تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۰/ شماره ۷۳/ پاییز و زمستان ۱۳۹۸/ص ۱۴۴-۱۲۹
AERI

مقایسهٔ روش‌های کاشت مکانیزهٔ گندم در خاک شور

علی رشادصدقی[1*]، ابوالفضل ناصری[2] و خسرو محمدی قرمزگلی[3]

۱ و ۲- به‌ترتیب: استادیار؛ و دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۴

چکیده

در ایران، شوری مسأله‌ای فراگیر و محدودکنندهٔ تولیدات کشاورزی است، به‌طوری‌که بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور دارای خاک شور و سدیمی با درجات مختلف است. خاک و آب شور از منابعی هستند که با مدیریت صحیح و با شناخت کامل مسأله می‌توان از آن‌ها استفادهٔ لازم را برد. این تحقیق با هدف ارزیابی کارایی ماشین خطی‌کار کف‌کار برای کاشت مکانیزهٔ گندم در خاک‌های شور حاشیهٔ دریاچهٔ ارومیه اجرا شده است. تیمارهای آزمایشی شامل: الف) کاشت با خطی‌کار در کف جویچه‌های با عرض ۶۰ سانتی‌متر، ب) کاشت با خطی‌کار در کف جویچه‌های با عرض ۱۰۰ سانتی‌متر، ج) کاشت با خطی‌کار در زمین هموار و آبیاری غرقابی است. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. روش‌های کاشت از نظر شاخص‌های درصد سبز شدن بذرها، عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم، مقدار آب مصرفی، بهره‌وری مصرف آب و نحوهٔ توزیع شوری خاک پس از هر دور آبیاری ارزیابی و مقایسه شدند. طبق نتایج به‌دست آمده، تیمارهای آزمایشی روش‌های کاشت در هیچ‌یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده با هم اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) نداشتند. با کاهش عرض جویچهٔ آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ سانتی‌متر، شوری خاک در کف جویچه ۳۷ درصد کاهش یافت. مشخص شد میانگین بهره‌وری مصرف آب در روش کاشت در جویچهٔ ۶۰ سانتی‌متری حدود ۴۰ درصد نسبت به میانگین بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای دیگر بیشتر است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد روش کاشت گندم با خطی‌کار در کف جویچه‌های ۶۰ سانتی‌متری می‌تواند در مناطق نیمه‌خشک با خاک‌های شور توصیه شود.

واژه‌های کلیدی

آبیاری جویچه‌ای، بهره‌وری آب، شوری خاک، کاشت داخل جویچه

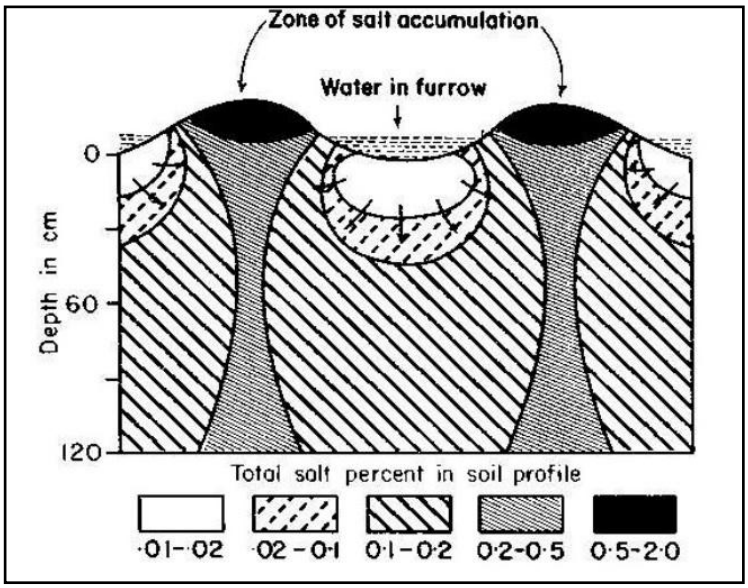
مقدمه

در ایران، شوری مسأله‌ای فراگیر و محدودکنندهٔ تولید پایدار در کشاورزی است. بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور به‌ویژه در فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان و در شمال غرب سطح قابل‌توجهی از حوضهٔ شمالی دریاچهٔ ارومیه دارای خاک شور و سدیمی با درجات مختلف هستند (Momeni, 2010). از طرفی، افزایش تقاضای آب در جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کشاورزان را برای آبیاری مزارعشان مجبور به استفاده از آب‌هایی با کیفیت پایین، مثل آب شور، کرده است. شوری یکی از مشکلات جدی محیطی است که باعث تنش اسمزی و کاهش رشد و عملکرد محصولات می‌گردد. خاک و آب شور از

* نگارندهٔ مسئول: Email: a.reshadsedghi@areeo.ac.ir
http://doi: 10.22092/erams.2019.123969.1287

منابعی هستند که با مدیریت صحیح و با داشتن شناخت کامل می‌توان از آنها استفادهٔ لازم را برد. با اصلاح مدیریت مصرف آب با شیوه‌های مناسب آبیاری می‌توان عملکرد محصول را در خاک‌های شور نیز افزایش داد (Abrol *et al.*, 1988; Qadir & Oster, 2004).

شوری ممکن است به سه طریق باعث کاهش عملکرد محصول شود: ۱- افزایش فشار اسمزی؛ در این حالت گیاه برای جذب آب دچار مشکل می‌شود. ۲- ایجاد مسمومیت؛ برخی یون‌ها مانند کلر، بُر و سدیم ممکن است برای گیاه مسمومیت ایجاد کنند، بالا بودن غلظت این عناصر معمولا برای برخی از گیاهان مشکل‌زاست. ۳- ایجاد اختلال در جذب برخی از عناصر غذایی در گیاه. تحمل گیاهان مختلف نسبت به شوری متفاوت است. بر این اساس می‌توان گیاهان را به چهار گروه متحمل، نیمه‌متحمل، نیمه‌حساس و حساس تقسیم کرد که گندم جزو محصولات نیمه‌متحمل محسوب می‌شود (Richards, 1969). آستانهٔ تحمل شوری خاک برای گندم ۶ دسی‌زیمنس بر متر (در عصارهٔ اشباع خاک) است و شوری ۷/۴، ۹/۵، ۱۳ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد کاهش عملکرد گندم را در پی دارد (Iqbal, 2003). در آبیاری جوی و پشته‌ای، نمک خاک روی پشته‌ها انباشته می‌شود. با هر بار آبیاری، نمک از کف جویچهٔ آبیاری شسته می‌شود و در پشته‌ها رسوب می‌کند. برای کشت ردیفی گیاهان، آبیاری نشتی بهتر از روش‌های دیگر آبیاری سطحی است. در این روش، به‌دلیل توزیع جریان آب در دو جهت عمودی و افقی و تماس نداشتن مستقیم آب با پشته‌ها، نمک به سمت رأس پشته‌ها حرکت می‌کند و بسته به شکل شیار، مقادیر متفاوت نمک روی پشته‌ها جمع می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- جهت جریان و انباشت نمک در آبیاری جوی و پشته‌ای

Fig. 1- Direction of salt flow and salt accumulation in furrow irrigation (Abrol *et al.*, 1988)

برای کاهش تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد محصول، استراتژی‌های متعدد را می‌توان به‌کار برد از جمله: کشت ارقام مقاوم به شوری، شستشوی خاک برای پیشگیری از تجمع نمک و تغییر روش کاشت (به‌طور مثال کاشت در داخل جویچهٔ آبیاری). آبیاری جویچه‌ای (جوی و پشته‌ای) با آب شور باعث تجمع

نمک روی پشته‌ها و کاهش نمک خاک در داخل جویچه می‌شود (Wadleigh & Fireman, 1949). در کشت گندم پاییزه، به دو روش کاشت روی پشته و کاشت در داخل جویچه همراه با پوشش مالچی روی پشته، به‌دلیل کاهش مقدار آبیاری و کاهش تبخیر سطحی خاک، مصرف آب به‌ترتیب ۱۲٫۳ و ۲۰ درصد کمتر و بهره‌وری مصرف آب به‌ترتیب ۲۰٫۲ و ۱۴٫۹ درصد بیشتر از روش کاشت در سطح هموار شده است (Zhang *et al.*, 2007). در مناطق نیمه‌خشک، تغییر محل کاشت از روی پشته به داخل جویچهٔ آبیاری می‌تواند به‌طور مستقیم با بهبود رطوبت خاک در اوایل فصل رشد و به‌طور غیرمستقیم با تحریک رشد اندام‌های دریافت‌کنندهٔ منابع غذایی مثل برگ و ریشه، عملکرد ذرت را افزایش دهد (Jin *et al.*, 2010). یرمی و سپاسخواه (Yarami & Sepaskhah, 2015) تأثیر سه سطح شوری آب (۰٫۴۵، ۱٫۰ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر)، سه سطح مقدار کود حیوانی گاوی و دو روش کاشت (کاشت داخل کرت و کاشت در داخل جویچه آبیاری) را بر رشد و عملکرد زعفران بررسی کردند و نتیجه گرفتند که حساسیت زیاد زعفران به شوری، با استفاده از روش کاشت در داخل جویچهٔ آبیاری قابل اصلاح است و افزایش عملکرد محصول زعفران با این روش به‌میزان ۳٫۵ برابر نسبت به روش کاشت کرتی، گزارش شده است.

افشارمنش و آیین (Afsharmanesh & Aien, 2014) چهار روش جدید را برای کاشت یونجه در خاک‌های شور ارزیابی کردند: کاشت در گودال‌هایی به ابعاد ۳۰ در ۴۰ سانتی‌متر، خطی‌کاری روی پشته، کاشت در داخل جویچهٔ آبیاری به عرض ۴۰ سانتی‌متر و روش نشاکاری. نتایج بررسی‌های این محققان نشان داد بیشترین میزان محصول تر و خشک یونجه با روش کاشت در داخل جویچه و روش کاشت در داخل گودال به‌دست می‌آید. شعبانی و همکاران (Shabani *et al.*, 2013) تأثیر آبیاری با سطوح مختلف شوری آب و دو روش کاشت داخل جویچه و کاشت روی پشته را بر عملکرد کمی و کیفی کلزا بررسی کردند و نشان دادند تنش خشکی و شوری باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکردی محصول می‌شود و روش کاشت در داخل جویچهٔ آبیاری باعث افزایش عملکرد محصول تا ۱۳/۷ درصد و افزایش راندمان مصرف آب تا ۱۳٫۲ درصد، نسبت به روش کاشت روی پشته، می‌شود. کامرانی‌منش و همکاران (Kamrani-Manesh *et al.*, 2013) در بررسی تأثیر مقدار گوگرد و دو روش کاشت در داخل جویچهٔ آبیاری و روی پشته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در خاک‌های شور، روش کاشت داخل جویچه و استفاده از ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار را برای به‌دست آوردن بالاترین میزان عملکرد اقتصادی محصول پیشنهاد کردند. استفاده از راهکارهای مدیریتی برای افزایش شاخص بهره‌وری مصرف آب در مزارع کشاورزی، یکی از گزینه‌های عملی برای مقابله با کم‌آبی است. در پژوهشی، گزارش شده است که با تغییر روش آبیاری از کرتی به نواری برای کشت گندم در خاک‌های شور، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد محصول، مدت‌زمان آبیاری تا ۱۵ درصد کاهش و شاخص بهره‌وری مصرف آب تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد (Nikkhah *et al.*, 2015).

گندم مادهٔ غذایی اصلی و مهم‌ترین محصول زراعی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و به‌دلیل اهمیت آن در تغذیهٔ مردم، یکی از محصولات استراتژیک کشور به‌شمار می‌رود. این محصول از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات مختلف زراعی و باغی برخوردار است، زیرا حدود ۴۵ درصد از انرژی و حدود ۵۰ درصد از پروتئین لازم برای فعالیت‌های مردم جامعه از مصرف گندم تأمین می‌شود

(Golizadeh *et al.*, 2014). با توجه به نیمه‌متحمل بودن گندم نسبت به شوری و اهمیت آن در سبد خانوارهای ایرانی، بیشترین تحقیقات شوری در ایران روی گندم و پس از آن روی کلزا، حبوبات و برنج بوده است (Ranjbar & Pirasteh-Anosheh, 2015).

بهره‌وری مصرف آب یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تولید محصول در زمین‌های آبی است. تولید محصول به‌ازای مصرف هر متر مکعب آب را بهره‌وری مصرف آب می‌شناسند. تولید به‌ازای هر واحد آب مصرفی، تعریفی است که در حال حاضر به‌صورت گسترده در سطح ملّی و جهانی از آن استفاده می‌شود. تغییرات بهره‌وری مصرف آب در تولید گندم در سطح جهانی بسیار گسترده است. مدیریت آبیاری، عملیات به‌زراعی، و ویژگی‌های اقلیمی، خاک‌شناختی و فیزیولوژیکی در تغییرات این شاخص نقش مؤثری داشته‌اند (Dehghani-Sanij *et al.*, 2008).

هدف از این تحقیق، بررسی و مقایسهٔ تأثیر روش کاشت مکانیزهٔ گندم در داخل جویچهٔ آبیاری (با ماشین خطی‌کار کف‌کار) بر کاهش اثر شوری خاک، شاخص‌های عملکردی محصول و بهره‌وری مصرف آب، در مقایسه با روش کاشت در سطح هموار با آبیاری غرقابی، در خاک‌های شور است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور تعیین روش مناسب کاشت مکانیزهٔ گندم در خاک شور، به‌مدت یک سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵) در یک مزرعه در اراضی روستای قشلاق از توابع شهرستان آذرشهر با خاک شور در محدودهٔ شوری ۸ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اجرا شد؛ طول و عرض جغرافیایی محل اجرای طرح ۴۵٫۸۶ درجه شرقی و ۳۷٫۷۶ درجه شمالی و ارتفاع آن ۱۲۸۵ متر از سطح دریا در حوزه دریاچهٔ ارومیه است.

تیمارهای آزمایشی شامل: الف) کاشت در کف جویچه با عرض ۶۰ سانتی‌متر (پنج جوی و پشته‌ساز در عرض کار ماشین)، ب) کاشت در کف جویچه با عرض ۱۰۰ سانتی‌متر (سه جوی و پشته ساز در عرض کار ماشین)، ج) کاشت در زمین هموار با خطی‌کار بدون ایجاد جوی و پشته (تیمار شاهد) بودند. از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار برای تجزیه و تحلیل آماری و مقایسهٔ پارامترهای عملکردی تیمارها استفاده شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲۰×۶ متر و فاصلهٔ کرت‌ها از یکدیگر ۳ متر در نظر گرفته شد.

در آغاز تحقیق، قطعه زمینی به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع انتخاب گردید که کشت قبلی آن یونجه بود. نتایج آزمایش خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و نتایج آزمایش آب آبیاری که منبع آن چاه عمیق بود، در جدول ۲ آورده شده است. در جدول ۳ آمار هواشناسی منطقه، شامل میانگین بارش و میانگین دمای بیشینه و کمینه هوا در سال زراعی۱۳۹۶-۱۳۹۵ نشان داده شده است (Anon, 2017).

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک مزرعهٔ آزمایشی

Table 1- Soil test results of experimental field

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	EC (dS/m)	pH	T.N.V. (%)	O.C. (%)	P (ppm)	K (ppm)	نوع ذرات خاک(درصد) Soil particles (%)		
							ماسه Sand	سیلت Silt	رس Clay
0-30	11.98	7.6	15	2.18	100	411	52	31	17

جدول ۲- نتایج آزمایش آب آبیاری

Table 2- Irrigation water test results

SSP	pH	EC (µS/cm)	S.A.R.	Na^+	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_2^{2-}
27.5	6.9	7420	4.4	25.0	66.0	5.2	67.5	11.8	0.0

مشخصات فنی خطی‌کار به‌کار گرفته شده در آزمایش‌ها

شرکت ماشین برزگر همدان، نوعی ماشین خطی‌کار کف‌کار (مدل INTEGRA 3020) مخصوص زمین‌های شور طراحی و ساخته است که مکانیزم انتقال بذر و کود از مخزن به بستر بذر ساختاری مشابه با ساختار سایر بذرکارهای متداول دارد ولی با الحاق جوی و پشته سازهایی در اندازه‌های مختلف جویچه هایی عریض ایجاد می‌کند، بذر را به‌صورت خطی در داخل جویچه‌ها می‌کارد و کود را نیز اضافه می‌کند. این ماشین، همزمان با کشت بذر، پشته‌های کوچکی به ارتفاع تقریبی ۱۰ و به عرض ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر، متناسب با نوع پشته ساز (فاروئر) به وجود می‌آورد تا نمک‌های درون خاک پس از آبیاری و تبخیر آب از کف کرت شسته شوند و در پشته‌ها تجمع یابند.

جدول ۳- آمار ایستگاه هواشناسی عجب شیر در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵

Table 3- Statistic of Ajabshir meteorology station in crop year 2016-2017

وضعیت آب و هوا Weather Conditions	ماه های سال Months of the year									
	مهر (Oct.)	آبان (Nov.)	آذر (Dec.)	دی (Jan.)	بهمن (Feb.)	اسفند (March)	فروردین (April)	اردیبهشت (May)	خرداد (June)	تیر (July)
میانگین بارش (میلیمتر) Ave. Rainfall (mm)	0.0	18.3	36.4	8.9	24.2	17.0	61.8	8.0	0.0	0.0
میانگین بیشینه دمای هوا (درجه سلسیوس) Ave. max. air temperature (° C)	25.1	17	6.6	1.1	2.4	10.7	16.8	25.2	31	36
میانگین بیشینه دمای هوا (درجه سلسیوس) Ave. min. air temperature (° C)	10.7	6.3	-2.4	-6	-4.7	0.9	6.3	12.7	17	21.9
میانگین دمای هوا (درجه سلسیوس) Ave. air temperature (° C)	17.6	10.8	1.4	-3.1	-1.8	5.2	11.4	18.9	24.5	29.3

در زمان مطلوب بودن رطوبت خاک (۱۵ تا ۱۸ درصد رطوبت بر پایهٔ خشک)، زمین به روش یک بار شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۲۵ سانتی‌متر و یک بار دیسک‌زنی و سپس تسطیح با ماله آماده‌سازی شد. کوددهی پایه بر اساس نتایج آزمایش‌های اولیهٔ خاک دنبال و در اوایل آبان‌ماه کاشت گندم رقم پیشگام آغاز شد. قوهٔ نامیهٔ این رقم گندم ۹۳ درصد، خلوص بذر ۹۸ درصد و وزن هزار دانه ۴۷/۹ گرم برآورد گردید. بذر در عمق ۳-۲ سانتی‌متر و به‌میزان ۲۱۸ کیلوگرم در هکتار (بر اساس دستورالعمل مرکز ملی تحقیقات شوری) کاشته شد. تیمارهای آزمایشی شامل: الف) کاشت در کف جویچه با عرض ۶۰ سانتی‌متر (پنج جوی و پشته ساز یا فاروئر در عرض کار ماشین) (شکل ۲)، ب) کاشت در کف جویچه با عرض ۱۰۰ سانتی‌متر (سه جوی و پشته ساز در عرض کار ماشین) (شکل ۳)، ج) کاشت در زمین هموار با خطی‌کار بدون ایجاد جوی و پشته (تیمار شاهد)، بود. از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار برای تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه پارامترهای عملکردی تیمارها استفاده گردید. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲۰×۶ متر درنظر گرفته شد و کرت‌ها ۳ متر از یکدیگر فاصله داشتند.

هر سه روش کاشت مورد بررسی در این آزمایش با این ماشین و با اعمال تنظیمات لازم در آن اجرا شد. عرض کار ماشین ۳ متر بود و برای ایجاد جویچه‌هایی با عرض ۶۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر (شکل‌های ۲ و ۳)، تعداد و نوع فاروئرها تغییر داده شد و شیار بازکن‌ها و پوشاننده‌ها، متناسب با وضعیت عرض جویچهٔ مورد نیاز، روی شاسی جابه‌جا شدند. برای تیمار شاهد (بدون جویچه)، فاروئرهای ماشین بالا برده شد و عملیات کاشت در زمین هموار و بدون ایجاد جوی و پشته ادامه یافت. مشخصات فنی خطی‌کار مورد استفاده در شرایط کار مختلف، در جدول ۴ آمده است.

شکل ۲- کاشت با خطی‌کار در داخل جویچه‌های با عرض ۶۰ سانتی‌متر

Fig. 2- Planting by seed drill into furrows with 60 cm width

شکل ۳- کاشت با خطی‌کار در داخل جویچه‌های با عرض ۱۰۰ سانتی‌متر

Fig. 3- Planting by seed drill into furrows with 100 cm width

جدول ۴- مشخصات فنی خطی‌کار مدل INTEGRA 3020 مورد استفاده در آزمایش

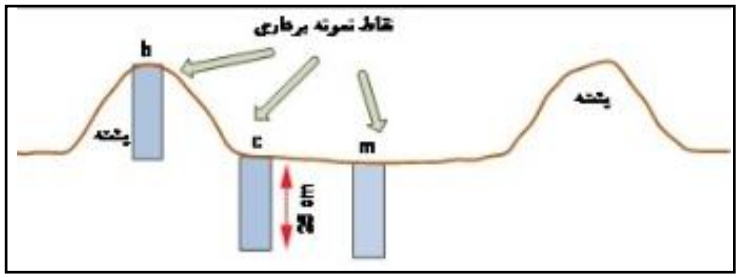
Table 4- Technical characteristics of seed drill model INTEGRA 3020 used in the test

مشخصات فنی خطی کار Technical characteristics of seed drill	مدل بر اساس عرض جویچه (سانتی‌متر) Model based of the furrow width (cm)	
	60	100
عرض کل (سانتی‌متر) Total width (cm)	300	300
عرض کار (سانتی متر) Available width (cm)	270	270
تعداد جویچه The number of furrowers	5	3
تعداد ردیف در هر جویچه The number of planting rows in each furrow	4	7 در جویچه های کناری in the side furrows 6 در جویچه های میانی in middle furrow
فاصه ردیف های کاشت (سانتی متر) Planting (seed/fertilizer) row space (cm)	10	10
تعداد و نوع شیار بازکن The number and type of openers	20 کفشکی Shoe opener	20 کفشکی Shoe opener
تعداد و نوع کارنده The number and type of seed covers	10 pairs انگشتی فنری spring-loaded finger	10 pairs انگشتی فنری spring-loaded finger
ظرفیت مزرعه (هکتار در ساعت) Field Capacity ($hahr^{-1}$)	1.4-1.9	1.4-1.9
توان لازم (اسب بخار) Power requirement (hp)	90-110	90-110

صفات و شاخص‌های اندازه‌گیری شده

توزیع شوری خاک در عرض کرت‌های آزمایشی

برای اندازه‌گیری و بررسی روند توزیع شوری خاک در عرض کرت‌های آزمایشی پس از هر دور آبیاری مزرعه، زمانی که رطوبت خاک به کمتر از ظرفیت مزرعه‌ای کاهش یافت، در سه نقطه داخل جویچه‌ها (وسط جویچه، مرز بین کف جویچه و پشته و روی پشته) با متهٔ نمونه‌برداری تا عمق ۲۵ سانتی‌متری از خاک به‌طور تصادفی نمونه‌برداری شد. هدایت الکتریکی نمونه‌ها با استفاده از روش عصاره‌گیری از گل اشباع در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. در تیمار بدون جویچه نیز از سه نقطه به فواصل معین در عرض کرت از خاک نمونه‌برداری شد. شکل ۴، نحوهٔ نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی را برای بررسی روند توزیع شوری خاک پس از آبیاری نشان می‌دهد.



شکل ۴- نحوهٔ نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی برای بررسی روند توزیع شوری خاک پس از آبیاری (m نقطهٔ میانی جویچه، c مرز پشته و جویچه و b مرکز پشته را نشان می‌دهد)

Fig. 4- Sampling method of experimental plots for investigation of soil salinity distribution after irrigation ('m' middle of the furrow, 'c' border of the furrow, 'b' center of the ridge)

درصد سبز شدن بذرها

با دانستن مقدار بذر کاشته شده و با استفاده از وزن هزار دانه، تعداد بذر کاشته شده در واحد سطح مشخص و با شمارش تعداد بذرهای سبز شده در واحد سطح و با استفاده از رابطهٔ ۱، درصد سبز شدن بذرها محاسبه شد.

$$E = \frac{P}{S \times sg \times sp} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

E= درصد سبزشدن بذرها؛ P=تعداد بذر سبز شده؛ S = تعداد بذر کاشته شده؛ sg= قوه نامیه بذر؛ و sp = خلوص بذر.

عملکرد و اجزای عملکردی محصول

در مرحلهٔ رسیدن محصول در آخر خردادماه، با قرار دادن تصادفی کادری به ابعاد ۱×۰/۵ متر در دو محل از هر کرت آزمایشی، بوته‌های گندم داخل کادر کف‌بری و اجزای عملکردی محصول شامل تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیکی محصول (جرم کل بوته در سطح خاک) اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه در هر کرت آزمایشی، کل محصول هر کرت به تفکیک برداشت و خرمن‌کوبی شد.

شاخص برداشت

برای اندازه‌گیری شاخص برداشت، در مرحلهٔ رسیدن فیزیولوژیکی محصول، بوته‌های داخل کادر نیم مترمربعی از دو محل از هر کرت کف‌بر و با استفاده از رابطهٔ ۲ شاخص برداشت محاسبه گردید:

$$HI = {EY}/{BY} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن،

HI= شاخص برداشت؛ EY= عملکرد اقتصادی (دانه)؛ و BY= عملکرد بیولوژیکی (مجموع اندام‌های هوایی، شامل کاه و کلش و دانه).

بهره‌وری آب

بعد از اتمام کاشت، با توجه به نیاز آبی برای جوانه‌زنی و سبز کردن بذر تا حد رسیدن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه‌ای، کرت‌ها به عمق خالص ۷ سانتی‌متر (معادل ۷۰۰ متر مکعب در هکتار) با استفاده از منبع آب زیرزمینی (چاه) آبیاری شدند. عمق و دبی جریان با استفاده از یک دستگاه فلوم WSC در نهر اصلی اندازه‌گیری شد. در هر دور آبیاری، میزان مصرف آب در واحد سطح از حاصل‌ضرب مدت زمان آبیاری هر کرت آزمایشی در دبی جریان آب و تقسیم آن بر سطح آبیاری شده

به‌دست آمد. بهره‌وری مصرف آب (*WP*) بر حسب کیلوگرم محصول به‌ازای هر متر مکعب آب مصرفی از رابطهٔ ۳ محاسبه شد.

$$WP = \frac{Y}{W_c} \qquad (۳)$$

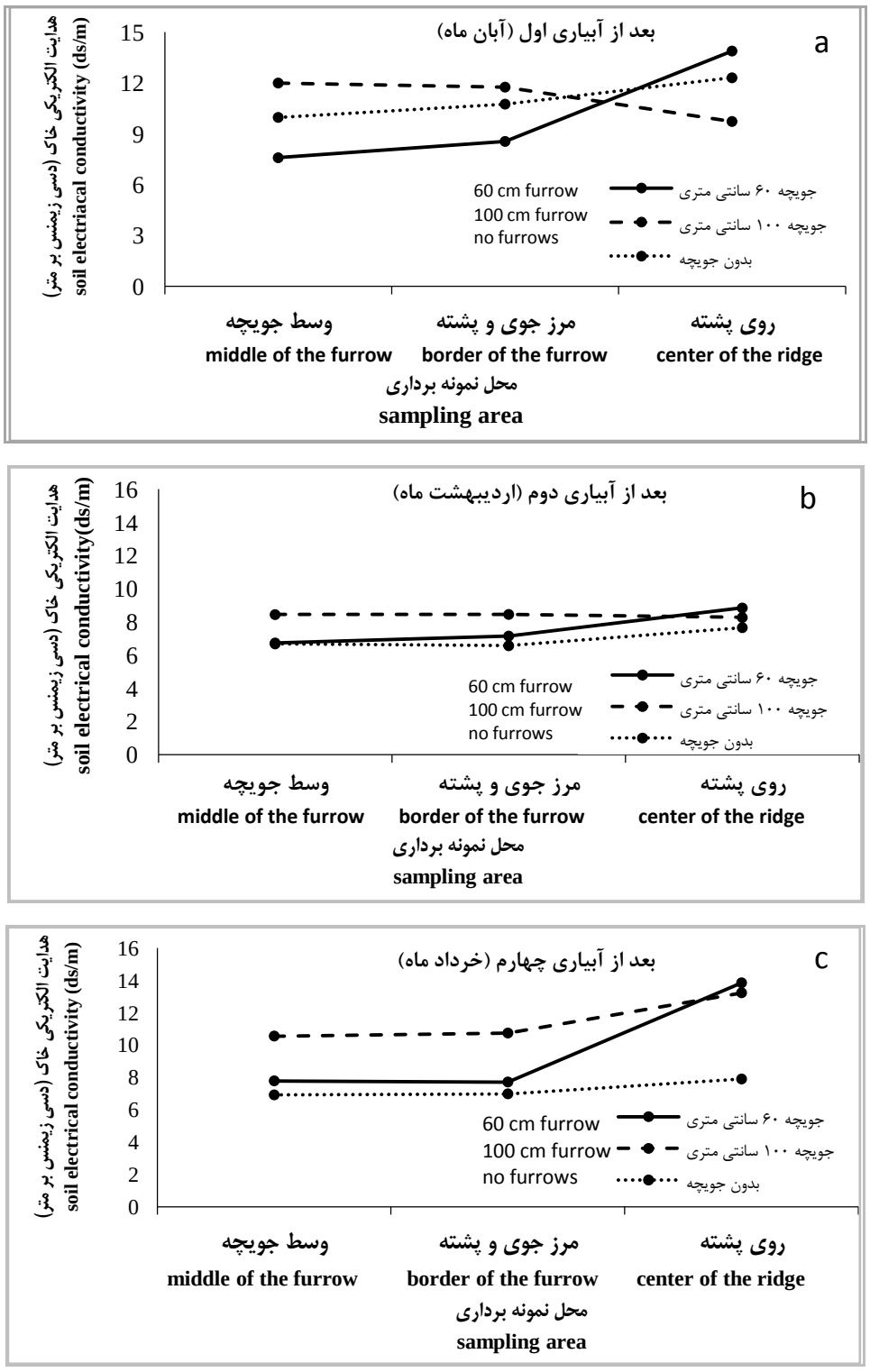
که در آن،

W_C = میزان مصرف آب (متر مکعب در هکتار)؛ و Y = عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار).

نتایج و بحث

توزیع شوری خاک در عرض جوی و پشته

در شکل ۵، روند توزیع شوری خاک پس از مراحل مختلف آبیاری در یک سال زراعی در روش‌های کشت در جویچه با عرض ۶۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر، از نقطه میانی کف جویچه (m) به سمت خط مرزی پشته و جویچه (c) و روی پشته (b)، و در تیمار بدون جویچه (شاهد) در سه نقطه متوالی با فواصل مشخص از وسط کرت تا انتهای عرضی کرت، مقایسه شده است. در هر سه دور آبیاری، در تیمار کشت در داخل جویچه با عرض ۶۰ سانتی‌متر روند افزایشی شوری خاک از نقطهٔ میانی کف جویچه به‌طرف پشته و تجمع نمک در مرکز پشته کاملاً مشهود است. در آبیاری اول (شکل ۵-الف) مقدار شوری خاک در کف جویچه تا مرز پشته (نقطه m تا c) روش کشت در جویچه با عرض ۶۰ سانتی‌متر، نسبت دیگر روش‌های کاشت، کاهش چشم‌گیری داشته است. نتایج به‌دست آمده با آنچه ابرول و همکاران (Abrol *et al.*, 1988) و وادلی و همکاران (Wadleigh *et al.*, 1949) به‌دست آورده‌اند مطابقت دارد. در تیمار جویچه با عرض ۱۰۰ سانتی‌متر و تیمار بدون جویچه (شاهد)، اختلاف قابل‌توجهی از نظر شوری خاک در عرض جویچه یا کرت مشاهده نمی‌شود. احتمالاً افزایش عرض جویچه از ۶۰ به ۱۰۰ سانتی‌متر باعث شده تا از میزان جریان افقی نمک به سمت پشته و رسوب در آن کاسته شود. نتایج اندازه‌گیری هدایت الکتریکی گل اشباع تیمارها پس از آبیاری دوم (شکل ۵-ب) نشان‌دهندهٔ کاهش میزان شوری خاک در هر سه تیمار آزمایشی است که دلیل احتمالی آن نفوذ نمک به اعماق خاک در اثر بارش‌های فصلی قبل از آبیاری دوم است. نتایج توزیع شوری خاک پس از آبیاری چهارم (داناب) در خردادماه، نشان‌دهندهٔ تمرکز شوری خاک در پشته‌ها و تأثیر عرض جویچه بر میزان رسوب نمک در پشته و کاهش شوری خاک در کف جویچه است (شکل ۵-ج). کاهش شوری خاک در قسمت هموار روش کشت جویچه ۶۰ سانتی‌متری و روش کشت بدون جویچه آبیاری تقریباً یکسان است. به‌نظر می‌رسد که در روش آبیاری جویچه‌ای به‌دلیل وجود پشته، قسمتی از نمک‌های خاک در پشته‌ها رسوب و قسمتی از آن با جریان ثقلی آب به عمق خاک نفوذ کرده است، ولی در روش آبیاری غرقابی (روش کشت بدون جویچه) که سطح خاک هموار است، شستشوی خاک و حرکت نمک در خاک در اثر آبیاری یا بارش، صرفاً به‌صورت جریان عمودی نمک در خاک بوده است.



شکل ۵- روند توزیع شوری خاک در تیمارهای مختلف (a) بعد از آبیاری اول، (b) بعد از آبیاری دوم، (c) بعد از آبیاری چهارم (در تیمار بدون جویچه، توزیع شوری در سه‌نقطه متوالی با فواصل مشخص از وسط کرت، مقایسه شده است)

Fig. 5- Soil salinity distribution in different treatments (a) after the first irrigation, (b) after the second irrigation, (c) after the forth irrigation. (In the no-furrow treatment, the salinity distribution in three consecutive points was compared with specified distances from the middle of the plot)

یکسان بودن میزان کاهش شوری خاک در انتهای فصل رشد محصول، احتمالاً ناشی از مدت زمان بیشتر آبیاری در کاشت بدون جویچه نسبت به روش کاشت جویچه‌ای است که فرصت بیشتری برای نفوذ نمک در خاک فراهم شده است. در روش‌های کاشت دارای جویچهٔ آبیاری، احتمالاً به‌علت مهار شدن جریان آب به‌واسطهٔ پشته‌ها، سرعت پیشروی آب در کرت افزایش یافته و مدت زمان تکمیل آبیاری کمتر و در نتیجه میزان آب مصرفی نیز کمتر شده است (جدول ۶). در هر صورت، با توجه به میزان شوری اولیهٔ خاک قبل از آبیاری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر)، نقش مؤثر وجود پشته در کاهش شوری خاک در کف جویچهٔ ۶۰ سانتی‌متری تا حد ۷٫۶ دسی زیمنس بر متر (کاهش ۳۷ درصد شوری) پس از آبیاری اول، زمان حساس برای جوانه‌زنی و سبز شدن بذر، آشکار است

شاخص‌های زراعی و فنی

نتایج تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در تیمارها به‌ترتیب در جدول ۵ و ۶ نشان داده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده روش‌های کاشت در هیچ‌یک از شاخص‌ها (درصد سبزشدن بذرها، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه، مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب)، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

جدول ۵ - تجزیهٔ واریانس شاخص‌های اندازه‌گیری شده

Table 5. Analysis of variance of measured indicators

منابع تغییر S.O.V.	df	شاخص‌های اندازه گیری شده Measured indicators						
		درصد سبزشدن بذرها Seed emergence rate	تعداد دانه در خوشه Number of grains per spike	وزن هزاردانه 1000-seed weight	ضریب برداشت Harvest Index	راندمان بذر Seed yield	مصرف آب Water consumption	بهره وری آب Water Productivity
تکرار Replication	2	105.567 **	90.250 ns	26.494 ns	160.705 *	6676284 **	5279097.3 ns	0.058 **
تیمار Treatment	2	9.582 ns	20.583 ns	14.350 ns	22.962 ns	18956.36 ns	3804436.3 ns	0.017 ns
خطا Error	4	3.866	16.083	42.411	18.366	310934.92	1541613.2	0.003
C.V. %	-	2.82	12.60	19.83	12.37	22.08	18.71	14.07

ns, *, ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد، و ۵ درصد

ns, **, * indicates respectively: no significant difference, significant difference at P<0.01 and P<0.05

جدول ۶- مقایسهٔ میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده تیمارهای آزمایشی (دانکن ۵ درصد)

Table 6. Mean comparison of the measured indicators of the treatments (Duncan P=0.05)

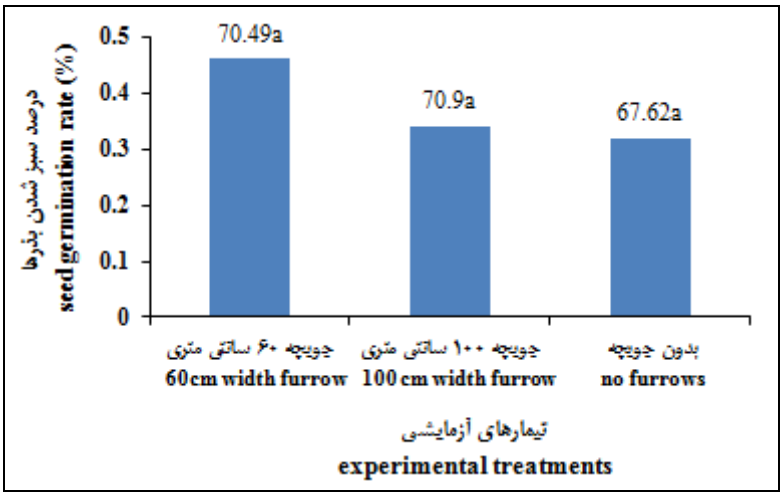
تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	میانگین داده ها Data means					
	درصد سبز بذر Seed emergence rate (%)	تعداد دانه در خوشه Number of grains per spike	وزن هزاردانه 1000-seed weight(gr)	ضریب برداشت (٪) Harvest Index (%)	راندمان بذر کیلوگرم در هکتار Seed yield ($Kgha^{-1}$)	مصرف آب (مترمکعب در هکتار) Water consumption (m^3ha^{-1})
جویچه با عرض ۶۰ سانتی‌متر Furrows with 60 cm width	70.29 a	29 a	35.18 a	31.45 a	2461 a	5364 a
جویچه با عرض ۱۰۰ سانتی‌متر Furrows with 100 cm width	70.90 a	31 a	32.50 a	36.50 a	2501 a	7032 a
بدون جویچه No furrow	67.62 a	35 a	30.85 a	35.94 a	2614 a	7508 a

در هر ستون، اعداد با حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($P<0.05$) اختلاف معنی‌دار ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)

درصد سبز شدن بذرها

با توجه به جدول ۵، تیمارهای آزمایشی از نظر درصد سبز شدن بذرها اختلاف معنی‌داری ندارند؛ بنابراین کاشت گندم (رقم پیشگام) در داخل جویچهٔ آبیاری نسبت به کاشت به‌صورت خطی‌کاری بدون پشته تأثیر معنی‌داری بر میزان سبزشدن بذرها در خاک شور نداشته است. میانگین درصد سبز شدن بذرها در تیمارهای کاشت در داخل جویچهٔ به‌طور نسبی از درصد سبزشدن بذرها در تیمار کاشت در زمین هموار بیشتر است (شکل ۶). معنی‌دار نشدن تأثیر جویچهٔ آبیاری بر درصد سبز شدن بذرها احتمالاً به‌دلیل شستشوی لایهٔ سطحی خاک با آب آبیاری و بارش‌های فصلی (جدول ۳) و کاهش اثر شوری در ناحیهٔ قرارگیری بذر در خاک بوده است.



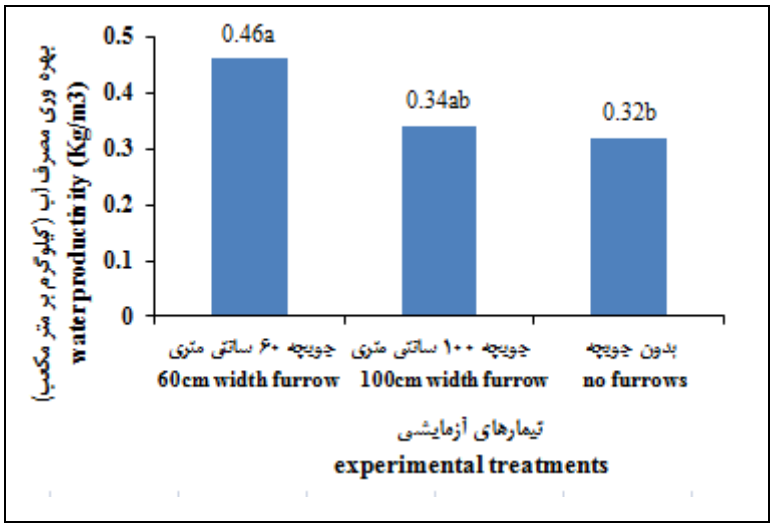
شکل ۶- میانگین درصد سبز شدن بذرها در واحد سطح تیمارهای آزمایشی

(حروف لاتین مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد)

Figure 6- mean percentage of seed emergence per unit area of the treatments
(common letters in each column indicate no significant difference between treatments)

بهره‌وری آب

در مقایسهٔ میانگین بهره‌وری مصرف آب تیمارهای آزمایشی (شکل ۷) دیده می‌شود که به‌رغم نداشتن اختلاف معنی‌دار بین تیمارها ازنظر بهره‌وری مصرف آب (جدول ۵)، به‌دلیل کمتر بودن مصرف آب در کاشت در جویچهٔ ۶۰ سانتی‌متری نسبت به سایر روش‌ها (جدول ۶)، بهره‌وری مصرف آب به‌میزان ۰/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب (حدود ۴۰ درصد) بیشتر است. ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2007)، کامرانی‌منش و همکاران (Kamrani-Manesh *et al.*, 2013)، شعبانی و همکاران (Shabani *et al.*, 2013) و نیکخواه و همکاران (Nikkhah *et al.*, 2015) نیز به نتایج مشابه در محصولات مختلف دست یافته‌اند.



شکل ۷- مقایسهٔ میانگین بهره‌وری مصرف آب تیمارهای آزمایشی (دانکن ۵ درصد)

(حروف لاتین مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد)

Figure 7- Mean comparison of water productivity of the treatments (Duncan, P=0.05)
(Common letters in each column indicate no significant difference between treatments)

بنابراین در تیمار کاشت در جویچه با عرض ۶۰ سانتی‌متر، به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی به‌طور میانگین ۰/۴۶ کیلوگرم گندم تولید شده است که این مقدار در دامنهٔ تغییر بهره‌وری مصرف آب در مناطق شمال غرب ایران قرار گرفته است که ۱/۳-۰/۴ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی برآورد شده است (Dehghani-Sanij *et al.*, 2008)، ولی تیمارهای دیگر در این دامنه قرار نگرفته‌اند. به‌طور کلی میانگین عملکرد محصول تیمارهای مختلف در سال اجرای تحقیق (۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به عملکرد متعارف منطقه در سال‌های قبل (۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) کمتر است که احتمالاً ناشی از تأثیر تنش شوری خاک و تنش گرمایی هوا بر محصول در آن سال بوده است. بر اساس آمار اداره کل هواشناسی آذربایجان شرقی، در اواخر بهار سال زراعی ۹۶-۹۵ حداکثر دمای هوا در منطقه (عجب‌شیر) به ۳۵ درجه سلسیوس رسید که افزایش چشمگیری نسبت به میانگین دما در سال‌های قبل (۲۸ درجه سلسیوس) داشته است (Anon, 2017).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهد کاهش عرض جویچهٔ آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ سانتی‌متر باعث بهبود در شستشوی نمک خاک و انتقال آن از میان جویچه

به‌سمت مرکز پشته‌ها و تمرکز در آنها می‌شود. هرچند روش آبیاری غرقابی نیز باعث کاهش شوری خاک شده است، ولی با توجه به مصرف زیاد آب، این روش آبیاری در شرایط آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک توصیه نمی‌شود. در هر دو روش آبیاری جویچه‌ای و غرقابی، آب کل سطح مزرعه را می‌پوشاند با این تفاوت که در آبیاری جوی و پشته‌ای، به‌دلیل وجود پشته‌ها، آبراهه‌هایی ایجاد می‌شود که باعث تسهیل و تسریع انتقال آب در مزرعه و در نتیجه کاهش مدت زمان آبیاری می‌شود. به‌رغم اینکه تیمارهای آزمایشی در هیچ‌یک از پارامترهای عملکردی اختلاف معنی‌دار نداشتند، ولی استفاده از ماشین خطی‌کار کف‌کار با عرض جویچهٔ ۶۰ سانتی‌متر برای کاشت گندم در داخل جویچه‌های آبیاری به‌دلیل تأثیر این روش در کاهش شوری خاک بستر بذر و افزایش نسبی بهره‌وری مصرف آب، در شرایط آب‌وهوای نیمه‌خشک و خاک‌های شور توصیه می‌گردد.

مراجع

Abrol, I. P. Yadav, J. S. P., & Massoud, F. I. (1988). Salt-Affected Soils and their Management. F.A.O. *Soils Bulletin* 39. Rome.

Afsharmanesh, G., & Aien, A. (2014). Introducing the new planting methods for cultivation of alfalfa cultivars in highly saline soils. *International Journal of Farming and Allied Sciences. 3*(8), p. 935-939.

Anon. (2017). Meteorological Data. East Azarbaijan Meteorological Organization. Available at: eamo.ir/Stats-and-Infos/Monthly.aspx. (in Persian)

Dehghani-Sanij, H., Nakhjavani-Moghadam, M. M. & Akbari, M. 2008. Study the water use efficiency based on regional relative advantages and deficit irrigation. *Iranian Journal of Irrigation and Dranage, 2*(1): p. 77-91. (in Persian)

Golizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hosseinpour, R., Mohiti, Z., Fazli, M., Rezaei, M. M., Arab, H., Kazemifard, R., Fazli, B., Abdshah, H., Sefidi, H., Rafiei, M., & Kazemian, A. (2014). *Crop Production Features (2012-2013) in Iran*. Agricultural Ministry. Islamic Republic of Iran. (in Persian)

Iqbal, R. M. (2003). Leaf extension growth of wheat grown under NaCl and Na_2S0_4 salinity. *Asian Journal of Plant Science,2*(15), p. 1092-1096.

Jin, Y. H., Zhou, D. W., & Jiang, S. C. (2010). Comparison of soil water content and corn yield in furrow and conventional ridge sown systems in a semiarid region of China. *Agricultural Water Management, 97,* p. 326-332.

Kamrani-Manesh, A., Armin, M., & Jami-Moeini, M. (2013). The effect of sulfur application on yield components of corn in two different planting methods in saline conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production. 4*(7), p. 1474-1478.

Momeni, A. (2010). Geographic distribution and salinity levels of Iranian soil resources. *Iranian Journal of Soil Research. 24*(3), p. 203-215. (in Persian)

Nikkhah, M., Rahimian, M. H., Rousta, M. J., & Razzaqian, H. (2015). Evaluation of

management strategies for improvement water use efficiency of wheat under saline conditions. *Journal of Water and Sustainable Development. 1*(3), p. 53-58. (in Persian)

Qadir, M., & Oster, J. D. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science* of the *Total Environment*. *32* (1-3), p. 1-19.

Ranjbar, Gh., & Pirasteh-Anosheh, H. (2015). Aglance to the solinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. *Iranian Journal of Crop Sciences. 17*(2), p. 165-178. (in Persian)

Richards, L. A. (1969). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Handbook* No. 60. US Govt. Printing Office. Washengton, D.C.

Shabani, A., Sepaskhah, A. H., & Kamgar-Haghighi, A. A. (2013). Responses of agronomic components of rapeseed (*Brassica napus* L.) as influenced by deficit irrigation, water salinity and planting method. *International Journal* of *Plant Production*. *7*(2), p. 313-340.

Wadleigh, C., & Fireman, M. (1949). Salt distribution under furrow and basin irrigated cotton and its effect on water removal. *Soil Science Society of America, Proceedings*, 13, p. 527-530.

Yarami, N., & Sepaskhah, A. R. (2015). Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. *Agricultural Water Management, 150*, p. 57-66.

Zhang, J., Sun, J., Duan, A., Wang, J., Shen, X., & Liu, X. (2007). Effects of different planting patterns on water use and yield performance of winter wheat in the Huang-Huai-Hai plain of China. *Agricultural Water Management, 92*(1), p. 41-47.

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.20/No.73/Autumn & Winter 2020/P: 129-144

Comparison of Mechanized Wheat Planting Methods in Saline Soil

A. Reshadsedghi*, A. Nasseri and Kh. Mohammadi-Ghermezgoli

*Corresponding Author: Assistant professor, Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tabriz, Iran. Email: a.reshadsedghi@areeo.ac.ir

Received: 31 October 2018, Accepted: 13 February 2019

Abstract

In Iran, salinity is a pervasive issue limiting production of agriculture, so that a large part of the arid and semi-arid regions of the country have saline sodic soils with different levels. Saline soils and waters are among the agricultural resources that can be used for cultivation by using full recognition of problem and proper management. This study was performed to evaluate a special grain drill performance which plants wheat seeds into furrows for semi-arid regions with saline soils conditions in margin of Uremia Lake. The experimental treatments of planting method by the grain drill included, (i) planting into the furrows with 60 cm width and furrow irrigation; (ii) planting into the furrows with 100 cm width and furrow irrigation; and (iii) planting on a flat soil and flood irrigation. Statistical analysis was conducted based on randomized complete block design with three replications. Seed emergence rate, crop performance indices, water consumption, water productivity, and soil salinity distribution after each irrigation practice were measured. According to the results, there was no significant difference between the methods of planting in any of the measured parameters at the 5% probability level. Results also showed that reducing the width of the furrow from 100 to 60 cm caused salinity reduction (about 37 percent) from inside the furrows. The water productivity of the planting into the furrows with 60 cm width was about 40 percent higher than those of other treatments. Therefore, wheat planting method by the grain drill into the furrows with 60 cm width can be recommended in semi-arid regions with saline soils.

Keywords: In-Furrow Planting, Furrow Irrigation, Soil Salinity, Water Productivity