Saffron Agronomy & Technology
Homepage: https://saffron.torbath.ac.ir
Vol. 14, No. 1, 2026, p. 17-30

Monitoring Soil Salinity and Saffron Stigma Yield under the Influence of Irrigation Water Salinity and Nitrogen Application

Seyedeh Elahe Hashemi[1], Shahab Madahhosseini[1*], Hadi Pirasteh-Anosheh[2] and Ebrahim Sedaghati[3]

1- Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

2- Department of Natural Resource Research, Fars Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran

3- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article
Article history:
Submitted: 13 December 2025
Revised: 27 January 2026
Accepted: 15 February 2026
Available Online: 20 February 2026

Keywords:

Apparent salinity
Fertilization
Leaching rate
Soil saturated extract
Tolerance

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Saffron is a high-value medicinal–spice crop with low water demand, well suited to arid and semi-arid regions where freshwater is scarce. Although salinity constrains crop growth and soil quality, saffron appears moderately tolerant despite not being classified as salt-tolerant. However, field-scale information on its salinity response remains scarce. This study therefore examined how different irrigation salinity levels and nitrogen rates affect saffron stigma yield and changes in soil salinity.

Materials and Methods

The experiment was conducted under field conditions over two growing seasons. Four irrigation water salinity levels (2, 5, 8, and 11 ds m^{-1}) were applied in combination with four nitrogen rates (0, 25, 50, and 100 kg ha^{-1}). Stigma yield was recorded in both years, and soil salinity was monitored through the electrical conductivity of the saturated soil extract (EC_e) at two depths (0–30 and 30–60 cm) from 50 to 150 days after planting (DAP). In addition, apparent soil salinity (EC_a) was estimated in the field using an EM38 electromagnetic induction sensor, and its regression relationship with ECe was established to evaluate the reliability of the sensor for rapid salinity assessment. The stability of soil salinity across the growing season was also examined, and the appropriate leaching fraction for saline conditions was considered in interpreting the results.

Results and Discussion

Stigma yield decreased significantly with increasing salinity in both years, and the reduction was more severe in the second year. Yield losses caused by the highest salinity level reached 75.3% in the first year and 80.9% in the second year; in the second year, no plants grew in the 11 dS m^{-1} treatment, indicating cumulative salt stress and possible salt accumulation in the root zone. Nitrogen affected stigma yield significantly only in the second year, with the highest yield at 2 and 5 dS m^{-1} with 50 kgN ha^{-1} and at 8 dS m^{-1} with 25 kgN ha^{-1} This suggests that the optimal nitrogen rate declines as salinity increases, likely because excess nitrogen under saline conditions exacerbates osmotic and ion-specific stress rather than promoting growth. The effect of saline irrigation on EC_e appeared from 50 DAP onward, and by 150 DAP, all salinity treatments except 2 dS m^{-1} had increased EC_e at both depths. At that time, the average EC_e at both depths under irrigation salinities of 2, 5, 8, and 11 dS m^{-1} was 0.3, 1.8, 10.9, and 13.9 dS m^{-1}, respectively, showing that irrigation water quality largely governed salt accumulation in the soil profile. In the second year, treatments maintained the differences established in the first year relatively consistently throughout the growing season. Given the good regression relationship between EM38 readings and ECe, EC_a could be reliably estimated using the EM38, offering a practical tool for salinity monitoring. Differences in EC_a between nitrogen and salinity treatments were pronounced, with the highest EC_a recorded under the 11 dS m^{-1} treatment.

Conclusion

Overall, the results indicate that semi-saline water can be used for saffron cultivation with only a slight yield reduction, provided that irrigation and nutrition management are carefully implemented. Under low salinity, 50 kgN ha^{-1} is suitable, whereas under medium salinity, 25 kgN ha^{-1} is more appropriate for improving saffron yield. By observing an appropriate leaching fraction under saline conditions and ensuring the stability of soil salinity, soil salinity at the end of the growing season is expected to reach approximately 1.4 times the average salinity of the irrigation water, and end-of-season soil salinity is expected to fall between 0.94 and 1.44 times the value recorded at the beginning of the season.

Cite this Article:
Hashemi, S. E., Madahhosseini, Sh., Pirasteh-Anosheh, H., Sedaghati, E. (2026). Monitoring Soil Salinity and Saffron Stigma Yield under the Influence of Irrigation Water Salinity and Nitrogen Application. *Saffron Agronomy & Technology*, *14*(1), 17-30. https://doi.org/10.22048/jsat.2026.565646.1581

Corresponding author email: shahabmh@gmail.com

Print ISSN: 2383-1529 Online ISSN: 2383-2142
https://doi.org/10.22048/jsat.2026.565646.1581

© 2026, University of Torbat Heydarieh. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License (CC BY NC 4.0).

زراعت و فناوری زعفران
جلد۱۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵ ص. ۳۰-۱۷
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir

پایش شوری خاک و عملکرد کلاله زعفران تحت تاثیر شوری آب آبیاری و کاربرد نیتروژن

سیده الهه هاشمی[۱]، شهاب مداح حسینی[۱*]، هادی پیراسته انوشه[۲] و ابراهیم صداقتی[۳]

۱- گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
۲- بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۳- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۲۲ آذر ۱۴۰۴
تاریخ بازنگری: ۷ بهمن ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۲۶ بهمن ۱۴۰۴

کلمات کلیدی:
تحمل
سهم آبشویی
شوری ظاهری
عصاره اشباع خاک
کوددهی.

چکیده

اگرچه زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان یکی از مهمترین گونه‌های دارویی-ادویه‌ای با نیاز آبی کم و ارزش اقتصادی بالا به شوری متحمل نیست، ولی شواهد نشان می‌دهد حساسیت بالایی نیز به شوری ندارد؛ بااین‌حال اطلاعات در مورد پاسخ زعفران به شوری در مقیاس مزرعه‌ای بسیار اندک است. مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر آبیاری با سطوح مختلف هدایت الکتریکی (۲، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) و مقادیر متفاوت نیتروژن (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد کلاله زعفران و تغییرات شوری خاک انجام شد. نتایج نشان داد عملکرد کلاله با افزایش شوری در هر دو سال، به ویژه سال دوم، کاهش معنی‌داری یافت؛ به‌طوری‌که در سال دوم در تیمار ۱۱ دسی‌زیمنس برمتر هیچ بوته‌ای سبز نشد. کاهش عملکرد در اثر بیشترین سطح شوری در سال اول و دوم به ترتیب ۷۵/۳ و ۸۰/۹ درصد بود. نیتروژن تنها در سال دوم بر عملکرد کلاله تأثیر معنی‌داری داشت؛ بیشترین عملکرد در شوری‌های ۲ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر از تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در شوری ۸ دسی‌زیمنس برمتر از تیمار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. تأثیر آبیاری با آب شور بر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) از ۵۰ روز پس از کاشت مشاهده شد و با گذشت زمان تا ۱۵۰ روز پس از کاشت تیمارهای شوری آب (به جز ۲ دسی‌زیمنس برمتر) منجر به افزایش EC_e در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری شدند. در این زمان، میانگین EC_e دو عمق در تیمارهای آب آبیاری با شوری ۲، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب برابر با ۳/۰، ۸/۱، ۱۰/۹ و ۱۳/۹ دسی‌زیمنس برمتر بود. در سال دوم، تیمارها تفاوت‌های ایجاد شده در سال اول خود را به‌طور نسبتا یکسان در طول فصل رشد حفظ کردند. با توجه به‌دست آمدن رابطه رگرسیونی خوب بین قرائت دستگاه EM38 و EC_e می‌توان شوری ظاهری (ECa) را با استفاده از دستگاه EM38 برآورد کرد. تفاوت‌ها بین ECa در تیمارهای نیتروژن و شوری بسیار مشخص بود، که در این آزمایش بیشترین ECa از تیمار ۱۱ دسی‌زیمنس برمتر به‌دست آمد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که با پذیرفتن اندکی کاهش عملکرد از آب‌های نیمه شور برای زراعت زعفران استفاده کرد، ولی مدیریت آبیاری و تغذیه باید به‌طور دقیق رعایت شود. در شوری کم ۵۰ و در شوری‌های متوسط ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای بهبود عملکرد زعفران مناسب است. با رعایت سهم آبشویی مناسب شرایط شور و پایداری شوری خاک، انتظار می‌رود که شوری خاک در پایان فصل رشد به‌طور میانگین ۱/۴ برابر آب آبیاری باشد و شوری خاک در پایان فصل رشد زعفران بین ۰/۹۴ تا ۱/۴۴ برابر ابتدای فصل باشد.

نحوه ارجاع دهی به مقاله: هاشمی، س. ا.، مداح حسینی، ش.، پیراسته انوشه، ه.، صداقتی، ا. (۱۴۰۵). پایش شوری خاک و عملکرد کلاله زعفران تحت تاثیر شوری آب آبیاری و کاربرد نیتروژن. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۴(۱)، ۳۰-۱۷. https://doi.org/10.22048/jsat.2026.565646.1581

نویسندهٔ مسئول: shahabmh@gmail.com

شاپا چاپی: ۱۵۲۹-۲۳۸۳ شاپا الکترونیکی: ۲۱۴۲-۲۳۸۳
https://doi.org/10.22048/jsat.2026.565646.1581

حقوق مولفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه ترتب حیدریه داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en دیدن فرمائید

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی علفی، چندساله، بدون ساقه و دارای بنه (پداژه)، از خانواده زنبق (Iridaceae) می‌باشد. این گیاه ویژه مناطق نیمه گرمسیری است و در نقاطی که دارای زمستان‌های ملایم و تابستان گرم و خشک باشد، به خوبی رشد می‌کند (Ahmadian et al., 2024; Kafi et al., 2018). بیشترین مقدار تولید و سطح زیرکشت زعفران دنیا در ایران و به ترتیب برابر با ۴۳۶ تن از ۱۱۹/۸۴ هزار هکتار است (Anonymous, 2025)؛ با این حال در افغانستان، هندوستان، اسپانیا، مراکش، یونان، ترکیه، ایتالیا و فرانسه نیز کشت می‌شود (Pirasteh-Anosheh et al., 2022). بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، عمده تولید زعفران در ایران مربوط به استان خراسان رضوی (۲۷۲ تن از ۹۰/۹۷ هزار هکتار) و پس از استان‌های دیگر مانند خراسان جنوبی (۵۴ تن از ۱۵/۷۶ هزار هکتار)، خراسان شمالی (۲۸ تن از ۴/۸۸ هزار هکتار)، کرمان (۵/۸۸ تن از ۱/۳۵ هزار هکتار)، اصفهان (۵/۶۱ تن از ۱/۰۶ هزار هکتار) و فارس (۳/۹۳ تن از ۰/۹۸ هزار هکتار) است (Anonymous, 2025)، که در حال گسترش در بیشتر مناطق کشور مانند یزد، لرستان، سمنان و گلستان نیز می‌باشد (Behdani & Hoshyar, 2016; Kafi et al., 2018).

زعفران ترکیبات متنوعی از جمله ویتامین‌ها (ریبوفلاوین و تیامین)، مواد معدنی (منیزیم، کلسیم، آهن و منگنز)، قندهای احیاکننده، پروتئین، نشاسته، فلاونوئیدها (کامفرول گلیکوزیله شده) دارد (Moslemi et al., 2021). کاهش کمی و کیفی روز افزون منابع آب شیرین و در دسترس، باعث تهدید امنیت غذایی در سراسر نقاط جهان و از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است. به منظور مقابله با این پدیده، متخصصان علوم کشاورزی همواره سعی در افزایش و ارتقای بهره‌وری مصرف آب از طریق کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد در واحد سطح را داشته‌اند. اعمال مدیریت‌های مختلف آبیاری در کنار مدیریت‌های زراعی دیگر از جمله روش‌هایی است که این متخصصان مورد استفاده قرار می‌دهند (Ahmadian et al., 2024; Choopan et al., 2024). با این حال و به جهت دستیابی به نتایج مطمئن و قابل کاربرد، اجرای مزرعه‌ای پژوهش‌ها امری اجتناب ناپذیر است. این امر نیازمند صرف زمان و هزینه‌های بسیاری می‌باشد که با توجه به تغییرات سریع محیط پیرامون ممکن است نتایج بدست آمده با شرایط جدید سازگاری نداشته باشد. زعفران به دلیل نیاز آبی کم، گیاه بسیار مناسبی برای قرار گرفتن در الگوی کاشت مناطق خشک و نیمه خشک است (Sepaskhah & Yarami, 2009)؛ اما غالبا در مناطق خشک و نیمه خشک ایران شوری منابع آب وخاک، مشکلی مضاعف و رو به گسترش است که هم می‌تواند بر سطح زیر کشت و هم بر عملکرد محصول تأثیر سوء بگذارد. بنابراین شناخت مکانیسم‌های تحمل شوری در گیاهان به‌منظور مدیریت مزرعه برای افزایش تحمل به شوری جهت دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری است (Sepaskhah & Yarami, 2012).

از آنجا که عناصر تغذیه‌ای، به ویژه نیتروژن در میزان عملکرد زعفران تاثیر به‌سزایی دارد، بنابراین توصیه می‌گردد که براساس تجزیه خاک و با توجه به مقدار مواد آلی موجود در آن و سایر فاکتورهای اقلیمی و محیطی میزان و نوع کود مورد نیاز مشخص شود. با توجه به این‌که زعفران گیاهی چندساله است، شرایط اولیه تغذیه خاک برای این گیاه دارای اهمیت بیشتری است (Kafi et al., 2018; Pirasteh-Anosheh et al., 2023). با وجود این‌که به نظر می‌رسد زعفران تحمل بالایی به شوری ندارد، اما با توجه به تشدید روند شور شدن منابع آب و خاک به ویژه در مناطق عمده زعفران‌کاری کشور، پژوهش درمورد پاسخ زعفران به شوری بسیار ضروری است. از دیگر سو،

نقش تغذیه به ویژه ناکافی بودن نیتروژن در زراعت زعفران انکارناپذیر است و دانش اندکی درباره میزان نیتروژن موردنیاز زعفران در شرایط شور و غیرشور وجود دارد. همچنین برهمکنش این دو عامل بر تولید علوفه زعفران نیز از توجه دور مانده است. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر برهمکنش آبیاری با آب با شوری‌های مختلف و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد کلاله زعفران و تغییرات شوری خاک در طول فصل رشد طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقات شوری صدوق مرکز ملی تحقیقات شوری در یزد انجام شد. تیمارهای آزمایشی در پژوهش مزرعه‌ای شامل سطوح متفاوت شوری آب آبیاری: شاهد (۲ دسی‌زیمنس بر متر)، ۵ و ۸ و۱۱ دسی‌زیمنس بر متر و مقادیر مختلف نیتروژن: صفر (به‌عنوان شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که در یک آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طراحی شد. تنش شوری به کرت‌های اصلی و نیتروژن به کرت‌های فرعی اختصاص پیدا کرد. بافت خاک لومی شنی و کلاس بافت خاک بر اساس سیستم طبقه بندی یکپارچه خاک[1] (USCS) شنی-سیلتی[2] (SM) بود.

زمین موردنظر به عمق ۳۵ سانتی‌متر شخم زده شد و پس از دوبار دیسک عمود بر هم، کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ متر (۶ مترمربع) تهیه شد. پیش از انجام آزمایش از عمق خاک زراعی نمونه خاک تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید. پیش از کاشت به منظور یکنواختی EC_e، کل مزرعه با آب غیرشور (۲ دسی‌زیمنس برمتر) آبشویی شد. کاشت به صورت کپه‌ای در ۲۷ مهر انجام شد، بدین ترتیب که در هر کپه ۵ بنه ۸ تا ۱۰ گرمی در عمق ۲۰-۲۵ سانتی‌متری قرار داده شد. آرایش کاشت مربعی (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) با تراکم ۸۰ بنه در متر مربع در نظر گرفته شد. تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری از ترکیب دو استخر آب شیرین (۲ دسی‌زیمنس بر متر) و شور (۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) توسط سیستم تعبیه شده در مزرعه تهیه و توسط سیستم تحت فشار به کرت‌های آزمایشی انتقال داده شد. شوری آب آبیاری برای هر تیمار در ورودی کرت‌ها با EC-meter پورتابل کنترل شد. نیمی از کود نیتروژن (از منبع اوره) همراه آب اول و مابقی به صورت سرک همراه آبیاری دوم به صورت دستپاش به کرت‌های آزمایشی افزوده شد.

در مرحله ظهور گل برداشت گل‌ها در اولین ساعات روز انجام و وزن خشک کلاله اندازه‌گیری شد. شوری خاک در این پژوهش به دو روش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در پنج مرحله (۱۵، ۵۵، ۹۶، ۱۳۷ و ۱۸۰ روز پس از کاشت) و شوری ظاهری خاک در سه مرحله (۱۵، ۹۶ و ۱۸۰ روز پس از کاشت) در دو عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در طول فصل رشد پایش شد. نمونه های خاک با آگر نمونه برداری از دو عمق برداشت گردید و بلافاصله به آزمایش منتقل گردید. برای مدیریت بهتر شوری خاک و همچنین کنترل تیمارها نیاز به پایش مداوم شوری خاک وجود داشت، ولی برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بایستی از همه کرت‌ها به‌طور مداوم نمونه خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری تهیه می‌شد که علاوه بر دشواری کار، منجر به آسیب زدن به بخشی از بوته‌های زعفران می‌گردید. برای این‌کار از پایش غیرتخریبی شوری خاک از طریق استفاده از دستگاه القاءگر الکترومغناطیس (EM38) استفاده شد. دستگاه EM38 یک ابزار قابل‌حمل است که می‌تواند شوری ظاهری خاک را به‌صورت غیرتخریبی تخمین بزند. برای اینکار در هنگام اندازه گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، شوری ظاهری خاک نیز با دستگاه EM38 در

1- Unified Soil Classification System
2- Silty Sand

همان زمان و همان نقطه سنجش گردید. رابطه رگرسیونی بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با قرائت دستگاه EM38 ترسیم و معادله خط آن به‌دست آمد. با استفاده از معادله خط، در سایر نقاطی که نمونه‌برداری انجام نشد، شوری خاک برآورد شد. داده‌های جمع آوری شده پس از آزمون یکنواختی واریانس، مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین‌ها بر اساس برآورد خطای استاندارد (±SE) مقایسه شدند. تجزیه‌های یکنواختی واریانس، تجزیه واریانس و برآورد خطای استاندارد با نرم افزار آماری SAS انجام شد.

جدول ۱- نتایج آزمون خاک مزرعه آزمایشی پیش از شروع آزمایش

Table 1- Results of soil test of experimental farm before the start of the experiment

بافت Texture	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	نیتروژن N_{total} (%)	فسفر P_{ava} ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم K_{ava} ($mg\ kg^{-1}$)	ماده آلی O.M (%)	ظرفیت مزرعه FC (%)
لومی شنی Sandy Loam	54	15	31	6.69	7.44	0.093	10.3	220.0	1.19	25.9

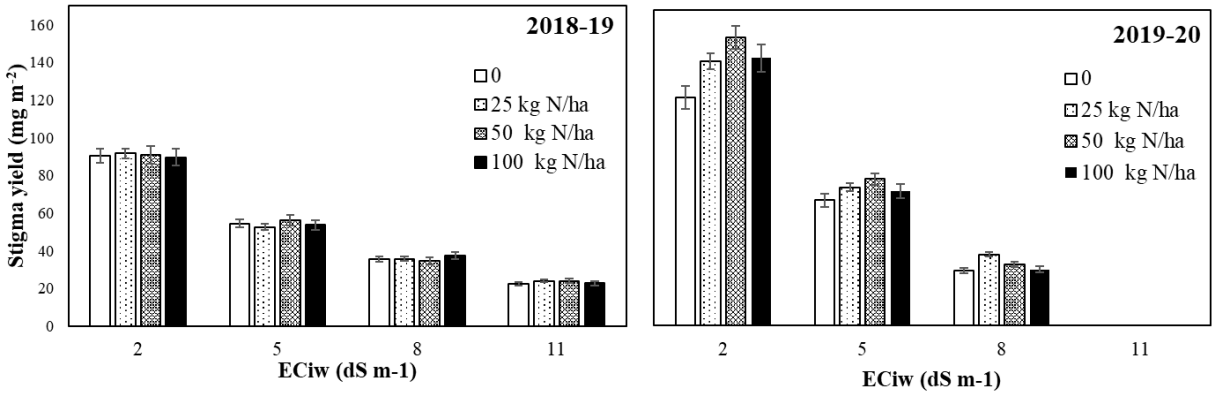
روش‌های اندازه‌گیری: بافت خاک: روش هیدرومتری – USDA، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e): هدایت‌سنجی در عصاره اشباع خاک، pH: روش الکترومتری با استفاده از pH متر، نیتروژن: روش کلدال (هضم در اسیدسولفوریک)، فسفر: روش رنگ‌سنجی اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتری، پتاسیم: عصاره‌گیری با استات آمونیوم ۱ مولار و قرائت با دستگاه شعله‌سنج (فلیم فتومتر)، ماده آلی: روش هضم تر والکی – بلک (اکسیداسیون تر)، ظرفیت مزرعه: روش وزنی پس از اشباع و زهکشی آزاد ۲۴ ساعته

نتایج و بحث

عملکرد کلاله

عملکرد کلاله تحت‌تأثیر عوامل محیطی (از جمله شوری خاک و آب) و تغذیه‌ای (به‌ویژه نیتروژن) قرار دارد. شناخت نحوه تأثیر این عوامل برای مدیریت بهینه تغذیه و افزایش بازده محصول در مناطق خشک و شور کشور اهمیت زیادی دارد. در بررسی میزان عملکرد کلاله (شکل ۱ و ۲) نشان داده شد که با افزایش شوری در سال اول و دوم وزن خشک کلاله کاهش یافته است که این روند کاهشی در سال دوم بیشتر گزارش گردید. در سال اول روند کاهشی با افزایش میزان شوری صورت گرفت و میزان نیتروژن در هکتار تاثیری بر روند کاهشی عملکرد کلاله از خود نشان نداد. بیش‌ترین میزان وزن خشک کلاله در سال اول در تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر با میزان ۹۱/۶۱ میلی گرم در مترمربع و کم‌ترین آن در تیمار ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر با میزان ۲۲/۶۱ میلی گرم در مترمربع ثبت گردید؛ که معادل ۷۵/۳۱ درصد کاهش نسبت به شرایط غیرشور بود. در سال دوم نیز بیش‌ترین میزان عملکرد کلاله در تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر و با ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۵۵/۳۳ میلی گرم در متر مربع و کم‌ترین میزان در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر با ۲۹/۶۶ میلی گرم در مترمربع ثبت گردید، که این کاهش برابر با ۸۰/۹ درصد در مقایسه با شرایط شاهد بود. در نهایت با توجه به شکل میزان عملکرد کلاله تحت تاثیر میزان شوری قرار گرفته و همبستگی منفی میان میزان شوری و عملکرد کلاله نشان داده شد. شوری معمولاً اثر منفی و معنی‌داری بر عملکرد کلاله زعفران دارد. این کاهش می‌تواند به دلیل اثرات مستقیم شوری بر رشد بنه و اندام‌های زایشی و نیز اثرات غیرمستقیم آن از طریق کاهش رشد رویشی، فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به اندام‌های زایشی باشد. تنش شوری باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در مسیر سنتز ترکیبات کربوهیدراتی از جمله آلدولاز (Aldolase)، گلوکوز-۶-فسفات دی‌هیدروژناز (G6PD) / گلکونات دهیدروژنازها (G6PDH)، اینورتاز (Invertase) و کاهش تجمع قندهای

محلول در بنه شده و در نتیجه مواد ذخیره‌ای کمتری برای تشکیل گل و کلاله فراهم می‌گردد (Koocheki et al., 2016; Hamidian et al., 2023). شوری همچنین می‌تواند از طریق ایجاد اختلال در تعادل یونی و کاهش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم، فرآیند تمایز گل و رشد کلاله را محدود کند. به همین دلیل، در تیمارهای با شوری بالا، کاهش معنی‌دار عملکرد کلاله نسبت به شاهد مشاهده شد. در مقابل، مصرف نیتروژن اثر مثبتی بر عملکرد کلاله داشت (Hamidian et al., 2023). نیتروژن با افزایش رشد رویشی، گسترش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی، باعث تأمین مواد فتوسنتزی بیشتر برای رشد اندام‌های زایشی می‌شود. همچنین نیتروژن در تشکیل ترکیبات آلی نیتروژنی و رنگدانه‌هایی مانند کروسین و پیکروکروسین که از متابولیت‌های اصلی کلاله هستند، نقش اساسی دارد (Yarami & Sepaskhah, 2015; Behdani & Hoshyar, 2016). یافته‌های این پژوهش با گزارش‌های پیشین (Koocheki & Seyyedi, 2016; Yarami & Sepaskhah, 2015; Pirasteh-Anosheh et al., 2023) مطابقت دارد که گزارش کردند افزایش شوری سبب کاهش عملکرد کلاله زعفران شده و کاربرد نیتروژن متعادل می‌تواند تا حدی این اثر را جبران نماید. در مطالعه جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2006) در بررسی اثرات کودهای شیمیایی و آلی بر زعفران دریافتند که تعداد و وزن خشک گل و کلاله تحت تاثیر کودها قرار گرفته است و بیش‌ترین تعداد گل با کود گاوی و کم‌ترین آن با کودهای NK، N، PK به‌دست آمد. بیش‌ترین وزن خشک کلاله با کود گاوی و کم‌ترین آن با تیمارهای PK بدست آمد. همچنین بیش‌ترین وزن خشک گل با NPK و کم‌ترین آن با کاربرد N و PK بدست آمد.



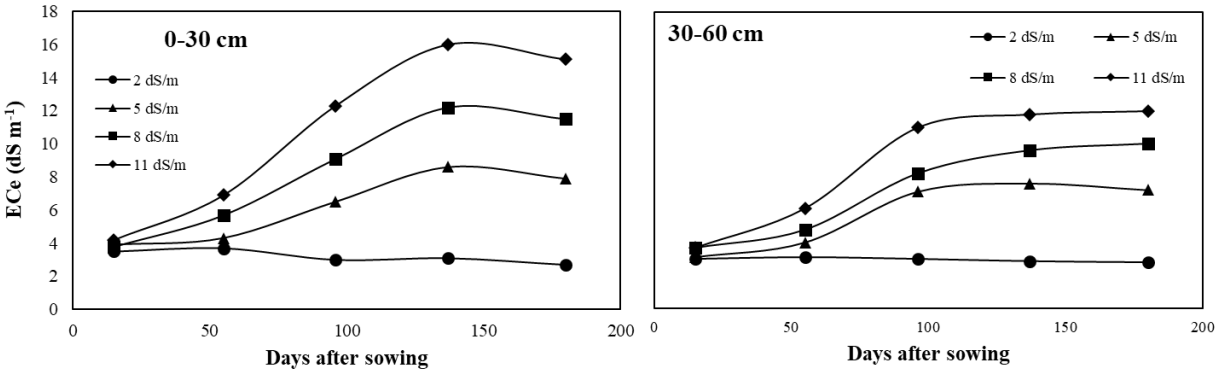
شکل ۱- وزن خشک کلاله در تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری تحت تاثیر مقادیر مختلف تامین نیتروژن در دو سال. میانگین‌های با همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 1- Stigma dry weight in different salinity of irrigation water (EC_{iw}) under different nitrogen supply levels in two years. Means with overlap are not significantly different based on standard error (±SE).

شوری عصاره اشباع خاک

در سال اول در اولین نمونه‌برداری (۱۵ روز پس از کاشت) هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) در تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). این روند در هر دو عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری یکسان بود. این موضوع احتمالاً به دلیل آبشویی کاملی بود که پیش از شروع آزمایش انجام شد که شرایط خاک در ابتدای آزمایش برای همه تیمارها یکسان باشد. با گذشت زمان و آبیاری بیشتر با آب‌های با تیمارهای مختلف شوری، تفاوت‌ها نمایان شد. در هر دو عمق (شکل ۲) تیمار شوری ۲

دسی‌زیمنس برمتر منجر بـه کـاهش EC_e شـد و در نهایـت در حدود ۳ دسی‌زیمنس برمتر (بین ۲/۷ تا ۳/۱ دسی‌زیمنس برمتـر) به تعادل رسید. سایر تیمارهای شوری آب منجر به افزایش EC_e گردیـد و تفاوت‌هـای بـین تیمارهـا را افـزایش داد. صـرفنظر از کاهش ناچیز EC_e در ۱۸۰ روز پس از کاشت در عمق صـفر تـا ۳۰ سانتی‌متری، اوج تفاوت بین تیمارها و اوج EC_e در ۱۵۰ روز پس از کاشت مشاهده شد. در این زمان، EC_e در تیمارهـای آب آبیاری با شوری ۲، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس برمتر در عمق صـفر تا ۳۰ سانتی‌متری بـه ترتیـب برابـر بـا ۳/۱، ۸/۶، ۱۲/۲ و ۱۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر (شکل ۲) و در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متـری به ترتیب برابر بـا ۲/۹، ۷/۶، ۹/۶ و ۱۱/۸ دسـی‌زیمنس بـر متـر (شکل ۲) بود.

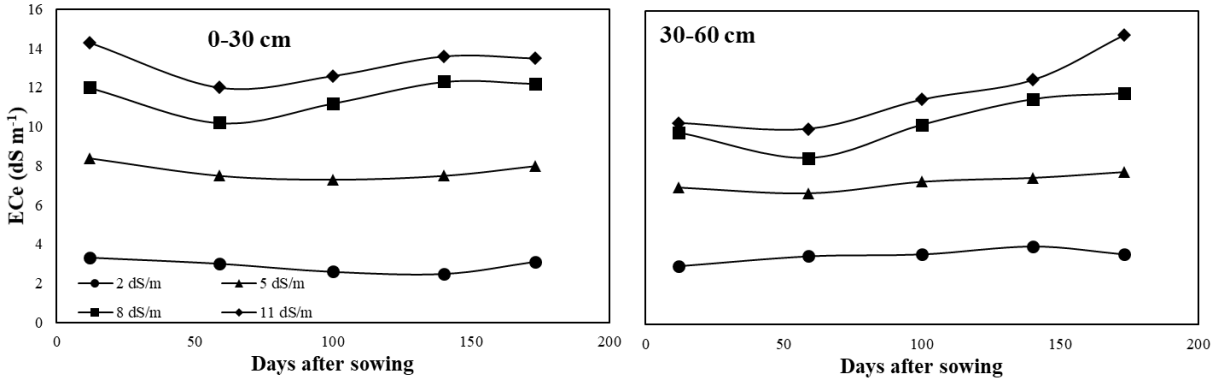


شکل ۲- تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در طول فصل رشد در شرایط هدایت‌های الکتریکی مختلف آب در سال اول (۹۸-۱۳۹۷). میانگین‌های با همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 2- Changes in the electrical conductivity of saturated soil extract (EC_e) at depths of 0-30 and 30-60 cm during the growing season under different water electrical conductivities (EC_{iw}) in the first year (2018-2019). Means with overlap are not significantly different based on standard error (±SE).

روند تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خـاک در سـال دوم (شکل ۳) با سال اول (شکل ۲) متفاوت بود. در این سال بر خلاف سال اول، تیمارهای مختلف شـوری آب آبیـاری بـا EC_e های مختلفی آزمایش را آغاز کردند (اولین نمونه‌برداری، ۱۲ روز پس از کاشت)؛ چرا که در سال اول این تیمارها اعمال شده بـود و بر خلاف سال اول، پیش از شروع سـال دوم آبشـویی مزرعـه صورت نگرفت. در دومـین نمونـه‌برداری کـاهش محسوسـی در EC_e در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در همه تیمارهای شـوری آب آبیاری مشاهده شد، ولی در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری ایـن کاهش وجود نداشت (شکل ۳). این موضـوع احتمـالا بـه دلیـل بالارفتن شوری خاک در طول تابستان در زمان خـواب بنـه‌های زعفران بود که آبیاری صورت نگرفته بود و تبخیـر و تعـرق نیـز بالا بوده است، بنابراین شوری خاک افـزایش یافـت. بـا دومـین آبیاری نمک‌های خاک از عمـق بـالایی خـاک (۳۰-۰ سـانتی‌متری) شسته شده و به عمق پـایین تـر (۶۰-۳۰ سـانتی‌متـری) نفوذ کردند. با چشم‌پوشی از تغییرات ناچیز بین تیمارهای شوری آب آبیاری، تفاوتی در EC_e در طول زمان مشاهده شد، و تیمارها تفاوت خود را به طور نسبتا یکسان در طـول فصـل رشـد حفـظ کردنـد. میـانگین EC_e در طـول فصـل رشـد در تیمارهـای آب آبیاری با شوری ۲، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس برمتر در عمق صـفر تا ۳۰ سانتی‌متری بـه ترتیـب برابـر بـا ۲/۹، ۷/۷، ۱۱/۶ و ۱۳/۲ دسی‌زیمنس بر متر (شکل ۳) و در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متـری به ترتیب برابر با ۳/۵، ۷/۳، ۱۰/۴ و ۱۱/۸ دسی‌زیمنس بـر متـر (شکل ۳) بود.

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک رابطه مستقیمی با هدایت الکتریکی آب آبیاری دارد. حوری و همکاران (Alihouri et al., 2015) بیان کردند که شوری خاک در تیمارهای آبیاری با آب شور به‌طور معنی‌داری افزایش و با افزایش عمق، شوری خاک کاهش یافت؛ که این نتیجه با یافته‌های این پژوهش به ویژه در شوری متوسط و بالا مطابقت دارد (شکل‌های ۲ و ۳). در مطالعه دیگری نیز گزارش شد که شوری آب زهکش با افزایش سطح شوری آب آبیاری به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (Rousta et al., 2013).



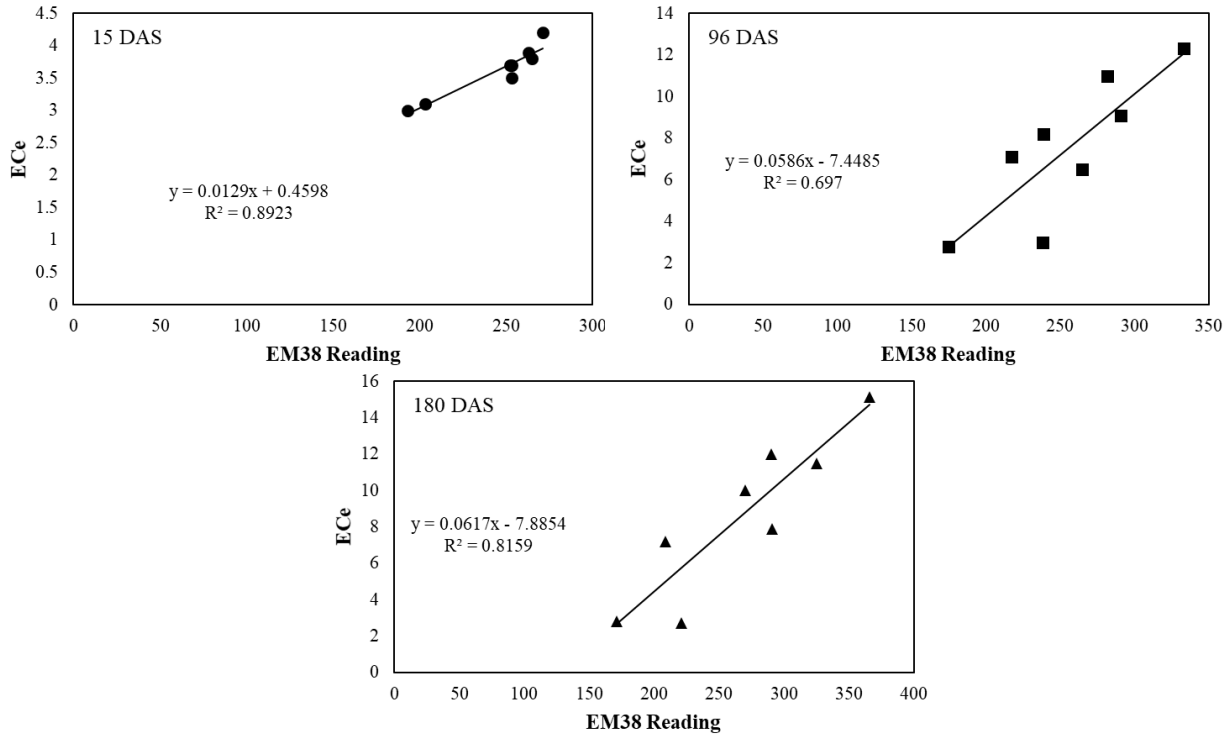
شکل ۳- تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در طول فصل رشد در شرایط هدایت‌های الکتریکی مختلف آب در سال دوم (۹۹-۱۳۹۸). میانگین‌های با همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی‌دار ندارند.

Figure 3- Changes in the electrical conductivity of saturated soil extract (EC_e) at depths of 0-30 and 30-60 cm during the growing season under different water electrical conductivities (EC_{iw}) in the second year (2019-2020). Means with overlap are not significantly different based on standard error (±SE).

شوری ظاهری خاک

رابطه خوبی بین قرائت دستگاه EM38 و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در سه مرحله نمونه ۱۵، ۹۶ و ۱۸۰ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۴). به طوری که ضریب رگرسیونی (R^2) این رابطه در سه زمان مذکور به ترتیب برابر با ۰/۸۹، ۰/۷۰ و ۰/۸۲ بود. بنابراین بر اساس معادله رگرسیونی این رابطه، می‌توان هدایت الکتریکی خاک را بر اساس قرائت‌های دستگاه EM38 برآورد کرد، که به نام شوری ظاهری خاک (EC_a) شناخته می‌شود، که در شکل ۴ ارائه شده است. براساس مطالعات پیشین، بهترین روش واسنجی برای تبدیل قرائت‌های دستگاه EM38 به شوری عصاره اشباع خاک، به‌کارگیری مستقیم روابط رگرسیونی است. در مطالعه‌ای با بررسی شوری عصاره اشباع و شوری ظاهری خاک در هفت منطقه در استان یزد (Pirasteh-Anosheh et al., 2021)، بیان شد که بهترین روش رگرسیون خطی برای مناطق مختلف و برای دو عمق به‌صورت جداگانه بود. بر این اساس، گزارش شد که رابطه خوب و قابل قبولی بین قرائت‌های دستگاه EM38 به شوری عصاره اشباع خاک مشاهده شد و ضرایب رگرسیونی بین ۰/۵۲ تا ۰/۸۶ بود.

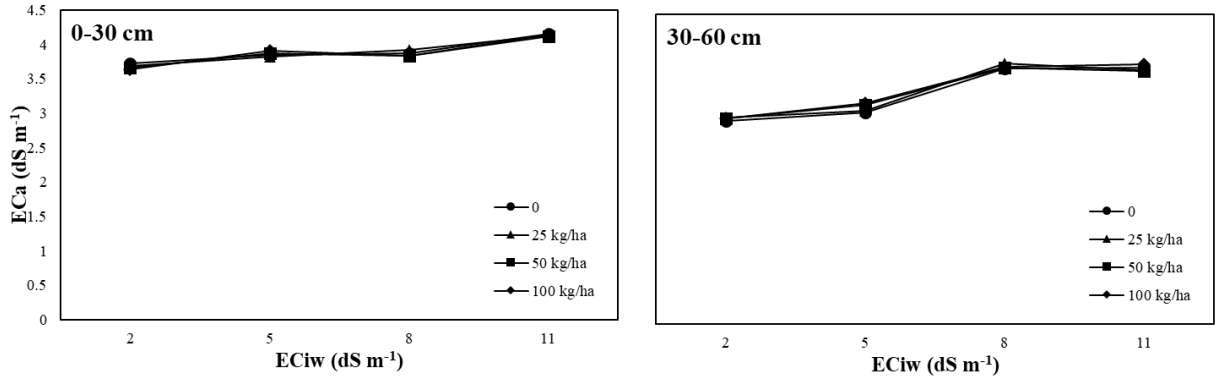
شوری ظاهری خاک در هر دو عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در ۱۵ روز پس از کاشت روند نسبتا ثابتی را بین تیمارهای مختلف نیتروژن نشان داد (شکل ۵). در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری با افزایش شوری آب آبیاری شوری ظاهری خاک روند افزایشی اما غیرمعنی‌داری داشت. با این حال در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری این افزایش معنی‌دار بود، ولی تفاوتی بین تیمارهای ۲ و ۵ دسی‌زیمنس برمتر و بین تیمارهای ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده نشد (شکل ۵).



شکل ٤- رابطه بین قرائت دستگاه EM38 و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در ۱۵، ۹٦ و ۱۸۰ روز پس از کاشت.

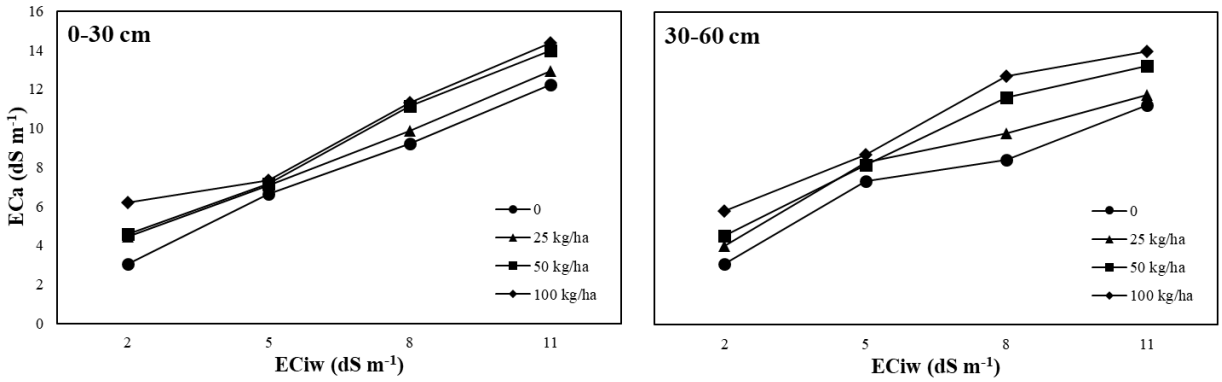
Figure 4- Relationship between EM38 instrument readings and electrical conductivity of saturated soil extract (EC_e) at 15, 96 and 180 days after planting.

در ۹۶ روز پس از کاشت، تفاوت‌ها بین تیمارهای نیتروژن و شوری بسیار مشخص گردید (شکل ۶). در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری با افزایش شوری آب آبیاری شوری ظاهری خاک روند افزایشی و معنی‌داری داشت، به طوری که بیشترین شوری ظاهری خاک از تیمار ۱۱ دسی‌زیمنس برمتر به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با همه سطوح شوری آب آبیاری داشت. در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نیز تفاوت بین تیمارهای شوری‌های آب آبیاری مشخص بود (شکل ۶)، ولی در سطوح کم نیتروژن تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد. در هر دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، تفاوت بین تیمارهای نیتروژن معنی‌دار بود، به نحوی که با افزایش مقدار نیتروژن شوری ظاهری خاک افزایش یافت. بیشترین و کمترین شوری ظاهری خاک در ۹۶ روز پس از کاشت به ترتیب از تیمارهای ۱۰۰ و صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. در بسیاری از موارد، تفاوت معنی‌داری بین شوری ظاهری خاک در هر دو عمق در تیمارهای صفر و ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و بین تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد (شکل ۶). در یک مطالعه دو ساله در مزرعه جو، گزارش شده است که در هر دو سال هدایت الکتریکی خاک بلافاصله پس از اعمال شوری تحت تأثیر قرار گرفت و با گذشت زمان، این تأثیر بیشتر شد. تیمارهای شوری ۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب باعث کاهش و افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک گردیدند. بیشینه هدایت الکتریکی خاک در هر سه عمق در ۱۶۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد.



شکل ۵- تغییرات شوری ظاهری خاک در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن و تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در ۱۵ روز پس از کاشت

Figure 5- Changes in apparent soil salinity (EC_a) at different levels of nitrogen application and different irrigation water salinities (EC_{iw}) at two depths of 0-30 and 30-60 cm at 15 days after planting.



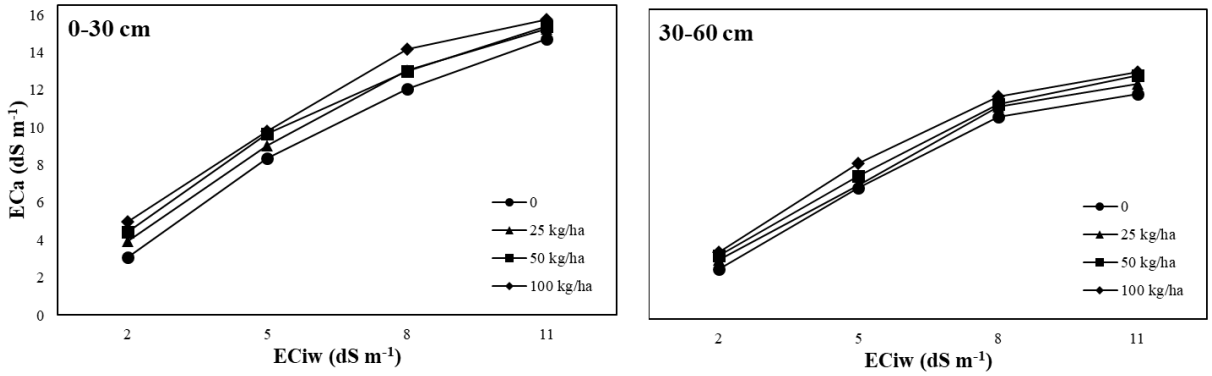
شکل ٦- تغییرات شوری ظاهری خاک در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن و تیمارهای مختلف آب آبیاری در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ٦۰ سانتی‌متری در ۹٦ روز پس از کاشت

Figure 6- Changes in apparent soil salinity (EC_a) at different levels of nitrogen application and different irrigation water salinities (EC_{iw}) at two depths of 0-30 and 30-60 cm at 96 days after planting.

در ۱۸۰ روز پس از کاشت، تأثیر تیمار شوری آب آبیاری در هر دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تشدید ولی تفاوت بین تیمارهای نیتروژن کمرنگ شد (شکل ۷). شوری ظاهری خاک در همه سطوح شوری آب آبیاری نسبت به سطوح دیگر تفاوت معنی‌داری داشت، و بیشترین و کمترین آن به ترتیب در تیمارهای شوری آب آبیاری ۱۱ و ۲ دسی‌زیمنس برمتر به دست آمد. از دیگر سو نیز، به طور کلی با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، شوری ظاهری خاک افزایش یافت؛ اما در بسیاری موارد، به ویژه در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (شکل ۷).

رجب و همکاران (Ragab et al., 2008) اعتقاد دارند که با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری، شوری خاک به‌تدریج افزایش می‌یابد. این پژوهشگران مشاهده کردند که هدایت الکتریکی خاک در کرت‌های آبیاری شده با آب با شوری‌های ۴/۸، ۶/۶ و ۸/۹ دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب ۵، ۸ و ۱۶ درصد افزایش یافت. در گزارش دیگری، نشان داده شد که شوری خاک در انتهای فصل زراعی نسبت به ابتدای فصل در کرت‌های غیرشور کاهش و در تیمارهای متوسط و شدید شوری افزایش

نشان داد. در شوری متوسط با افزایش عمق خاک، کمی افزایش شوری و در شوری شدید با افزایش عمق خاک، به دلیل افزایش آبشویی حاصل از بیشتر بودن آب قابل دسترس (به‌دلیل جذب کمتر آب توسط گیاه در این شرایط)، اندکی کاهش شوری مشاهده شد (Feizi & Saadat, 2015). در پژوهشی دیگر نیز نشان داده شد که آبیاری با آب شور باعث افزایش تقریباً دو برابری هدایت الکتریکی خاک در پایان فصل نسبت به شروع آزمایش و همچنین افزایش ۲۰ درصدی شوری خاک نسبت به شوری آب آبیاری گردید (Pirasteh-Anosheh et al., 2023).



شکل ۷- تغییرات شوری ظاهری خاک در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن و تیمارهای مختلف آب آبیاری در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در ۱۸۰ روز پس از کاشت

Figure 7- Changes in apparent soil salinity (EC_a) at different levels of nitrogen application and different irrigation water salinities (EC_{iw}) at two depths of 0-30 and 30-60 cm at 180 days after planting.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که زعفران تحملی نسبت به شوری ندارد، چرا که هیچ یک از مکانیسم‌های تحمل (Tolerance) به شوری مانند تنظیم اسمزی، توزیع یون‌ها بین ریشه و شاخساره، کده‌بندی نمک در اندامک‌ها یا خروج نمک از سطح برگ‌ها را ندارد، ولی می‌توان از استراتژی اجتناب (Avoidance) برای کاهش حساسیت به شوری و زراعت در شرایط نیمه شور استفاده کرد. بر این اساس به‌نظر می‌رسد که از آب‌های نیمه‌شور تا حدود ۴-۵ دسی‌زیمنس برمتر به شرط رعایت مدیریت آبشویی از جمله درنظر گرفتن سهم آبشویی مناسب و همچنین تغذیه بهینه برای توسعه زعفران استفاده کرد. تامین ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای سطوح شوری کم و ۲۵ کیلوگرم در هکتار برای سطوح شوری متوسط می‌تواند به افزایش عملکرد و بهبود تحمل به شوری کمک کند. با رعایت سهم آبشویی مناسب شرایط شور و پایداری شوری خاک، انتظار می‌رود که شوری خاک در پایان فصل رشد به طور میانگین ۱/۴ برابر آب آبیاری باشد و شوری خاک در پایان فصل رشد زعفران بین ۰/۹۴ تا ۱/۴۴ برابر ابتدای فصل باشد.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از تمام افرادی که در اجرای این مطالعه یاری رساندند، به ویژه مجموعه مدیریتی و کارکنان مرکز ملی تحقیقات شوری، سپاسگزاری می شود.

مشارکت نویسندگان

سیده الهه هاشمی: ایده‌پردازی، طراحی آزمایش، اجرای آزمایش، گردآوری داده‌ها و نگارش پیش‌نویس اولیه مقاله. شهاب مداح حسینی: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، طراحی آزمایش،

خدمات نرم‌افزاری، ویرایش نهایی مقاله و هدایت مطالعه. هادی پیراسته انوشه: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، اجرای آزمایش، گردآوری داده‌ها و ویرایش نهایی مقاله. ابراهیم صداقتی: ایده‌پردازی، خدمات نرم‌افزاری و ویرایش نهایی مقاله.

منبع تأمین مالی

این مقاله بخشی از نتایج رساله دکتری تخصصی نویسنده اول است که با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسندگان سوم و چهارم انجام شده است. این پژوهش با حمایت دانشگاه ولی عصر رفسنجان (عج) و مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا گردیده است.

دسترسی به داده‌ها و مواد پژوهشی

داده‌ها در صورت درخواست، از طریق نویسندگان قابل دسترسی هستند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارند.

منابع

Ahmadian, A., Esmaeilian, Y., Tavassoli, A., Fernández-Gálvez, J., & Caballero-Calvo, A. (2024). Application of a superabsorbent hydrogel for improving water productivity and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) under water deficit conditions. *Scientia Horticulturae*, *336*, 113411. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113411

Alihouri, M. A., Naseri, A., Broomand-Nasab, S., & Kiani, A. (2015). Effect of deficit irrigation and water salinity on soil salinity distribution and date plants vegetative growth. *Water & Soil Conservation, 4*, 1-13. (In Persian with English abstract).

Anonymous (2025). Agricultural Statistics, Volume 3: Horticultural and Greenhouse Products (2024). Ministry of Agriculture.

Behdani, M. A., & Hoshyar, R. (2016). Phytochemical properties of Iranian organic saffron stigma: antioxidant, anticancer and apoptotic approaches. *Cellular & Molecular Biology*, *62*(14), 69-73.

Choopan, Y., Khashei, A., & Zangane, M. (2024). Studying the Economic Water Footprint of Saffron Crop in the Climate of Torbat Heydariyeh County. *Journal of Saffron Research, 12* (2), 302-313. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2025.8455.1248

Feizi, M., & Saadat, S. (2015). The effect of irrigation management with saline water on soil salinity in a crop rotation. *Water & Irrigation Management*, *5*, 11-25. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jwim.2015.55214

Hamidian, M., Movahhedi-Dehnavi, M., Sayyed, R. Z., Almalki, W. H., Gafur, A., & Fazeli-Nasab, B. (2023). Co-application of Mycorrhiza and methyl jasmonate regulates morpho-physiological and antioxidant responses of *Crocus sativus* (Saffron) under salinity stress conditions. *Scientific Reports*, *13* (1), 7378. https://doi.org/10.1038/s41598-023-34359-6

Jahan, M., & Jahani, M. (2006). The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae*, *739*, 81-86. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.739.9

Kafi, M., Kamili, A. N., Husaini, A. M., Ozturk, M., & Altay, V. (2018). An expensive spice saffron (*Crocus sativus* L.): A case study from Kashmir, Iran, and Turkey. In: Ozturk, M., Hakeem, K., Ashraf, M., Ahmad, M. (eds) Global Perspectives on Underutilized Crops. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77776-4_4

Koocheki, A., & Seyyedi, S. M. (2016). Effects of different water supply and corm planting density on crocin, picrocrocin and safranal,

nitrogen uptake and water use efficiency of saffron grown in semi-arid region. *Notulae Scientia Biologicae*, *8* (3), 334-341. https://doi.org/10.15835/nsb839855

Koocheki, A., Seyyedi, S. M., Azizi, H., & Shahriyari, R. (2014). The effects of mother corm size, organic fertilizers and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology,* 2, 3–16. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2014.6182

Moslemi, F. S., Vaziri, A., Sharifi, G., & Gharechahi, J. (2021). The effect of salt stress on some secondary metabolites of saffron. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 34*, 179-190. (In Persian with English abstract). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23832592.1400.34.1.20.7

Pirasteh-Anosheh, H., Shiran Tafti, M., Dehghany, F., & Ranjbar, R. (2021). Evaluating the ability of camelthorn (*Alhagi maurorum* Medik.) growth in saline lands of Yazd Province. *Iranian Journal of Range & Desert Research*, *28* (3), 507-519. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125014, (In Persian with English abstract)

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Kazemeini, S. A., & Dehghany, F. (2017). Effect of irrigation water salinity on soil moisture and salinity during growing season, barley yield, and its water productivity. *Soil Research (Soil & Water Sciences)*, *31*, 155-167. (In Persian with English abstract)

Pirasteh-Anosheh, H., Hashemi, S. E., Del Borghi, A., Spasiano, D., Rad, M., & Race, M. (2022). Feasibility study of saffron cultivation using a semi-saline water by managing planting date, a new statement. *Environmental Research*, *203*, 111853. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111853

Pirasteh-Anosheh, H., Babaie-Zarch, M. J., Nasrabadi, M., Parnian, A., Alavi-Siney, S. M., Beyrami, H., Beyrami, H., Kaveh, H., Hashemi, S. E., Durrer, U., McDonald, K., & Race, M. (2023). Climate and management factors influence saffron yield in different environments. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, *6* (3), e20418. https://doi.org/10.1002/agg2.20418

Ragab, A. A. M. M., Hellal, F.A., & Abd El-Hady, M. (2008). Irrigation water salinity effects on some soil water constants and plant. 12th International Water Technology Conference, Alexandria, Egypt.

Rousta, M. J., Soltani, M., Besharat, N., Soltani, V., Salehi, M., & Ranjbar, G. (2013). Evaluating the effect of different levels of superabsorbent polymer and salinity of irrigation water on soil water maintenance. *Iranian Journal of Water Research*, *12*, 241-244. (In Persian with English abstract)

Sepaskhah, A. R., & Yarami, Y. (2009). Interaction effects of irrigation regime and salinity on flower yield and growth of saffron. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 84 (2), 216-222. https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512507

Sepaskhah, A. R., & Yarami, N. (2012). Evaluation of macroscopic water extraction model for salinity and water stress in saffron yield production. *International Journal of Plant Production*, 4 (3), 175-186.

Yarami, N., & Sepaskhah, A. R. (2015). Physiological growth and gas exchange response of saffron (*Crocus sativus* L.) to irrigation water salinity, manure application and planting method. *Agricultural Water Management*, *154*, 43-51. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.003.