

## اثرات تغییر اقلیم بر شور شدن ثانویه خاک در اراضی فاریاب تحت کشت گندم

یوسف هاشمی نژاد<sup>۱</sup>، مهدی همایی<sup>۲</sup> و علی اکبر نوروزی<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته دکتری فیزیک و حفاظت خاک، استاد گروه آبیاری دانشگاه تربیت مدرس و استادیار

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

### چکیده

خاک‌های تحت آبیاری مناطق خشک همواره در خطر شور شدن ثانویه خاک هستند. علاوه بر عوامل مدیریتی، تغییرات اقلیمی نیز می‌توانند مستقیم یا غیرمستقیم این روند را تشدید نمایند. در این پژوهش برای ارزیابی اثرات غیرمستقیم تغییرات اقلیمی بر شور شدن خاک در اراضی فاریاب تحت کشت گندم، تعداد ۱۰ مزرعه در دشت سبزواری مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای ارزیابی کسر آبشویی از دستگاه تعیین‌گر جبهه رطوبتی استفاده شد. یک رابطه تجربی بین کسر آبشویی، شوری آب آبیاری و شوری خاک بدست آمد. با استفاده از این رابطه و کموگراف معرف دشت، مقادیر شوری خاک و کاهش عملکرد گندم برای سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بدست آمد. پیش‌بینی می‌شود در این سال‌ها به شکل میانگین به ترتیب ۱/۵ و ۲/۴ واحد به شوری آب آبیاری افزوده شود. تاثیر این افزایش شوری در خاک‌های مزارع تحت کشت گندم منجر به کاهش تولید گندم در مزارعی خواهد شد که هم اکنون شوری آب در آن‌ها موجب کاهش عملکرد قابل ملاحظه‌ای نشده است.

واژه‌های کلیدی: تعیین‌گر جبهه رطوبتی، تغییر اقلیم، گندم، آبیاری، مدل‌های حالت ماندگار

### مقدمه

شور شدن خاک عبارت است از تجمع املاح محلول در ریشه‌گاه به نحوی که باروری محصول (Homaei and Schmidhalter, 2008) یا حاصلخیزی خاک را کاهش دهد. دو فاکتور مهم موجب شور شدن خاک می‌شوند (Homaei, 1999). ۱- عوامل طبیعی که شوری اولیه را به وجود می‌آورند و ۲- عوامل مصنوعی یا انسانی که به وجود آورنده شوری ثانویه می‌باشند (Ghassemi et al., 1995). تخمین زده می‌شود که ۲۳ درصد (۳۴۰ میلیون هکتار) از اراضی تحت کشت دنیا شور، و ۳۷ درصد (۵۶۰ میلیون هکتار) از این اراضی سدیمی باشند (Tanji and Wallender, 2012).

عامل عمده شور شدن خاک در اراضی تحت آبیاری فلات مرکزی ایران که دارای آب زیرزمینی عمیق با زهکشی داخلی مناسب می‌باشند، آبیاری با آب‌های شور است (Cheraghi et al., 2011). کل حجم تخلیه سالانه آب زیرزمینی در کشور بالغ بر ۱۳/۷ کیلومتر مکعب است که از این مقدار حوزه فلات مرکزی ایران با ۹/۹ کیلومتر مکعب بیشترین حجم برداشت را به خود اختصاص داده است (FAO, 2012).

در شور شدن ثانویه خاک علاوه بر عوامل مدیریتی و انسانی، عوامل طبیعی مانند خشک‌سالی و تغییر اقلیم نیز به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تاثیرگذار هستند. هر چند که نمی‌توان همه وضعیت حال حاضر منابع آب کشور را ناشی از شرایط اقلیمی دانست و تاثیر عوامل مدیریتی را از نظر دور داشت (Madani, 2014). به نظر می‌رسد کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته به دلیل وابستگی بیشتر اقتصاد کشورشان به کشاورزی، کمبود سرمایه برای تطبیق با تغییرات و نیز افزایش قرار گرفتن در معرض پدیده‌های حادی نسبت به این تغییرات ضربه‌پذیرتر باشند (Parry et al., 2001). هر چند پژوهش‌های گسترده‌ای به ویژه در شمال شرق کشور برای تعیین تاثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی و تولید محصولات کشاورزی طی دهه اخیر صورت گرفته است (لشکری و همکاران، ۱۳۹۰؛ Banayan et al., 2010؛ Banayan and Eyshi, 2012؛ Rezaei, 2012؛ Sanjani et al., 2011) لیکن در خصوص تاثیر این تغییرات بر منابع تولید و شوری خاک به عنوان یکی از مهمترین منابع محدود کننده تولید محصولات کشاورزی مطالعه جامعی در کشور صورت نگرفته است (Hasheminejad et al., 2011).

برخی از تحقیقات انجام شده به بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر عملکرد پرداخته‌اند. به طور مثال آبابایی و همکاران (۱۳۸۹) اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم فاریاب را تحت شرایط تغییر اقلیم در منطقه روددشت اصفهان مورد مطالعه

قرار دادند. در این مطالعه، سری زمانی روزانه متغیرهای اقلیمی تحت سناریوهای تغییر اقلیم A2 و B1 با استفاده از نتایج مدل گردش عمومی HadCM3 و با بکاربردن مدل مولد اقلیم LARS-WG برای دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ میلادی تولید گردید. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، میانگین بارش سالانه، مجموع بارش سالانه در طی دوره رشد گیاه و میانگین دمای روزانه تحت هر دو سناریوی تغییر اقلیم افزایش خواهند یافت. اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم فاریاب با استفاده از مدل SWAP مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین عملکرد نسبی تحت دو سناریوی تغییر اقلیم A2 و B1 نسبت به سناریوی مینا، به ترتیب ۱/۴۹ و ۲/۱ درصد و میانگین عملکرد دانه گندم به ترتیب ۴/۱۹ و ۱۷/۹ درصد کاهش یافت. همچنین مشخص شد که در سناریوهای تغییر اقلیم، به ویژه سناریوی B1، احتمال (ریسک) کاهش محصول نسبت به مقدار میانگین دوره مینا افزایش می‌یابد.

کوچکی و همکاران (۱۳۸۰) اثر دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن بر رشد و تولید ارقام گندم را به کمک یک مدل عمومی شبیه‌سازی رشد و نمو گیاه (SIMTAG) در شرایط تغییر اقلیم (مدل سازمان هواشناسی انگلستان، UKMO)، پیش‌بینی و با شرایط فعلی مقایسه کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که تغییر اقلیم از طریق افزایش درجه حرارت، باعث ۲۶ روز کاهش در طی دوره رشد گندم در شرایط اقلیمی مشهد خواهد شد. شاخص‌های فیزیولوژیکی نظیر تعداد و سطح برگ‌ها نیز تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار خواهد گرفت. میانگین تولید زیست‌توده ۱ نزدیک به ۶ درصد افزایش یافت، حال آنکه عملکرد گندم تا ۳۰ درصد افزایش را نشان داد. علیرغم افزایش درجه حرارت تا سال ۱۴۰۰، آب مصرفی گندم در طی فصل رشد کاهش خواهد یافت که با توجه به افزایش عملکرد، نشان از بهبود کارایی مصرف آب دارد.

برای ارزیابی اثرات آبیاری بر شورشدن ثانویه خاک مدل‌ها و معادلات مختلفی معرفی شده‌اند که از آن میان می‌توان به مدل سنتی آیرز و وستکات (Ayers and Westcot, 1985)، مدل واتسویت (Rhoades and Merrill, 1976)، حل گرافیکی هافمن و ونگنوختن (Hoffman and van Genuchten, 1983) و مدل تابع جذب آب (Letey et al., 1985) اشاره کرد. هاشمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعات لایسیمتری نشان دادند که مقدار شوری خاک پیش‌بینی شده در حالت ماندگار بر پایه مدل‌های واتسویت و مدل سنتی آیرز و وستکات بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در خاک است. به این ترتیب انتظار می‌رود شوری خاک در مزرعه کمتر از مقداری باشد که این مدل‌ها پیش‌بینی می‌نمایند که بالطبع مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری خاک کمتر از مقادیر برآورد شده به وسیله این مدل‌ها خواهد شد.

به گونه‌ای مشابه رسولی و کیانی (۱۳۸۹) نیز چند مدل حالت ماندگار را برای پیش‌بینی شوری خاک در مزارع تحت کشت گندم استان فارس استفاده کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از تابع جذب آب ۱۰-۲۰-۳۰-۴۰ و حل گرافیکی هافمن و ونگنوختن شوری خاک را بهتر از دیگر مدل‌ها برآورد کرده است. در حالی که (Rasouli et al., 2012) نشان دادند که فرآیندهای ترسیب و انحلال در تعیین شوری خاک و توزیع بارندگی در فصل رشد در تعیین عملکرد گندم در همین مزارع بسیار تاثیرگذار است.

یکی از وسایلی که برای ارزیابی آبیاری در اراضی فاریاب استفاده شده است، تعیین‌گر جبهه رطوبتی<sup>۲</sup> (Stirzaker and Hutchinson, 2005) است. هاشمی‌نژاد (۱۳۸۹) با استفاده از این وسیله در باغات پسته شمال اردکان اندازه‌گیری کسر آبیاری را برآورد نموده و سپس از آن در مدل‌های حالت ماندگار برای برآورد شوری خاک استفاده کردند. نتایج پژوهش نشان داد که با این ابزار می‌توان کسر آبیاری و شوری خاک را برآورد نمود. در مورد باغات پسته تعیین عمق دقیق توسعه ریشه فعال در جذب آب مشکل است. در نتیجه، در مدل‌های ماندگار تعیین شوری خاک که بر مبنای الگوی جذب آب به وسیله ریشه هستند، تعیین شوری خاک با استفاده از تعیین‌گر جبهه رطوبتی نیازمند تعیین عمق فعال ریشه است. رحیمیان و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده تلفیقی از تعیین‌گر جبهه رطوبتی و القاگر الکترومغناطیس برای تعیین شوری خاک و با استفاده از سعی و خطا توانستند عمق توسعه ریشه فعال پسته را تخمین بزنند که با داده‌های تبخیر و تعرق واقعی پسته از این عمق تطابق داشت.

<sup>1</sup> Biomass

<sup>2</sup> Wetting Front Detector

## مواد و روش‌ها

برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر شورشیدن خاک، گستره‌ای نزدیک به ۵۰ هزار هکتار در جنوب‌غربی شهرستان سبزوار برگزیده شد. برای گزینش مناسب‌ترین تراکم و موقعیت نقاط نمونه‌برداری از سه روش تصادفی، شبکه منظم و فرامکعب لاتین با سه تراکم نمونه‌برداری ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ نقطه استفاده شد. بر این پایه، در سال نخست از ۸۲ نقطه و در سال دوم از ۲۵ نقطه در محدوده مطالعاتی نمونه‌های خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متری برداشت شدند. در هر دو سال، قرائت دستگاه القاگر الکترومغناطیس در وضعیت افقی نیز انجام شد. در سال نخست این قرائت در موقعیت نقطه نمونه‌برداری و در سال دوم افزون بر نقطه نمونه‌برداری در ۸ نقطه اطراف آن نیز قرائت انجام شد. با استفاده از تصاویر لندست ۸ و استخراج شاخص‌های طیفی متعدد، مدل‌سازی کمی شور شدن خاک با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) انجام شد. برای پایش تغییرات شوری خاک در سال‌های پیشین مجدداً مدل‌سازی آماری بر روی تصاویر لندست ۷ انجام شد. پس از استخراج مدل مناسب و اعتبار سنجی، مدل حاصله بر ۴۲ تصویر لندست ۷ مربوط به محدوده مورد مطالعه در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ اعمال گردید. مقادیر برآورد شده‌ی شوری خاک استخراج شده در برابر پارامترهای هواشناسی (دما و بارش) و نیز دمای سطح خاک قرار گرفته و رابطه بین آن‌ها به روش میانگین متحرک ارزیابی شد. پارامترهای اقلیمی آینده تحت دو مدل اقلیمی جهانی (GCM) HadGEM2AO و HadGEM2ES تحت چهار مسیر غلظت شاخص RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 و RCP8.5 با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ دقیقه استخراج شدند. مقادیر دمای هوا با استفاده از رابطه استخراج شده بین دمای ماهانه‌ی هوا و دمای ماهانه‌ی خاک به مقادیر دمای سطح خاک تبدیل و سپس با استفاده از رابطه بین پارامترهای اقلیمی و شوری خاک، مقادیر شوری خاک در آینده برآورد شدند. از آن‌جا که رابطه مستقیمی بین پارامترهای اقلیمی و شورشیدن ثانویه پیدا نشد، برای ارزیابی اثرات غیرمستقیم تغییر اقلیم بر شورشیدن خاک رویه دیگری در پیش گرفته شد.

برای ارزیابی شورشیدن ثانویه در مزارع تحت آبیاری، ۱۰ مزرعه تحت کشت گندم در طی فصل زراعی ۹۳-۱۳۹۲ مورد پایش قرار گرفتند. ترکیب شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. هر مزرعه از لحاظ فعالیت‌های زراعی، مصرف آب و شوری خاک پس از هر آبیاری مورد پایش قرار گرفت. شوری زهاب از طریق نصب یک جفت تعیین‌گر جبهه رطوبتی (کم عمق در ۴۵ سانتی‌متری و عمیق در ۹۰ سانتی‌متری) در هر مزرعه و استخراج آب جمع شده در مخزن آن پس از هر آبیاری و سپس اندازه‌گیری شوری نمونه تعیین شد. سپس مقدار کسر آبشویی در هر مزرعه و پس از هر آبیاری با استفاده از رابطه (۱) تعیین گردید.

$$LF = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} \quad (1)$$

که در این رابطه  $EC_{iw}$  هدایت الکتریکی آب آبیاری و  $EC_{dw}$  هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های استخراج شده از دستگاه تعیین‌گر جبهه رطوبتی و هر دو بر حسب دسی‌زیمنس بر متر هستند. مقدار کسر آبشویی تخمین زده شده در مدل واتسویت مورد استفاده قرار گرفت تا میانگین شوری ریشه‌گاه بعد از آبیاری‌ها تخمین زده شود. از آن‌جا که مدل مقدار کسر آبشویی را در انتهای هر ربع ریشه‌گاه تخمین می‌زند، از این مقادیر برای تخمین مقدار فاکتور غلظت و سپس مقدار شوری خاک را در انتهای هر ربع با استفاده از روش سنتی (Ayers and Westcot, 1985) استفاده شد. مقادیر شوری تخمین زده شده و اندازه‌گیری شده با هم مقایسه شدند. مدل حاصله برای پیش‌بینی عملکرد گندم تابعی از شوری خاک در دهه‌های آینده مورد استفاده قرار گرفت.

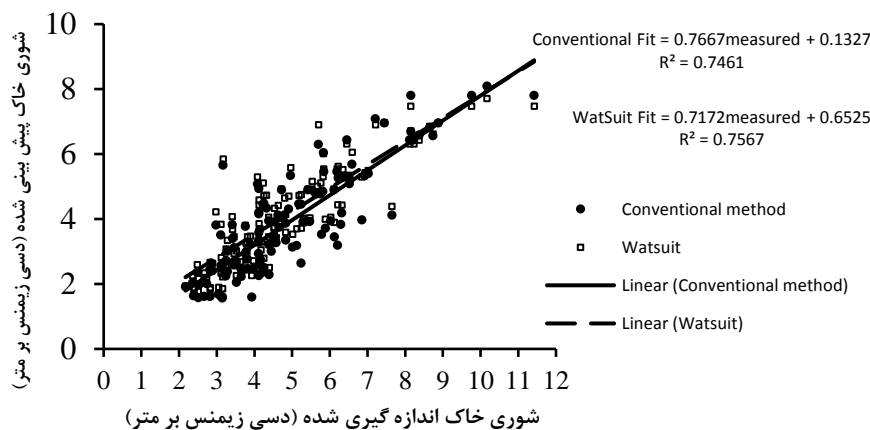
## نتایج و بحث

مقادیر کسر آبشویی (LF) محاسبه شده، در جدول ۱ نشان داده شده است. نکته قابل توجه در این جدول روند عمومی کاهش کسر آبشویی در طی فصل رشد است. با توسعه تاج‌پوشش گیاه، مصرف آب به وسیله گیاه افزایش می‌یابد در نتیجه، اعمال عمق ثابتی از آب موجب آبشویی کمتر املاح از ریشه‌گاه می‌شود. هر چه که شوری آب آبیاری بیشتر بوده است، کسر آبشویی بیشتری به وسیله کشاورز اعمال شده است تا شوری ریشه‌گاه را کنترل نماید.

جدول ۱- محاسبه کسر آبشویی (LF) بر حسب درصد مزارع بعد از هر آبیاری. موارد ستاره‌دار نشان می‌دهند که نمونه‌های تعیین‌گر کم-عمق استفاده شده‌اند.

دور آبیاری	کسر آبشویی در مزارع									
	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	۵۶	۴۶	۳۵	۴۰	۲۸	۴۶	۴۶	۳۳	۴۰	۷۰
۲	۵۰	۴۴	۳۱	۳۶	۲۵	۴۰	۴۴	۲۶	۳۳	۴۶
۳	*۵۰	۴۶	۲۷	۳۵	۲۴	۳۸	۴۲	۲۸	۳۳	۳۹
۴	۵۰	۴۳	۲۸	۳۲	*۱۹	۲۸	*۳۷	۲۷	۲۷	۳۳
۵	۴۸	۴۳	-	-	-	-	-	-	-	-

این مقادیر کسر آبشویی به همراه تجزیه شیمیایی منابع آب آبیاری در مدل‌های واتسویت و آیرز و وستکات عنوان ورودی استفاده شدند تا میانگین شوری ریشه‌گاه با استفاده از این روش‌ها پیش‌بینی شود. شکل ۱ مقادیر پیش‌بینی شده را با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه می‌کند. در این پژوهش تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مقادیر شوری خاک پیش‌بینی شده به وسیله هر دو مدل وجود نداشت در عین حال مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله مدل واتسویت مقداری بیشتر از مقادیر پیش‌بینی مدل آیرز و وستکات بود و نیز ضریب رگرسیون بیشتری با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان داد. در این مورد به علت این که مقادیر کسر آبشویی به نحو قابل ملاحظه‌ای بالا بود، در نتیجه، مقدار پیش‌بینی مدل واتسویت بیشتر بود.



شکل ۱- همبستگی بین مقادیر شوری میانگین خاک ریشه‌گاه اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده به وسیله دو روش.

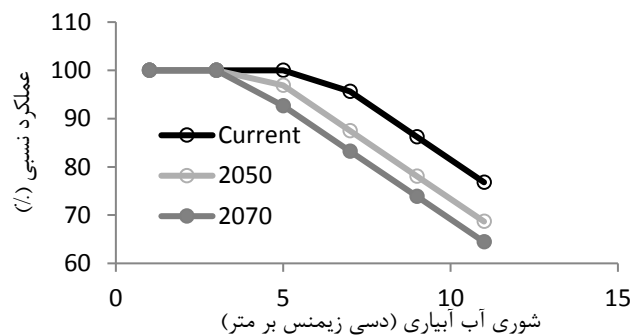
ضرایب رگرسیون بالا نشان داد که هر دو مدل حالت ماندگار فوق به خوبی قادر به پیش‌بینی شوری خاک مزارع گندم تحت آبیاری هستند. به گونه‌ای مشابه نشان داد که شوری خاک مزارع تحت کشت گندم بعد از فصل‌ها و سال‌ها آبیاری با آب‌هایی با شوری نسبتاً ثابت و مدیریت آبیاری ثابت به حالت ماندگار رسیده است. رابطه بین میانگین شوری خاک ریشه‌گاه ( $\overline{EC}_e$ ) بر حسب دسی زیمنس بر متر به عنوان متغیر وابسته و شوری آب آبیاری ( $EC_{iw}$ ) بر حسب دسی زیمنس بر متر و کسر آبشویی (LF) به عنوان متغیرهای مستقل با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه استخراج و در رابطه ۲ نشان داده شده است:

$$\overline{EC}_e = 2.312 + (-0.897 \times LF) + (0.000662 \times EC_{iw}) \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.78 \quad (2)$$

بر پایه کموگراف معرف کیفی آبخوان عمیق دشت سبزووار از سال ۱۳۸۳ لغایت سال ۱۳۹۲ میانگین سالانه افزایش شوری آب زیرزمینی در این محدوده نزدیک به ۰/۰۴۲ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. با فرض تبعیت از همین روند در سال‌های آینده

و با فرض عدم تغییر کسر آبشویی در سال‌های آینده می‌توان انتظار داشت که در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ به ترتیب به اندازه ۱/۵ و ۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر به اندازه شوری آب آبیاری افزوده شود. همچنین انتظار می‌رود که کارایی کلی کاربرد آب در مزرعه افزایش یابد و در نتیجه، اندازه کسر آبشویی کاهش یابد. با فرض کسر آبشویی ۲۰ درصد که برای سیستم‌های نوین آبیاری در آینده معقول به نظر می‌رسد.

با استفاده از حد آستانه و شیب کاهش عملکرد گندم (Maas, 1990) که در شکل ۲ نشان داده شده است، مشخص می‌شود که هرچند آبهایی با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در حال حاضر منجر به کاهش عملکرد قابل ملاحظه‌ای برای گندم نمی‌شوند لیکن در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ این منابع آب به شرط وجود منجر به کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصدی عملکرد گندم می‌شوند. برای آبهایی با شوری ۹ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر اندازه این کاهش عملکرد مورد انتظار به بیش از ۳۰ درصد نیز می‌رسد که تولید گندم با استفاده از این منابع در آینده را به مخاطره می‌اندازد.



شکل ۲- پیش بینی کاهش عملکرد گندم آبی در اثر شور شدن ثانویه در افق ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ در مقایسه با وضعیت حاضر

در اثر افزایش شوری آب آبیاری و در نتیجه، آن شور شدن خاک‌های تحت آبیاری، انتظار می‌رود محصول گندم در منابع آبهایی با شوری نزدیک به ۵ دسی‌زیمنس بر متر که در حال حاضر بدون محدودیت برای آبیاری گندم استفاده می‌شوند تا سال ۲۰۵۰ منجر به نزدیک به ۲۰ درصد کاهش عملکرد گردد. برای آبهایی که هم اکنون شوری آن‌ها ۷ دسی‌زیمنس بر متر و بیشتر است این کاهش نزدیک به ۳۵ درصد پیش بینی می‌شود. هر چند ممکن است بر اثر فعالیت‌های اصلاح و دستکاری ژنتیکی تعدادی ارقام پرمحصول در شرایط شور معرفی شوند، لیکن آستانه تحمل به شوری این ارقام تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند و تفاوت‌ها مربوط به شاخص برداشت و اندازه تولید دانه است. به این ترتیب تغییر سیستم کشت به سوی محصولات متحمل‌تر به شوری ضروری می‌باشد.

### منابع

- آبابایی ب، سهرابی ت، میرزایی ف، وردی نژاد ور و کریمی ب. (۱۳۸۹). اثر تغییرات اقلیمی بر عملکرد گندم و تحلیل ریسک ناشی از آن (مطالعه موردی: منطقه روددشت اصفهان). دانش کشاورزی، ۲۰/۱، شماره ۳، صفحه ۱۴۸-۱۳۵.
- رحیمیان م.ج.، م. نوری امامزاده‌ئی، ی. هاشمی‌نژاد، ح. طباطبایی و ع. نشاط. ۱۳۹۳. تعیین کسر آبشویی باغ‌های پسته شمال اردکان با استفاده ترکیبی از تعیین‌گر جبهه رطوبتی و القاء‌گر الکترومغناطیس. مجله پژوهش‌های خاک. ۱۷۳-۱۶۳: (۱) ۲۸.
- رسولی ف.، ع. کیانی پویا. ۱۳۸۹. پیش بینی شوری خاک با استفاده از مدل‌های ماندگار در اراضی شور تحت کشت گندم در مناطق معتدل استان فارس. مجله پژوهش‌های خاک. ۲۲۸-۲۱۷: (۳) ۲۴.
- کوچکی ع، سلطانی الف، شریفی ح و کمالی غ. ۱۳۸۰. اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات رشد، نمو و عملکرد آفتابگردان و نخود آبی و دیم در شرایط تبریز. علوم و صنایع کشاورزی، ۱۵، شماره ۱، صفحه ۱۶۴-۱۵۵.
- لشکری ا، ا. علیزاده و م بنیان اول. ۱۳۸۹. بررسی امکان کاهش اثر تغییر پارامترهای اقلیمی بر تولید ذرت دانه ای در شمال شرق ایران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۹۳۹-۹۲۶: (۴) ۲۵.





هاشمی نژاد ی. ۱۳۸۹. مدیریت آبیاری در شرایط شور با استفاده از تعیین-گر جبهه رطوبتی. پژوهش های خاک. ۲۷۲-۲۶۵.

(۳) ۲۴.

هاشمی نژاد ی.، م. غلامی و و. سلطانی. ۱۳۹۱. بهینه سازی مصرف آب از طریق کنترل دقیق شوری خاک در شرایط ماندگار.

نشریه حفاظت منابع آب و خاک. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶۸-۵۹: ۱(۳).

- Ayers, R. S., D. W. Westcot, 1985, Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29.
- Bannayan M. and E. Eyshi Rezaei. 2012. Future production of rainfed wheat in Iran (Khorasan province): climate change scenario analysis. Mitig Adapt Strateg Glob Change. DOI 10.1007/s11027-012-9435-x
- Bannayan M., S. Sanjani, A. Alizadeh, S. Sadeghi Lotfabadi, A. Mohamadian. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. Field Crops Research 118: 105-114.
- Cheraghi SAM., Y. Hasheminejhad and MH. Rahimian. 2011. An overview of the salinity problem in Iran: Assessment and monitoring technologies. In: Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture. Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26-29 November 2007. World Soil Resources Reports No. 104. FAO, Rome.
- FAO. 2012. Status and New Developments on the Use of Brackish Water for Agricultural Production in the Near East. United Nations Food and Agriculture Organization. Regional Office for the Near East (RNE). 88 pp.
- Ghassemi, F., Jakeman, A. J. and H. A.Nix. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. CAB International. 544 pp.
- Hasheminejhad, Y., Rahimian, M.H. and Poormohammadi S. (2011). Potential impacts of climate change on primary soil salinization at Iran's national scale. In: Abstracts and extended abstracts submitted to the Global Forum on Salinization and Climate Change (GFSCC2010), Valencia, 25-29 October 2010. World Soil Resources Reports No. 105. Thomas, R.P.(ed), FAO, Rome.
- Hoffman, G. J. and M. Th. Van Genuchten. 1983. Soil properties and efficient water use: water management for salinity control. In H. M. Taylor et al. (ed.) limitations to efficient water use in crop production. ASA, CSSA and SSSA.
- Homaei M. 1999. Root water uptake under non-uniform transient salinity and water stress. Ph.D. Thesis Wageningen Agricultural University.
- Homaei M., U. Schmidhalter. 2008. Water integration by plants root under non-uniform soil salinity. IRRIGATION SCIENCE. 27(1):83-95.
- Letey, J. Dinar, A. Knapp, K.C. 1985. Crop-water production function model for saline irrigation waters. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1005-1009.
- Maas, E.V., 1990. Crop salt tolerance. In: Tanji, K.K. (Ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering, No. 71. ASCE, New York, NY, pp. 262-304.
- Madani K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of Environmental Studies and Sciences, Volume 4, Issue 4, pp 315-328.
- Parry M., N. Arnell, T. McMichael, R. Nichols and others (2001) Millions at Risk: Defining Critical Climate Change Threats and Targets. Glob Environ Change 11: 181-183.
- Rasouli F., A. Kiani Pouya and J. Simunek. 2013. Modeling the effects of saline water use in wheat-cultivated lands using the UNSATCHEM model. Irrig Sci. 31:1009-1024. DOI 10.1007/s00271-012-0383-8
- Rhoades, J. D. and Merrill S. D. 1976. Assessing the suitability of water for irrigation: theoretical and empirical approaches. In: Prognosis of Salinity and Alkalinity. Soils Bulletin 31, FAO, Rome, pp. 69-109.
- Sanjani S., M. Bannayan and M. Kamyabnejad. 2011. Detection of recent climate change using daily temperature extremes in Khorasan Province, Iran. Climate Research. 49(21): 247-254.
- Stirzaker, R. J. and Hutchinson P. A. 2005. Irrigation controlled by a wetting front detector: Field evaluation under sprinkler irrigation. Australian Journal of Soil Research. 43: 935-943.
- Tanji, K.K. and W.W. Wallender. 2012. Nature and extent of agricultural salinity and sodicity. In: Wallender W.W., Tanji K.K. (eds.) Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 71. ASCE, Reston. VA, USA, pp. 10-25.

### The effects of climate change on secondary soil salinization in irrigated wheat fields

Y. Hasheminejhad<sup>1</sup>, M. Homaei<sup>2</sup> and A. Norouzi<sup>3</sup>

1-PhD. Graduated of Soil Science, 2- Professor of Irrigation and Drainage Department Tarbiat Modares University and 3- Professor Assistant Soil Conservation and Watershed Management Research Center, AREEO

#### Abstract

Irrigated soils of arid regions are issued to the risk secondary soil salinization permanently. Beside the management factors, climate change can intensify this trend directly or indirectly. To evaluate the indirect effects of climate change on salinization of wheat cultivated irrigated soils, 10 fields were evaluated in Sabzevar plain. Leaching fraction (LF) was evaluated using Wetting Front Detector (WFD). An experimental relationship was derived between LF, irrigation water salinity and soil salinity. Future soil salinity and wheat yield reduction was predicted for 2050 and 2070 years using derived relationship and unit chemo graph of the plain. Irrigation water salinity is estimated to increase by 1.5 to 2.4 dS/m by average. The effect of this salinization is predicted to be the wheat yield loss at fields that do not present considerable yield loss at current conditions.

**Keywords:** Wetting front detector, climate change, wheat, irrigation, steady state models