

Research Article

Agricultural Engineering.,45(1) (2022) 97-117
DOI: 10.22055/AGEN.2022.41101.1634

ISSN (P): 2588-526X
ISSN (E): 2588-5944

Effect of variable and fixed alternate furrow irrigation on salinity, phosphorous and potassium concentration in soil of sugarcane field

M. Adib¹, N. Rangzan^{*2} and A. Naserin³

1. M.Sc student, Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2. Assistant professor, Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3. Assistant professor, Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Received: 13 April 2022

Accepted: 02 June 2022

Abstract

Introduction The highest amount of water consumption is allocated to the agricultural sector, which has led to a water crisis due to increasing demand for food production and non-conservative agriculture and climate change in some countries. Sugarcane needs a lot of water during the growing season and is sensitive to drought. Under drought conditions and water stress, the intensity of reverse flow of water to the soil surface increases and can cause salinization of the soil around the roots of sugarcane, which is a relatively sensitive plant related to salinity. Due to the high-water consumption in sugarcane fields and also the shortage and decline of water quality in dry years, this study aimed to investigate the effect of conventional and deficit irrigation by variable and fixed alternate furrow irrigation on soil salinity and some nutrient concentration consist of phosphorous and potassium in sugarcane field.

Materials and Methods To investigate the effect of irrigation methods on salinity distribution and concentration of phosphorous and potassium in soil, this experiment was conducted with independent variables of irrigation method treatment including conventional (complete) irrigation, variable alternate furrow irrigation and fixed alternate furrow irrigation, irrigation round treatment including before irrigation, after one and two times irrigation, sampling location treatment including bottom, middle and top of raised bed and sampling position treatment consist of start, middle and end of furrow. The experiment was performed factorially in a completely randomized design with three replications in sugarcane fields of MianAb in Susa. Statistical analysis was performed using SPSS software and mean comparisons were performed by Duncan's multiple range test. Charts were drawn using Excel software.

Results and Discussion The results showed that irrigation method is mainly affects salinity distribution and concentration of phosphorus in soil. The fixed alternate furrow irrigation method had the greatest effect on soil salinity changes and reduced the salinity as compared to the conventional method and the variable alternate furrow irrigation. In general, in the conventional irrigation method (complete irrigation of all furrows) and variable alternate furrow irrigation, there is no constantly dry furrow as compared to the fixed alternate furrow irrigation method, and this intensifies the accumulation of salts on the sides and the top of raise beds. Increasing the frequency of irrigation (irrigation round) reduces the soil salinity so that in soil samples before irrigation, soil salinity was 2.30 dS/m and with one round irrigation, this amount decreased by 7.8% to 2.12 dS/m and with two rounds of irrigation reached to 2.09 dS/m. In terms of locative variation of salinity related to the fixed alternate furrow irrigation method, the lowest amount of salinity was observed in the bottom of the raised bed. With increasing distance from the beginning of furrow, an upward trend in soil salinity was reported. Regarding the change in the amount of available phosphorus in the soil under the influence of irrigation method, any of the deficit irrigation methods can be used as an

alternative to conventional irrigation. The highest amount of soil phosphorus was reported in the middle of the raise bed. Soil potassium changes were not directly affected by irrigation method and the highest amount was assessed in the bottom of the raise bed. In terms of salinity, the lowest value was at the bottom of the furrows and the highest value was at the top of the raise bed. Unlike salinity changes, soil phosphorus had the highest accumulation in the middle of the raise bed and reached a minimum at the top of the raise bed. A relatively uniform trend was observed in changes in soil phosphorus from the beginning to the end of the furrow. Contrary to salinity changes, the highest amount of available potassium in soil was observed in the bottom of raise bed and a decreasing trend in soil potassium was reported from the beginning to the end of furrow. In general, based on the results, the average level of soil salinity and potassium and the highest amount of phosphorus were reported in the middle of the raise bed.

Conclusion For optimal water use and soil salinity management, application of deficit irrigation methods especially fixed alternate furrow irrigation instead of conventional irrigation method, is recommended. In case of salinity and concentration of mentioned nutrients, the top of the raise bed in all three irrigation methods, would not be a suitable place for plant cultivation.

Keywords: *Deficit irrigation, Variable alternate furrow, Fixed alternate furrow, Soil salinity, Nutrient, Sugarcane*

اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر بر تغییرات شوری، فسفر و پتاسیم خاک در اراضی زیر کشت نیشکر

محمد ادیب^۱، نفیسه رنگ‌زن^{۲*} و امیر ناصرین^۳

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲-استادیار، عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۳-استادیار، عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴

پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۳/۱۲

کلمات کلیدی:

کم آبیاری،
جویچه‌ای ثابت،
جویچه‌ای متغیر،
شوری خاک،
عناصر غذایی،
نیشکر

چکیده

بهبود روش‌های آبیاری راهکار مناسبی جهت افزایش کارایی مصرف آب در مزارع و در نتیجه، کاهش بحران آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. با توجه به مصرف بالای آب در مزارع نیشکر و همچنین کمبود و افت کیفیت آب رودخانه‌ها، این پژوهش در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، جهت بررسی تأثیر روش‌های آبیاری کامل (مرسوم)، آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر بر توزیع شوری و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در خاک سطحی کف، میانه و بالای پشته در ابتدا، وسط و انتهای جویچه، در مزرعه کشت نیشکر میان آب شوش، با تعداد ۲۴۳ نمونه در سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد کمترین متوسط میزان شوری تحت تأثیر روش کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت به میزان ۱/۹۲ دسی زیمنس بر متر گزارش شد. از نظر تغییرات مکانی، کمترین میزان شوری در کف و ابتدای جویچه‌ها مشاهده شد. تغییر روش آبیاری از مرسوم به یک در میان ثابت باعث کاهش معنی‌دار میزان فسفر قابل جذب گردید. بیشترین مقدار فسفر در قسمت میانی پشته‌ها به میزان ۸/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد. تغییرات پتاسیم خاک مستقیماً تحت تأثیر روش آبیاری قرار نگرفت؛ اگرچه، بیشترین مقدار آن در کف جویچه‌ها مشاهده شد. با توجه به برتری روش‌های کم آبیاری در ارتباط با ویژگی‌های مورد بررسی، استفاده از این روش‌ها به ویژه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت، به جای روش آبیاری مرسوم، توصیه می‌گردد. از نظر مکان کاشت، با توجه به مقادیر شوری و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم، کف و میانه پشته مناسب تر بوده و پیشنهاد می‌گردد.

* عهده دار مکاتبات

Email: rangzan@asnrukh.ac.ir

مقدمه

آب، نیاز اولیه همه اشکال حیات در کره زمین است که برای برآوردن نیازهای شخصی و خانگی، تولید انرژی و مصارف صنعتی و همچنین حفظ اکوسیستم‌ها و خدمات آنها، به آب وابسته هستیم. علی‌رغم افزایش مصرف آب توسط بخش‌های غیر کشاورزی، آبیاری همچنان مصرف‌کننده اصلی آب در سطح جهان است و کشاورزی مسئول ۷۰ درصد کل برداشت‌های آب شیرین در سراسر جهان می‌باشد؛ لذا بیشترین میزان مصرف آب به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد که با توجه به افزایش تقاضا برای تولید محصولات غذایی و کشاورزی غیراصولی و تغییرات اقلیمی در برخی از کشورها، به بحران آب منجر شده است (۱۵، ۳۲، ۵۱).

کشاورزی آبی ۴۰ درصد تولید غذای جهان را در ۲۰ درصد از اراضی تحت کشت، به خود اختصاص داده است (۱۳). توسعه کشاورزی مبتنی بر آبیاری در کشورهای آسیای مرکزی تقاضای آب را به شدت افزایش داده به نحوی که میزان مصرف سالانه آب به ۱۲۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار رسیده است (۳۴). آبیاری سطحی در ۸۶ درصد از موارد، روش مرسوم آبیاری محسوب می‌شود و در بسیاری از نقاط دنیا با توجه به محدودیت‌های فنی و مالی، همچنان تنها روش آبیاری قابل اجرا است (۱۳). در سالیان اخیر، افزایش بی‌رویه مصرف آب، به کمبود و یا افت کیفیت آن منجر شده است؛ لذا ضروری است مصرف بهینه آب بویژه در بخش کشاورزی مدنظر قرار گیرد. یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب در اراضی کشاورزی کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان می‌باشد که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها بطور ثابت یا متغیر قابل اجرا می‌باشد. کانگ و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان، تا ۵۰ درصد باعث کاهش مصرف آب مصرفی در مزارع تحت کشت ذرت در مناطق خشک می‌گردد (۲۳). آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر به این مفهوم است که یکی از دو جویچه مجاور به صورت متناوب آبیاری می‌شود؛

اما در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت یکی از دو جویچه مجاور در همه آبیاری‌ها، آب دریافت می‌کند. این روش آبیاری می‌تواند از طریق کاهش مقدار آب مصرفی در هر نوبت و یا کاهش دفعات آبیاری، در کاهش مقدار مصرف آب مؤثر واقع شود (۲۵، ۴۲). این روش‌ها به راحتی قابل اجرا بوده و از لحاظ اقتصادی به صرفه می‌باشند. هر دو روش به نحوی باعث تغییرات رطوبتی در خاک می‌گردند که القای واکنش ذاتی گیاه به شرایط تنش خشکی را در پی خواهد داشت (۷). به عبارت دیگر در روش کم آبیاری به قدری کمتر از نیاز گیاهان، آب در اختیار قرار می‌گیرد که تأثیر زیادی بر روی کاهش عملکرد محصول نداشته باشد (۳۳ و ۳۶). بر اساس تحقیقات انجام شده تأثیر اعمال کم آبیاری در طول دوره رشد رویشی بر خلاف مراحل حساس رشد زایشی، باعث افت عملکرد نهایی نمی‌گردد (۲۹). خشکی نسبی ریشه که در اثر روش‌های کم آبیاری ایجاد می‌گردد، راندمان مصرف آب را بهبود می‌بخشد (۷، ۴۸) که این مسئله در راندمان کلی تولید، باعث خنثی شدن اثرات کاهش کمی آبیاری بر عملکرد می‌گردد. قرار دادن بخشی از سیستم ریشه در معرض خشک شدن خاک در حالی که سطح رطوبتی در بخش‌های دیگر خاک به خوبی حفظ شود، مؤثرتر از زمانی است که دو قسمت ریشه به طور متناوب در معرض خشک و مرطوب شدن خاک باشند (۲۲). کم آبیاری با کنترل رشد بیش از حد اندام‌های رویشی گیاه، به صرفه جویی قابل توجه در مصرف آب، می‌انجامد (۱۸ و ۲۱). اکبری (۱۹۹۸) گزارش کرد آبیاری یک در میان جویچه‌ای در مزارع چغندر قند با کاهش ۳۰ درصد از مقدار آب مصرفی گیاه، تنها منجر به ۱۰ درصد کاهش محصول شده که با افزایش میزان قند، این کاهش محصول جبران می‌گردد (۱).

نیشکر گیاهی است که جهت اعمال شیوه‌های کم آبیاری مناسب است (۱۲). سطح زیر کشت گیاه نیشکر به صورت جهانی حدود ۲۶/۵ میلیون هکتار با میانگین عملکرد

آب، افزایش شدت جریان معکوس آب به سطح خاک باعث شور شدن خاک اطراف ریشه گیاه نیشکر می‌گردد که از نظر شوری جزء گیاهان نسبتاً حساس (با آستانه تحمل ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر) محسوب می‌شود (۳). روش‌های آبیاری تأثیر بسزایی بر مقدار، وضعیت و توزیع املاح در خاک دارند (۹). طراحی و مدیریت صحیح روش آبیاری می‌تواند با توزیع یکنواخت آب، اعمال دقیق آب در محیط ریشه و کاهش تبخیر از سطح خاک خطرات ناشی از شوری را به حداقل برساند. لذا شیوه مدیریت آب تأثیر بسزایی در پیشگیری از ایجاد شوری‌های ثانویه در اراضی کشاورزی دارد. شوری ثانویه یکی از مشکلات جدی در اراضی فاریاب مناطق خشک و نیمه خشک است و به همین دلیل بررسی چگونگی توزیع شوری در روش‌های مختلف آبیاری می‌تواند در مدیریت شوری مؤثر باشد. از آنجائی که شوری عامل محدودکننده رشد گیاه و به عنوان یکی از شاخص‌های بیابان‌زایی مطرح است، بررسی جریان تغییرات شوری در روش‌های مختلف آبیاری به منظور انتخاب روش صحیح آبیاری و مدیریت بهینه، ضروری به نظر می‌رسد (۴۴).

کرسوویچ و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند کاهش مقدار آب با استفاده از روش‌های کم آبیاری از طریق کاهش شستشوی عناصر غذایی از محل ریشه و دسترسی بیشتر گیاه به غلظت مناسبی از عناصر، باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد (۲۷). بنابراین روش‌های کم آبیاری از طریق تأثیر بر فرایندهای آبتی، بر غلظت عناصر در خاک مؤثر بوده و باعث انتقال و یا تجمع عنصر غذایی در خاک می‌گردد. در شرایط حضور گیاه با اجرای روش کم آبیاری، گیاه برای جبران جذب عناصر غذایی در شرایط تنش ملایم خشکی، از بخشی که در معرض آب قرار دارد، مقادیر بیشتری از عناصر غذایی را نسبت به شرایط عادی و فاقد تنش در مقایسه با بخش خشک تر ریزوسفر، جذب می‌نماید که این موضوع باعث عدم کاهش عملکرد در به کارگیری روش‌های کم آبیاری خواهد شد (۱۹).

۷۰۶۴۳ کیلوگرم در هکتار تخمین زده می‌شود. سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۹۲۸۷۲ هکتار با متوسط عملکرد ۸۴۲۷۵ کیلوگرم در هکتار است (۱۱). نیاز آبی گیاه نیشکر با طول دوره رشد حدود ۲۸۰ روز، به میزان تقریبی ۱۵۰۰ میلی متر می‌باشد (۲).

استان خوزستان در جنوب غربی ایران با دارا بودن حجم عظیمی از آب‌های شیرین به صورت رودخانه‌های فصلی و دائمی از جمله رودخانه کارون که با طول ۹۵۰ کیلومتر، طولانی‌ترین رود ایران است و همچنین شرایط خاص آب و هوایی، استعداد اقلیمی مناسبی برای کشت گیاه نیشکر دارد به نحوی که ۱۲۵ تن در هکتار ساقه در سال از برخی از مزارع نیشکر این استان برداشت می‌گردد. گیاه نیشکر در طول دوره رشد به آب فراوان احتیاج دارد و نسبت به کم آبی حساس می‌باشد. مقدار نیاز خالص آبیاری نیشکر در منطقه کشت و صنعت کارون ۲۱۲۸۵ مترمکعب در هکتار تعیین شده است که از این مقدار ۳۰۱۰ مترمکعب توسط بارندگی تأمین می‌گردد (۱۴). نوری و برومند نسب (۱۳۸۸)، با انجام پژوهشی در شرکت کشت و صنعت کارون جهت بررسی اثر آبیاری جویچه ای یک در میان متغیر در مراحل مختلف رشد روی عملکرد کمی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062 گزارش کردند که روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان در طی مراحل مختلف رشد نتایج مثبتی در جهت افزایش درصد شکر استحصالی دارد و همچنین هیچگونه اختلاف معنی‌داری در میزان نیشکر تولیدی مشاهده نشد و با این روش آبیاری در شرایط این تحقیق صرفه جویی آب تا حد ۳۶ درصد امکان‌پذیر گردید (۳۵). شینی دشتگل و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی سه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت، یک در میان متغیر و ثابت به این نتیجه رسیدند که در روش آبیاری یک در میان ثابت و متغیر به ترتیب ۲۱/۲ و ۲۵/۵ درصد نسبت به روش آبیاری جویچه ثابت، آب کمتری مصرف می‌شود (۴۵). در شرایط خشکسالی و کمبود

1- Nouri and Boromand Nasab

2- Sheini Dashtgol et al.

3- Kresovic et al.

آبیاری مزرعه، تیمار محل نمونه‌برداری شامل ۳ سطح کف جویچه، دیواره جویچه و روی پشته و تیمار موقعیت نمونه‌برداری شامل ۳ سطح ابتدا، وسط و انتهای جویچه، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۳). قبل از شروع آبیاری، نمونه آب، تجزیه و از خاک مزرعه نیز نمونه مرکب تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک (روش باور)، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع؛ پ-هاش در گل اشباع (۴۷)، میزان ماده آلی (به روش هضم تر)، غلظت فسفر قابل جذب (به روش اولسن و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر)، پتاسیم قابل جذب (با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر) و غلظت عناصر روی و مس (استخراج با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی)، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، پس از دور دوم آبیاری، در مجموع ۲۴۳ نمونه‌ی خاک جمع‌آوری و جهت انجام آزمایشات، به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از هواخشک کردن و عبور نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متر، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مد نظر با استفاده از روش‌های استاندارد مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد انجام شد. نمودارها به کمک نرم افزار Excel ترسیم گردید.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اولیه در جدول ۱ ارائه شده است. بر این اساس، خاک دارای بافت لوم رسی سیلتی بوده و میزان ماده آلی خاک کمتر از یک درصد است. بنابراین، خاک دارای محتوای مواد آلی کمی است. با توجه به تحمل گیاه نیشکر و پتانسیل عملکرد گیاه در ارتباط با شوری خاک، میزان شوری خاک از حد آستانه ۱۰۰ درصد پتانسیل عملکرد بیشتر بوده و از حد آستانه ۹۰ درصد پتانسیل عملکرد (۳/۴ دسی‌زیمنس بر متر) کمتر می‌باشد (۳). لازم به ذکر است بر اساس نتایج تجزیه آب آبیاری، شوری آب ۱/۰۸ دسی‌زیمنس بر متر، پ-هاش ۷/۶۳ و نسبت جذب سدیم ۳/۱۱، گزارش گردید.

قریشی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند میزان تجمع نمک در حوضه رودخانه سیردریا (۵/۳ تن در هکتار در سال) به واسطه عدم مدیریت صحیح برداشت، ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از حوضه رودخانه سند است (۳۸). قدیر و همکاران^۲ (۲۰۰۹) گزارش کردند علی‌رغم افزایش سطح کشت فاریاب، همچنان عملکرد در این اراضی به شدت محدود است که علت آن را کمبود آب و افت مداوم کیفیت آب رودخانه‌ها به علت کاهش دبی و افزایش پایدار حجم زه‌آب‌های ورودی، عنوان کردند (۳۷). با توجه به مصرف بالای آب در مزارع نیشکر و همچنین کمبود آب و افت کیفیت آب رودخانه در سال‌های خشک (۳۹) و حساسیت گیاه به افزایش سطح شوری خاک، مصرف بهینه آب ضروری است؛ لذا این تحقیق با عنوان اثر آبیاری جویچه‌ای کامل و کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر بر تغییرات شوری خاک و غلظت برخی از عناصر غذایی در اراضی تحت کشت نیشکر مد نظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

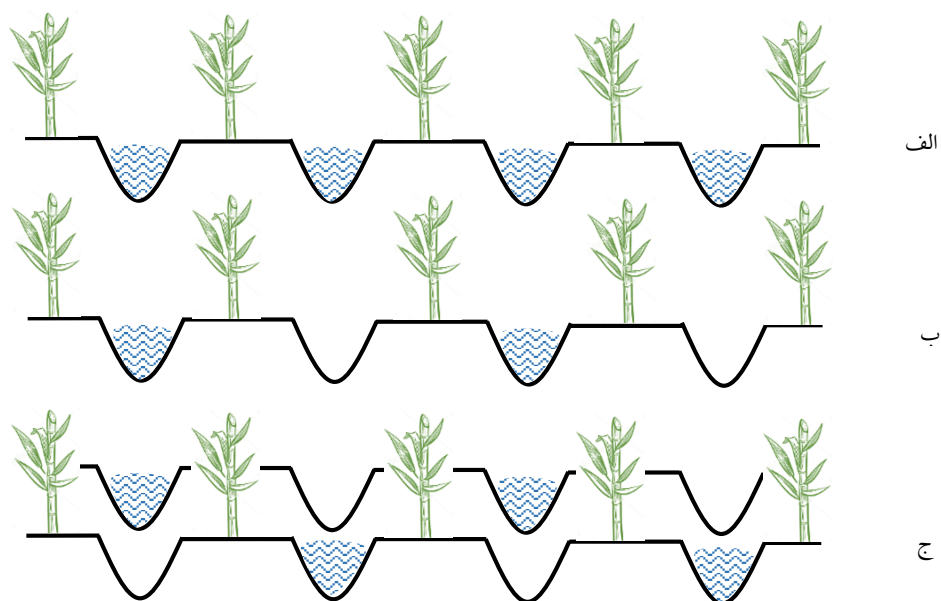
این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزارع نیشکر شرکت کشت صنعت میان آب شوش خوزستان، واقع در شوش (۱۱۵ کیلومتری شمال غربی اهواز) با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳ دقیقه با ارتفاع ۶۲ متر از سطح دریا، اجرا گردید (شکل ۱). منطقه میان آب، دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک بوده و بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی، متوسط بارندگی سالانه ۲۶۶ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی سالانه آن ۵۸/۵ درصد، می‌باشد. جهت بررسی تأثیر روش آبیاری بر توزیع شوری و غلظت برخی از عناصر غذایی در خاک، این آزمایش با متغیرهای مستقل شامل تیمار روش آبیاری شامل ۳ سطح آبیاری کامل، آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر (شکل ۲)، تیمار دور آبیاری شامل قبل از شروع آبیاری، پس از یکبار و پس از دوبار

1- Qureshi et al.

2- Qadir et al.



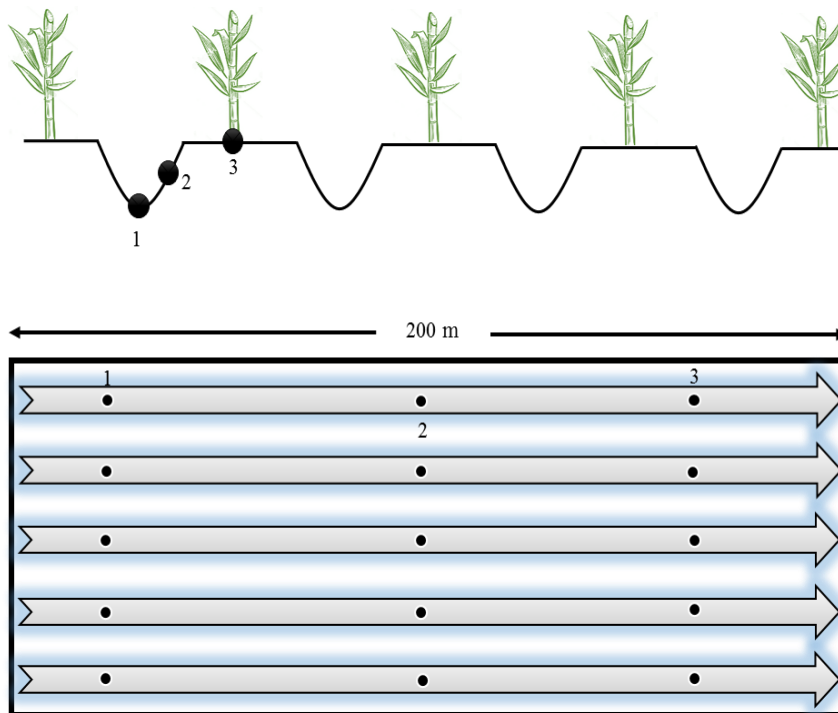
شکل (۱) مزارع نیشکر شرکت کشت و صنعت میان آب
 Figure (1) Mian Ab sugarcane agro industry incorporation



شکل (۲) نحوه اعمال تیمار روش آبیاری شامل آبیاری کامل (الف)، آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت (ب) و آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر (ج)

Figure (2) Conventional, fixed and variable alternate furrow irrigation

ادیب و همکاران: اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان...



شکل (۳) محل و موقعیت نمونه برداری خاک

Figure (3) Location and position of soil samples on furrows

جدول (۱) برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آبیاری در نمونه مرکب از خاک مزرعه

Table (1) physicochemical properties of soil

مواد آلی OM (%)	شوری EC (dS/m)	پ-هاش pH	بافت خاک Soil Texture	رس Clay (%)	لای Silt (%)	شن Sand (%)
0.57	2.17	7.84	لوم رسی سیلتی SCL	31.8	50.8	17.4
فلزات قابل جذب (قابل استخراج با DTPA) DTPA extractable metals			روسیوم Cu (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Available K (mg/kg)	فسفر قابل جذب Available P (mg/kg)	
	0.51		Zn (mg/kg)	103	7.91	

نتایج و بحث

شوری خاک

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر شوری خاک نشان داد این صفت به شکل مستقل و متقابل تحت تأثیر روش آبیاری، دور آبیاری، محل و موقعیت نمونه برداری قرار گرفت. به غیر از اثر متقابل دور آبیاری*موقعیت نمونه برداری، اثر متقابل روش آبیاری*دور آبیاری*موقعیت نمونه برداری و اثرات متقابل چهارگانه که غیر معنی دار بودند، سایر اثرات در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گزارش شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها بر تغییرات شوری خاک (جدول ۳) نشان داد در تیمار روش آبیاری، کم آبیاری یک در میان جویچه‌ها به صورت ثابت، بیشترین تأثیر را بر شوری خاک داشته و موجب کاهش ۹ درصدی میزان شوری در مقایسه با آبیاری کامل گردید. در مقابل کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر باعث افزایش شوری به میزان ۱۷ درصد در مقایسه با آبیاری کامل شد که این مقدار از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار گزارش شد. نتایج نشان داد افزایش دفعات آبیاری (دور آبیاری) موجب کاهش میزان شوری خاک شده به نحوی که در نمونه‌های خاک قبل از انجام آبیاری شوری خاک ۲/۳۰ دسی‌زیمنس بر متر بوده و با انجام یک دور آبیاری این مقدار با کاهش ۷/۸ درصدی به ۲/۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و با انجام دو دور آبیاری به ۲/۰۹ دسی‌زیمنس بر متر رسید (جدول ۳). بر اساس نتایج به دست آمده میزان شوری در کف جویچه با مقدار ۱/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر کمترین میزان و در بالای پشته با مقدار ۲/۷۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار شوری گزارش شد. میزان شوری در وسط جویچه‌ها در مقایسه با ابتدا و انتهای جویچه با مقدار ۲/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار گزارش شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها شامل روش آبیاری (کامل، یک در میان ثابت و یک در میان متغیر)، محل (کف جویچه، وسط، بالای پشته) و موقعیت نمونه برداری (ابتدا، وسط و انتهای جویچه) بر شوری خاک (شکل ۴) نشان داد در ابتدای جویچه با تغییر روش آبیاری در محل کف جویچه و وسط پشته، تغییر معنی‌داری در شوری خاک ایجاد نمی‌گردد. در بالای پشته، بیشترین شوری به میزان ۳/۴۳ دسی‌زیمنس بر متر در کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر و کمترین مقدار (۱/۳۶) دسی‌زیمنس بر متر) در کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت مشاهده شد که به غیر از ابتدای جویچه، روش کم آبیاری متغیر اختلاف معنی‌داری با روش آبیاری کامل نداشت. در نقاط مشابه بیشترین مقدار شوری در تیمار کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر مشاهده شد که عمدتاً در بالای پشته اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها نشان داد (شکل ۴).

در وسط جویچه روند مشابه با ابتدای جویچه در خصوص تغییرات شوری متناسب با تغییر روش آبیاری مشاهده شد. در انتهای جویچه مشابه با ابتدای جویچه در محل کف جویچه و وسط پشته، تغییر معنی‌داری با تغییر روش آبیاری بر میزان شوری، مشاهده نشد. در موقعیت انتهای جویچه و در بالای پشته، کمترین میزان شوری به مقدار ۲/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر در کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت مشاهده شد که تفاوت معنی‌دار با سایر روش‌های آبیاری نشان داد (شکل ۴). بطور کلی با توجه به نتایج بدست آمده کمترین مقدار عددی شوری مربوط به کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت در کف جویچه‌ها می‌باشد که تفاوت معنی‌داری را با آبیاری کامل نشان نمی‌دهد؛ بنابراین جهت افزایش کارایی مصرف آب، انتخاب این روش، از نظر تغییرات شوری در خاک، مناسب خواهد بود.

ادیب و همکاران: اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان...

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر تغییرات شوری خاک و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم
Table (2) Analysis of variance of the effects of treatments on soil salinity, phosphorus and potassium concentration

میانگین مربعات (Mean Square)				
پتاسیم (K)	فسفر (P)	شوری خاک Soil Salinity	درجه آزادی (df)	منابع تغییر (Source)
124.9 ^{ns}	0.090*	6.48**	2	روش آبیاری (Irrigation method, I)
1787.3**	0.002 ^{ns}	1.07**	2	دور آبیاری (Irrigation round, R)
7537.5**	18.99**	24.0**	2	محل نمونه برداری (Sampling location, L)
790.93**	0.092*	2.79**	2	موقعیت نمونه برداری (Sampling position, P)
51.34 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	1.11**	4	روش آبیاری*دور آبیاری I*R
117.1*	0.113**	1.30**	4	روش آبیاری*محل نمونه برداری I*L
37.32 ^{ns}	0.046 ^{ns}	0.92**	4	روش آبیاری*موقعیت نمونه برداری I*P
46.34 ^{ns}	0.002 ^{ns}	1.26**	4	دور آبیاری*محل نمونه برداری R*L
99.64 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.02 ^{ns}	4	دور آبیاری*موقعیت نمونه برداری R*P
106.6*	0.233**	0.47**	4	محل نمونه برداری*موقعیت نمونه برداری L*P
12.21 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.59**	8	روش آبیاری*دور آبیاری*محل نمونه برداری I*R*L
52.88 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.01 ^{ns}	8	روش آبیاری*دور آبیاری*موقعیت نمونه برداری I*R*P
136.7**	0.174**	0.45**	8	روش*محل نمونه برداری*موقعیت نمونه برداری I*L*P
10.11 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.49**	8	دور آبیاری*محل نمونه برداری*موقعیت نمونه برداری R*L*P
33.22 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.04 ^{ns}	24	روش آبیاری*دور آبیاری*محل نمونه برداری*موقعیت نمونه برداری I*R*L*P
39.80	0.026	0.09	160	خطا (Error)
9.85	16.72	14.76		ضریب تغییرات (%CV)

*, ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، معنی‌داری در سطح ۵ درصد، عدم وجود اختلاف معنی‌دار
**, *, indicate that variances are significant at the level of 1%, 5% and ns is non-significant, respectively.

جدول (۳) مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی تیمارها شامل روش آبیاری (کامل (FI)، یک در میان ثابت (FAI)، یک در میان متغیر (VAI))، دور آبیاری (۰، ۱، ۲ بار)، محل (کف جویچه (LB)، وسط (LM)، بالای پشته (LT)) و موقعیت نمونه برداری (ابتدا (PS)، وسط (PM) و انتهای جویچه (PE)) بر شوری خاک و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم

Table (3) Mean comparison of treatments consist of irrigation method (conventional, fixed and variable alternate furrow irrigation), irrigation round (0, 1, 2 times), location (bottom, middle and top of raised bed) and position of samples (start, middle and end of furrow) on soil salinity, phosphorus and potassium concentration

میانگین (Mean)				
پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	شوری EC (dS/m)	سطح (Level)	تیمار (Treatment)
107.2±1.48a	7.97±0.05a	2.12±0.07b	FI	روش آبیاری (Irrigation method, I)
106.1±1.10a	7.90±0.05b	1.92±0.06c	FAI	
105.3±1.34a	7.96±0.05a	2.48±0.09a	VAI	
108.8±1.25a	7.95±0.05a	2.30±0.09a	R0	دور آبیاری (Irrigation round, R)
105.8±1.32b	7.94±0.05a	2.12±0.07b	R1	
104.0±1.18b	7.94±0.05a	2.09±0.06b	R2	
117.1±0.99a	7.84±0.04b	1.65±0.03c	LB	محل نمونه برداری (Sampling location, L)
107.1±1.08b	8.47±0.03a	2.12±0.05b	LM	
94.4±0.87c	7.52±0.02c	2.74±0.09a	LT	
109.6±1.09a	7.91±0.06b	2.01±0.08c	PS	موقعیت نمونه برداری (Sampling position, P)
104.0±1.51b	7.94±0.04ab	2.38±0.09a	PM	
105.1±1.24b	7.98±0.05a	2.13±0.06b	PE	

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

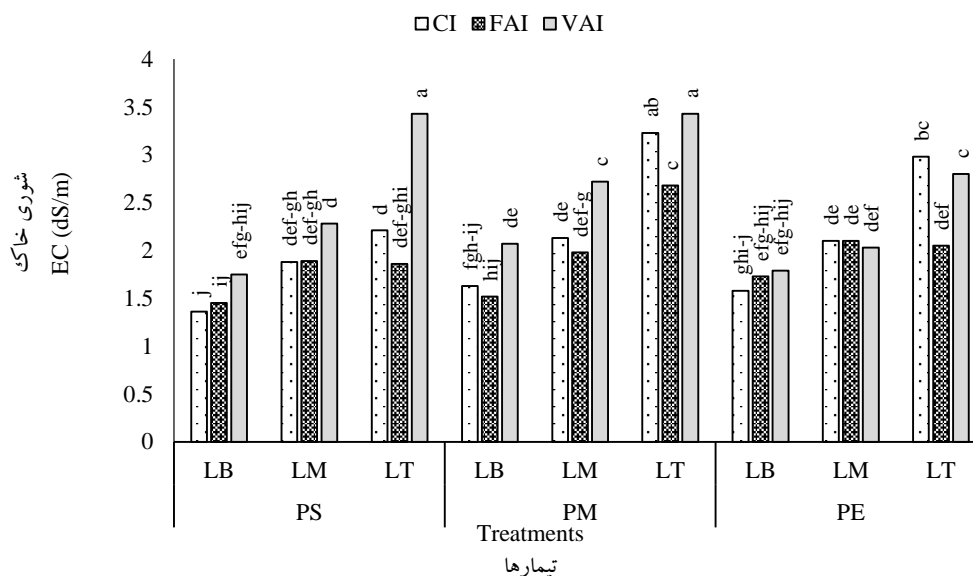
*For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%.

خشک، اهمیت بیشتری می‌یابند. حرکت املاح در خاک به شدت به حرکت آب و توزیع رطوبتی خاک وابسته است که خود تحت تأثیر آبیاری قرار دارد (۴). دفعات آبیاری، مقدار و روش آبیاری از عوامل مؤثر بر توزیع نمک در خاک محسوب می‌شوند (۹). زمانی که آبیاری به صورت مستمر در جویچه‌ها در هر دو طرف پشته انجام شود منجر به آبشویی نمک به سمت پایین می‌شود؛ اما جریانات تبخیری در شرایط خشکی منجر به تجمع نمک در بالا و کناره‌ی پشته می‌گردد (۴۰).

در کم آبیاری جویچه‌ای ثابت نمک‌ها از سمت مرطوب پشته (که گیاه در آن کشت می‌شود) به سمت خشک منتقل می‌شوند و این موضوع باعث مدیریت شوری در ناحیه ریشه و در نهایت عملکرد بهتر محصول می‌گردد (۳۱). بنابراین از مزایای روش کم آبیاری جویچه‌ای می‌توان به خروج مؤثر نمک‌ها از محل رشد گیاه به سایر قسمت‌های خاک در جهت کاهش اثرات منفی شوری اشاره کرد.

کم آبیاری یک در میان، روش جایگزین با صرفه در مصرف آب با راندمان مصرف بالا بدون کاهش عملکرد است (۲۴). در حقیقت در این روش تعرق (۲۶) و رشد بیش از حد گیاه، کنترل شده و با بهبود محدودیت‌های بافت خاک، تجزیه کربن آلی در خاک تسریع می‌شود (۱۰). تورنر^۱ (۱۹۹۰) گزارش کرد مصرف بیش از حد آب محصول نیشکر و شکر را کاهش می‌دهد در حالی که مصرف آب با اعمال تنش ملایم باعث افزایش محصول می‌گردد (۳۳، ۳۶ و ۴۶).

در سیستم کشت جوی-پشته، برگرداندن بقایای گیاهی باعث کاهش شوری در نواحی دارای خاک‌های تحت تأثیر نمک می‌گردد (۸). با این حال استفاده از بقایای گیاهی به صورت عمده جهت تغذیه دام و تولید سوخت‌های زیستی منجر به محدودیت دسترسی و استفاده از بقایا شده و لذا سایر روش‌ها جهت کنترل شوری خاک، به ویژه در مناطق خشک و نیمه



شکل (۴) مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها شامل روش آبیاری (کامل (FI)، یک در میان ثابت (FAI)، یک در میان متغیر (VAI))، محل (کف جویچه (LB)، وسط (LM)، بالای پشته (LT)) و موقعیت نمونه برداری (ابتدا (PS)، وسط (PM) و انتهای جویچه (PE)) بر شوری خاک

Figure (4) Mean comparison of interaction effect of treatments consist of irrigation method (conventional, fixed and variable alternate furrow irrigation), location (bottom, middle and top raised bed) and position of samples (start, middle and end of furrow) on soil salinity

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

*For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%.

میان ثابت، حرکت نمک‌ها به سمت شیارهای خشک افزایش یافته و در جهت عکس، ریشه گیاهان به سمت شیارهای خیس رشد بیشتری می‌یابند که این مسئله به کاهش اثرات شوری بویژه در خاک‌های تحت تأثیر نمک می‌انجامد (۶).

غلظت فسفر در خاک

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر غلظت فسفر خاک نشان داد که مقدار این عنصر به شکل مستقل تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای روش آبیاری، محل و موقعیت نمونه‌برداری قرار گرفت. به غیر از اثرات متقابل روش آبیاری*محل نمونه‌برداری، محل نمونه‌برداری*موقعیت نمونه‌برداری و روش آبیاری*محل نمونه‌برداری*موقعیت نمونه‌برداری، سایر اثرات متقابل غیرمعنی‌دار گزارش شد (جدول ۲).

دوکوتا و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند پس از ۳ تا ۴ بار آبیاری، در تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری یک در میان متغیر، نمک‌ها عمدتاً در قسمت بالا و کناره‌ی پشته تجمع می‌یابند در حالی که در روش کم آبیاری یک در میان ثابت، نمک‌ها به سمت خشک منتقل می‌شوند (۸). بطور کلی در آبیاری کامل و کم آبیاری یک در میان متغیر با توجه به اینکه همه جویچه‌ها آب دریافت می‌کنند در مقایسه با روش کم آبیاری یک در میان ثابت، جویچه دائماً خشک وجود ندارد و همین موضوع باعث تشدید تجمع نمک‌ها در کناره و بالای پشته می‌گردد.

کاردون و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند تحت شرایط حضور گیاه با اعمال کم آبیاری جویچه‌ای یک در

1- Devkota *et al.*

2- Cardon *et al.*

روش اختلاف معنی‌دار با سایر روش‌های آبیاری داشت. با توجه به نتایج بدست آمده، مقدار فسفر بیشتر تحت تأثیر محل نمونه‌برداری قرار گرفت و بر این اساس بیشترین میزان فسفر بدون توجه به شیوه آبیاری و موقعیت نمونه برداری در قسمت وسط پشته مشاهده شد. در ابتدای جوپچه با کاربرد روش کم آبیاری یک در میان متغیر و در وسط و انتهای جوپچه، روش آبیاری کامل، مقادیر بیشتری فسفر در قسمت وسط پشته نشان دادند. لذا از لحاظ میزان فسفر خاک، هر یک از روش‌های کم آبیاری، می‌توانند جایگزین مناسبی برای آبیاری کامل باشند.

کوماری و همکاران^۱ (۲۰۱۷) گزارش کردند بهبود و متعادل کردن مصرف آب و عناصر غذایی باعث جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش عملکرد می‌گردد (۲۸). هو و همکاران^۲ (۲۰۰۹) علت اثربخشی کم آبیاری و عدم کاهش عملکرد را تحریک ریشه برای تولید ریشه‌های ثانویه عنوان کردند که منجر به افزایش سطح جذب عناصر غذایی خواهد شد (۲۰). میزان تغییر شکل و انتقال فسفر تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله رطوبت خاک، پ-هاس، مواد آلی، غرقاب و دما قرار دارد (۱۷). محققین متعددی گزارش کردند محتوای رطوبتی نسبتاً زیاد در شرایط آبیاری متعدد منجر به افزایش تحرک و دسترسی فسفر در خاک می‌گردد (۵).

بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق سارکر و همکاران^۳ (۲۰۲۰)، خشک ماندن بخشی از ریزوسفر تحت کم آبیاری باعث افزایش قابلیت جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک می‌گردد (۴۳). وانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۲) گزارش دادند کم آبیاری باعث افزایش مقدار نیتروژن قابل جذب در خاک می‌گردد (۵۰). بطور کلی، عملیات آبیاری بر آبشویی عناصر فسفر و نیتروژن از ناحیه ریشه مؤثر است (۴۱).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) کمترین میزان فسفر خاک به مقدار ۷/۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تحت تأثیر کم آبیاری جوپچه‌ای یک در میان ثابت گزارش گردید؛ در حالیکه در آبیاری کامل و یک در میان متغیر، مقادیر فسفر افزایش حدود ۳/۶ درصدی را نشان می‌دهد. اثر دور آبیاری بر مقدار فسفر خاک معنی‌دار گزارش نشد و لذا تفاوت معنی‌داری در مقادیر فسفر قبل، پس از یکبار آبیاری و پس از دوبار آبیاری مشاهده نشد.

تحت تأثیر تیمار محل نمونه‌برداری، بیشترین مقدار فسفر در محل وسط پشته به میزان ۸/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد که این مقدار به ترتیب در بالای پشته ۲۵/۵ درصد و در کف جوپچه، ۳۸/۴ درصد کاهش یافت؛ بنابراین کمتر میزان فسفر در کف جوپچه ارزیابی گردید. بیشترین مقدار فسفر از لحاظ موقعیت نمونه‌برداری در انتهای جوپچه به مقدار ۷/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد که با مقادیر آن در وسط جوپچه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در مقابل در ابتدای جوپچه این مقدار با کاهش ۳/۵ درصد، به ۷/۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید.

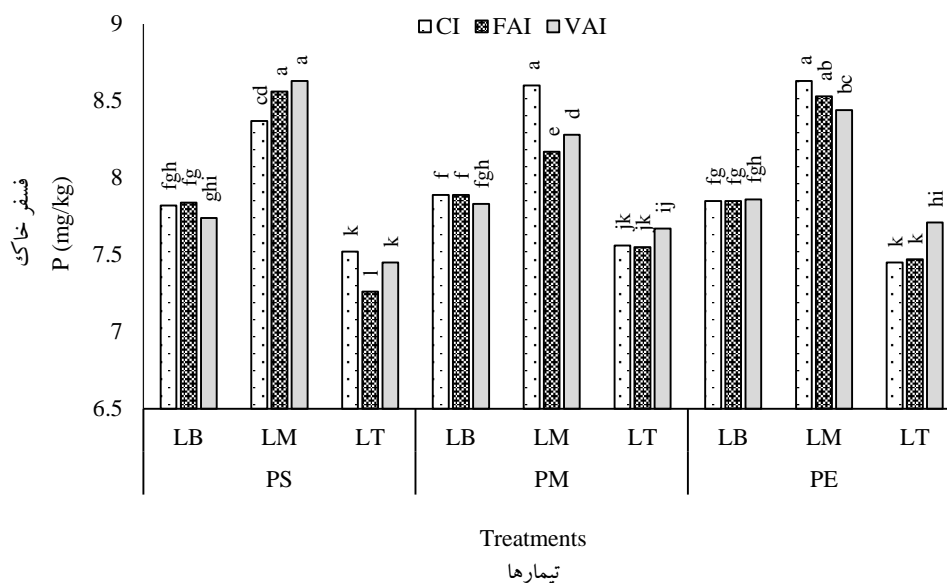
نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر تیمارها شامل روش آبیاری، محل و موقعیت نمونه برداری بر تغییرات فسفر خاک (شکل ۵) نشان داد در ابتدای جوپچه بیشترین میزان فسفر در بخش میانی پشته به میزان ۸/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و تحت تأثیر کم آبیاری یک در میان متغیر گزارش شد که تفاوت معنی‌داری با روش کم آبیاری یک در میان ثابت در محل و موقعیت مشابه نشان نداد. کمترین مقدار فسفر به میزان ۷/۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم در روش کم آبیاری یک در میان ثابت در ابتدای جوپچه و بالای پشته گزارش شد. بطور کلی اختلاف روش‌های آبیاری در کف جوپچه‌ها در هر سه موقعیت ابتدا، وسط و انتهای جوپچه تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان فسفر نشان نداد؛ اما در محل میانه پشته و بالای پشته حداقل یک

1- Kumari et al.

2- Hu et al.

3- Sarker et al.

4- Wang et al.



شکل (۵) مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها شامل روش آبیاری (کامل (FI)، یک در میان ثابت (FAI)، یک در میان متغیر (VAI))، محل (کف جویچه (LB)، وسط (LM)، بالای پشته (LT)) و موقعیت نمونه برداری (ابتدا (PS)، وسط (PM) و انتهای جویچه (PE)) بر فسفر خاک

Figure (5) Mean comparison of interaction effect of treatments consist of irrigation method (conventional, fixed and variable alternate furrow irrigation), location (bottom, middle and top raised bed) and position of samples (start, middle and end of furrow) on phosphorous concentration

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

*For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%.

کلی، کمبود آب می‌تواند منجر به کاهش غلظت عناصر قابل جذب در خاک بواسطه کاهش دسترسی عناصر گردد که در روش کم آبیاری با اعمال کاهش کنترل شده در میزان آب مصرفی (تنش ملایم) این اثر خنثی شده و راندمان جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد.

غلظت پتاسیم در خاک

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها اثرات اصلی (جدول ۳) غلظت پتاسیم تحت تأثیر روش آبیاری، تغییرات معنی‌داری را نشان نداد. قبل از انجام آبیاری، غلظت پتاسیم در خاک ۱۰۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که با یک دور آبیاری به مقدار ۱۰۵/۸ و پس از دو بار آبیاری به ۱۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافت. مقادیر پتاسیم در کف جویچه، وسط و بالای پشته اختلاف معنی‌داری در سطح خطای ۱ درصد نشان داد (جدول ۲). کمترین مقدار

وانگ و ژانگ^۱ (۲۰۱۰) توزیع عمقی و قابلیت دسترسی فسفر را تحت تأثیر شیوه‌های آبیاری بررسی و عنوان کردند توزیع فسفر در خاک تحت تأثیر نحوه آبیاری قرار دارد و در شرایط دفعات بیشتر و حجم کمتر آب در هر نوبت آبیاری، فسفر قابل جذب در خاک افزایش می‌یابد (۴۹). یانگ و همکاران^۲ (۲۰۱۰) گزارش کردند مقدار فسفر اولسن (قابل جذب برای گیاه) در روش آبیاری جوی-پشته در عمق ۲۰-۳۰ سانتیمتر خاک، نسبت به آبیاری قطره‌ای و زیرسطحی، بیشتر می‌باشد (۵۲). بر اساس گزارش هان و کانگ^۳ (۲۰۰۲) کم آبیاری باعث افزایش نیتروژن کل و میزان فسفر قابل جذب و راندمان مصرف در مقایسه با آبیاری غرقابی می‌گردد (۱۶). بطور

1- Wang and Zhang

2- Yang *et al.*

3- Han and Kang

تا ۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر است. آبیاری جویچه‌ای از طریق تأثیر بر سیستم ریشه گیاه و همچنین رطوبت خاک بر میزان جذب پتاسیم و مقدار آن در خاک تأثیرگذار است (۲۸). نتایج برخی پژوهش‌های پیشین نشان داد افزایش شوری موجب کاهش جذب فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم بوسیله ریشه و نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اندام هوایی می‌شود (۳۰).

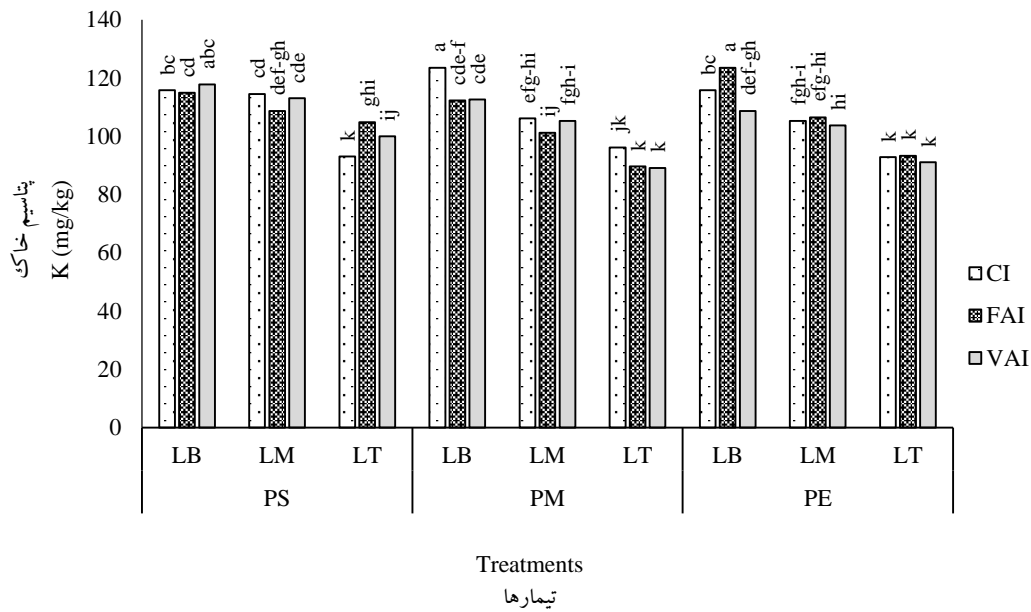
بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر تغییرات شوری، فسفر و پتاسیم خاک (جدول ۲)، اثر تیمار محل و موقعیت نمونه برداری بر تغییرات شوری و فسفر خاک در سطح خطای ۱ درصد و بر تغییرات پتاسیم خاک در سطح خطای ۵ درصد، معنی‌دار گزارش شد. کمترین مقدار شوری در کف جویچه‌ها و بیشترین مقدار در بالای پشته قرار داشت و روند افزایشی در مقدار شوری از ابتدا به انتهای جویچه گزارش گردید (شکل ۷). متفاوت با تغییرات شوری، فسفر خاک در میانه پشته بیشترین تجمع را داشته و در بالای پشته به حداقل میزان رسید. روند نسبتاً یکنواختی در تغییرات میزان فسفر خاک از ابتدا به انتهای جویچه مشاهده شد. بر خلاف تغییرات شوری، بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب خاک در کف جویچه‌ها گزارش و روند کاهشی در میزان پتاسیم خاک، از ابتدا به انتهای جویچه مشاهده شد. بطور کلی، بر اساس نتایج بدست آمده، حد متوسط میزان شوری و پتاسیم خاک و بیشترین میزان فسفر در محل وسط پشته ثبت شد.

پتاسیم در بالای پشته به مقدار ۹۴/۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود که در کف جویچه با ۲۴ درصد افزایش به ۱۱۷/۱ میلی گرم بر کیلوگرم رسید. مقایسه میانگین اثر موقعیت نمونه برداری بر غلظت پتاسیم نشان داد بیشترین مقدار پتاسیم در ابتدای جویچه مشاهده شد که به سمت وسط و انتهای جویچه مقدار پتاسیم کاهش می‌یابد که البته اختلاف وسط و انتهای جویچه، معنی‌دار نبود.

بررسی اثر متقابل تیمار روش آبیاری، محل و موقعیت نمونه برداری بر میزان پتاسیم خاک (شکل ۶) نشان داد در ابتدای جویچه به غیر از بالای پشته، تغییر روش آبیاری، اثر معنی‌داری بر تغییرات پتاسیم خاک نشان نداد. در ابتدای جویچه کمترین میزان پتاسیم در بالای پشته به میزان ۹۳ میلی گرم در کیلوگرم مربوط به آبیاری کامل، گزارش شد. در وسط جویچه بیشترین مقدار پتاسیم خاک به میزان ۱۲۳/۵ میلی گرم در کیلوگرم در کف جویچه و تحت تأثیر آبیاری کامل گزارش شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آبیاری و همچنین میانه و بالای پشته نشان داد. در وسط جویچه، در محل وسط و بالای پشته، تفاوت معنی‌داری از نظر تیمارهای آبیاری مشاهده نشد. در انتهای جویچه، روش آبیاری به غیر از محل کف جویچه، تفاوت معنی‌داری در تغییرات پتاسیم خاک نشان نداد. بر این اساس بیشترین مقدار پتاسیم به میزان ۱۲۳/۵ میلی گرم در کیلوگرم در محل کف جویچه و تحت تأثیر کم آبیاری یک در میان ثابت، گزارش گردید. بر اساس نتایج بدست آمده از نظر میزان پتاسیم خاک، روش کم آبیاری یک در میان ثابت می‌تواند به عنوان روش جایگزین برای روش آبیاری کامل، لحاظ گردد.

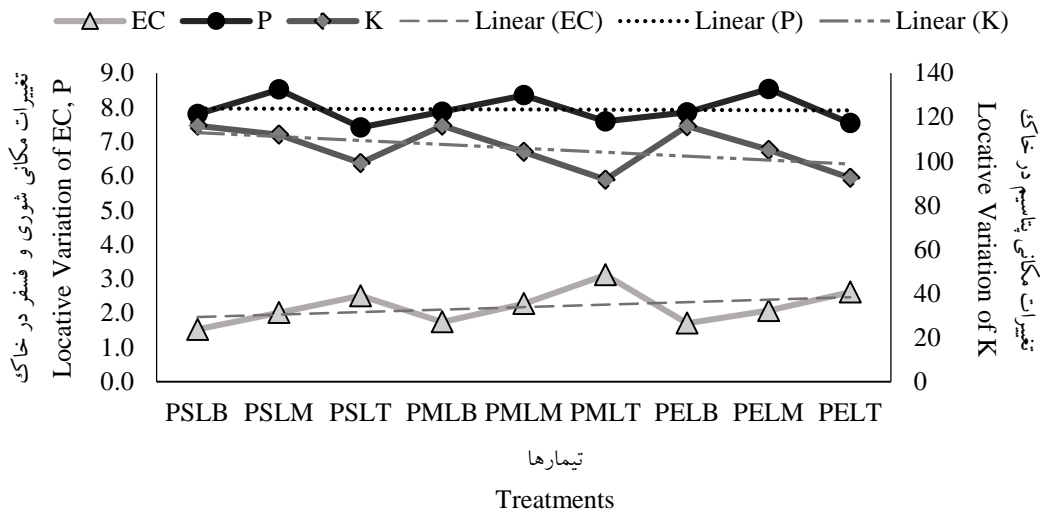
پتاسیم عنصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد و قابلیت استفاده و شکل‌های آن، تحت تأثیر ویژگی‌های خاک، کانی‌شناسی رس و نوع کشت است. مقدار پتاسیمی که در محلول خاک وجود دارد، بسته به طبیعت گیاه، ساختار خاک، سطح کودی و میزان رطوبت بین ۱۰

ادیب و همکاران: اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان...



شکل (۶) مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها شامل روش آبیاری (کامل (FI)، یک در میان ثابت (FAI)، یک در میان متغیر (VAI))، محل (کف جویچه (LB)، وسط (LM)، بالای پشته (LT)) و موقعیت نمونه برداری (ابتدا (PS)، وسط (PM) و انتهای جویچه (PE)) بر پتاسیم خاک

Figure (6) Mean comparison of interaction effect of treatments consist of irrigation method (conventional, fixed and variable alternate furrow irrigation), location (bottom, middle and top raised bed) and position of samples (start, middle and end of furrow) on potassium concentration
*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.
*For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%.



شکل (۷) تغییرات مکانی شوری، فسفر و پتاسیم خاک تحت تأثیر تیمار محل (کف جویچه (LB)، وسط (LM)، بالای پشته (LT)) و موقعیت نمونه برداری (ابتدا (PS)، وسط (PM) و انتهای جویچه (PE))

Figure (7) Locative variation of soil salinity, phosphorous and potassium concentration as affected by treatments consist of location (bottom, middle and top of raised bed) and position (start, middle and end of furrow)

نتیجه گیری

مستقیماً تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفت و بیشترین مقدار آن در کف جویچه‌ها ارزیابی شد. لذا، در مورد ویژگی‌های مورد بررسی، تیمارهای کم‌آبیاری تفاوتی با آبیاری کامل نداشته و در برخی موارد مؤثرتر نیز بوده است. بنابراین جهت مصرف بهینه آب و مدیریت شوری خاک، استفاده از کم‌آبیاری بویژه روش جویچه‌ای یک در میان ثابت، توصیه می‌گردد. از نظر مکان کاشت، با توجه به مقادیر شوری و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم، کف و میانه پشته مناسب تر بوده و پیشنهاد می‌گردد.

سیاسی گزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به علت حمایت مالی از این تحقیق در قالب پایان‌نامه دانشجویی، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

نتایج پژوهش نشان داد، به طور کلی، روش آبیاری بر توزیع شوری و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در خاک مؤثر است. اعمال کم‌آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت بیشترین تأثیر را بر تغییرات شوری خاک داشته و موجب کاهش میزان شوری خاک در مقایسه با دو روش دیگر شد. از نظر تغییرات مکانی شوری متناسب با روش کم‌آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت، کمترین میزان شوری در کف جویچه‌ها مشاهده شد. با افزایش فاصله از ابتدای جویچه، شوری خاک روند صعودی داشت. در مورد تغییر مقادیر فسفر قابل جذب در خاک تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، هر یک از روش های کم‌آبیاری می‌تواند به عنوان جایگزین برای آبیاری کامل مورد استفاده قرار گیرد. بیشترین مقدار فسفر خاک در قسمت میانی پشته‌ها گزارش گردید. تغییرات پتاسیم خاک

References

1. Akbari, M. 1998. Effect of deficit irrigation on sugar beet yield. International congress on Irrigation and drainage. Tehran. Iran. (In Persian)
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy.
3. Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1976. Water quality for agriculture (Irrigation and drainage paper). Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp: 97.
4. Bar-Yosef, B. and Bar-Tal, A. 1995. Principles of fertigation In Cohen, Y. (ed.) Summary of Lecture Notes on Irrigation Science and Greenhouse Control. Bet Dagan. pp. 49-62.
5. Bar-Yosef, B., Sagiv, B. and Markovitz, T. 1989. Sweetcorn response to surface and subsurface trickle phosphorus fertigation. Agronomy Journal, 81: 443-447.
6. Cardon, G.E., Davis, J.G., Bauder, T.A., and Waskom, R.M. 2010. Managing Saline Soils. <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00503.htm>.
7. Davies, W.J., Wilkinson, S., and Loveys, B. 2002. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. New Phytologist, 153: 449-460.
8. Devkota, M., Martius, C., Gupta, R.K., Devkota, K.P., McDonald, A.J., and Lamers, J.P.A. 2015. Managing soil salinity with permanent bed planting in irrigated production systems in Central Asia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 202: 90-97.

9. El-Swaify, S.A. 2000. Soil and water supply. In: Silva, J.A., Uchida, R. (Eds.), Plant nutrient management in Hawaii's soils: approaches for tropical and subtropical agriculture. University of Hawaii, Manoa.
10. Erice, G., Irigoyen, J.J., Sanchez-Diaz, M., Avicé, J.C., and Ourryb, A. 2007. Effect of drought, elevated CO₂ and temperature on accumulation of N and vegetative storage proteins (VSP) in taproot of nodulated alfalfa before and after cutting. *Plant science*, 172 (5): 903-912.
11. FAO, 2002. Deficit Irrigation Practices, Natural Resources Management and Environment Department.
12. FAO, 2015. AQUASTAT Website Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Available at: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>.
13. FAOWaterReports,Rome,Italy,FAOSTAT,<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>, 2020.
14. Farshi, A.A., Shariati, M., Jarollahi, R., Ghaemi, M., Shahabifar, M., and Tolaai, M.M. 2004. Estimation of water requirements for crops and horticultural plants in Iran. *Crops*. pp: 434.
15. Galindo, A., Calín-Sánchez, A., Rodríguez, P., Cruz, Z.N., Girón, I.F., Corell, M., Martínez-Font, R., Moriana, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Torrecillas, A., and Hernández, F. 2017. Water stress at the end of pomegranate fruit ripening produces earlier harvesting and improves fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 226: 68-74.
16. Han, Y., and Kang, S. 2002. Preliminary study on effects of roots divided alternate irrigation on nutrient uptake by maize. *Trans. CSAE* 18 (1): 57-59.
17. Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L. and Beaton, JD. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrients Management*. 7th Edition. Prentice Hall.
18. Hernandez-Santana, V., Fernández, J.E., Cuevas, M.V., Perez-Martin, A., and Diaz-Espejo, A. 2017. Photosynthetic limitations by water deficit: effect on fruit and olive oil yield, leaf area and trunk diameter and its potential use to control vegetative growth of super-high-density olive orchards. *Agricultural Water Management*, 184: 9-18.
19. Hu, K.L., Li, B.G., Chen, D., Zhang, Y.P., and Edis, R. 2008. Simulation of nitrate leaching under irrigated maize on sandy soil in desert oasis in Inner Mongolia. *China Agricultural Water Management*, 95: 1180-1188.
20. Hu, T., Kang, S., Li, F., and Zhang, J. 2009. Effects of partial root-zone irrigation on the nitrogen absorption and utilization of maize. *Agricultural Water Management*, 96: 208-214.
21. Kamali, H., Khorramian, M., Naserin, A., and Hosseinpour, M. 2021. Developing a logistic model for estimating the yield of autumn sugar beet under water stress conditions. *Journal of Sugar Beet*, 37(1), pp. -. Doi: 10.22092/jsb.2021.354624.1276. (In Persian)
22. Kang, S., Liang, Z., Hu, W., and Zhang, J. 1998. Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plants. *Agricultural Water Management*, 38: 69-76.
23. Kang, S., Liang, Z., Pan, Y., Shi, P., and Zhang, J. 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in arid areas. *Agricultural Water Management*, 45: 267-274.
24. Kang, S.Z., and Zhang, J.H. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, 55(407): 2437-2446.
25. Kirda, C., 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. In: Kirda, C. (Ed.), *Deficit Irrigation Practice*. Water Reports 22. FAO, Rome, pp. 1-3.

26. Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M.R., and Ozguven A.I. 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 69 (3): 191-201.
27. Kresovic, B., Tapanarova, A., Tomic, Z., Zivotic, L., Vujovic, D., Sredojevic, Z., and Gajic, B. 2016. Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by different irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate. *Agricultural Water Management*, 169: 34-43.
28. Kumari, K., Dass, A., Sudhishri, S., Kaur, D., and Rani, A. 2017. Yield components, yield and nutrient uptake pattern in maize (*Zea mays*) under varying irrigation and nitrogen levels. *Indian Journal of Agronomy*, 62: 104-107.
29. Loveys, B.R., Stoll, M., and Davies, W.J. 2004. Physiological approaches to enhance water use efficiency in agriculture exploiting plant signaling in novel irrigation practice. In Bacon (Eds.), *Water Use Efficiency in Plant Biology*.
30. Malakoti, M.J, and Homaii, M. 2004. *Soil Fertility in Arid and Semi-arid Areas*. Tarbiyat Moddares Publication. Tehran. Iran. pp: 482. (In Persian)
31. Meiri, A., and Plaut, Z. 1985. Crop production and management under saline conditions. *Plant Soil*, 89: 253-271.
32. Micklin, P., 2000. *Managing Water in Central Asia*. The Royal Institute of International Affairs, London, England, pp: 72.
33. Mir, E., Piri, H. and Naserin, A., 2021. Investigation of the interaction effect of nitrogen and water stress on greenness and water consumption indices of Carla (bitter melon). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 15(4), 854-864. (In Persian)
34. Nazirov, A.A. 2005. *Central Asia: Water for Food*. http://www.cawater.info.net/4wwf/pdf/nazirov_e.pdf.
35. Nouri, M., and Nasab, S.B. 2011. Study of effect of alternate furrow irrigation in sugarcane (Var CP69-1062) at different growth stages on quality and quantity of yield. pp. 287-291. ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage (ICID), Tehran, Iran. (In Persian)
36. Piri, H. and Naserin, A. 2020. Effect of different levels of water, applied nitrogen and irrigation methods on yield, yield components and IWUE of onion. *Scientia Horticulturae*, 268, 109361.
37. Qadir, M., Noble, A.D., Qureshi, A.S., Gupta, R.K., Yuldashev, T., and Karimov, A. 2009. Salt-induced land and water degradation in the Aral Sea basin: a challenge to sustainable agriculture in Central Asia. *Natural Resources Forum*, 33: 134-149.
38. Qureshi, A.S., McCornick, P.G., Qadir, M., and Aslam, Z. 2008. Managing salinity and waterlogging in the Indus Basin of Pakistan. *Agricultural Water Management*, 95: 1-10.
39. Rangzan, N. 2018. *Changes in water quality of Karun River in a forty-year period from headstream to Mallasani (research project, final report)*. Agricultural sciences and natural resources university of Khuzestan.
40. Richards, L.A. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. In: USDA (Ed.), *Agriculture Handbook*. USDA, Washington, DC, USA.
41. Ritter, W. F. 1980. Nitrate leaching under irrigation in the US: a review. *Journal of Environmental Health*, 24: 349-378.
42. Sampathkumar, T., Pandian, B.J., Rangaswamy, M.V, Manickasundaram, P., and Jeyakumar, P. 2013. Influence of deficit irrigation on growth, yield and yield parameters of cotton–maize cropping sequence. *Agricultural Water Management*, 130: 90-102.

43. Sarker, K.K., Hossain, A., Timsina, J., Biswasa, S.K., Malone, S.L., Alame, M.K., Loescher, H.W., and Bazzaz, M. 2020. Alternate furrow irrigation can maintain grain yield and nutrient content, and increase crop water productivity in dry season maize in sub-tropical climate of South Asia. *Agricultural Water Management*, 238: 106-229.
44. Sharma, B.R., and Minhas, P.S. 2005. Strategies for managing saline/alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia. *Agricultural Water Management*, 78 (1-2): 136-151.
45. Sheini, D.A., Jafari, S., Baniabbasi, N., and Maleki, A. 2006. The effect of alternate furrow irrigation on quantitative and qualitative characteristics of sugarcane. National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management. Ahwaz. Iran. (In Persian)
46. Turner, N.C. 1990. Plant water relations and irrigation management. *Agricultural Water Management*, 17: 59-73.
47. United State Department of Agriculture. Methods for soil characterization, Saline and Alkali soils. Agriculture, Chapter 6, Hand book 60.
48. Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., and Serraj, R. 2005 Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106: 275-287.
49. Wang, Y. and Zhang, Y. 2010. Soil-phosphorus distribution and availability as affected by greenhouse subsurface irrigation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(3): 345-352.
50. Wang, Z., Kang, S., Jensen, C.R., and Liu, F. 2012. Alternate partial root-zone irrigation reduces bundle-sheath cell leakage to CO₂ and enhances photosynthetic capacity in maize leaves. *Journal of Experimental Botany*, 63: 1145-1153.
51. Webber, H.A., Madramootoo, C.A., Bourgault, M., Horst, M.G., Stulina, G , and Smith, D.L. 2006. Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 86:259-268.
52. Yang, C.H., Chai, Q., Huang, G.B. 2010. Root distribution and yield responses of wheat/maize intercropping to alternate irrigation in the arid areas of northwest China. *Plant, Soil and Environment*, 56 (6): 253-262.

