

مقاله پژوهشی

برآورد برخی ویژگی‌های رشدی و مرتبط با شوری و تعیین حد آستانه تحمل به تنش شوری در گیاه خارمریم (*Silybum marianum* L.)

رستم یزدانی بیوکی^{۱*}، محمدحسین بناکار^۲، حسین بیرامی^۳، مهدی کریمی^۴، ولی سلطانی گردفرامزنی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۱

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل به شوری گیاه دارویی خارمریم آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار به صورت گلدانی در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. تیمار آزمایش شامل ۵ سطح ۴۴٪ (شاهد)، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد که اعمال سطوح شوری به طوری معنی‌داری سبب کاهش تمامی صفات مورد مطالعه شد. به طوری که در خصوص برخی صفات رشدی و مرتبط با عملکرد، افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۸۹ درصد ارتفاع بوته، ۷۹ درصد عملکرد دانه، ۴۶ درصد عملکرد بیولوژیک و ۵۹ درصد در میزان شاخص برداشت گیاه شد. همچنین با افزایش سطح شوری محتوای آب نسبی با کاهش ۹/۸۶ درصد و نشت یونی گیاه با افزایش ۳۸/۵۳ درصد مواجه شدند. عناصر پتاسیم و سدیم اندام هوایی گیاه نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار گرفتند، به طوری که افزایش شوری از شاهد تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر کاهش نسبت پتاسیم به سدیم داشت و سبب کاهش ۶۹ درصدی نسبت پتاسیم به سدیم شد. نتایج نشان داد که حد آستانه تحمل به تنش (عملکرد بذر) برابر با ۰/۱۹ دسی‌زیمنس بر متر و کاهش ۵۰ درصد عملکرد در شوری ۷/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد گیاه خارمریم مقاومت بالایی به شوری ندارد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، سدیم، عملکرد بذر، محتوای آب نسبی، نشت یونی

مقدمه

بیماری‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد (زنگانی و همکاران، ۱۳۹۶). خارمریم از جمله گیاهان دارویی هست که نیاز آبی پایینی دارد و از گیاهان مقاوم به تنش آبی می‌باشد (نورالهی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین بسیاری از مطالعات حاکی از مقاومت این گیاه نسبت به شوری است اما مطالعات در خصوص تعیین آستانه تحمل به شوری این گیاه و بررسی پاسخ آن با آب آبیاری شور محدود می‌باشد. از جمله یزدانی بیوکی و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه تأثیر تنش شوری بر گیاه دارویی خارمریم نشان دادند که بذور این گیاه قادر بودند تا ۳۰۰ میلی‌مولار نمک طعام پتانسیل شوری جوانه بزنند. قوامی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی گلدانی تأثیر سطوح مختلف تنش شوری آب آبیاری (۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) بر اجزای عملکرد دو رقم خارمریم (خودروی اهواز و رقم اصلاحی آلمانی) نشان دادند که افزایش شوری از ۱ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش میزان عملکرد دانه شاخه اصلی حدود ۱۲ درصد و افزایش شوری از ۱ به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش عملکرد دانه شاخه اصلی حدود ۳۰ درصد شد. فرهادی و همکاران (۱۳۹۵) با مطالعه سطوح شوری ۰، ۴، ۶ و ۸- بار (نمک طعام) بر جوانه‌زنی بذر خارمریم نشان دادند که بذور گیاه تا

با توجه به کاهش منابع آبی و همچنین کاهش کیفیت آب موجود و شور شدن بسیاری از اراضی کشور نیاز است تا نسبت به توسعه کاشت گیاهان مقاوم به شوری اقدام شود (رحیمیان، ۱۳۹۶)، لازمه توسعه کاشت گیاهان مقاوم به شوری، تعیین آستانه و عملکرد گیاهان امیدبخش به شوری می‌باشد.

خارمریم (*Silybum marianum*) گیاهی یک یا دو ساله، علفی و از خانواده کاسنی (کمپوزیته) است. به طور عمده بذر این گیاه حاوی مواد مؤثره دارویی بنام سیلی‌مارین می‌باشد (سقلی و همکاران، ۱۳۹۶). این مواد مؤثره در درمان مشکلات کبدی و برخی

۱-۳، ۴- استادیار پژوهشی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۲- مربی پژوهشی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۳- محقق، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: r.yazdani@areeo.ac.ir)

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار انجام گرفت. تیمار آزمایشی شامل اعمال تیمار شوری در ۵ سطح ۴۴٪ (آب شهر)، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. کشت گیاهان در گلدان‌های ۷ کیلوئی (ارتفاع ۲۰/۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر) پس از تهیه بذر آن‌ها در آبان ماه ۱۳۹۸ انجام شد. برای پر نمودن گلدان‌ها از آمیخته خاک (دوسوم) (جدول ۱) و به مقدار مساوی ترکیب ماسه و کود (یک‌سوم) استفاده شد.

جدول ۱- شوری و بافت خاک مورد استفاده در آزمایش

رس	سیلت	شن	هدایت الکتریکی
			(dS.m)
۲۳/۵۰	۲۶/۰۰	۵۰/۵۰	۴/۵۰

تیمارهای شوری از طریق رقیق‌سازی آب بسیار شور تهیه شده از منطقه اطراف اردکان با آب شرب تهیه شد (جدول ۲). تیمارهای شوری بعد از سبز شدن گیاه تا زمان اتمام فصل رشد گیاه (۸ ماه) اعمال شد. جهت کنترل میزان شوری خاک، در هر نوبت آبیاری با اندازه‌گیری حجم آب ورودی و خروجی میزان زهکش هر گلدان را تقریباً به اندازه ۳۰ درصد رسانده شد و توسط قیف‌ها به شیشه هدایت و جمع‌آوری و بعد با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. گیاهان در تاریخ ۱۳ اردیبهشت ۱۳۹۹ هم‌زمان با رسیدگی بذرها، برداشت شدند.

۶- بار را تحمل می‌کند، اما سطوح بالای شوری (۸- بار) یکنواختی جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش ویژگی‌های جوانه‌زنی با افزایش شوری از تیمار شاهد تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (نمک طعام) بر اکوتیپ‌های خارمریم گزارش شده است (Hammami et al., 2020). همچنین مطالعات تأثیر شوری ۰، ۱۵ و ۲۵۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم بر ویژگی‌های جوانه‌زنی خارمریم حاکی از کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه بود (Masoumi Zavariyan, 2015). همچنین مطالعه تأثیر سطوح شوری ۰، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بر ویژگی‌های رشد خارمریم حاکی از کاهش ارتفاع گیاه و بیومس گیاه بود (Safikhan et al., 2018).

در مطالعات موجود علاوه بر اینکه تعیین حد‌آستانه تحمل به شوری این گیاه مطرح نشده است، بررسی پاسخ گیاه به شوری آب آبیاری نیز در مرحله رشدی مورد مطالعه قرار نگرفته است، و عمدتاً به مرحله جوانه‌زنی اکتفا شده است، لذا هدف از انجام پژوهش حاضر ضمن بررسی سطوح شوری حاصل از آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های عملکرد و مرتبط با شوری گیاه دارویی خارمریم، تعیین آستانه تحمل به شوری این گیاه نیز بود.

مواد و روش

به منظور ارزیابی تحمل به شوری گیاه دارویی خارمریم پژوهش حاضر به صورت گلدانی در مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

نسبت جذب سدیم	SO ₄ ²⁻ (meq l ⁻¹)	Cl ⁻ (meq l ⁻¹)	K ⁺ (meq l ⁻¹)	Na ⁺ (meq l ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (meq l ⁻¹)	CO ₃ ²⁻ (meq l ⁻¹)	Mg ²⁺ (meq l ⁻¹)	Ca ²⁺ (meq l ⁻¹)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	تیمار
۲۸/۸۳	۷/۸۲	۸۶/۴۸	۰/۲۱	۸۰/۷۳	۲/۷۷	۰	۱۲/۸۸	۳/۲۶	۸/۰۰	۱۰	منبع آب شور رقیق شده $\frac{1}{50}$

پذیری غشاء ابتدا نیم گرم بافت گیاه را پس از شستشو با آب مقطر در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در قوطی‌های فیلم استریل شده در دمای اتاق به مدت دو ساعت شناور کرده و در پایان دو ساعت، هدایت الکتریکی آب توسط EC متر در دمای اتاق سنجیده شد. سپس نمونه‌ها به آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد منتقل خواهد شد و به مدت ۲۰ دقیقه در این شرایط قرار گرفت. پس از خشک شدن نمونه‌ها، مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها را اندازه گرفته و از رابطه ۱ نشت‌پذیری غشا بر حسب درصد اندازه‌گیری شد:

ویژگی‌های کمی مانند ارتفاع (برحسب سانتی‌متر و با استفاده از خط کش)، سطح برگ (با استفاده از دستگاه Windias 3)، وزن خشک اندام هوایی (نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شد و بعد از آن وزن خشک توسط ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد) مورد مطالعه قرار گرفت. صفات مرتبط با عملکرد از جمله قطر گل آذین (با استفاده از کولیس)، وزن گل آذین (توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱) و وزن دانه (با استفاده از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱) تعیین شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) به روش ریچی و ریچی (Ritchi and Nguyen, 1990) جهت تعیین نشت

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری بر برخی صفات مورد مطالعه در گیاه خار مریم (*Silybum marianum* L.)

منابع تغییرات	تیمارهای شوری		ضریب تغییرات
	خطا (۱۰)	(۴)	
ارتفاع بوته	۵/۹۸	۴۹۴/۷۰**	۱۲/۸۵
سطح برگ	۲۳۴/۱۹	۱۴۹۵۸/۰۷**	۱۷/۹۷
وزن خشک اندام هوایی	۰/۰۰	۰/۲۹**	۶/۳۱
قطر گل آذین	۰/۳۶	۲/۴۴**	۱۸/۵۱
وزن گل آذین	۰/۰۲	۰/۳۵**	۱۵/۷۹
تعداد گل آذین	۰/۰۳	۰/۱۴*	۱۵/۳۱
تعداد بذر در گل آذین	۱۲/۷۰	۷۳/۴۹*	۲۰/۴۲
وزن دانه در گل آذین	۰/۰۰	۰/۰۴**	۱۹/۶۳
وزن هزار دانه	۲/۱۴	۲۲/۸۱**	۸/۶۱
عملکرد دانه	۰/۰۰	۰/۱۰**	۱۵/۱۰
عملکرد بیولوژیک	۰/۰۳	۱/۱۰**	۷/۶۷
شاخص برداشت	۵/۰۳	۵۶/۵۰**	۱۶/۱۱
محتوای نسبی آب	۹/۰۱	۳۰۵۱/۹۷**	۵/۲۵
نشت یونی	۸۰/۲۳	۴۹۵۸/۶۷**	۱۳/۲۰
پتاسیم	۰/۱۴	۰/۶۲**	۱۳/۵۵
سدیم	۰/۷۸	۳۶/۸۶**	۸/۶۶
نسبت پتاسیم به سدیم	۰/۰۰	۰/۰۷**	۱۲/۶۸

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری

سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اعمال سطوح مختلف شوری سبب تأثیر معنی‌دار بر تمامی صفات مورد مطالعه شد (جدول ۳).

ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی

نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که بالاترین ارتفاع در گیاهان تحت تیمار آب شهر مشاهده شد و افزایش شوری از تیمار شاهد به شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۸۹ درصد در ارتفاع گیاه شد (جدول ۴). صفی‌خان و همکاران با مطالعه تأثیر سطوح شوری ۰، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بر ویژگی‌های رشد خارمریم نشان داد که ارتفاع گیاه با افزایش شوری از ۰ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حدود ۳۸ درصد کاهش یافت (Safikhan et al., 2018). در پژوهش حاضر کاهش ارتفاع گیاه با افزایش تنش شوری می‌تواند به سبب کاهش جذب آب (Bybordi and Tabatabaei, 2009) و همچنین به سبب نقش جذب عناصر مرتبط با شوری مانند سدیم در کاهش جذب آب نسبت داد (جدول ۴).

رابطه ۱ $100 \times (E1/E2) =$ نشت پذیری غشا سلولی

E1: هدایت الکتریکی آب قبل از آون

E2: هدایت الکتریکی آب بعد از آون

همچنین برای اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم عصاره نمونه‌ها توسط هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک اقدام شد (Chapman and Pratt, 1961; Waling et al., 1989).

جهت تعیین آستانه تحمل به تنش شوری و کاهش ۵۰ درصد عملکرد از مدل موس-هافمن استفاده شد. همچنین جهت تعیین شاخص تحمل به تنش شوری (STI) از رابطه ۲ استفاده شد (آنالقی، ۱۳۸۷):

$$\text{رابطه ۲: } STI^1 = eC50 + (S \times eC50)$$

eC50 = میزان شوری که در آن ۵۰ درصد عملکرد کاهش می‌یابد.

$$S = \text{میزان شیب معادله}$$

تجزیه واریانس داده‌ها و تعیین اعداد مربوط به حد آستانه و ضریب تحمل به شوری با استفاده از نرم‌افزار آماری Ver. 9.2 SAS محاسبه شد، همچنین مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات رشدی، عملکرد و فیزیولوژیکی مورد مطالعه در گیاه خارمریم (*Silybum marianum* L.)

تیمارهای شوری (دسی زیمنس بر متر)					صفات مورد آزمایش
۱۲	۹	۶	۳	۰/۴۴	
۳/۷۵ ^c	۱۰/۸۸ ^d	۱۸/۹۱ ^c	۲۴/۳۰ ^b	۳۷/۲۵ ^a *	ارتفاع بوته (سانتی متر)
**	۴۸/۲۵ ^c	۷۲/۴۸ ^c	۱۱۶/۳۳ ^b	۱۸۶/۱۴ ^a	سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته)
۱/۱۴ ^c	۱/۳۸ ^b	۱/۵۲ ^b	۱/۸۴ ^a	۱/۸۸ ^a	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)
۱/۹۱ ^c	۲/۹۱ ^{bc}	۳/۵۸ ^{ab}	۳/۶۸ ^{ab}	۴/۲۸ ^a	قطر گل آذین (سانتی متر)
۰/۵۹ ^d	۰/۸۳ ^{cd}	۰/۹۵ ^{bc}	۱/۱۸ ^{ab}	۱/۳۵ ^a	وزن گل آذین (گرم در بوته)
۱/۰۰ ^c	۱/۱۶ ^{bc}	۱/۰۰ ^c	۱/۳۳ ^{ab}	۱/۵۰ ^a	تعداد گل آذین در بوته
۱۱/۲۵ ^b	۱۲/۸۸ ^b	۲۱/۱۶ ^a	۲۰/۷۳ ^a	۲۱/۲۲ ^a	تعداد بذر در گل آذین
۰/۱۳ ^b	۰/۲۲ ^b	۰/۳۸ ^a	۰/۳۷ ^a	۰/۴۰ ^a	وزن دانه در گل آذین (گرم)
۱۲/۳۳ ^b	۱۷/۲۱ ^a	۱۸/۴۳ ^a	۱۷/۸۱ ^a	۱۹/۲۳ ^a	وزن هزار دانه (گرم)
۰/۱۳ ^d	۰/۲۶ ^c	۰/۳۸ ^b	۰/۴۷ ^b	۰/۶۱ ^a	عملکرد دانه (گرم در بوته)
۱/۷۳ ^c	۲/۲۲ ^b	۲/۴۸ ^b	۳/۰۳ ^a	۳/۲۳ ^a	عملکرد بیولوژیکی (گرم در بوته)
۷/۶۹ ^b	۱۱/۵۹ ^b	۱۵/۷۳ ^a	۱۵/۶۹ ^a	۱۸/۹۰ ^a	شاخص برداشت (درصد)
**	۶۴/۸۵ ^b	۷۰/۵۱ ^a	۷۳/۲۱ ^a	۷۴/۷۱ ^a	محتوای نسبی آب (درصد)
**	۹۶/۴۶ ^a	۹۲/۳۷ ^a	۹۰/۰۰ ^a	۵۷/۹۳ ^b	نشت یونی (درصد)
۲/۴۱ ^b	۲/۴۱ ^b	۲/۸۳ ^{ab}	۳/۵۲ ^a	۲/۸۰ ^b	پتاسیم (درصد)
۱۳/۹۸ ^a	۱۲/۸۹ ^a	۹/۹۴ ^b	۹/۴۰ ^b	۵/۰۱ ^c	سدیم (درصد)
۰/۱۷ ^d	۰/۱۸ ^d	۰/۲۸ ^c	۰/۳۷ ^b	۰/۵۵ ^a	نسبت پتاسیم به سدیم

* حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۵٪ است. ** با توجه به اینکه در زمان برداشت در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر گیاه فاقد سطح سبز بود لذا مقادیر این صفات در این شوری فاقد داده بود.

افزایش شوری سبب کاهش معنی داری در سطح برگ گیاه شد، به طوری که افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۹ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۷۴ درصدی در سطح برگ گیاه شد (جدول ۴). گیاهان تحت تیمار ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر با اختلاف ۲۴/۲۳ سانتی متر مربع سطح برگ در بوته از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۴). کم شدن سطح برگ یکی از نخستین پاسخ‌های مورفولوژیک گیاه در مقابل تنش شوری می‌باشد و به نظر می‌رسد گیاه با این روش آب را در بافت‌های خود نگه می‌دارد (مردانی و همکاران، ۱۳۸۹). سایر مطالعات بر خار مریم نیز حاکی از کاهش معنی دار سطح برگ با افزایش تنش شوری بود (Said-Alahl and Omer, 2011).

همچنین تنش شوری سبب کاهش معنی دار وزن خشک اندام هوایی گیاه (برگ و ساقه) شد، و بالاترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به گیاهان تیمار شده با آب شهر و شوری ۳ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۴). افزایش شوری از تیمار ۰/۴۴ دسی زیمنس بر متر تا شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۳۹ درصد در وزن خشک اندام هوایی گیاه شد (جدول ۴). مطالعات صفی خان و همکاران بر خارمریم نشان داد که افزایش شوری از شاهد تا ۱۲ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش بیومس گیاه به میزان ۶۸ درصد شد

عملکرد و اجزای عملکرد

افزایش شوری سبب کاهش قطر گل آذین شد، به طوری که افزایش شوری از شاهد تا شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۲/۳۷ سانتی متر در قطر گل آذین گیاه شد (جدول ۴). با این وجود گیاهان تحت تیمار ۰، ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر و همچنین گیاهان

مطابق با پژوهش حاضر قوامی و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه تأثیر سطوح تنش شوری شاهد، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بر اجزای عملکرد خارمریم گزارش کردند که با افزایش شوری تا سطوح ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر صفات رشدی نظیر تعداد گل‌آذین در بوته، قطر گل‌آذین و عملکرد بذر و اجزای عملکرد کاهش یافت و علت آن را ضمن افزایش نسبت تعرق به جذب آب در مرحله تشکیل دانه، کاهش میزان مواد فتوسنتزی قابل انتقال به دانه، کاهش کارایی فتوسنتزی و اندازه دانه به عنوان مخزن فیزیولوژیکی و کاهش وزن هزار دانه بیان کردند.

به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر کاهش عملکرد و اجزای عملکرد به سبب تجمع و افزایش نمک در برگ‌ها نسبت داد که سبب پیری زودرس، کم شدن ذخیره فتوسنتزی و ریزش برگ‌ها شده و بالطبع برگ‌ها جهت حفظ بقای خود، آب مورد نیاز خود را از ساقه و دم‌برگ می‌گیرند و در نتیجه شوری باعث کاهش شکل‌گیری و رشد گل‌آذین شده و میزان دانه‌بندی و تعداد دانه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Arshi et al., 2002).

ویژگی‌های فیزیولوژیکی (محتوای نسبی آب و نشت یونی)

شوری سبب کاهش محتوای نسبی آب گیاه شد، به طوری که بالاترین محتوای نسبی مربوط به تیمار شاهد و پایین‌ترین آن با کاهش ۹/۸۶ درصد در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۴). همچنین میزان نشت یونی با افزایش شوری افزایش یافت و گیاهان تحت تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ۳۸/۵۳ درصد نشت یونی بیشتری نسبت به شاهد برخوردار بودند (جدول ۴).

مشابه با نتایج پژوهش حاضر، حسینی و همکاران (۱۳۹۵) با مطالعه تغییرات فیتوشیمیایی و صفات مرفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن باغی تحت سطوح تنش شوری ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار گزارش کردند که شوری تأثیر معنی‌داری بر نشت الکترولیتی غشا و محتوای آب نسبی برگ داشت و افزایش سطوح تنش سبب افزایش نشت یونی و کاهش محتوای آب نسبی برگ شد.

نشت یونی از جمله ویژگی‌های فیزیولوژیکی است که تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد و اندازه‌گیری مقدار نشت یونی شاخص خوبی جهت برآورد میزان آسیب اکسیداتیو وارد شده به غشا می‌باشد (Dkhal and Denden, 2012). به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر افزایش نشت یونی عاملی از آسیب غشاها و کاهش پایداری غشاها می‌باشد که به سبب تنش اکسیداتیو ناشی از شوری باشد.

عناصر پتاسیم و سدیم

نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش معنی‌داری پتاسیم موجود در اندام هوایی گیاه (ساقه و برگ) شد، همچنین تفاوت

تیمار شده با شوری ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری بر قطر گل‌آذین گیاه نداشتند (جدول ۴).

با افزایش شوری وزن گل‌آذین به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که بالاترین وزن گل‌آذین مربوط به گیاهان تحت تیمار شاهد بودند و کمترین آن در گیاهان تیمار شده با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۴). افزایش شوری از تیمار شاهد تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۵۶ درصد (۰/۷۶ گرم در بوته) وزن گل‌آذین شد (جدول ۴).

افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۳۳ درصدی در تعداد گل‌آذین در بوته شد (جدول ۴). همچنین افزایش شوری از شاهد تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۹/۹۷ عدد بذر در گل‌آذین گیاه شد، به طوری که بالاترین تعداد بذر در گل‌آذین در تیمار شاهد و پایین‌ترین آن در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۴). کاهش تعداد بذر در گل‌آذین تا شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت همچنین گیاهان تیمار شده با شوری ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که افزایش شوری سبب کاهش وزن دانه در گل‌آذین گیاه شد، به طوری که گیاهان تحت تیمار شاهد نسبت به گیاهان تیمار شده با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ۰/۲۷ گرم دانه در گل‌آذین بیشتری داشتند (جدول ۴). وزن دانه در گل‌آذین گیاهان تحت تیمار ۰/۴۴، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، همچنین شوری ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تأثیری معنی‌داری بر وزن دانه در گل‌آذین نداشتند (جدول ۴).

افزایش شوری از ۰/۴۴ دسی‌زیمنس بر متر تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۳۶ درصد در وزن هزار دانه شد (جدول ۴). مقادیر وزن هزار دانه در سطوح شاهد، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود (جدول ۴). عملکرد دانه گیاه نیز مانند سایر صفات مورد مطالعه با افزایش شوری کاهش یافت، به طوری که بالاترین عملکرد دانه در تیمار شاهد و کمترین آن با کاهش ۷۹ درصد نسبت به تیمار شاهد در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۴). گیاهان تحت تیمار شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه با یکدیگر نداشتند (جدول ۴).

عملکرد بیولوژیک که شامل تمامی اجزای هوایی گیاه اعم از وزن خشک برگ، ساقه و گل‌آذین گیاه بود به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار گرفت و با افزایش شوری کاهش یافت (جدول ۴). به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک با اختلاف ۴۶ درصد به ترتیب در تیمار شاهد و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۴). شاخص برداشت گیاه نیز با افزایش شوری کاهش یافت و گیاهان تحت تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با کاهش ۱۱/۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد پایین‌ترین شاخص برداشت را داشت (جدول ۴).

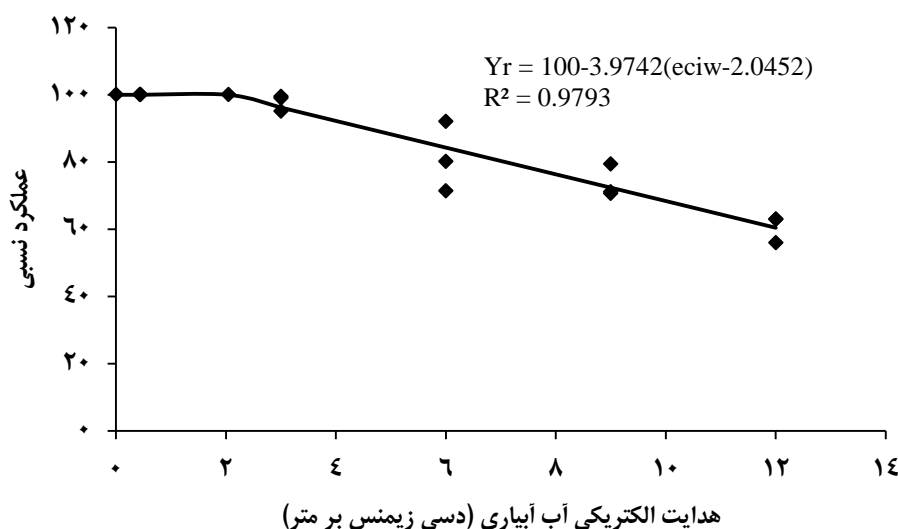
خوبی برای برآورد مقاومت به شوری باشد (هراتی و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه حاضر کاهش رشد گیاه با افزایش شوری می‌تواند به سبب تجمع یون‌های سدیم و کاهش جذب پتاسیم و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی محیط کشت و لذا عدم توانایی گیاه در جذب آب در این شرایط باشد (Jamil et al., 2006).

آستانه تحمل به شوری بر اساس عملکرد ماده خشک اندام هوایی

حد آستانه شوری گیاه بر اساس شوری آب آبیاری و برای ماده خشک اندام هوایی معادل ۲/۰۴ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۱). همچنین شیب کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۳/۹۷ درصد بود (شکل ۱). بر اساس نتایج به دست آمده میزان شوری آب آبیاری که سبب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی و عملکرد صفر شد به ترتیب برابر با ۱۵/۳۰ و ۲۷/۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۱). مقدار شاخص تحمل به شوری (ST-index) که از رابطه ۲ برآورد شد معادل ۱۵/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر بود.

معنی‌داری در مقدار پتاسیم گیاهان تحت تیمار ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد (جدول ۴). مقدار سدیم موجود در اندام هوایی با افزایش شوری به طوری معنی‌داری افزایش یافت، به طوری که گیاهان تیمار شده با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش ۸/۹۷ درصد نسبت به گیاهان شاهد از بالاترین مقدار عنصر سدیم برخوردار بودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که افزایش شوری تأثیر معنی‌داری بر کاهش نسبت پتاسیم به سدیم داشت، به طوری که گیاهان تحت تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با کاهش ۶۹ درصدی نسبت به تیمار ۰/۴۴ دسی‌زیمنس بر متر پایین‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم را داشت (جدول ۴).

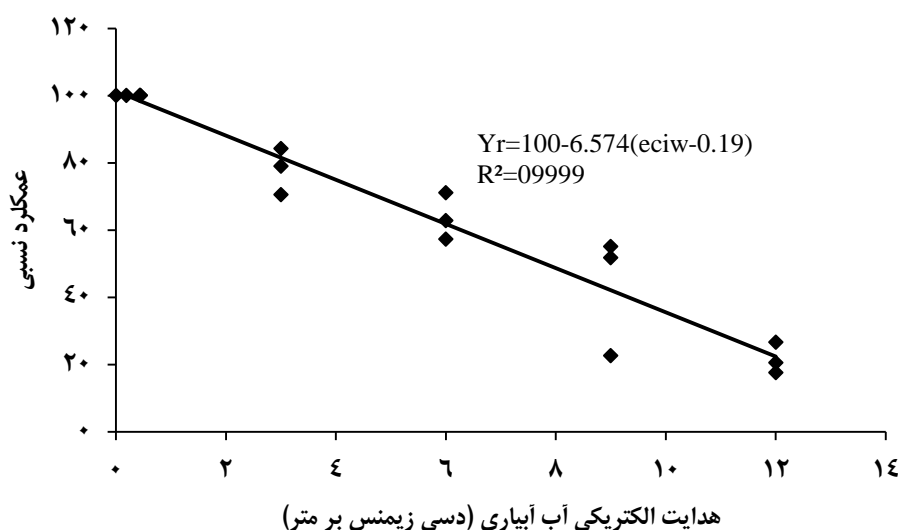
مطابق با پژوهش حاضر کاهش درصد پتاسیم و افزایش میزان سدیم با افزایش تنش شوری در سایر مطالعات مانند تأثیر شوری بر گیاه دارویی آویشن نیز گزارش شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش رشد و عملکرد وابسته به غلظت نمک می‌باشد، هر اندازه غلظت نمک بیشتر باشد، کاهش رشد بیشتر است و سرعت توسعه برگ تحت تأثیر مقدار سدیم قرار می‌گیرد و می‌تواند شاخص



شکل ۱- واکنش عملکرد نسبی اندام هوایی خارمریم به تنش شوری بر اساس مدل ماس-هافمن

که سبب کاهش عملکرد به میزان ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد شد به ترتیب برابر ۷/۲۱ و ۱۵/۴۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۲). میزان شاخص تحمل به شوری (ST-index) برابر با ۷/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (رابطه ۲).

حد آستانه تحمل به شوری بر اساس عملکرد بذر
حد آستانه تحمل به شوری (بر اساس شوری آب آبیاری) و شیب خط خارمریم بر اساس عملکرد بذر گیاه به ترتیب برابر با ۰/۱۹ دسی‌زیمنس بر متر و ۶/۵۷ درصد برآورد شد (شکل ۲). مقدار شوری



شکل ۲- واکنش عملکرد نسبی بذر خارمریم به تنش شوری بر اساس مدل ماس-هافمن

مراحل نمو و عملکرد مورد بررسی قرار گیرد، باتوجه به اینکه عملکرد اقتصادی گیاه خارمریم عملکرد بذر می‌باشد، در پژوهش حاضر با توجه حد آستانه بسیار پایین گیاه (۰/۱۹ دسی‌زیمنس بر متر) و همچنین کاهش ۵۰ درصد عملکرد بذر در شوری ۷/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری، به نظر می‌رسد گیاه خارمریم نمی‌تواند جزو گیاهان مقاوم به شوری طبقه‌بندی گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که صفات رشدی و مرتبط با عملکرد گیاه خارمریم با افزایش شوری به طوری معنی‌داری کاهش یافتند، به طوری که این کاهش در صفاتی همچون ارتفاع، سطح برگ، عملکرد دانه حتی تا شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری قابل مشاهده بود، علاوه بر این شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش محتوای نسبی آب و کاهش میزان پتاسیم و افزایش نشت یونی و درصد سدیم گیاه شد. همچنین با توجه به اینکه حد آستانه تحمل به شوری گیاه خارمریم برابر با ۰/۱۹ دسی‌زیمنس بر متر (آب آبیاری) حاصل شد، به نظر می‌رسد گیاه دارویی خارمریم نمی‌تواند از جمله گیاهان مقاوم به شوری باشد، هر چند که کاهش ۵۰ درصدی عملکرد بذر در شوری ۷/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری می‌تواند گیاه خارمریم را جهت کاشت با آب آبیاری ۷ دسی‌زیمنس بر متر که برای سایر محصولات مناسب نباشد، جهت فعالیت تحقیقاتی و بررسی واکنش گیاه در جهت کاشت جایگزین پیشنهاد نمود.

محاسبه آستانه تحمل به تنش شوری طبق مدل ماس و هافمن در خصوص گیاهان دارویی به طور مشخص گزارش نشده است و بسیاری از مطالعات مربوط به گیاهان زراعی از جمله گندم، جو، کلزا و پنبه (آنقلی و طباطبایی، ۱۳۹۸) و باغی از جمله انار (مومن پور و همکاران، ۱۳۹۹) انجام شده است. در خصوص گیاهان دارویی عمده مطالعات بر تعیین میزان مقاومت گیاه به شوری در مرحله جوانه‌زنی می‌باشد، از جمله قادری فر و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه سطوح شوری صفر، ۵/۵۶، ۱۱/۱۱، ۱۶/۶۷، ۲۲/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله جوانه‌زنی جهت تعیین آستانه تحمل به شوری در شش گیاه دارویی سیاهدانه، خارمریم، رازیانه، کتان، آرتیشو و گلرنگ گزارش کردند که آستانه تحمل به شوری برای درصد جوانه‌زنی در گیاهان آرتیشو، خارمریم، رازیانه و سیاهدانه به ترتیب ۴/۰، ۳/۳، ۱۰/۶ و ۱۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود و در نهایت آن‌ها گیاهان گلرنگ و کتان را جزو گیاه مقاوم به شوری، رازیانه و سیاهدانه را جزو گیاهان نیمه مقاوم به شوری و گیاهان آرتیشو و خارمریم را حساس به شوری طبقه‌بندی نمودند، هر چند که این تفکیک بر اساس میزان جوانه‌زنی گیاهان بود و نمی‌تواند به عنوان شاخصی برای سایر مراحل گیاه در نظر گرفت. همچنین در مطالعات جوادی و همکاران (۱۳۹۳) با تأثیر شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه چهار گونه گیاه دارویی سیاهدانه، شاهدانه، شنبلیله و کنگرفرنگی نشان دادند که در بین چهار گونه مورد بررسی، شنبلیله و شاهدانه تحمل نسبتاً مطلوبی به سطوح بالای شوری در مرحله جوانه‌زنی دارند و سیاهدانه را جزو گیاهان حساس به شوری در مرحله جوانه‌زنی گزارش کردند. بر اساس مطالعات موجود به نظر می‌رسد تعیین حد آستانه تحمل به تنش گیاهان دارویی در مرحله جوانه‌زنی بوده است و نیاز است که حد آستانه تحمل به تنش در

منابع

- مردانی، ح.، بیات، ح. و عزیز، م. ۱۳۸۹. تأثیر محلولپاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانه‌های خیار (*Cucumis Sativus* cv. Super Dominus). تحت شرایط خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵ (۳): ۳۲۶-۳۲۰.
- مومن‌پور، ع.، دهستانی اردکانی، م.، سلطانی گردفرامرزی، و.، راد، م.، وظیفه‌شناس، م.ر.، آنالقی، ا.، احمدی، ف. و جماعتی، ز. ۱۳۹۹. تعیین آستانه تحمل شوری ژنوتیپ‌های مختلف انار. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۴ (۱): ۱-۱۴.
- نورالهی، م.، حسن‌لی، ع.م.، قنبریان، غ.ع. و تقوایی، م. ۱۳۹۵. برآورد ضریب گیاهی (Kc) گیاهان دارویی رزماری، اسطوخودوس و خارمریم با استفاده از بیان آبی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰ (۱): ۱۱۷-۱۲۷.
- هراتی، ا.، کاشفی، ب. و متینی‌زاده، م. ۱۳۹۵. بررسی کاهش اثرات سو تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آویشن دناهی (*Thymus daenensis* Celak.) از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک. فناوری تولیدات گیاهی. ۱۶ (۲): ۱۱۱-۱۲۵.
- یزدانی‌بیوکی، ر.، رضوانی‌مقدم، پ.، خزاعی، ح.ر.، قربانی، ر. و آستارایی، ع. ۱۳۸۹. اثرات تنش‌های شوری و خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر خارمریم. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۸ (۱): ۱۲-۱۹.
- Arshi, A., Abdin, M.Z., and Iqbal, M. 2002. Growth and metabolism of senna as affected by salt stress. *Biologia Plantarum* 45(2): 295-298.
- Bybordi, A., and Tabatabaei, J. 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37(2): 71-76.
- Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University of California, Division of Agricultural Science.
- Dkhil, B.B., and Denden, M. 2012. Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. *American Journal of Plant Physiology* 7: 174- 83.
- Hammami, H., Saadatian, B., and Hosseini, S.A.H. 2020. Geographical variation in seed germination and biochemical response of milk thistle (*Silybum marianum*) ecotypes exposed to osmotic and salinity stresses. *Industrial Crops and Products* 152: 1-12.
- Jamil, M., Deog Bal, L., Kwang Yong, J., ASHRAF, M., Sheong Chun, L., and Eui Shik, R. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Journal*
- آنالقی، ا. ۱۳۸۷. شاخص‌های تحمل به شوری در سه رقم زراعی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵ (۳): ۹۰-۹۷.
- آنالقی، ا. و طباطبائی، س.ع. ۱۳۹۸. شاخص‌های تحمل به شوری ارقام جو، پنبه، کلزا و سورگم علوفه‌ای در یزد. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۳۳ (۱): ۴۵-۶۰.
- جوادی، ح.، ثقه‌الاسلامی، م.ج. و موسوی، س.غ.ر. ۱۳۹۳. بررسی اثر شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه چهار گونه گیاه دارویی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲ (۱): ۵۳-۶۴.
- حسینی، ح.، موسوی‌فرد، ص.، فاتحی، ف. و قادری، ا. ۱۳۹۵. تغییرات فیتوشیمیایی و صفات مرفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L. cv Varico3) تحت تنش شوری. فصلنامه گیاهان دارویی. ۱۶ (۱): ۲۲-۳۳.
- رحیمیان، م.ح. ۱۳۹۶. تدوین سند بهره‌وری آب کشاورزی در استان یزد، گزارش علمی فنی، مرکز ملی تحقیقات شوری، ۱۲۹ص.
- زنگانی، ا.، زهتاب سلماسی، س.، عندلیبی، ب. و زمانی، ع. ۱۳۹۶. اثرات کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید در افزایش تحمل به خشکی در دو ژنوتیپ خارمریم (*Silybum marianum* L.). دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۳ (۴): ۶۳۶-۶۴۸.
- سقلی، ع.، فرخاری، م.، صلواتی، ا.، عالمی سعید، خ. و ابدالی مشهدی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های گیاه دارویی خارمریم (*Silybum marianum* L.) با استفاده از اجزا عملکرد، صفات مرفولوژیک و فنولوژیک. دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۳ (۶): ۹۹۰-۱۰۰۲.
- فرهادی، ن.، استاجی، ا. و علیزاده سالد، س. ۱۳۹۵. اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی خارمریم (*Silybum marianum* cv. Budakalazi) در شرایط تنش شوری و خشکی. مجله پژوهش‌های بذر ایران. ۳ (۱): ۷۵-۸۴.
- قادری فر، ف.، اکبرپور، و.، خاوری، ف. و احتشام‌نیا، ع. ۱۳۹۰. تعیین آستانه تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی در شش گیاه دارویی. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۸ (۴): ۱۵-۲۴.
- قوامی، ن.، نقدی، ح.ع.، رامین، ع.ا. و مهرآفرین، ع. ۱۳۹۰. تأثیر تنش شوری بر اجزای عملکرد و روغن بذر خارمریم (*Silybum marianum* L.). Gaertn. فصل‌نامه‌ی داروهای گیاهی. ۲ (۲): ۸۹-۹۳.

Nutrition 30: 2037-2050.

Safikhan, S., Chaichi, M.R., Khoshbakht, K., Amini, A., and Motesharezadeh, B. 2018. Application of nanomaterial graphene oxide on biochemical traits of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) under salinity stress. Australian Journal of Crop Science 12(6): 931-936.

Said-Alahl, H.A.H., and Omer, E.A. 2011. Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review, Herba Polonica 57(1): 72-86.

Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., and Vander Lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University.

of Central European Agriculture 7: 273-282.

Masoumi Zavariyan, A., Yousefi Rad, M., and Asghari, M. 2015. Effect of seed priming by potassium nitrate on germination and biochemical indices in *Silybum marianum* L. under salinity stress. International Journal of Life Sciences 9(1): 23-29.

Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

Saadatmand, A., Banihashemi, Z., Maftoun, M., and Sepaskhah, A. 2007. Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. Journal of Plant

Estimation of some Salinity-related Growth Characteristics and Evaluation of Salinity Tolerance Threshold of Milk Thistle (*Silybum marianum* L.)

R. Yazdani-Biouki^{1*}, M.H. Banakar², H. Beyrami³, M. Karimi⁴, V. Soltani-Gerdfaramarzi⁵

Recived: Sep.06, 2020

Accepted: Dec.01, 2020

Abstract

To evaluate the salinity tolerance of Milk thistle, an investigation was conducted in a completely randomized design with 3 replications in a pot in the greenhouse of the National Salinity Research Center. Experimental treatment includes 5 levels 0.44 (control), 3, 6, 9 and 12 dS/m. The results showed that the application of salinity levels significantly reduced all the studied traits. Regarding some growth and yield-related traits, increasing salinity from control to salinity of 12 dS/m reduced plant height by 89%, grain yield by 79%, biological yield by 46%, and harvest index by 59%. Also, with increasing salinity level, relative water content decreased by 9.86% and ion leakage increased by 38.53%. Potassium and sodium elements of plant shoots were also significantly affected by salinity so that increasing salinity from control to 12 dS/m had a significant effect on reducing the ratio of potassium to sodium and caused a 69% decrease in this ratio. The results showed that the salinity tolerance threshold (seed yield) was 0.19 dS/m and a 50% reduction in yield was obtained at a salinity of 7.21 dS/m. In general, according to the results, it seems that Milk thistle does not have a high tolerance to salinity.

Keywords: Ion leakage, Potassium, Relative water content, Seed yield, Sodium

1,3,4- Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

2- Researcher, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization

5- Researcher, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization

(*- Corresponding Author Email: r.yazdani@areeo.ac.ir)