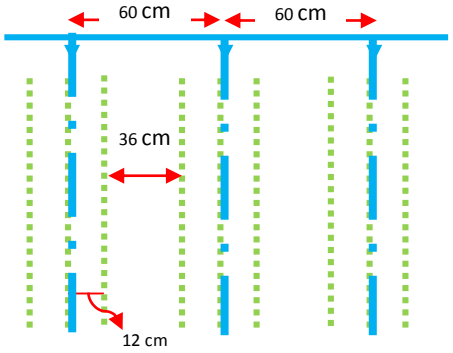
$$Ig = \frac{ETc}{1-LR} \quad (۳)$$

با توجه به اینکه، ممکن است تمام یا بخشی از نیاز آبشویی هر کرت از طریق تلفات نفوذ عمقی آب در حین عملیات آبیاری تأمین شود، بنابراین بایستی علاوه بر LR، راندمان کاربرد سیستم آبیاری (E_a) نیز در نظر گرفته شود و بین مقادیر (1-LR) و E_a، هرکدام که کمتر است، در مخرج کسر معادله فوق قرار گیرد. راندمان کاربرد آب معمولاً در روش‌های تیپ ۰/۹ و در روش‌های شیاری و غرقابی ۰/۵۲در نظر گرفته می‌شود (Ghaemi *et al.*, 2008). هرچند در این طرح ابعاد کرت‌ها و شیارهای آبیاری کوچک طراحی شده است، اما بازهم تلفات نفوذ عمقی در کاهش راندمان کاربرد آب مؤثر می‌باشد. بنابراین در این پژوهش با توجه به ابعاد کوچک کرت و سطح هر کرت به میزان ۵۴ مترمربع میزان راندمان بالاتر از سطح میانگین و به مقدار ۰/۷۵ در نظر گرفته خواهد شد. به‌منظور کنترل حجم آب ورودی به هر تیمار، از کنتورهای حجمی نصب‌شده برای هر تیمار استفاده خواهد شد. برای بررسی توزیع شوری و نحوه تجمع املاح در خاک، نمونه‌برداری‌های منظم خاک تیمارهای مختلف در طول دوره رشد گندم و در انتهای فصل انجام گرفت. تمامی نمونه‌برداری‌ها به‌صورت دو بعدی (عمقی و عرضی) و با کمک مته دستی انجام شدند. نمونه‌های عمقی خاک از چهار لایه مختلف (شامل ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی‌متر نسبت به سطح زمین) و نمونه‌های عرضی در فواصل ۱۵ سانتی‌متری از محل نوار Tape تا وسط فاصله بین دو نوار Tape برداشت شدند. با کمک این شیوه، شبکه‌ای از نمونه‌های خاک با فواصل منظم و یکنواخت ایجاد شد که تمام قسمت‌های مرطوب (پیاز رطوبتی در آبیاری Tape و سطحی) و خشک (فاصله نکاشت بین دو نوار Tape) مزرعه را در عرض و عمق پروفیل خاک در برمی‌گیرد. با توجه به تعداد زیاد نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در این پژوهش و به‌منظور صرفه‌جوئی در زمان و هزینه‌ها، اقدام به تعیین هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک به روش عصاره‌گیری با نسبت ۱:۵ شد که در منابع یکی از بهترین نسبت‌ها تعیین شده است (Etemadi *et al.*, 2018). سپس با کمک روابط مربوطه، مقادیر هدایت الکتریکی ۱:۵ به هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) تبدیل شدند (Khorsandi and Alaei, 2007). در نهایت، تغییرات دوبعدی شوری تجمع یافته خاک هر یک از تیمارها در انتهای فصل به کمک نرم‌افزار Surfer، ترسیم شدند.



الف- تیمار T1 (آبیاری غرقابی و آرایش کاشت مرسوم با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر

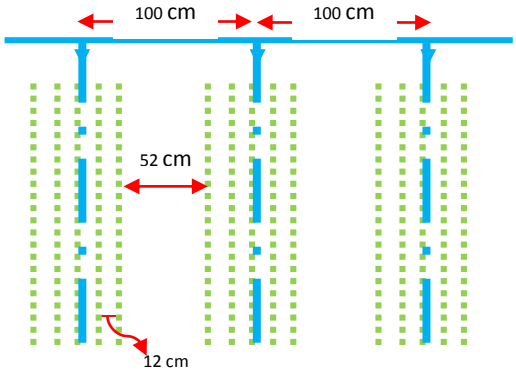
A- Treatment T1 (flood irrigation and conventional planting arrangement with a distance between rows of 20 cm



ب- تیمار T2 (آرایش کاشت سه ردیفه با فاصله بین ردیف ۱۲ سانتی‌متر و فاصله نکاشت ۳۶ سانتی‌متر و اجرای نوارهای تیپ با فواصل ۶۰ سانتی‌متر از همدیگر)

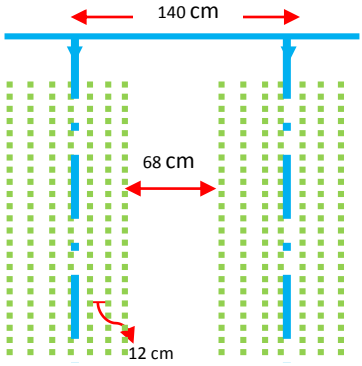
B- T2 treatment (three-row planting arrangement with a distance between rows of 12 cm and a distance of 36 cm without planting and laterals at intervals of 60 cm from each other)

Distance from dropper فاصله از قطره چکان



ج- تیمار T3 (آرایش کاشت پنج ردیفه با فاصله بین ردیف ۱۲ سانتی‌متر و فاصله نکاشت ۵۲ سانتی‌متر و اجرای نوارهای تیپ با فواصل ۱۰۰ سانتیمتر از همدیگر)

C- T3 treatment (three-row planting arrangement with a distance between rows of 12 cm and a distance of 52 cm without planting and laterals at intervals of 100 cm from each other)



د- تیمار T4 (آرایش کاشت هفت ردیفه با فاصله بین ردیف ۱۲ سانتی‌متر و فاصله نکاشت ۶۸ سانتی‌متر و اجرای نوارهای تیپ با فواصل ۱۴۰ سانتیمتر از همدیگر)

D- T4 treatment (three-row planting arrangement with a distance between rows of 12 cm and a distance of 68 cm without planting and laterals at intervals of 140 cm from each other)

شکل ۱- آرایش کاشت در تیمارهای مختلف

Figure 1- Planting arrangement in different treatments

این نرم‌افزار از طریق ترسیم خطوط هم‌مقدار و هم‌تراز به منظور رسم نقشه نقاط برداشت و شبکه‌بندی بر مبنای سطوح دو بعدی و سه بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تصاویر و نقشه‌های خروجی از آن به‌راحتی برای مقایسه و بررسی به‌کار گرفته می‌شود. همچنین، به‌وسیله نمودارها و جداول نتایج مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

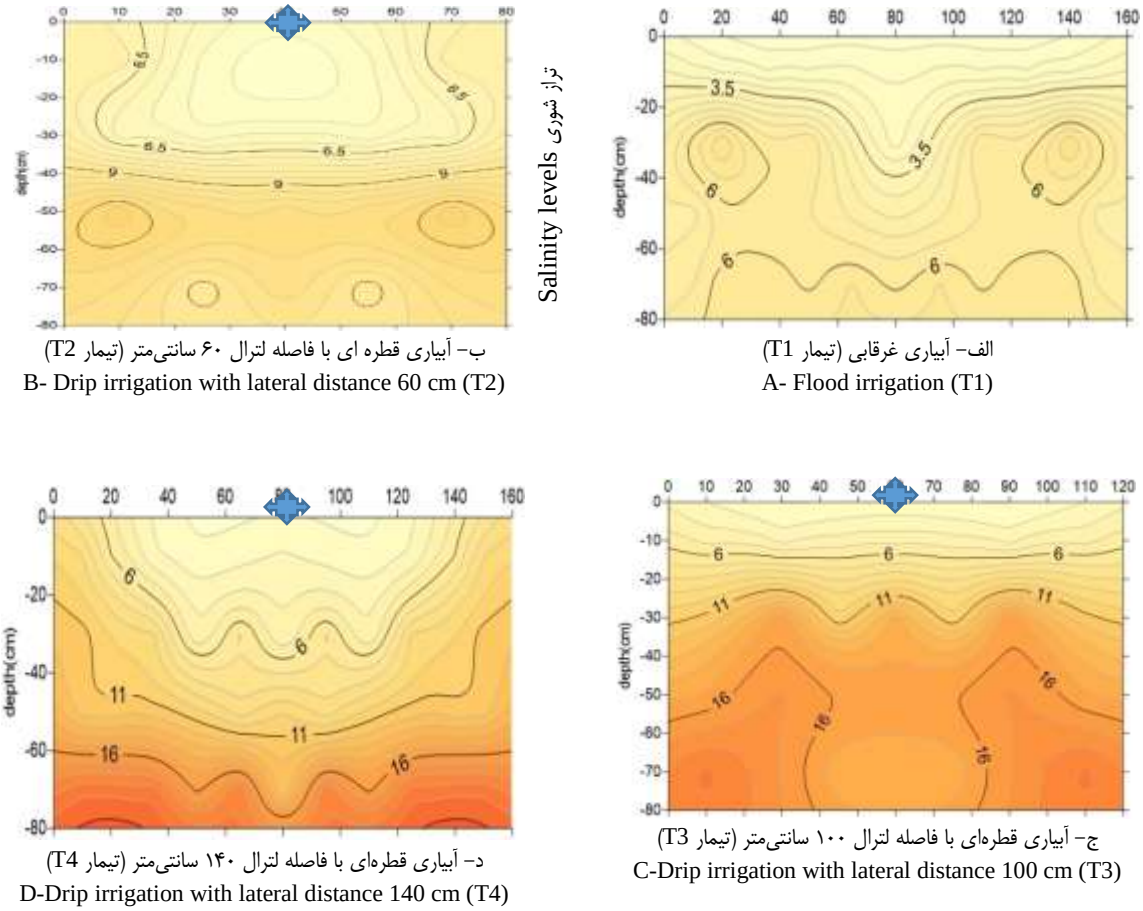
آبیاری با آب غیر شور (هدایت الکتریکی ۳ دسی‌زیمنس بر متر)

شکل ۲ توزیع شوری خاک ناحیه ریشه گندم در اثر آبیاری با آب غیر شور (هدایت الکتریکی ۳ دسی‌زیمنس بر متر) توسط دو سیستم آبیاری غرقابی و قطره‌ای با فواصل مختلف لترال از همدیگر را نشان

می‌دهد. یکنواختی پروفیل شوری خاک در تیمارهای آبیاری غرقابی و قطره‌ای با فاصله لترال ۶۰ سانتی‌متر (تیمارهای T1 و T2) یکی از مهم‌ترین نکات قابل‌توجه در مورد این شکل است. در مورد این دو تیمار، شرایط آبیاری به‌گونه‌ای بوده است که کنترل مناسب شوری خاک (هم در سطح و هم در عمق خاک) اتفاق افتاده است. با توجه به اینکه در این روش غرقابی، کسر آبشویی عمدتاً بالا است، احتمال کمتر شدن شوری عصاره اشباع خاک (ECe) از شوری آب آبیاری (EC_{iw}) وجود دارد. بر اساس منابع علمی و تحقیقاتی موجود، درصورتی‌که کسر آبشویی بیشتر از ۳۰ درصد باشد، شوری عصاره اشباع خاک از شوری آب آبیاری کمتر خواهد بود (Ayers and Westcott, 1989). در مورد تیمارهای T3 و T4 که مربوط به آبیاری قطره‌ای با فواصل ۱۰۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر از همدیگر می‌باشند (شکل‌های ۲-ج و ۲-د) و با توجه به موقعیت قرارگیری گسیلنده، با افزایش عمقی و عرضی فاصله نسبت به محل گسیلنده و حرکت به سمت حاشیه پیاز رطوبتی، افزایش شوری خاک نیز مشهود است.

آبیاری با آب شور (هدایت الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر)

شکل ۳ توزیع شوری خاک ناحیه ریشه گندم در اثر آبیاری با آب شور (هدایت الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر) توسط دو سیستم آبیاری غرقابی و قطره‌ای با فواصل مختلف لترال از همدیگر را نشان می‌دهد. در مورد تیمارهای T2، T3 و T4 که مربوط به آبیاری قطره‌ای با فواصل ۶۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر از همدیگر (شکل‌های ۳-ب، ۳-ج و ۳-د) و با توجه به موقعیت قرارگیری گسیلنده، با افزایش عمقی و عرضی فاصله نسبت به محل گسیلنده و حرکت به سمت حاشیه پیاز رطوبتی، افزایش شوری خاک نیز کاملاً مشهود است. اما در مورد تیمار آبیاری غرقابی (تیمار T1)، شرایط آبیاری به‌گونه‌ای بوده است که کنترل مناسب شوری خاک (هم در سطح و هم در عمق خاک) اتفاق افتاده است و یکنواختی پروفیل شوری خاک مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه در روش غرقابی، کسر آبشویی عمدتاً بالا است، احتمال کمتر شدن شوری عصاره اشباع خاک (ECe) از شوری آب آبیاری (EC_{iw}) وجود دارد (Ayers and Westcott, 1989).



الف- آبیاری غرقابی (تیمار T1)
A- Flood irrigation (T1)

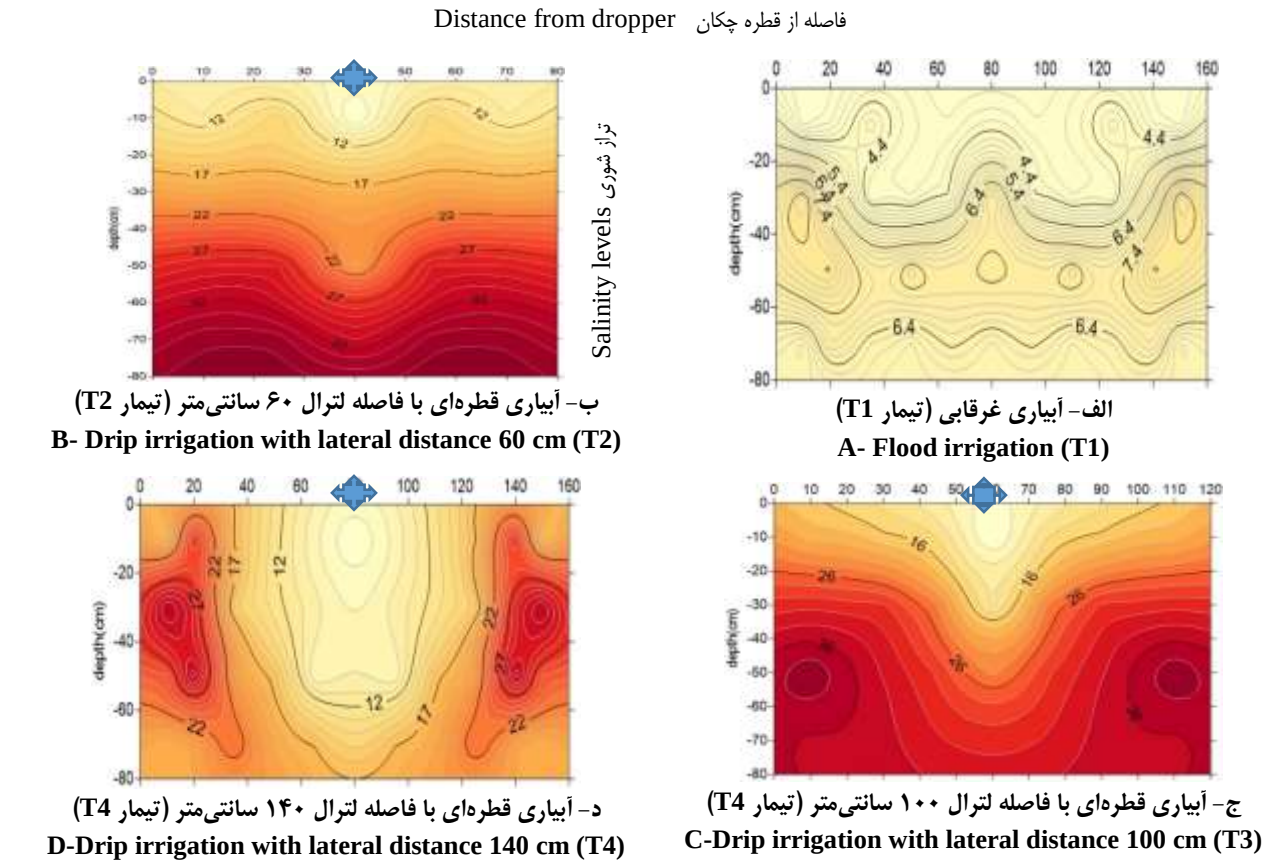
ب- آبیاری قطره ای با فاصله لترال ۶۰ سانتی‌متر (تیمار T2)
B- Drip irrigation with lateral distance 60 cm (T2)

ج- آبیاری قطره‌ای با فاصله لترال ۱۰۰ سانتی‌متر (تیمار T3)
C-Drip irrigation with lateral distance 100 cm (T3)

د- آبیاری قطره‌ای با فاصله لترال ۱۴۰ سانتی‌متر (تیمار T4)
D-Drip irrigation with lateral distance 140 cm (T4)

شکل ۲- توزیع شوری خاک ناحیه ریشه گندم در اثر آبیاری با آب غیر شور (هدایت الکتریکی ۳ دسی‌زیمنس بر متر)

Figure 2- Salinity distribution of wheat root soil irrigated with non-saline water (EC 3 dS/m)



الف- آبیاری غرقابی (تیمار T1)
A- Flood irrigation (T1)

ب- آبیاری قطره‌ای با فاصله لترال ۶۰ سانتی‌متر (تیمار T2)
B- Drip irrigation with lateral distance 60 cm (T2)

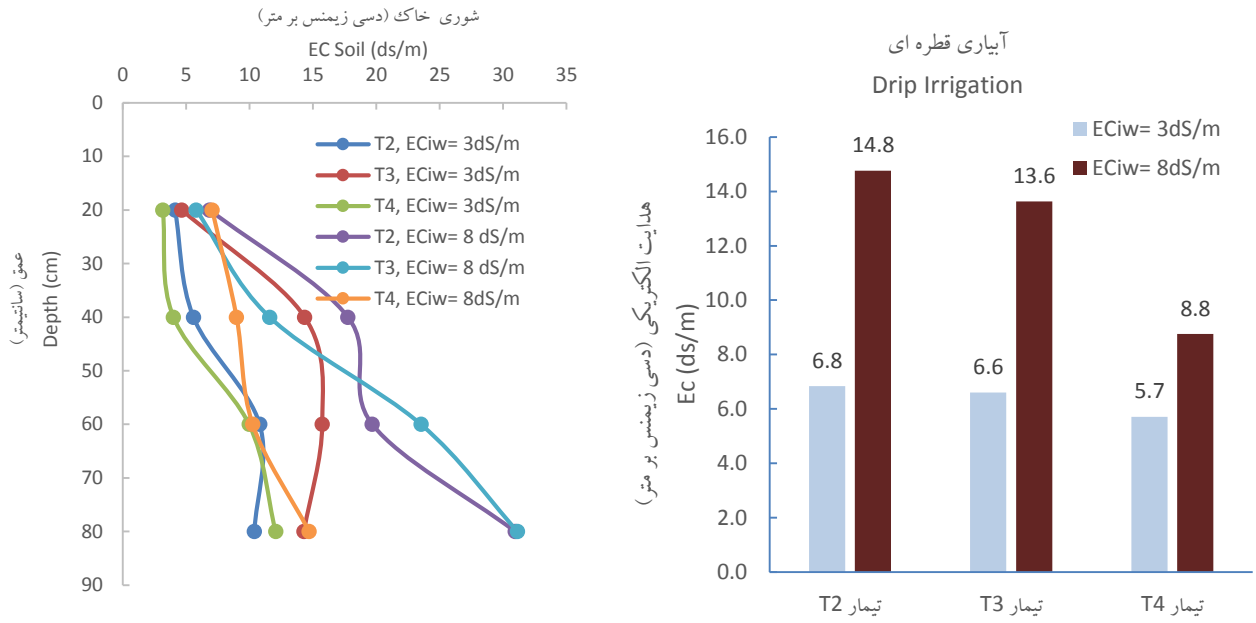
ج- آبیاری قطره‌ای با فاصله لترال ۱۰۰ سانتی‌متر (تیمار T4)
C-Drip irrigation with lateral distance 100 cm (T3)

د- آبیاری قطره‌ای با فاصله لترال ۱۴۰ سانتی‌متر (تیمار T4)
D-Drip irrigation with lateral distance 140 cm (T4)

شکل ۳- توزیع شوری خاک ناحیه ریشه گندم در اثر آبیاری با آب شور (هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر)
Figure 3- Salinity distribution of wheat root soil irrigated with saline water (EC 3 dS/m)

در شرایط آبیاری با آب غیر شور با توجه به اینکه حجم آب آبیاری وارد شده به کرت‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری قطره‌ای (T2 تا T4) یکسان بوده است، لذا مدت‌زمان انجام آبیاری‌ها با افزایش فاصله لترال‌ها، بیشتر در نظر گرفته شده است. زیرا هدف از این مطالعه کاهش مقدار آب مصرفی نیست، بلکه کاهش میزان تعداد لترال با توجه به افزایش فواصل لترال می‌باشد. بنابراین با توجه به کاهش تعداد لترال نسبت به سطح، می‌بایست زمان آبیاری افزایش پیدا کرده تا حجم آب آبیاری در همه تیمارها یکسان گردد. به‌طوری‌که هر نوبت آبیاری در تیمار T2 حدود ۳/۵ ساعت به طول انجامید، اما در مورد تیمارهای T3 و T4 این زمان به ترتیب حدود ۵ و ۶ ساعت بوده است. از طرفی دیگر، پیشروی جبهه رطوبتی خاک در طرفین لترال‌های آبیاری عمدتاً تابع شرایط خاک بوده و در همه تیمارها مقدار نسبتاً ثابتی مشاهده شده است (بین ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر از طرفین لوله آبده). بنابراین، با وجود ثابت ماندن حجم آب مصرفی در واحد سطح همه تیمارها، اما در مورد تیمارهای T3و T4 افزایش عمق آبیاری نسبت به تیمار T2 اتفاق افتاده است. همین مسئله موجب کاهش شوری خاک ناحیه خیس‌شدگی مزرعه (ناحیه تحت آبیاری)، با افزایش فاصله لترال‌ها از همدیگر شده است. شکل ۴ این مسئله را به‌خوبی تشریح می‌کند. از نظر نحوه کنترل شوری اعماق خاک (شکل ۴-ب) نیز شرایط به‌گونه‌ای است که تیمار T4 منجر به مقادیر کمتر شوری عمقی خاک گردیده و نسبت به تیمارهای T2 و T3، شرایط مناسب‌تری را برای گیاه فراهم کرده است.

همانند شرایط آبیاری با آب غیر شور، در اثر استفاده از آب شور (۸ دسی زیمنس‌بر متر) نیز با وجود ثابت ماندن حجم آب مصرفی در واحد سطح همه تیمارها، در تیمارهای T3و T4 افزایش عمق آبیاری نسبت به تیمار T2 اتفاق افتاده و موجب کاهش شوری خاک ناحیه خیس‌شدگی مزرعه (ناحیه تحت آبیاری) شده است. شکل ۴ تأثیر افزایش فاصله لوله آبده (لترال) بر شوری خاک مزرعه در انتهای فصل رشد، با ثابت ماندن حجم آب مصرفی در واحد سطح را نشان می‌دهد. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد، در تیمار T4 و به دلیل بیشتر بودن عمق آب نفوذ یافته به زمین در طرفین لترال، شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه از لحاظ شوری خاک در این بخش از مزرعه به وجود آمده است. از نظر پروفیل شوری (شکل ۴-ب) و نحوه کنترل شوری اعماق خاک نیز شرایط تیمار T4 به‌گونه‌ای است که منجر به مقادیر کمتر شوری خاک در عمق گردیده و نسبت به تیمارهای T2 و T3، شرایط مناسب‌تری را برای گیاه فراهم کرده است.



الف- میانگین شوری خاک (۰-۶۰ سانتی‌متر)
A- Average soil salinity (0-60 cm)

ب- پروفیل شوری خاک
B- Soil salinity profile

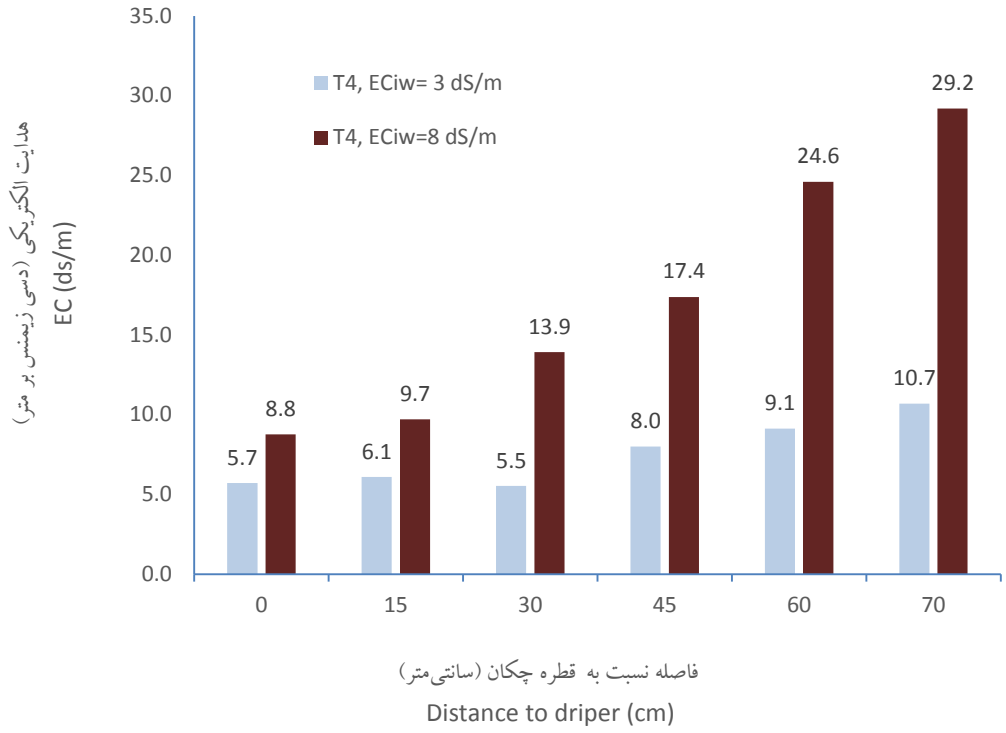
شکل ۴- تأثیر افزایش فاصله لترال بر شوری خاک مزرعه در انتهای فصل رشد، با ثابت ماندن حجم آب مصرفی در واحد سطح
Figure 4- The effect of increasing the lateral distance on the salinity of soil at the end of the growing season, while maintaining the volume of water consumption per unit area

مقایسه نتایج دو سطح شوری در تیمارهای فاصله لترال

بدیهی است که با افزایش فاصله افقی هر نقطه از مزرعه نسبت به لوله آبده (لترال)، عمق آبیاری و کسر آبشویی کاهش یافته و به تبع آن، شوری خاک این نقاط نیز می‌تواند افزایش یابد. به‌عنوان‌مثال، شکل ۵ روند تغییرات میانگین شوری خاک ناحیه ریشه گندم در تیمار T4 (فاصله لترال ۱۴۰ سانتی‌متر) را نشان می‌دهد. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد، در شرایط آبیاری با آب غیر شور (شوری آب ۳ دسی‌زیمنس بر متر) شوری خاک در فواصل صفر (زیر لترال)، ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متر، بین ۵/۵ تا ۶/۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده که این مقادیر از حد آستانه تحمل به شوری گیاه گندم پایین‌تر بوده و از این لحاظ، خطری را متوجه گیاه نمی‌کند. گندم گیاهی است که حد آستانه تحمل به شوری آن در حدود ۷/۴ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (Ayers and Westcott, 1989). با توجه به شکل ۲ و در فاصله ۴۵، ۶۰ و ۷۰ سانتی‌متری نسبت به لوله آبده، مقادیر شوری خاک بالاتر از حد آستانه بوده و در صورت وجود پوشش گیاهی در این ناحیه از مزرعه، گیاه با خسارت جدی مواجه خواهد شد. روند افزایش تغییرات مکانی شوری خاک ناحیه ریشه گندم با افزایش فاصله نسبت به لوله آبده در شرایط آبیاری با آب شور (شوری آب ۸ دسی‌زیمنس بر متر) نشان می‌دهد که شوری خاک در فواصل صفر (زیر لترال) و ۱۵ سانتی‌متر به‌مراتب پایین‌تر از مقادیر شوری خاک در فواصل ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری نسبت به لوله آبده است که ناشی از افزایش عمق آبیاری و کسر آبشویی در طرفین لوله آبده می‌باشد.

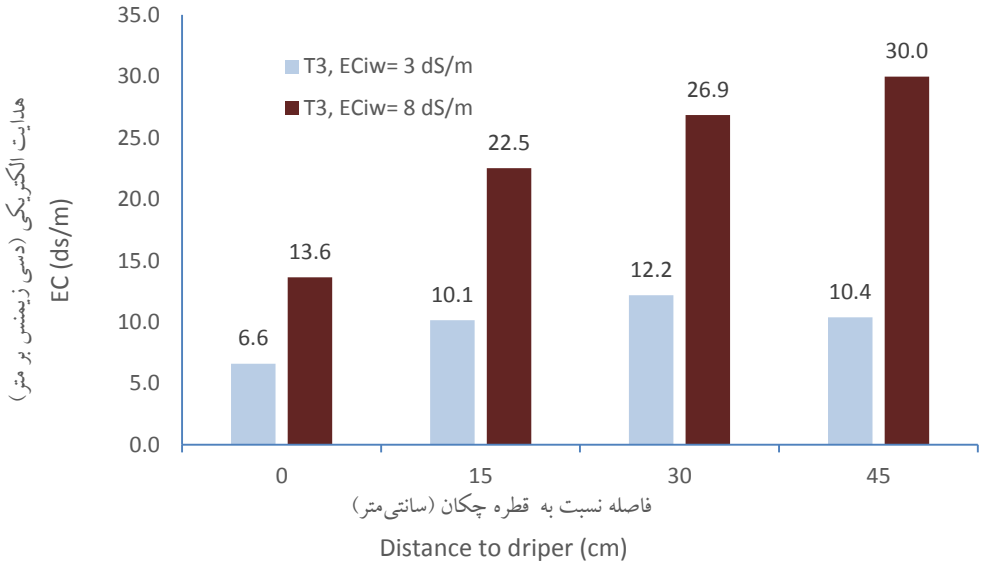
روند افزایش تغییرات مکانی شوری خاک ناحیه ریشه گندم با افزایش فاصله نسبت به لوله آبده در شرایط آبیاری با آب شور در تیمار T3 (فاصله لترال ۱۰۰ سانتی‌متر) نیز در شکل ۶ نشان می‌دهد که شوری خاک در فاصله صفر (زیر لترال) پایین بوده اما در فواصل ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متری نسبت به لوله آبده افزایش پیدا می‌کند. اما این روند در شرایط آبیاری با آب غیر شور تعادل پخش نمک را در فواصل غیر صفر مشاهده می‌کنیم.

با کاهش فاصله نوارهای آبیاری در تیمار T2 (فاصله لترال ۶۰ سانتی‌متر) در هر دو شوری آب آبیاری (شکل ۷) روند افزایشی کندی را در تغییرات شوری به ازای تغییر فاصله از مرکز نوارها مشاهده می‌کنیم. قطعا مقدار شوری خاک تحت تاثیر شوری آب آبیاری قرار گرفته و در تیمار آبیاری با آب شور در محدوده مجاز برای گیاه نمی‌باشد.



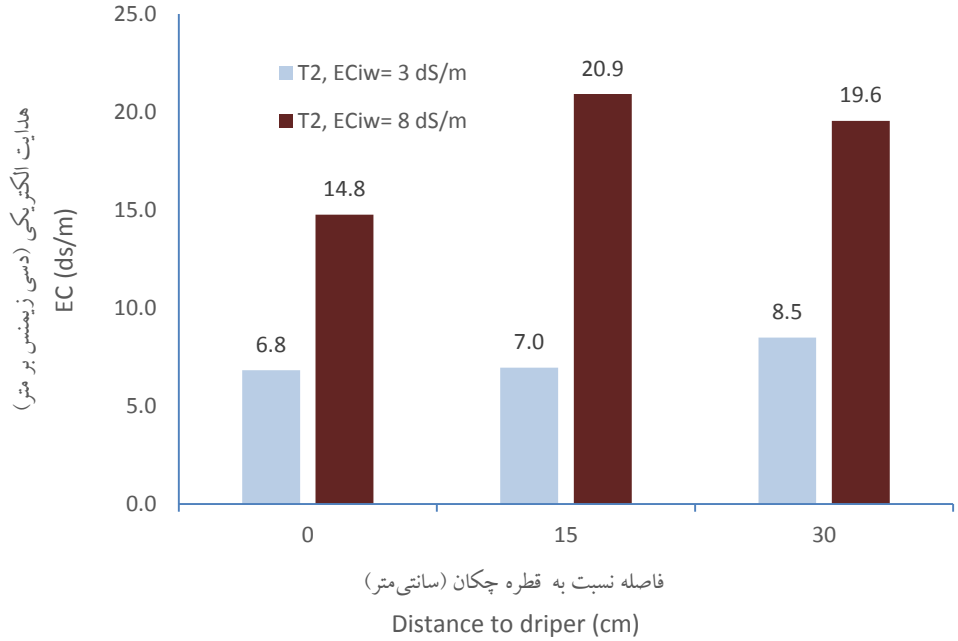
شکل ۵- روند تغییرات مکانی شوری خاک ناحیه ریشه گندم در تیمار T4 در هر دو شوری (هدایت الکتریکی ۳ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر)

Figure 5- The trend of spatial variations in soil salinity of wheat root area in T4 treatment at both salinities (EC of 3 and 8 dS/m)



شکل ۶- روند تغییرات مکانی شوری خاک ناحیه ریشه گندم در تیمار T3 در هر دو شوری (هدایت الکتریکی ۳ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر)

Figure 6- The trend of spatial variations in soil salinity of wheat root area in T3 treatment at both salinities (EC of 3 and 8 dS/m)



شکل ۷- روند تغییرات مکانی شوری خاک ناحیه ریشه گندم در تیمار T2 در هر دو شوری (هدایت الکتریکی ۳ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر)

Figure 7- The trend of spatial variations in soil salinity of wheat root area in T2 treatment at both salinities (EC of 3 and 8 dS/m)

مقایسه نتایج با سایر مطالعات

اکثر پژوهش‌های انجام شده بر مبنای عملکرد محصول مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند و بر اساس روابط موجود با افزایش شوری بیش از حد آستانه، قطعا عملکرد تحت تاثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد. اما توجه و بررسی استفاده از سیستم تیپ با فواصل بین لترال بیشتر نسبت به تحقیقات انجام شده از نوآوری‌های این مطالعه می‌باشد که فواید آن در نفوذ عمقی آب بیشتر و جنبه‌های اقتصادی و بهره‌وری بیشتر نسبت به سیستم‌های آبیاری سنتی است. بنابراین در این پژوهش و برمبنای شوری خاک، در مقایسه نتایج می‌توان گفت که فاصله ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متر بهترین فاصله برای قرار گرفتن شوری خاک در محدوده مجاز بوده و همپوشانی جبهه رطوبتی نیز ایجاد می‌گردد و در مطالعات پیشین نیز این فاصله توصیه شده است (Torknezhad *et al*., 2006; Rahimian., 2013; Chen *et al*., 2015). اما در شرایط محدودیت منابع افزایش فاصله به ۹۰ و حتی ۱۰۰ سانتی‌متر نیز در صورت افزایش عمق آبیاری و تغییر آرایش کشت می‌تواند مفید واقع گردد (Zhao *et al*., 2016). فواصل بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر قطعا شوری خاک را در بین فواصل افزایش داده و باعث کاهش عملکرد شدید خواهند شد، بنابراین بیشتر از جنبه اقتصادی مورد توجه قرار گرفته و با توجه به عدم همپوشانی آب و تجمع نمک در لبه جبهه رطوبتی حتی در شرایط آبیاری با آب شیرین، ایجاد فواصل نکاشت در بین لترال‌ها ضروری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

سیستم‌های آبیاری غرقابی دارای راندمان کاربرد پایینی بوده و به دلیل کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای (نظیر Tape در مزارع گندم) توصیه می‌شود. بحث شوری آب در منطقه از مشکلات عمده کشت‌های زراعی است. همچنین بحث اقتصادی استفاده از تیپ برای کشت‌های زراعی مانند گندم نیز مساله مهمی است. این روش در مزارع گندم به دلیل هزینه‌ها و همچنین احتمال بروز مشکلات شوری خاک، دارای محدودیت‌هایی است که می‌تواند از طریق افزایش فاصله لوله‌های آبده و کاهش مصرف نوارهای آبیاری قطره‌ای در واحد سطح مزرعه مرتفع شود. این پژوهش بر آن شد تا تأثیر فاصله لوله‌های آبده (نوارهای آبیاری Tape) بر توزیع سطحی و عمقی شوری خاک برای گیاه گندم را مورد بررسی قرار دهد. اگرچه روش آبیاری تیپ در شرایط شور (تیمارهای شوری آب آبیاری ۸ دسی‌زیمنس‌بر متر) نسبت به شرایط غیر شور (تیمارهای شوری آب آبیاری ۳ دسی‌زیمنس بر متر) منجر به تجمع بیشتر املاح در خاک و احتمال بروز خسارت به گیاه را تشدید می‌کند، اما نتایج نهایی این پژوهش نشان داد که با افزایش فواصل لترال‌های آبیاری و به‌تناسب آن افزایش عمق آبیاری و دور نگه‌داشتن املاح از بستر کاشت، می‌توان محیط مناسب‌تری را برای رشد گیاه آماده کرد و از مزایای اقتصادی این کار نیز بهره برد. همچنین، از نظر نحوه کنترل شوری اعماق خاک نیز شرایط به‌گونه‌ای

بوده اســت که تیمار با فاصــله لترال بزرگ‌تر (تیمار T4) نســبت به تیمارهای T2 و T3، منجر به مقادیر کمتر شــوری خاک در لایه‌های زیرین گردیده و شرایط بهتری را برای گیاه فراهم کرده است. کاهش شــوری خاک در لایه‌های زیرین می‌تواند در میزان عملکرد محصــول موثر باشــد. این نتایج کاملا کاربردی اســت و بر اســاس هر یک از مســائــل موجود در هر منطقه‌ای به‌کارگیری آن نتایج مفیدی خواهد داشت. مخصوصا در شرایطی که محدودیت منابع آب و شوری آب مساله منطقه می‌باشد. البته نتایج محدود به منطقه نیست و در مناطق مشابه از نظر اقلیمی، قابل اجراست. بنابراین تعمیم آن به سایر شرایط و متاطق اقلیمی، مستلزم تحقیقات تکمیلی و بیشتری در آن مناطق خواهد بود. این مطالعه در واقع بخشی از نتایج یک طرح تحقیقاتی در حال انجام توسط مرکز ملی تحقیقات شوری است که مواردی نظیر عملکرد محصول و تغییرات رطوبتی خاک در فواصل مختلف نسبت به لترال و دیگر موارد مهم توسط مجری مربوطه اندازه‌گیری و در قالب پژوهش‌های دیگری ارائه و تحلیل خواهد شد. همچنین پیشنهاد می‌گردد تحقیقات تکمیلی بیشتری (به‌ویژه در شرایط مختلف اقلیمی) در خصوص تاثیر این روش بر عملکرد محصول، بیلان آب و املاح در خاک و شاخص بهره‌وری آب در مزارع گندم انجام شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مرکز ملی تحقیقات شوری به خاطر حمایت در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F., Baghani, J., Abbasi, N., & Akbari, M. (2015). *Improving Water Consumption Productivity, Agricultural Technical and Engineering Research Institute, Karaj, Iran*. Agricultural Research, Education and Extension Organization Publications. 68 pages. (In Persian)
2. Afshar, H., Sharifan, H., Ghahraman, B., & Bannayan Aval, M. (2020). Investigation of wheat water productivity in drip irrigation (tape) (Case study of Mashhad and Torbat-e-Heydariyeh). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage 14*(1): 39-48. (In Persian with English abstract)
3. Akhavan, K. (2015). *The application of drip irrigation system (tape) in wheat cultivation Ardabil agricultural Jihad Organization*. Agricultural Extension Coordination Management. Extension Manual, Number 83. (In Persian)
4. Ayers, R.S., & Westcott, D.W. (1989). *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, Rome.
5. Burt, C., Othman, A.A., & Paolini, A. (2003). Salinity patterns on row crops under Subsurface Drip Irrigation (SDI) on the Westside of the San Joaquin Valley of California, irrigation training and research center (ITRC), 64 pp. http://www.itrc.org/reports/pdf/rowcropsalinity.pdf
6. Chen, R., Cheng, W., Cui, J., Liao, J., Fan, H., Zheng, Z., & Ma, F. (2015). Lateral spacing in drip-irrigated wheat: The effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. *Field Crops Research* 179: 52–62. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.03.021.
7. Díaz, F.J., Grattan, S.R., Reyes, J.A., de la Roza-Delgado, B., Benes, S.E., Jiménez, C., & Tejedor, M. (2018). Using saline soil and marginal quality water to produce alfalfa in arid climates. *Agricultural Water Management* 199: 11-21. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.12.003.
8. Etemadi, H., Goli, A., & Shahabi, M. (2018). *Relationship between electrical conductivity of saturation past extract and different soil: water ratios*. 13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran and 3rd National Conference on Natural Resources and Environment Protection. Mohaghegh Ardabili University. (In Persian with English abstract)
9. Ghaemi, A.A., Hoseinabadi, Z., & Sepaskhah, A.R. (2008). Water use efficiency and yield of sugar beet under conventional and alternate tape and furrow irrigation. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries) 22*(2): 85-94. (In Persian with English abstract)
10. Ghadami Firouzabadi, A., & Baghani, J. (2019). Effects of different wheat planting patterns in drip tape irrigation on yield and water productivity of bread wheat in Hamedan. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage 13*(2): 528-539. (In Persian with English abstract)
11. Ghadami Firouzabadi, A., Baghani, J., Jovzi, M., & Albaji, M. (2021). Effects of wheat row spacing layout and drip tape spacing on yield and water productivity in sandy clay loam soil in a semi-arid region. *Agricultural Water Management* (251). https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106868.
12. Gharahdaghi, M.M., Tabatabaei, S.M., & Hasanli, M. (2016). Simulation of soil salinity and corn yield under saline water application conditions using Swap and Saltmed models. Journal of Water Research in Agriculture. (30)1: 51–64. (In Persian). http://dx.doi.org/10.22092/jwra.2016.106201.
13. Gharahdaghi, M.M., Tabatabaei, S.M., Maroufpoor, A., & Hosseinpanahi, F. (2019). Effects of laterals and emitters spacing on winter wheat yield and water use efficiency in drip-tape irrigation system. *Journal of Water Research in Agriculture 4*(33): 645–660. (In Persian with English abstract)
14. Kangkang, H., Yonghui, Y., Yanmin, Y., Suying, Ch., Qiuli, H., Xiaojing, L., & Feng., G. (2017). Hydrus simulation

of sustainable Brackish water irrigation in a winter wheat-summer maize rotation system in the north China plain. *Water Journal* 9: 536-554. http://doi.org/10.3390/w9070536.

15. Khorsandi, F., & Alaei, Y. F. (2007). Gypsum and texture effects on the estimation of saturated paste electrical conductivity by two extraction methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38: 1105–1117.
16. Khoshsimay Chenar, M., & Noory, H. (2019). The effect of drip irrigation (Tape strips) with saline water on some soil chemical properties. *Journal of Water Research in Agriculture 4*(33): 565-581. (In Persian)
17. Li, X., Kang, Y., Wan, S., Chen, X., & Xu, J. (2015). Effect of drip-irrigation with saline water on Chinese rose (*Rosa chinensis*) during reclamation of very heavy coastal saline soil in a field trial. *Scientia Horticulturae* 186: 163-171. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.024.
18. Malash, N., Flowers, T.J., & Ragab, R. (2005). Effect of irrigation system and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. *Agricultural Water Management 78*(1-2): 25–38. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.016.
19. Mirzaei Alamouti, L., Nazari, B., Sotoudehnia, A., & Ramezani Etedali, H. (2020). Investigation of salinity distribution in cultivated soil profiles under drip irrigation. *Journal of Soil and Water Resources Protection 2*(10): 69-81. (In Persian with English abstract)
20. Monjshirini, M., Salari, A., Mostafazadeh Fard, B., & Landy, A. (2015). Effect of irrigation water salinity on soil chemical characteristics under drip irrigation system (T-Tape). *Journal of Irrigation and Water Engineering 22*(6): 102-113. (In Persian with English abstract)
21. Rahimian, M.H. (2013). *The effect of lateral spacing in drip irrigation (Tape) on increasing the yield and water use efficiency of wheat*. National Conference on Passive Defense in Agriculture. (In Persian). https://civilica.com/doc/323911.
22. Rahimian, M.H., Aziziannasab, A., Nikkhah, M., & Dehghan, H. (2016). *Considerations of using Tape system for irrigation of wheat in saline conditions*. Extension Magazine No.204. Yazd Province Agricultural Extension Coordination Management. (In Persian)
23. Ramezani Etedali, H., Pashazadeh, M., Nazari, B., Sotoudehnia, A., & Kaviani, A. (2018). Study of salinity changes in soil profile of four agricultural crops in Qazvin plain under drip-tape irrigation with AquaCrop model. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries) 3*(32): 475-487. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20084757.1397.32.3.3.1.
24. Tabatabaei, S.H., & Mousavi, S.M. (2017). Soil nitrate transport in subsurface drip irrigation with different lateral spacing under turfgrass culture using municipal wastewater. *Journal of Soil and Water Resources Protection 7*(2): 15-26. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517480.1396.7.2.2.4
25. Tarighi, J., & Maleki, R. (2017). *Drip irrigation system (Tape) is a new method to increase the productivity of water resources to develop sustainable agriculture*. Fifth National Conference and First International Conference on Organic and Conventional Agriculture. 25-26 August. Mohaghegh Ardabili University. (In Persian with English abstract)
26. Torknezhad, A., Aghaei, M., Jafari, H., Shirvani, A., Roeintan, R., Nemati, A., & Shahbazi, Kh. (2006). Technical and economic evaluation of drip irrigation method in wheat and its comparison with surface irrigation method. *Journal of Research and Construction* 72: 36-44. (In Persian with English abstract)
27. Zhao, Y.,Wang, F., Zhou, Q., Yang, K., & Zhang, Y. (2016). Effect of drip tape distance and irrigation amount on spring wheat yield and water use efficiency. College of Water Resource and Civil Engineering. China Agricultural University. *Chinese Agricultural Science Bulletin 14*(32): 194-199. https://doi.org/10.11924/j.issn.1000-6850.casb15120040.
28. Zhaoyan, L., Ming, D., Weihua, L., Jian, C., Qin, Zh., Xiao, W., Tingbo, D., Weixing, C., & Dong, J. (2019). Impacts of lateral spacing on the spatial variations in water use and grain yield of spring wheat plants within different rows in the drip irrigation system. *Agricultural Water Management* 212: 252-261. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.015.