

تعیین حد آستانه و بهترین مدل جذب آب توسط ریشه در مرحله گلدهی گیاه سورگوم

مرجان نوروزی^{۱*}، مهدی قاجار سپانلو^۲، الهام چاوشی^۳^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)^۲ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری^۳ استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

چکیده

به دلیل محدودیت منابع آب شیرین در کشاورزی، استفاده از آب‌های نامتعارف رواج یافته است. لذا به منظور اهمیت کشت سورگوم علوفه‌ای، شرایط اقلیمی حاکم بر استان مازندران مبنی بر وجود تنش شوری و حساسیت اکثر گیاهان به شوری در مرحله گلدهی، این مطالعه با هدف بررسی تعیین حد آستانه گیاه سورگوم در مرحله گلدهی، تحت شوری‌های مختلف آب آبیاری صورت گرفت. آزمایش با رقم اسپیدفید در ۷ تکرار در ستون‌های خاک واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران به اجرا در آمد. تیمارهای شوری شامل آب معمولی (شاهد)، نسبت‌های ۱/۴، ۲/۴، ۳/۴ آب دریا و آب معمولی، آب دریا (بصورت خالص) بود. در این مطالعه، مدل‌های جذب آب توسط ریشه بر داده‌های اندازه‌گیری شده در مرحله گلدهی گیاه سورگوم برازش داده شد و پارامترهای مربوط به هر مدل برآورد شد. نتایج نشان داد که در بین این مدل‌ها، مدل‌های غیرخطی نسبت به مدل‌های خطی ارجحیت داشتند. حد آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم نیز در این مرحله ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد. شیب خط کاهش عملکرد نیز ۴ درصد بر دسی‌زیمنس در متر بدست آمد، که بر این اساس، در مرحله گلدهی، گیاه سورگوم به تنش شوری حساس بوده و جزء گیاهان حساس به تنش شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدل دیرکسن، مدل ماس و هافمن، مدل ون گنوختن و هافمن، مدل همایی

مقدمه

با توجه به محدودیت منابع آب شیرین استفاده از آب‌های با کیفیت کم و نامتعارف رواج یافته است. در ایران نیز یکی از بهترین منابع آب در شمال کشور رودخانه‌های شور حوزه آبریز دریای خزر می‌باشد. باتوجه به شوری کمتر آب دریای خزر نسبت به شوری آب دریاهای آزاد می‌تواند در مواقع لزوم برای استان‌های شمال کشور مورد استفاده قرار بگیرد (دردی‌پور، ۱۳۸۲). بدین منظور باید از گیاهانی در کشاورزی استفاده شود که نسبت به شوری متحمل باشند. از جمله این گیاهان می‌توان به سورگوم اشاره کرد. Amacher و همکاران (۱۹۹۷) آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم را معادل ۴ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نمودند، براساس داده‌های این گزارش در EC معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد این گیاه با ۵۰ درصد افت محصول مواجه می‌شود. در حالی که آستانه تحمل به شوری در گزارشات دیگر ۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر ذکر شده است (Francois و همکاران، ۱۹۸۴). این گیاه بر اساس تقسیم‌بندی گیاهان در مقاومت به تنش شوری، در کلاس نیمه متحمل قرار می‌گیرد (Maas and Hoffman, ۱۹۷۷).

از آنجائی که اعمال مدیریتی بهینه‌ی آب در مناطقی که کیفیت آب آنها چندان مطلوب نیست، نیازمند تجزیه و تحلیل حساسیت گیاه به شوری در هر یک از مراحل رشد است، لذا برآورد مقدار آب جذب شده به وسیله ریشه گیاهان برای پیش‌بینی چگونگی پاسخ محصولات زراعی به کمیت و کیفیت آب آبیاری بسیار مهم است (Huston و همکاران، ۱۹۹۲).

در این زمینه پژوهش‌های پرشماری پیرامون اثر شوری بر گیاهان مختلف انجام شده است، ولی نتایج حاصله عموماً بصورت کمی بیان نشده‌اند (همایی، ۱۳۸۱). لذا مدل‌های شبیه‌سازی جذب آب از آن جهت اهمیت می‌یابند که اگر این مدل‌ها بتوانند جریان آب به سمت ریشه‌ها را به درستی پیش‌بینی کنند، بدون نیاز به اندازه‌گیری‌های صحرایی می‌توان زمان آبیاری برای حداکثر رشد را با استفاده از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب و خاک و پارامترهای مشخص گیاهی تعیین کرد (Green و همکاران، ۲۰۰۶). لذا هدف از این پژوهش ارزیابی مدل‌های جذب آب توسط ریشه در خاک تحت شوری‌های مختلف آب آبیاری در مرحله گلدهی گیاه سورگوم است.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر، با بکارگیری پنج سطح شوری (آب معمولی، نسبت‌های ۱/۴، ۲/۴ و ۳/۴ آب معمولی و آب دریای خزر، آب دریای خزر (بصورت خالص)) و یک رقم سورگوم (اسپیدفید)، با ۷ تکرار (در کل ۳۵ واحد آزمایشی) در ستون‌های خاک واقع شده در شرایط مزرعه در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران اجرا گردید. جدول (۱) و (۲) هدایت الکتریکی آب آبیاری و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ستون‌های آزمایشی قبل از اعمال تیمارها در جدول ۲ ارائه شده است. مواد آلی به روش والکی و بلک اصلاح شده (Chapman and Praff، ۱۹۶۱)، میزان فسفر قابل جذب به روش Olsen و همکاران (۱۹۹۰)، میزان پتاسیم قابل جذب به روش فلیمفتومتری و هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. هدایت الکتریکی نمونه‌های آب آبیاری

تیمارهای آب آبیاری	EC × 10 ⁶ (μs/cm)
آب معمولی	۹۹۵
نسبت ۱/۴ آب دریا و آب معمولی	۴۶۸۰
نسبت ۲/۴ آب دریا و آب معمولی	۸۱۳۰
نسبت ۳/۴ آب دریا و آب معمولی	۱۳۷۱۰
آب دریا	۱۵۹۱۰

جدول ۲. برخی ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی خاک

شن	رس	سیلت	هدایت الکتریکی		فسفر	پتاسیم قابل جذب	ماده آلی (درصد)	وبژگی‌ها	مقدار
			(دسی زیمنس بر متر)	(دسی زیمنس بر متر)					
۲۴/۶	۳۰	۴۵/۴	۲/۰۵	۱۰۲/۶۶	۸/۹۳	۰/۹۲	۶/۸۸	لوم رسی	

این پژوهش با استفاده از خاکی با بافت لوم رسی و ستون‌های پلاستیکی به قطر ۳۰ سانتیمتر و عمق ۶۰ سانتیمتر با زهکش‌هایی در کف آن انجام گرفت. همچنین به ازای میزان خاک پر شده در هر ستون میزان کود مصرفی در مزرعه با توجه به آزمون خاک برای گیاه سورگوم، مقادیر کود اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم نیز به عنوان کود پایه به ازای میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، محاسبه شد و یک روز قبل از کاشت گیاه به هر ستون اضافه گردید. در نهایت در هر ستون نیز ۵ بذر سالم سورگوم کاشته شد و پس از سبز شدن به ۲ بوته سالم تقلیل داده شد. در ضمن به منظور حصول یکنواختی در اعمال شوری، از روش آبیاری قطره‌ای در این تحقیق استفاده گردید. بدین ترتیب که برای هر آبیاری از منبع-های آب با ارتفاع ثابت و مشخص و شیلنگ‌های متصل به آن به صورت قطره‌ای استفاده شد که در فاصله چند سانتیمتری از وسط قاعده ستون‌ها قرار گرفته بودند که به صورت یکنواخت عمل می‌کردند.

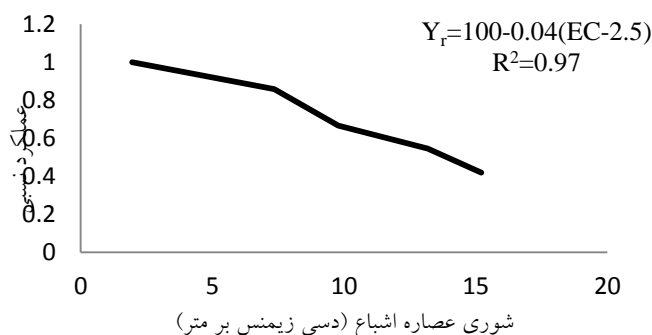
با توجه به حساسیت گیاه سورگوم در مرحله جوانه‌زنی و استقرار از بقیه مراحل رشد به شوری، در این تحقیق پس از کشت سورگوم، آبیاری با آب معمولی انجام شد. سپس از این مرحله به بعد، آبیاری گیاه سورگوم با نسبت‌های مختلف آب دریای خزر و آب معمولی و شوری‌های مختلف که در ستون‌های خاک مدنظر بود تا زمان برداشت این گیاه صورت گرفت.

در نهایت به منظور تعیین حد آستانه کاهش عملکرد گیاه در مرحله گلدهی گیاه سورگوم، عملکرد نسبی با استفاده از مدل‌های Maas and Hoffman (۱۹۷۷)، Van Genuchten and haffman (۱۹۸۴)، Direksen و همکاران (۱۹۹۳) و Homae و همکاران (۲۰۰۲) محاسبه شد. مدل-های یاد شده بر داده‌های عملکرد نسبی به‌دست آمده در مرحله گلدهی گیاه برآزش داده شدند و عملکرد نسبی برآورد شده توسط مدل‌ها با مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر سطوح مختلف شوری رسم و نتایج مدل‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردید.

همچنین مقایسه کمی مدل‌های مورد استفاده نیز با محاسبه‌های آماره‌های بیشینه‌ی خطای نسبی (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، کارایی مدل‌سازی یا راندمان مدل (EF)، ضریب جرم باقی‌مانده (CRM)، ضریب تعیین (CD) برای هر کدام از مدل‌ها نیز انجام شد (Loague and Green، ۱۹۹۱).

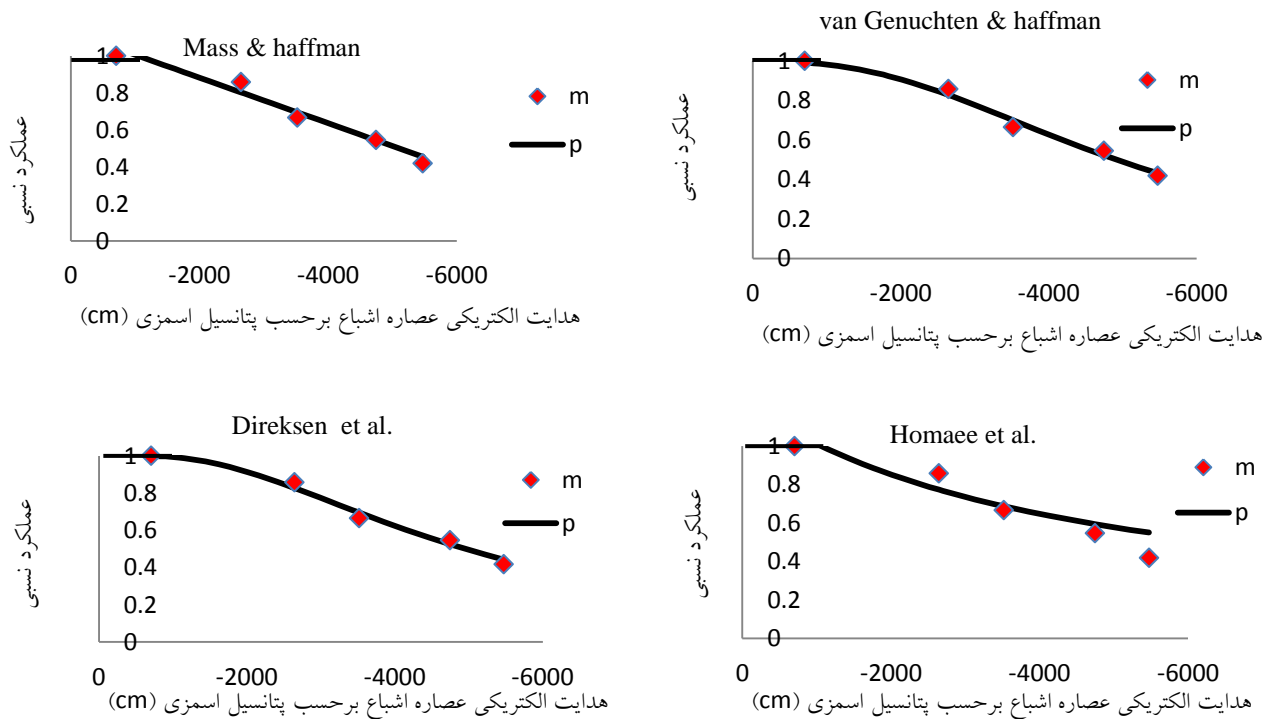
نتایج و بحث

عملکرد نسبی سورگوم در مرحله گلدهی در سطوح مختلف شوری عصاره اشباع خاک در شکل (۱) نشان داده شده است. بر اساس این شکل، عملکرد نسبی گیاه تا شوری حدود ۲/۵ دسی زیمنس بر متر کاهش چندانی نداشته، اما از آن پس، با افزایش شوری، کاهش و در شوری حدود ۱۵ دسی زیمنس بر متر به کمترین مقدار خود رسیده است. حد آستانه تحمل شوری سورگوم، بر اساس Amacher و همکاران (۱۹۹۷) معادل ۴ دسی زیمنس بر متر و Francois و همکاران (۱۹۸۴) ۶/۸ دسی زیمنس بر متر می باشد، حال آنکه پژوهش حاضر نشان داد که آستانه کاهش عملکرد سورگوم در مرحله گلدهی، ۲/۵ دسی زیمنس بر متر است.



شکل ۱- عملکرد نسبی گیاه سورگوم در مرحله گلدهی به عنوان تابعی از شوری عصاره اشباع خاک

شکل (۲) برازش مدل‌ها بر داده‌های اندازه‌گیری شده در مرحله گلدهی را نشان می‌دهد. حروف M و P به ترتیب بیانگر داده‌های اندازه‌گیری شده (Measured) و پیش‌بینی شده توسط مدل (Predicted) می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه کارایی مدل‌های Maas and Hoffman (۱۹۷۷)، Van Genuchten and haffman (۱۹۸۴)، Direksen و همکاران (۱۹۹۳) و Homae و همکاران (۱۹۹۹) در برازش بر داده‌های عملکرد نسبی گیاه سورگوم در مرحله گلدهی به عنوان تابعی از شوری عصاره اشباع خاک

با برآزش مدل‌های مختلف بر داده‌های اندازه‌گیری شده، پارامترهای مختلف هریک از مدل‌ها برآورد شد که نتایج در جدول (۳) ارائه شده است. شیب خط کاهش عملکرد سورگوم در این مرحله ۴ درصد بر دسی‌زیمنس در متر محاسبه شد. بر این اساس، در این مرحله از رشد نیز به عنوان تابعی از شوری عصاره اشباع خاک، گیاه سورگوم به تنش شوری حساس بوده و جزء گیاهان حساس به تنش شوری تقسیم می‌شود. شوری که در آن عملکرد ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (EC_{50})، در مدل‌های ون‌گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) و دیرکسن و همکاران (۱۹۹۳) در واکنش عملکرد به شوری عصاره اشباع به ترتیب ۱۳/۶۷ و ۱۳/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر محاسبه شد. مقدار پارامتر p مدل ون‌گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) و مدل همایی و همکاران (۲۰۰۲) در توابع کاهش عملکرد به ترتیب ۲/۵۳ و ۱/۰۶ و ضریب α در مدل همایی و همکاران (۲۰۰۲)، ۰/۳۹ محاسبه شد.

جدول ۳- پارامترهای مدل‌های $Maas\ and\ Hoffman$ (۱۹۷۷)، $Van\ Genuchten\ and\ haffman$ (۱۹۸۴)، $Direksen$ و همکاران (۱۹۹۳) و $Homaee$ و همکاران (۱۹۹۹) برای برآورد پاسخ گیاه سورگوم به شوری عصاره اشباع خاک در مرحله گلدهی

مقادیر برآورد شده مدل						مقادیر آزمایش						مقادیر منابع				معادلات
EC_p	EC_{50}	EC_{max}	b	α	p	EC_m	EC_{50}	EC_{max}	b	α	p	EC_0	b	EC_{50}	p	
۲/۹۲	-	-	۰/۰۴	-	-	۲/۵۰	-	-	۰/۰۴	-	-	۶/۸	۱۶	-	-	Mass & haffman (1977)
-	۱۳/۶۷	-	-	-	۲/۵۳	۲/۵۰	۱۳/۷۶	-	۰/۰۴	-	۱/۲۲	-	-	۲۳/۸۹	۳	van Genuchten & haffman (1984)
۱/۹۰	۱۳/۷۶	-	-	-	۲/۰۰	۲/۵۰	۱۳/۷۶	-	-	-	۱/۲۲	-	-	-	-	Direksen et al. (1993)
۲/۹۷	-	۱۵/۵۰	-	۰/۳۹	۱/۰۶	۲/۵۰	-	۱۵/۲۰	-	-	۱/۱۹	-	-	-	-	Homaee et al. (1999)

EC_p : آستانه تحمل به شوری برآورد شده توسط مدل برای گیاه سورگوم - EC_m : بیانگر آستانه تحمل به شوری اندازه‌گیری شده گیاه سورگوم - EC_{50} : مقدار شوری که در آن جذب آب به وسیله گیاه به اندازه ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. - EC_{max} : میزان شوری است که بیشتر از این مقدار افزایش شوری نمی‌تواند با همان روند قبلی در مقدار α کاهش ایجاد کند. - b : شیب خط یا مقدار کاهش عملکرد در گیاه - α : تابع کاهش (جذب نسبی آب توسط ریشه گیاه) - P : ضریب تجربی وابسته به گیاه، خاک و اقلیم

جدول ۴- آماره‌های محاسبه شده برای مقایسه مدل‌های برآورد پاسخ گیاه سورگوم به شوری عصاره اشباع خاک در مرحله گلدهی

مدل	R^2	CRM	ME	EF	CD	RMSE
Mass & haffman (1977)	۰/۹۷	۱/۶۶	۰/۰۵	۰/۹۷	۱/۰۳	۳/۵۶
van Genuchten & haffman (1984)	۰/۹۹	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۳	۰/۹۹	۱/۰۰	۲/۰۰
Direksen et al. (1993)	۰/۹۸	-۰/۰۰۰۴	۰/۰۳	۰/۹۸	۰/۹۶	۲/۲۳
Homaee et al. (1999)	۰/۸۹	-۰/۰۰۰۱	۰/۱۳	۰/۸۹	۱/۲۸	۷/۲۰

RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا - CD: ضریب کارایی - EF: راندمان مدل - ME: بیشینه خطای نسبی - CRM: ضریب جرم باقیمانده، - R^2 : ضریب تبیین

همانطور که از شکل (۲) و ضرایب تبیین ارائه شده در جدول (۴) بر می‌آید، مدل‌های غیرخطی نسبت به مدل ساده و خطی ماس و هافمن (۱۹۷۷)، برآزش بهتری بر داده‌های اندازه‌گیری شده دارند. بنابراین برای انتخاب مناسبترین مدل برآوردی در این مرحله، با کمک آماره‌های ذکر شده (۴) بهترین مدل تعیین شد. با توجه به جدول (۲)، کارایی (EF) و خطای ماکزیمم (ME) مدل‌های ون‌گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) و دیرکسن و همکاران (۱۹۹۳) نزدیک بهم بوده است و از طرفی مناسبترین مدل، مدلی است که RMSE کمتری داشته باشد و ضریب تخمین (CD) آن به یک نزدیکتر باشد، بنابراین برای این مرحله در بین مدل‌های غیرخطی، مدل ون‌گنوختن و هافمن (۱۹۸۴) واجد شرایط فوق بوده و مناسبترین مدل شناخته شد. از آنجائیکه مدل دیرکسن و همکاران (۱۹۹۳) دارای پارامترهای کمتری می‌باشد نیز در این مرحله از رشد گیاه می‌توان مورد استفاده قرار داد.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که در مدل‌های جذب آب توسط ریشه گیاه، مدل‌های غیرخطی نسبت به مدل‌های خطی ارجحیت داشتند و از آنجائیکه در بین مدل‌های غیرخطی، مدل ون گنوختن و هافمن RMSE و CD کمتری نسبت به دو مدل غیرخطی دیگر داشت، لذا در این مرحله از رشد گیاه سورگوم، مدل ون گنوختن و هافمن توانست بهترین مدل شناخته شود. حد آستانه تحمل شوری گیاه سورگوم را در برخی منابع معادل ۴ و در برخی دیگر معادل ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است ولی سورگوم نیز همانند اکثر گیاهان زراعی در مراحل مختلف رشد خود نسبت به شوری واکنش‌های متفاوتی دارد، به همین دلیل می‌توان انتظار داشت که این مقادیر آستانه شوری که از تحقیقات قبلی به دست آمده است، به طور کامل نتواند واکنش گیاه را در مقابل شوری برآورد نماید و شوری آستانه کاهش عملکرد سورگوم در هریک از مراحل رشد با دیگر مراحل رشد آن متفاوت باشد، که در این مطالعه حد آستانه تحمل گیاه سورگوم نسبت به شوری در مرحله گلدهی، ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد. لذا پیشنهاد می‌گردد در استفاده از آب‌های شور در آبیاری، حد آستانه تحمل هر گیاه در مرحله جداگانه در نظر گرفته شود تا میزان مناسبتری از شوری در هر مرحله از رشد گیاه استفاده گردد و عملکرد بهتری بدست آید. همچنین در روش آبیاری قطره‌ای با آب شور، چون فاصله آبیاری‌ها کوتاه بوده، لذا محلول خاک که ریشه گیاه، آب و مواد غذایی مورد نیاز خود را از آن دریافت می‌دارد تقریباً در طول دوره رشد گیاه رقیق مانده و غلظت نمک در آن کم است و ضرر کمتری متوجه گیاه خواهد شد، لذا برای گیاهانی که نسبت به شوری مقاومت کمتری دارند می‌تواند روش مناسبی از آبیاری باشد.

منابع

- دودی پور، ا. ۱۳۸۲. بررسی نقش پتاسیم و روی در کاهش اثرات سوء ناشی از آبیاری با آب دریای خزر بر روی رشد و عملکرد جو، پایان نامه دکتری رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- Amacher, K., Koenig, J. R. and Kitchen, B. 1997. Salinity and plant tolerance. Utah State University. Extension Electronic Publishing.
- Chapman, H. D. and Paraff, P. F. 1961. Methods of analysis for soil plant and water. University of California. Division of agricultural science, 29,142-149.
- Dirksen, C., Kool, J. B., Koorevaar, P. and Van Genuchten, M. Th. 1993. HYSWASOR- Simulation model of hysteretic water and solute transport in the root zone. PP.99-122. In: Russo, D. and G. Dagan (Eds.), Water Flow and Solute Transport in Soils Springer Verlag, New York.
- Francois, L.E., Donovan, T.J. and Maas, E.V. 1984. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. Agron. J, 76, 741-744.
- Green S.R., Kirkham, M.B. and Clothier, E. 2006. Root uptake and transpiration: From measurements and models to sustainable irrigation. Agric. Water Manage, 86, 165-176.
- Homaei, M., Driksen, C. and Feddes, R. A., 2002. Simulation of root water uptake I. Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions, J. Agricultural Water Management, 57, 89-109.
- Lacerda, C. F., Cambraria, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A. and Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Rev. Bras. Fisiol. Veg, 49,107-120.
- Loague, K. and Green, R.E. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. Journal of Contaminant Hydrology, 7, 51-73.
- Mass, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation and Drainage. Div. ASCE, 103,115-134.
- Olsen, S.R. and Sommers, L. E. 1990. Phosphorus, In: Page A. L., Method of soil analysis. part 2. and agron monoger., ASA, Madison, WI, 403-431.
- Van Genuchten, M. Th. and Hoffman, G. j. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. PP. 258-271. In I. Shainberg and J. Shalhevet (Eds.), Soil Salinity under Irrigation Process and Management. Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin, New York.



Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Determination of the salinity threshold limit and best model for root water absorption at the flowering stage of the sorghum

Noroozi^{1*}, M., Ghajar Sepanlou², M, Chavoshi³, E.

¹ PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

² Assistant Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

³ Associate Prof., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Sciences and Natural Resources University of Sari, Iran

Abstract

Due to the limitation of fresh water resources in agriculture, has become widespread the use of unconventional water. Therefore, Concerning the importance behind cultivating forage sorghum and the climatic conditions governing Mazandaran province in terms of the existence of salinity stress and sensitivity of most plants to salinity at flowering stage, this study was conducted to determine the threshold of sorghum at the flowering stage, under different saline irrigation water. The experiment was conducted with Spidophyte variety in 7 replications in soil columns located in Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research Center. The salinity treatments included ordinary water (control), proportions of $1/4$, $2/4$, $3/4$ of ordinary water and sea water, sea water (pure). In this study, mathematical models of water absorption by roots were fitted to the measured data at the flowering stage of the sorghum plant and the parameters were estimated for each model. The results showed that non-linear models of linear models were preferred in water absorption models by plant roots. The threshold for sorghum was estimated about 2/5 dS/m. The slope of yield reduction line was 4% per dS/m, according to this, at the flowering stage of the sorghum plant is Sensitive to salinity stress and is one of the plants Sensitive to salinity stress.

Keywords: Direksen model, Maas and Hoffman model, Van Genuchten and haffman model, Homae model

* Corresponding author, Email: nassim_sae@yahoo.com