



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بررسی اثرات توزیع عمقی و فصلی شوری خاک بر عملکرد گندم در منطقه ویس، خوزستان

مسلم طهماسبی شامنصوری^۱، علی غلامی^{۲*}، تیمور بابایی نژاد^۱، خوشناز پاینده^۱، محی الدین گوشه^۳

۱- گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- مرکز تحقیقات مطالعات آب، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله aligholami20@iau.ac.ir

چکیده

این پژوهش به بررسی تغییرات زمانی و عمقی شوری خاک و اثر آن بر عملکرد گندم رقم چمران در منطقه ویس خوزستان پرداخت. نمونه برداری خاک در پنج ایستگاه (S1-S5)، چهار عمق (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ سانتی متر) و چهار زمان (ابتدای پاییز، ابتدای زمستان، ابتدای بهار و ابتدای تابستان)، طی فصل زراعی انجام شد. نتایج نشان داد که شوری خاک در لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی متر) در ابتدای پاییز به دلیل تبخیر تابستان افزایش یافته و با آغاز بارندگی ها و انجام عملیات آبیاری به اعماق پایین تر انتقال می یابد. در بهار و تابستان، به دلیل تبخیر بیشتر و کاهش رطوبت، نمک ها در عمق های میانی و پایین تجمع یافتند. میانگین هدایت الکتریکی خاک از dS $۲/۷۵m^{-1}$ در ایستگاه S1 تا dS $۳/۳۷$ در ایستگاه S5 افزایش یافت که با کاهش معنی دار عملکرد گندم از ۱۰۰ درصد به ۸۴/۱ درصد همراه بود؛ هرچند این میزان شوری کمتر از حد آستانه تحمل گندم است، اما افت عملکرد احتمالاً ناشی از اثرات ترکیبی شوری خفیف با سایر تنش های محیطی و محدودیت های تغذیه ای می باشد. به طور کلی، یافته ها نشان می دهند که پایش زمانی و عمقی شوری خاک نقش مهمی در شناخت پویایی مکانی-زمانی تجمع نمک و تدوین راهبردهای مؤثر برای مدیریت شوری و حفظ عملکرد گندم در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک منطقه ویس دارد.

واژگان کلیدی: آستانه تحمل، تنش شوری، توزیع زمانی، گندم

مقدمه

شوری خاک، به دلیل تجمع نمک‌های محلول، یکی از مهم‌ترین چالش‌های غیرزیستی در کشاورزی محسوب می‌شود که به طور چشم‌گیری رشد، نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Muhammad et al., 2024; Rajput et al., 2022). این پدیده با ایجاد تنش اسمزی و سمیت یونی، از طریق کاهش جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه، منجر به افت نرخ فتوسنتز، اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی، و در نهایت کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌گردد (Haj-Amor et al., 2022).

میزان تحمل گیاهان به شوری به نوع گونه، رقم، و شرایط محیطی بستگی دارد (Song et al., 2023). برخی گیاهان هالوفیت نظیر سالیکورنیا^۱ قادر به جوانه زنی در شوری‌های بالای ۱۴ دسی زیمنس بر متر هستند. اما گیاهان زراعی حساس‌تری نظیر گندم و برنج به طور قابل توجهی در برابر این تنش آسیب‌پذیر هستند (Katel et al., 2023; Zeeshan et al., 2020). کاهش رشد، اختلال در فرایند تولیدمثل، کلروز، و سوختگی حاشیه برگ‌ها از علائم رایج تنش شوری در گیاهان محسوب می‌شود (Karthika et al., 2018).

استان خوزستان، به عنوان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی ایران، میزبان کشت طیف متنوعی از محصولات زراعی است که در این میان، گندم از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Firouzian et al., 2023). با این حال، تولید محصولات کشاورزی در این استان به دلایل گوناگونی از جمله افزایش تدریجی شوری خاک، با چالش‌های جدی مواجه شده است (Goosheh et al., 2018). این مسئله عمدتاً ناشی از استفاده از منابع آب با کیفیت پایین، دمای بالا، تبخیر و تعرق شدید، و بالا آمدن سطح آب زیرزمینی است (Balasubramaniam et al., 2022; Hasanuzzaman & Fujita, 2022). از این رو، بررسی روند تغییرات شوری خاک در خوزستان و اثر آن بر عملکرد محصولات، به ویژه گندم، ضروری است تا با بهره‌گیری از راهکارهای مدیریتی و استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی، بتوان میزان آسیب‌های ناشی از تنش شوری را کاهش داده و رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشید (Hafez et al., 2021). در همین راستا، این مطالعه به بررسی تأثیر تغییرات عمقی و فصلی شوری خاک بر عملکرد گندم در منطقه ویس، استان خوزستان پرداخته است.

مواد و روش‌ها

الف - نمونه‌برداری خاک

در این مطالعه، منطقه ویس به عنوان یکی از مناطق کشاورزی مهم استان خوزستان که در آن کشت گندم رایج است، به عنوان منطقه هدف انتخاب گردید. ویس از توابع شهرستان اهواز بوده و در حدود ۳۱ کیلومتری شمال-شمال شرقی این شهر واقع شده است. این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک، تابستان‌های طولانی، دمای بالا و بارندگی محدود در فصول سرد سال است. مناطق تعیین شده به منظور پوشش دهی کامل ناحیه مورد مطالعه، پنج نقطه نمونه‌برداری (ایستگاه) در جهات جغرافیایی مختلف منطقه انتخاب گردید که شامل S1 (غرب)، S2 (جنوب)، S3 (شمال)، S4 (مرکز) و S5 (شرق) بودند. فاصله بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری به طور متوسط حدود ۱۰ کیلومتر در نظر گرفته شد تا پراکندگی مناسب در سطح منطقه حاصل شود.

در این پژوهش، آنالیز شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده نیز انجام شد. مقدار هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری برابر با ۱۴۶۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر (معادل ۱/۴۶ دسی‌زیمنس بر متر) اندازه‌گیری گردید که بر اساس استانداردهای FAO در محدوده آب‌های با شوری متوسط طبقه‌بندی می‌شود.

ملاک انتخاب نقاط، نمایندگی فضایی کل منطقه و پوشش کامل محدوده کشت گندم بود؛ به طوری که همه ایستگاه‌ها در زمین‌های زراعی تحت کشت گندم با مدیریت زراعی نسبتاً مشابه قرار داشتند. از نظر کاربری اراضی، نوع محصول، شرایط اقلیمی، و عملیات زراعی (شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، آبیاری و برداشت)، ایستگاه‌ها همگن بوده و تنها تفاوت آن‌ها در موقعیت جغرافیایی و توزیع مکانی بود.

نمونه‌برداری از خاک در چهار مقطع زمانی مختلف انجام گرفت که شامل: T1 ابتدای پاییز (پیش از کاشت گندم)، T2 ابتدای زمستان (مرحله رشد رویشی)، T3 ابتدای بهار (مرحله زایشی و پر شدن دانه)، و T4 ابتدای تابستان (پس از برداشت گندم و آغاز دوره آیش) بود. در هر یک از ایستگاه‌های پنج‌گانه، نمونه‌های خاک از چهار عمق مختلف (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر) برداشت شدند تا تغییرات شوری در نمای عمقی خاک مورد بررسی قرار گیرد. در مجموع، ۸۰ نمونه خاک از منطقه ویس تهیه گردید (۵ ایستگاه \times ۴ عمق \times ۴ زمان).

¹ *Salicornia*

به منظور ارزیابی میزان شوری خاک، پس از خشک شدن و آماده سازی نمونه های خاک، شوری آن ها با استفاده از دستگاه هدایت سنج (EC متر) و بر اساس هدایت الکتریکی عصاره اشباع، در واحد دسی زیمنس بر متر (dS m^{-1}) اندازه گیری شد (Carter & Gregorich, 2007).

به منظور ارزیابی نسبی عملکرد گندم در منطقه ویس، ایستگاه S1 که دارای کمترین میزان شوری خاک بود، به عنوان منطقه شاهد و مبنا در نظر گرفته شد. در تمامی پنج ایستگاه، از یک رقم گندم (چمران) و با یک آرایش کشت و مدیریت زراعی یکسان استفاده شد. سپس عملکرد گندم در ایستگاه های S2 تا S5 بر اساس میانگین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، نسبت به مقادیر ثبت شده در ایستگاه S1 مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. این مقایسه امکان بررسی تأثیر شوری خاک بر کاهش نسبی عملکرد گندم در بخش های مختلف منطقه را فراهم نمود.

نتایج و بحث

الف- الگوی توزیع شوری

در این مطالعه، هدایت الکتریکی (EC) خاک در پنج ایستگاه (S1 تا S5) منطقه ویس در چهار مقطع (T1: ابتدای پاییز، T2: ابتدای زمستان، T3: ابتدای بهار و T4: ابتدای تابستان) اندازه گیری شد. محدوده EC خاک از $1/9$ دسی زیمنس بر متر در عمق $90-120$ سانتی متر در ایستگاه S1 و T1 تا $5/16$ دسی زیمنس بر متر در عمق $30-40$ سانتی متر در ایستگاه S4 و T4 متغیر بود.

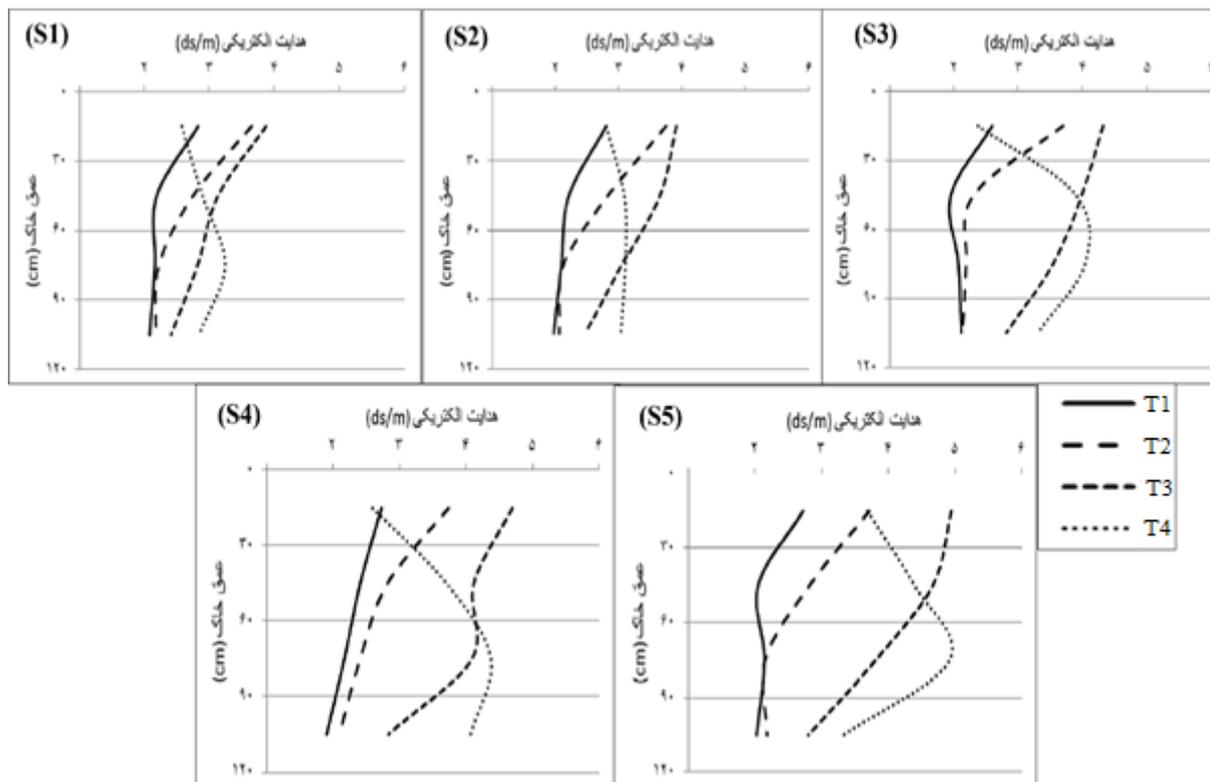
در T1، در همه ایستگاه ها، میانگین EC در لایه سطحی $30-40$ سانتی متر بین $3/8$ تا $5/1$ دسی زیمنس بر متر بود که نسبت به عمق های پایین تر ($90-120$ سانتی متر: $1/9$ تا $2/4$ دسی زیمنس بر متر) به مقدار قابل توجهی بالاتر بود. این افزایش به دلیل تبخیر تابستانه و تجمع نمک ها در سطح خاک است.

در T2، مقدار EC در لایه های سطحی کاهش یافته و در محدوده $2/5$ تا $3/6$ دسی زیمنس بر متر قرار گرفت، در حالی که در عمق $60-90$ سانتی متر افزایش نسبی آن (3 تا $3/8$ دسی زیمنس بر متر) مشاهده شد؛ این الگو بیانگر انتقال نمک ها به لایه های عمیق تر در اثر آغاز بارندگی های پاییزه و زمستانه و همچنین آبیاری مزرعه است. این پدیده به وضوح در منحنی های ابتدای زمستان مشاهده می شود که کاهش شوری در سطوح بالایی و افزایش نسبی آن در عمق های میانی و پایین تر را نشان می دهد. لازم به ذکر است که گندم مورد مطالعه تحت شرایط آبیاری قرار داشته است.

در T3، میزان EC در لایه های میانی $30-60$ و $60-90$ سانتی متری به ترتیب در محدوده $4/2$ تا 5 و $3/8$ تا $4/6$ دسی زیمنس بر متر ثبت شد و بیشترین مقادیر در ایستگاه های S3 و S4 مشاهده گردید که دارای زهکشی نامناسب بودند. این افزایش بیانگر بازگشت نمک ها به لایه های میانی خاک در اثر افزایش تبخیر و تعرق طی این دوره است. در این مقطع زمانی، معمولاً بیشترین مقدار شوری در عمق های میانی و پایین تر مشاهده می شود که می تواند تأثیر منفی بر رشد ریشه و جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه داشته باشد. در ابتدای تابستان و پس از برداشت محصول، به دلیل کاهش فعالیت گیاه و کاهش مصرف آب، شوری در لایه های میانی و پایین تر به حداکثر مقدار خود می رسد (Tarolli et al., 2024). این تجمع نمک ها در اعماق پایین تر، به ویژه در ایستگاه هایی با بافت سنگین تر یا زهکشی ضعیف تر، می تواند در کشت های بعدی مشکل ساز شود و نیاز به مدیریت ویژه داشته باشد (Devkota et al., 2022).

در T4، بیشترین مقدار EC در عمق $30-60$ سانتی متر ثبت شد ($4/7$ تا $5/1$ دسی زیمنس بر متر) و عمیق ترین لایه ها ($90-120$ سانتی متر) با EC حدود $1/8$ تا $2/5$ دسی زیمنس بر متر کمترین میزان شوری را داشتند. این تجمع نمک ها پس از برداشت محصول به دلیل کاهش مصرف آب توسط گیاه است.

در کلیه مراحل، الگوی کلی کاهش EC با افزایش عمق مشهود بود به جز T2 که نشان دهنده انتقال نمک به لایه های زیرین است. تفاوت EC بین سطح و عمق در ایستگاه های مختلف و مقاطع زمانی نشان دهنده تغییرات قابل توجه مکانی و زمانی شوری خاک در منطقه بود.



شکل ۱- الگوی توزیع زمانی (T1: ابتدای پاییز، T2: ابتدای زمستان، T3: ابتدای بهار و T4: ابتدای تابستان) هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در عمق‌ها (سانتی متر ۱۲۰-۰) و نواحی مختلف (S1-S5) در منطقه ویس استان خوزستان

ب- تأثیر شوری خاک بر عملکرد گندم

جدول ۱ تأثیر میزان شوری خاک در پنج ناحیه مختلف منطقه ویس بر عملکرد گندم رقم چمران را نشان می‌دهد. ناحیه با شوری کمتر (S1) به عنوان مبنا در نظر گرفته شده و عملکرد سایر نواحی منطقه بر اساس آن به دست آمده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش میانگین شوری خاک از $2/75 \text{ dS m}^{-1}$ در ایستگاه S1 تا $3/37 \text{ dS m}^{-1}$ در ایستگاه S5، عملکرد گندم رقم چمران کاهش یافت. شایان ذکر است که مطابق مطالعات علمی معتبر، حد تحمل شوری گندم در حدود ۶ دسی زیمنس بر متر در عصاره اشباع خاک است (Khan et al., 2024) که به این معناست در محدوده شوری گزارش شده در این مطالعه، افت عملکرد گندم نمی‌تواند صرفاً به دلیل تنش شوری مستقیم باشد. کاهش عملکرد در این نواحی احتمالاً تحت تأثیر عوامل ترکیبی همچون اختلالات تعادل یونی گیاه، محدودیت جذب آب و مواد مغذی، و یا سایر تنش‌های محیطی و کشاورزی مانند خشکی یا وضعیت بافت خاک می‌باشد که می‌توانند در کنار شوری جزئی موجود، منجر به افت عملکرد شوند (Rehman et al., 2025; Shabala et al., 2025).

جدول ۱- نتایج مربوط به تأثیر میزان شوری مناطق مختلف منطقه ویس بر عملکرد گندم رقم چمران

عملکرد گندم (درصد)	میانگین شوری (dS m^{-1})	محدوده شوری (dS m^{-1})	نواحی مورد بررسی در منطقه ویس
۱۰۰	۲/۷۵۳	۲/۰۱ – ۳/۸۲	S1
۹۹/۱	۲/۸۶۸	۲/۱۲ – ۳/۹۳	S2
۹۲/۲	۳/۰۲۵	۱/۹۱ – ۴/۳۲	S3
۸۸/۴	۳/۲۷۵	۱/۹۰ – ۴/۷۲	S4
۸۴/۱	۳/۳۶۸	۲/۰۹ – ۴/۹۲	S5

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که شوری خاک در منطقه ویس در طول فصل زراعی و در عمق‌های مختلف دارای نوسانات محدودی است و الگوی تغییرات آن تحت تأثیر تبخیر، بارندگی، آبیاری و زهکشی قرار دارد. در ابتدای فصل، تجمع نمک‌ها عمدتاً در لایه‌های سطحی مشاهده شد، اما با شروع بارندگی و آبیاری، شوری به لایه‌های پایین‌تر منتقل گردید و در پایان فصل رشد، به‌دلیل افزایش تبخیر و کاهش جذب آب توسط گیاه، مجدداً در عمق‌های میانی تجمع یافت. با وجود اینکه مقادیر شوری اندازه‌گیری‌شده کمتر از آستانه تحمل گندم بود، کاهش عملکرد در ایستگاه‌های شورتر احتمالاً ناشی از اثرات هم‌زمان تنش‌های محیطی، اختلال در تعادل یونی و محدودیت جذب آب و عناصر غذایی بوده است. این یافته‌ها بر ضرورت پایش دوره‌ای شوری خاک و به‌کارگیری مدیریت مؤثر آبیاری و زهکشی برای جلوگیری از تجمع تدریجی نمک و حفظ پایداری عملکرد گندم در شرایط خشک و نیمه‌خشک تأکید دارند.

فهرست منابع

- Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaceli, N., & Zhang, H. (2023). Plants' response mechanisms to salinity stress. *Plants*, 12(12), 2253.
- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2007). *Soil sampling and methods of analysis*. CRC press.
- Devkota, K. P., Devkota, M., Rezaei, M., & Oosterbaan, R. (2022). Managing salinity for sustainable agricultural production in salt-affected soils of irrigated drylands. *Agricultural Systems*, 198, 103390.
- Firouzian, A., Shafeinia, A., Ghaffary, S. M. T., Mohammadi, V., & Sadat, S. (2023). Terminal heat tolerance in bread wheat determined by agronomical traits and SSR markers. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(3), 2041–2052.
- Goosheh, M., Pazira, E., Gholami, A., Andarzian, B., & Panahpour, E. (2018). Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. *Irrigation and Drainage*, 67(5), 738–754.
- Hafez, E. M., Omara, A. E. D., Alhumaydhi, F. A., & El-Esawi, M. A. (2021). Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 587–602.
- Haj-Amor, Z., Araya, T., Kim, D.-G., Bouri, S., Lee, J., Ghiloufi, W., Yang, Y., Kang, H., Jhariya, M. K., & Banerjee, A. (2022). Soil salinity and its associated effects on soil microorganisms, greenhouse gas emissions, crop yield, biodiversity and desertification: A review. *Science of The Total Environment*, 843, 156946.
- Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2022). Plant responses and tolerance to salt stress: physiological and molecular interventions. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 23, Issue 9, p. 4810). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Karthika, K. S., Rashmi, I., & Parvathi, M. S. (2018). Biological functions, uptake and transport of essential nutrients in relation to plant growth. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 1–49.
- Katel, S., Yadav, S. P. S., Turyasingura, B., & Mehta, A. (2023). Salicornia as a salt-tolerant crop: potential for addressing climate change challenges and sustainable agriculture development. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 5(2), 55–67.
- Khan, M. M., Rahman, M. M., Hasan, M. M., Amin, M. F., Matin, M. Q. I., Faruq, G., Alkeridis, L. A., Gaber, A., & Hossain, A. (2024). Assessment of the salt tolerance of diverse bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes during the early growth stage under hydroponic culture conditions. *Heliyon*, 10(7).
- Muhammad, M., Waheed, A., Wahab, A., Majeed, M., Nazim, M., Liu, Y.-H., Li, L., & Li, W.-J. (2024). Soil salinity and drought tolerance: An evaluation of plant growth, productivity, microbial diversity, and amelioration strategies. *Plant Stress*, 11, 100319.
- Rajput, S., Sengupta, P., Kohli, I., Varma, A., Singh, P. K., & Joshi, N. C. (2022). Role of Piriformospora indica in inducing soil microbial communities and drought stress tolerance in plants. In *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering* (pp. 93–110). Elsevier.
- Rehman, S. U., Sarwar, N., ul Din, M. S., Tahir, A., Iftikhar, M., Ali, N., Hassan, A., Perveen, S., & Shamas, L. (2025). Impact of Soil Salinity on Wheat Growth and Yield: Challenges, Mechanisms, and Management Strategies. *Sch J Agric Vet Sci*, 2, 109–119.
- Shabala, S., Chen, X., Yun, P., & Zhou, M. (2025). Salinity tolerance in wheat: rethinking the targets. *Journal of Experimental Botany*, eRAF152.
- Song, C., Song, J., Wu, Q., Shen, X., Hu, Y., Hu, C., Li, W., & Wang, Z. (2023). Effects of applying river sediment with irrigation water on salinity leaching during wheat-maize rotation in the Yellow River Delta. *Agricultural Water Management*, 276, 108032.
- Tarolli, P., Luo, J., Park, E., Barcaccia, G., & Masin, R. (2024). Soil salinization in agriculture: Mitigation and

adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering. *Iscience*, 27(2).
Zeeshan, M., Lu, M., Sehar, S., Holford, P., & Wu, F. (2020). Comparison of biochemical, anatomical, morphological, and physiological responses to salinity stress in wheat and barley genotypes deferring in salinity tolerance. *Agronomy*, 10(1), 127.

Investigation of the Effects of Vertical and Seasonal Distribution of Soil Salinity on Wheat Yield in the Veys Region, Khuzestan

Moslem Tahmasebi Shamansouri¹, Ali Gholami^{2*}, Teimour Babaeinejad¹, Khoshnaz Payandeh¹, Mohiaddin Goosheh³

- 1- Department of Soil Science, Ahv. C, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2- Water Studies Research Center, Isf. C, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3- Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan, Iran
*Corresponding author's email: aligholami20@iau.ac.ir

Abstract

This study investigated the temporal and vertical variations of soil salinity and their effects on the yield of Chamran wheat cultivar in the Veys region of Khuzestan. Soil samples were collected from five stations (S1–S5), four depths (0–30, 30–60, 60–90, and 90–120 cm), and four periods (early autumn, early winter, early spring, and early summer) during the growing season. The results showed that soil salinity in the surface layer (0–30 cm) increased in early autumn due to summer evaporation and was subsequently leached to deeper layers with the onset of rainfall and irrigation practices. In spring and summer, higher evaporation rates and reduced soil moisture led to salt accumulation in the middle and lower layers. The mean electrical conductivity of the soil increased from 2.75 dS m⁻¹ at station S1 to 3.37 dS m⁻¹ at station S5, which was associated with a significant decrease in wheat yield from 100% to 84.1%. Although this level of salinity is below the threshold tolerance of wheat, the observed yield reduction was likely due to the combined effects of mild salinity with other environmental stresses and nutrient limitations. Overall, the findings indicate that temporal and depth-based monitoring of soil salinity play a crucial role in understanding the spatiotemporal dynamics of salt accumulation and developing effective strategies for salinity management and yield maintenance of wheat under the arid and semi-arid conditions of the Weis region.

Keywords: Salinity stress, Temporal distribution, Tolerance threshold, Wheat