



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه 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



مدیریت شور شدن خاک در نیشکر: بررسی توزیع و تجمع املاح ناشی از کوددهی نیتروژن در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

مجید حمودی^۱، عبدعلی ناصری^۲، پروانه تیشه‌زن^{۳*}، فریبرز عباسی^۴، امیر سلطانی محمدی^۵

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۲- استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۳- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۴- استاد، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۵- استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

پژوهش حاضر باهدف بررسی توزیع و تجمع املاح در عمق خاک منطقه توسعه ریشه طی مراحل کوددهی نیتروژن گیاه نیشکر به روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی انجام شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب کرت‌های یک‌بار خرد شده با سه تکرار در کشت و صنعت نیشکر فارابی در جنوب اهواز و سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد تیمار مراحل کوددهی با شش مرحله و تیمار اعماق خاک با پنج عمق اعمال شد. تحلیل نتایج نشان داد، بالاترین میزان EC (۴/۵۵ dS/m) در مرحله کوددهی T₄ مشاهده شده است. همچنین در بررسی شوری در عمق‌های مختلف بالاترین مقادیر EC (۵/۳۰ dS/m) در عمق ۲۰ سانتی‌متر خاک بود. بیش‌ترین EC خاک ناشی از اثر متقابل مراحل کوددهی و عمق خاک در کوددهی مرحله T₄ و عمق ۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک به ترتیب برابر با ۷/۶۲ dS/m بود. با توجه به نتایج به‌منظور مدیریت املاح و جلوگیری از تجمع آن‌ها در سطح خاک اراضی تحت کشت نیشکر، پیشنهاد می‌شود برای کاهش تنش و آسیب به گیاه در ماه‌های گرم با تبخیر بالا، آبیاری سطحی نیز همگام با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی استفاده شود.

واژگان کلیدی: کود نیتروژن، نیشکر، تجمع املاح

مقدمه

تجمع بیش‌ازحد املاح محلول در ناحیه ریشه در صورتی که از آستانه تحمل گیاهان فراتر رود، صدمات فیزیولوژیکی غیرقابل برگشت به گیاه وارد می‌کند (Yang et al., 2023). بنابراین، کنترل شوری خاک در محدوده تحمل گیاه برای بهبود بهره‌وری از خاک ضروری است (جهان تیغ و همکاران، ۱۴۰۲؛ Butcher et al., 2016). در کشاورزی علاوه بر تأمین رطوبت، غلظت عناصر بر مقدار و کیفیت محصول تولیدی اثرگذار است (جهان تیغ و همکاران، ۱۴۰۲). استفاده مداوم از کودهای شیمیایی موجب ایجاد مشکلات محیط زیستی و آلودگی، تخریب خاک و شور شدن آن می‌شود (مویدی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۹؛ Pahalvi et al., 2021; Dervash et al., 2020; Singh et al., 2020; Mushtaq et al., 2020). شوری خاک غرقاب کردن خاک قبل از کشت است. استفاده از آبیاری قطره‌ای در مناطق خشک می‌تواند علاوه بر صرفه‌جویی در آب، شوری را کنترل و مصرف کود را به‌دلیل افزایش کارایی آن کاهش دهد (شرفخانه و همکاران، ۱۴۰۳؛ Guan et al., 2019; Thidar et al., 2020; Li et al., 2024).

سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) نسبت به سایر روش‌های آبیاری به دلیل کاهش تبخیر سطحی از خاک کارایی بالاتری را در کنترل شوری و سایر املاح موجود در خاک دارد (Amente et al., 2000). Sheini-Dashtgol همکاران (۲۰۲۲)



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۳ تا ۱۴ آذرماه 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

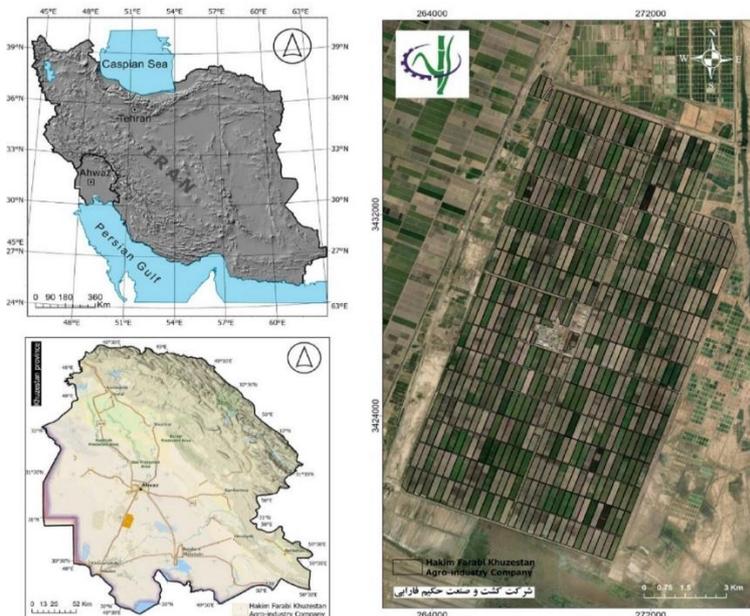


در مطالعه‌ای که در کشت نیشکر با استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی انجام شد، نشان داد که باگذشت زمان شوری خاک در سطح روند افزایشی است در حالی که در عمق پایین‌تر از ۳۰ cm این روند کاهش یافته است. مقایسه پراکنش املاح خاک در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کشت زیتون نشان داد که تجمع املاح در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به روش سطحی بیشتر بوده و همچنین، تجمع سدیم و شوری در قسمت بالایی قطره‌چکان‌ها بیشتر از پایین قطره‌چکان‌ها بوده است (طاهری و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به اهمیت بهینه‌سازی مصرف آب در آبیاری، بررسی تأثیر شوری خاک و مدیریت منابع آب در مزارع نیشکر خوزستان ضروری است. این تحقیق به تحلیل اثر مراحل کوددهی بر شوری خاک در عمق‌های مختلف، به‌ویژه در ناحیه ریشه نیشکر تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با مساحت ۲۱/۶ هکتار در کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی اجرا شد. این کشت و صنعت، در ۳۵ کیلومتری جاده اهواز-آبادان در شرق رودخانه کارون در محدوده عرض جغرافیایی ۳۰° ۵۴' شمالی تا ۳۱° ۳' شمالی و طول جغرافیایی ۴۸° ۳۱' شرقی تا ۴۸° ۳۹' شرقی واقع شده است (شکل ۱).

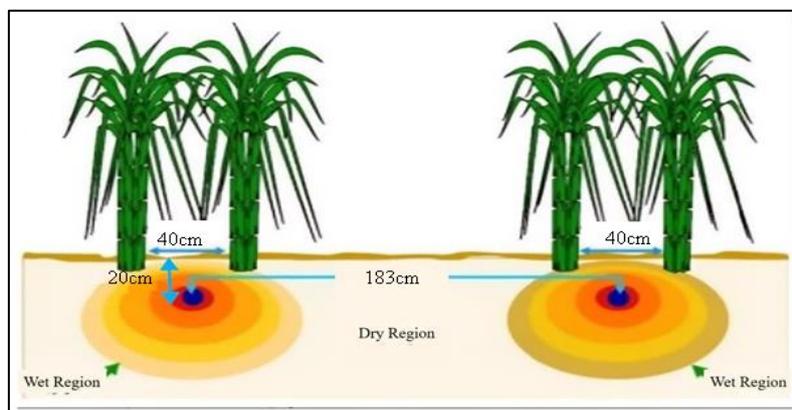


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مشخصات مزرعه مورد مطالعه

مزرعه مورد مطالعه دارای سیستم زهکشی زیرزمینی شامل لوله‌های لترال، کلکتور و ایستگاه‌های پمپاژ است. قبل از کشت گیاه نیشکر، نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شد (جدول ۱). pH و EC در عصاره اشباع خاک و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شدند (Carter and Gregorich, 2007).

در مزرعه موردنظر پس از آماده‌سازی و ایجاد جوی و پشته قبل از کشت، قلمه نیشکر واریته CP69-1062 به صورت دو ردیفه با فاصله ۴۰ سانتی‌متری از یکدیگر از ۱۶ تا ۱۹ مهر ۱۴۰۰ طی سه روز، کشت شد. لوله آبدار در وسط دو ردیف قلمه قرار داده شد. بر اساس نتایج پژوهش‌های پیشین و ارزیابی فنی و هیدرولیکی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشت نیشکر لوله‌های قطره‌چکان‌دار داخل خط (in-Line) با قطر ۲۰mm، فاصله قطره‌چکان ۵۰cm و دبی قطره‌چکان ۲/۴ لیتر در ساعت، در عمق ۲۰cm سطح خاک نصب شدند (زنگنه یوسف آبادی و همکاران، ۱۴۰۰). طول لوله‌های آبدار با توجه به ابعاد مزارع مورد مطالعه، ۲۵۰m و فاصله آن‌ها از یکدیگر، با توجه به شرایط کشت نیشکر، ۱۸۳cm در نظر گرفته شد (شکل ۲).



شکل ۲- شماتیک عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار بین ردیف‌های قلمه نیشکر در مزرعه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

کربن کلسیم معادل	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر تبادلی	پتاسیم تبادلی	EC (dS/m)	pH	بافت خاک
درصد	درصد	درصد	mg/kg	mg/kg			لوم رسی
۴۷/۵	۰/۳۵	۰/۶۴	۳/۴۴	۹۲/۲۲	۲/۸۱	۷/۸۱	

منبع تأمین آب آبیاری از رودخانه کارون از طریق کانال اصلی کشت و صنعت حکیم فارابی بوده و نیتروژن موردنیاز از منبع کود اوره به مقدار ۳۰۰ kg/ha و با استفاده از کودآبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ۱۲ نوبت و در هر نوبت ۲۵ kg/ha در اختیار گیاه قرار گرفت. در این پژوهش، به منظور بررسی اثر کوددهی مراحل مختلف در اعماق خاک در طول دوره رشد گیاه نیشکر، از طرح آزمایشی فاکتوریل به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در سه تکرار استفاده شد، به طوری که مراحل کوددهی بعد از اعمال آن‌ها به عنوان کرت اصلی در شش مرحله نمونه‌برداری (T1, T2, T3, T4, T5 و T6) و عمق خاک به عنوان فاکتور فرعی در پنج عمق (۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰، ۸۰-۱۰۰) سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. به منظور تحلیل نتایج از نرم‌افزار SAS استفاده شد و هم‌چنین، مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و نیز اثرات متقابل با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

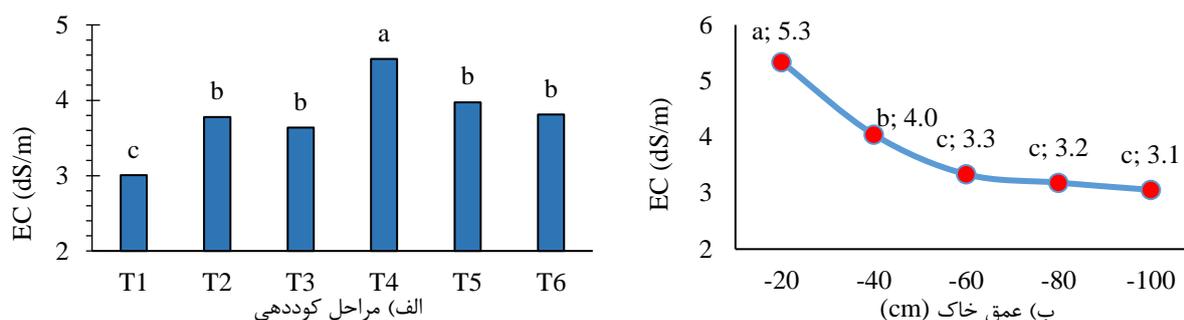
نتایج و بحث

هدایت الکتریکی خاک

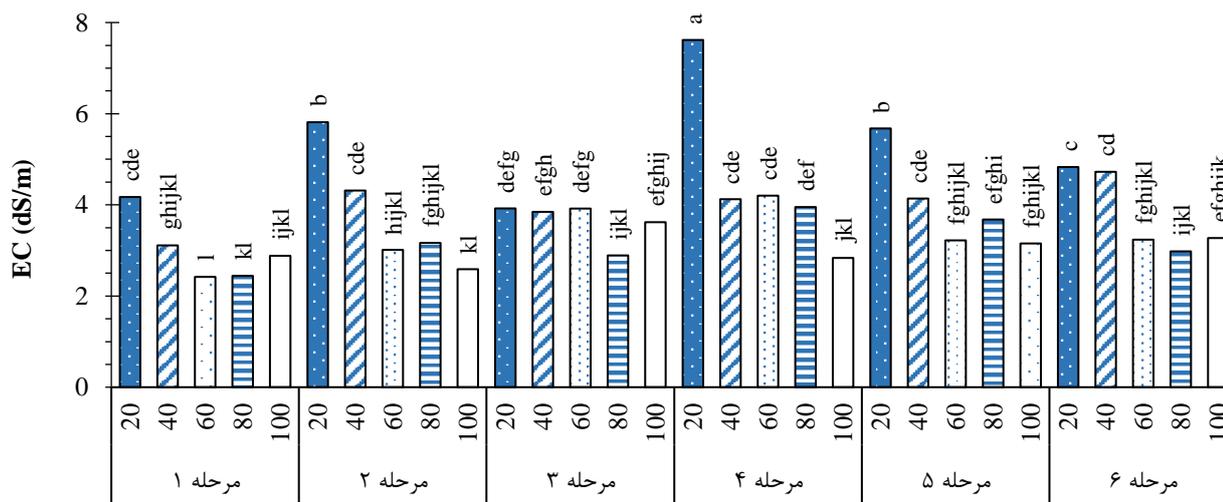
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد میزان هدایت الکتریکی خاک (EC) در مراحل کوددهی روند افزایشی داشت. در بین مراحل کوددهی نیتروژن، بیش‌ترین میزان EC برابر با ۴/۵۵ dS/m در زمان کوددهی مرحله چهارم و کم‌ترین مقدار EC برابر با ۳/۰۱ dS/m در زمان کوددهی مرحله اول مشاهده شد (شکل ۳-الف). بررسی مقدار شوری در اعماق مختلف نشان داد که بیش‌ترین

EC با $5/34$ dS/m در عمق ۰-۲۰ cm است (شکل ۳-ب). افزایش EC در سطح خاک تحت تأثیر روش آبیاری و عمق نصب لوله قطره‌چکان‌دار است (Namdarian et al., 2024).

بیش‌ترین EC در زمان کوددهی مرحله T1 و عمق ۰-۲۰ cm از سطح خاک برابر با $7/62$ dS/m اندازه‌گیری شد که دلیل آن می‌تواند تجمع املاح پس از چندین مرحله کوددهی نیتروژن باشد (شکل ۴). همچنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین افزایش مقدار EC خاک در عمق ۰-۲۰ cm خاک در همه مراحل کوددهی بوده است. کاهش میزان EC در مرحله T5 کوددهی نیتروژن به دلیل آبیاری به روش سطحی در مزرعه بوده است. انجام آبیاری سطحی مزرعه، با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک خوزستان، به دلیل افزایش چشمگیر شدت بادهای گرم و برای جلوگیری از شیوع آفات (آفت سوسک طوقه‌خوار نیشکر) در اثر خشک شدن سطح خاک، آبیاری سطحی با استفاده از هیدروفلوم صورت گرفت و موجب آبتوی نمک‌ها و کاهش غلظت املاح محلول در خاک نسبت به مرحله قبلی کوددهی (T4) است.



شکل ۳- تأثیر مراحل کوددهی (a) و عمق خاک (b) بر هدایت الکتریکی خاک



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل مراحل کوددهی و عمق خاک بر هدایت الکتریکی خاک

Naderi و Tabatabaian (۲۰۲۴) نیز نتایج مشابهی به دست آوردند آن‌ها گزارش کردند که مقدار شوری عمق ۰-۳۰ cm نسبت به اعماق پایین‌تر بیشتر است. در واقع صعود رطوبت به صورت موئینگی و تبخیر آن از سطح خاک باعث افزایش شوری در این قسمت از خاک شده است.

نتایج پژوهش‌های گذشته نیز نشان داده است که در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، حتی در شرایط کیفیت خوب، مقداری املاح به سطح خاک منتقل و سبب افزایش تدریجی غلظت نمک در سطح خاک و در نتیجه افزایش EC لایه سطحی خاک می‌شود (Namdarian et al., 2024). هم‌چنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین تغییرات EC خاک تا عمق ۴۰ cm از سطح خاک اتفاق افتاده است و این تغییرات تحت تأثیر روش آبیاری یعنی عمق نصب و دبی قطره‌چکان است.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد بیش‌ترین شوری خاک ناشی از اثر متقابل مراحل کوددهی و عمق نمونه‌برداری خاک در مرحله چهارم کوددهی نیتروژن و عمق ۲۰-۰ cm است که نسبت به همین عمق در مرحله اول افزایش ۵۴/۷۳ درصد داشته است. با توجه به نتایج این پژوهش، به‌منظور مدیریت کنترل تجمع املاح در سطح خاک اراضی تحت کشت نیشکر و جلوگیری از ایجاد تنش و آسیب به گیاه توصیه می‌شود در ماه‌های گرم با تبخیر زیاد که نیاز آبی نیشکر بالا است همراه با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آبیاری سطحی نیز به‌کاربرده شود.

منابع

- افشاری‌نیا، م. و پناهی، ف. (۱۴۰۰). تأثیر خشکسالی اقلیمی بر شوری خاک سطحی در دشت کاشان. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۱(۲): ۳۶-۴۶.
- غلامی شرفخانه، م.، ضیائی، ع.ن.، ناقدی‌فر، م.ر.، اکبری، ا. (۱۴۰۳). بهبود برنامه‌ریزی سیستم آبیاری قطره‌ای با اندازه‌گیری میدانی و مدل‌سازی گیاهی. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۴(۱): ۲۹۹-۳۱۳.
- جهان تیغ، م.، جهان تیغ، م.، دهمرده، ج.، بیات، ر. (۱۴۰۲). تأثیر تغییرات شوری و روش آبیاری بر رشد محصولات گل‌محمدی و چای‌ترش در دشت سیستان. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۳(۴): ۱۸۱-۱۹۱.
- مویدی‌نژاد، ا.، محمد پرشست، ب.، حسینی سالکده، ق.، نجاتیان، م.ع.، محسنی‌فرد، ا. (۱۳۹۸). تأثیر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم انگور. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۸(۲۲): ۳۷۷-۳۸۹.
- طاهری، م.، طاهری، م.، عباسی، م.، مصطفوی، ک.، واحدی، س. (۱۳۹۵). بررسی الگوی توزیع شوری و سدیم خاک تحت آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در باغات زیتون. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۷(۲۶): ۱۲۷-۱۴۱.
- زنگنه یوسف آبادی، ا.، هوشمند، ع.، ناصری، ع.ع.، برومند نسب، س. (۱۴۰۰). تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر بهره‌وری آب آبیاری، عملکرد و اجزای عملکرد نیشکر رقم CP69-1062. علوم و مهندسی آبیاری، ۴۴(۱): ۱-۱۵.
- Amente, G., Baker, J M., & Reece, C.F. (2000). Estimation of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 1931-1939 .
- Butcher, K., Wick, A.F., DeSutter, T., Chatterjee, A., & Harmon, J. (2016). Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal*, 108(6), 2189-2200.
- Carter, M.R., & Gregorich, E.G. (2007). *Soil sampling and methods of analysis*. CRC press.
- Dervash, M.A., Bhat, R.A., Shafiq, S., Singh, D.V., & Mushtaq, N. (2020). Biotechnological intervention as an aquatic clean up tool. *Fresh water pollution dynamics and remediation*, 183-196.
- Guan, Z., Jia, Z., Zhao, Z., & You, Q. (2019). Dynamics and distribution of soil salinity under long-term mulched drip irrigation in an arid area of northwestern China. *Water*, 11(6), 1225.
- Li, D., Yang, Y., Zhao, Y., Zhou, X., Han, Q., Liu, H., & Li, M. (2024). Optimizing cotton yield and soil salinity management: Integrating brackish water leaching and freshwater drip irrigation with subsurface drainage. *Field Crops Research*, 314, 109454.
- Mushtaq, N., Singh, D.V., Bhat, R.A., Dervash, M. A., & Hameed, O.B. (2020). Freshwater contamination: sources and hazards to aquatic biota. *Freshwater Pollution Dynamics and Remediation*, 27-50.
- Namdarian, D., Boroomand-Nasab, S., Goroeei, A., Gaiser, T., Solymani, A., Naseri, A., & dos Santos Vianna, M. (2024). Determination of the optimum depth for subsurface dripping irrigation of sugarcane under crop residue management. *Agricultural Water Management*, 303, 109026.
- Pahalvi, H.N., Rafiyya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A.N. (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly Tools for Reclamation of Degraded Soil Environs*, 1-20.
- Sheini-Dashtgol, A., Kermannezhad, J., Ghanbari-Adivi, E., & Hamoodi, M. (2022). Evaluating moisture distribution and salinity dynamics in sugarcane subsurface drip irrigation. *Water Conservation Science and Engineering*, 7(3), 227-245.

- Singh, D.V., Bhat, R.A., Dervash, M.A., Qadri, H., Mehmood, M.A., Dar, G.H., Hameed, M., & Rashid, N. (2020). Wonders of nanotechnology for remediation of polluted aquatic environs. *Fresh water pollution dynamics and remediation*, 319-339.
- Thidar, M., Gong, D., Mei, X., Gao, L., Li, H., Hao, W., & Gu, F. (2020). Mulching improved soil water, root distribution and yield of maize in the Loess Plateau of Northwest China. *Agricultural Water Management*, 241, 106340.
- Yang, F., Wu, P., Zhang, L., Liu, Q., Zhou, W., & Liu, X. (2023). Subsurface irrigation with ceramic emitters improves the yield of wolfberry in saline soils by maintaining a stable low-salt environment in root zone. *Scientia Horticulturae*, 319, 112181.
- Zhou, J., Xia, F., Liu, X., He, Y., Xu, J., & Brookes, P.C. (2014). Effects of nitrogen fertilizer on the acidification of two typical acid soils in South China. *Journal of soils and sediments*, 14, 415-422.

Managing soil salinity in sugarcane: Studying the distribution and accumulation of salts resulting from nitrogen fertilization in subsurface drip irrigation

Majid Hamoodi¹, AbdAli Naseri², Parvane Tishehzan^{3*}, Feriborz Abbasi⁴, Amir Soltani Mohammadi⁵

¹ Ph.D. student, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

² Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

³ Assistant professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

⁴ Professor, Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

⁵ Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Abstract

The present study aimed to investigate the distribution and accumulation of salts in the soil profile of the root development zone during various stages of nitrogen fertilization in sugarcane plants using subsurface drip irrigation. This research was conducted using a factorial design in a split-plot arrangement with three replications at the Farabi Sugarcane Cultivation and Industry site in southern Ahvaz during the 2021-2022 crop year. The fertilization stages comprised six different phases, while soil depth was examined at five distinct levels. Analysis of the results revealed that the highest electrical conductivity (EC) recorded was 4.55 dS/m during the T4 fertilization stage. Furthermore, when assessing salinity at different soil depths, the maximum EC value of 5.30 dS/m was observed at a depth of 20 cm. The highest soil EC resulting from the interaction between fertilization stages and soil depth was 7.62 dS/m, occurring at the T4 fertilization stage and the 0-20 cm soil depth from the surface. Based on these findings, it is recommended that surface irrigation be employed in conjunction with subsurface drip irrigation to effectively manage salt accumulation and mitigate stress and damage to sugarcane plants during the hot months characterized by high evaporation rates.

Keywords: Nitrogen fertilizer, sugarcane, salt accumulation